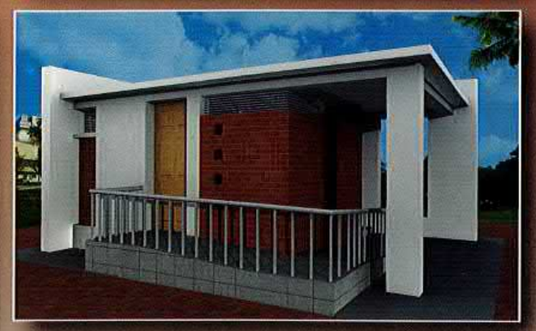
পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার
স্থানীয় সরকার, পল্লী উন্নয়ন ও সমবায় মন্ত্রণালয়
স্থানীয় সরকার বিভাগ

পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল



কারিগরি সহায়তা
নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিট
স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর
আরডিইসি ভবন (লেভেল-৭) আগারগাঁও, ঢাকা-১২০৭

3605
C-1

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার
স্থানীয় সরকার, পল্লী উন্নয়ন ও সমবায় মন্ত্রণালয়
স্থানীয় সরকার বিভাগ

পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল

LOCAL GOVT. ENGINEERING DEPARTMENT
LIBRARY
H.Q
Dhaka, Bangladesh

কারিগরি সহায়তা
নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিট
স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর
আগারগাঁও, শেরে বাংলা নগর, ঢাকা-১২০৭

পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল

প্রথম সংস্করণ
নভেম্বর, ২০১৫

কারিগরি সহায়তা

মোঃ খলিলুর রহমান
তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলী
ডিজাইন ইউনিট
স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর
আগারগাঁও, শেরে বাংলা নগর, ঢাকা-১২০৭

মোঃ খলিলুর রহমান
তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলী
নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিট
স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর
আগারগাঁও, শেরে বাংলা নগর, ঢাকা-১২০৭

মুদ্রণে
অগ্রণী প্রিন্টিং প্রেস
এলজিইডি সদর দপ্তর
আগারগাঁও, ঢাকা-১২০৭
ফোন : +৮৮-০২-৮১২৬৫১২
ইমেইল : agraniprintingpress.lged@gmail.com

GOVT. ENGINEERING DEPARTMENT LIBRARY H.Q Dhaka, Bangladesh

যোগাযোগ
ফোন : +৮৮০-২-৫৮১৫০১৮০, +৮৮০-২-৮১২১১৬৯
মোবাইল : +৮৮-০১৭১৬-৮৭১৬২৮, +৮৮-০১৭১৫-০১৮৩১৪
ফ্যাক্স : +৮৮০-২-৯১২০৪৭৬
ইমেইল : se.design@lged.gov.bd, khalilseurban@gmail.com

মন্ত্রী
স্থানীয় সরকার, পল্লী উন্নয়ন ও
সমবায় মন্ত্রণালয়
গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার

বাণী

বাংলাদেশ ইতোমধ্যে নিম্ন মধ্যম আয়ের দেশ হিসেবে গোটা বিশ্বে পরিচিতি লাভ করেছে। সময়ের সাথে সাথে জনপ্রতি বার্ষিক আয় বৃদ্ধি পেয়ে বর্তমানে ১৩১৪ ডলার অতিক্রম করেছে। বাংলাদেশের অধিকাংশ লোক গ্রামাঞ্চলে বাস করলেও শহর অঞ্চলে বসতি গড়ার প্রবণতা অনেকগুণ বৃদ্ধি পেয়েছে। বর্তমানে বাংলাদেশের মোট জনসংখ্যার প্রায় এক তৃতীয়াংশ লোক শহরাঞ্চলে বাস করে। বিভিন্ন নাগরিক সুবিধা যথাক্রমে উন্নত চিকিৎসা ও শিক্ষা, ব্যবসায়িক কাজ, অর্থনৈতিক কর্মকান্ড, চিত্তবিনোদন, তথ্য-প্রযুক্তিসহ যোগাযোগ সেবা, কর্মসংস্থানের সুযোগ ও আধুনিক জীবনযাপনের আশায় মানুষ পল্লী অঞ্চল হতে শহরমুখী হচ্ছে। নতুন নতুন অনেক শহর সৃষ্টি হচ্ছে এবং বৃহৎ শহরগুলো আরো বড় আকার ধারণ করছে।

অর্থনৈতিক অগ্রগতির কারণে বাংলাদেশে নগরায়ন দ্রুতহারে ঘটছে। এ প্রেক্ষাপটে অপরিকল্পিত নগরায়ন বন্ধ করতে জননেত্রী শেখ হাসিনার সরকার পৌরসভার মাষ্টার প্লান তৈরী করছে। পরিকল্পিত নগর ব্যবস্থা, পরিবহন ব্যবস্থা, যান্ত্রিক ও অযান্ত্রিকসহ বিভিন্ন ধরনের যানবাহন চলাচল, সড়কের অবৈধ দখল উচ্ছেদ ইত্যাদি পর্যায়ক্রমে পরিকল্পনার আওতায় আনা হচ্ছে। বর্ধিত জনগোষ্ঠীর জন্য শিক্ষা, চিকিৎসা, বিদ্যুৎ ব্যবস্থা, আবাসন, পানি সরবরাহ ও পয়ঃনিষ্কাশন, বর্জ্য ব্যবস্থাপনাসহ বিভিন্ন পরিসেবা প্রদান করা আমাদের সরকারের জন্য একটি বড় চ্যালেঞ্জ হয়ে দাঁড়িয়েছে।

এমতাবস্থায়, পৌরসভার সার্বিক দক্ষতা বৃদ্ধির লক্ষ্যে আমাদের সরকার বিভিন্ন কার্যক্রম হাতে নিয়েছে। স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহকে কারিগরি সহায়তা প্রদানের অংশ হিসেবে স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর (এলজিইডি) "পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন" ম্যানুয়াল তৈরী করার যে উদ্যোগ গ্রহণ করেছে তা অত্যন্ত প্রশংসনীয়। প্রণীত ম্যানুয়ালটি পৌরসভার অবকাঠামো নির্মাণ ও রক্ষণাবেক্ষণ ক্ষেত্রে বিশেষ ভূমিকা রাখবে বলে আমি আশা করি। ম্যানুয়ালটি প্রস্তুতে নিষ্ঠা ও আন্তরিকতার সাথে অবদান রাখার জন্য এলজিইডি, এলজিইডি'র নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিট ও সংশ্লিষ্ট সকলকে আমার আন্তরিক অভিনন্দন জানাই।

জয় বাংলা, জয় বঙ্গবন্ধু,
বাংলাদেশ চিরজীবী হোক।

(খন্দকার মোশাররফ হোসেন, এমপি)

সচিব
স্থানীয় সরকার বিভাগ
স্থানীয় সরকার, পল্লী উন্নয়ন ও
সমবায় মন্ত্রণালয়
গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার

বাণী

স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর (এলজিইডি) সৃষ্টি লগ্ন থেকে স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহ বিশেষ করে ইউনিয়ন পরিষদ, উপজেলা পরিষদ, জেলা পরিষদ ও পৌরসভাসমূহকে কারিগরি সহায়তা দিয়ে আসছে। এছাড়াও এলজিইডি স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানের প্রতিনিধি ও পৌরসভার কর্মকর্তা/কর্মচারীদের দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য প্রশিক্ষণ কার্যক্রম পরিচালনা করে থাকে।

বাংলাদেশের অধিকাংশ মানুষ গ্রামাঞ্চলে বাস করলেও গত কয়েক দশক ধরে মানুষের শহরমুখী হওয়ার প্রবণতা বেড়েছে। বর্তমানে বাংলাদেশের মোট জনসংখ্যার প্রায় এক তৃতীয়াংশ শহরাঞ্চলে বাস করে। আগামী বিশ বছরে নগর জনসংখ্যা দেশের মোট জনসংখ্যার প্রায় অর্ধেকে গিয়ে পৌঁছবে। শহরগুলোর বিস্তৃতি দিন দিন বাড়ছে। একইভাবে উন্মোচিত হচ্ছে অর্থনীতির নতুন দ্বার। জাতীয় অর্থনৈতিক অগ্রগতি ও ক্রমবর্ধমান চাহিদার প্রেক্ষিতে দ্রুত নগরায়নের সঙ্গে সঙ্গে দ্রুত গতিতে তৈরি হচ্ছে নতুন অবকাঠামো। তাই নগর স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহের অবকাঠামো উন্নয়ন, পরিকল্পনা প্রণয়ন, এসবের ডিজাইন এবং বাস্তবায়নের ক্ষেত্রে দক্ষতা বাড়ানো জরুরী।

বর্তমানে দেশে ৩২৪টি পৌরসভা আছে। পৌরসভার ৪টিমূল দায়িত্বের একটি অন্যতম দায়িত্ব হচ্ছে অবকাঠামো উন্নয়ন, ইমারত নির্মাণ নিয়ন্ত্রণসহ নগর উন্নয়ন পরিকল্পনা প্রণয়ন ও বাস্তবায়ন। অবকাঠামো নির্মাণের ক্ষেত্রে সঠিক স্ট্রাকচারাল ডিজাইন, ফাউন্ডেশন ডিজাইনের ক্ষেত্রে মাটি পরীক্ষা এবং বাস্তবায়ন পর্যায়ে নির্মাণ-সামগ্রীর গুণগতমান নিয়ন্ত্রণ, সঠিক নির্মাণ পদ্ধতি অনুসরণ ও সুপারভিশন খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এ সব কার্যক্রম ব্যবস্থাপনার জন্য পৌরসভাগুলোতে পর্যাপ্ত ও দক্ষতা সম্পন্ন লোকবলের অভাব রয়েছে। তাই স্থানীয় সরকার প্রতিনিধি ও পৌরসভার কর্মকর্তা/কর্মচারীদের কারিগরি সহায়তা ও দক্ষতা বৃদ্ধির কার্যক্রম পরিচালনার জন্য স্থানীয় সরকার বিভাগ এলজিইডি'কে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ প্রতিষ্ঠান হিসেবে বিবেচনা করে।

স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহকে কারিগরি সহায়তা প্রদানের অংশ হিসেবে "পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল" তৈরীর যে উদ্যোগ নিয়েছে আমি মনে করি তা অত্যন্ত সময়োপযোগী। এজন্যে আমি এলজিইডিকে আন্তরিক ধন্যবাদ জানাচ্ছি। পৌরসভার প্রকৌশলীগণ এই ম্যানুয়ালটি ব্যবহার করবেন এবং প্রয়োজনে এলজিইডি'র সহায়তা নিবেন- এই প্রত্যাশা করছি। আমার দৃঢ় বিশ্বাস ম্যানুয়ালটি পৌরসভার প্রকৌশলীদের দক্ষতা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে বিশেষ অবদান রাখবে।

(আবদুল মালেক)

প্রধান প্রকৌশলী
স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্ত
গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার

বাণী

স্থানীয় সরকার বিভাগের অধীনে স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তর (এলজিইডি) সরাসরি সরকারের উন্নয়ন কার্যক্রম বাস্তবায়নসহ স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহকে কারিগরি সহায়তা প্রদান করে আসছে। ষাট এর দশকে সৃষ্ট ওয়ার্কস প্রোগ্রাম থেকে ক্রমান্বয়ে ১৯৭০ সালে ইঞ্জিনিয়ারিং সেল, ১৯৮২সালে ওয়ার্কস প্রোগ্রাম উইং, ১৯৮৪ সালে স্থানীয় সরকার প্রকৌশল ব্যুরো (এলজিইবি) এবং সর্বশেষ ১৯৯২সালে এলজিইডি সরকারী প্রতিষ্ঠান হিসেবে আত্ম প্রকাশ করে। সময়ের এই উত্তরণের সাথে এলজিইডি'র যেমন কাজের পরিধি ও লোকবল বৃদ্ধি পেয়েছে তেমনি স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহকে সহায়তা প্রদানের ক্ষেত্রেও অনেক গুণ বৃদ্ধি পেয়েছে।

পল্লী ও নগর অঞ্চলে অবকাঠামো উন্নয়ন ও রক্ষণাবেক্ষণসহ ক্ষুদ্রাকার পানি সম্পদ উন্নয়নে এলজিইডি সফল ভূমিকা রাখছে। সমাজের বিভিন্ন পর্যায়ের জনগণকে সম্পৃক্ত করে পরিকল্পনা প্রণয়ন এবং কর্মসূচী বাস্তবায়নের মাধ্যমে পল্লী ও শহর অঞ্চলের সর্বস্তরের মানুষের, বিশেষ করে হত দরিদ্রের জীবনমান উন্নয়নে সুস্পষ্ট অবদান রেখে দেশের সামগ্রিক উন্নয়নে দায়িত্ব পালন করে আসছে।

বিগত তিন দশকে বাংলাদেশের নগরায়ণসহ নগর জনসংখ্যা উল্লেখযোগ্য হারে বৃদ্ধি পেয়েছে। সাধারণভাবে দেশের জনসংখ্যা বৃদ্ধির হার ১.৫% হলেও নগর অঞ্চলের জনসংখ্যা বৃদ্ধিও হার প্রায় ২.৫%। এ কারণে নগর অঞ্চলের উন্নয়নে বাংলাদেশ সরকার বিশেষ গুরুত্ব দিয়ে আসছে। ১৯৮৫ সালে ইউনিসেফ সহায়তা পুষ্ট বস্তিউন্নয়ন প্রকল্পের মাধ্যমে দুস্থ নারীদের সুসংগঠিত করে তাদের বিভিন্ন নাগরিক সুবিধা প্রদানের মাধ্যমে নগর অঞ্চলে এলজিইডি'র পদচারনা শুরু। পরবর্তীতে ১৯৯১ সালে মাঝারী শহর অবকাঠামো উন্নয়ন প্রকল্প (STIDP) বাস্তবায়নের মাধ্যমে নগর অঞ্চলে (পৌরসভাসমূহে) এলজিইডি'র সহযোগীতার ক্ষেত্র বৃদ্ধি পেতে থাকে। পরবর্তীতে একাধিক উন্নয়ন সহযোগি সংস্থার (ADB, WB, UNICEF, UNDP, JICA, kfW, GIZ, Kuwait fund ইত্যাদি) অর্থায়নে বিভিন্ন উন্নয়ন প্রকল্প বাস্তবায়ন করেছে এবং বর্তমানে চলমান রয়েছে। এছাড়া উন্নয়ন সহযোগী সংস্থার অনুরোধ ও মন্ত্রণালয়ের উদ্যোগে প্রাতিষ্ঠানিক উন্নয়নের অংশ হিসেবে এলজিইডিতে মিউনিসিপ্যাল সহায়তা ইউনিট (MSU) বা নগর ব্যবস্থাপনা সহায়তা ইউনিট (UMSU) প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এলজিইডি নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিটের মাধ্যমে পৌরসভা পর্যায়ে অবকাঠামো উন্নয়ন, পরিচালন ব্যবস্থাপনার উন্নয়ন,নারীর ক্ষমতায়ন ও সার্বিক দক্ষতা বৃদ্ধির লক্ষ্যে কাজ করে যাচ্ছে।

অবকাঠামো উন্নয়ন, ইমারত নিয়ন্ত্রণ, নগর উন্নয়ন পরিকল্পনা প্রণয়ন ও বাস্তবায়ন পৌরসভার অন্যতম প্রধান দায়িত্ব। এসব উন্নয়ন কর্মকান্ড ব্যবস্থাপনার জন্য পৌরসভা গুলোতে প্রয়োজনীয় সংখ্যক ও পর্যাপ্ত দক্ষতা সম্পন্ন লোকবলের অভাব রয়েছে। এ কারণে স্থানীয় সরকার প্রতিষ্ঠানসমূহকে কারিগরি সহায়তার অংশ হিসেবে স্থানীয় সরকার বিভাগের নির্দেশনায় এলজিইডি'র নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিট "পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল" তৈরীর উদ্যোগ গ্রহণকরে। আমার দৃঢ় বিশ্বাস ম্যানুয়ালটি ব্যবহার করা হলে মাটি পরীক্ষা, রাস্তা নির্মাণ, স্ট্রাকচারাল ডিজাইন সিলেকশন, ফাউন্ডেশন ডিজাইন, নির্মাণ-সামগ্রীর গুণগত মাননিয়ন্ত্রণ, নির্মাণ পদ্ধতি অনুসরণ, সর্বোপরি অবকাঠামোর মাননিয়ন্ত্রণ করাসহ বহুবিধ সুবিধা পাওয়া যাবে এবং পৌরসভার কারিগরি দক্ষতা উত্তোরত্তর বৃদ্ধি পাবে।

পরিশেষে ম্যানুয়ালটি প্রস্তুতিতে সংশ্লিষ্ট সকলকে আমি আন্তরিক ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি।

(শ্যামা প্রসাদ অধিকারী)

পৌরসভা আবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল

সূচীপত্র

	বিষয়	পৃষ্ঠা
	অধ্যায়-১	
মাটির সড়ক নির্মাণ কৌশল		১
১.১	মাটির কাজ	১
১.২	আদর্শ মাটির সড়কের প্রস্থচ্ছেদ	১
১.৩	মাটির সড়কের বিভিন্ন অংশ	২
১.৪	মাটির সড়ক নির্মাণ	২
১.৫	মাটির সড়ক বা বাঁধ নির্মাণ পদ্ধতি	২
১.৬	নির্বাচিত মাটির গুণাগুণ	৪
১.৭	মাটির সড়ক/বাঁধ কম্প্যাকশন কাজে পানির ব্যবহার	৪
১.৮	মাঠে মাটির আর্দ্রতা পরীক্ষা	৫
১.৯	কম্প্যাকশন	৫
	অধ্যায়-২	
পাকা সড়ক নির্মাণ কৌশল		৯
২.১	পাকা সড়ক	৯
২.২	ফ্লেক্সিবল পেভমেন্ট সড়ক নির্মাণ	৯
২.৩	সাবগ্রেড নির্মাণ	১০
২.৪	ইম্প্রুভড সাবগ্রেড	১১
২.৫	অ্যাগরিগেট-স্যান্ড সাব-বেস	১২
২.৬	ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম বেস কোর্স	১৫
২.৭	প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ	১৭
২.৮	প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস কার্পেটিং	১৯
২.৯	প্রি-মিক্সড কম্প্যাকটেড বিটুমিনাস সীল কোট	২৪
২.১০	ট্যাক কোট	২৬
২.১১	ব্রিক অন এন্ড এজিং	২৬
২.১২	সোল্ডার এবং সাইড স্লোপ	২৭
২.১৩	এইচবিবি পেভমেন্ট নির্মাণ	২৮
২.১৪	পাকা (কংক্রিট পেভমেন্ট) সড়ক	৩১
২.১৫	কংক্রিট পেভমেন্ট ডিজাইন	৩১
	অধ্যায়-৩	
বিল্ডিং/ভবন ডিজাইন ধারণা ও অনুমোদন প্রক্রিয়া		৩৯
৩.১	ভবন ডিজাইন	৩৯
৩.২	ভবনের ভিত	৩৯
৩.৩	বিভিন্ন ধরণের ভিত	৩৯
৩.৪	ভিতের গভীরতা	৪০
৩.৫	বীম, কলাম ও স্লাব	৪০
৩.৬	ডিজাইন লাইভ লোড	৪২
৩.৭	বিল্ডিং কলাম ও ফাউন্ডেশন ডিজাইন	৪৩
৩.৮	বীম ডিজাইন	৫৩
৩.৯	বীম ডিজাইন উদাহরণ	৫৯
৩.১০	ল্যাপ লেন্থ	৬৩

LOCAL GOVT. ENGINEERING DEPARTMENT
LIBRARY
H.Q
Dhaka, Bangladesh

ACCESSION NO: 3505
c. 2

	বিষয়	পৃষ্ঠা
৩.১১	ল্যাপ লোকেশন	৬৩
৩.১২	স্ল্যাব ডিজাইন	৬৩
৩.১৩	রিটেনিং ওয়াল	৭১
৩.১৪	One wayএবং Two way স্লাব ডিজাইনের ছক (নমুনা)	৭১
৩.১৫	ভবনের লেআউট প্লান ও ইলেভেশন এর নমুনা	৭৪
৩.১৬	ভবন পরিকল্পনা অনুমোদন প্রক্রিয়া	৯৬
	অধ্যায়-৪	
	ব্রীজ/কালভার্ট ডিজাইন ধারণা ও বাছাই এবং নির্মাণ কৌশল	৯৭
৪.১	ব্রীজ/কালভার্ট	৯৭
৪.২	ব্রীজ/কালভার্ট এর প্রকারভেদ	৯৭
৪.৩	ব্রীজ/কালভার্ট এর অংশসমূহ	৯৭
৪.৪	ব্রীজ/ কালভার্ট ডিজাইন	৯৭
৪.৫	সাব ষ্ট্রাকচার ডিজাইনে বিবেচ্য বিষয়সমূহ	৯৯
৪.৬	সুপার ষ্ট্রাকচার ডিজাইনে বিবেচ্য বিষয়সমূহ	৯৯
৪.৭	ব্রীজ/কালভার্টের দৈর্ঘ্য নির্ণয়	৯৯
৪.৮	ব্রীজ/কালভার্ট স্ট্যান্ডার্ড ডিজাইন	১০০
৪.৯	স্লাব কালভার্ট এবাটমেন্ট	১০৯
৪.১০	বড় ব্রীজ ডিজাইন	১১০
৪.১১	ব্রীজ/কালভার্ট নির্মাণ পদ্ধতি	১৮৭
	অধ্যায়-৫	
	কংক্রিট পাইল নির্মাণ ও মান নিয়ন্ত্রণ	১৯০
৫.১	কংক্রিট পাইল	১৯০
৫.২	প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল	১৯০
৫.৩	কাষ্ট ইন সিটু কংক্রিট পাইল	১৯২
৫.৪	নিরাপত্তাজনিত সাবধানতা	১৯৬
৫.৫	কাষ্ট-ইন-সিটু পাইল বোরিং রেকর্ড	১৯৮
	অধ্যায়-৬	
	পানি নিষ্কাশন ড্রেন ডিজাইন ও বাছাই	২০০
৬.১	ভূমিকা	২০০
৬.২	ড্রেনের শ্রেণীবিভাগ	২০০
৬.৩	ম্যান হোল	২০২
৬.৪	ফুটপাথ	২০২
৬.৫	ড্রেন নেট ওয়ার্ক	২০২
৬.৬	বৃষ্টির তীব্রতা	২০৩
৬.৭	পানি প্রবাহের সময়	২০৩
৬.৮	ড্রেন ডিজাইন	২০৪
৬.৯	টাইপ ডিজাইন	২০৮
	অধ্যায়-৭	
	অবকাঠামো নির্মাণ কৌশল ও মান নিয়ন্ত্রণ	২৫৬
৭.১	ভবনের ভিত	২৫৬
৭.২	ইটের সোলিং এর কাজ	২৫৬
৭.৩	ড্যাম্প প্রুফ কোর্স	২৫৭
৭.৪	কংক্রিটের কাজ	২৫৭
৭.৫	মাঠে কংক্রিটের উপাদানসমূহের মান পরীক্ষা	২৫৯
৭.৬	ফর্মওয়ার্ক, সাটারিং ও স্কাফোল্ডিং	২৬১

	বিষয়	পৃষ্ঠা
৭.৭	রডের কাজ	২৬৩
৭.৮	কংক্রিটের কাজ	২৬৭
৭.৯	কংক্রিটের নির্মাণ সংযোগ	২৭৩
৭.১০	কংক্রিটে এডমিক্সচার ব্যবহার	২৭৪
৭.১১	ইটের গাঁথুনি	১৭৫
৭.১২	প্লাস্টারের কাজ	২৭৬
৭.১৩	কাঠ ও কাঠের কাজ	২৭৭
৭.১৪	ষ্টিলের জানালা ও গ্রীলের কাজ	২৭৭
৭.১৫	রং বা পলিশ এর কাজ	২৭৭
	অধ্যায়-৮	
	অবকাঠামো রক্ষণাবেক্ষণ	২৮৪
৮.১	ভূমিকা	২৮৪
৮.২	রক্ষণাবেক্ষণের উদ্দেশ্য	২৮৪
৮.৩	রক্ষণাবেক্ষণের শ্রেণী বিভাগ	২৮৪
৮.৪	পুনর্বাসন ও পুনঃনির্মাণ	২৮৫
৮.৫	মাটির রাস্তার রক্ষণাবেক্ষণ	২৮৭
৮.৬	বিটুমিনাস রাস্তা রক্ষণাবেক্ষণ	২৯১
৮.৭	কংক্রিট কাঠামো রক্ষণাবেক্ষণ	২৯৬
৮.৮	ইমারত রক্ষণাবেক্ষণ	৩০০
৮.৯	প্লাষ্টারের কাজ রক্ষণাবেক্ষণ	৩০১
৮.১০	ছাদে পানি চোয়ানো	৩০২
৮.১১	দেয়ালের স্যাঁতস্যাঁতে অবস্থা	৩০২
৮.১২	নোনা ধরা	৩০৩
৮.১৩	ফেরোসিমেন্টের সাহায্যে মেরামত	৩০৪
	অধ্যায়-৯	
	ভূ-গর্ভস্থ মাটি অনুসন্ধান	৩১১
৯.১	ভূমিকা	৩১১
৯.২	মাটির অনুসন্ধানের উদ্দেশ্য	৩১১
৯.৩	মাটির প্রকারভেদ	৩১১
৯.৪	মাটি পরীক্ষা	৩১৩
৯.৫	চালুনী বিশ্লেষণ	৩১৫
৯.৬	ভূ-স্তর উদ্ঘাটন ও নমুনা সংগ্রহ	৩১৭
৯.৭	ভূ-স্তর উদ্ঘাটন পদ্ধতি	৩২০
৯.৮	এসপিটি টেষ্ট	৩২২
৯.৯	নমুনা সংগ্রহ	৩২২
৯.১০	মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয়	৩২৩

GOVT. ENGINEERING DEPARTMENT LIBRARY H.Q Dhaka, Bangladesh
ACCESSION NO.

ভূমিকা

বৃটিশ ঔপনিবেশিক আমলে ১৮ শতকের ষাট এর দশকে মাত্র চারটি পৌরসভা নিয়ে এদেশে পৌরসভার যাত্রা শুরু। কালের বিবর্তণে যার সংখ্যা এখন ৩২৪টি। পৌরসভা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে মূলতঃ পৌর এলাকার অধিবাসীদের নাগরিক সুবিধা দেয়ার লক্ষ্যে। পৌর জনসাধারণ প্রত্যক্ষ ভোটাধিকার প্রয়োগ করে মেয়র ও কাউন্সিলর নির্বাচন করে থাকেন, যাঁদের মাধ্যমে পৌর পরিষদ গঠিত হয়। পাঁচ বছর মেয়াদে এই পরিষদ পৌর কর্মকান্ড পরিচালনা করে পৌরসভায় কর্মরত কর্মকর্তা/কর্মচারীদের সহযোগিতায়।

পৌরসভা আইন ২০০৯ অনুযায়ী নাগরিক সেবা দেয়ার ক্ষেত্রে পৌরসভার মূল দায়িত্ব হচ্ছে- ১। রাস্তা ঘাট উন্নয়ন ও রক্ষণাবেক্ষণ (ড্রেন, ফুটপাথ ও সেতু/কালভার্ট নির্মাণসহ); ২। বর্জ্য ব্যবস্থাপনা; ৩। সড়ক বাতির ব্যবস্থা এবং ৪। সুপেয় জল সরবরাহ। এই চারটি সেবা ছাড়াও নাগরিক জীবনের চাহিদা অনুযায়ী পৌরসভা অন্যান্য অনেক ধরণের নাগরিক সেবা দিয়ে থাকে, যার মধ্যে অন্যতম চিত্ত বিনোদনের জন্য পার্ক, কেনাকাটার জন্য বিপনীবিতান, পরিবহণ ব্যবস্থা উন্নয়নে বাস-ট্রাক টার্মিনাল ইত্যাদি। এসব অবকাঠামো পৌরসভার প্রকৌশলীদের দ্বারা নির্মিত হয়ে থাকে।

যে কোনও ভৌত অবকাঠামো নির্মাণের ক্ষেত্রে সঠিক ডিজাইন অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ একটি বিষয়। যথাযথ ডিজাইন একদিকে যেমন অবকাঠামোর অকাল ভেঙে পড়ার ঝুঁকি কমিয়ে স্থায়ীত্ব নিশ্চিত করে, অন্যদিকে তা অবকাঠামো নির্মাণে বাড়তি ব্যয় রোধ করে। পৌরসভায় নিয়োজিত প্রকৌশলীগণ পৌরসভার ভৌত অবকাঠামো নির্মাণ ও তা রক্ষণাবেক্ষণে দায়িত্ব পালন করে থাকেন। পৌরসভার নিজস্ব কোনও ডিজাইন ইউনিট বা সেল না থাকায় অবকাঠামোর ষ্ট্রাকচারাল ডিজাইনের ক্ষেত্রে তাই পৌরসভার প্রকৌশলীগণকে সমস্যার সম্মুখীন হতে হয়। বৈদেশিক সহায়তাপুষ্ট প্রকল্পের ক্ষেত্রে পরামর্শক থাকলেও পৌরসভার নিজস্ব অর্থায়নে অথবা সরকারের বার্ষিক উন্নয়ন কর্মসূচির থোক বরাদ্দের আওতায় গৃহীত স্কীমসমূহ বাস্তবায়নের ক্ষেত্রে নির্ভর করতে হয় অন্যের ওপর। অনেক সময় অনুমান নির্ভর ডিজাইন করে অবকাঠামো নির্মাণ করা হয়ে থাকে, যা নিতান্তই ঝুঁকিপূর্ণ। এসকল ক্ষেত্রে অবকাঠামো নির্মাণে টাইপ ডিজাইনের ব্যবহার একটি বিকল্প সমাধান।

স্থানীয় সরকার প্রকৌশল অধিদপ্তরের নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিট পৌরসভার প্রকৌশলীদের দক্ষতা বাড়াতে কারিগরি সহায়তা দিয়ে থাকে। এর মধ্যে রয়েছে বিভিন্ন ধরণের প্রকৌশলগত ও কারিগরি প্রশিক্ষণ। এ সব প্রশিক্ষণ পৌরসভার প্রকৌশলীদের দক্ষতা বাড়ালেও পৌরসভা পর্যায়ে স্ট্রাকচারাল ডিজাইনে অভিজ্ঞতা সম্পন্ন প্রকৌশলী স্বল্পতার কারণে ডিজাইন প্রণয়ন সংক্রান্ত সমস্যা সমাধান কল্পে স্থানীয় সরকার বিভাগের উদ্যোগে এলজিইডির নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিটের ব্যবস্থাপনায় এই "পৌরসভা অব কাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়াল"প্রণয়ন করা হয়েছে।

ম্যানুয়ালে মোট ৯টি অধ্যায় রয়েছে, যথা-মাটির সড়ক, পাকা সড়ক, ভবন ডিজাইন, সেতু/কালভার্ট ডিজাইন, কংক্রিট পাইল, পানি নিস্কাশন ড্রেন, নির্মাণ কৌশল, ভূ-গর্ভস্থ মাটি অনুসন্ধান ও মান নিয়ন্ত্রণ। ম্যানুয়ালটি ব্যবহারের ক্ষেত্রে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে। কোনও অবকাঠামোর ডিজাইন নির্বাচনের পূর্বে সঠিক ভাবে ডিজাইন লোড ও মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় করতে হবে। রেইনফোর্সড সিমেন্ট কংক্রিট (আরসিসি) কাজের ক্ষেত্রে কংক্রিট ও এম এস রড এর যে স্পেসিফিকেশন ম্যানুয়ালে বর্ণিত রয়েছে, কার্যক্ষেত্রে ল্যাবরেটরী টেস্টের মাধ্যমে তা নিশ্চিত করতে হবে। সাবস্ট্রাকচার (ফাউন্ডেশন) নির্বাচনের ক্ষেত্রে যে স্থানে অবকাঠামো নির্মিত হবে সে স্থানের মাটির ভারবহন ক্ষমতা সঠিক ভাবে নির্ণয় করে অতঃপর ফাউন্ডেশনের প্রকার নির্বাচন করতে হবে।

ডিজাইন ম্যানুয়ালটি সঠিক ভাবে ব্যবহারের ক্ষেত্রে কোনও জিজ্ঞাসা কিংবা কোনও সমস্যা বা অস্পষ্টতা থাকলে এবং এই ম্যানুয়ালের বাইরে কোনও ডিজাইন করতে হলে এলজিইডি'র ডিজাইন ইউনিটের তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলী অথবা নগর ব্যবস্থাপনা ইউনিটের তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলীর সঙ্গে যোগাযোগ করতে হবে। "পৌরসভা অবকাঠামো ডিজাইন ম্যানুয়ালটি" পৌরসভার ভৌত অবকাঠামো নির্মাণে বিশেষ ভূমিকা রাখবে মর্মে আশা করা যায়।

অধ্যায় - ১

মাটির সড়ক নির্মাণ কৌশল

১.১ মাটির কাজ

মাটির কাজ সহজ বলে ধরে নেয়া হয় বিধায় এ কাজে গুরুত্ব কম দেয়া হয়ে থাকে। ফলে মাটির কাজের মান অনেক ক্ষেত্রেই আশানুরূপ হয় না।

প্রকৃতপক্ষে মাটির কাজকে বিশেষ গুরুত্ব দেয়া প্রয়োজন কারণঃ

- পাকা সড়ক ও তার উপরে চলাচলকারী সকল যানবাহনের ভার মাটির সড়ক বা বাঁধকেই বহন করতে হয়।
- বৃষ্টি বহুল বাংলাদেশে মাটির সড়ক বা বাঁধ পানির কারণে সহজেই নষ্ট হয়ে যায়।

মাটি দিয়ে সড়ক নির্মাণের ক্ষেত্রে দু' ধরনের কাজ করা হয়ে থাকে:

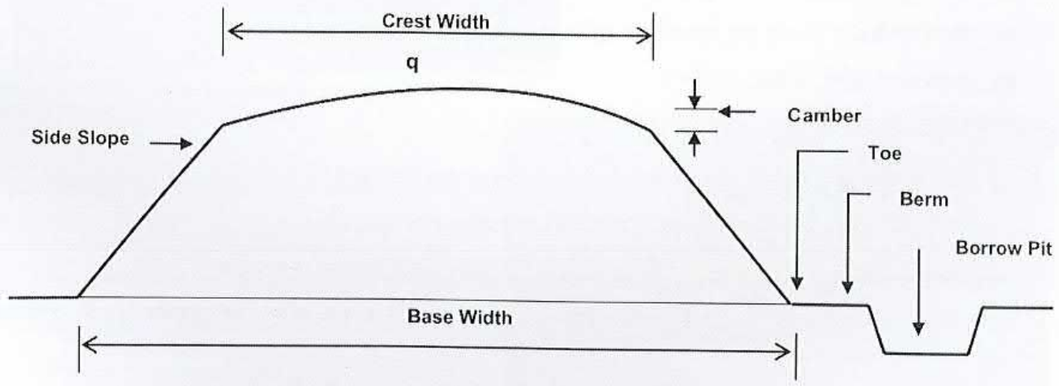
ক) মাটির সড়ক বা বাঁধ (Road or Embankment) নির্মাণ

খ) পুরাতন মাটির সড়ক বা বাঁধ প্রশস্তকরণ (Widening Existing Road or Emankmant)|

- পাকা সড়ক নির্মাণের সময় অনেক ক্ষেত্রে মাটির সড়ক বা বাঁধ বেশি উঁচু হলে তা খনন করার প্রয়োজন হয় ।
- খননকৃত মাটি ব্যবহার যোগ্য হলে প্রয়োজনীয় ভরাট কাজে তা ব্যবহার করা যাবে।
- মাটির সড়কের উচ্চতা ডিজাইন উচ্চতার চেয়ে কম হলে ভরাট করে ডিজাইনড্ উচ্চতায় আনতে হবে ।

১.২ আদর্শ মাটির সড়কের প্রস্থচ্ছেদ

নিচের চিত্রে একটি আদর্শ মাটির সড়কের প্রস্থচ্ছেদসহ তার বিভিন্ন অংশ দেখানো হল:



চিত্র ১ - ১ : একটি আদর্শ মাটির সড়কের প্রস্থচ্ছেদ

১.৩ মাটির সড়কের বিভিন্ন অংশ

একটি মাটির সড়ক বা বাঁধের বিভিন্ন অংশগুলোর নাম হল ঃ

ক) উপরিতলের প্রস্থ (Crest Width)

খ) নিম্নতলের প্রস্থ (Base Width)

গ) পার্শ ঢাল (Side Slope)

ঘ) আড় ঢাল (Camber)

ঙ) সড়কের উচ্চতা (Height)

চ) পাড় (Berm)

ছ) মাটি তোলার খাদ (Borrow Pit)।

১.৪ মাটির সড়ক নির্মাণ

মাটির কাজের শুরু হতে শেষ পর্যন্ত সাধারণত নিম্ন বর্ণিত কাজগুলো সম্পন্ন করতে হয় ঃ

ক) সড়ক বা বাঁধের আড়াআড়ি ও লম্বালম্বি সেট আউট (Set-Out) দেয়া :

- নির্মিতব্য রাস্তার Crest width এর কিনারা ঠিক করা;
- নির্মিতব্য রাস্তার উচ্চতা ঠিক করে দেয়া;
- নির্মিতব্য রাস্তার Toe ঠিক করা নেয়া;

খ) মাটি কাটার খাদ ঠিক করে দেয়া

গ) উপযুক্ত মাটি সংগ্রহ করা

ঘ) মাটি ফেলার স্থানে বেঞ্চিং করা (৯" এর বেশী পুরুত্বে নয়)/

ঙ) মাটি স্থাপন, ঢেলা ভাঙ্গা, আর্দ্রতা দেখে দৃঢ়ীকরণ করা

চ) প্রতিটি স্তর পরীক্ষা করা

ছ) রাস্তার উপরিতল ও পার্শ্ব ঢাল লেভেলিং ও ড্রেসিং (levelling & dressing) করা

জ) রাস্তার ঢালে টার্ফিং বসানো, ইত্যাদি।

১.৫ মাটির সড়ক বা বাঁধ নির্মাণ পদ্ধতি

১) সড়ক বা বাঁধ আড়াআড়ি ও লম্বালম্বি সেট -আউট (Set-Out) করে নিতে হবে।

২) সেট আউট (Set-Out) দায়িত্বপ্রাপ্ত প্রকৌশলী কর্তৃক অনুমোদন করে নিতে হবে।

৩) মাটির কাজ এবং পরবর্তী নির্মাণ কাজের জন্য সড়ক বা বাঁধের লেভেল সংরক্ষণ করতে হবে ।

৪) মাটি বিছানোর আগে উপরিতলের জঙ্গল, ঝোপ-ঝাড়, আগাছা পরিষ্কার এবং সকল অপ্রয়োজনীয় দ্রব্যাদি অপসারণ করে নিতে হবে।

৫) উপযুক্ত মাটি দিয়ে পূরণ করে স্পেসিফিকেশন মোতাবেক সঠিক আর্দ্রতায় মাটি দৃঢ়ীকরণ করতে হবে।

৬) সড়ক বা বাঁধের পাশে Borrow pit হতে মাটি খনন ও বহন করতে হবে।

৭) Borrow pit এর অবস্থান ও গভীরতা Specification এবং Drawing মোতাবেক হতে হবে।

১) Borrow pit হতে মাটি পাওয়া না গেলে সাইটের বাইরে অন্য কোন জায়গা হতে উপযুক্ত মাটি সংগ্রহ করতে হবে।

২) মাটি কম্প্যাকশন করার আগে প্রতিটি স্তরের মাটির আর্দ্রতার পরিমাণ যাচাই করে নিতে হবে। মাটিতে প্রয়োজন মত আর্দ্রতা না থাকলে মাটি সঠিকভাবে কম্প্যাকশন করা সম্ভব হবে না।

৩) প্রয়োজনীয় কম্প্যাকশন অর্জন করতে হলে বেশী আর্দ্রতার মাটি শুকিয়ে নিতে হবে আর কম আর্দ্রতার মাটিতে পরিমাণ মত পানি মিশিয়ে নিতে হবে।

৪) মাটির সড়ক বা বাঁধ নির্মাণে মাটির প্রতিটি কম্প্যাক্টেড লেয়ারের পুরুত্ব ১৫০ মিমি এবং ঢেলার সাইজ ২৫ মিমি-এর বেশী না হওয়াই শ্রেয়।

৫) সড়ক বা বাঁধ লম্বালম্বিভাবে দৃঢ়ীকরণ করতে হবে।

৬) সড়কের প্রান্ত হতে শুরু করে ধীরে ধীরে মাঝ বরাবর দৃঢ়ীকরণের কাজ করতে হবে।

৭) এক প্রান্তে দৃঢ়ীকরণের কাজ শেষ হলে অন্য প্রান্ত থেকে শুরু করে মাঝ বরাবর দৃঢ়ীকরণ করতে হবে।

৮) মাটির সড়কের উপরিতল ড্রইং অনুসারে ক্যাম্বার ঠিক রাখতে হবে এবং অনুমোদনের পর পরবর্তী স্তরের কাজ শুরু করতে হবে।

৯) সড়ক বা বাঁধের সাইড স্লোপ ও সোল্ডারে ২২৫ মিমি বর্গাকার ঘাসের চাপড়া (টার্ফ) লাগাতে হবে। ঘাস পূর্ণতাপ্রাপ্ত লাভ করা পর্যন্ত পানি দেয়ার ব্যবস্থা করতে হবে।

সোল্ডার ও পার্শ ঢালে টার্ফ করা অবস্থায় মাটির সড়ক নিচে দেখানো হলঃ

চিত্র১-২: টার্ফবিহীন মাটির সড়ক

চিত্র ১-২:টার্ফ গজানোর মাটির সড়ক

১.৬ নির্বাচিত মাটির গুণাগুণ

১) মাটির সড়ক বা বাঁধ নির্মাণের জন্য উপযুক্ত মাটির প্রয়োজন। উপযুক্ত মাটি ব্যতীত মাটির সড়ক বা বঁধের উপরে নির্মিত পাকা সড়কও টেকসই হবে না।

২) অতিরিক্ত জৈব পদার্থযুক্ত মাটি, শুধু বালি এবং অতিরিক্ত বা কম পানি ধারণ করতে পারে এমন মাটি সড়ক বা বাঁধ নির্মাণের জন্য উপযুক্ত নয়।

৩) পলি বা কাদাযুক্ত বালি মাটি এবং যে মাটি পরিমিত পরিমাণ পানি ধারণ করে তা মাটির সড়ক বা বাঁধ নির্মাণের জন্য উপযুক্ত।

৪) সড়ক বা বাঁধ নির্মাণ কাজে ব্যবহৃত মাটি অবশ্যই গাছের শিকড়, খড়কুটা, গাছের পাতা, ঘাস, ঘাসের চাপড়া বা অন্য কোন দ্রব্যাদি মুক্ত হতে হবে।

৫) মাটির কাজ শুরু করার পূর্বে দায়িত্বপ্রাপ্ত প্রকৌশলী কর্তৃক মাটি পরীক্ষা করে অনুমোদন করে নিতে হবে।

নির্বাচিত মাটি নিম্নোক্ত গুণাগুণ সম্পন্ন হতে হবে (অনুমোদিত রোড ডিজাইন টাইপ মোতাবেক)ঃ

ক) মাটির Plasticity Index এর মান ৮% - ২০%এর অধিক হতে পারবে না।

খ) চার দিনের Soaked CBR এর মান কমপক্ষে ৩% হতে হবে।

গ) DCP এর মান প্রতি ব্লো (Blow)-তে ৪৫ মিমি এর বেশি হতে পারবে না ।

ঘ) কম্প্যাকশন কমপক্ষে 95% MDD (Standard Proctor) হতে হবে ।

- Plasticity Index মান দিয়ে মাটির পানি ধারণ ক্ষমতা বুঝায়। বেশি বা কম পানি ধারন করলে পূর্ণ মাত্রায় কম্প্যাকশন সম্ভব নয় বিধায় মাটির ভার বাহন ক্ষমতা কম হবে। তাই পরিমিত পরিমাণে পানি থাকা প্রয়োজন। Plasticity Index মান ল্যাবরেটরীতে বের করা হয়।
- Standard Proctor ও Modified Proctor হলো মাটির ঘনত্ব মাপার পদ্ধতি। Proctor একজন লোকের নাম। Standard Proctor এ যে শক্তি দিয়ে কম্প্যাকশন করা হয়, Modified Proctor -এ তার চেয়ে কয়েক গুণ বেশি শক্তি দিয়ে কম্প্যাকশন করতে হয়। Standard Proctor / Modified Proctor ল্যাবরেটরীতে পরীক্ষা করা হয়।
- CBR (California Bearing Ratio) হল সড়কের স্তরসমূহের শক্তি পরিমাপের একটি পদ্ধতি। CBR যত বেশি হবে সড়কের স্তরসমূহের শক্তিও তত বেশি হবে। সাধাণত ল্যাবরেটরীতে CBR পরীক্ষা করা হয়। Soaked CBR এর নির্ণয় করতে ৪ দিন পানিতে ডুবন্ত অবস্থায় ভেজানোর পর মাটির ভারবহন ক্ষমতা পরীক্ষা করা হয়।
- DCP (Dynamic Cone Penetrometer) দিয়ে মাঠে CBR পরীক্ষা করা হয়।

১.৭ মাটির সড়ক/বাঁধ কম্প্যাকশন কাজে পানির ব্যবহার

- মাটির সড়ক বা বাঁধ নির্মাণ কাজে মাটিকে সর্বোচ্চ দৃঢ় করতে হবে যেন মাটি ভার বহনে সক্ষম হয়।
- মাটিকে সর্বোচ্চ দৃঢ় করার জন্য মাটির আর্দ্রতার পরিমাণ পরিমিত (Optimum) পর্যায়ে থাকতে হবে।
- অতিরিক্ত আর্দ্রতা থাকলে বা আর্দ্রতার পরিমাণ কম থাকলে মাটিকে দৃঢ় করা সম্ভব নয়।

সেজন্য মাটির আর্দ্রতা সম্পর্কে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন এবং মাটিতে আর্দ্রতার পরিমাণ পরিমিত (Optimum) পর্যায়ের কাছাকাছি রাখতে হবে।

১.৮ মাঠে মাটির আদ্রতা পরীক্ষা

মাটির কাজে পরিমিত জলীয় অংশের পরিমাণ নিরূপণের জন্য নিচে বর্ণিত পদ্ধতিটি ব্যবহার করা যেতে পারে। পরীক্ষা করার জন্য কিছু পরিমাণ মাটি নিয়ে মোটামুটি ১.৫" ব্যাসের একটি গোলা তৈরী করতে হবে। যতদূর সম্ভব শক্তভাবে চাপ দিয়ে গোলা তৈরী করতে হবে (চিত্র ৪ক)। গোলাটিকে বৃদ্ধাঙ্গুলের তর্জনী এবং মধ্যমার মধ্যে রেখে চিত্রে দেখানো নিয়মে চাপ প্রয়োগ করতে হবে (চিত্র ৪খ) এবং অবলোকন ও পর্যবেক্ষণ করে মাটিতে আর্দ্রতার পরিমান নির্ণয় (চিত্র ৪গ) করতে হবে যা নিম্নরূপ ঃ

(ক) (খ) (গ)

চিত্র ১-১: মাঠে মাটির আদ্রতার পরিমাণ নির্ণয়

টেবিল ১-১: অবলোকন ও পর্যবেক্ষণ সাপেক্ষে মাটিতে আদ্রতার পরিমাণ

অবলোকন ও পর্যবেক্ষণ	আর্দ্রতার পরিমাণ নির্ণয়
গোলা তৈরী করা যায় না	পরিমিত পরিমাণ থেকে আদ্রতা অনেক কম
অল্প চাপ প্রয়োগে গোলাটি একেবারে ভেঙ্গে পড়েছে	পরিমিত পরিমাণ থেকে আদ্রতা কম
চাপ প্রয়োগে গোলাটি কয়েকটি অংশে ভেঙ্গে পড়েছে	আর্দ্রতা মোটামুটি পরিমিত
চাপ প্রয়োগে গোলাটি চ্যাপটা হয়ে গেছে	পরিমিত পরিমাণ থেকে আদ্রতা বেশী
চাপ প্রয়োগের পূর্বেই গোলাটি থেকে পানি ঝরছে	পরিমিত পরিমাণ থেকে আদ্রতা অনেক বেশী

☑ আদ্রতার পরিমাণ পরিমিত থেকে কম থাকলে পানি মিশিয়ে পরিমিত পরিমাণে আনতে হবে।

☑ আদ্রতার পরিমাণ পরিমিত থেকে বেশী থাকলে রৌদ্রে শুকিয়ে পরিমিত পরিমাণে আনতে হবে।

☑ সর্বোচ্চ দৃঢ়ীকরণের জন্য মাটিতে আদ্রতার পরিমাণ পরিমিত পর্যায়ে এনে কম্প্যাকশন করতে হবে।

১.৯ কম্প্যাকশন

কম্প্যাকশন একটি পদ্ধতি যার মাধ্যমে বাতাস বের করে দিয়ে মাটির দানাগুলোকে কাছাকাছি এনে প্যাক করে তার ঘনত্ব বাড়ানো হয়। সাধারণত হস্তচালিত দুরমুজ দিয়ে বা যন্ত্রচালিত রোলার দিয়ে মাটি কম্প্যাকশন করা হয়ে থাকে।

১.৯.১ কম্প্যাকশন ও কন্সোলিডেশন

কম্প্যাকশন ও কন্সোলিডেশন (consolidation)এর মধ্যে পার্থক্য থাকলেও অনেকসময় অনেকে তা বুঝে উঠতে পারে। মাটি হতে বাতাস বের করে দেয়া হল কম্প্যাকশনআর পানি বের করে দেয়া হল কন্সোলিডেশন।কম্প্যাকশনের উদ্দেশ্য হলো ঃ

- মাটির ঘনত্ব বৃদ্ধি করা
- মাটির ভার বহন ক্ষমতা বৃদ্ধি করা;
- মাটির ক্ষয়রোধ ক্ষমতা বৃদ্ধি করা;
- কাঠামো বসে যাওয়া রোধ করা;
- মাটিকে অভেদ্য করা;
- মাটির পানি শোষণ ক্ষমতা কমিয়ে ফেলা।

১.৯.২ কম্প্যাকশনের গুরুত্ব

সড়কের স্তরসমূহের (সাব-গ্রেড, ইম্প্রুভড্ সাবগ্রেড, সাব বেস, বেস) শক্তি সাধারণত স্তরের সিবিআর (CBR) ভ্যালু দিয়ে বোঝানো হয়। স্তরের সিবিআর ভ্যালু নির্ভর করে নির্মাণ মালামালের দানাদার অবস্থা, তার শক্তি এবং কম্প্যাকশনের উপর। আবার বাঁধের স্ট্যাবিলিটি এবং ফাউন্ডেশনের ভার বহন ক্ষমতা নির্ভর করে মাটির শেয়ারিং স্ট্রেন্থ এর উপর। একটা নির্দিষ্ট মাটির সিবিআর ও শেয়ারিং স্ট্রেন্থ নির্ভর করে কম্প্যাকশনের উপর। সে কারণে কোন ভরাট বা রাস্তা/বাঁধ নির্মাণ কাজের স্ট্যাবিলিটি ও স্থায়ীত্বের জন্য অবশ্যই কম্প্যাকশন পরীক্ষা করতে হবে।

১.৯.৩ কম্প্যাকশন নির্ণয়

$$\text{কোন নির্দিষ্ট বস্তুর ঘনত্ব} = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$$

$$\text{মাটিতে জলীয় অংশের পরিমাণ (m \%)} = \frac{\text{মাটিতে পানির ওজন}}{\text{শুষ্ক মাটির ওজন}} \times ১০০$$

$$= \frac{\text{ভেজা মাটির ওজন - শুষ্ক মাটির ওজন}}{\text{শুষ্ক মাটির ওজন}} \times ১০০$$

$$\text{কোন ভেজা মাটির ঘনত্ব } (\gamma_{wet}) = \frac{\text{ভেজা মাটির ওজন}}{\text{ভেজা মাটির আয়তন}}$$

মাঠ পর্যায়ে মাটি ভেজা অবস্থায় থাকে, তাই মাঠে মাটির যে ঘনত্ব পাওয়া যায় তা ভেজা মাটির ঘনত্ব (γ_{wet})। ভেজা মাটির ঘনত্ব (γ_{wet}) হতে শুষ্ক মাটির ঘনত্ব (γ_{dry}) নিম্ন বর্ণিত ফর্মুলা হতে পাওয়া যাবে ঃ

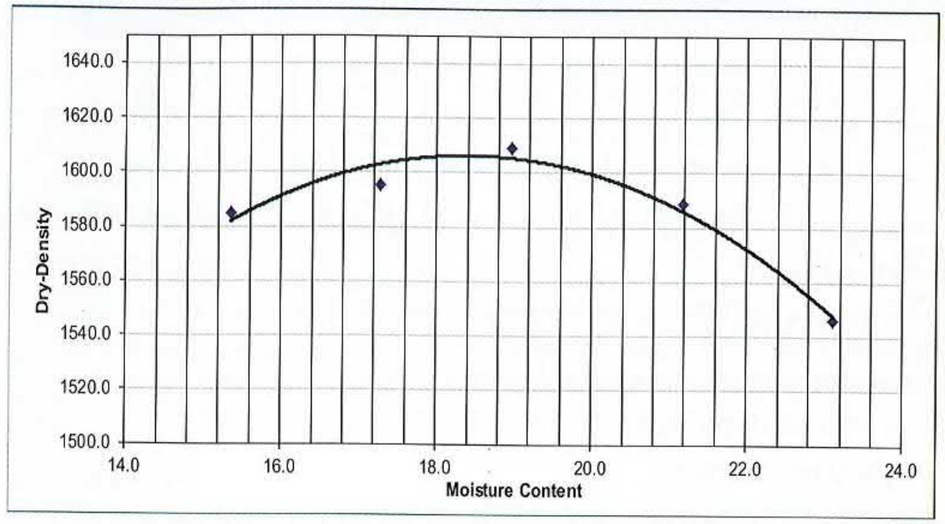
$$\text{শুষ্ক মাটির ঘনত্ব } (\gamma_{dry}) = \frac{\gamma_{wet}}{1 + m/100}$$

১.৯.৪ কম্প্যাকশন গ্রাফ

১) কোন নির্দিষ্ট মাটির মাঠ পর্যায়ে কম্প্যাকশন করার পর যে ঘনত্ব পাওয়া যায় তাকে ঐ মাটির Field Dry Density (FDD) বলে।

কোন নির্দিষ্ট মাটির নির্দিষ্ট শক্তি প্রয়োগে পরিমিত জলীয় অংশের উপস্থিতিতে যে ঘনত্ব পাওয়া যায় তাকে ঐ মাটির ঐ নির্দিষ্ট অবস্থার সর্বাধিক শুষ্ক ঘনত্ব (Maximum Dry Density, MDD) বলা হয়।

৩) কোন নির্দিষ্ট মাটির নির্দিষ্ট শক্তি প্রয়োগে যে পরিমাণ জলীয় অংশের উপস্থিতিতে সর্বাধিক ঘনত্ব পাওয়া যায় তাকে ঐ মাটির পরিমিত জলীয় অংশ (Optimum Moisture Content , OMC) বলা হয়। নিচের চিত্রটি দেখা যেতে পারে।



চিত্র ১-১: মাটির ঘনত্ব বনাম মাটিতে জলীয় অংশ এর গ্রাফ

উপরের চিত্রটি একটি নির্দিষ্ট মাটিতে দিয়ে বিভিন্ন পরিমাণ জলীয় অংশ প্রয়োগের মাধ্যমে কম্প্যাকশন করে তার শুষ্ক ঘনত্ব (Dry Density) ও জলীয় অংশ (Moisture Content) নির্ণয় করে গ্রাফ তৈরি করা হয়েছে। এটি Standard Proctor বা Modified Proctor এ সম্পন্ন করা হয়েছে। এখানে MDD এর মান হল 1605 kg/m^3 এবং OMC এর মান হল 18.20%।

$$\text{Compaction (\%)} = \frac{\text{Field Dry Density (FDD) of a certain soil}}{\text{Maximum Dry Density of the same soil at laboratory}} \times 100$$

FDD ও MDD পরিমাপের জন্য একই ধরনের মালামাল বা মাটি হতে হবে। FDD কার্যস্থানে একং MDD ল্যাবরেটরীতে পরিমাপ করা হয়। FDD পরিমাপ করার পদ্ধতিগুলো হল ঃ

1) Sand-Cone or
2) Core-Cutter test

ল্যাবরেটরীতে MDD পরিমাপের পদ্ধতিগুলো হলঃ

1) Standard Proctor test or
2) Modified Proctor test

সড়কের গুরুত্ব, ট্রাফিকের পরিমাণ, মাটির ধরণ ও যন্ত্রপাতি সহজ লভ্যতার উপর নির্ভর করে Standard Proctor test/ Modified Proctortest পদ্ধতি নির্ধারণ করা হয়। Standard Proctor test পদ্ধতিতে যে পরিমাণ এনার্জি প্রয়োগ করা হয় Modified Proctor test এ তার চেয়ে ৪.৫ গুন বেশি শক্তি দেয়া হয়। টেবিল ১-২ Standard Proctor test এর পার্থক্য উল্লেখ করা হল ঃ

টেবিল ১-২: Standard Proctor ও Modified Proctor

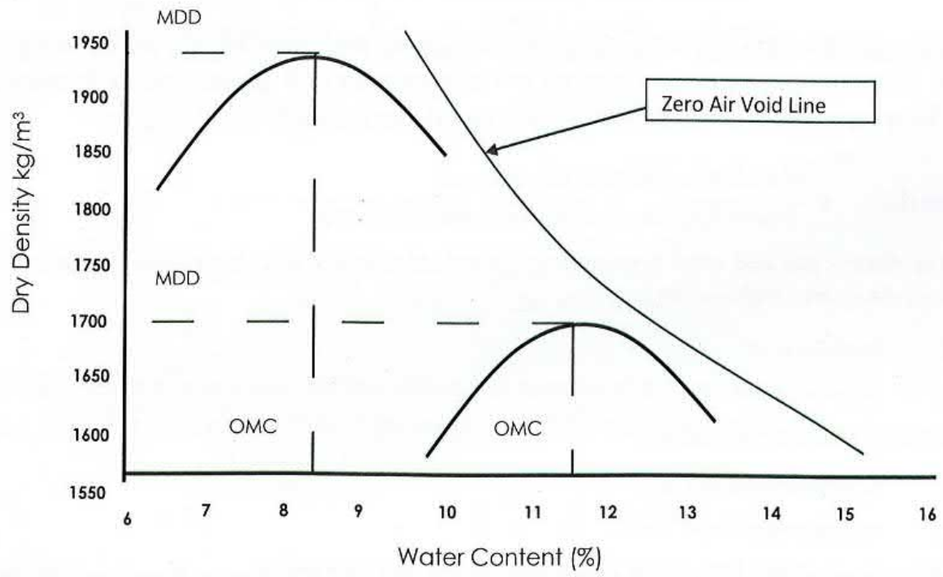
Type of Test	Mold size		Wt. of hammer	No. of Layers	Ht. of hammer drop	No. of Blows/ Layer	Compaction Energy /Vol. (ft-lb / ft3)
	Ht.	Dia.					
Standard Proctor (AASHTO T-99)	117mm (4.58 inch)	101.6 mm (4.0 inch)	2.50 kg (5.5 lb)	3	304.8 mm (12 inch)	25	12,375
		150 mm (6 inch)	2.50 kg (5.5 lb)	3	304.8 mm (12 inch)	56	-
Modified Proctor (AASHTO T-180)	117mm (4.58 inch)	101.6 mm (4.0 inch)	(4.54 kg) 10.0 lb	5	457.2 mm 18 inch	25	56,250
		150 mm (6 inch)	(4.54 kg) 10.0 lb	5	457.2 mm 18 inch	56	-

যে বিষয়গুলোর উপর একটি নির্দিষ্ট মাটির কম্প্যাকশন নির্ভর করে ঃ

ক) মাটিতে জলীয় অংশের পরিমাণ,

খ) কম্প্যাকশন শক্তির পরিমাণ।

নীচে একটি নির্দিষ্ট মাটির Standard Proctor and Modified Proctor কার্ভ চিত্রে তুলনা করে দেখানো হল ঃ



চিত্র ১-৫: কম্প্যাশন মাত্রার উপর মাটির ঘনত্ব ও মাটিতে জলীয় অংশের সম্পর্ক

উপরের চিত্রে দেখা যাচ্ছে যে একই মাটির ক্ষেত্রে কম্প্যাকশন এনার্জি বাড়লে MDD বাড়ে কিন্তু OMC কমে যায়।

অধ্যায় - ২

পাকা সড়ক ডিজাইন ও নির্মাণ কৌশল

২.১ পাকা সড়ক

পাকা সড়ককে দু'ভাগে ভাগ করা যায়:

ক) Flexible Pavement সড়ক

খ) Rigid Pavement সড়ক

২.১.১ ফ্লেক্সিবল পেভমেন্ট সড়ক

যে সমস্ত সড়কে তার উপর পতিত ওজন/ভার (Load) বিভিন্ন স্তরের মাধ্যমে রাস্তার নিম্নতলে (Sub-grade) গিয়ে পৌছে তাকে ফ্লেক্সিবল পেভমেন্ট (FlexiblePavemet) সড়ক বলে। এ ধরনের সড়কের উপর অর্পিত ওজন ক্রমান্বয়ে নীচের স্তরে অধিকতর বিস্তীর্ণ এলাকায় ছড়িয়ে পড়ে। এ কারণে নিম্ন স্তরে ওজনের তীব্রতা (stress) কমতে থাকে। ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম সড়ক, বিটুমিনাস সড়ক এ ধরনের সড়ক। Flexible Pavement সড়ক তুলনামূলক সহজে রক্ষণাবেক্ষণ করা যায়।

২.১.২ রিজিডপেভমেন্ট সড়ক

যে সমস্ত সড়কে তার উপর পতিত ওজন (Load) সাধারণত রিজিড বা non-Flexible স্তরের মাধ্যমে নিম্ন স্তরে (Sub-grade) ওজন ছড়িয়ে দেয় তাদেরকে রিজিড পেভমেন্ট সড়ক (Rigid Pavement) সড়ক বলে। বাংলাদেশে কংক্রিট (সিসি/আরসিসি) দিয়ে নির্মিত পাকা সড়ক এ প্রকারের সড়ক। Rigid Pavement সড়ক রক্ষণাবেক্ষণ তুলনামূলক কঠিন।

২.২ ফ্লেক্সিবল পেভমেন্ট সড়ক নির্মাণ

ফ্লেক্সিবল পেভমেন্ট সড়কের একাধিক স্তর রয়েছে। সবচেয়ে নীচের স্তর হলো সাবগ্রেড আর সবচেয়ে উপরের স্তর হলো বিটুমিনাস কার্পেটিং। অ্যাগ্রিগেটের সাথে বিটুমিন মিশ্রিত করে কার্পেটিং প্রস্তুত করা হয়। অন্যান্য স্তর মাটি, বালু ও খোয়া মিশ্রণ করে তৈরী করা হয়। ফ্লেক্সিবল পেভমেন্ট (Flexible Pavement) সড়ক বা বিটুমিনাস কার্পেটিং সড়ক নির্মাণের ধাপসমূহঃ

১) বক্স কাটিং (Box cutting)

২) সাবগ্রেড (Sub-grade) নির্মাণ,

৩) ইম্প্রুভড সাবগ্রেড (Improved Sub-grade) নির্মাণ (প্রয়োজনে),

৪) সাব-বেস (Sub-base) নির্মাণ,

৫) সড়কের উভয় পার্শ্বে ইটের এজিং (Brick on end-edging) বসানো,

৬) বেস (Water Bound Macadam) নির্মাণ,

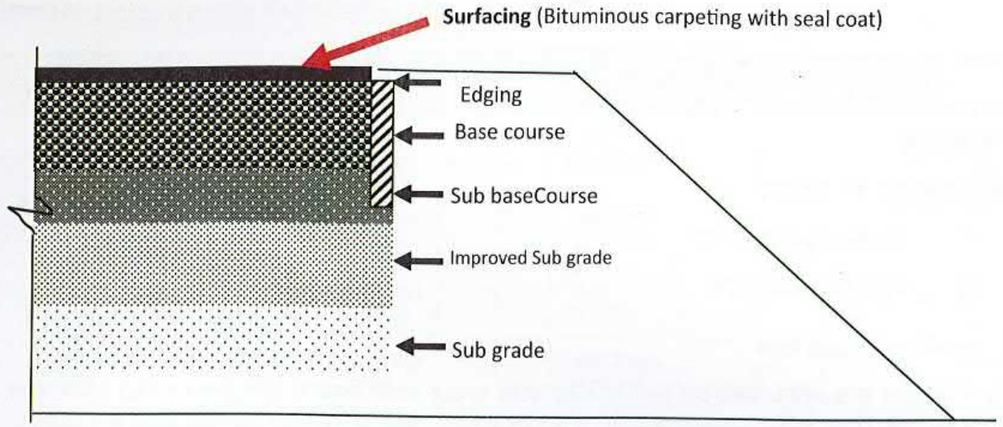
৭) বিটুমিনাস কার্পেটিং (Bituminous Carpeting) নির্মাণ,

৮) বিটুমিনাস সীল কোট (Bituminous Seal Coat) নির্মাণ,

৯) হার্ড সোল্ডার (Hard Shoulder) নির্মাণ,

১০) আর্থ সোল্ডার (Earth Shoulder) নির্মাণ;

১১) সাইড স্লোপ (Side Slope) নির্মাণ।



চিত্র ২- ১: বিটুমিনাস কার্পেটিং সড়কের প্রস্থচ্ছেদ

২.৩ সাবগ্রেড নির্মাণ

মাটির তৈরী বাঁধের বা সড়কের উপরিতলকে সাবগ্রেড বলা হয়। সাধারণত পাকা সড়ক নির্মাণের সময় স্পেসিফিকেশন মোতাবেক বক্স কাটার পর যে স্তর পাওয়া যায় তাকে উক্ত সড়কের সাবগ্রেড বলা হয়ে থাকে। সাবগ্রেডের উপরে স্তরে স্তরে নির্মাণ করা হয়, যথাক্রমে-

- ইম্প্রুভড্ সাবগ্রেড,
- সাব-বেস,
- বেস কোর্স (WBM : Water Bound Macadam) এবং
- বিটুমিনাস কার্পেটিং ।

পাকা সড়কের সকল স্তরের ভার এবং সড়কের উপরে চলাচলকারী যানবাহনের ভার ও ধাক্কা (impact) সবকিছু বহন করতে হয় সাবগ্রেডকেই, তাই সাবগ্রেড়ের গুণাগুণ সঠিকমানের হওয়া উচিত, তা না হলে সড়ক বসে গিয়ে চলাচলের অনুপযোগী হয়ে পড়তে পারে। মাটির বাঁধের বা সড়কের ডিজাইন মোতাবেক বক্স কেটে সাবগ্রেড নির্মাণ কাজ শুরু করতে হবে।

২.৩.১ সাবগ্রেড নির্মাণের মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

- ব্যবহৃত মাটির Plasticity Index অবশ্যই ৮% - ২০% এর মধ্যে থাকতে হবে ।
- মাটি গাছের মূল, ঘাস এবং অন্যান্য ক্ষতিকর বস্তু হতে মুক্ত হতে হবে।
- কমপক্ষে ৯৮% MDD (Standard Proctor) কম্প্যাকশনে CBR এর মান ভেজা অবস্থায় (Soaked) কমপক্ষে 8 (চার) % হতে হবে এবং
- DCP (Dynamic Cone Penetration) -এর মান প্রতি ব্লো তে ৩০ মিমি-এর বেশি হতে পারবে না।

২.৩.২ সাবগ্রেড নির্মাণ পদ্ধতি

১) মাটির বাঁধের বা সড়কের প্রোফাইল ও ডিজাইন মোতাবেক বক্স কেটে সড়ক নির্মাণ কাজ শুরু করতে হবে। ড্রইং মোতাবেক গভীরতা পর্যন্ত বক্স কাটতে হবে।

২) বক্স কাটা থেকেই ড্রইং মোতাবেক Camber নির্মাণ কাজ শুরু করতে হবে।

৩) আকার-আকৃতি, ক্যাম্বার ও সুপার এলিভেশন মোতাবেক কম্প্যাক্শন করতে হবে।

৪) লম্বায় কমপক্ষে ১০০ মিটার এবং উর্দ্ধে ৫০০ মিটার পর্যন্ত সাবগ্রেড একসাথে নির্মাণ করা যেতে পারে।

৫) সাবগ্রেডের কম্প্যাকশন কমপক্ষে ৯৮% MDD (Standard Proctor), ভেজা অবস্থায় (soaked) CBR কমপক্ষে ৪% হতে হবে এবং DCP (Dynamic Cone Penetration) -এর মান প্রতি ব্লো-তে ৩০ মিমি-এর বেশিহতে পারবে না।

৬) উপরে উল্লেখিত স্পেসিফিকেশন মোতাবেক সাবগ্রেড না পাওয়া গেলে কমপক্ষে ৩০০ মিমি বা পর্যাপ্ত গভীরতার মাটি তুলে ফেলে প্রতি স্তর ১৫০মিমি করে সাবগ্রেড স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী কম্প্যাকশন করে নিতে হবে।

৭) মাটিতে অতিরিক্ত আর্দ্রতা থাকলে তা শুকিয়ে নিতে হবে, কম আদ্রতা থাকলে প্রয়োজনীয় পানি ছিটিয়ে পরিমিত পরিমাণ আর্দ্রতায় (Optimum Moisture Content, OMC) নিয়ে আসতে হবে। আর্দ্রতা (OMC) এর কম-বেশি ২% হতে পারে (OMC 2%), যা সাধারণত স্পেসিফিকেশনে এভাবে উল্লেখ থাকে।

৮) মাটিতে আর্দ্রতা পরিমিতের (Optimum) চেয়ে খুব কম বা বেশি থাকলে স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী কম্প্যাকশনে পৌছানো সম্ভব হয় না।

৯) কম্প্যাকশন অবশ্যই সড়কের দৈর্ঘ্য বরাবরে করতে হবে ।

১০) সাধারণ ভাবে রোলিং সড়কের ধার থেকে শুরু করে ধীরে ধীরে ভিতরের দিকে মাঝ বরাবর যেতে হবে। এতে ক্যাম্বার ঠিক থাকবে।

১১) এক প্রান্ত হতে মাঝ বরাবর রোলিং শেষ হলে আবার অন্য প্রান্ত হতে রোলিং করে মাঝ বরাবর আসতে হবে।

১২) সুপার এলিভিশন থাকলে সড়কের নিচু দিকে রোলিং শুরু করে ধীরে ধীরে উঁচু দিকে যেতে হবে।

২.৪ ইম্প্রুভড সাবগ্রেড (Improved subgrade)

সাবগ্রেড নির্মাণ শেষ হলে ইম্প্রুভড সাবগ্রেড (Improved subgrade) নির্মাণ করা হয়। এই স্তর নির্মাণ করতে সাধারণত স্থানীয় বালি (FM 0.8) ব্যবহার করা হয়। এই স্তর দৃঢ়ীভবন করতে হবে যার মাত্রা হবে নূন্যতম ৯৮% (modified)। দৃঢ়ীভবনের পর CBR টেষ্টের মাত্রা soaked অবস্থায় ৮% এর বেশী হবে। সাবগ্রেডের চেয়ে ইম্প্রুভড সাবগ্রেড শক্তিশালী হতে হবে। প্রস্তুতকৃত সাবগ্রেডের উপর স্পেফিফিকেশন মোতাবেক নির্ধারিত নির্মাণ সামগ্রী বিছিয়ে যথাযথ কম্প্যাকশন করে ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণ করা হয়।

২.৪.১ ইম্প্রুভড সাবগ্রেড (Improved subgrade) নির্মাণের মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

ন্যূনতম ০.৮০/০.৫০এফ এম (FM 0.80/0.50) এর বালি দিয়ে ইম্প্রুভড্ সাবগ্রেড (Improved subgrade) নির্মাণ করতে হবে।

বালির Plasticity Index এর মান ৬ এর কম হওয়াই শ্রেয় (ড্রইং ও স্পেসিফিকেশন মোতাবেক)।

অত্যধিক কাদামাটি, গাছের শিকড়, ঘাস ও অন্য কোন ক্ষতিকারক পদার্থ মুক্ত বালি ব্যবহার করতে হবে।

প্রতি লেয়ার কমপক্ষে ৯৮% MDD (Modified Proctor) কম্প্যাকশনে ভেজা (soaked) অবস্থায় CBR এর মান কমপক্ষে ৮ % হতে হবে।

DCP (Dynamic Cone Penetration) -এর মান প্রতি ব্লো-তে ২২ মিমি-এর বেশি হতে পারবে না (ড্রইং মোতাবেক)।

২.৪.২ ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণ পদ্ধতি

১) প্রস্তুতকৃত ১০০ মিটার সাবগ্রেড়ের উপর ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণের কাজ শুরু করতে হবে এবং সামনে আরো ১০০ মিটার সাবগ্রেড প্রস্তুত থাকতে হবে যেন কাজের গতিতে ব্যাঘাত সৃষ্টি না হয়।

২) ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণের শুরুর আগেই Design Pavement উচ্চতা বা Formation Level পর্যন্ত সোল্ডার নির্মাণের কাজ সমাপ্ত করে নিতে হবে।

৩) স্তরে স্তরে ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণ করতে হবে।

৪) আকার-আকৃতি, ক্যাম্বার ও সুপার এলিভেশন মোতাবেক মালামাল বিছিয়ে কম্প্যাক্শন করতে হবে।

৫) দুই স্তরে কম্প্যাকটেড লেয়ার ২০০মিমি/২৫০ মিমি হতে হবে (ড্রইং ও স্পেসিফিকেশন মোতাবেক)।

৬) রোলিং সড়কের লম্বালম্বি বরাবর করতে হবে।

৭) সাধারণভাবে রোলিং সড়কের ধার হতে শুরু করে ধীরে ধীরে ভিতরের দিকে মাঝ বরাবর যেতে হবে। সুপার এলিভিশন থাকলে সড়কের নিচু দিকে রোলিং শুরু করে ধীরে ধীরে উচুঁ দিকে যেতে হবে।

৮) স্পেসিফিকেশন মোতাবেক কম্প্যাকশনে পৌছাতে হবে।

৯) ৯৮% কম্প্যকশনে MDD (Modified Proctor) ভেজা অবস্থায় CBR এর মান কমপক্ষে ৮% হতে হবে।

১০) DCP এর মান প্রতি ব্লো-তে ২২ মিমি এর বেশি হতে পারবে না।

১১) মালামালে প্রয়োজনীয় আর্দ্রতা না থাকলে পানি মিশিয়ে পরিমিত পরিমাণে আনতে হবে। আবার প্রয়োজনের চেয়ে বেশী আর্দ্রতা থাকলে তা সূর্যের তাপে শুকিয়ে নিতে হবে।

১২) আর্দ্রতার পরিমাণ অবশ্যই OMC এর কাছাকাছি হতে হবে। অন্যথায় স্পেসিফিকেশন মোতাবেক প্রয়োজনীয় দৃঢ়ীকরণ করা সম্ভব হবে না।

১৩) কোন কারণে ইম্প্রুভড সাবগ্রেড স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী না হয়ে থাকলে, সম্পন্ন কাজ পুনঃ নির্মাণ করতে হবে।

২.৫ অ্যাগরিগেট-স্যান্ড সাব-বেস

সাধারণতঃ সড়কে অ্যাগরিগেট-স্যান্ড সাব-বেস (ASS-Sub-base) নির্মাণে খোয়া ও বালির মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। একাজে যথাযথ গ্রেডের এ্যাগ্রিগেটের সাথে বালি নির্দিষ্ট অনুপাতে মিশিয়ে ব্যবহার করা হয়। মিশ্রণটি এমন ভাবে করতে হবে যাতে স্পেসিফিকেশন মতো গ্রেডিং পাওয়া যায়। দৃঢ়ীভূত পুরুত্ব পাওয়ার জন্য সাধারণতঃ ১.৩৩ গুণ পুরুত্বে আলগা (loose) মিশ্রণ ঢালতে হয়। কতটুকু loose thickness হতে কতটুকু dense thickness পাওয়া যায় তা পরীক্ষামূলকভাবে যাচাই করে নেয়া উচিত। রোলার দিয়ে এই স্তর এমনভাবে দৃঢ়ীভবন করতে হবে যেন CBR টেষ্টের ফলাফল (৯৮% মাত্রায় দৃঢ়ীভবন, modified) ২৫% এর বেশী হয়। Sub-baseএর জন্য মিশ্রিত মালামালের অনুমোদিত grading নীচের টেবিল ২-১ এ দেয়া হল।

২.৫.১ অ্যাগরিগেট-স্যান্ড সাববেস নির্মাণে মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

- অ্যাগরিগেটস্যান্ড সাব-বেস নির্মাণে প্রথম শ্রেণী ইটের খোয়া ব্যবহার করা হয়ে থাকে যার LAA Test এর মান ৪০ এর বেশি হতে পারবে না। LAA (Los Angles Abrasion) Test হলো খোয়ার একটি ল্যাবরেটরী টেষ্ট যা দিয়ে খোয়া ঘর্ষণে কি পরিমাণ ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তা জানা যায়।
- কম্প্যাকশন ৯৮% MDD (Modified) অবস্থায় CBR এর মান ভেজা অবস্থায় কমপক্ষে ৩০% হতে হবে।
- DCP এর মান প্রতি ব্লো-তে ৩.৫ মিমি এর বেশি হতে পারবে না।
- মিশ্রণের সর্বোচ্চ ৫০% বালি ব্যবহার করতে হবে।

টেবিল ২-১ ঃ মিশ্রিত Sub-base মালামালের গ্রেডেশন

চালুনি সাইজ (মিমি) (Sieve Size in mm)	চালুনি হতে বের হয়ে যাওয়া মালামালের ওজন (%) (% Passing by Weight)
৩৮	১০০
২০	৫৫ - ৯৫
১০	৩৫ - ৭৫
৪.৭৫	২৫ - ৬০
২.৩৬	১৫ - ৫০
৬০০ মাইক্রোন[১]	১০ - ৩৫
৩০০ মাইক্রোন	১০ - ২৫
৭৫ মাইক্রোন	৫ - ১৫

উল্লেখিত গ্রেডেশনে বুঝা যায় যে, মিশ্রিত মালামালে খোয়া এর সাইজ ৩৮ মিমি এর নিচে হতে হবে এবং অতি সূক্ষ দানার মালামালও থাকতে হবে।

২.৫.২ অ্যাগরিগেট-স্যান্ড সাব-বেস নির্মাণ পদ্ধতি

১) আলদাভাবে বালি ও অ্যাগরিগেটের আর্দ্রতা OMC এর কাছাকাছি আনতে হবে। আদ্রতা কম থাকলে পানি মেশাতে হবে এবং বেশি থাকলে শুকিয়ে নিতে হবে।

২) মালামালের সঠিক অনুপাত নিশ্চয়তার জন্য অনুপাত অনুযায়ী আলদা কাঠের বাক্সে মালামাল মেপে নিতে হবে।

৩) মালামাল মেশানোর জন্য প্লেনসিট দিয়ে নির্মিত অস্থায়ী জায়গা প্রস্তুত করে নিতে হবে।

৪) উক্ত জায়গায় প্রথমে ভেজা খোয়া মাপ দিয়ে সুবিধাজনকভাবে বিছিয়ে দিতে হবে।

৫) এরপর অন্য একটি কাঠের বাক্স বিছানো খোয়ার উপর রেখে বালি মেপে নিতে হবে এবং উক্ত খোয়ার উপর বিছিয়ে দিতে হবে।

৬) খোয়া ও বালু খুব ভালভাবে মেশাতে হবে যেন একটা সমস্বত্ব মিশ্রণ প্রস্তুত হয়।

৭) সমস্বত্ব মিশ্রণটি এবার প্রস্তুতকৃত সাবগ্রেড বা ইম্প্রুভড সাবগ্রেডের উপর এমনভাবে বিছাতে হবে যেন বালি ও খোয়া আলদা হয়ে না পড়ে।

৮) মাঠ ট্রায়েলের মাধ্যমে পূর্বেই Loose Thickness এবং Compacted Thickness এর মধ্যে আপেক্ষিক সম্পর্ক মেপে নিতে হবে এবং সে মোতাবেক Loose মিশ্রণের স্তর সড়কে বিছাতে হবে।

৯) মিশ্রণ অবশ্যই সাইজ, লেভেল, ক্যাম্বার ও সুপার এলিভেশন অনুযায়ী বিছাতে হবে এবং কম্প্যাকশনের কাজ শুরু করতে হবে।

১০) পাওয়ার রোলার দিয়ে রোলিং করতে হবে। কম্প্যাকশন অবশ্যই ৯৮% MDD (Modified) এর নীচে হতে পারবে না।

[১] এক মাইক্রোন হল এক মিলিমিটারের ১০০০ ভাগের এক ভাগ।

১১) সড়কের প্রান্ত থেকে রোলিং শুরু করে সড়কের মাঝ বরাবরে যেতে হবে ।

১২) রোলিং শেষে সম্পূর্ণ অংশ পরীক্ষা করে দেখতে হবে, কোথাও কোন উচুঁ নিচু আছে কিনা, ক্যাম্বার, সুপার এলিভেশন ঠিক আছে কিনা। কোন ত্রুটি ধরা পড়লে সংশোধনের ব্যবস্থা সঙ্গে সঙ্গে নিতে হবে।

১৩) ভেজা অবস্থায় প্রতি স্তরের CBR এর মান কমপক্ষে ৩০% হতে হবে ।

১৪) প্রথম স্তরের পুরুত্ব কম্প্যাকটেড ১০০ মিমি এর বেশি হতে পারবে না।

১৫) দুই স্তরে কম্প্যাকটেড ১৫০ মিমি/২০০মিমি পুরুত্বের কাজ শেষ করতে হবে।

১৬) বেস কোর্স স্তর বিছানো পর্যন্ত প্রস্তুতকৃত সাব-বেস যেন কোন প্রকার ক্ষতিগ্রস্থ না হয়, তা খেয়ালে রাখতে হবে।

চিত্র ২- ২: মালামাল মিশ্রণ পদ্ধতি

২.৬ ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম বেস কোর্স

সড়কের প্রধান ভারবাহী ও সারফেসিং এর নিচের স্তর হল বেস-কোর্স যা অনেক সময় ম্যাকাডাম হিসেবে (Water Bound Macadam Base Course) পরিচিত। এই স্তর নির্মাণে খোয়া বা খোয়া-বালির মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। যেভাবেই ব্যবহার করা হউক না কেন তা স্পেসিফিকেশন মতো গ্রেডিং হওয়া বাঞ্চনীয়। Sub-base এর মতো এই স্তরও dense thickness এর ১.৩৩ গুণ হিসাবে loose thickness বিছানো হয়।

এ স্তরটিতে মালামাল রোলিং ও পানি ছিটানোর মাধ্যমে অ্যাগরিগেটসমূহের মধ্যে বন্ধন সৃষ্টি করে কম্প্যাকশনের মাধ্যমে তৈরী করা হয় বলে একে ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম (WBM) বলা হয়।

২.৬.১ ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম নির্মাণের মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

- প্রথম শ্রেণীর ইট বা পিকেট ইটের খোয়া যার LAA Test এর মান ৪০% এর বেশি হবে না। ACV বলা থাকলে সে মোতাবেক মান হতে হবে।
- মালামালের ৯৮% MDD কম্প্যাকশনে (Modified) soaked CBR এর মানকমপক্ষে ৮০% (ল্যাবরেটরী টেষ্ট) হতে হবে।
- DCP এর মান প্রতি ব্লো-তে স্পেসিফিকেশন মোতাবেক হতে হবে। Base এর জন্য মিশ্রিত মালামাল এর অনুমোদিত grading নীচের টেবিল ২-২ এ দেয়া হলঃ

টেবিল২-২ ঃ ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডামের মালামালের গ্রেডিং

চালুনি সাইজ (মিমি) (Sieve Size in mm)	চালুনি হতে বের হয়ে যাওয়া মালামালের ওজন (%) (% Passing by Weight)
৩৮	১০০
২০	৬০ - ৮০
১০	৪০ - ৬০
৪.৭৫	২৫ - ৪৫
২.৩৬	১৫ - ৩২
৬০০ মাইক্রোন[২]	১০ - ২০
৭৫ মাইক্রোন	০ - ১৫

উল্লেখিত গ্রেডেশনে বোঝা যাচ্ছে যে, মিশ্রিত মালামালে খোয়া-এর সাইজ ৩৮মিমি এর নিচে হতে হবে এবং সূক্ষ দানার মালামালও থাকতে হবে

২.৬.২ ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম নির্মাণ পদ্ধতি

১) WBM এর নির্মাণ কাজ শুরু করার পূবেই ব্রিক অন এন্ড এজিং (Brick on End Edging) নির্মাণ করে নিতে হবে ।

২) WBM এর মালামাল বিছানোর পূর্বে সাব-বেস লেয়ার সম্পূর্ণভাবে প্রস্তুত করে নিতে হবে।

৩) উপরে উল্লেখিত গ্রেডেশনের মালামাল ভালভাবে মেশানোর জন্য প্লেন সীট দিয়ে নির্মিত অস্থায়ী জায়গা প্রস্তুত করে নিতে হবে।

৪) মালামাল অস্থায়ী জায়গায় এমনভাবে মেশাতে হবে যেন মিশ্রণটি একটি সমস্বত্ব মিশ্রণে রূপ লাভ করে।

৫) প্রয়োজনীয় আর্দ্রতার জন্য মালামালে পানি ছিটিয়ে নিতে হবে।

[২]এক মাইক্রোন হল এক মিলিমিটারের ১০০০ ভাগের এক ভাগ।

৬) মেশানো মালামাল প্রস্তুতকৃত সাব-বেস লেয়ারের উপর এমনভাবে স্থাপন করতে হবে যেন বড় ও ছোট খোয়া আলদা হয়ে না পড়ে।

৭) পূর্বেই ট্রায়েলের মাধ্যমে Loose thickness এবং Compacted thickness-এর মধ্যে সম্পর্ক দেখে নিতে হবে।

৮) লুজ মালামাল এমন পুরুত্বে বিছাতে হবে যেন কম্প্যাকশন করার পর স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী পুরুত্ব পাওয়া যায়।

৯) লুজ মালামাল সঠিকভাবে সাব-বেসের উপর বিছানোর পর ৮-১০ টন যান্ত্রিক রোলার দিয়ে কম্প্যাকশন করতে হবে।

১০) দুই লেয়ারে ১৫০ মিমি /২০০ মিমি কম্প্যাক্টেড WBM এর কাজ সম্পন্ন করতে হবে।

১১) প্রতি লেয়ারের লুজ পুরুত্ব ১২৫ মিমি এর বেশি হতে পারবে না।

১২) সড়কের উপরিতল মসৃণ, অটল, বলিষ্ট ও অভেদ্য না হওয়া পর্যন্ত রোলিং কার্যক্রম চালাতে হবে।

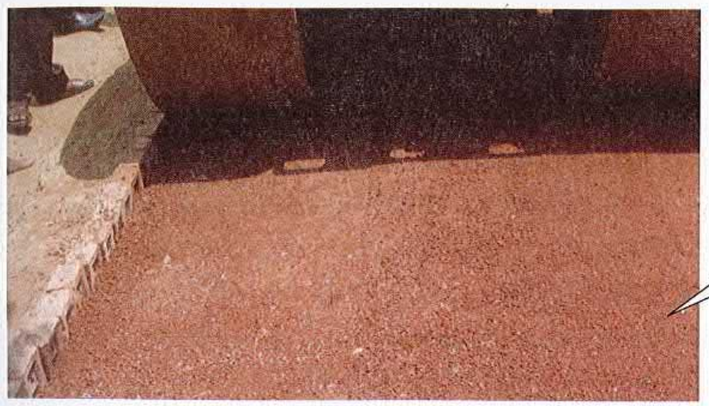
১৩) OMC এর কাছাকাছি আদ্রতা বজায় থাকার বিষয়টি কম্প্যাকশন করার সময় খেয়াল রাখতে হবে। প্রয়োজনে পানি ছিটিয়ে দিতে হবে। অতিরিক্ত পানি প্রদান থেকে বিরত থাকতে হবে। অতিরিক্ত পানি অ্যাগরিগেট স্যান্ড সাব-বেস স্তরের ক্ষতি সাধন করতে পারে।

১৪) রোলিং শেষে WBM এর উপরিতল লেভেল, ক্যাম্বার, সুপার এলিভেশন চেক করে দেখতে হবে। কোনরূপ অসামঞ্জস্য থাকলে সংশোধনের ব্যবস্থা নিতে হবে।

১৫) WBM বেস কোর্স স্তর সমাপ্তের সঙ্গে সঙ্গে স্পেসিফিকেশন মোতাবেক টেষ্ট করে দেখতে হবে। কম্প্যাকশন অবশ্যই কমপক্ষে ৯৮% MDD (Modified Proctor) হতে হবে।

১৬) দুই স্তরে WBM বেস কোর্সের পুরুত্ব কম্প্যাক্টেড ১৫০ মিমি হতে হবে।

চিত্র ২- ৩: খোয়া বিছানো ও রোলিং পদ্ধতি



চিত্র ২-৪: খোয়া বিছানো ও রোলিং পদ্ধতি

২.৭ প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ

২.৭.১ বিটুমিনাস প্রাইম কোট

ওয়াটার বাউন্ড ম্যাকাডাম (WBM) বেস কোর্স স্তরের উপর বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণের পূর্বে বিটুমিনাস প্রাইম কোট প্রদান করতে হয়। Cut Back বিটুমিন স্পেসিফিকেশন মোতাবেক প্রস্তুতকৃত WBM স্তরের উপরিতলে ছিটিয়ে দেয়াকে প্রাইম কোট বলে। বিটুমিনাস প্রাইম কোট প্রদানের উদ্দেশ্য হল WBM বিটুমিনাস কার্পেটিং এর মধ্যে নিবিড় বন্ধন সৃষ্টি করা এবং WBM এর উপরি তলকে পানি নিরোধক করা।

২.৭.২ বিটুমিনাস প্রাইম কোটের মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

Straight run Bitumen: Atmospheric distillation Unit হতে কোনরূপ পরিবর্তন ছাড়া যে বিটুমিন পাওয়া যায় তাকে straight run বিটুমিন বলে। Atmospheric distillation Unit হলো খনিজ তেল শোধনের একটি পদ্ধতি। ৬০/৭০ গ্রেডের বিটুমিন বলতে বোঝায় বিটুমিনের সর্বনিম্ন পেনিট্রেশান (Penetration) ৬০ এবং সর্বোচ্চ পেনিট্রেশান ৭০। Penetration Test বিটুমিনের মান পরিমাপের একটি পরীক্ষা। Penetration test দিয়ে বিটুমিনের দৃঢ়তা (Consistency) বুঝায়। ৮০/১০০ গ্রেডের বিটুমিনের ক্ষেত্রে একই কথা প্রযোজ্য।

- ৬০/৭০ বা ৮০/১০০ গ্রেডের বিটুমিনের সহিত স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী কেরোসিন মিশিয়ে (আয়তনে ১০০ ভাগ বিটুমিনের সঙ্গে ৪০-৬০ ভাগ কেরোসিন) Cut Back বিটুমিন প্রস্তুত করা হয়।

চিত্র ২-৫: নির্দিষ্ট পরিমান প্রাইম কোট ট্রায়াল দিয়ে কালার নির্ণয়

২.৭.৩ বিটুমিনাস প্রাইম কোট ছিটানোর পদ্ধতি

১) Cut Back বিটুমিন প্রাইম কোট ছিটানোর পূর্বে প্রস্তুতকৃত WBM এর উপরিতল ঝাড়ু দিয়ে ময়লা ও আবর্জনামুক্ত করে নিতে হবে। উপরিতল লুজ মনে হলে রোলার করে নিতে হবে। অতিরিক্ত ভেজা থাকলে শুকিয়ে নিতে হবে।

২) WBM এর উপরিতল অতিরিক্ত ভেজা বা ধুলিকণা যুক্ত থাকলে প্রাইম কোট স্প্রে করা যাবে না। আবার অতিরিক্ত শুকনা থাকলে পানি ছিটিয়ে রোলিং করে নিতে হবে।

৩) আবহাওয়া ভেজা থাকলেও প্রাইম কোটের কাজ করা যাবে না।

৪) ১২০° - ১৪০° সে. তাপমাত্রায় বিটুমিন গরম করার পর কেরোসিন মেশাতে হবে।

৫) ট্রায়েলের মাধ্যমে বিটুমিনের সহিত কেরোসিন মেশানোর পরিমাণ ঠিক করে নিতে হবে।

৬) ২৪ ঘন্টার মধ্যে Cut Back বিটুমিন WBM কর্তৃক শুষে নিলে সঠিক পরিমাণ বলে ধরে নিতে হবে।

চিত্র ২-৬: সঠিক পরিমাণের প্রাইম কোট স্প্রে করার হয়েছে

৭) স্পেসিফিকেশন মোতাবেক প্রাইম কোট স্প্রে করার জন্য স্প্রে ক্যানের মাপ অনুযায়ী WBM এর উপরিতল বর্গমিটারে মার্ক করে নিতে হবে। এতে সঠিক পরিমাণের প্রাইমকোট স্প্রে করা সম্ভব হবে।

৮) মিশ্রিত Cut Back বিটুমিন ১০০-১২০° সে. তাপমাত্রায় ১.২০ লিটার প্রতি বর্গ মিটার হিসেবে প্রস্তুতকৃত WBM এর উপরিতলে স্প্রে করতে হবে।

৯) প্রয়োজন হলে কোন কোন জায়গায় বেশি পরিমাণে Cut Back বিটুমিন স্প্রে করার প্রয়োজন হতে পারে। তবে এ ক্ষেত্রে অবশ্যই দায়িত্বপ্রাপ্ত প্রকৌশলীর নির্দেশ মোতাবেক করতে হবে।

১০) কোন স্থান শুকিয়ে না গেলে সেখানে blotting material হিসেবে বালু ছিটিয়ে দিতে হবে।

১১) শুষে নেয়ার (curing) সময়ে কোন যানবাহন চলাচল করতে দেয়া যাবে না। ব্যস্ত সড়কে কাজ করার সময় একসঙ্গে সড়কের অর্ধেক কাজ করা যেতে পারে।

১২) প্রাইম কোট শুষে নেয়ার (curing) পর বিটুমিনাস কার্পেটিং এর কাজ করতে হবে।

১৩) বৃষ্টি হলে Cut Back বিটুমিন স্প্রে করা থেকে বিরত থাকতে হবে। শুষে নেয়া (Curing) সময়ের আগে বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা থাকলে পলিথিন দিয়ে ঢেকে রাখতে হবে, অন্যথায় Cut Back বিটুমিন স্প্রে নষ্ট হয়ে যেতে পারে।

২.৮ প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস কার্পেটিং

বিটুমিনাস প্রাইম কোট ছিটানোর পর curing শেষে বেস কোর্স (WBM) এর উপর Bituminous Carpeting (BC) স্তর নির্মাণ করা হয়। BC অত্যন্ত শক্তিশালী একটি স্তর। Bituminous Carpeting সুন্দরভাবে গাড়ি চলাচলে সহায়তা করে এবং WBM বেস কোর্সকে নষ্ট হয়ে যাওয়া থেকে রক্ষা করে।

২.৮.১ প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণে মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

- বাইন্ডার হিসেবে ৮০/১০০ বা ৬০/৭০ গ্রেডের বিটুমিন ব্যবহার করা হয়।
- অ্যাগরিগেট হিসেবে পাথর কুচি যার LAA Test এর মান ৩০ এর বেশি হতে পারবে না।
- সর্বোচ্চ ১৬মিমি, ১২মিমি ও ৬মিমি সাইজের পাথর কুচি এবং ষ্টোন ডাষ্ট একসঙ্গে মিশিয়ে নিম্ন বর্ণিত গ্রেডেশনে আনতে হবে। সাধারণ বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণে এ্যাগরিগেটের গ্রেডেশন টেবিল ২-৩ তে দেয়া হলো।
- ল্যাবরেটরীতে গ্রেডেশনে পরীক্ষা করে নিতে হবে ।
- ব্লাইন্ডিং ম্যাটেরিয়াল হিসেবে ০.৮ এফএম (FM) এর বালি ব্যবহার করতে হবে।

চিত্র ২-৩: বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণে এ্যাগরিগেটের গ্রেডেশন

চালুনি সাইজ (মিমি) Sieve Size	চালুনি হতে বের হয়ে যাওয়া মালামালের ওজন (%)	
	২৫ মিমি (Normal Bituminous Carpeting)	৫০/৪০ মিমি (Normal Bituminous Carpeting)
২৫ মিমি	-	১০০
২০ মিমি	১০০	৭৫-১০০
১৬ মিমি	-	-
১২.৫ মিমি	-	-
১০ মিমি	৪০ - ৬৫	৩৫ - ৬২
৪.৭৫ মিমি	২০ - ৪০	১৫ - ৩৫
২.৩৬মিমি	৮ - ২২	৫ - ২০
৬০০ মাইক্রোন	-	-
৭৫ মাইক্রোন	০ - ৫	০ - ৪

উপরে উল্লেখিত গ্রেডেশন থেকে বুঝায় যায় যে,

ক) ২৫ মিমি পুরুত্বেও Normal Bituminous Carpeting এর ১০০ ভাগ পাথরকুচি ২০ মিলি এর ছোট হবে।

খ) আবার ৪০ মিমি পুরুত্বের Normal Bituminous Carpeting এর ১০০ ভাগ পাথরকুচি ২৫ মিমি এর ছোট হবে।

গ) এছাড়াও সুক্ষ দানার অ্যাগরিগেট থাকতে হবে যা Sieve Size এবং weight Passing থেকে সহজেই বোধগম্য।

Dense Graded Bituminous Carpeting নির্মাণে অ্যাগরিগেটের গ্রেডেশন নিচে টেবিল ২-৪ উল্লেখ করা হলঃ

টেবিল২-৪: Dense Graded Bituminous Carpeting মালামালের গ্রেডেশন

চালুনি সাইজ (মিমি) Sieve Size	চালুনি হতে বের হয়ে যাওয়া মালামালের ওজন (%)	
	২৫ মিমি (Dense Graded Bituminous Carpeting)	৪০ মিমি (Dense Graded Bituminous Carpeting)
২৫ মিমি	১০০	১০০
২০ মিমি	১০০	৭৫ - ১০০
১৬ মিমি	১০০	-
১২.৫ মিমি	৭৫ - ১০০	৬০ - ৮০
১০ মিমি	৬০ - ৮০	-
৪.৭৫ মিমি	৩৫ - ৫৫	৩৫ - ৫৫
২.৩৬ মিমি	২০ - ৩৫	২০ - ৩৩
৬০০ মাইক্রোন	১০ - ২০	৬ - ১৮
৭৫ মাইক্রোন	২ - ৮	২ - ৮

উপরে উল্লেখিত গ্রেডেশন থেকে বুঝায় যায় যে,

ক) ২৫ মিমি পুরুত্বের dense graded bituminous carpeting এর ১০০ ভাগ পাথরকুচি ১৬ মিলি এর ছোট হতে হবে।

খ) আবার ৪০ মিমি পুরুত্বে dense graded bituminous carpeting এর ১০০ ভাগ পাথরকুচি ২৫ মিমি এর ছোট হতে হবে।

গ) এছাড়াও সুক্ষ দানার অ্যাগরিগেট থাকতে হবে যা sieve size এবং weight passing থেকে সহজেই বোধগম্য।

২.৮.২ প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

১) বিটুমিন ও অ্যাগরিগেট আলাদা আলাদা চুলায় তাপ প্রয়োগ করতে হবে।

২) তাপমাত্রার হিসাব নিচে দেয়া হলঃ

- শুধুমাত্র বিটুমিন : ১৪০° সে. হতে ১৫৫° সে. পর্যন্ত।
- শুধুমাত্র অ্যাগরিগেট : ১৫০° সে. হতে ১৭০° সে. পর্যন্ত।

৩) বিটুমিন ও অ্যাগরিগেট একত্রে মেশানোর পর তাপমাত্রা ১৪০° সে. হতে ১৬০° সে এর মধ্যে হতে হবে।

৪) থার্মোমিটারের সাহায্যে তাপমাত্রা পরীক্ষা করতে হবে। অবশ্যই কার্য সাইটে পর্যাপ্ত থার্মোমিটার রাখতে হবে।

৫) কার্য সাইটে রোলার না থাকলে বিটুমিনাস কার্পেটিং কাজ করা থেকে বিরত থাকতে হবে ।

৬) উপরে উল্লেখিত তাপমাত্রার অতিরিক্ত তাপমাত্রার মালামাল কাজে ব্যবহার না করে ফেলে দিতে হবে।

৭) নির্দিষ্ট (স্পেসিফাইড) তাপমাত্রায় পৌছালে বিটুমিন ও অ্যাগরিগেট চুলার উপর মেশানো যাবে না। চুলার উপর মেশালে তাপমাত্রা বেড়ে যাবে এবং বিটুমিন তার বাইন্ডিং ক্ষমতা হারাবে। এতে কাজের গুণাগুণ মারাত্নকভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হবে।

৮) নির্দিষ্ট (স্পেসিফাইড তাপমাত্রায় আনার পর বিটুমিন এবং পাথরকুচি আলাদা জায়গায় চুলার বাইরে মেশাতে হবে।

৯) সড়কের দুই পাশে বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ স্থান বরাবর Steel Angles Screed স্থাপন করতে হবে।

১০) Steel Angles Screed সেট করার পর prime coat প্রয়োগকৃত cured WBM বেস কোর্সের উপর মিশ্রণ বিছিয়ে দিতে হবে। বিছানোর সময় মিশ্রণের তাপমাত্রা ১৩০° সে. এর নীচে না হওয়াই শ্রেয়।

১১) খেয়াল রাখতে হবে যেন সমান স্তরে ক্যাম্বার, সুপার এলিভেশন অনুযায়ী মিশ্রণ বিছানো হয়।

১২) উত্তপ্ত মিশ্রণ বিছানোর পরপরই steel angles screed সেট করা অবস্থায় যান্ত্রিক রোলার (নিউম্যাটিক টায়ার রোলার হলে ভাল হয়) দিয়ে কম্প্যাকশন করতে হবে।

১৩) Steel Angle Screed থাকা অবস্থায় প্রাথমিক রোলার করার পর steel angle screed তুলে ফেলে রোলিং করতে হবে।

১৪) অনুমোদিত স্টীল ড্রাম রোলার (৩-৫ টন) বা ৮-১০ টন নিউম্যাটিক টায়ার রোলার (Pnumatic Tyred Roller) দিয়ে প্রকৌশলীর নির্দেশ মোতাবেক রোলিং করতে হবে ।

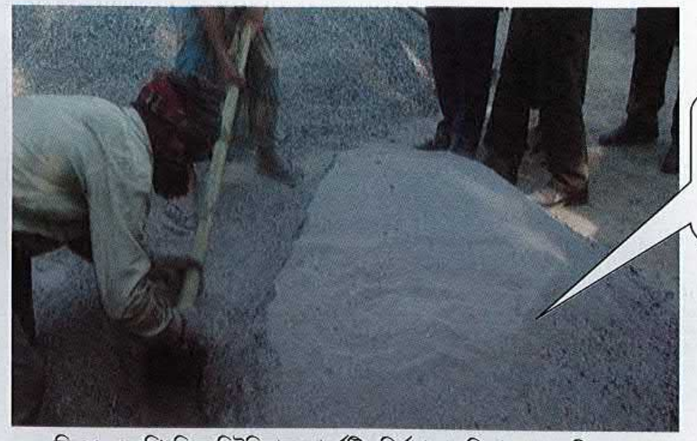
১৫) রোলিং এর সময় মিশ্রণের তাপমাত্রা ৯০°সে. এর নিচে হতে পারবে না।

১৬) অনেক সময় কার্যস্থলে মালামাল বিছিয়ে রোলিং এর জন্য অপেক্ষা করা হয়ে থাকে। রোলার না থাকায় অনেক পরে রোলিং করা হয়। তাপমাত্রার দিকে খেয়াল করা হয় না। এতে মিশ্রিত মালামাল ঠান্ডা হয়ে শক্ত হয়ে যায়। এমন অবস্থায় রোলিং করলে মিশ্রিত মালামাল আলাদা হয়ে পড়ে এবং সহজেই উঠে যায়। তাই বিটুমিন কাজ করার সময় সাইটে অবশ্যই স্পেসিফাইড রোলার থাকতে হবে। রোলার না থাকলে কাজ করা হতে বিরত থাকতে হবে।

১৭) ফিনিসড্ উপরিতলের তাপমাত্রা স্বাভাবিক আবহাওয়ার তাপমাত্রার পর্যায়ে না আসা পর্যন্ত কোন যানবাহন চলাচল করতে দেয়া যাবে না।

১৮) রোলিং সম্পন্ন হওয়ার পর প্রতি বর্গ মিটার এলাকায় ০.০০৬ ঘন মিটার হিসেবে এফএম ০.৮০ মানের বালি ছিটাতে হবে।

১৯) নতুন অবস্থায় প্রস্তুতকৃত bituminous carpeting এর উপর রোলার, যন্ত্রপাতি বা অন্য কোন ভারী দ্রব্যাদি রাখা যাবে না, রাখলে Bituminous Carpeting বিকৃত আকার ধারণ করতে পারে।



চিত্র ২-৭: প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি (পাথর কুচি মেশানো)

মিশ্রিত পাথরকুচিতে তাপ প্রয়োগ করে বিটুমিন দেয়ার জন্য মাপা হচ্ছে।

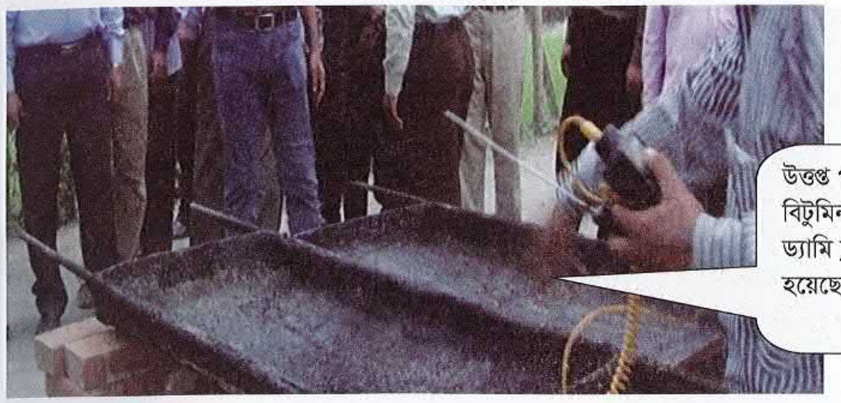
চিত্র ২-৮ প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

মিশ্রিত পাথরকুচি মেপে নেয়ার পর তাপ প্রয়োগ করা হচ্ছে।

চিত্র ২-৯প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

মেশানোর জন্য উত্তপ্ত বিটুমিন মাপ দেয়া হচ্ছে।

চিত্র ২- ১০: প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি



উত্তপ্ত পাথরকুচি ও উত্তপ্ত বিটুমিন মেশানোর জন্য ড্যামি চুলা রেডি রাখা হয়েছে ।

চিত্র ২-১১ প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

মিশ্রিত পাথরকুচিতে তাপ প্রয়োগ করার পর নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় স্পেসিফিকেশনে উল্লেখিত পরিমাণমত বিটুমিন দিয়ে ড্যামি চুলায় মেশানো হচ্ছে।

চিত্র ২-১২ প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

মিশ্রিত মালামাল সড়কতলে বিছানোর জন্য বহন করা হচ্ছে।

চিত্র ২-১৩ প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

চিত্র ২-১৪প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

চিত্র ২-১৫ প্রি-মিক্স বিটুমিনাস কার্পেটিং নির্মাণ পদ্ধতি

২.৯ প্রি-মিক্সড কম্প্যাকটেড বিটুমিনাস সীল কোট

বিটুমিনাস সীলকোট (Bituminous Seal Coat) নির্মাণ করার উদ্দেশ্য হল :

- Bituminous Carpeting -এ বৃষ্টির পানি ঢুকতে না দেয়া।
- গাড়ির চাকার ঘর্ষণ হতে Bituminous Carpeting রক্ষা করা ।

যানবাহনের ধরণ এবং সংখ্যার উপর নির্ভর করে সাধারণত ১২ মিমি ও ৭ মিমি পুরুত্বের সীল কোট নির্মাণ করা হয়।

২.৯.১ প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস সীল কোট নির্মাণে মালামাল ও স্পেসিফিকেশন

প্রি-মিক্সড কম্প্যাকটেড বিটুমিনাস সীল কোট নির্মাণে পাথর কুচি এবং ষ্টোন ডাষ্ট একসঙ্গে মিশিয়ে টেবিল ২-৫ বর্ণিত গ্রেডেড (LGED Schedule of Rates July 2012) কোর্স এগ্রিগেট ও ৬০/৭০ বা ৮০/১০০ পেনিট্রেশন গ্রেডের বিটুমিন ব্যবহার করা হয়। ব্লাইডিং ম্যাটেরিয়াল হিসেবে ০.৮ এফ এম (FM) এর বালি ব্যবহার করতে হবে। শুধুমাত্র ১০ মিমি ডাউন গ্রেডের অ্যাগরিগেট ব্যবহার করতে হবে ।

টেবিল ২-৫ ঃ অ্যাগরিগেটের সামগ্রিক গ্রেডেশন

চালুনি সাইজ (মিমি) (Sieve Size in mm)	চালুনি হতে বের হয়ে যাওয়া মালামালের ওজন (%) (% Passing by Weight)	চালুনি হতে বের হয়ে যাওয়া মালামালের ওজন (%) (% by Weight Passing)
১০ মিমি	-	১০০
৬.৩০ মিমি	১০০	৮০-১০০
৪.৭৫ মিমি	৮০ - ১০০	৭০-৯৫
২.৩৬ মিমি	৭০ - ৯৫	২০-৫০
৬০০ মাইক্রোন	২০ - ৫০	৫-১৫
৭৫ মাইক্রোন	৫ - ১৫	২-১০

২.৯.২ প্রি-মিক্সড বিটুমিনাস সীল কোট নির্মাণ পদ্ধতি

১) বিটুমিন ও অ্যাগরিগেট আলাদাভাবে জ্বাল দিয়ে স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী তাপমাত্রায় আনতে হবে।

২) তাপমাত্রা নিম্নরূপ হবে ঃ

ক) শুধুমাত্র বিটুমিনের তাপমাত্রা ঃ ১৪০° সে. - ১৫৫° সে.

খ) শুধুমাত্র অ্যাগরিগেটের তাপমাত্রা ঃ ১৫০° সে. - ১৭০° সে.

গ) বিটুমিন ও অ্যাগ্রিগেটে মিশ্রনের তাপমাত্রা ঃ ১৪০° সে. - ১৬০° সে.

৩) নির্দিষ্ট (স্পেসিফাইড) তাপমাত্রায় পৌছালে বিটুমিন ও অ্যাগরিগেট চুলার উপর মেশানো যাবে না। চুলার উপর মেশালে তাপমাত্রা বেড়ে যাবে এবং বিটুমিন তার বাইন্ডিং ক্ষমতা হারাবে। এতে কাজের গুণাগুণ মারাত্নকভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হবে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় আনার পর বিটুমিন এবং পাথরকুচি আলাদা জায়গায় চুলার বাইরে মেশাতে হবে।

৪) উপরে উল্লেখিত তাপমাত্রার চেয়ে অধিক তাপমাত্রায় পৌছানো যে কোন ধরনের মালামাল কাজে ব্যবহার থেকে বিরত থাকতে হবে। অধিক তাপমাত্রায় পৌছানো মালামাল ফেলে দিতে হবে।

৫) সড়কের উপরিতলে (রোড় সারফেসে) স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী মিশ্রণ বিছানোর জন্য সুবিধাজনক এলাকা বর্গমিটারে ঘর করে নিতে হবে।

৬) ১ ঘন মিটার অ্যাগরিগেট (তাপমাত্রা ১৫০-১৭০° সে.) ও ১০৫ কেজি বিটুমিনের (তাপমাত্রা ১৪০ -১৫৫° সে.) সাথে মিশিয়ে (মিশ্রণ তাপমাত্রা ১৪০-১৬০°সে.) আনার পর তা বিছাতে হবে।

৭) খেয়াল রাখতে হবে যেন সকল স্থানে সমান পুরুত্বে মিশ্রণ বিছানো হয়।

৮) মাঠ পর্যায়ে ট্রায়েলের মাধ্যমে লুজ ও কম্প্যাক্টেড পুরুত্বের সম্পর্ক দেখে নিতে হবে।

৯) মালামাল বিছানোর পর সঙ্গে সঙ্গে যান্ত্রিক রোলার দিয়ে রোলিং শুরু করতে হবে। রোলিং করার ক্ষেত্রে স্টীল ড্রাম রোলার (৩ - ৫ টন) বা নিউম্যাটিক টায়ার রোলার (৮-১০ টন) ব্যবহার করতে হবে।

১০) রোলিং শুরু করার সময় মিশ্রণের তাপমাত্রা ১৩০° সে. এর নীচে না হওয়াই শ্রেয়। রোলিং শেষ করার সময় মিশ্রণের তাপমাত্রা ৯০°সে. এর নিচে হতে পারবে না।

১১) বিটুমিনাস কার্পেটিং করার পরপরই কোনরূপ দেরি না করে সীল কোট করতে হবে।

১২) বিটুমিনাস কার্পেটিং করার সময়ই সীল কোট করার সকল পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে।

১৩) রোলিং সম্পন্ন হওয়ার পর প্রতি বর্গ মিটার এলাকায় ০.০০৩ ঘন মিটার হিসেবে এফএম ০.৮০ মানের বালি ছিটাতে হবে।

২.১০ ট্যাক কোট

বিভিন্ন ধরনের বিটুমিন কাজে ট্যাক কোট (Tack Coat) ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

২.১০.১ ট্যাক কোট নির্মাণে মালামাল

ট্যাক কোট নির্মাণে ৬০/৭০ বা ৮০/১০০ গ্রেডের বিটুমিন ব্যবহার করা হয়।

২.১০.২ বিটুমিনাস ট্যাক কোট ছিটানোর পদ্ধতি

পূর্বে নির্মাণকৃত বিটুমিনের কাজ পরিষ্কার ও ধুলিকণা মুক্ত করে নিতে হবে। বিটুমিনে ১৭৫° সে. হতে ১৮৫° সে. তাপমাত্রা প্রয়োগ করতে হবে। স্পেসিফিকিশন মোতাবেক প্রতি বর্গমিটারে ০.৫০ কেজি/০.৭৫কেজি/ ১.০০ কেজি হিসেবে ১৭৫° সে. হতে ১৮৫° সে. তাপমাত্রায় বিটুমিন ছিটাতে হবে।

চিত্র ২- ১৬ : টেক কোট দেয়া হয়েছে

২.১১ ব্রিক অন এন্ড এজিং

ব্রিক অন এন্ড এজিং (Brick on End Edging) নির্মাণ পদ্ধতি

১) বিটুমিনাস কার্পেটিং এর উভয় পাশে একটি ইট স্থাপনের মধ্যে দিয়ে এ কাজ করা হয়ে থাকে।

WBM কাজ শুরু করার পূর্বেই এ কাজটি শেষ করে নিতে হয়।

২) এ কাজে ইটের ১২৫ মিমি/৭৫ মিমি (ড্রয়িং মোতাবেক) সড়কের সাথে আড়াআড়িভাবে স্থাপন করতে হবে এবং ইটটি খাড়া করে স্থাপন করতে হবে ।

৩) বেস কোর্স (WBM) স্তরের কাজ শুরুর আগেই এ কাজ করতে হবে।

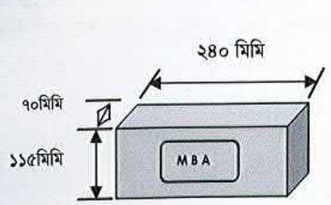
৪) Brick on End Edging কাজে প্রথম শ্রেণীর বা পিকেট ইট ব্যবহার করতে হবে।

৫) এটি Bituminous Carpeting কে প্রান্ত ভাঙ্গা হতে রক্ষা করে তাই একাজ যত্ন সহকারে করা উচিৎ।

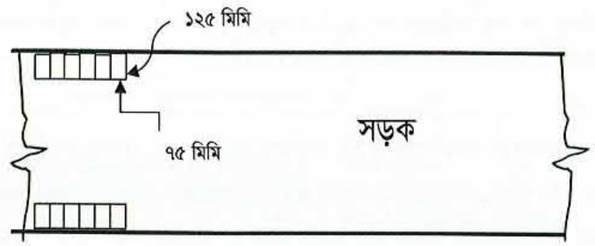
৬) Brick on End Edging কাজে অর্থের পরিমাণ কম থাকে বিধায় অনেক সময়ই খেয়াল করে সমধা করা হয় না।

৭) কিন্তু মনে রাখা প্রয়োজন যে, একটি পাকা সড়ক নির্মাণে বিপুল পরিমাণ অর্থ ব্যয় ও লোকবল নিয়োগ করতে হয় এবং সকল কাজ সমান গুরুত্ব সহকারে না করলে সব কিছু বিফলে চলে যাবে।

নিচে সড়কের এজিং এ ইট স্থাপন দেখানো হল ঃ



১টি ইটের সাইজ



খাড়া করে ইট ১২৫ মিমি (১১৫মিমি) সড়কের আড়াআড়ি স্থাপন

আইটেম সিডিউল ও ড্রইং এ একটি ইটের সাইজ ২৫০মিমি × ১২৫মিমি × ৭৫মিমি লেখা থাকলেও ইটের স্ট্যান্ডারড্ সাইজ হল ২৪০মিমি × ১১৫মিমি × ৭০মিমি।

ইট ৭৫ মিমি (৭০মিমি) সড়কের আড়াআড়ি স্থাপন

চিত্র ২-১৭: সড়কের এজিং এ ইট স্থাপন

২.১২ সোল্ডার এবং সাইড স্লোপ

বিটুমিনাস কার্পেটিং সড়ক নির্মাণের সময় সড়কের বিভিন্ন স্তর মনোযোগ সহকারে নির্মাণ করা হলেও সাধারণতঃ সোল্ডার এবং সাইড-স্লোপ (shoulders and side slopes) নির্মাণে সেভাবে খেয়াল করা হয় না অথচ সড়কের স্থায়ীত্ব অনেকাংশে সোল্ডার এবং সাইড স্লোপ নির্মাণের উপর নির্ভর করে। পেভমেন্টের শেষ প্রান্ত থেকে সাইড স্লোপের কিনারা পর্যন্ত এলাকাকে সোল্ডার বলা হয়। সোল্ডারের দুটি ভাগ থাকেঃ

১) হার্ড সোল্ডার

২) মাটির সোল্ডার।

২.১২.১ হার্ড সোল্ডার

সাধারণতঃ WBM এ ব্যবহৃত মালামাল দিয়ে হার্ড সোল্ডার নির্মাণ করা হয়। সড়কের প্রতিটি স্তর নির্মাণের পূর্বেই সোল্ডার অংশ নির্মাণ করে নিতে হবে।

নির্মাণ পদ্ধতি

সড়কের দু'পাশে বিটুমিনাস পেভমেন্টের অংশ ছাড়াও বর্ধিত করে WBM নির্মাণই হল হার্ড সোল্ডার। তবে অন্যভাবেও করা হয়ে থাকে। হার্ড সেল্ডারের উপরে বিটুমিনাস কার্পেটিং না করে অনেক সময় শুধুমাত্র সীল কোট করা হয়ে থাকে। তবে সে ক্ষেত্রে স্পেসিফিকেশন উল্লেখ থাকতে হবে।।

২.১২.২ মাটির সোল্ডার

হার্ড সোল্ডারের বাইরের কিনারা হতে সাইড স্লোপের কিনারা পর্যন্ত এলাকা মাটির সোল্ডার হিসেবে নির্মাণ করা হয়। ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণের আগেই Design Pavement পর্যন্ত মাটির সোল্ডারের কাজ কম্প্যাকশন করে সমাপ্ত করতে হবে। মাটির সোল্ডারের মালামাল সাব-গ্রেডের মালামালের অনুরূপ হয়।

নির্মাণ পদ্ধতি

ক) মাটির সোল্ডারের কাজ করার পূর্বেই সংশ্লিষ্ট স্থানে প্রি-ওয়ার্ক মেজারমেন্ট নিতে হবে।

খ) ১৫০ মিমি কম্প্যাকটেড পুরুত্বে মাটির স্তর বিছিয়ে যান্ত্রিক রোলার দিয়ে কম্প্যাকশন করতে হবে।

গ) OMC এর কাছাকাছি আদ্রতা যেন বজায় থাকে কম্প্যাকশন করার সময় তা খেয়াল রাখতে হবে।

ঘ) অতিরিক্ত আদ্রতা থাকলে শুকিয়ে নিতে হবে এবং কম আদ্রতা থাকলে পানি ছিটিয়ে OMC পর্যায়ে আনতে হবে।

ঙ) সড়কের প্রতি পার্শে প্রতি স্তর প্রতি ১০০ মিটার কাজের শেষে কম্প্যাকশন টেষ্টের ব্যবস্থা নিতে হবে।

চ) কম্প্যাকশন ৯৮% (Standard Proctor) হতে হবে।

২.১৩ এইচবিবি পেভমেন্ট নির্মাণ

কোন কোন ক্ষেত্রে প্রয়োজনে এইচবিবি (HBB: Herrignbone Bond Brick) পেভমেন্ট নির্মাণ করা হয়। এইচবিবি সড়কের নির্মাণ পদ্ধতি অপেক্ষাকৃত সহজ এবং কোন ভারী নির্মাণ যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় না। সাধারণ শ্রমিক এটি নির্মাণ করতে পারে। হেরিং (Herrign) এক ধরনের সামুদ্রিক মাছ। এইচবিবি সড়কের কাঠামো হেরিং মাছের কাটার মত দেখতে বলে এ ধরনের নামকরণ করা হয়েছে ।

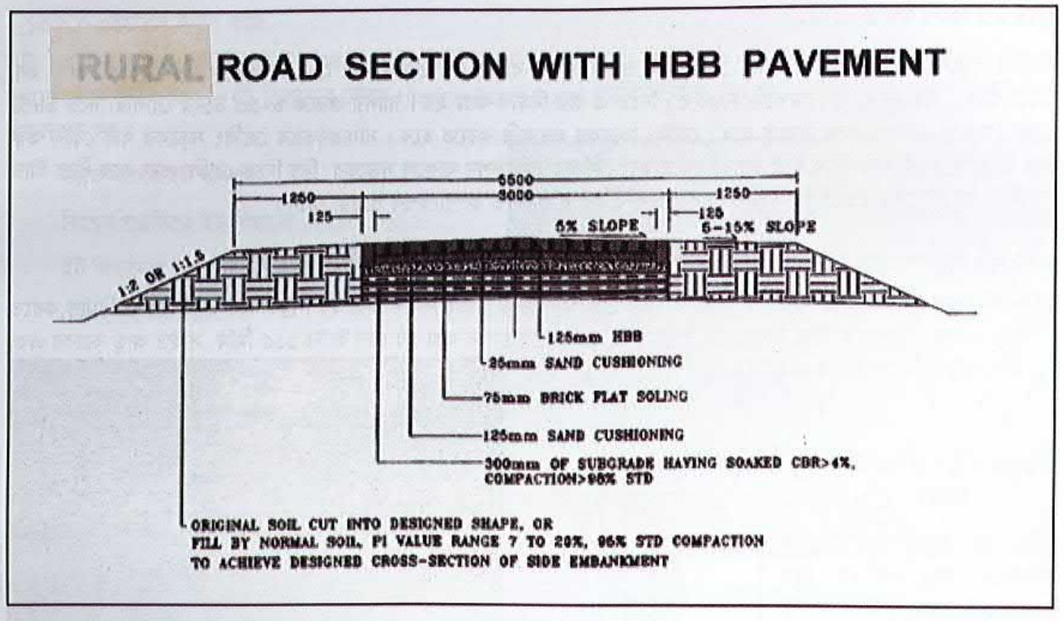
২.১৩.১ এইচবিবি পেভমেন্ট সড়কের বিভিন্ন স্তর

- সাবগ্রেড;
- বালির কুশন বা ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণ;
- ফ্লাট সোলিং;
- বালির কুশন;
- এইচবিবি স্তর।

২.১৩.২ এইচবিবি পেভমেন্ট সড়ক নির্মাণ

এইচবিবি সড়ক নির্মাণ করতে হলে শুরু হতে শেষ পর্যন্ত নিম্ন বর্ণিত কাজগুলো সম্পন্ন করতে হয় ঃ

১) লে-আউট (Layout) প্রদান
২) বক্স কাটিং
৩) সাবগ্রেড নির্মাণ
৪) বালির স্তর (ইম্প্রুভড সাবগ্রেড) নির্মাণ (প্রয়োজনে)
৫) End Edging নির্মাণ
৬) ব্রিক ফ্লাট সোলিং নির্মাণ
৭) পাতলা বালির স্তর বিছানো
৮) এইচবিবি নির্মাণ
৯) সোল্ডার নির্মাণ।



চিত্র ২- ১৮: এইচবিবি সড়কের প্রস্থচ্ছেদ

২.১৩.২.১ সাবগ্রেড নির্মাণ

সাবগ্রেড হলো সড়কের ভিত। এইচবিবি সড়কের সকল স্তরের ওজন এবং সড়কের উপরে চলাচলকারী যানবাহনের ওজন ও ধাক্কা সবকিছু বহন করতে হয় সাবগ্রেডকেই, তাই সাবগ্রেড়ের গুণাগুণ সঠিক গুণাগুণের হওয়া উচিত, তা না হলে সড়ক বসে গিয়ে চলাচলের অনুপযোগী হয়ে পড়ে। আসলে ইটের সাইজ ২৪০ মিমি × ১১৫ মিমি ×৭০ মিমি বিধায় এইচবিবি ১২৫ মিমি এর স্থলে ১১৫মিমি এবং ব্রিক ফ্লাট সোলিং ৭৫ মিমি এর স্থলে ৭০ মিমি হবে। মাটির বাঁধের বা সড়কের ডিজাইন মোতাবেক বক্স কেটে এইচবিবি সড়ক নির্মাণ কাজ শুরু করতে হবে।

- সড়কের যে অংশ এইচবিবি হবে সে অংশে মাটি খুঁড়ে বক্স তৈরী করে সাবগ্রেড নির্মাণ করা হয়। এজন্য সড়কের উপরিতল হতে উপরের চিত্র ২-১৮ মোতাবেক ৩৫০ মিমি (এইচ বিবি ১২৫মিমি + ২৫ মিমি স্যাণ্ড কুশনিং + ৭৫ মিমি ব্রিক ফ্লাট সোলিং + ১২৫ মিমি স্যান্ড কুশনিং) মাটিকে কেটে ফেলার পর সাবগ্রেড লেয়ার পাওয়া যাবে।
- সাবগ্রেড লেয়ারের প্রথম ১৫০ মিমি কেটে রাস্তার পাশে রেখে দিতে হবে পুনরায় ব্যবহারের জন্য।
- পরবর্তী ১৫০ মিমি স্তরের মাটি আলগা করে ঢেলা ভেঙ্গে সর্বোচ্চ ৪০ মিমি সাইজে আনতে হবে। মাটির আর্দ্রতা পরিমিত পর্যায়ে (OMC± 2%) এনে রোলার দিয়ে কম্প্যাকশন ৯৮% MDD (Standard Proctor) আনতে হবে। খেয়াল রাখতে হবে যেন ড্রইং মোতাবেক ক্যাম্বার, সুপার এলিভিশন, গ্রেড ঠিক থাকে।

চিত্র ২-১৯: সাবগ্রেড নির্মাণ কাজ

- এরপর প্রথম ১৫০ মিমি মাটি কেটে রাস্তার পাশে রেখে দেয়া মাটি পূর্বের স্তরের ন্যায় কম্প্যাকশন করতে হবে। এভাবে সাবগ্রেডের কাজ সমাধা করতে হবে।

২.১৩.২.২ বালির স্তর স্থাপন নির্মাণ

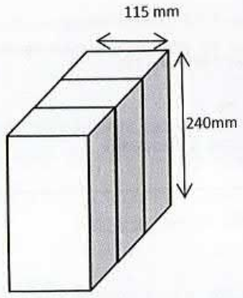
এইবিবি সড়কে সাবগ্রেড নির্মাণের পরে ১২৫ মিমি স্তরের একটি বালির স্তর স্থাপন করা হয়। এ স্তরকে ইম্প্রুভড সাবগ্রেড বলা যেতে পারে। সাধারণ বালি (কমপক্ষে FM০.৫) দিয়ে এ স্তর নির্মাণ করা হয়। বালির স্তরকে ৮-১০ টনের রোলার দিয়ে ৯৮% MDD (Standard) দৃঢ়ীকরণ করতে হবে। রোলিং সড়কের লম্বালম্বি করতে হবে। সাধারণভাবে রোলিং সড়কের ধার থেকে শুরু করে ধীরে ধীরে ভিতরের দিকে মাঝ বরাবর যেতে হবে। সুপার এলিভিশন থাকলে সড়কের নিচু দিকে রোলিং শুরু করে ধীরে ধীরে উচুঁ দিকে যেতে হবে। এভাবে কয়েকবার রোলার চালনা করলে কাঙ্খিত কম্প্যাকশন পাওয়া যাবে।

২.১৩.২.৩ ব্রিক অন এন্ড এজিং নির্মাণ

বালির স্তর স্থাপন বা ইম্প্রুভড সাবগ্রেড নির্মাণের পরে ব্রিক অন এন্ড এজিং নির্মাণ করা হয়। ব্রিক অন এন্ড এজিং নির্মাণ করতে মাপ মত জায়গায় রাস্তার দু' প্রান্ত বরাবর ইট খাড়া করে এমন ভাবে স্থাপন করা হয় যেন ইটের ১১৫ মিমি সাইড আড় বরাবর এবং ৭০ মিমি সাইড লম্বা বরাবর হয়ে থাকে।

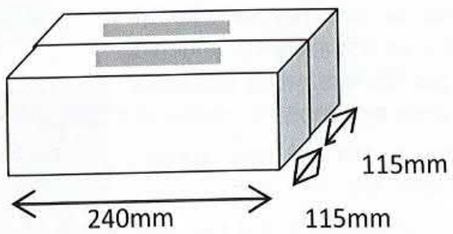
চিত্র ২-২০: ব্রিক অন এন্ড এজিং নির্মাণ কাজ

২.১৩.২.৪ ব্রিক ফ্লাট সোলিং নির্মাণ



বালির স্তর স্থাপন করে ইম্প্রুভড সাবগ্রেডের কাজ করা হয়। ব্রিক এজিং সেট করে এরপর বালির উপর এমনভাবে ইট বিছাতে হবে যেন উপর হতে ইটের সাইজের ২৪০মিমি X ১১৫ মিমি অংশ দেখা যায় (চিত্র২-২১) এবং ইটের ফ্রগ মার্ক নিচের দিকে থাকে। ইট বিছানোর পর ঐ স্তরের উপর এমন ভাবে বালি (FM 0.5) বিছাতে হবে যেন ইটের ফাঁকে বালি ঢোকার পরও ইটের সেলিং এর উপর ২৫ মিমি পুরুত্বের একটি স্তর থেকে যায়। ড্রইং মোতাবেক ক্যাম্বার ও সুপার এলিভিশন অনুযায়ী ইট বিছাতে হবে। ব্রিক ফ্লাট সোলিং নির্মাণ কাজের উল্লেখযোগ্য বিবেচ্য বিষয়সমূহ হল ঃ

- ইটের সাইজ
- ইটের মান এবং
- বালিরএফএম।

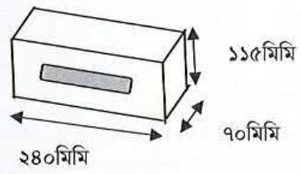


চিত্র ২-২১: ব্রিক ফ্লাট সোলিং

২.১৩.২.৫ এইচবিবি ইটের কাজ

এটি একটি বিশেষভাবে নির্মিত ইটের স্তর যা ১১৫ মিমি উচ্চতায় স্থাপন করা হয়। উপর হতে ইটের সাইজ ২৪০X৭০মিমি অংশ দৃশ্যমান হয় (চিত্র ২-২২)। ইট বিছানোর ক্ষেত্রে Herring Bone Bond পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এ স্তর নির্মাণের ক্ষেত্রে লক্ষ্যণীয় বিষয়সমূহ হল ঃ

- উন্নত মানের ইট ব্যবহার
- বিশেষ পদ্ধতিতে ইট বিছানো
- ইট বিছানোর পর তার উপর বালি (FM 0.5) ছিটানো।



চিত্র ২-২২: এইচবিবি ইটের কাজ

২.১৪ পাকা (কংক্রিট রিজিড পেভমেন্ট) সড়ক

বাংলাদেশে রিজিড পেভমেন্ট হিসেবে কংক্রিট পেভমেন্টকেই ধরা হয়। কংক্রিট সড়ক নির্মাণে প্রাথমিক ব্যয় বেশী বিধায় বাংলাদেশে কংক্রিট সড়ক নির্মাণ সাধারণতঃ করা হয় না। বর্তমান কালে কিছু কিছু কংক্রিট রোড নির্মাণ করা হচ্ছে। যে সকল সড়ক পানিতে ডুবে যায় সে সকল সড়ক নির্মাণে কংক্রিট পেভমেন্ট নির্মাণ করা হলে তা দীর্ঘস্থায়ী হবে। বিটুমিনাস সড়ক পানিতে সহজেই নষ্ট হয়ে যায়। কংক্রিট সড়ক নির্মাণের প্রাথমিক নির্মাণ ব্যয় বেশী হওয়ার কারণে এই সড়ক নির্মাণ করা হয় না। স্থায়িত্বের বিষয় বিবেচনা করা হলে কংক্রিট পেভমেন্ট তুলনামূলক ভাবে নির্মাণ করা যুক্তিযুক্ত।

২.১৫ কংক্রিট পেভমেন্ট ডিজাইন

২.১৫.১ সাবগ্রেড ও সাব বেস

বিটুমিনাম সড়কের ন্যায় কংক্রিট পেভমেন্ট সড়কের সাবগ্রেড ও সাব-বেস কোর্স ডিজাইন করা হয়। কংক্রিট পেভমেন্ট সড়কে সাবগ্রেডের ভারবহন ক্ষমতার (bearing capacity) উপর নির্ভর করে উপরের সাব-বেসের পুরুত্ব নির্দিষ্ট করা হয়। সাধারণভাবে সাবগ্রেডকে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হয় যথাক্রমে দুর্বল, সাধারণ ও শক্তিশালী। সাবগ্রেডের শ্রেণীর উপর ভিত্তি করে সাব-বেস পুরুত্ব (thickness) নির্বাচন করা যায়। এক্ষেত্রে নীচের টেবিল ব্যবহার করা হয়।

টেবিল- ২- ৬ ঃ কংক্রিট সড়কের সাব-গ্রেড শ্রেণী বিন্যাস ও তদানুসারে সাববেসের সর্বনিম্ন পুরুত্ব।

সাবগ্রেডের শ্রেণী	বর্ণনা	সর্বনিম্ন সাববেস পুরুত্ব
দুর্বল (Weak)	সাবগ্রেডের CBR মান ২% বা তার চেয়ে কম	১৫০ মিমি
সাধারণ (Normal)	সাবগ্রেডের CBR মান অন্য ক্যাটাগরী হতে ভিন্ন (২% - ১৫%)	৮০ মিমি
শক্তিশালি (Stable)	সাবগ্রেডের CBR মান ১৫% বা তার চেয়ে বেশী	

জাতীয়, আঞ্চলিক মহাসড়কে কিংবা গ্রামীণ সড়কে ট্রাফিক এর পরিমাণ অনেক বেশী হলে মালামাল হিসেবে ১:৪:৮ অনুপাতের কংক্রিট সাব-বেস স্তর ব্যবহার করা যেতে পারে। অপরদিকে খুব দুর্বল সাবগ্রেডের ক্ষেত্রে মাটি-সিমেন্ট মিশ্রিত ২০০ মিমি পুরুত্বে সাবগ্রেড দেয়া যায়।

২.১৫.২ কংক্রিট স্লাব

কংক্রিট স্লাব সাধারণভাবে Unreinforced বা Reinforced কংক্রিট এই দুইভাবে নির্মাণ করা হয়। Road Note 29 এ প্রদর্শিত গ্রাফ ব্যবহার করে কংক্রিট স্লাবের পুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। গ্রাফে নির্দেশিত কংক্রিটের মান ধরা হয়েছে ২৪৫ N/mm^2 (৩৫০০ psi)।

কংক্রিট পেভমেন্ট ডিজাইন -উদাহরণ

ট্রাফিক পরিমাণ ESA= 2 million

ক) দুর্বল সাব-গ্রেড হলে–

১. সাবগ্রেড CBR2 %, thickness = 200 mm
২. সাববেস thickness requirement = 150 (as per টেবিল (table) 2-7)
৩. Concrete slab thickness requirement) = 180mm (both reinforced & unreinforced) as per graph,চিত্র ২-২৩।
= 150 mm (unreinforced) as per graph, চিত্র ২-২৪
= 120 mm (reinforced) as per graph, চিত্র ২-২৪

খ) শক্তিশালী (Stable) সাবগ্রেড

১. Sand-Soil Sub-grade, CBR =15%, thickness = 200 mm
২. Sub-base thickness requirement = Nil (as perTable 2-7)
(80 mm sub-base is required to prevent mud pumping & better performance in the long run)
৩. Concrete Slab, thickness requirement = 180mm (both reinforce & unreinforced) as per graph, চিত্র ২-২৩।
= 150 mm (unreinforced) as per graph, চিত্র ২-২৪
= 120 mm (reinforced) as per graph, চিত্র ২-২৪

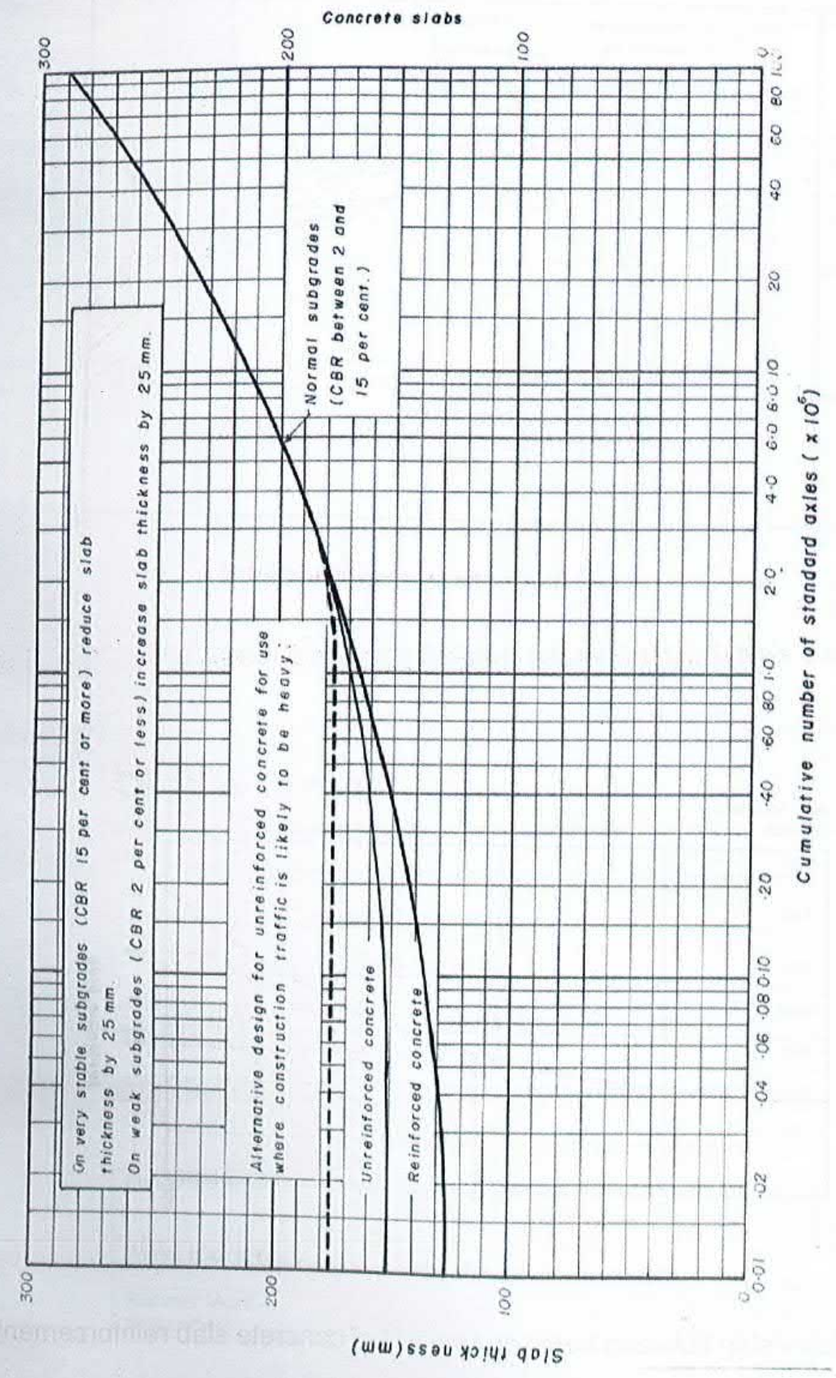
২.১৫.৩ কংক্রিট পেভমেন্টেরড

কংক্রিট পেভমেন্টে রড নির্ধারণের জন্য চিত্র ২-২৫ এ প্রদর্শিত গ্রাফ ব্যবহার করা হয়। Road Note 29 অনুযায়ীও কংক্রিট পেভমেন্টে রড দেওয়ার ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন রড spacing সুপারিশ করা হয়েছে (গ্রাফ,চিত্র ২-২৬)। কংক্রিট পেভমেন্টে রড ডিজাইন করতে উপরোক্ত চিত্র ২-২৫ এবং চিত্র ২-২৬ ব্যবহার করা যেতে পারে। এছাড়া ফর্মূলা ব্যবহার করেও রড ডিজাইন করা যায়।

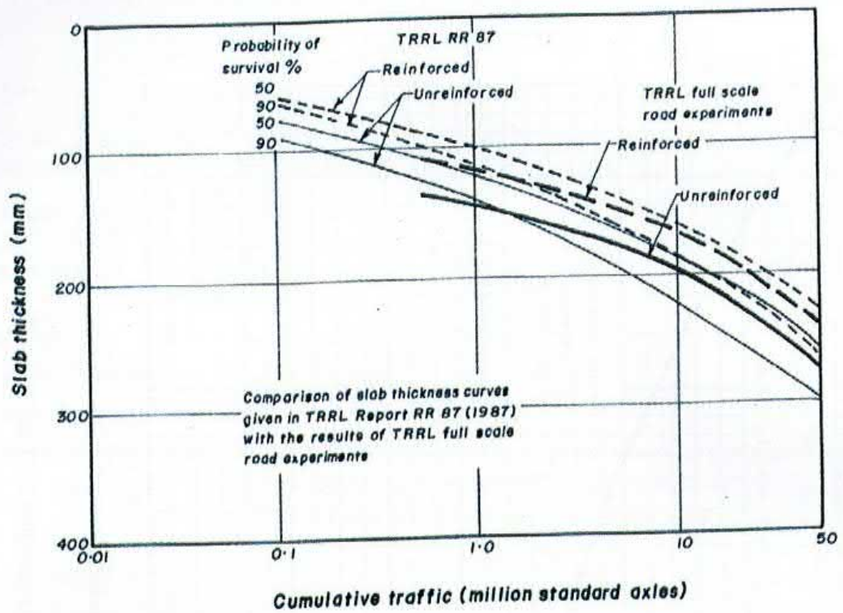
তাপমাত্রা ও জলীয় মাত্রার পরিবর্তনের সাথে কংক্রিটে সংকোচন (Shrinkage) ও প্রসারণের (Expanse) কারণে কংক্রিটে যে টান সৃষ্টি হয় তা নিরাময়ের জন্য কংক্রিট স্লাবে রড দেওয়া হয়। সাধারণভাবে কংক্রিট স্লাবের উভয় দিকে সমানভাবে রড স্থাপন করা হয়। নিম্নোক্ত ফর্মূলা ব্যবহার করে কংক্রিট স্লাবে রড নির্ণয় করা হয়।

$$A = \frac{LFW}{2S}$$

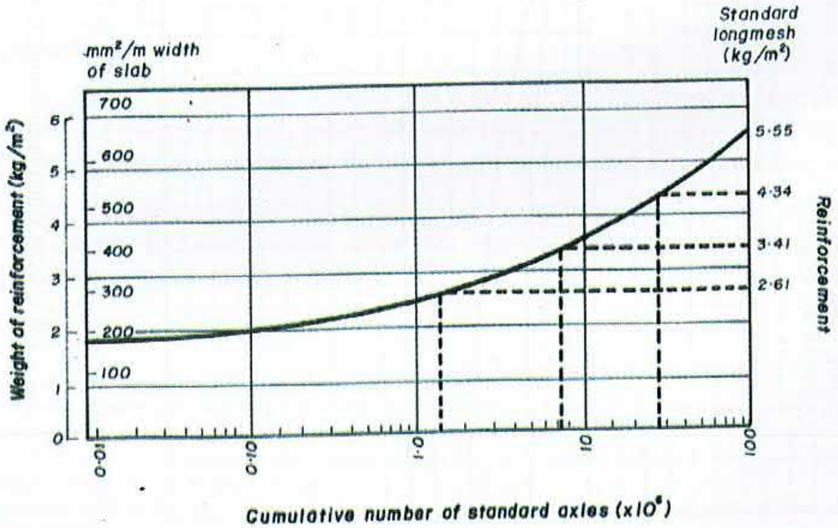
Where A = Area of steel in cm^2 required per meter width or length of slab,
L = distance in meter between free transverse joints (for longitudinal steel) or free longitudinal joints (for transverse steel)
F = coefficient of friction between pavement & sub-grade (usually taken as 1.5)
W = Weight of slab in Kg/m^2 and
S = allowable working stress in steel in Kg/cm^2 (usually taken as 50 to 60 percent of the minimum yield stress of steel.



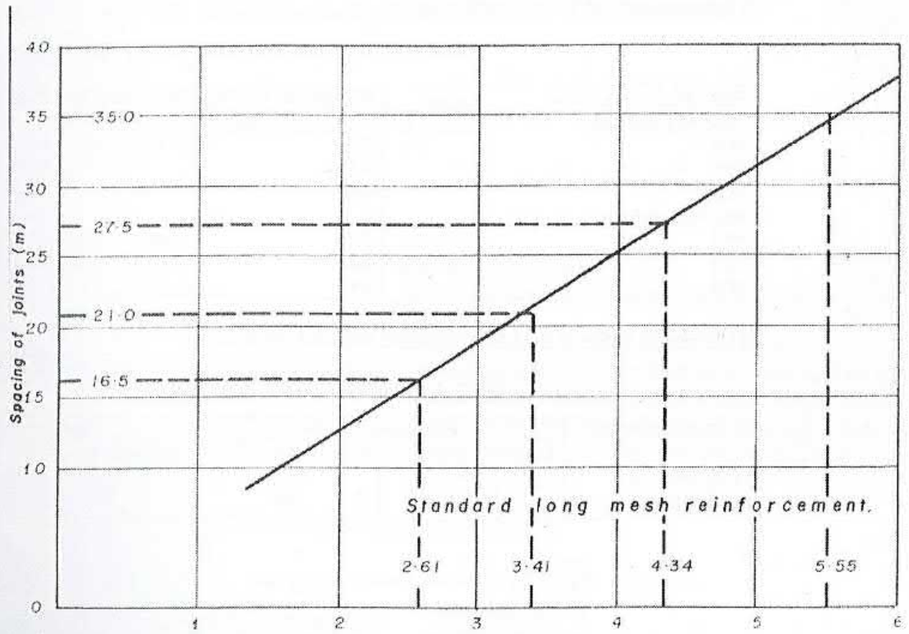
চিত্র ২-২৩ঃ Concrete Minimum thickness of Slab (according to Road Note 29)



চিত্র ২-২৪ঃDesign thickness charts for concrete road slabs



চিত্র ২-২৫ঃ Relationship between traffic and weight of concrete slab reinforcement



চিত্র ২-২৬ঃ Maximum spacing of joints for reinforced concrete slab

২.১৫.৪ কংক্রিট পেভমেন্ট জয়েন্ট

কংক্রিট পেভমেন্ট ৩ ধরনের জয়েন্ট দেয়া হয়ে থাকে - যথাক্রমে

১. Expansion joint (প্রসারণ জয়েন্ট)

২. Contraction joint (সংকোচন জয়েন্ট)

৩. Construction joint (নির্মাণ জয়েন্ট)

এ তিন ধরনের জয়েন্ট চিত্র ২-২৭ এ দেখানো হয়েছে। জয়েন্ট এ রড ব্যবহার করার ক্ষেত্রে কিছু নির্দেশনা নিম্নলিখিত টেবিলসমূহে দেয়া হয়েছে।

a) Expansion joint spacing (for 25mm wide expansion joints)

টেবিল ২- ৭ঃ প্রসারণ জয়েন্টের দূরত্ব

Period of Construction	Degree of Foundation roughness	Maximum Expansion joint spacing (m) for Slab thickness (mm)			
		100	150	200	250
Winter (October to March)	Smooth	40	40	40	60
	Rough	100	120	120	120
Summer (April – September)	Smooth	50	60	60	100
	Rough	100	120	120	120

b) Construction/Contracting joint spacing

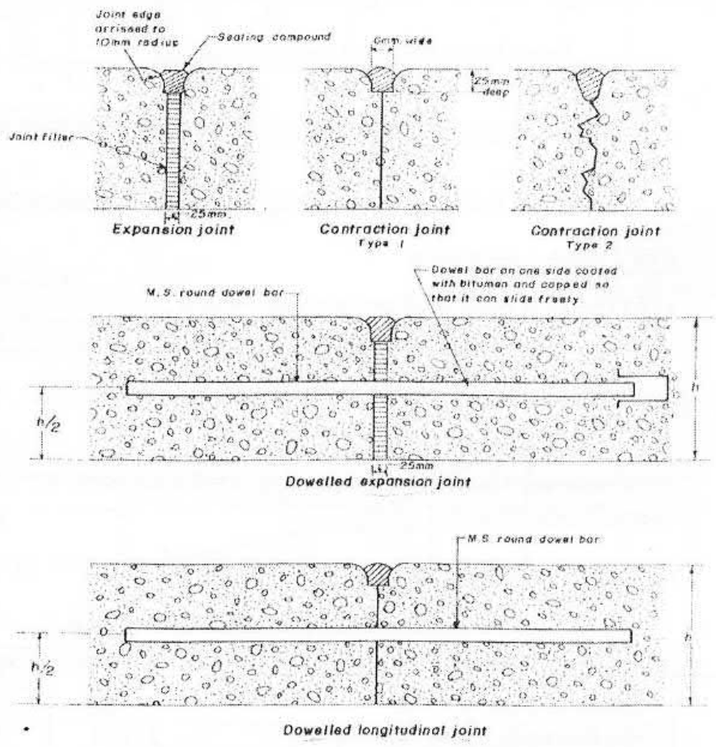
টেবিল ২-৮ঃ নির্মাণ/সংকোচন জয়েন্টের দূরত্ব

Slab thickness (mm)	Maximum Contraction Joint Spacing (m)
Unreinforced Slab	
150	4.5
150	4.5
200	4.5
Reinforced Slab	
100	7.5
150	13
200	14

c) Dimension of dowel bars for Expansion and Contraction Joint

টেবিল ২- ৯ ঃ জয়েন্টে ডায়েল রড়ের সাইজ ও দৈর্ঘ্য

Slab thickness	Expansion Joints		Contraction joints	
	Diameter (mm)	Length (mm)	Diameter (mm)	Length (mm)
150-180	20	500	12	400
190-230	25	500	20	500



চিত্র ২-২৭ঃ কংক্রিট পেভমেন্টে জয়েন্ট

২.১৫.৫ কংক্রিট স্লাব (রেইনফোর্সড) ডিজাইন উদাহরণ

Design Data

Design life of the pavement = 20 years
Cumulative Equivalent Standard Axles = 2 million
Normal subgrade CBR = 8%

Solution:

Subgrade thickness = 200mm
Sub-base thickness = 80mm as per Table 2-7
Concrete slab thickness = 180mm (as per Graph, চিত্র 2-23 (both unreinforced and reinforced

Reinforcement: Minimum reinforcement using graph in figure 2-25for ESA of 2 million is 2.61 kg/m^2 (longitudinal reinforcement) or 275mm^2/m width of slab (transverse reinforcement). 10mm dia rod at an interval of 300mm shall be placed longitudinally at 60mm below the top surface of the slab. The transverse reinforcement will be 10mm dia bar at the interval of 450mm interval just as a binder to the main reinforcement.

Reinforcement may also be calculated using formula as below

$A = \frac{LFW}{2S}$

where

A (Longitudinal) = $\frac{13x1.5x360}{2x.5x2800}$ = 2.51 cm^2 (10mm dia @ 270mm c/c)

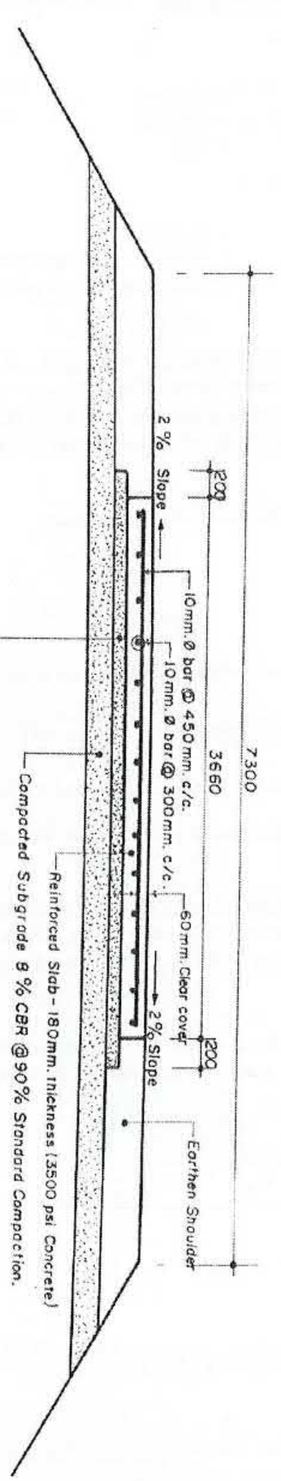
A (Transverse) = $\frac{3.6x1.5x360}{2x.5x2800}$ = 0.69 cm^2 (10mm dia @ 300mm c/c)

(Here contraction joint has been taken as interval of 13m and width of pavement 3.6m)

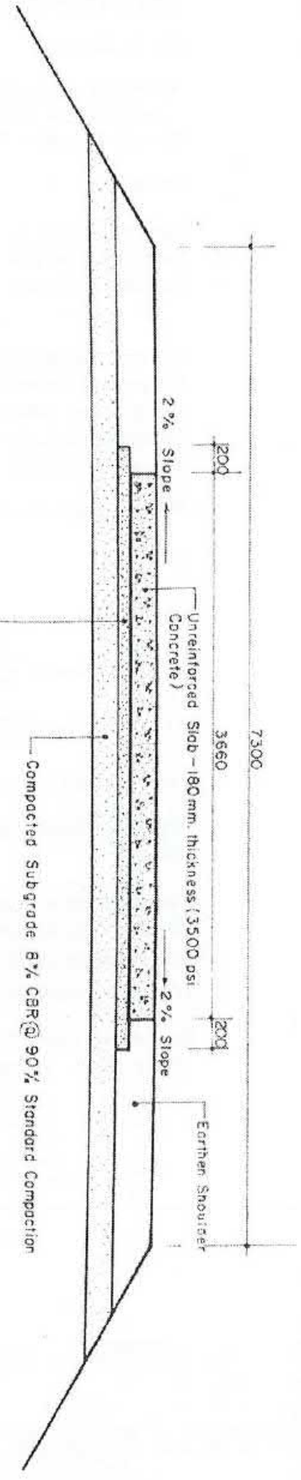
Expansion joint: Using Table 2-8, expansion joint is 120 m interval for slab thickness of 150mm and 200mm

Construction & Contraction Joint joint: Using Table 2-9, the spacing of construction or contraction joint is 4.5 m for unreinforced slab and 13m interval for reinforced slab from table 2-9 whereas Maximum spacing of joints using graph in চিত্র (figure)2-26 is 16.5 meter. Considering both figure, joint interval is considered to be 13m.

Dowel bar: Using Table 2-10, length of dowel bar in construction joint is 400mm having diameter 12mm. and length of dowel bar in expansion joint is 500mm & diameter 2mm.



চিত্র ২-৩০ ঃ Typical cross section of concrete slab (Reinforced)



চিত্র ২- ২৮২৯ঃTypical cross section of concrete slab (unreinforced)

অধ্যায় ৩

বিল্ডিং/ভবন ডিজাইন ধারণা ও অনুমোদন প্রক্রিয়া

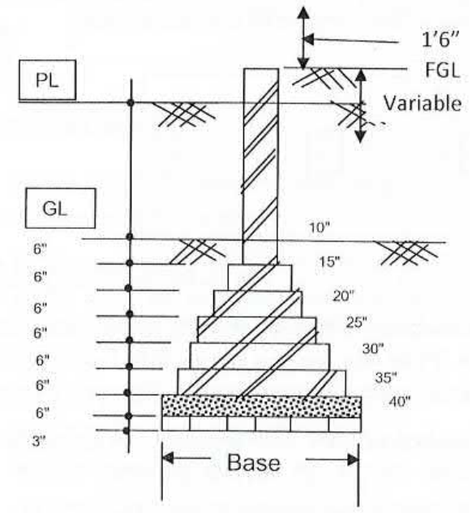
৩.১ ভবন ডিজাইন

ডিজাইন বলতে আমরা সাধারণতঃ স্ট্রাকচার অংগের বিভিন্ন পরিমাপ যেমন দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা মাপ নির্ণয় এবং সেই সাথে স্ট্রাকচার অংগসমূহ যে মালামালা দিয়ে নির্মিত হবে তার মান ঠিক করা। কংক্রিট দিয়ে নির্মিত হলে কংক্রিটের মান ও রডের মান ও পরিমাণ নির্ণয় করাকে বুঝায়। উদাহরণ স্বরূপ একটি বীমের ডিজাইন বলতে তার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা কত হবে তা নির্ণয় করা, বীমে কি মানের ও পরিমান রড প্রয়োজন হবে তা বুঝাবে এবং সেই সাথে কি ধরনের কংক্রিট দিয়ে এ বিম নির্মিত হবে তাও বুঝাবে ।

৩.২ ভবনের ভিত

ভবনের ভিত (Foundation) সুদৃঢ় করতে কম বেশি কিছু নিয়ম অনুসরন করা হয়। ভিতই অবকাঠামোর সকল লোড মাটিতে স্থানান্তর করে। শক্ত মাটিতে অবশ্যই ভিত স্থাপন করতে হবে। ভবনের ক্ষেত্রে কয়েক ধরণের ভিত ডিজাইন করা হয়, যেমনঃ

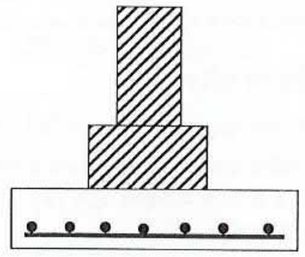
১. Stepped brick footing
২. Stepped brick footing on RCC Slab
৩. RCC Column footing
৪. Combined RCC Column footing
৫. Raft Foundation
৬. Pile Foundation.



চিত্র ৩- ১ঃ ভবনের ভিত

৩.৩ বিভিন্ন ধরণের ভিত

নীচে উপরোক্ত ভিত সম্বন্ধে আলোচনা করা হলো।



চিত্র ৩-২ঃStepped wall footing

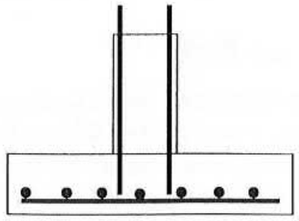
Stepped wall footing: সাধারণভাবে ৬"/১৫০মিমি[১]সিমেন্ট কংক্রিট ঢালাই করার পর তার উপরে ইটের গাঁথুনি করা হয়। দুই স্তর গাঁথুনি দেবার পর ৫"(ইঞ্চি) করে প্রশস্থ কমানো হয়। Ground level পর্যন্ত এভাবে ভিতের প্রশস্থতা কমানোর পর মাটির উপর হতে ১০"(ইঞ্চি) wall করা হয়। এধরণের ভিতের প্রস্থ ৪'(ফুট) এর উপরে হলে সাধারণভাবেতা নির্মাণ করা হয় না।

Stepped wall footing on RCC Slab: ভিতের প্রস্থ ৪' এর বেশি হলে এ ধরণের ভিত করা হয়। ওয়াল footing করার ক্ষেত্রে নীচের SlabRCC করা হয়। এতে Foundationএর ওজন কম হয়। RCC Slab এর উপর ইটের গাঁথুনি করা হয় গ্রাউন্ড লেভেল বা প্লিন্থ লেভেল পর্যন্ত ।প্লিন্থ লেভেলের উপরে যথারীতি ১০" ইটের গাঁথুনি করা হয়।

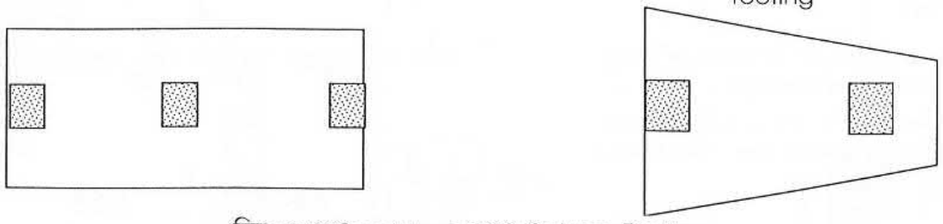
[১]১ইঞ্চি= ২৫.৪ মিমি

RCC Column footing: বেশির ভাগ ভবন নির্মাণে এ ধরণের footing স্থাপন করা হয়। এ ধরণের footing আয়তাকার বা বর্গাকার হয়। Foundation স্লাবেরভিতর হতে কলামের রড স্থাপন করে কলাম তোলা হয়।

Combined RCC Column footing: যে সব ক্ষেত্রে ২/৩ টি কলামের footing এর সাইজ একে অপরের উপর চলে আসে অর্থাৎ overlap হয় বা Property line এর কারণে যখন কোন footing slab কোন এক দিকে বর্ধিত করা সম্ভব হয় না তখন ২/৩ টি কলামের লোড বিবেচনায় নিয়ে এক সঙ্গে footing slab নির্মাণ করা হয়। এক্ষেত্রে footing ডিজাইন পৃথক করা হয়। এক্ষেত্রে downward কলামের লোড ও upward soil pressure একই অক্ষ বরাবর নেয়া প্রয়োজন পড়ে।



চিত্র ৩-৩ঃRCC Column footing



চিত্র ৩-৪ঃCombined RCC Column Footing

Raft Foundation: ভবনের সবটুকু জায়গা জুড়ে এধরণের RCC Raft Foundation নির্মাণ করা হয়। সাধারণভাবে Raft slabএর তলায় ও উপরের স্তরে (top and bottom) উভয় দিক বরাবর রডস্থাপন করা হয়। মাটির ভার বহন ক্ষমতা কম থাকলে বা Under ground floor করলে এধরণের Raft Foundation দেয়া যুক্তিসংগত। এটা ব্যয়বহুল Foundation।

Pile Foundation: মাটির উপরের স্তরেভার বহন ক্ষমতা কম হলে ভবনের ওজন/লোড মাটির গভীরে স্থানান্তর করার জন্য Pile Foundation দেয়া হয়। দুই ধরণের পাইল ব্যবহার করা হয়। যথাক্রমে Precast পাইল ও Cast-in-situ পাইল। কখনও কখনও পাইলকে Point bearing pile এবং Friction pile ও বলা হয়। End pressure ও side friction হতে যে Upward pressure সৃষ্টি হয় তাই ভবনের লোড বহন করে থাকে। Friction pile এ মাটি ও পাইলের surfaceবরারব যে friction তৈরি হয় তাই ভবনেরলোড নিতে পারে। Point bearing pile এর ক্ষেত্রে পাইলের Tip এ যে Resistance হয় তাই পাইলের ভার বহন ক্ষমতা। অনেক ক্ষেত্রে একই পাইল point bearingও friction দু'টাই ভার বহনে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৩.৪ ভিতের গভীরতা

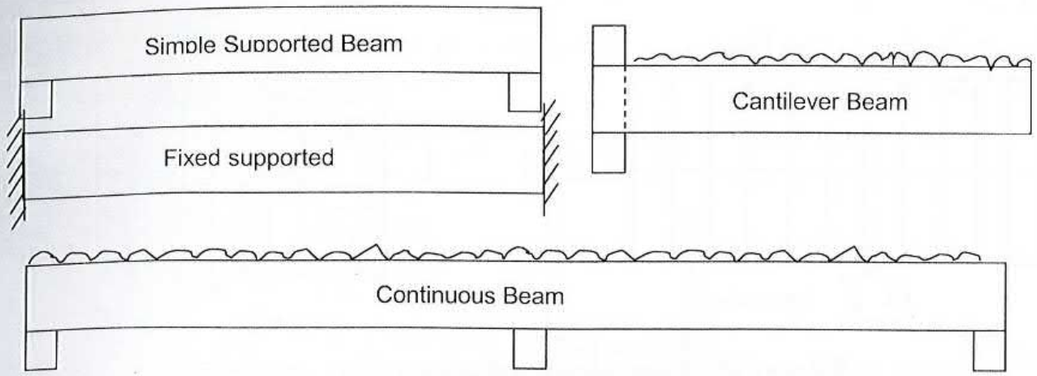
মাটির উপরের স্তরসমূহ সাধারণতঃ জৈব পদার্থে ভরা থাকে। তাছাড়া প্রাকৃতিক কারণ ও মানুষ সৃষ্ট বিভিন্ন কর্মকান্ডের কারণে উপরের মাটির স্তরপরিবর্তন (disturbed)হয়। সর্বোপরি মাটির নীচের দিকে আস্তে আস্তে মাটির ভার বহন ক্ষমতা বাড়তে থাকে। একারণে ভূ-উপরিস্থ মাটিরস্তর হতে কিছু গভীরেFoundation Slabস্থাপন করা দরকার। FoundationএরSlabকমপক্ষে২'- ৬"নীচে স্থাপন করা বাঞ্ছনীয়।

৩.৫ বিম, কলাম, স্লাব

একটি কাঠামোর গুরুত্বপূর্ণ অংগ হলো বীম(Beam), কলাম (Column) ও স্লাব (Slab)। আমরা সাধারনতঃ বীম, কলাম, স্লাব ইত্যাদি অংগ কংক্রিট দিয়ে নির্মাণ করে থাকি। এ সম্পর্কে নীচে কিছু আলোচনা করা হলোঃ

বিমঃ সাধারণত বিমকে চার ভাগে ভাগ করা হয়। নীচে সার্পোটভেদে কয়েকটি বীম দেখানো হলোঃ

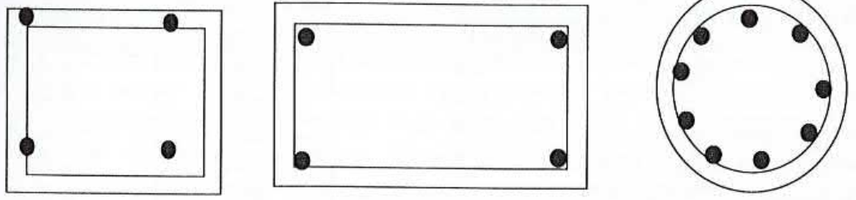
১. সিম্পল সাপোর্টেড বিম (Simple Supported Beam)
২. ফিক্সড সাপোর্টেড বিম (fixed supported beam)
৩. অবিচ্ছিন্ন বিম (Continuous Beam)
৪. ঝুলন্ত বিম (Cantilever Beam)



চিত্র ৩- ৫ঃ সার্পোটভেদে বিমের শ্রেণী

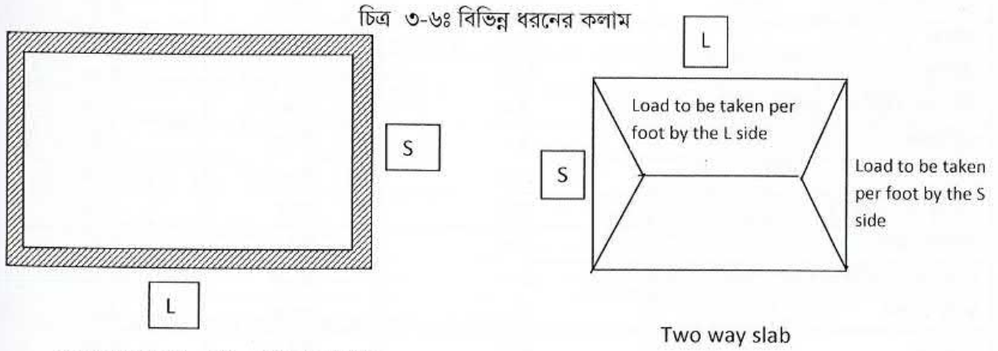
কলামঃ সাপোর্টভেদে কলামকে short column and long column বলা হয়। আকৃতিভেদে কলামকে কখন কখন spiral column and tied column বলা হয়ে থাকে। চিত্রে৩-৬ spiral column and tied column দেখানো হলো।

স্লাবঃ সাপোর্টভেদে স্লাবকে one way slab and two way slab বলা হয় চিত্রে৩-৭। স্লাবের লম্বা বাহুর দৈর্ঘ্য প্রস্থের দুই গুনের বেশী হলে তাকে আমরা one way slab বলি আর লম্বা বাহুর দৈর্ঘ্য প্রস্থের দুই গুনের কম হলে তাকে আমরা two way slab বলে থাকি lone way slab এর ক্ষেত্রে স্লাবের উপর অর্পিত মোট লোড প্রধানতঃ লম্বা বরাবর দুই বাহুতে স্থানান্তরিত হয় অপরদিকে two way slab এর ক্ষেত্রে স্লাবের উপর অর্পিত মোট লোড চার দিকে স্থানান্তরিত হয়।



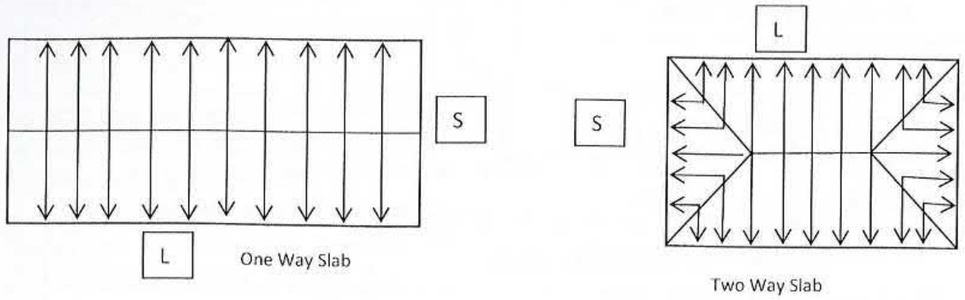
বর্গাকার tied column আয়তকার tied column গোলাকার spiral column

চিত্র ৩-৬ঃ বিভিন্ন ধরনের কলাম



One way slab = L/S= 2.0 and more Two way slab

চিত্র ৩-৭ঃ সাপোর্টভেদে one way and two way স্লাব



চিত্র ৩-৮ঃ সাপোর্টভেদে one way and two way স্লাবের লোড স্থানান্তর

৩.৬ ডিজাইন লাইভলোড

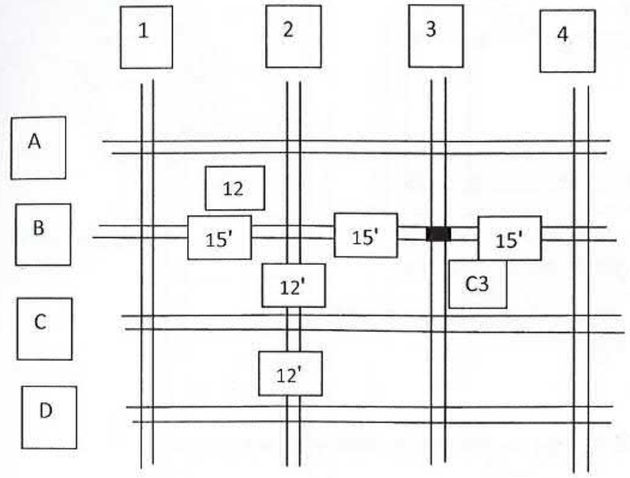
অবকাঠামো ডিজাইন করতে Dead load সঙ্গে লাইভ লোড Live Load বিবেচনায় নিতে হয়। অবকাঠামোর যে সাইজ ধরা হয় তার ভিত্তিতে Dead load ক্যালকুলেশন করা হয়। অপরদিকে লাইভ লোড (Live Load) ধরা হয় অভিজ্ঞতার আলোকে অবকাঠামো ব্যবহারের কলম ভেদে ভিন্ন ভিন্ন লোড। অবকাঠামো ব্যবহারের প্রকার ভেদে যে লাইভ লোড ব্যবহার করা হয় তার একটি তালিকা নীচের টেবিলে দেয়া হলো।

টেবিল ৩-১ঃ নূন্যতম সচল বা জীবিত ওজন

ব্যবহারের প্রকারভেদ	সচল ভর (Live Load)		
	Pound/sqft (psf)	Kg/m^2	kN/m^2
বাসগৃহ	৪০	২০০	২.০০
করিডোর	১০০	৫০০	৫.০০
সভাকক্ষ	১০০	৫০০	৫.০০
মিলনায়তন স্থায়ী আসন	৬০	৩০০	৩.০০
মিলনায়তন সঞ্চালন	১০০	৫০০	৫.০০
কারখানা	১২৫	৬২৫	৬.২৫
গ্যারেজ	১০০	৫০০	৫.০০
অফিস	৮০	৪০০	৪.০০
হোটেল	১০০	৫০০	৫.০০
বিদ্যালয় শ্রেণীকক্ষ (স্থায়ী আসন)	৪০	২০০	২.০০
শ্রেণীকক্ষ	৮০	৪০০	৪.০০
সিঁড়ি	১০০	৫০০	৫.০০
দোকান (দোতলা)	১২৫	৬২৫	৬.২৫
অন্যান্য তলা	৭৫	৩৭৫	৩.৭৫
নাট্যশালার করিডোর	১০০	৫০০	৫.০০
স্থায়ী আসন	৬০	৩০০	৩.০০
নাট্যমঞ্চ	১৫০	৭৫০	৭.৫০

৩.৭ বিল্ডিং কলাম ও ফাউন্ডেশন ডিজাইন

পাশে একটি বড় বাণিজ্যিক ভবনের (৪ তলা) স্লাবের প্যানেল দেখানো হয়েছে। এর এক একটি স্প্যান লম্বায় ১৫ ফুট বাই ১২ফুট। C3 কলাম ও C3 কলামের ফাউন্ডেশন ডিজাইন করতে হবে।



চিত্র ৩-৮ঃ স্লাবের প্যানেল

৩.৭.১ কলাম ডিজাইন

স্লাব. বিম/গার্ডার, ওয়াল ইত্যাদির ওজন বহন করার জন্য কলাম নির্মাণ করা হয়। বর্গাকার, আয়তকার ও গোলাকার আকৃতিতে কলাম নির্মাণ করা হয়। কলামের আকার ও রড সেট করার পদ্ধতির উপর ভিত্তি করে কলামকে সচরাচর tied কলাম ও spiral কলাম বলা হয়। Tied কলামে কমপক্ষে ৪ টি $^5/_8$"ø রড ব্যবহার করা হয় যার cross sectional ক্ষেত্রফল ০.০১% হতে ০.০৮% পর্যন্ত হয়। এসব main রড কতগুলো tie রড দিয়ে বেঁধে রাখা হয়। Spiral কলাম প্রধানতঃ গোলাকার আকৃতির হয় এবং কমপক্ষে ৬ টি $^5/_8$"ø রড ব্যবহার করা হয় যার cross sectional ক্ষেত্রফল Tied কলামের মতো ০.০১% হতে ০.০৮% পর্যন্ত হয় । এসব main রডকে পেঁচানো (spiral) রড দিয়ে বেঁধে রাখা হয়। কলামের লোড বহন ক্ষমতা বের করতে সাধারণতঃ নীচের দুইটি ফর্মূলা ব্যবহার করা হয় -

P (Tied কলামের জন্য) = $0.85\ A_g\ (0.25\ f'_c + f_s P_g$

P(Spiral কলামের জন্য) = $Ag\ (0.25\ f'_c + f_s P_g)$

A_g= কলমের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

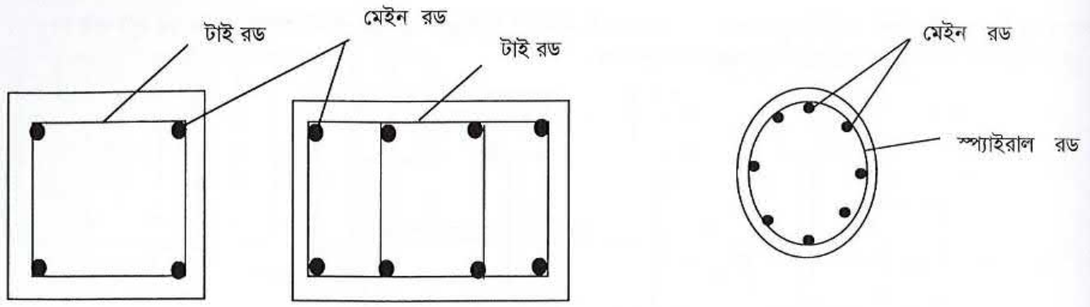
f'_c= কংক্রিটের চূড়ান্ত চাপ শক্তি, psi

f_s = রডের অনুমোদনযোগ্য চাপ পীড়ন, psi

As= Main রডের ক্ষেত্রফল

P_g= Main রডের ক্ষেত্রফল ও কংক্রিটের ক্ষেত্রফলের অনুপাত

$$= \frac{As}{Ag}$$



টাইয়েড (tied) কলাম

স্প্যাইরাল কলাম

চিত্র ৩-৯ঃ কলাম ধরন

কলাম ডিজাইন কোড

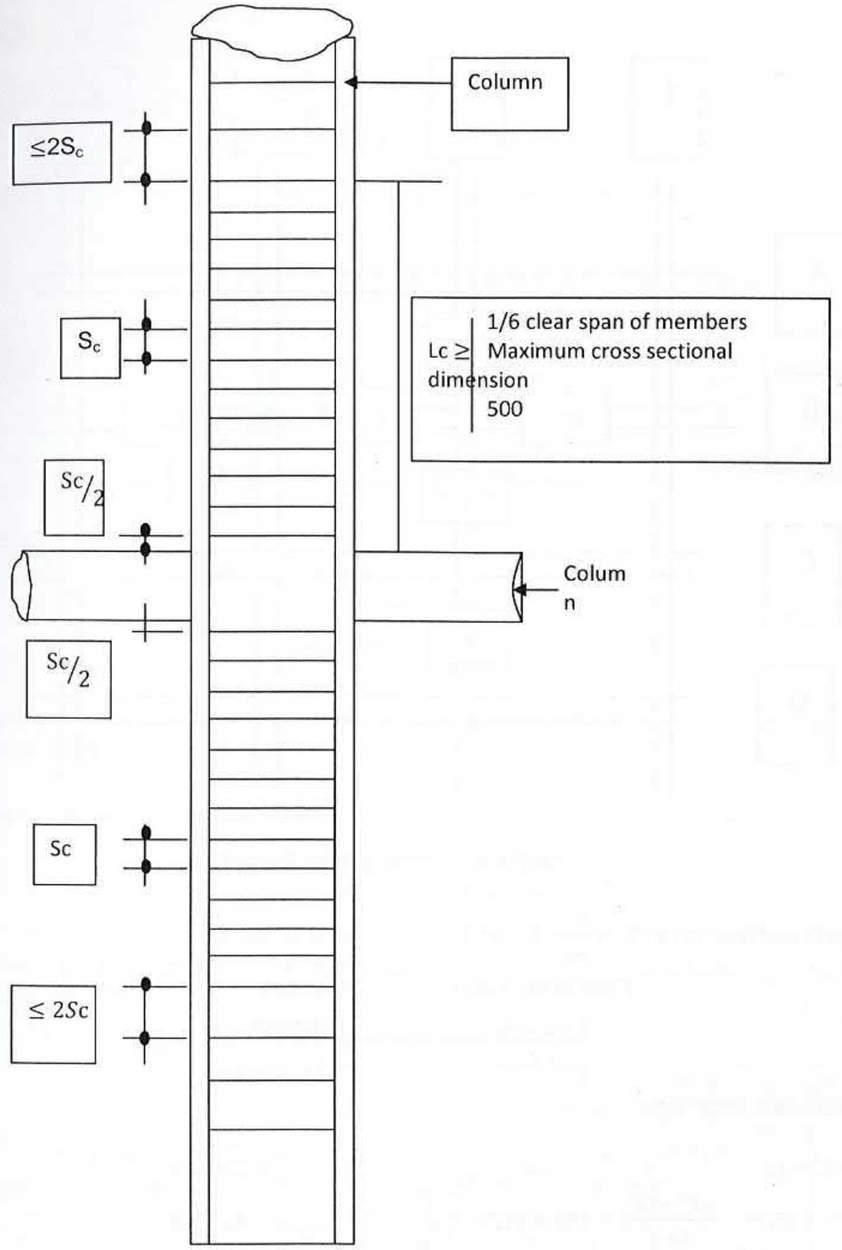
কলাম ডিজাইন করতে কোডের কয়েকটি নির্দেশনা অনুসরন করা প্রয়োজন পড়ে। এগুলো হলো -

- **কলামের সাইজঃ** গোলাকার সর্বনিম্ন কলামের ব্যাস হলো ১০" এবং আয়তকার কলামের ছোট বাহুর দৈর্ঘ্য ৮" তবে ক্ষেত্রফল হবে কমপক্ষে ৯৬ বর্গ ইঞ্চি।
- **কলামের রডঃ** কলামের Vertical reinforcement পরিমান কলামের ক্ষেত্রফলের ১% এর কম এবং ৮% এর বেশি হবে না।
- কলামের Vertical reinforcement এর সর্বনিম্ন সাইজ $^{৫}/_{৮}$" দেয়া যাবে অনুরূপভাবে Tie রডের সর্বনিম্ন সাইজ হবে $^{১}/_{৪}$"।
- Tied রডের ব্যবধান (Spacing of tie rod) ঠিক করতে নীচের তিনটি হিসাব বের করে যেটি সবচেয়ে কম আসবে সেটি ব্যবহার করতে হবে। ১৬ × মেইন রডের ব্যাসার্ধ ; ৪৮ × Tie রডের ব্যাসার্ধ; কলামের নিম্নতম পাশের মাপ।
- **ACI** ও **BNBCCode** অনুযায়ী Seismic zone ভেদে tied রডের মধ্যকার ব্যবধান (Spacing) ভিন্ন হয়, যথাক্রমে

In critical portion (L_c)

Seismic zone 1 & 2, Spacing (S_c) = $8d_b$ - (d_b is lowest longitudinal bar dia)
= $24d_b$ - (d_b tie bar diameter)
= d/2 - (d smallest column size)
=300mm

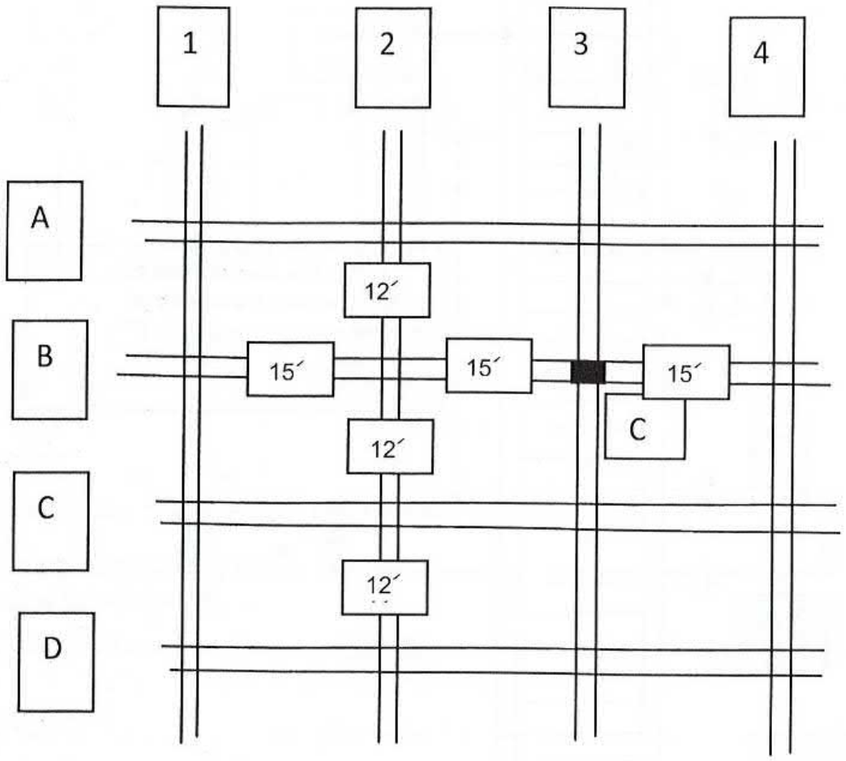
Seismic zone 3, Spacing (S_c) = $6d_b$ (d_b is lowest longitudinal bar dia)
= $^{1}/_{4}$ (smallest column size)
= $4+\frac{14-hx}{3}$ - (একই প্লেনে tie রড এর দূরত্ব)



টেবিল ৩-১০ঃ Confinement Requirment of Column at Joints for

কলাম ডিজাইন উদাহরণ

C3 কলামে ডেড লোড ও লাইভ রোড কত হতে পারে তা নির্ণয় করতে হবে। এক্ষেত্রে স্লাব পুরুত্ব ৫ ইঞ্চি ও লাইভ রোড ৬০ পাউন্ড/বর্গফুট ধরা হলো। C3 কলামে স্লাব, বীম, ওয়াল ও কলামের নিজস্ব লোড আসবে। কংক্রিটের শক্তি ২৫০০ পাউন্ড/বর্গইঞ্চি ধরে নীচে কলামের ডিজাইন দেয়া হলোঃ



চিত্র ৩-১০ঃ কলাম ডিজাইন উদাহরণ

Uniformly distributed load on = DL = $\frac{5''}{12}$× 1 × 150 = 62.50 lb/sft

Floor finish (say) = 20 lb/ft

Live load = 60 lb/sft

মোট লোড = 142.50lb/sft

Load on C3 from one floor/ slab

Slab: 142.5 ×12'×15' = 25650 lb

Beam (ধরে 10″ × 15″): $\frac{10'' \times 15''}{144}$ × 150 × (12'×15') = 4218 lb

Column (ধরে 12″ × 15″): $\frac{12'' \times 15''}{144}$ × 9' × 150 = 1687 lb

Wall (ধরে 5") : $\frac{5''}{12}$ × 9' × 120 × (12'×15') = 12150 lb

মোট = 43705 lb

For Building having 4 storied, Load on C3 = 43750 × 4 = 174,520 lb = 175 Kip (1 Kip = 1000psi)

Total load = 175Kip

For short tied column, P = 0.85 A_g (0.25 f'_c + $f_s P_g$)

= 0.85x12x15(0.25x2500+18000xP_g)

= 153 $\left(625+18000x\frac{2.48}{12 X 15}\right)$ (assuming 8-5/8 ø inch

= 117 Kip

=153 $\left(625+18000x\frac{4.40}{12 X 15}\right)$ (assuming 10-3/4 ø inch

= 163 kip

=153 $\left(625+18000x\frac{4.40}{12 X 15}\right)$ (assuming 8-3/4"ø & 4- 7/8"ø)

= 185 kip

Note: Cross-sectional areas of round rods have been taken fron Table 3-8

Tie rod calculation

Seismic zone 1 & 2, Spacing = $8d_b$ = 8x3/4 = 6"

= d/2 = 12/2= 6"

= $24d_b$ = 3/8x 24 = 6"

= ৩০০mm (১২")

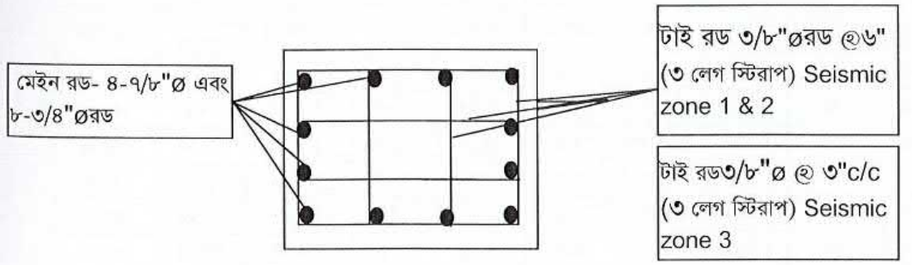
In critical portion, i.e. (L_c) 2'0" above and below column-beam intersection, tie rod spacing is @ 6" and in rest portion of the beam @ 12" c/c.

Seismic zone 3, Spacing = $6d_b$ = 6x3/4 = 4.5"

= d/4 = 12/4 = 3"(সর্বনিম্ন)

= 4+$\frac{14-hx}{3}$ = 3"হতে বড় হবে।

In critical portion, i.e. (L_c) 2'0" above and below column-beam intersection, tie rod spacing is @ 3" and in rest portion of the beam @ 6" c/c.



চিত্র ৩-১১ঃ টাইয়েড (tied) কলাম

উপরের ক্যালকুলেশনে কংক্রিট ওরডের Strength ধরা হয়েছে যথাক্রমে f'_c= ২৫০০psi and f_y= ৪০,০০০psi. বর্তমানে বাজারে যে রড পাওয়া যায় তা বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে Strength হলো and f_y= ৬০,০০০ psi. একইভাবে কংক্রিট Strength ২৫০০ psi এরপরিবর্তে ৩০০০psi ধরে ডিজাইন করা উত্তম। এরুপ ক্ষেত্রে ডিজাইন অন্যরূপ হবে যা নীচে দেয়া হলো।

f'_c=৩০০০psi and f_y= ৬০,০০০ psi ধরে উপরের ক্যালকুলেশন দেয়া হলো-

For short tied column, $P = 0.85 A_g (0.25 f'_c + f_s P_g)$

$= 0.85 \times 12 \times 15 (0.25 \times 3000 + 24000 \times P_g)$

$= 153 \left(750 + 24000 \times \frac{2.48}{12 \times 15}\right)$ (assuming 8-5/8 ø inch

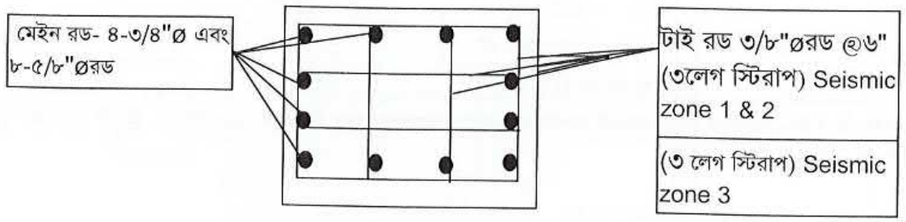
$= 165$ Kip

$= 153 \left(625 + 24000 \times \frac{4.24}{12 \times 15}\right)$ (assuming 4-3/4ø & 8-5/8ø inch

$= 182$ Kip

$= 153 \left(625 + 24000 \times \frac{4.40}{12 \times 15}\right)$ (assuming 8-3/4"ø & 4-7/8"ø)

$= 185$ kip



চিত্র ৩-১২ঃ টাইয়েড (tied)কলাম

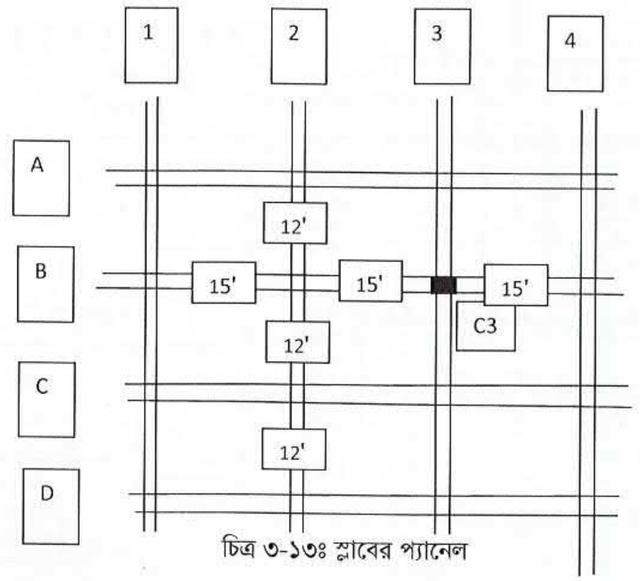
টেবিল ৩-২ ঃSafe loads on columns with Longitudinal Rods in tied column, as per ACI Code using $P = 0.85 A_g(0.25f'_c+f_sP_g) = 0.2125f'_cA_g+0.85A_gf_sP_g$

Column Size, (inch)		Column gross Area (sq.in)	Concrete Load (Kip) = (0.2125f'cAg)		Rebar Load (Kip) =0.85AgfsPg)		Total Load			
			f'c		P_s = 0.01	P_g=0.02	P_s = 0.01		P_s = 0.02	
			2,500	3000	18000	18,000	f'c= 2500	f'c=3000	f'c= 2500	f'c=3000
10	12	120	63.75	76.5	18.36	36.72	82.11	94.86	100.47	113.22
	14	140	74.375	89.25	21.42	42.84	95.80	110.67	117.22	132.09
	16	160	85.00	102.00	24.48	48.96	109.48	126.48	133.96	150.96
12	12	144	76.50	91.80	22.03	44.06	98.53	113.83	120.56	135.86
	14	168	89.25	107.10	25.70	51.41	114.95	132.80	140.66	158.51
	16	192	102.00	122.40	29.38	58.75	131.38	151.78	160.75	181.15
14	14	196	104.13	124.95	29.99	59.98	134.11	154.94	164.10	184.93
	16	224	119.00	142.80	34.27	68.54	153.27	177.07	187.54	211.34
	18	252	133.88	160.65	38.56	77.11	172.43	199.21	210.99	237.76

Column Size, (inch)		Column gross Area (sq.in)	Concrete Load (Kip) = (0.2125f'cAg)		Rebar Load (Kip) =0.85AgfsPg)		Total Load			
			f'c		P_s = 0.01	P_g=0.02	P_s = 0.01		P_s = 0.02	
			2,500	3000	18000	18,000	f'c= 2500	f'c=3000	f'c= 2500	f'c=3000
16	16	256	136.00	163.20	39.17	78.34	175.17	202.37	214.34	241.54
	18	288	153.00	183.60	44.06	88.13	197.06	227.66	241.13	271.73
	20	320	170.00	204.00	48.96	97.92	218.96	252.96	267.92	301.92
	22	352	187.00	224.40	53.86	107.71	240.86	278.26	294.71	332.11
18	18	324	172.13	206.55	49.57	99.14	221.70	256.12	271.27	305.69
	20	360	191.25	229.50	55.08	110.16	246.33	284.58	301.41	339.66
	22	396	210.38	252.45	60.59	121.18	270.96	313.04	331.55	373.63
	24	432	229.50	275.40	66.10	132.19	295.60	341.50	361.69	407.59
20	20	400	212.50	255.00	61.20	122.40	273.70	316.20	334.90	377.40
	22	440	233.75	280.50	67.32	134.64	301.07	347.82	368.39	415.14
	24	480	255.00	306.00	73.44	146.88	328.44	379.44	401.88	452.88
	26	520	276.25	331.50	79.56	159.12	355.81	411.06	435.37	490.62

৩.৭.২ ভবনের ফাউন্ডেশন ডিজাইন

নীচে একটি বড় বাণিজ্যিক ভবনের (৪ তলা) স্লাবের প্যানেল দেখানো হয়েছে (এখানে পূর্বে কলাম ডিজাইনে উল্লেখিত একই ছবিটা দেখানো হয়েছে)। এর এক একটি স্প্যান লম্বায় ১৫ ফুট প্রস্থে ১২ফুট। একটি interior Column । C3 কলামের ফাউন্ডেশন ডিজাইন করতে হবে। ইতিপূর্বে C3 কলাম ডিজাইন করা হয়েছে। পূর্বের ন্যায় স্লাবের deadload, live load এবং column এর deadload ধরে কলামের উপর অর্পিত লোড নির্ণয় করতে হবে। ফাউন্ডেশন এর একটা নিজস্ব লোড আছে যা বিবেচনায় নীয়ে ফাউন্ডেশন ডিজাইন করতে হবে। নীচে ফাউন্ডেশন ডিজাইন এর একটা উদাহরন দেয়া হলো।



চিত্র ৩-১৩ঃ স্লাবের প্যানেল

ফাউন্ডেশন ডিজাইন উদাহরণ

C3 কলামের ফাউন্ডেশন ডিজাইন করার ক্ষেত্রে Live load৬০lb/sft ধরা হলো। এক্ষেত্রে

Uniformly distributed load on = DL = $\frac{5''}{12}$ × 1 × 150 = 625 lb/sft

Floor finish (say) = 20 lb/ft

Live load = 60 lb/sft

মোট লোড = 142.50 lb/sft

Load on C3 from one floor/ slab

Slab: 142.5 × 12' × 15' = 25650 lb

Beam (ধরে10″ × 15″): $\frac{10''\times 15''}{144}$ × 150 × (12'+15') = 4218 lb

Column (ধরে 12″ × 15″): $\frac{12''\times 15''}{144}$ × 9' × 150 = 1687 lb

Wall (ধরে 5") : $\frac{5''}{12}$ × 9' × 120 × (12'+15') = 12150 lb

মোট = 43705 lb

For building having 4 storied, Load on C3 = 43750 × 4 = 174,520 lb = 175 Kip (1Kip=1000lb)

Footing সাইজ নির্ণয় করতে foundation weight নির্ণয় করতে হবে। এখানে foundation weight ধরা হলো কলাম লোডের এর ২০% ধরা হলো। যেহেতু কলাম লোড 175 Kip সেহেতু foundation weight 20% load ধরে Total load = 210 Kip.

Allowable soil bearing capacity = 2000 lb/sft ধরা হলে

Footing area = $\frac{210{,}000}{2000}$ = 105 sft

Square size footing দেয়া হলে 10'-6″ × 10'-6 "footing দিতে হবে।

Net upward pressure = $\frac{210{,}000}{10.5\times 10.5}$ = 1905 lb/sqft

Maximum moment at the face of column, Mmax

= 1905 × 4.75 × 10.5 × $\frac{4.75}{2}$

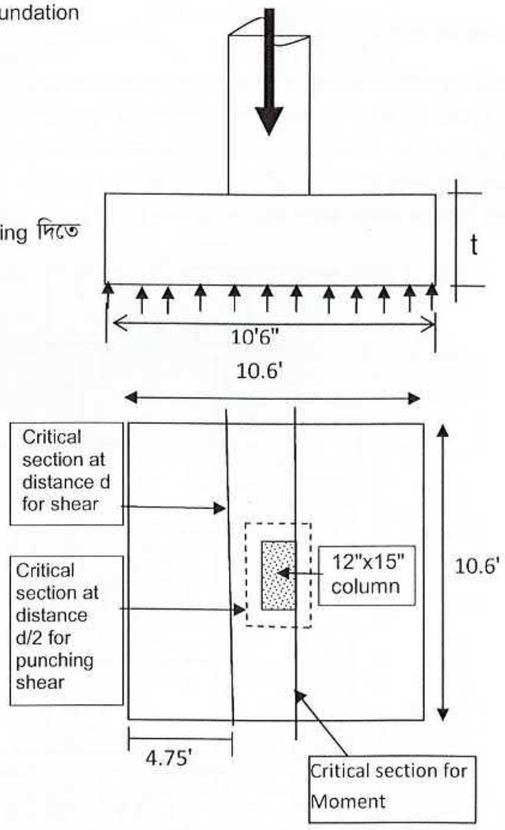
= 225.65 Kip ft

আমরা জানি,Moment, M = Rbd^2

d= $\sqrt{\frac{M}{Rb}}$, k = 0.385, j = 0.872, R = $\frac{1}{2}$ f'ckj = 189

= $\sqrt{\frac{225.65\times 12}{.189\times 10.5\times 12}}$

= 10.66 in



চিত্র ৩- ১৪ঃ ফাউন্ডেশন ডিজাইন

R এর value নীচের টেবিল ৩-8 হতে নেয়া হয়েছে।

টেবিল ৩-৩: Design parameters of column, beam and slab

K = n/(n + r); j = 1 - k/3; p_e = n/2r(n + r); K = $^1/_2$ $f_c$kj or pfsj

n and f'_c	f_s	f_c	k	j	p_c	K
10 (2500)	18,000	1000	0.357	0.881	0.0099	157
		1125	0.385	0.872	0.0120	189
	20,000	1000	0.333	0.880	0.0083	148
		1125	0.360	0.880	0.0101	178
9 (3000)	18,000	1200	0.375	0.875	0.0125	197
		1350	0.403	0.866	0.0151	235
	20,000	1200	0.351	0.553	0.0105	186
		1350	0.377	0.874	0.0128	223

Footing depth is to be checked for shear force, specially punching shear. Generally punching shear governs the depth. Let us assume d = 18"

Critical section for shear occurs at a distance of d from the face of column.

Shear value = 1905 × 10.5 × $\left(\frac{10.5-48/12}{2}\right)$

= 65 Kip

V = $\frac{65\times 1000}{10.5\times 18\times 12}$ = 28.65psi

Critical section for punching shear occurs at a distance $^d/_2$ from the face of column. Sides for punching shear being

$\left(12+\frac{18}{2}+\frac{18}{2}\right)$ & $\left(15+\frac{18}{2}+\frac{18}{2}\right)$ and perimeter 2x(30+33)= 126 inch

= 30" and 33"

Punching Shear = 210 - $\frac{30\ X\ 33}{144}$ X 1.905

= 210 – 13.09

= 196.31 kip

V = $\frac{196.91\ X\ 1000}{126\ X\ 18}$ = 86.82 psi

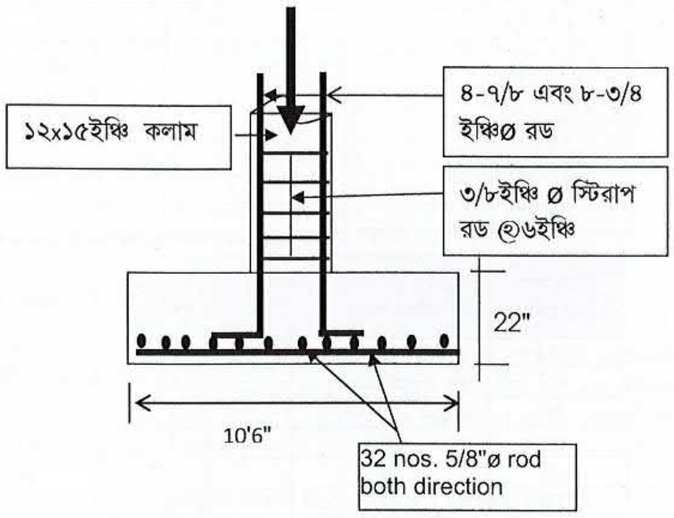
Allow. punching shear = 2 $\sqrt{f'c}$ = 2 $\sqrt{2500}$= 2 × 50= 100 psi that means depth assumption is OK

Let us assume d = 15″

V = 210 – $\frac{30\ X\ 27}{144}$ X 1.905

= 210 – 10.71

= 199.28



চিত্র ৩-১৫ঃ ফাউন্ডেশন স্লাব রড স্থাপন

$$V = \frac{199.28 \times 1000}{2(27+30) \times 15}$$

= 116 psi; more than allowable rechecking needed.

So, our calculation will be based on d = 18″

t = 18 + 3.5″ = 21.5″ = 22″

Actual d = 22" - 3.5" = 18.5″

$$As = \frac{M}{fsjd} = \frac{225.65 \times 1000 \times 12}{18000 \times .87 \times 17.5}$$

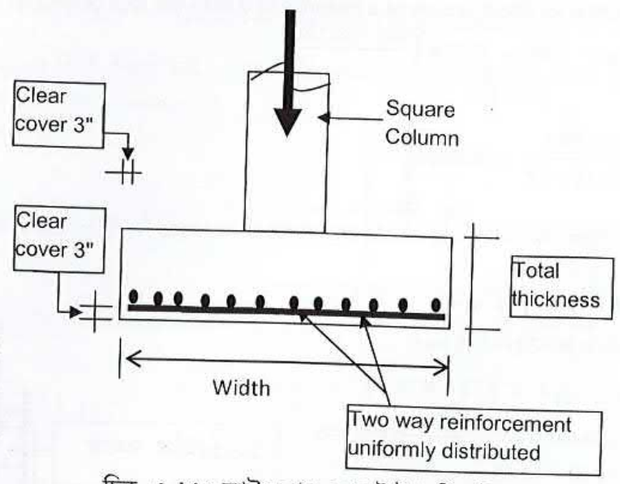
$= 9.88\ in^2$

$^5/_8$″Ø rod 32 Nos. on each direction to be provided.

টাইপ ডিজাইন ব্যবহার

প্রত্যেকটা ডিজাইন পৃথক পৃথকভাবে ডিজাইন করা প্রয়োজন। এটাই প্রত্যাশিত। নীচে কিছু বর্গাকার Footing ডিজাইন দেয়া হলো। প্রয়োজন হলে এই টেবিল ব্যবহার করে বর্গাকার Footing ডিজাইন করা যেতে পারে।

Design parameters	Design parameters
f_s = 20,000 psi	f_s = 20,000 psi
f'_c = 2,500 psi	f'_c = 3,000 psi
n = 12	n = 10
f_c= 1125 psi	f_c= 1350 psi
v = 75 psi	v = 75 psi
U = 200 psi	U = 240 psi



চিত্র ৩-১৬ঃ ফাউন্ডেশন স্লাব টাইপ ডিজাইন

টেবিল ৩-৪ঃ Square Footing forSoil Pressure 2,000 Lb/Sq. ft

Column Load Kips	Square Column Size (in)	Square Footing width (ft – in)	Depth (in)	Rods or Bars Each way	
				f'_c = 2,500	f'_c = 3,000
				No-Size	No-Size
20	12	3 – 8	10	4 – 1/2″ø	3 – 1/2″ø
40	12	4 – 8	10	8 – 1/2″ ø	8 – 1/2″ ø
60	12	5 – 9	12	11 – 1/2″ ø	7 – 5/8″ ø
80	12	6 – 7	13	11 – 5/8″ ø	11 – 5/8″ ø
100	12	5 – 7	14	14 – 5/8″ ø	14 – 5/8″ ø
120	12	8 – 2	16	15 – 5/8″ ø	15 – 5/8″ ø
140	12	8 – 11	17	13 – 3/4″ ø	13 – 3/4″ ø
160	14	9 – 6	18	15 – 3/4″ ø	15 – 3/4″ ø
180	14	10 – 2	19	17 – 3/4″ ø	17 – 3/4″ ø

Column Load Kips	Square Column Size (in)	Square Footing width (ft – in)	Depth (in)	Rods or Bars Each way	
				f'_c = 2,500	f'_c = 3,000
				No-Size	No-Size
200	14	10 – 9	20	19 – 3/4″ ø	19 – 3/4″ ø
220	14	11 – 3	21	15 – 7/8″ ø	15 – 7/8″ ø
240	16	11 – 10	21	17 – 7/8″ ø	17 – 7/8″ ø
260	16	12 – 13	22	18 – 7/8″ ø	18 – 7/8″ ø
280	16	12 – 10	23	15 - 1″ ø	15 - 1″ ø
300	16	13 – 4	24	16 - 1″ ø	16 - 1″ ø

টেবিল ৩- ৫ ঃ Square Footing Soil Pressure 3,000 Lb/Sq. ft

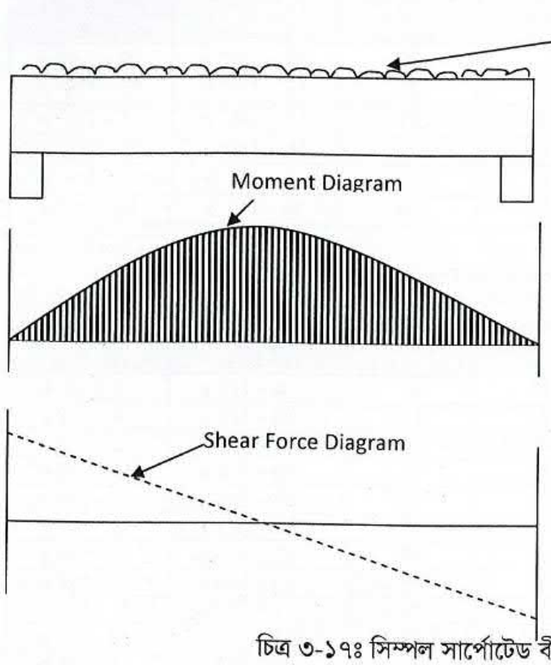
Column Load Kips	Square Column Size(in)	Square Footing width (ft – in)	Depth in inch	Rods or Bars Each way	
				f'_c = 2,500	f'_c = 3,000
				No-Size	No-Size
40	12	3 - 9	10	8 – 1/2 ø	7 – 1/2 ø
60	12	4 - 7	11	10 – 1/2 ø	9 – 1/2 ø
80	12	5 – 4	13	12 – 1/2 ø	12 – 1/2 ø
100	12	6 – 0	14	16 – 1/2 ø	16 – 1/2 ø
120	12	6 – 7	15	13 – 5/8 ø	13 – 5/8 ø
140	12	7 – 1	16	15 – 5/8 ø	15 – 5/8 ø
160	14	7 – 7	17	12 – 3/4 ø	12 – 3/4 ø
180	14	8 – 1	18	13 – 3/4 ø	10 – 7/8 ø
200	14	8 – 1	19	11 – 7/8 ø	11 – 1/8 ø
220	14	9 – 0	20	12 – 7/8 ø	12 – 7/8 ø
240	16	9 – 5	21	13 – 7/8 ø	13 – 7/8 ø
260	16	9 – 9	21	14 – 7/8 ø	14 – 7/8 ø
280	16	10 – 2	22	12 - 1 ø	12 - 1 ø
300	16	10 – 2	23	13 - 1 ø	13 - 1 ø
320	16	10 – 11	24	13 - 1 ø	13 - 1 ø
340	16	11 – 3	25	14 - 1 ø	14 - 1 ø
360	16	11 – 7	25	15 - 1 ø	15 - 1 ø
380	16	11 – 11	25	16 - 1 ø	16 - 1 ø
400	18	12 – 3	26	13 - 1 ø	13 – 1/8 ø
420	18	12 – 7	27	14 - 1 ø	14 – 1/8 ø
440	18	12 – 11	28	15 - 1 ø	15 - 1 ø
460	18	13 – 2	28	15 - 1 ø	15 - 1 ø
480	20	13 – 6	28	16 - 1 ø	16 - 1 ø
500	20	13 - 10	29	17 - 1 ø	17 - 1 ø

৩.৮ বিম ডিজাইন

বিম ডিজাইন করতে হলে ঐ বিমে কি পরিমাণ লোড (load) পড়বে তা বিবেচনায় নিতে হবে। লোডের উপর ভিত্তি করে Bending momentও Shear force নির্ণয় করতে হবে। আমরা জানি কংক্রিট চাপ (compression) বহন করতে পারে কিন্তু খুব অল্প পরিমাণ টান (tension) নিতে পারে যা আমরা সাধারণতঃ ডিজাইনে ধরা হয় না । একারণে কংক্রিটের যে অংশে টান পরবে সেখানে রড স্থাপন করি। আর যে অংশে চাপ পরবে তা কংক্রিট নিজেই বহন করতে সক্ষম।

নীচে আরো কয়েকটি কাঠামো দেখানো হলো যেখানে bending moment and Shear force diagram দেখানো হয়েছে।

১. সিম্পল সার্পোটেড বীম (Simply Supported Beam)



Bending Moment (M) -

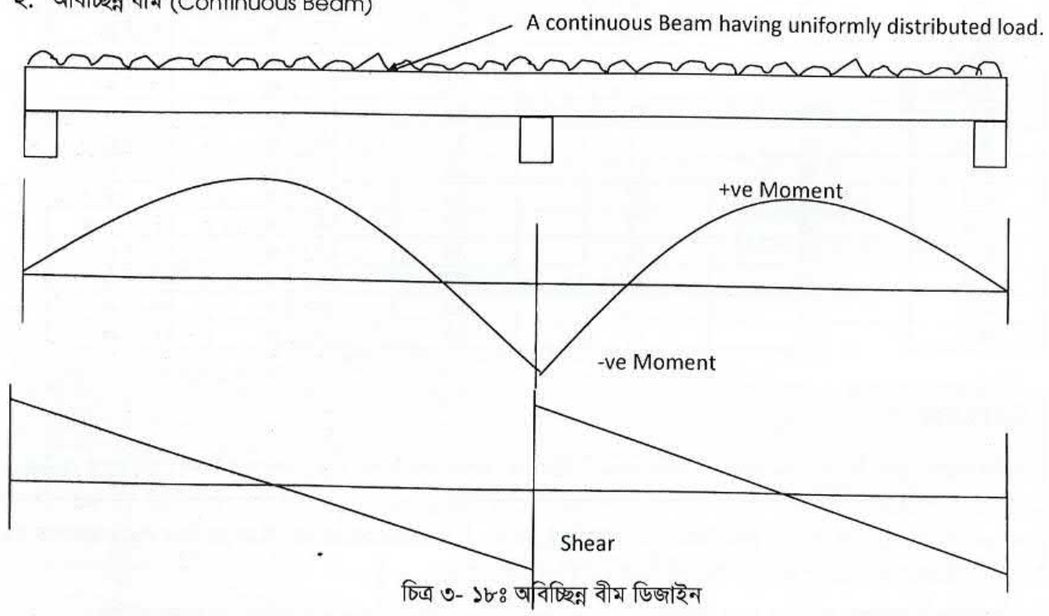
+ve M = $\frac{wl2}{8}$(at mid span) lb-ft

Shear Force -

V = $\frac{wl}{2}$(at support) lb

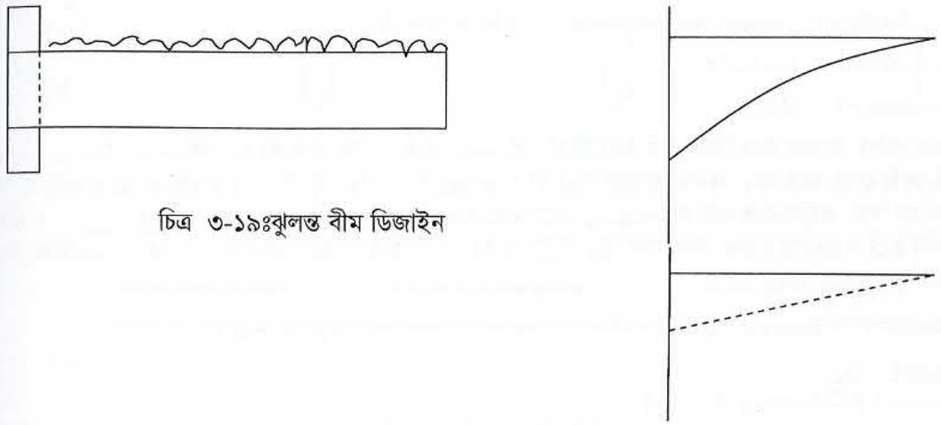
চিত্র ৩-১৭ঃ সিম্পল সার্পোটেড বীম ডিজাইন

২. অবিচ্ছিন্ন বীম (Continuous Beam)



চিত্র ৩- ১৮ঃ অবিচ্ছিন্ন বীম ডিজাইন

Maximum Bending Moment (M) and Maximum Shear Force (V) are –
+ veM = $\frac{wl2}{14}$(middle of each span) - ve M = $\frac{wl2}{10}$(at middle support)&V = $\frac{wl}{2}$ lb



চিত্র ৩-১৯ঃঝুলন্ত বীম ডিজাইন

Maximum Bending Moment (M) and Maximum Shear Force are -

-ve M =$\frac{wl2}{2}$ (at support) lb-ft

উপরোক্ত বীমের যেখানে সর্বোচ্চ টান ও চাপ পরছে তা গ্রাফের মাধ্যমে দেখানো হয়েছে। কংক্রিটে যেখানে টান পড়েছে সেখানে রড দেয়া হবে। আর যেখানে চাপ পড়েছে সেখানে দেখতে হবে কংক্রিট তা নিতে পারে কিনা। বীমের সাইজ ও রড নির্ণয় করতে হলে ঐ বীমে লোডের কারনে কি পরিমাণ Bending moment ও Shear force উদ্ভব হয়েছে তা নির্ণয় করতে হবে। সাধারণতঃ thumb rule বা কিছু ফর্মুলা ব্যবহার করে আমরা Moment ও Shear নির্ণয় করি। উপরের চিত্রে Bending moment ও Shear forceনির্ণয় করার কয়েকটি ফর্মুলা দেয়া হয়েছে। Bending moment ওShear forceনির্ণয় করা থাকলে আমরা অবকাঠামো ডিজাইন সহজেই করা সম্ভব হয়।

Moment পাওয়া গেলে -

$M = Rbd^2$ ($R = \frac{1}{2}f_cjk$) ব্যবহার করে width ও depth নির্ণয় করা হয়।

$M = A_sf_sjd$ব্যবহার করে Reinforcement নির্ণয় করা হয়।

Shear force পাওয়া গেলে-

$V = \frac{V}{bjd}$ও $S = \frac{Avfs}{(V-Vc)b}$ব্যবহার করে stirrup এবং তার spacing নির্ণয় করা হয়।

যেখানে f_y = Yield strength of steel

f_s = allowable tensile strength of steel

f'_c = Ultimate concrete strength

f_c = allowable concrete strength=$0.45f'_c$= 0.45 × 3000=1350psi (hw` f'_c= 3000 psi)

V = Maximum Shear force developed

V_c = Allowable shear stress of concrete = $1.1(f'_c)^{0.5}$ = 60 psi (hw` f'_c= 3000 psi)

v = Shear stress = V/bd

b = width of beam

d = Effective depth of beam

$V > V_c$, stirrup must be designed

$V < V_c$, No stirrup is required but nominal stirrup is to be provided

j = a constant $^7/_8$ = 0.875

k = constant = 0.428

স্টিরাপ রড উপরের ফর্মূলা ব্যবহার করে নির্ণয় করা হয়। স্টিরাপ Spacing যাই পাওয়া যাবে তা অবশ্যই ACI ও BNBC Code হবে কোন ভাবেই বেশী দেয়া যাবে না। ফর্মূলা ব্যবহার করে যে Spacing পাওয়া যাবেতাযদি ACI ও BNBCCode মোতাবেক spacing হতে কম হয় তখন ফর্মূলা হতে প্রাপ্ত কম spacing দিতে হবে আর যদি ফর্মূলা হতে প্রাপ্ত spacing ACI ও BNBC Code হতে বেশী হয় তখন ACI ও BNBC Code মোতাবেক Spacing ব্যবহার করতে হবে। বীমের স্টিরাপ কলাম এর Face হতে s/2 distance দুর থেকে শুরু করতে হবে।

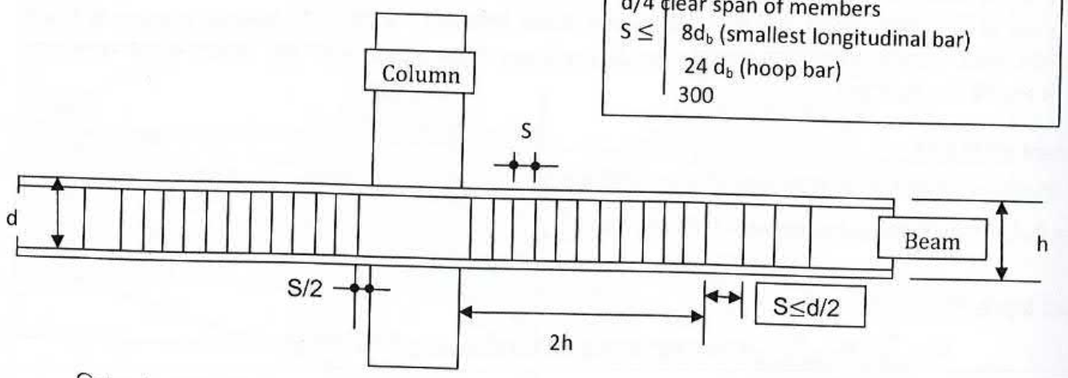
ACI ও BNBCCodeঅনুযায়ী Sessmic zone ভেদে স্টিরাপ রডের মধ্যকার ব্যবধান (Spacing) ভিন্ন হয়, যথাক্রমে

<u>In critical portion (L_c)</u>

Sessmic zone 1 & 2, Spacing (S) = d/4
= $8d_b$ (smallest column size)
= $24d_b$ (Hoop bar dia)
=300mm

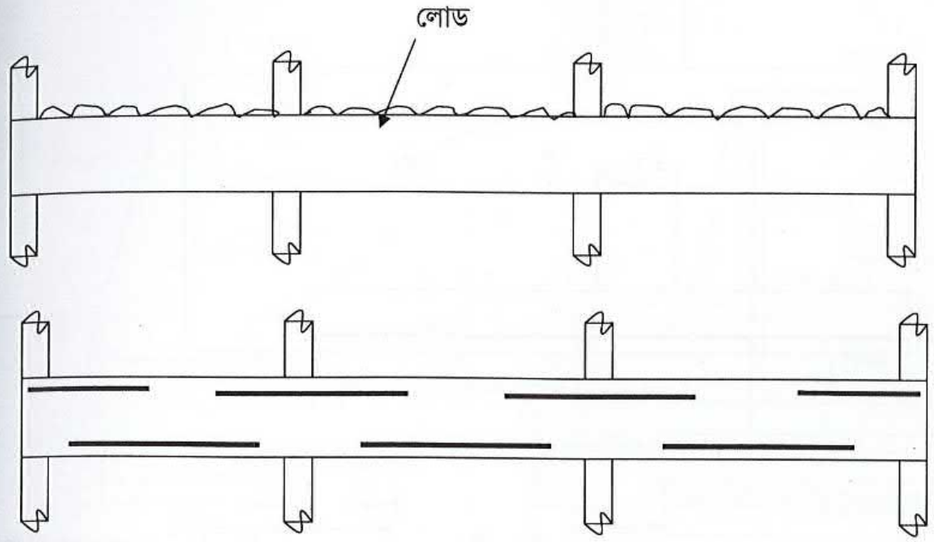
Sessmic zone 3, Spacing (S)
= d/4
= $8d_b$ (smallest longitudinal size)
= $24d_b$ (hoop bar)
= 300mm

d/4 clear span of members
S ≤ $8d_b$ (smallest longitudinal bar)
$24\ d_b$ (hoop bar)
300

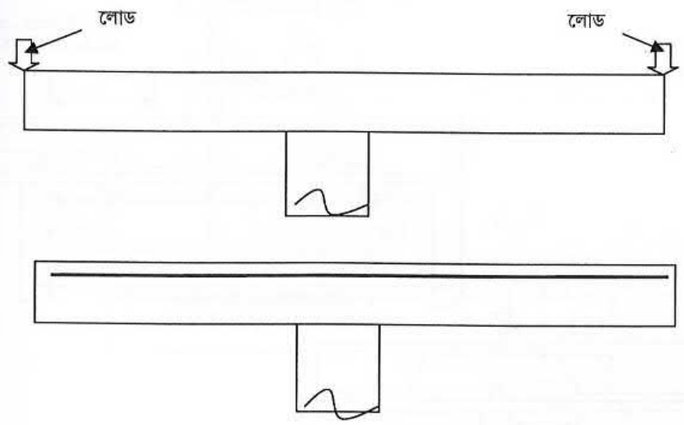


চিত্র ৩-২০ঃ Confinement requirements of beam at joints for earthquake laoding

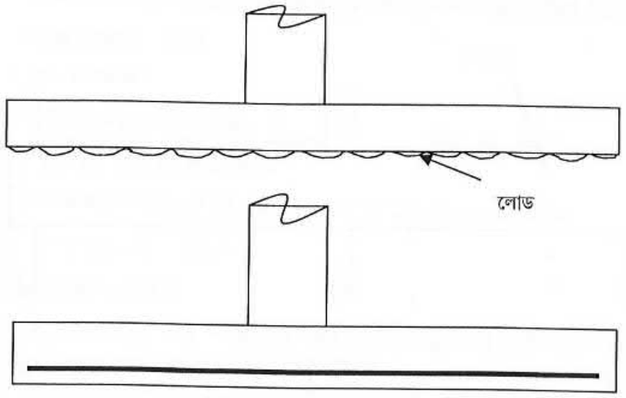
নীচে আরো কয়েকটি কাঠামো দেখানো হলো যেখানে টান এলাকায় রড স্থাপন করা হয়েছে।



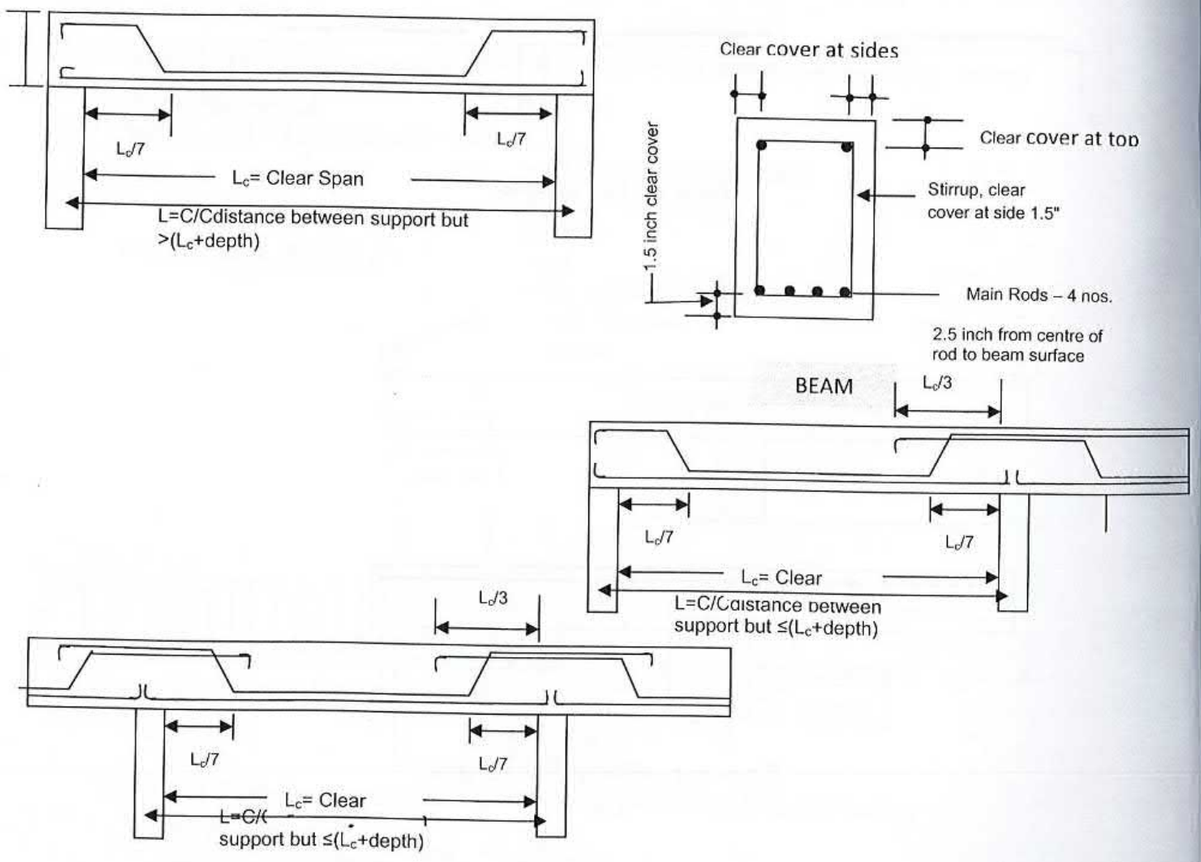
চিত্র ৩-২১ঃ বিমে রড স্থাপন



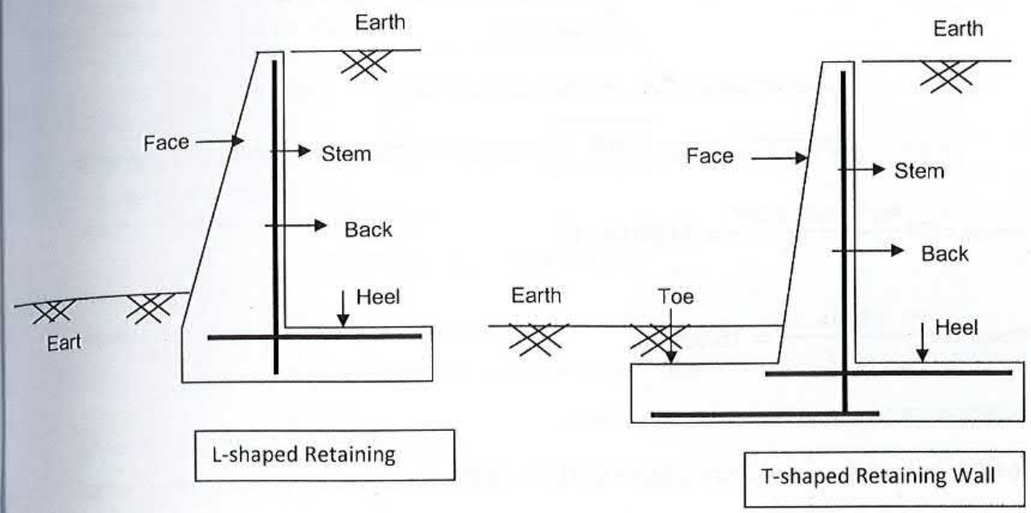
চিত্র ৩- ২২ঃ কেন্টিলিভার বিমে রড স্থাপন



চিত্র ৩-২৩ঃ ফাউন্ডেশন বিমে রড স্থাপন



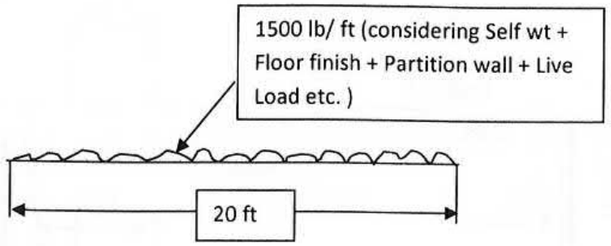
চিত্র ৩- ২৪ঃ সাপোর্ট ভেদে বিমে রড স্থাপন



চিত্র ৩- ২৫ঃRetaining Wall এ রড স্থাপন

৩.৯ বিম ডিজাইন উদাহরণ

স্লাবের লোড বিমে পড়ে এবং বীম হতে সকল লোড কলামের মাধ্যমে ফান্ডেশন যায়। বিম ডিজাইন করতে হলে স্লাবের উপর dead load, live load, floor finish load বিবেচনায় নিতে হবে। সেইসাথেবীমের dead load এবং partition wall এর dead load ধরেমোটলোডনির্ণয় করে বীম ডিজাইন করতে হবে।



বীমের সর্বোচ্চ moment হবে $\frac{Wl^2}{8}=\frac{1550 \text{ X } 20^2}{8}$ = 77,500 lb-ft

বিমের সর্বোচ্চ Shear হবে$\frac{Wl}{2}=\frac{1550\times 20}{2}$ = 15,500 lb

Effective depth নির্ণয় করতে M = Rbd² ব্যবহার করা হয়, এক্ষেত্রে

d = $\sqrt{\frac{M}{Rb}}$ (এখানে R = $\frac{1}{2}$ fcjk = $\frac{1}{2}$ × 1350 × 0.866 × 0.403 = = 235 psi)

= $\sqrt{\frac{77500\times12}{235\times10}}$ = 19.89″

কমপক্ষে বিমের সাইজ হবে b=১০″এবং d =১৯.৯"

বিমের মোট thickness, t = ১৯.৯ + ৩.৫ = ২৩.৪ ″

বিমের সাইজ width,b=১০″ এবং height,t =২৪″ ধরে রড নির্ণয় করতে হবে

পরিবর্তিত d হবে d = 24″ – 3.5″ = 19.5 inch

<u>ম্যান রড (Main rod) নির্ণয়</u>

As = $\frac{M}{fsjd}$

= $\frac{77500\times12}{18000\times.87\times19.5}$ = = 3.05 in²

$^5/_8$"ø রড দেয়া হলে রডের সংখ্যা হবে = ৩.০৫/০.৩১ = ৯.৮৩ টা = ১০টা

$^3/_4$"ø রডদেয়া হলের ডের সংখ্যা.হবে = ৩.০৫/০.৪৪ = ৬.৯৩ টা = ৭টা

$4-{}^3/_4$"øও $4-{}^5/_8$"øরড দেয়া হলের ডের ক্ষেত্রফল হবে = ১.৭৬ + ১.২৪=৩.০০ in²,

<u>স্টিরাপ রড নির্ণয়</u>

f_c = 0.45 f'_c = 3000 × 0.45 = 1350 psi

Shear force = V = 15,500 lb

V = $\frac{15500}{10\times19.5}$ = 79 psi

Allowable V_c = $1.1\sqrt{f'c}$

= 1.1 × √3000

= 1.1 × 54.6

= 60 psi

বিমের Shear 79 psi হতে কংক্রিট অনুমোদিত Shear বেশী বিধায় Shear Rod (স্টিরাপ রড) দেয়া হবে।

V' = 79 - 60 = 19 psi

Spacing of stirrup = $(A_vf_y)/ V'b$

=(0.11*2*18000)/(19*12) = 17.3 inch

Minimum spacing = d/2=19.5/2 =9.75inch or

= A_v/(0.0015b)=(0.11×2)/(.0015*10) = 14.66inch

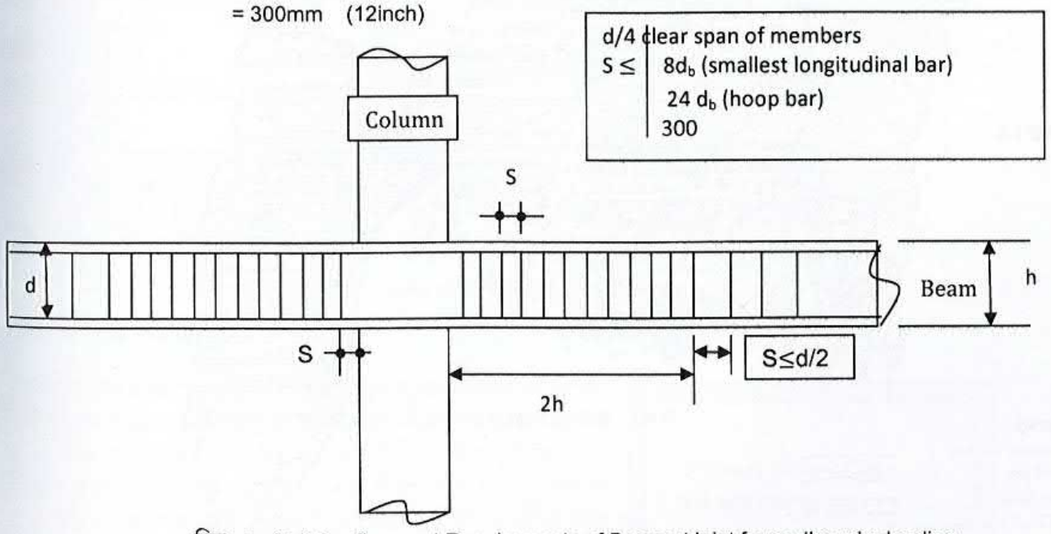
As per ACI and BNBC Code requirement

Stirrup Spacing, S = 19.5/4 = 4.8 inch

= $8d_b$ = 8×5/8 = 5 inch

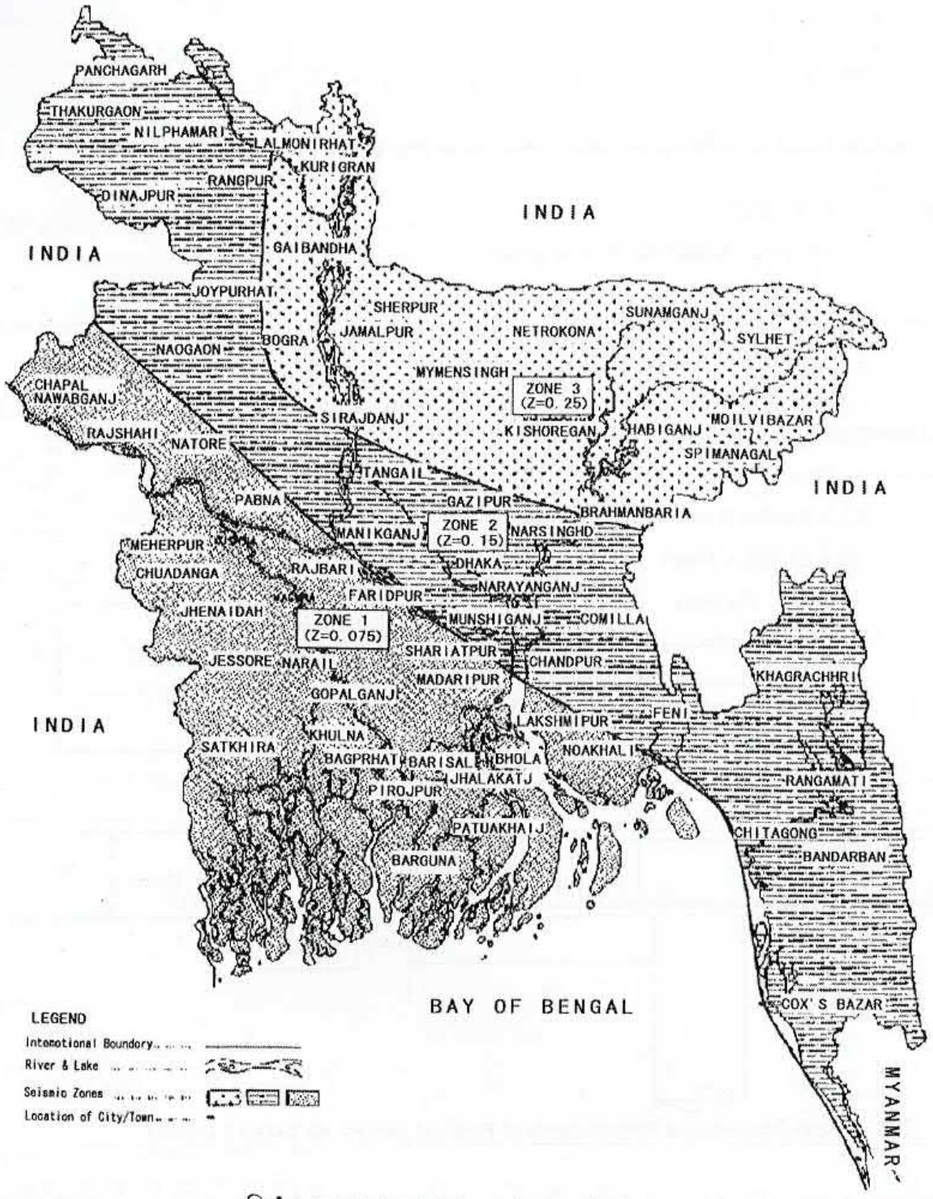
=$24d_b$= 24×3/8 = 9 inch

= 300mm (12inch)



চিত্র ৩- ২৬ঃ Confinement Requirements of Beam at joint for earthquake loading

উপরোক্ত স্প্যানও লোডের কারণে বিমের সেকশন হবে ১০"× ২৪" , ম্যান রড ৪ টা $^3/_4$"øও৪ টা $^5/_8$"ø এবং ষ্টিরাপ হবে $^3/_8$"ø @ 5 inch at support and 9 inch in the middle part.



চিত্র ৩-২৭:Seismic Zones in Bangladesh

৩.১০ ল্যাপ লেন্থ

Unless otherwise mentioned in the drawing, lap length of bars shall be as per Table below –

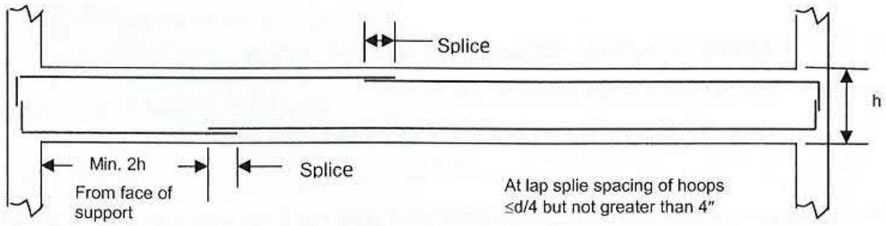
টেবিল ৩-৬ঃ রড ভেদে ল্যাপ লেন্থ এর পরিমাণ

Bar Dia (mm)	Tension (Inch)		Compression (inch)
	Top bars	Bottom Bar	
8 ϕ	13	13	13
10ϕ	16	13	13
12ϕ	21	17	14
16ϕ	26	21	17
20ϕ	31	24	20
22ϕ	36	28	23
25ϕ	60	46	26
Column laps shall be tension laps			

৩.১১ ল্যাপ লোকেশন

Following are rules of providing lap -

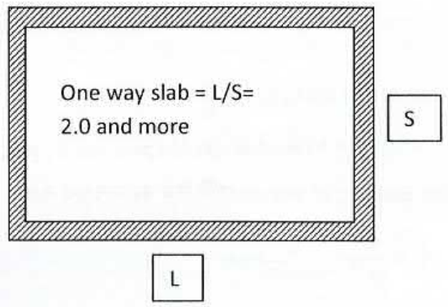
1. For beam bottom bar, lap not to be provided at middle third zone of the span.
2. For beam top bar, lap may be provided at middle third zone of the span.
3. Not more than 50%, of the bar shall be spliced at one place.
4. Lap splices are to be confined by hoops with maximum spacing or pitch of d/4 or 4″ where d is the effective depth of the beam.



চিত্র ৩-২৮ঃ ল্যাপ লোকেশন

৩.১২ স্লাব ডিজাইন

একটা স্লাব কোন সময় দুই দিকে এবং কোন সময় চারদিকে সাপোর্ট দিয়ে রাখা হয়। দুইদিকে সাপোর্ট থাকলে সাধারণভাবে দুই দিকেই লোড ভাগ হয়ে যায় এবং চারদিকে সাপোর্ট থাকলে চার দিকে লোড ভাগ হবে, তবে সমান ভাবে নয়। এটা নির্ভর করে স্লাবের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের মানের উপর। যদি স্লাবের দৈর্ঘ্য প্রস্থের দুই গুণ বা তারও বেশি হয় তখন তাকে আমরা One way slab বলি আর দৈর্ঘ্য প্রস্থের হার দুই গুণ এর কম হলে তাকে আমরা Two way slab বলি। One way slabএ সাধারণতঃ দুই দিকে লোড Transfer হয় আর Two way slab এ চারদিকে আনুপাতিক হারে লোড transfer হয়।



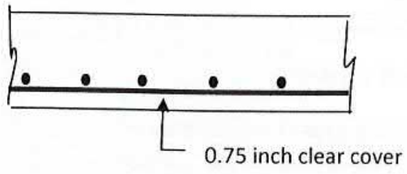
চিত্র ৩-২৯ঃ ফ্লোর স্লাব

One way slab ডিজাইনের/নির্মাণের ক্ষেত্রে main rod shorter দিক বরাবর স্থাপন করা হয়। Longer দিক বরাবর Minimum Rod দেয়া হয়। এ ধরণের Minimum রডের পরিমাণ হলো 0.0025 bt (beam width and thickness) । এটাও খেয়াল রাখতে হবে যে এই রড যেন temperature ও shrinkage এর জন্য যা লাগে তার চেয়ে বেশী হয়। এই রড কোন ভাবেই ১৮" এর বেশি বা স্লাব পুরুত্বের পাঁচ গুন (৫d) এর বেশি করা যাবে না। Two way slab এর ক্ষেত্রে উভয় দিকে Bending moment অনুযায়ী রড দিতে হবে। Slab এর নীচে clear cover 3/4" দেয়া হয়ে থাকে। এই Clear cover না থাকলে অচিরেই রডে মরিচা পড়বে এবং তা নষ্ট হয়ে যাবে। যদি Slab মাটির উপর স্থাপিত হয় তবে ২ "হতে ৩"clear cover দেয়া হয়ে থাকে।

- স্লাবের ডিজাইনের সময় এর পুরুত্ব (Thickness) নির্ণয় করতে হয়। ASTM[2] কোড অনুযায়ী সর্বনিম্ন Thickness এর পরিমান হলো

  Thickness= $\frac{\text{Clear Length+Clear Width)x2x12}}{180}$

- কর্নার Reinforcement : Two way slabএ (বিশেষ করে Wall supported কর্নারে) কর্নার Reinforcement দেয়ার প্রয়োজন পড়ে। 1/5thof longer span দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট এলাকায় এই রড দেয়ার প্রয়োজন পড়ে। Maximum +ve reinforcement যে রড ব্যবহার করা হয় তার সাইজও spacing ব্যবহার করে কর্নার Reinforcement দিতে হবে।



চিত্র ৩-৩০ঃ RCC স্লাবে রড স্থাপন

Minimum Size and Reinforcement of Slab, Beam and Column

Slab (Min. size): = 3.5 inch or (perimeter divided by 180 whichever is more

Slab (min. thickness): = 0.25 % of gross cross-sectional area of slab

= (0.0025A_g sq inch but not more than 5 time slab thickness or 18")

Beam = Min. reinforcement shall not be less than 0.30 % for plain rod & not less than 0.20 % for deformed rod.

Column = Vertical reinforcement shall not be less than 0.01 % & not more than 0.08 % of gross cross-sectional area of column.

= Spiral reinforcement Ps shall not be less than

$A_s = 0.45(A_s/A_c - 1)\frac{f'c}{fy}$

(f_y = Yield strength of spiral rod, f'_c yield strength of concrete

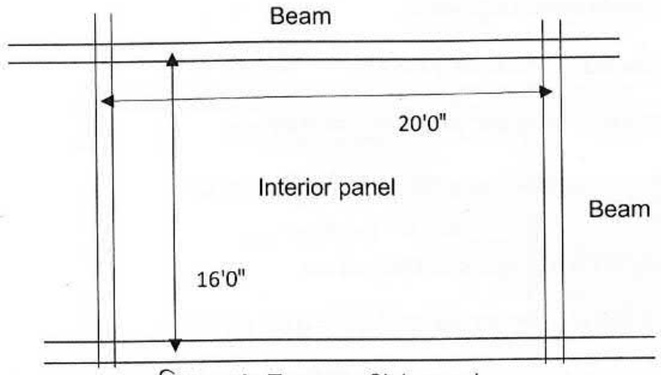
Minimum Spacing of stirrup(যেটি কম তা ব্যবহার করতে হবে)

$S = \frac{d}{2}$ or= $\frac{Av}{0.0015b}$ inch

[2] ASTM= American Society for Testing and Material

৩.১২.১ টুওয়ে স্ল্যাব ডিজাইন উদাহরণ-১

ধরা যাক, একাট বাণিজ্যিক ভবনের একটি ইনটিরিয়র (interior) স্লাব প্যানেলের সাইজ হলো ১৬'০" ও ২০'০"। এই স্ল্যাবটি ডিজাইন করতে হবে। এখানে লাইভ লোড হলো ৬০psf এবং কংক্রিটের শক্তি ২৫০০ পাউন্ড/বর্গইঞ্চি ধরে নীচে স্ল্যাব ডিজাইন করা হলো।



চিত্র ৩-৩১: Two way Slab panel

Two way slab, Thickness for deflection measures is

$t_{def} = \frac{\text{Perimeterininches}}{180}$

$= \frac{(20+16)X\ 2\ X\ 12}{180} = 4.8"$ i.e. 5" slab to be assumed.

Loading

D.L (assuming 5" slab) = $\frac{5}{12}$ X 1 X 150 = 62.5 lb/ft^2
L.L. (assumed) = 60 lb/ft^2
F.F = 20 lb/ft^2

W = 142.5 lb/ft^2

Bending moment = M = Cws^2

Where C = moment coefficient for two-way slab
m = Ratio of short span to long span = m = $\frac{16}{20}$ =0.80
S = Length of short span = 16'0"

Taking 1 ft. strip (Middle Strip)

Short span,

Positive moment at mid span
+M_s = 0.036 X 142.5 X 16^2 = 1313 lbft
Negative moment at continuous edge
- M_s Cont = 0.048 X 142.5 X 16^2 = 1751 lbft

Long span,
Positive moment at mid span
+ M_L = 0.025 X 142.5 X 16^2 = 912 lb-ft
Negative moment at continuous edge
- M_L Cont = 0.033 X 142.5 X 16^2 = 1204 lb-ft

d = $\sqrt{\frac{1751\ X\ 12}{189\ X\ 12}}$ = 3.05"

Slab thickness = 3.05" + dia/2 + clear cover
= 3.05" + 0.20 + 0.75 = 4.00"

We cannot take less than 5" (deflection consideration)

$As = \frac{M\ X\ 12}{fsjd}$ shall be used for reinforcement calculation.

For short span, using 3/8" dia rod, d = 5 - 0.375/2 = 4.81"

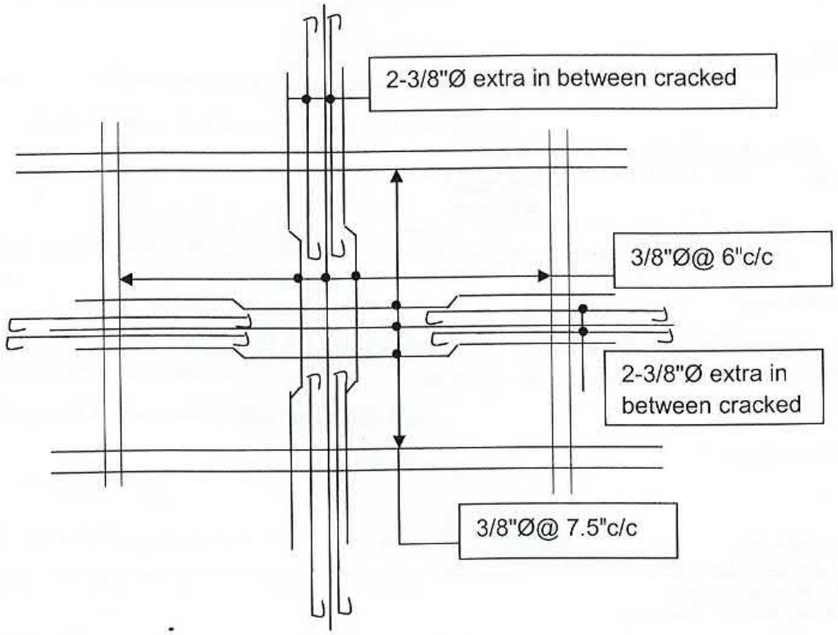
+ $As_s = \frac{1313\ X\ 12}{18000\ X\ 0.882\ X\ 4.81} = 0.206\ in^2$ using 3/8" dia @ $\frac{0.11\ X\ 12}{.206} = 6.41"$ c/c

- As_s contd. $= \frac{1751X\ 12}{18000\ X\ 0.882\ X\ 4.81} = 0.275 in^2$ using 3/8" dia @ $\frac{0.11x12}{.275} = 4.8"$ c/c

For long span, using 3/8" dia rod, d = 5 - 0.375- 0.375/2 = 4.44"

+ $As_L = \frac{912\ X\ 12}{18000\ X\ 0.882\ X\ 4.44} = 0.155\ in^2$ using 3/8" dia @ $\frac{0.11\ X\ 12}{0.155} = 8.52"$ c/c

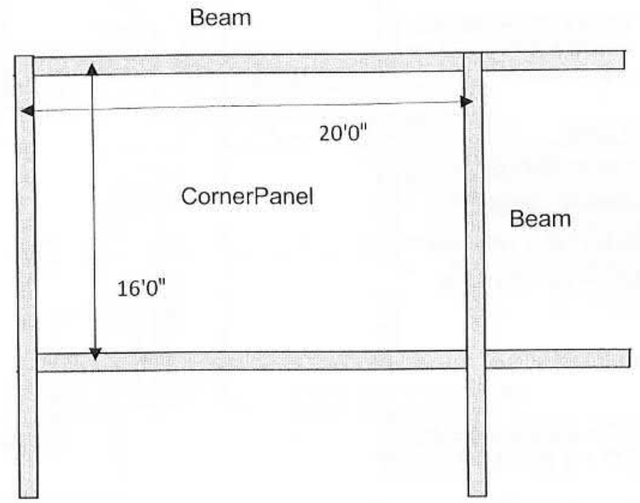
- As_L contd. $= \frac{1204\ x12}{18000\ x0.882\ x\ 4.44} = 0.25\ in^2$ using 3/8" dia @ $\frac{.11x12}{0.205} = 6.4"$ c/c



চিত্র ৩- ৩২ঃ স্লাবে রড স্থাপন

৩.১২.২ টুওয়ে স্ল্যাব ডিজাইন উদাহরণ- ২

উপরের ন্যায় ধরা যাক, একাট বানিজ্যিক ভবনের একটি কর্নার (corner) স্লাব প্যানল যার সাইজ হলো ১৬'০" ও ২০'০"। এই স্ল্যাবটি ডিজাইন করতে হবে। এখানে লাইভ লোড হলো ৬০psf এবং কংক্রিটের শক্তি ২৫০০পাউন্ড/বর্গইঞ্চি ধরে নীচে স্ল্যাব ডিজাইন করা হলো।



চিত্র ৩-৩৩: Two way Slab panel (Two side discontinuous)

Two way slab, Thickness for deflection measures is

$t_{def} = \frac{\text{Perimeterininches}}{180}$

$= \frac{(20+16)X\ 2\ X\ 12}{180} = 4.8"$ i.e. 5" slab to be assumed.

Loading

D.L (assuming 5" slab) $= \frac{5}{12}$ X 1 X 150 = 62.5 lb/ft^2
L.L. (assumed) = 60 lb/ft^2
F.F = 20 lb/ft^2

W = 142.5 lb/ft^2

Bending moment = M = Cws^2

Where C = moment coefficient for two-way slab
m = Ratio of short span to long span = m = $\frac{16}{20}$ =0.80
S = Length of short span = 16'

Taking 1 ft. strip (Middle Strip), Design has been done.

Short span,

Positive moment at mid span

$+M_s = 0.048 \times 142.5 \times 16^2 = 1751$ lbft

Negative moment at continuous edge

$-M_s$ Cont $= 0.064 \times 142.5 \times 16^2 = 2335$ lbft

$-M_s$ Discont $= 0.032 \times 142.5 \times 16^2 = 1167$ lbft

Long span,

Positive moment at mid span

$+ M_L = 0.037 \times 142.5 \times 16^2 = 1350$ lb-ft

Negative moment at continuous edge

$- M_L$ Cont $= 0.049 \times 142.5 \times 16^2 = 1788$ lb-ft

$- M_L$ Cont $= 0.025 \times 142.5 \times 16^2 = 912$ lb-ft

$d = \sqrt{\frac{2335 \times 12}{189 \times 12}} = 3.51"$

Slab thickness = 3.51" + dia/2 + clear cover
= 3.51" + 0.20 + 0.75 = 4.46"

We cannot take less than 5" (deflection consideration)

$As = \frac{M \times 12}{fsjd}$ shall be used for reinforcement calculation.

For short span, using 3/8" dia rod, d = 5 - 0.375/2 = 4.81"

$+ As_s = \frac{1751 \times 12}{18000 \times 0.882 \times 4.81} = 0.275$ in^2 using 3/8" dia @ $\frac{0.11 \times 12}{0.275} = 4.8"$ c/c

- As_s contd. $= \frac{2335 \times 12}{18000 \times 0.882 \times 4.81} = 0.366$ in^2 using 3/8" dia @ $\frac{0.11 \times 12}{0.366} = 3.6"$ c/c

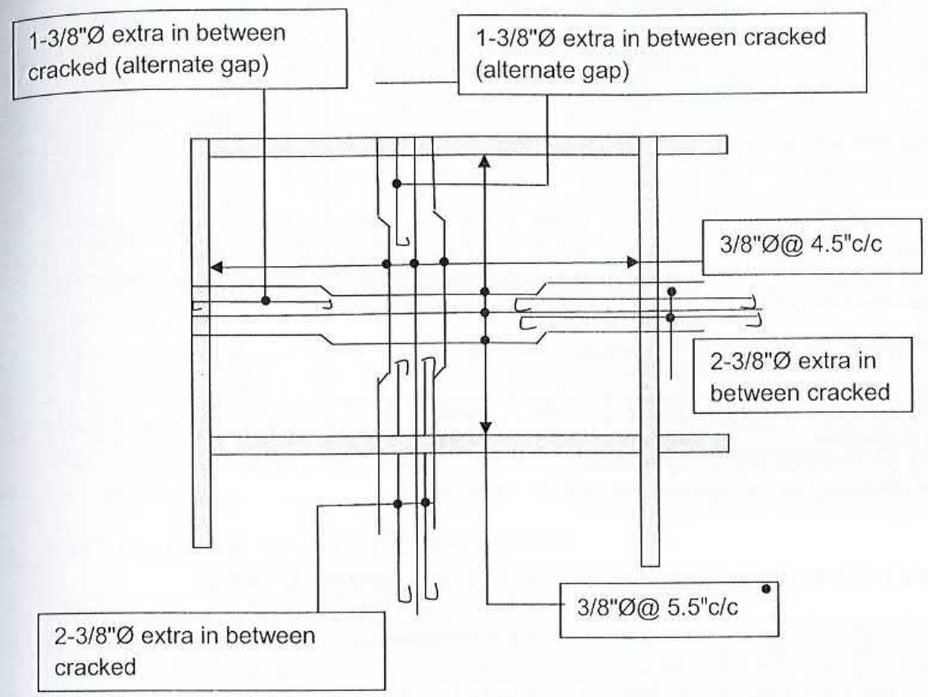
- As_s discont. $= \frac{1167 \times 12}{18000 \times 0.882 \times 4.81} = 0.183$ in^2 using 3/8" dia @ $\frac{0.11 \times 12}{0.183} = 7.2"$ c/c

For long span, using 3/8" dia rod, d = 5 - 0.375- 0.375/2 = 4.44"

$+ As_L = \frac{1350 \times 12}{18000 \times 0.882 \times 4.44} = 0.230$ in^2 using 3/8" dia @ $\frac{0.11 X 12}{0.230} = 5.7"$ c/c

- As_L cont. $= \frac{1788 \times 12}{18000 \times 0.882 \times 4.44} = 0.304$ in^2 using 3/8" dia @ $\frac{0.11 x 12}{0.304} = 4.3"$ c/c

- As_L discon. $= \frac{912 \times 12}{18000 \times 0.882 \times 4.44} = 0.155$ in^2 using 3/8" dia @ $\frac{0.11 x 12}{0.155} = 8.5"$ c/c



চিত্র ৩-৩৪ঃ স্লাবে রড স্থাপন

Table3- 7: Moment Coefficients in Middle Strip for Two way Slab

Moments	Short Span						Long Span, all values of m
	Ratio of short span to Long span (m)						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 & less	
Case 1 Interior penels							
Negative moments at :							
Continuous edge	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
Discontinuous edge	-	-	-	-	-	-	-
Positive moment at midspan.	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
Case 2 One edge discontinuous							
Negative moments at :							
Continuous edge	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
Discontinuous edge	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
Positive moment at midspan.	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
Case 3 Two edge discontinuous							
Negative moments at :							
Continuous edge	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
Discontinuous edge	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
Positive moment at midspan.	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037

Moments	Short Span						Long Span, all values of m
	Ratio of short span to Long span (m)						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 & less	
Case 4 Three edge discontinuous							
Negative moments at :							
Continuous edge	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
Discontinuous edge	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
Positive moment at midspan.	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
Case 5 Four edge discontinuous							
Negative moments at :							
Continuous edge	-	-	-	-	-	-	-
Discontinuous edge	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
Positive moment at midspan.	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050
The expression for the moments is given by $M=CwS^2$ where C=moment coefficient for two-way slabs as given in Table above							

টেবিল ৩-৮ঃ গোলাকার রড বা লোহার বৈশিষ্ট্য (Properties of Round Bar in FPS, MKSএবং SI পদ্ধতিতে)

ব্যাসDiameter		ক্ষেত্রফল (Cross Sectional Area)		পরিধি(Perimeter)		একক ওজনUnit Weight	
ইঞ্চিInch	মিমি mm	বইঞ্চিin^2	বমিমি mm^2	ইঞ্চি Inch	মিমিmm	পা/ফুলb/ft	কেজি/মিkg/m
1/4 = 0.25	6	0.05	28.27	0.79	18.85	0.167	0.22
3/8 = 0.375	10	0.11	78.54	1.18	31.42	0.376	0.62
1/2= 0.50	12	0.20	113.10	1.57	37.70	0.668	0.89
5/8= 0.625	16	0.31	201.06	1.96	50.27	1.043	1.58
3/4=0.75	19	0.44	283.53	2.36	59.69	1.502	2.23
7/8= 0.875	22	0.60	380.13	2.75	69.13	2.044	3.00
1 = 1.00	25	0.79	490.87	3.15	78.54.	2.670	3.85
11/8= 1.128	28	1.00	615.75	3.54	87.96	3.40	4.83
11/4 = 1.270	32	1.27	804.25	3.99	100.53	4.303	6.31
1 3/8 = 1.410	35	1.56	962.11	4.43	190.96	5.313	7.90
1 1/2= 1.50	38	1.77	1134.11	4.71	119.38	6.625	8.91
1 3/4= 1.750	44	2.40	1520.53	5.32	138.23	7.650	11.95

(Note: 145psi=1N/mm^2=1MPA)

টেবিল ৩-৯ঃ Areas of bars in slabs in square inches per foot

Spacing in	Bar No.								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	0.44	0.78	1.23	1.77	2.40	3.14	4.00	5.06	6.25
3 1/2	0.38	0.67	1.05	1.51	2.06	2.69	3.43	4.34	5.36
4	0.33	0.59	0.92	1.32	1.80	2.36	3.00	3.80	4.68
4 1/2	0.29	0.52	0.82	1.18	1.60	2.09	2.67	3.37	4.17
5	0.26	0.47	0.74	1.06	1.44	1.88	2.40	3.04	3.75
5 1/2	0.24	0.43	0.67	0.96	1. 31	1.71	2.18	2.76	3.41
6	0.22	0.39	0.61	0.88	1. 20	1.57	2.00	2.53	3.18
6 1/2	0.20	0.36	0.57	0.82	1. 11	1.45	1.85	2.34	2.89
7	0.19	0.34	0.53	0.76	1. 03	1.35	1.71	2.17	2.68
7 1/2	0.18	0.31	0.49	0.71	0. 96	1.26	1.60	2.02	2.50
8	0.17	0.29	0.46	0.66	0. 90	1.18	1.50	1.89	2.34
9	0.15	0.26	0.41	0.59	0. 80	1.05	1.33	1.69	2.08
10	0.13	0.24	0.37	0.53	0. 72	0.94	1.20	1.52	1.87
12	0.11	0.20	0.31	0.44	0. 60	0.78	1.00	1.27	1.56

৩.১৩ রিটেইনিং ওয়াল

অনেক সময় Protection work হিসেবে রিটেনিং ওয়াল Retaining wall করতে হয়। ৪ ধরণের retaining wall তৈরি করা হয়ে থাকে -

- Gravity retaining wall: এ ধরণের ওয়াল নিজের ওজনের কারণে stability অর্জন করে।
- T-Shaped retaining wall: বিশেষ ধরণের shape দেয়ার কারণে ওয়ালের পিছনের stem এর উপর স্থাপিত মাটির ওজন একে Stability দিয়ে থাকে।
- L-Shaped retaining wall: Property line এর কারণে এ ধরণের ওয়াল নির্মাণ করা হয়।
- Counterpart retaining wall: T-Shaped wall এর ন্যায় এর Step & base নির্মাণ করা হয় তবে কিছু দূর পর পর vertical ribs স্থাপন করা হয়।

৩.১৪ One way এবং Two way স্লাব ডিজাইনের নমুনা ছকঃ

স্লাব ডিজাইনের Checking tools হিসাবে নিম্নে প্রদত্ত ছক ব্যবহার করা যেতে পারে–

৩.১৪.১ One way স্লাব ডিজাইনের নমুনা ছকঃ

Designers seldom follow the cumbersome way of design by formulas. Readymade charts and table are widely followed. A building is constructed from bottom to the top. But a designer comes from top to bottom. He designs the slab first, then beams and column with footing, because wt. of slab helps him to design beam and wt. of slab and beam helps him to design column or wall and its footing.

Table for Design of One Way Slab

Simply Supported, Mid + M (মধ্য প্রান্তে ধনাত্মক ভ্রামক) = $Wl^2/8$

End –M (প্রান্তে ঋনাত্মক ভ্রামক)= $(-)Wl^2/10$

fs = 24000 psi, fc = 1125 psi R =187

Span	End Condition	Thickness	Main Reinforcement	Distribution Reinforcement	Remarks
8"-0"	Simple	4"	ø@6½" c/c alternated cranked up	ø@12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	4"	ø@6½" c/c alternated cranked up	ø@12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	4"	3/8ø@6½" c/c alternated cranked up	ø@15" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
9"-0"	Simple	4"	3/8ø@6½" c/c alternated cranked up	ø12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	4"	ø@6½" c/c alternated cranked up	ø@12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	4"	ø@7" c/c alternated cranked up	@12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
10"-0"	Simple	4"	ø@6½" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	4"	ø@6¼" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.

Span	End Condition	Thickness	Main Reinforcement	Distribution Reinforcement	Remarks
	Interior	4"	ø@6¼" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
11"-0"	Simple	4½"	ø@5¼" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	4½"	ø@5½" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	4½"	ø@6" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
12"-0"	Simple	4½"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	4½"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	4½"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
13'	Simple	4½"	ø@4" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	4½"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø @12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	4½"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø @12½" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
14'-0"	Simple	5½"	ø@4" c/c alternated cranked up	ø@10" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	5"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø@10" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	5"	ø@4½" c/c alternated cranked up	ø@10" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
15'-0"	Simple	5½"	½ø@4" c/c alternated cranked up	ø@9" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	5"	½ø@4" c/c alternated cranked up	ø@12" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	5"	½ø@4" c/c alternated cranked up	ø@9" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
16'-0"	Simple	5½"	½ø@4" c/c alternated cranked up	ø@9" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	5½"	½ø@4" c/c alternated cranked up	ø@9" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	5½"	½ø@4" c/c alternated cranked up	ø@8" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
17'-0"	Simple	6"	½ø@3½" c/c alternated cranked up	ø@8" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	End	5½"	½ø@3½" c/c alternated cranked up	ø@8" c/c	Provide One extra top between cranked rod.
	Interior	5½"	½ø@3½" c/c alternated cranked up	ø@8" c/c	Provide One extra top between cranked rod.

৩.১৪.২ টুওয়ে স্ল্যাব ডিজাইনের নমুনা ছক

Design of two-way Slab by ACI Co-efficient
fs = 24000 psi, fc = 1125 psi R =187

Short span in ft.	Long span in ft.	Thickness of slab in inch	Positive Reinforcement		Negative Reinforcment	
			Shorter direction	Longer direction	Shorter direction	Longer direction
8	8	4"	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C
8	10	4"	Ø@12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C
10	10	4"	Ø@12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C
10	12	4"	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C	Ø@8" C/C	Ø @12" C/C
12	12	4"	Ø @12" C/C	Ø @12" C/C	Ø @9" C/C	Ø @12" C/C

Short span in ft.	Long span in ft.	Thickness of slab in inch	Positive Reinforcement		Negative Reinforcment	
			Shorter direction	Longer direction	Shorter direction	Longer direction
12	16	4"	Ø @7" C/C	Ø @10" C/C	Ø @5½" C/C	Ø @7½" C/C
14	14	4"	Ø @8½" C/C	Ø @8½" C/C	Ø @6½" C/C	Ø @6½" C/C
14	16	4"	Ø @7½" C/C	Ø @7½" C/C	Ø @5½" C/C	Ø @5½" C/C
18	22	5½"	Ø @5½" C/C	Ø @7½" C/C	Ø @4½" C/C	Ø @5½" C/C
18	24	5½"	Ø @5" C/C	Ø @7" C/C	Ø @3½" C/C	Ø @5½" C/C
20	20	5½"	Ø @6" C/C	Ø @6" C/C	Ø @4" C/C	Ø @4" C/C
20	22	5½"	Ø @5" C/C	Ø @6" C/C	Ø @4" C/C	Ø @4" C/C
20	24	5½"	Ø @4" C/C	Ø @6" C/C	Ø @3" C/C	Ø @4" C/C
20	22	6"	Ø @6" C/C	Ø @51" C/C	Ø @4½" C/C	Ø @4½" C/C
20	22	6"	Ø @5½" C/C	Ø @7" C/C	Ø @4" C/C	Ø @5½" C/C
22	26	6"	Ø @4" C/C	Ø @5" C/C	Ø @3" C/C	Ø @4" C/C

৩.১৪.৩ Footing ডিজাইনের নমুনা ছক

Soil type sandy soil হলে এবং Sangle of repose 30^0, হলে, নিম্নের ছকটি foundation এর Checking করার জন্য ব্যবহার করা যাবে। অন্যথায় subsoil investing on পূর্বক Soil এর বৈশিষ্ট্য ও ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় করে design করতে হবে।

Specification f´c = 2000 psi fc = 750 psi, fs = 18000 psi

v = 75 psi u = 100 psi

Assuming bearing capacity of soil 1 ton/ft2

Load P from Slab = @ 140lb/ft2, (Including self wt., L. L. 40lb/ft2, incidental load, floor finishing)

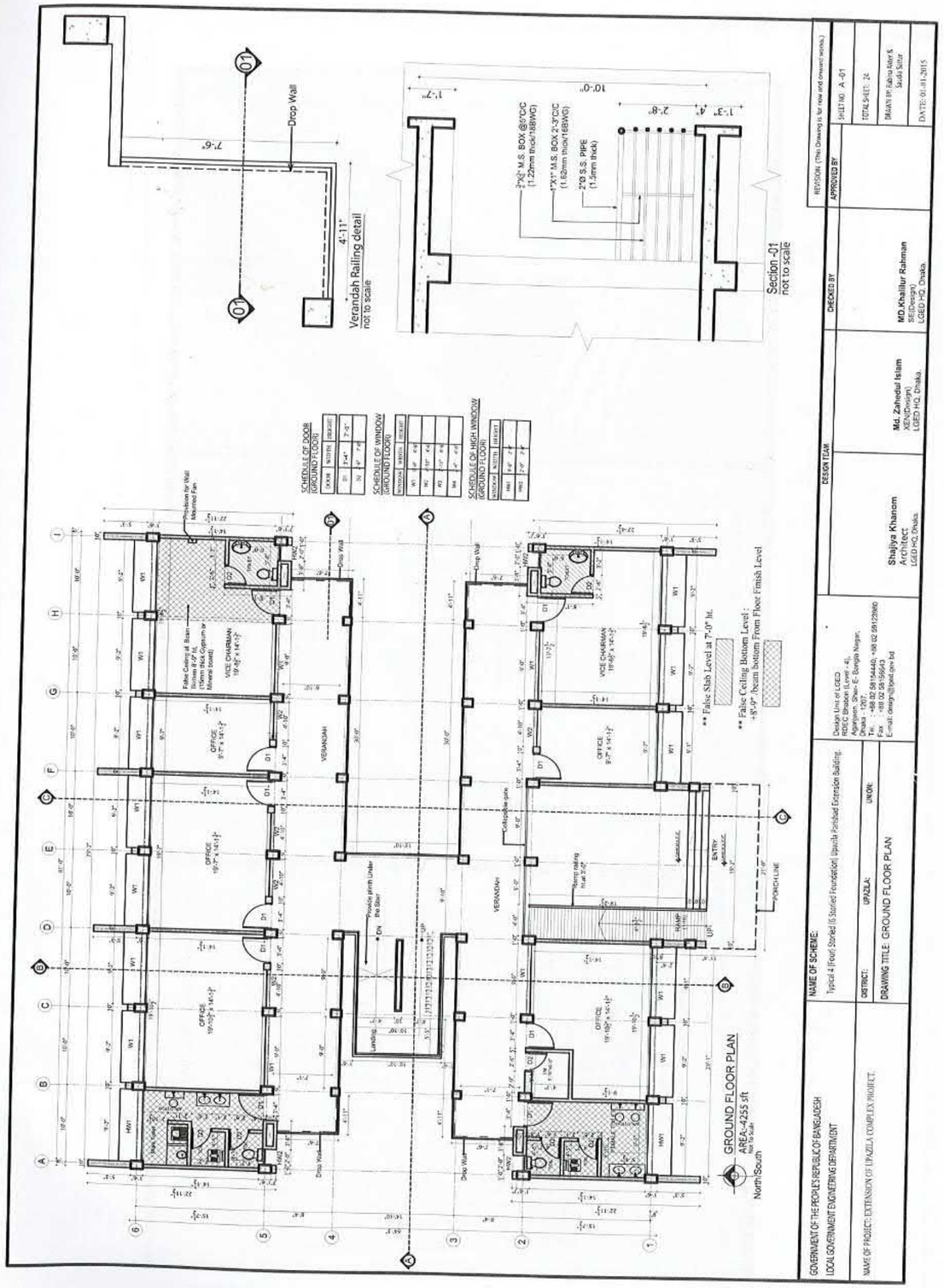
Total Load P_{TL} = Total P from Slab Wt, Total column wt and self wt. of footing (self wt. of footing is 30% of Total P from Slab)

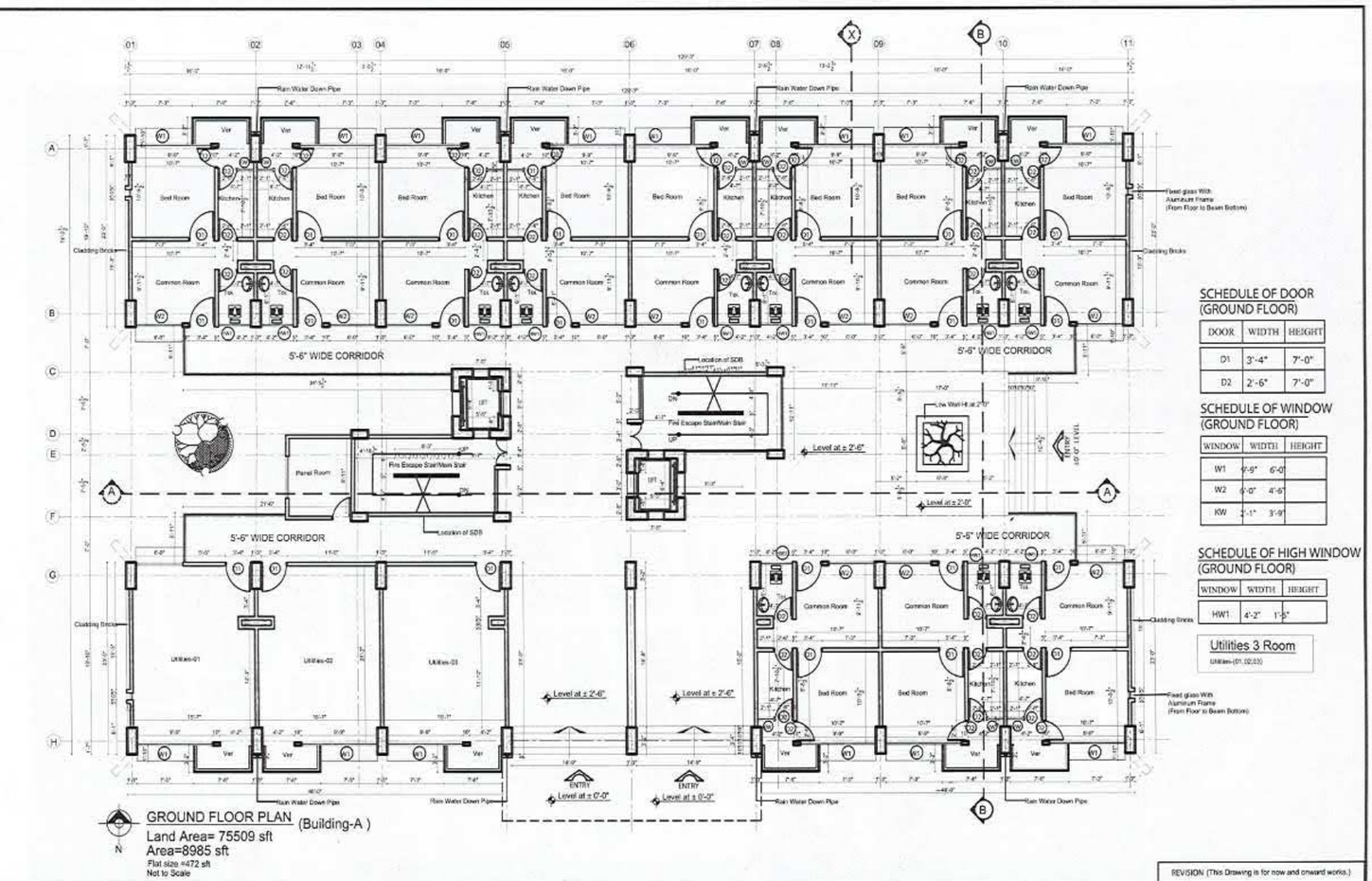
Ready Made Table for Column and Footing Design

Area of roof/ floor to be carried by column in sft	Total Load P_{TL}	Thickness of Footing in inch	Size and depth of footing with reinforcement	Cot. size with vertical & Internal reinforcement
100 (max^m 10×10)	19500	11	3´-6´´× 3´-6´´ depth 1´-6´´ + below existing G.L. and more 8- # 4 Ø both ways.	10´´×10´´ 4- # 5 Ø # 3 Ø str. @8´´c/c
150 (max^m 12×12/ max^m 11×13)	24500	12	4´-0´´× 4´-0´´ depth 1´-6´´ + below existing G.L. and more 12- # 4Ø both ways.	10´´×10´´ 4- # 5 Ø # 3 Ø str. @8´´c/c
200 (max^m 12×16/ max^m 13×15/ max^m 14×14)	38000	13	4´-6´´×4´-6´´ depth 1´-6´´ + below existing G.L. and more 11- # 5 Ø both ways.	10´´×12´´ 4- # 5 Ø # 3 Ø str. @ 8´´ c/c
250 (max^m 13×18/ max^m 14×17/ max^m 15×16)	47000	13	5´-0´´×5´-0´´ depth 1´-6´´ + below existing G.L. and more 14- # 5 Ø both ways.	10´´×12´´ 4- # 5 Ø # 3 Ø str. @8´´c/c
300 (max^m 15×19/ max^m 16×18/ max^m 17×17)	56000	14	5´-6´´×5´-6´´ depth 2´-6´´ + below existing G.L. and more 14- # 5 Ø both ways.	10´´×12´´ 4- # 5 Ø # 3 Ø str. @8´´c/c

৩.১৫ ভবনের লে-আউট প্লান ও ইলিভেশন এর নমুনা

৩.১৫.১ অফিস ভবনের এর নমুনা





SCHEDULE OF DOOR (GROUND FLOOR)

DOOR	WIDTH	HEIGHT
D1	3'-4"	7'-0"
D2	2'-6"	7'-0"

SCHEDULE OF WINDOW (GROUND FLOOR)

WINDOW	WIDTH	HEIGHT
W1	6'-9"	6'-0"
W2	6'-0"	4'-6"
KW	2'-1"	3'-9"

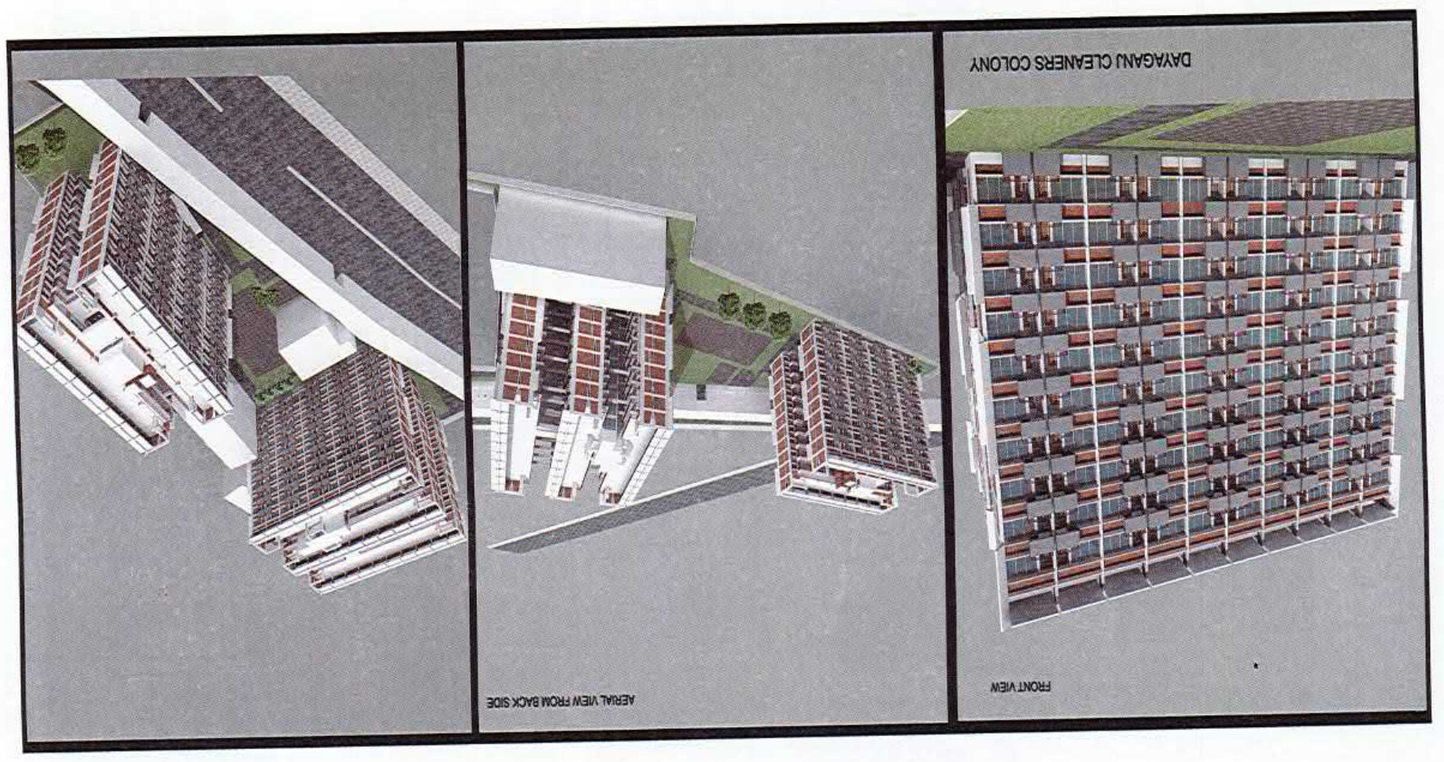
SCHEDULE OF HIGH WINDOW (GROUND FLOOR)

WINDOW	WIDTH	HEIGHT
HW1	4'-2"	1'-5"

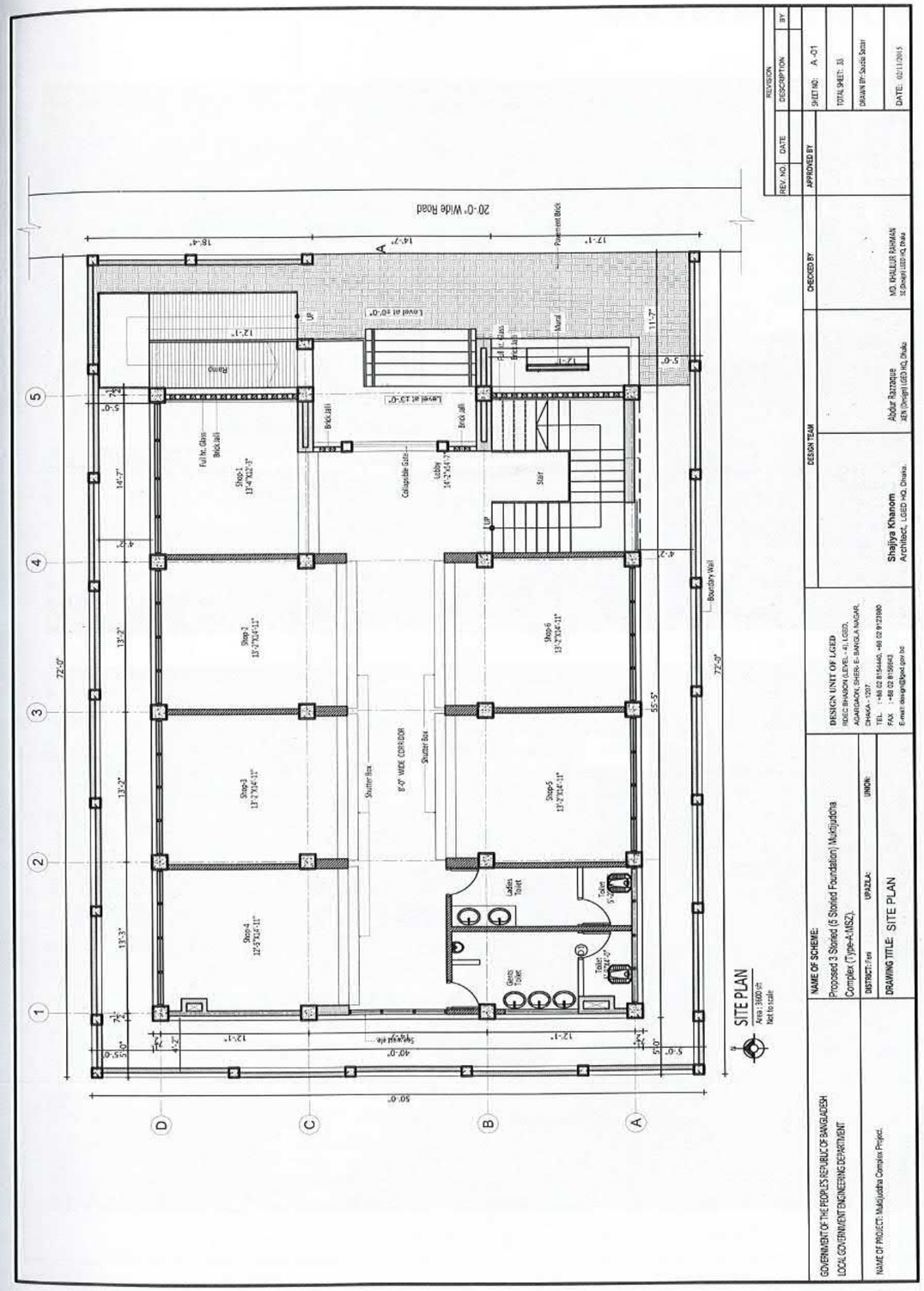
Utilities 3 Room
Utilities-(01,02,03)

REVISION (This Drawing is for now and onward works.)

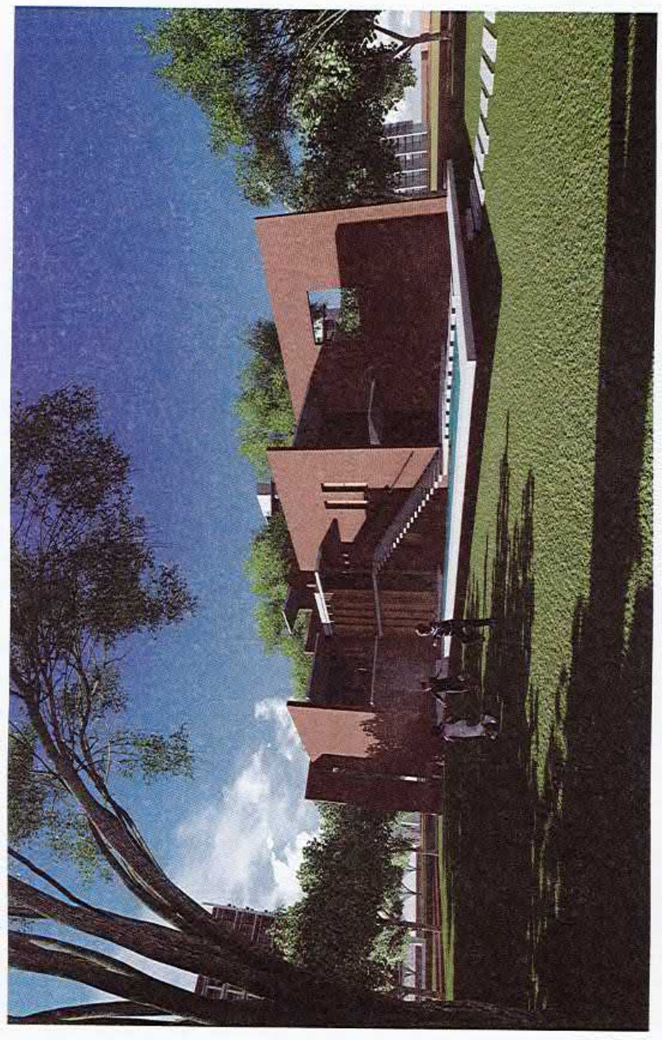
GOVERNMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH LOCAL GOVERNMENT ENGINEERING DEPARTMENT	NAME OF SCHEME: PROPOSED 10 STORIED OF CLEANERS COLONY OF DHAKA CITY CORPORATION AT DAYAGANJ (BUILDING-A).	Design Unit of LGED RD/EC Bhaban (Level - 4), Agargaon, Sher- E- Bangla Nagar, Dhaka - 1207. Tel. : +88 02 58154440, +88 02 59123980 Fax : +88 02 58156643 E-mail: design@lged.gov.bd	DESIGN TEAM	CHECKED BY	APPROVED BY	SHEET NO: A -02
NAME OF PROJECT:	DISTRICT: UPAZILA: UNION: DRAWING TITLE: GROUND FLOOR PLAN		Shajiya Khanom, Architect, LGED HQ, Dhaka. Md. Zahedul Islam, XEN(Design), LGED HQ, Dhaka.	MD.Khalilur Rahman, SE(Design), LGED HQ, Dhaka.		TOTAL SHEET: 24 DRAWN BY: Rabea Akter & Saudia Sattar DATE: 01-01-2015

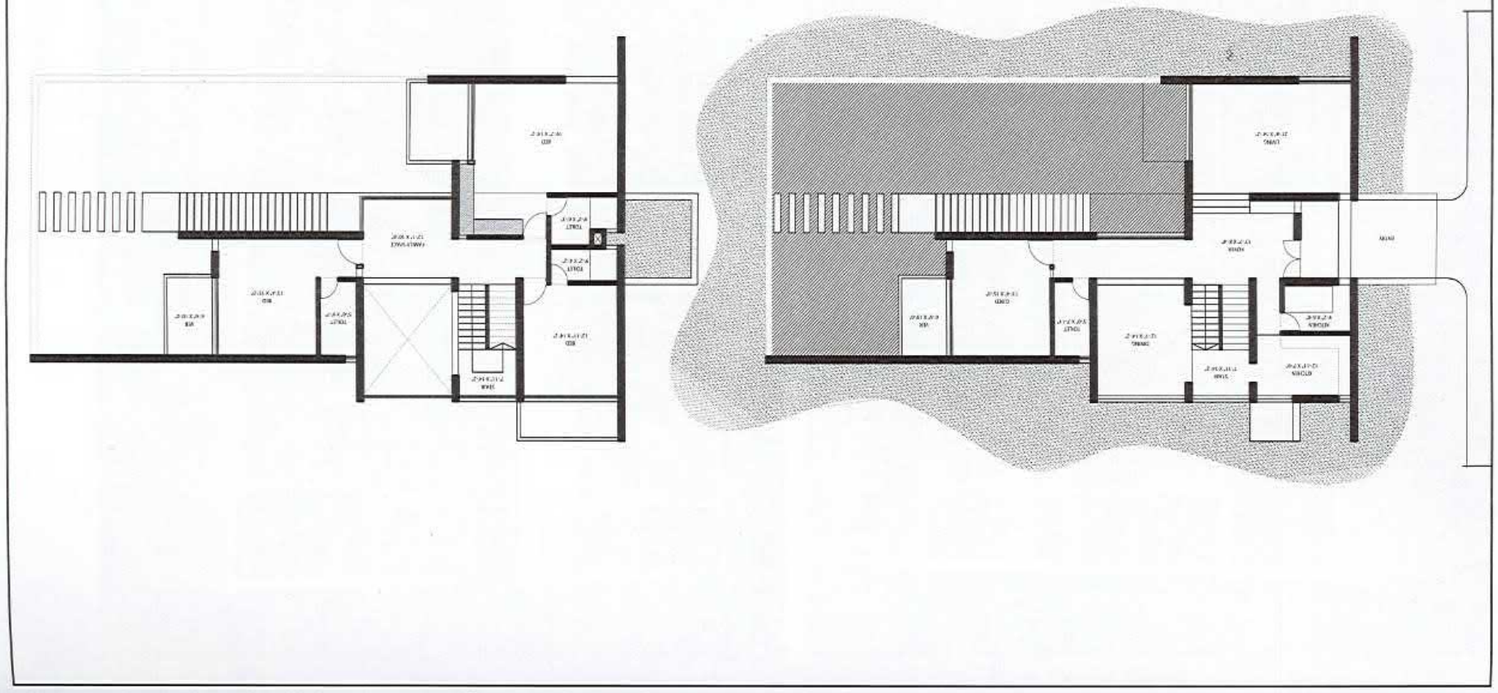


৩.১৫.৩ কমপ্লেক্স ভবনের এর নমুনা



৩.১৫.৪ ইউ'র আবাসিক ভবনের এর নমুনা





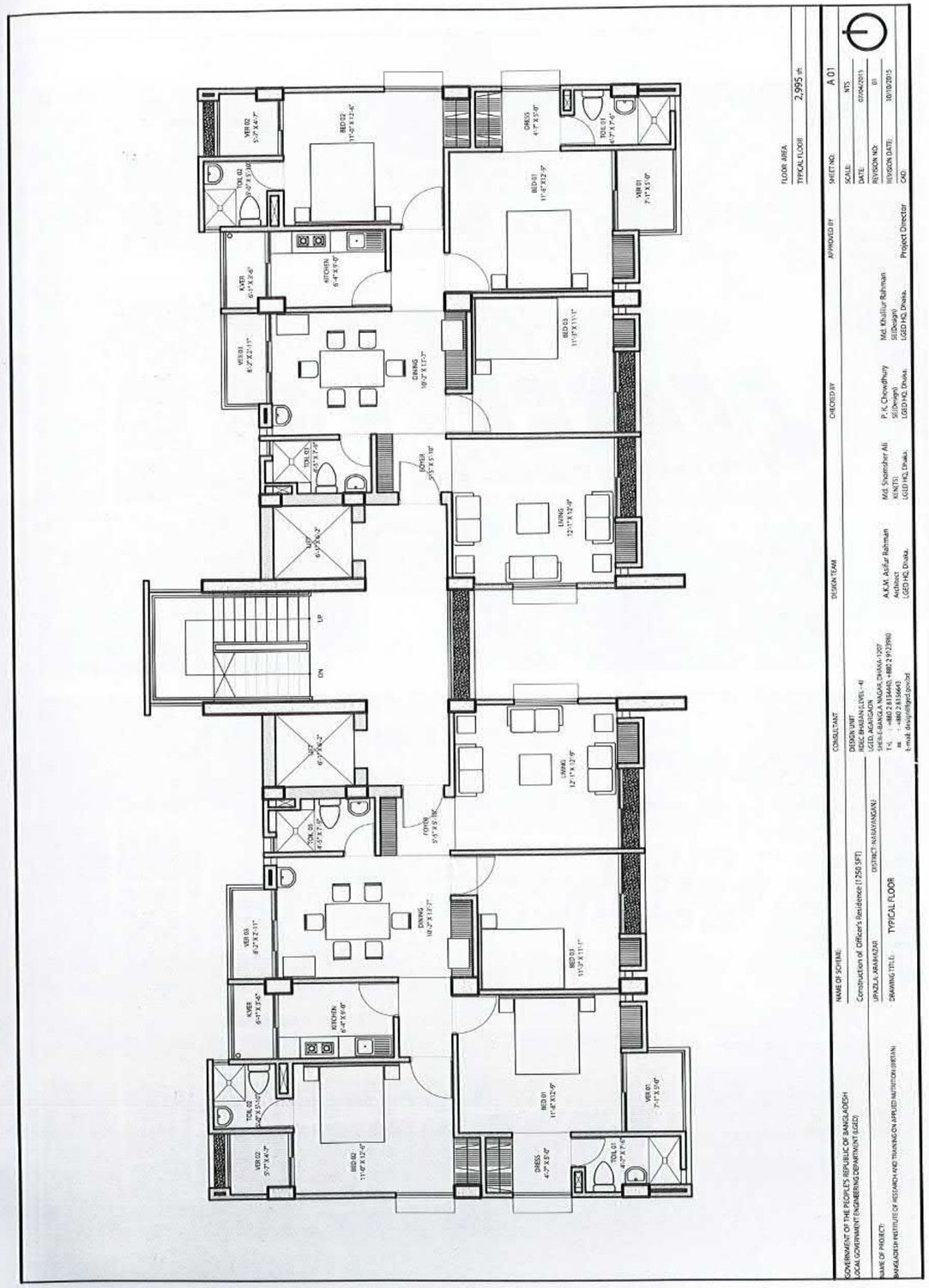
GOVERNMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH LOCAL GOVERNMENT ENGINEERING DEPARTMENT (LGED)	NAME OF SCHEME Construction of ED'S Residence UPAZILA: ASHASHAN DISTRICT: NARAYANGANJ
NAME OF PROJECT BANGLADESH INSTITUTE OF RESEARCH AND TRAINING ON APPLIED NUTRITION (BIRTAN)	DRAWING TITLE LEVEL 01 LEVEL 02

CONSULTANT DESIGN UNIT HOKE BHAVAN (LEVEL - 4) SHER E BANGLA NAGAR, DHAKA-1207 LGED, AGARGAON Tel. : +880 2 8156646, +880 2 9123980 Fax : +880 2 8156643 E-mail: designlged@yahoo.com	DESIGN TEAM A.K.M. Asfur Rahman Architect LGED HQ, Dhaka	CHECKED BY Md. Shamshir Ali KONTU LGED HQ, Dhaka.	APPROVED BY P.K. Chowdhury Superintending Engineer LGED HQ, Dhaka.	Md. Khabir Rahman Superintending Engineer LGED HQ, Dhaka.	Project Director

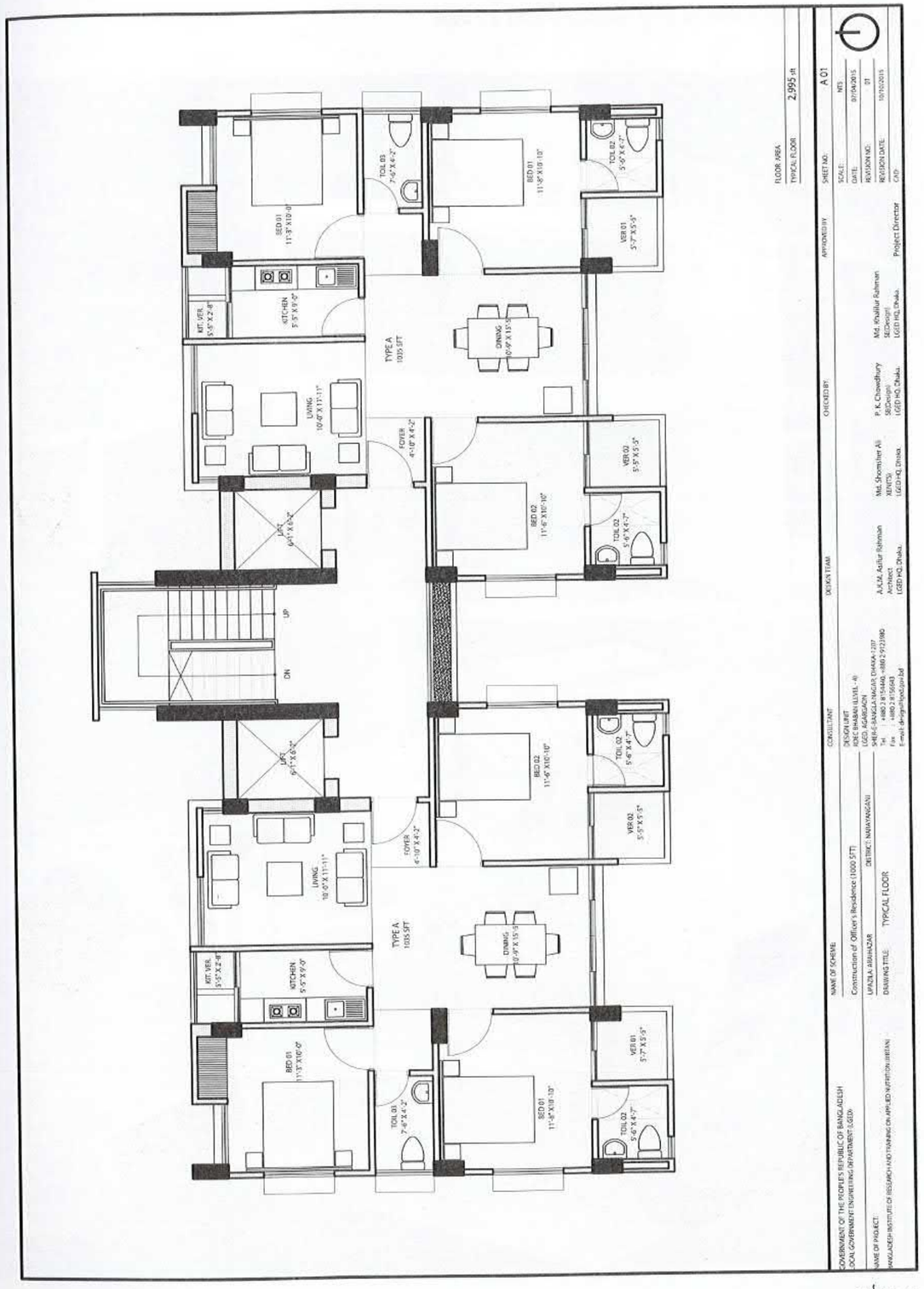
SHEET NO	A 01
SCALE	NTS
DATE	07/04/2015
REVISION NO.	01
REVISION DATE	10/10/2015
CAD	

FLOOR AREA	
LEVEL 01	1,857 sft
LEVEL 02	1,948 sft

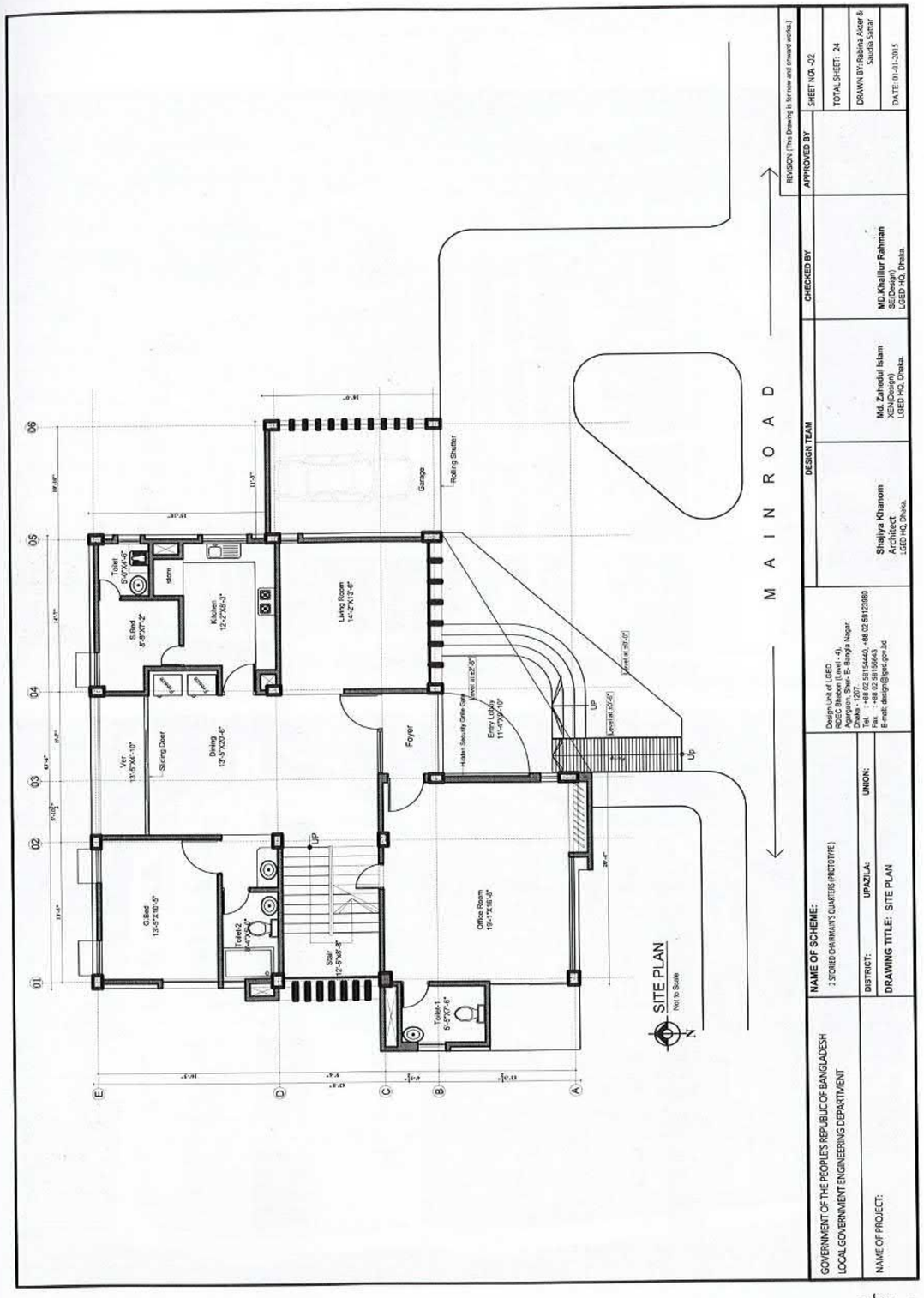
৩.১৫.৫ অফিসার্স আবাসিক ভবনের (১২৫০) এর নমুনা

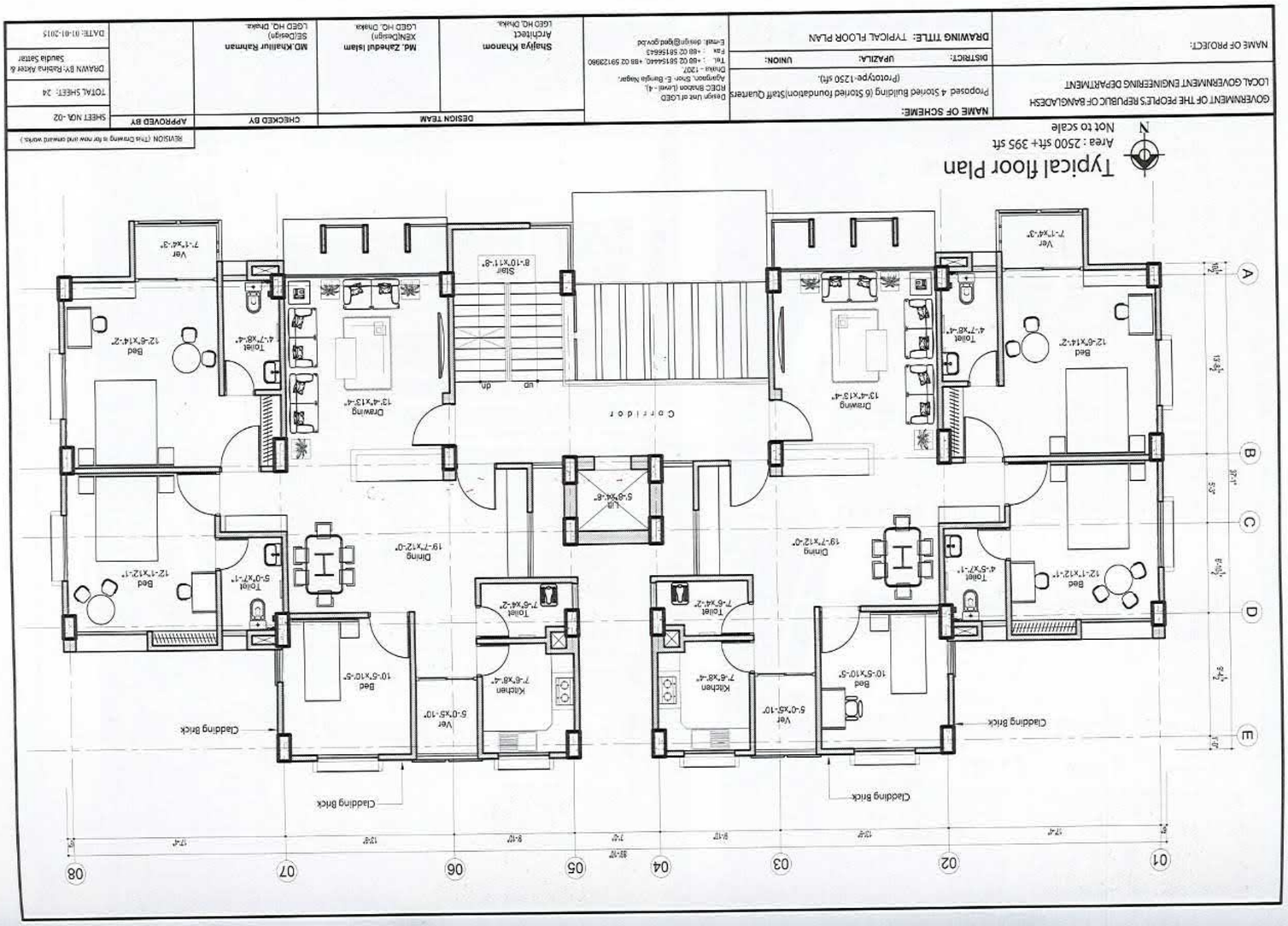


৩.১৫.৬ অফিসার্স আবাসিক ভবনের (১০০০) এর নমুনা



৩.১৫.৭ উপজেলা নির্বাহী কর্মকর্তার আবাসিক ভবনের এর নমুনা

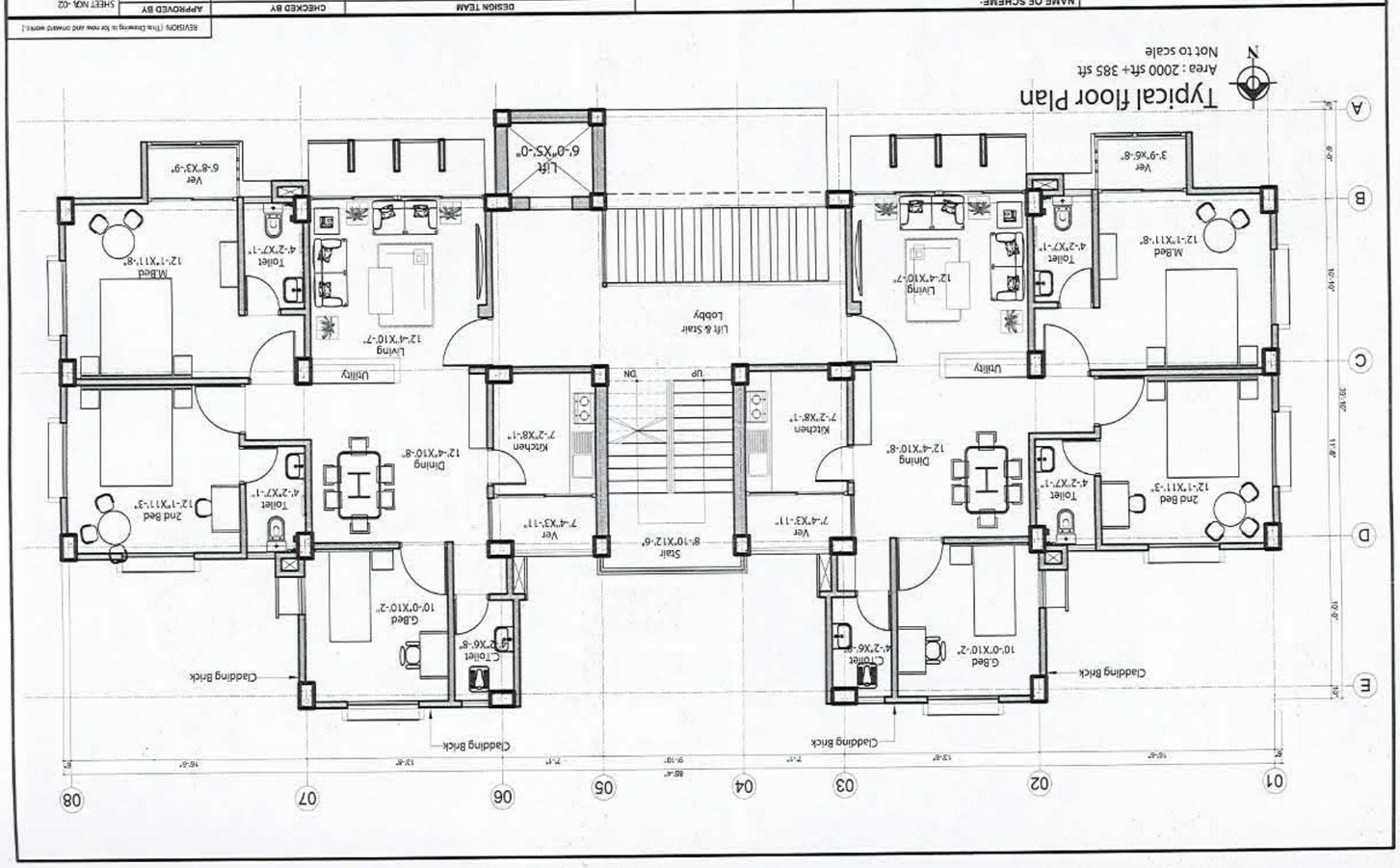




পৃষ্ঠা-৮৭

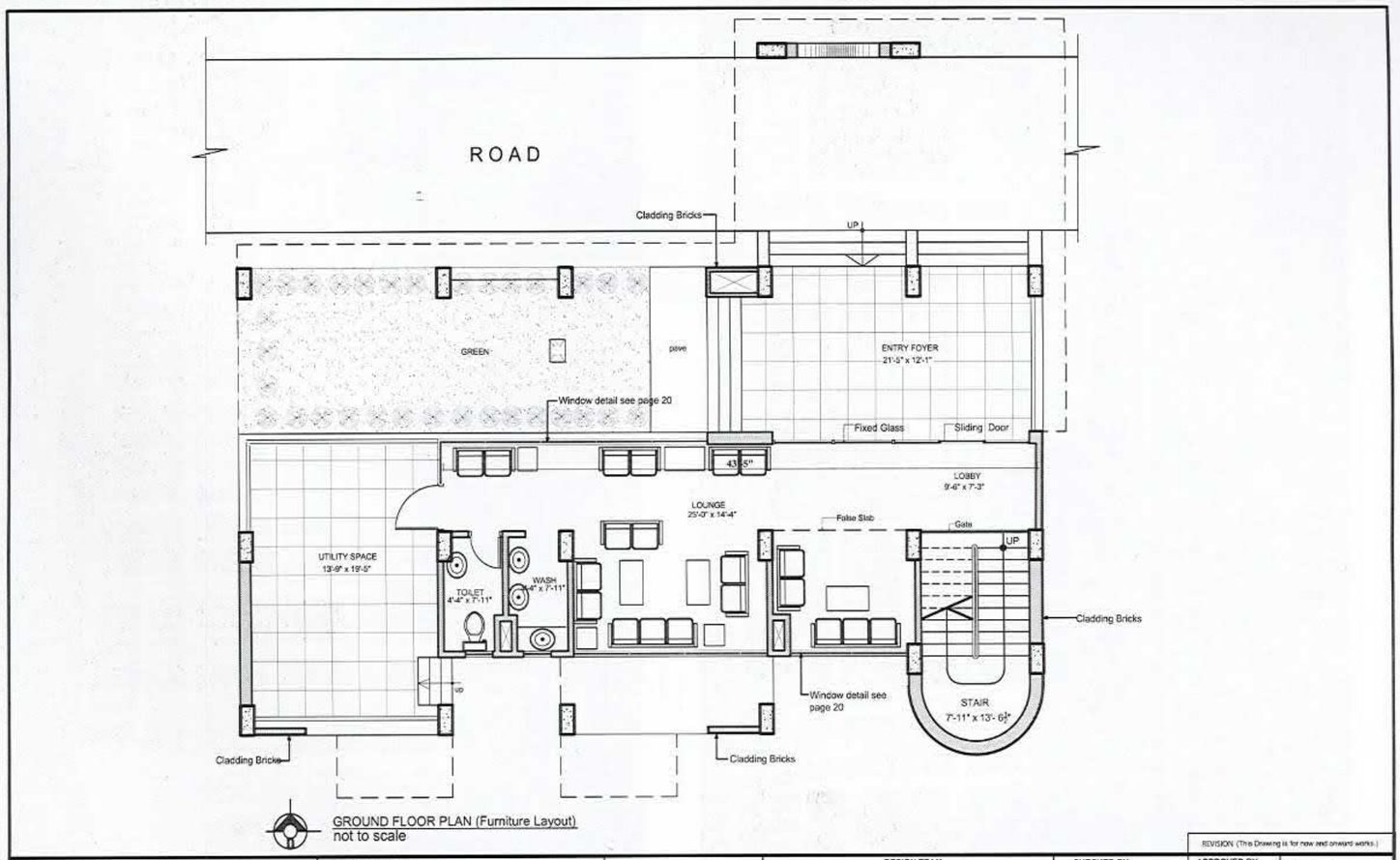
৩.১৫.৮ কর্মচারীদের আবাসিক ভবনের এর নমুনা

পৃষ্ঠা-৮৮



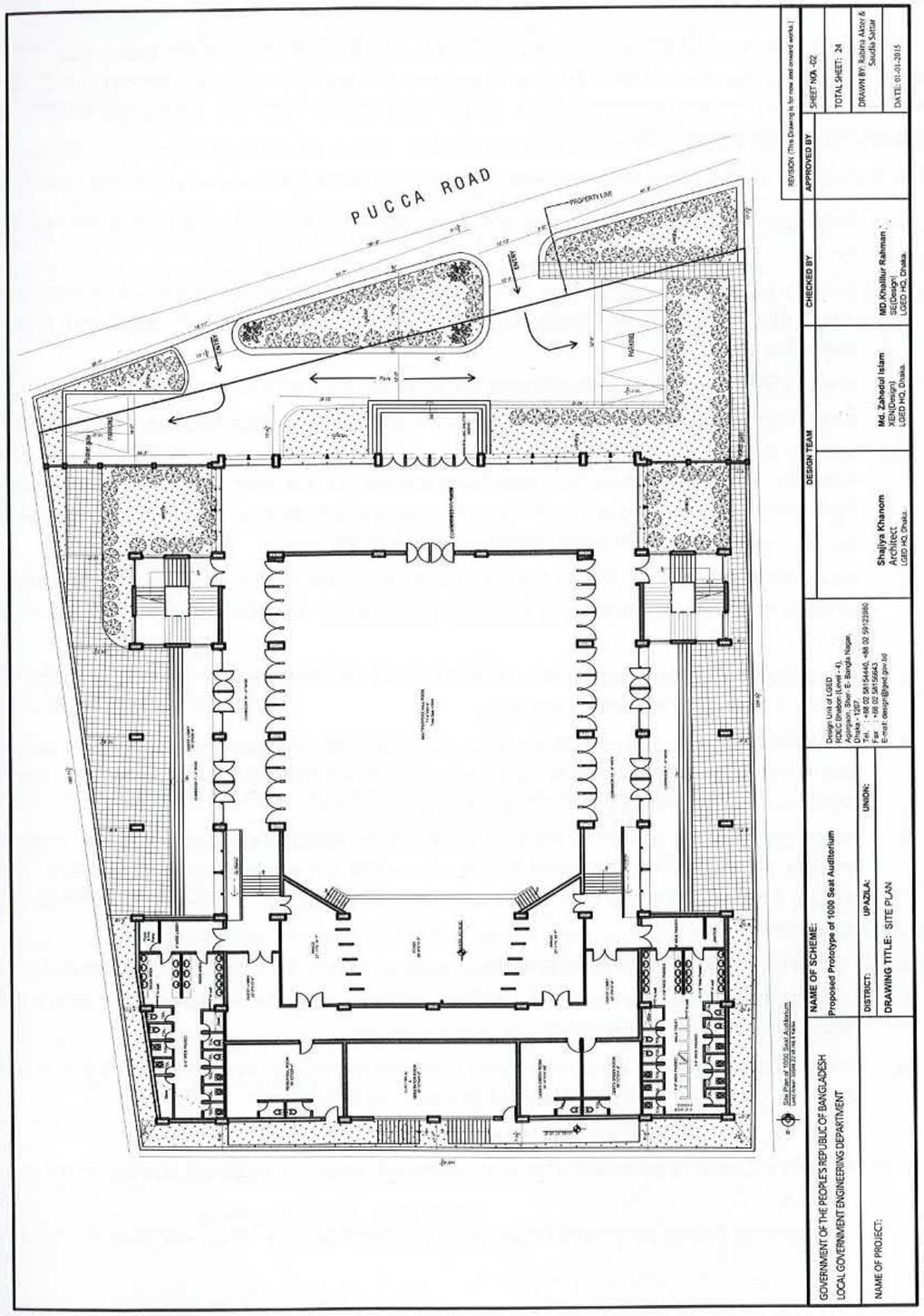
৩.১৫.৯ কর্মচারীদের আবাসিক ভবনের (১০০০) এর নমুনা

৩.১৫.১০ রেস্ট হাউস ভবনের (৫ম তলা) এর নমুনা



GOVERNMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH LOCAL GOVERNMENT ENGINEERING DEPARTMENT	NAME OF SCHEME: Proposed 5 Storied Rest House (Prototype).	Design Unit of LGED RDEC Bhaban (Level - 4), Agargaon, Sher- E- Bangla Nagar, Dhaka - 1207. Tel, +88 02 58154440, +88 02 59123980 Fax +88 02 58156643 E-mail: design@lged.gov.bd	DESIGN TEAM		CHECKED BY	APPROVED BY	REVISION (This Drawing is for new and onward works.) SHEET NO# -02
NAME OF PROJECT:	DISTRICT: UPAZILA: UNION: DRAWING TITLE: GROUND FLOOR PLAN		Shajiya Khanom Architect LGED HQ, Dhaka.	Md. Zahedul Islam XEN(Design) LGED HQ, Dhaka.	MD.Khalilur Rahman SE(Design) LGED HQ, Dhaka.		TOTAL SHEET: 24 DRAWN BY: Rabina Akter & Saudia Sattar DATE: 01-01-2015

৩.১৫.১১ অডিটরিয়াম ভবনের (১০০০) এর নমুনা



৩.১৬ ভবন পরিকল্পনা অনুমোদন প্রক্রিয়া

পরিকল্পিত নগর গড়তে হলে পরিকল্পিতভাবে ভবন নির্মাণ করতে হবে। এজন্য প্রত্যেক পৌরসভার জন্য Master Plan তৈরী করা হয়েছে বা হচ্ছে। Master Plan এ নির্দেশ করা থাকে Residential, Commercial, Individual ভবনসমূহ ইত্যাদি কোথায় অনুমোদন দেয়া হবে। স্থানভেদে সড়কসমূহের নিম্নতম প্রশস্থতা উল্লেখ থাকবে। খেলার মাঠ, জলাশয়, বাজার/মার্কেট, পার্ক, কবরস্থান ইত্যাদি পৌরসভা কর্তৃক নির্ধারিত থাকবে।

ভবন নির্মাণের প্ল্যান অনুমোদনের জন্য জমাকৃত কাগজপত্র/দলিলাদি যা অনুমোদনের পূর্বে Check করা প্রয়োজন তা হলো -

১. ইমারত/ভবন নির্মান অনুমোদনের প্রধান ভিত হলো BNBC যা অবশ্যই মেনে অর্থাৎ BNBC অনুযায়ী প্লান পাস করতে হবে।

২. Building Layout Plan: Layout Plan এ রাস্তার অবস্থান, মাপ, আশে-পাশের উল্লেখযোগ্য অবকাঠামো/জলাশয়, বনাঞ্চল ইত্যাদি নির্মিতব্য ভবনের অবস্থান, উত্তর দিক নির্দেশক একটি ড্রইং থাকতে হবে। ড্রইং অবশ্যই উত্তর দিক সম্বলিত চিহ্ন থাকতে হবে।

৩. জায়গার মালিকানার কাগজপত্র ঃ প্লটের মালিকানার নাম, মৌজা,নাম জারি ইত্যাদি কাগজ পত্র থাকতে হবে।

৪. ভবন নির্মাণের জন্য Set Back Rule ঃ প্রতিটি ইমারতের সম্মুখে, পাশে এবং পিছনে ন্যুনতম স্থান রাখাকে আমরা সেট ব্যাক বলে থাকি ।Lay out Plan তৈরী করতে যে সকল Set Back Rule আছে তা হলো একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে ভবন নির্মাণ করতে হবে। যেমন, ভবনটি সামনের দিকে রাস্তার কিনারা হতে কত দূরত্ব এবং রাস্তার মধ্যরেখা হতে কত দূরত্ব, জায়গার পিছন সীমানা হতে কত দূরত্ব, জায়গার প্বার্শ সীমানা হতে কত দূরত্ব রাখা হয়েছে তা অবশ্যই check করতে হবে। এই Set Back দূরত্ব পৌরসভা কর্তৃক BNBC মোতাবেক নির্ধারণ করতে হবে।

৫. ভবনের প্ল্যান/নকশা ঃ ইমারত নির্মাণের উদ্দেশ্যে প্রস্তুতকৃত সকল নকশা নির্ধারিত স্কেলে ভবনের প্ল্যান, সেকশন ও এলিভেশন থাকতে হবে। সাধারণতঃ ড্রইং ১"=৮' স্কেলে ব্যবহার করা হয়। ড্রইং অবশ্যই উত্তর দিক সম্বলিত চিহ্ন থাকতে হবে।

৬. ভবনের ডিজাইন ঃ ভবনের স্ট্রাকচারাল ড্রইং ঃ কংক্রিটের যে মান ধরা হয়েছে ব্যবহৃতব্য খোয়া/পাথরের বিবরণ, রডের মান কত কত ধরা হয়েছে তার বিবরণ থাকতে হবে।

৭. ভবন নির্মাণ স্থানে Sub Soil Report ঃ Sub soil Report এ মাটির ধরণ, Layer ভেদে Foundation দিতে হবে। মাটি ভেদে ভবনের Spread footing, raft বা Pile foundation দেয়া হয়ে থাকে। যে soil Report জমা দেয়া হয়েছে সে অনুযায়ী foundation দেয়ার ড্রইং জমা দেয়া হলে তা অনুমোদন যোগ্য।

৮. ভবনের প্ল্যান, এভিয়েশন ও সেকশন ঃ ভবনের প্ল্যানে যে সকল রুম থাকবে সেগুলোর নাম লিখতে হবে যেমনঃ বেড রুম, ড্রইং রুম ইত্যাদি)। ছাদ, বীম, কলাম ইত্যাদির সেকশন দিতে হবে এবং তাতে রডের পরিমাণ (সাইজ, সংখ্যা, Spacing ইত্যাদি) উল্লেখ থাকতে হবে। একাধিক ফ্লোর থাকলে সিড়ি ঘরের প্ল্যান ও সেকশন (রডসহ) অবশ্যই check করতে হবে।

৯. Sewage system এর জন্য পৃথক ব্যবস্থা না থাকলে Septic tank provision না থাকলে তা অনুমোদন করা যাবে না।

১০. মালিকানার নাম ঃ ড্রইং এর নীচে, মালিকানার নাম, ঠিকানা, নক্সাকার ও প্রকৌশলীর নাম, পদবী, ঠিকানা, জায়গার বিবরণ যেমনঃ দাগ নং, খতিয়ান নং, মৌজা ইত্যাদি তথ্য সরবরাহ করতে হবে।

১১. ইমারতের উচ্চতা ঃ ইমারতের উচ্চতা অর্থাৎ ইমারত সংলগ্ন রাস্তা বা গলির গড় উচ্চতা হতে একটি ইমারতের সর্বোচ্চ বিন্দুর খাড়া দূরত্বকে বুঝায়। ইমারতের উচ্চতা নির্ধারণের ক্ষেত্রে নিম্নবর্ণিত বিষয়সমূহ বিবেচ্য হবে ঃ

- ছাদ ঢালু হলে এ ক্ষেত্রে ঢালু ছাদের গড় উচ্চতা ধরা হবে।
- স্থাপতিক উপাদান, যা কেবলমাত্র নান্দনিক ও অলংকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়, তা উচ্চতার অংশ হিসেবে গন্য করা হবে না।
- ঢালু এলাকায় নির্মাণের ক্ষেত্রে উচ্চতা নির্ণয়ের জন্য রাস্তার পরিবর্তে ইমারতের সর্বনিম্ন মেঝে তলকে গ্রহণ করা হবে।

অধ্যায় ৪

ব্রীজ/কালভার্ট ডিজাইন বাছাই এবং নির্মাণ কৌশল

৪.১ ব্রীজ/কালভার্ট

সড়ক অবকাঠামোর মধ্যে ব্রীজ ও কালভার্ট উল্লেখযোগ্য। খাল, বিল, নদ-নদী বা নালা ইত্যাদি দিয়ে প্রবাহিত পানিকে রাস্তা বা অন্য কোন স্থাপনার কারণে বাধাগ্রস্ত না করে অবকাঠামোর এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে প্রবাহের জন্য কালর্ভাট বা ব্রীজ নির্মাণ করা হয়। ব্রীজের উপর দিয়ে যানবাহন চলাচল করে। অতএব ব্রীজ/কালর্ভাটের ডিজাইন এমন হতে হবে যাতে খাল, বিল, নদ-নদী বা নালা দিয়ে সর্বোচ্চ পানি প্রবাহে কোন রকম বাধা সৃষ্টি না হয়, একই সঙ্গে চলাচলকারী যানবাহনের লোড যেন উক্ত অবকাঠামো নিতে সক্ষম হয়। ব্রীজ/কালর্ভাটের কয়েক ধরণের নাম হলো-পাইপ কালর্ভাট, বক্স কালর্ভাট, স্লাব ব্রীজ, গার্ডার ব্রীজ ইত্যাদি। ব্রীজ/কালর্ভাট ডিজাইনের দু'টি অংশ - একটি সাব ষ্ট্রাকচার অন্যটি সুপার ষ্ট্রাকচার। ব্রীজ/কালর্ভাট এর Span নির্ণয় একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। Span নির্ণয় কম হলে ভাটিতে scour হবে আর বেশী হলে কার্যকর ও সাশ্রয়ী ডিজাইন হবে না।

৪.২ ব্রীজ/কালভার্ট এর প্রকারভেদ

১) পাইপ কালভার্ট

২) বক্স কালভার্ট

৩) স্লাব কালভার্ট/ব্রীজ

৪) বিম/গার্ডার ব্রীজ

৫) প্রিস্ট্রেস্ড কংক্রিট ব্রীজ

৬) আর্চ ব্রীজ ইত্যাদি ।

৪.৩ ব্রীজ/কালর্ভাট এর অংশসমূহ

i) সুপার স্ট্রাকচার (Super Structure) ঃ ব্রীজ ডেক, স্লাব, গার্ডার, ক্রস-গার্ডার, রেলিং, পোষ্ট বিয়ারিং ইত্যাদি

ii) সাব স্ট্রাকচার (Sub Structure) ঃ এবাটমেন্ট, পিয়ার, পাইল, পাইল ক্যাপ ইত্যাদি

iii) Ancillary Systems ঃ এপ্রোচ রোড, নদী শাসন ইত্যাদি

৪.৪ ব্রীজ/কালর্ভাট ডিজাইন

বীজ/কালভার্ট ডিজাইন করতে বিভিন্ন তথ্য উপাত্ত সংগ্রহ করার প্রয়োজন পড়ে। এসব তথ্য উপাত্ত ব্যতিরেকে ডিজাইন করা হলে কাংক্ষিত ফলাফল পাওয়া যায় না পক্ষান্তরে সমূহ বিপদ ঘটতে পারে। নীচে কয়েকটি ধাপে তথ্য উপাত্তের বিষয়সমূহ সংক্ষেপে আলোচনা করা হল ঃ

ক) নির্দিষ্ট ফরম অনুযায়ী (Appraisal Form) মোতাবেক সাইট পরিদর্শন ও প্রয়োজনীয় তথ্য সংগ্রহঃ

১) Alignment প্রস্তাবনা / নির্ধারণ

২) Approach Road নির্মাণের তথ্যসমূহ

৩) High Water Level (HFL), Lowest Water Level (LWL), Normal Water Level (NWL) নির্ধারণ/সংগ্রহ

৪) River Bank Condition (নদীর দুই পাড়ের অবস্থা)

৫) Navigation Facility এর প্রয়োজনীয়তা

৬) সাইটের ছবি ।

খ) সাইটের টপোগ্রাফিক সার্ভে (Topographic Survey) সম্পাদনঃ

১) স্থানীয়ভাবে এবং বাংলাদেশ আভ্যন্তরীন নৌ পরিবহন সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী HFL/LWL ঠিক করতে হবে;

২) প্রয়োজনীয় তথ্য সংগ্রহ করার সময় অবশ্যই Navigational Vertical Clearance এর সঠিকতা যাচাই করতে হবে;

৩) উত্তর দিক সঠিকভাবে নির্ধারণ করতে হবে;

৪) ব্রিজ সাইটের উজান ও ভাটিসহ ৫০ মিটার অন্তর অন্তর কমপক্ষে ৩টি (Center Line, Upstream, Down Stream) ক্রস সেকশন নিতে হবে; । এছাড়া Approach এর স্থলে transverse direction বরাবর প্রয়োজনীয় ক্রস-সেকশন নিতে হবে।

৫) নদীর Bank Line Survey করতে হবে;

গ) সাইটের মাটি পরীক্ষা সম্পাদনঃ

১) টপোগ্রাফিক সার্ভেতে বোর হোল প্লান (Borehole Layout Plan) দেখাতে হবে,

২) এক স্প্যান বিশিষ্ট ব্রিজের ক্ষেত্রে উভয় পাশের দুই এবাটমেন্টের (Abutment) স্থানে এবং একাধিক স্প্যান বিশিষ্ট ব্রিজের ক্ষেত্রে এবাটমেন্টসহ প্রত্যেক Pier Point এ কমপক্ষে ৩০ মিটার বোরিং (Boring) করতে হবে,

৩) কর্তৃপক্ষের উপস্থিতিতে প্রতিটি বোরিং এর ৩টি ছবি নিতে হবে,

৪) প্রতিটি বোরিং এর RL এর দেখাতে হবে। সমস্ত RL এর Reading PWD[1]/SoB[2] অনুযায়ী নিতে হবে।

ঘ) সংগৃহীত তথ্য বিশ্লেষণ এবং ব্রিজের দৈর্ঘ্য ও প্রকার নির্ধারণ, ব্রিজের কাঠামোর নক্শা প্রনয়ণ ও অনুমোদন

১) সাইট পরিদর্শন ও প্রয়োজনীয় তথ্য সংগ্রহ এবং প্রেরিত তথ্যের ভিত্তিতে নদীর পানি প্রবাহ বিশ্লেষণ করে ব্রিজের দৈর্ঘ্য এবং প্রকার নির্ধারণ ।

২) ব্রিজের কাঠামো নকশা (Structural Design) প্রণয়ন ।

৩) কাঠামো নকশা অনুযায়ী স্ট্রাকচারাল ড্রইং (Structural Drawing) প্রস্তুতকরণ।

সংক্ষেপে, ব্রীজের Span নির্নয় করতে উপরের তথ্যসমূহের মধ্যে বিশেষ তিনটি তথ্য হলোঃ

- যে খাল/নদীর উপর ব্রীজ/কালর্ভাট নির্মিত হবে তাতে কতটুকু পানি প্রবাহিত হয় এবং পানির গতিবেগ কত তা নির্ণয় করা ।
- নদী/খালের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত নদী/খালের পাশ এবং গভীরতা বের/নির্ণয় করা।
- বন্যার সময় নদী/খালের পানির উচ্চতা, সর্বোচ্চ পানির উচ্চতায় নদী/খালের ক্রস সেকশনাল এরিয়া ইত্যাদি নির্ণয় করা ।
- Navigational Vertical Clearance নির্ণয় করা ;

উপরোক্ত বিষয়সমূহ জানা থাকলে ব্রীজের Span, রাস্তার প্রশস্থের সাথে সংগতি রেখে ব্রীজের প্রশস্থ, এবাটমেন্ট ও পিয়ারের গভীরতা ইত্যাদি নির্ণয় করা সম্ভব হয়। প্রতিটি অবকাঠামোর জন্য পৃথক পৃথক Detailed ডিজাইন করাই উত্তম। পৃথক পৃথক

[1] PWD= Public Works Datum;
[2] SOB= Survey of Bangladesh; Level difference between PWD and SOB is 1'6" or 0.46 metre, PWD is higher than SOB

Detailed Design করা সম্ভব না হলে তথ্য উপাত্তের উপর ভিত্তি করে নীচে প্রদত্ত পৃথক পৃথক Type Design অনুসরন করা যেতে পারে।

৪.৫ সাব ষ্ট্রাকচার ডিজাইনে বিবেচ্য বিষয়সমূহ

ব্রীজ/কালর্ভাট এর নীচের অংশ যেমন ফুটিং (footing), এবাটমেন্ট, পিয়ার, পাইল, পাইল ক্যাপ ইত্যাদি হলো সাব ষ্ট্রাকচারের অংশ। সাব ষ্ট্রাকচার ডিজাইন করতে নিম্ন লিখিত বিষয়সমূহ বিবেচনায় নেয়া হয় -

- খালের তলার মাটির ধরণ/শ্রেণী বিন্যাস, বিভিন্ন স্তরের মাটির প্রকৃতি, এসপিটি ভ্যালু, মাটির নীচে পানির স্তর ইত্যাদি নির্ণয় করতে হয় । এজন্য একটি স্বনামধন্য ফার্ম দিয়ে Sub-soil Investigation পরিচালনা করা প্রয়োজন।
- মাটির ধরণের উপর ভিত্তি করে এবাটমেন্ট, পাইলের নীচে মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় করা হয় ।

৪.৬ সুপার ষ্ট্রাকচার ডিজাইনে বিবেচ্য বিষয়সমূহ

এবাটমেন্টের উপরের অংশ, গার্ডার, স্লাব, পোষ্ট, রেলিং, ডায়াফ্রাম ইত্যাদি সহ ব্রীজ/কালভার্টের সুপার ষ্ট্রাকচার ডিজাইন করতে নিম্ন লিখিত বিষয়সমূহ বিবেচনায় নেয়া হয় -

- ব্রীজের উপর দিয়ে যে ধরণের যানবাহন চলাচল করবে তার লোড বিবেচনায় নেয়া।
- ব্রীজের দৈর্ঘ্যের উপর ভিত্তি করে ব্রীজের Span এর সংখ্যা ও এর দৈর্ঘ নির্ণয় করা হয়।
- আলোচ্য সড়কে কি পরিমান যানবাহন চলাচল করে বা করবে তা বিবেচনায় নিয়ে ব্রীজ/কালর্ভাটের প্রশস্থ নির্ণয় করা হয়।

৪.৭ ব্রীজ/কালভার্টের দৈর্ঘ্য নির্ণয়

১. ব্রীজের প্রস্তাবিত সাইটে তিনটি ক্রসসেকশন নিতে হবে - একটি সেন্সর লাইন বরাবর, একটি ৫০ মিটার উজানে এবং অপর একটি ৫০ মিটার ভাটিতে।

২. প্রস্তাবিত সাইটে ডিজাইন সর্বোচ্চ পানির লেভেল (Design Water Level, DWL বা Standard High Water Level, SHWL) নির্ণয় করতে হবে। বিগত ২ বা ততোধিক বছরের সর্বোচ্চ পানির লেভেলর (যথা ১৯৮৮, ১৯৯৮, ২০০৪ সালের) গড় উচ্চতাকে ডিজাইন পানির লেভেল ধরা যেতে পারে।

৩. ১নং ক্রমিকে পাওয়া ক্রস সেকশনে ডিজাইন পানির লেভেল (DWL/SHWL) অংকন করে DWL/ SHWL নীচে খালের তলার লাইন পর্যন্ত ক্রসসেকশনাল এরিয়া নির্ণয় করতে হবে।

৪. প্রস্তাবিত নদী-নালা, খালে পানি প্রবাহের গতি আনুমানিকভাবে ধরতে হবে। সাধারণভাবে Defined Channel এ পানির গতি ১.৫ মিটার/সেকেন্ড এবং ill defined channel এ ১.৫ - ২.০ মিটার/সেকেন্ড ধরতে হবে।

৫. নদী/খালের Discharge নির্ণয় করতে আমাদেরকে **Q = AxV m³/sec** ফর্মূলা ব্যবহার করতে হবে।

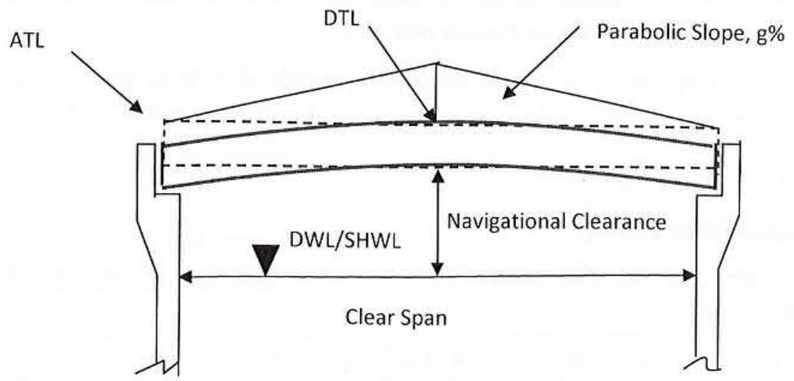
৬. নদী/খালের Discharge বের করার পর সর্বনিম্ন waterway width বের করতে নীচের ফর্মূলা ব্যবহার করা হবে - **L = 4.5 x √Q** metre

৭. নদী/খালের দুই পাড়ের দৈর্ঘ্য (Bank to bank distance) যদি Waterway width, L (L = 6.0 x √Q m) এর চেয়ে বেশী হয় তাহলে ব্রীজের দৈর্ঘ্য হবে নদী/খালের দুই পাড়ের দূরত্ব। অন্যথায় Waterway width, L কে ব্রীজের দৈর্ঘ্য হিসেবে ধরতে হবে।

৮. ব্রীজের সর্বনিম্ন দৈর্ঘ্য পাওয়ার পর কয়েকটি স্প্যানে তা বিভক্ত করতে হবে। মনে রাখতে হবে নদী/খালের মাঝ বরাবর কোন Pier বসানো যাবে না। এছাড়া BIWTA নির্দেশনা মোতাবেক Horizontal clearance রাখতে হবে।

৯. স্থানীয় বা BIWTA নির্দেশনা মোতাবেক Vertical Clearance Provision বিবেচনায় নিয়ে Deck top level (DTL) এর RL নির্ণয় করতে নীচের ফর্মূলা ব্যবহার করতে হবে -

DTL = DWL + Vertical Clearance + Girder I slab depth



চিত্র ৪-১: Level of Bridge Deck

১০. ব্রীজের top surface এ longitudinal direction বরাবর vertical curve দেয়া হয়। সাধারণতঃ vertical curve প্যারাবোলিক Slope (g%) এ দেয়া হয়ে থাকে। এই প্যারাবোলিক Slope (g%) এর মান সাধারণতঃ ৩-৪% হয়।

১১. Abutment top level (ATL) নির্ণয় করতে নীচের ফর্মূলা ব্যবহার করতে হবে -

ATL = DTL - (Slope x Length of bridge)/400

১২. Abutment height from (Existing Ground Level) EGL নির্ণয় করতে নীচের ফর্মূলা ব্যবহার করা হয় ঃ

ABH = ATL – EGL + 1 m

১৩. Total Abutment height (from bottom to top) নির্ণয় করতে যে অংশটুকু মাটির নীচে থাকবে যোগ করা হয়।

Abutment Height = ABH+1 meter

৪.৮ ব্রীজ/কালভার্ট স্ট্যান্ডার্ড ডিজাইন

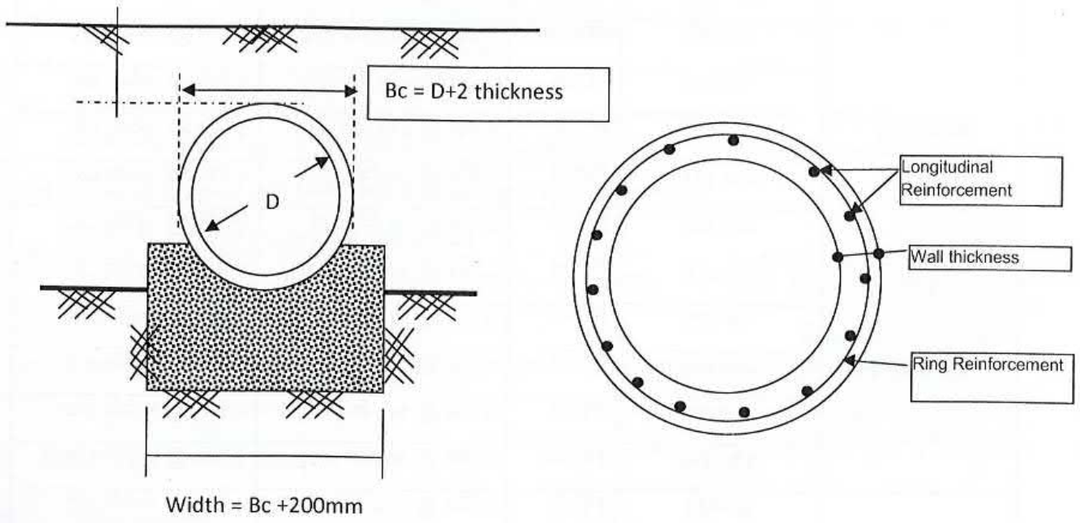
৪.৮.১ পাইপ কালভার্ট

৩০০ মিমি হতে ১৫০০ মিমি ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট Pre-cast পাইপ বসিয়ে এই কালভার্ট নির্মাণ/স্থাপন করা হয়। এরূপ কালভার্ট করতে পাইপের উপর অবশ্যই ৬০০ মিমি উপযুক্ত মাটি দিয়ে ফিলিং করতে হবে এবং সিমেন্ট কংক্রিটের উপর (Concrete Cradle) উক্ত পাইপ স্থাপন করতে হবে। পাইপের জয়েন্ট বরাবর brick lining দিয়ে Pipe joint সম্পন্ন করতে হবে। অন্যথায় Spigot & Socket অথবা Tongue & groove joint ব্যবহার করা যেতে পারে। পাইপ কালর্ভাটের কয়েকটি ডিজাইন টেবিল ৪-১ এ দেয়া হয়েছে।

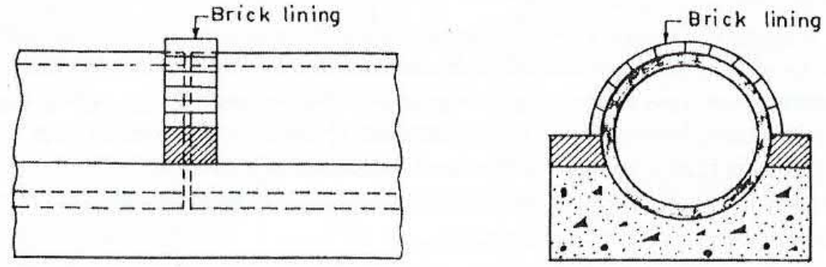
টেবিল ৪-১ঃ পাইপ কালভার্টের ডিজাইন-তালিকা (Ref. Road Structure Manual, Part A Standard Design, Pipe Culverts, November 1989.

পাইপের ব্যাস (ভিতর) Internal Diameter, mm (inch)	পাইপের পুরুত্ব (Pipe Thickness) mm (inch)	ডিজাইন নং	Longitudinal Reinforcement	Ring Reinforcement
৩০০ (১২)	৫০ (২)	PC 11	৬ মিমি @ ২৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	৭৫ (৩)	PC 12	6 মিমি @ 150 মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	১০০ (৪)	PC 13	৬ মিমি @ ১৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
৬০০ (২৪)	৫০ (২)	PC 21	৬ মিমি @ ২৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	৭৫ (৩)	PC 22	৬ মিমি @ ১৫০মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১০০ (৪)	PC 23	৬ মিমি @ ১২৫মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	১২৫ (৫)	PC 24	৬ মিমি @ ১০০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	১৫০ (৬)	PC 25	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
৯০০ (৩৬)	৫০ (২)	PC 31	৬ মিমি @ ২৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	৭৫ (৩)	PC 32	৬ মিমি @ ১৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১০০ (৪)	PC 33	৬ মিমি @ ১২৫ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১২৫ (৫)	PC 34	৬ মিমি @ ১০০মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১৫০ (৬)	PC 35	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
১২০০ (৪৮)	৫০ (২)	PC 41	৬ মিমি @ ২৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	৭৫ (৩)	PC 42	৬ মিমি @ ১৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১০০ (৪)	PC 43	৬ মিমি @ ১২৫ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১২৫ (৫)	PC 44	৬ মিমি @ ১০০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১৫০ (৬)	PC 45	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
১৫০০ (৬০)	৫০ (২)	PC 51	৬ মিমি @ ২৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	৭৫ (৩)	PC 52	৬ মিমি @ ১৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১০০ (৪)	PC 53	৬ মিমি @ ১২৫ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১২৫ (৫)	PC 54	৬ মিমি @ ১০০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
	১৫০ (৬)	PC 55	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
৬০০ (২৪)	৫০ (২)	PC 61, 62, 63	৬ মিমি @ ২৫০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	৭৫ (৩)	PC 61, 62, 63	৬ মিমি @ ১৫০মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c

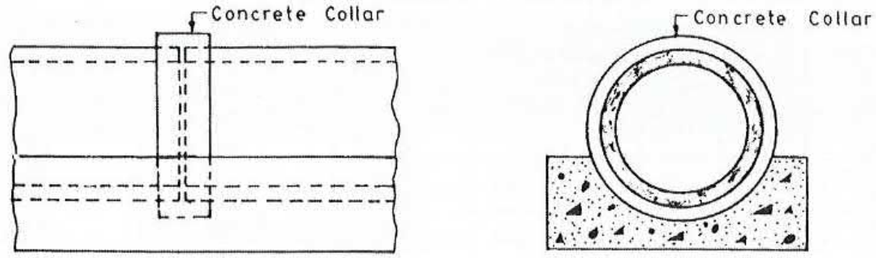
পাইপের ব্যাস (ভিতর) Internal Diameter, mm (inch)	পাইপের পুরুত্ব (Pipe Thickness) mm (inch)	ডিজাইন নং	Longitudinal Reinforcement	Ring Reinforcement
	১০০ (৪)	PC 61, 62, 63	৬ মিমি @ ১২৫মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	১২৫ (৫)	PC 61, 62, 63	৬ মিমি @ ১০০ মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫ মিমি c/c
	১৫০ (৬)	PC 61, 62, 63	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c	৬ মিমি @ ৭৫মিমি c/c
উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ৯৩- ১১৪ তে দেয়া হয়েছে।				



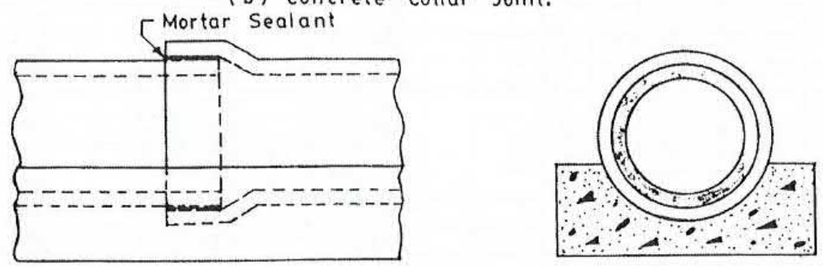
চিত্র 8- ২: Pipe and Cradle



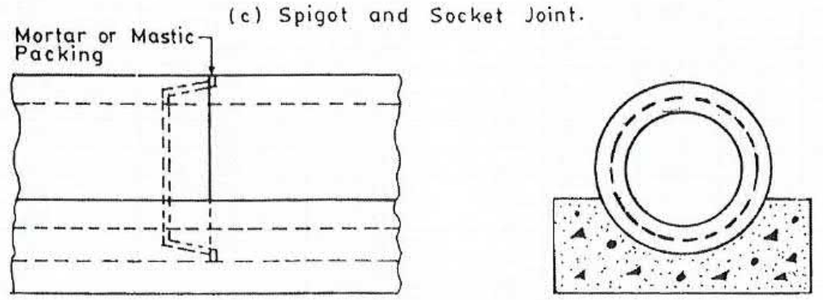
(a) Brick Lining Joint.



(b) Concrete Collar Joint.



(c) Spigot and Socket Joint.



(d) Tongue and Groove Joint.

চিত্র 8- ৩: Different Types of Pipe Joint

৪.৮.২ বক্স কালভার্ট

বক্স কালভার্ট একটি monolithic structure যার পৃথক কোন এবাটমেন্ট নির্মাণ করার প্রয়োজন হয় না। কালভার্টের উচ্চতার উপর ভিত্তি করে ডিজাইন পরিবর্তন হয়। খালের তলা বরাবর বক্স কালভার্টের নিম্নতল স্থাপন করা হয়। বক্স কালভার্টের উপরিতল রাস্তার উপরিতলের সমান উচ্চতায় স্থাপন করা হয়। খালের প্রশস্থতার উপর ভিত্তি করে কালর্ভাটের Span/দৈর্ঘ্য এবং গভীরতার উপর ভিত্তি করে কালর্ভাটের উচ্চতা নির্ধারন করা হয়। বক্স কালভার্ট ডিজাইনের ক্ষেত্রে H20 লোড (বর্তমান সময়ে AASHTO-HL 93 ধরে ডিজাইন করা হয়) ধরে ডিজাইন করা হয়েছে। টাইপ ডিজাইন হতে SINGLE VENT বক্স কালভার্ট নির্বাচন করতে টেবিল ৪-২ ও TWO VENT বক্স কালভার্ট নির্বাচন করতে টেবিল-৩ অনুসরণ করতে হবে। বক্স কালভার্টের তলায় মাটির অনুমোদিত ভার বহন ক্ষমতা (Allowable bearing capacity) অবশ্যই 80 KN/m^2।

টেবিল ৪-২ঃ SINGLE VENT বক্স কালভার্টের ডিজাইন তালিকা (Ref. Road Structure Manual, for Double Lane Bridge, Part B Standard Drawings, Box Culverts, November 2008)

Inner height of box **H (m)**	X	Inner width of box **B (m)**	THICKNESS (mm)		
			SLAB THICKNESS		**VERTICAL WALL T_v**
			Top slab, **Ts**	Bottom slab, **Bs**	
1.0	X	1.0	300	300	200
1.0	X	1.3	300	300	200
1.0	X	1.6	300	300	200
1.0	X	2.0	300	300	200
1.0	X	2.3	300	300	200
1.0	X	2.6	300	300	200
1.0	X	3.0	300	300	200
1.3	X	1.0	300	300	200
1.3	X	1.3	300	300	200
1.3	X	1.6	300	300	200
1.3	X	2.0	300	300	200
1.3	X	2.3	300	300	200
1.3	X	2.6	300	300	200
1.3	X	3.0	300	300	200
1.6	X	1.0	300	300	250
1.6	X	1.3	300	300	250
1.6	X	1.6	300	300	250
1.6	X	2.0	300	300	250
1.6	X	2.3	300	300	250
1.6	X	2.6	300	300	250
1.6	X	3.0	300	300	250
2.0	X	1.0	300	300	250
2.0	X	1.3	300	300	250
2.0	X	1.6	300	300	250
2.0	X	2.0	300	300	250
2.0	X	2.3	300	300	250
2.0	X	2.6	300	300	250
2.0	X	3.0	300	300	250
2.0	X	3.3	300	300	250
2.0	X	3.6	300	300	250
2.0	X	4.0	300	300	250
2.3	X	1.6	300	300	300
2.3	X	2.0	300	300	300
2.3	X	2.3	300	300	300

Inner height of box **H (m)**	X	Inner width of box **B (m)**	THICKNESS (mm)		
			SLAB THICKNESS		**VERTICAL WALL T_v**
			Top slab, **Ts**	Bottom slab, **Bs**	
2.3	X	2.6	300	300	300
2.3	X	3.0	300	300	300
2.3	X	3.3	300	300	300
2.3	X	3.6	300	300	300
2.3	X	4.0	300	300	300
2.6	X	1.6	300	300	300
2.6	X	2.0	300	300	300
2.6	X	2.3	300	300	300
2.6	X	2.6	300	300	300
2.6	X	3.0	300	300	300
2.6	X	3.3	300	300	300
2.6	X	3.6	300	300	300
2.6	X	4.0	300	300	300
3.0	X	2.0	300	300	300
3.0	X	2.3	300	300	300
3.0	X	2.6	300	300	300
3.0	X	3.0	300	300	300
3.0	X	3.3	300	300	300
3.0	X	3.6	300	300	300
3.0	X	4.0	300	300	300
3.3	X	2.0	300	300	350
3.3	X	2.3	300	300	350
3.3	X	2.6	300	300	350
3.3	X	3.0	300	300	350
3.3	X	3.3	300	300	350
3.3	X	3.6	300	300	350
3.3	X	4.0	300	300	350
3.6	X	2.0	300	300	350
3.6	X	2.3	300	300	350
3.6	X	2.6	300	300	350
3.6	X	3.0	300	300	350
3.6	X	3.3	300	300	350
3.6	X	3.6	300	300	350
3.6	X	4.0	300	300	350
4.0	X	2.0	300	300	350
4.0	X	2.3	300	300	350
4.0	X	2.6	300	300	350
4.0	X	3.0	300	300	350
4.0	X	3.3	300	300	350
4.0	X	3.6	300	300	350
4.0	X	4.0	300	300	350

উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ১১৫- ১১৭ তে দেয়া হয়েছে।

টেবিল ৪-৩ঃ TWO VENT বক্স কালভার্টের ডিজাইন তালিকা (BOX WISE DEMENSION OF H, B, T_v & T_s) (Ref. Road Structure Manual, for Double Lane Bridge, Part B Standard Drawings, Box Culverts, November 2008).

Inner height of box H(m)	X	Inner width of box B (m)	THICKNESS (mm)		
			SLAB THICKNESS		VERTICAL WALL T_v
			Top slab, Ts	Bottom slab, Bs	
1.3	X	2.0	300	300	200
1.3	X	2.3	300	300	200
1.3	X	2.6	300	300	200
1.3	X	3.0	300	300	200
1.6	X	2.0	300	300	250
1.6	X	2.3	300	300	250
1.6	X	2.6	300	300	250
1.6	X	3.0	300	300	250
2.0	X	2.0	300	300	250
2.0	X	2.3	300	300	250
2.0	X	2.6	300	300	250
2.0	X	3.0	300	300	250
2.0	X	3.3	300	300	250
2.0	X	3.6	300	300	250
2.0	X	4.0	300	300	250
2.3	X	2.0	300	300	300
2.3	X	2.3	300	300	300
2.3	X	2.6	300	300	300
2.3	X	3.0	300	300	300
2.3	X	3.3	300	300	300
2.3	X	3.6	300	300	300
2.3	X	4.0	300	300	300
2.6	X	3.0	300	300	300
2.6	X	3.3	300	300	300
2.6	X	3.6	300	300	300
2.6	X	4.0	300	300	300
3.0	X	3.0	300	300	300
3.0	X	3.3	300	300	300
3.0	X	3.6	300	300	300
3.0	X	4.0	300	300	300
3.3	X	3.0	300	300	350
3.3	X	3.3	300	300	350
3.3	X	3.6	300	300	350
3.3	X	4.0	300	300	350
3.6	X	3.0	300	300	350
3.6	X	3.3	300	300	350
3.6	X	3.6	300	300	350
3.6	X	4.0	300	300	350
4.0	X	3.0	300	300	350
4.0	X	3.3	300	300	350
4.0	X	3.6	300	300	350
4.0	X	4.0	300	300	350

উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ১১৮- ১২০ তে দেয়া হয়েছে।

টেবিল ৪-৪ঃ THREE VENT বক্স কালভার্টের ডিজাইন তালিকা (BOX WISE DEMENSION OF H, B, T_v & T_s) (Ref. Road Structure Manual, for Double Lane Bridge, Part B Standard Drawings, Box Culverts, November 2008).

Inner height of box H(m)	X	Inner width of box B (m)	THICKNESS (mm)		
			SLAB THICKNESS		VERTICAL WALL T_v
			Top slab, Ts	Bottom slab, Bs	
4.0	x	4.0	300	300	350
4.0	x	3.6	300	300	350
4.0	x	3.3	300	300	350
4.0	x	3.0	300	300	350
3.6	x	4.0	300	300	350
3.6	x	3.6	300	300	350
3.6	x	3.3	300	300	350
3.6	x	3.0	300	300	350
3.3	x	4.0	300	300	350
3.3	x	3.6	300	300	350
3.3	x	3.3	300	300	350
3.3	x	3.0	300	300	350
3.0	x	4.0	300	300	300
3.0	x	3.6	300	300	300
3.0	x	3.3	300	300	300
3.0	x	3.0	300	300	300
2.6	x	4.0	300	300	300
2.6	x	3.6	300	300	300
2.6	x	3.3	300	300	300
2.6	x	3.0	300	300	300
2.3	x	4.0	300	300	300
2.3	x	3.6	300	300	300
2.3	x	3.3	300	300	300
2.3	x	3.0	300	300	300
2.0	x	4.0	300	300	250
2.0	x	3.6	300	300	250
2.0	x	3.3	300	300	250
2.0	x	3.0	300	300	250

উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ১২১-১২৩ তে দেয়া হয়েছে।

টেবিল ৪- ৫ঃ FOUR VENT বক্স কালভার্টের ডিজাইন তালিকা (BOX WISE DEMENSION OF H, B, T_v & T_s) (Ref. Road Structure Manual, for Double Lane Bridge, Part B Standard Drawings, Box Culverts, November 2008).

Inner height of box H(m)	X	Inner width of box B (m)	THICKNESS (mm)		
			SLAB THICKNESS		VERTICAL WALL T_v
			Top slab, Ts	Bottom slab, Bs	
4.0	x	4.0	300	300	350
4.0	x	3.6	300	300	350
4.0	x	3.3	300	300	350
4.0	x	3.0	300	300	350
3.6	x	4.0	300	300	350
3.6	x	3.6	300	300	350
3.6	x	3.3	300	300	350
3.6	x	3.0	300	300	350
3.3	x	4.0	300	300	350
3.3	x	3.6	300	300	350

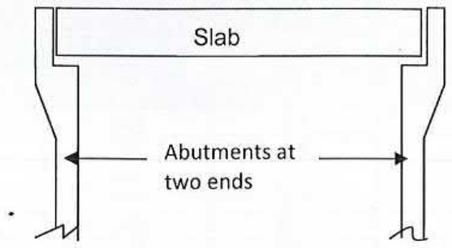
Inner height of box H(m)	X	Inner width of box B (m)	THICKNESS (mm)		
			SLAB THICKNESS		VERTICAL WALL T_v
			Top slab, Ts	Bottom slab, Bs	
3.3	x	3.3	300	300	350
3.3	x	3.0	300	300	350
3.0	x	4.0	300	300	300
3.0	x	3.6	300	300	300
3.0	x	3.3	300	300	300
3.0	x	3.0	300	300	300
2.6	x	4.0	300	300	300
2.6	x	3.6	300	300	300
2.6	x	3.3	300	300	300
2.6	x	3.0	300	300	300
2.3	x	4.0	300	300	300
2.3	x	3.6	300	300	300
2.3	x	3.3	300	300	300
2.3	x	3.0	300	300	300
2.0	x	4.0	300	300	250
2.0	x	3.6	300	300	250
2.0	x	3.3	300	300	250
2.0	x	3.0	300	300	250
উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ১২৪-১২৬ তে দেয়া হয়েছে।					

৪.৮.৩ বক্স কালভার্টের এপ্রোন ও উইং ওয়াল ডিজাইন

বক্স কালভার্টের উভয় দিকে এপ্রোন (apron) ও উইং ওয়াল (wing wall) নির্মাণ করতে হয়, তা না হলে সড়কের স্লোপের মাটি রাখা সম্ভব হবে না। বক্স কালভার্টের সাথে সামঞ্জস্য রেখে এপ্রোন ও উইং ওয়ালের আকার-আকৃতি নির্ধারন করা হয়। উদাহরণ স্বরুপ একটা বক্স কালভার্টের inner width ৪ মিটার হলে এপ্রোন এর inner width ৪ মিটার। অপরদিকে উইংওয়াল এর উচ্চতা হবে বক্স এর উচ্চতার সমান। এজন্য বক্স কালভার্ট ও এপ্রোন উইং ওয়ালের ড্রইং যৌথভাবে স্টাডি করতে হবে। এপ্রোন ও উইং ওয়ালের ড্রইং ১২৭ পৃষ্ঠায় দেয়া হয়েছে।

৪.৮.৪ স্লাব কালভার্ট/ব্রীজ

৩-৬ মিটার দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ব্রীজকে স্লাব কালভার্ট বলা হয়ে থাকে। কম প্রস্থ বিশিষ্ট খালে স্লাব কালভার্ট নির্মাণ করা হয়। Span এর দৈর্ঘ্য নির্ভর করে খালের প্রশস্থতার উপর। স্লাব কালভার্ট/ ব্রীজের লোড H20 ধরে ডিজাইন করা হয়েছে (বর্তমান সময়ে AASHTO-HL-93 ধরে ডিজাইন করা হয়)। টেবিল ৪-৬ অনুযায়ী স্লাব ব্রীজ সিলেকশন করা যেতে পারে।



চিত্র ৪-৪ঃ স্লাব কালভাট/ব্রীজ

টেবিল ৪- ৬ ঃ স্লাব কালভার্ট/ব্রীজের তালিকা (Ref. Road Structure Manual, Part A Standard Design, Slab Culverts, November 1989).

Clear Span, m (ft)	Road Way Width m (ft)	Design No
১.৫ (৪.৯)	৩.৬৬ (১২) ৭.৩৩ (২৪)	SC-1 SC-2
২.৫ (৮.২)	৩.৬৬ (১২) ৭.৩৩ (২৪)	SC-3 SC-4
৩.৫ (১১.৫)	৩.৬৬ (১২) ৭.৩৩ (২৪)	SC-5 SC-6
৪.৫ (১৪.৮)	৩.৬৬ (১২) ৭.৩৩ (২৪)	SC-7 SC-8
উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ১২৮- ১৫১ তে দেয়া হয়েছে।		

৪.৯ স্লাব কালভার্ট এবাটমেন্ট

এবাটমেন্ট নির্মাণ করে তার উপর স্লাব কালভার্ট স্থাপন করা হয়। খালের গভীরতার উপর নির্ভর করে কি ধরনের এবাটমেন্ট নির্মাণ করা হবে। কম গভীরতা বিশিষ্ট এবাটমেন্ট নির্মাণে কখনও কখনও ইটের ব্রিকওয়ার্ক ব্যবহার করা হয়। গভীরতা বেশী হলে আরসিসি দিয়ে এবাটমেন্ট নির্মাণ করা হয়। এবাটমেন্ট এর নীচের বেস এর প্রস্থ নির্ভর করে প্রধানত এবাটমেন্ট তলার মাটির ভার বহন ক্ষমতার উপর। মাটির ভার বহন ক্ষমতা কম হলে প্রস্থ বেশী হবে এবং বেশী হলে প্রস্থ কম হবে। নীচের টেবিলে কয়েকটি এবাটমেন্ট এর ডিজাইন দেয়া হয়েছে যা অনুসরণ করা যেতে পারে। এবাটমেন্টের উচ্চতা ৪ মিটারের এর কম হলে টেবিল ৫ এ নির্দেশিত ব্রিক এবাটমেন্ট সিলেকশন করা যেতে পারে এবং এবাটমেন্ট এর উচ্চতা ৪ মিটারের বেশী হলে টেবিল ৪-৭ এ নির্দেশিত আরসিসি এবাটমেন্ট সিলেকশন করা যেতে পারে।

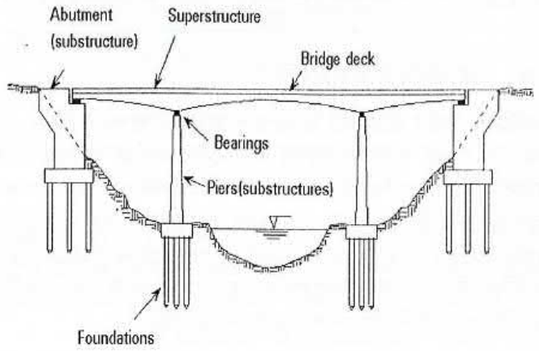
টেবিল ৪- ৭ ঃ ব্রিকওয়ার্ক ও আরসিসি এবাটমেন্ট তালিকা (Ref. Road Structure Manual, Part A Standard Design, Abutment, November 1989

Height of Abutment in m (ft)	Road Way width in m (ft)	Minimum Bearing Capacity (kN/m^2) for Span (m) of Slab bridge/Culvert				Design No.	Remarks
		1.5 m	*2.5 m*	*3.5 m*	*4.5m*		
2 (6.5)	3.66 (12)	80	85	90	100	ATB1	Brick Abutment
	7.33 (24)	80	85	90	100	ATB 2	Brick Abutment
2.5 (8.2)	3.66 (12)		75	85	85	ATB 3	Brick Abutment
	7.33 (24)		75	85	85	ATB 4	Brick Abutment
3 (9.8)	3.66 (12)			70	75	ATB 5	Brick Abutment
	7.33 (24)			70	75	ATB 6	Brick Abutment
3.5 (11.5)	3.66 (12)			75	80	ATB 7	Brick Abutment
	7.33 (24)			75	80	ATB 8	Brick Abutment
4 (13.1)	3.66 (12)				75	ATB 9	Brick Abutment

Height of Abutment in m (ft)	Road Way width in m (ft)	Minimum Bearing Capacity (kN/m^2) for Span (m) of Slab bridge/Culvert				Design No.	Remarks
		1.5 m	2.5 m	3.5 m	4.5m		
	7.33 (24)				75	ATB 10	Brick Abutment
4 (13.1)	3.66 (12)				90	ATC 1	RCC Abutment
	3.66 (12)				75	ATC 2	RCC Abutment
	7.33 (24)				90	ATC 3	RCC Abutment
	7.33 (24)				75	ATC 4	RCC Abutment
উপরোক্ত Standard Design সমূহের Drawing পৃষ্ঠা ১৫২- ১৬৯ তে দেয়া হয়েছে।							

৪.১০ বড় ব্রীজ ডিজাইন

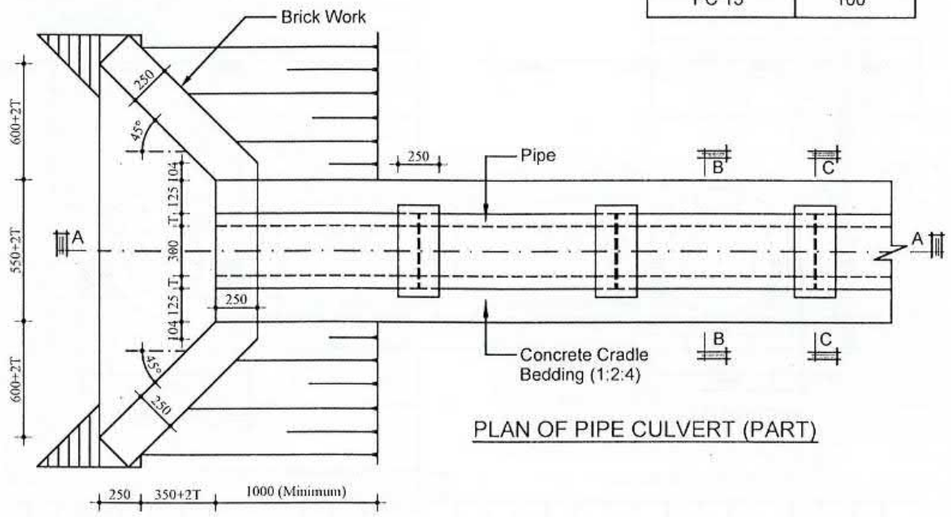
ব্রীজ অপেক্ষাকৃত বেশী দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়ে থাকে। নদ-নদী, বড় খাল/বিল ইত্যাদির উপর ব্রীজ নির্মাণ করা হয়। ব্রীজের Span এর দৈর্ঘ্য নির্ভর করে খালের প্রশস্থতার উপর এবং ব্রীজের প্রশস্থতা নির্ভর করে রাস্তায় কত যানবাহন চলাচল করে এবং রাস্তার প্রশস্থতার উপর। ব্রীজের লোড H20 ধরে ডিজাইন করা হয়েছে (বর্তমান সময়ে AASHTO-HL-93 ধরে ডিজাইন করা হয়)। পৃথকভাবে এবাটমেন্ট নির্মাণ করা হয়। এ ধরনের ব্রীজ নির্মাণ করতে পৃথক পরামর্শক নিয়োগ করাই উত্তম।



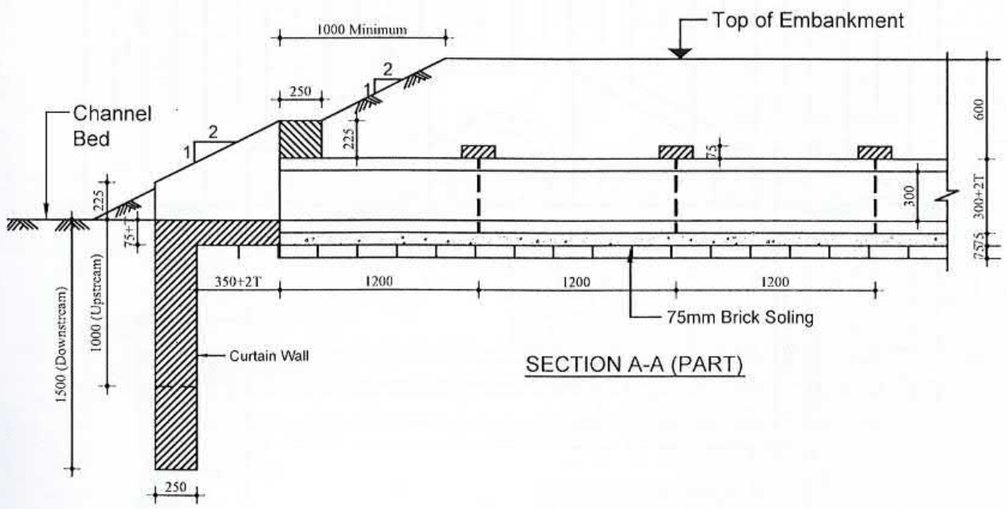
চিত্র ৪-৫ঃ বড় ব্রীজ

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Pipe Culvert, Dia = 300mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 11	50
PC 12	75
PC 13	100



PLAN OF PIPE CULVERT (PART)



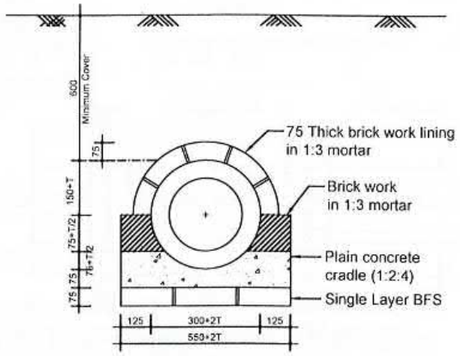
SECTION A-A (PART)

NOTE:
Appropriate values of T must be substituted to fix the variable dimensions. Fractions of a millimeter should be rounded and adjusted between adjacent pair of dimensions.

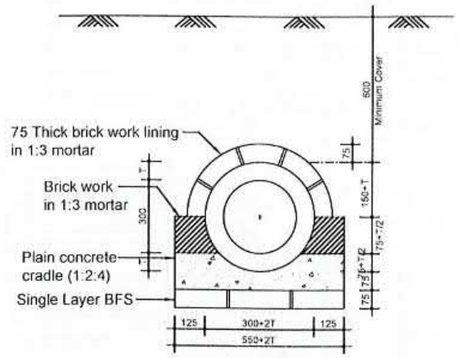
চিত্র ৪-৬: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 300mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Pipe , Dia = 300mm)

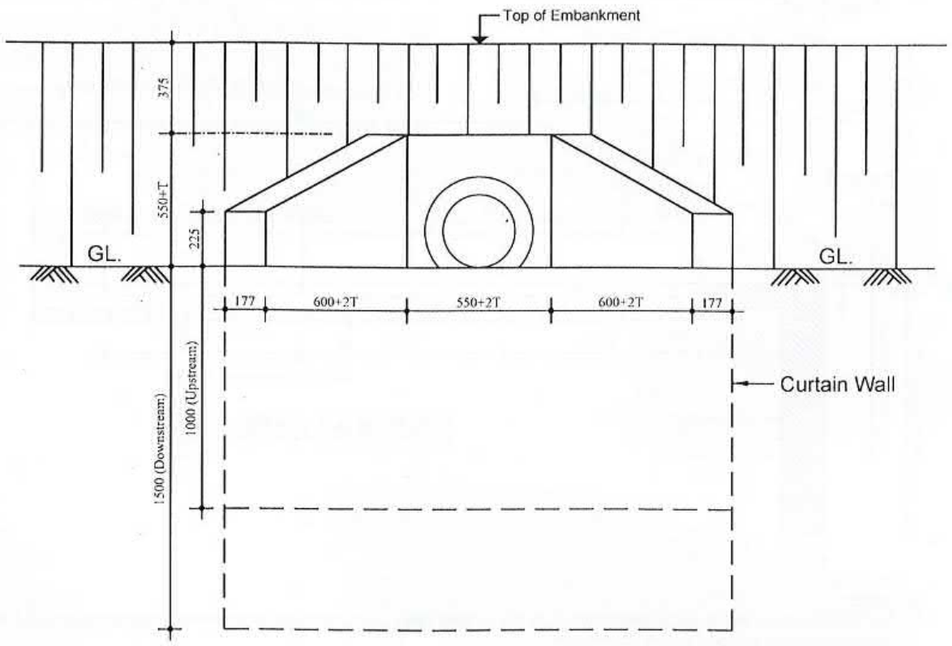
Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 11	50
PC 12	75
PC 13	100



SECTION C-C



SECTION B-B

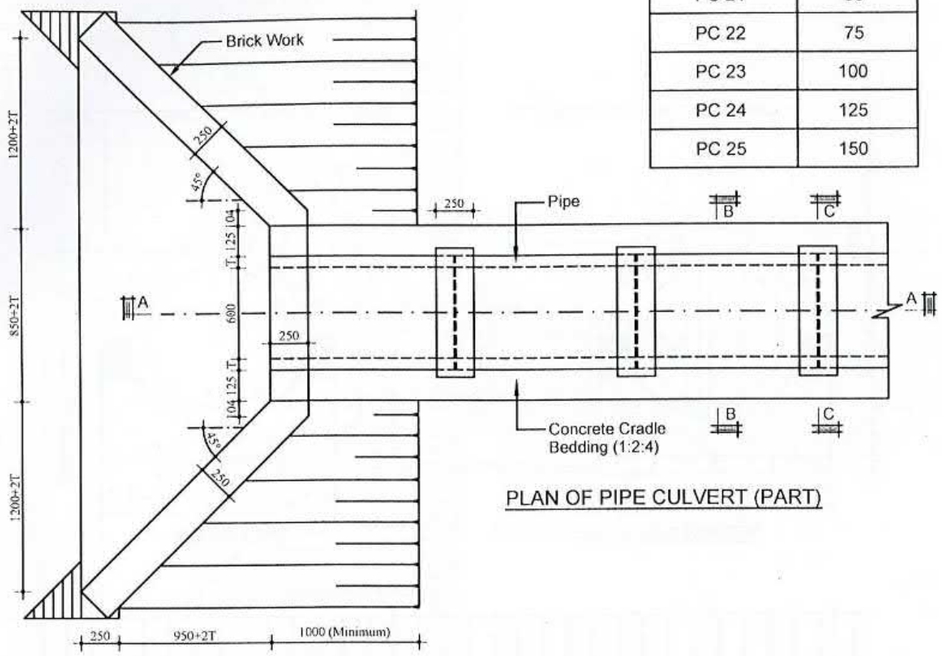


END VIEW SHOWING HEADWALL AND WINGWALL

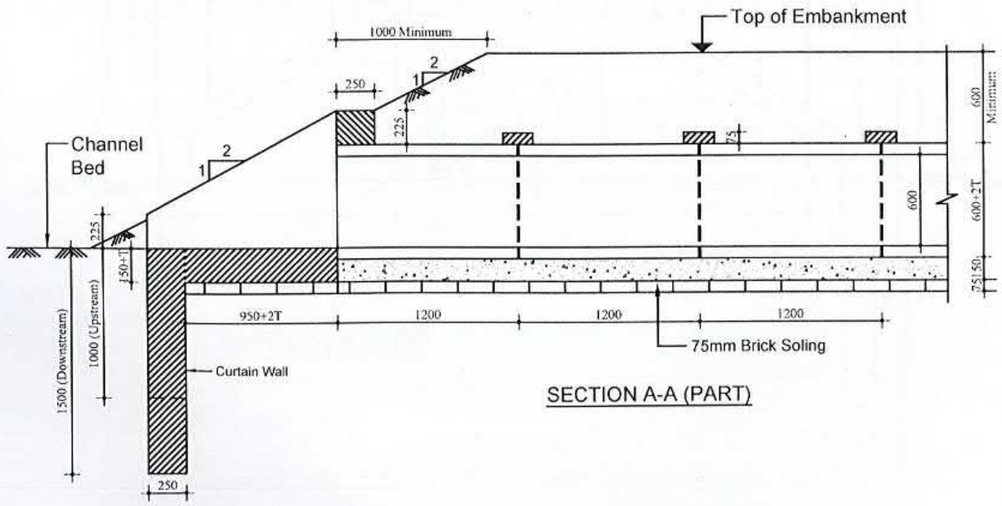
চিত্র 8-৭: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 300mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Pipe Culvert, Dia = 600mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 21	50
PC 22	75
PC 23	100
PC 24	125
PC 25	150



PLAN OF PIPE CULVERT (PART)



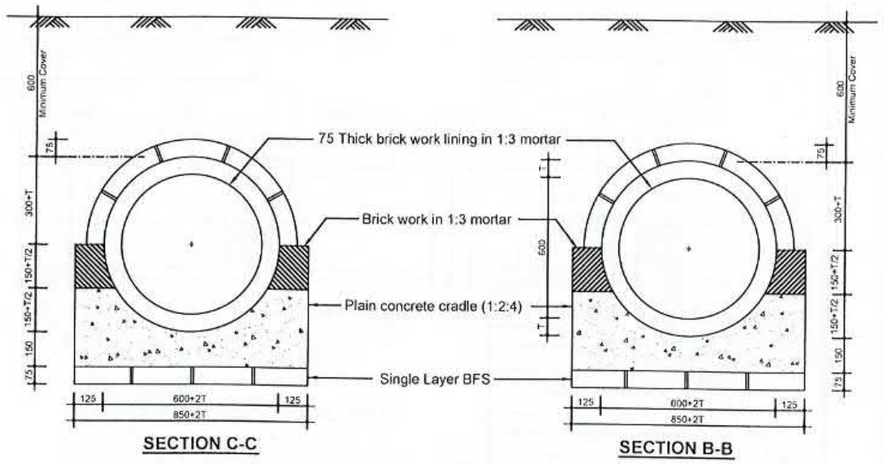
SECTION A-A (PART)

NOTE:
Appropriate values of T must be substituted to fix the variable dimensions. Fractions of a millimeter should be rounded and adjusted between adjacent pair of dimensions.

চিত্র 8-৮: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 600mm)

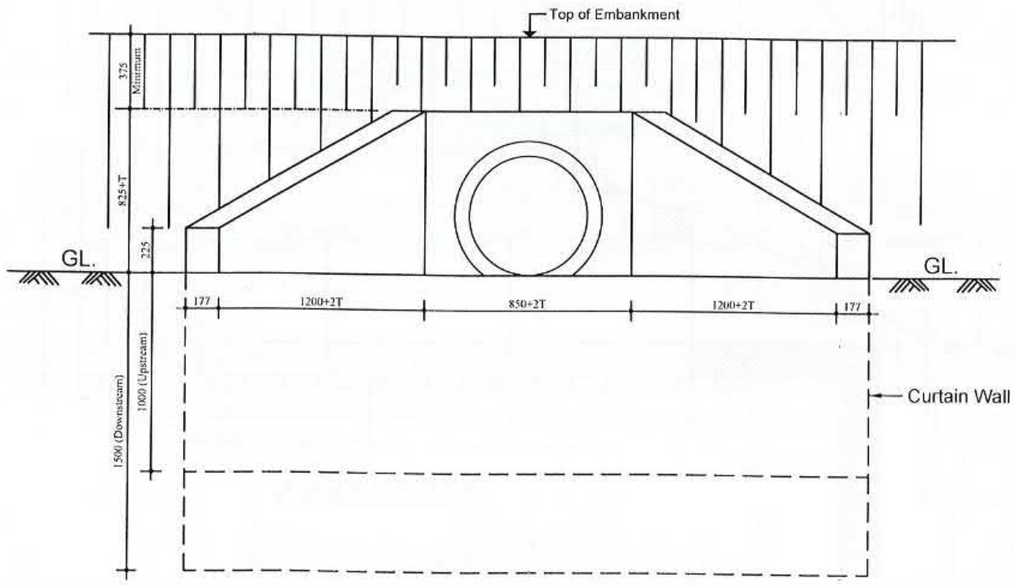
STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Pipe Culvert, Dia = 600mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 21	50
PC 22	75
PC 23	100
PC 24	125
PC 25	150



SECTION C-C

SECTION B-B

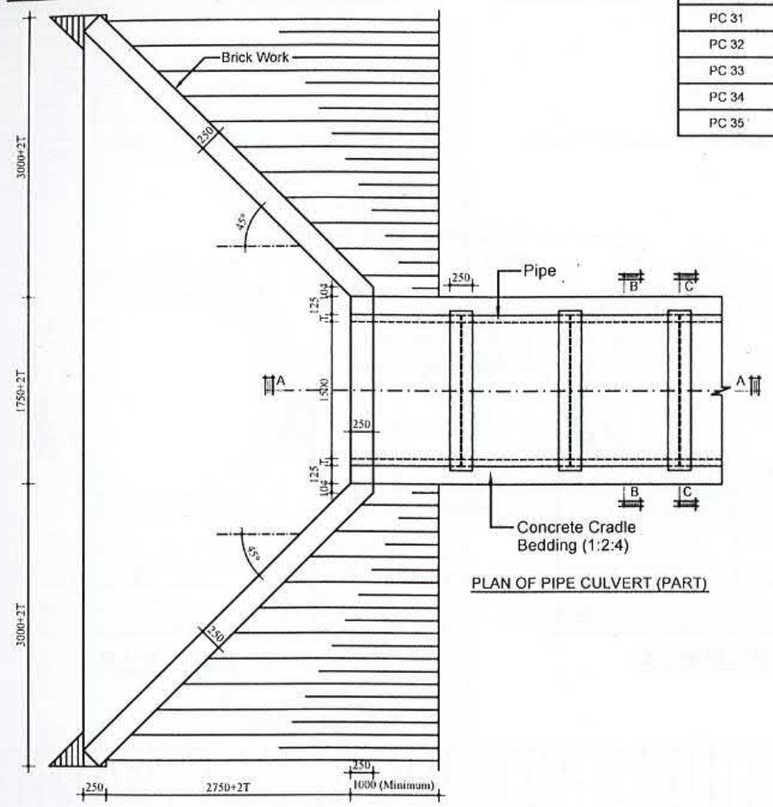


END VIEW SHOWING HEADWALL AND WINGWALL

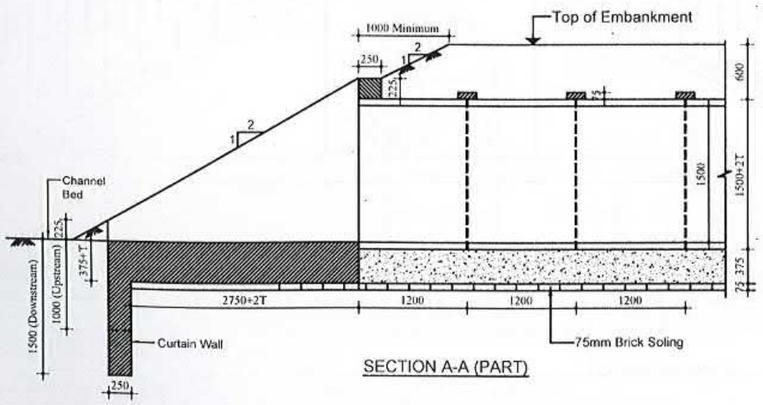
চিত্র 8-৯: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Pipe Culvert, Dia = 900mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 31	50
PC 32	75
PC 33	100
PC 34	125
PC 35	150



PLAN OF PIPE CULVERT (PART)



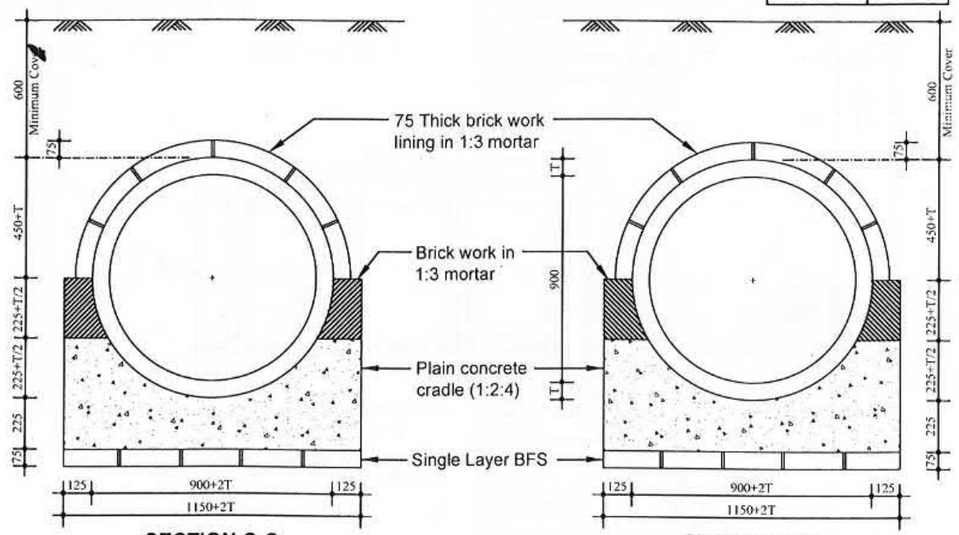
SECTION A-A (PART)

NOTE:
Appropriate values of T must be substituted to fix the variable dimensions. Fractions of a millimeter should be rounded and adjusted between adjacent pair of dimensions.

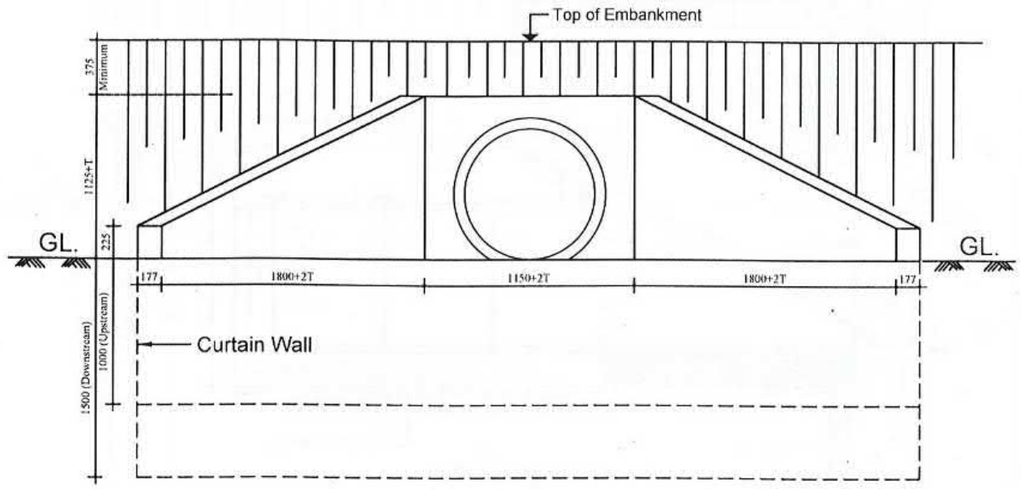
চিত্র 8-১০:Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 900mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Pipe Culvert, Dia = 900mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 21	50
PC 22	75
PC 23	100
PC 24	125
PC 25	150



SECTION C-C SECTION B-B

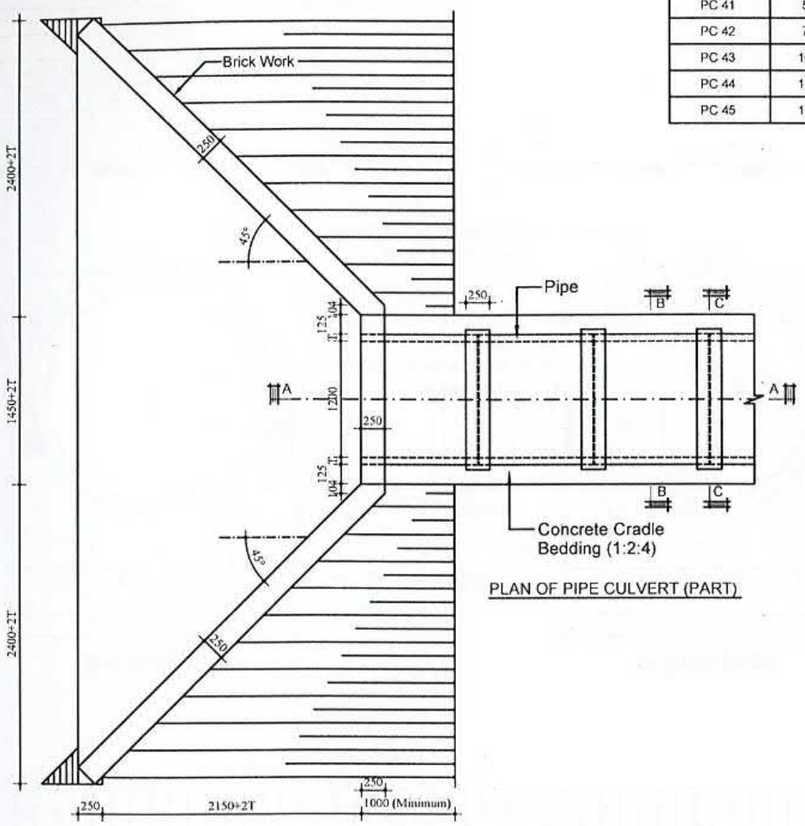


END VIEW SHOWING HEADWALL AND WINGWALL

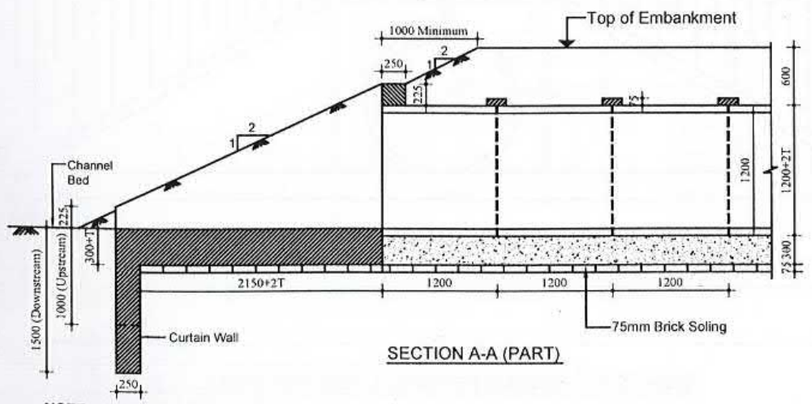
চিত্র 8-১১: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 900mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Pipe Culvert, Dia = 1200mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 41	50
PC 42	75
PC 43	100
PC 44	125
PC 45	150



PLAN OF PIPE CULVERT (PART)



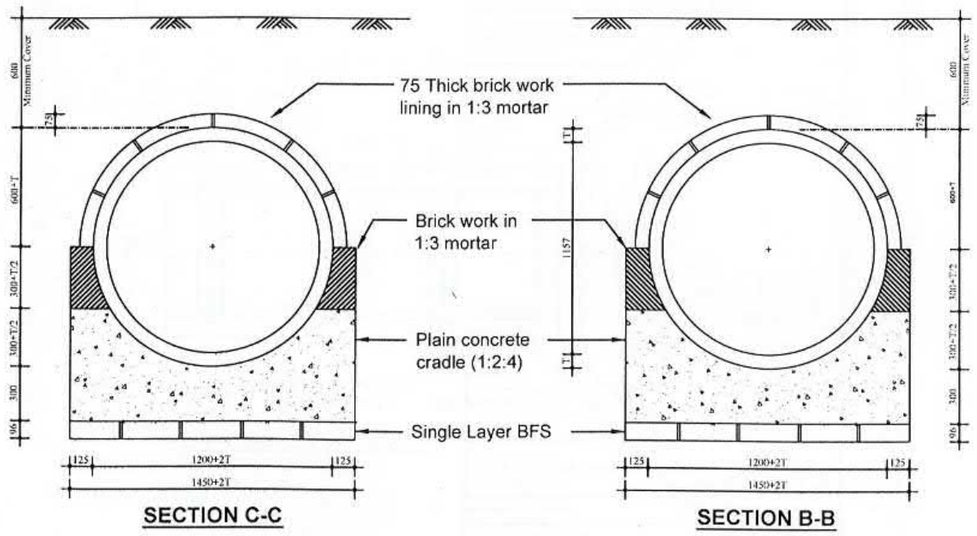
SECTION A-A (PART)

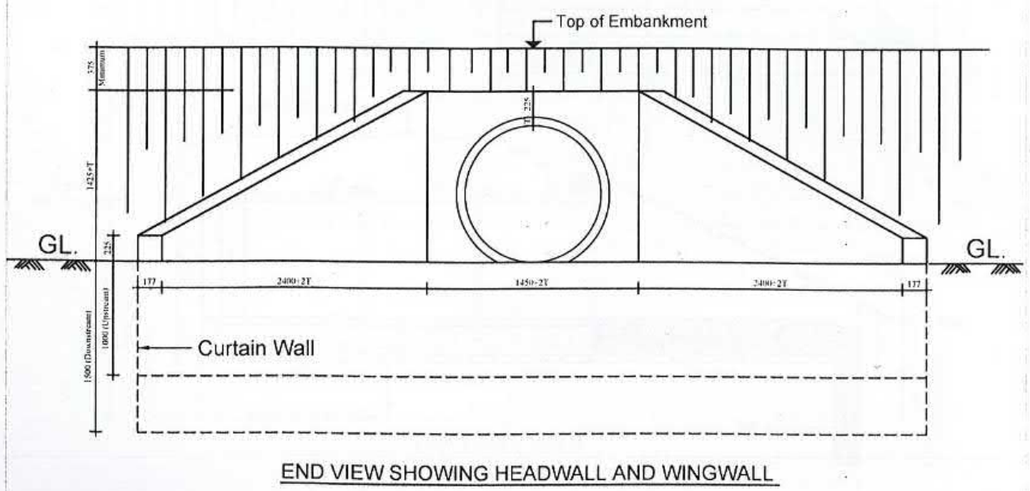
NOTE:
Appropriate values of T must be substituted to fix the variable dimensions. Fractions of a millimeter should be rounded and adjusted between adjacent pair of dimensions.

চিত্র 8-১২: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 1200mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Pipe Culvert, Dia = 1200mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 41	50
PC 42	75
PC 43	100
PC 44	125
PC 45	150

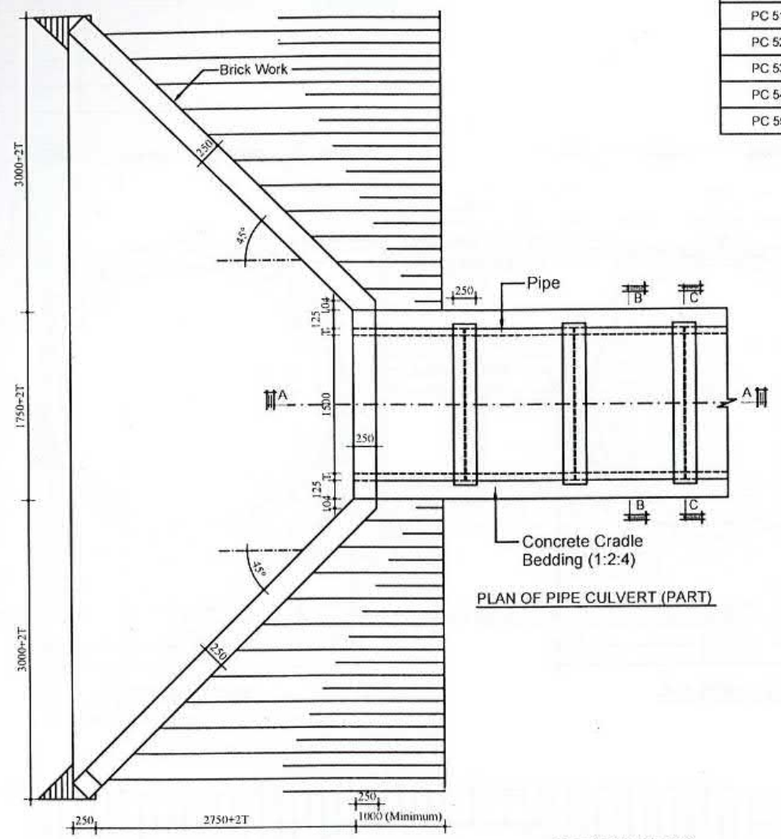


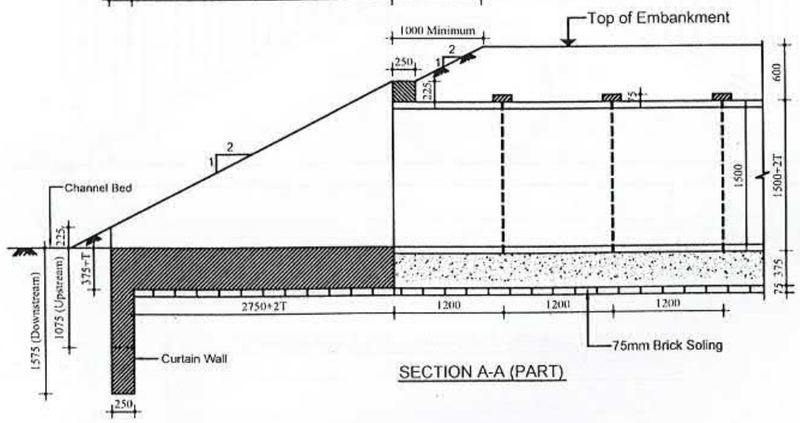


চিত্র ৪-১৩: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 1200mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Pipe Culvert, Dia = 1500mm)

Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 51	50
PC 52	75
PC 53	100
PC 54	125
PC 55	150



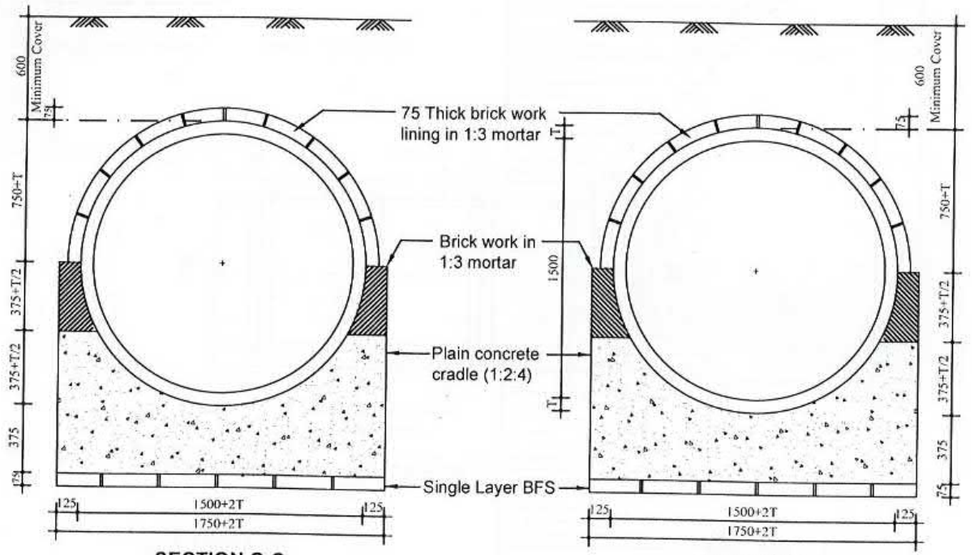


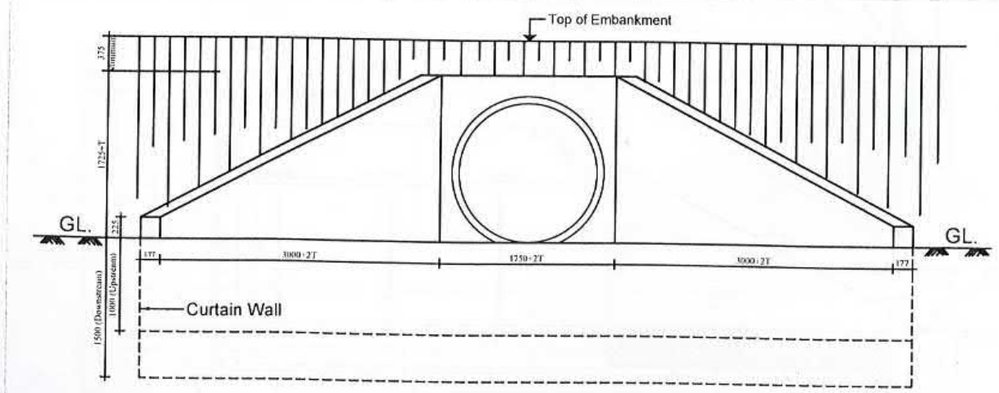
NOTE:
Appropriate values of T must be substituted to fix the variable dimensions. Fractions of a millimeter should be rounded and adjusted between adjacent pair of dimensions.

চিত্র ৪-১৪: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 1500mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Pipe Culvert, Dia = 1500mm)

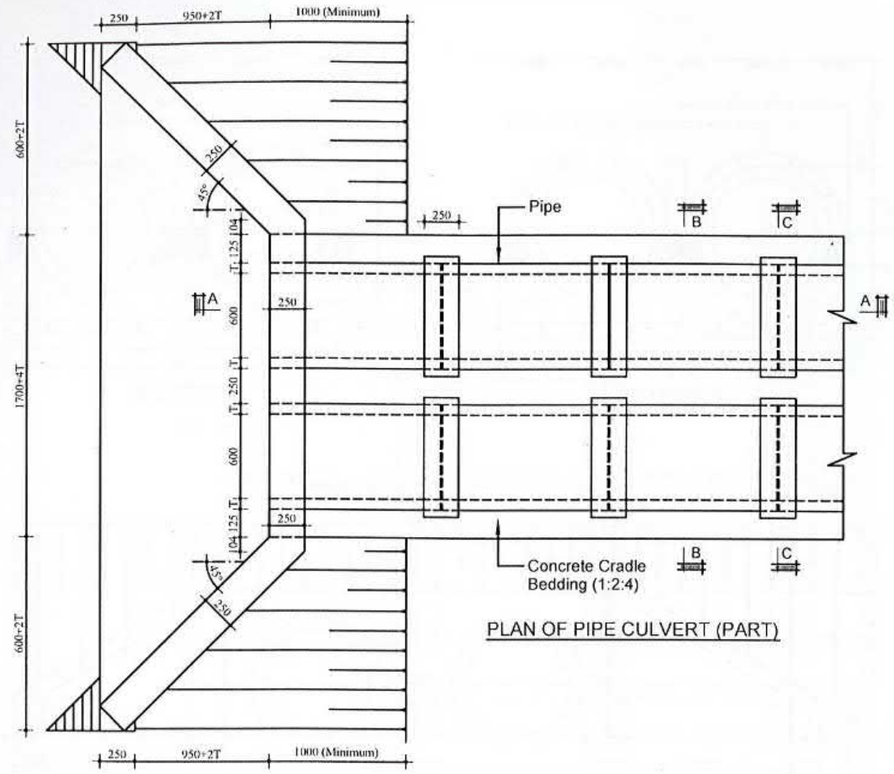
Design No. (mm)	Thickness T (mm)
PC 41	50
PC 42	75
PC 43	100
PC 44	125
PC 45	150

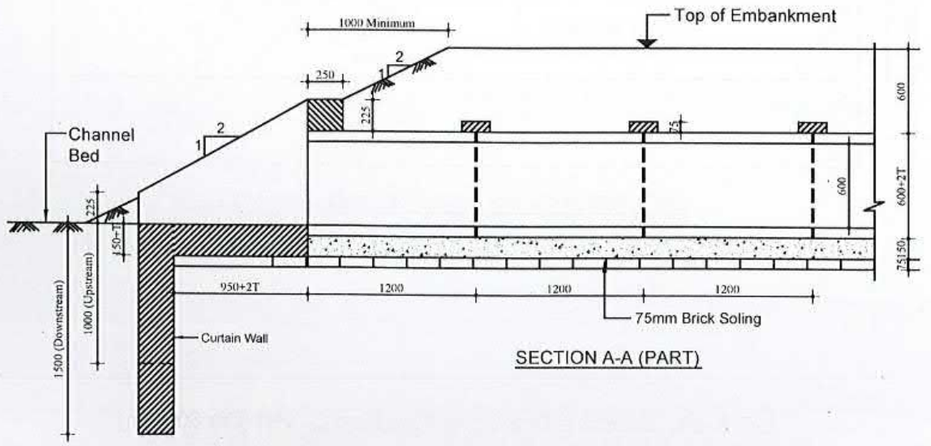




চিত্র 8-১৫: Structural Drawing of Pipe Culvert (Dia 1500mm)

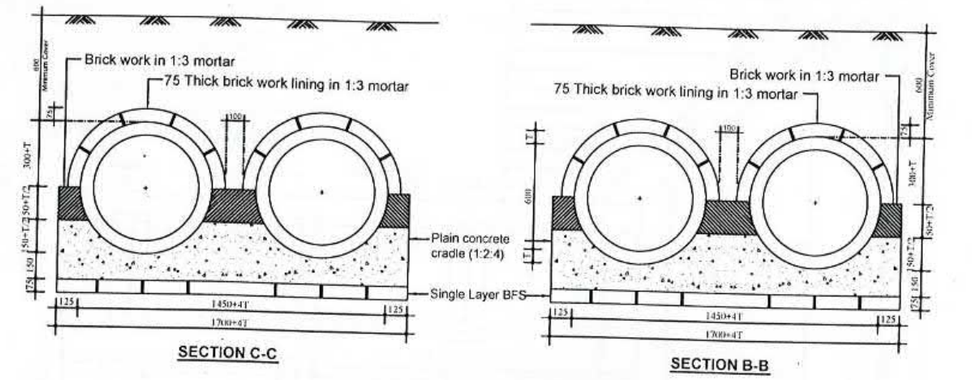
STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Typical Twin Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 61)

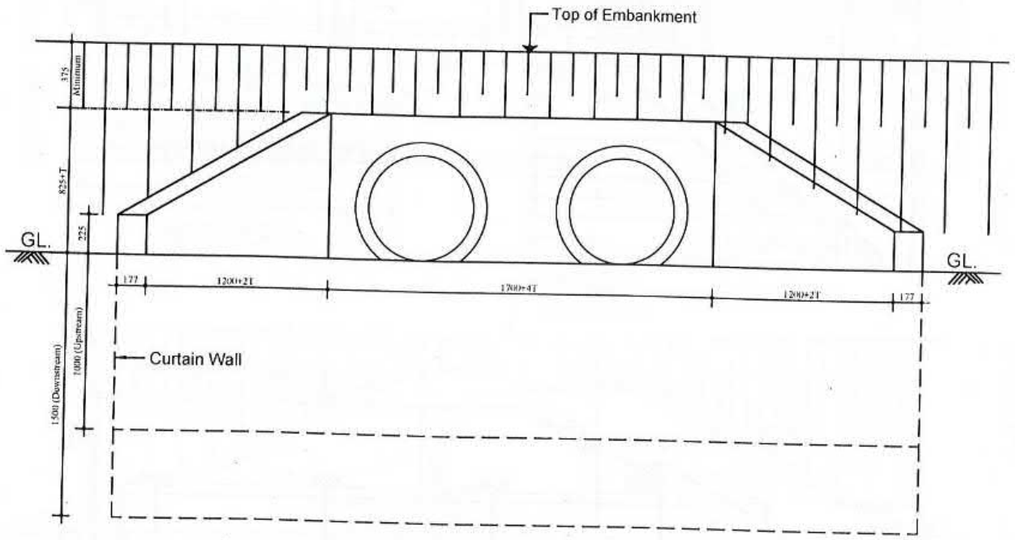




চিত্র 8-১৬: Structural Drawing of Twin Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Twin Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 61)

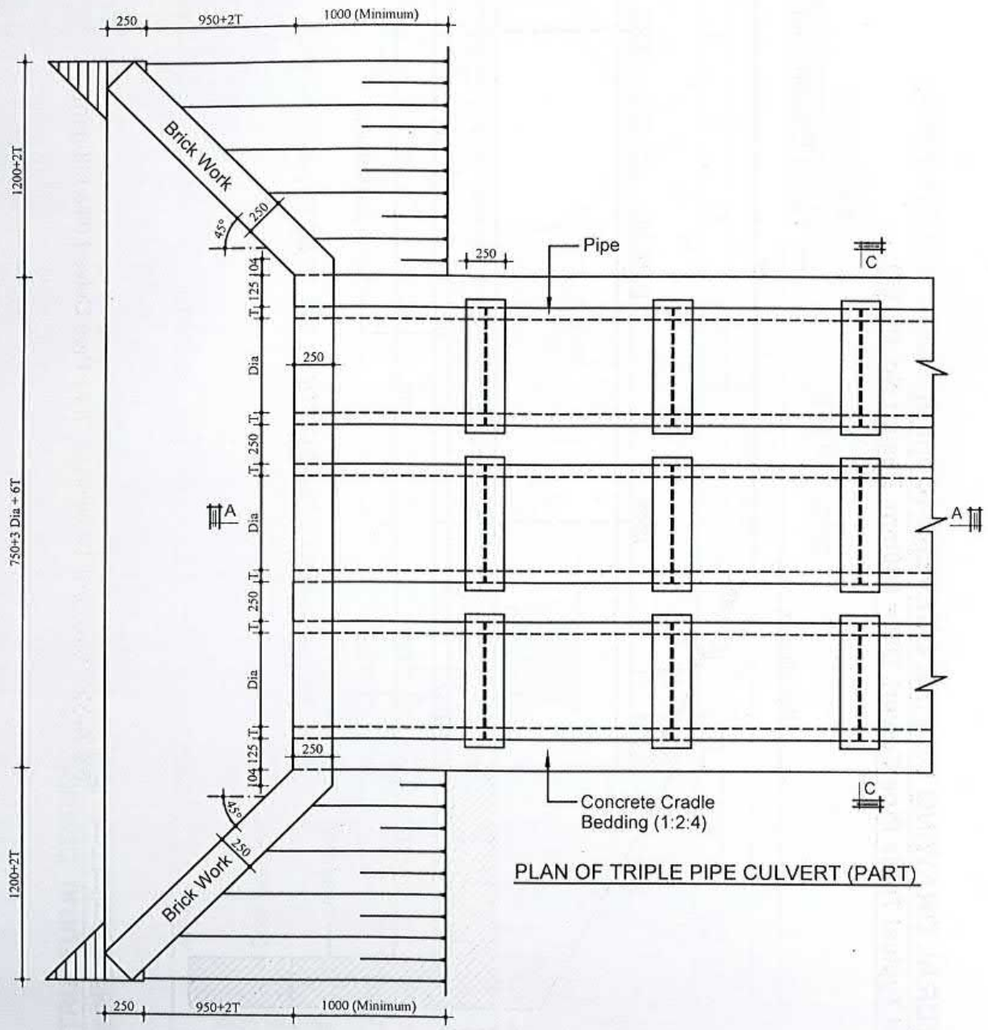




END VIEW SHOWING HEADWALL AND WINGWALL

চিত্র 8-১৭: Structural Drawing of Twin Pipe Culvert (Dia 600mm)

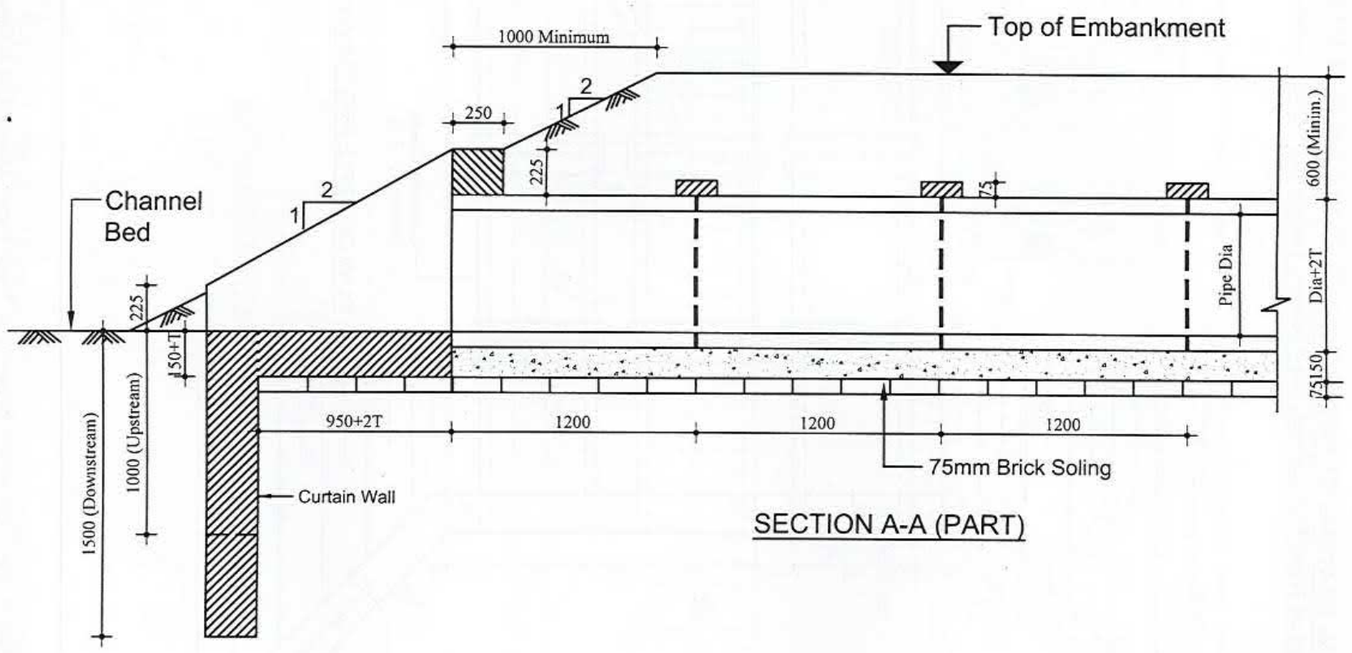
STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Typical Triple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 62)



PLAN OF TRIPLE PIPE CULVERT (PART)

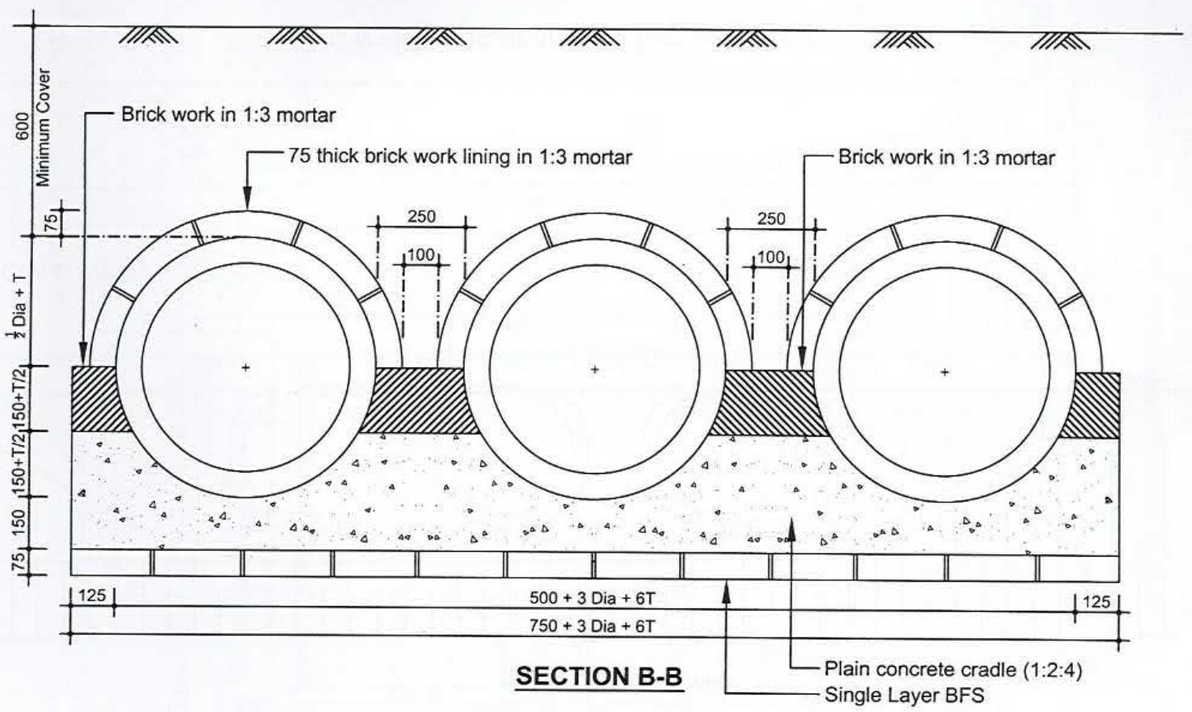
চিত্র 8-১৮: Structural Drawing of Triple Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Triple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 62)



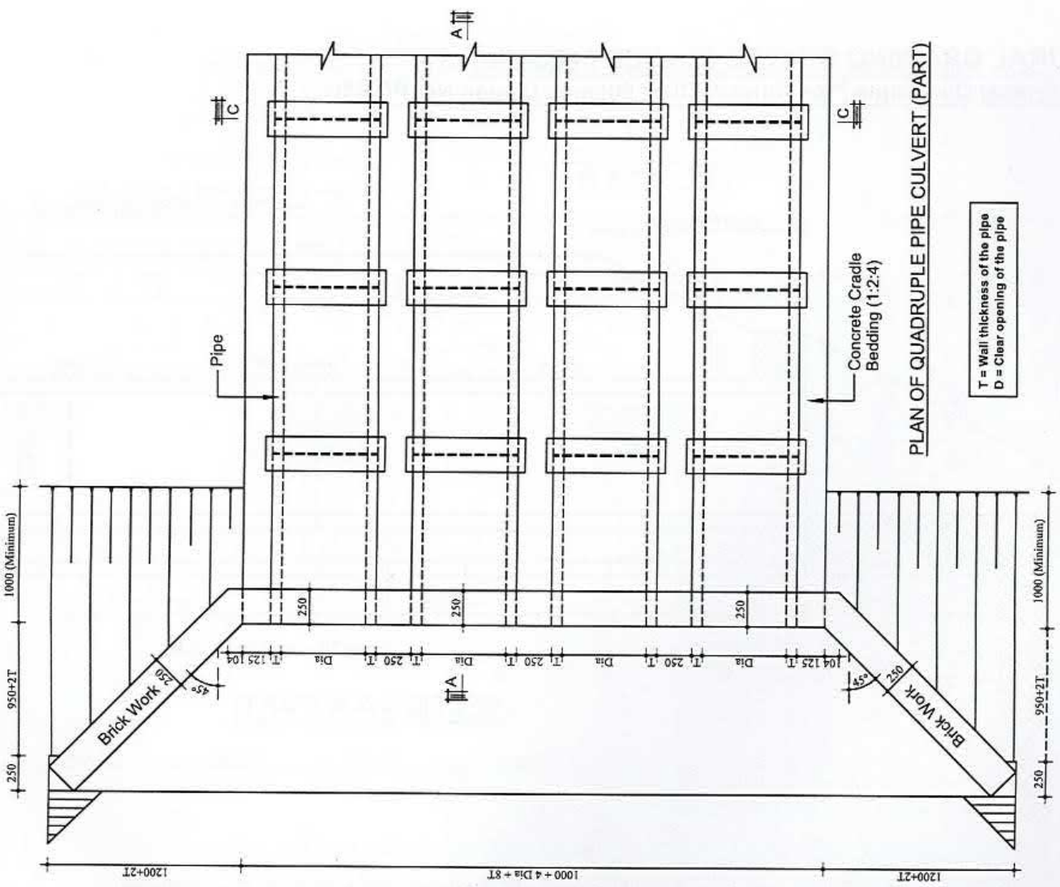
চিত্র ৪-১৯: Structural Drawing of Triple Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Triple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 62)



চিত্র ৪-২০: Structural Drawing of Triple Pipe Culvert (Dia 600mm)

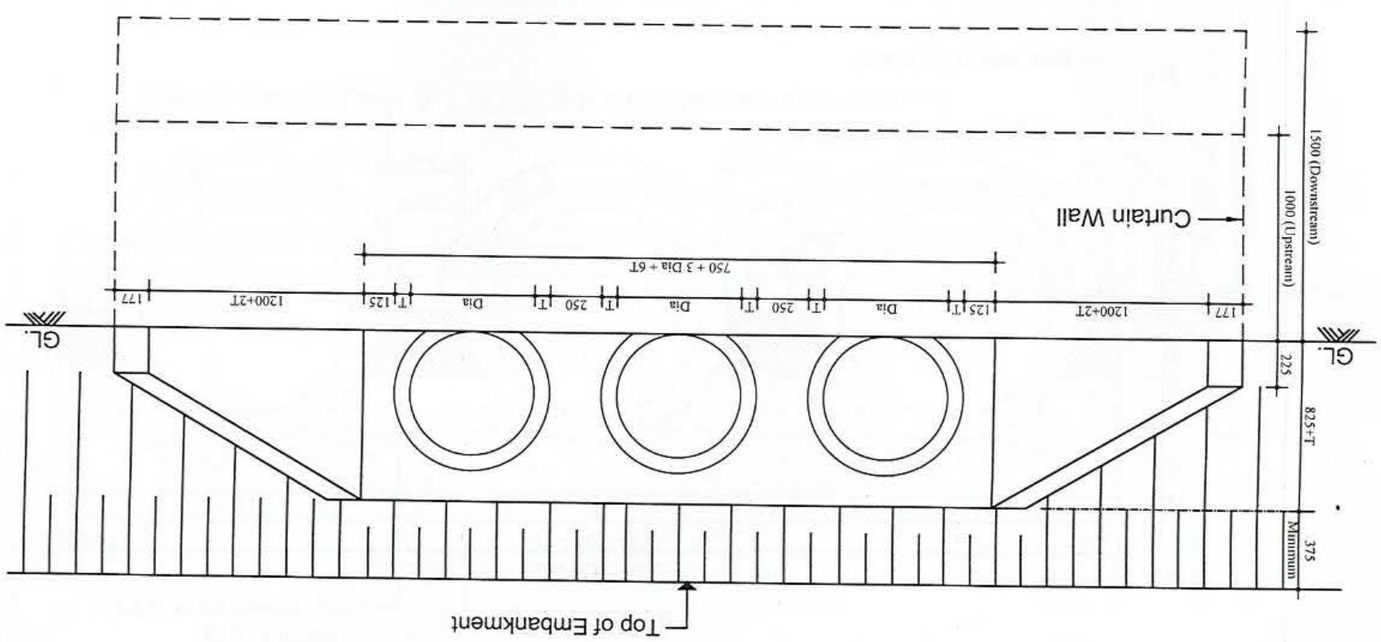
STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT
(Details of Typical Quadruple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 63)



PLAN OF QUADRUPLE PIPE CULVERT (PART)

চিত্র 8-২২: Structural Drawing of Quadruple Pipe Culvert (Dia 600mm)

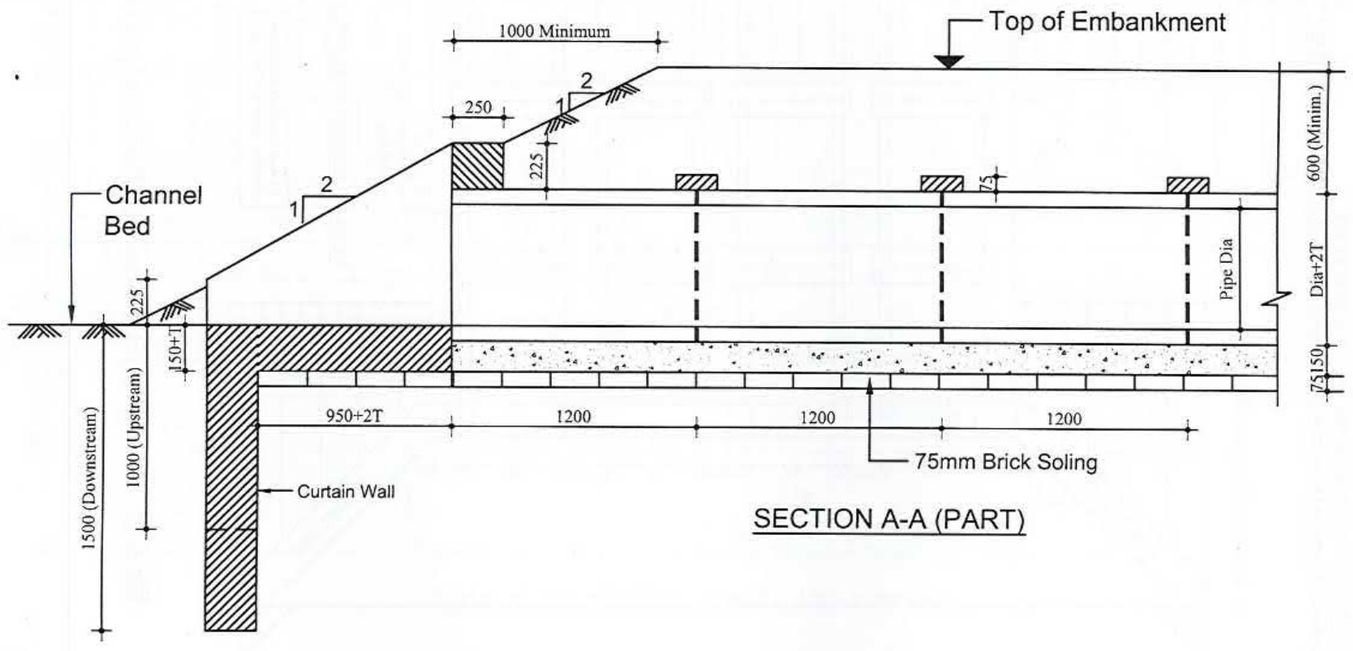
STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Triple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 62)



END VIEW SHOWING HEADWALL AND WINGWALL

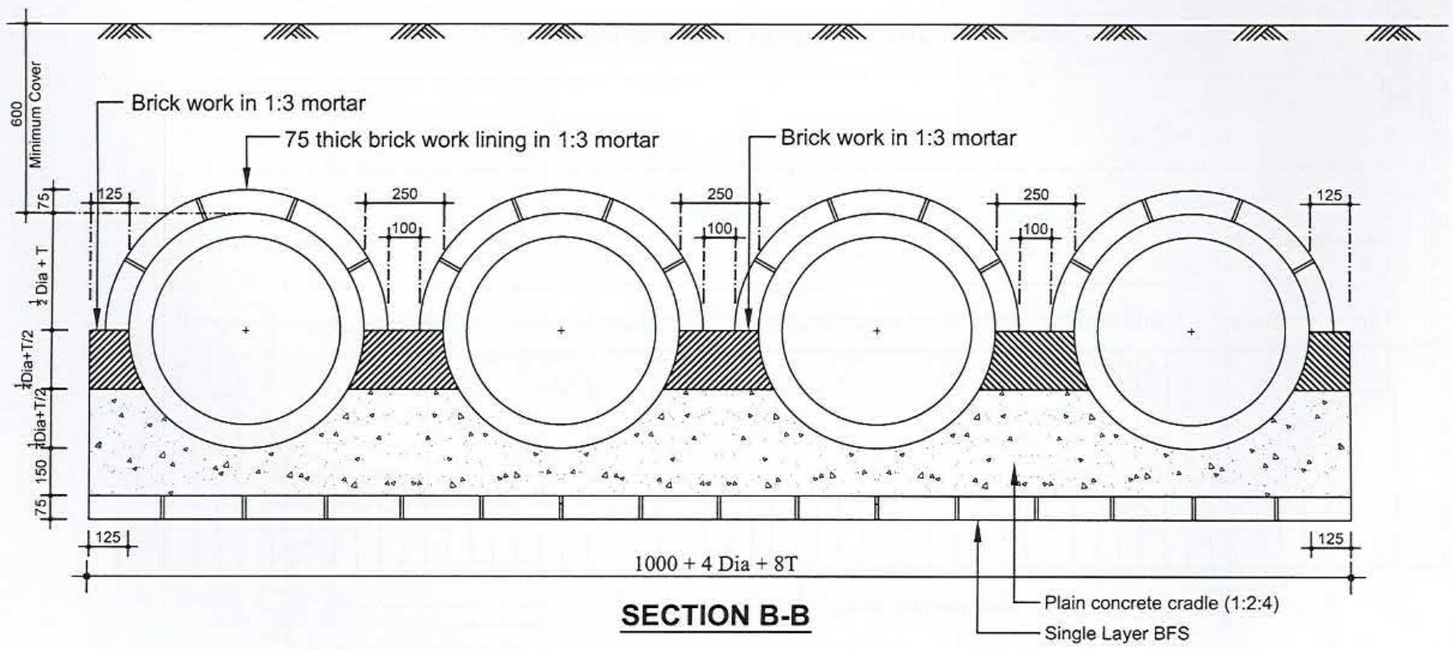
চিত্র 8-২২: Structural Drawing of Triple Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Quadruple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 63)



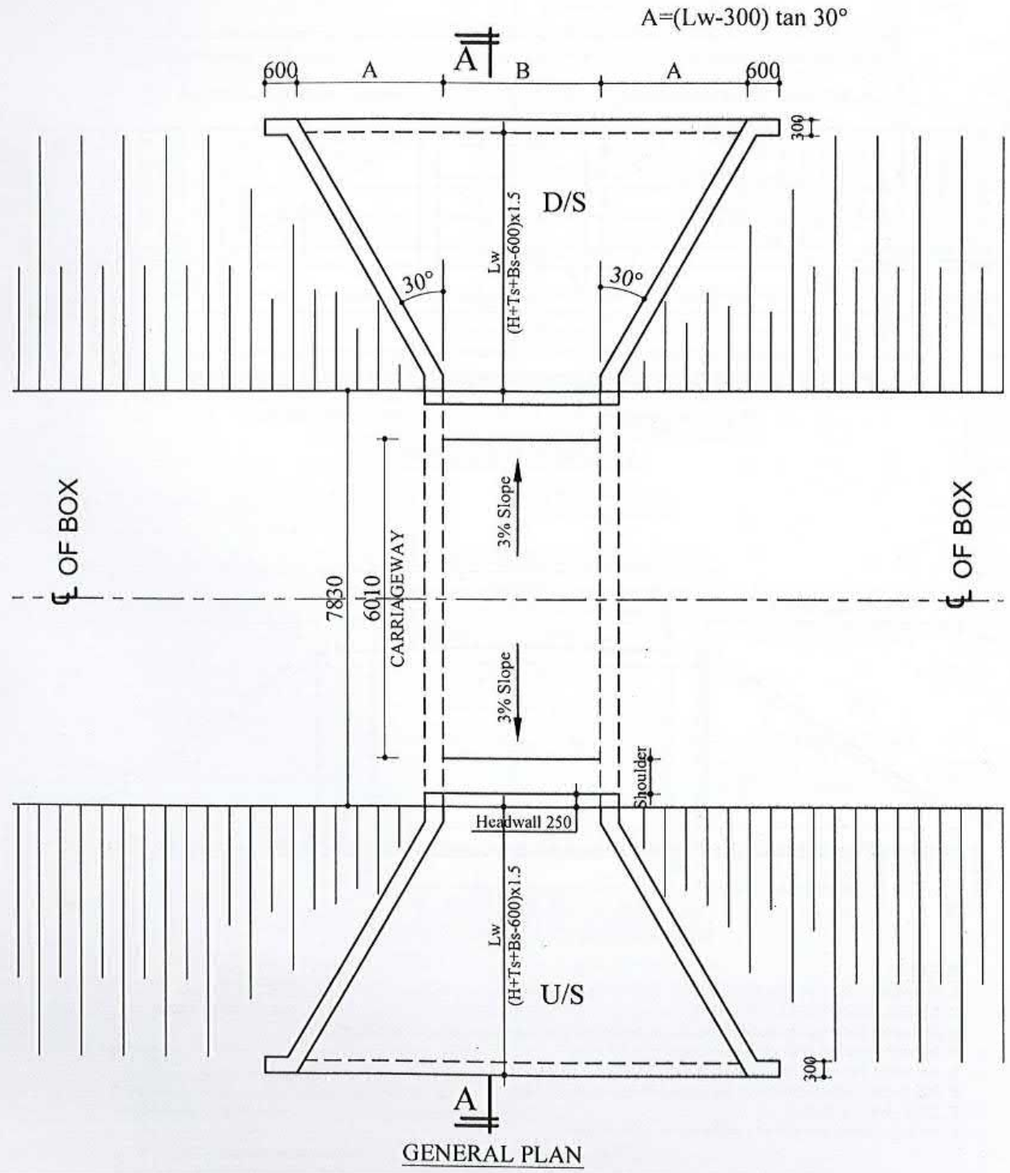
চিত্র 8-২৩: Structural Drawing of Quadruple Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Quadruple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 63)



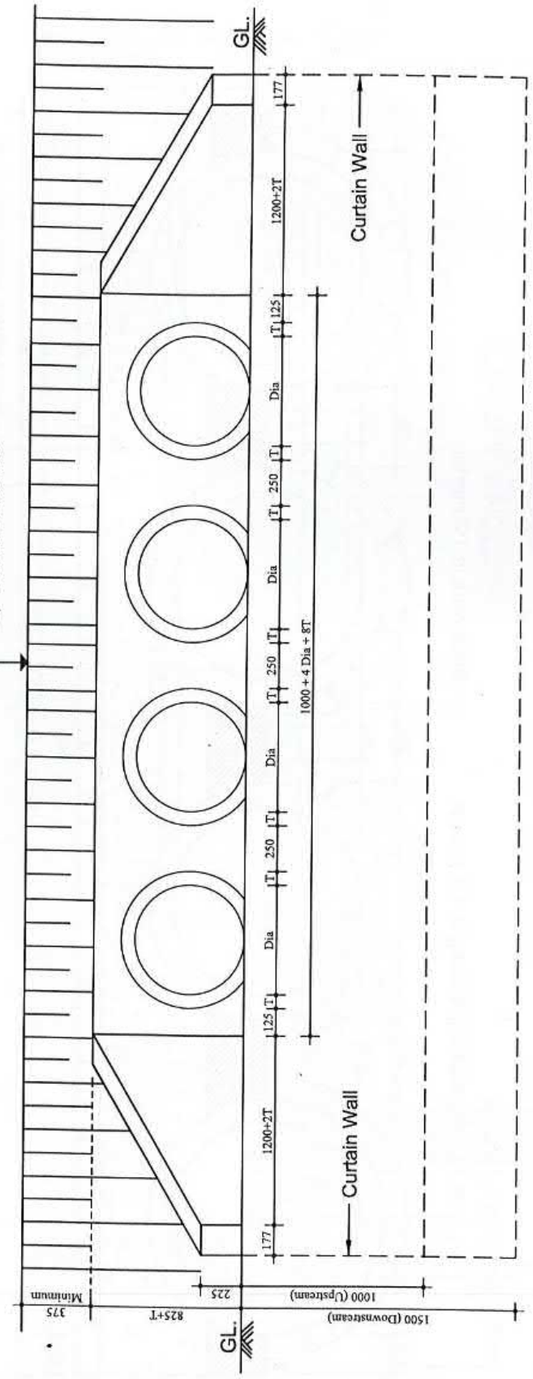
চিত্র 8-২৪: Structural Drawing of Quadruple Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
1-Vent Box Culvert



চিত্র 8-২৬: Structural Design of Single Vent Box Culvert

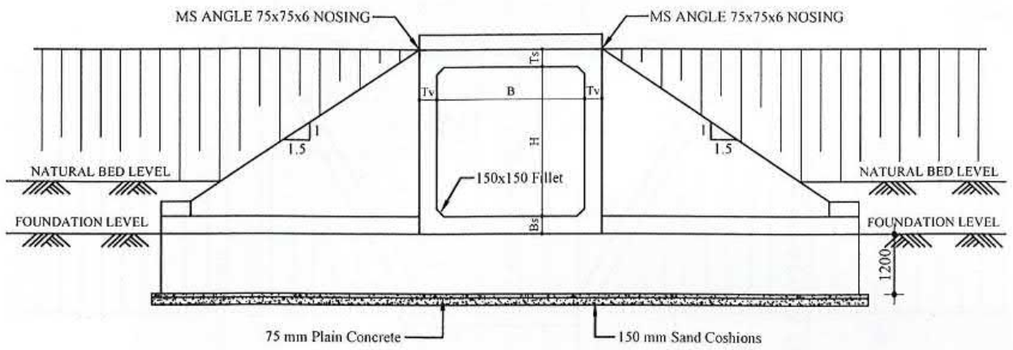
STRUCTURAL DRAWING OF PIPE CULVERT (Cont'd)
(Details of Typical Quadruple Pipe Culvert, Dia = 600mm, Design No. PC 63)



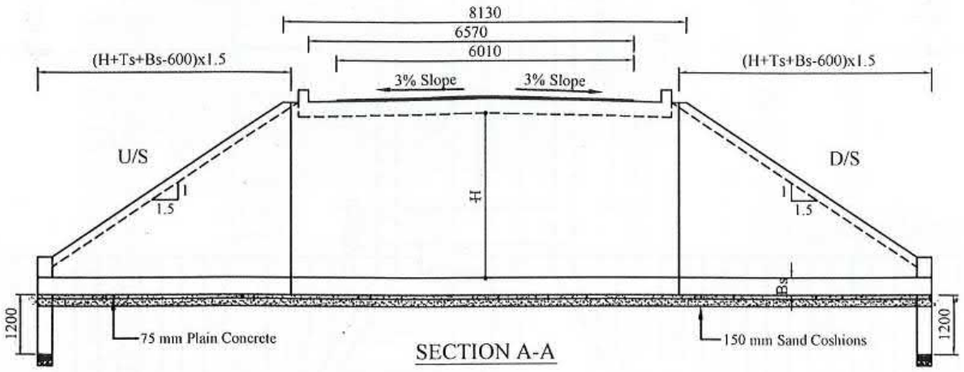
END VIEW SHOWING HEADWALL AND WINGWALL

চিত্র 8-২৫: Structural Drawing of Quadruple Pipe Culvert (Dia 600mm)

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
1-Vent Box Culvert



GENERAL ELEVATION



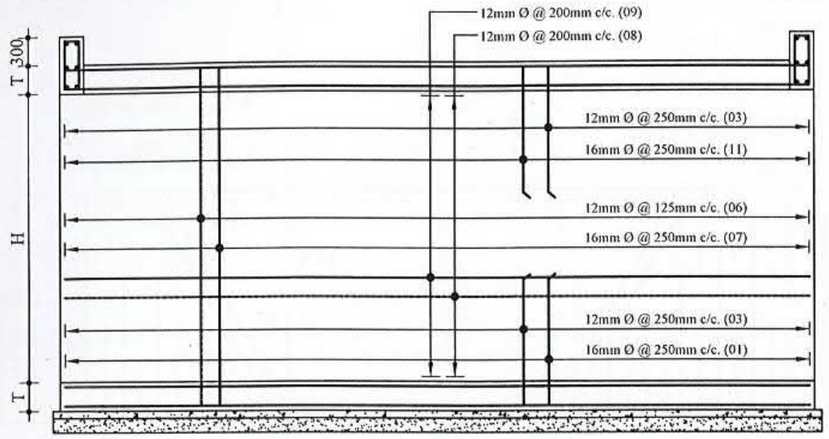
SECTION A-A

NOTES:
1. Foundation level will be placed about 600mm below lowest natural bed level
2. Sand cushion shall be with well-graded medium sand (FM 0.8)
3. Allowable bearing capacity of the soil beneath the box culvert shall be 80 KN/mm²
4. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
5. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa
6. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
7. Clear cover = 50mm
8. All dimensions are in mm unless otherwise shown

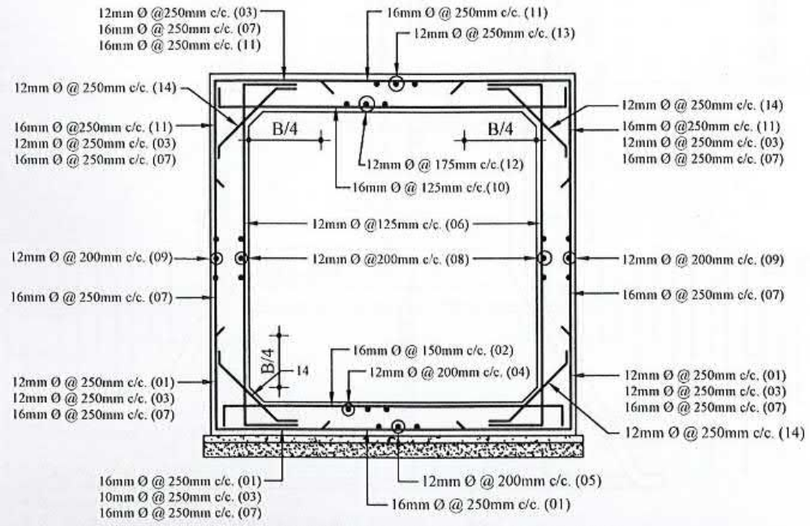
LEGEND:
U/S = UPSTREAM
D/S = DOWNSTREAM

চিত্র ৪-২৭: Structural Design of Single Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
1-Vent Box Culvert



VERTICAL WALL LONG SECTION REINFORCEMENT

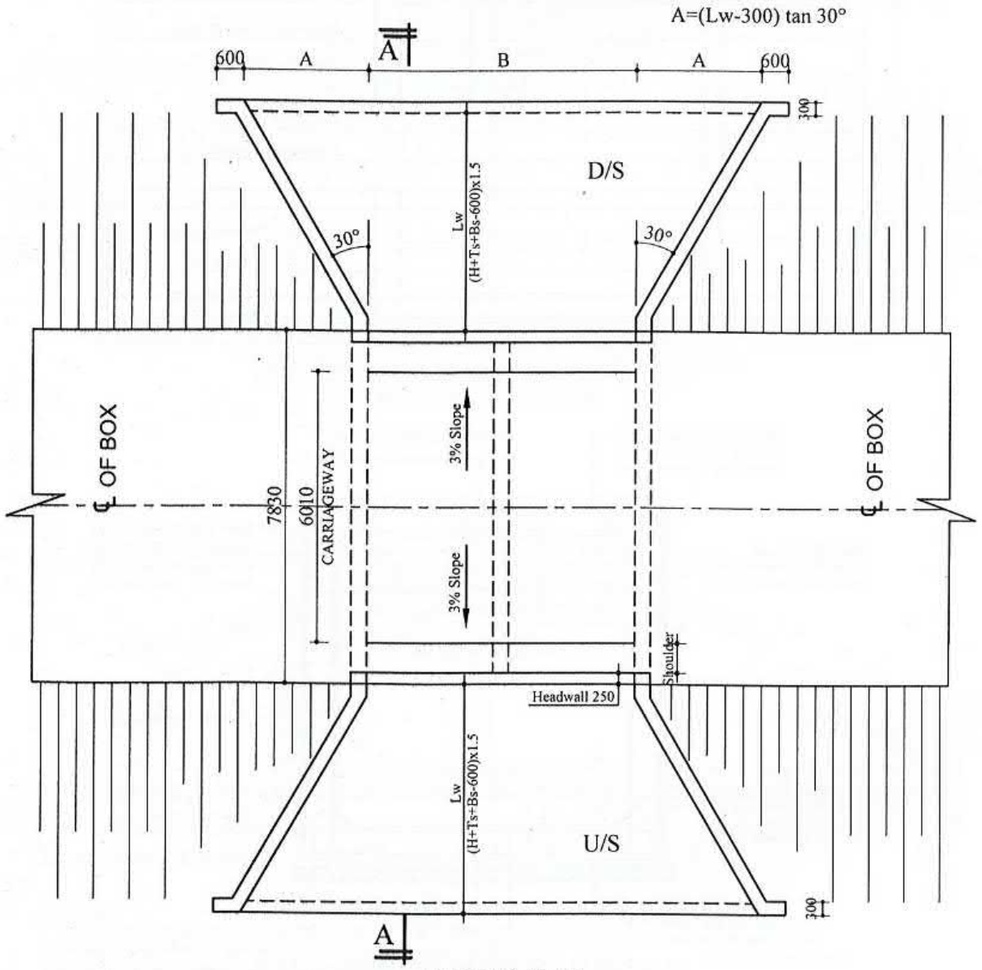


REINFORCEMENT DETAILS IN CROSS SECTION

NOTES:
1. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
2. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa
3. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
4. Clear cover = 50mm
5. Vertical & horizontal separators are to be provided at conjestion zones
6. All dimensions are in mm unless otherwise shown

চিত্র ৪-২৮: Structural Design of Single Vent Box Culvert

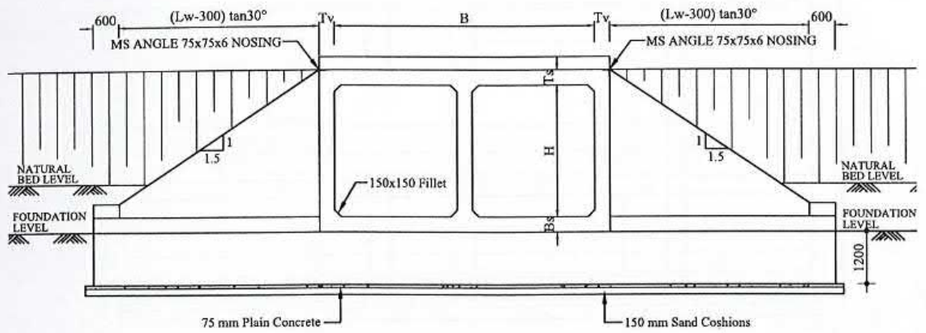
STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
2-Vent Box Culvert



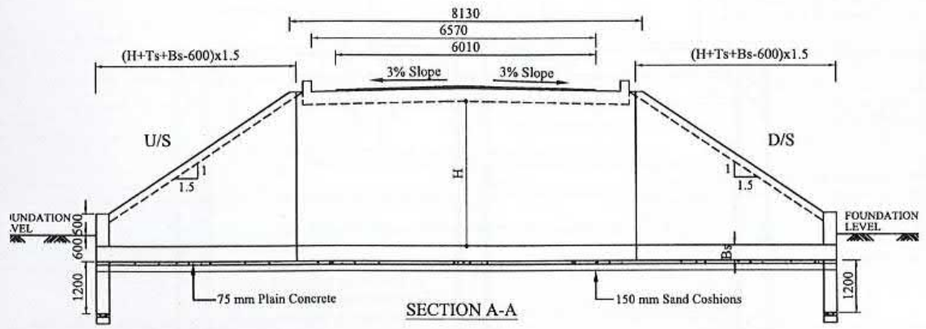
GENERAL PLAN

চিত্র ৪-২৯: Structural Design of Double Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
2-Vent Box Culvert



GENERAL ELEVATION



SECTION A-A

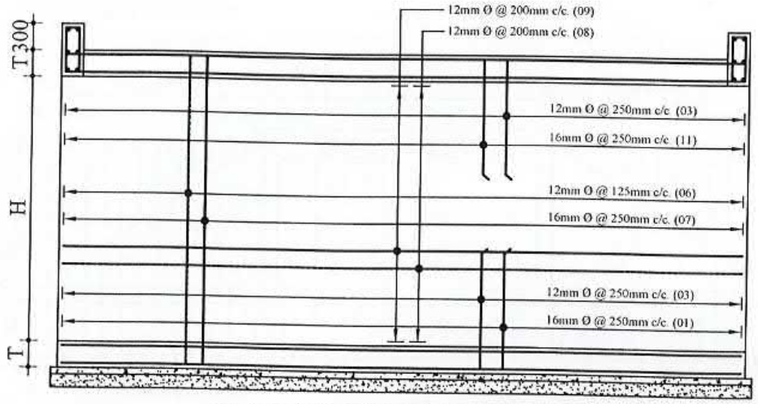
NOTES:

1. Foundation level will be placed about 600mm below lowest natural bed level
2. Sand cushion shall be with well-graded medium sand (FM 0.8)
3. Allowable bearing capacity of the soil beneath the box culvert shall be 80 KN/mm²
4. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
5. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa
6. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
7. Clear cover = 50mm
8. All dimensions are in mm unless otherwise shown

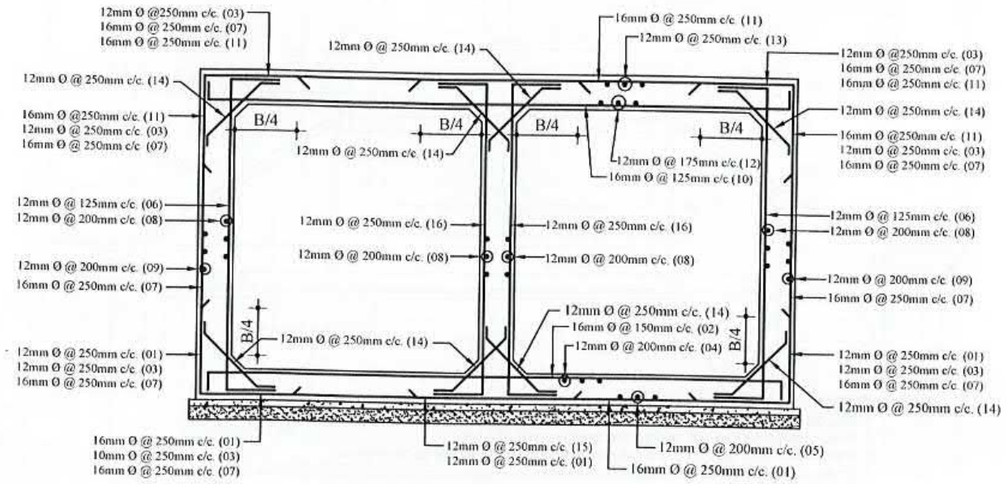
LEGEND:
U/S = UPSTREAM
D/S = DOWNSTREAM

চিত্র ৪-৩০: Structural Design of Double Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
2-Vent Box Culvert



VERTICAL WALL LONG SECTION REINFORCEMENT

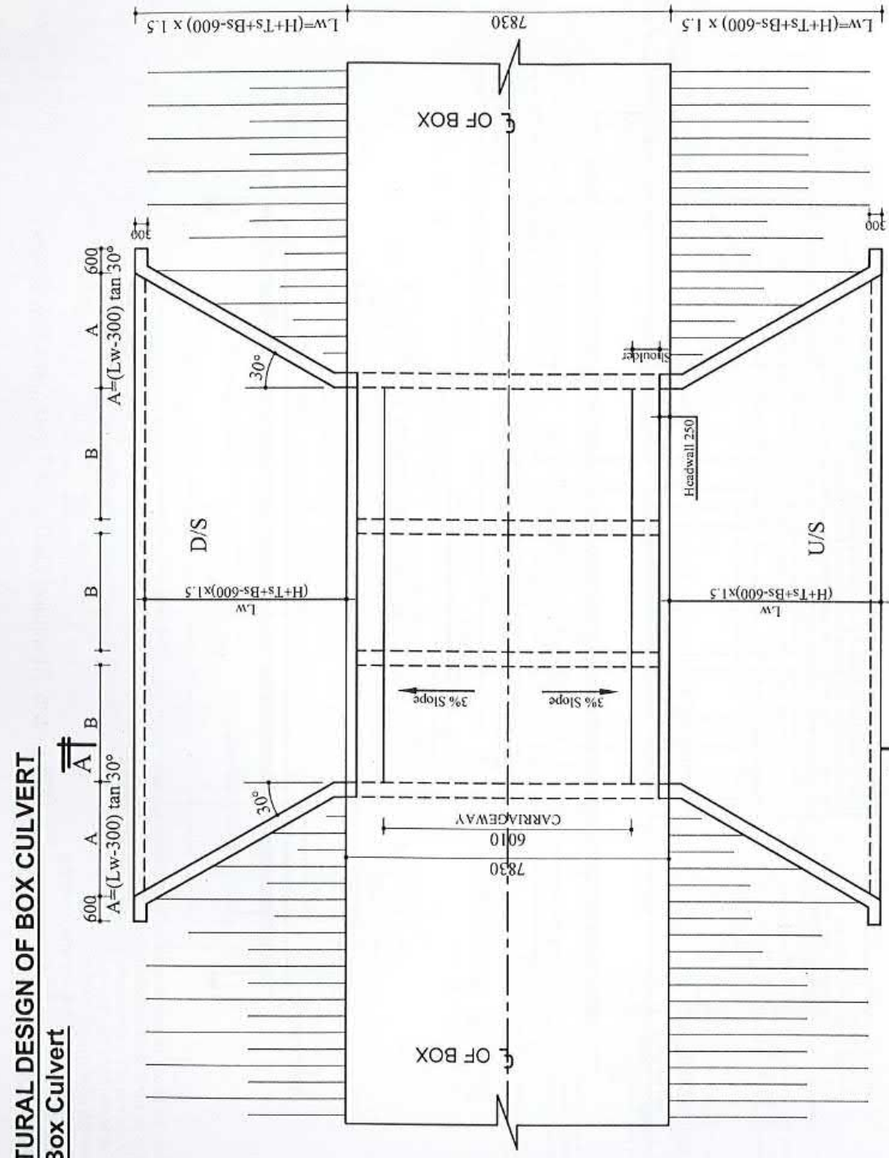


REINFORCEMENT DETAILS IN CROSS SECTION

NOTES:

1. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
2. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa
3. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
4. Clear cover = 50mm
5. Vertical & horizontal separators are to be provided at conjestion zones
6. All dimensions are in mm unless otherwise shown

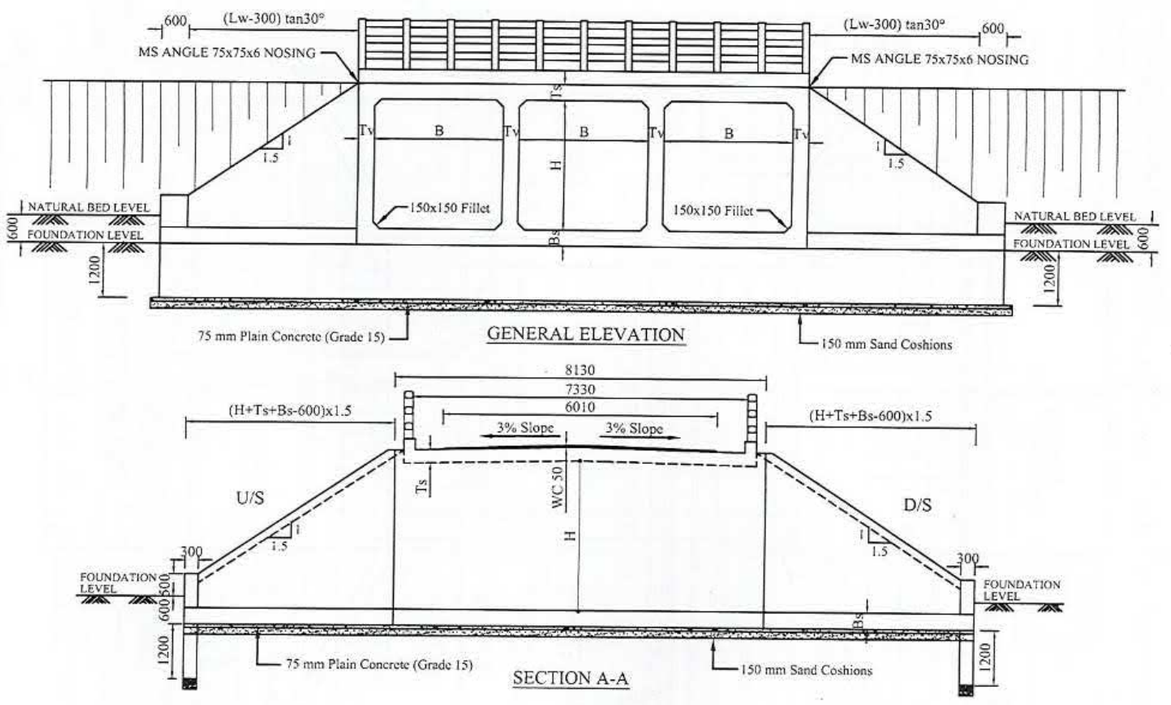
চিত্র 8-৩১: Structural Design of Double Vent Box Culvert



STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
3-Vent Box Culvert

চিত্র 8-৩২: Structural Design of Triple Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
3-Vent Box Culvert



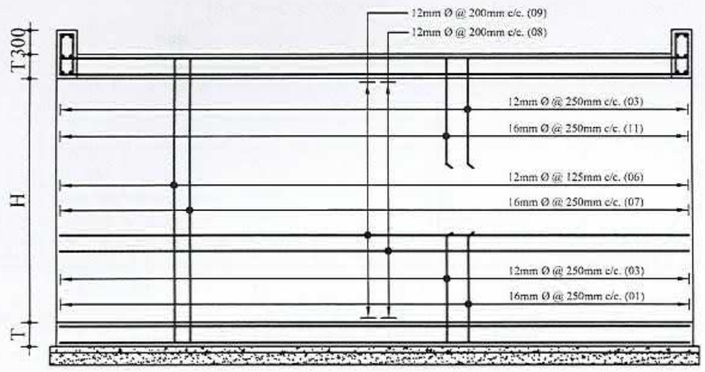
NOTES:

1. Foundation level will be placed about 600mm below lowest natural bed level
2. Sand cushion shall be with well-graded medium sand (FM 0.8)
3. Allowable bearing capacity of the soil beneath the box culvert shall be 80 KN/mm²
4. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
5. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa
6. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
7. Clear cover = 50mm
8. All dimensions are in mm unless otherwise shown

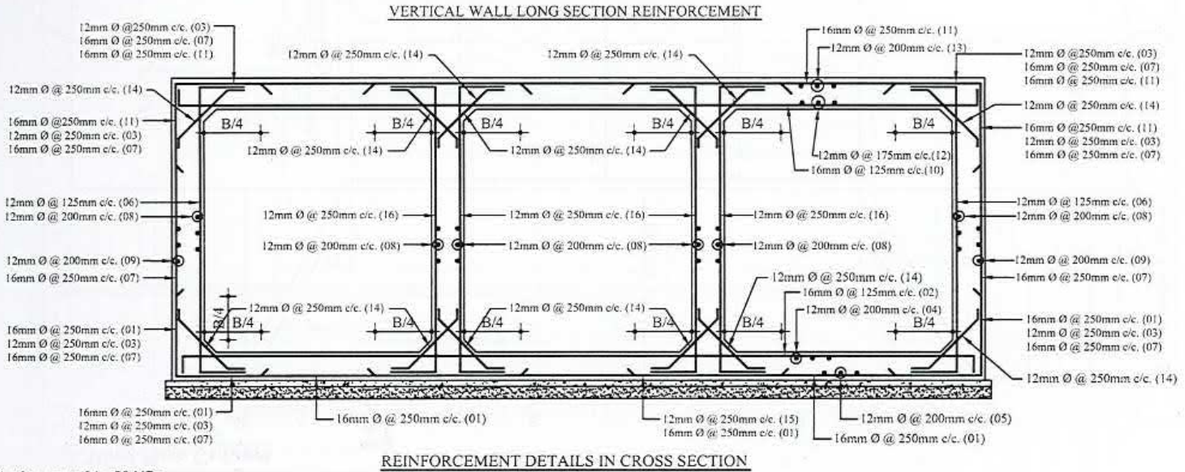
LEGEND:
U/S = UPSTREAM
D/S = DOWNSTREAM

চিত্র 8-৩৩: Structural Design of Triple Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
3-Vent Box Culvert



VERTICAL WALL LONG SECTION REINFORCEMENT



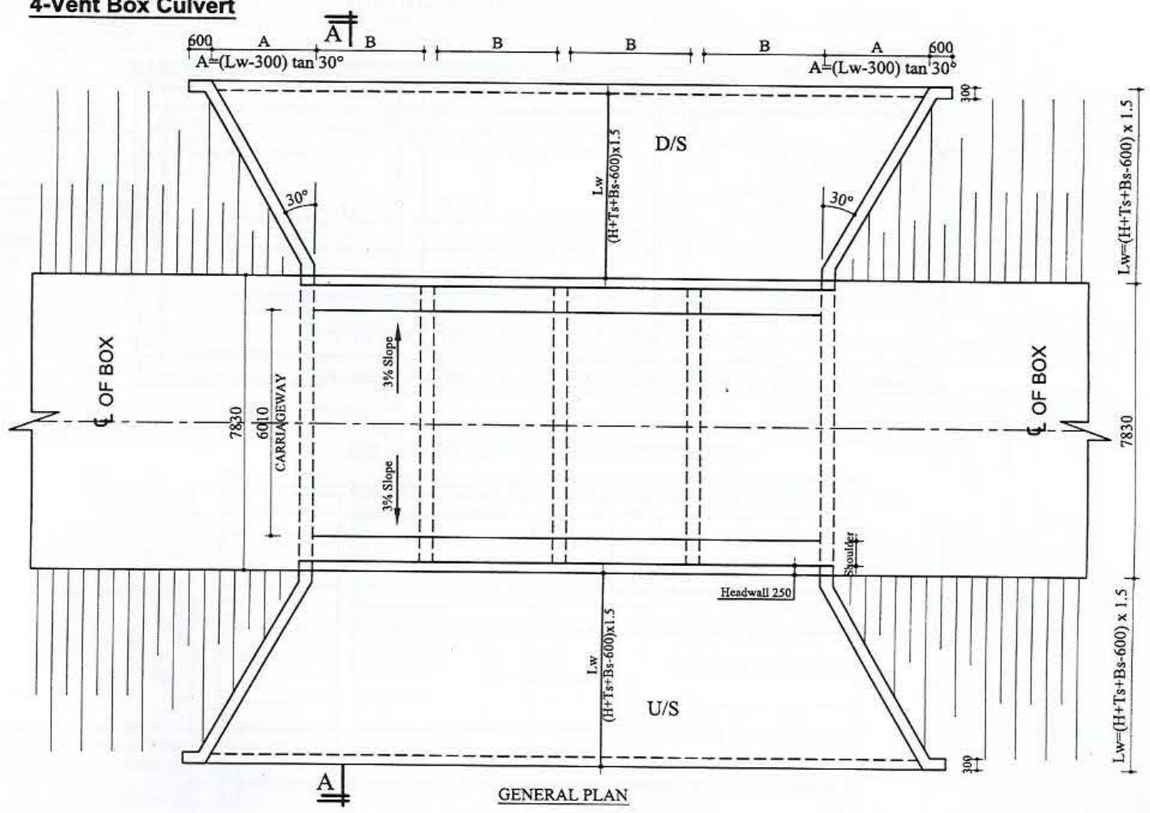
REINFORCEMENT DETAILS IN CROSS SECTION

NOTES:

1. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
2. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa (BDS 1313)
3. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
4. Clear cover = 50mm
5. Vertical & horizontal separators are to be provided at conjestion zones
6. All dimensions are in mm unless otherwise shown

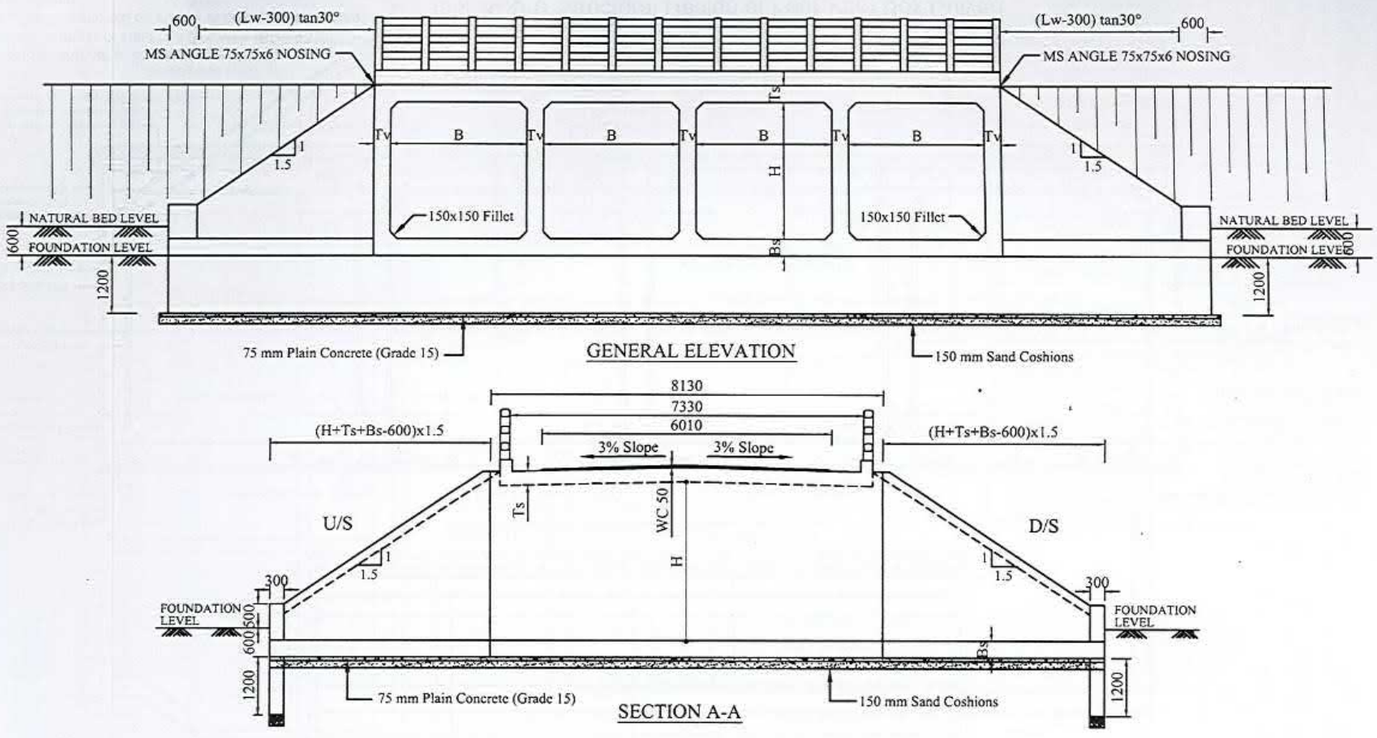
চিত্র 8-৩৪: Structural Design of Triple Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
4-Vent Box Culvert



চিত্র ৪-৩৫: Structural Design of Triple Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
4-Vent Box Culvert



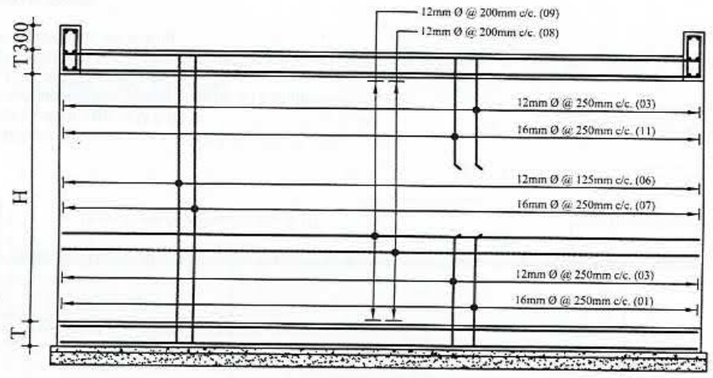
NOTES:

1. Foundation level will be placed about 600mm below lowest natural bed level
2. Sand cushion shall be with well-graded medium sand (FM 0.8)
3. Allowable bearing capacity of the soil beneath the box culvert shall be 80 KN/mm²
4. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
5. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa
6. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
7. Clear cover = 50mm
8. All dimensions are in mm unless otherwise shown

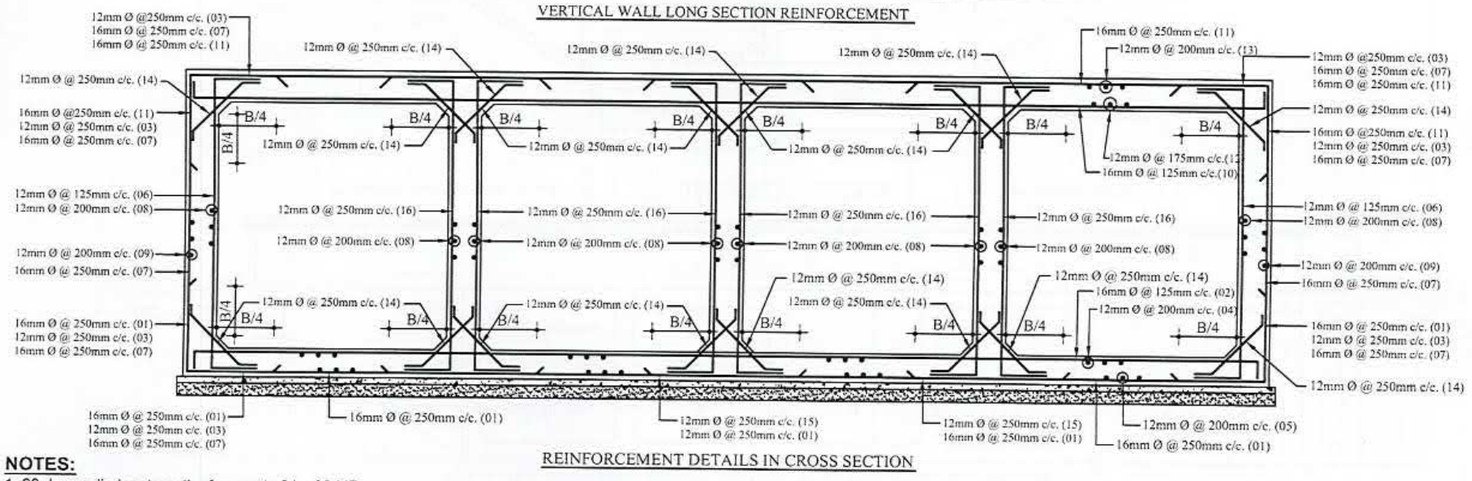
LEGEND:
U/S = UPSTREAM
D/S = DOWNSTREAM

চিত্র ৪-৩৬: Structural Design of Four Vent Box Culvert

STRUCTURAL DESIGN OF BOX CULVERT
4-Vent Box Culvert



VERTICAL WALL LONG SECTION REINFORCEMENT

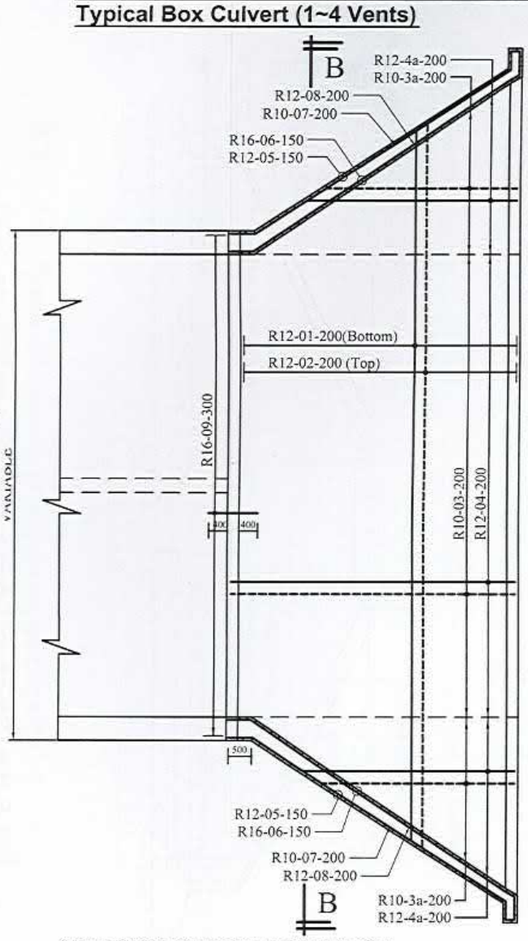


REINFORCEMENT DETAILS IN CROSS SECTION

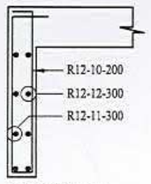
NOTES:
1. 28 days cylinder strength of concrete fc' = 20 MPa
2. Minimum yield strength of steel fy = 275 MPa (BDS 1313)
3. MS angle ∠75x75x6mm will be placed at box ends as nosing
4. Clear cover = 50mm
5. Vertical & horizontal separators are to be provided at conjestion zones
6. All dimensions are in mm unless otherwise shown

চিত্র 8-৩৭: Structural Design of Four Vent Box Culvert

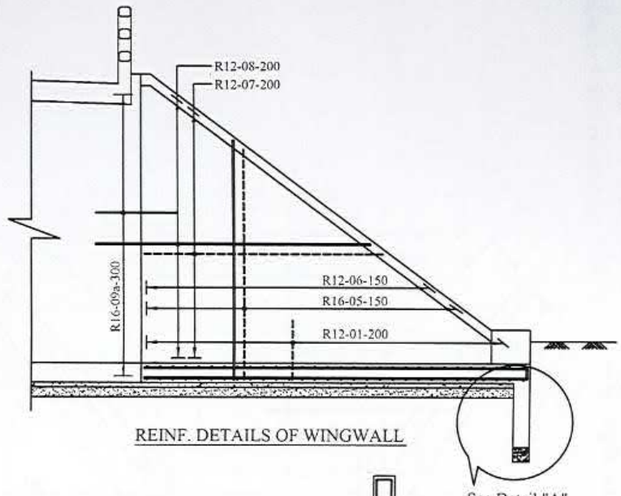
STRUCTURAL DESIGN OF APRON AND WINGWALL FOR BOX CULVERT
Typical Box Culvert (1~4 Vents)



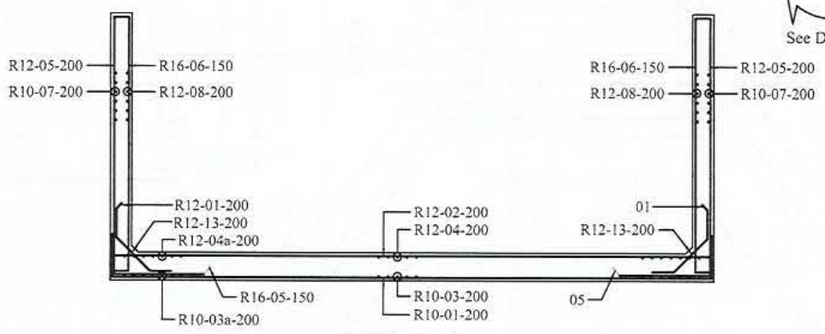
REINFORCEMENT DETAILS OF APRON



DETAILS "A"
REINF. DETAILS OF CUTOFF WALL



REINF. DETAILS OF WINGWALL



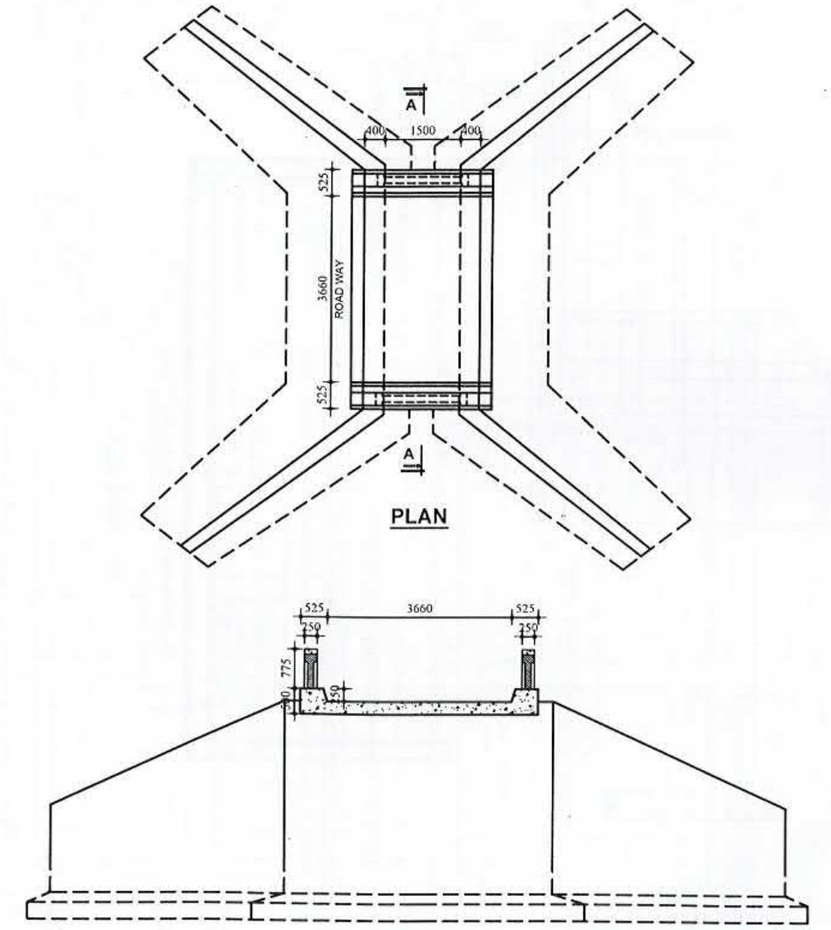
SECTION B-B

NOTES:
1. 28 DAYS CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE: fc' = 20 MPa
2. MINIMUM YIELD STRENGTH OF REINFORCING STEEL: fy = 275 MPa (BDS 1313)
3. CLEAR COVER: 50 mm.
4. ALL DIMENSIONS ARE IN mm UNLESS OTHERWISE SHOWN

চিত্র 8-৩৮: Structural Design of Apron & Wingwall

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-1

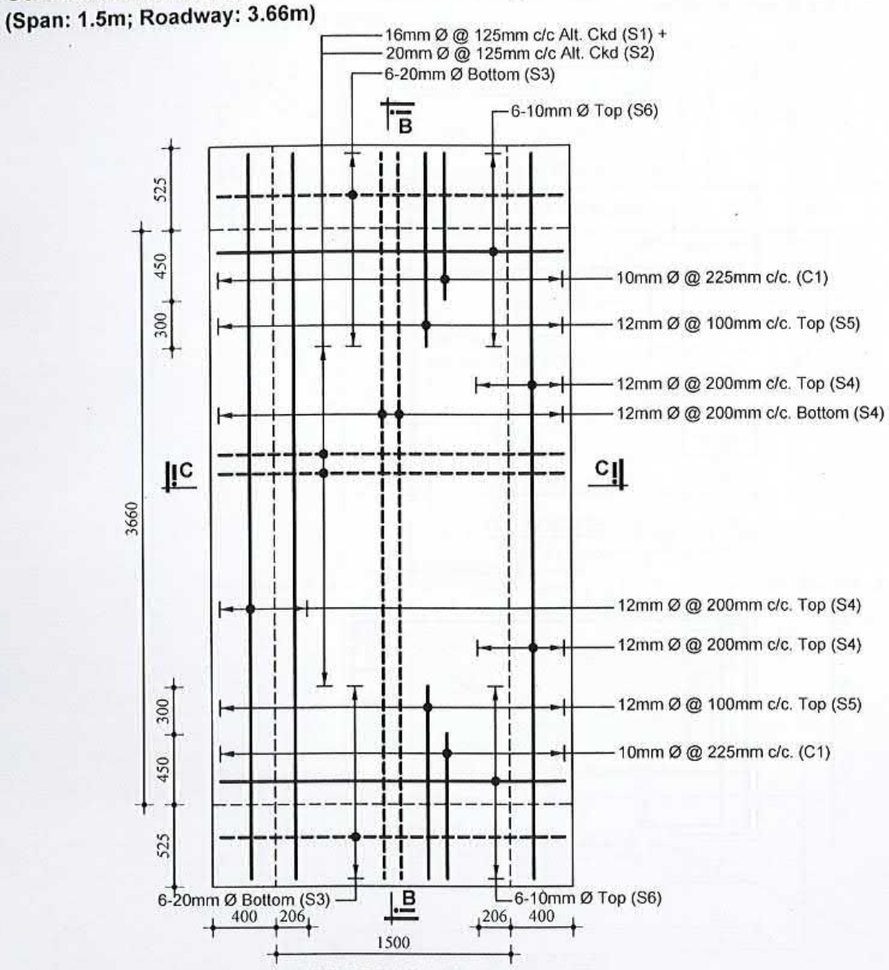
(Span: 1.5m; Roadway: 3.66m)



চিত্র ৪-৩৯: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-1

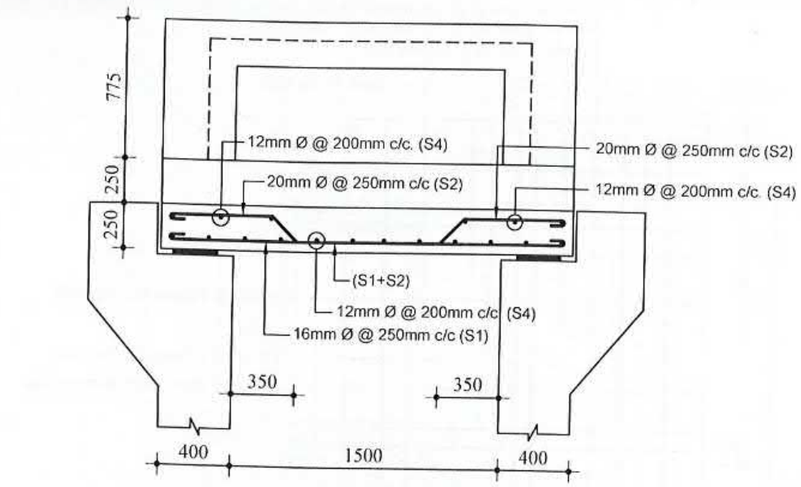
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-1

(Span: 1.5m; Roadway: 3.66m)

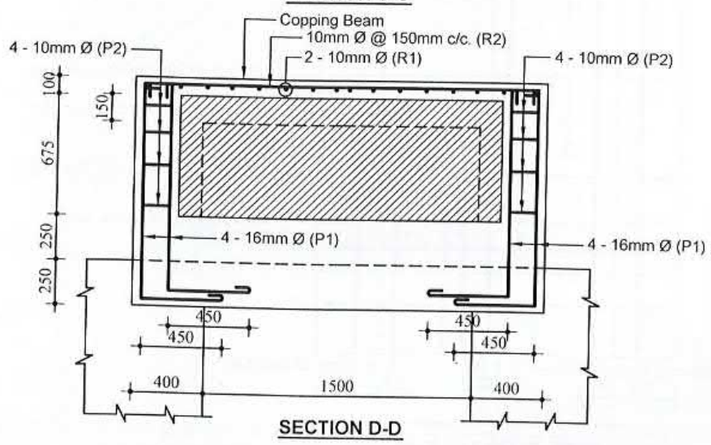


চিত্র ৪-৪০: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-1

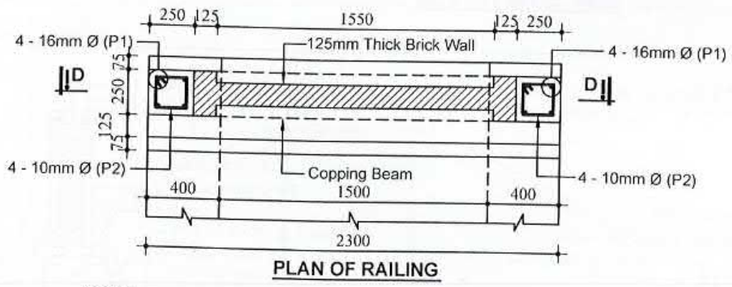
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-1
(Span: 1.5m; Roadway: 3.66m)



SECTION C-C



SECTION D-D



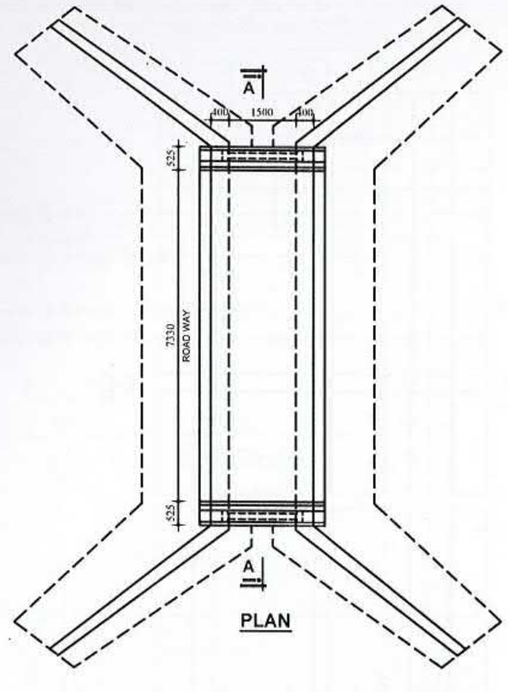
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

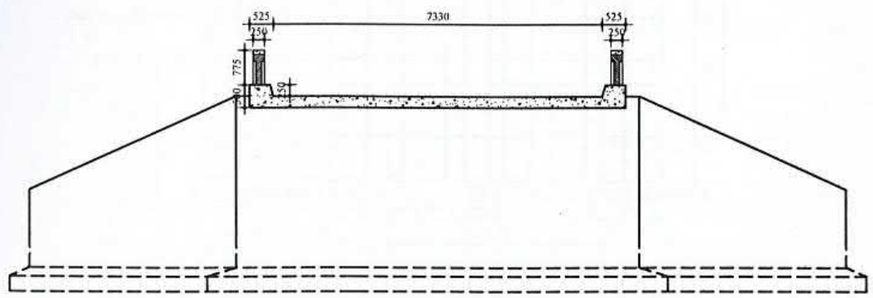
28 days concrete cylinder strength f"c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

চিত্র 8-৪১: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-1

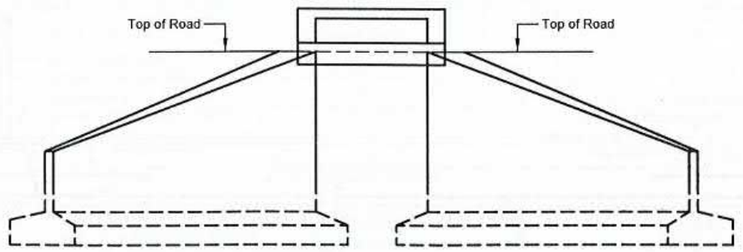
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-2
(Span: 1.5m; Roadway: 7.33m)



PLAN



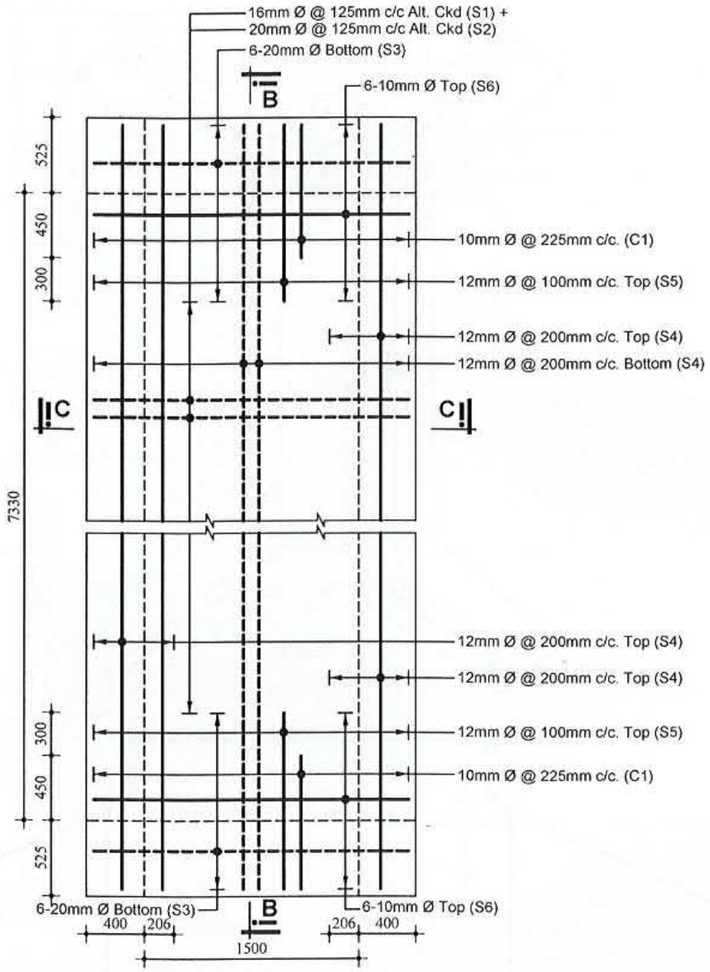
SECTION A-A



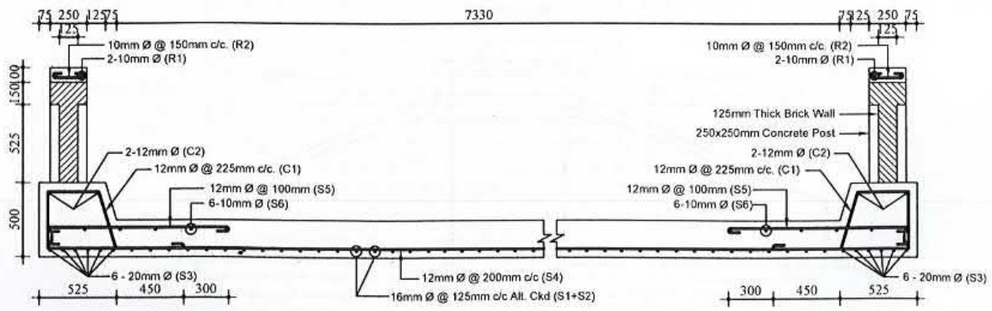
ELEVATION

চিত্র 8-৪২: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-2

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-2
(Span: 1.5m; Roadway: 7.33m)



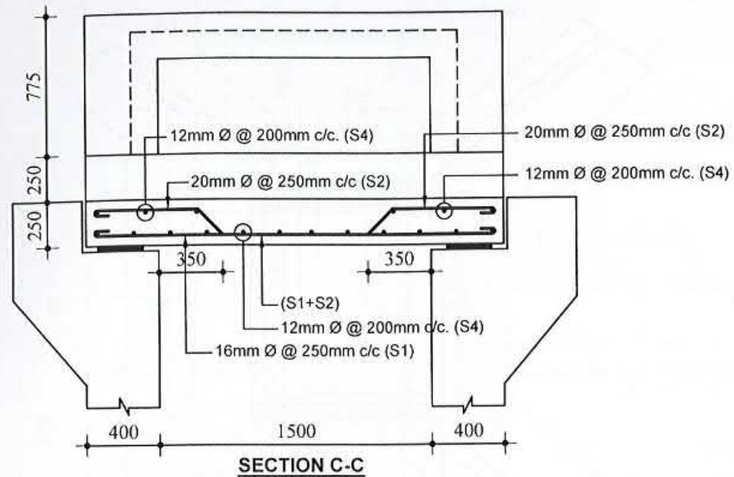
REINF. DETAILS OF SLAB



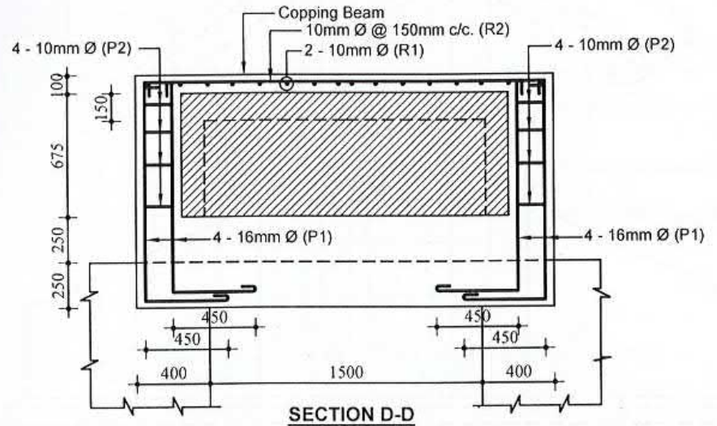
SECTION B-B

চিত্র 8-৪৩: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-2

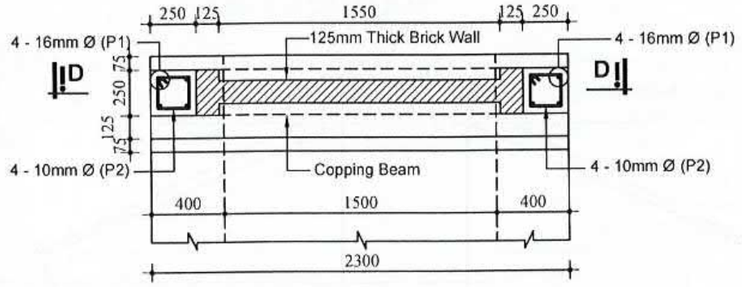
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-2
(Span: 1.5m; Roadway: 7.33m)



SECTION C-C



SECTION D-D



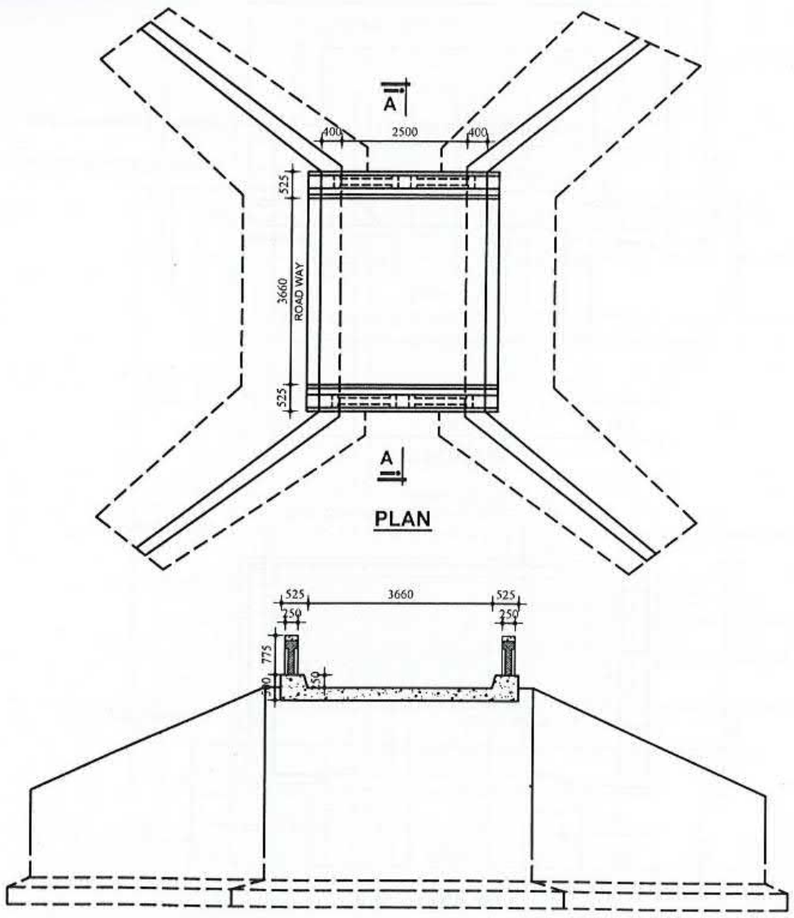
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

28 days concrete cylinder strength f"c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

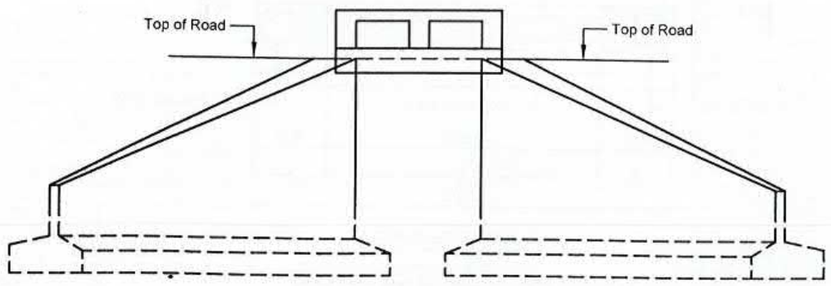
চিত্র 8-88: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-2

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-3
(Span: 2.5m; Roadway: 3.66m)



PLAN

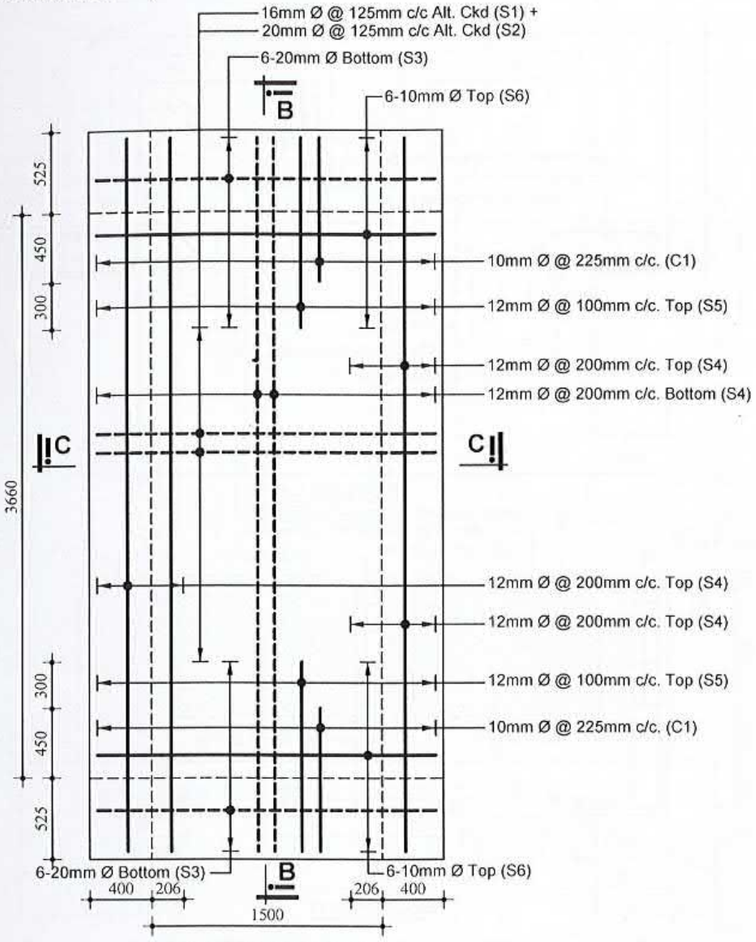
SECTION A-A



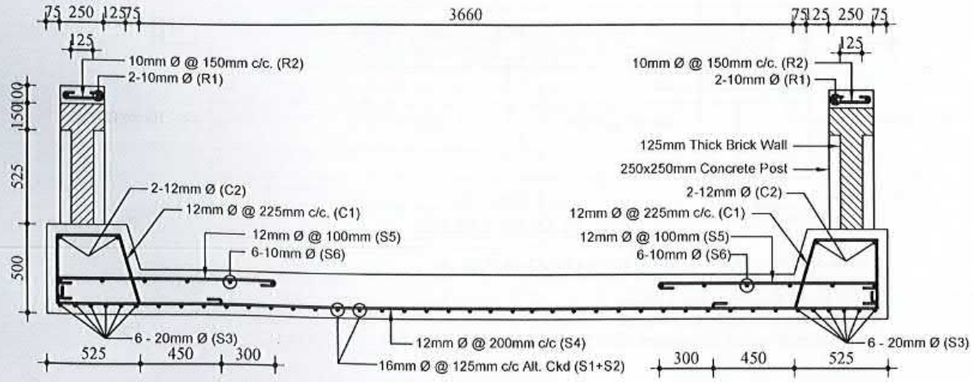
ELEVATION

চিত্র 8-৪৫: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-3

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-3
(Span: 2.5m; Roadway: 3.66m)



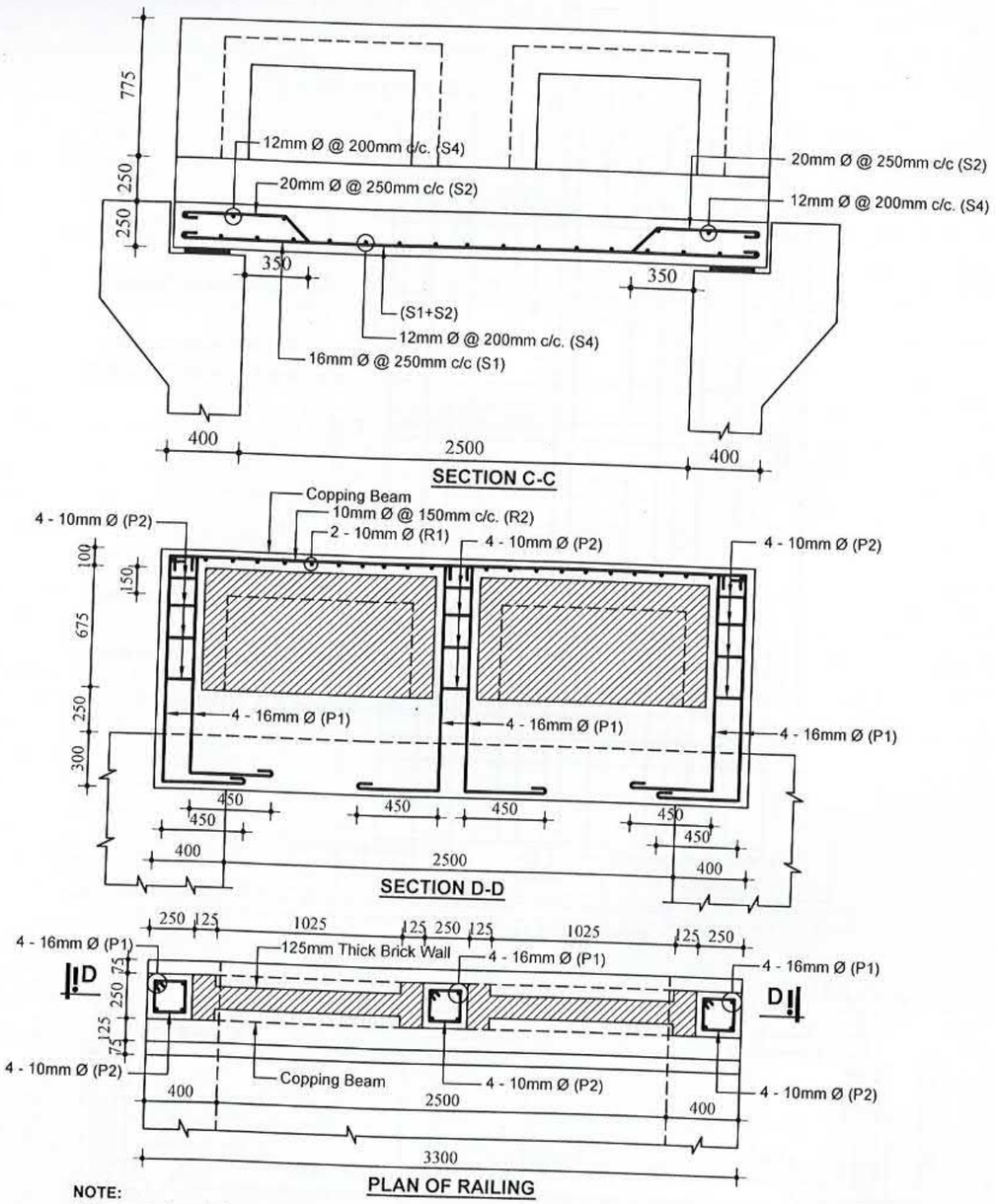
REINF. DETAILS OF SLAB



SECTION B-B

চিত্র 8-৪৬: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-3

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-3
(Span: 2.5m; Roadway: 3.66m)

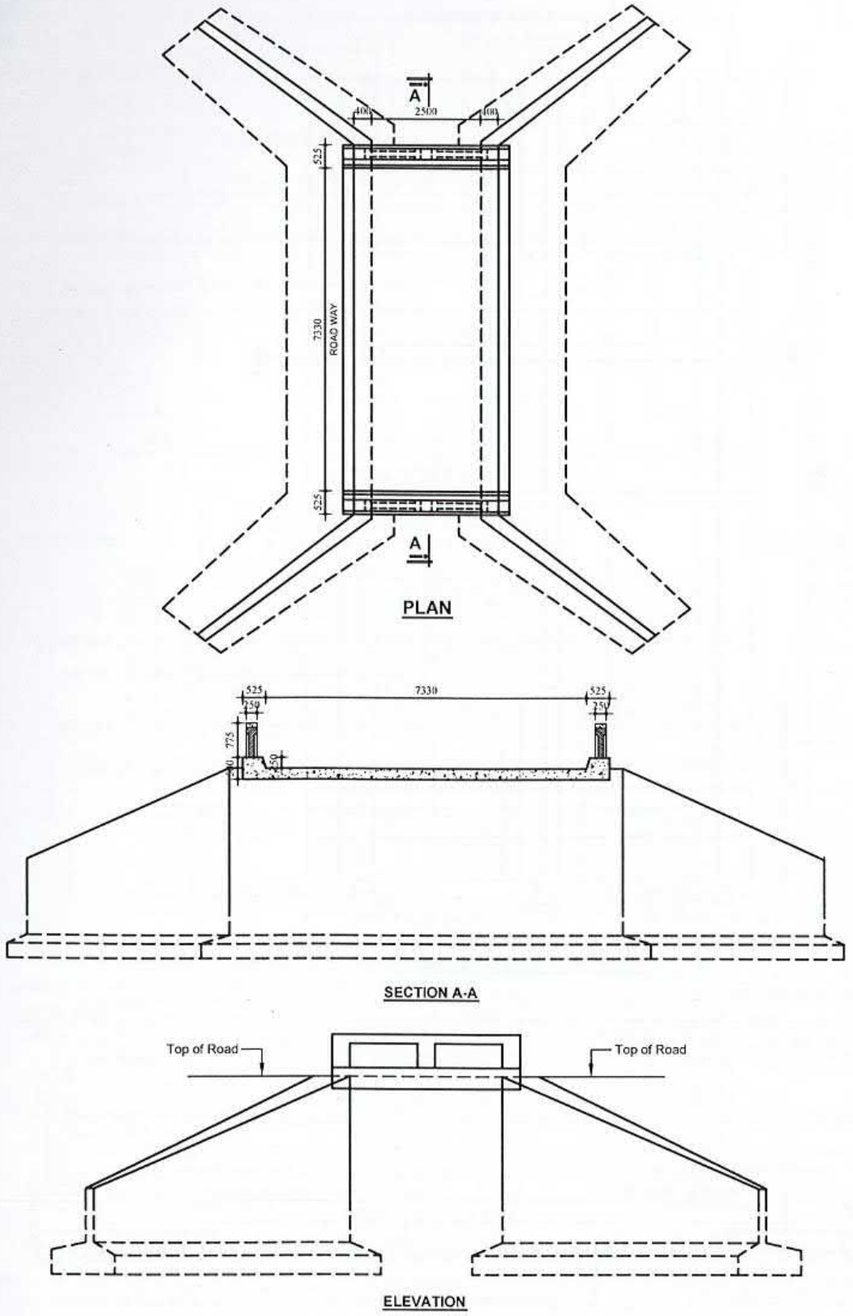


NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

28 days concrete cylinder strength f'c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

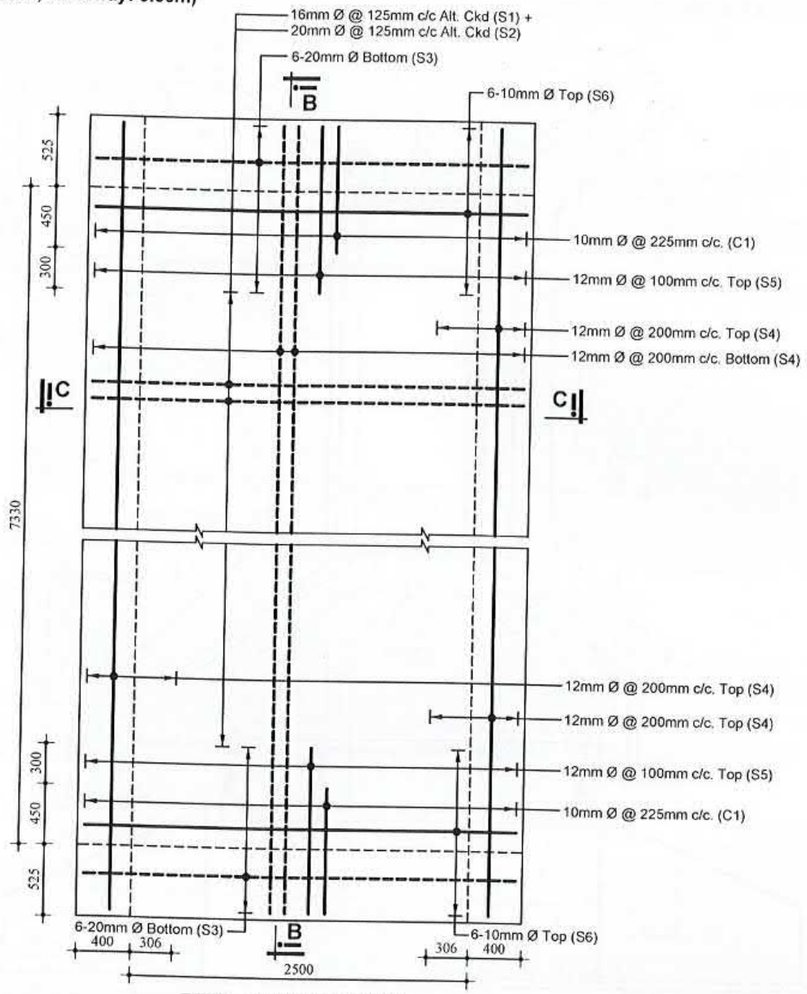
চিত্র 8-৪৭: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-3

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-4
(Span: 2.5m; Roadway: 7.33m)

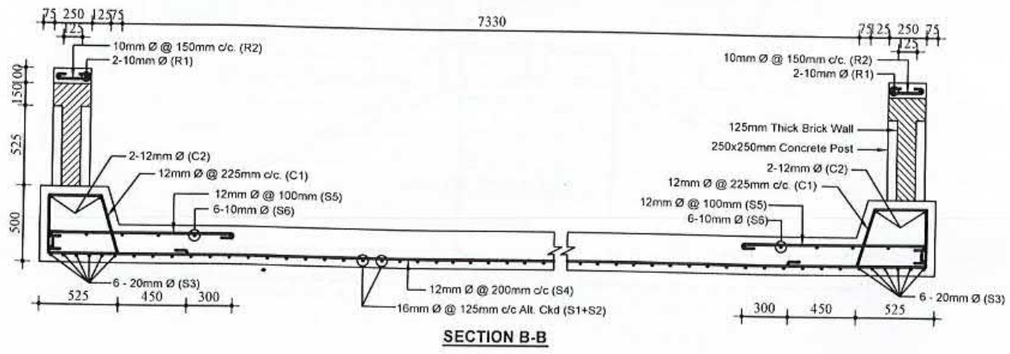


চিত্র 8-৪৮: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-4

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-4
(Span: 2.5m; Roadway: 3.66m)



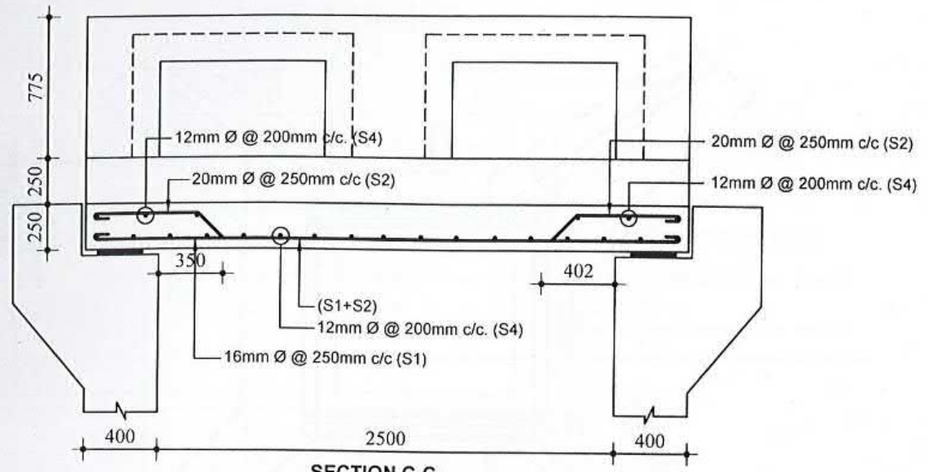
REINF. DETAILS OF SLAB



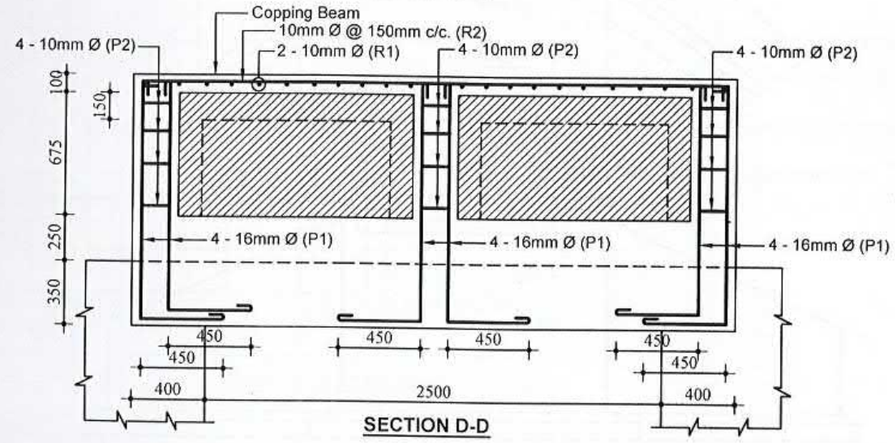
SECTION B-B

চিত্র 8-৪৯: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-4

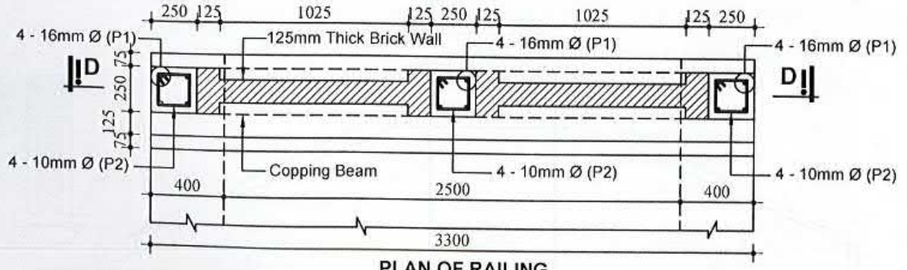
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-4
(Span: 2.5m; Roadway: 3.66m)



SECTION C-C



SECTION D-D



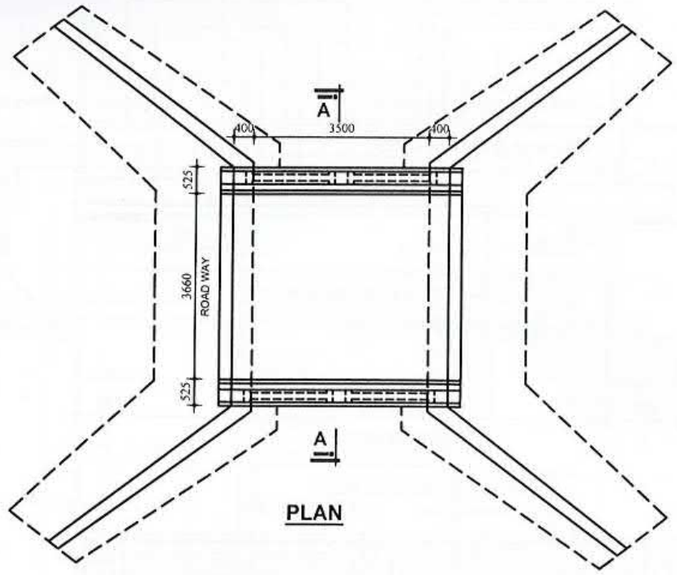
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

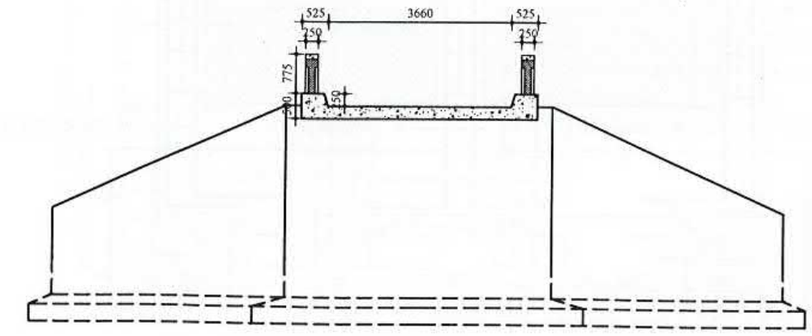
28 days concrete cylinder strength f'c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

চিত্র 8-৫০: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-4

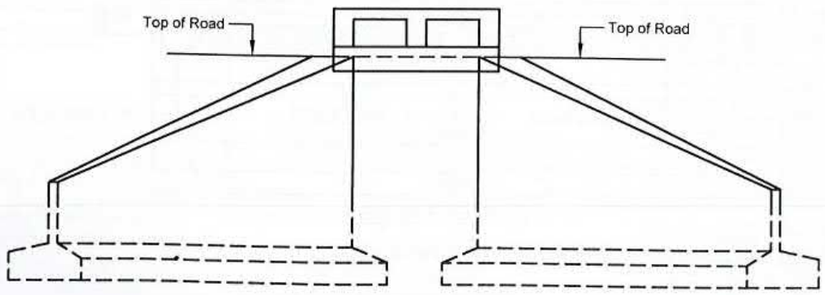
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-5
(Span: 3.5m; Roadway: 3.66m)



PLAN



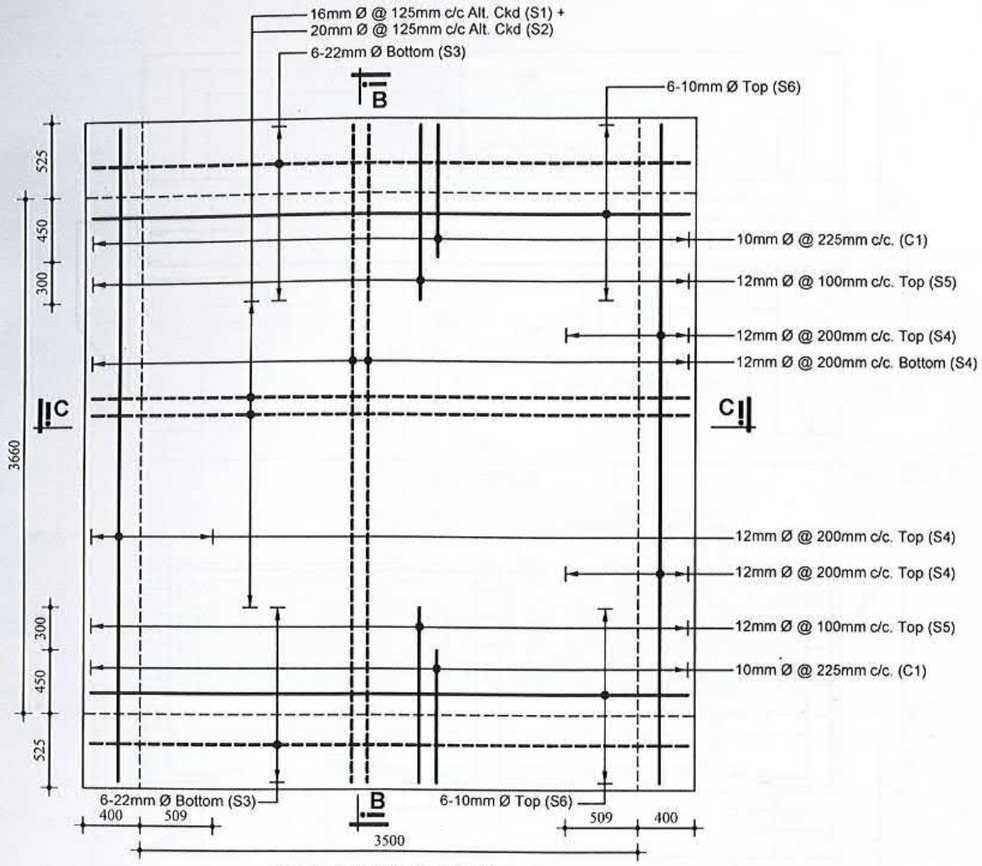
SECTION A-A



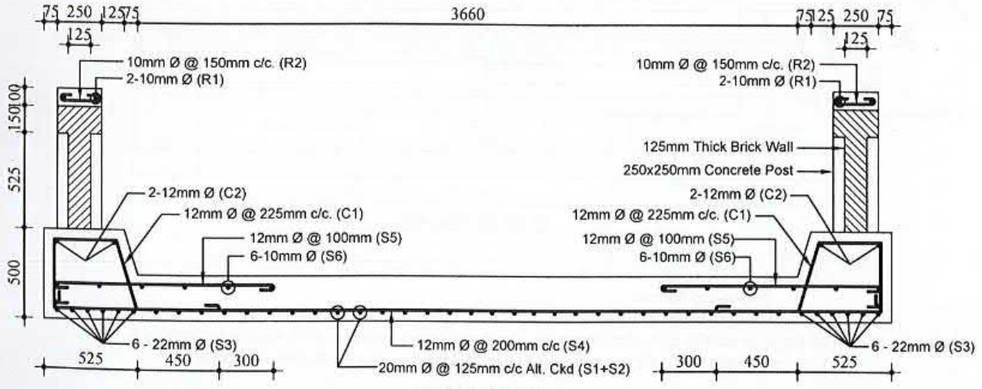
ELEVATION

চিত্র 8-৫১: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-5

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-5
(Span: 3.5m; Roadway: 3.66m)



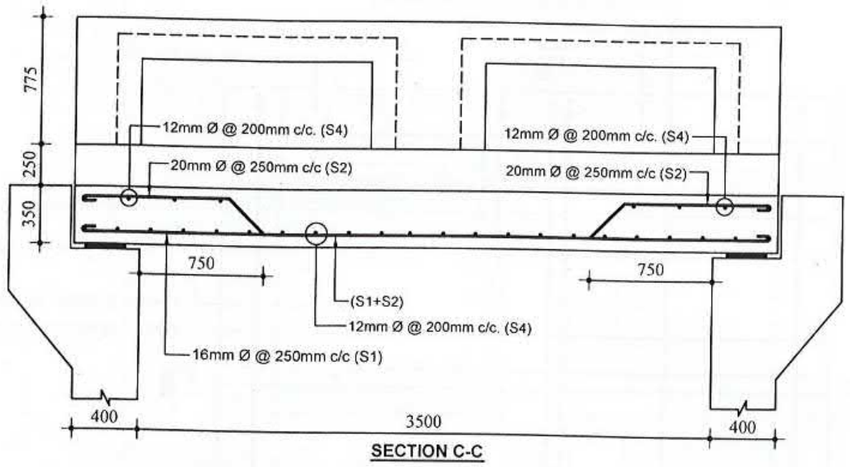
REINF. DETAILS OF SLAB



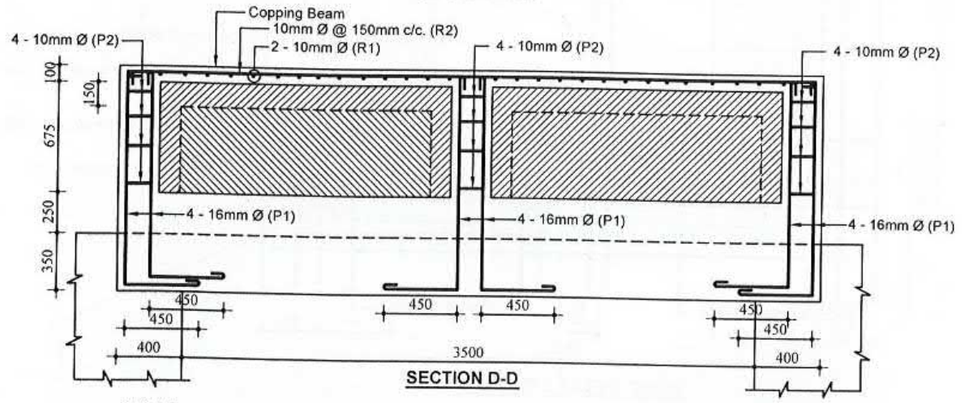
SECTION B-B

চিত্র 8-৫২: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-5

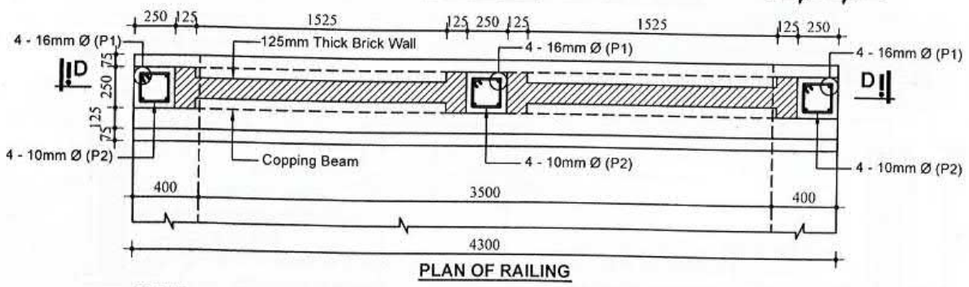
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-5
(Span: 3.5m; Roadway: 3.66m)



SECTION C-C



SECTION D-D



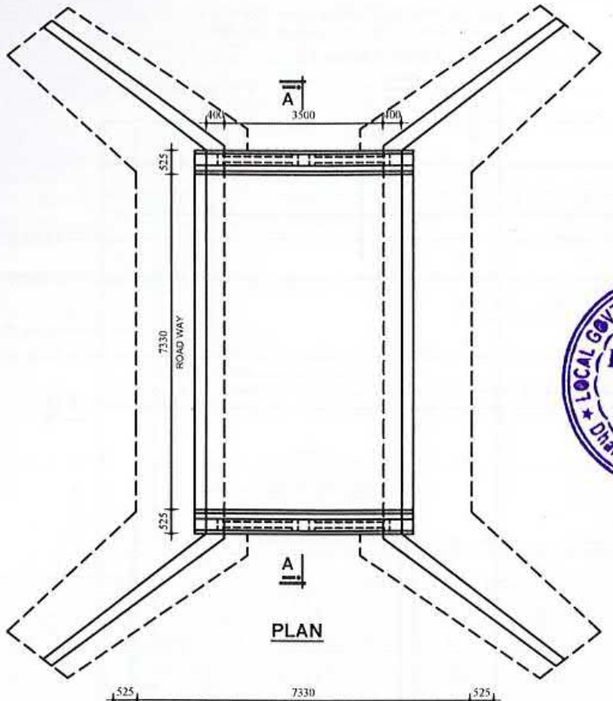
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

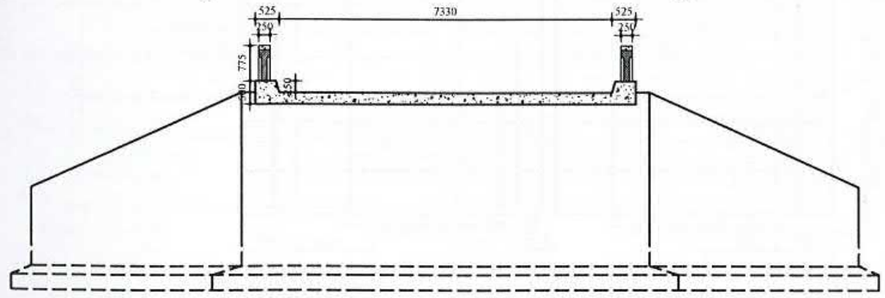
28 days concrete cylinder strength f'c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

চিত্র 8-৫৩: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-5

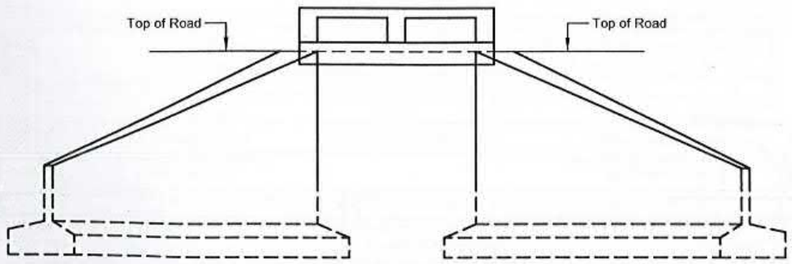
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-6
(Span: 3.5m; Roadway: 7.33m)



PLAN



SECTION A-A

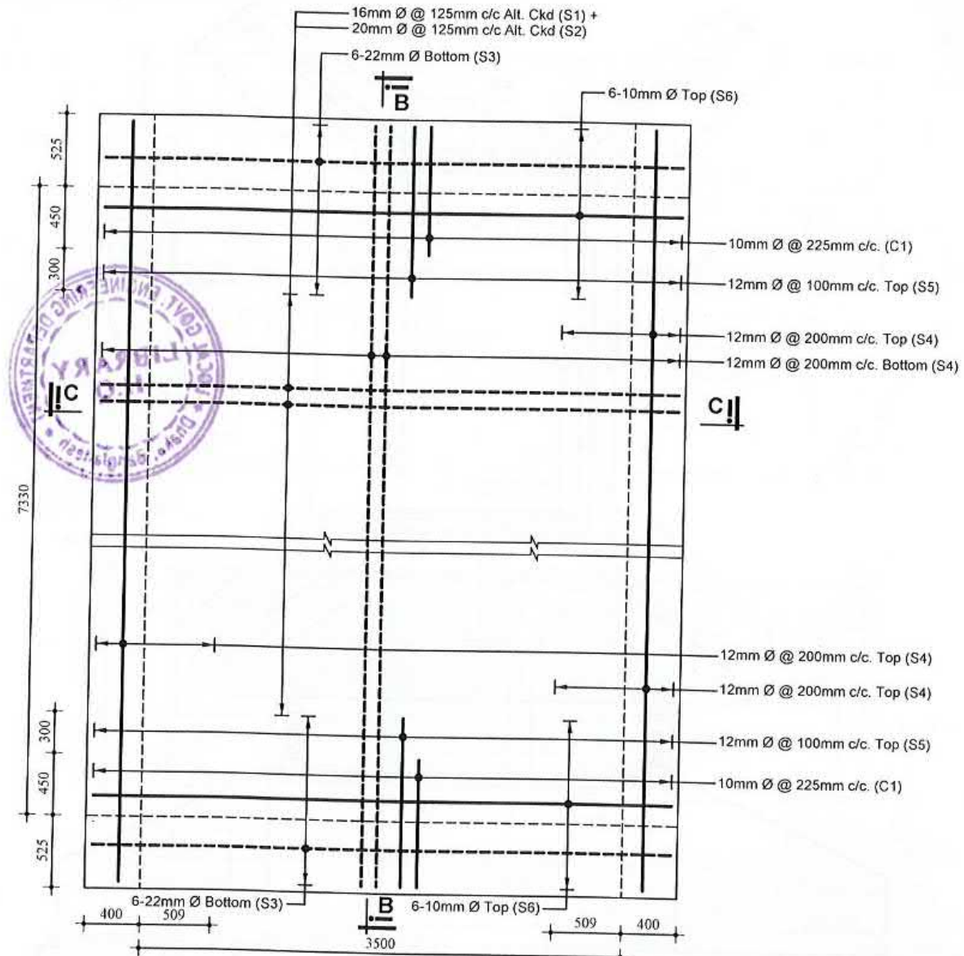


ELEVATION

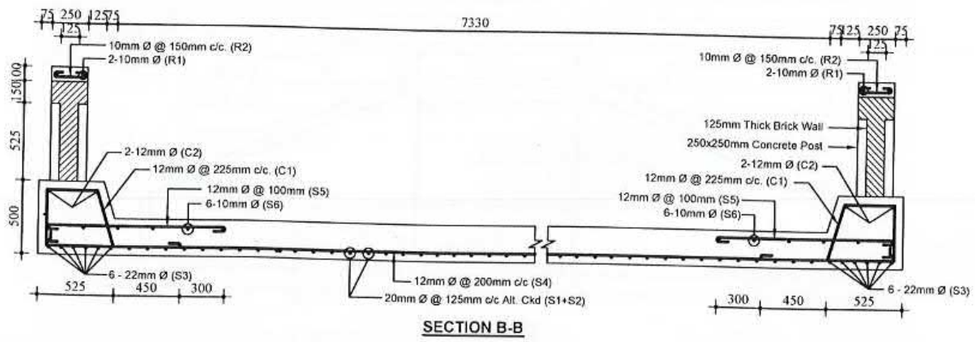
LOCAL GOVT. ENGINEERING DEPARTMENT
LIBRARY
H.Q
Dhaka, Bangladesh

চিত্র 8-৫৪: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-6

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-6
(Span: 3.5m; Roadway: 7.33m)



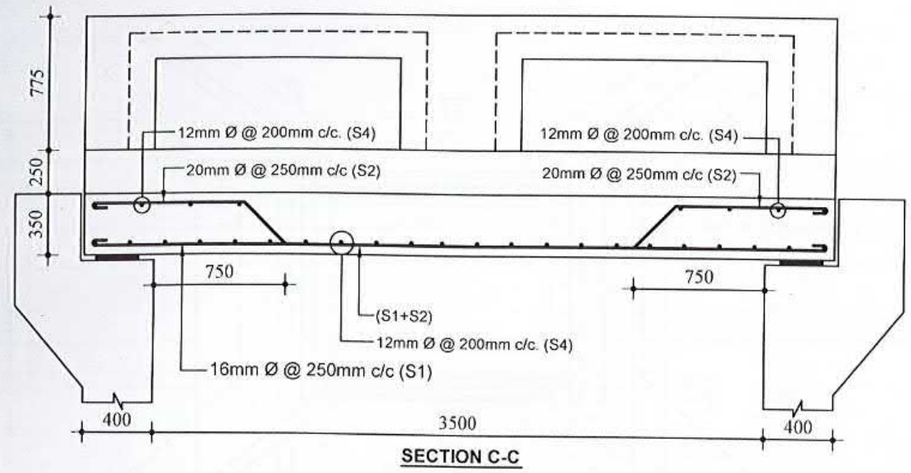
REINF. DETAILS OF SLAB



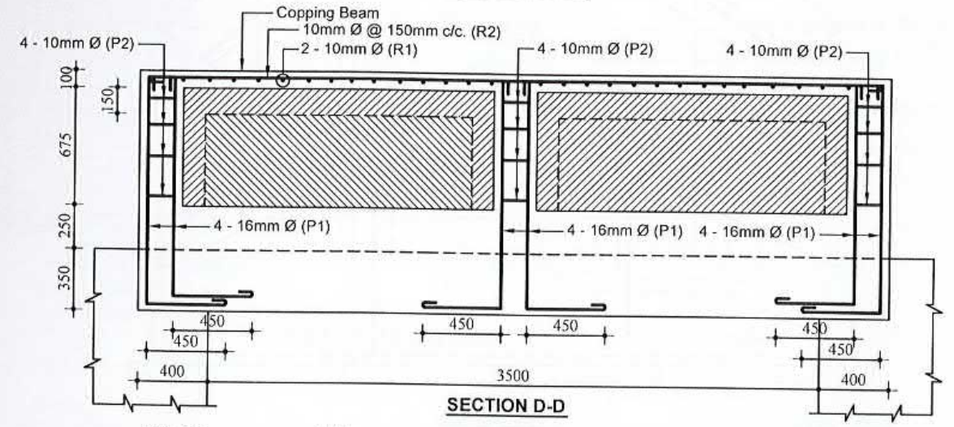
SECTION B-B

চিত্র 8-৫৫: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-6

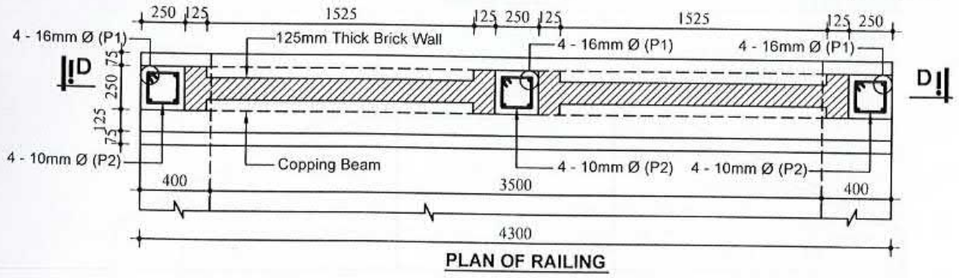
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-6
(Span: 3.5m; Roadway: 7.33m)



SECTION C-C



SECTION D-D



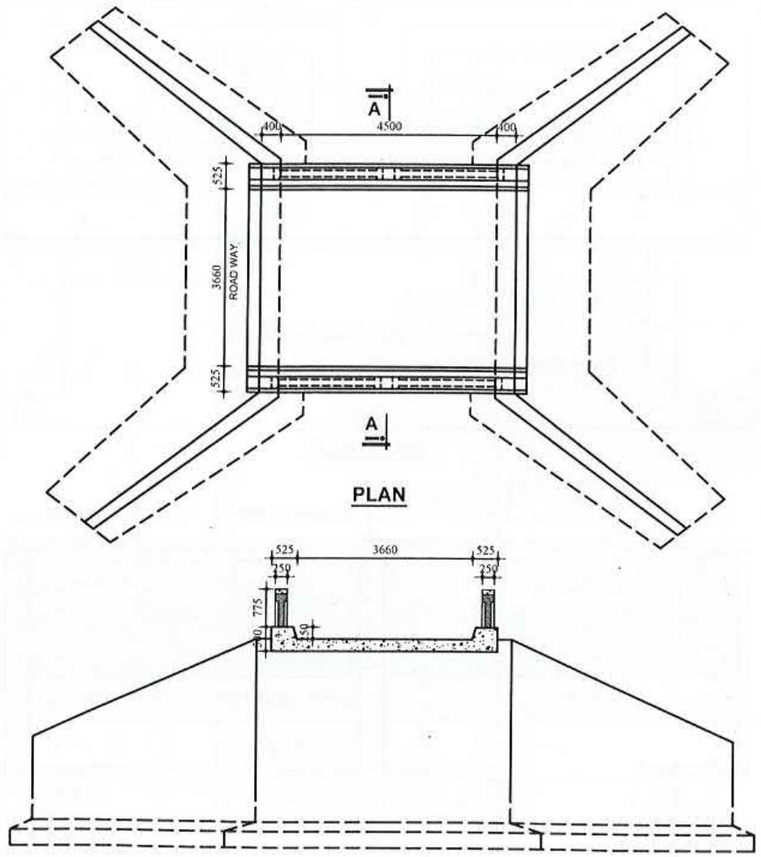
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

28 days concrete cylinder strength f'c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

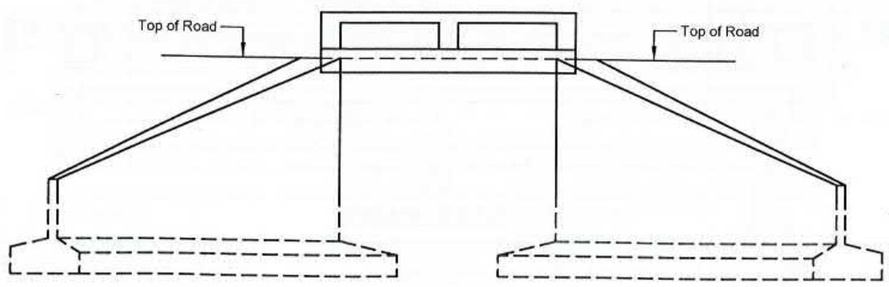
চিত্র 8-৫৬: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-6

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-7
(Span: 4.5m; Roadway: 3.66m)



PLAN

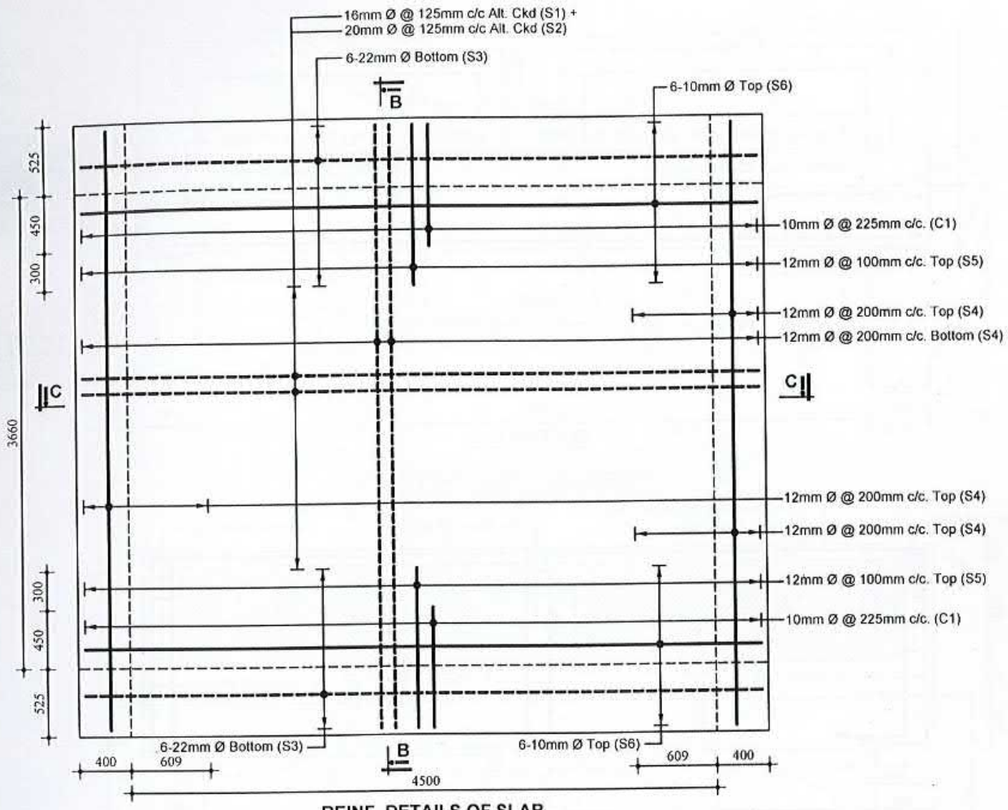
SECTION A-A



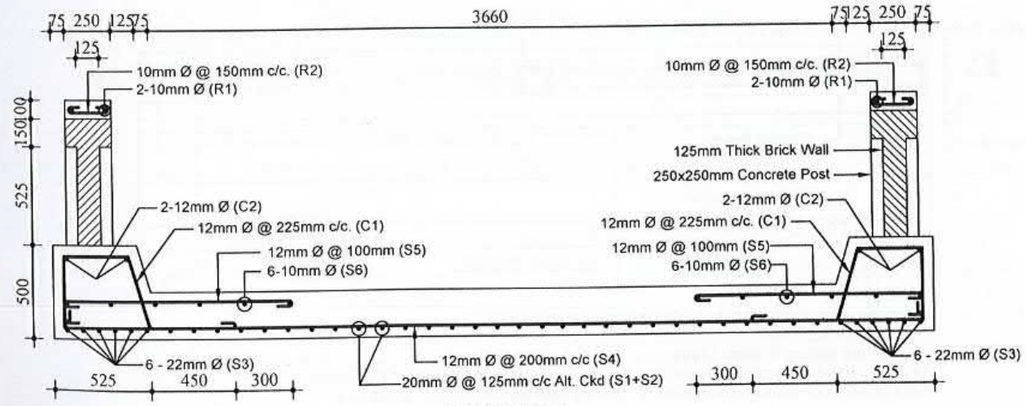
ELEVATION

চিত্র 8-৫৭: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-7

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-7
(Span: 4.5m; Roadway: 3.66m)



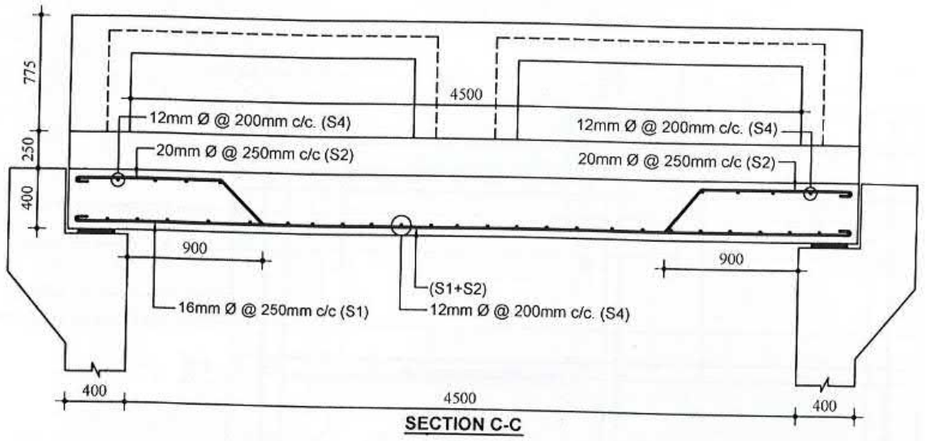
REINF. DETAILS OF SLAB



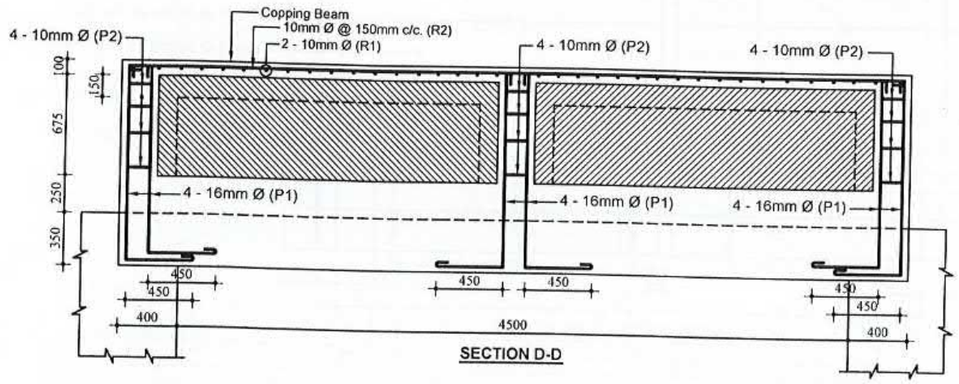
SECTION B-B

চিত্র 8-৫৮: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-7

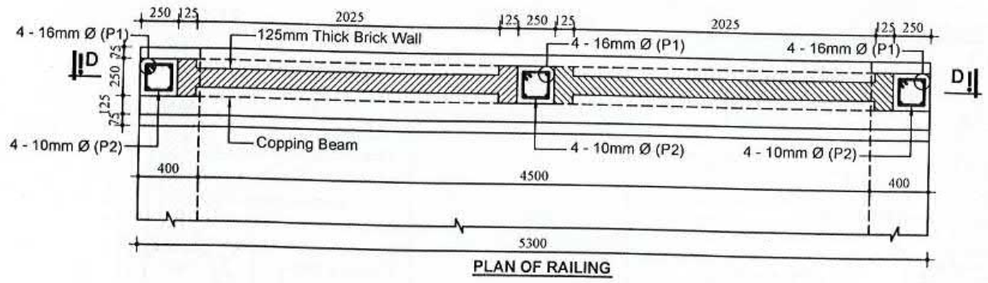
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-7
(Span: 4.5m; Roadway: 3.66m)



SECTION C-C



SECTION D-D



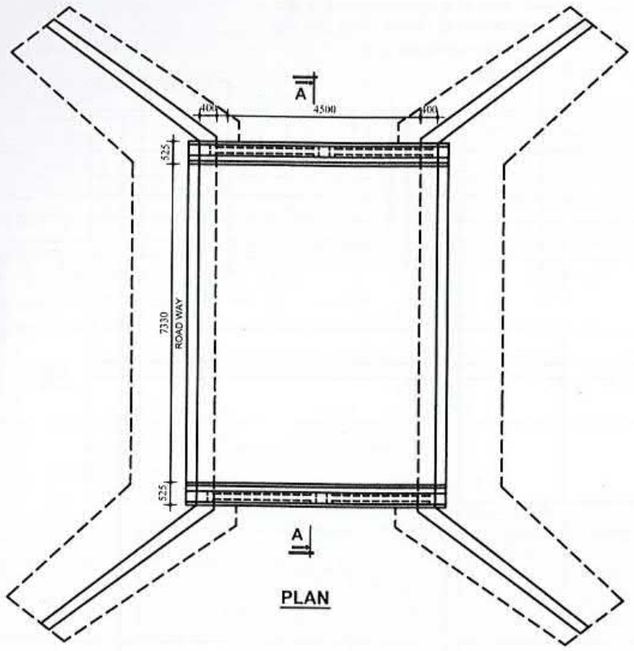
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

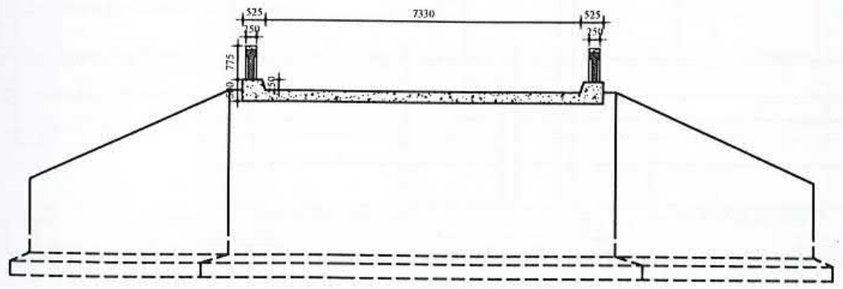
28 days concrete cylinder strength f''c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

চিত্র 8-৫৯: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-7

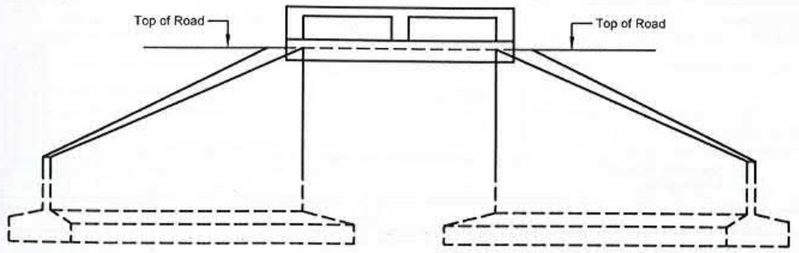
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-8
(Span: 4.5m; Roadway: 7.33m)



PLAN



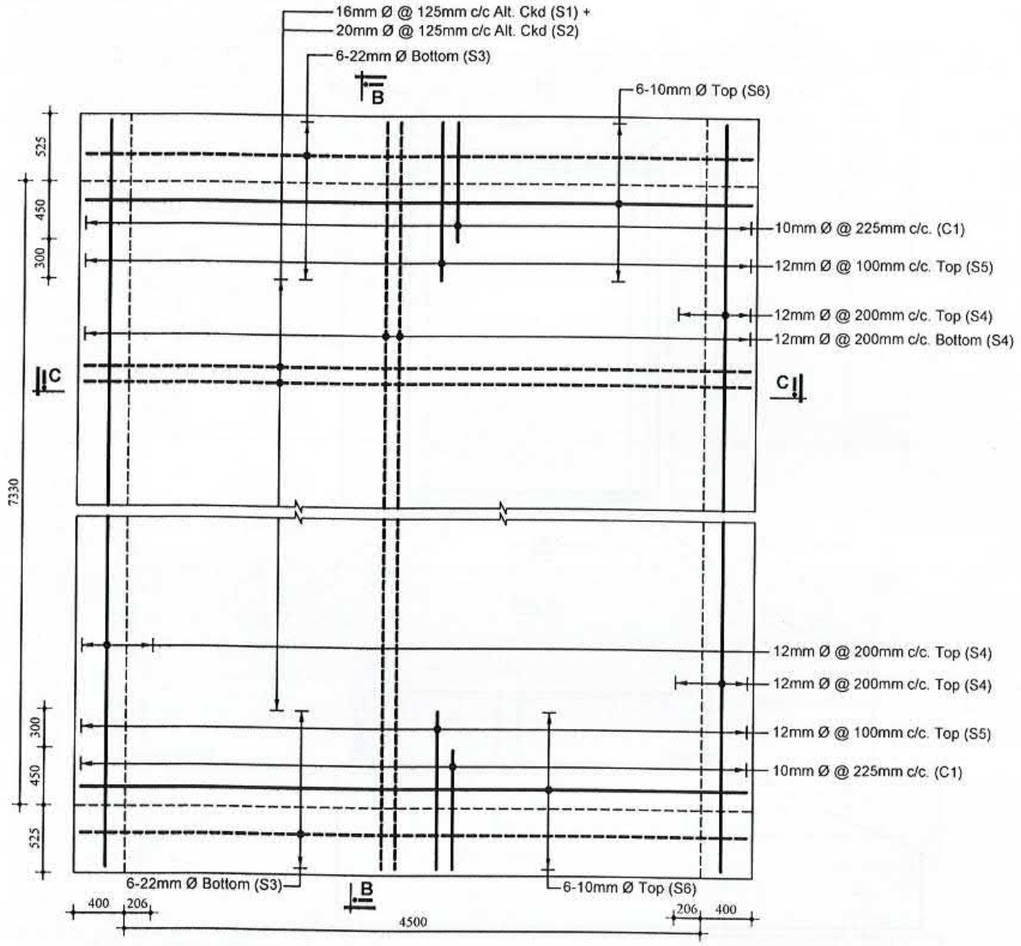
SECTION A-A



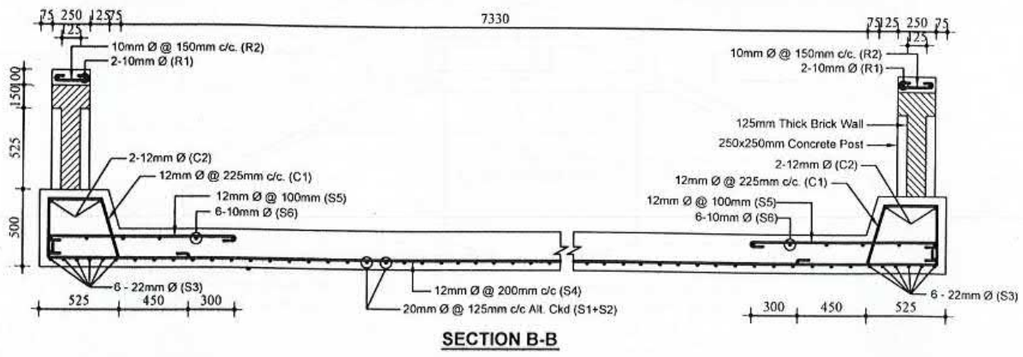
ELEVATION

চিত্র 8-৬০: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-8

Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-8
(Span: 4.5m; Roadway: 7.33m)



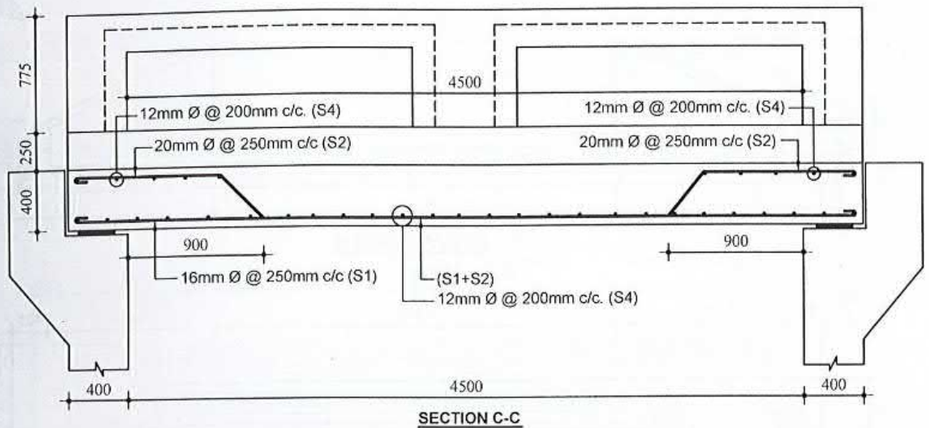
REINF. DETAILS OF SLAB



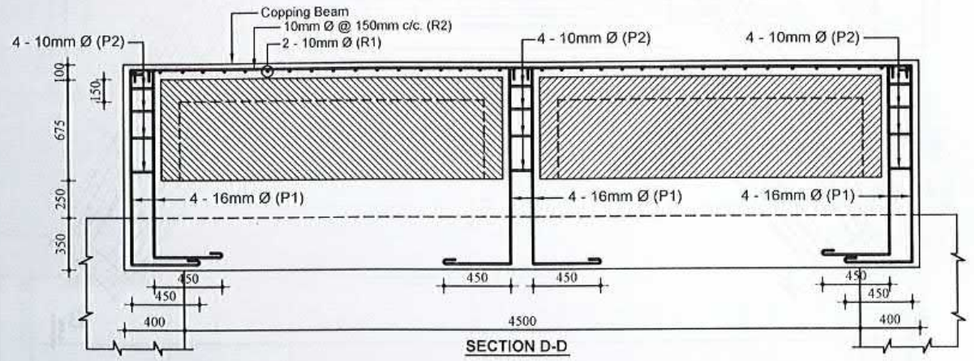
SECTION B-B

চিত্র 8-৬১: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-8

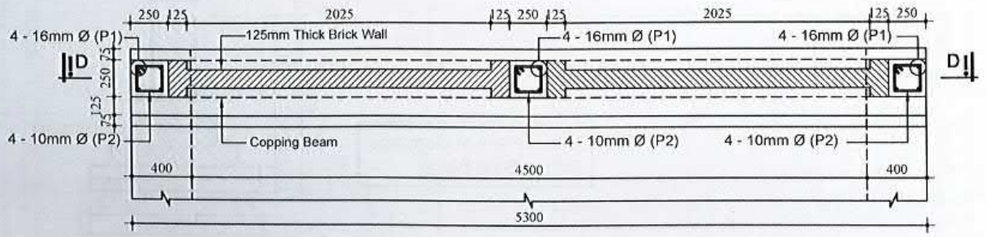
Structural Drawings of Slab Culvert/Bridge: SC-8
(Span: 4.5m; Roadway: 7.33m)



SECTION C-C



SECTION D-D



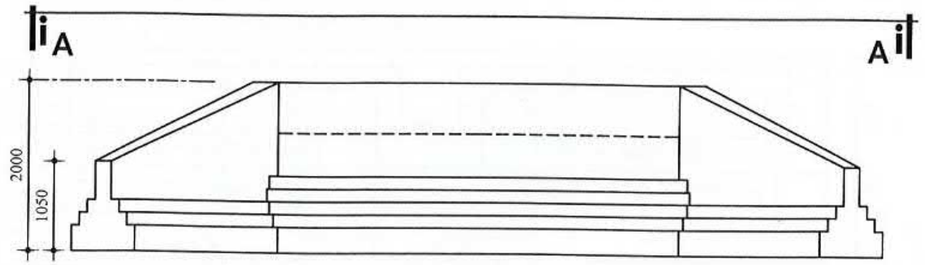
PLAN OF RAILING

NOTE:
Clear cover for reinforcement in slab and curb shall be as:
- **i) From top 50mm.**
- **ii) From bottom & sides 40mm.**

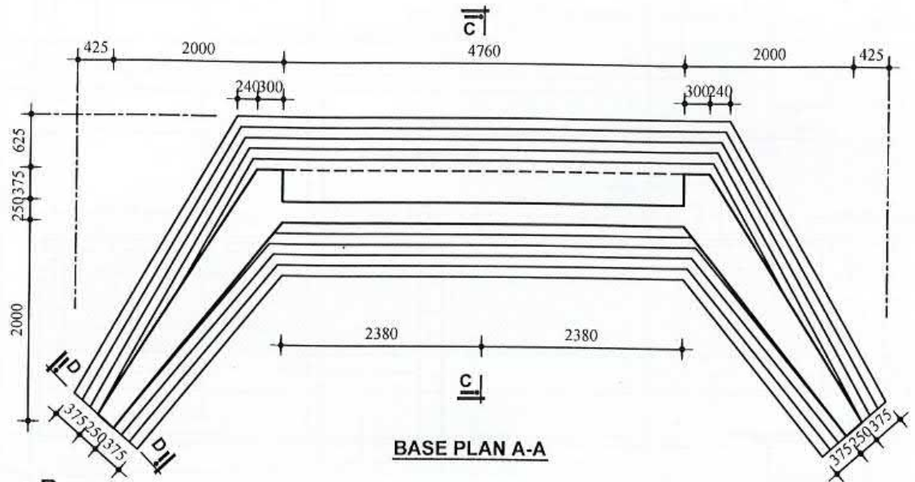
28 days concrete cylinder strength f'c shall be a minimum of 16.6MN/m² (2400 psi).
Yield strength of reinforcement steel fy shall be less than 250 MN/m² 36000 psi).

চিত্র 8-৬২: Structural Drawing of Slab Culvert/Bridge, SC-8

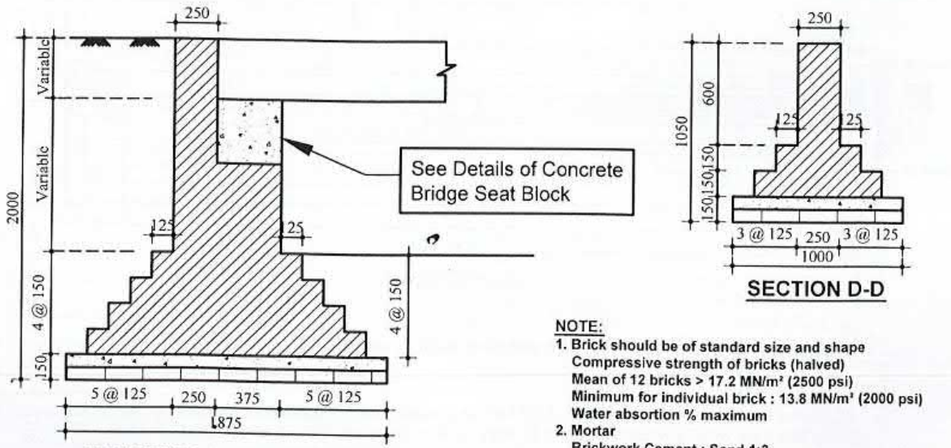
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-1
(2.0m Abutment height + 3.66m Road width)



ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



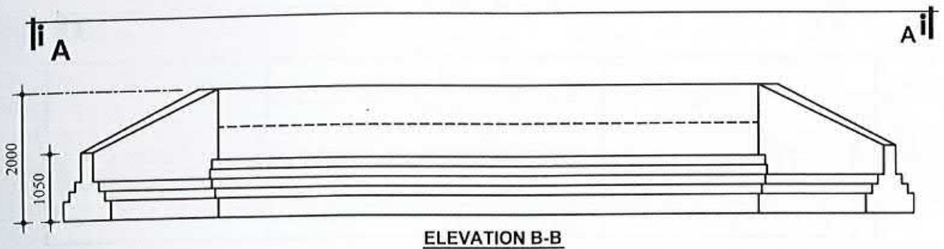
SECTION C-C FOOTING FB

SECTION D-D

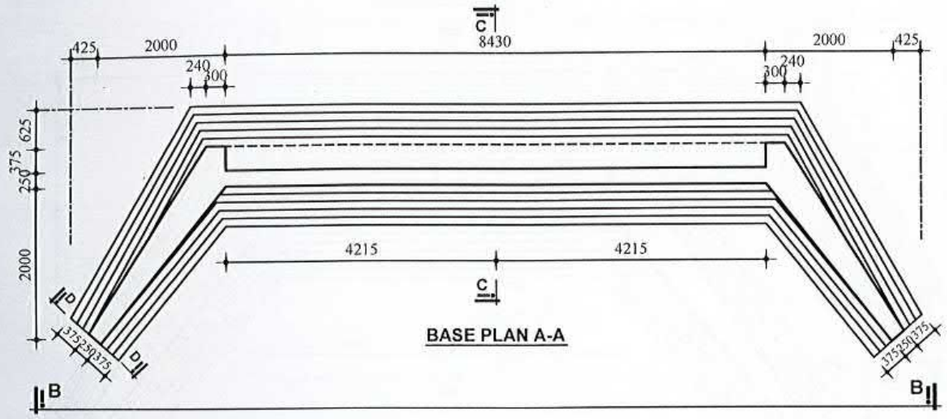
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র 8-৬৩: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-1

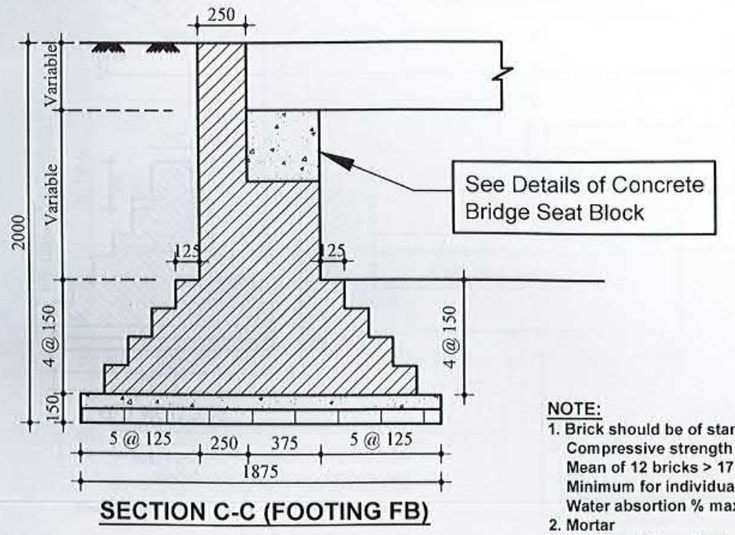
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-2
(2.0m Abutment height + 7.33m Road width)



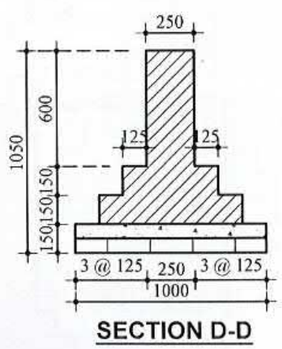
ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



SECTION C-C (FOOTING FB)

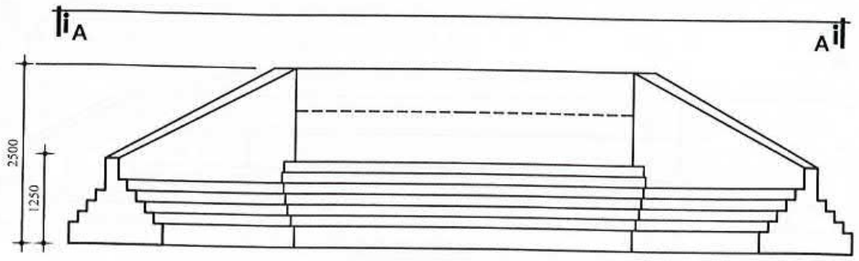


SECTION D-D

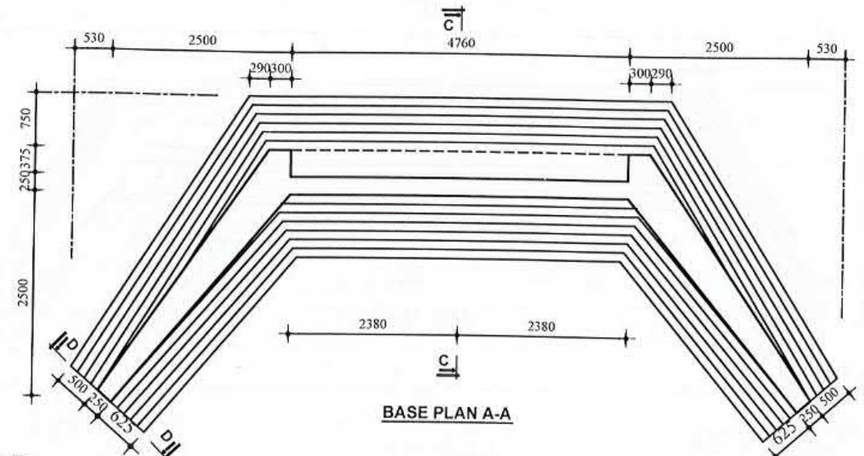
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র 8-৬৪: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-2

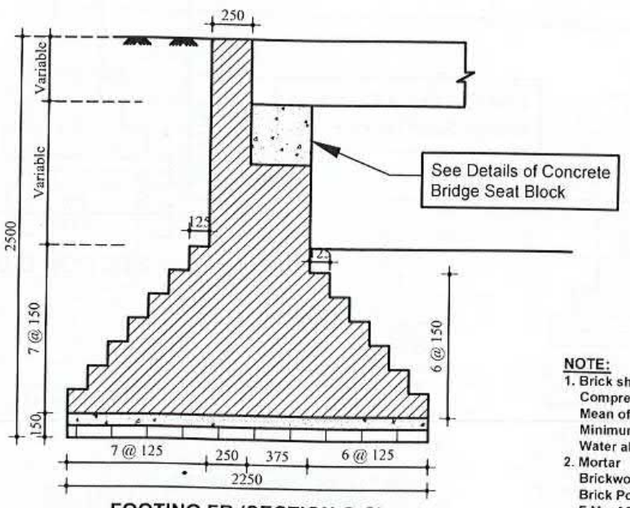
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-3
(2.5m Abutment height + 3.66m Road width)



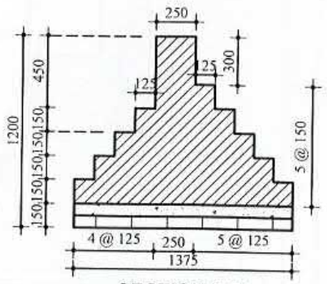
ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



FOOTING FB (SECTION C-C)

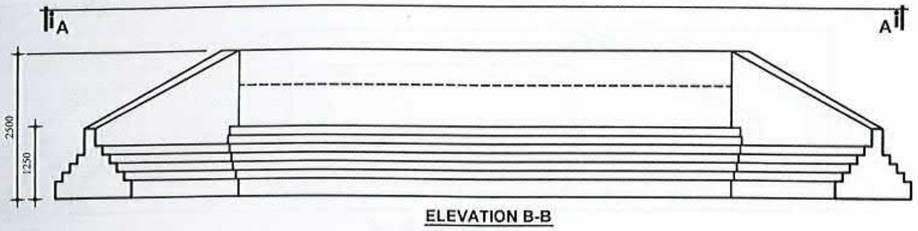


SECTION D-D

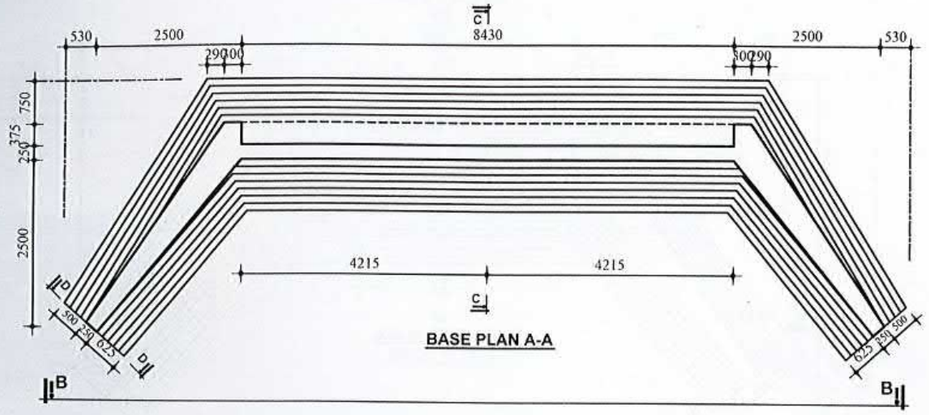
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র ৪-৬৫: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-3

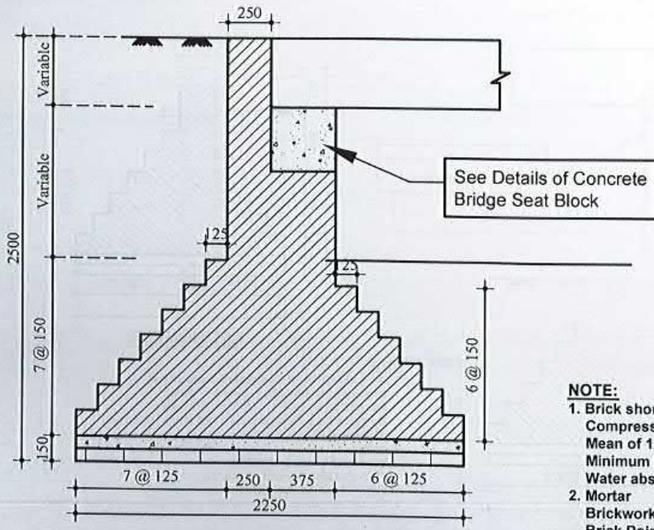
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-4
(2.5m Abutment height + 7.33m Road width)



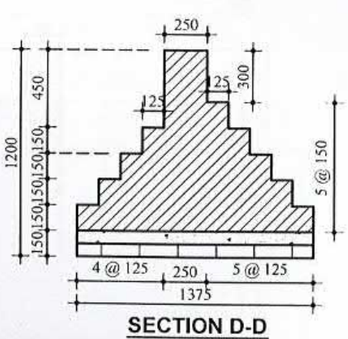
ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



FOOTING FB (SECTION C-C)

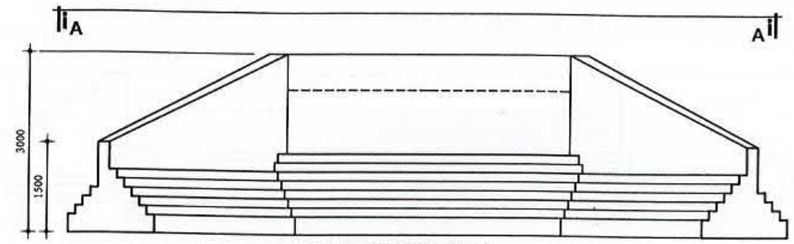


SECTION D-D

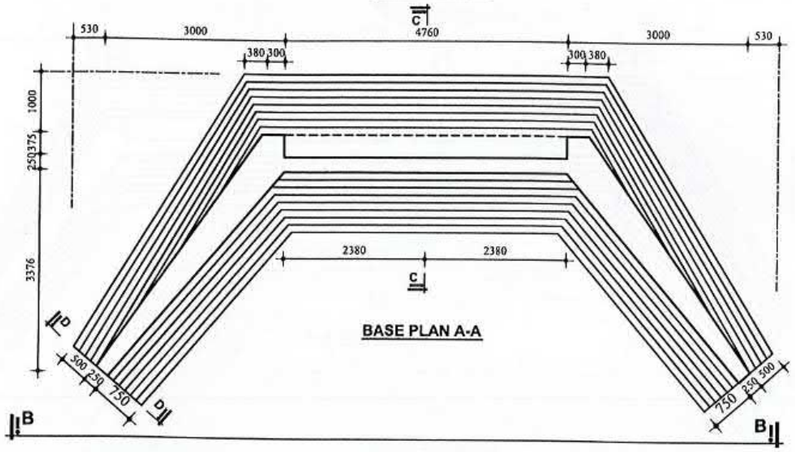
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র ৪-৬৬: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-4

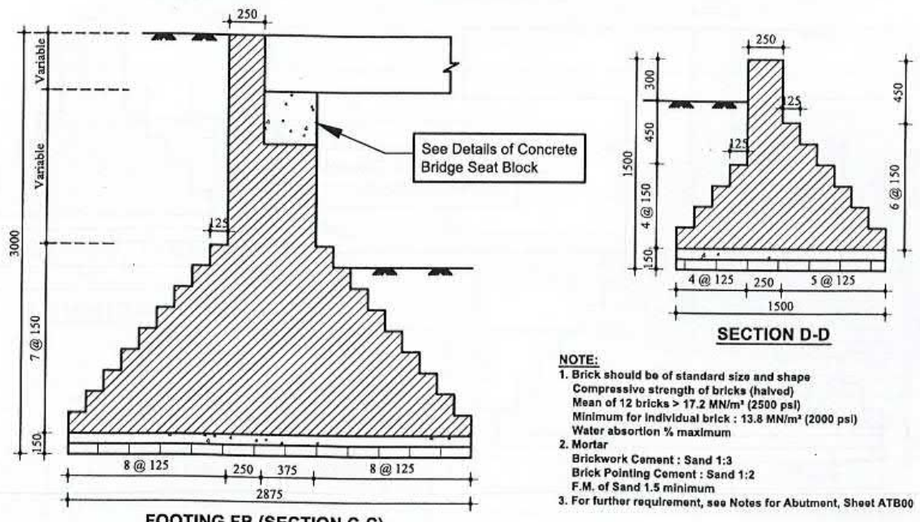
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-5
(3.0m Abutment height + 3.66m Road width)



ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



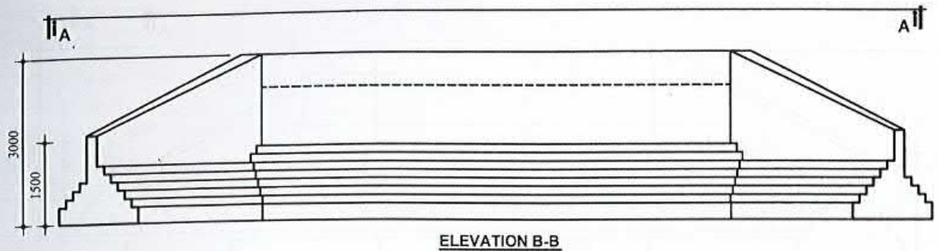
FOOTING FB (SECTION C-C)

SECTION D-D

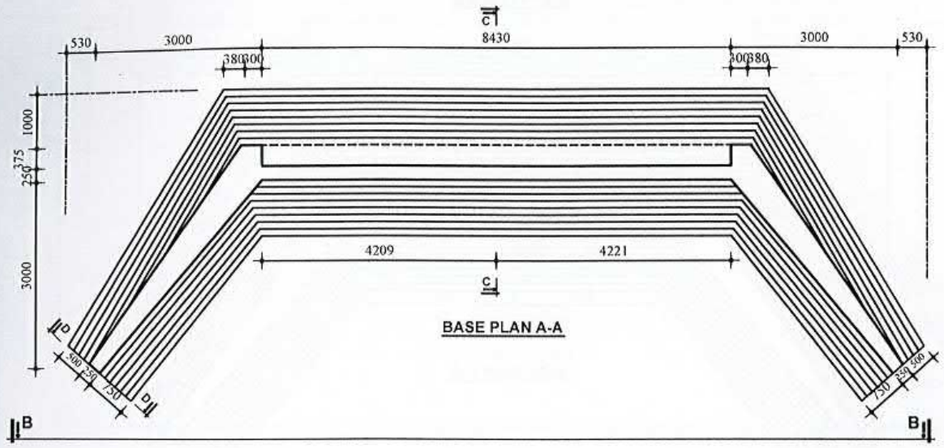
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র ৪-৬৭: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-5

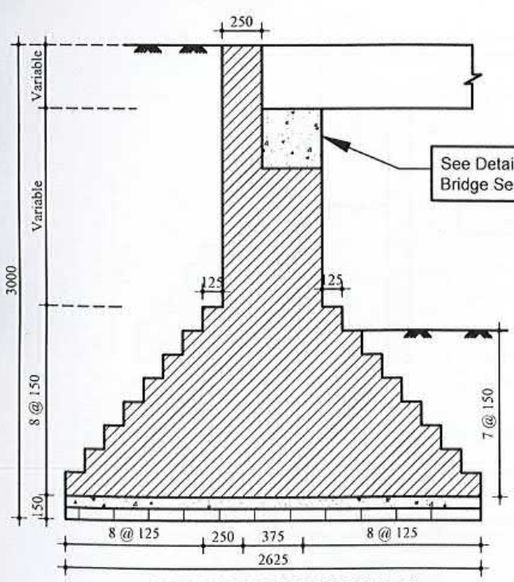
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-6
(3.0m Abutment height + 7.33m Road width)



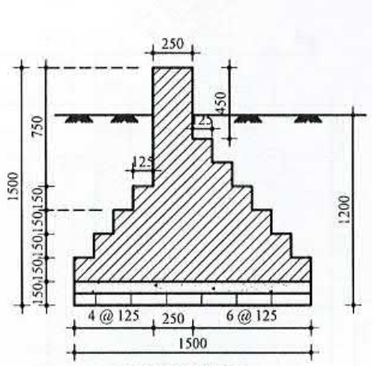
ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



FOOTING FB (SECTION C-C)

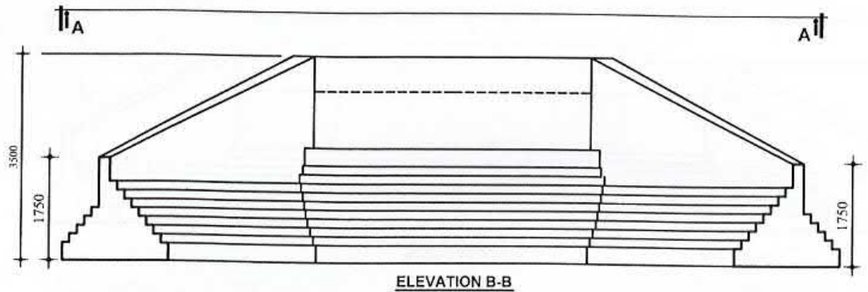


SECTION D-D

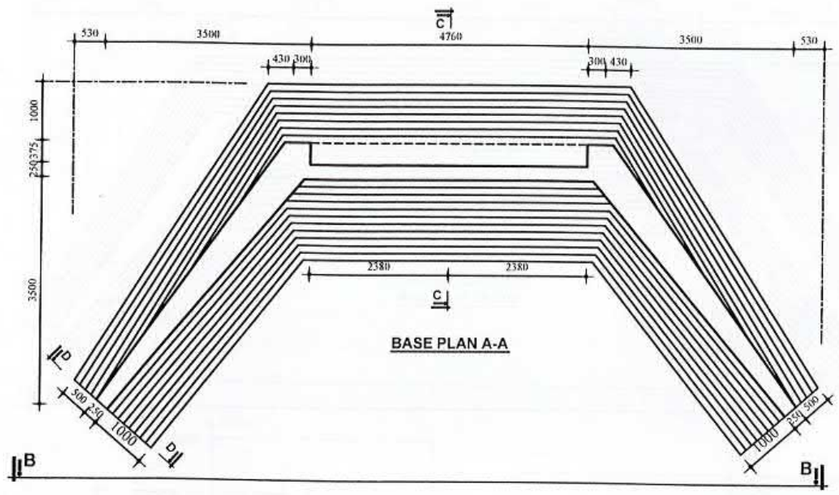
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র ৪-৬৮: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-6

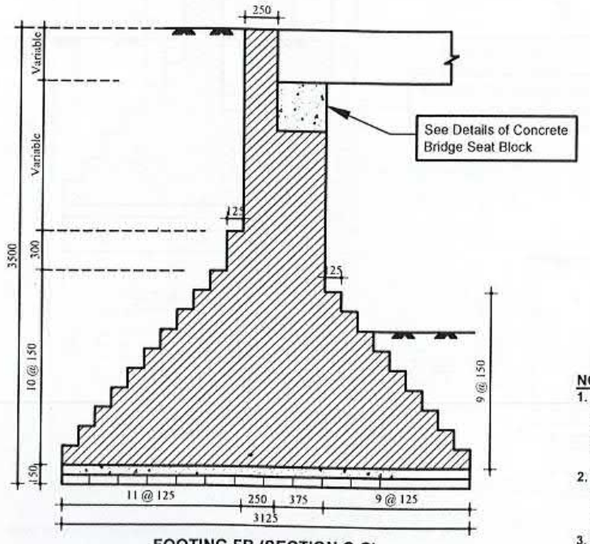
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-7
(3.5m Abutment height + 3.66m Road width)



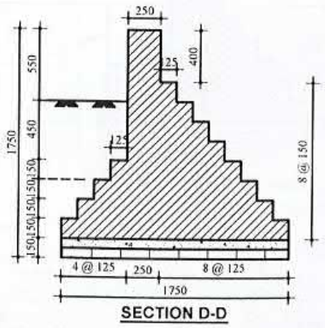
ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



FOOTING FB (SECTION C-C)

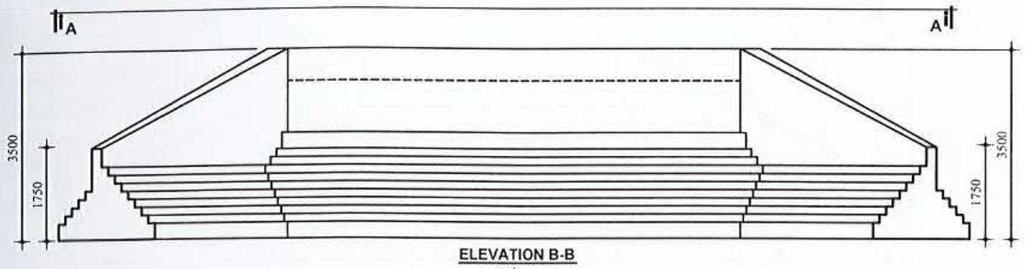


SECTION D-D

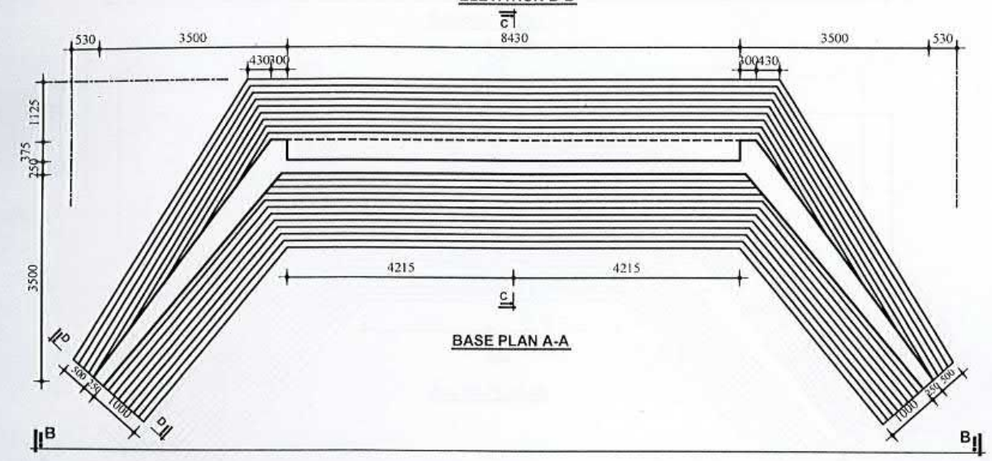
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র 8-৬৯: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-7

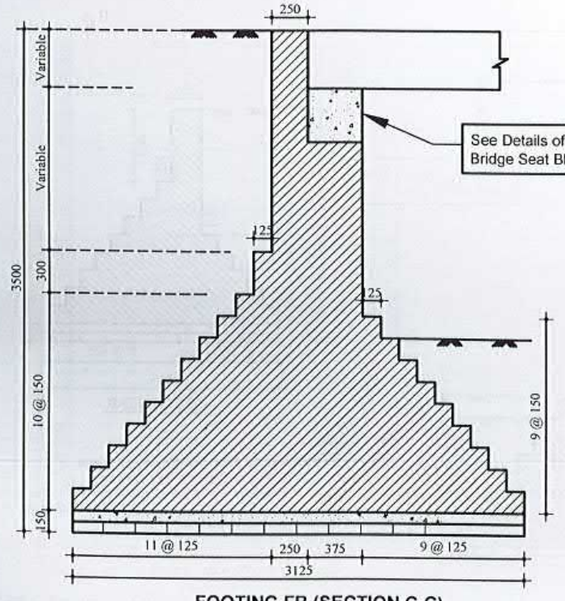
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-8
(3.5m Abutment height + 7.33m Road width)



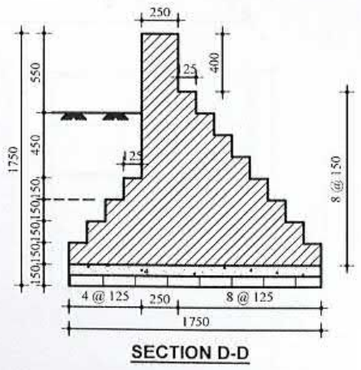
ELEVATION B-B



BASE PLAN A-A



FOOTING FB (SECTION C-C)

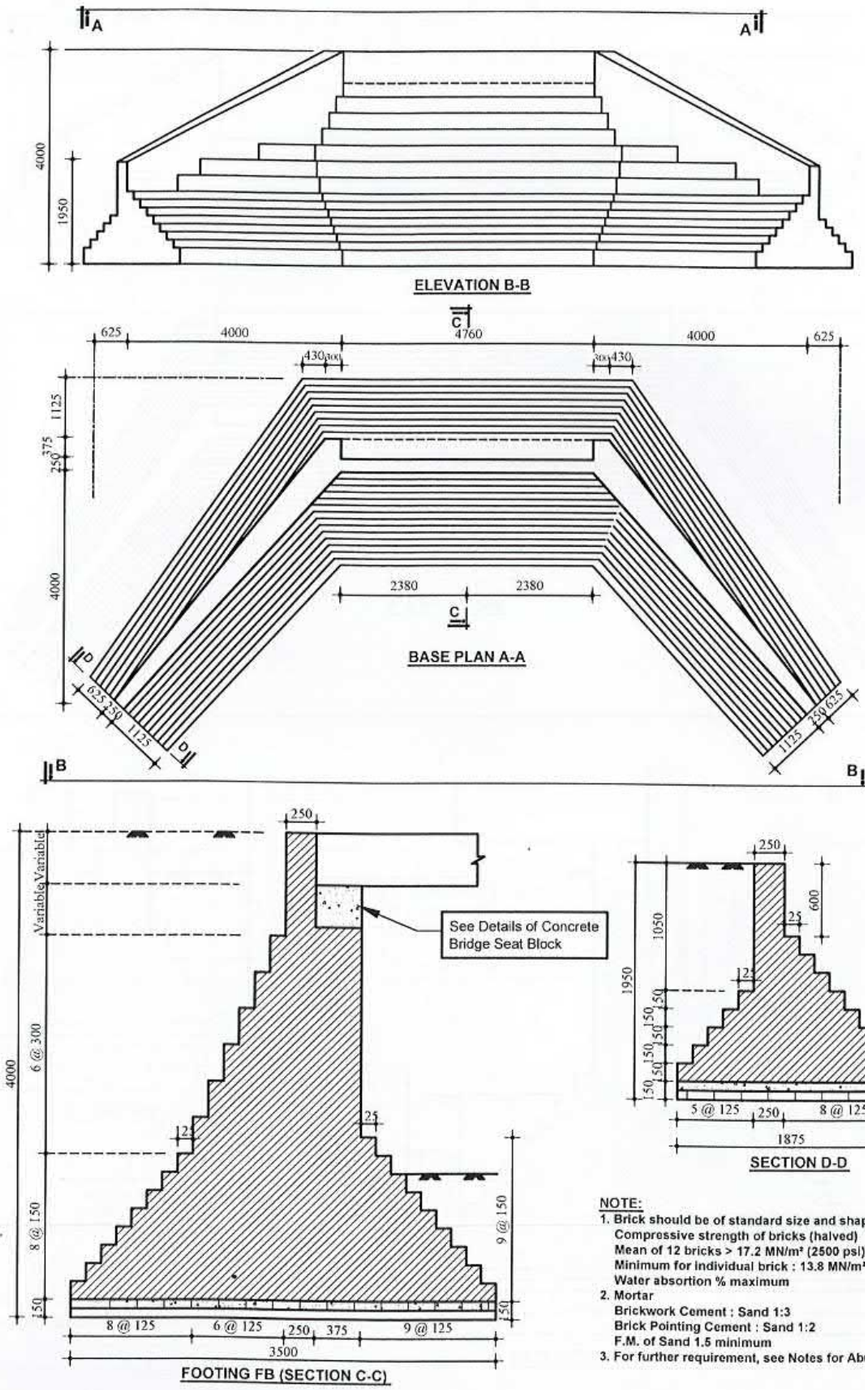


SECTION D-D

NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র 8-৭০: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-8

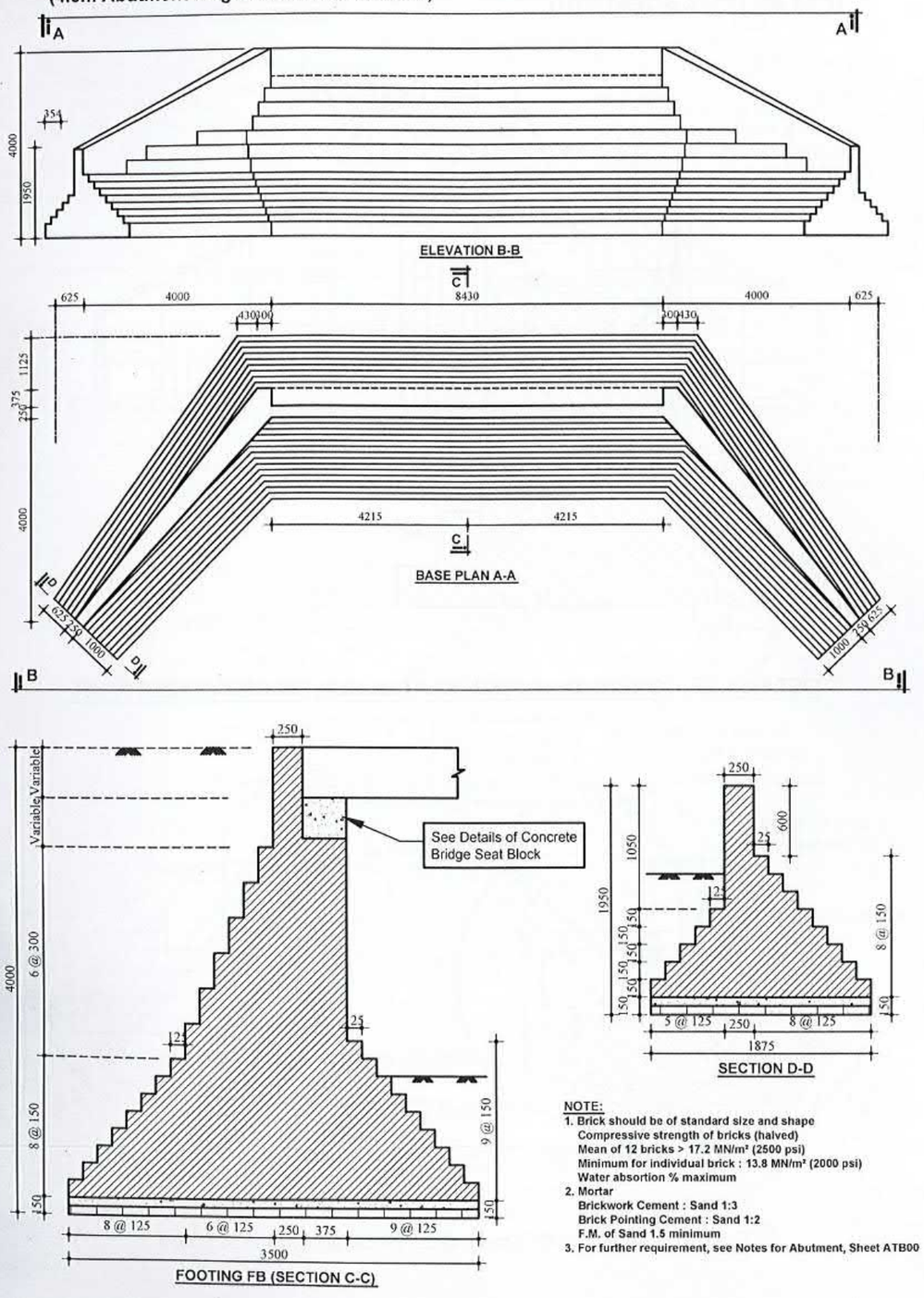
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-9
(4.0m Abutment height + 3.66m Road width)



NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র ৪-৭১: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-9

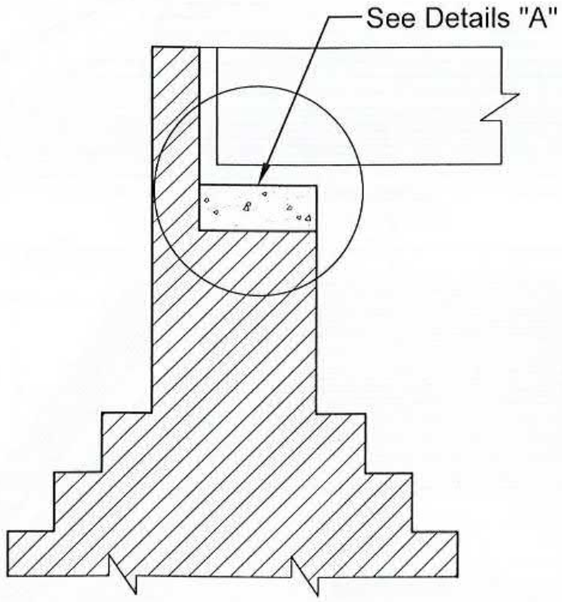
Structural Drawings of Slab Culvert (Brick Abutment): ATB-10
(4.0m Abutment height + 7.66m Road width)



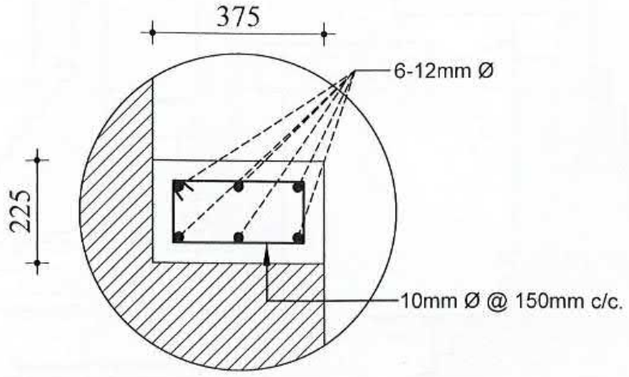
NOTE:
1. Brick should be of standard size and shape
   Compressive strength of bricks (halved)
   Mean of 12 bricks > 17.2 MN/m² (2500 psi)
   Minimum for individual brick : 13.8 MN/m² (2000 psi)
   Water absortion % maximum
2. Mortar
   Brickwork Cement : Sand 1:3
   Brick Pointing Cement : Sand 1:2
   F.M. of Sand 1.5 minimum
3. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATB00

চিত্র ৪-৭২: Structural Drawing of Slab Culvert (Brick Abutment), ATB-10

CONCRETE BRIDGE SEAT BLOCK
(For all brick abutment)



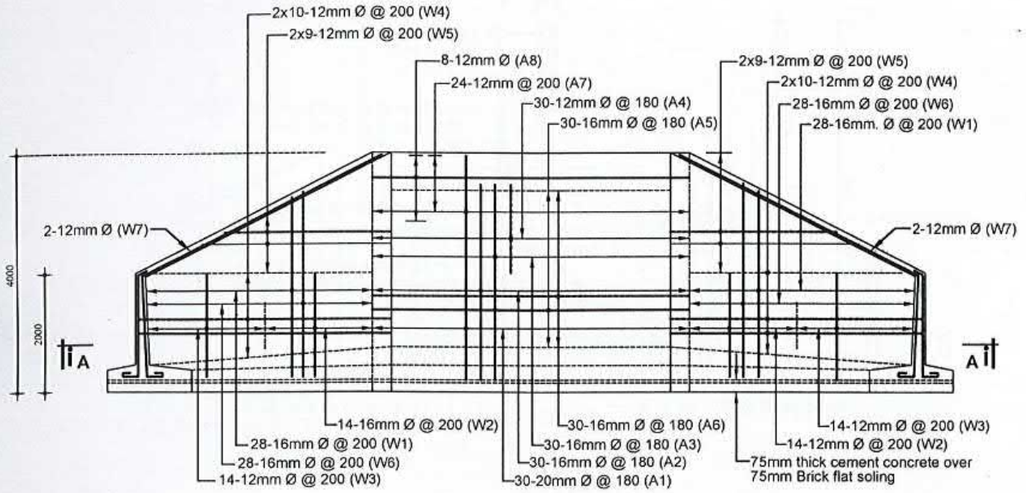
DETAILS OF CONCRETE BRIDGE SEAT BLOCK ON BRICK ABUTMENT



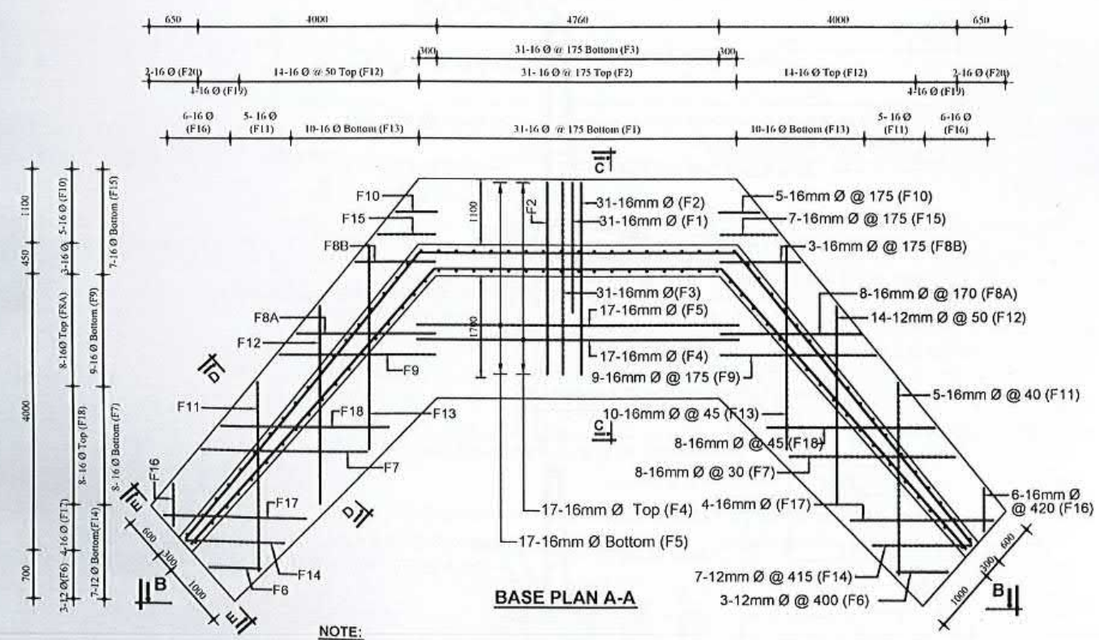
DETAILS "A"

চিত্র ৪-৭৩: Details of Concrete Seat Block on Brick Abutment

STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-1
(4.0m Abutment height + 3.33m road width)



ELEVATION B-B



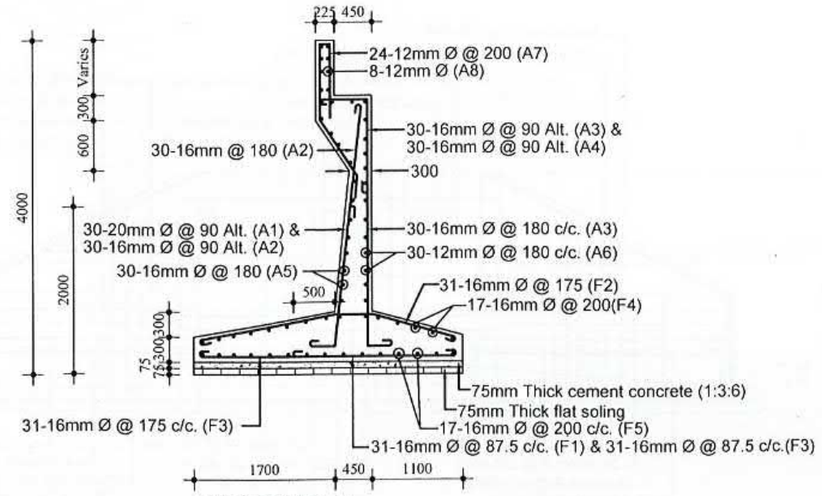
BASE PLAN A-A

NOTE:
1. Compressive strength of concrete, f'c : 16.6 MN/mm² (2400 psi)
2. Yield strength of reinforcing steel, fy : 250 MN/mm² (36000 psi)
3. Minimum cover of reinforcement
   Concrete cast against formwork : 50mm (2 in)
   Concrete cast against soil or : 80mm (3 in)
   Permanently exposed to soil/Water :
4. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATC00

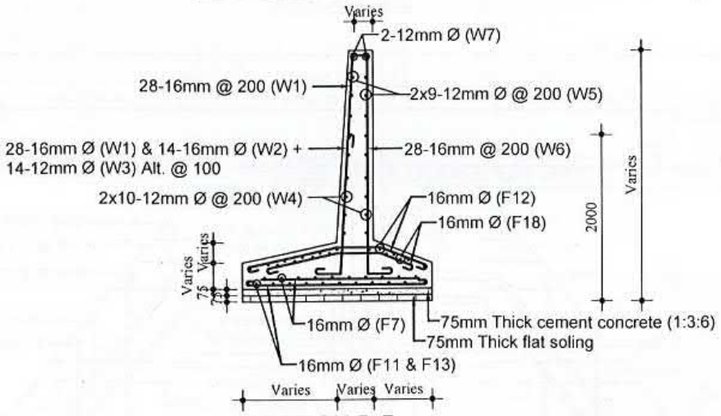
চিত্র ৪-৭৪: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-1

STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-1

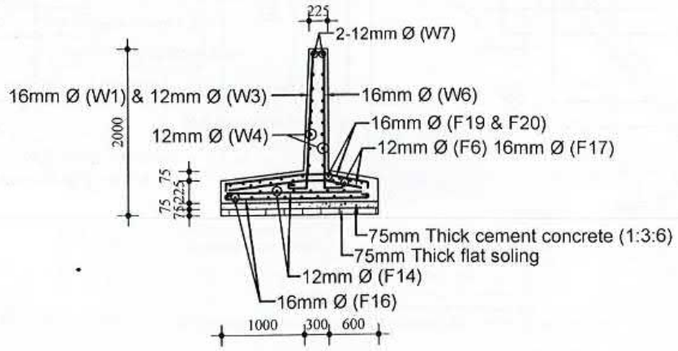
(4.0m Abutment height + 3.33m road width)



SECTION C-C



SECTION D-D

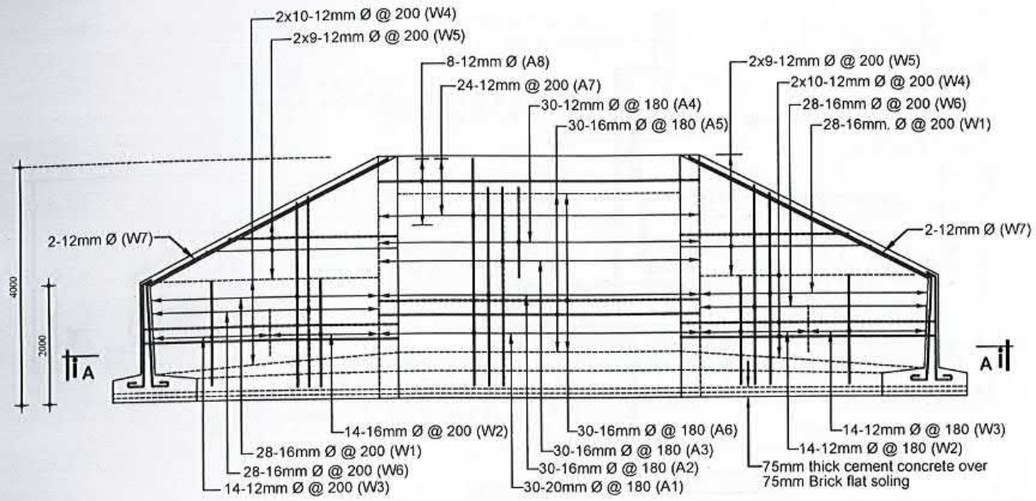


SECTION E-E

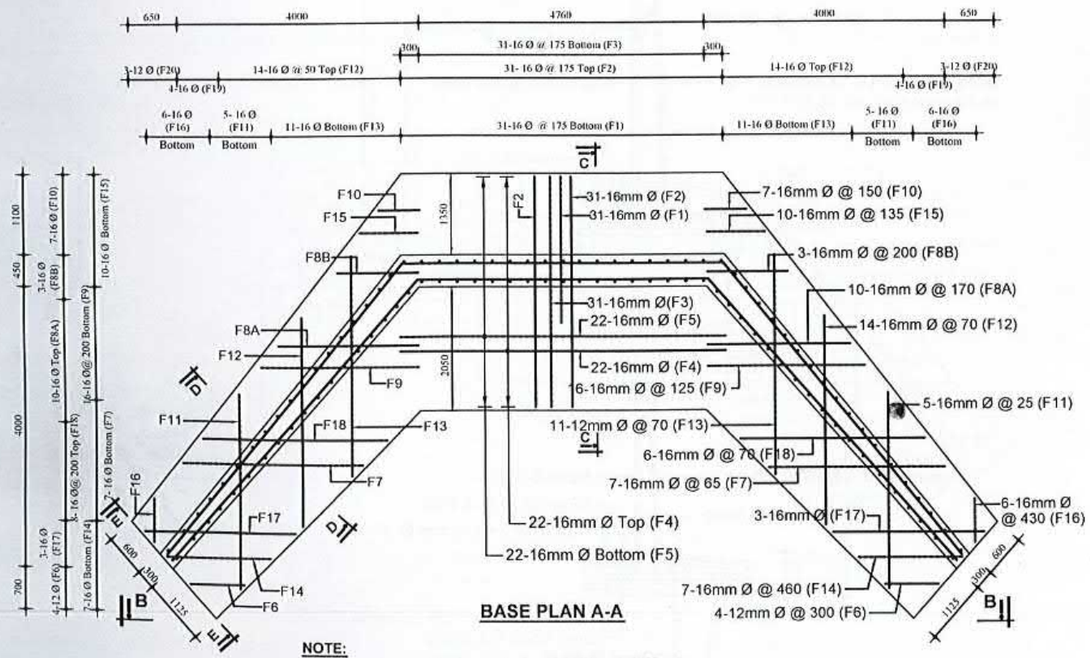
চিত্র 8-৭৫: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-1

STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-2

(4.0m Abutment height + 7.33m road width)



ELEVATION B-B



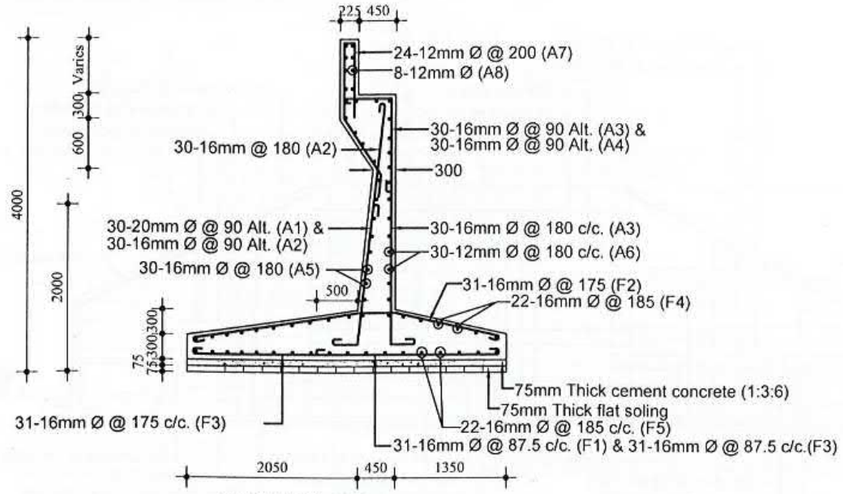
BASE PLAN A-A

NOTE:

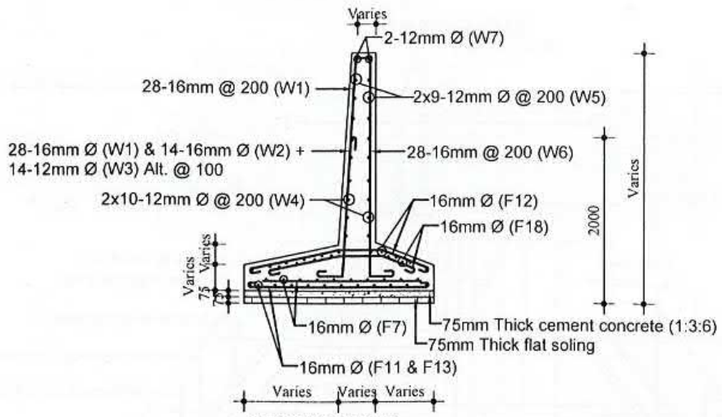
1. Compressive strength of concrete, f'c : 16.6 MN/mm² (2400 psi)
2. Yield strength of reinforcing steel, fy : 250 MN/mm² (36000 psi)
3. Minimum cover of reinforcement
   Concrete cast against formwork : 50mm (2 in)
   Concrete cast against soil or : 80mm (3 in)
   Permanently exposed to soil/Water :
4. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATC00

চিত্র 8-৭৬: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-2

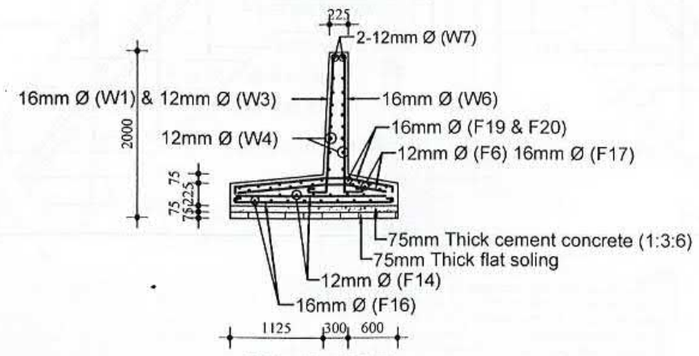
STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-2
(4.0m Abutment height + 7.33m road width)



SECTION C-C



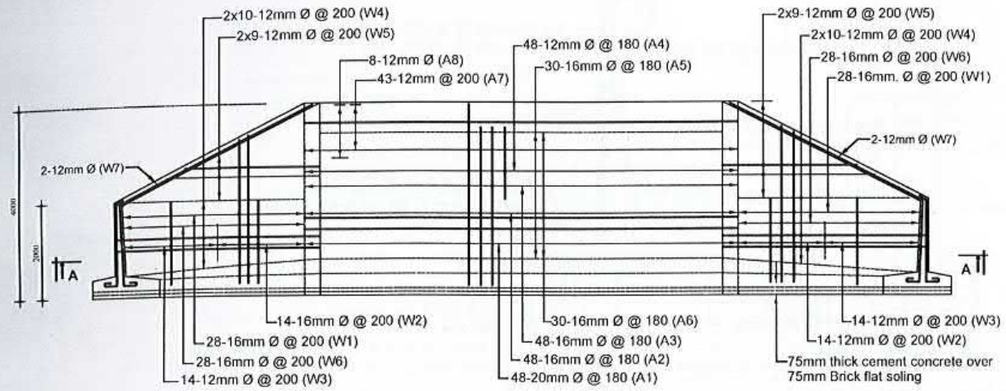
SECTION D-D



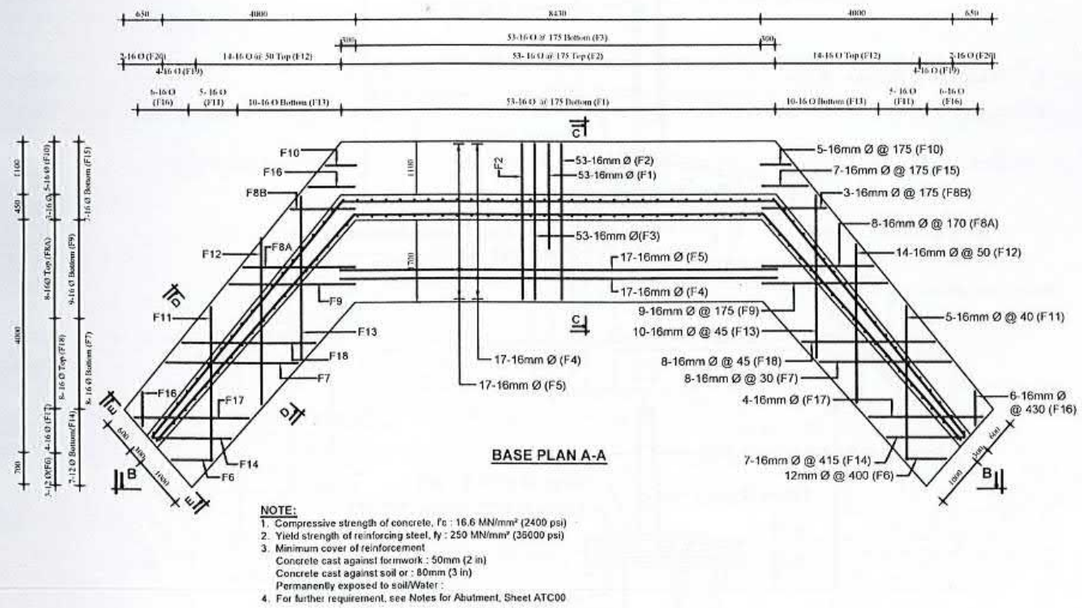
SECTION E-E

চিত্র 8-৭৭: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-2

STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-3
(4.0m Abutment height + 7.33m road width)



ELEVATION B-B

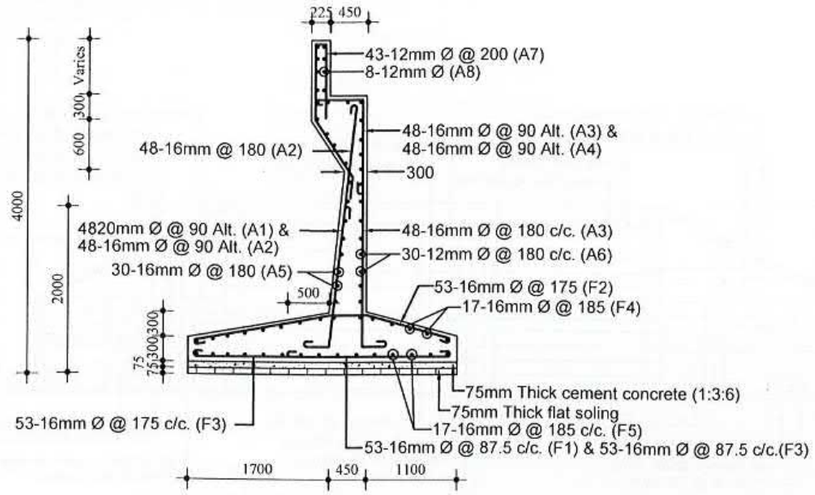


BASE PLAN A-A

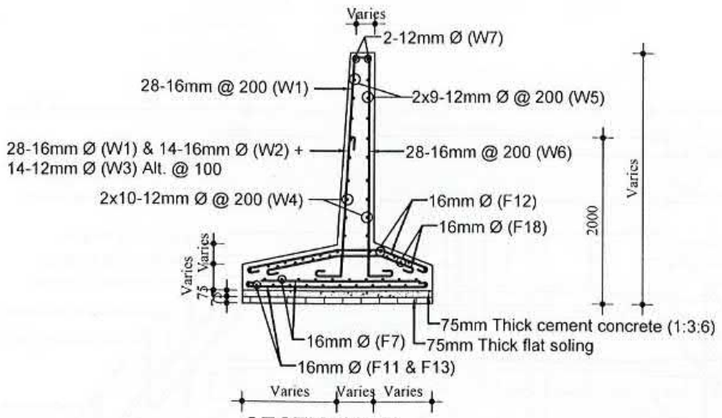
NOTE:
1. Compressive strength of concrete, f'c : 16.6 MN/mm² (2400 psi)
2. Yield strength of reinforcing steel, fy : 250 MN/mm² (35000 psi)
3. Minimum cover of reinforcement
   Concrete cast against formwork : 50mm (2 in)
   Concrete cast against soil or : 80mm (3 in)
   Permanently exposed to soil/Water :
4. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATC00

চিত্র 8-৭৮: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-3

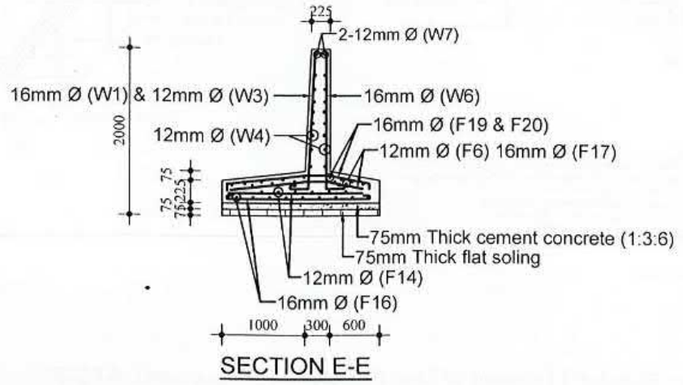
STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-3
(4.0m Abutment height + 7.33m road width)



SECTION C-C



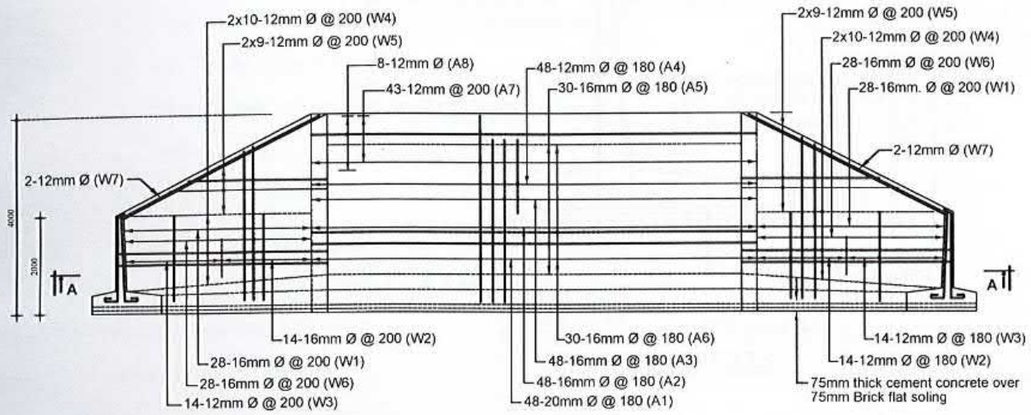
SECTION D-D



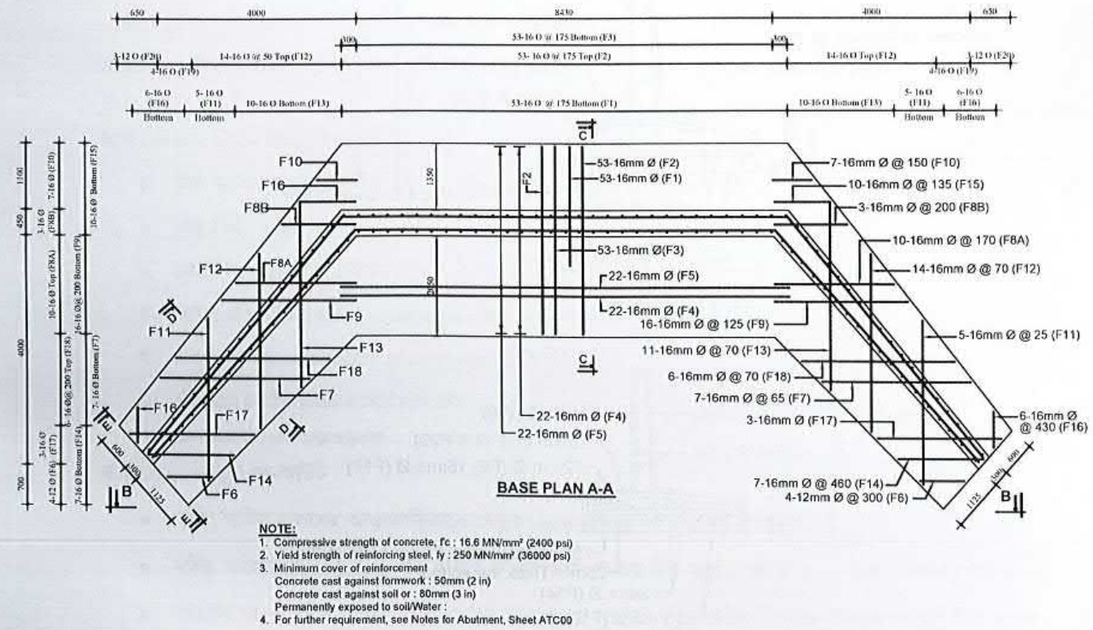
SECTION E-E

চিত্র 8-৭৯: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-3

STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-4
(4.0m Abutment height + 7.33m road width)



ELEVATION B-B

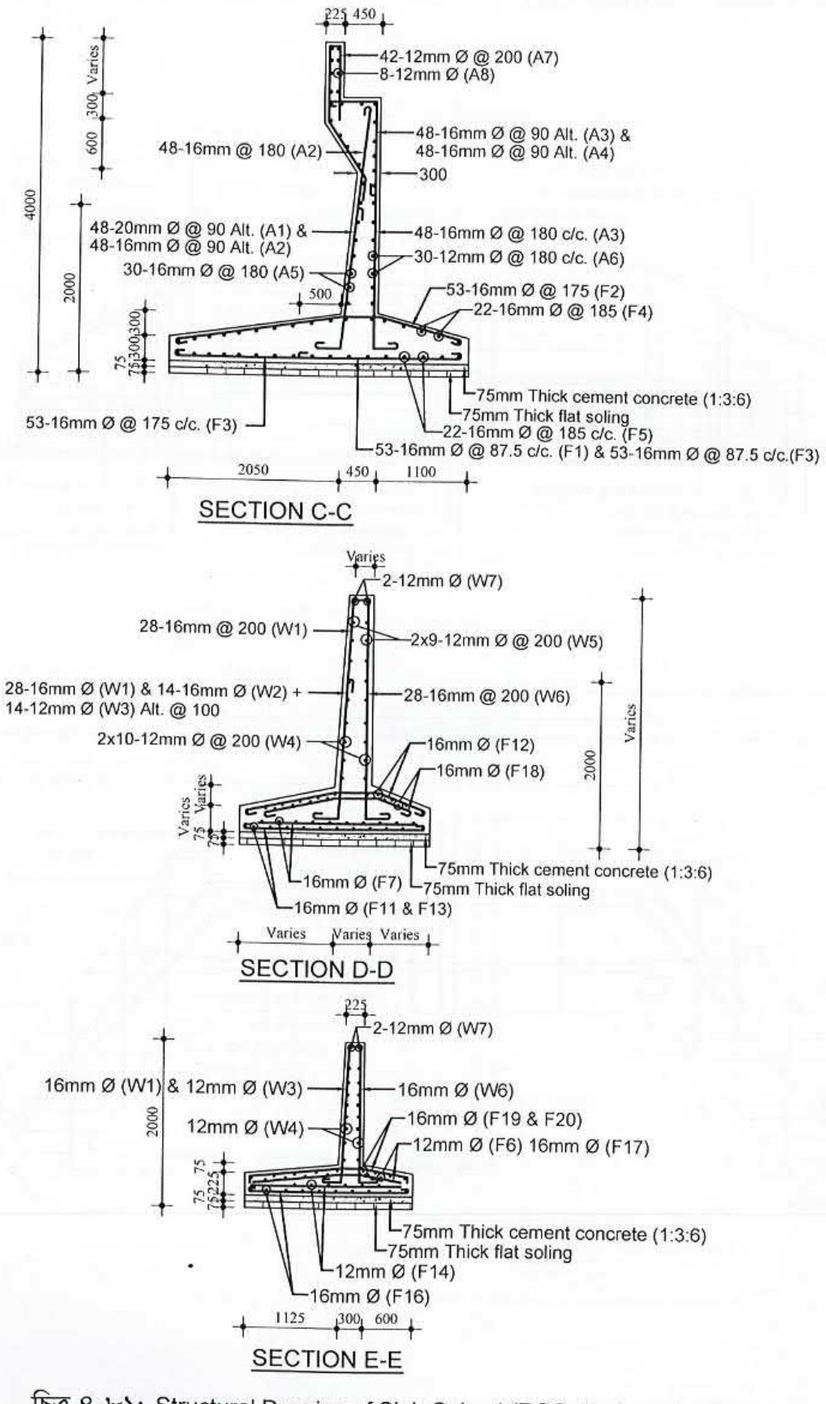


BASE PLAN A-A

NOTE:
1. Compressive strength of concrete, f'c : 16.6 MN/mm² (2400 psi)
2. Yield strength of reinforcing steel, fy : 250 MN/mm² (36000 psi)
3. Minimum cover of reinforcement
   Concrete cast against formwork : 50mm (2 in)
   Concrete cast against soil or : 80mm (3 in)
   Permanently exposed to soil/Water :
4. For further requirement, see Notes for Abutment, Sheet ATC00

চিত্র 8-৮০: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-4

STRUCTURAL DRAWING OF SLAB CULVERT (RCC ABUTMENT) ATC-4
(4.0m Abutment height + 7.33m road width)



চিত্র 8-৮১: Structural Drawing of Slab Culvert (RCC Abutment), ATC-4

৪.১১ ব্রীজ/কালভার্ট নির্মাণ পদ্ধতি

৪.১১.১ সেতু নির্মাণ কাজের ধাপ বিষয়সমূহ

১) নির্মাণক্ষেত্র দখলীকরণ

২) নির্মাণ সামগ্রীর সমাবেশ ও পরীক্ষাকরণ

৩) সেতুর লে-আউট এবং নির্মাণ সামগ্রীর গুণগতমান পরীক্ষা

৪) কাষ্ট-ইন-সিটু-পাইল তৈরীকরণ

৫) পাইল এর শক্তি পরীক্ষাকরণ

৬) Pile Cap, Abutment ও Pier নির্মাণ

৭) Form Work তৈরীকরণ

৮) Scaffolding এবং Stagging নকশী তৈরী এবং স্থাপন করা

৯) Rod বাঁধা এবং স্থাপন করণ

১০) Concrete তৈরী এবং স্থাপন

১১) এপ্রোচ সড়ক তৈরী ।

৪.১১.২ নির্মাণক্ষেত্র দখলীকরণ

১) ঠিকাদারকে নির্বাচিত Alignment এবং সেতুর জায়গা বুঝিয়ে দেয়া;

২) ঠিকাদার কর্তৃক লেবার, নির্মাণ সামগ্রী এবং যন্ত্রপাতির সমাবেশ ঘটানো।

৩) সেতুর নির্মাণ কাজ পরিদর্শনের জন্য অফিস তৈরীকরণ।

৪.১১.৩ নির্মাণ সামগ্রীর গুণগতমান পরীক্ষা

ব্রীজ নির্মাণ সামগ্রীর নমুনা (বালি, পাথর, সিমেন্ট, রড প্রভৃতি) সংগ্রহ করে এলজিইডি এর ল্যাবে গুণগতমান পরীক্ষা করতে হবে। নির্মাণে নির্মাণ সামগ্রীর গুণাবলী -

১. উচ্চ ক্ষমতা সম্পন্ন সিমেন্ট যার compression strength হবে ৩০০০ psi

২. বালু FM) ১.৮

৩. মোটা দানা এগ্রিগেট (পাথর) LAA $\leq$ ৩০ (not more than 30)

৪. লোহা (বিলটেড) যার fy = ৬০,০০০ psi

৫. Compression strength of concrete, f'_c= ৩৬০০ psi

৬. Design traffic load = H2O/HL 93

৭. Gradation of aggregate

৪.১১.৪ সেতুর লে-আউট

- নদীর পানির প্রবাহের আড়াআড়িভাবে সেতুর Long Profile স্থাপন করতে হবে;
- নদীর পাড়ের Meandering এর কারণে সেতুর দৈর্ঘ্য পুনরায় ঠিক করে নিতে হবে;
- সংযোগ সড়ক নদীর পাড়ের দৈর্ঘ্য বরাবর হলে অথবা সংযোগ সড়কের দৈর্ঘ্য পর্যাপ্ত না হলে সেতুর উইং ওয়াল নতুনভাবে ডিজাইন ঠিক করে নিতে হবে;
- সংযোগ সড়কের টপ লেভেল এর সাথে সেতুর ডেক টপ লেভেল এর অসংগতি দেখা দিলে তা পুনরায় ঠিক করে নিতে হবে;

- সেতুর Alignment ঠিক করে এলজিইডি কর্তৃক অনুমোদন নিতে হবে;
- যদি বিকল্প পথ তৈরী করতে হয় তা তৈরী করে অনুমোদন নিতে হবে;
- পুরাতন সেতুর স্থানে সেতু নির্মান করলে আগের সেতু অপসরণ করে নিতে হবে;

৪.১১.৫ কাষ্ট-ইন-সিটু-পাইল তৈরীকরণ

- নিম্নলিখিত যন্ত্রপাতি বরিং এর কাজে অবশ্যই ব্যবহার করতে হবে;
  - ➢ ৮০০ মিমি ডায়া পর্যন্ত পাইলে Percussion Drilling ব্যবহার করতে হবে
  - ➢ ৮০০ মিমি ডায়া অধিক পাইলে Rotary Drilling ব্যবহার করতে হবে
- নিম্নমানের Bentonite ব্যবহার না করে ৩৫০ Liquid Limit এর বেশি মানের Bentonite (Pilogel, Asapure etc.) ব্যবহার করতে হবে;
- Bentonite Slurry এর গুণগতমান পরীক্ষার জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি (PDS-Kit Machine Box) সেতু নির্মাণে সাইটে থাকতে হবে;
- সঠিক পরিমাণে Bentonite ব্যবহার করে Slurry তৈরী করতে হবে;
- Cutting Tools/Chisel এর dia, Pile এর Diameter থেকে কমপক্ষে ২০ মি বেশি হতে হবে;
- Permanent Casing বসাতে হবে Driving Hammer দিয়ে;
- অতিরিক্ত Boring Depth পরিহার করে Driving Length এর সমান Bore Hole তৈরী করতে হবে;
- Bore Hole এ Mud Circulation এর মাধ্যমে Wash করে উহাতে Sand এর পরিমান ৪% এর নিচে নামাতে হবে;
- W/C Ratio ঠিক রেখে প্রয়োজনীয় Slump অর্থাৎ ১৫০-১৭৫ Slump আনতে Admixture হিসেবে Rehobuild, Sika, Concrete etc. ব্যবহার করতে হবে;
- First Charging Concrete নিশ্চিত করে Concrete Pouring শুরু করতে হবে;
- যথাযথ Format এ Casting এবং Boring Record রাখতে হবে।

৪.১১.৬ পাইল এর শক্তি পরীক্ষাকরণ

- ডিজাইন এ পাইলট পাইল তা তৈরী করে Proof Load Test করতে হবে;
- ASTM D-1143 কোড অনুসারে পাইল এর Load Test সম্পন্ন করতে হবে;
- অনুমোদিত Kentlerge/Loading Platform তৈরী করতে হবে;
- Kentlerge support wall যথাযথ ডিজাইন করে ব্রিক দিয়ে তৈরী করতে হবে;
- Hydraulic Jack & Pressure Gauge এর Updated (সর্বাধিক তিনমাস পূর্বে) Combined Calibration নিশ্চিত করতে হবে;
- Hand Pump এর পরিবর্তে Electrical Pump ব্যবহার করতে হবে।

৪.১১.৭ পাইল ক্যাপ, এবাটমেন্ট ও পিয়ার নির্মাণ

- Pile এর মাথা ভাঙ্গা;
- মাটি খনন;
- BFS/CC ঢালাই;

- Pile Cap নির্মাণ;
- Abutment ও Pier নির্মাণ;

৪.১১.৮ ফরম ওয়ার্ক তৈরীকরণ

- কাঠের পরিবর্তে MS Sheet ব্যবহার করে Shutter তৈরী করতে হবে;
- MS Sheet এর thickness পর্যাপ্ত হতে হবে (গভীরতা ২.০মিটার পর্যন্ত ১২ BWG এবং ২.০ মিটার এর অধিক হলে ১০ BWG;
- Shutter তৈরী করতে প্রয়োজনীয় Angle ব্যবহার করে Bracing দিতে হবে এবং ঠিকমতো Welding করেত হবে;
- Shutter এর Joint সব সময় Water Tight থাকতে হবে;
- ডিজাইন ইউনিট হতে সরবরাহকৃত Guideline অনুসরণ করে PC Girder Construction করতে হবে;

৪.১১.৯ স্ক্যাফোল্ডিং ও স্টেজিং নকশা তৈরী এবং স্থাপন

- কনট্রাকটর কর্তৃক স্ক্যাফোল্ডিং / স্টেজিং Scaffolding/Stagging এর নকশা তৈরী করে অনুমোদন করে নিতে হবে;
- Engineering News Formula ব্যবহার করে পাইপ এর Load Capacity নির্ণয় করতে হবে;
- Bambo অথবা Wooden Bullah ব্যবহার করে Stagging তৈরী করা যাবে না;
- MS pipes এর dia কমপক্ষে ৬" হতে হবে এবং Thickness কমপক্ষে 5mm হতে হবে;
- Wooden Plate অথবা Steel Plate দিয়ে Uncompacted Soil অথবা Filling Sand Bed এর উপর Pipe বসানো যাবে না;
- সঠিক পরিমাণে লম্বা এবং আড়াআড়ি Bracing ব্যবহার করতে হবে;
- পাইপ সবসময় Vertical অবস্থায় বসাতে হবে;

৪.১১.১০ রড বাধা এবং স্থাপন করণ

- বিভিন্ন সাইজ এর Re-bar যে কোন অনুমোদিত Organization থেকে পরীক্ষা করে নিতে হবে;
- অনুমোদিত Bar Bending Schedule ব্যবহার করে Re-bar তৈরী করে ব্যবহার করতে হবে;
- ড্রইং অনুযায়ী Re-bar গুলো সাজিয়ে Binding করতে হবে;
- প্রয়োজনীয় Clear Cover ঠিক রেখে CC block ব্যবহার করে Form Work/Shutter বসাতে হবে;
- CC block এর Strength প্রয়োজনীয় Concrete এর মানের হতে হবে।

৪.১১.১১ কংক্রিট তৈরী ও স্থাপন

- Concrete এর Ingredients গুলি (সিমেন্ট, বালি, পাথর) Specification এর মান অনুযায়ী হতে হবে;
- Target Strength অনুযায়ী Mix Design করে অনুপাত ঠিক করে Concrete Pouring এর কাজ করতে হবে;
- Mix Design এ W/C ratio রড ঠিক রেখে প্রয়োজনীয় Admixture ব্যবহার করতে হবে;
- কোন ভাবেই অতিরিক্ত পানি ব্যবহার করে Slump বাড়ানো যাবে না;
- PC Girder এর Concrete এ Form Vibrator ব্যবহার করতে হবে;
- একদিক থেকে পূর্ণ Depth এ Concrete Pouring করতে হবে;
- Girder এ কোন Break ছাড়াই একটানা Concrete Pouring করতে হবে।

অধ্যায়-৫
কংক্রিট পাইল নির্মাণ ও মান নিয়ন্ত্রণ

৫.১ কংক্রিট পাইল

ভূ-গর্ভস্থ মাটির স্তর নির্মিত অবকাঠামোর ভার বহন করে থাকে। ভবন নির্মাণের স্থানে মাটির ভারবহন ক্ষমতা কম হলে সাধারণত কংক্রিট পাইল (Concrete Pile) নির্মাণ করা হয়। ভার বহনে সক্ষম মাটির স্তর যদি ভূ-পৃষ্ট হতে অনেক নীচে হয় তাহলে অবকাঠামোর ভার ঐ স্তরে পৌঁছানোর জন্য পাইল ব্যবহার করা হয়। পাইল প্রধানতঃ দু'ভাবে ভবনের ভার বহন করেঃ

ক) মাটি ও পাইল মধ্যে এক ধরনের skin friction সৃষ্টি হয় যা অবকাঠামোর ভার বহন করে;

খ) মাটির গভীরে দৃঢ় মাটির স্তরে ভবনের ভার পৌঁছে (transmit) দিয়ে।

পাইল বিভিন্ন রকমের হতে পারে। কংক্রিট পাইল, কাঠের পাইল, বালির পাইল ইত্যাদি। আবার নির্মাণ কৌশলের উপর ভিত্তি করে কংক্রিট পাইল দু'ধরণের হয়ে থাকে। যেমন -

- Pre-Cast কংক্রিট পাইল
- Cast-in-situ কংক্রিট পাইল

৫.২ প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল

যে সমস্ত কংক্রিট পাইল ভূ-পৃষ্ঠে তৈরী করে যথাযথ শক্তি অর্জনের পর ভূ-গর্ভস্থ স্তরে স্থাপন করা হয় তাদেরকে বলে প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল। প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল মাটির উপর প্রথমে ঢালাই করে পরবর্তীতে ভূ-গর্ভস্থ মাটিতে ড্রাইভিং করে স্থাপন করা হয়।

৫.২.১ প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল লে আউট

কংক্রিট পাইল স্থাপন করার পূর্বে প্রথম কাজটি হল যথাযথভাবে ফাউন্ডেশন লে-আউট দেয়া, যা ব্রীজ নির্মাণ অধ্যায়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। এ্যাবাটমেন্ট কিংবা পায়ারের ফাউন্ডেশন লে-আউট স্থাপন করার পরই প্রতিটি পাইলের লোকেশন ঠিক করা হয়। মনে রাখতে হবে পাইল-ওয়ার্কস্ এর ক্ষেত্রে পাইল লোকেশন সঠিকভাবে রাখতে পারা একটি গুরুত্বপূর্ণ এবং জটিল কাজ।

৫.২.২ প্রি-কাষ্ট পাইল তৈরী ও কাষ্টিং

১. প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল বানানোর কাজটি পাইল ড্রাইভ এর অনেক আগেই শুরু করতে হয় যেন পাইল ড্রাইভিং এর কাজটি সময়মত শুরু করা যায় এবং সময়মত শেষ করা যায়।

২. প্রি-কাষ্ট পাইল বানানোর জন্য সুবিধা মত স্থানে অর্থাৎ সাইট থেকে যতদূর সম্ভব কাছাকাছি এবং নিরাপদ জায়গায় একটি পাকা প্ল্যাটফর্ম তৈরী করে নিতে হয়। প্ল্যাটফর্মটি হবে যথাযথভাবে মসৃণ (Neat Cement Finished)। পাইল এর দৈর্ঘ্য এবং একসাথে কয়টি পাইল বানানো হবে, কংক্রিট তৈরীর জন্য মিক্সার মেশিন স্থাপন কোথায় করা হবে ইত্যাদি সকল বিষয় বিবেচনা করে প্ল্যাটফর্ম এর সাইজ স্থির করে নিতে হয়। নির্ধারিত সাইজ অনুযায়ী ফর্ম তৈরী করা হয়। বর্ণাকৃতি Square ফর্ম এর কর্ণার সমূহ ভোতা (chamfer) রাখা হয়।

৩. বর্গাকৃতি পাইল আনুভূমিক অবস্থানে ঢালাই করতে হবে। কংক্রিট ঢালাই করার সময় বিশেষ ভাবে খেয়াল রাখতে হবে যেন হানিকম্ব, এয়ার-পকেট এবং অন্য কোন ধরণের ত্রুটি সৃষ্টি না হয়, যাতে করে রডের সাথে কংক্রিটের সন্তোষজনক বন্ড সৃষ্টি হতে পারে। কংক্রিট বিরতিহীনভাবে ঢালতে হবে এবং ভাইব্রেটর এর সাহায্যে দৃঢ়ীভবন নিশ্চিত করতে হবে এবং অতিরিক্ত কংক্রিটটুকু এমনভাবে level করে (trim off) নিতে হবে যাতে ঐ তলটি ফর্মওয়ার্কের সংগে থাকা তলটির মতই মসৃণ হয়।

৪. কমপক্ষে ২৪ ঘন্টা পর ফর্মওয়ার্কের সাইডের ফরমা খোলা যাবে এবং উন্নতমানের পাইল পাওয়ার লক্ষ্যে কমপক্ষে ২৮দিন পর্যন্ত কিউরিং করতে হবে। ২৮ দিনের পূর্বে পাইল কোনক্রমেই স্থানান্তর করা যাবে না।

৫. পাইল ঢালাইয়ের পর ঢালাইয়ের তারিখ, নম্বর এবং পাইল কতটুকু লম্বা তা পাইলের গায়ে এবং মাথায় সুস্পষ্টভাবে লিখে রাখতে হবে। ড্রাইভিং এর পূর্বে পাইলের উপরের ৩ (তিন) মিটার ২৫০ মিমি পর পর মার্কিং করতে হবে।

৫.২.৩ প্রি-কাষ্ট পাইল বহন, স্টোরেজ, লিফটিং ও পরিবহন

পাইল সমূহের ষ্টোরিং, হ্যান্ডলিং, লিফটিং ও পরিবহনের পদ্ধতি ও সিকোয়েন্সসমূহ এমনভাবে নির্ধারণ করতে হবে যাতে করে পাইল সমূহ ক্ষতিগ্রস্থ না হয়। সতর্কতার সহিত পাইল উত্তোলন, স্থানান্তর ও স্থাপন করতে হবে। নির্ধারিত দূরত্বে এক বা একাধিক হুক পূর্বাহ্নেই রাখা হয় যার সাহায্যে পাইল উত্তোলন ও স্থানান্তর করা হয়। পাইল সমূহ এমনভাবে স্তুপ করতে হবে যাতে করে আগে কাষ্টিং করা পাইল সমূহ ড্রাইভিং এর জন্য নেয়া সম্ভব হয় এবং নতুন কাষ্ট করা পাইলসমূহের ক্ষতি না করেই লিফ্ট করা যায়। একই দৈর্ঘ্যের পাইলসমূহ একসাথে স্তুপ দেয়া যেতে পারে। লিফ্টিং পয়েন্টে সম-পুরুত্বের আবরণ বা প্যাকেজ ব্যবহার করা যেতে পারে।

৫.২.৪ প্রি-কাষ্ট কংক্রিট পাইল ড্রাইভিং

পাইল ড্রাইভিং অপারেশন শুরু করার আগে ঠিকাদার কোন্ যন্ত্রের সাহায্যে এবং কোন্ পদ্ধতিতে কাজ সম্পাদন করতে চান তা প্রকৌশলীকে জানাবেন। পাইলসমূহ ষ্টীম হেমার, ডিজেল হেমার বা গ্রাভিটি হেমার এর মাধ্যমে ড্রাইভ করা হয়। গ্রাভিটি হেমারের বেলায় height of fall ১ মিটারের বেশী যেন না হয় এবং হেমারের ওজন পাইলের ওজনের ৮০% এর কম যেন না হয়।

সুপারভাইজারের লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো হলো ঃ

১) প্রতিটি পাইল অবিরত ড্রাইভ করতে হবে যতক্ষণ পর্যন্ত তা অনুমোদিত গভীরতায় না পৌঁছায়। ড্রাইভিং এর সময় অপ্রত্যাশিত কোন বাধা পরিলক্ষিত হলে তা তাৎক্ষণিক ভাবে দায়িত্বে নিয়োজিত প্রকৌশলীকে অবহিত করতে হবে।

২) নতুন এলাকা বা সেকশনে ড্রাইভিং এর সময় শেষ ৩ মিটারে নিয়মিত বিরতিতে ড্রাইভিং রেকর্ড সমূহ নিতে হবে যাতে করে পাইলের আচরণ বা বৈশিষ্ট্য নিরূপণ করা যায়।

৩) প্রতিটি পাইলের জন্য চূড়ান্ত ড্রাইভিং রেকর্ড নিতে হবে। প্রতি ১০ টি blow তে কত মিলিমিটার Penetration হয় তার ভিত্তিতে অথবা প্রতি ২৫০ মিমি Penetration এর জন্য কতটি blow প্রয়োজন হয় তার ভিত্তিতে SPT নির্ণয় করতে হবে। অতঃপর নিম্নলিখিত বিষয়গুলো নিশ্চিত করতে হবে ঃ

- পাইলের বের হয়ে থাকা অংশ যাতে কোনভাবেই ক্ষতিগ্রস্থ না হয় সেদিকে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখতে হবে।
- প্যাকিং (যদি থাকে) ভালো অবস্থায় থাকছে কি না তা দেখতে হবে।
- Hammer এর Blow তে পাইল অক্ষের সাথে একই লাইনে পড়ছে কি না তা দেখতে হবে।
- Impact surface সমতল হতে হবে এবং পাইল ও Hammer অক্ষের সাথে সমকোণে থাকছে কি না তা দেখতে হবে।

পাইল হেড মেরামতের সময় তার প্রয়োজনীয় জায়গা পর্যন্ত কংক্রিট বর্গাকৃতি করে কেটে ফেলে সকল আলগা ধুলাবালি ব্রাশ দিয়ে পরিষ্কার করতে হবে। অতঃপর পানি দিয়ে ধুয়ে ক্ষতিগ্রস্ত অংশে যথাযথ গ্রেডের কংক্রিট পুনঃস্থাপন করা হয়েছে কি না তা দেখতে হবে।

৫.২.৫ প্রি-কাষ্ট পাইল নির্মাণে লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো

সুপারভাইজারের লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো হলো ঃ

১. সিডিউল মোতাবেক গুণগত মানসম্পন্ন উপকরণ ব্যবহার হয়েছে কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে।

২. পাইলের ক্রস-সেকশন্যাল ডাইমেনশন কোনক্রমেই স্পেসিফিকেশনের চাইতে কম হবে না এবং সর্বোচ্চ ১ সেমি এর বেশী হবে না।

৩. পাইলের কোন ফেইস (face) সর্বোচ্চ ৬ মিমি এর চাইতে বেশী বিচ্যুত (deviation) হবে না।

৪. সাটারিং যথেষ্ট শক্তিশালী করতে হবে।

৫. হেড থেকে ৩০ মিমি দূরত্বে হেড এর কর্ণারসমূহ এবং পাইল স্যাফ্ট এর কর্ণার সমূহ ২৫ × ২৫ মিমি আকৃতিতে chamfered করে দিতে হবে।

৬. পাইল এর কর্ণারসমুহ আকৃতিতে chamfered হবে। এটা অত্যন্ত সুক্ষ্ম কাজ। এই কাজটি দক্ষ কাঠমিস্ত্রি দিয়ে করাতে হবে। Chamfered এর ডাইমেনশন সর্বত্র এক রাখতে হবে।

৭. ১৮ গেজের জিআই (GI) তার দিয়ে প্রধান রডকে প্রত্যেকটি রিং এর সাথে আড়াআড়ি বাঁধন দেয়া হয়েছে কি না তা নিশ্চিত করতে হবে।

৮. বর্গাকৃতি পাইল আনুভূমিক অবস্থানে ঢালাই নিশ্চিত করা।

৯. কংক্রিট ঢালার সময় বিশেষভাবে খেয়াল রাখতে হবে যেন, honey-comb, air pocket এবং অন্য কোন ধরণের ত্রুটি সৃষ্টি না হয়, যাতে করে রডের সাথে কংক্রিটের সন্তোষজনক বন্ড সৃষ্টি হয়।

১০. কংক্রিট বিরতিহীন ভাবে ঢালা এবং ভাইব্রেটর এর সাহায্যে দৃঢ়ীভবন নিশ্চিত করা।

১১. ফর্মওয়ার্কে একটু বেশী কংক্রিট ভরতে হবে এবং অতিরিক্তটুকু এমনভাবে বেছে নিতে হবে যাতে ঐ পাশটি ফর্মওয়ার্কের সঙ্গে লেগে থাকা পাশটির মতই মসৃণ হয়।

১২. পাইল shoe সঠিক সাইজ এবং গুণগত মানসম্পন্ন হতে হবে এবং সঠিকভাবে স্থাপন করতে হবে । পাইল shoe তে ঢালাই সঠিকভাবে হয়েছে কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে।

১৩. কমপক্ষে ২৪ ঘন্টা পর ফর্মওয়ার্কের সাইডের ফর্মা খোলা যাবে এবং উন্নতমানের পাইল পাওয়ার লক্ষ্যে ২৮ দিন পর্যন্ত কিউরিং করতে হবে। ২৮ দিনের পূর্বে পাইল কোনক্রমেই স্থানান্তর করা যাবে না। সঠিক পদ্ধতিতে কিউরিং করতে হবে যেমন ছালার বস্তাকে পাইলের গায়ে জড়িয়ে দেওয়া এবং সব সময় পানিতে ভিজিয়ে রাখা।

১৪. পাইল ঢালাইয়ের পর ঢালাইয়ের তারিখ, নম্বর এবং কতটুকু লম্বা তা পাইলের গায়ে এবং মাথায় সুস্পষ্টভাবে লিখে রাখতে হবে।

১৫. ড্রাইভিং এর পূর্বে পাইলের উপরের ৩ মিটার দৈর্ঘ্যে ২৫০ মিমি পর পর দাগ দিতে হবে।

১৬. পাইল সমূহের ষ্টোরিং, হ্যান্ডলিং ও পরিবহনের পদ্ধতি ও ধারাবাহিকতা এমনভাবে নির্ধারণ করতে হবে যাতে করে পাইলসমূহ ক্ষতিগ্রস্ত না হয়।

১৭. সতর্কতার সহিত পাইল উত্তোলন, স্থানান্তর ও স্থাপন করতে হবে।

১৮. পাইল সমূহ এমনভাবে স্তুপ করে রাখতে হবে যাতে করে আগে ঢালাই করা পাইলসমূহ আগে ড্রাইভিং করা সম্ভব হয় এবং পাইল বহন করার সময় যেন নুতন কাষ্ট করা পাইল সমূহের ক্ষতি না হয়।

১৯. একই দৈর্ঘ্যের পাইলসমূহ একসাথে স্তুপ দেয়া উচিত। লিফটিং পয়েন্টে সম পুরুত্বের আবরণ বা প্যাকেজ ব্যবহার করা উত্তম।

৫.৩ কাষ্ট ইন সিটু কংক্রিট পাইল

যে সমস্ত কংক্রিট পাইল ভূ-গর্ভস্থ মাটিতে Bore-hole এর মধ্যে সরাসরি ঢালাই করা হয় তাদেরকে কাষ্ট-ইন-সিটো (Cast-in-situ) কংক্রিট পাইল বলে। এ ধরণের পাইলের জন্য বোরিং এর প্রয়োজন হয়। কাষ্ট ইন সিটু কংক্রিট পাইলে ১ঃ১.৫ঃ৩ অনুপাতে কংক্রিট ঢালাই করা হয়। মাটির গুণাগুণের উপর ভিত্তি করে কোন কোন ক্ষেত্রে cast-in-situ পাইল ব্যবহার করা হয়। ঐ পাইল আকৃতিতে সাধারণতঃ মোটা হয় এবং column হিসেবে ডিজাইন করা হয়।

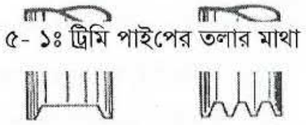
৫.৩.১ কাষ্ট ইন সিটু কংক্রিট পাইল লে-আউট

কংক্রিট পাইল স্থাপন করার পূর্বে প্রথম কাজটি হল যথাযথভাবে ফাউন্ডেশন লে-আউট দেয়া, যা ব্রীজ নির্মাণ অধ্যায়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। ভবনের ক্ষেত্রে প্রতিটি কলামের নীচে পাইলের অবস্থান হয়ে থাকে। ব্রীজের ক্ষেত্রে এ্যাবাটমেন্ট কিংবা পায়ারের অবস্থান নির্ধারন করার পরই প্রতিটি পাইলের লোকেশন পাওয়া যায়। পাইল লোকেশনকে পাইল ড্রাইভ করার সময় সঠিকভাবে নির্দিষ্ট করার জন্য ফাউন্ডেশন লে-আউট থেকে নিরাপদ দুরত্বে ফাউন্ডেশন এর দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থের সমান্তরাল দু'টি রেফারেন্স লাইন স্থায়ীভাবে ঠিক করে নিতে হবে যাতে করে রেফারেন্স লাইন থেকে যে কোন সময় পাইল লোকেশন পরীক্ষা করা যায়। মনে রাখতে হবে পাইল-ওয়ার্কস্ এর ক্ষেত্রে পাইল লোকেশন সঠিকভাবে রাখতে পারা একটি গুরুত্বপূর্ণ এবং জটিল কাজ।

৫.৩.২ কাষ্ট-ইন-সিটু পাইল কাষ্টিং

১. ড্রিলিং শুরু করার পূর্বে বেঞ্চ মার্ক সাপেক্ষে পাইলের লেভেল স্থাপন করতে হবে। ডিজাইন অনুযায়ী রিইনফোর্সমেন্ট তৈরী করতে হবে এবং সেই সাথে casing pipe প্রস্তুত রাখতে হবে। পাম্প, ওয়েল্ডিং মেশিন, ট্রিমি পাইপ ও অন্যান্য প্রয়োজনীয় সরঞ্জামাদি প্রস্তুত রাখতে হবে।

২. রিইনফোর্সমেন্ট এর সাথে প্রি-কাষ্ট ব্লক বেঁধে ৭৫ মিমি ক্লিয়ার কভার নিশ্চিত করতে হবে। ক্লিয়ার কভার দেয়ার জন্য ১৫০মিমি ব্যাসের মর্টার চাকতি (ছিদ্রবিশিষ্ট) তৈরী করে রিং এর সঙ্গে ঝুলিয়ে দেয়ার জন্য কিউরিং করে প্রস্তুত রাখতে হবে, এতে ৭৫মিমি ক্লিয়ার কভার নিশ্চিত হওয়া যাবে।



চিত্র ৫- ১ঃ ট্রিমি পাইপের তলার মাথা

৩. পাইলের বোর হোল তৈরী হয়ে যাবার পর বোর হোল পাম্পের সাহায্যে ফ্রেশ পানি দিয়ে কমপক্ষে ততক্ষণ পর্যন্ত ধৌত করতে হবে যতক্ষণ না বের হওয়া পানি পরিষ্কার বলে বিবেচিত হয়।

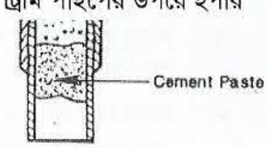
৪. ট্রিমি পাইপ এর সাহায্যে কংক্রিট স্থাপন করা হয়। ট্রিমি পাইপ যথেষ্ট লম্বা হতে হবে যাতে পাইলের নীচ পর্যন্ত যেতে পারে।

৫. পাইপের নীচের মুখ গর্তের তলা পর্যন্ত যাবে এবং কমপক্ষে ০.৫০ মিটার অতিরিক্ত লম্বা থাকে। ট্রিমি পাইপ সব সময় স্থাপনকৃত কংক্রিটের মধ্যে থাকবে।

৬. ট্রিমি পাইপের ব্যাস ১৫০মিমি এর কম হবে না। উপরের মাথায় হপার থাকবে যাতে কংক্রিট স্থাপনে সুবিধা হয়। ট্রিমি পাইপের নীচের মুখ অন্ততঃ ৬০০ মিমি কংক্রিটের মধ্যে থাকবে।

চিত্র ৫- ২ঃ ট্রিমি পাইপের উপরে হপার

৭. শুরুতে ট্রিমি পাইপের নীচের মুখ বন্ধ রাখতে হবে যাতে পাইপের মধ্যে পানি ঢুকতে না পারে। উপরের মাথায় হপার রাখতে হবে যাতে কংক্রিট স্থাপনে সুবিধা হয়। শুরুতে ট্রিমি পাইপের নীচের মুখ বন্ধ রাখার লক্ষ্যে ২০গেজি এমএস প্লেট দিয়ে বিশেষভাবে তৈরী এক অস্থায়ী ক্যাপ পরিয়ে দিতে হবে। এতে ট্রিমি পাইপের মধ্যে বোর হোলের নীচে থিতিয়ে জমা হওয়া মাটি/বালুর স্লারি (Slurry) ঢুকতে পারবে না। এই কাজটি অন্যভাবেও করা যেতে পারে। ট্রিমি পাইপের মুখে মর্টার মিশ্রিত প্লাগ (Plug) ব্যবহার করতে হবে। হপারে কংক্রিট দেয়ার পরে পাইপটি সামান্য উঁচু করে কংক্রিট স্থাপন করতে হয় এবং পাইপের তলার মুখ সব সময় কংক্রিটের মধ্যে রাখতে হয় - যতক্ষণ না ঢালাই শেষ হয়। ঢালাই শেষ না হওয়া পর্যন্ত এক নাগাড়ে করে যেতে হবে। ট্রিমি পাইপকে সাপোর্ট দিয়ে রাখতে হয় যাতে নীচের মুখকে সহজে উপর-নীচ করা যায়।



৮. গর্ত (Bore hole) যাতে ভেঙ্গে না যায় সে জন্য ground level থেকে অন্ততঃ ৩ মিটার পর্যন্ত নির্দিষ্ট ব্যাসের casing pipe ব্যবহার করা হয়। সিডিউলে উল্লেখ থাকলে লম্বা casing pipe স্থাপন করা হয়।

৯. ড্রিলিং অনুমোদিত পদ্ধতিতে করতে হবে। প্রয়োজনে কফারড্যাম/বাঁধ নির্মাণ করতে হবে।

১০. কোন ফান্ডেশন গ্রুপে যখন ৪ এর অধিক পাইল থাকবে, কেন্দ্রের পাইল প্রথমে স্থাপন করতে হবে এবং গ্রুপের প্রতিটি পাইল একই গভীরতায় স্থাপন করতে হবে।

১১. স্থাপনকৃত কংক্রিটের প্রকৃত পরিমাণ, ডিজাইন পরিমাণের সাথে তুলনা করে দেখতে হবে।

১২. পাইল কংক্রিট করার সময় পাইলের বোর হোলে থিতিয়ে জমা হওয়া মাটির স্লারি উপরের দিকে উঠে আসে। ফ্রেশ কংক্রিট ওভার ফ্লো না করা পর্যন্ত কংক্রিট ঢালাই করে যেতে হবে।

১৩. পাইলের সাইজ, ডিজাইন ও ভারবহন ক্ষমতা যাচাই করার জন্য মূল পাইলিং কাজ শুরু করার আগে পাইলট পাইল তৈরী করতে হবে।

১৪. দক্ষ সুপারভাইজারের উপস্থিতিতে পাইল টেষ্ট করতে হয়। হাইড্রোলিক jack, পাম্প, পাইপ, কাপলিং ও অন্যান্য সরঞ্জামাদি প্রকৃত চাপের দেড়গুণ চাপ নেওয়ার ক্ষমতা সম্পন্ন হতে হবে। হাইড্রোলিক jack এর মাধ্যমে ভর সঞ্চালন করতে হবে।

১৫. ডায়াল গেজ এর মাধ্যমে পাইল পরীক্ষা করে ভার বহন ক্ষমতা মাপা হয়। টেষ্টিং এর যন্ত্রপাতি আবহাওয়া থেকে রক্ষা করার ব্যবস্থা করতে হবে। টেষ্টিং এর জন্য লোড দেয়া এবং সরানো পর্যায়ক্রমে করতে হবে।

৫.৩.৩ কাষ্ট-ইন-সিটু পাইল কাষ্টিং এ লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো

কংক্রিট কাষ্টিং এ সুপারভাইজারের লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো হলো ঃ

১. ড্রিলিং শুরু করার পূর্বে বেঞ্চ মার্ক সাপেক্ষে পাইলের লেভেল স্থাপন করতে হবে।

২. ডিজাইন অনুযায়ী রিইনফোর্সমেন্ট খাঁচা তৈরী করতে হবে এবং কেসিং পাইপ প্রস্তুত রাখতে হবে।

৩. গর্তের কাজ সম্পন্ন হওয়ার পর রিইনফোর্সমেন্ট খাঁচা ঢুকাবার আগে গর্তের ভিতর হতে পানি পাম্প করে গর্তটিকে পরিষ্কার করে নিতে হবে। এক্ষেত্রে দেখতে হবে, গর্ত থেকে বের হওয়া পানি পরিষ্কার কি না?

৪. গর্তের চারিদিক থেকে যাতে মাটি ভেংগে না পরে সেক্ষেত্রে স্পেসিফিকেশন মত bentonite ব্যবহার করতে হবে।

৫. গর্তের চারিদিকে রিইনফোর্সমেন্টের clear cover সঠিকভাবে রাখার জন্য কি ধরণের ব্যবস্থা নেওয়া হয়েছে দেখতে হবে। ক্লিয়ার কভার দেয়ার জন্য ১৫০ মিমি ব্যাসের মর্টার চাকতি (ছিদ্র বিশিষ্ট) তৈরী করে রিং এর সঙ্গে ঝুলিয়ে দেয়ার জন্য কিউরিং করে প্রস্তুত রাখতে হবে, এতে ৭৫ মিমি ক্লিয়ার কভার নিশ্চিত হওয়ার সম্ভাবনা বেড়ে যাবে;

৬. রডের সংখ্যা, সাইজ, গুণগত মান সঠিক আছে কি না দেখতে হবে। প্রধান রডের সাথে spiral রডকে কিছু দূর অন্তর অন্তর ওয়েল্ডিং করে দিতে হবে। spiral রডের সাইজ এবং spacing ঠিক আছে কি না দেখতে হবে।

৭. প্রধান রডে ল্যাপিং এর স্থানে ওয়েল্ডিং করে নিতে হবে। যে ক্ষেত্রে একাধিক খাঁচা ব্যবহৃত হবে সেক্ষেত্রে দুইটি খাঁচাকে ওয়েল্ডিং করে নিতে হবে।

৮. নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে আনুভূমিক (lateral) পার্থক্য ৭৫ মিমি এর অধিক হলে অথবা slope ২% এর বেশী হলে পাইল বাতিল বলে গণ্য হবে। সেক্ষেত্রে প্রকৌশলীর সুপারিশকৃত অন্য কোন স্থানে অতিরিক্ত পাইল স্থাপন করতে হবে।

৯. গর্ত তৈরী হয়ে যাবার পর তার গভীরতা প্রকৌশলী কর্তৃক যাচাই করতে হবে।

১০. গভীরতা অনুমোদিত হলে Casting Pipe নির্দিষ্ট গভীরতা পর্যন্ত বসানো হবে এবং পরে রিইনফোর্সমেন্ট স্থাপন করা হবে।

১১. Tremie পাইপের সাহায্যে কংক্রিট স্থাপন করতে হবে।

১২. Tremie পাইপের নীচের মুখ গর্তের তলা পর্যন্ত যাবে এবং পরবর্তীতে কংক্রিট ঢালার সময় তা স্থাপনকৃত কংক্রিটের মধ্যে থাকবে। ট্রিমি পাইপের অন্ততঃ ৬০০ মিমি দৈর্ঘ্য সব সময় কংক্রিটের মধ্যে থাকবে।

১৩. রিইনফোর্সমেন্ট এর তলায় প্রি-কাষ্ট ব্লক বেধে তলাতে ৭৫ মিমি কভার নিশ্চিত করতে হবে।

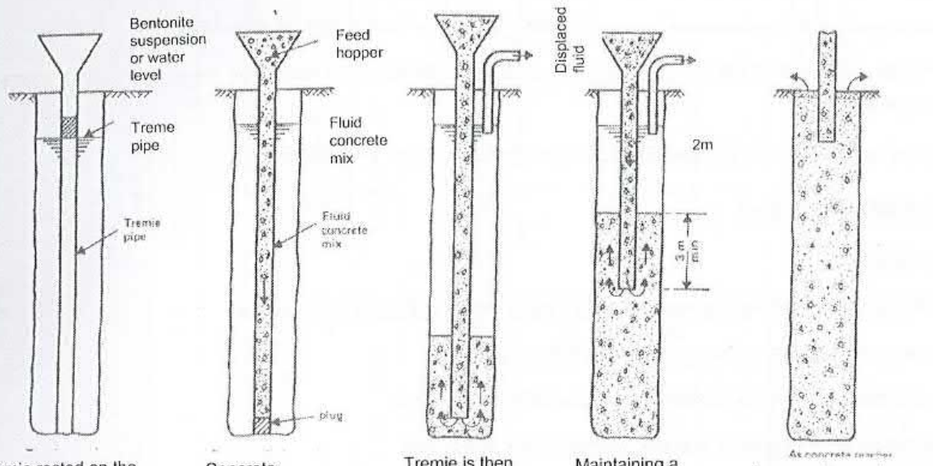
১৪. ন্যূনতম কংক্রিট অনুপাত ১ঃ১.৫ঃ৩ রাখতে হবে।

১৫. পানি ও সিমেন্টের w/c অনুপাত স্পেসিফিকেশন মত রাখতে হবে।

১৬. ট্রিমি পাইপ যথেষ্ট লম্বা হতে হবে যাতে পাইপ গর্তের নীচ পর্যন্ত যেতে পারে। পাইপের ব্যাস ১৫০ মিমি এর কম হবে না। পাইপের উপরের মাথায় হপার থাকবে যাতে কংক্রিট ঢালতে সুবিধা হয়।

১৭. শুরুতে ট্রিমি পাইপের নীচের মুখ বন্ধ রাখতে হবে যাতে পাইপের মধ্যে পানি ঢুকতে না পারে। কংক্রিট হপারে দেয়ার পরে পাইপটি সামান্য উঁচু করে কংক্রিট স্থাপন করতে হবে এবং পাইপের তলার মুখ সব সময় কংক্রিটের মধ্যে রাখতে হবে - যতক্ষণ না ঢালাই শেষ হয়।

১৮. ঢালাই শেষ না হওয়া পর্যন্ত এক নাগাড়ে ঢালাই করে যেতে হবে। ট্রিমি পাইপকে সাপোর্ট দিয়ে রাখতে হয় যাতে সহজে উপর-নীচ করা যায়।



চিত্র ৫- ৩ঃ কাষ্ট ইন সিটু পাইল কাষ্টিং

১৯. গর্ত (Bore hole) যাতে ভেংগে না যায় সে জন্য Ground Level থেকে অন্ততঃ ৩ মিটার পর্যন্ত নির্দিষ্ট ব্যাসের Casing Pipe ব্যবহার করতে হবে।

২০. সিডিউলে উল্লেখ থাকলে লম্বা Casing Pipe স্থাপন করতে হবে।

২১. স্থাপনকৃত কংক্রিটের প্রকৃত পরিমাণ ডিজাইন পরিমাণের সাথে তুলনা করে দেখতে হবে।

২২. অনবরত ঢালাই করে যেতে হবে।

২৩. অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় tremie পাইপ দিয়ে কংক্রিট স্থাপন করার সময় কংক্রিট পাইপে আটকিয়ে যায় অর্থাৎ সহজে পড়তে চায় না। সে ক্ষেত্রে খুব সাবধানতার সহিত Tremie পাইপকে উঠা-নামা করাতে হবে যাতে reinforcement খাঁচা ক্ষতিগ্রস্ত না হয় এবং গর্তের মাটি ভেংগে না পড়ে।

৫.৩.৪ পাইলের ভার বহন ক্ষমতা পরীক্ষা

ব্রীজ/কালভার্ট এবং বিল্ডিং এর ক্ষেত্রে সাধারনতঃ পাইলের Compressive Loading Test করা হয়। Compressive Loading Test দুই পদ্ধতিতে করা যায়। সাধারণতঃ Maintained Load Test পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। এই পদ্ধতিতে test পাইলে ক্রমান্বয়ে লোড দেওয়া হয় এবং পর্যায়ক্রমে লোড বাড়ানো হয়। working পাইল এর উপর লোড টেষ্ট করা হলে Maintained Load পদ্ধতিই নির্ভরযোগ্য পদ্ধতি। প্রতিটি পর্যায়ে load কে কমপক্ষে ১ ঘন্টা সময় রেখে দিতে হয় কিন্তু যদি settlement rate প্রতি ২০ মিনিটে ০.১ মিমি এর চেয়ে বেশী হয় তাহলে আরও বেশী সময় রেখে দিতে হবে যতক্ষণ না settlement rate উল্লেখিত পরিমাণ থেকে কমে না আসে। Load Test করার সময় সুপারভাইজারের লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো হলোঃ

১. ডিজাইন লোড এর ১.৫ গুণ বা ২ গুণ (স্পেসিফিকেশনে যা উল্লেখ থাকে) লোড দেয়ার ব্যবস্থা করতে হবে।

২. প্ল্যাটফর্মে সাজানো load হিসাব করে দেখতে হবে যেন টেষ্ট লোড এর সমান হয়।

৩. হাইড্রোলিক জ্যাক এর ক্ষমতা দেখতে হবে। হাইড্রোলিক জেক এর ক্ষমতা টেষ্ট load এর ২০% বেশী হতে হবে।

৪. Pressure guage এবং settlement gauge এর শেষ callibration কখন হয়েছে তা দেখে নিতে হবে।

৫. টেষ্টিং লোড পর্যায়ক্রমে দেওয়া হয়েছে কি না এবং একই লোড কমপক্ষে এক ঘন্টা রেখে পর্যায়ক্রমে বাড়ানো হয়েছে কি তা দেখতে হবে।

৬. Pile load test যথাযথভাবে Record Sheet এ সুপারভাইজার স্বহস্তে পূরণ করবেন।

৫.৪ নিরাপত্তাজনিত সাবধানতা

পাইলিং এর কাজ ঃ

- সুবিধাজনক জায়গায় "পাইলিং এর কাজ চলিতেছে" বাংলা লেখায় সাইনবোর্ড লাগাতে হবে
- জনসাধারণকে কর্মস্থল হতে দূরে রাখার জন্য বেষ্টনী দিতে হবে
- ড্রাইভিং যন্ত্রপাতি, পুলি ইত্যাদি কার্যক্ষম আছে কি না নিশ্চিত করতে হবে
- যোগ্য চালকদের সাহায্যে ড্রাইভিং যন্ত্রপাতি ব্যবহার নিশ্চিত করতে হবে
- পাইল উত্তোলন এর সময় অন্যান্য কর্মচারীদের বিপদ হতে দূরে রাখতে হবে।

টেবিল ৫-১ঃ কাষ্ট-ইন-সিটু পাইল (বোরিং রেকর্ড)

"ছক-ক"

জেলা	উপজেলা	ব্রীজ স্কীমের নাম, অবস্থান এবং আইডি নং	মোট দৈর্ঘ্য (স্প্যানের সংখ্যা)	প্রকল্পের নাম	প্যাকেজ নং (অর্থ বৎসর)	ঠিকাদারের নাম ও ঠিকানা
১	২	৩	৪	৫	৬	৭

"ছক-খ"

পাইলের অবস্থান এ্যাবাটমেন্ট/ পিয়ার নং ও পাইল নং	পাইলের দৈর্ঘ্য (কাট অফ লেবেল পর্যন্ত) (মিঃ) ও ব্যাস (মিমি)	অস্থায়ী কেসিং এর দৈর্ঘ্য (মিঃ) ও ব্যাস (মিমি)	স্থায়ী কেসিং এর দৈর্ঘ্য (মিঃ) ও ব্যাস (মিমি)	চিজেলের ব্যাস(মিমি)	খাল/নদীর তলদেশের লেভেল	ওয়ার্কিং প্ল্যাট ফর্ম/ আইল্যান্ড লেভেল	খালের/নদীর পানির লেভেল	ভূগর্ভস্থ পানির লেভেল	অস্থায়ী কেসিং এর উপরি ভাগের লেভেল	পাইল কাট অফ লেভেল	অস্থায়ী কেসিং এর টপ হতে বোরহোলের কাংখিত গভীরতা (১০-১১+২)	ট্রিমি পাইপের ব্যাস (মিঃমিঃ)	মন্তব্য
১	২	৩	৪	৫	৬	৭	৮	৯	১০	১১	১২	১৩	১৪

"ছক-গ"

বোরিং শেষে বোর হোলের প্রকৃত গভীরতা (মিঃ) (অস্থায়ী কেসিং এর টপ হতে)	বোরিং এ অতিবাহিত সময় (ঘরির সময়), অর্জিত গভীরতা (প্রতিটি ড্রিল রডের জন্য) ও হাউজের Slurry মান			বোরিং সমাপ্ত হওয়ার পর ওয়াশিং সময় (ঘড়ির সময়) ও হাউজের Slurry মান		ষ্টীল খাঁচা নামানোর সময় - (প্রতিটি খাচার জন্য)		ট্রিমি পাইপ নামানোর পর ওয়াশিং সময় (ঘড়ির সময়) ও বোর হোল তলদেশের Slurry মান		ঢালাইয়ে অতিবাহিত সময় ও অর্জিত গভীরতা (প্রতিটি ট্রিমি পাইপের জন্য)		কত ব্যাগ সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়েছে (ব্রাণ্ড নাম)	কত লিটার Admixture ব্যবহৃত হয়েছে (ব্যাণ্ড নাম)	কত ব্যাগ (৫০ কম ব্যাগ) Bentonite ব্যবহার হয়েছে (ব্রাণ্ড নাম)	পূর্বের পাইলে ব্যবহৃত Slurry যা এই পাইলে পুনঃ ব্যবহার করা হয়েছে (লিটার)
	সময় (হতে - পর্যন্ত = ঘন্টা)	ড্রিল রড নং এবং দৈর্ঘ্য (মিঃ)	হাউজের তরলের মান (Viscosity / Density)	সময় (হতে - পর্যন্ত = ঘন্টা)	হাউজের Slurry মান (Viscosity/ Density)	সময় (হতে -পর্যন্ত = ঘন্টা)	খাঁচা নং এবং দৈর্ঘ্য (মিঃ)	সময় (হতে -পর্যন্ত = ঘন্টা)	Slurry মান (Viscosity/ Density/ Sand Content)	সময় (হতে - পর্যন্ত = ঘন্টা)	ট্রিমিপাইপ নং এবং দৈর্ঘ্য (মিঃ)				
১	২	৩	৪	৫	৬	৭	৮	৯	১০	১১	১২	১৩	১৪	১৫	১৬

তদারককারী কর্মকর্তা/কর্মচারী

নাম ঃ .....পদবী ঃ.....স্বাক্ষর ঃ..... তারিখ ঃ.....

৫.৫ কাষ্ট-ইন-সিটু পাইল বোরিং রেকর্ড

বোরিং কাজ চলাকালীন সকল ধরণের তথ্য রেকর্ড করা হয়। যন্ত্রপাতি, ব্যবহৃত মালামাল, পদ্ধতি, সময়সহ সকল ধরনের তথ্য নিদিষ্ট ছকে (টেবিল ৫-১) লিপিবদ্ধ করা হয়। ছক পূরণের জন্য প্রয়োজনীয় নির্দেশাবলী নীচে দেয়া হলোঃ

১) সকল নির্মাণ সামগ্রী (সিমেন্ট, পাথর, বালু, রড, Bentonite, Admixture, Permanent Casing), যন্ত্রপাতি (Welding মেশিন, মিক্সচার মেশিন, ড্রিলিং রিগ, ইঞ্জিন, Winch, Drilling Pipe, Cutter) ইত্যাদির যথাযথ Test report ও মজুতের সঠিকতা যাচাই করে Pile Casting কাজ শুরু করতে হবে। এ সংক্রান্ত "চেক লিষ্ট" পূরণপূর্বক তা অনুসরণ করতে হবে।

২) পাইল বোরিং কালে প্রাপ্ত মাটি ও Sub-soil report এর মাটির মধ্যে অপ্রত্যাশিত তারতম্য থাকলে তা মন্তব্য কলামে লিপিবদ্ধ করতে হবে এবং সংগে সংগে ডিজাইন ইঞ্জিনিয়ারকে ফোনে জানাতে হবে।

৩) ট্রিমি (Tremie) পাইপ এর নিচের প্রান্ত ওয়াশকৃত বোর হোলের তলদেশ পর্যন্ত স্থাপন (rest) করতে হবে। ট্রিমি পাইপের তলদেশ "Notched" হতে হবে। ট্রিমি পাইপের উপরিভাগে "Plug" স্থাপন করতে হবে। এই "plug" দিয়ে Bentonite Slurry থেকে Concrete কে পৃথক করতে হবে। সিমেন্ট পেষ্ট ও টুকরা লোহার সমন্বয়ে সিলিন্ডার আকৃতির "Plug" তৈরি করতে হবে। কংক্রিটের first charging এর ক্ষেত্রে ট্রিমি পাইপের পূর্ণ দৈর্ঘ্যে কংক্রিট দিয়ে ভর্তি করতে হবে। এর পর ট্রিমি পাইপ ৫০-১০০মিমি Lift করতে হবে এবং এতে কংক্রিট বোর হোলে Discharge হবে। পূর্ণ ট্রিমি পাইপের এই পরিমাণ কংক্রিট বোর হোলে যে উচ্চতায় ("X"-meter) থাকবে তা হিসাব করতে হবে। এরপর ৩ মিটার ট্রিমি পাইপ কংক্রিটে ঢুকে আছে তা নিশ্চিত হয়ে বাকী দৈর্ঘ্যের (X-3m) ট্রিমি পাইপ উপরে তুলতে হবে। অতপর প্রতি ৩.০মিটার দৈর্ঘ্যে বোরহোল কংক্রিট পূর্ণ হলে ঠিক সেই ৩.০ মিটার দৈর্ঘ্যে ট্রিমি পাইপ উত্তোলন করতে হবে। ট্রিমি পাইপের তলদেশ কংক্রিটের মধ্যে সবসময় ২.০ (দুই) মিটার ডুবে থাকা অবশ্যই নিশ্চিত করতে হবে। কংক্রিটের Slump বেশী থাকায় (>175mm) ট্রিমি পাইপ ওঠা-নামা করে বোর হোলের কংক্রিট Compaction করার দরকার হবে না এবং এটা করতে দেয়া যাবে না।

৪) বেন্টোনাইট (Bentonite) মিশ্রিত Slurry দ্বারা বোর হোল খনন করতে হবে। সর্বোচ্চ ৩০ মিটার গভীরতা/ ৮০০ মিমি ব্যাস পর্যন্ত percussion drilling পদ্ধতিতে Boring করতে হবে। এর চেয়ে বেশী হলে rotary drilling পদ্ধতিতে boring করতে হবে।

৫) বোরিং এবং ওয়াশিং উভয় ক্ষেত্রে বোর হোলে slurry লেবেল ভূ-গর্ভস্থ পানির লেবেল হতে কমপক্ষে ২(দুই) মিটার এবং ভূ-উপরিস্থিত পানির লেবেল হতে কমপক্ষে ১(এক) মিটার উচুতে রাখতে হবে। Borehole খনন করার পর drill rod এর মাধ্যমে centrifugal pump দ্বারা এবং reinforcement cage নামানোর পর tremie pipe এর মাধ্যমে air lift pump দ্বারা slurry circulation করে ওয়াশিং করতে হবে। বোর হোল ওয়াশিং কালে বোর হোলে তরলের উপরোল্লিখিত লেবেল সবসময় সতর্কতার সাথে নিশ্চিত করতে হবে। এর ব্যাত্যয় হলে bore hole collapse করতে পারে।

৬) শুকনো বেন্টোনাইট পাউডারের Liquid Limit (LL) কমপক্ষে ৩৫০ হতে হবে (Brand :- PILOGEL/ASAPURA (India) or equivalent)| হাউজের Slurry (পাতলা)তে বেন্টোনাইট এর পরিমাণ ৪%-৬% হবে। Cyclone (দ্রুত ঘুর্নিয়মান পাখা যুক্ত ছোট পাত্র) এর মধ্যে বেন্টোনাইট পাউডার ও পানির সমন্বয়ে Slurry (ঘন) প্রস্তুত করতে হবে। বেশ কয়েকটি পর্বে Cyclone এ slurry (ঘন) প্রস্তুত করতে হবে এবং একটি বড় storage tank এ (ঘূর্নিয়মান পাখা যুক্ত বড় পাত্র) জমা করতে হবে। Slurry (ঘন) অন্ততপক্ষে ২৪ ঘন্টা storage tank এ রাখতে হবে। একটি বোর হোলের আয়তনের প্রায় ২.৫ গুণ পরিমাণ Slurry (পাতলা) প্রয়োজন হয়। পূর্ববর্তী বোর হোল খনন কাজে ব্যবহৃত পুনঃ ব্যবহার যোগ্য (Recycleable) Slurry (পাতলা) থাকলে সে টুকু বাদে অবশিষ্ট Slurry (পাতলা) এর পরিমাণ নির্ণয় করতে হবে। অবশিষ্ট Slurry (পাতলা)এর ৪%-৬% হিসেবে যে পরিমাণ বেন্টোনাইট পাউডার আসে (50 Kg Bag) তার সমূদয় পরিমাণ Cyclone দ্বারা Mixing করে Storage Tank এ Slurry (ঘন) হিসাবে রাখতে হবে যা পরবর্তী বোর হোল খনন কাজে ব্যাবহৃত হবে।

৭) Storage Tank থেকে Bentonite মিশ্রিত ঘন Slurry বোরিং সাইটে ইটের গাঁথুনী দিয়ে নির্মিত ৩ প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হাউস এর পানিতে মিশিয়ে তা পাতলা করে পাতলা Slurry তৈরী করতে হবে। হাউসে বেন্টোনাইট মিশ্রিত fresh slurry এর density = <1.10 gm/cc এবং viscosity = 32-50 second হতে হবে। হাউসে recycled slurry এর density = <1.15 gm/cc এবং Viscosity=32-60 second হতে হবে। বোরিং ও ওয়াশিং এর সময় recycled slurry এর পাতলা তরলের মান

সবসময় একইরূপ রাখতে হবে। ৩-প্রকোষ্ট বিশিষ্ট হাউসের suction প্রকোষ্ট হতে Fresh/Recyled Slurry (পাতলা) সংগ্রহ করে এর মান নির্ণয় করতে হবে। Suction প্রকোষ্ট ব্যতিত অপর ২টি প্রকোষ্টে জমাকৃত বালু সব সময় অপসারণ করতে হবে। Suction প্রকোষ্টের slurry (পাতলা) যেন বালুমুক্ত/খুব কম বালু যুক্ত থাকে তা নিশিত করতে হবে।

৮) বোর হোলের তলদেশের ০.৫ মিটার এর মধ্যে সংগ্রহীত Slurry এর Density= <1.15 gm/cc, Viscosity= 32-50 second এবং Sand Content ≤4% না হওয়া পর্যন্ত ওয়াশিং চালিয়ে যেতে হবে।

৯) Concreting কাজ চলা কালে বিভিন্ন ব্যাচ concrete এর slump গ্রহণ করতে হবে। Concrete slump মান ১৭৫ মিঃমিঃ এর উপর হতে হবে। নির্ধারিত slump পেতে প্রয়োজনীয় পরিমাণ water reducer (Admixture) কংক্রিটের সাথে মেশাতে হবে। পাইল ঢালাই কাজ শেষ হওয়া পর্যন্ত বর্ধিত Slump (> 175mm) অক্ষুন্ন রাখার জন্য প্রয়োজনীয় পরিমান retarder (Admixture) মেশাতে হবে। উভয় ধরণের Admixture (Water Reducer এবং Retarder) এর পরিমান trial mix design করে নির্ধারন করতে হবে। Admixture Brand: GRACE (Singapore) / BASF (Germany) or Equivalent.

১০) পাইল কাট-অফ লেভেলের অন্ততঃ এক পাইল ব্যাস সমপরিমাণ অতিরিক্ত উচ্চতা পর্যন্ত অথবা মান সম্পন্ন কংক্রিট অস্থায়ী কেসিং উপচানো পর্যন্ত ঢালাই কাজ অব্যাহত রাখতে হবে। কংক্রিট ঢালাইয়ের উপরিভাগের ১ (এক) মিটার অংশের Slurry মিশ্রিত কংক্রিট থাকায় তা ফেলে দিতে হবে। এই ১ (এক) মিটার অংশ ব্যাতিত পরবর্তী অংশের Slurry বোর হোল খনন কাজে পুনঃ ব্যবহারের জন্য ৩-প্রকোষ্ট হাউসে এবং এতে জায়গা সংকুলান না হলে পৃথক বড় প্লাষ্টিক/লোহার ট্যাংকে সংরক্ষণ করতে হবে।

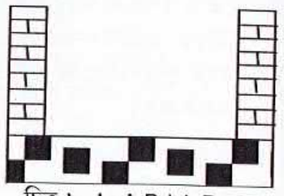
১১) প্রতিটি এ্যাবাটমেন্ট/পিয়ার এর জন্য ১টি রিং ফাইল সংরক্ষণ করতে হবে। প্রতিটি রিং নথিতে সংশ্লিষ্ট এ্যাবাটমেন্ট/পিয়ারের প্রতিটি পাইলের বোরিং রেকর্ড, নির্মাণ সামগ্রীর ল্যাব টেষ্ট রিপোর্ট, Integrity Test রিপোর্ট সংরক্ষণ করতে হবে। রিং নথির সকল তথ্য পর্যালোচনা করে ডিজাইন ইঞ্জিনিয়ার Pile Load Test/PDA Test এর জন্য পাইল নির্দ্ধারণ করবেন।

অধ্যায় ৬

পানি নিষ্কাশন ড্রেন ডিজাইন বাছাই

৬.১ ভূমিকা

ড্রেন হলো পানি বহনের একটি মাধ্যম। পৌরসভা এলাকায় কোন এক স্থানের বৃষ্টির পানি নির্দিষ্ট এলাকায় নিষ্কাশন করতে ড্রেন নির্মাণ করা হয়। পানি নিষ্কাশন করা না হলে এই এলাকা পানিতে প্লাবিত হবে। ড্রেন নির্মিত থাকলে পৌরসভা এলাকা হতে বৃষ্টির পানি, আবাসিক/বাণিজ্যিক ভাবে নির্গত সকল surface runoff কোন সমস্যা তৈরী না করে নির্দিষ্ট জায়গায় (out fall) নিষ্কাশিত হবে। একটি এলাকার বৃষ্টির পানির একটি অংশ মাটির নীচে percolation হওয়ার পর যে অংশটুকু surface বা ভুমির উপর দিয়ে প্রবাহিত হয় তাকে Surface runoff বলা হয়। ড্রেন নির্মাণ/স্থাপন করে Surface runoff পাঠানো হয় out fall এ। পৌর এলাকা জলাবদ্ধতা হতে রক্ষা পেতে ড্রেন নির্মাণ/স্থাপন করার কোন বিকল্প নেই। তিন ধরণের ড্রেন যেমনঃ Primary, Secondary ও Tertiary ড্রেন নির্মাণ করা হয়। Tertiary ড্রেন হতে পানি নামে Secondary ড্রেনে, অতপর Secondary হতে Primary এবং Primary ড্রেন হয়ে তা নদী বা নিম্নাঞ্চলে অর্থাৎ out fall এ শেষ হয়। ড্রেনেজ সিস্টেম ডিজাইনের ক্ষেত্রে এক ধরণের Integrated approach অনুসরন করা হয়। Tertiary ড্রেন হতে পানি (runoff) এ Secondary ড্রেনে এবং Secondary ড্রেন হতে Primary ড্রেন হয়ে সমষ্টিগত পানি (runoff) outfall এ যাবে। Outfall এর ধারন ক্ষমতা বিবেচনায় নিতে হয় অন্যথায় back flow হয়ে পানি বের হওয়ার পরিবর্তে এলাকা প্লাবিত হতে পারে। শহর উন্নয়নের একটি প্রধান বিষয় হলো ড্রেন উন্নয়ন যা Integrated approach এ ডিজাইন করা প্রয়োজন।

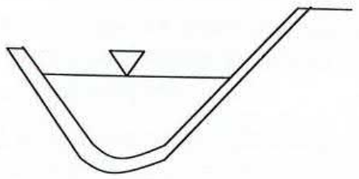


চিত্র ৬- ১: A Brick Drain

৬.২ ড্রেনের শ্রেণীবিভাগ

নির্মাণ সামগ্রীর উপর ভিত্তি করে যে সকল ড্রেন নির্মাণ করা হয় তার শ্রেণী বিভাগ নিম্নে দেওয়া হইলঃ

কাঁচা/মাটির ড্রেন ঃ পৌরসভায় প্রথম অবস্থায় মাটির ড্রেন রাখা হয়। মাটির প্রকার ভেদে এরূপ ড্রেনের ক্ষেত্রে ড্রেনের সাইড slope দেয়া হয় ১:১.৫ হতে ১:২। আস্তে আস্তে ঐ ড্রেন পাকা করা হয়। সে ক্ষেত্রে আয়তাকার, বর্গাকার বা ট্রাপিজয়ডাল ড্রেন নির্মাণ করা হয়। কাঁচা ড্রেন বেশী গভীর করা হয় না।

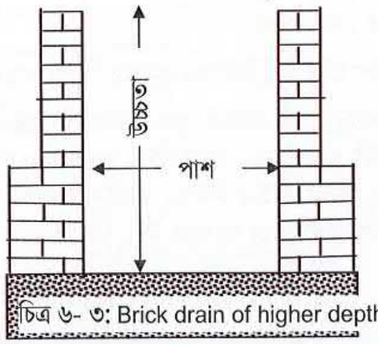


চিত্র ৬- ২: An Earthen Drain

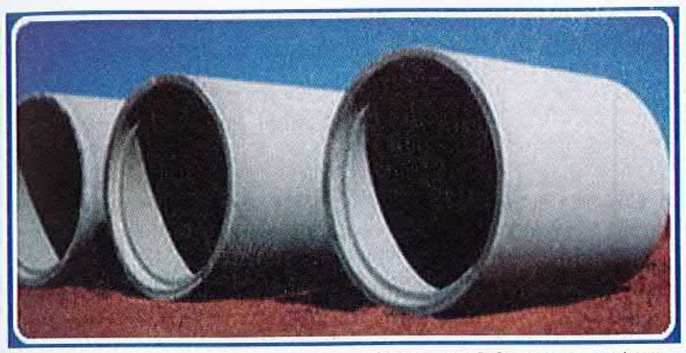
উন্মুক্ত পাকা ড্রেন (ব্রিক ওয়ার্ক বা RCC)ঃ সড়কের যে কোন এক সাইডে বা উভয় দিকে পাকা ড্রেন নির্মাণ করা হয়। পাকা ড্রেন নির্মাণ করার সময় ড্রেনের পাশ এমনভাবে নির্বাচন করতে হবে যাতে ড্রেন পরিষ্কার করার সুযোগ থাকে।

সাধারণভাবে ড্রেনের পাশ তার গভীরতার তিনগুণের বেশি হতে পারবে না। অপর দিকে ড্রেনের পাশ ০.৬ মিটারের কম এবং গভীরতায় ১.২ মিটারের বেশি না হওয়াই উত্তম। উন্মুক্ত ড্রেনের একটি বড় অসুবিধা হলো এতে ময়লা আবর্জনা পড়ে অনেক সময় বন্ধ হয়ে যায়। এরূপ ড্রেন ব্রিক ওয়ার্ক দিয়ে নির্মাণ করা হয়। ১০" ব্রিক ওয়ার্ক ড্রেন ০.৬ মিটার উচ্চতা পর্যন্ত করা যায় তবে উচ্চতা বেশী হলে ব্রিক ওয়ার্ক নীচের দিকে পাশ বাড়াতে হয়। উন্মুক্ত ড্রেন ময়লা আবর্জনা হতে রক্ষা করতে কখনও কখনও ব্রিক ওয়ার্ক ড্রেনের উপর প্রিকাস্ট স্লাব কভারিং হিসেবে দেয়া হয়।

পাইপ ড্রেন ঃ সাধারণভাবে মাটির নীচে রাস্তার সাইড বরাবর বা রাস্তা অতিক্রম করতে পাইপ ড্রেন বসানো হয়। এক্ষেত্রে পাইপের উপর সারচার্জ (পাইপের উপর আরোপিত লোড) এমনভাবে ধরতে হবে যাতে গাড়ী চলাচলের কারণে তা ভেঙ্গে না পড়ে। কমপক্ষে ১ মিটার সারচার্জ দেয়া প্রয়োজন হয়। পাইপ ড্রেন নির্মাণে Pre-cast pipe ব্যবহার করা হয়। পাইপ ড্রেনের inlet ব্যবস্থা রাখা হয় যাতে সহজেই বৃষ্টির পানি ড্রেনে ঢুকতে পারে।

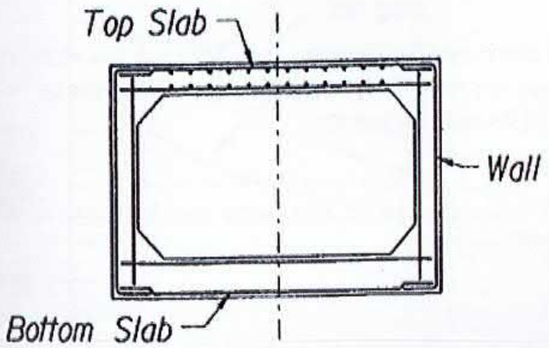


চিত্র ৬- ৩: Brick drain of higher depth



চিত্র ৬- ৪: বিভিন্ন ধরণের পাইপ

RCC বক্স /কালভার্ট ড্রেনঃ তুলনামুলকভাবে ব্যয়বহুল যা Primary বা Secondary ড্রেন হিসেবে নির্মাণ করা হয়। সাধারণভাবে এ ড্রেন অনেক গভীরে নির্মাণ করা হয়। RCC বক্স ড্রেন রাস্তা আড়াআড়ি বা সড়কের সাইড বরাবর স্থাপন করা হয়।



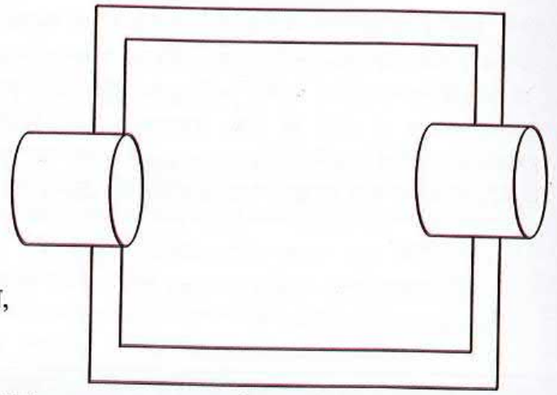
চিত্র ৬- ৫: বক্স কালভার্ট রিইনফোর্সমেন্ট

চিত্র ৬- ৬: বক্স কালভার্ট ড্রেন

৬.৩ ম্যান হোল

পাইপ ড্রেন ও ১ মিটারের কম প্রস্থ বিশিষ্ট আয়তকার কালর্ভাট ড্রেন নির্মিত হলে ম্যানহোল (Man hole) নির্মাণ করতে হয়। ম্যানহোলের minimum সাইজ হবে ১.২ মিটার × ১.২ মিটার। ম্যানহোল যেখানে যেখানে নির্মাণ করতে হবে তা হলো -

- ড্রেনের দৈর্ঘ্য ২০ মিটারের চেয়ে বেশি হলে,
- ড্রেনের সাইজ পরিবর্তন করা হলে,
- ড্রেনের দিক পরিবর্তন বা slope পরিবর্তন হলে,
- একাধিক ড্রেনের সংযোগ স্থলে ।



চিত্র ৬- ৭: ম্যান হোল

ড্রেন গ্রেটিং ঃ গ্রেটিং হলো বৃষ্টির পানি ড্রেনে প্রবেশ করার পথ। সাধারণভাবে গ্রেটিং ছাকনি হিসেবে কাজ করে যাতে ময়লা আবর্জনা ডেনে পড়তে না পারে এবং পানি প্রবাহে কোন বাধা সৃষ্টি না হয়। গ্রেটিং এর প্রবেশপথ সব সময় পরিষ্কার রাখা প্রয়োজন। লোহার এ্যাংগেল ও রড দিয়ে স্থানীয়ভাবে গ্রেটিং তৈরী করা হয়।

৬.৪ ফুটপাথ

সাধারণ জনগণের চলাচলের জন্য রাস্তায় ফুটপাথ (footpath) রাখা হয়। যদি রাস্তার প্রস্থ কম হয় সেক্ষেত্রে ড্রেনের উপর slab নির্মাণ করা হয়। এরূপ covered ড্রেনের ক্ষেত্রে বিশেষ ডিজাইন করা হয়। covered ড্রেন নির্মাণ করার ক্ষেত্রে ২৫ মিটার পর পর একটি man hole অবশ্যই রাখতে হবে। Road side covered drain নির্মাণ করার ক্ষেত্রে খেয়াল রাখতে হবে যেন footpath এ গাড়ী উঠতে না পারে। অন্যথায় গাড়ীর ভারে ড্রেনের slab ভেঙ্গে যেতে পারে। তবে রাস্তার প্রশস্ততার সীমাবদ্ধতা বিবেচনায় প্রয়োজন হলে পাশের ড্রেনের cover এর উপর গাড়ি চলার অনুমতি দেয়া হয়। সে ক্ষেত্রে ড্রেন ও কভার সেভাবেই ডিজাইন করা হয়।

৬.৫ ড্রেন নেট ওয়ার্ক

পদ্ধতিগতভাবে ড্রেন নেটওয়ার্কের প্ল্যান প্রস্তুত করে সকল ড্রেনের নাম্বার দিয়ে নিতে হবে। ১৫০ মিটার লম্বা ড্রেন আরো বিভক্ত করে ছোট ভাগ করে নিতে হবে। এলাকার কন্টুর (contour) সার্ভে করার পর ড্রেন নেটওয়ার্কের প্ল্যান প্রস্তুত করতে হয়। এতে কোন এলাকার পানি কোন ড্রেন দিয়ে প্রবাহিত করানো যাবে তা ঠিক করে নেয়া সম্ভব হবে।

ড্রেনের বিভাজনের একটি পদ্ধতি উদাহরণস্বরূপ নিচে দেয়া হল ঃ

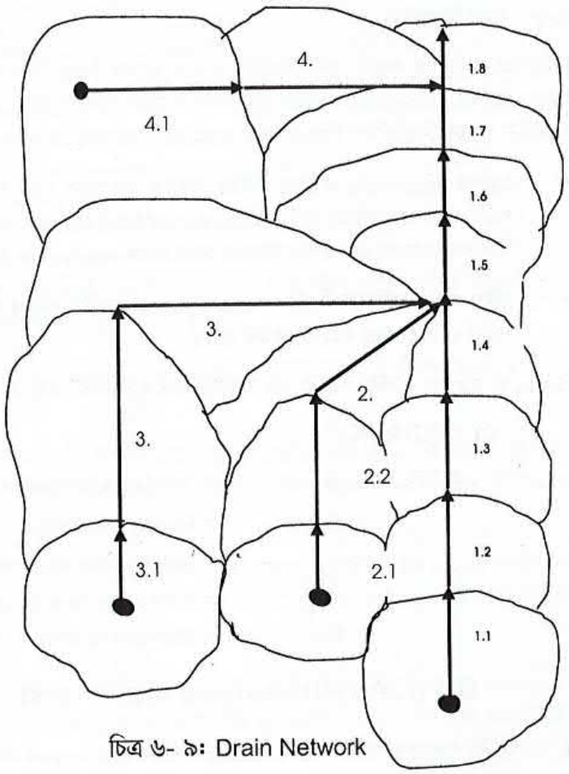
আউট ফল হতে সর্ব উজানে ড্রেনের নাম্বার হল ১.১, পরবর্তী ভাটিতে নাম্বার হল ১.২ এভাবে আউট ফলের দিকে ড্রেনের নাম্বার ঠিক করা হয়েছে। শাখা ড্রেনগুলোকেও একইভাবে নাম্বার দেয়া হয়েছে।

৬.৬ বৃষ্টির তীব্রতা

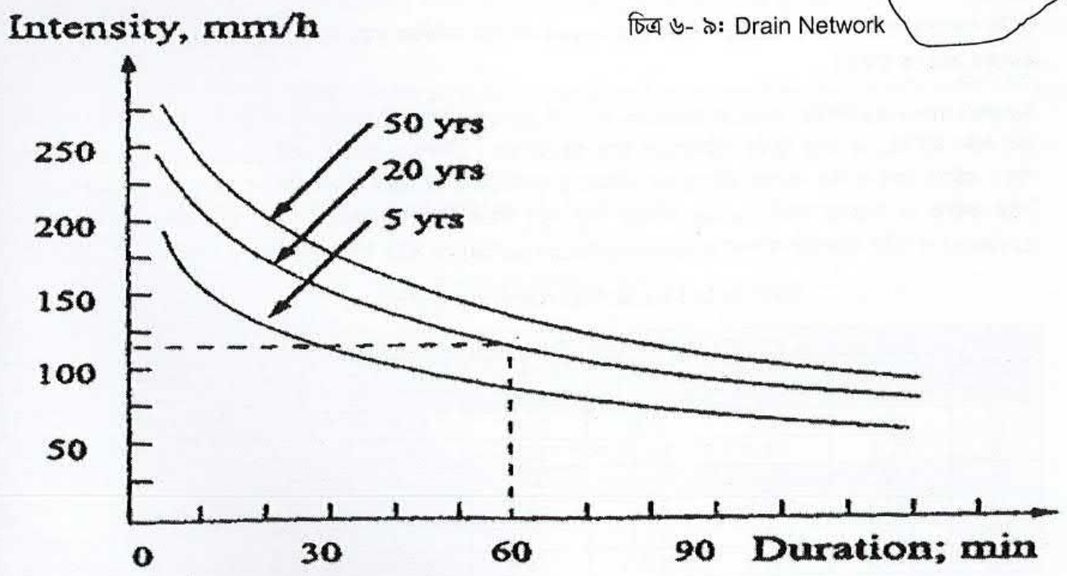
বৃষ্টির তীব্রতা (Intensity of rainfall) হল কোন নির্দিষ্ট সময়ে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ যা প্রকাশ করা হয় মিমি/ঘন্টা, সেমি/ঘন্টা কিংবা ইঞ্চি/ঘন্টা হিসেবে। একটা নির্দিষ্ট স্থানে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ সম্পূর্ণভাবে প্রকাশ করতে হলে বৃষ্টির তীব্রতা (Intensity of rainfall), বৃষ্টির সময়কাল (duration) ও বৃষ্টির বারংবার আগমন (frequency) বিষয়ে জানতে হবে। বিভিন্ন বৃষ্টিপাত প্রবাহের এলাকার (catchment area) বেশ কয়েক বছরের বৃষ্টিপাতের পরিমাণের রেকর্ডের উপর বৃষ্টির তীব্রতা (intensity of rainfall) - বৃষ্টির সময়কাল (duration) বৃষ্টির বারংবার আগমন (frequency) বিষয়ে কার্ভ প্রনয়ণ করতে হবে। উক্ত কার্ভ হতে কোন ড্রেনেজ এর জন্য বৃষ্টির তীব্রতা (intensity of rainfall) নির্ণয় করতে হবে। নিচে কার্ভটি দেখানো হল ।

৬.৭ পানি প্রবাহের সময়

এটি হল বৃষ্টিপাত প্রবাহের এলাকার (Catchment area) সর্বাধিক দুরত্ব হতে বৃষ্টিপাত প্রবাহের এলাকার নির্গমন পথ পর্যন্ত পানি প্রবাহের সময়কে (Time of Concentration) বুঝায়।



চিত্র ৬- ৯: Drain Network



চিত্র ৬- ১০ঃ Typical rainfall intensity – duration –frequency curve

৬.৮ ড্রেন ডিজাইন

পৌরসভা এলাকায় একটি ড্রেন ডিজাইন করতে অনেক বিষয় বিবেচনায় নিতে হয়। বৃষ্টির পরিমাণ, বৃষ্টির তীব্রতা, পানির প্রবাহের সময়, ড্রেনের catchment এলাকা, এলাকার সমোচ্চ রেখা ইত্যাদি একাধিক বিষয় পর্যালোচনা করার প্রয়োজন পড়ে। একটি ড্রেন ডিজাইন করতে নিম্নলিখিত বিষয়ে তথ্য সংগ্রহ বা নির্ণয় করতে হবেঃ

- **ড্রেনের** catchment **এলাকা নির্ণয়ঃ** কতটুকু এলাকার পানি নিষ্কাশিত হবে তা নির্ণয় করতে হবে। অর্থাৎ যে এলাকা হতে পানি এসে জলাবদ্ধতা সৃষ্টি করেছে তার এরিয়া নির্ণয় করা যা ড্রেনের catchment এলাকা হিসেবে বিবেচনায় নিতে হবে। সাধারনতঃ ম্যাপ এর উপর সমোচ্চ রেখা দেখে catchment এলাকা নির্ণয় করা যায়।
- **বৃষ্টির পানির পরিমাণ নির্ণয়** (Surface runoff)ঃ বৃষ্টির পানির পরিমাণ একটি গুরুত্বপূর্ণ কাজ। বৃষ্টির পানির পরিমাণের উপর নির্ভর করে ডেনের সাইজ কেমন হবে।

Surface runoff বের করতে যে ফর্মুলা ব্যবহার করা হয় তা হলো -

$$Q = (CIA)/K_u$$

এখানে
- Q = Total flow, m^3/sec(or ft^3/sec)
- C = Runoff co-efficient
- I = Rainfall intensity, mm/hr (or in/hr)
- A = Area in hectore (or acre)
- K_u = 360 (or 1 in FPS)

$Q = (CIA)/360$ (when using MKS) and $Q = CIA$ (when using FPS)

- **পানির প্রবাহের সময় (Travel time) নির্ণয়ঃ** Catchment এলাকার সর্বাধিক দুরত্ব হতে বৃষ্টির পানি নির্গমন পথ পর্যন্ত পানি প্রবাহের সময়কে বুঝায়।
- **Rainfall Intensity নির্ণয়ঃ** Rainfall Intensity জানা না থাকলে বৃষ্টির পানির পরিমাণ নির্ণয় (Surface runoff) নির্ণয় করা সম্ভব হয় না। এ তথ্য পূর্বের পরিসংখ্যান হতে নেওয়া যায়। টেবিল-১ ব্যবহার করে Rainfall Intensity নির্ণয় করা যায়। এছাড়া বেশ কয়েক বছরের বৃষ্টিপাতের পরিমাণের রেকর্ডের উপর ভিত্তি করে বৃষ্টির তীব্রতা (Intensity of rainfall) নির্ণয় করতে এ সংক্রান্ত কার্ভ (curve) ব্যবহার করা হয়ে থাকে। পূর্বে প্রর্দশিত গ্রাফ এ ৬০ মিনিট বৃষ্টির সময়কাল (Duration) ও বৃষ্টির বারংবার আগমন (Frequency/Return period) ২০ বছর হলে বৃষ্টির তীব্রতা হবে ১২০ মিমি/ঘন্টা।

টেবিল ৬-১ঃ Predicted rainfall Intensities

Return Period (year)	Rainfall Intensity (mm/hr) in given duration						
	15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	5 hour
1.1	73.5	59.9	39.6	22.0	14.0	7.1	4.3
2	92.4	78.6	56.2	36.7	27.0	15.4	9.4
5	109.7	95.7	71.4	50.1	39.0	23.0	14.1
10	121.1	107.0	81.4	58.9	46.9	28.0	17.3
25	135.6	121.3	94.1	70.1	56.9	34.3	21.2
50	146.3	132.0	103.5	78.4	64.3	39.0	24.1

- **Runoff coefficient নির্ণয়ঃ** Catchment এলাকার বৈশিস্টের উপর নির্ভর করে কতটুকু বৃষ্টির পানি নির্গমন পথ পর্যন্ত যাবে, কেননা বৃষ্টির পানি কিছু মাটির মধ্যে চলে যাবে বা বাধাগ্রস্ত হয়ে এলাকার ছোট খাটো ডোবায় আটকে থাকবে। নীচের টেবিল ২ হতে Runoff coefficient বেছে নেয়া যায় -

টেবিল ৬-২ ঃ Runoff coefficients

Type of Area	Coefficient
Paved area – roads and markets	0.9
Area of paddy (flooded)	0.8
Densely built up areas	0.7
Central areas mixed commercial and housing	0.6
Residential areas with detached houses	0.4
Walled areas and gardens	0.3
Large permeable areas (e.g dry paddy)	0.3

- উদ্দিষ্ট এলাকার সমোচ্চ রেখা (Contour) পর্যবেক্ষণ করে ঠিক করতে হবে কোন দিকে বৃষ্টির পানি ড্রেনের মাধ্যমে নেওয়া প্রয়োজন । অর্থাৎ টপোগ্রাফি অনুযায়ী ঢালের দিকে পানি নিষ্কাশিত অধিকতর শ্রেয়।
- বিদ্যমান Drainage ব্যবস্থায় কী ধরণের ড্রেন আছে তাও বিবেচনায় নিতে হবে। বিদ্যমান ব্যবস্থায় কী সমস্যা সৃষ্টি হচ্ছে তা নির্ণয় করতে হবে।
- ড্রেন ডিজাইন করতে খেয়াল রাখতে হবে যাতে ড্রেনের দৈর্ঘ্য বরাবর কোন স্থানেই পানি overflow না করে। প্রয়োজনীয় free board অবশ্যই বিবেচনায় নিতে হবে। এজন্য ড্রেনের সাইজ (প্রস্থ ও উচ্চতা) এমন হতে হবে যেন তার সর্বোচ্চ পানি বহন ক্ষমতা Surface runoff হতে বেশি না হয়।
- নির্মিতব্য ড্রেনের দৈর্ঘ্য বিবেচনায় নিতে হবে। দৈর্ঘ্যের ও সমোচ্চ রেখার উপর ভিত্তি করে ড্রেনের তলার slope নির্ণয় করতে হবে। তবে Minimum slope অবশ্যই দিতে হবে। যেমনঃ ১:১০০০ অবশ্যই দিতে হবে অন্যথায় ড্রেনের পানি নিষ্কাশিত না হয়ে ড্রেনে পানিতে ভাসমান সিল্ট বা ময়লা জমবে যা মশা-মাছির জন্ম দিতে সহায়ক হবে।
- বৃষ্টির Peak time এ ড্রেনে পানি চলাচলের সময় কখনো যেন তা উপচে না পড়ে। অর্থাৎ ডিজাইন বিবেচনায় free board অবশ্যই রাখতে হবে। ড্রেনের বহনতব্য পানির পরিমাণ নির্ণিত হলে ড্রেনের সাইজ ও ড্রেনের slope/ঢাল ঠিক করা সম্ভব।

৬.৮.১ ড্রেনের সাইজ নির্ণয়

১) Rational formula হতে ড্রেনের বহন ক্ষমতা (Runoff volume) and manning's formula হতে পানির গতি নির্ণয় (velocity) করা হলে Q=AV ব্যবহার করে ড্রেনের সাইজ নির্ণয় করা সম্ভব হয়।

অর্থাৎ Area of drain = Q/V

২) Manning formula ব্যবহার করে ড্রেনের Runoff velocity পাওয়া যাবে।

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

যেখানে
- n = Manning's roughness co-efficient/factor
- R = hydraulic radius $= \frac{\text{Cross cross sectional area}}{\text{Perimeter}}$
- S = hydraulic gradient

৩) Manning's roughness co-efficient/factor নীচের টেবিল-৩ ব্যবহার করা যায়

টেবিল ৬-৩ঃ Design Roughness factor

Type of Drain	Roughness factor 'n'
Concrete drains	0.014
Plastered brick drains	0.014
Brick drains (unplastered)	0.016
Katcha drains (earth)	0.025
Katcha drains (grass)	0.030

৪) ড্রেনের সর্বনিম্ন ঢাল (Minimum gradient/slope) যা দিতে হবে তা হলো -

Tertiary ও Secondary ড্রেনের ক্ষেত্রে ১ঃ১০০০ তবে ১ঃ৫০০ দেয়াই উত্তম এবং

Primary ড্রেনের ক্ষেত্রে ১ঃ২০০০।

৫) অনুরূপভাবে সর্বনিম্ন velocity যা বিবেচনায় নিতে হবে তা হলো -

Tertiary ড্রেনের ক্ষেত্রে 0.7 m/sec এবং Secondary ও Primary ড্রেনের ক্ষেত্রে 1.0 m/sec

বর্ণিত Rational পদ্ধতিটি সর্বোচ্চ ৬০ হেক্টর ভূমির জন্য প্রযোজ্য। ৬০ হেক্টরের বেশী ভূমির ক্ষেত্রে hydrographic method ব্যবহার করতে হবে, যা এখানে আলোচনা করা হলো না।

৬.৮.২ ড্রেন ডিজাইনের উদাহরণ

মনে করি,

১) যে এলাকার পানি (Runoff) বের করতে হবে তার ক্ষেত্র/এরিয়া = ১.০০ হেক্টর

২) উদ্দিষ্ট এলাকায় বৃষ্টির পরিমান (টেবিল ৬-১, রিটার্ন পিরিয়ড ১.১) = ৪০ মিমি/ঘন্টা (৩৯.৬ mm/hour)

৩) Runoff coefficient (টেবিল-২, densely built up areas) = ০.৭

৪) Brick drains (un-plastered) করা হলে (টেবিল-৩) Roughness factors = 0.016

৫) ড্রেনের তলার gradient/slope = 0.002 (1:500)

৬) Velocity of flow = 1m/sec (assumed)

এমন পরিস্থিতিতে ড্রেনের আকার প্রস্থ ও গভীরতা বের করতে হবে।

সমাধানঃ

ড্রেন দিয়ে যে পরিমান পানি বের করতে হবে তা হলো-

$Q = (CIA)/K_u$
$= (0.7x40x1)/360$
$= 0.078 m^3/sec$

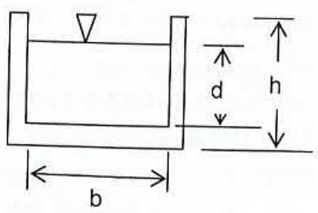
ড্রেনে বৃষ্টির পানির গতি হবে -

$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$
$= \frac{1}{0.016} R^{2/3} 0.002^{1/2}$
$= 2.795 R^{2/3}$

$R^{2/3} = (V/2.795)$
$= (1/2.795)$
$= 0.358$ ·

$R = (0.358)^{3/2}$
$= 0.214$

এখন, A/P = 0. 214

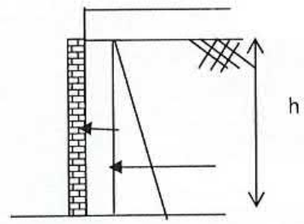


চিত্র ৬- ১১ঃ ড্রেন ডিজাইন

A= ড্রেনের ভিজা অংশের এরিয়া
=(bxd)
P= ড্রেনের ভিজা অংশের পরিসীমা
=(2d+b)
R = ড্রেনের hydraulic radius
=A/P

bxd/(2d+b) = 0. 214,
bxb/(2b+b) = 0. 214 when b=d
$b^2/3b$ = 0. 214
b/3 = 0. 214
b = 0.643 metre

অর্থাৎ ড্রেনের প্রস্থ, b = 0.643 metre



চিত্র ৬- ১২ঃ Earth Pressure

Height of drain, h = 0.643+Free Board
= 0.643+0.10 (ধরে নেই Free Board= 0.10m)
= 0.743 metre
≈ 0.75 metre

১.০০ হেক্টর বিশিষ্ট এলাকা যেখানে বৃষ্টির পরিমান ৪০ মিমি/ঘন্টা সেখানে ব্রিক ওয়ার্কের একটি ড্রেন করা হলে তার প্রস্থ হবে ০.৬ মিটার ও উচ্চতা হবে ০.৭৫ মিটার এবং ড্রেনের স্লোপ / ঢাল রাখতে হবে ০.০০২। ড্রেনের অবস্থান ভেদে আমরা A2/B2/C2/D2 অনুসরণ করে নির্মাণ কাজ সম্পন্ন করতে পারি। ড্রেনের উচ্চতা ০.৭৫ মিটার ধরা হবে।

ড্রেনটি ব্রিক ওর্য়াক দিয়ে নির্মিত হলে তা জয়েন্ট মর্টার failure করে কিনা চেক করা প্রয়োজন। এজন্য tensile stress of joint mortar বের করে দেখতে হবে।

$f'_c = (MC/I)$ এখানে M= bending moment, C= half of width of brick wall, I= moment of Inertia.

Pressure from soil = $C_a \gamma h$, (where C_a = coefficient of active earth pressure value ranges from 0.3 – 0.4 and h=height of wall of the drain)

= 0.4x18x0.75
= 5.4 KN/m^2

Pressure from surcharge = $C_a \gamma h$ (where h=0.6m assumed surcharge from Live load)

= 0.4x18x0.6
= 4.32KN/m^2

Maximum Bending Moment generated = $\frac{WL2}{2} + \frac{0+5.4}{2} x\ h\ x\ \frac{h}{3}$
= $(4.32*0.75^2)/2 + (5.4*0.75^2)/6$
= 1.723 KNm

C= 5 inch (0.125 m) and $I = b*h^3/12 = (1 * 0.254^3/12) = 0.00136$

$f'c = (MC/I) = (1.723*0.125)/.00136 = 158 KN/m^2$ which is less than tensile stress of concrete ($0.5 \sqrt{f'_c}$).

ড্রেনের গভীরতা বেশি হলে Side pressure বেড়ে যাবে । সেক্ষেত্রে brick work দিয়ে ড্রেন ডিজাইন/নির্মাণ করা সম্ভব হয় না। এরূপ ক্ষেত্রে RCC ব্যবহার করা । সাধারণতঃ ~ ৪.০ ফিট বা (~ ১.২০ মিটার) পর্যন্ত ড্রেনের গভীরতা হলে brick work দিয়ে ড্রেন নির্মাণ করা হয়। Brick work ও RCC দিয়ে নির্মিত ড্রেনের ডিজাইনসমূহ নীচের টেবিল ৬-৫ মোতাবেক অনুসরণ করা যেতে পারে।

টেবিল ৬-৪ এ কিছু টাইপ ডিজাইন দেয়া হয়েছে। ডিজাইন discharge জানার পর ড্রেনের সাইজ নির্ণয় করতঃ ক্ষেত্র বুঝে টেবিল ৬-৪ এ প্রদর্শিত ব্রিক ওর্য়াক ড্রেন/RCC ড্রেন/ পাইপ ড্রেন/ বক্স কালভার্ট ড্রেন ইত্যাদি টাইপ ডিজাইন বাছাই করে সে মোতাবেক নির্মাণ কাজ করতে হবে।

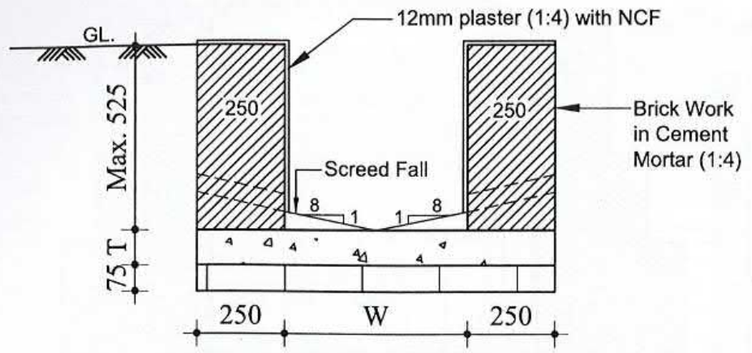
৬.৯ টাইপ ডিজাইন

টেবিল ৬- ৪ ঃ Standard Types of Drains

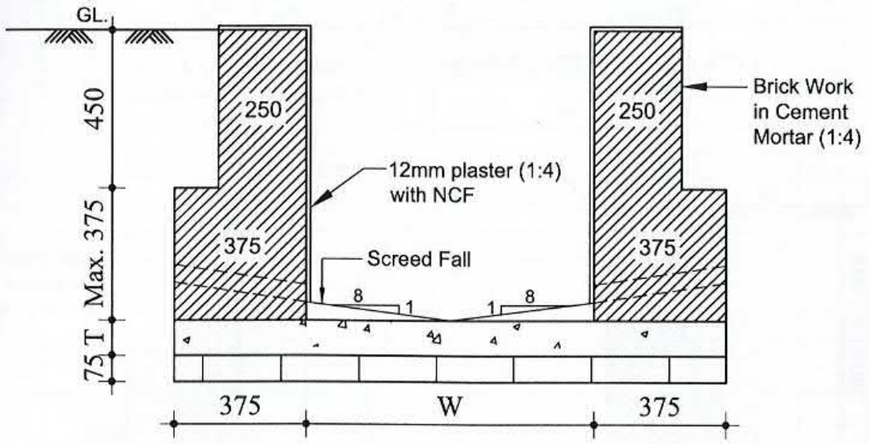
Ref	Description of Type of Drain	Type Design	Locations for use
A	Standard open brick drain	A1 depth ≤525 mm	General use away from roads
		A2 depth 525~825 mm	
		A3 depth 825~1125 mm	
		A4 depth1125~1275 mm	
B	Open brick road side drain	B1 depth ≤525 mm	For use next to roads
		B2 depth 525~825 mm	
		B3 depth 825~1125 mm	
		B4 depth1125~1275 mm	
C	Standard brick drain with footpath top slab	C1 depth ≤525 mm	For use as a footpath away from roads. If width is over 1.5 m, footpath will be used by rickshahs
		C2 depth 525~825 mm	
		C3 depth 825~1125 mm	
		C4 depth1125~1275 mm	
D	Brick road side drain with footpath top slab	D1 depth ≤525 mm	For use as a footpath next to roads Note footpath must be at least slab thickness plus 150 mm above road to stop vehicle use.
		D2 depth 525~825 mm	
		D3 depth 825~1125 mm	
		D4 depth1125~1275 mm	
E	Brick road cross drains with road top slab	E1 depth ≤525 mm	Designed for vehicles to cross over
		E2 depth 525~825 mm	
		E3 depth 825~1125 mm	
		E4 depth1125~1275 mm	
F	Brick road side drain with road top slab	F1 depth ≤525 mm	Designed for vehicles to run along. Note vehicle access crossing over drain to be constructed as road cross drains
		F2 depth 525~825 mm	
		F3 depth 825~1125 mm	
		F4 depth1125~1350 mm	
G	Reinforced concrete drains	Use Table 5 to select a specific design (Type G)	Individually designed. Used where either space does not allow brick drains or depth exceeds 1.35 m
H	Box culverts	Use Table 6 to select a specific design (Type H)	Individually designed. Used where top slab required
I	Pipe drains	Type I for D 300mm, 450mm, 600mm, 750mm, 900mm, 1200mm & 1500mm	Used where space available and closed drain needed
J	Trapezoidal lined drain (In-situ concrete)	Use Table 5 to select a specific design (Type J)	Used where space available but pucca drain needed
M	Market drains	Type M	Tertiary drains
L	Katcha (earth)	Type L	Trapezoidal earth drains. Semi rural area

উপরোক্ত কাঠামোসমূহের ড্রইং পরবর্তী পৃষ্ঠা (২০৯ - ২৫৫)-তে দেয়া হয়েছে।

TYPICAL SECTION OF OPEN BRICK DRAIN (TYPE-A)



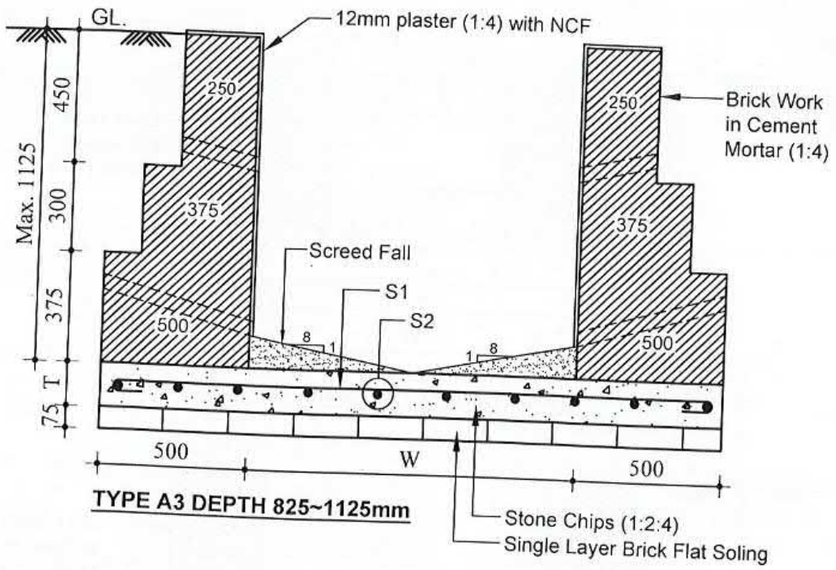
TYPE A1 DEPTH ≤ 525mm



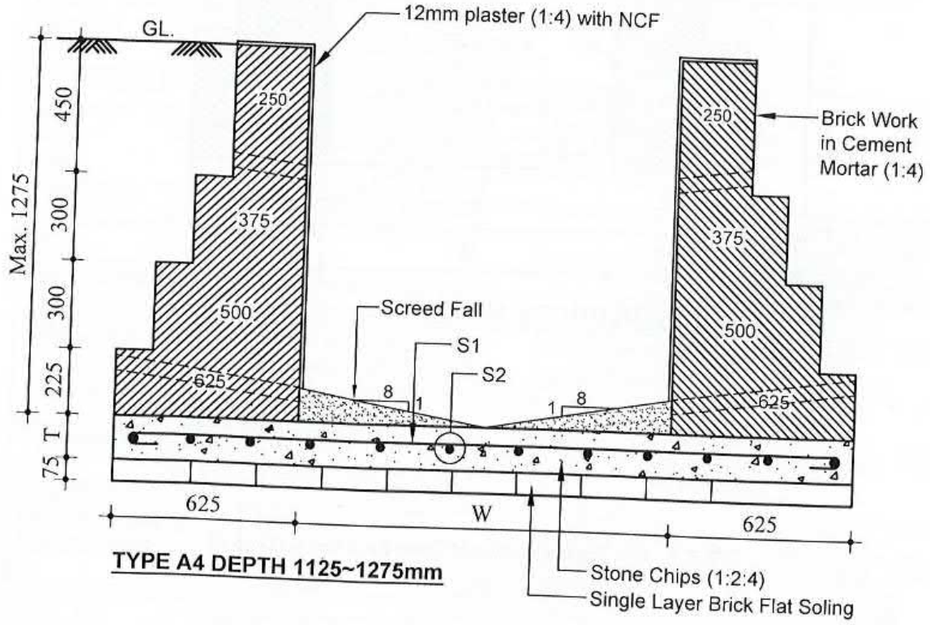
TYPE A2 DEPTH 525~825mm

চিত্র ৬-১৩: Typical Section of Open Brick Drain (Type A)

TYPICAL SECTION OF OPEN BRICK DRAIN (TYPE-A)



TYPE A3 DEPTH 825~1125mm



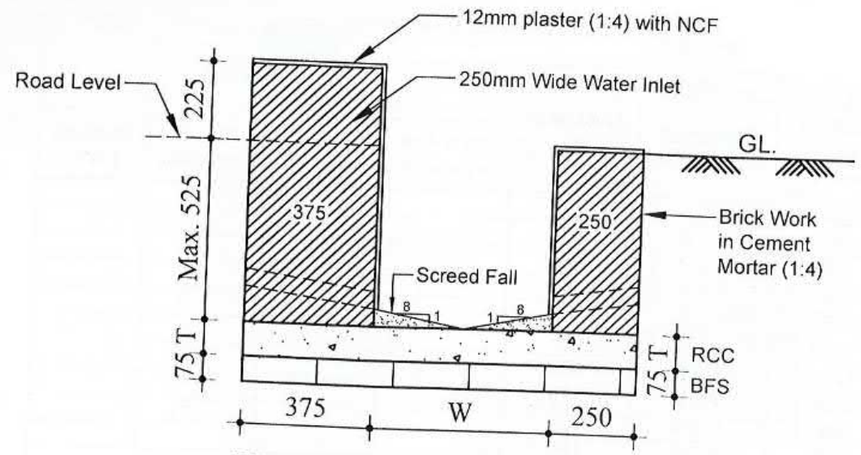
TYPE A4 DEPTH 1125~1275mm

চিত্র ৬-১৪: Typical Section of Open Brick Drain (Type A)

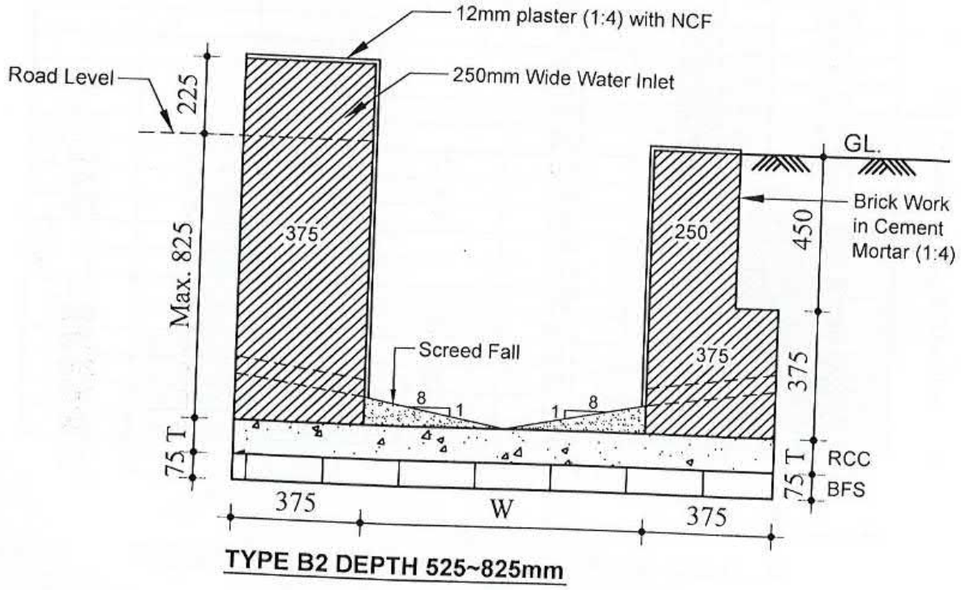
টেবিল ৬-৫: DETAILS OF BASE SLAB (TYPE A)

Depth (mm)	Clear Width of Drain (W) (mm)	Concrete Base		Reinforcement			
		Concrete Proportion	Thickness (T) (mm)	S1		S2	
				Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
525	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	100				
	1000	1:3:6	100				
	1250	1:3:6	125				
	1500	1:3:6	125				
	1750	1:3:6	125				
	2000	1:3:6	125				
525 - 825	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	100				
	1000	1:3:6	100				
	1250	1:3:6	125				
	1500	1:3:6	125				
	1750	1:3:6	150				
	2000	1:3:6	150				
825 - 1125	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:3:6	125				
	1000	1:3:6	150				
	1250	1:3:6	150				
	1500	1:2:4	150	10	200	10	200
	1750	1:2:4	150	10	200	10	200
	2000	1:2:4	150	10	200	10	200
1125 - 1275	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:3:6	150				
	1000	1:2:4	150	10	200	10	200
	1250	1:2:4	150	10	200	10	200
	1500	1:2:4	150	10	150	10	200
	1750	1:2:4	150	10	150	10	200
	2000	1:2:4	150	10	150	10	200

OPEN BRICK ROAD SIDE DRAIN (TYPE-B)



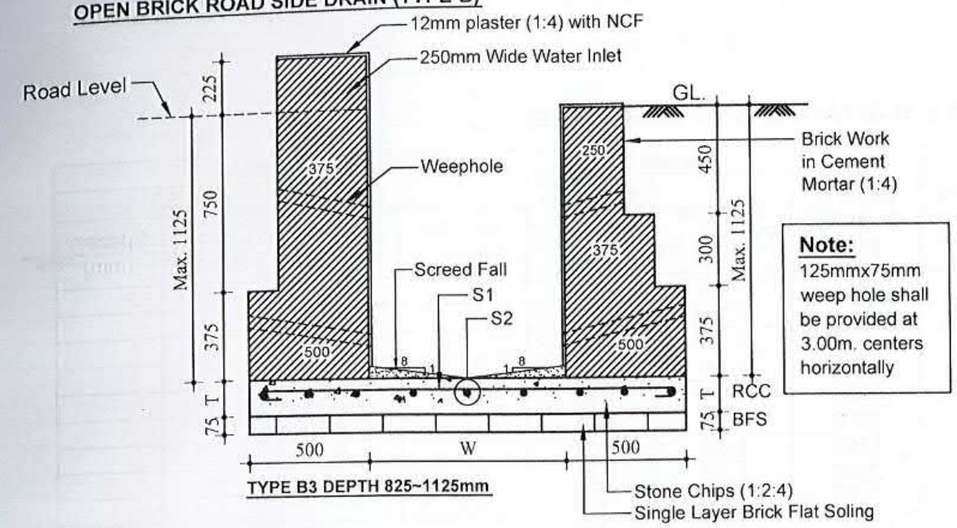
TYPE B1 DEPTH ≤ 525mm



TYPE B2 DEPTH 525~825mm

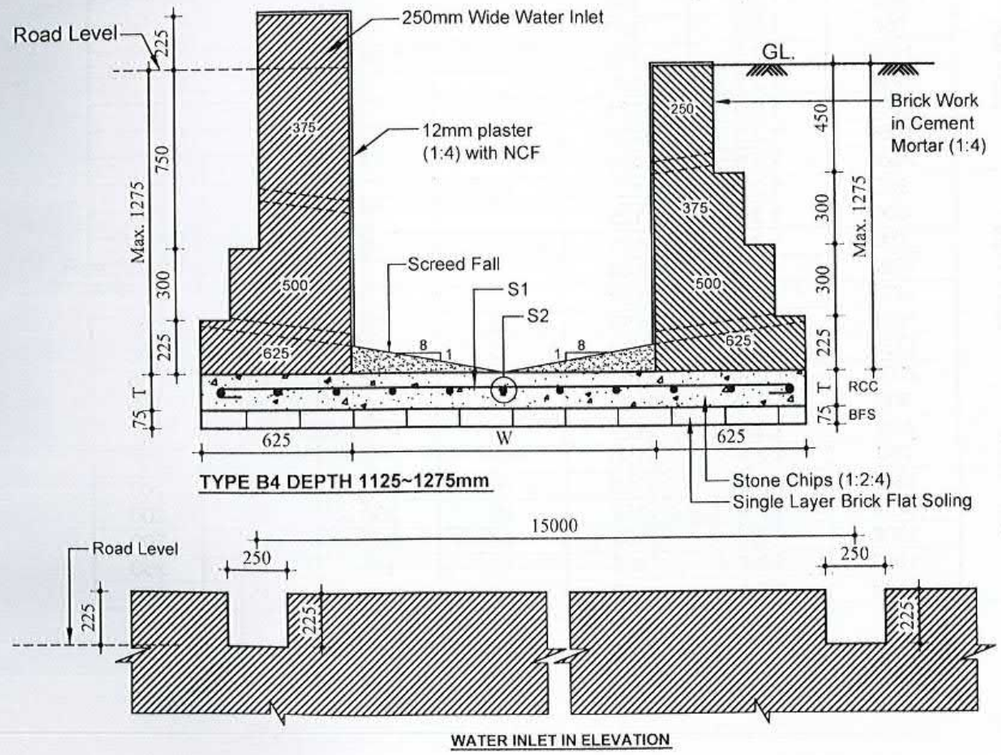
চিত্র ৬-১৫: Typical Section of Open Road Side Brick Drain (Type B)

OPEN BRICK ROAD SIDE DRAIN (TYPE-B)



Note:
125mmx75mm weep hole shall be provided at 3.00m. centers horizontally

TYPE B3 DEPTH 825~1125mm



TYPE B4 DEPTH 1125~1275mm

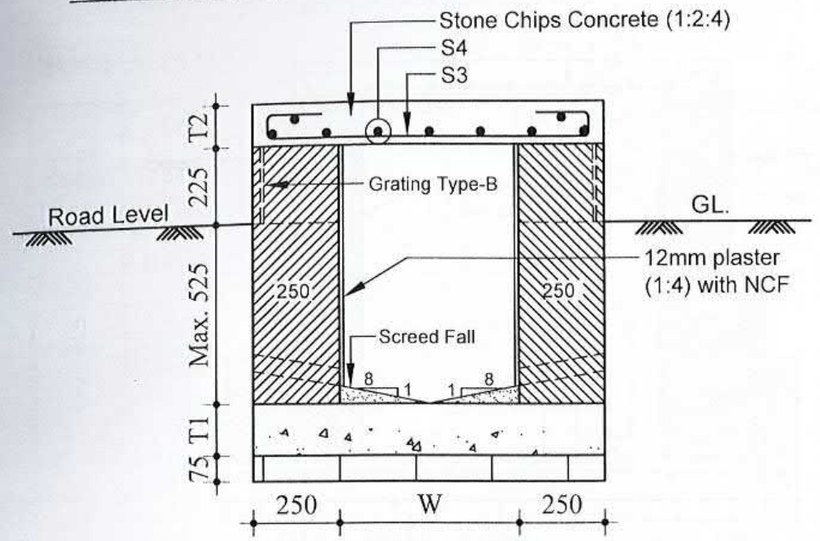
WATER INLET IN ELEVATION

চিত্র ৬-১৬: Typical Section of Open Road Side Brick Drain (Type B)

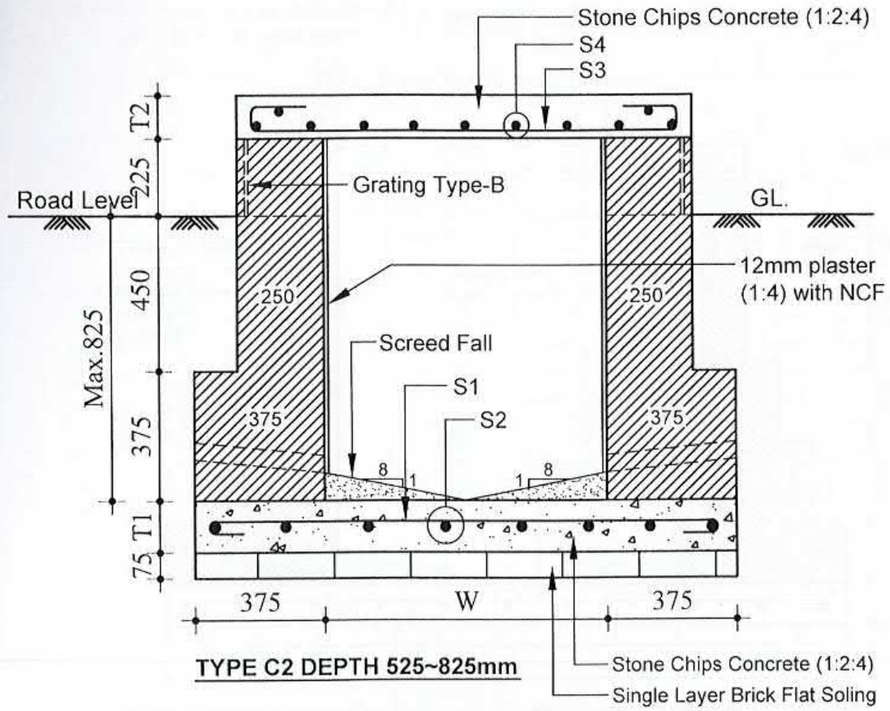
টেবিল ৬-৬ঃ DETAILS OF BASE SLAB (TYPE B)

Depth (mm)	Clear Width of Drain (W) (mm)	Concrete Base		Reinforcement			
		Concrete Proportion	Thickness (T) (mm)	S1		S2	
				Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
≤ 525	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	100				
	1000	1:3:6	100				
	1250	1:3:6	125				
	1500	1:3:6	125				
	1750	1:3:6	125				
	2000	1:3:6	125				
525 - 825	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	100				
	1000	1:3:6	100				
	1250	1:3:6	125				
	1500	1:3:6	125				
	1750	1:3:6	150				
	2000	1:3:6	150				
825 - 1125	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:3:6	125				
	1000	1:3:6	150				
	1250	1:3:6	150				
	1500	1:2:4	150	10	200	10	200
	1750	1:2:4	150	10	200	10	200
	2000	1:2:4	150	10	200	10	200
1125 - 1275	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:3:6	150				
	1000	1:2:4	150	10	200	10	200
	1250	1:2:4	150	10	200	10	200
	1500	1:2:4	150	10	200	10	200
	1750	1:2:4	150	10	150	10	200
	2000	1:2:4	150	10	150	10	200

STANDARD BRICK DRAIN WITH FOOTPATH TOP SLAB (TYPE-C)

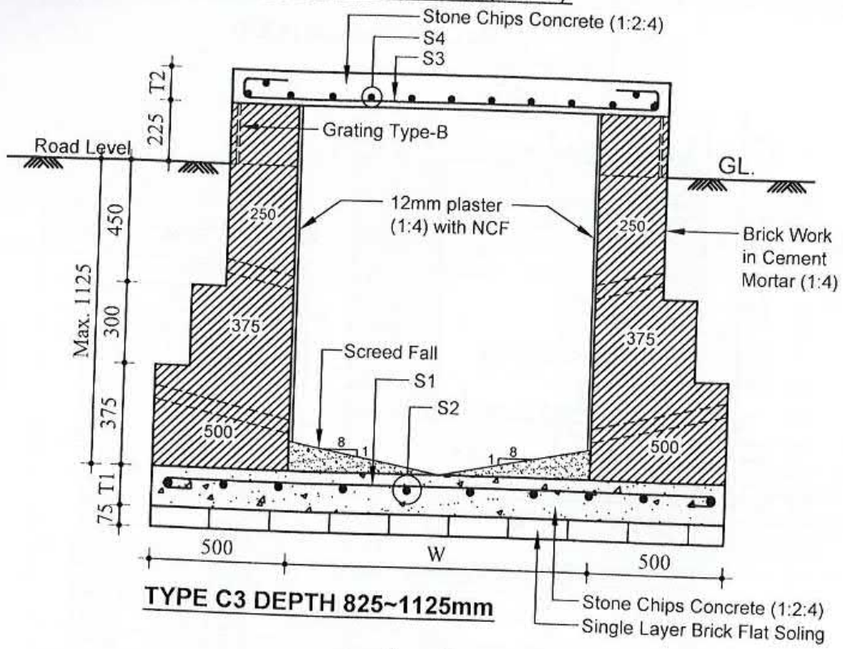


TYPE C1 DEPTH ≤ 525mm

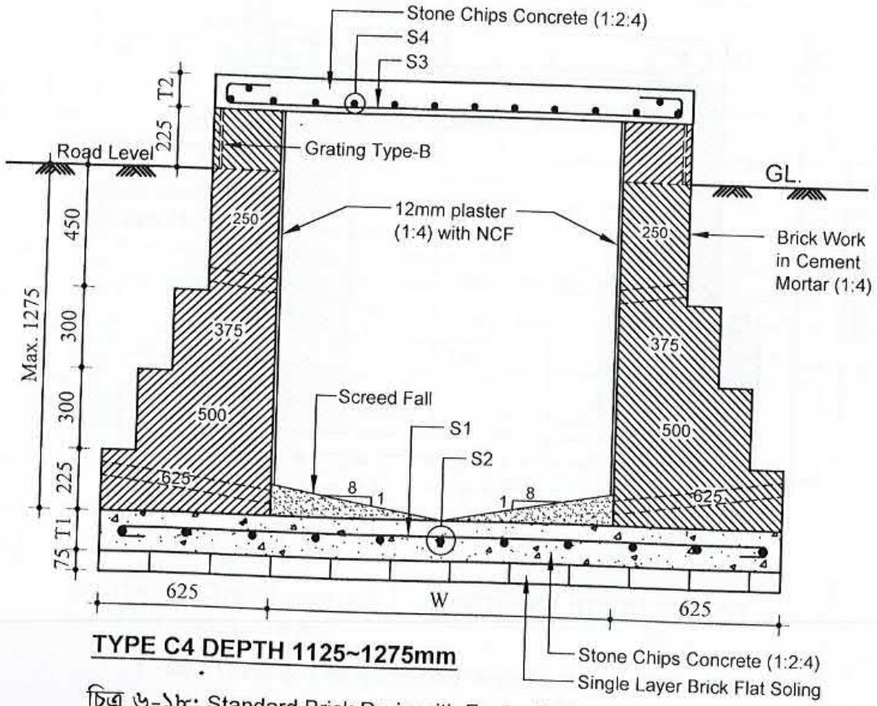


চিত্র ৬-১৭: Standard Brick Drain with Footpath Top Slab (Type C)

STANDARD BRICK DRAIN WITH FOOTPATH TOP SLAB (TYPE-C)



TYPE C3 DEPTH 825~1125mm



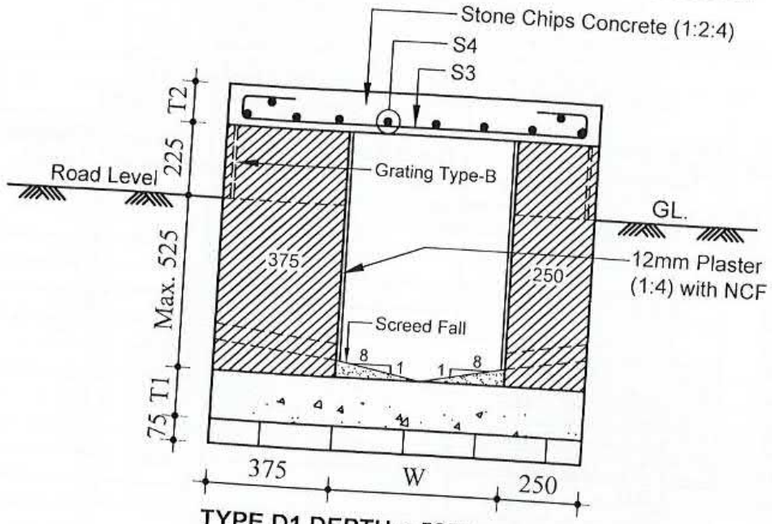
TYPE C4 DEPTH 1125~1275mm

চিত্র ৬-১৮: Standard Brick Drain with Footpath Top Slab (Type C)

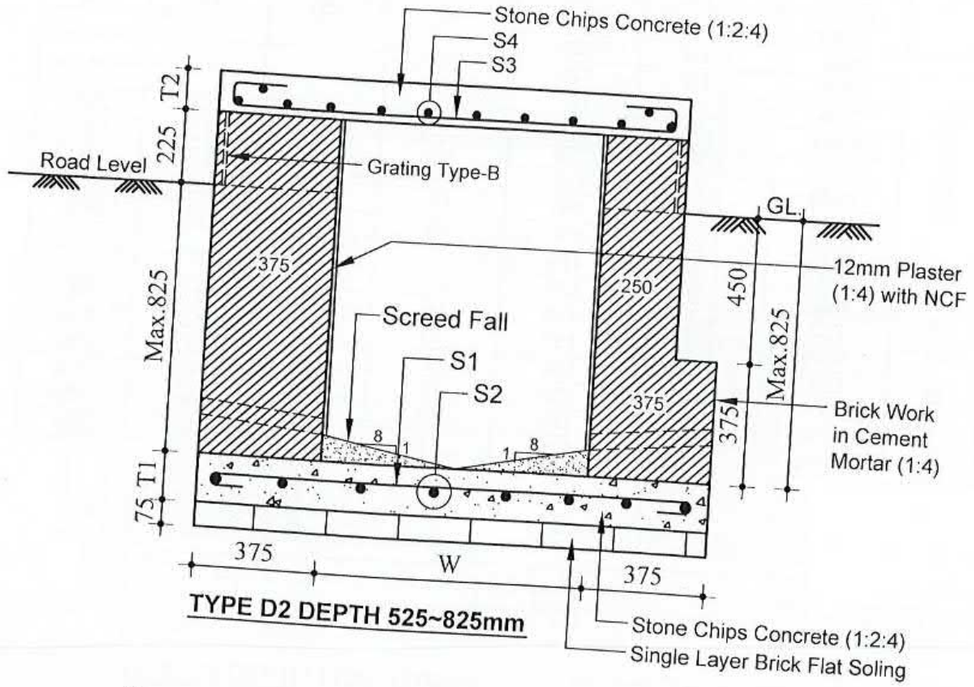
টেবিল ৬- ৭ঃ DETAILS OF BASE SLAB (TYPE C)

Depth (mm)	Clear Width of Drain (W) (mm)	Concrete Base		Reinforcement			
		Concrete Proportion	Thickness (T1) (mm)	S1		S2	
				Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
525	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	100				
	1000	1:3:6	100				
	1250	1:3:6	125				
	1500	1:3:6	125				
	1750	1:3:6	125				
	2000	1:3:6	125				
525 - 825	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	125				
	1000	1:3:6	150				
	1250	1:3:6	150				
	1500	1:2:4	150	10	200	10	200
	1750	1:2:4	150	10	150	10	200
	2000	1:2:4	150	10	150	10	200
825 - 1125	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:3:6	150				
	1000	1:2:4	150	10	150	10	200
	1250	1:2:4	150	10	150	10	200
	1500	1:2:4	150	10	150	10	200
	1750	1:2:4	150	10	100	10	200
	2000	1:2:4	150	10	100	10	200
1125 - 1275	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:2:4	150	10	200	10	200
	1000	1:2:4	150	10	200	10	200
	1250	1:2:4	150	10	150	10	200
	1500	1:2:4	150	10	150	10	200
	1750	1:2:4	175	10	100	10	200
	2000	1:2:4	175	10	100	10	200

BRICK ROAD SIDE DRAIN WITH FOOTPATH TOP SLAB (TYPE-D)



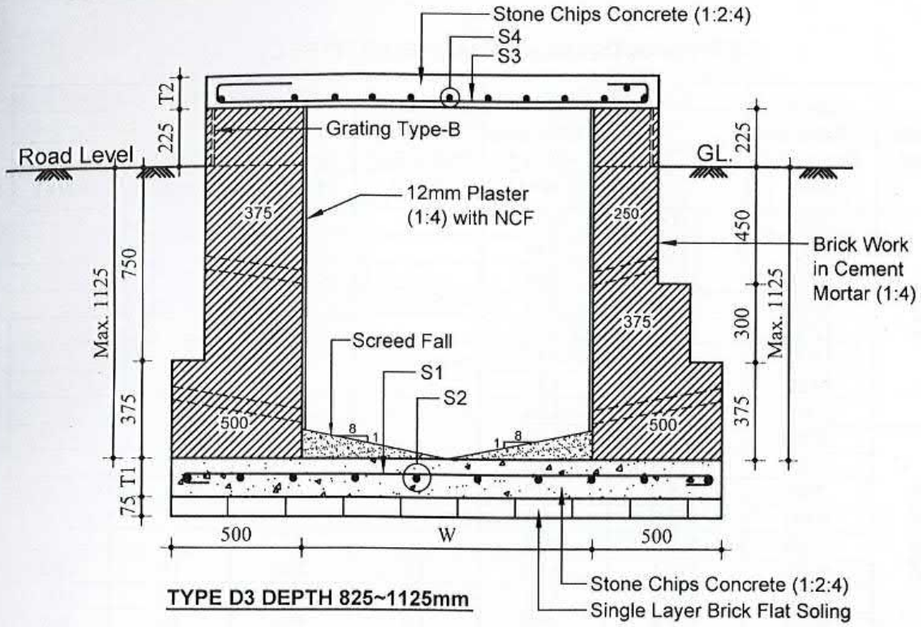
TYPE D1 DEPTH ≤ 525mm



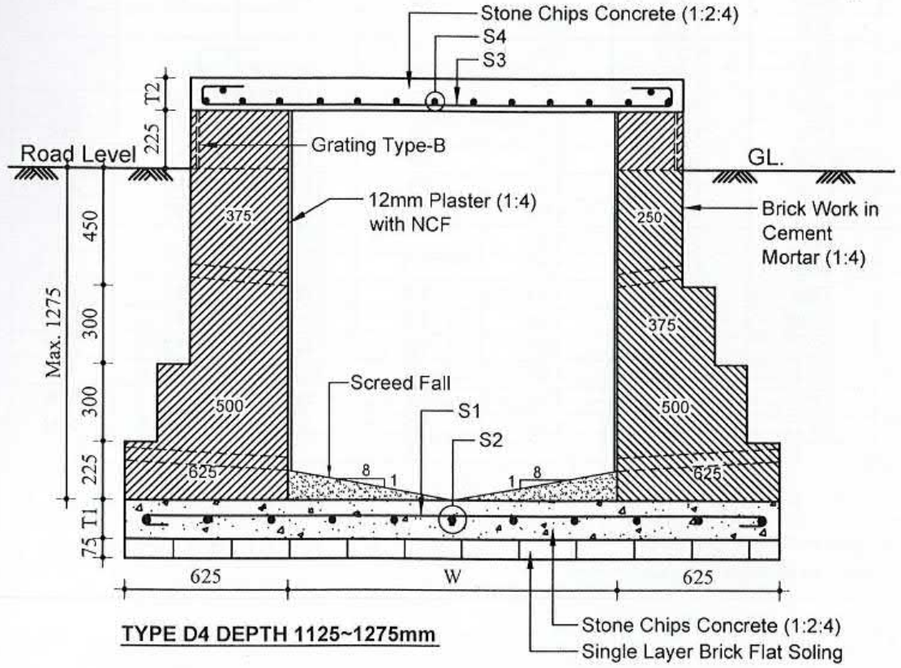
TYPE D2 DEPTH 525~825mm

চিত্র ৬-১৯: Brick Road Side Drain with Footpath Top Slab (Type-D)

BRICK ROAD SIDE DRAIN WITH FOOTPATH TOP SLAB (TYPE-D)



TYPE D3 DEPTH 825~1125mm



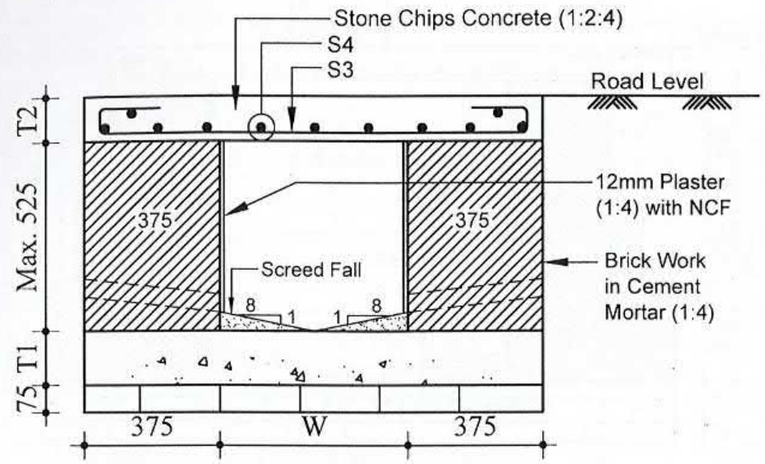
TYPE D4 DEPTH 1125~1275mm

চিত্র ৬-২০: Brick Road Side Drain with Footpath Top Slab (Type-D)

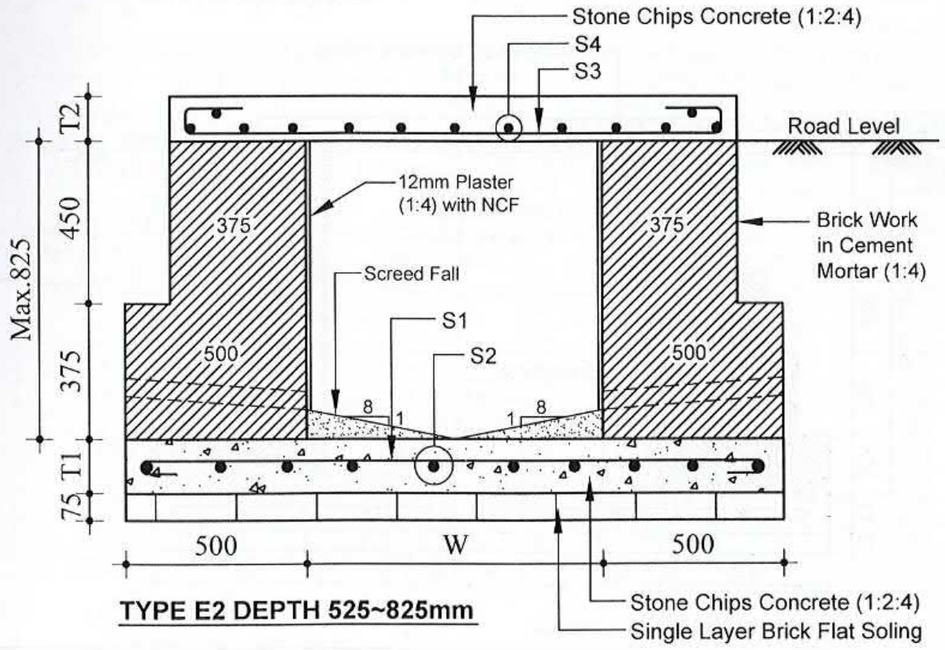
টেবিল ৬- ৮ঃ DETAILS OF BASE SLAB (TYPE D)

Depth (mm)	Clear Width of Drain (W) (mm)	Concrete Base		Reinforcement			
		Concrete Proportion	Thickness (T1) (mm)	S1		S2	
				Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
525	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	100				
	1000	1:3:6	100				
	1250	1:3:6	125				
	1500	1:3:6	125				
	1750	1:3:6	125				
	2000	1:3:6	125				
525 - 825	300	1:3:6	100				
	600	1:3:6	100				
	750	1:3:6	125				
	1000	1:3:6	150				
	1250	1:3:6	150				
	1500	1:2:4	150	10	200	10	200
	1750	1:2:4	150	10	150	10	200
	2000	1:2:4	150	10	150	10	200
825 - 1125	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:3:6	150				
	1000	1:2:4	150	10	150	10	200
	1250	1:2:4	150	10	150	10	200
	1500	1:2:4	150	10	150	10	200
	1750	1:2:4	150	10	100	10	200
	2000	1:2:4	150	10	100	10	200
1125 - 1275	300	1:3:6	125				
	600	1:3:6	125				
	750	1:2:4	150	10	200	10	200
	1000	1:2:4	150	10	200	10	200
	1250	1:2:4	150	10	150	10	200
	1500	1:2:4	150	10	150	10	200
	1750	1:2:4	175	10	100	10	200
	2000	1:2:4	175	10	100	10	200

BRICK ROAD CROSS DRAIN WITH ROAD TOP SLAB (TYPE-E)



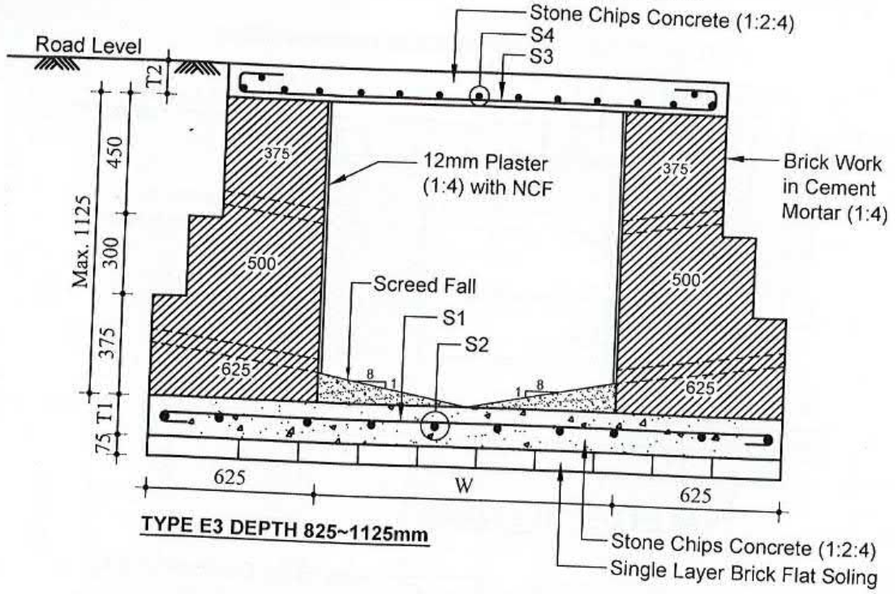
TYPE E1 DEPTH ≤ 525mm



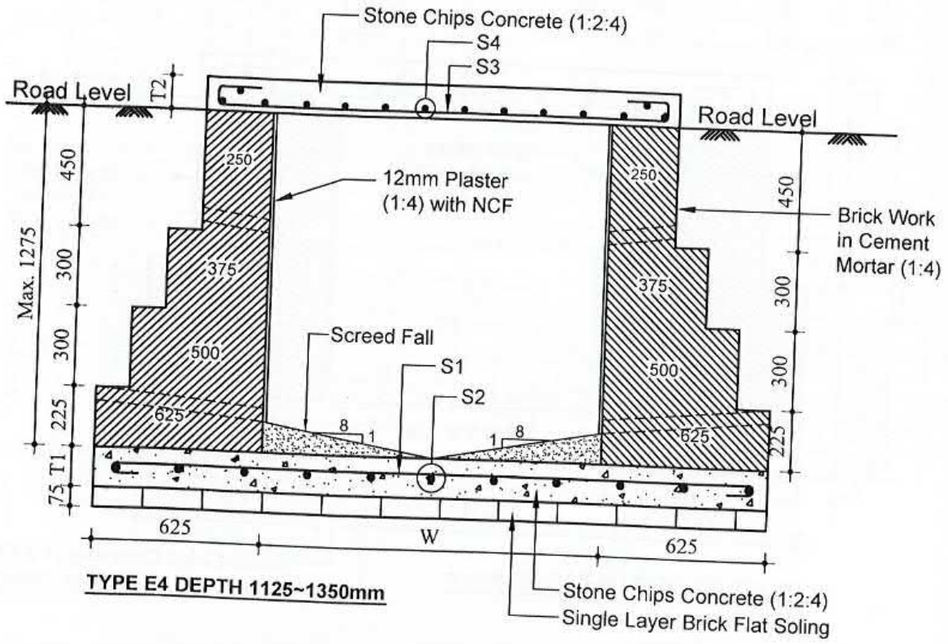
TYPE E2 DEPTH 525~825mm

চিত্র ৬-২১: Brick Road Cross Drain with Road Top Slab (Type E)

BRICK ROAD CROSS DRAIN WITH ROAD TOP SLAB (TYPE-E)



TYPE E3 DEPTH 825~1125mm



TYPE E4 DEPTH 1125~1350mm

চিত্র ৬-২২: Brick Road Cross Drain with Road Top Slab (Type E)

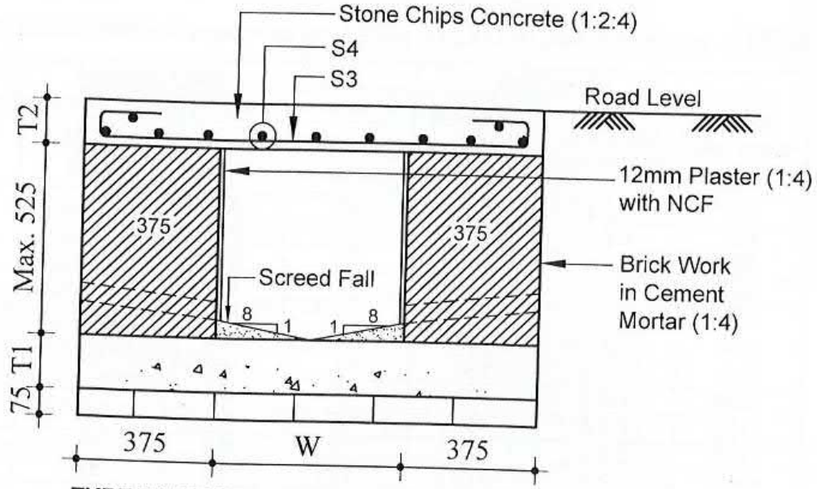
টেবিল ৬- ৯ঃ STRUCTURAL DETAILS OF BASE SLAB OF ROAD CROSSING DRAIN (TYPE E)

Clear Span Width (W) (mm)	Base Slab		Reinforcement			
			Transverse Reinf. (S1)		Longitudinal (S2)	
	Concrete Proportion	Thickness (T1) (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
300	1:2:4	150	10	200	10	200
400	1:2:4	150	10	200	10	200
500	1:2:4	150	10	150	10	200
600	1:2:4	150	10	150	10	200
700	1:2:4	150	10	150	10	200
800	1:2:4	160	10	150	10	175
900	1:2:4	160	10	150	10	175
1000	1:2:4	160	10	150	10	175
1100	1:2:4	160	10	150	10	175
1200	1:2:4	175	12	150	10	175
1300	1:2:4	175	12	150	10	175
1400	1:2:4	175	12	150	10	175
1500	1:2:4	175	12	150	10	175

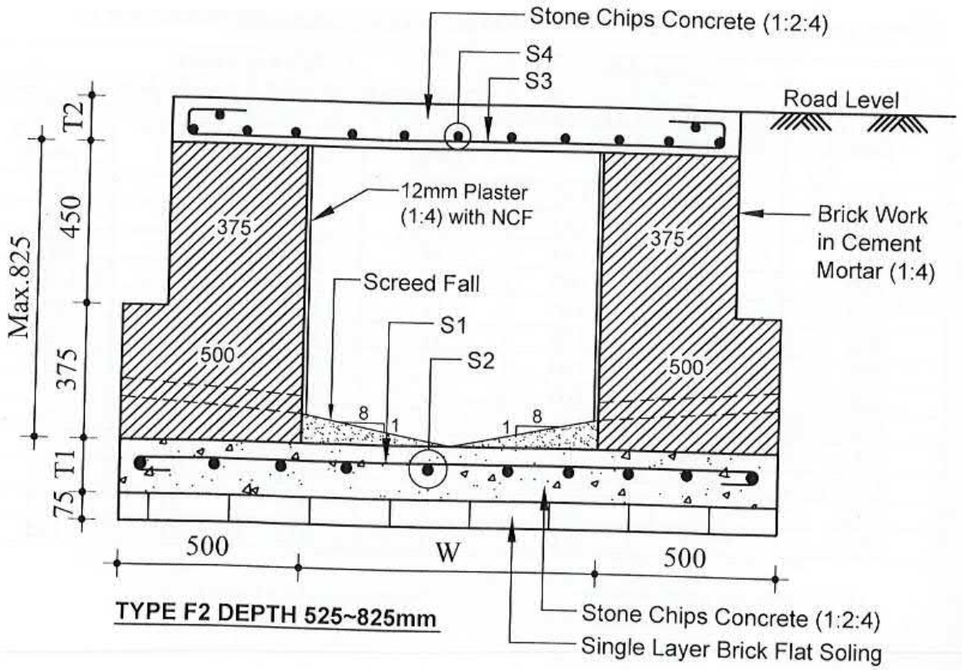
টেবিল ৬-১০ঃ STRUCTURAL DETAILS OF TOP SLAB OF ROAD CROSSING DRAIN (TYPE E)

Clear Span Width (W) (mm)	Top Slab		Reinforcement			
			Transverse Reinf. (S3)		Longitudinal Reinf. (S4)	
	Concrete Proportion	Thickness (T2) (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
300	1:2:4	150	10	200	10	200
400	1:2:4	150	10	200	10	200
500	1:2:4	150	10	200	10	200
600	1:2:4	160	10	200	10	200
700	1:2:4	160	12	150	10	150
800	1:2:4	175	12	150	10	150
900	1:2:4	180	12	150	10	150
1000	1:2:4	180	12	150	10	150
1100	1:2:4	190	12	150	10	150
1200	1:2:4	200	12	100	10	150
1300	1:2:4	200	12	100	10	150
1400	1:2:4	210	12	100	10	150
1500	1:2:4	210	12	100	10	150

BRICK ROAD SIDE DRAIN WITH ROAD TOP SLAB (TYPE-F)



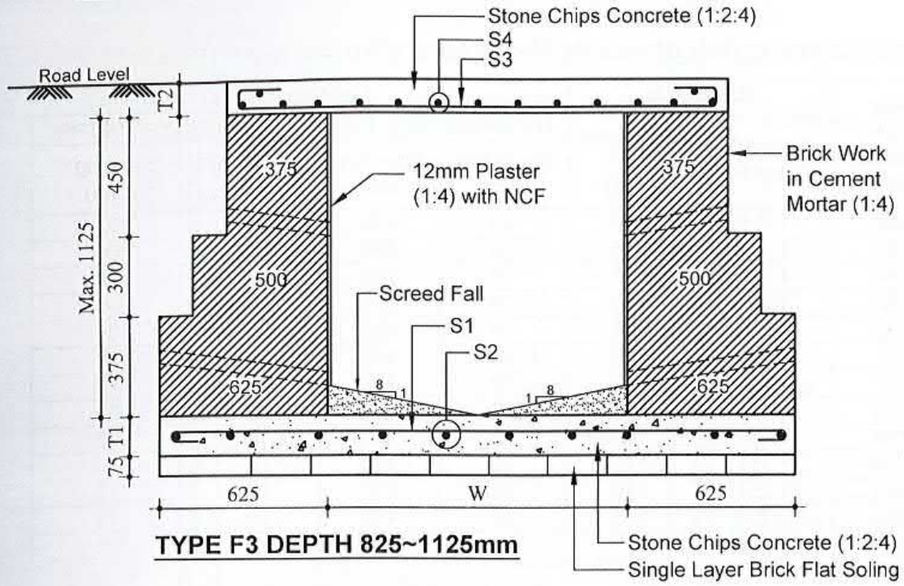
TYPE F1 DEPTH ≤ 525mm



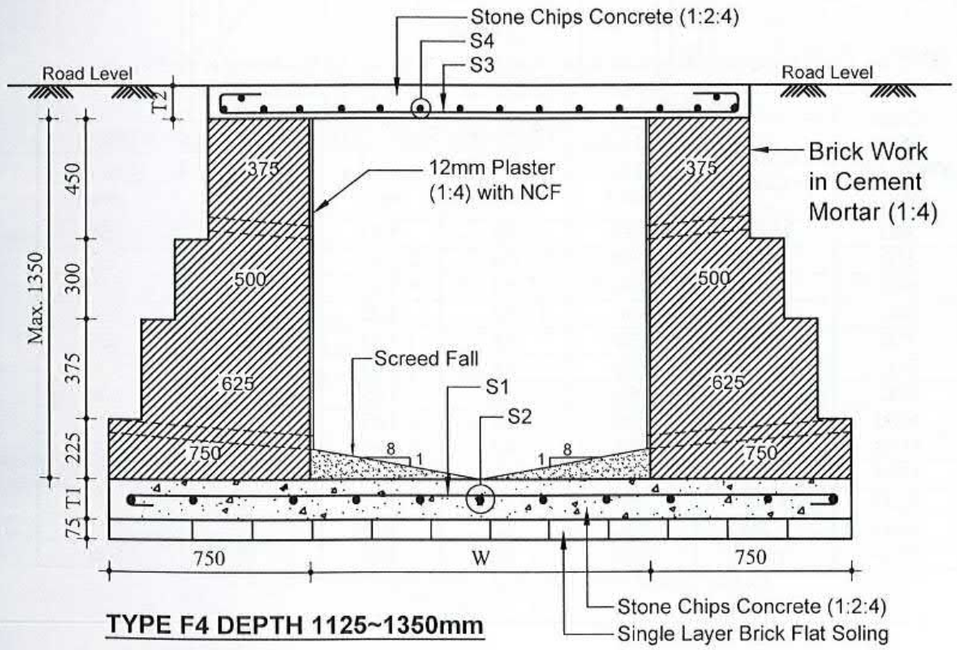
TYPE F2 DEPTH 525~825mm

চিত্র ৬-২৩: Brick Road Side Drain with Road Top Slab (Type F)

BRICK ROAD SIDE DRAIN WITH ROAD TOP SLAB (TYPE-F)



TYPE F3 DEPTH 825~1125mm



TYPE F4 DEPTH 1125~1350mm

চিত্র ৬-২৪: Brick Road Side Drain with Road Top Slab (Type F)

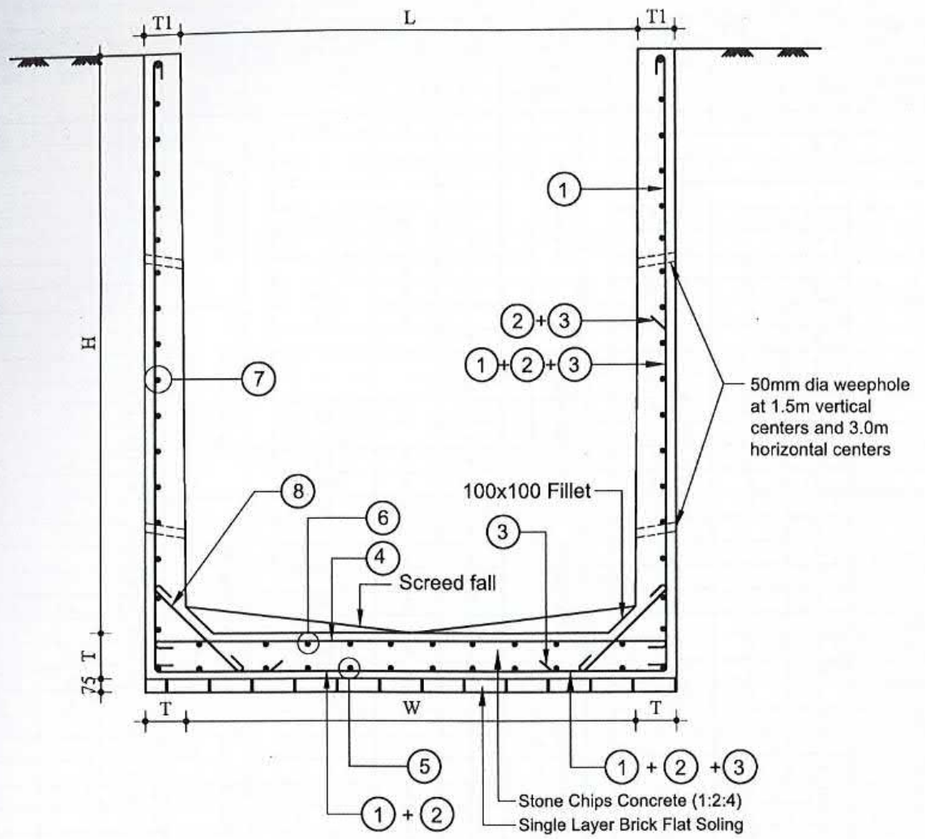
টেবিল ৬- ১১ঃ STRUCTURAL DETAILS OF BASE SLAB OF ROAD SIDE DRAIN (TYPE F)

Clear Span Width (W) (mm)	Base Slab		Reinforcement			
	Concrete Proportion	Thickness (T1) (mm)	Transverse Reinf. (S1)		Longitudinal (S2)	
			Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
300	1:2:4	150	10	200	10	200
400	1:2:4	150	10	200	10	200
500	1:2:4	150	10	150	10	200
600	1:2:4	150	10	150	10	200
700	1:2:4	150	10	150	10	200
800	1:2:4	165	10	150	10	175
900	1:2:4	165	10	100	10	175
1000	1:2:4	165	10	100	10	175
1100	1:2:4	165	10	100	10	175
1200	1:2:4	175	12	150	10	175
1300	1:2:4	175	12	150	10	175
1400	1:2:4	175	12	150	10	175
1500	1:2:4	175	12	150	10	175

টেবিল ৬- ১২ঃ STRUCTURAL DETAILS OF TOP SLAB OF ROAD SIDE DRAIN (TYPE F)

Clear Span Width (W) (mm)	Top Slab		Reinforcement			
	Concrete Proportion	Thickness (T2) (mm)	Transverse Reinf. (S3)		Longitudinal (S4)	
			Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)	Dia of Bar (mm)	Spacing (mm)
300	1:2:4	150	10	150	10	150
400	1:2:4	150	10	150	10	150
500	1:2:4	150	10	150	10	150
600	1:2:4	150	10	150	10	100
700	1:2:4	150	12	150	10	100
800	1:2:4	160	12	150	10	100
900	1:2:4	160	12	125	10	100
1000	1:2:4	160	12	125	10	100
1100	1:2:4	175	12	125	10	100
1200	1:2:4	175	12	100	10	100
1300	1:2:4	180	12	100	10	100
1400	1:2:4	180	12	100	10	100
1500	1:2:4	190	12	100	10	100

REINFORCED CEMENT CONCRETE DRAIN (OPEN): TYPE-G



If T = 120 then T1 = 120
If T ≥ 150 then T1 = 120

চিত্র ৬-২৫: Reinforced Cement Concrete Open Drain (Type G)

টেবিল ৬-১৩ঃ REINFORCEMENT SCHEDULE FOR RCC OPEN DRAINS (TYPE – G)

Size Height (H) x Clear Width (W) x Thickness (T) mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
300x300x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
300x600x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
300x750x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
300x1000x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
300x1250x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
300x1500x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
300x1750x120	1	6	75
	2		
	3		
	4		
	5	6	90

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
450x300x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
450x600x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
450x750x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
450x1000x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
450x1250x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
450x1500x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
450x1750x120	1	6	75
	2		
	3		
	4		
	5	6	90

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
525x300x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
525x600x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
525x750x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
525x1000x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
525x1250x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
525x1500x120	1	6	90
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	180
525x1750x120	1	6	70
	2		
	3		
	4		
	5	6	90

Size Height (H) x Clear Width (W) x Thickness (T) mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
	6		
	7	6	90
	8	6	150
300x2000x120	1	10	150
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	10	300
825x300x150	1	10	175
	2		
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
825x600x150	1	10	175
	2		
	3		
	4	6	350
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
825x750x150	1	10	175
	2		
	3		
	4	6	350
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
825x1000x150	1	10	175
	2		
	3	10	350
	4	6	175
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
825x1250x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	175
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
	6		
	7	6	90
	8	6	150
450x2000x120	1	10	150
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	10	300
1125x300x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1125x600x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1125x750x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1125x1000x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	350
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1125x1250x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	350
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
	6		
	7	6	90
	8		
525x2000x120	1	10	140
	2		
	3		
	4		
	5	6	90
	6		
	7	6	90
	8	6	280
1275x300x120	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1275x600x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1275x750x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1275x1000x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1275x1250x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	350
	5	6	350
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350

Size Height (H) x Clear Width (W) x Thickness (T) mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
825x1500x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	175
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
825x1750x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	250
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
825x2000x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	200
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1500x300x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1500x600x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8		
1500x750x150	1	10	350
	2	10	350
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1500x1000x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
1125x1500x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	175
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1125x1750x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	10	300
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1125x2000x1150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	10	225
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1750x300x150	1	10	280
	2	10	280
	3		
	4		
	5	10	140
	6		
	7	10	140
	8	10	280
1750x600x150	1	10	280
	2	10	280
	3		
	4		
	5	10	140
	6		
	7	10	140
	8	10	280
1750x750x150	1	10	280
	2	10	280
	3		
	4		
	5	10	140
	6		
	7	10	140
	8	10	280
1750x1000x150	1	10	280
	2	10	280
	3		
	4		
	5	10	140
	6		
	7	10	140

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
1275x1500x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	240
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1275x1750x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	150
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1275x2000x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	10	250
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
2000x300x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
2000x600x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
2000x750x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
2000x1000x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175

Size Height (H) x Clear Width (W) x Thickness (T) mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
	8	10	350
1500x1250x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	350
1500x1500x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	350
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
1500x1750x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	250
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8		
1500x20000x150	1	10	350
	2		
	3	10	350
	4	6	150
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	350
2250x300x175	1	10	160
	2	10	160
	3		
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
2250x600x175	1	10	160
	2	10	160
	3		
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
2250x750x175	1	10	160
	2	10	160
	3		
	4	6	150
	5	10	300

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
	8	10	280
1750x1250x150	1	10	280
	2		
	3	10	280
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	280
1750x1500x150	1	10	280
	2		
	3	10	280
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	280
1750x1750x150	1	10	280
	2		
	3	10	280
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	280
1750x2000x150	1	10	280
	2		
	3	10	280
	4	6	280
	5	6	150
	6	6	150
	7	10	175
	8	10	280
2275x300x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
2750x600x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
2750x750x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250

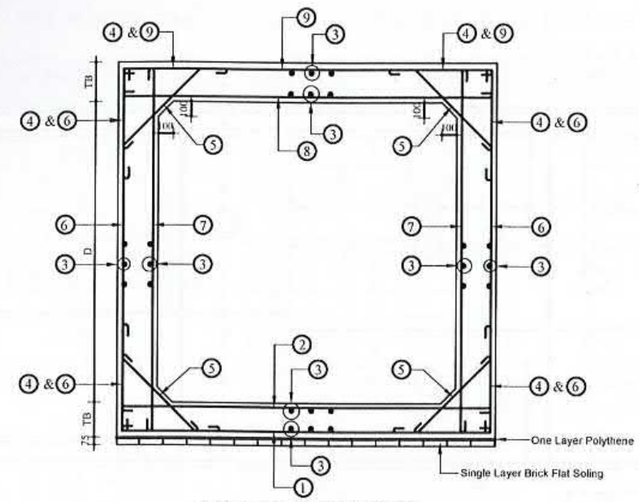
Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
	8	10	180
2000x1250x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
2000x1500x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
2000x1750x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
2000x2000x150	1	10	180
	2	10	180
	3		
	4		
	5	10	175
	6		
	7	10	175
	8	10	180
3000x300x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	100
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
3000x600x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	100
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
3000x750x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	100

Size Height (H) x Clear Width (W) x Thickness (T) mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
2250x31000175	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
	1	10	160
	2	10	160
	3		
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
2250x1250x175	1	10	160
	2	10	160
	3		
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
2250x1500x175	1	10	160
	2	10	160
	3		
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
2250x1750x175	1	10	160
	2		
	3	10	160
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	160
2250x2000x175	1	10	160
	2		
	3	10	160
	4	6	150
	5	10	300
	6	10	300
	7	10	150
	8	10	60

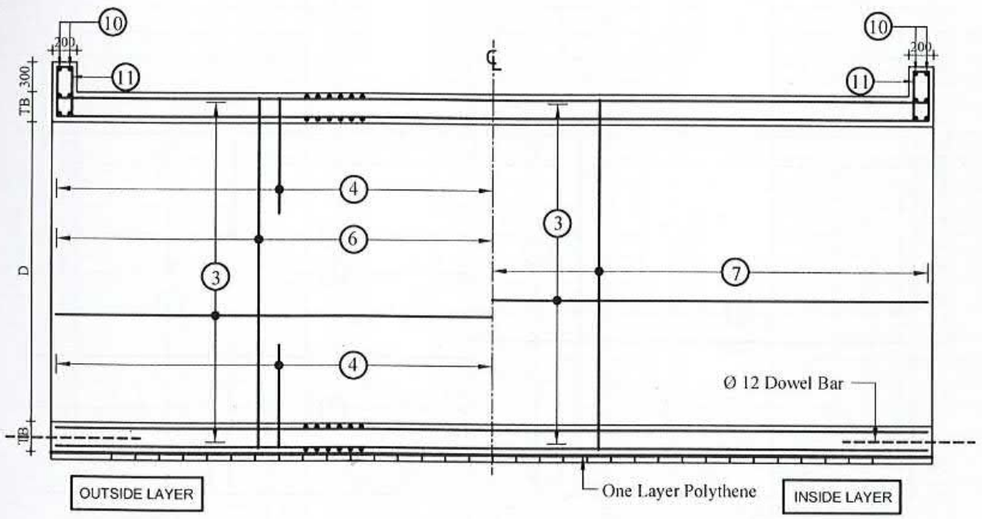
Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
2750x1000x225	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
2750x1250x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
2750x1500x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
2750x1750x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250
2750x2000x225	1	12	250
	2	12	250
	3		
	4	6	150
	5	10	250
	6	10	250
	7	10	125
	8	10	250

Size HxWxT mm	BAR		
	Mark	Dia mm	Spacing mm
3000x1000x225	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	200
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
3000x1250x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	200
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
3000x1500x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	100
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
3000x31750x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	100
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200
3000x2000x225	1	12	200
	2	12	200
	3		
	4	6	100
	5	10	100
	6	10	200
	7	10	100
	8	10	200

REINFORCED CEMENT CONCRETE BOX DRAIN



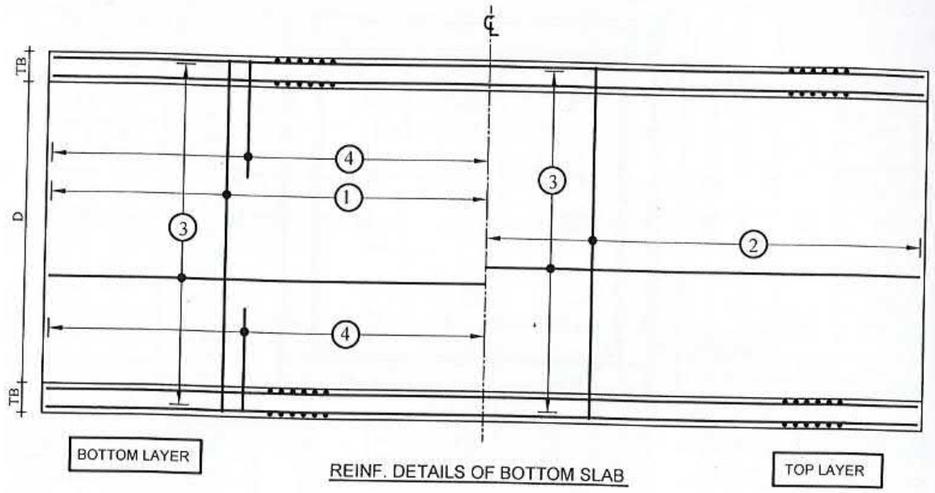
REINF. DETAILS IN CROSS SECTION



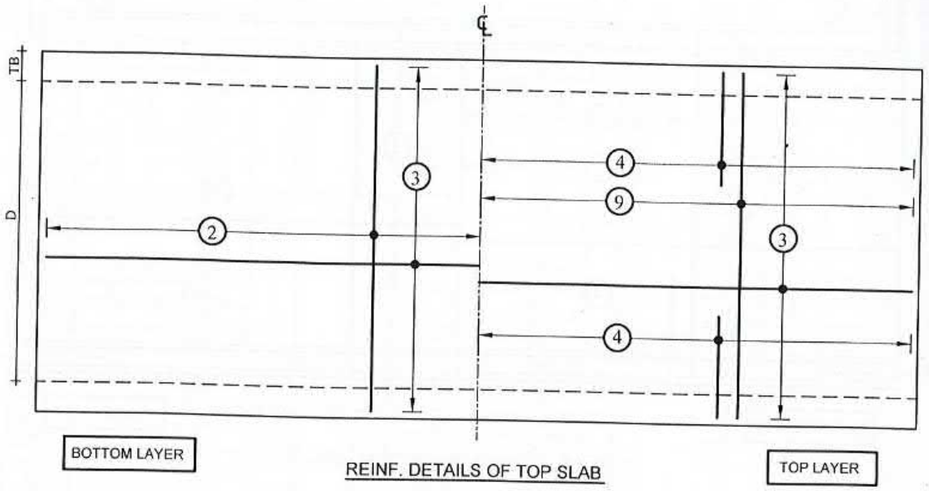
REINF. DETAILS OF VERTICAL WALL

চিত্র ৬-২৬: Reinforced Cement Concrete Box Drain

REINFORCED CEMENT CONCRETE BOX DRAIN



REINF. DETAILS OF BOTTOM SLAB



REINF. DETAILS OF TOP SLAB

চিত্র ৬-২৭: Reinforced Cement Concrete Box Drain

টেবিল ৬-১৪ ঃ REINFORCEMENT SCHEDULE FOR RCC BOX DRAINS (TYPE H)

Size BxDxTB m	BAR Mark	Dia mm	Space mm
1.0 x 1.0 x 0.200	1	12	300
	2	12	300
	3	12	300
	4	12	300
	5	12	300
	6	12	300
	7	12	300
	8	12	300
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
1.0 x 1.5 x 0.200	1	12	300
	2	12	300
	3	12	300
	4	12	300
	5	12	300
	6	12	300
	7	12	300
	8	12	300
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
1.5 x 1.0 x 0.200	1	12	300
	2	12	250
	3	12	300
	4	12	300
	5	12	250
	6	12	300
	7	12	300
	8	12	300
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
1.5 x 1.5 x 0.200	1	12	250
	2	12	250
	3	12	300
	4	12	250
	5	12	250
	6	12	250
	7	12	300
	8	12	250
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
1.5 x 2.0 x 0.200	1	12	200
	2	12	250
	3	12	300
	4	12	200
	5	12	250
	6	12	200
	7	12	300

Size BxDxTB m	BAR Mark	Dia mm	Space mm
1.5 x 2.5 x 0.200	1	12	200
	2	12	250
	3	12	300
	4	12	160
	5	12	250
	6	12	200
	7	12	250
	8	12	200
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
1.5 x 3.0 x 0.200	1	12	100
	2	12	250
	3	12	300
	4	12	100
	5	12	250
	6	12	200
	7	12	130
	8	12	200
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.0 x 1.0 x 0.200	1	12	300
	2	12	170
	3	12	300
	4	12	150
	5	12	170
	6	12	300
	7	12	300
	8	12	190
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.0 x 1.5 x 0.200	1	12	300
	2	12	160
	3	12	300
	4	12	190
	5	12	160
	6	12	300
	7	12	300
	8	12	170
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.0 x 2.0 x 0.200	1	12	300
	2	12	150
	3	12	300
	4	12	160
	5	12	150
	6	12	300
	7	12	300

Size BxDxTB m	BAR Mark	Dia mm	Space mm
2.0 x 2.5 x 0.200	1	12	260
	2	12	160
	3	12	300
	4	12	130
	5	12	160
	6	12	260
	7	12	300
	8	12	140
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.0 x 3.0 x 0.200	1	12	200
	2	12	190
	3	12	300
	4	12	100
	5	12	190
	6	12	200
	7	12	180
	8	12	120
	9	12	260
	10	12	
	11	12	300
2.0 x 3.5 x 0.200	1	16	280
	2	12	280
	3	12	300
	4	16	140
	5	12	280
	6	12	280
	7	12	260
	8	12	120
	9	12	240
	10	12	
	11	12	300
2.5 x 1.0 x 0.200	1	12	260
	2	12	120
	3	12	300
	4	12	130
	5	12	120
	6	12	300
	7	12	180
	8	12	140
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.5 x 1.5x 0.200	1	12	260
	2	12	110
	3	12	300
	4	12	130
	5	12	110
	6	12	200
	7	12	270

Size BxDxTB m	BAR		
	Mark	Dia mm	Space mm
2.5x 2.0 x 0.200	8	12	250
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
	1	12	240
	2	12	100
	3	12	300
	4	12	120
	5	12	100
	6	12	240
	7	12	300
	8	12	110
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.5x 2.5 x 0.225	1	12	240
	2	12	110
	3	12	300
	4	12	120
	5	12	110
	6	12	240
	7	12	300
	8	12	110
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
2.5x 3.0 x 0.225	1	12	300
	2	12	120
	3	12	300
	4	16	150
	5	12	120
	6	16	300
	7	12	290
	8	12	100
	9	12	270
	10	12	
	11	12	300
2.5 x 3.5 x 0.225	1	16	240
	2	12	140
	3	12	300
	4	16	120
	5	12	140
	6	16	240
	7	12	150
	8	16	140
	9	12	200
	10	12	
	11	12	300
2.5 x 4.0 x	1	16	220
	2	12	180

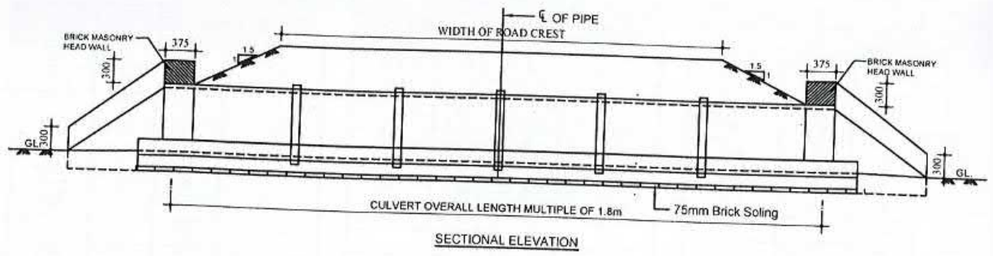
Size BxDxTB m	BAR		
	Mark	Dia mm	Space mm
	8	12	160
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
3.0 x 1.0 x 0.225	1	12	200
	2	12	100
	3	12	300
	4	12	100
	5	12	100
	6	12	200
	7	12	130
	8	12	110
	9	12	240
	10	12	
	11	12	300
3.0 x 2.0 x 0.225	1	12	200
	2	16	130
	3	12	300
	4	12	100
	5	12	130
	6	12	200
	7	12	270
	8	16	150
	9	12	260
	10	12	
	11	12	300
3.0 x 2.5 x 0.250	1	12	200
	2	16	140
	3	12	300
	4	12	100
	5	12	140
	6	12	200
	7	12	300
	8	16	150
	9	12	250
	10	12	
	11	12	300
3.0 x 3.0 x 0.250	1	16	280
	2	16	140
	3	12	300
	4	16	140
	5	12	140
	6	16	280
	7	12	300
	8	16	140
	9	12	240
	10	12	
	11	12	300
3.0 x 3.5 x	1	16	240
	2	16	150

Size BxDxTB m	BAR		
	Mark	Dia mm	Space mm
	8	12	120
	9	12	300
	10	12	
	11	12	300
3.0 x 4.0 x 0.275	1	16	220
	2	12	110
	3	12	300
	4	16	110
	5	12	110
	6	16	220
	7	12	140
	8	16	120
	9	16	300
	10	12	
	11	12	300
3.5 x 1.0 x 0.225	1	16	240
	2	16	130
	3	12	300
	4	16	120
	5	12	130
	6	16	240
	7	16	140
	8	16	140
	9	16	280
	10	12	
	11	12	300
3.5 x 2.0 x 0.275	1	16	280
	2	16	120
	3	12	300
	4	16	140
	5	12	120
	6	16	280
	7	12	180
	8	16	140
	9	12	240
	10	12	
	11	12	300
3.5 x 2.5 x 0.275	1	16	260
	2	16	220
	3	12	300
	4	16	130
	5	12	220
	6	16	260
	7	12	190
	8	16	130
	9	12	240
	10	12	
	11	12	300
3.5 x 3.0 x	1	16	240
	2	16	110

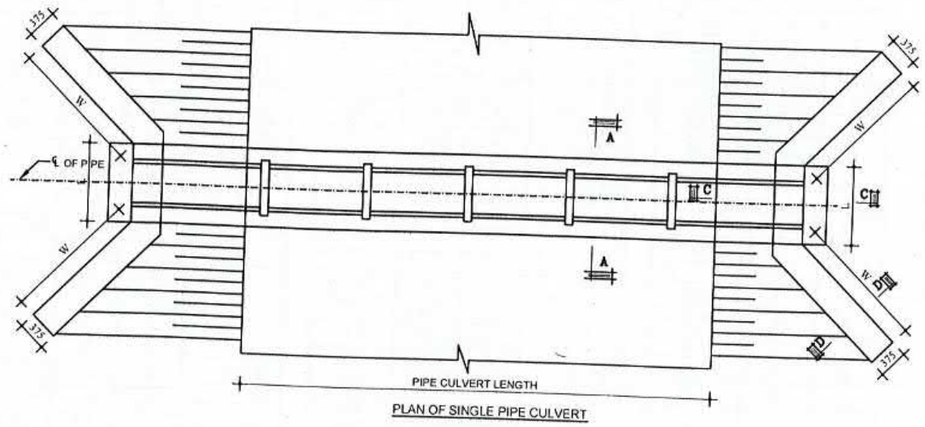
Size BxDxTB m	BAR		
	Mark	Dia mm	Space mm
3.5 x 3.5 x 0.275	3	12	300
	4	16	110
	5	12	180
	6	16	220
	7	12	110
	8	16	140
	9	16	300
	10	12	
	11	12	300
3.5 x 4.0 x 0.275	1	16	220
	2	16	110
	3	12	300
	4	16	110
	5	12	220
	6	16	110
	7	12	300
	8	16	110
	9	12	100
	10	12	
	11	12	300
4.0 x 2.0 x 0.275	1	19	260
	2	16	120
	3	12	300
	4	19	130
	5	12	120
	6	19	260
	7	12	190
	8	16	100
	9	16	130
	10	12	
	11	12	300
4.0 x 2.5 x 0.275	1	16	220
	2	19	140
	3	12	300
	4	16	110
	5	12	140
	6	16	220
	7	12	170
	8	19	140
	9	16	229
	10	12	
	11	12	300
4.0x 3.0 x 0.275	1	16	200
	2	19	130
	3	12	300
	4	16	100
	5	12	130
	6	16	200
	7	12	300
	8	19	140
	9	16	280
	10	12	
	11	12	300

Size BxDxTB m	BAR		
	Mark	Dia mm	Space mm
	3	12	300
	4	16	120
	5	12	110
	6	16	240
	7	12	300
	8	16	120
	9	12	220
	10	12	
	11	12	300
4.0x 3.5 x 0.275	1	19	260
	2	19	130
	3	12	300
	4	19	130
	5	12	130
	6	19	260
	7	12	300
	8	19	130
	9	16	260
	10	12	
	11	12	300
4.0x 4.0 x 0.300	1	19	260
	2	19	140
	3	12	300
	4	19	130
	5	12	140
	6	19	260
	7	12	300
	8	19	130
	9	16	130
	10	12	
	11	12	300

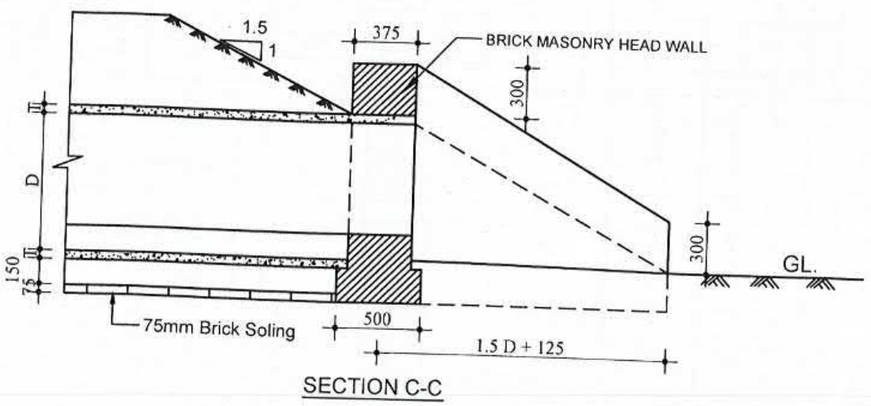
DETAILS OF PIPE CULVERTS (Single Pipe)



SECTIONAL ELEVATION



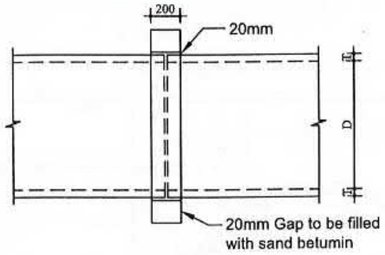
PLAN OF SINGLE PIPE CULVERT



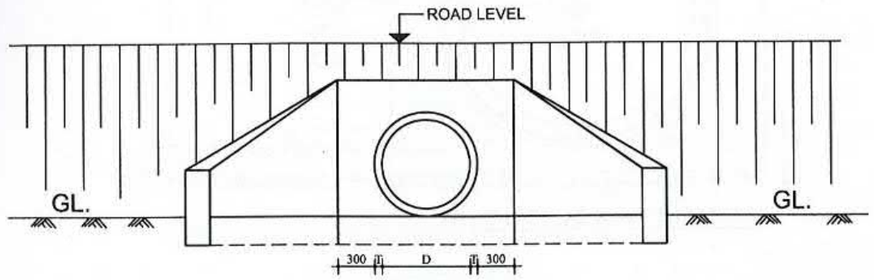
SECTION C-C

চিত্র ৬-২৮: Details of Pipe Culverts (Single)

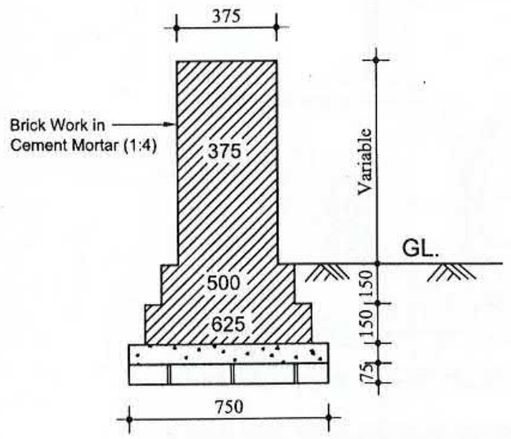
DETAILS OF PIPE CULVERTS (Single Pipe)



DETAIL OF PIPE JOINT



ELEVATION OF HEADWALL
AT INLET & OUTLET



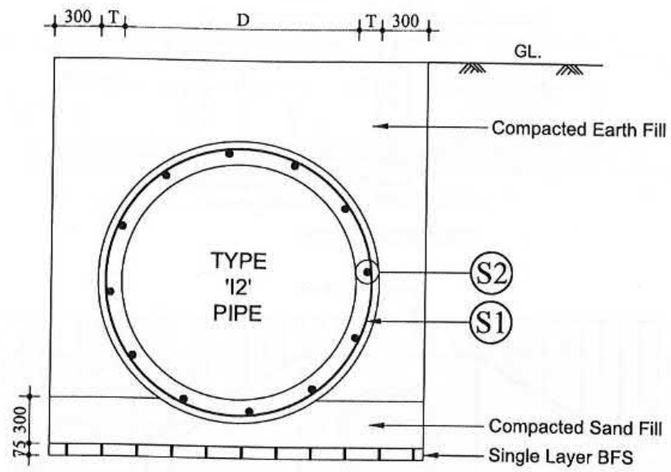
SECTION D-D

TABLE OF DIMENSIONS

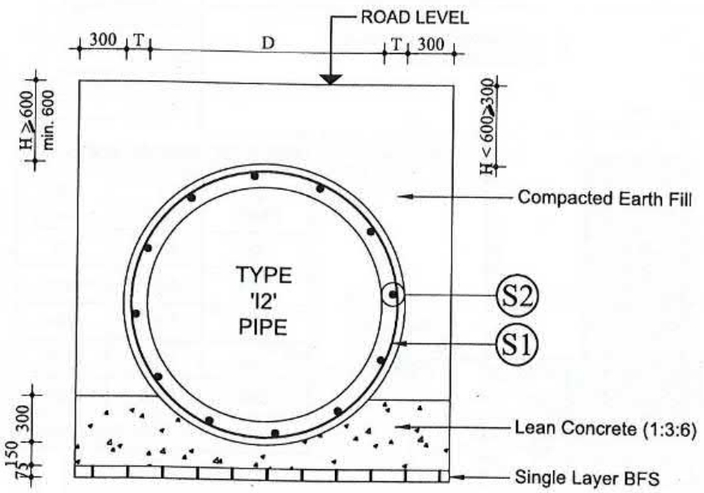
D (mm)	L in mm	W in mm
300	1050	750
450	1200	1075
600	1350	1400
750	1500	1700
900	1650	2025
>900	Non Standard	

চিত্র ৬-২৯: Details of Pipe Culverts (Single)

DETAILS OF BEDDING OF PIPE CULVERT



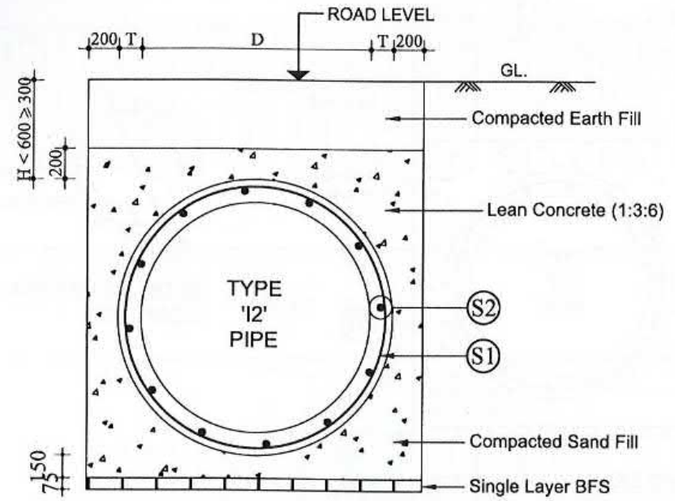
NORMAL DRAIN BEDDING - A1



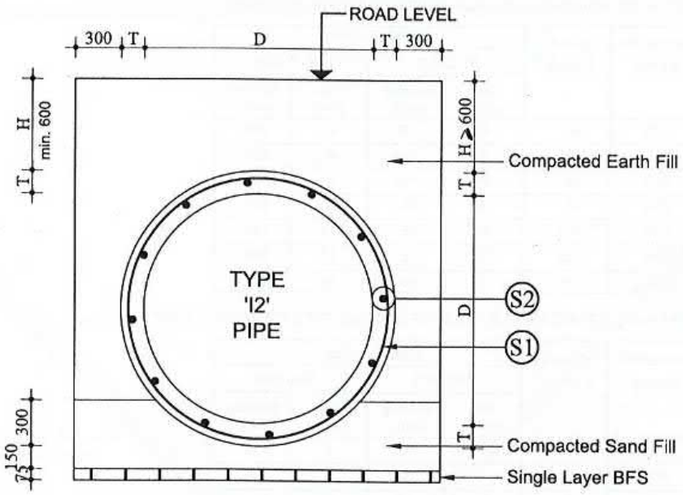
ROAD CROSS DRAIN BEDDING (H ≥ 600) - A2

চিত্র ৬-৩০: Details of Bedding Pipe Culverts (Single)

DETAILS OF BEDDING OF PIPE CULVERT



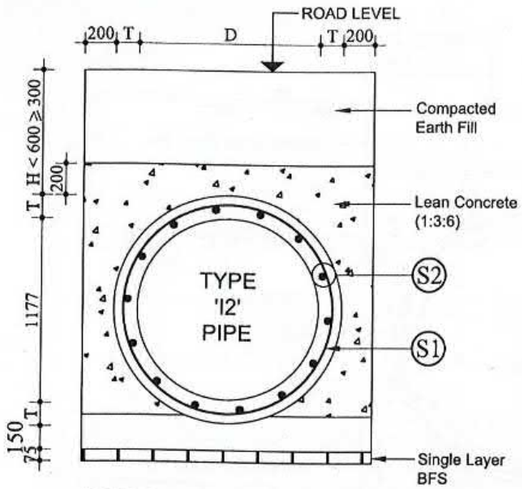
ROAD CROSS DRAIN BEDDING (H <600 ≥): - A3

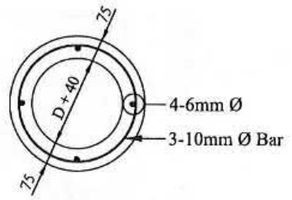


ROAD SIDE DRAIN BEDDING (H ≥ 600) - A4

চিত্র ৬-৩১: Details of Bedding Pipe Culverts (Single)

DETAILS OF BEDDING OF PIPE CULVERT





DETAIL OF PIPE COLLAR (Width = 200)

ROAD CROSS DRAIN BEDDING (H <600 ≥ 300): - A5

চিত্র ৬-৩২: Details of Bedding Pipe Culverts (Single)

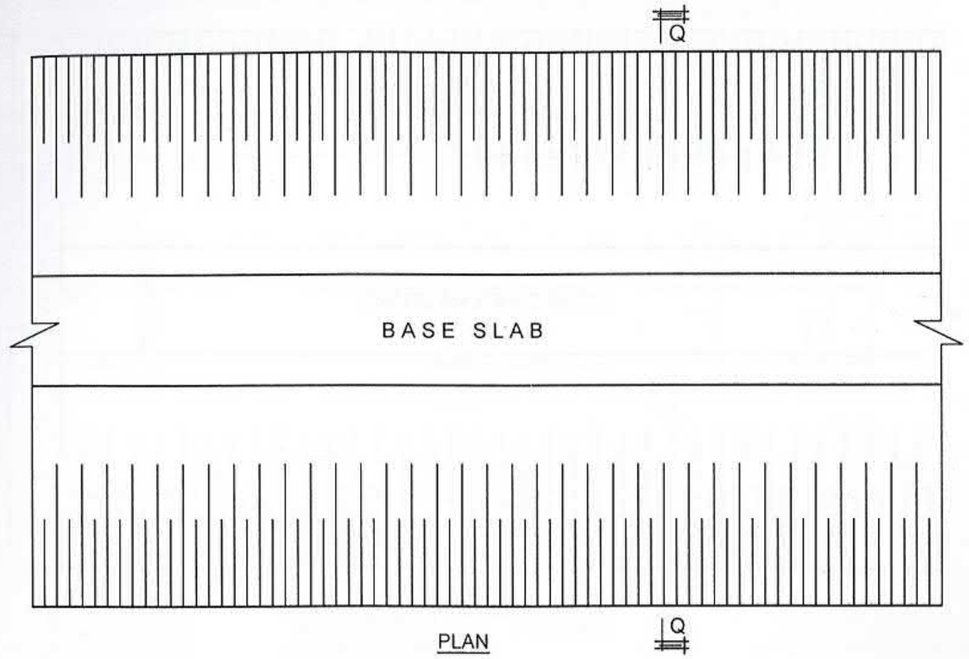
টেবিল ৬-১৫: STANDARD DETAILS OF PIPE DRAINS UNDER ROAD

Internal Dia D (mm)	Thickness T (mm)	Reinforcement			
		Ring (S1)		Ring (S2)	
		Dia (mm)	Spacing (mm)	Dia (mm)	Spacing (mm)
300	65	6	100	6	200
450	70	6	100	6	200
600	75	10	125	10	200
750	75	10	75	10	150
900	100	10	75	10	150
1200	125	10	75	10	150
1500	150	12	90	10	100

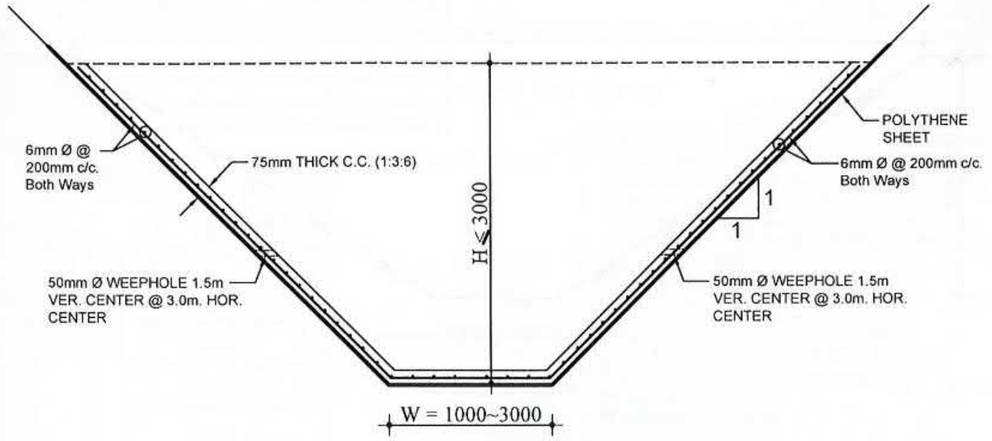
টেবিল ৬-১৬: STANDARD DETAILS OF NORMAL PIPE DRAINS

Internal Dia D (mm)	Thickness T (mm)	Reinforcement			
		Ring (S1)		Ring (S2)	
		Dia (mm)	Spacing (mm)	Dia (mm)	Spacing (mm)
300	50	6	150	6	150
450	65	6	125	6	150
600	75	10	175	10	250
750	75	10	125	10	250
900	75	10	100	10	200
1200	100	10	75	10	150
1500	125	10	75	10	150

DETAILS OF TRAPEZOIDAL LINED DRAIN (In-situ-Concrete) - Type J



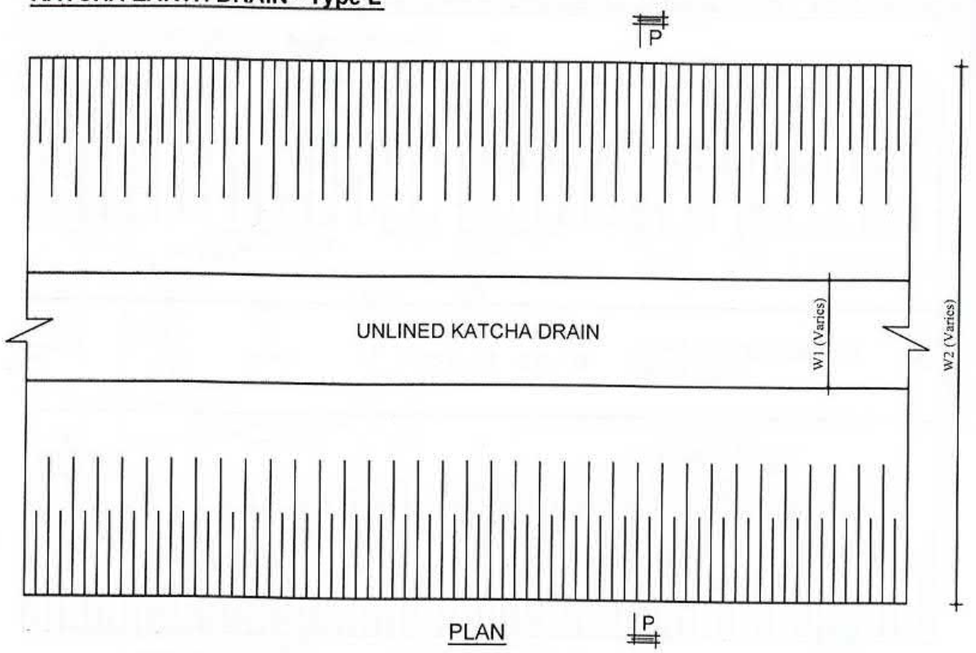
PLAN



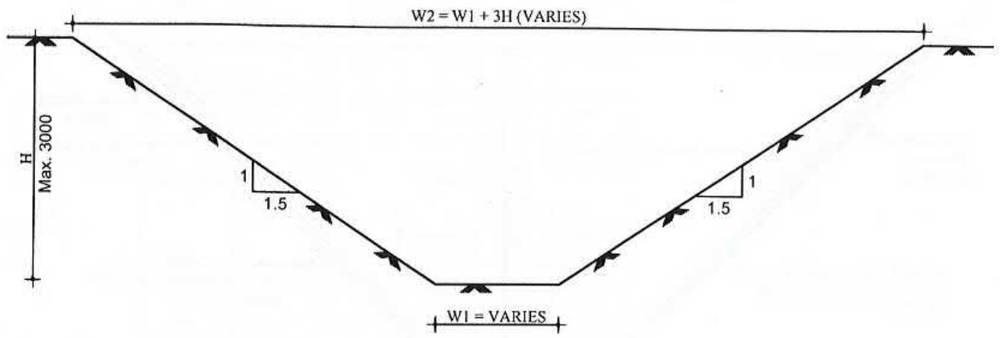
SECTION Q-Q

চিত্র ৬-৩৩: Details of Trapezoidal Lined Drain (in-situ-Concrete)-Type J

KATCHA EARTH DRAIN - Type L



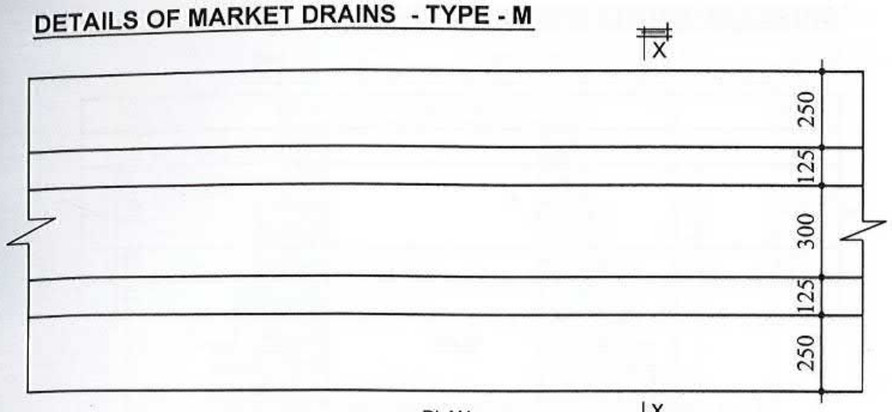
PLAN



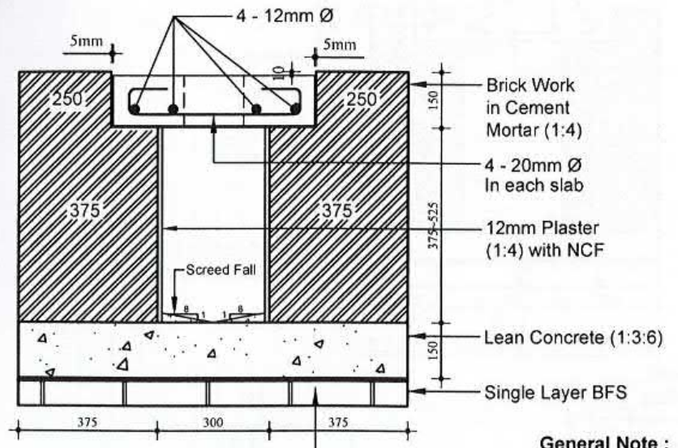
SECTION P-P

চিত্র ৬-৩৪: Kutcha Earth Drain -Type L

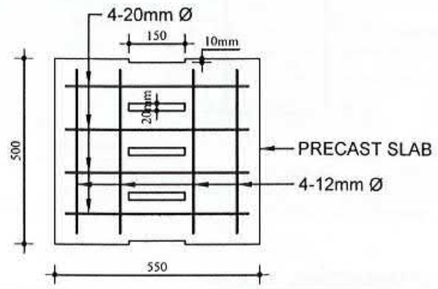
DETAILS OF MARKET DRAINS - TYPE - M



PLAN



SECTION X-X (for road) L2



TOP SLAB OF DRAIN (for road) L2

General Note :

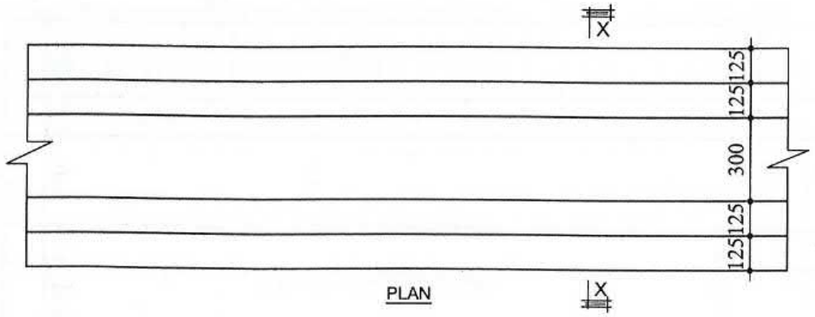
1. 28 Days cylinder strength of 1:2:4 concrete shall not be less than 17.24 N/mm²
2. 28 Days cylinder strength of 1:4:6 concrete shall not be less than 11.00 N/mm²
3. Yield strength of reinforcement bar shall not be less than 275 N/mm²
4. Clear cover to reinforcement of top slab shall be 40mm
5. Mortar for brick work shall be 1:3 mix
6. Screed fall of drain shall be tamped finish with 1:3 mix mortar
7. One layer of polythene shall be provided over brick flat soling
8. All dimension are in mm

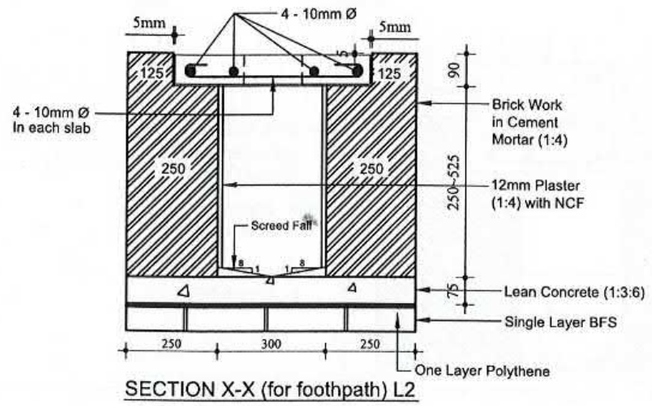
Note :

Screed fall shall be constructed with 1:3:6 concrete mix. Coarse aggregate shall 6mm down graded brick chips.

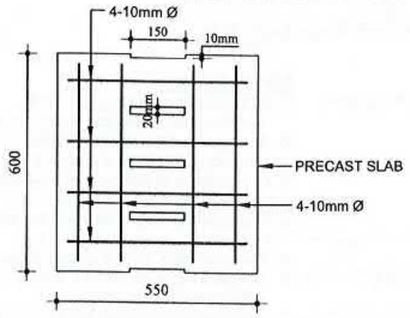
চিত্র ৬-৩৫: Details of Market Drain -Type M

DETAILS OF MARKET DRAINS - TYPE - M

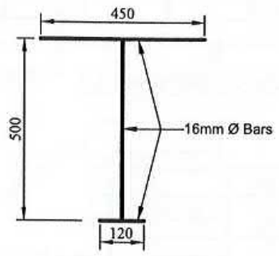




SECTION X-X (for foothpath) L2



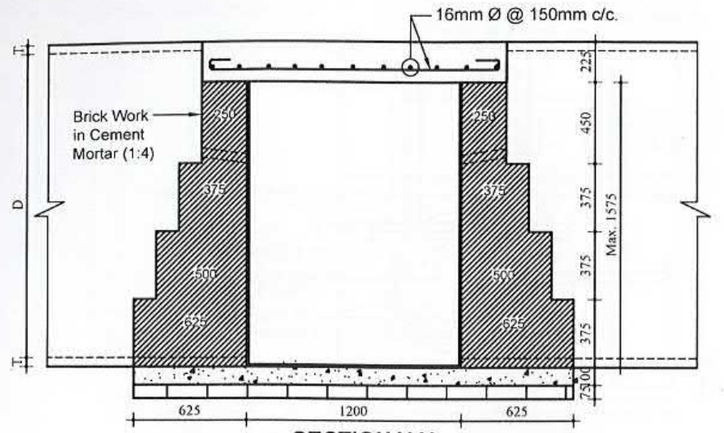
TOP SLAB OF DRAIN
(for footpath) L2



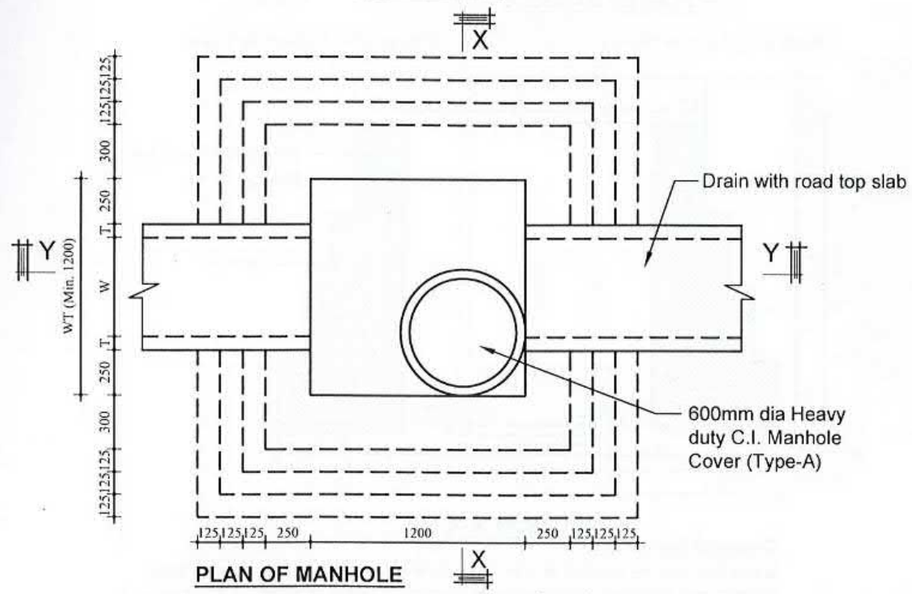
SLAB LIFTING BARS

চিত্র ৬-৩৬:Details of Market Drain -Type M

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR RECTANGULAR CLOSED DRAIN



SECTION Y-Y



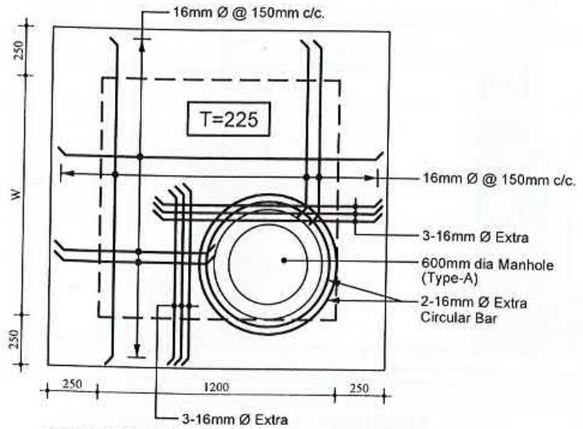
PLAN OF MANHOLE

General Note :

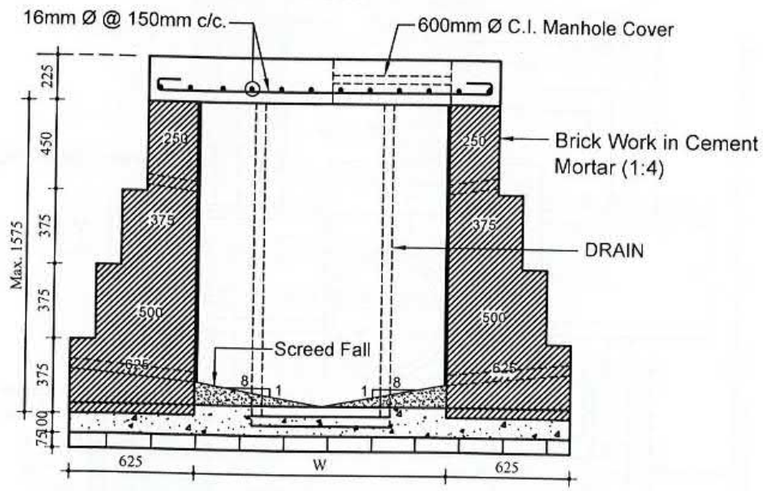
Manholes shall be spaced at 50m intervals if width and height at greater than 600mm and 1000mm respectively i.e. human access is possible. In all other cases manholes shall be spaced at 25m intervals.

চিত্র ৬-৩৭: Details of Brick Manhole for Rectangular Closed Drain

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR RECTANGULAR CLOSED DRAIN



TOP SLAB OF MANHOLE



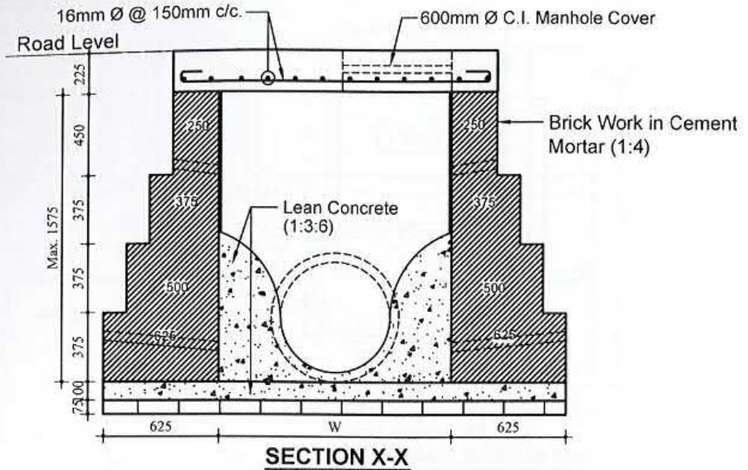
SECTION X-X

General Note :

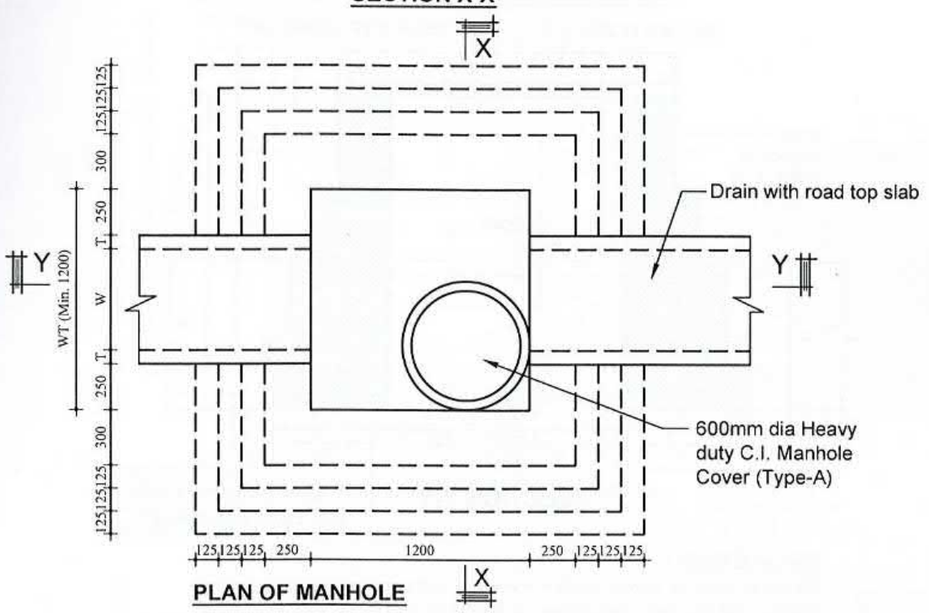
Manholes shall be spaced at 50m intervals if width and height at greater than 600mm and 1000mm respectively i.e. human access is possible. In all other cases manholes shall be spaced at 25m intervals.

চিত্র ৬-৩৮: Details of Brick Manhole for Rectangular Closed Drain

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR ROAD SIDE PIPE DRAIN



SECTION X-X



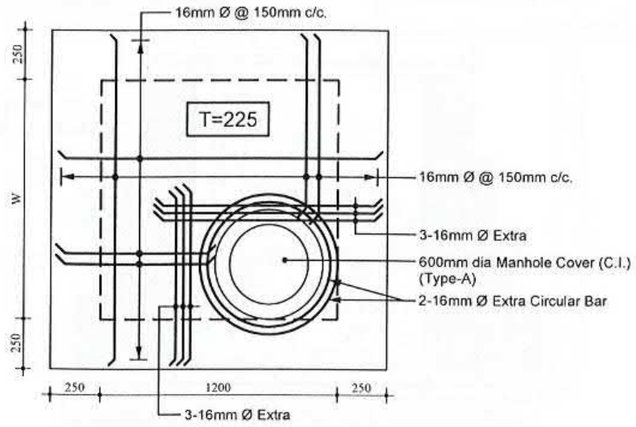
PLAN OF MANHOLE

General Note :

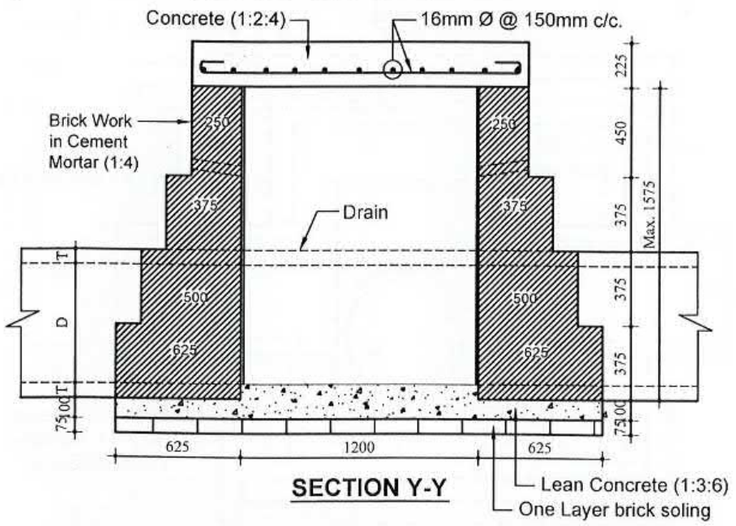
Manholes shall be spaced at 50m intervals if width and height at greater than 600mm and 1000mm respectively i.e. human access is possible. In all other cases manholes shall be spaced at 25m intervals.

চিত্র ৬-৩৯: Details of Brick Manhole for Road Side Pipe Drain

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR ROAD SIDE PIPE DRAIN



TOP SLAB OF MANHOLE



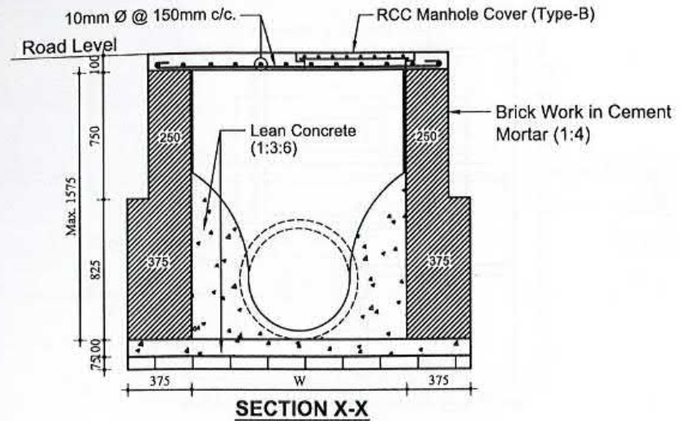
SECTION Y-Y

General Note :

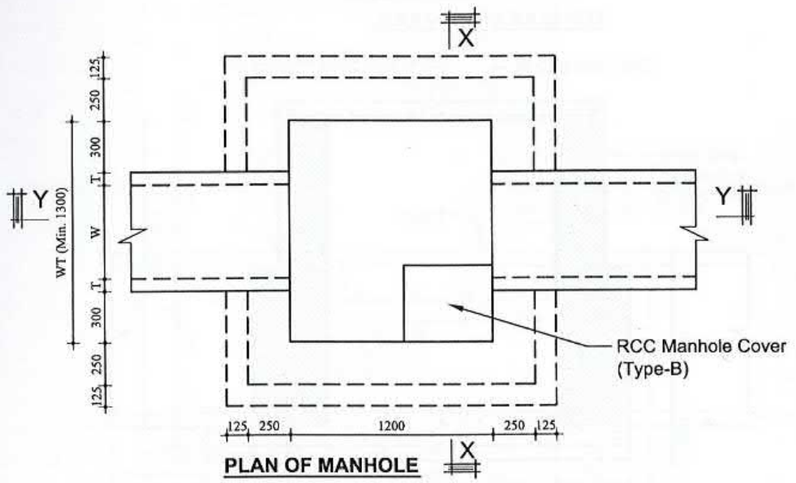
Manholes shall be spaced at 50m intervals if width and height at greater than 600mm and 1000mm respectively i.e. human access is possible. In all other cases manholes shall be spaced at 25m intervals.

চিত্র ৬-৪০: Details of Brick Manhole for Road Side Pipe Drain

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR NORMAL PIPE DRAIN



SECTION X-X



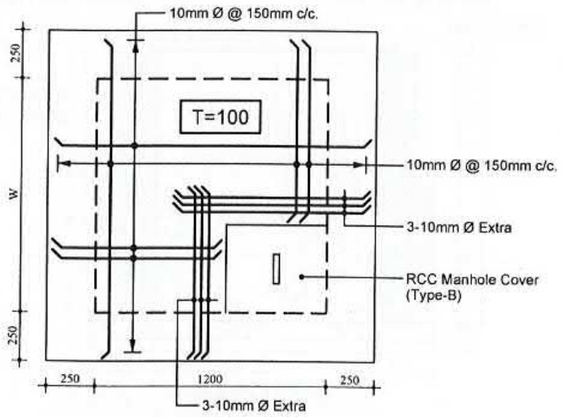
PLAN OF MANHOLE

General Note :

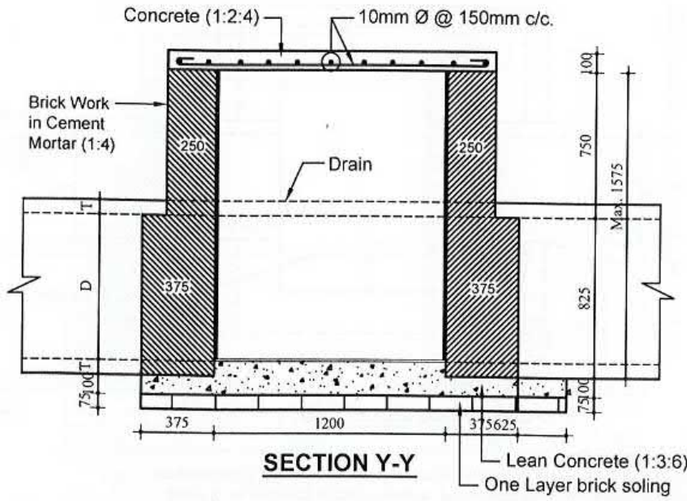
Manholes shall be spaced at 50m intervals if width and height at greater than 600mm and 600mm respectively i.e. human access is possible. In all other cases manholes shall be spaced at 25m intervals.

চিত্র ৬-৪১: Brick Manhole for Normal Pipe Drain

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR NORMAL PIPE DRAIN



TOP SLAB OF MANHOLE



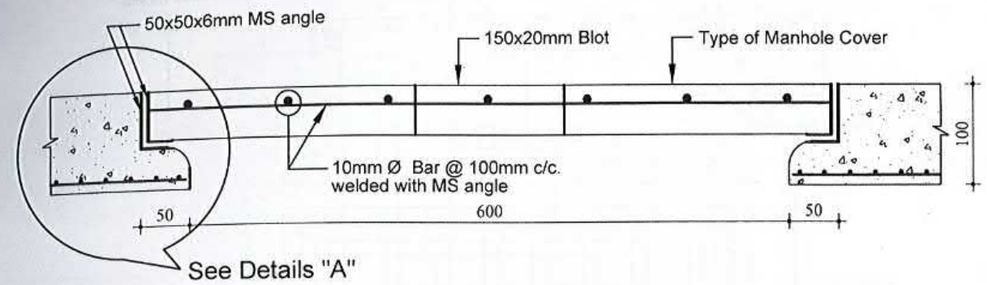
SECTION Y-Y

General Note :

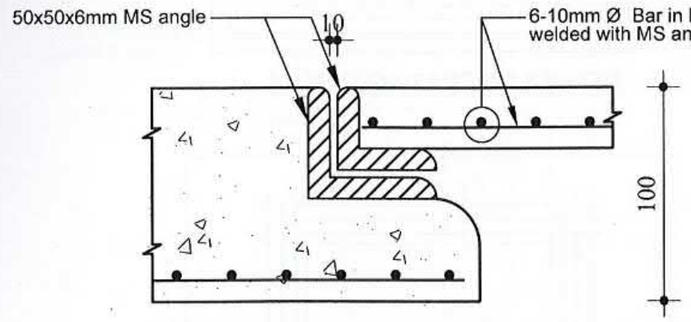
Manholes shall be spaced at 50m intervals if width and height at greater than 600mm and 1000mm respectively i.e. human access is possible. In all other cases manholes shall be spaced at 25m intervals.

চিত্র ৬-৪২: Brick Manhole for Normal Pipe Drain

DETAILS OF BRICK MANHOLE FOR NORMAL PIPE DRAIN



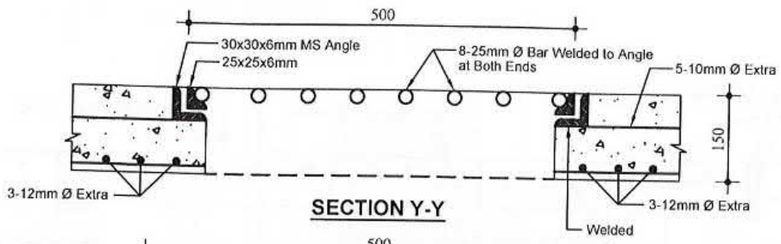
DETAILS 'A' FOOTPATH
RCC MANHOLE COVER (TYPE-B)



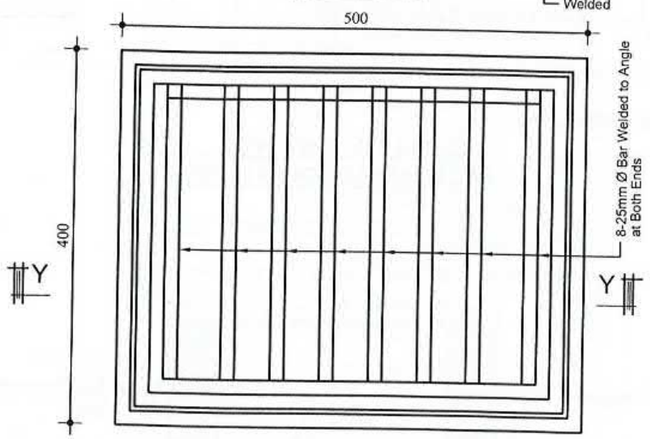
DETAILS 'A' RCC COVER

চিত্র ৬-৪৩: Brick Manhole for Normal Pipe Drain

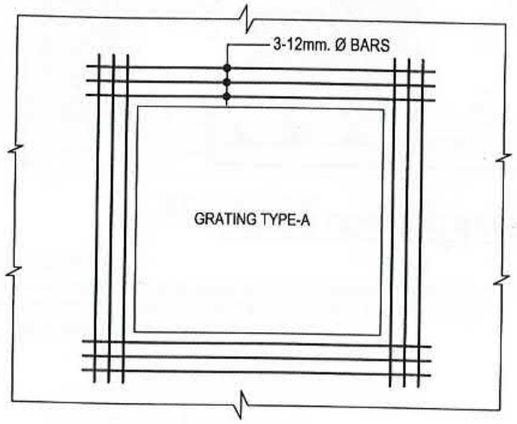
STANDARD GRATING TYPE-A



SECTION Y-Y



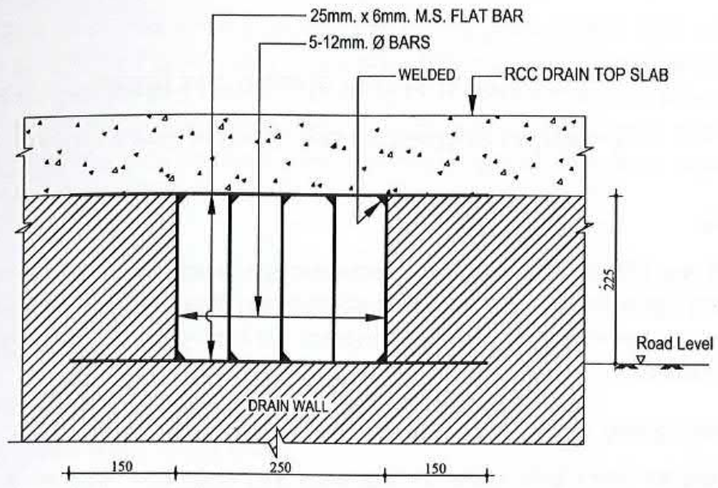
DETAILS OF GRATING TYPE - A



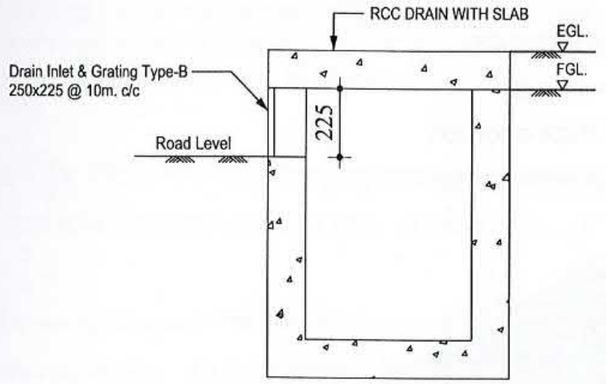
ADDITIONAL REINF. DETAIL AROUND GRATING ON TOP SLAB OF ROAD LEVEL DRAIN / RCC BOX

চিত্র ৬-৪৪: Standard Grating Type A

STANDARD DETAILS OF DRAIN INLET & GRATING TYPE



DETAILS OF GRATTING TYPE-B



STANDARD DRAIN INLET IN CLOSED RECTANGULAR DRAIN (TYPE-B)

চিত্র ৬-৪৫: Standard Details of Drain Inlet and Grating Type B

অধ্যায় - ৭

অবকাঠামো নির্মাণ কৌশল ও মান নিয়ন্ত্রণ

(কংক্রিট, রড ফেব্রিকেশন, সেন্টারিং, ব্রিকওয়ার্ক, প্লাস্টার ইত্যাদি)

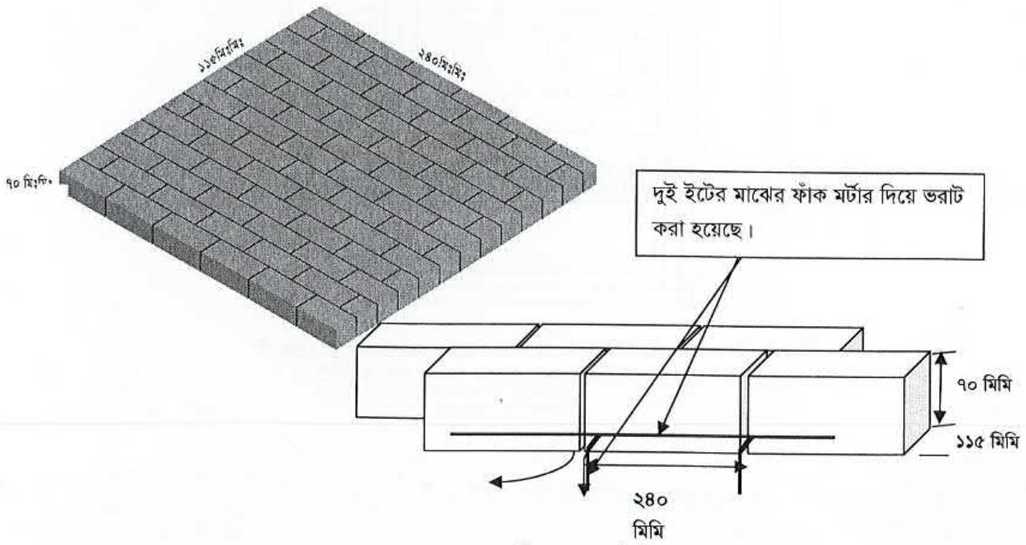
৭.১ ভবনের ভিত

অবকাঠামো অবশ্যই শক্ত মাটির উপর স্থাপন করা হয়। ভিতের তলা ড্রইং অনুযায়ী লেভেল করে স্থাপন করা হয়। ভিতের উপর সোলিং বা সিসি করার পূর্বে মাটির ভার বহন ক্ষমতা পরীক্ষা করে নিতে হয়। ভিতের মাটির গর্ত খননের সময় পাশে যথেষ্ট পরিমাণ জায়গা রাখা প্রয়োজন হয়, যেন ফর্মওয়ার্ক ও অন্যান্য কাজ সহজভাবে করা যায়। পুন:ভরাটের সময় বালি ৬ ইঞ্চি পুরু স্তরে দুরমুজ করে কম্প্যাকশন করতে হয়।

৭.২ ইটের সোলিং এর কাজ

পাশাপাশি একটা করে ইট বিছিয়ে ইটের সোলিং এর কাজ করতে হয়। একটা ইটের সাইজ হল ঃ ২৪০মিমি × ১১৫মিমি × ৭০মিমি। ইটের সোলিং এর কাজে উপর হতে একটি ইটের ২৪০মিমি × ১১৫মিমি দেখা যাবে (চিত্র ৭-১)। এ কাজে সম্পন্ন করতে নিচে বর্ণিত বিষয় খেয়াল করতে হবে ঃ

- অবশ্যই প্রথম শ্রেণীর ইট ব্যবহার করতে হবে;
- ইটের ফ্রগ মার্ক উপরের দিকে রাখতে হবে;
- ইটগুলো একস্তরে সমতলে ঘনিষ্টভাবে বসাতে হবে;
- ইটের সংযোগ স্থানে বালি দিয়ে ভরাট করতে হবে।



চিত্র ৭- ১ঃ ইটের সোলিং কাজ

৭.৩ ড্যাম্প প্রুফ কোর্স

মাটি থেকে জলীয় অংশ ইটের দেয়াল বেয়ে উপরে উঠে এবং দেয়াল ও মেঝে (মেঝে দেয়ালের সাথে সংযুক্ত থাকে বিধায়) স্যাঁতসেঁতে (Damp) হয়। স্যাঁতসেঁতে ভাব (Dampness) প্রতিহত করতে গাঁথুনীর Plinth level এর উপর একটা পানি নিরোধক স্তর দেয়া হয়, যাকে ড্যাম্প প্রুফ কোর্স বা ডিপিসি বলে। সিমেন্ট, বালি ও ইটের খোয়া নির্দিষ্ট অনুপাতে মিশিয়ে মিশ্রণ Plinth এর উপর ২৫ মিমি বা ৩৮ মিমি পুরুত্বে (১:২:৪) অনুপাতে বা (১:১.৫:৩) অনুপাতে কংক্রিট স্থাপন করা হয়। এই ক্ষেত্রে স্পেসিফিকেশনে উল্লেখিত মালামালের নির্মাণ সামগ্রীর গ্রেডেশন মোতাবেক ও ড্রইং এ বর্ণিত পুরুত্ব অনুসরণ করতে হবে। স্পেসিফিকেশনে উল্লেখ থাকলে অবশ্যই বিটুমিন কোটিং দিতে হবে।

৭.৪ কংক্রিটের কাজ

স্পেসিফিকেশন মোতাবেক নির্দিষ্ট গুণাগুণ সম্পন্ন কাজ পেতে হলে নিম্ন বর্ণিত বিষয়ে নিশ্চিত হতে হবে:

- কাজ করার পদ্ধতি;
- কাজে ব্যবহৃত মালামালের নির্মাণ সামগ্রীর গুণাগুণ;
- মালামালের নির্মাণ সামগ্রীর ব্যবহার সম্পর্কে ধারণা।

রড বা লোহা ছাড়া যে কংক্রিট তৈরি করা হয় তাকে প্লেন কংক্রিট বলে। যে কংক্রিটে রড বা লোহা ব্যবহার করা হয় তাকে রিইনফোর্সড্ কংক্রিট বলা হয়। ঢালাই কাজ শুরুর পূর্বে সকল মালামালের নির্মাণ সামগ্রী (বালি, খোয়া, সিমেন্ট, পানি) অবশ্যই পরীক্ষা করে নিতে হবে। প্লেন কংক্রিট ও রিইনফোর্সড্ কংক্রিট (Reinforeced Concrete) নির্মিত কোন কাঠামোর গুণাগুণ নিয়ন্ত্রণের ক্ষেত্রে নিম্নবর্ণিত বিষয়গুলো অবশ্যই পালন করতে হবে ঃ

ক) সিমেন্ট ঃ

- সিমেন্টের মান ঠিক আছে কি না তা মাঠ পরীক্ষা (ফিল্ড টেষ্ট) করে নিতে হবে;
- সিমেন্টের বস্তার ভিতর সিমেন্ট দলা দলা অবস্থায় থাকলে সে সিমেন্ট ব্যবহার হতে বিরত থাকতে হবে।

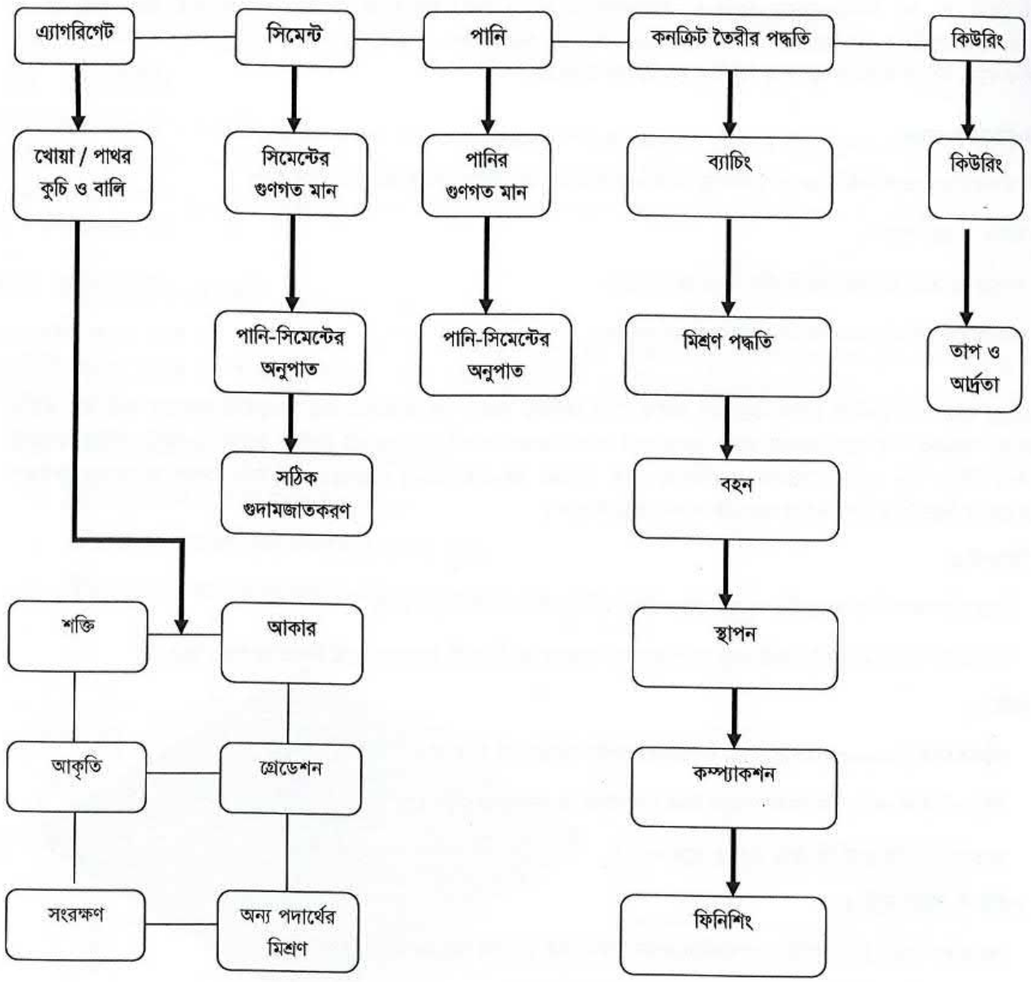
খ) বালি ঃ

- বালির FM (Fineness Modulus) স্পেসিফিকেশন মোতাবেক হতে হবে;
- বালি পরিষ্কার এবং যে কোন প্রকার জৈব পদার্থমুক্ত ও লবণমুক্ত হতে হবে
- প্রয়োজনে বালি ধুয়ে ব্যবহার করতে হবে।

গ) খোয়া বা পাথর কুচি ঃ

- খোয়া বা পাথর কুচির সাইজ স্পেসিফিকেশন মোতাবেক যথাযথ গ্রেডের হতে হবে;
- খোয়া বা পাথর কুচি পরিষ্কার, জৈব পদার্থমুক্ত ও শক্ত হতে হবে;
- প্রয়োজনে খোয়া বা পাথর কুচি ধুয়ে নিতে হবে।

কংক্রিটের শক্তি ও স্থায়িত্ব প্রভাবিত করার নিয়ামকসমূহ



চিত্র ৭-২ঃ কংক্রিটের শক্তি ও স্থায়িত্ব প্রভাবিত করার নিয়ামকসমূহ

৭.৫ মাঠে কংক্রিটের উপাদানসমূহের মান পরীক্ষা

৭.৫.১ মাঠে বালির মান পরীক্ষার পদ্ধতি

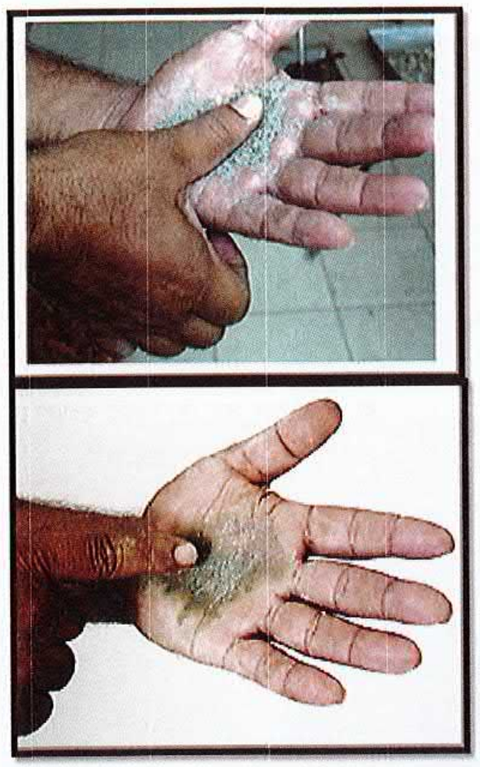
কোন কাঠামো নির্মাণের জন্য প্রকল্পস্থলে যে বালি সরবরাহ করা হয় তা ভাল মানের কিনা সে বিষয়ে মোটামুটি দ্রুত নিশ্চিত হওয়ার জন্য নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলো অত্যাবশ্যকঃ

ক) এক হাতের তালুতে কিছু শুকনা বালি নিন, অপর হাতের বৃদ্ধাংগুল দিয়ে ঐ বালি কয়েকবার এদিক-ওদিক চাপসহ ঘর্ষণ করুন এবং খেয়াল করুনঃ

- স্বাভাবিকভাবে হাত উপুড় করে বালি ফেলে দিয়ে দেখুন হাতের তালুতে কি পরিমাণ কাদা মাটি লেগে আছে ?

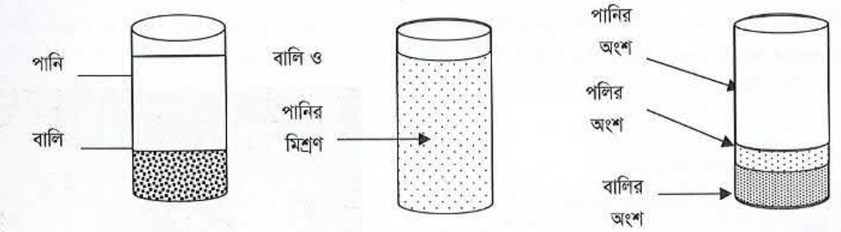
- যদি বেশি লেগে না থাকে তবে বালিতে পলি ও কাদার পরিমাণ কম অর্থাৎ বালির মান ভাল;

- যদি খুব বেশী পরিমাণ লেগে থাকে তবে ঐ বালিতে পলি ও কাদার পরিমাণ বেশী অর্থাৎ বালির মান খারাপ এবং তা নির্মাণ কাজে ব্যবহারের অনুপোযোগী।



চিত্র ৭-৩ঃ হাতের তালুতে বালি পরীক্ষা

খ) একটি কাঁচের গ্লাসের ৪ ভাগের ১ ভাগ বালি এবং বাকী ৩ ভাগ পানি দিয়ে পূর্ণ করে পানি ও বালি উত্তমরূপে মিশিয়ে সমতল স্থানে কোনরূপ নাড়াচাড়া না করা অবস্থায় রেখে পর্যবেক্ষণ করুনঃ



বালিতে পলি পরীক্ষা

চিত্র ৭-৪ঃ বালিতে পলি পরীক্ষা

৭.৫.২ মাঠে সিমেন্টের মান পরীক্ষা

কাজের স্থলে সরবরাহকৃত সিমেন্টের মান সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা পাওয়ার জন্য নিম্নলিখিত পরীক্ষা করা যেতে পারে ঃ

১. একমুষ্টি সিমেন্ট নিয়ে পিন্ড বানানোর চেষ্টা করুন। যদি পিন্ড বানানো সম্ভব হয় এবং সহজেই ভেংগে না যায় তবে তা ভাল সিমেন্ট।

২. সিমেন্টের বস্তার মধ্যে হাত ডুবিয়ে দুই আংগুলের সাহায্যে সিমেন্ট ঘর্ষণ করুন। যদি মোলায়েম অনুভূত হয় তবে তা ভাল সিমেন্ট।

৩. সিমেন্টের বস্তার মধ্যে হাত ডুবিয়ে অনুভব করুন। যদি ঠান্ডা অনুভূত হয় তবে তা ভাল সিমেন্ট।

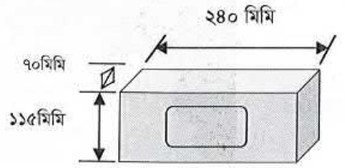
৪. এক গ্লাস পানিতে এক মুষ্টি সিমেন্ট ছেড়ে দিন। যদি অবিলম্বে ডুবে যায় তবে তা ভাল সিমেন্ট।

৫. এক মুষ্টি সিমেন্ট হাতে নিয়ে পানির মধ্যে ধরুন। যদি অল্পক্ষণের মধ্যেই গরম অনুভূত হয় তবে তা ভাল সিমেন্ট।

৭.৫.৩ মাঠে ইটের মান পরীক্ষা

প্রথম শ্রেণীর ইটের নিম্নোক্ত গুণাবলী থাকতে হবে ঃ

- রং সমস্বত্ব হতে হবে, কোনা গুলো ধারালো চৌকোণা হতে হবে;
- গঠনে শক্ত ও ফাটলবিহীন হতে হবে;
- আদর্শ সাইজ হবে: ২৪০ মিমি× ১১৫ মিমি ×৭০ মিমি বা ($৯\frac{১}{২}$"×$৪\frac{১}{২}$"×$২\frac{৩}{৪}$");



চিত্র ৭-৫ঃ ইটের আদর্শ সাইজ

পাথর বাংলাদেশে দুর্মূল্য ও সহজলভ্য নয় বিধায় অবকাঠামো নির্মাণ কাজে ইট ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। ঢালাই এর কাজে ইটের খোয়ার ব্যবহার ব্যাপক। প্রথম শ্রেণীর ইট বা পিকেট ইট ভেঙ্গে খোয়া প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। খোয়া মান সম্পন্ন না হলে ভাল মানের কংক্রিট প্রস্তুত সম্ভব নয়। অনেক সময় ল্যাবরেটরীতে ইটের মান পরীক্ষা করা সম্ভব হয়ে ওঠে না। তাই মাঠে ইটের গুণাগুণ পরীক্ষা করা অতীব জরুরী। মাঠে ইটের মান পরীক্ষা করার কিছু পদ্ধতি নীচে চিত্রে দেয়া হল ঃ

♦ দু'টি ইট নিয়ে পরস্পরকে আঘাত করুন:
যদি ধাতব পদার্থের ন্যায় পরিষ্কার টনটন আওয়াজ হয় তবে তা ভাল ইট।

♦ হাতের নখের সাহায্যে ইটে দাগ কাটার চেষ্টা করুন : যদি দাগ কাটা সহজে সম্ভব না হয় তবে তা ভাল ইট।

♦ দু'টি ইটের সাহায্যে ইংরেজী **T** গঠন করুন:

- **T** গঠনের সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন ইটের গায়ে অংকিত মার্কিং একই দিকে থাকে।
- গঠনকৃত **T** চার ফুট উঁচু থেকে শক্ত ও সমান মাটির উপর ফেলে দিলে যদি ভেঙ্গে না যায় তবে তা ভাল ইট।

চিত্র ৭-৬ঃ ইটের মান পরীক্ষা

৭.৫.৪ মাঠে পানির মান পরীক্ষা

- ▶ পান করার উপযোগী পানি ব্যবহার করতে হবে;
- ▶ পানির লবণাক্ততা এবং স্বাদ গ্রহণের জন্য জিহ্বার সাহায্যে পরীক্ষা করা যেতে পারে;
- ▶ বাহ্যিক কোন ময়লা বা আবর্জনা আছে কি না পরীক্ষা করার জন্য গ্লাসে পানি নিয়ে পরখ করা যেতে পারে।

৭.৬ ফর্মওয়ার্ক, সাটারিং ও স্কাফোল্ডিং

কাঠামোর আকার ও আকৃতি অনুযায়ী ঢালাই করার জন্য ছাঁচ বা ফর্ম তৈরি করা হয় । উক্ত ছাঁচ বা ফর্ম এবং সাপোর্টকে একসাথে সাটারিং (shuttering) বলা হয়। স্কাফোল্ডিং হলো মাচা। কন্সট্রাকশন কাজ করার সময় মালামাল রাখা ও শ্রমিক চলাচলের জন্য যে মাচা ধরনের কাঠামো তৈরি করা হয় তাকেই স্কাফোল্ডিং বলে। সাধারণত কাঠ, ষ্টিল সিট, বাঁশ, ধাতব পাইপ ইত্যাদি দিয়ে ফর্মওয়ার্ক, সাটারিং ও স্কাফোল্ডিং তৈরী করা হয়ে থাকে। ফর্মওয়ার্কের তৈরির সময় যে বিষয়গুলো খেয়াল রাখতে হবেঃ

১) ফর্মওয়াক অবশ্যই ওয়াটার টাইট হতে হবে;

২) কাঠ দ্বারা তৈরী ফর্মওয়ার্কের জয়েন্ট পাতলা প্লেন ষ্টিল সিট দিয়ে সিল করতে হবে;

৩) কাঠামোর ভার বহন ও কম্প্যাকশন কাজে ব্যবহৃত ভাইব্রেটরের কম্পন সহ্য করার ক্ষমতা অবশ্যই ফর্মওয়ার্কের থাকতে হবে।

৪) ২১/২ ইঞ্চির অধিক পুরু কাঠের ব্যাটেন দ্বারা ফর্মওয়ার্কের সাপোর্টিং ফ্রেম (Supporting Frame) তৈরী করতে হবে;

৫) ফর্মওয়ার্ক বসানো/খোলার সময় নিরাপত্তাজনিত সকল ব্যবস্থা ঠিকাদারকেই নিতে হবে;

৬) যে কোন আরসিসি কাজের কংক্রিট স্থাপনের পূর্বে দায়িত্বপ্রাপ্ত প্রকৌশলী কর্তৃক ফর্মওয়ার্কের লেভেল, সাইজ, নিচ্ছিদ্র অবস্থা এবং লোহার রডের স্থাপন ও ক্লিয়ার কভার চেক করিয়ে অনুমতি নিতে হবে।

ফর্মওয়ার্ক (Formwork) তৈরীর পর চেক করার সময় নিম্নলিখিত বিষয়ে বিশেষ লক্ষ্য রাখতে হবে ঃ

১) অবকাঠামোর বিভিন্ন অংগের পরিমাপ ড্রইং অনুযায়ী নিশ্চিত করা;

২) ফর্মওয়ার্কের লাইন, লেভেল ইত্যাদি নিশ্চিত করা;

৩) ড্রইং অনুযায়ী প্রয়োজনীয় রড বা পাইপ স্থাপন নিশ্চিত হওয়া;

৪) ক্লিয়ার কভার, ব্লক ইত্যাদি কনক্রিটের সঠিক জায়গায় স্থাপন নিশ্চিত করা;

৫) খুঁটিগুলো সঠিকভাবে প্রয়োজন অনুযায়ী আছে কিনা এবং প্রয়োজনীয় ব্রেসিং দেওয়া আছে কিনা তা নিশ্চিত করা ইত্যাদি।

ফর্মওয়ার্ক পরীক্ষা ঃ

১) সকল ফর্মওয়ার্ক পরিষ্কার ও ধূলা-বালিমুক্ত হতে হবে;

২) ফর্মওয়ার্কের অভ্যন্তরে কোন পানি জমে থাকতে পারবে না;

৩) ফর্মওয়ার্ক নিশ্ছিদ্র ও যথেষ্ট শক্তিশালী হতে হবে যেন কাঠামোর ভারবহন ও ভাইব্রেটরের কম্পন সহ্য করতে পারে;

৪) সকল ফর্মওয়ার্ক সঠিক মাপের (আকার ও আকৃতি) হতে হবে;

৫) মনে রাখতে হবে যে ফর্মওয়ার্কের মাপের উপর কনক্রিট কাঠামোর সাইজ নির্ভর করে থাকে;

৬) সর্বপরি ফর্মওয়ার্ক অবশ্যই পানি নিরোধী হতে হবে;

৭) ফর্মওয়ার্কের লেভেল পরীক্ষা করে দেখে নিতে হবে।

¯‹v‡dvwis(scaffolding) হল অস্থায়ী কাঠামো যা কন্সট্রাকশন কাজের মালামাল ও শ্রমিকগণের ভার বহনসহ নির্মাণ কাজ সম্পন্ন করার জন্য সাপোর্ট হিসেবে ব্যবহার হয়ে থাকে। ভবনের বাইরের অংশে প্লাষ্টারের কাজ বা অন্য কোন রক্ষণাবেক্ষণ কাজে স্কাফোল্ডিং ব্যাপক ব্যাবহৃত হয়। সাধারণত স্কাফোল্ডিং এককভাবে নির্ভরশীল কোন কাঠামো নয়। এটি ভবনের সাথে বেঁধে রাখতে হয়। স্কাফোল্ডিং এককভাবে নির্ভরশীল করতে হলে পাশাপাশি দু'টি সাপোর্টের প্রয়োজন পড়ে। এতে খরচ বেশি পড়ে। আমাদের দেশে স্কাফোল্ডিং কাজে সাধারণত বাঁশ ব্যবহার করা হয়। বিদেশেও অনেক জায়গাতে বাঁশ ব্যবহার করা হয়ে থাকে। বর্তমানে স্টীল পাইপ স্কাফোল্ডিং কাজে ব্যাপক ব্যবহৃত হচ্ছে । অনেক সময় প্লাস্টিক পাইপও ব্যবহৃত হয়ে থাকে ।

স্কাফোল্ডিং কাজের সময় যে বিষয়গুলো খেয়াল রাখতে হবে ঃ

১) বাঁশের অগ্রভাগ ব্যবহার করা যাবে না;

২) যে সাইজের বাঁশ ২ ঘনফুট কনক্রিট এর ওজনে বেঁকে যায় না এমন শক্ত বাঁশ বা কাঠ ব্যবহার করতে হবে অথবা কমপক্ষে ২১/২ইঞ্চি ব্যাসের বাঁশ ব্যবহার করতে হবে;

৩) স্কাফোল্ডিং কাজে বাঁশের খুঁটির উভয় দিকে ২ ফুটের অধিক দূরত্বে স্থাপন করা যাবে না;

৪) বাঁশের বা কাঠের খুঁটির নিচে মাটি থাকলে তা দুরমুজ দিয়ে পিটিয়ে দৃঢ় করে নিতে হবে;

৫) খুঁটির নিচের মাটির উপরে এক ইঞ্চি পুরুত্ব কাঠের তক্তা দিলে খুঁটি ছাদের/বীমের ভারে বসে যাওয়ার সম্ভাবনা কমে যাবে।

ফর্মওয়ার্ক ও স্কাফোল্ডিং খোলার সময় যা খেয়াল রাখতে হবেঃ

১) ফর্মওয়ার্ক ও স্কাফোল্ডিং সাবধানে খুলতে হবে যাতে কংক্রিটের কিনারা বা উপরিতল নষ্ট না হয়;

২) খুঁটিগুলো ধীরে ধীরে সরাতে হবে যাতে ঝাঁকির সৃষ্টি না হয় এবং কংক্রিট যাতে ধীরে ধীরে নিজের ভার বহনের ক্ষমতা অর্জন করার সুযোগ পায়;

৩) Simply Supported অবকাঠামোর ক্ষেত্রে খুঁটিগুলো মাঝখান থেকে শুরু করে দু'পাশের দিকে খুলতে হবে;

৪) Cantilever অংশের জন্য মুক্ত কিনারা থেকে শুরু করে সাপোর্টের দিকে আসতে হবে;

৫) কংক্রিটের যথাযথ শক্তি অর্জনের পর ফর্মওয়ার্ক খুলতে হবে;

৬) ফর্মওয়ার্ক খোলার সময় খেয়াল করতে হবে যেন কোন কিছুই কাঠামোর সাথে লেগে না থাকে ।

৭) কাঠামোর কোন অংশে হানিকর দেখা গেলে তা সঙ্গে সঙ্গে পূরণ করে দিতে হবে।

৮) স্পেসিফিকেশনে বলা না থাকলে বাস্তবায়নকারী দপ্তরের প্রকৌশলীর সাথে আলোচনা করে অবকাঠামোর বিভিন্ন অংশের ফর্মওয়ার্ক ও স্কাফোল্ডিং খোলা উচিত।

৭.৭ রডের কাজ

কংক্রিটের টেনশন বা টান সহন ক্ষমতা খুব কম কিন্তু চাপ সহন ক্ষমতা বেশি । ষ্টীলের টান ও চাপ সহন ক্ষমতা অত্যন্ত বেশি বিধায় কংক্রিট কাঠামোতে ষ্টীল বা রড দেয়া হয়। (পূর্ববর্তী অধ্যায়ে চাপ ও টান নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে।

১. ষ্টীল ব্যবহার করে সহজে কোন কাঠামোর আকার প্রদান করা যায় না কিন্তু কংক্রিট দ্বারা সহজেই যায়। আবার ষ্টীল কাঠামো তৈরি করতে অনেক বেশি খরচ হয় বিধায় শুধু ষ্টীলের কাঠামোর পরিবর্তে কংক্রিট ও ষ্টীলের সমন্বয়ে কাঠামো নির্মাণ পৃথিবীতে ব্যাপকভাবে সমাদৃত।

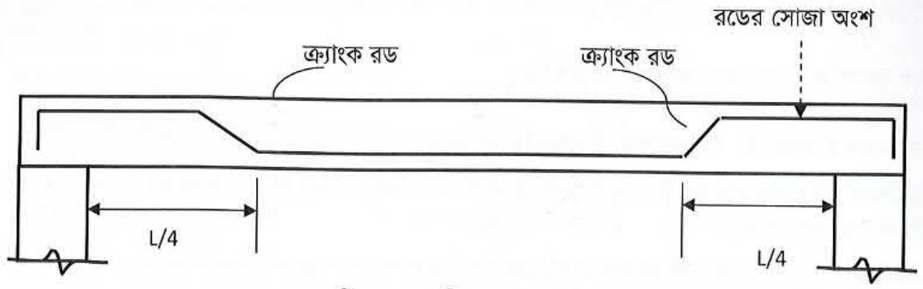
2. রড/ষ্টীল দেয়া কংক্রিটকে রিইনফোর্সড্ কংক্রিট বলা হয়।

3. বর্তমানে প্লেইন রডের ব্যবহারের পরিবর্তে ডিফর্মড্ (deformed) রড ব্যবহার করা হয়ে থাকে ।

৪. প্লেন রডের ক্ষেত্রে কংক্রিটের সঙ্গে বন্ড ও নোঙ্গর বন্ধন (anchorage) করার জন্য হুক দেয়ার প্রয়োজন হয়। কিন্তু ডিফর্ম রডের (deformed rod) ক্ষেত্রে হুক দেয়ার প্রয়োজন পড়ে না, কারণ ডিফর্ম রড এমন আকৃতিতে নির্মাণ করা হয় যেন তা রডের সকল স্থানে কনক্রিটের সঙ্গে বন্ড ও নোঙ্গর বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে। তবে ডিফর্ম রডও ড্রইং এবং স্পেসিফিকেশন অনুসারে সোজা বা ক্র্যাংক করতে হয়।

রডের দৈর্ঘ্য নিরূপণে বিবেচ্য বিষয়সমূহ ঃ

- সোজা অংশের দৈর্ঘ্য
- হুক করার জন্য প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য (প্লেইন রডে হুকের প্রয়োজন হয় কিন্তু ডিফর্ম রডে হয় না)
- ক্র্যাংকের জন্য প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য (চিত্র ৭-৭)
- ষ্টিরাপের ক্ষেত্রে হুক এর দৈর্ঘ্য।



চিত্র ৭- ৭ঃ বিমে ক্র্যাংক রড

রডের কাজ করার সময় নিম্ন বর্ণিত বিষয়গুলো বিশেষভাবে খেয়াল করতে হবে ঃ

ক) কংক্রিট ঢালাই এর পূর্বে রিইনফোর্সমেন্ট (রড) অবশ্যই পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

খ) রড কাটা থেকে শুরু করে রড বাঁধার কাজ সময় সময় চেক করতে হবে। নতুবা রড বাঁধার কাজ শেষ হয়ে গেলে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই রডের ভূল-ত্রুটি মেরামত করা সম্ভব হয়ে ওঠে না।

গ) রড সেট করার পর ত্রুটি ধরা পড়লে তা সংশোধন করা খুবই কষ্টকর এবং অনেক ক্ষেত্রে অসম্ভব । এজন্য ঢালাই এর ঠিক পূর্বে রড চেক না করে রড কাটা, সেজা ও বাঁধার সময় চেক করাই উত্তম। এতে কাজের মান ভাল হবে।

ঘ) রড পরীক্ষার সময় নীচের বিষয়গুলো লক্ষ্য রাখতে হবে ঃ

১) সঠিক সাইজের ও মাপের রড ব্যবহার করা হয়েছে কিনা?

২) সকল রড পরিষ্কার-পরিচ্ছন্ন ও মরিচামুক্ত কি না?

৩) রড সঠিকভাবে সোজা হয়েছে কি না?

৪) ক্র্যাংক ঠিকমত করা হয়েছে কি না?

৫) রডের হুক (যদি থাকে) মাপ মত হয়েছে কি না?

৬) ল্যাপিং এর মাপ ঠিক আছে কি না এবং নিয়ম মত স্থাপন করা হয়েছে কি না?

৭) এক রড হতে অন্য রডের দূরত্ব ড্রইং অনুযায়ী হয়েছে কি না?

৮) রডকে যথাস্থানে ধরে রাখার জন্য ক্লিয়ার কভার ব্লক/চেয়ার/স্পেসার বার ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়েছে কি না?

চিত্র ৭-৮ঃ রডের উপর কাঠের তক্তা

৯) রডগুলো ২২ গেজি তার দিয়ে বা স্পেসিফিকেশন মোতাবেক তার দিয়ে পদ্ধতি মত বাঁধা হয়েছে কি না?

১০) ঢালাই কাজ শুরু করার পূর্বে লোক চলাচল করার জন্য রডের উপরে কাঠের তক্তা বা বাঁশের মাচা দিয়ে নিতে হবে যেন স্থাপিত রডের কোন প্রকার ক্ষতিসাধিত না হয়।

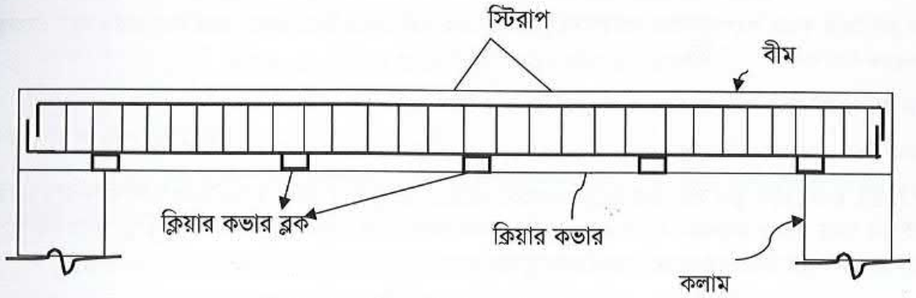
ক্লিয়ার কভার ব্লক ঃ

ঢালাই কাজে ব্যবহৃত রডকে আবহাওয়ার সংস্পর্শে আসতে না দেয়ার জন্য ক্লিয়ার কভার ব্লক ব্যবহার করা হয়ে থাকে। সাধারণতঃ রডের নিচে কংক্রিটের ক্লিয়ার কভার দেয়া হয়। ক্লিয়ার কভার সঠিক মাপে রাখার জন্য কংক্রিট কভার ব্লক ব্যবহৃত হয়। ক্লিয়ার কভার না থাকলে রড সাধারনতঃ সাটারিং এর সঙ্গে লেগে যেতে পারে। এর ফলে পরবর্তীতে রডে মরিচা পড়ে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় বিধায় কংক্রিট কাঠামো সহজেই নষ্ট হয়ে যায়। আবহাওয়ার সংস্পর্শ হতে রডকে একটা নির্দিষ্ট পরিমাণের কংক্রিটের আস্তরণ দিয়ে ঢেকে দেয়ার জন্য ক্লিয়ার কভার ব্লক দেয়া হয়।

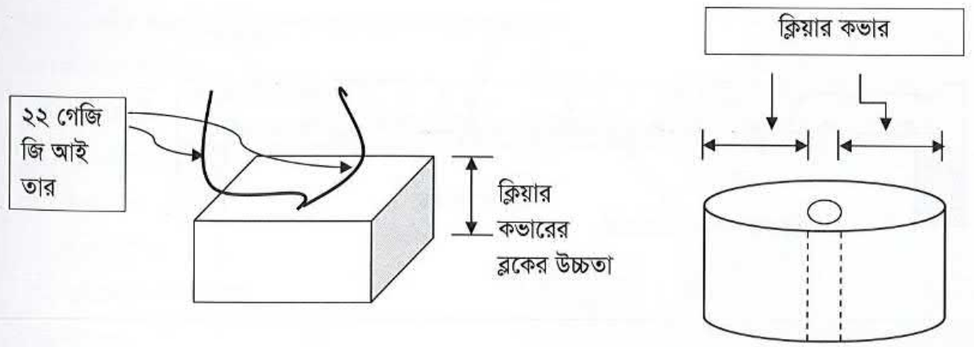
চিত্র ৭- ৯ঃ ক্লিয়ার কভার ব্লক না দেয়ায় স্ল্যাবের এমন অবস্থা

মনে রাখতে হবে যে ক্লিয়ার কভার বেশি হলে বীম বা স্ল্যাবের রড তার কার্যকারিতা কমে যাবে আর কম হলে রডে মরিচা ধরবে।

তাই ঢালাইয়ের সময় রডে অবশ্যই স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী কংক্রিট কভার ব্লক দেয়ার ব্যবস্থা করতে হবে।



চিত্র৭- ১০ঃ বীমে ক্লিয়ার কভার স্থাপন



ছাদে ব্যবহারের জন্য ক্লিয়ার কভারের জন্য মর্টার ব্লক

পাইল ও কলামের জন্য মাঝে ছিদ্রবিশিষ্ট ক্লিয়ার কভার ব্লক

চিত্র ৭-১১ঃ ক্লিয়ার কভার ব্লক

কংক্রিট ক্লিয়ার কভার হিসেবে মর্টার ব্লক তৈরী ও স্থাপন করার পদ্ধতি ঃ

১) সাধারণ বীম, স্ল্যাব ও কলামের জন্য কমপক্ষে ২"X ২" সাইজের (দৈর্ঘ্য X প্রস্থ) এবং স্পেসিফিকেশন মোতাবেক উচ্চতায় মর্টার ব্লক ব্যবহার করতে হবে।

২) সাধারণত ক্লিয়ার কভারের জন্য মর্টার ব্লক তৈরিতে সিমেন্ট ও বালির অনুপাত ১ঃ১ ব্যবহার করা হয়ে থাকে। মনে রাখতে হবে যে ক্লিয়ার কভার হিসেবে ব্যবহৃত মর্টার ব্লক ও কংক্রিটের একটি অংশ।

৩) বর্গাকৃতি মর্টার ব্লক বীম, স্ল্যাব বা অন্য কোন কাঠামোর নিচের রডের নিচে ব্যবহারের জন্য উপযোগী।

৪) গোলাকৃতি মর্টার ব্লক কলাম ও পাইলের রিং এ বা অন্য কোন কাঠামোর পাশের রডে ব্যবহারের জন্য উপযোগী। কোন অবস্থাতেই গোলাকৃতি মর্টার ব্লকের অবস্থানের কোন পরিবর্তন হওয়ার সুযোগ থাকে না।

৫) বীমের ক্ষেত্রে মর্টার ব্লক স্টিরাপের নীচে/পাশে এবং স্ল্যাবের ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন রডের নিচে দিতে হবে।

৬) বিভিন্ন কাঠামোর ক্লিয়ার কভারের মাপ ভিন্ন হয়ে থাকে বিধায় মর্টার ব্লকের সাইজও সে মোতাবেক হতে হবে ।

৭) ড্রইং বা স্পেসিফিকেশনে মর্টার ব্লকের সাইজ উল্লেখ থাকে এবং সে মোতাবেক মর্টার ব্লক পূর্বেই প্রস্তুত করে রাখতে হবে।

৮) ক্লিয়ার কভারের উচ্চতা যত বেশি হবে মর্টার ব্লকের সাইজও (দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ) তত বড় হতে হবে, তা না হলে রড ব্লকের উপর স্থাপন করা সম্ভব হবে না।

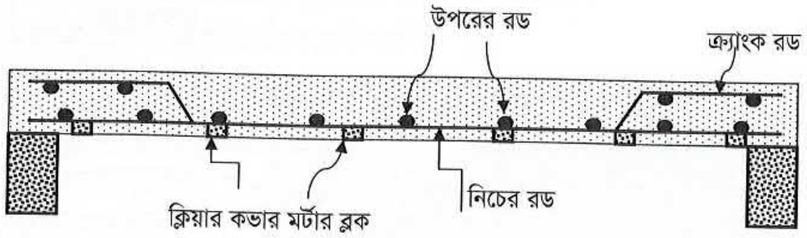
৯) মর্টার ব্লক তৈরি করার পরপরই কাঁচা অবস্থাতেই মাঝখানে ২২ গেজি তার দিয়ে রাখতে হবে যেন রডের সঙ্গে প্রয়োজন মোতাবেক বাঁধা যায়।

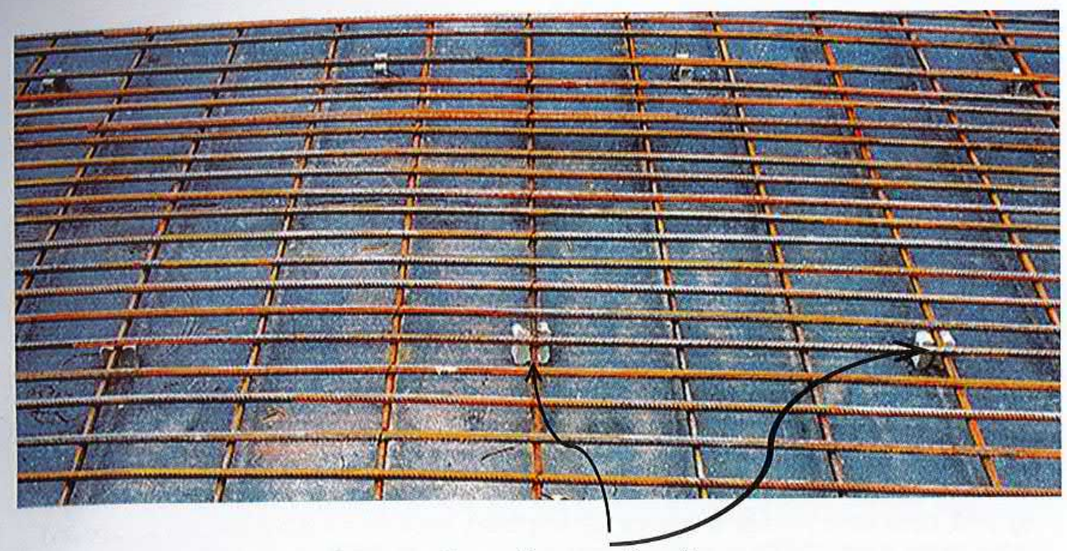
১০) মর্টার ব্লক পূর্বেই তৈরী করে কমপক্ষে ৭ দিন কিউরিং করে নিতে হবে।

১১) ক্লিয়ার কভার এমনভাবে দিতে হবে যেন কোন অবস্থাতেই রড নীচে ফর্মওয়ার্কের সাথে লেগে না যায়।

১২) এক ক্লিয়ার কভার মর্টার ব্লক হতে অন্য ক্লিয়ার কভারের মর্টার ব্লকের দুরত্ব ২ ফুট ৬ ইঞ্চির বেশি দেয়া যাবে না। কংক্রিট ঢালাইয়ের সময় অনেক লোকজন রডের উপর দিয়ে চলাচল করে বিধায় ২ফুট ৬ ইঞ্চির বেশি দূরত্বে মর্টার ব্লক স্থাপন করলে রড বাঁকা হয়ে নিচে ফর্মওয়ার্কের সাথে লেগে যেতে পারে ।

১৩) বীমের ক্ষেত্রে বীমের পাশেও ক্লিয়ার কভার ব্লক দিতে হবে, এতে বীমের রড পাশের ফর্মওয়াকের সঙ্গে লেগে যাবে না।





স্লাবের রডে ক্লিয়ার কভার হিসেবে মর্টার ব্লক তার দিয়ে বেঁধে দেয়া হয়েছে
এবং সর্বনিম্ন রডের (bottom layer) নিচে দেয়া হয়েছে
চিত্র ৭- ১২ঃ বিম ও স্ল্যাবে ক্লিয়ার কভার মর্টার ব্লক স্থাপন

রডের চেয়ার বা সেপারেটর স্থাপন :

বীম ও স্ল্যাব এর দু'টি রডের মাঝে স্পেসিফিকেশন মোতাবেক প্রয়োজনীয় ফাঁক রাখার জন্য মেটাল চেয়ার /সেপারেটর বা কংক্রিট/মর্টার সেপারেটর ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

দু'টি রডের মাঝে স্পেসিফিকেশন মোতাবেক প্রয়োজনীয় দূরত্ব রাখা না গেলে বীম ও স্ল্যাব তার কার্যকারীতা হারাবে । তাই মেটাল চেয়ার বা সেপারেটর ব্যবহার অতি গুরুত্বপূর্ণ।

৭.৮ কংক্রিটের কাজ

কংক্রিট তৈরীর সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলো খেয়াল করতে হবে ঃ

ক) মিশ্রণের অনুপাত,

খ) মিশ্রণ তৈরী,

গ) পানি-সিমেন্টের অনুপাত,

ঘ) মিশ্রণ বহন,

ঙ) মিশ্রণ স্থাপন,

চ) কাঠামোর আকৃতি প্রদান,

ছ) দৃঢ়ীকরণ,

জ) কিউরিং।

৭.৮.১ মিশ্রণের অনুপাত

কংক্রিট মিশ্রণের বিভিন্ন উপাদানের (সিমেন্ট, বালি, খোয়া) অনুপাত অবশ্যই স্পেসিফিকেশন মোতাবেক নিতে হবে। যেমন ১:১.৫:৩ বা ১:২:৪, ১:৩:৬ ইত্যাদি।

- পানি অবশ্যই নিদিষ্ট পানি- সিমেন্টের অনুপাতে নিতে হবে;
- বিভিন্ন উপাদান আদর্শ (Standard) ফেরার সাহায্যে পরিমাপ করতে হবে;
- পরিমাপের সময় কোন উপাদান কম-বেশী করে মাপা যাবে না;
- কংক্রিট মিশ্রণের বিভিন্ন উপাদান (সিমেন্ট,খোয়া,বালি ও পানি) ওজনের ভিত্তিতে মিশ্রণের নিয়ম থাকলেও বাংলাদেশে সাধারণত আয়তনে মিশ্রণ করা হয়ে থাকে ।

৭.৮.২ পানি - সিমেন্টের অনুপাত

পানি-সিমেন্টের অনুপাতের সাহায্যে এক ব্যাগ সিমেন্টের কাজে পানির পরিমাণ অবশ্যই আগে হিসাবে করে নিতে হবে এবং তদানুসারে পানি কংক্রিটের উপাদানসমূহ মিশ্রণের সময় ব্যবহার করতে হবে।

৭.৮.৩ মেশিন দ্বারা কংক্রিট মিশ্রণ পদ্ধতি

১) মিক্সার মেশিনের সাহায্যে কনক্রিট মিশ্রণ তৈরী করতে হবে;

২) সকল মালামাল অবশ্যই আদর্শ মাপের ফেরা দিয়ে মেপে দিতে হবে;

৩) ঢালাই কাজের আগের দিন খোয়া বা পাথর কুচি পানি দিয়ে ভিজিয়ে রাখতে হবে যেন SSD (Saturated Surface Dry) condition এ থাকে;

৪) আগেই পানির পরিমাণ এবং সঠিকভাবে পানি মেপে দেয়ার পাত্র ঠিক করে নিতে হবে। মেশিন মিশ্রণে এক ব্যাগ সিমেন্টের জন্য ২০-২৫ লিটার পানির প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে ২০ লিটার পানি ধরে এমন একটা বালতি পানি নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহার করা যেতে পারে।

৫) প্রতি হপার মালামালের জন্য ড্রাম হতে পানি নিয়ে ২০ লিটারের বালতি ভরে নিতে হবে।

৬) কোন মালামালই ঝুরি দিয়ে মেপে মিক্সার মেশিনে দেয়া যাবে না। বাজারে যে ঝুরি পাওয়া যায় তা বিভিন্ন আকারের এবং একটির সঙ্গে অন্যটির মিল নেই।

৭) ঝুড়ি দিয়ে মেপে দিলে মালামাল সঠিক অনুপাতে দেয়া সম্ভব হয় না বিধায় ভাল মানের কংক্রিট পাওয়াও সম্ভব নয়।

৮) মিশ্রণ সবসময় সমস্বত্ব হতে হবে অর্থাৎ সকল মালামাল একই ধরনের হতে হবে।

৯) মেশিন দ্বারা মিশ্রণ তৈরীর সময় প্রয়োজনীয় পানির শতকরা ৫-১০ ভাগ অর্থাৎ ২০ লিটার হিসেবে ১ - ২ লিটার পানি টার্নিং ড্রামে মালামাল দেয়ার আগেই দিতে হবে এবং মেশিন ঘোরাতে হবে।

১০) সকল মালামাল দেয়া হলে বাকি পানি ড্রামে দিতে হবে।

১১) টার্নিং ড্রামে সকল মালামাল দেয়া, মেশিন ঘোরা এবং মিশ্রণ বের করা পর্যন্ত কমপক্ষে ২ মিনিট সময় ব্যয় করতে হবে।

১২) স্ল্যাম্প টেষ্ট করে অবশ্যই কনক্রিট মিশ্রণের কার্যপোযোগীতা পরীক্ষা করে নিতে হবে।

১৩) তারপর মিশ্রণ কাঠামো তৈরির কাজে ব্যবহার করতে হবে।

১৪) স্ল্যাম্পের মান স্পেসিফিকেশনের চেয়ে বেশি হলে মিশ্রণ ব্যবহার করা থেকে অবশ্যই বিরত থাকতে হবে এবং ফেলে দিতে হবে ।

১৫) মনে রাখতে হবে যে স্ল্যাম্পের মান বেশি হওয়া মানে পানি-সিমেন্টের অনুপাত বেশি হওয়া। আবার পানি-সিমেন্টের অনুপাত বেশি হওয়া মানে কংক্রিটের শক্তি অনেকাংশে কমে যাওয়া।

৭.৮.৪ মিশ্রণ বহন ও স্থাপন

১) ছোট কাজের ক্ষেত্রে মিশ্রণ বহনের জন্য কড়াই ব্যবহার করা যেতে পারে ।

২) বড় কাজের ক্ষেত্রে মিশ্রণ বহনের জন্য অবশ্যই দুই চাকা বিশিষ্ট হুইল ব্যারো ব্যবহার করাই শ্রেয়।

৩) কড়াই দিয়ে বহন করে স্থাপনের সময় মিশ্রণ কখনো এক মিটারের বেশী উঁচু থেকে ফেলা যাবে না।

৪) মিশ্রণ তৈরী হওয়ার পর যথাশীঘ্র সম্ভব স্থাপন কাজ শেষ করতে হবে।

৫) মিশ্রণ তৈরীর পর প্রাথমিক জমাট বাঁধার সময় অতিবাহিত হয়ে গেলে সেই মিশ্রণ ব্যবহার করা যাবে না।

৬) কোন অবস্থাতেই মিশ্রণ স্থাপনের সময় পুনরায় পানি মিশানো যাবে না।

৭.৮.৫ কংক্রিট কম্প্যাকশন

১) ছোট কাজ কম্প্যাকশনের জন্য ১৬ মিমি রড ব্যবহার করা যেতে পারে ।

২) ব্রীজ বা কালভার্টের কাজ অবশ্যই ভাইব্রেটর মেশিন দিয়ে কম্প্যাকশন করতে হবে। ছাদের চূড়ান্ত কম্প্যাকশনের জন্য ১০০ মিমি × ১০০ মিমি সাইজের হাতল বিশিষ্ট পাট্টা ব্যবহার করতে হবে ।

৩) ভাইব্রেটর দিয়ে কম্প্যাকশনের সময় কম কার্যপোযোগী মিশ্রণ (অপেক্ষাকৃত কম পানি মেশানো) ব্যবহার করা যেতে পারে।

৪) একইস্থানে ভাইব্রেটর ১৫ সেকেন্ডের বেশী সময় রাখা যাবে না, রাখলে উপাদানসমূহ আলাদা হয়ে যেতে পারে ।

মনে রাখতে হবে ভাইব্রেটর প্রতি মিনিটে ৩৫০০ - ৫০০০ বার ঘোরে । সাধারণত যে ভাইব্রেটর ব্যবহার করা হয়, তাকে Immersion or Needle Vibrator বলা হয়। এ ছাড়াও External or Shutter Vibrator, Surface Vibrator ব্যবহার হয়। ভাইব্রেটর দিয়ে কম্প্যাকশন করার সময় নিম্নবর্ণিত বিষয়ে খেয়াল করতে হবে t

১) ভাইব্রেটর প্রয়োজনে সোজা বা অল্প বাঁকাভাবে বা কাঠামোর অবস্থান মোতাবেক ব্যবহার করা যাবে।

২) শুধুমাত্র ভাইব্রেটরের নিড্‌ল (Needle) কনক্রিটের মধ্যে ঢোকানো যাবে।

৩) একস্থানে ৫ - ১০ সেকেন্ড ভাইব্রেটর ব্যবহার করাই যথেষ্ট। কোনভাবেই একস্থানে ১৫ সেকেন্ডের বেশি সময় ভাইব্রেটর ধরে রাখা যাবে না । একস্থানে বেশিক্ষণ ধরে রাখলে খোয়া ও মর্টার আলাদা হয়ে পড়বে ফলে ছিদ্রবিশিষ্ট কনক্রিট তৈরি হবে।

৪) চালু অবস্থায় ভাইব্রেটর ধীরে ধীরে তুলতে হবে, তাড়াতাড়ি তোলা হলে উপরে গর্তের সৃষ্টি হতে পারে।

৫) কংক্রিটে পানির পরিমাণের উপর/ কংক্রিটে পুরুত্বের উপর নির্ভর করে ৩৫-৯০ সেন্টিমিটার দূরে দূরে ভাইব্রেটর ধরতে হবে।

৬) রডের সঙ্গে ভাইব্রেটর ধরা যাবে না এতে রডের বাঁধন খুলে যেতে পারে।

৭) সাধারণত ফর্মওয়াকের সাথে ভাইব্রেটর ধরা যাবে না, ধরলে ফর্মওয়ার্ক ফাঁক হয়ে যেতে পারে।

৮) ফর্মওয়ার্ক যথেষ্ট শক্তিশালী হলে প্রয়োজনে ফর্মওয়াকের সাথে ভাইব্রেটর ধরা যাবে।

৯) নিরাপত্তার জন্য ভাইব্রেটর সাবধানে ব্যবহার করতে হবে।

৭.৮.৬ কংক্রিট ফিনিশিং

১) নতুন মিশ্রণ কংক্রিটকে ফ্রেশ কংক্রিট বলা হয়। ফ্রেস কংক্রিট মিশ্রণ স্থাপন ও কম্প্যাকশন করার পর ফিনিশিং কাজ করতে হবে যেন কোন ধরনের উঁচু নিচু না থাকে এবং কাঠামোর আকার ও আয়তনে কাস্টিং হয়।

২) অনেক সময় কংক্রিট স্থাপন, কম্প্যাকশন ও ফিনিশিং শেষে দেখা যায় নতুন স্থাপিত কংক্রিটের উপরিতল ফাটা ফাটা হয়ে গেছে। বিশেষ করে গরম অবহাওয়ায় এমন অবস্থা দেখা যায়। এটি কংক্রিটের জন্য খুব ক্ষতিকর। এমন অবস্থা হতে পরিত্রাণ পেতে হলে ফিনিশিং করার পর কনক্রিট কিছু শুকিয়ে যাওয়ার পরেই ভেজা হেসিয়ান ক্লথ কংক্রিটের উপর বিছিয়ে দিতে হবে। হেসিয়ান ক্লথ ভিজিয়ে চিপে পানি এমনভাবে বের করে নিতে হবে যেন তা পানি না ছাড়ে আবার কনক্রিট হতে পানি শোষণ না করে। কিউরিং করার পূর্বে হেসিয়ান ক্লথ তুলে ফেলতে হবে।

৭.৮.৭ কিউরিং

কংক্রিটের শক্তি অর্জনের জন্য কিউরিং অতি গুরুত্বপূর্ণ। কিউরিং করার সময়কালে অবকাঠামো অবশ্যই সব সময় ভেজা রাখতে হবে। কিউরিং করার কয়েকটি নিয়ম হলো-

১) চূড়ান্ত জমাট বাঁধার সময়ের পর কনক্রিট কিউরিং (Curing) করতে হবে;

২) স্পেসিফিকেশনে উল্লেখিত সময় পর্যন্ত কনক্রিটকে পানি দিয়ে ভেজাতে হবে বা স্যাঁতস্যাঁতে করে রাখতে হবে;

৩) যে কোন কনক্রিট কাজ ২৮ দিন পর্যন্ত কিউরিং করা শ্রেয় কারণ ২৮ দিনে কংক্রিট স্পেসিফিকেশনে উল্লেখিত শক্তি অর্জনে সক্ষম হয়। সকলক্ষেত্রে স্পেসিফিকেশনে উল্লেখিত সময় পর্যন্ত কিউরিং করতে হবে।

৪) ছাদ বা মেঝের ক্ষেত্রে সুবিধাজনক স্থানে সিমেন্ট বালুর মর্টার অথবা ইটের গাঁথুনী দিয়ে বাঁধ তৈরী করে পানি জমিয়ে কিউরিং করতে হবে;

৫) কলাম, বীম ইত্যাদি ভেজা চট পেচিয়ে তা সব সময় ভেজা থাকার ব্যবস্থা করতে হবে;

৬) খাড়া দেয়ালে পিচকারী বা মগের সাহায্যে কিছুক্ষণ পর পর পানি ছিটিয়ে স্যাঁতস্যাঁতে করে রাখতে হবে ।

৭.৮.৮ ফর্মওয়ার্ক খোলা

১) সাটারিং/ফর্মওয়ার্ক অত্যন্ত সাবধানতার সাথে খুলতে হবে যেন কিনারা এবং তলের কোনরকম ক্ষতি না হয়।

২) খুঁটিগুলো ধীরে ধীরে সরাতে হবে যেন কনক্রিটও ধীরে ধীরে তার নিজের সম্পূর্ণ ওজন বহনের ক্ষমতা পায়।

৩) ক্যান্টিলিভার কোন কাঠামোর ক্ষেত্রে উন্মুক্ত পাশ থেকে সাটারিং/ফর্মওয়াক খোলা শুরু করতে হবে।

৪) দু'দিকে বা চতুর্দিকে সাপোর্ট আছে এমন কাঠামোর ক্ষেত্রে মাঝখান থেকে সাটারিং/ফর্মওয়াক খোলা শুরু করতে হবে।

৭.৮.৯ কংক্রিটের শক্তি পরীক্ষা

কংক্রিটের শক্তি পরীক্ষার করার জন্য সিলিন্ডার টেষ্ট অথবা কিউব টেষ্ট করা হয়। সাধারণতঃ কংক্রিট মিশ্রণের ২০ মিনিটের মধ্যেই পরীক্ষার জন্য সিলিন্ডার বা কিউব তৈরী করতে হবে। প্রতি ৫০ ঘনমিটার ঢালাই কাজে কমপক্ষে ৬টি সিলিন্ডার বা কিউব তৈরী করতে হবে যার মধ্যে ৩টি ৭ দিন পর এবং বাকী ৩ টি ২৮ দিন পর টেষ্ট করতে হবে। সিলিন্ডারের ছাঁচ সাধারণতঃ ৩০ সেন্টিমিটার লম্বা এবং ১৫ সেন্টিমিটার ব্যাস (ভিতরের) বিশিষ্ট হয়ে থাকে। বর্তমানে অনেক ক্ষেত্রে ২০ সেমি লম্বা এবং ১০ সেমি ব্যাসের সিলিন্ডার ব্যবহার করা হয়ে থাকে। ল্যাবরেটরীতে টেষ্টে পাঠানোর পূর্ব মূহুর্তে সিলিন্ডারটি পানি হতে তুলতে হবে। কংক্রিট সিলিন্ডার নির্মাণের বিভিন্ন ধাপ নীচে উল্লেখ করা হল ঃ

১) ব্যবহারের পূর্বে সিলিন্ডারের ছাঁচটি পরিষ্কার করে তেল মাখিয়ে নিতে হবে। খেয়াল রাখতে হবে যেন অতিরিক্ত তেল লেগে না থাকে।

২) বেস প্লেটের সঙ্গে সিলিন্ডারের সংযোগস্থল পানি নিরোধী কিনা তা নিশ্চিত হতে হবে;

৩) সমতল, শক্ত ও ছায়াযুক্ত স্থানে প্লেন শীটের উপর সিলিন্ডারের ছাঁচটি সেট করতে হবে;

৪) ৩০ সেন্টিমিটার লম্বা বিশিষ্ট সিলিন্ডার তিনটি স্তরে ছাঁচটি কংক্রিট দিয়ে পূর্ণ করতে হবে এবং ২০ সেমি উচ্চতা সিলিন্ডার দুই স্তরে কংক্রিট ছাঁচ পূর্ণ করতে হবে;

৫) ১/৩ অংশ কনক্রিট দ্বারা পূরণ করে ৬০ সেমি লম্বা ও ১৬ মিমি ব্যাসের রড দিয়ে সকল স্থানে ২৫ বার এমনভাবে খোঁচাতে হবে যেন রড সম্পূর্ণভাবে কনক্রিট স্তরের গভীরতায় ঢুকে যায়; ২০ সেমি উচ্চতা বিশিষ্ট সিলিন্ডার মোল্ড কম্প্যাকশন করার জন্য ১০ মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করতে হবে;

৬) প্রথম স্তরের মত বাঁকি স্তরে সিলিন্ডারের ছাঁচটি পূর্ণ করতে হবে;

৭) পরবর্তী স্তর খোঁচানোর সময় খেয়াল রাখতে হবে যেন পূর্ববর্তী স্তর ক্ষতিগ্রস্ত না হয়;

৮) উপরিভাগ কুন্নি দ্বারা সমান ও পরিষ্কার করে ফিনিসিং দিতে হবে;

৯) সিলিন্ডার একটু শক্ত হলে তা চিহ্নিত করার জন্য সিলিন্ডারের উপরিভাগে তারিখ ও চিহ্ন দিতে হবে;

১০) ভরাট কাজ শেষ হলে ছাঁচটির উপরিভাগ পানি চুয়ায়ে পড়ে না এমন কাপড় বা চট দিয়ে ঢেকে দিতে হবে;

১১) এবার পানিরোধী পলিথিন দিয়ে ছাঁচটির উপরিভাগ ঢেকে দিতে হবে;

১২) ছাঁচটি কমপক্ষে ১৮ ঘন্টা ঐ অবস্থানে নিরূপদ্রবভাবে রাখতে হবে;

১৩) ৭২ ঘন্টার মধ্যেই সিলিন্ডারটি ছাঁচ মুক্ত করতে হবে;

১৪) ছাঁচ মুক্ত করার সময় খেয়াল রাখতে হবে যেন সিলিন্ডারটি আঘাতপ্রাপ্ত না হয়;

১৫) ছাঁচ মুক্ত করার পর সিলিন্ডারটি পানিতে ডুবিয়ে কিউরিং করতে হবে।

(ক) প্রথম স্তর কনক্রিট ভরাট করা হচ্ছে

(খ) সিলিন্ডারের কনক্রিট মিশ্রণ দৃঢ় করা হচ্ছে

(গ) ফাঁকামুক্ত করা হচ্ছে

(ঘ) সিলিন্ডার ফিনিশিং দেয়া হচ্ছে।

চিত্র ৭- ১৩ঃ কংক্রিট সিলিন্ডার নির্মাণের বিভিন্ন ধাপ

৭.৮.১০ কংক্রিটের কার্যপোযোগীতা পরীক্ষা

কংক্রিট মিশ্রণ তৈরীর পরপরই নীচের চিত্র অনুযায়ী স্ল্যাম্প টেষ্ট এর মাধ্যমে কংক্রিট মিশ্রণের কার্যপোযোগীতা পরীক্ষা করা একান্ত প্রয়োজন। যে যন্ত্রের দ্বারা স্ল্যাম্প টেষ্ট করা হয় তাকে স্ল্যাম্প কোন (Slump cone) বলা হয়। কংক্রিট উৎপাদনের সকল উপকরণ ঠিক থাকলেও শুধুমাত্র পানি/সিমেন্টের অনুপাত কম বা বেশি হওয়ার কারণে কংক্রিটের গুণাগুণ উল্লেখযোগ্য হারে পরিবর্তন হয়ে থাকে। পানি/সিমেন্টের অনুপাত কিছু পরিবর্তনে স্ল্যাম্পের মানেরও পরিবর্তন হয় । স্ল্যাম্পের মান দ্বারা কংক্রিটের ধরন বুঝা যায়।

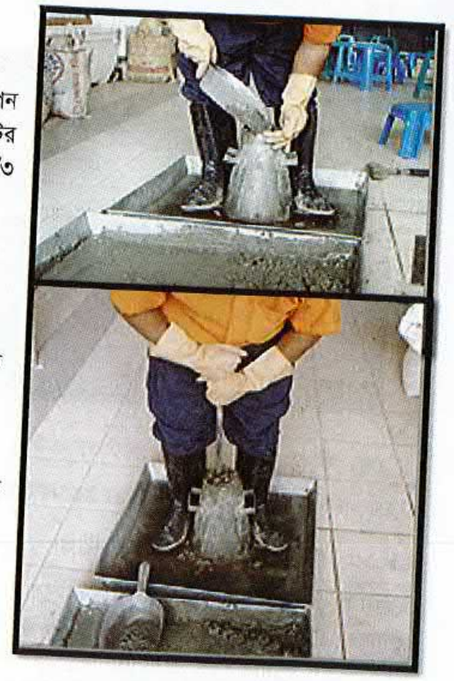
একই ধরনের মালামালে স্ল্যাম্পের মান বেশি হওয়া মানে পানি/সিমেন্টের অনুপাত বেশি । স্ল্যাম্পের মান দ্বারা কংক্রিটের কি পরিবর্তন হয়েছে তা বুঝা যায় এবং প্রয়োজনীয় মানের কংক্রিট উৎপাদনের জন্য পদক্ষেপ নেয়া যায়। ঘন রড বিশিষ্ট কংক্রিটের ক্ষেত্রে বাধ্য হয়ে বেশি মানের স্ল্যাম্প বিশিষ্ট কংক্রিট ব্যবহার করা হয় । স্ল্যাম্পের মান বেশি না হলে ঘন রডের ভিতরে কংক্রিট ঢোকানো সম্ভব হয় না।

স্ল্যাম্প টেষ্ট কারার যন্ত্রপাতি :

স্ল্যাম্প কোনের পরিমাপ :

চিত্র ৭- ১৪ঃ স্ল্যাম্প টেষ্ট যন্ত্রপাতি

স্ল্যাম্প টেষ্ট পদ্ধতি ঃ



ক) শক্ত ও সমতল স্থানে প্লেন শীটের উপর স্ল্যাম্প কোণ ছাঁচটি স্থাপন করতে হবে। ছাঁচটি মোট তিনটি স্তরে ভরাট করতে হবে। ছাঁচটির নিচের দু'পাশ পা দিয়ে ধরে স্কুপের সাহায্যে মোট আয়তনের ১/৩ অংশ কংক্রিট মিশ্রণ দিয়ে প্রথম স্তর পূরণ করতে হবে।

খ) পূরণকৃত মিক্সার ৬০০মিমি লম্বা ও ১৬ মিমি ব্যাসের রড দিয়ে ২৫ বার খোঁচা দিয়ে কম্প্যাকশন করতে হবে। সমগ্র কংক্রিট মিক্সার এমনভাবে খোঁচা দিয়ে কম্প্যাকশ্ন করতে হবে যেন রড পূর্ণমাত্রায় কংক্রিটের গভীরে ঢুকে পরে। এভাবে প্রথম স্তরের কাজ শেষ করতে হবে।

গ) দ্বিতীয় ও তৃতীয় স্তরে প্রথম স্তরের মত ছাঁচটি পূর্ণমাত্রায় ভরাট করতে হবে। দ্বিতীয় ও তৃতীয় স্তর খোঁচানোর সময় খেয়াল করতে হবে যেন তা পূর্ববর্তী স্তরকে ক্ষতিগ্রস্ত না করে।

ঙ) ভরাট শেষে কুন্নি দিয়ে উপরিতল সমান করে ছাঁচের গা ও বেস প্লেট মুছে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

চ) উপরের দু'পাশ ধরে সতর্কতার সাথে ছাঁচটি সোজা উপরের দিকে একবারে তুলে ফেলতে হবে। তোলার সময় কোনরূপ থামা বা ছাঁচটি নাড়াচাড়া করা যাবে না।

ছ) ছাঁচমুক্ত করে কংক্রিট মিশ্রণ সম্পূর্ণভাবে বসে যাওয়া পর্যন্ত অপেক্ষা করতে হবে। ছাঁচটি উল্টিয়ে বেস প্লেটের উপর বসে যাওয়া কনক্রিটের পাশে ধরতে হবে।

জ) ছাঁচটির উপর আনুভূমিকভাবে স্কেল বা দন্ড রেখে দেখতে হবে যে কতটুকু কনক্রিট মিশ্রণ বসে গেছে। যে পরিমাণ কনক্রিট বসে যাবে তাই স্ল্যাম্প।

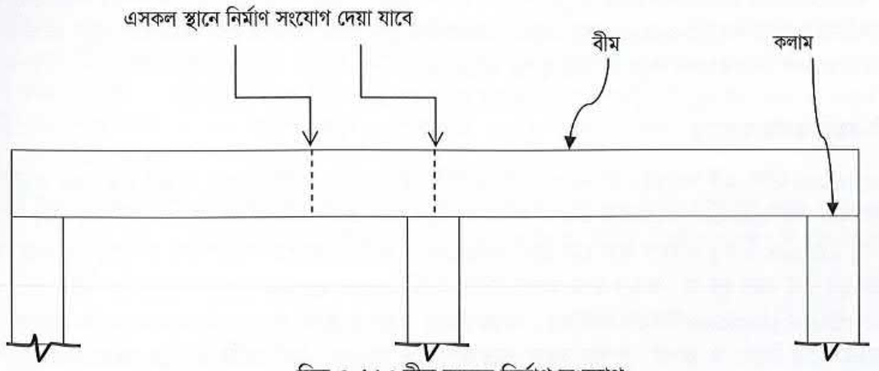
ঝ) উপরোক্ত কাজটি ২.৫ মিনিটের মধ্যে সম্পন্ন করতে হবে।

চিত্র ৭- ১৫ঃ স্ল্যাম্প টেষ্ট

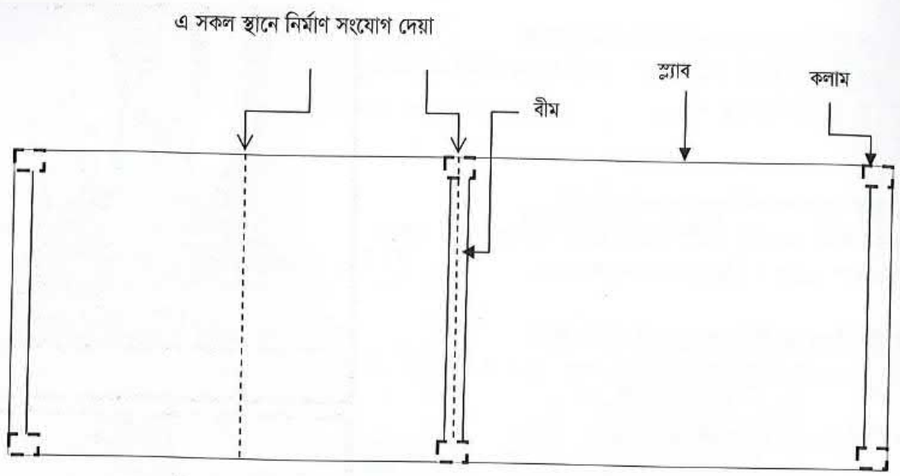
৭.৯ কংক্রিটের নির্মাণ সংযোগ

যতদূর সম্ভব কংক্রিট নির্মাণ কাজে কোন সংযোগ না দেয়াই ভাল। অনিবার্য কারণে, যেমন দিনের কাজ শেষে যদি একই ফর্মওয়ার্ক এর কংক্রিট ঢালাই অসম্পূর্ণ থেকে যায় অথবা একই ফর্মওয়ার্ক এর কোন কংক্রিট ঢালাই একসাথে সম্পন্ন করা কারিগরি দিক থেকে যুক্তিযুক্ত না হয় তখন বিকল্প ব্যবস্থা হিসেবে নির্মাণ সংযোগ দিতে বাধ্য হতে হয়। সংযোগ স্থলে কাঠামোর শক্তি যেন কোনক্রমেই কম না হয় সে দিকে লক্ষ্য রেখে পূর্ব-পরিকল্পিত সিদ্ধান্ত অনুযায়ী যথাস্থানে নির্মাণ সংযোগ দেয়ার ব্যবস্থা নিতে হবে। কাঠামোর যে কোন স্থানে নির্মাণ সংযোগ দেয়া যাবে না। নির্মাণ সংযোগের স্থান নির্ধারণ করার সময় নিম্ন লিখিত বিষয়সমূহ লক্ষ্য রাখতে হবেঃ

বীম ও স্ল্যাবের ক্ষেত্রে ঃ স্ল্যাবের স্প্যান এর মধ্যবর্তী স্থানে অথবা বীমের কেন্দ্র লাইনে নির্মাণ সংযোগের স্থান নির্ধারণ করতে হবে (চিত্র)।



চিত্র ৭-১৬ঃ বীম ক্ষেত্রে নির্মাণ সংযোগ



চিত্র ৭- ১৭ঃ স্লাবের ক্ষেত্রে নির্মাণ সংযোগ

খাড়া দেয়ালের ক্ষেত্রে ঃ খাড়া দেয়াল অথবা কলাম এক সঙ্গে ১.২ মিটারের বেশি নির্মাণ কাজ না করাই শ্রেয়। তাই খাড়া দেয়াল অথবা কলামের জন্য সর্বাধিক ১.২ মিটার অন্তর উচ্চতায় নির্মাণ সংযোগের স্থান নির্ধারণ করতে হবে।

নির্মাণ সংযোগ স্থানে নতুন কংক্রিট স্থাপনঃ

নির্মাণ সংযোগ স্থলে নতুন কংক্রিট স্থাপন করার সময় পুরাতন কংক্রিটের সাথে নতুন কংক্রিটের সংযোগ দৃঢ় করার লক্ষ্যে নিম্ন লিখিত বিষয়সমূহ লক্ষ্য রাখতে হবে ঃ

- যদি ২৪ ঘন্টার মধ্যে নতুন কংক্রিট স্থাপন করার সিদ্ধান্ত নিতে হয় তাহলে নির্মাণ সংযোগের প্রান্তে পুরাতন কংক্রিটকে ষ্টিল ব্রাশ দিয়ে পরিষ্কার করে নিয়ে উত্তমরূপে পানি দিয়ে ভিজিয়ে সিমেন্ট মর্টার প্রয়োগ করে তারপর নতুন কংক্রিট স্থাপন করতে হবে। সিমেন্ট মর্টার প্রয়োগের পর পরই কংক্রিট স্থাপন করতে হবে। সিমেন্ট মর্টারের অনুপাত হবে ১ঃ১। খেয়াল রাখতে হবে যেন সিমেন্ট মর্টার শুকিয়ে না যায়।

- যদি ২৪ ঘন্টা পর এবং ৪৮ ঘন্টার মধ্যে নতুন কংক্রিট স্থাপন করার সিদ্ধান্ত নেয়া হয় তাহলে নির্মাণ সংযোগের প্রান্তে পুরাতন কংক্রিটকে চিজেলিং (chiselling) করে খড়খড়ে করে ষ্টিল ব্রাশ দিয়ে পরিষ্কার করে উত্তমরূপে পানি দিয়ে ভিজিয়ে সিমেন্ট মর্টার প্রয়োগ করে তারপর নতুন কংক্রিট স্থাপন করতে হবে।

৭.১০ কংক্রিটে এডমিক্সচার ব্যবহার

এডমিক্সচার (Admixture) হলো এক ধরণের কেমিক্যাল পদার্থ যা পাউডার বা তরল পদার্থ হিসেবে পাওয়া যায়। এই এডমিক্সচার ফ্রেশ কংক্রিটে ব্যবহার করা হলে ফ্রেশ কংক্রিটের গুণাগুণ পরিবর্তন হয়ে যায় এবং কাংক্ষিত গুণাগুণ পাওয়া সম্ভব হয়। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় যে, w/c ratio ০.৪৫ ব্যবহার করা হলে ফ্রেশ কংক্রিটের যে কার্যপোযোগিতা পাওয়া যায় তা দিয়ে ঘন লোহা বিশিষ্ট কংক্রিট কাজে ব্যবহার করা সম্ভব হয় না। আবার উচ্চ ক্ষমতা সম্পন্ন কংক্রিট পেতে হলে w/c ratio কমানোর প্রয়োজন পড়ে, এরূপ ক্ষেত্রে Plasticizer/Super plasticizer ব্যবহার করা হয়। অনুরূপভাবে মিশ্রণ ও স্থাপন করতে যদি অনেক সময়ের প্রয়োজন পড়ে বা খুব কম সময়ের মধ্যে মিশ্রণ ও স্থাপন সম্পন্ন করার প্রয়োজন পড়ে তা হলে এডমিক্সচার ব্যবহার করার প্রয়োজন পড়ে। এডমিক্সচারকে (Admixture) তার ক্রিয়াকলাপের উপর ভিত্তি করে বিভিন্নভাবে শ্রেণীবিন্যাস করা যায়। যথাক্রমেঃ Water Reducing, Retarding Admixture, Accelerating Admixture, Plasticizer Admixture, Air-entrained Admixture.

Water Reducing Admixture ব্যবহার করা হলে ৫ - ১০% Water content কমানো সম্ভব হয়। সিমেন্টের পরিমাণ একই রেখে কাংক্ষিত Slump বৃদ্ধি করা সম্ভব হয় বা w/c Ratio কম হওয়ার কারণে High Strength কংক্রিট পাওয়া যায়।

রিটার্ডিং এডমিক্সচার (Retarding Admixture) ব্যবহার করা হলে কংক্রিট খুব ধীরে ধীরে শক্ত হয়। গরম আবহাওয়ায় তড়িৎ গতিতে কংক্রিট জমাট বাঁধা হতে বিরত করতে এই ধরণের Admixture ব্যবহার করা হয়। এই Admixture ব্যবহার করলে cement/concrete এর setting বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ initial setting time বাড়ানো হয়। ফলে কাজ করার সময় বৃদ্ধি পায় ।

একসিলিরেটিং এডমিক্সচার (Accelerating Admixture) ব্যবহার করা হলে ফ্রেশ কংক্রিট দ্রুতগতিতে শক্তি অর্জন করে। এ কারণে দ্রুতগতিতে ফিনিশিং কাজ শেষ করতে হয়। এ ধরণের এডমিক্সচার ব্যবহার করা হলে খুব তাড়াতাড়ি কংক্রিট শক্ত হয়ে যায়। এক্ষেত্রে initial setting time পরিবর্তন করা সম্ভব হয় অর্থাৎ initial setting time কমানো হয় । ঠান্ডা আবহাওয়াজনিত এলাকায় এধরণের Admixture বেশি ব্যবহার করা হয়।

প্লাসটিসাইজার এডমিক্সচার (Plasticizer Admixture/Super plasticizer) ব্যবহার করা হলে পানির পরিমাণ ১২-৩০% পর্যন্ত কমানো সম্ভব হয়। Super plasticizer মিশ্রিত কংক্রিটের Slump এর পরিমাণ অনেক বেশি হয় অর্থাৎ কংক্রিটের কার্যপোযোগিতা অনেক বেশি। এ ধরনের কংক্রিট flowing concrete আকারে পাওয়া যায় বিধায় কংক্রিট স্থাপন করতে খুবই সুবিধাজনক হয়। এই ধরণের ফ্রেশ কংক্রিটে খুব কম vibrate করা লাগে, অনেক সময় vibrate করা প্রয়োজন পড়ে না। Flowing concrete এর অবস্থা বেশিক্ষণ থাকে না তাই খুব তাড়াতাড়ি ঢালাই কাজ সম্পন্ন করতে হয়।

Air-entrained Admixture ব্যবহার করা হলে কংক্রিটের ভিতর যে রড থাকে তার ক্ষয়সাধনের গতি কমে যায়। corrosion resistant হিসেবে এই এডমিক্সচার ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এডমিক্সচার (Admixture) ব্যবহার -

- Hardened কংক্রিটের বৈশিষ্ট্য পরিবর্তন করতে
- ফ্রেশ কংক্রিটের গুনাগুণ কাংখিত কাজে উপযোগী করতে
- setting সময় কম বা বেশি করা, কংক্রিট তাড়াতাড়ি শক্ত করা এবং কার্য উপযোগিতা বৃদ্ধি করা ইত্যাদি।
- কংক্রিট কন্সট্রাকশনের খরচ কমাতে

বাজারে কয়েক ধরণের এডমিক্সচার পাওয়া যায়। কয়েকটি এডমিক্সচার এর নাম হলো - সিকা (SICA), হাইড্রোপ্লাষ্ট (Hydroplast), BASF বা Daracem. সাধারণতঃ এসব এডমিক্সচার Batching Plant বা কাজের সাইটে ফ্রেশ কংক্রিটের সাথে মিশ্রণ করা হয়।

৭.১১ ইটের গাঁথুনি

সিমেন্ট, বালি ও পানি মিশ্রণে মর্টার প্রস্তুত করা হয়। ইটের গাঁথুনি ও প্লাস্টার নির্মাণ কাজে এই মর্টার ব্যবহার করা হয় । ইটের গাঁথুনির মর্টার প্রস্তুতে সিমেন্ট ও বালির অনুপাত সাধারণত ১:৪ বা ১ঃ৬ হয়ে থাকে। সিমেন্ট ও বালির অনুপাত ১ঃ৬ বলতে বুঝায় ১ ভাগ সিমেন্টের সাথে ৬ ভাগ বালির মিশ্রণ (আয়তনে)। মিশ্রণের ভাগ মাপার জন্য স্টীলের পাত্র, কড়াই বা ফ্যারা ব্যবহার করা হয়ে থাকে। তাই সিমেন্ট ও বালির অনুপাত ১ঃ৬ বলতে বুঝায় ১ কড়াই সিমেন্টের সাথে ৬ কড়াই বালির মিশ্রণ বা ১ ফ্যারা সিমেন্টের সাথে ৬ ফ্যারা বালির মিশ্রণ। একই পাত্র, কড়াই বা ফ্যারা দিয়ে এবং একইভাবে ভরাট করে সিমেন্ট ও বালির অনুপাত মাপতে হবে।

সাধারণত অবকাঠামো নির্মাণ ও মেরামতের কাজে ইটের গাঁথুনী করা হয়ে থাকে। ইটের গাঁথুনীর কাজ করার সময়ে তদারকিতে নিয়োজিত ব্যক্তিবর্গকে ইটের মাপ ও মানের দিকে বিশেষ লক্ষ্য রাখতে হবে। ইটের গাঁথুনীর কাজের নির্মাণ সামগ্রী ঃ

- ❖ প্রথম শ্রেণীর ইট;
- ❖ বালি (স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী);
- ❖ উত্তম মানের সিমেন্ট;
- ❖ পরিষ্কার পানি (পান করার জন্য উপযুক্ত এমন পানি ব্যবহার করা উত্তম। অর্থাৎ পরিষ্কার পানি যা তেল, ক্ষার, লবণ, ময়লা ও এসিড মুক্ত হতে হবে।

ইটের গাঁথুনীর জন্য মর্টার প্রস্তুত ঃ

১) নির্ধারিত অনুপাতে বালি ও সিমেন্ট নিতে হবে;

২) বালি ধুয়ে নিতে হবে;

৩) বালি ও সিমেন্ট এমনভাবে মেশাতে হবে যেন মিশ্রণের সকল অংশ একই রং ধারন করে;

৪) মিশ্রণকে একটা সমসত্ব মিশ্রণে রূপ দিতে হবে যা মর্টার হিসেবে ব্যবহার করা যাবে।

ভাল মানের ইটের গাঁথুনীর কাজের জন্য নিম্নবর্ণিত বিয়য়গুলো বিশেষভাবে খেয়াল করতে হবে ঃ

১) প্রথম শ্রেণীর ইট ব্যবহার করতে হবে;

২) ইটের আকার ও আকৃতি যথাযথ হতে হবে;

৩) ব্যবহারের আগে ইট অবশ্যই মাঠ পরীক্ষা করে নিতে হবে;

৪) ইট ব্যবহার করার পূর্বে ভালভাবে ভিজিয়ে নিতে হবে (চৌবাচ্চায় কমপক্ষে ২৪ ঘন্টা ভিজিয়ে রাখতে হবে);

৫) সিমেন্টের প্রাথমিক জমাট বাধার সময়কালের মধ্যে সম্পূর্ণ মর্টার ব্যবহার শেষ করতে হবে।

৬) সিমেন্টের প্রাথামিক জমাট বাধার সময়কালের মধ্যে শেষ করা যায় সেভাবে মর্টার প্রস্তুত করতে হবে।

৭) একসাথে অনেক মর্টার প্রস্তুত করা হতে বিরত থাকতে হবে, মিশ্রিত মসলা অনেক সময় পর ব্যবহার করা হলে মর্টারের শক্তি ও স্থায়ীত্ব নষ্ট হয়ে যায়। মর্টার ততটুকু পরিমাণে তৈরী করতে হবে যা সিমেন্টের প্রাথমিক জমাট বাঁধার সময়ের মধ্যে কাজে লাগানো যায়;

৮) গাঁথুনীকৃত ইটের কাজ যথাযথভাবে খাড়া রাখতে হবে;

৯) একেবারে এক মিটারের বেশি উচ্চতায় কাজ না করাই শ্রেয়;

১০) গাঁথুনীকৃত ইটের কাজ (ব্রিকওর্য়াক) অবশ্যই মর্টার বরাবর রেকিং আউট (দাগ কাটা) করতে হবে;

১১) ইটের কাজ ওলন (Plumb) পরীক্ষা করে দেখে নিতে হবে;

১২) সমতল ও খাড়া জয়েন্ট যথাযথভাবে হতে হবে;

১৩) ইটের কাজের জয়েন্ট সাধারণম ৬ মিমি/১২মিমি পুরু হতে হবে;

১৪) গাঁথুনীকৃত ইটের কাজ কমপক্ষে ১৪ দিন বা স্পেসিফিকেশনে উল্লেখিত সময় পর্যন্ত কিউরিং করতে হবে। তবে ২৮ দিন কিউরিং করা উত্তম।

৭.১২ প্লাস্টারের কাজ

১) ইট বা কংক্রিটের কাজের উপর প্লাষ্টার কাজে সিমেন্ট ও বালির অনুপাত স্পেসিফিকেশন মোতাবেক হতে হবে, যথা ১ঃ৪, ১ঃ৬, ইত্যাদি;

২) প্লাষ্টার করার জায়গা ধুলাবালি, শেওলা, ময়লা ও আবর্জনা মুক্ত হতে হবে;

৩) প্লাষ্টার করার আগে প্লাষ্টার করার স্থান পানি দিয়ে ভেজাতে হবে ও সারফেস ড্রাই করা;;

৪) বালির এফ.এম স্পেসিফিকেশন মোতাবেক নিশ্চিত করা;

৫) বালি ও সিমেন্ট সঠিকভাবে মেশানো নিশ্চিত করা;

৬) সঠিক পুরুত্বে পদ্ধতিগতভাবে প্লাষ্টার প্রয়োগ নিশ্চিত করা; এবং

৭) সিমেন্ট ও বালি উপরে উল্লেখিত অনুপাত অনুযায়ী পরিষ্কার পানির সাথে মিশ্রিত করতে হবে এবং দেয়ালে ও সিলিং এ যথাক্রমে ১/২ ইঞ্চি (১২মিমি) ও ১/৪ ইঞ্চি (৬ মিমি) পুরুত্বে লাগাতে হবে;

৮) দেয়ালের জন্য সাধারণত মিশ্রণের অনুপাত : ১ঃ৬ অর্থাৎ ১ ভাগ সিমেন্ট, ৬ ভাগ বালি; এবং সিলিং এর জন্য মিশ্রণের অনুপাত: ১ঃ৪ অর্থাৎ ১ ভাগ সিমেন্ট, ৪ ভাগ বালি হয়ে থাকে;

৯) লাগানো প্লাষ্টারকাঠ খন্ড এবং কুন্নি দিয়ে মসৃণ করতে হবে;

১০) ইটের জয়েন্ট (joint) র‍্যাকিং আউট করা না থাকলে করে নেয়া। ইটের কাজ করার সময়ই ইটের জয়েন্ট র‍্যাকিং আউট করে রাখা শ্রেয়।

১১) চৌদ্দ দিন ধরে সকাল বিকাল পানি দিয়ে ভেজাতে হবে (কিউরিং নিশ্চিত করা)।

৭.১৩ কাঠ ও কাঠের কাজ

কাঠের কাজে লক্ষ্যণীয় বিষয়গুলো হলোঃ

১) কাঠ প্রয়োজনীয় সারি matured ও লম্বা হতে হবে;

২) কাঠ ত্রুটিমুক্ত হতে হবে;

৩) ড্রইং ও স্পেসিফিকশনে উল্লেখিত বা বাস্তবায়নকারী সংস্থা ও প্রকৌশলীর নির্দেশিত বৃক্ষের কাঠ ব্যবহার করতে হবে।

৪) কাঠের জয়েন্ট সঠিকভাবে দেয়া হয়েছে কিনা তা নিশ্চিত করা;

৫) সঠিকভাবে কব্জা, হুক, তালা ইত্যাদি লাগানো নিশ্চিত করা;

৬) কাঠের পুরুত্ব সঠিক কিনা, ফিনিসিং মসৃণ ও দেখতে সুন্দর কিনা তা নিশ্চিত করা।

৭.১৪ ষ্টিলের জানালা ও গ্রীলের কাজ

ষ্টিলের জানালা ও গ্রীলের কাজেলক্ষ্যণীয় বিষয়গুলোঃ

১) গ্রীল ও সাটারের Z-বার, অ্যাঙ্গেল ও ফ্ল্যাটবার স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী হতে হবে;

২) সাটারের ষ্টিল সীটের পুরুত্ব সঠিক মাপ অনুযায়ী হতে হবে;

৩) ষ্টিলের যে কোন ফিনিশ্ড আইটেম সাইটে পরিবহনের পূর্বে এন্টি করোসিভ পেইন্টের কাজ সমাধা করে নিতে হবে;

৪) সমুদয় আইটেম যথাস্থানে স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী ফিটিং ও ফিক্সিং করতে হবে।

৭.১৫ রং বা পলিশ এর কাজ

কাঠামো রং বা পলিশ করার উদ্দেশ্য ঃ

১) আবহাওয়াজনিত ক্ষয়ক্ষতি থেকে কাঠামোকে রক্ষা করা ;

২) কাঠামোর পৃষ্ঠতল সুন্দর ও মনোরম করা ;

৩) কাঠের আসবাবপত্র ইত্যাদিকে পোকার আক্রমণ থেকে রক্ষা করে।

রং বা পলিশ করার প্রস্তুতি ঃ

১) রং বা পলিশ এর কাজ শুরু করার পূর্বেই কাজের স্থান ভালভাবে সার্ভে করে এবং নিশ্চিত হতে হবে যে কি পরিমাণ এবং কি ধরনের রং বা পলিশ সংগ্রহ করতে হবে। একই সাথে রং বা পলিশ করার জন্যে ব্রাশ বা রোলার এবং রং বা পলিশ করার স্থান পরিষ্কার করার জন্যে স্ক্র্যাপিং, ব্রাশ, শিরিষ কাগজ ইত্যাদি কোনটি কি পরিমাণে প্রয়োজন হবে তা ঠিক করে নিতে হবে।

২) প্রয়োজনীয় মালামাল সংগ্রহ করে কাজের ধরণ মোতাবেক প্রয়োজনীয় সংখ্যক দক্ষ পেইন্টার এবং তার হেল্পার সংগ্রহ করতে হবে।

৩) রং বা পলিশ শুরু করার পূর্বে জেনে নিতে হবে কিভাবে কাজটি করতে হবে। মিস্ত্রি কাজ করার পদ্ধতি ধারাবাহিকভাবে জানে কিনা তা খেয়াল করতে হবে।

৪) স্পেসিফিকেশন মোতাবেক সংগৃহীত রং বা পলিশ এর ব্যবহার বিধি জেনে নিতে হবে ।

৫) রং পাতলা করার প্রয়োজন হলে সংগৃহীত রং এর নির্দেশনা অনুযায়ী পরিমাণ মত যথাযথ থিনার বা তারপিন বা পরিষ্কার পানি ব্যবহার করতে হবে। ইমালশন পেইন্ট হলে পরিষ্কার পানি এবং এনামেল পেইন্ট হলে টি-৬ থিনার বা তারপিন নির্দেশনা অনুযায়ী রং এর সাথে মিশিয়ে পাতলা করে নিতে হবে।

৬) ভবনের বাইরের দেয়ালে জন্যে ওয়েদার কোট, সিমেন্ট পেইন্ট (স্নোসেম) নির্বাচন করাই উত্তম হবে।

৭) দেয়াল বা ছাদে রং করার জন্যে ৪" বা ৫" ভাল রং ব্রাশ বা ৮" থেকে ১০" উন্নতমানের রোলার ব্যবহার করতে হবে।

ভবনের ভিতরের দেয়ালে রং করার ক্ষেত্রে করণীয় ঃ

নতুন সারফেস ঃ রং ব্যবহারের পূর্বে সমস্ত ম্যাসনারী সারফেস অবশ্যই কিউরিং করার পর শুকিয়ে নিতে হবে। ফ্যাঙ্গাস, ময়লা, প্লাস্টারের বাড়তি অংশ ইত্যাদি তারের ব্রাশ বা উন্নতমানের স্যাণ্ড পেপার দিয়ে আঁচড়িয়ে অপসারণ করে নিতে হবে। কোন ধরনের ফ্যাঙ্গাস হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিলে এক কোট Anti fungus solution প্রয়োগ করে নিতে হবে। দেয়ালে আর্দ্রতা দেখা দিলে ৫-১০% Muriatic Acid এর solution দিয়ে ধৌত করার পর পানের উপযুক্ত পানি দিয়ে ধুয়ে পরিষ্কার করে শুকিয়ে নিতে হবে।

পুরাতন সারফেস ঃ পুরাতন সারফেসের নরম, আলগা, উঠে যাওয়া অংশ ইত্যাদি অপসারণ করে নিতে হবে। রং ব্যবহারের পূর্বে সারফেস স্ক্র্যাপিং করে, তার বা তাল ব্রাশ, শিরিষ কাগজ ইত্যাদি দিয়ে ভালভাবে ঘষে আলগা ময়লা বা অন্য কোন উপাদান বা দাগ তুলে পানি দিয়ে ধুয়ে পরিষ্কার ও ময়লামুক্ত করে শুকিয়ে নিতে হবে। সারফেসে কোন গর্ত থাকলে তা পুটি (putty) দিয়ে ভরাট করে সমতল করে নিতে হবে। পুটি শুকিয়ে গেলে শিরিষ কাগজ দিয়ে ঘষে মসৃণ করে নিতে হবে। বেশী গর্ত সৃষ্টি হলে বা প্লাস্টার খসে পড়লে পুনঃ প্লাষ্টার করে নিতে হবে। যথাযথ কিউরিং শেষ করে সারফেস শুকিয়ে গেলে প্লাস্টার করা সারফেস পুটি দিয়ে নিতে হবে এবং পুটি শুকিয়ে গেলে শিরিষ কাগজ দিয়ে ঘষে মসৃণ করে নিতে হবে। আলগা ময়লা বা ধুলো-বালি ঝেড়ে ভালভাবে পরিষ্কার পানি দিয়ে ধুয়ে নিতে হবে এবং ভেজা সারফেস ভালভাবে শুকিয়ে নিতে হবে।

৭.১৫.১ ভিতরের দেয়ালে রং

সাধারণত ভবনের ভিতর দেয়াল বা ছাদে প্লাষ্টিক ইমালশান পেইন্ট, ইজি ক্লীন কালার, লাক্সারী সিল্ক ইমালশান, এক্রিলিক প্লাষ্টিক ইমালশান, এক্রিলিক ডিসটেম্পার ইত্যাদি রং ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

রং এর পরিমাণ ঃ

নতুন সার্ফেস ঃ প্রাইমার হিসেবে 'পাটন সিলার' বা 'ওয়াটার সিলার' পরিষ্কার পানি দিয়ে ৪০% থেকে ৫০% পাতলা করে এক কোট ব্যবহার করতে হবে। প্রতি লিটারে ১০৫ বর্গফুট থেকে ১২০ বর্গফুট এরিয়ায় প্রয়োগ করতে হবে। এক্রিলিক প্লাষ্টিক ইমালশান বা প্লাষ্টিক ইমালশন পেইন্ট নতুন সারফেস প্রতি লিটারে ১৪০ বর্গফুট থেকে ১৬০ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

পুরাতন সার্ফেস ঃ এক্রিলিক প্লাষ্টিক ইমালশান বা প্লাষ্টিক ইমালশন পেইন্ট পুরাতন সারফেসে প্রতি লিটারে ১৪০ বর্গফুট থেকে ১৫০ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে ।

প্রয়োগ পদ্ধতি (নতুন সারফেস)ঃ

১) প্লাস্টার ভালভাবে শুকিয়ে নিতে হবে। আর্দ্রতা পরিমাপক যন্ত্র (moisture meter) দিয়ে আর্দ্রতা পরিমাপ করে নেয়া যেতে পারে। আর্দ্রতা পরিমাপক যন্ত্রের রিডিং ১৫ এর নীচে থাকলে প্লাস্টার শুকিয়ে গেছে বলে ধরে নিতে হবে এবং রং দেয়ার কাজ শুরু করতে হবে। রিডিং ১৫ এর বেশি থাকলে প্লাস্টার আরো শুকিয়ে নিতে হবে।

২) শুকিয়ে যাওয়া প্লাস্টার পাথর ও শিরিষ কাগজ দিয়ে ঘষে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

৩) রং ব্যবহারের পূর্বে সারফেস ভাল ফিনিশিং এর জন্যে প্রাইমার হিসেবে 'পাটন সিলার' বা 'ওয়াটার সিলার' পরিষ্কার পানি দিয়ে ৪০% থেকে ৫০% পাতলা করে এক কোট ব্যবহার করতে হবে। প্রতি লিটারে ১০৫ বর্গফুট থেকে ১২০ বর্গফুট এরিয়ায় প্রয়োগ করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

৪) উন্নত মানের ফিনিশিং সারফেস পাওয়ার জনে প্রাইমার শুকানোর পর ২ কোট থেকে ৩ কোট ওয়াটার বেইজড ওয়াল পুটি লাগাতে হবে।

৫) পুটি শুকিয়ে গেলে ২৪ ঘন্টা পরে তা শিরিষ কাগজ দিয়ে ভালভাবে ঘষে মশৃণ করে পরিষ্কার পানি মিশিয়ে ৩০% থেকে ৩৫% পাতলা করে এক্রিলিক প্লাষ্টিক ইমালশান বা প্লাষ্টিক ইমালশন পেইন্ট ব্যবহার করতে হবে।

৬) এক্রিলিক প্লাষ্টিক ইমালশান বা প্লাষ্টিক ইমালশান পেইন্ট ২ কোট থেকে ৩ কোট ব্যবহার করতে হবে। প্রতি কোট ব্যবহারের মাঝে কমপক্ষে ৬ ঘন্টা বিরতি দিতে হবে ।

প্রয়োগ পদ্ধতি (পুরাতন সারফেস) ঃ

এক্রিলিক প্লাষ্টিক ইমালশান বা প্লাষ্টিক ইমালশান পেইন্ট ২ কোট ব্যবহার করা ভাল। তবে এক কোটও ব্যবহার করা যেতে পারে। প্রতি কোট ব্যবহারের মাঝে কমপক্ষে ৬ ঘন্টা বিরতী দিতে হবে।

ভবনের বাইরের দেয়াল ওয়েদার কোট, সিমেন্ট পেইন্ট ব্যবহার ও করণীয় ঃ

ওয়েদার কোট, সিমেন্ট পেইন্ট ব্যবহার করার পূর্বে ভবনের বাইরের দেয়ালও ভিতরের দেয়ালের মত পরিষ্কার করে নিতে হবে। কাঠামোর বাইরের দেয়াল প্লাস্টার বা কংক্রিট সারফেস হলে রং করার জন্যে ওয়েদার কোট, সিমেন্ট পেইন্ট ইত্যাদি কোট ব্যবহার করা হয়ে থাকে। তবে সিমেন্ট পেইন্ট অপেক্ষা ওয়েদার কোট এর খরচ বেশী পড়ে। আর ফেয়ার ফেস কংক্রিট বা সিরামিক ব্রিক দেয়াল হলে সিলিকন ওয়াটার রিপিল্যান্ট পেইন্ট ব্যবহার করতে হবে।

৭.১৫.২ সিমেন্ট পেইন্ট ব্যবহার

রং এর পরিমাণ ঃ

নূতন সার্ফেস ঃ সিমেন্ট পেইন্ট প্রতি কেজিতে নতুন দেয়ালে ৭৫ বর্গফুট থেকে ৮৫ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

পুরাতন সার্ফেস ঃ সিমেন্ট পেইন্ট প্রতি কেজিতে পুরাতন দেয়ালে ৮০ বর্গফুট থেকে ৯০ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

সিমেন্ট পেইন্ট করণের জন্যে রং প্রস্তুতকরণ ঃ

সিমেন্ট পেইন্ট করার জন্যে প্রথমে দুইভাগ পাউডারের সাথে একভাগ পরিষ্কার পানি ভালভাবে মিশিয়ে পেস্ট তৈরী করতে হবে এবার আরও একভাগ পানি পেস্টের সাথে ভালভাবে মিশিয়ে ব্রাশ দিয়ে নির্ধারিত দেয়ালে লাগাতে হবে। অর্থাৎ সিমেন্ট পেইন্ট রং প্রস্তুতকরণের জন্য পাউডার ও পানির সর্বমোট অনুপাত হবে ১:১।

প্রয়োগ পদ্ধতি (নতুন সার্ফেস) ঃ

১) সিমেন্ট পেইন্ট ব্যবহারের পূর্বেই দেয়াল পানি দিয়ে ভিজিয়ে নিতে হবে এবং যখন দেয়াল শুকাতে শুরু করবে তখন সিমেন্ট পেইন্ট প্রয়োগ করতে হবে।

২) কোন প্রকার প্রাইমার বা সিলার বা পুটিং ব্যতিরেকে প্রস্তুতকৃত সার্ফেসে এক কোট সিমেন্ট পেইন্ট লাগাতে হবে।

৩) সিমেন্ট পেইন্ট প্রতি কোট ব্যবহারের এক ঘন্টা আগে দেয়াল ভেজাতে হবে। প্রথম কোট ব্যবহারের ১২ ঘন্টা পর দেয়াল আবার ভালভাবে ভেজাতে হবে। এর ১২ ঘন্টা পর দেয়াল আবারও ভালভাবে ভেজাতে হবে এবং দেয়াল শুকাতে শুরু করলেই দ্বিতীয় কোট প্রয়োগ করতে হবে। দ্বিতীয় কোট ব্যবহারের ১২ ঘন্টা পর রং ব্যবহারের স্থান/দেয়াল আবার পর পর দু' বার ভালভাবে পানি দিয়ে ভেজাতে হবে।

৪) নতুন সার্ফেসে সিমেন্ট পেইন্ট ভাল ফিনিশিং এর জন্যে ২ কোট থেকে ৩ কোট রং ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে তিন কোট ব্যবহারে ভাল ফিনিশিং পাওয়া যায়।

প্রয়োগ পদ্ধতি (পুরাতন সার্ফেস) ঃ

১) দেয়াল অবশ্যই পরিষ্কার করে সিমেন্ট পেইন্ট ব্যবহারের এক ঘন্টা আগে পানি দিয়ে ভিজিয়ে নিতে হবে।

২) যখন দেয়াল শুকনো হতে শুরু করবে তখন সিমেন্ট পেইন্ট প্রয়োগ করতে হবে।

৩) কোন প্রকার প্রাইমার বা সিলার বা পুটি ব্যতিরেকে প্রস্তুতকৃত সারফেসে এক কোট সিমেন্ট পেইন্ট লাগাতে হবে।

৪) প্রথম কোট ব্যবহারের ১২ ঘন্টা পর দেয়াল ভালভাবে ভেজাতে হবে। এর ১২ ঘন্টা পর দেয়াল আবার ভেজাতে হবে এবং দেয়াল শুকনো হতে শুরু করলেই দ্বিতীয় কোট ব্যবহার করতে হবে। একইভাবে ১২ ঘন্টা পর আবার রং ব্যবহারের স্থান/দেয়াল পর পর দু'বার ভালভাবে পানি দিয়ে ভেজাতে হবে। এভাবেই এক কোট বা দু'কোট সিমেন্ট পেইন্ট ব্যবহার করতে হবে।

৫) সিমেন্ট পেইন্ট পুরাতন সারফেসে ২ কোট ব্যবহার করতে হয়। তবে খরচ কমানোর প্রশ্নে বা পুরাতন সার্ফেস ভাল থাকলে এক কোটও ব্যবহার করা যেতে পারে।

৭.১৫.৩ ওয়েদার কোট

নতুন সার্ফেস ঃ

প্রতি লিটার ওয়েদার কোট রং এ নতুন দেয়ালে ১৬৫ বর্গফুট থেকে ১৭৫ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে। মশৃণ ফিনিশিং এর জন্যে 'পাটন সিলার' (প্রতি লিটারে ১০৫ বর্গফুট থেকে ১২০ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে) বা (Exterior wall putty প্রতি কেজিতে ২৫ বর্গফুট থেকে ৩০ বর্গফুট এরিয়ায় কাজ করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে) ব্যবহার করা যেতে পারে।

পুরাতন সারফেস ঃ

প্রতি লিটার ওয়েদার কোট রং দ্বারা পুরাতন দেয়ালে ১৮০ বর্গফুট থেকে ১৯০ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে ।

রং প্রস্তুত করণ ঃ

বাজারে প্রাপ্ত কোন প্রতিষ্ঠিত রং কোম্পানির 'ওয়েদার কোট' রং শুকনো দেয়ালের জন্যে প্রথমে ১০০ ভাগ পাতলা (এক ভাগ ওয়েদার কোট + এক ভাগ পানি) করে এক কোট ব্যবহার করতে হবে। দ্বিতীয় কোট করার সময় ব্রাস ব্যবহার করলে ২ ভাগ পেইন্ট এবং ১ ভাগ পানি এবং রোলার ব্যবহারের ক্ষেত্রে ৩ ভাগ পেইন্ট এবং ১ ভাগ পানি মেশায়ে রং করতে হবে।

প্রয়োগ পদ্ধতি (নতুন সারফেস) ঃ

১) প্রথমে ১০০ ভাগ পাতলা (এক ভাগ ওয়েদার কোট + এক ভাগ পানি) করে শুকনো দেয়ালে এক কোট 'ওয়েদার কোট' ব্রাশ বা রোলার ব্যবহার করে রং করতে হবে ।

২) মসৃণ ফিনিশিং এর জন্যে 'ওয়েদার কোট' ব্যবহারের পূর্বেই 'পাটন সিলার' (প্রতি লিটারে ১০৫ বর্গফুট থেকে ১২০ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে) বা Exterior wall putty (প্রতি কেজিতে ২৫ বর্গফুট থেকে ৩০ বর্গফুট এরিয়ায় কাজ করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে) প্রয়োগ করে নিতে হবে ।

৩) সারফেস ফিনিশিং অতি সুন্দর করতে হলে এক কোট 'পাটন সিলার' ব্যবহারের ২৪ ঘন্টা পরে Exterior wall putty এক কোট ব্যবহার করতে হবে।

৪) সাধারণতঃ 'ওয়েদার কোট' প্রয়োগের সময় সিলার বা পুটি ব্যবহার করা হয় না।

৫) সারফেস শুকিয়ে গেলে (কমপক্ষে ৬ ঘন্টা পরে) ব্রাশ ব্যবহারের ক্ষেত্রে ২ ভাগ পেইন্ট এবং ১ ভাগ পানি এবং রোলার ব্যবহারের ক্ষেত্রে ৩ ভাগ পেইন্ট এবং ১ ভাগ পানি মিশিয়ে রং করতে হবে।

৬) এভাবে ২ কোট বা ৩ কোট 'ওয়েদার কোট' নতুন সারফেসের ক্ষেত্রে ব্যবহার করতে হবে। প্রতি কোট ব্যবহারের কমপক্ষে ৬ ঘন্টা পরে পরবর্তী কোট প্রয়োগ করতে হবে।

প্রয়োগ পদ্ধতি (পুরাতন সারফেস) ঃ

১) ওয়েদার কোট ব্যবহারের পূর্বেই দেয়াল অবশ্যই পরিষ্কার করে নিতে হবে।

২) কোন প্রকার প্রাইমার বা সিলার বা পুটি ব্যতিরেকে প্রস্তুতকৃত শুকনো সার্ফেসে এক কোট ওয়েদার কোট লাগাতে হবে।

৩) ব্রাশ ব্যবহারের ক্ষেত্রে ২ ভাগ পেইন্ট ও ১ ভাগ পানি এবং রোলার ব্যবহারের ক্ষেত্রে ৩ ভাগ পেইন্ট এবং ১ ভাগ পানি মিশিয়ে রং করতে হবে।

৪) প্রথম কোট 'ওয়েদার কোট' ব্যবহারের কমপক্ষে ৬ ঘন্টা পরে দ্বিতীয় কোট ওয়েদার কোট প্রয়োগ করতে হবে।

৭) এভাবে ১ কোট বা ২ কোট ওয়েদার কোট পুরাতন সারফেসের ক্ষেত্রে ব্যবহার করতে হবে। প্রতি কোট ব্যবহারের কমপক্ষে ৬ ঘন্টা পরে পরবর্তী কোট প্রয়োগ করতে হবে।

৭.১৫.৪ লোহা জাতীয় সারফেসে পেইন্ট

সারফেস প্রস্তুতকরণঃ

নতুন সারফেস ঃ লোহা জাতীয় কাঠামোর সারফেসে পেইন্ট ব্যবহার করার পূর্বে তারের ব্রাস, স্ক্র্যাপিং, শিরিষ কাগজ ইত্যাদি দিয়ে ভালভাবে ঘষে আলগা ময়লা বা দাগ তুলে পরিষ্কার করে নিতে হবে ।

মরিচা থাকলে রাস্ট রিমুভার দিয়ে মরিচা দূর করে পানি দিয়ে সারফেস ভাল করে ধুয়ে শুকিয়ে নিতে হবে।

পুরাতন সারফেস ঃ রং ব্যবহারের পূর্বে পুরাতন সারফেসের রং অথবা অন্যান্য খারাপ পদার্থ মুক্ত করে প্রয়োজনে পানি দিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে সারফেস তৈরী করে নিতে হবে। পূর্বের রং তুলে ফেলতে তারের ব্রাস বা উন্নতমানের স্যাণ্ড পোপার ব্যবহার করতে হবে। প্রয়োজনে Paint remover ও যান্ত্রিক পদ্ধতি গ্রহণ করে সারফেস ঝকঝকে পরিষ্কার করে নিতে হবে। মরিচা তুলতে Rust remover, কেরোসিন বা জিপি থিনার ব্যবহার করা যেতে পারে। রং করার পূর্বে অবশ্যই সারফেস শুষ্ক ও ময়লামুক্ত নিশ্চিত করতে হবে।

পেইন্ট করার জন্য রং এর পরিমাণ

নতুন সারফেস ঃ মরিচা প্রতিরোধক 'প্রাইমার' বা 'রেড অক্সাইড প্রাইমার' তারপিন বা থিনার দিয়ে ১৫% থেকে ২০% পাতলা করে প্রয়োগ করতে হবে। প্রতি লিটারে ১৪০ বর্গফুট থেকে ১৬০ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট প্রতি লিটারে ১৫৫ বর্গফুট থেকে ১৬৫ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য করতে হবে।

পুরাতন সারফেস ঃ সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট প্রতি কোট প্রতি লিটারে ১৫৫ বর্গফুট থেকে ১৬৫ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে।

সারফেসে পেইন্ট প্রয়োগ পদ্ধতি (নতুন সারফেস) ঃ

১) সারফেস পরিষ্কার কাপড় দিয়ে মুছে নিয়ে মরিচা প্রতিরোধক 'প্রাইমার' বা 'রেড অক্সাইড প্রাইমার' তারপিন বা থিনার দিয়ে ১৫% থেকে ২০% পাতলা করে প্রয়োগ করতে হবে। প্রতি লিটারে ১৪০ বর্গফুট থেকে ১৬০ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

২) 'সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট' বা অন্য রং করার জন্যে প্রয়োজন মোতাবেক ২" থেকে ৪" ভাল রং ব্রাশ ব্যবহার করতে হবে।

৩) সংগৃহিত 'সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট' বা অন্য রং এর ব্যবহার বিধি জেনে নিতে হবে এবং ভালভাবে ব্রাশ ব্যবহার করতে রং পাতলা করার জন্যে ৫% থেকে ১০% থিনার টি-৬ এবং স্প্রে ব্যবহার করার জন্যে ২৫% থেকে ৩০% থিনার টি-৬ ব্যবহার করতে হবে।

৪) 'প্রাইমার' বা 'রেড অক্সাইড প্রাইমার' ব্যবহারের পর তা শুকিয়ে গেলে 'সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট' প্রতি লিটারে ১৫৫ বর্গফুট থেকে ১৬৫ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

৫) প্রথম কোট রং শুকিয়ে যাবার পর দ্বিতীয় কোট প্রয়োগ করতে হবে। রং শুকিয়ে যাবার সময়কাল আবহাওয়াভেদে ১৫ ঘন্টা থেকে ২৪ ঘন্টা প্রয়োজন হতে পারে।

সারফেসে পেইন্ট প্রয়োগ পদ্ধতি (পুরাতন সারফেস) ঃ

১) সারফেস বেশি পুরাতন না হলে এবং নতুন অবস্থায় ভালভাবে প্রাইমিং করা থাকলে পুরাতন সারফেসে কোন 'প্রাইমার' বা 'রেড অক্সাইড প্রাইমার' এর প্রয়োজন হয় না। যদি প্রয়োজন হয় তবে নতুন সারফেসের মতই 'প্রাইমার' বা 'রেড অক্সাইড প্রাইমার' প্রয়োগ করতে হবে এবং প্রাইমিং শেষে রং প্রয়োগ করতে হবে । অন্যথায় সরাসরি রং করতে হবে।

২) রং করার জন্যে প্রয়োজন মোতাবেক ২" থেকে ৪" ভাল রং ব্রাস ব্যবহার করতে হবে।

৩) সংগৃহিত রং এর ব্যবহার বিধি জেনে নিতে হবে এবং ভালভাবে ব্রাশ ব্যবহার করতে রং পাতলা করার জন্যে ৫% থেকে ১০% থিনার টি-৬ এবং স্প্রে করার জন্যে ২৫% থেকে ৩০% থিনার টি-৬ ব্যবহার করতে হবে।

৪) সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট প্রতি লিটারে ১৫৫ বর্গফুট থেকে ১৬৫ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে ।

৫) প্রথম কোট রং শুকিয়ে যাবার পর দ্বিতীয় কোট প্রয়োগ করতে হবে। রং শুকিয়ে যাবার সময়কাল আবহাওয়াভেদে ১৫ ঘন্টা থেকে ২৪ ঘন্টা প্রয়োজন হতে পারে।

৭.১৫.৫ কাঠের কাজে পেইন্ট ব্যবহার

সৌন্দর্য রক্ষা, উজ্জলতা বৃদ্ধি ও দীর্ঘস্থায়ী করার জন্যে কাঠের কাজে নির্দিষ্ট সময় অন্তর সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়।

রং প্রয়োগের জন্য কাঠের সারফেস প্রস্তুতকরণ ঃ

নতুন সারফেস ঃ কাঠের সারফেসে পিন, স্ক্রু, তারকাঁটা ইত্যাদির ছিদ্র বা কাঠের জয়েন্ট পুটি দিয়ে বন্ধ করে নিতে হবে। স্যাণ্ড পেপার দিয়ে সারফেস ঘষে পরিষ্কার কাপড় দিয়ে ভালভাবে মুছে নিতে হবে।

পুরাতন সারফেস ঃ কাঠের সারফেস রং করতে শুষ্ক ও আলগা রং বা পুরাতন পেইন্ট ফাইন গ্লাস পেপার এবং গোলাকার কাঁচের তীক্ষ্ম অংশ দিয়ে আঁচড়িয়ে তুলে ফেলে ফিনিশিং সারফেস তৈরী করে নিতে হবে। সারফেসে পিন, স্ক্রু, তারকাঁটা ইত্যাদির ছিদ্র বা কাঠের জয়েন্ট ফাঁকা হয়ে গেলে পুটিং দিয়ে বন্ধ করে নিতে হবে। স্যাণ্ড পেপার দিয়ে ঘষে সারফেস ফিনিশিং করে নিতে হবে। অতঃপর পরিষ্কার কাপড় দিয়ে সার্ফেস ভালভাবে মুছে নিতে হবে।

পেইন্ট প্রয়োগ পদ্ধতি ঃ

১) প্রথমে 'উড প্রাইমার' বা' সিনথেটিক আন্ডার কোট' প্রয়োগ করতে হবে। প্রতি লিটারে ৭০ বর্গফুট থেকে ৯০ বর্গফুট এরিয়ায় কভার করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

২) 'উড প্রাইমার' বা' সিনথেটিক আন্ডার কোট' শুকানোর জন্যে ২৪ ঘন্টা অপেক্ষা করতে হবে।

৩) ২৪ ঘন্টা পরে এক কোট সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট প্রয়োগ করতে হবে। প্রতি লিটারে ১৮০ বর্গফুট থেকে ২০০ বর্গফুট এরিয়ায় রং করা যাবে যা এক কোট হিসেবে গণ্য হবে।

৪) ১ম কোট সিনথেটিক এনামেল পেইন্ট ব্যবহার করে তা শুকানোর জন্যে কমপক্ষে ১৫ ঘন্টা অপেক্ষা করতে হবে।

৫) কমপক্ষে ১৫ ঘন্টা অপেক্ষা করে শুকিয়ে যাবার পরে ২য় কোট ব্যবহার করতে হবে।

৭.১৫.৬ কাঠের কাজে পলিশ

কাঠের কাজের সৌন্দর্য রক্ষা, উজ্জলতা বৃদ্ধি ও দীর্ঘস্থায়ী করবার জন্যে কাঠের কাজে নির্দিষ্ট সময় অন্তর পলিশ করা প্রয়োজন।

পলিশ প্রয়োগের জন্য কাঠের সারফেস প্রস্তুতকরণঃ

পলিশ ব্যবহার করার পূর্বে পুরাতন পলিশ, ধুলো-বালি, তেল, গ্রিজ ইত্যাদি ব্রাস, স্ক্র্যাপিং, কাঁচ, অমসৃণ শিরিষ কাগজ ইত্যাদি দিয়ে ভালভাবে ঘষে তুলে পরিষ্কার করে নিতে হবে। ফাঁকা, ফাটা বা গর্ত থাকলে তা উপযুক্ত পুটিং বা সিলার দিয়ে ভরাট করে নিতে হবে। পুটিং বা সিলার ব্যবহারের পর স্থানগুলো শুন্য গ্রেডের শিরিষ কাগজ দিয়ে ভালভাবে ঘষে মশৃণ করে নিতে হবে।

সারফেসে পলিশ প্রয়োগ পদ্ধতি ঃ

১) ব্রাশ, স্প্রে অথবা কাপড়ের প্যাড ব্যবহার করে পলিশ করতে হবে।

২) পলিশ করার জন্যে প্রস্তুতকৃত দ্রবণ উডকিপার (প্রতি লিটারে প্রতি কোট হিসেবে ১৮০ বর্গফুট থেকে ২০০ বর্গফুট) ব্যবহার করতে করতে হবে। এটা ব্যবহার করবার সময় ব্রাশ ব্যবহার করলে ২০% থেকে ২৫% এবং কাপড়ের প্যাড ব্যবহার করলে বা স্প্রে করলে ৫০% টি-৬ থিনার দিয়ে পাতলা করে নিতে হবে। তবে প্রতি ক্ষেত্রেই প্রথম কোট ৫০% পাতলা করতে হবে।

৩) প্রথম কোট ব্যবহারের পর তা পুরোপুরি শুকিয়ে গেলে শূন্য গ্রেডের শিরিষ কাগজ দিয়ে ভালভাবে ঘষে নেবার পরেই দ্বিতীয় কোট ব্যবহার করতে হবে।

৪) দ্বিতীয় কোট পলিশ বা উডকিপার ব্যবহার করা ভাল।

৭.১৫.৭ হোয়াইট ওয়াশ / কালার ওয়াশ

মালামাল: চুন, গাম অ্যারাবিক, নীল, পানি।

হোয়াইট ওয়াশ প্রস্তুত প্রণালী ঃ

১) হোয়াইট ওয়াশ মিশ্রণ প্রস্তুত করার জন্য সাধারণত ১৪ কেজি চুনের জন্য এক কেজি আঠার (Gum) প্রয়োজন হয়;

২) প্রথমে উপযুক্ত পাত্রে পানি নিয়ে চুন মেশাতে হবে;

৩) খুব ভালভাবে নাড়াচাড়া করে মিশিয়ে মিশ্রণ ঘন করতে হবে;

৪) মিশ্রণ ঘন হলে এক ঘনফুট মিশ্রণে ২৫০ গ্রাম হিসেবে গাম অ্যারাবিক যোগ করতে হবে;

৫) পরে মিশ্রণের সঙ্গে পরিমাণমত নীল ব্যবহার করতে হবে;

৬) অর্ধ তরল মিশ্রণ বা স্লারি তৈরীর জন্য প্রয়োজনীয় পানি যোগ করতে হবে;

৭) তারপর এটিকে ভালভাবে নেড়ে ব্যবহার উপযোগী করতে হবে;

৮) হোয়াইট ওয়াশ করার আগে দেয়ালের পৃষ্ঠদেশের সর্বত্র সঠিকভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

কখন হোয়াইট ওয়াশ করা যাবেঃ

১) প্লাষ্টারের কিউরিং করা শেষ হলে হোয়াইট ওয়াশ এর কাজ শুরু করা যাবে;

২) হোয়াইট ওয়াশের করার পূর্বে শিরিষ কাগজ দিয়ে পুরো প্লাষ্টার ঘষে পরিষ্কার করে নিতে হবে;

অধ্যায় - ৮

অবকাঠামো রক্ষণাবেক্ষণ কৌশল

৮.১ ভূমিকা

অবকাঠামোর নির্মাণ কাজ শেষ হওয়ার পর তা ভাল অবস্থায় এবং ব্যবহার উপযোগী রাখার জন্য সময়ে সময়ে যে কর্মকান্ড হাতে নেয়া হয়ে থাকে তাকে রক্ষণাবেক্ষণ বলে। রক্ষণাবেক্ষণের কাজ অবকাঠামোর স্থায়ীত্বকাল পর্যন্ত চলতে থাকে।

৮.২ রক্ষণাবেক্ষণের উদ্দেশ্য

রক্ষণাবেক্ষণের মৌলিক উদ্দেশ্য হলো ঃ

- অবকাঠামোকে যথাসম্ভব নির্মাণকালীন অবস্থায় ফিরিয়ে আনা,
- অবকাঠামোর উত্তরোত্তর ক্ষয় রোধ করা,
- অবকাঠামোর স্থায়ীত্ব বৃদ্ধি করা,
- নির্মাণকালীন বিনিয়োগ যাতে অপচয় না হয় তা নিশ্চিত করা,
- অবকাঠামোর হঠাৎ ধ্বংস রোধ করা,
- অবকাঠামো পরিচালনা ব্যয় কমিয়ে আনা,
- প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে কর্মসংস্থান করা, ইত্যাদি।

৮.৩ রক্ষণাবেক্ষণের শ্রেণী বিভাগ ঃ

রক্ষণাবেক্ষণ একটি অবিচ্ছিন্ন প্রক্রিয়া যা কখনই বন্ধ হয় না। সাধারণভাবে রক্ষণাবেক্ষণ প্রক্রিয়াকে চার শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যেমন:

১) নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ (Routine Maintenance)

২) সময়ান্তর রক্ষণাবেক্ষণ (Periodic Maintenance)

৩) জরুরী রক্ষণাবেক্ষণ (Emergency Maintenance)

৪) সংশোধনক্রম রক্ষণাবেক্ষণ (Corrective/Rectrofeting Maintenance)

৮.৩.১ নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষণ

অবকাঠামোর বিভিন্ন অংশকে যথাসম্ভব ভাল অবস্থায় রাখার জন্য প্রতিনিয়ত যে মেরামত কাজ করা হয় তাকেই নিত্যক্রম রক্ষণাবেক্ষণ বলা হয়। এটি নিত্যনৈমিত্তিক কাজ এবং সারা বছর ধরে চলতে থাকে। তবে বছরের কোন নির্দিষ্ট সময়ে এর প্রয়োজন বেশীও হতে পারে। প্রয়োজনের উপর নির্ভর করে নিত্যক্রম রক্ষণাবেক্ষণ (Routine Maintenance) একই বছর বেশ কয়েকবার করা যেতে পারে। প্রকৃতপক্ষে নিত্যক্রম রক্ষণাবেক্ষণ নির্ভর করে অবকাঠামোর অবক্ষয়ের উপর। নিত্যক্রম রক্ষণাবেক্ষণের কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেয়া হল ঃ

- কালভার্ট / ব্রীজের জলপ্রণালীতে জমে থাকা ময়লা অথবা আবর্জনা পরিষ্কার করা,
- মাটির রাস্তায় সৃষ্ট রেইন কাট, পট-হোল, ইঁদুরের গর্ত ইত্যাদি ভরাট করা,
- ইটের রাস্তায় ক্ষতিগ্রস্ত সোলিং পুনঃস্থাপন করা,
- পাকা রাস্তার সৃষ্ট গর্ত মেরামত করা,

- রাস্তার পার্শ্বে অযাচিত উদ্ভিদকে পরিষ্কার করা, ইত্যাদি।

৮.৩.২ সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণ

সময় সময় যে রক্ষণাবেক্ষণ কাজ করা হয় তাকে সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণ (Periodic Maintenance) বলে। বর্ষা মৌসুমের পর বাৎসরিক / দ্বিবার্ষিক মেরামত কাজ যেমন- ব্রীজ বা কালভার্ট, স্কুল ভবন, অফিস বিল্ডিং, মার্কেট ইত্যাদি এ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। সাধারণভাবে কোন কাঠামোর কিছু সংখ্যক মেরামত কাজকে তালিকাভুক্ত করে সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণের আওতায় উপযুক্ত সময়ে কার্যকরভাবে সম্পন্ন করা হয়। সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণ কাজের কিছু উদাহরণ নীচে দেয়া হল ঃ

- বিটুমিনাস রাস্তার সীল কোট পুনঃস্থাপন,
- পুরানো রাস্তায় পাতলা বিটুমিনাস কার্পেটিং স্থাপন,
- ব্রিজের পাটাতনের ওয়ারিং কোর্স পুনঃস্থাপন,
- বিল্ডিং এ চুণের কাজ অথবা রং- এর কাজ,
- মাটির রাস্তার আকৃতি পুনঃস্থাপন,
- ব্রীজের এবাটমেন্ট ওয়ালে ইটের কাজ মেরার্মত করা, ইত্যাদি।

৮.৩.৩ জরুরী রক্ষণাবেক্ষণ

যে মেরামত কাজ প্রত্যাশা বা অনুমান করা হয়নি কিন্তু হঠাৎ করে জরুরী ভিত্তিতে করতে হয়, এ রকম রক্ষণাবেক্ষণ কাজ জরুরী রক্ষণাবেক্ষণের (Emergency Maintenance) অন্তর্ভুক্ত। প্রাকৃতিক দুর্যোগ যেমন বন্যা, ঘুর্ণিঝড় ইত্যাদির পর যে রক্ষণাবেক্ষণের কাজ করা হয় তা জরুরী রক্ষণাবেক্ষণের অন্তর্গত। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হল ঃ

- বন্যা এবং ঘূর্ণিঝড়ে ক্ষতিগ্রস্ত অবকাঠামোর মেরামত কাজ,
- বন্যার তোড়ে ভেঙ্গে যাওয়া রাস্তার মেরামত কাজ,
- প্রাকৃতিক কারণে রাস্তা অবরোধ হলে তা অপসারণ, ইত্যাদি।

৮.৩.৪ সংশোধনক্রম রক্ষণাবেক্ষণ

অপর্যাপ্ত উপাত্তের উপর বিবেচনা করে কোন অবকাঠামো ডিজাইন করা হলে সাধারণত সংশোধনক্রম রক্ষণাবেক্ষেণের (Corrective Maintenance) প্রয়োজন হয়ে থাকে।

উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে যে, বিগত কয়েক বছরের সর্বোচ্চ পানি প্রবাহ বিবেচনা না করে যদি কোন ব্রীজ বা কালভার্ট ডিজাইন করা হয় তবে ব্রীজের দৈর্ঘ্য প্রয়োজনের তুলনায় কম হতে পারে এবং সেক্ষেত্রে সংশোধনক্রম ব্যবস্থার প্রয়োজন হবে। কখনও কখনও একে উন্নয়নমূলক কাজও বলা হয়ে থাকে। কেননা এরূপ রক্ষণাবেক্ষণ কাজে অনেক অর্থের প্রয়োজন হয় যা রক্ষণাবেক্ষণ তহবিল হতে অনেক ক্ষেত্রে যোগান দেওয়া সম্ভব হয় না।

৮.৪ পুনর্বাসন ও পুনঃনির্মাণ

রক্ষণাবেক্ষণ ছাড়াও আমরা প্রায়ই পুনর্বাসন এবং পুনঃনির্মাণ এই দুইটি শব্দ ব্যবহার করে থাকি। সাধারণভাবে রক্ষণাবেক্ষণ বলতে কোন কাঠামোর ক্ষয়প্রাপ্ত বিভিন্ন অংগের মেরামত কাজকে বোঝায়। অপর দিকে পুনর্বাসন বলতে নিচে উল্লেখিত যে কোন ধরণের মেরামত কাজ হতে পারে ঃ

- কোন কাঠামোর ক্ষতিগ্রস্ত অংগের অপসারণ ও প্রতিস্থাপন,
- কোন কাঠামোর অতিরিক্ত অংগের সংযোজন যেমন ব্রীজের উইং ওয়াল সংযোজন,
- কোন কাঠামোর জীর্ণ অংশের মেরামত করা যাতে ঐ কাঠামোর কাংক্ষিত উদ্দেশ্য হাসিল হয়।

পুনঃনির্মাণ বলতে বর্তমানে অব্যবহারযোগ্য (যা রক্ষণাবেক্ষণ বা পুনর্বাসন করা সম্ভব নয়) কাঠামোর পূর্ণ অপসারণ এবং ঐ স্থানে কাঠামোর নতুন নির্মাণকে বুঝায় যা মূল কাঠামোর উদ্দেশ্য হাসিল করতে সক্ষম হবে। কাজের ধরণ ও পরিমাণের উপর ভিত্তি করে রক্ষণাবেক্ষণ, পুনর্বাসন ও পুনঃনির্মাণ এ তিন শ্রেণীতে বিন্যাস করে কিছু কাজের উদাহরণ নীচে দেখানো হলো ঃ

টেবিল ৮-১ঃ রক্ষণাবেক্ষণ, পুনর্বাসন ও পুনঃনির্মাণ কাজের শ্রেণী বিন্যাস

কাজের দফা	রক্ষণাবেক্ষণ		পুনর্বাসন	পুনঃনির্মাণ
	নিত্যক্রম	সাময়িক		
বিদ্যমান মাটির রাস্তা প্রশস্ত করা				✓
এইচবিবি রাস্তা প্রশস্ত করা			✓	
সোলিং-এর নড়ে যাওয়া অংশ পুনঃস্থাপন করা	✓			
সোলিং অপসারণ করে WBM স্থাপন করা			✓	
বিটুমিনাস সারফেসের উপর সিল কোট করা		✓		
স্থায়ী পেভমেন্টের উপর পাতলা বিটুমিনাস কার্পেটিং করা		✓		
পেভমেন্টের পট-হোল মেরামত করা	✓			
কাঠামোর উপর জন্মানো বিভিন্ন উদ্ভিদ তুলে ফেলা	✓			

সাধারণভাবে মেরামত কাজকে কোন নির্দিষ্ট এক শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত করে তার আওতায় রক্ষণাবেক্ষণ সম্পন্ন করা হয়ে থাকে। সে অনুসারে সকল রক্ষণাবেক্ষণ কাজকে নিত্যক্রম বা সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণের আওতায় অন্তর্ভুক্ত করা যেতে পারে। উদাহরণস্বরূপ অবকাঠামোর বিভিন্ন প্রকার রক্ষণাবেক্ষণ কাজকে এ দুই শ্রেণীতে ভাগ করে নিচের টেবিলে দেখানো হলোঃ

টেবিল ৮- ২ঃ নিয়মিত ও সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণ কাজের উদাহরণ

নিত্যক্রম রক্ষণাবেক্ষণ	সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণ
মাটির রাস্তা ঃ - রাস্তায় সৃষ্ট পট-হোল, রেইন কাট, রাটস্ মেরামত; - রাস্তায় টার্ফিং পুনঃস্থাপন; - ইদুরের গর্ত ভরাট; - রাস্তায় আড় ঢালুতা পুনঃস্থাপন; - রাস্তার পাশে গাছ লাগানো ও পরিচর্যা ।	মাটির রাস্তা ঃ - রাস্তার বসে যাওয়া বিরাট অংশ মেরামত; - রাস্তার আকৃতি পুনঃস্থাপন।
এইচবিবি (HBB) রাস্তা ঃ - রাস্তার কাঁধে ও পার্শ্ব ঢালের রেইন-কাট মেরামত; - ইটের ফাঁক হতে গাছ বা ঘাস পরিষ্কার করা; - ক্ষতিগ্রস্ত রাস্তার কিনারা মেরামত করা; - অপেক্ষাকৃত ক্ষতিগ্রস্ত ছোট জায়গায় পুনঃস্থাপন; - রাস্তার ধারে গাছ লাগানো ও পরিচর্যা ।	এইচবিবি (HBB) রাস্তা ঃ - বসে যাওয়া রাস্তার সাব-সারফেস পুনঃস্থাপন করা, - বন্ধ হয়ে যাওয়া সাব-সারফেস ড্রেন পরিষ্কার করা ।
ডাব্লিউবিএম (WBM) রাস্তা ঃ - রাস্তার উপরিতলের পট হোল মেরামত; - রাস্তার কাঁধ ও পার্শ্ব ঢাল মেরামত; - রাস্তার কিনারা মেরামত; - রাস্তার ধারে গাছ লাগনো ও পরিচর্যা।	ডাব্লিউবিএম (WBM) রাস্তা ঃ - বসে যাওয়া রাস্তার সাব-বেস সঠিক ঢালে পুনঃস্থাপন; - বন্ধ হয়ে যাওয়া সাব-সারফেস ড্রেন পরিষ্কার করা ।
বিটুমিনাস রাস্তা ঃ	বিটুমিনাস রাস্তা ঃ

নিত্যক্রম রক্ষণাবেক্ষণ	সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণ
- রাস্তার কাঁধ ও পার্শ্ব ঢাল মেরামত; - রাস্তার উপরিতলের পটহোল মেরামত; - রাস্তার কিনারা মেরামত; - কার্পেটিং -এর উপর ফাটল বন্ধ করা; - গাছ লাগানো ও পরিচর্যা।	- প্রতি তিন/চার বছর অন্তর সীল-কোট করা; - বন্ধ সাব-সারফেস ড্রেন পরিষ্কার করা।
রোড স্ট্রাকচার (ব্রীজ / কালভার্ট)ঃ - কাঠামো হতে গাছ উঠিয়ে পরিষ্কার করা - পানির গতিপথ হতে আবর্জনা পরিষ্কার করা - ব্রীজ ডেকের ড্রেন পরিষ্কার করা; - এবাটমেন্ট বা উইং ওয়ালে বন্ধ উইপ-হোল পরিষ্কার করা; - ইটের এবাটমেন্ট বা উইং ওয়ালের নষ্ট ইট পুনঃস্থাপন করা; - ব্রীজের এ্যাপ্রোচ মেরামত করা; - ব্রীজের পাটাতনে সৃষ্ট গর্ত মেরামত করা ।	রোড স্ট্রাকচার (ব্রীজ / কালভার্ট)ঃ - এবাটমেন্ট ও উইং ওয়ালের ইটের কাজের রি-পয়েন্টিং; - স্কাউয়ার-এর ফলে ক্ষতিগ্রস্থ এবাটমেন্ট ও উইং ওয়ালের চারিদিকে প্যালাসাইডিং করা; - আলগা ও দুর্বল ঢালাই অপসারন এবং মেরামত করা; - ব্রীজের ক্ষয়প্রাপ্ত রেলিং মেরামত করা; - এবাটমেন্টের চারিদিকে অত্যাধিক স্কাউয়ার রোধে ইটের সংরক্ষণ বাঁধ নির্মাণ।

৮.৫ মাটির রাস্তার রক্ষণাবেক্ষণ

রাস্তার উপরিতল মাটির তৈরী হলে সাধারণত তাকে মাটির রাস্তা বলা হয়। মাটির তৈরী রাস্তাসমূহ নানাবিধ কারণে সহজেই নষ্ট হয়ে যেতে পারে, যেমনঃ

- প্রবল বৃষ্টিপাতে,
- যানবাহন চলাচলে,
- নির্মাণকালে ত্রুটির কারণে,
- সময়মত সঠিকভাবে রক্ষণাবেক্ষণ না করলে,
- অন্যান্য কারণে ।

মাটির রাস্তা রক্ষণাবেক্ষণের প্রয়োজনীয়তাঃ

রাস্তাকে সচল ও ব্যবহারোপযোগী রাখার ক্ষেত্রে রক্ষণাবেক্ষণের ভূমিকা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। সঠিকভাবে সময়মত রক্ষণাবেক্ষণ প্রক্রিয়াই গ্রামীণ রাস্তার যথাযথ ব্যবহার উপযোগিতা নিশ্চিত করতে পারে। শুধুমাত্র রক্ষণাবেক্ষণের অভাবে কয়েকমাসের মধ্যেই কিছু কিছু নতুন মাটির রাস্তা নষ্ট হয়ে গেছে, অপরদিকে সঠিকভাবে সময়মত রক্ষণাবেক্ষণের ফলে অনেক পুরাতন রাস্তা দীর্ঘস্থায়ী হয়েছে এবং ব্যবহারযোগ্য অবস্থায় রয়েছে । সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়ে যাওয়া রাস্তা পুনরায় ব্যবহারযোগ্য করে তুলতে অনেক বেশী টাকার প্রয়োজন হয়। নির্দিষ্ট সময় অন্তর অন্তর এবং বিশেষ বিশেষ সময়ে রক্ষণাবেক্ষণ ব্যবস্থা গ্রহণ করলে অনেক কম খরচে সারা বছরের জন্য রাস্তাটিকে ব্যবহারযোগ্য রাখা সম্ভব। রাস্তার মৌলিক আকৃতি ফিরিয়ে আনার জন্য মাটির রাস্তা রক্ষণাবেক্ষণ প্রক্রিয়ায় অনেক ধরণের কাজ সম্পন্ন করতে হয়, সেগুলো হলোঃ

১) গর্ত (pot-holes) মেরামত করা,

২) গাড়ীর চাকার চাপে বসে যাওয়া খাঁজ (ruts) মেরামত করা,

৩) রেইন কাট (rain-cut) মেরামত করা,

৪) বর্ষণের ফলে ক্ষতিগ্রস্ত উপরিতল মেরামত করা,

৫) আড়-ঢালুতা (Camber) মেরামত করা,

৬) রাস্তার পার্শ্ব-ঢাল (Side-slope) মেরামত করা,

৭) ঘাসের চাপড়া ক্ষতিগ্রস্ত হলে পুনরায় লাগানো (Turfing),

৮) ঝোপ-ঝাড় পরিষ্কার করা,

৯) রাস্তার সৃষ্ট ইঁদুরের গর্ত বন্ধ করা,

১০) পানি নিষ্কাশন নালা পরিষ্কার করা ও মেরামত করা, ইত্যাদি।

৮.৫.১ মাটির রাস্তা রক্ষণাবেক্ষণ মেরামত কৌশল

৮.৫.১.১ রাস্তার উপরিতলের গর্ত মেরামত বা প্যাচিং

মাটির রাস্তার বিভিন্ন স্থান দেবে বা ধ্বসে যাবার কারণে রাস্তার উপরিতলের কোন কোন অংশ বসে যেতে পারে বা কোথাও গর্তের সৃষ্টি হতে পারে। গর্ত সৃষ্টি হলে তাতে পানি জমে ক্ষতির পরিমাণ আরও বাড়তে থাকে। এ ধরনের গর্ত মেরামত করাকে প্যাচিং বলে। স্বল্প এলাকার জন্য এ পদ্ধতিতে নতুন মাটি দিয়ে ভর্তি করে কাজটি সম্পন্ন করতে হয়।

মেরামত কৌশল ঃ

১) দেবে যাওয়া অংশে বা গর্তে কোন আল্‌গা মাটি, ঘাস, লতাপাতা বা অন্য কোন দ্রব্যাদি থাকলে তা সরিয়ে ফেলতে হবে এবং পানি জমে থাকলে তা তুলে ফেলতে হবে।

২) দেবে যাওয়া অংশ বা গর্ত আঁচড়িয়ে নিতে হবে অথবা গর্তটি কেটে উপযুক্ত আকৃতি প্রদান করতে হবে, যেন সহজেই দৃঢ়ীভবন করা যায়।

৩) আকৃতি দেয়া স্থানে অতিরিক্ত পানি থাকলে শুকিয়ে নিয়ে এবং বেশি শুষ্ক থাকলে পানি ছিটিয়ে জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রায় আনতে হবে।

৪) উপযুক্ত মাটি দিয়ে গর্তটি অর্থাৎ দেবে যাওয়া অংশ পূর্ণ করতে হবে (যে মাটি দিয়ে রাস্তাটি তৈরী হয়েছিল, সে জাতীয় মাটি ব্যবহার করলে ভাল হয়)। অন্যথায় ভরাটের জন্য অন্য মাটি (যার LL ৫০% এর অধিক হবে না এবং PI ১৫% এর অধিক হবে না) ব্যবহার করা যেতে পারে। মাটির ঢিলাগুলো ভেংগে ২৫ মিমি এর নীচে করে নিতে হবে।

৫) ভরাটের মাটির জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রার চেয়ে কম/বেশী ৫% আনতে হবে। যদি জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রার চেয়ে বেশী থাকে তবে মাটি শুকিয়ে পরিমিত মাত্রায় আনতে হবে। আর যদি পরিমিত মাত্রার চেয়ে জলীয় অংশ কম থাকে তবে প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি উক্ত মাটিতে প্রয়োগ করতে হবে।

৬) মাটি পরিমিত আর্দ্রতায় পৌঁছাবার পর উপরিতল সমান করে দুরমুস দিয়ে লুজ থিকনেস সর্বোচ্চ ১৫০মিমি বা তার কম পুরুত্বে দৃঢ়ীভবন করতে হবে। দৃঢ়ীভবনের মাত্রা কমপক্ষে ৯৫% MDD (standard) হতে হবে।

৭) রাস্তার আড়-ঢালুতার সাথে সংগতি রেখে উপরিতল সমান ও মসৃণ করতে হবে।

৮.৫.১.২ গাড়ীর চাকার চাপে বসে যাওয়া খাঁজ মেরামত

রাস্তার উপর নালার মত লম্বা সরু যে গর্ত দেখা যায় তাকে খাঁজ বা রাটস্ (ruts) বলে। গরুর গাড়ী বা অন্যান্য যানবাহন চলাচলের ফলে চাকা বরাবর রাস্তার উপরিতলে এ খাঁজ সৃষ্টি হয়ে ক্রমেই রাস্তার মাঝখানে উঁচু হয়ে উঠে এবং যানবাহন চলাচলের বিঘ্ন সৃষ্টি করে।

মেরামত কৌশল ঃ

১) খাঁজের মধ্যে দেবে যাওয়া অংশে বা গর্তে কোন আল্‌গা মাটি, ঘাস, লতাপাতা বা অন্য কোন দ্রব্যাদি থাকলে তা সরিয়ে ফেলতে হবে এবং পানি জমে থাকলে তা তুলে ফেলতে হবে।

২) মেরামতের জন্য নির্ধারিত দেবে যাওয়া অংশ বা গর্ত আঁচড়িয়ে নিতে হবে অথবা গর্তটি কেটে উপযুক্ত আকৃতি প্রদান করতে হবে, যেন সহজেই দৃঢ়ীভবন করা যায়।

৩) প্রয়োজনে রাস্তার মাঝে উঁচু হওয়া অতিরিক্ত অংশ কেটে আবর্জনামুক্ত করে দেবে যাওয়া অংশ ভরাট করা যেতে পারে।

৪) আকৃতি দেয়া স্থানে অতিরিক্ত পানি থাকলে শুকিয়ে নিয়ে এবং বেশি শুষ্ক থাকলে পানি ছিটিয়ে জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রায় আনতে হবে।

৫) উপযুক্ত মাটি দিয়ে খাঁজের গর্তটি অর্থাৎ দেবে যাওয়া অংশ পূর্ণ করতে হবে (যে মাটি দিয়ে রাস্তাটি তৈরী হয়েছিল, সে জাতীয় মাটি ব্যবহার করলে ভাল হয়)। অন্যথায় ভরাটের জন্য অন্য মাটি (যার LL ৫০% এর অধিক হবে না এবং PI ১৫% এর অধিক হবে না) ব্যবহার করা যেতে পারে। মাটির ঢিলাগুলো ভেংগে গুড়ো ২৫ মিমি এর নীচে করে নিতে হবে।

৬) ভরাটের মাটির জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রার চেয়ে কম/বেশী ৫% আনতে হবে। যদি জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রার চেয়ে বেশী থাকে তবে মাটি শুকিয়ে পরিমিত মাত্রায় আনতে হবে। আর যদি পরিমিত মাত্রার চেয়ে জলীয় অংশ কম থাকে তবে প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি উক্ত মাটিতে প্রয়োগ করতে হবে।

৭) মাটি পরিমিত আর্দ্রতায় পৌঁছুবার পর উপরিতল সমান করে দুরমুস দিয়ে লুজ থিকনেস সর্বোচ্চ ১৫০ মিমি বা তার কম পুরুত্বে দৃঢ়ীভবন করতে হবে। দৃঢ়ীভবনের মাত্রা কমপক্ষে ৯৫% MDD হতে হবে।

৮) রাস্তার আড়-ঢালুতার সাথে সংগতি রেখে উপরিতল সমান বা মসৃণ করে নিতে হবে।

৮.৫.১.৩ মাটির রাস্তার রেইন-কাট মেরামত

বৃষ্টি বেশী হলে রাস্তার উপরিতল ও পার্শ্বঢাল বেয়ে বৃষ্টির পানির স্রোত নীচে গড়িয়ে পড়ে। যদি এ স্রোতের প্রবাহ বেশী হয় তবে রাস্তার উপরিতলে ও পার্শ্বঢালের মাটি পানি প্রবাহের সাথে বের হয়ে যায়, এতে বিভিন্ন আকারের গর্তের সৃষ্টি হয়। রাস্তায় রেইন-কাট হওয়ার কারণ হল ঃ

- রাস্তার আড়-ঢালুতা সঠিক মাপের না থাকলে,
- রাস্তার লম্ব ঢাল আড় ঢালুতার (Camber) চেয়ে বেশী হলে।

রেইন-কাট নিম্নের নিয়মে মেরামত করা যেতে পারে ঃ

(১) বৃষ্টির পানি প্রবাহের ফলে সৃষ্ট গর্ত বা ভাংগনকে উপযুক্ত আকৃতিতে কাটতে হবে যাতে ঐ স্থান মেরামত করতে কোন অসুবিধা না হয়। পানি প্রবাহের ফলে স্তূপীকৃত আল্‌গা বালি বা পলি মাটি ভাংগনের তলদেশ থেকে অপসরণ করতে হবে।

(২) উপযুক্ত মাটি দিয়ে খাঁজের গর্তটি অর্থাৎ দেবে যাওয়া অংশ পূর্ণ করতে হবে (যে মাটি দিয়ে রাস্তাটি তৈরী করা হয়েছিল, সে জাতীয় মাটি ব্যবহার করলে ভাল হয়)। অন্যথায় ভরাটের জন্য অন্য মাটি (যার LL ৫০% এর অধিক হবে না এবং PI ১৫% এর অধিক হবে না) ব্যবহার করা যেতে পারে। মাটির ঢিলাগুলো ভেংগে গুড়ো ২৫ মিমি এর নীচে নিতে হবে।

(৩) ভরাটের মাটির জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রার চেয়ে কম/বেশী ৫% আনতে হবে। যদি জলীয় অংশের পরিমাণ পরিমিত মাত্রার চেয়ে বেশী থাকে তবে মাটি শুকিয়ে পরিমিত মাত্রায় আনতে হবে। আর যদি পরিমিত মাত্রার চেয়ে জলীয় অংশ কম থাকে তবে প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি উক্ত মাটিতে প্রয়োগ করতে হবে।

(৪) মাটি পরিমিত আর্দ্রতায় পৌঁছুবার পর উপরিতল সমান করে দুরমুস দিয়ে লুজ থিকনেস সর্ব্বোচ্চ ১৫০ মিমি বা তার কম পুরুত্বে দৃঢ়ীভবন করতে হবে। দৃঢ়ীভবনের মাত্রা কমপক্ষে ৯৫% MDD (standard) হতে হবে।

(৫) সদ্য মেরামতকৃত স্থান বৃষ্টির পানি হতে রক্ষার জন্য পার্শ্ব-ঢাল ও রাস্তার কাঁধে (প্রযোজ্য ক্ষেত্রে) ঘাসের চাপড়া স্থাপন করতে হবে।

৮.৫.১.৪ মাটির রাস্তার আড়-ঢাল মেরামত

পানি মারাত্মকভাবে রাস্তার ক্ষতি সাধন করে থাকে। এজন্য বলা হয়, রাস্তার সবচেয়ে বড় শত্রু পানি। তাই যত তাড়াতাড়ি সম্ভব রাস্তার উপরিতল থেকে পানি নিষ্কাশন করা অত্যাবশ্যক। দীর্ঘদিন যানবাহন চলাচল ও নানাবিধ প্রাকৃতিক কারণে রাস্তার উপরিতল নীচু হয়ে পড়ে এবং বৃষ্টি হলেই সেখানে পানি জমে। এ জমাকৃত পানি রাস্তাকে আরও ক্ষতিগ্রস্ত করে। তাই যত তাড়াতাড়ি সম্ভব এ পানিকে রাস্তার উপর থেকে গড়িয়ে নিষ্কাশন করার জন্য রাস্তার উপরিতলে আড়-ঢালুতা পুনঃস্থাপন (repair of camber) করা একান্ত প্রয়োজন। শুধুমাত্র আড়-ঢালুতা পুনঃস্থাপন করে রাস্তার স্থায়িত্ব অনেকদিন বাড়ানো সম্ভব। এজন্য রাস্তার Camber পুনঃস্থাপনে বিশেষভাবে গুরুত্ব দেওয়া প্রয়োজন।

নিম্নে মাটির রাস্তার আড়-ঢাল মেরামত পদ্ধতি দেয়া হল ঃ

১) প্রথমে রাস্তার উপরিতলের বসে যাওয়া অংশ ও অস্বাভাবিক উঁচু স্থানসমূহ চিহ্নিত করতে হবে।

২) উৎকৃষ্ট মানের মাটি দিয়ে বসে যাওয়া অংশ ভরাট করতে হবে এবং অস্বাভাবিক উঁচু স্থানসমূহ কেটে ফেলতে হবে।

৩) মাটি ভরাটের ক্ষেত্রে পূর্বে আলোচিত ভরাটের নিয়ম যেমন স্তরে স্তরে মাটি ফেলা, ঢেলা ভাঙ্গা, মাটিতে পরিমিত আর্দ্রতা রাখা, দৃঢ়ীভবন করা ইত্যাদি অনুসরণ করে কাজটি সম্পন্ন করতে হবে। দৃঢ়ীভবনের জন্য দুরমুজ ব্যবহার করা যেতে পারে।

৪) পরিমাণ মত আড়-ঢালুতা স্থাপন করে রাস্তার উপরিভাগ সমতল ও পরিপাটি (Levelling & dressing) করতে হবে। মাটির রাস্তার জন্য সাধারণত ৫% আড়-ঢাল দেয়া হয়ে থাকে।

৮.৫.১.৫ মাটির রাস্তার পার্শ্ব ঢাল মেরামত

বৃষ্টির পানির স্রোতে পার্শ্ব ঢালের মাটি ধ্বসে অথবা নুইয়ে পড়ার কারণে রাস্তার পার্শ্বঢাল ক্ষতিগ্রস্ত হয় এবং অধিক খাড়া ঢালের সৃষ্টি হয়। কোন রাস্তার স্থায়িত্ব তার পার্শ্ব ঢালুতার উপর অনেকাংশে নির্ভরশীল। অনেক সময় দেখা যায়, কৃষকরা তাদের আবাদি জমি বাড়ানোর উদ্দেশ্যে বাঁধের বা রাস্তার পাদদেশের মাটি কেটে ফেলে, এতে রাস্তার পার্শ ঢাল ভেঙ্গে রাস্তা নষ্ট হয়ে যায়। তাই রক্ষণাবেক্ষণ কাজের আওতায় পার্শ্বঢাল পুনঃস্থাপন (Repair of Side-Slope) করা অতি প্রয়োজন। যে সব ক্ষেত্রে পার্শ্ব ঢাল নির্মাণের জন্য প্রয়োজনীয় জায়গা পাওয়া যায় না, সে সব ক্ষেত্রে নিয়মিত পার্শ্ব ঢালের পরিবর্তে প্যালাসাইডিং অথবা রিটেইনিং ওয়াল নির্মাণ করা যেতে পারে।

মেরামত কৌশল ঃ

১) প্রথমে রশি ও খুঁটির সাহায্যে রাস্তার সঠিক প্রস্থচ্ছেদ সংস্থাপন করতে হবে যাতে কোন্ জায়গায় কি পরিমাণ মাটি ভরাট করতে হবে তা বোঝা যায়।

২) মাটি ভরাট করার পূর্বে মেরামতকৃত জায়গার ঝোপ-ঝাড় পরিষ্কার করে নিতে হবে।

৩) মেরামতব্য রাস্তার বর্তমান পার্শ্বঢালে ৩০০ মিমি গভীরতায় বেঞ্চিং কেটে নিতে হবে। এ বেঞ্চিং একটানা লম্বালম্বি ভাবে হতে পারে আবার ভিন্ন ভিন্ন গর্ত করে বিক্ষিপ্তভাবে হতে পারে। বিক্ষিপ্তভাবে হলে আনুভূমিক ১.৫ মিটার অন্তর অন্তর এবং খাড়াভাবে ০.৫ মিটার অন্তর অন্তর স্ট্যাগার্ড নিয়মে করাই উত্তম।

৪) ভরাটের জন্য উপযুক্ত মাটি LL ৫০% & PI ১৫% সংগ্রহ করতে হবে। মাটিতে জলীয় অংশের পরিমাণ ± ৫% OMC হতে হবে।

৫) রাস্তার পাদদেশ থেকে উপরের দিকে ধাপে ধাপে এবং নির্দিষ্ট পুরুত্বে (১৫০ মিমি) মাটি ভরাট করতে হবে, সংগে সংগে ঢিলা ভাংগতে হবে এবং দৃঢ়ীভবন করে কাজটি সম্পাদন করতে হবে। দৃঢ়ীভবন কোন অবস্থাতেই ৯৫% MDD এর কম করা যাবে না।

৬) কাঠের তৈরী ত্রিকোণের সাহায্যে পার্শ্বঢালুতা পরীক্ষা করতে হবে।

৭) সদ্য মেরামতকৃত স্থানকে রক্ষার জন্য তাতে ঘাসের চাপড়া লাগাতে হবে।

৮.৫.১.৬ মাটির রাস্তার ক্ষয় প্রতিরোধ করা

নন-কোহেসিভ মাটি বৃষ্টির পানিতে বেশী ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ঘাসের চাপড়া লাগিয়ে মাটির এ ধরণের ক্ষয় সহজেই প্রতিরোধ করা যেতে পারে। ঘাসের চাপড়া বা ঘাস লাগানো রাস্তা রক্ষার একটা বিশেষ উপায়। সুতরাং মাটির রাস্তার বা বাঁধ নির্মাণের পরেই অথবা কোন মেরামত কাজের সাথে সাথেই বাঁধের পার্শ্ব ঢালে ঘাসের চাপড়া লাগানোর ব্যবস্থা করতে হবে। দুর্বা ঘাস মাটিকে নির্দিষ্ট স্থানে সুন্দরভাবে আটকে রাখে। অড়হর, ধনচে প্রভৃতি গাছের বীজ বপন করে পার্শ্বঢাল রক্ষা করা যেতে পারে।

১) প্রশস্থ রাস্তার কাঁধের কিনারা বরাবর কড়ই, তালগাছ, কাঁঠালগাছ, আম, বাবলা, মেহগনী, সেগুন, প্রভৃতি গাছ লাগানো যায়। এটি একদিকে যেমন রাস্তার ক্ষয়রোধে সাহায্য করে অন্যদিকে বৃক্ষ সম্পদ সৃষ্টিতে অবদান রাখে।

২) বর্ষা ঋতুতে মাঝে মাঝে জরুরী ভিত্তিতে মেরামত কার্য্য করার প্রয়োজন দেখা দেয়। কিন্তু বর্ষার সময় রাস্তার পার্শ্বের জমি হতে উপযুক্ত মাটি সংগ্রহ করা সম্ভব হয় না। তাই বর্ষা ঋতুতে জরুরী মেরামত কার্য্য সম্পাদনের জন্য শুষ্ক মৌসুমে রাস্তার পার্শ্বে, কাঁধে বা পাড়ে মাটি স্তূপাকারে রাখা যেতে পারে। বর্ষা ঋতুতে যখন প্রয়োজন হবে তখন উক্ত মাটি মেরামত কাজে ব্যবহার করা যাবে।

৩) বর্ষা ঋতুতে কর্দমাক্ত রাস্তা যাতে পর্যাপ্ত পরিমাণ রোদ পেয়ে তাড়াতাড়ি শুকাতে পারে এবং বৃষ্টির পর দীর্ঘ সময় ধরে রাস্তার উপর যাতে গাছের পাতা হতে পানি ঝরতে না পারে সে জন্য রাস্তার উপর হেলে পড়া গাছের ডালপালা কেটে সরিয়ে ফেলতে হবে।

৮.৬ বিটুমিনাস রাস্তা রক্ষণাবেক্ষণ

চলাচলে সুবিধাজনক হওয়ায় বিটুমিনাস সড়কে যানবাহন চলাচল বাড়ছে। ফলে রাস্তার ক্ষয়ক্ষতিও বাড়ছে। সড়কের ক্ষয় রোধের জন্য বিটুমিনাস সড়কের কাজ শেষ হওয়ার পর হতেই রক্ষণাবেক্ষণের প্রতি নজর দিতে হবে। প্রাথমিক অবস্থাতেই রাস্তার ত্রুটি মেরামত করলে মেরামত খরচ কম লাগবে এবং সড়কের স্থায়ীত্ব বাড়বে।

সঠিকভাবে রক্ষণাবেক্ষণের জন্য বিটুমিনাস সড়কের বিভিন্ন স্তর সম্বন্ধে সম্যক ধারণা থাকা প্রয়োজন। বিটুমিনাস রাস্তার বিভিন্ন অংশগুলো হল ঃ

- মাটির বাঁধ (Embankment)	- সারফেসিং (Seal Coat / Surface)
- দৃঢ়ীভূত সাবগ্রেড (Compacted Subgrade)	- প্রান্ত কিনারা (End edging)
- উন্নততর সাবগ্রেড (Improved Subgrade)	- কাঁধ (Side Shoulder)
- সাব-বেস কোর্স (sub-base)	- বালির ড্রেন (Sand drain)
- বেস কোর্স (Base Course)	- গ্রাউটিং / কার্পেটিং (Grouting / Carpetting)

রাস্তার ধরণ, যানবাহন চলাচলের আধিক্যের উপর নির্ভর করে রাস্তার উপরের স্তরে সিলকোটসহ গ্রাউটিং, সিলকোটসহ কার্পেটিং অথবা শুধুমাত্র প্রিমিক্সড্ সিলকোট বা সারফেস ড্রেসিং দেয়া হয়ে থাকে। উপরিতল যাই হোক না কেন, যানবাহন চলাচলের পর উপরিতল ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে যায় এবং বিভিন্ন ধরণের ত্রুটি পরিলক্ষিত হয়।

৮.৬.১ বিটুমিনাস রাস্তার সাধারণ ত্রুটিসমূহ

বিটুমিনাস রাস্তার সাধারণ ত্রুটিগুলো হলঃ

১) ছোট অগভীর গর্ত বা পট-হোল (Pot-holes),

২) গভীর গর্ত বা ডিপ পট-হোল (Deep pot-holes),

৩) কোন স্থানের বিকৃত হয়ে যাওয়া, যেমনঃ দেবে যাওয়া কিংবা ফুলে উঠা ইত্যাদি (Depression or hump),

৪) ফাটল (Crack),

৫) রাস্তার কিনারা ভাঙ্গন (Edge failure),

৬) সাধারণ ক্ষয়প্রাপ্ত উপরিভাগ (General worned surfaces)

সড়ক মেরামতকালে কিছু লক্ষণীয় বিষয় ঃ

- সড়কের উপরের স্তর নষ্ট হওয়ার পর মেরামত করা না হলে নীচের স্তর নষ্ট হয়ে যায়। পেভমেন্টের নীচের স্তর মেরামত করা উপরের স্তর মেরামত করা অপেক্ষা অধিকতর কষ্টসাধ্য এবং ব্যয়বহুল। শুধু উপরের স্তরে ক্ষতি হলে বুঝতে হবে ক্ষতির বিস্তৃতি নীচের স্তরে পৌঁছায়নি।
- নীচের স্তরে কোন ক্ষতি হলে সহজেই বোঝা যাবে যে ক্ষতের বিস্তৃতি অনেক বেশী। এ পরিস্থিতিতে যথানিয়মে প্রথমে নীচের স্তর মেরামত করতে হবে এবং তারপর উপরের স্তর পুনঃস্থাপন করতে হবে। পেভমেন্টের নীচের স্তর বলতে সাব-বেস ও বেস কোর্স বোঝানো হয়েছে।
- সড়কের ধরণ, মালামাল প্রাপ্তি, চলাচলকারী ট্রাফিক, সাব-গ্রেডের মাটির ভার বহন ক্ষমতা এবং প্রাপ্ত তহবিল ইত্যাদির উপর নির্ভর করে পেভমেন্ট ডিজাইন করা হয়ে থাকে।
- পেভমেন্টের নীচের স্তর মেরামতের সময় নির্মাণকালে ব্যবহৃত মালামাল পাওয়া না গেলে নতুন মালামাল সংগ্রহ করতে হবে যা কাংক্ষিত ফল দিতে সক্ষম হয়।
- সাধারণত নীচের স্তর ক্ষতিগ্রস্থ হলে কাজের পরিমাণ অনেক বেশী হয়। সেজন্য বেশি ক্ষত্রিগ্রস্ত কাজ সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণের আওতায় করা হয়ে থাকে।

৮.৬.২ বিটুমিনাস রাস্তার মেরামত পদ্ধতি

৮.৬.২.১ ছোট অগভীর গর্ত বা পট-হোল মেরামত

সড়ক তৈরির পরে যানবাহন চলাচল, বৃষ্টি ও অন্যান্য নিয়ামকের কারণে বিটুমিনের বাইন্ডিং ক্ষমতা নষ্ট হয়ে যায়।

রাস্তার উপর যানবাহন চলাচল, বিশেষ করে বৃষ্টির সময় যানবাহন চলাচল করলে রাস্তার উপরের স্তর চাকার ঘর্ষণে উঠে যায় এবং গর্তের সৃষ্টি হয়। ছোট আকৃতির এরূপ গর্তকে পট- হোল বলে। এক বর্গ মিটার বা তার কম আয়তন বিশিষ্ট গর্তকে সাধারণত পট-হোল হিসাবে ধরা হয়ে থাকে (চিত্র ৮-১)।

পট-হোল মেরামত করার নিয়ম ঃ

১) গর্তসমূহ সুবিধাজনক আকৃতিতে শক্ত বেস পর্যন্ত কাটতে হবে (আয়তাকার বা বর্গাকার আকৃতি অত্যাবশ্যকীয় নয়) এবং গর্তের পার্শ্বসমূহ খাড়াভাবে কাটতে হবে। খননকৃত গর্তের গভীরতা কমপক্ষে ৩৭ মিমি (১.৫ ইঞ্চি) হতে হবে ।

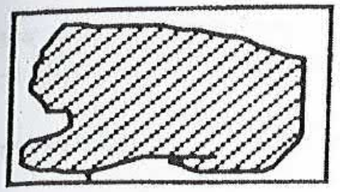
২) সমস্ত আলগা সামগ্রী অপসারণ করে ঝাড়ু দিয়ে পরিষ্কার করে নিতে হবে এবং কর্তনকৃত স্থান ভেজা থাকলে তা শুষ্ক করে নিতে হবে।

৩) ১৪০-১৬০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গরম বিটুমিনের টেক কোট হিসেবে প্রতি বর্গ মিটারে প্রায় ০.৭৫ কেজি পরিমাণে গর্তের পার্শ্ব ও তলায় প্রয়োগ করতে হবে।

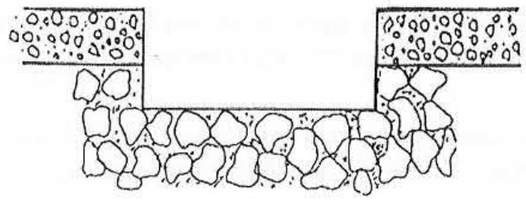
৪) কম্প্যাকশন করার কথা বিবেচনা করে প্রয়োজনীয় লেভেল পর্যন্ত পাথর টুকরা বা খোয়া গর্তের মধ্যে ঢালতে হবে এবং হালকা করে দুরমুজ অথবা রোলার দ্বারা কম্প্যাকশন করতে হবে।

৫) পাথর টুকরা বা খোয়ার উপরিতলে প্রতি বর্গমিটারে ৩.৫ কেজি পরিমাণে বিটুমিন ছিটিয়ে দিতে হবে। মেরামতকৃত নতুন উপরিতল পার্শ্ববর্তী উপরিতলের সাথে মিলে যাওয়া পর্যন্ত ভাল করে কম্প্যাকশন করতে হবে অথবা কম্প্যাকশনকৃত নতুন উপরিতল ১২মিমি (১/২ ইঞ্চি) পর্যন্ত উঁচু রাখতে হবে কিন্তু কোন অবস্থাতেই নীচু রাখা যাবে না ।

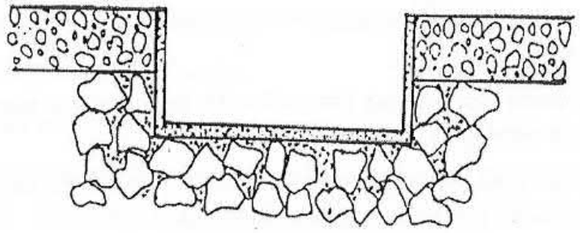
৬) মোটা বালি বিটুমিন প্রলেপের উপরে ছিটিয়ে দিতে হবে যাতে উপরিতলে আঠালো ভাব না থাকে ।



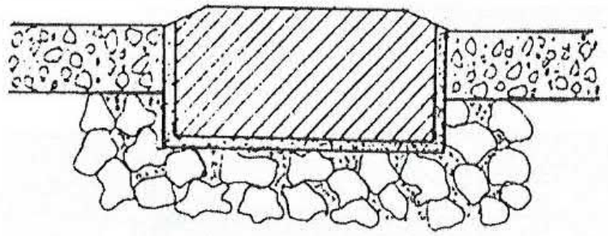
পট হোলের প্ল্যান



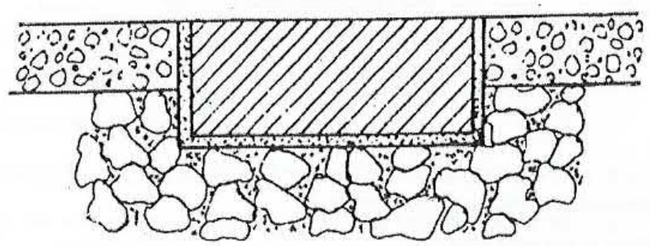
সুবিধাজনক আকৃতিতে খাড়াভাবে পট-হোল



টেক কোট প্রয়োগ করা হয়েছে।



উঁচু করে পাথর /খোয়া ঢালা হয়েছে।



দৃঢ়ীভবন করে সড়কের সমতলে আনা হয়েছে।

চিত্র ৮-১ঃ পট-হোল মেরামত পদ্ধতি

৮.৬.২.২ গভীর গর্ত বা ডিপ পট-হোল মেরামত

পেভমেন্টের নীচের স্তর অতি দুর্বল হলে অথবা পট-হোল দীর্ঘদিন মেরামত না করলে ঐ স্থানে গভীর গর্তের সৃষ্টি হয়। ফলে পেভমেন্টের নীচের স্তরসমূহ নষ্ট হয়ে যায়। এরূপ গভীর গর্ত বা ডিপ পট-হোল নিম্নের নিয়মে মেরামত করা হয়ে থাকে (চিত্র ৮-২)ঃ

১) বিটুমিনাস রাস্তার ক্ষতিগ্রস্ত অংশ সম্পূর্ণভাবে কেটে অপসারণ করে নিতে হবে। নষ্ট হয়ে গেছে এমন অংশ কেটে অপসারণ করতে হবে। পেভমেন্টের কিনারা অবশ্যই খাড়াভাবে কাটতে হবে।

২) উপযুক্ত সামগ্রী (খোয়া ও বালির মিশ্রণ) দিয়ে বিদ্যমান উপরিস্তরের নীচ পর্যন্ত স্তরে স্তরে গর্ত পুনঃভরাট করতে হবে। প্রতিটি স্তর অনুর্ধ ১০০ মিমি (৪ ইঞ্চি) করে ভালভাবে কম্প্যাকশন করতে হবে।

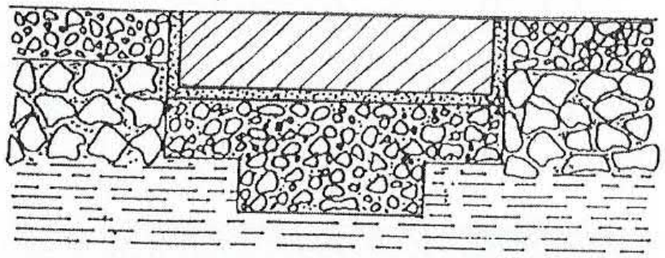
৩) নতুন কম্প্যাকশনকৃত বেসের উপর হতে সমস্ত আলগা সামগ্রী সম্পূর্ণভাবে অপসারণ করতে হবে। বিটুমিন প্রয়োগের পর উপরিতল অবশ্যই শুষ্ক অবস্থায় আনতে হবে।

৪) ১৪০-১৬০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গরম বিটুমিনের টেক কোট গর্তের পার্শ্বে এবং নীচে প্রয়োগ করতে হবে যেন কমপক্ষে ৫০% জায়গায় বিটুমিনের প্রলেপ পড়ে।

৫) কম্প্যাকশনের কথা বিবেচনায় রেখে গর্তের বাকী অংশ পাথরের টুকরা / খোয়া দিয়ে পূর্ণ করে হালকা করে কম্প্যাকশন করে নিতে হবে।

৬) পাথর টুকরা বা খোয়ার উপরিতলে প্রতি বর্গমিটারে ৩.৫ কেজি হিসেবে বিটুমিন ছিটাতে হবে । নতুন উপরিতল পার্শ্ববর্তী উপরিতলের সাথে মিলে যাওয়া পর্যন্ত কম্প্যাকশন করতে হবে বা কম্প্যাশনকৃত নতুন উপরিতল ১২ মিমি (১/২ ইঞ্চি) পর্যন্ত উঁচু রাখা যাবে কিন্তু কোন অবস্থাতেই নীচু করা যাবে না।

৭) মোটা বালি বিটুমিন প্রলেপের উপরে ছিটিয়ে দিতে হবে যাতে উপরিতলে আঠালো ভাব না থাকে।



চিত্র ৮- ২ঃ ডিপ (deep) পট-হোল মেরামত

৮.৬.২.৩ বিকৃত অংশ মেরামত

১) দেবে যাওয়া বা ডিপ্রেশান (localized deformation) অংশ মেরামত ঃ

ক) দেবে যাওয়া জায়গা পরিষ্কার ও শুস্ক করে নিতে হবে।

খ) ১৪০-১৬০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গরম বিটুমিনের টেক কোট প্রয়োগ করতে হবে।

গ) দৃঢ়ীভবনের কথা বিবেচনায় রেখে পাথর টুকরা বা খোয়া দিয়ে দেবে যাওযা অংশ ভর্তি করতে হবে।

ঘ) পাথর টুকরা বা খোয়া দুরমুজ অথবা রোলার দিয়ে দৃঢ়ীভবন করতে হবে এবং উপরিতলে বিটুমিন ছিটিয়ে দিতে হবে। নতুন উপরিতল পার্শ্ববর্তী উপরিতলের সাথে মিলে দিতে হবে অথবা ১২ মিমি (১/২ ইঞ্চি) পর্যন্ত উঁচু রাখতে হবে কিন্তু কখনও নীচু রাখা যাবে না, এতে পানি জমে থাকতে পারবে না।

ঙ) বিটুমিন প্রলেপ দেওয়া অংশে মোটা বালি ছিটাতে হবে যাতে উপরিতলে আঠালো ভাব না থাকে ।

২) ফুলে উঠা অংশ বা হাম্প মেরামত ঃ

ক) ফুলে উঠা অংশ গাঁইতি দিয়ে কেটে সমান করতে হবে।

খ) কাটা অংশ দুরমুজ দিয়ে সমান করে নিতে হবে।

গ) প্রয়োজন অনুসারে টেক কোট প্রয়োগ করে উপরে মোটা বালি ছিটিয়ে দিতে হবে।

৮.৬.২.৪ ফাটল মেরামত

প্রায়ই বিটুমিনাস সড়কের উপরিতলে ফাটল দেখা যায়। এ ফাটলগুলো বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। যেমন:

ক) হেয়ার ক্রাক (Hair crack)

খ) এলিগেটর ক্রাক (Alligator crack)

গ) লংজিটিউডিনাল ক্রাক (Longitudinal crack)

ঘ) শ্রিংকেজ ক্রাক (Shrinkage crack)

যদি বর্ণিত ফাটলগুলো মেরামত করা না হয়, তাহলে বৃষ্টির পানি ফাটল দিয়ে সড়কের সর্বনিম্ন স্তর সাবগ্রেড পর্যন্ত প্রবেশ করে সম্পূর্ণ পেভমেন্টকে দুর্বল করে ফেলে। তাই যথাশীঘ্র সম্ভব ফাটলগুলো নিম্নবর্ণিত পদ্ধতিতে মেরামত করতে হবে ঃ

ক) ফাটল পরিষ্কার করে সকল আলগা মালামাল অপসারণ করে নিতে হবে।

খ) গরম বিটুমিন প্রয়োগ করে তার উপর প্রয়োজনমত মোটা বালি ছিটিয়ে দিতে হবে।

৮.৬.৩ প্রি-মিক্সড সীল কোট

প্রি-মিক্সড সীল কোট রাস্তার ক্ষুদ্র অংশে অথবা সম্পূর্ণ অংশে প্রয়োগ করে কখন কখন রক্ষণাবেক্ষণ করা কাজ করা হয়ে থাকে। সাধারণত এটা নির্দিষ্ট সাময়িক রক্ষণাবেক্ষণের অধীনে করা হয়ে থাকে। বিটুমিনাস রাস্তার উপরিতলে নিম্নবর্ণিত অবস্থা বিদ্যমান থাকলে প্রি-মিক্সড সীল কোট প্রয়োগ করা হয়ে থাকে ঃ

- যখন রাস্তার উপরিস্তরের নির্মাণ সামগ্রী বিভিন্ন অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে।
- যখন রাস্তার ফাটল মারাত্মকভাবে দেখা দেয়।
- যখন বিদ্যমান উপরিতলে গাড়ির চাকা হড়কাইয়া (slipping) যাওয়ার প্রতিরোধ ক্ষমতা পুনঃস্থাপনের প্রয়োজন হয়।

প্রি-মিক্সড সীল কোট পদ্ধতি ঃ

১) রাস্তার উপরিতলের সমস্ত আবর্জনা ব্রাশ দিয়ে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

২) প্রি-মিক্সড সীল কোট করার পূর্বে উপরিতলের সমস্ত পট-হোল (যদি থাকে) মেরামত করে নিতে হবে।

৩) বিটুমিন প্রয়োগের পূর্বে পেভমেন্টের উপরিতল শুষ্ক আছে কিনা তা পরীক্ষা করে নিতে হবে। ভেজা আবস্থায় উপরিতল ড্রেসিং- এর কাজ কোন অবস্থাতেই করা যাবে না।

৪) শুকনা ও পরিষ্কার উপরিতলে প্রতি বর্গমিটারের ০.৭৫ কেজি হারে টেক কোট প্রয়োগ করতে হবে।

৫) মিশ্রণের পূর্বে বিটুমিন ও নুড়ি পাথর পৃথকভাবে গরম করে নিতে হবে এবং তাপমাত্র ১৪০-১৬০^{0} সেন্টিগ্রেডের মধ্যে আনতে হবে। ০.০১৭ ঘন মিটার নুড়ি পাথরের সাথে ১.২৭ কেজি বিটুমিন মেশাতে হবে যতক্ষণ না মিশ্রিত বস্তুর রং একই রকম হয়। গরম বিটুমিন ও পাথর অবশ্যই চুলার বাইরে আলাদা স্থানে মেশাতে হবে।

৬) যদি যানবাহনের গতিপথ পরিবর্তন করা সম্ভব হয় তবে সড়কের এক প্রান্ত হতে শুরু করে অপর প্রান্ত পর্যন্ত ধারাবাহিক ও লম্বালম্বিভাবে বিটুমিন ছিটিয়ে দিতে হবে। আর যদি যানবাহনের গতিপথ পরিবর্তন করা সম্ভব না হয় তবে সড়কের প্রস্থের অর্ধেক বরাবর বিটুমিন প্রয়োগ করতে হবে। প্রস্থের অপর অর্ধেকে বিটুমিন প্রয়োগের সময় পূর্বের কোটের সাথে অবশ্যই অংশতঃ আবৃত করতে হবে।

৭) গরম বিটুমিনের সাথে এগ্রিগেটের বন্ডিং নিশ্চিত করার জন্য সাথে সাথে রোলার দিয়ে দৃঢ়ীভবন করতে হবে। যতদূর সম্ভব হালকা রোলার দিয়ে রোলিং করতে হবে যাতে এগ্রিগেট ভেংগে না যায়।

৮) সাধারণতঃ ৪ টন রোলার ২ থেকে ৪ বার পরিভ্রমণ যথেষ্ট। ৮ -১০ টন রোলারের ক্ষেত্রে ১ থেকে ২ বার পরিভ্রমণ যথেষ্ট। কিনারা থেকে শুরু করে অপর প্রান্ত পর্যন্ত লম্বালম্বিভাবে রোলিং করতে হবে যাতে প্রতিটি রোলারের পথ পূর্ববর্তী রোলারের পথের কিছু অংশ আবৃত করে।

৯) দৃঢ়ীভবনের পর নতুন মেরামতকৃত উপরিতলে প্রতি বর্গমিটারে ০.০৯ ঘনমিটার হালে বালি (এফএম ০.৮০) ছিটিয়ে ঢেকে দিতে হবে যেন গাড়ীর চাকার সাথে নতুন স্তর উঠে না যায়। মেরামতের পর ৬ ঘন্টা পর্যন্ত গাড়ী চলাচল বন্ধ রাখতে হবে।

৮.৭ কংক্রিট কাঠামো রক্ষণাবেক্ষণ

কংক্রিটের তৈরী যে কোন কাঠামোতে মূলতঃ তিনটি ক্ষতির চিহ্ন দৃশ্যমান হয়, যেমন ঃ

- ফাটল ধরা (Cracking)
- ধ্বসে যাওয়া (Spalling)
- বিচ্ছিন্ন হওয়া (Disintegration)

এই ক্ষতিগুলো তাৎক্ষণিকভাবে চিহ্নিত করা যায় এবং এদের পারস্পরিক পার্থক্যও নিরূপণ করা যায়।

প্রত্যেকটি ক্ষতি বহুবিধ কারণে ঘটতে পারে। এ ক্ষতিগুলো মেরামতের পূর্বে এর উৎপত্তির কারণ খতিয়ে দেখা খুবই জরুরী।

৮.৭.১ কংক্রিট কাঠামোর ক্ষতির কারণসমূহ

যে সকল কারণে কংক্রিট কাঠামো ক্ষতিগ্রস্ত হয় তার কতকগুলো নীচে উল্লেখ করা হলো ঃ

১) কংক্রিট কাঠামো নির্মাণকালে সংঘটিত দুর্ঘটনা (Occurrences incident to Construction operation),

২) শুষ্ক সংকোচন (Dry shrinkage),

৩) তাপমাত্রার পীড়ন (Temperature stresses),

৪) কংক্রিট কর্তৃক আর্দ্রতা শোষণ (Absorption of moisture by the concrete),

৫) রডে মরিচা ধরা (Corrosion of the reinforcement),

৬) রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reaction),

৭) আবহাওয়াজনিত কারণ (Weathering),

৮) ঘর্ষণজনিত কারণে ক্ষয় (Erosion due to abrasion),

৯) দুর্বল ডিজাইন ডিটেইলস্ (Poor design details)

১০) ডিজাইনে ত্রুটি (Error in design) ।

৮.৭.২ কংক্রিট কাঠামো নির্মাণকালে সংঘটিত দূর্ঘটনা

নির্মাণ কাজ চলাকালীন যে কোন পর্যায়ে অনুপোযোগী পদ্ধতির প্রয়োগ অথবা অসাবধানতার কারণে নিম্নমানের কংক্রিট তৈরী হতে পারে। এ ধরণের ক্ষতিগ্রস্ত কংক্রিট অতি সহজেই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

সাধারণত: নিম্নবর্ণিত কারণে কংক্রিট স্ট্রাকচার ক্ষতিগ্রস্ত হয়ে থাকে ঃ

১) ফর্মওয়ার্ক ও খুঁটি (Props) সরে গেলে,

২) কংক্রিটের উপাদানসমূহের পৃথকীকরণ (Segregation) হলে,

৩) ব্লিডিং (Bleeding) হলে,

৪)অপর্যাপ্ত দৃঢ়ীভবন করলে,

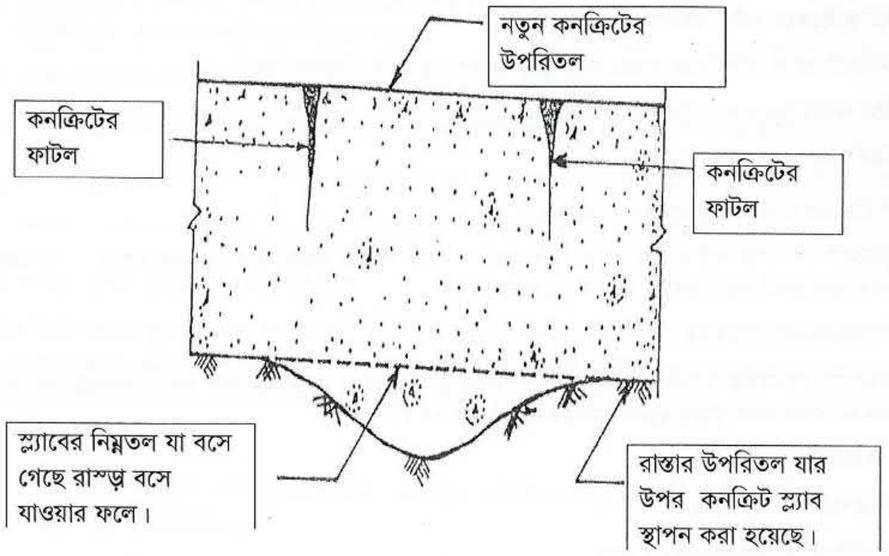
৫)কংক্রিট পর্যাপ্ত শক্তিশালী হওয়ার পূর্বেই ফর্মওয়ার্ক ও খুঁটি সরিয়ে নিলে,

৬) পানি ও সিমেন্টের অনুপাত সঠিক না হলে,

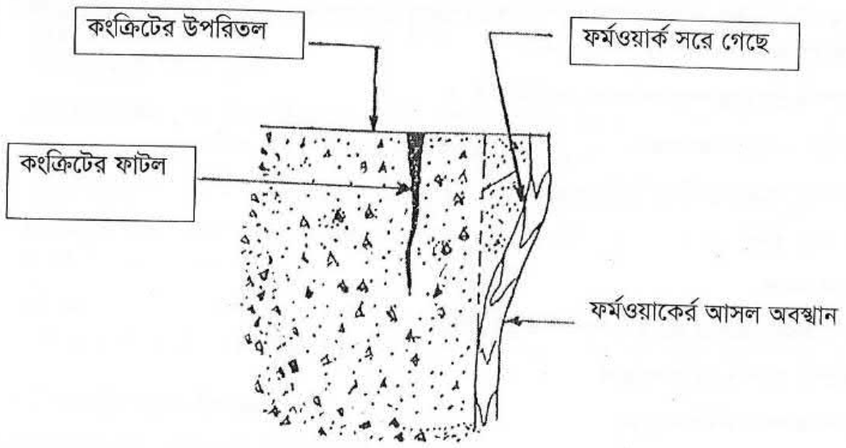
৭) কংক্রিট মিশ্রনের অনুপাত সঠিক না হলে,

৮) পরিমাণ মত কিউরিং না করলে,

৯) নির্মাণের সময় কোন কারণে অল্প জায়গা জুড়ে বেস বসে গেলে (অসমানভাবে বসে যাওয়া)।



চিত্র ৮-৩ঃ রাস্তার বেস বসে যাওয়ায় কংক্রিট স্ল্যাব বসে গেছে।



চিত্র ৮- ৪ঃ কংক্রিট প্রস্তুত করার সময় ফর্মওয়ার্ক সরে যাওয়ায় কংক্রিটে সৃষ্ট ফাটল

৮.৭.৩ কংক্রিটে কাঠামোতে ফাটল মেরামত

বিভিন্ন কারণে কংক্রিটে ফাটল দেখা দিতে পারে। কংক্রিটের ফাটলকে প্রধানতঃ দুইভাগে ভাগ করা যায়, যথাঃ

১) নিষ্ক্রিয় ফাটল (Inactive Crack or Dead Crack)

২) সক্রিয় ফাটল (Active Crack) ।

১) নিষ্ক্রিয় ফাটল (Dead Crack or Inactive Crack) ঃ

কংক্রিট কাঠামোর যে সমস্ত ফাটল স্থির থাকে, বৃদ্ধি হয় না তাকে নিষ্ক্রিয় ফাটল বলে। নিষ্ক্রিয় ফাটল অসম্প্রসারণশীল (Rigid) পদার্থ দ্বারা ভরাট করে মেরামত করা যেতে পারে।

২) সক্রিয় ফাটল (Active Crack) ঃ

কংক্রিট কাঠামোর যে সমস্ত ফাটল স্থির থাকে না, বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় তাকে সক্রিয় ফাটল বলে। কংক্রিট কাঠামোর ত্রুটি উৎঘাটনপূর্বক সংশোধন করে সক্রিয় ফাটল মেরামত করা যেতে পারে।

সক্রিয় ফাটল দুই প্রকার, যথা ঃ

ক) জীবন্ত ফাটল (Live Crack)

খ) বর্ধনশীল ফাটল (Growing Crack)

ক) জীবন্ত ফাটল (Live Crack):

জীবন্ত ফাটলের প্রস্থ স্থির থাকে না। সাধারণত: কাঠামোর ভর বা তাপমাত্রার তারতম্যের কারণে ফাটলটি সংকীর্ণ হয় আবার বৃদ্ধি পায়। যদি জীবন্ত ফাটল অসম্প্রসারণশীল পদার্থ দ্বারা পূরণ করা হয় তাহলে ঐ মেরামত কাজ নষ্ট হয়ে যাবে কিংবা মেরামতের পাশ দিয়ে নতুন ফাটল দেখা দিবে। জীবন্ত ফাটল মেরামত কাজে যথেষ্ট নমনীয় মালামাল ব্যবহার করতে হবে যাতে মেরামতটি কাঠামোর পরিবর্তনশীল অবস্থার প্রতিক্রিয়া সহ্য করতে পারে অথবা অন্য কোন উপায়ে কাঠামোটির পরিবর্তনশীল অবস্থা প্রতিহত করার ব্যবস্থা করতে হবে।

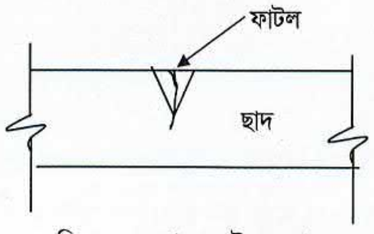
খ) বর্ধনশীল ফাটল (Growing Crack) ঃ

ফাটল সৃষ্টির কারণ যদি দূর করা না হয়, তবে ঐ ফাটল তার প্রস্থ বরাবর বৃদ্ধি পেতে থাকে। রডে মরিচা ধরার ফলে সৃষ্ট ফাটল সাধারণতঃ একটি বর্ধনশীল ফাটল। বর্ধনশীল ফাটল মেরামতের সময় তার সৃষ্টির কারণ দূর করা প্রয়োজন নতুবা পুনরায় ফাটল সৃষ্টি হবে।

৮.৭.৪ কংক্রিট ছাদে ফাটল মেরামত

ছাদ দিয়ে পানি পড়া একটি খুব সাধারণ ত্রটি। ছাদ দিয়ে পানি পড়তে থাকলে রডে মরিচা পড়বে, রড ক্রমশঃ ক্ষয় হবে এবং পর্যায়ক্রমে কংক্রিট ধ্বসে পড়বে। উপরন্ত পানি পড়তে থাকলে স্যাতস্যাঁতে অবস্থার কারণে অস্বাস্থ্যকর পরিবেশের সৃষ্টি হয়। এছাড়া কাঠামোগত নিরাপত্তার কারণে ছাদ দিয়ে পানি পড়া বন্ধ করা প্রয়োজন।

মেরামত পদ্ধতিঃ



চিত্র ৮- ৫ঃ ছাদে ফাটল মেরামত

১. ফাটল বরাবর মেরামততব্য স্থান ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে।

২. ছাদের কংক্রিটকে কেটে V-আকারে গর্ত করে কাটতে হবে যাতে V এর উপরিভাগ কমপক্ষে ৬ মিমি চওড়া হয় এবং V এর গভীরতা ফাটলের শেষ পর্যন্ত হয়।

৩. V-আকারে কাটা গর্তের মধ্যে সমস্ত লুজ কংক্রিট সরাতে হবে

৪. পুরানো কংক্রিট ২৪ ঘন্টা ভাল করে ভিজিয়ে রাখতে হবে যাতে ঐ কংক্রিট নুতন করে আর পানি শুষে নিতে না পারে।

৫. মেরামতের পুর্বে মেরামতব্য স্থানে সিমেন্ট গ্রাউট দিয়ে প্রলেপ দিতে হবে।

৬. অতঃপর ১ঃ২ অনুপাতের সিমেন্ট-বালু মসলা ভরে দিতে হবে। প্রয়োজন মতো ফিনিশিং করতে হবে।

৭. মেরামতকৃত স্থানটি কমপক্ষে ১৪ দিন ভাল করে কিউরিং করতে হবে। ছাদের উপরিভাগে চট দিয়ে ভিজিয়ে রাখা উত্তম।

৮. Non-shrink Grout ব Epoxy ব্যবহার করে এ ধরনের ফাটল মেরামত করা আরও উত্তম।

৮.৭.৫ কংক্রিট ছাদের তলায় রড পর্যন্ত খসে পড়া

ছাদের তলায় ক্লিয়ার কভার কম হলে বাতাসে জলীয় বাষ্প কংক্রিটের ভিতর ঢুকে পড়ে। এতে করে রডে মরিচা পড়ে। মরিচার কারণে রড ফুলে উঠে। ফলে রডের নীচে ঢালাই ও প্লাষ্টার খসে পড়ে। বিষয়টি মেরামত করা না হলে আস্ত আস্তে রড পুরাটাই নষ্ঠ হয়ে যায় এবং ছাদ ধ্বসে পড়ে। এ জাতীয় ক্ষয় অতি সত্তর মেরামত করা প্রয়োজন।

মেরামত পদ্ধতি

১. মেরামত স্থান ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে। সমস্ত লুজ কংক্রিট সরাতে হবে এবং রড়ের সঙ্গে জড়িয়ে বা লেগে থাকা মরিচা সরিয়ে ফেলতে হবে।

২. পুরানো কংক্রিট ২৪ ঘন্টা ভাল করে ভিজিয়ে রাখতে হবে যাতে ঐ কংক্রিট নুতন করে আর পানি শুষে নিতে না পারে।

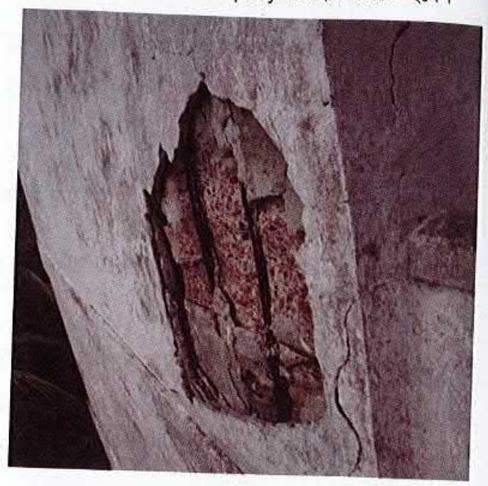
৩. মেরামতের পুর্বে মেরামতব্য স্থানে সিমেন্ট গ্রাউট দিয়ে প্রলেপ দিতে হবে।

৪. অতঃপর ১ঃ২ অনুপাতের সিমেন্ট-বালু মসলা ভরে দিতে হবে। প্রয়োজন মতো ফিনিশিং করতে হবে।

৫. মেরামতকৃত স্থানটি কমপক্ষে ১৪ দিন ভাল করে কিউরিং করতে হবে।

বর্তমান সময়ে guniting shotcrete ব্যবহার করা সবচেয়ে উত্তম। কেননা, এখানে কোন shuttering এর প্রয়োজন হয় না। এজন্য non-shrink grout ব্যবহার করতে হবে। নতুন কংক্রিটের সাথে পুরাতন কংক্রিটের বন্ডিং এর জন্য epoxy ব্যবহার করতে হবে।

চিত্র ৮- ৬ঃ ছাদের রডে মরিচা পড়ে প্লাষ্টার ও কংক্রিট ক্ষসে পড়েছে



চিত্র ৮- ৭ঃ বিমের রডে মরিচা পড়ে কংক্রিট খসে পড়েছে

৮.৮ ইমারত রক্ষণাবেক্ষণ

ইমারত রক্ষণাবেক্ষণের কাজ করতে হলে ইমারতের বিভিন্ন কাজ সম্পর্কে ধারনা থাকা প্রয়োজন। একটি ইমারতের অধিনে সাধারণ কাজগুলো হল ঃ

১) ইটের গাথুনীর কাজ,

২) কংক্রিট ও লোহা কংক্রিটের কাজ,

৩) ইটের গাথুনীর এবং কংক্রিটের উপর প্লাষ্টারের কাজ,

৪) কাঠের কাজ,

৫) লোহার গ্রীলের কাজ,

৬) পয়ঃ নিষ্কাশন এবং পানি সরবরাহের কাজ,

৭) বিদ্যুতায়নের কাজ,

৮) জল ছাদের কাজ,

৯) অন্যান্য আনুষঙ্গিক কাজ।

ইটের গাঁথুনী এবং কংক্রিটের কাজ একটি ইমারতের কাঠামো গঠন করে, প্লাষ্টার ও রং এর কাজ কাঠামোর সৌন্দর্য বৃদ্ধি এবং আবহাওয়ার বিরূপ প্রতিক্রিয়া থেকে কাঠামোকে রক্ষা করে। পক্ষান্তরে পয়ঃ নিষ্কাশন, পানি সরবরাহ এবং বিদ্যুতায়নের কাজ ইমারতকে ব্যবহার উপযোগী করে তোলে। রক্ষণাবেক্ষণের উদ্দেশ্য হল ইমারত ব্যবহার উপযোগী রাখা এবং ইমারতের কার্যকারিতার সময়কাল বৃদ্ধি করা। এজন্য ইমারতের বিভিন্ন প্রকার রক্ষণাবেক্ষণ সময়মত শেষ করা প্রয়োজন।

ইমারত রক্ষণাবেক্ষণের অতি সাধারণ কাজগুলো হল ঃ

ক) প্লাষ্টার মেরামত করা,

খ) ইমারতের দেয়ালে এবং ছাদের নিম্নতলে রং করা (চুন কাম, কালার ওয়াশ এবং ডিসটেম্পার ইত্যাদি),

গ) ক্ষতিগ্রস্ত দরজা এবং জানালা মেরামত করা,

ঘ) কাঠের কাজের উপর রং করা (দরজা, জানালা, ট্রাস, খুঁটি ইত্যাদি),

ঙ) পানির পাইপ লাইনের মেরামতের কাজ (পানির পাইপ ছিদ্র , ক্রটিযুক্ত পানির টেপ, পানির পাইপ বন্ধ হয়ে যাওয়া ইত্যাদি মেরামত),

চ) বিদ্যুৎ লাইনের তার পুনঃস্থাপন করা,

ছ) কংক্রিটের কাজ মেরামত করা (ফাটল, ধ্বসে পড়া ও বিচ্ছিন্ন হওয়া)

জ) লোহার কাজ মেরামত ও রং করা,

ঝ) ছাদের ছিদ্র মেরামত করা,

ঞ) দেয়ালের গায়ে গাছ- গাছড়া জন্মালে তা উঠিয়ে ফেলা।

৮.৯ প্লাষ্টার কাজ রক্ষণাবেক্ষণ

প্লাষ্টার ইমারতের জন্য খুব প্রয়োজনীয় একটা আইটেম। সাধারণত ১ঃ ৪ বা ১ঃ ৬ অনুপাতে দেয়াল ও ছাদের তলে প্লাষ্টার করা হয়ে থাকে। ফাটল, খসে পড়া, চটলা উঠা, সেঁতসেঁতে হওয়া ইত্যাদি বিভিন্ন প্রকার অবক্ষয় প্লাষ্টার কাজে পরিলক্ষিত হয় যা রক্ষণাবেক্ষণ কাজের মধ্যে অন্তর্ভূক্ত করা প্রয়োজন। মেরামততে পূর্বে অবশ্যই এগুলো অবক্ষয়ের কারণ অনুসন্ধান করা প্রয়োজন। প্লাষ্টারে প্রধানতঃ নিম্নলিখিত কারণে ফাটল ধরে থাকে ঃ

১) ইমারতের কাঠামোগত ক্রটি এবং উপরিতল ধারাবাহিক না হওয়ার কারণে,

২) অতি ভেজা স্থানে প্লাষ্টার করলে,

৩) প্লাষ্টারিং এর পূর্বে পুরানো তল সঠিকভাবে তৈরী করে না নিলে,

৪) প্লাষ্টার অতি তাড়াতাড়ি শুকিয়ে গেলে,

৫) মোটা স্তরের প্লাষ্টারে অতিরিক্ত সংকোচন হলে,

৬) প্লাষ্টার অপর্যাপ্ত কিউরিং করলে।

সাধারণতঃ নিম্নলিখিত কারণে প্লাষ্টার খসে পড়ে ঃ

কাঠামোর গাত্রের সহিত প্লাষ্টার সংযুক্ত না হলে,

কাঠামোর গাত্র অতি আর্দ্র থাকলে,

কাঠামোর গাত্র অথবা প্লাষ্টার অতিরিক্ত গরম হলে,

প্লাষ্টার তাড়াতাড়ি শুকিয়ে গেলে।

প্লাষ্টার মেরামতের সাধারণ কিছু কাজ ঃ

১) সাধারণতঃ প্লাষ্টারের সুক্ষ ফাটলগুলি চুনকাম করার পর আর থাকে না।

২) প্লাষ্টারের বড় ফাটলগুলি প্লাষ্টার অব পেরিস, সিমেন্ট এবং বালি ১ঃ২ঃ৭ অনুপাত (ওজনে) মিশ্রিত মসলা দিয়ে পূরণ করতে হবে। একবারে ততটুকু মসলা তৈরী করতে হবে যা তৈরী করার আধা ঘন্টার মধ্যেই ব্যবহার করতে পারা যায়।

৩) খসে পড়া প্লাষ্টারের স্থানে পুনরায় প্লাষ্টার করে মেরামত করতে হবে।

৪) অভিজ্ঞতা থেকে জানা গেছে যে, কোন প্লাষ্টারে আঘাত করলে যদি ধাতব শব্দ না পাওয়া যায় তাহলে তা খারাপ প্লাষ্টার এবং ঐ প্লাষ্টার তুলে ফেলে পুনরায় প্লাষ্টার করে মেরামত করতে হবে। মেরামতের পূর্বে ঐ স্থান ভালভাবে পরিষ্কার করে পানি দিয়ে ভিজিয়ে নিতে হবে। তারপর নতুন মসলা দিয়ে মেরামত করে সঠিকভাবে কিউরিং করতে হবে।

চুনকাম এবং রঙিন প্রলেপের কাজ ঃ

১) যে কোন তলের উপর চুনকাম বা রঙিন প্রলেপ দেওয়ার পূর্বে তা ভাল করে পরীক্ষা করে নিতে হবে।

২) প্লাষ্টারের মধ্যে যদি কোন ফাটল বা ছোট-খাট গর্ত বা ছিদ্র থেকে থাকে তা মেরামত করে নিতে হবে।

৩) চুনের তৈরী পুটি দিয়ে ছোট-খাট গর্ত বা ছিদ্র ভরাট করে নিতে হবে।

৪) সকল ত্রুটি মেরামতের পর কমপক্ষে ২৪ ঘন্টা তা শুকিয়ে নিতে হবে। তারপর এর উপর চুনকাম করা যেতে পারে।

৫) যদি পুরাতন চুনকামের বা রঙিন প্রলেপের উপর পুনরায় চুনকাম করতে হয় তাহলে ২ নং শিরিষ কাগজ দিয়ে পুরাতন চুনকাম ভাল করে ঘষে পরিষ্কার করে নিতে হবে। ভাল করে তল তৈরী করার পর চুনকামের প্রথম প্রলেপ দিতে হবে।

৬) প্রথম প্রলেপ শুকানোর পর পরবর্তী প্রলেপ দিতে হবে।

৮.১০ ছাদে পানি চোয়ানো

ইমারতের ছাদে পানি চোয়ানো একটা সাধারণ ত্রুটি। ছাদে পানি চোয়ানোর দরুণ রডে মরিচা পড়ে ক্রমশঃ ক্ষয় হতে থাকে যার ফলে পর্যায়ক্রমে কংক্রিট ধ্বসে পড়ে। এ ছাড়াও পানি চুঁইয়ে ছাদ সেঁতসেঁতে হয় যা অস্থাস্থ্যকর। অতএব অস্বাস্থ্যকর পরিবেশ হতে রেহাই পাওয়ার জন্য এবং কাঠামোগত নিরাপত্তার নিমিত্তে ছাদ মেরামত করা অত্যন্ত প্রয়োজন। ছাদে পানি চোয়ানোর সম্ভাব্য কারণগুলি হলো ঃ

১) ছাদে ফাটল থাকা,

২) ছাদের কংক্রিট হানি কম্ব থাকা,

৩) ছাদে পানি জমে থাকা,

৪) ছাদে নিম্নমানের কংক্রিট ব্যবহার করা।

ছাদের ফাটল নিম্ন বর্ণিত পদ্ধতিতে মেরামত করা যেতে পারে ঃ

ক) মেরামতের স্থান ভালভাবে পরিষ্কার করে ফাটল রেখাগুলো সনাক্ত করে নিতে হবে,

খ) ছাদের কংক্রিটে কেটে ইংরেজি অক্ষরের ভি-আকারের (V-shaped) খাঁজ করে নিতে হবে যার উপরিভাগ যেন কমপক্ষে ছয় মিলিমিটার চওড়া হয়,

ক) পুরানো কংক্রিট ভাল করে এমনভাবে ভিজিয়ে নিতে হবে যার বাইরের দিকে অতিরিক্ত পানি থাকবে না এবং নতুন মশলা থেকে পানি শুঁষে নিবে না,

ঘ) মেরামতের স্থানে সিমেন্টের গ্রাউট দিয়ে প্রলেপ দেয়ার পর ১ঃ২ অনুপাতের সিমেন্ট-বালির মসলা দিয়ে ভরে দিতে হবে,

ঙ) মেরামতের স্থান ১৪ দিন পর্যন্ত ভিজা বস্তা দিয়ে কিউরিং করতে হবে।

ছাদে ফাটলের বেলায় উপরোক্ত পদ্ধতিতে মেরামত করা যেতে পারে। অন্যান্য উপায়ে ফাটল মেরামতের পদ্ধতি সম্পর্কে বর্ণনা পূর্বেই করা হয়েছে। কখনও কখনও ছাদের বাহিরের দিকে ঢাল রেখে জলছাদ (২ঃ২ঃ৭) দিয়ে ফাটলকে বন্ধ করা যায়।

৮.১১ দেয়ালের স্যাঁতস্যাঁতে অবস্থা

ইমারত রক্ষণাবেক্ষণের ক্ষেত্রে স্যাঁতস্যাঁতে (Dampness of Wall) অবস্থা খুবই সাধারণ ত্রুটি। কোন কারণে পানি প্রবেশ করলে ইমারতে স্যাঁতস্যাঁতে ভাব দেখা দিতে পারে। ইমারত স্যাঁতস্যাঁতে হওয়ার প্রধান কারণগুলো হল ঃ

- নিম্নমানের নির্মাণ সামগ্রী ব্যবহার করার ফলে,
- খারাপ কারিগরি কৌশলের কারণে,

- ত্রুটিপূর্ণ নির্মাণের কারণে।

দেয়ালের স্যাঁতস্যাঁতে অবস্থা থেকে পরিত্রানের উপায় ঃ

১) স্যাঁতস্যাঁতে অবস্থা কেবলমাত্র ইমারতের স্থায়ীত্বকালই কমায় না, বসবাসকারীদের জন্য একটা অস্বাস্থ্যকর অবস্থারও সৃষ্টি করে।

২) অতএব সতর্কতার সাথে এ স্যাঁতস্যাঁতে প্রতিরোধের ব্যবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন সাধারণতঃ ইমারত নির্মাণের সময় যথেষ্ট পরিমাণ যত্ন নেওয়া উচিৎ যাতে স্যাঁতস্যাঁতে অবস্থা হতে রেহাই পাওয়া যায়।

৩) কিন্তু যদি নির্মাণোত্তর ইমারতে স্যাঁতস্যাঁতে দেখা দেয় তাহলে তা দূরীকরণের জন্য অস্থায়ী ব্যবস্থা নিতে হবে।

৪) স্যাঁতস্যাঁতে প্রতিরোধ করার জন্য কোন পরামর্শ দেওয়ার পূর্বে একজন প্রকৌশলীকে সর্বপ্রথম সেঁতসেঁত হওয়ার কারণ উদ্‌ঘাটন করতে হবে।

৫) এই স্যাঁতস্যাঁতে হওয়ার কারণগুলির প্রকৃত উৎসের চাক্ষুস প্রমাণের সন্ধান করাই হবে এর মূল লক্ষ্য।

৬) প্রথমে ক্ষতিগ্রস্থ দেয়ালের প্লাষ্টারকে সরিয়ে ফেলে ইটের জোড়াগুলি ভালভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

৭) বিভিন্ন ব্যবসা প্রতিষ্ঠানের নামে তৈরী পানি প্রতিরোধক দ্রবন (Water Proofing Solution) বাজারে পাওয়া যায়। উৎপাদনকারীর নির্দেশ মোতাবেক এ পানি প্রতিরোধক দ্রবণ (Water Proofing Solution) সিমেন্টের সাথে মিশিয়ে দেয়ালের গায়ে প্লাষ্টার করতে হবে। পরে যথাযথভাবে curing করতে হবে।

৮) অনেক সময় পানি প্রতিরোধক বস্তু হিসাবে সাবান ব্যবহার করা যেতে পারে। এক্ষেত্রে সিমেন্টের শতকরা দুইভাগ সাবান সিমেন্ট-বালি মসলার পানির সাথে মিশিয়ে তা ব্যবহার করতে হবে।

৯) Damp Proofing Membrane ব্যবহার করেও স্যাঁতস্যাঁতে অবস্থা থেকে পরিত্রাণ পাওয়া যায়।

৮.১২ নোনা ধরা (Efflorescence Effect)

Cement, Aggregate, পানি অথবা এডমিক্সচার এর মধ্যে দ্রবনীয় লবণ থাকার কারণে এ ধরনের ত্রুটি নোনা (Efflorescence Effect) দেখা যায়। এ লবণযুক্ত উপাদান পানিতে ভেজার পর পুনরায় শুকালে উক্ত প্লাষ্টারের উপরিভাগ সাদা সাদা দাগ পড়ে যা সমগ্র উপরিভাগকে কুৎসিত করে ফেলে। আবার লবণ আবহাওয়া হতে সরাসরি আর্দ্রতা শোষণ করার পর শুকিয়ে এ ধরনের দাগ দেখা যায়। নোনার দাগ প্রাথমিকভাবে তেমন ক্ষতিকারক না হলেও চুনকাম বা রঙিন প্রলেপকে নষ্ট করে ফেলে । বছরের পর বছর এ ঘটনা ঘটতে থাকলে তা কাঠামোর ক্ষতি সাধন করে থাকে। বারবার চুনকাম করে সাময়িকভাবে নোনা ধরা অপসারণ করা যায়।

পূর্ণাঙ্গভাবে Efflorescence Effect থেকে রক্ষার জন্য যে কোন Cementitous Building Material এর Carbonation Process বন্ধ করতে হয়, এক্ষেত্রে বিভিন্ন Anti-Carbonation Chemecal ব্যবহার করা যেতে পারে।

চিত্র ৮- ৮ঃ নোনা পড়ে ক্ষতিগ্রস্ত ওয়াল

৮.১৩ ফেরোসিমেন্টের সাহায্যে মেরামত

ফেরোসিমেন্ট হলো এক বিশেষ ধরণের কংক্রিট। সাধারণ কংক্রিট ও ফেরোসিমেন্ট এর মধ্যে মূল পার্থক্য হলো ফেরোসিমেন্টের মধ্যে রিইনফোর্সমেন্ট হিসেবে তারের জালি দেয়া হয়। সংক্ষেপে ফেরোসিমেন্টকে একটা পাতলা কনক্রিটের স্তর বলা যায় যা তারের জালি ও সিমেন্ট মর্টার দিয়ে তৈরী। ফেরোসিমেন্টে ব্যবহৃত মালামাল হল ঃ

- সিমেন্ট, বালি (এফ.এম.২.৫ - ৩.০), তারের জালি ও পানি ।

ফেরোসিমেন্টে সবচেয়ে প্রয়োজনীয় উপাদান হলো তারের জালি। সাধারণতঃ বর্গাকার ফাঁক বিশিষ্ট বুননকৃত গ্যালভানাইজড্ তারের জালি ফেরোসিমেন্ট কাজে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। তারের জালির স্পেসিপিকেশন নিম্নরূপ হতে হবে ঃ

তারের মাপ ঃ ১৮ হতে ২২ গেজ

তারের জালির ফাঁক ঃ ৮ মিমি × ৮ মিমি হতে ১২ মিমি × ১২ মিমি

সাধারণ পানি যা পরিষ্কার, জৈব্য ও ক্ষতিকর পদার্থ মুক্ত তা মর্টার মিশ্রনে ব্যবহার করতে হবে।

মেরামত কৌশল ঃ

ফেরোসিমেন্ট ব্যবহার করে কংক্রিট কাঠামো মেরামতের বিভিন্ন ধাপ নীচে দেওয়া হলো ঃ

উপরিভাগ প্রস্তুতকরণ ঃ

১) মেরামত করার পূর্বে কাঠামো হতে ক্ষতিগ্রস্থ বা জীর্ণ সকল কংক্রিট সম্পূর্ণভাবে অপসারণ করে নিতে।

২) আক্রান্ত জায়গা ভালভাবে পরিষ্কার করে তা ছেনি বা তারের ব্রাশ দিয়ে অমসৃণ আকৃতিতে আনতে হবে এবং তার পর সকল প্রকার আলগা বস্তু বা ময়লা পানি দিয়ে ধুয়ে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

৩) যদি কেবলমাত্র ফাটল মেরামত করতে হয় তবে ফাটলটি চওড়া ও গভীর করে কাটতে হবে। গর্তের পার্শ্ব ঢাল ২ ঃ ১ হতে হবে যাতে ভিতর হতে মর্টার পড়ে না যায়।

৪) গর্তের ভিতরের চার পাশ ভালভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

পুরাতন ইমারতে অনেক সময়ই ছাদের ও বিমের তলা হতে কংক্রিট ধ্বসে পড়তে দেখা যায়। কংক্রিট এরূপ ধ্বসে পড়লে তা মেরামতের জন্য ভিন্নভাবে তল প্রস্তুত করে নিতে হবে। অনেকক্ষেত্রেই পুরোনো কাঠামোতে রডে মরিচা পড়ে কংক্রিট ধ্বসে পড়ে । এসকল ক্ষেত্রে নিম্নবর্ণিত উপায়ে মেরামত কাজ করা যেতে পারে ঃ

১) কাঠামোর এ ধরণের তলসমূহ মেরামতের জন্য তৈরী করতে হলে সকল ত্রুটিপূর্ণ, ক্ষতিগ্রস্থ, অপরিচ্ছন্ন, ছিদ্রযুক্ত অথবা কংক্রিট অপসারণ করে নিতে হবে।

২) যেখানে এ অবস্থা স্পষ্টভাবে বোঝা যায় না সেখানে উপরের কংক্রিট অপসারণ করে ভাল কংক্রিট পর্যন্ত পৌছাতে হবে।

৩) সাধারণভাবে যে কংক্রিট সহজে ভাঙ্গা যায় না তাই ভাল কংক্রিট মনে করা যেতে পারে। আবার অনেকক্ষেত্রে ব্যতিক্রমও হতে পারে।

৪) রড বরাবর সমতল ক্ষেত্রে পুরাতন মসলার সাথে নতুন মসলার সংযোগ ভালভাবে হয় না। অনেকসময় মেরামতকৃত স্থান পুনরায় ধ্বসে যাওয়ার সুযোগ থাকে।

৫) তাই ক্ষতিগ্রস্থ জায়গার কংক্রিট ভেঙ্গে সকল রড সম্পূর্ণভাবে বের করে নিতে হবে এবং কমপক্ষে রডের চতুর্দিকে ২০ মিলিমিটার পরিমাণ ফাঁকা করতে হবে যাতে রডগুলো নতুন ফেরোসিমেন্ট মসলা দিয়ে ঢেকে ফেলা যায়।

তল পরিষ্কার করণ ঃ মেরামতব্য স্থানে ফেরোসিমেন্টের কাজ করার ঠিক পূর্বে তা ভালভাবে পরিষ্কার করে পানি দিয়ে ধুয়ে নিতে হবে। পরিষ্কার করার কাজটি মসলা দেয়ার ঠিক পূর্বেই করতে হবে যাতে করে কোন মাধ্যমে কোন প্রকার ধূলি কনা বা আবর্জনা মেরামতের স্থানে না আসতে পারে।

তল সিক্তকরণ ঃ

মেরামতব্য স্থান পরিষ্কার করার পর তা পানি দিয়ে ভালোভাবে সিক্ত করে নিতে হবে এবং ফেরোসিমেন্ট ঢালার পূর্বে আলগা পানি যাতে না থাকে তার ব্যবস্থা নিতে হবে। সম্পূর্ণ সিক্ততা নিশ্চিত করার লক্ষ্যে ঐ স্থানকে কয়েক ঘন্টা ভিজিয়ে রাখতে হবে।

রড পরিষ্কারকরণ ঃ

বের হয়ে থাকা রডের গা হতে সকল মরিচা, লেগে থাকা ময়লা এবং অন্যান্য উপাদান সুবিধাজনক পদ্ধতিতে পরিষ্কার করে ফেলতে হবে।

বন্ধনীকরণ স্তর ঃ

পুরাতন কংক্রিটের সাথে নতুন ফেরোসিমেন্টের স্তরের পর্যাপ্ত বন্ধনী নিশ্চিত করার জন্য একটা বন্ধনীকরণ স্তর দিতে হবে। পানি সিমেন্টের মিশ্রণ (পানি ও সিমেন্টের অনুপাত ০.৫) বন্ধনীকরণ স্তর হিসেবে ব্যবহার করা যাবে। উক্ত পানি সিমেন্টের মিশ্রণ মেরামতের স্থানে মসলা স্থাপন করার ঠিক পূর্বে প্রয়োগ করতে হবে এবং লক্ষ্য রাখতে হবে যেন তা শুকিয়ে না যায়। এখানে বন্ধনীকরণ স্তর হিসেবে কংক্রিট ইপোক্সি ব্যবহার করা অত্যন্ত উপযোগী হবে।

ফেরোসিমেন্ট স্তরের প্রয়োগ ঃ

ফেরোসিমেন্টের মেরামত কৌশল প্রয়োগের জন্য উপরোল্লিখিত পদ্ধতিতে কংক্রিট কাঠামোর ক্ষতিগ্রস্ত ক্ষেত্র প্রস্তুত করে নিতে হবে।

৮.১৩.১ ফেরোসিমেন্টের সাহায্যে ক্ষয়প্রাপ্ত স্ল্যাব পুনর্বাসন

ফাটল বা চটলা উঠে স্ল্যাব ক্ষতিগ্রস্ত (Rehabilitation of Distressed Slabs) হলে তা ফেরোসিমেন্ট দিয়ে মেরামত করা যায় (চিত্র ৮-৯)। মেরামতব্য স্থান যথাযথভাবে প্রস্তুত করার পর নিম্নে ধাপ সমূহ অনুসরণ করতে হবে ঃ

১) মেরামতব্য উন্মুক্ত জায়গাকে উপরিল্লেখিত নিয়মে প্রস্তুত করে তাতে সিমেন্ট গ্রাউট দিয়ে তার উপর ৬-৮ মিমি পুরু সিমেন্ট-বালি মর্টার (আয়তনে অনুপাত ১ঃ২) প্রয়োগ করতে হবে।

২) ৬ মিমি মোটা পেরেক ৫০০ মিমি অন্তর অন্তর ধাপ-১ এ স্থাপিত মর্টারের উপর পুঁততে হবে। ধাপ-১ এর পূর্বেই ড্রিল করে পেরেক পুঁতে রাখা যেতে পারে।

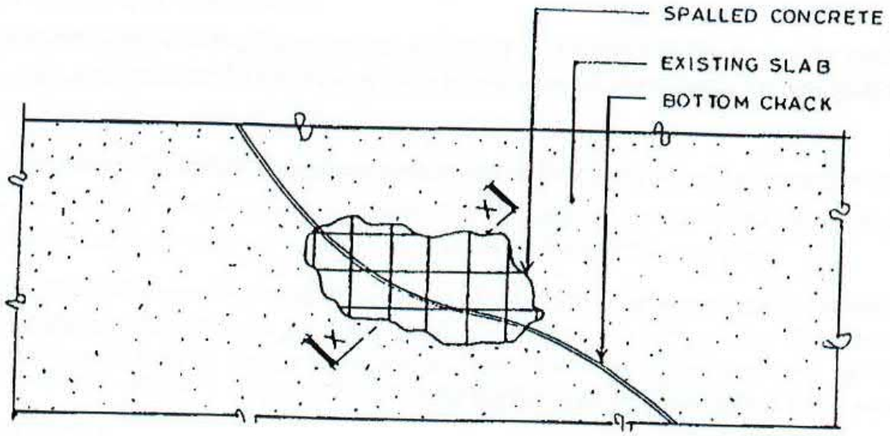
৩) তারের জাল মর্টারের উপর বিছিয়ে ২৪ গেজি তারের সাহায্যে পেরেকের সাথে বাঁধতে হবে। প্রথম মর্টার স্থাপনের ১০-১২ ঘন্টা পর তারের জালি বসানো উচিত।

৪) প্রথম মর্টারের স্তর কিছুটা অমসৃণ করে তারের জালির উপর ৬-৮ মিমি পুরু সিমেন্ট বালি মর্টারের স্তর পুনরায় স্থাপন করতে হবে।

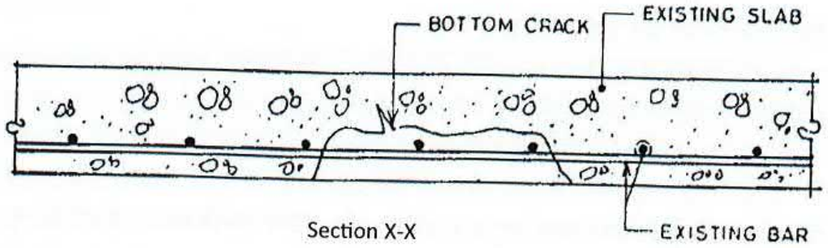
৫) কখনও কখনও দুই স্তরে তারের জালি দেয়া হয়। এরূপ ক্ষেত্রে, উপরে বর্ণিত একই নিয়মে দ্বিতীয় তারের জালি স্থাপন করে তার উপর ৮-১০ মিমি পুরু মর্টার স্থাপন করতে হবে। এখানে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন যে মর্টারের শেষ স্তর যেন নির্দিষ্ট লেভেল পর্যন্ত করা হয়।

৬) মেরামতকৃত স্থান কমপক্ষে ১৪ দিন কিউরিং করতে হবে।

৭) স্লাবে বড় ফাটল মেরামত করার জন্য কোন কোন ক্ষেত্রে ফেরোসিমেন্ট দেয়ার পূর্বে stitching dog ব্যবহার করা হয় (চিত্র ৮-৯)। এসব stitching dog (৬ মিমি ব্যাস বিশিষ্ট রড) ফাটল বরাবর ফাটলের আড়াআড়ি করে পোতা হয়। ফাটলের উপর নির্ভর করে stitching dog এর দৈর্ঘ্য বিভিন্ন মাপের হতে পারে (১৫০-১২৫ মিমি) এবং ইহার দিক্স্থিতি (orientation) এমনভাবে দিতে হবে যাতে কোন এক তলে টান না পড়ে। Stitching করার পর একই নিয়মে Stitching কৃত জায়গায় ফেরোসিমেন্ট প্রয়োগ করতে হবে। একইভাবে ফাটল ও চটলা উঠা স্থান মেরামত করা যায় ।



Typical Slab viewed from bottom



Section X-X

Repairing Methodology

চিত্র ৮-৯: ক্ষয়প্রাপ্ত স্ল্যাব পুনর্বাসন

৮.১৩.২ ফেরোসিমেন্টের সাহায্যে ক্ষয়প্রাপ্ত বীম পুনর্বাসন

ক্ষয়প্রাপ্ত বীম মেরামত ও পুনর্বাসন (Rehabilitation of Beams) করতে তারের জালি এমনভাবে স্থাপন করতে হবে যাতে বীমের দুই ধারের গভীরতা ও বিমের তলা একই সাথে ঢেকে ফেলা সম্ভব হয়। তারের জালি স্থাপন ও দৃঢ়ভাবে আটকানোর জন্য কংক্রিটের মধ্যে ড্রিল করে পেরেক পুঁততে হবে। এ পেরেক ২০০-২৫০ মিমি অন্তর এবং ক্ষয়প্রাপ্ত কংক্রিটের তল হতে ২৫-৩০ মিমি বের করে রাখতে হবে যা ফেরোসিমেন্ট দিয়ে পরবর্তীতে ঢেকে ফেলা যায়। নিম্নে ফেরোসিমেন্ট প্রয়োগ করার পদ্ধতি দেয়া হলো (চিত্র ৮-১০) ঃ -

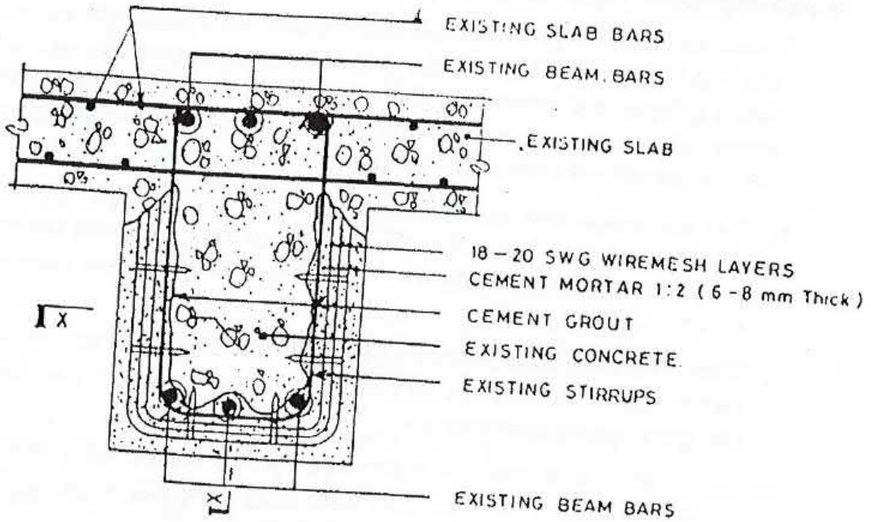
১) বিমের core-section অর্থাৎ main reinforcement এর পরে বিমের অভ্যন্তরে কংক্রিট নষ্ট হয়ে থাকলে তা ছোট দানার কংক্রিট (১ঃ১ঃ২) দিয়ে stirrup পর্যন্ত মেরামত করতে হবে। এ কংক্রিটের জন্য পাথরকুচি যা ৪.৫ মিমি (৩/১৬ ইঞ্চি) চালুনীর মধ্যে অতিক্রম করবে তা মোটা দানার এগ্রিগেট (coarse aggregate) হিসেবে ব্যবহার করা হবে।

২) স্ট্রিরাপ পর্যন্ত ঢালাই করার পর প্রথম তারের জালটি তার উপর বসাতে হবে এবং গ্যালভানাইজ্ড তারের সাহায্যে পেরেকের সহিত শক্ত করে বেঁধে দিতে হবে। এরপর জালির উপর ৬-৮ মিমি পুরুত্ব সিমেন্ট-বালি মর্টার (১ঃ২) সমভাবে স্থাপন করতে হবে।

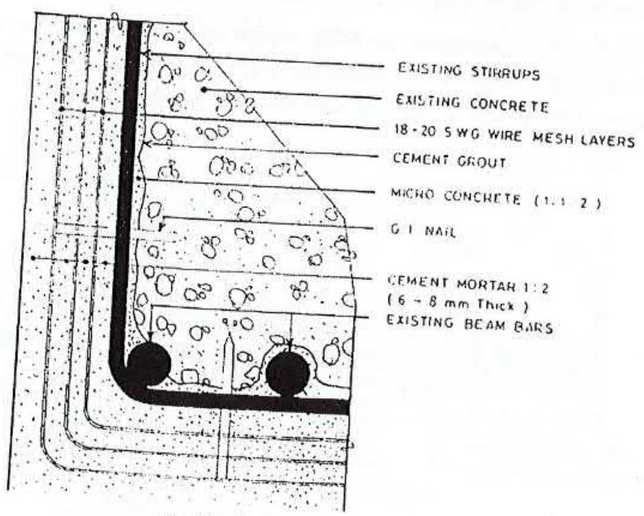
৩) ১০-১২ ঘন্টা পর প্রথম স্তরের মর্টার কিছুটা অমসৃণ করে নিতে হবে এবং দ্বিতীয় স্তরের তারের জালি বসিয়ে প র্বের ন্যায় শক্ত করে বেঁধে দিতে হবে। দ্বিতীয় তারের জালির উপর পুনরায় ৬-৮ মিমি পুরু মর্টার স্থাপন করতে হবে।

৪) পূর্বের প্রস্থচ্ছেদ মত বিমের আকৃতি দেয়ার জন্য প্রয়োজনবোধে তৃতীয় বারের মত তারের জালি ও মর্টার বসাতে হবে। শেষ স্তরের মর্টারের পুরুত্ব ১০-১২ মিমি হতে পারে।

৫) প্রচলিত নিয়মে বিমের মেরামতকৃত তল নির্দিষ্ট লেভেলে এনে মেরামত কাজ শেষ করতে হবে। অতঃপর ১৪ দিন অবিরাম কিউরিং করতে হবে। কিউরিং এর জন্য চট জড়িয়ে তাকে সব সময়ের জন্য ভিজা রাখা উত্তম। এক্ষেত্রে খেয়াল রাখতে হবে যে, চট যাতে কোন অবস্থাতেই শুকিয়ে না যায়।



Repairing Methodology



Section X-X

চিত্র ৮-১০: ক্ষয়প্রাপ্ত বীম পুনর্বাসন

৮.১৩.৩ ফেরোসিমেন্টের সাহায্যে ক্ষয়প্রাপ্ত কলাম পুনর্বাসন

কলামের গা হতে আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে চটলা উঠে কলামের (Rehabilitation of distressed Column) রড বাহির হয়ে পড়ে। এরূপ কলাম মেরামত করতে কোন কোন ক্ষেত্রে skeleton rod ব্যবহার করা হয়। সেক্ষেত্রে skeleton rod কে যথাস্থানে রাখার জন্য GI wire দিয়ে main rod বা পেরেক পুতে তার সাথে বেধে রাখা প্রয়োজন। অতঃপর যথারীতি ferrocement প্রয়োগ করতে হবে। নিম্নে ferro-cement প্রয়োগের পদ্ধতি দেয়া হলো (চিত্র-৮-১১) ঃ -

১) কলামের ভিতরের অংশ (core-section) অর্থাৎ main road বা tie rod এর ভিতরের অংশ (যদি ক্ষতিগ্রস্ত হয়) তা উত্তম কংক্রিট দিয়ে মেরামত করতে হবে। এরূপ ঢালাই ছোট দানার এগ্রিগেড দিয়ে ১ঃ১ঃ২ অনুপাতে হওয়া প্রয়োজন। নুতন ঢালাই main rod এর উপরিতল পর্যন্ত করতে হবে এবং অবশিষ্ট অংশে ferrocement প্রয়োগ করার জন্য খালি রাখতে হবে।

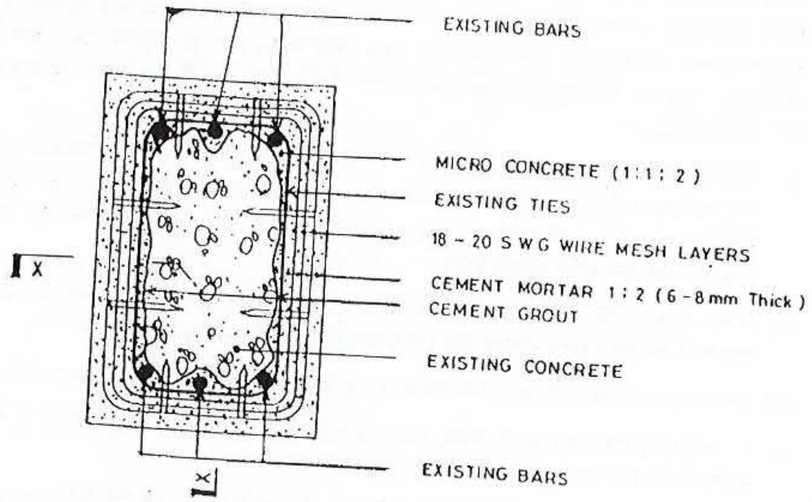
২) মেরামতকৃত ঢালাই এর উপর প্রথম তারের জালি wire mesh বসাতে হবে এবং তা wire GI এর সাহায্যে শক্ত করে যথাস্থানে বেঁধে রাখতে হবে। প্রয়োজনবোধে অতিরিক্ত তারকাটা পুঁততে হবে।

৩) প্রথম তারের জালির উপর ৬-৮ মিলিমিটার পুরুত্বে বালি-সিমেন্টের মর্টার (১ঃ২) প্রয়োগ করতে হবে।

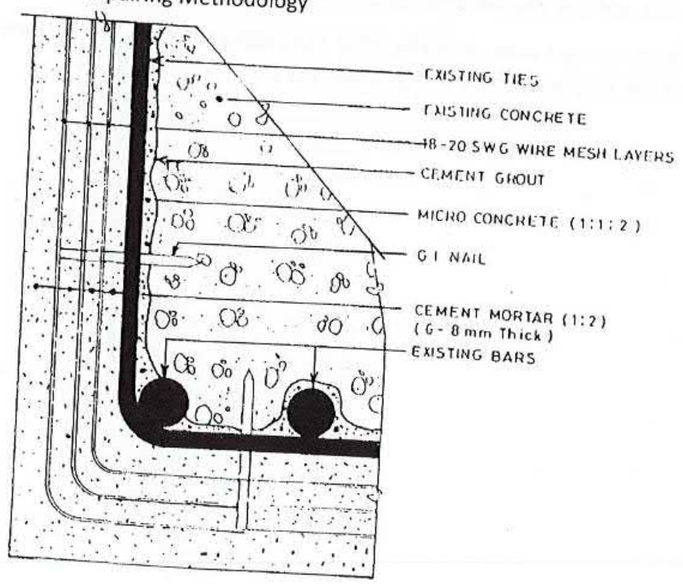
৪) ১০-১২ ঘন্টা পর প্রথম স্তরের মর্টার তারের ব্রাশ দিয়ে কিছুটা অমসৃণ করে তার উপর দ্বিতীয় তারের জালি বসাতে হবে এবং পূর্বের মত মর্টার দিয়ে ঢেকে দিতে হবে।

৫) ১০-১২ ঘন্টা পর পুনরায় তৃতীয় তারের জালি বসিয়ে তার উপর ১০-১৫ মিলিমিটার পুরুত্বে এমনভাবে মর্টার করতে হবে যেন কলামের প্রকৃত প্রস্থচেছদ পাওয়া যায়।

৬) মেরামতকৃত স্থান ভালভাবে কিউরিং করতে হবে। এজন্য চটের বস্তা দিয়ে উক্ত স্থান ঢেকে রাখতে হবে এবং ১৪ দিন পর্যন্ত তা সব সময় ভিজিয়ে রাখতে হবে।



Repairing Methodology



Section X-X

চিত্র ৮-১১ : ক্ষয়প্রাপ্ত কলাম পুনর্বাসন

অধ্যায় ৯

ভূ-গর্ভস্থ মাটি অনুসন্ধান

৯.১ ভূমিকা

প্রকৌশলী কর্তৃক কোন কাঠামো ডিজাইনের পূর্বে অবকাঠামোর ভিতের নীচে মাটির বিভিন্ন অবস্থা সম্পর্কে সঠিক ধারণা নেয়া একান্ত প্রয়োজন। এ উদ্দেশ্যে স্তরে স্তরে মাটি খনন বা Boring করে নমুনা সংগ্রহ করা হয় এবং Laboratory পরীক্ষার মাধ্যমে তার বৈশিষ্ট্য ও গুনাবলী সম্পর্কে সঠিক ধারণা নেয়া হয়। এ কার্যক্রমকে Soil Investigation বা মৃত্তিকা তদন্ত/ অনুসন্ধান বলে। যে কোন Structure এর economy এবং নিরাপদ ডিজাইন এর জন্য Sub-soil Investigation জরুরী।

৯.২ মাটির অনুসন্ধানের উদ্দেশ্য

বৈজ্ঞানিক অর্থে মাটি হচ্ছে গুঁড়া গুঁড়া খনিজ দানার প্রাকৃতিক সমন্বয়। মাটির দানাগুলো ছাড়া ছাড়া অথবা মধ্যম গোছের সংসিক্তপ্রবণ (Cohesive) হয়। মাটি আবার প্রকৃতিগত দিক দিয়ে অজৈব বা জৈব হতে পারে। পানিতে ছেড়ে দিয়ে নাড়াচাড়া করে বা অনুরূপ কোন সহজ যান্ত্রিক পদ্ধতিতে মাটির দানাগুলো আলাদা আলাদা করে ফেলা সম্ভব। প্রাকৃতিক কারণে পাথরের ক্ষয়ীভবন ও বিচূর্ণন প্রক্রিয়ায় মাটির কনা সৃষ্টি হয়। সাধারণত নিম্নবর্ণিত উদ্দেশ্যে Sub-soil Investigation করা হয় ঃ-

১) ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তরস্থ মাটির প্রকৃতি ও বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে ধারণা নেয়া।

২) অভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন স্তরের গভীরতা নির্ণয় করা।

৩) প্রকল্প অঞ্চলে মাটির স্তরের বিভিন্নতা সম্পর্কে নিশ্চিত হওয়া।

৪) প্রয়োজনীয় Laboratory পরীক্ষা করার জন্য নমুনা সংগ্রহ করা।

৫) ভূ-গর্ভস্থ পানির তলের অবস্থান সম্পর্কে ধারণা নেয়া।

৬) প্রস্তাবিত কাঠামোর ভিত্তির ধরণ ও গভীরতা নির্ধারণ করা।

৭) মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা নির্ণয় করা।

৮) প্রস্তাবিত কাঠামো নির্মাণের ক্ষেত্রে সম্ভাব্য সমস্যাসমূহ চিহ্নিত করা।

৯) স্বল্প ব্যয়ে দীর্ঘস্থায়ী ভিত্তি নির্মাণের কৌশল নির্ধারণ করা।

৯.৩ মাটির প্রকারভেদ

দানার আকৃতির উপর নির্ভর করে মাটিকে স্থুল অর্থে মোটা দানা (coarse-grained) ও সূক্ষ্ম দানা (fine grained) - এ দুই ভাগে ভাগ করা হয়।

৯.৩.১ মোটা দানা মাটি

মোটা দানার (Coarse-grained) মাটি হচ্ছে সেই মাটি যার ওজনের অর্ধেকের চেয়েও বেশী মাটির প্রত্যেকটি কণা খালি চোখে দেখা যায়। এই মাটিকে সনাক্ত করতে চাইলে ৩ ইঞ্চি থেকে বড় আকৃতির কণাগুলোকে বাদ দিয়ে দিতে হবে।

৯.৩.২ সূক্ষ্ম দানা মাটি

সূক্ষ্ম দানা (Fine grained) মাটি হচ্ছে সেই মাটি যার ওজনের অর্ধেকের চেয়েও বেশী মাটির প্রত্যেকটি কণা এত সূক্ষ্ম যে তাদেরকে খালি চোখে দেখা যায় না। মুলতঃ দানার আকারের উপর ভিত্তি করে মাটির যে প্রকারভেদ তৈরী করা হয়েছে সেগুলো নীচের টেবিল ৯-১ এ দেয়া হলোঃ

টেবিল ৯-১ঃ দানার আকার ভেদে মাটির প্রকারভেদ

মাটির প্রকার		আকার
মোটা দানা মাটি	নুড়ি পাথর	২ মিমি থেকে বড়
	মোটা বালু	২ মিমি থেকে ছোট এবং ০.৬ মিমি পর্যন্ত
	মধ্যম বালু	০.৬ মিমি থেকে ছোট এবং ০.২ মিমি পর্যন্ত
	সূক্ষ্ম বালু	০.২ মিমি থেকে ছোট এবং ০.০৬ মিমি পর্যন্ত
সূক্ষ্ম দানা মাটি	মোটা পলি মাটি	০.০৬ মিমি থেকে ছোট এবং ০.০২ মিমি পর্যন্ত
	মধ্যম পলি মাটি	০.০২ মিমি থেকে ছোট এবং ০.০০৬ মিমি পর্যন্ত
	সূক্ষ্ম পলি মাটি	০.০০৬ মিমি থেকে ছোট এবং ০.০০২ মিমি পর্যন্ত
	কাদা মাটি	০.০০২ মিমি থেকে ছোট

৯.৩.৩ জৈব মাটি

যে মাটির মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণে জৈব পদার্থ রয়েছে তাকে জৈব মাটি বলে। ক্ষয়প্রাপ্ত শিকড়, গাছের পাতা, ঘাস এবং ক্ষয়প্রাপ্তির বিভিন্ন পর্যায়ের আশঁযুক্ত অন্যান্য উদ্ভিদজাত পদার্থের উপস্থিতি দ্বারা জৈব মাটিকে সহজেই চেনা যায়। ভেজা অবস্থায় এই মাটি গাঢ় ধূসর অথবা কালো রঙের হয় এবং মোলায়েম স্পঞ্জের মত অনুভূত হয়। সদ্য সংগৃহীত মাটির নমুনায় পচনশীল জৈব পর্দাথের বিশেষ গন্ধ পাওয়া যায়। অনেক মাটি কেবলমাত্র আংশিক জৈব হয় এবং প্রকৃতপক্ষে এসব মাটি প্রধানতঃ অজৈব পদার্থ দিয়ে তৈরী থাকে। এ মাটি আদর্শ অজৈব মাটি থেকে ভিন্ন ধর্মী এবং এতে জৈব পদার্থের পরিমাণ তুলনামূলকভাবে কম থাকলেও তা লক্ষ্য করতে হবে। মাটি গাঢ় বাদামী, গাঢ় ধূসর অথবা কালো রঙের হলে, তাতে বেশ কিছু পরিমাণ সূক্ষ্ম দানার জৈব পদার্থ থাকার সম্ভাবনা থাকে। সদ্য সংগৃহীত মাটির নমুনার জৈব গন্ধটি যত্ন সহকারে লক্ষ্য করে সাধারণভাবে জৈব মাটিকে সনাক্ত করা যায়। নমুনাটি শুষ্ক হলে তা ভিজিয়ে পরে ঈষৎ গরম করলে বিশেষ জৈব গন্ধটি পাওয়া সহজ হয়।

৯.৩.৪ মাটির প্রকারভেদ ও বৈশিষ্ট্যসমূহ

মাটির প্রকৃতি ভেদে বালু, পলি, কাদা ও জৈব মাটির বৈশিষ্ট্যসমূহ ভিন্ন হয়ে থাকে। শুষ্ক ও সিক্ত অবস্থায় মাটির বৈশিষ্ট্যসমূহ টেবিল ৯-২ তে দেয়া হয়েছে।

টেবিল ৯- ২ঃ মাটির প্রকার ভেদ

মাটির প্রকৃতি	মাটির-কণার সাধারণ চেহারা	হাতের মধ্যে নিয়ে চাপ দিয়ে ছেড়ে দিলে		সিক্ত অবস্থায় মাটি বৃদ্ধাংগুল ও অন্য আংগুলের সাহায্যে ফিতা আকৃতি দেওয়া যাবে কি না ?
		যখন শুষ্ক	যখন সিক্ত	
বালু	খসখসে চেহারার দানা দানা, শুষ্ক অবস্থায় সর সর করে সরে যেতে পারে	গোলার আকৃতি দেওয়া যাবে না এবং চাপ মুক্ত করে দিলে দানায় দানায় বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়বে	গোলা তৈরী করা গেলেও সামান্য স্পর্শেই গুড়ো হয়ে যাবে	ফিতার আকৃত দেওয়াই যাবে না
পলি	শুষ্ক অবস্থায় ঘোলাটে রঙের, সহজেই ভেঙে পড়ে এবং ভাঙার সময় মোলায়েম অনভূত হয়	গোলার আকৃতি দেওয়া যাবে, যা নাড়াচড়া করলে ভেঙে পড়বে না	গোলার আকৃতি দেওয়া যাবে এবং সিক্ত অবস্থায় অবাধে নাড়াচড়া করা যাবে, সহজেই কাদাকাদা হয়ে পড়বে	একটু ফেটে ফেটে গিয়ে ফিতার আকৃতি নেবে, মোলায়েম অনুভূত হবে
কাদা	কণাগুলো এত ছোট যে খালি চোখে দেখা যায় না,দলাগুলো আঙুল দিয়ে ভাঙা কষ্টকর, সিক্ত অবস্থায় আঠালো	কঠিন একটি গোলার আকৃতি দেওয়া যাবে, যা অবাধে নাড়াচড়া করলেও ভাঙবে না	মোলায়েম একটি গোলার আকৃতি দেওয়া যাবে, যা অবাধে নাড়াচড়া করলেও ভাঙবে না	লম্বা পাতলা ফিতার আকৃতি দেওয়া যাবে, আবার সংহত একটি গোলার আকৃতিতেও আনা যাবে
জৈব মাটি	পচনশীল ঘাস, পাতা, ঝোপ, গাছ ইত্যাদি থেকে এ মাটি তৈরী হয়। মাটির মধ্যে কাঠের আঁশের ন্যায় দ্রব্যাদি সহজেই দৃষ্ট হয়। মাটি কালো ধূসর বা বাদামী রঙের হয়। সচরাচর নীচু জমি বা জলাভূমিতে এ মাটি পাওয়া যায়।			

৯.৩.৫ মিশ্র দানাযুক্ত মাটি

জৈব বা আংশিক জৈব মাটির মধ্যে মোটা ও সূক্ষ্ম এই দু'ধরনের দানাই বর্তমান থাকলে তাকে মিশ্র দানাযুক্ত মাটি বলে। প্রকৃতিতে যে মাটি পাওয়া যায় তার প্রায় সবই মিশ্র দানাযুক্ত। মাটিতে মোটা ও সূক্ষ্ম দানা অথবা জৈব বা অজৈব পদার্থের যে কোন একটির পরিমাণ অন্যান্য অংশ থেকে বেশি ঐ মাটিকে অধিক পরিমাণে বিদ্যমান অংশের নামে নামকরণ করা হয় এবং অল্প পরিমাণে বিদ্যমান অংশটির নামে ঐ মাটির নামের পূর্বে যথাযথ বিশেষণ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। যথাসম্ভব সঠিকভাবে সব মিশ্র দানাযুক্ত মাটির মোটা ও সূক্ষ্ম দানা অংশদ্বয়ের আপেক্ষিক অনুপাত হিসাব করে নেওয়া উচিত।

৯.৪ মাটি পরীক্ষা

৯.৪.১ মোটা দানা মাটি

৩ ইঞ্চি থেকে সূক্ষ্মতর দানাবিশিষ্ট মাটির একটি প্রতিনিধিত্বশীল নমুনা বেছে নিয়ে পরীক্ষার জন্য টেবিলের উপর ছড়িয়ে দিতে হবে। এরপর নিম্ন প্রদত্ত তালিকার সনাক্তকরণ প্রণালী অনুসরণ করতে হবে। সঠিকভাবে সনাক্তকরণের জন্য নমুনার পরিমাণ নিম্নে লিখিত পরিমাণ (টেবিল ৯-৩) অনুযায়ী নিতে হবে।

টেবিল ৯-৩ঃ মাটির প্রতিনিধিত্বশীল নমুনার পরিমান

মোটামুটি বৃহত্তর আকৃতি	নমুনার সর্বনিম্ন পরিমাণ
২ ইঞ্চি - ২ $^{১}/_{২}$ ইঞ্চি	৮ পাউন্ড
১ ইঞ্চি - ১ $^{১}/_{২}$ ইঞ্চি	৪ পাউন্ড
$^{১}/_{৪}$ ইঞ্চি - $^{১}/_{২}$ ইঞ্চি	১ পাউন্ড
$^{১}/_{৮}$ ইঞ্চি থেকে ক্ষুদ্রতর	$^{১}/_{৪}$ পাউন্ড

$^{১}/_{৪}$ ইঞ্চি থেকে মোটা দানার শতকরা পরিমাণ হিসাব করতে হবেঃ

- যদি ৫০% বা তারও বেশি পরিমাণ দানা $^{১}/_{৪}$ ইঞ্চি থেকে বৃহত্তর হয় তাহলে ঐ মাটিকে নুড়ি পাথর হিসাবে সনাক্ত করতে হবে।
- যদি ৫০% থেকে কম পরিমান দানা $^{১}/_{৪}$ ইঞ্চি থেকে বড় হয় তাহলে ঐ মাটিকে বালি মাটি হিসাবে সনাক্ত করতে হবে।
- সূক্ষ্ম কণা মাটির (ধূলিময় পদার্থ, যার কণাগুলো খালি চোখে পৃথক পৃথকভাবে দেখা যায় না)

  শতকরা পরিমাণ হিসাব করতে হবে।
- মাটিতে সূক্ষ্ম-কণার পরিমাণ ১২% থেকে বেশি হলে ঐ মাটিকে সূক্ষ্ম-কণাযুক্ত নূড়িপাথর বা সূক্ষ্ম-কণাযুক্ত বালি মাটি হিসাবে চিহ্নিত করতে হবে।
- সূক্ষ্ম দানা মাটির সনাক্তকরণ প্রণালী অনুসারে সূক্ষ্ম-কণা মাটিকে পলি অথবা কাদামাটি হিসাবে বর্ণনা করতে হবে।

৯.৪.২ সূক্ষ্ম দানা ও জৈব মাটি

১) মাটির একটি প্রতিনিধিত্বশীল নমুনা পরীক্ষার জন্য বেছে নিতে হবে । পূর্বে প্রদত্ত টেবিল থেকে মাটির পরিমাণ দেখে নিতে হবে।

২) সিক্ত মাটির রঙ পর্যবেক্ষণ করে তার বর্ণনা দিতে হবে ।

৩) সিক্ত মাটির গন্ধ বর্ণনা করতে হবে। গন্ধকে সুস্পষ্ট করে তোলার জন্য ঈষৎ গরম করার প্রয়োজন পড়তে পারে।

৪) মাটি যদি কালো, গাঢ় বাদামী অথবা গাঢ় ধূসর রঙের হয় ও তাতে বিশেষ কোন জৈব গন্ধ থাকে তাহলে ঐ মাটিকে জৈব মাটি হিসাবে সনাক্ত করতে হবে।

৫) মাটিতে আংশিক ক্ষয়প্রাপ্ত পাতা, শিকড়, ক্ষুদ্র বৃক্ষ শাখা, কান্ড ইত্যাদিও সংমিশ্রণ থেকে উদ্ভূত আঁশযুক্ত দ্রব্যাদি খুব বেশি পরিমাণে থাকলে সেই মাটিকে জৈব মাটি হিসাবে সনাক্ত করতে হবে। মাটি যদি সত্যি জৈব হয় তাহলে তার আর কোন পরীক্ষার প্রয়োজন পড়ে না।

৬) যে মাটির গঠন প্রকৃতি আঁশযুক্ত নয় অথচ তাতে মৃদু জৈব গন্ধ রয়েছে তাকে আংশিক জৈব মাটি হিসাবে সনাক্ত করতে হবে।

প্রতিনিধিত্বশীল নমুনা থেকে মোটা দানা অংশ সরিয়ে নেবার পর প্রায় ১ ইঞ্চি মাপের দুইটি ঘন আকৃতির নমুনা তৈরীর জন্য উপযুক্ত পরিমাণ মাটি বেছে নিতে হবে। এ নমুনাগুলোকে নিম্নে বর্ণিত শুষ্ক শক্তি, প্রসারণ ও বিকৃতিযোগ্যতা পরীক্ষার কাজে ব্যবহার করতে হবে।

৯.৪.৩ শুষ্ক শক্তি পরীক্ষা

পূর্বে প্রস্তুতকৃত ঘন আকৃতির নমুনা দু'টির একটিতে সামান্য পানি মিশিয়ে মাটির একটি দলা তৈরী করতে হবে। নমুনাটিকে রৌদ্রে অথবা শুষ্ককরণ চুল্লীতে সম্পূর্ণরূপে শুকোতে দিতে হবে। মাটির দলাটিকে বৃদ্ধাংগুল ও তর্জনীর মধ্যে রেখে চাপ দিয়ে ভেঙে গুড়ো করে ফেলার চেষ্টা করতে হবে। নমুনাটির শুষ্ক শক্তির মাত্রা নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করতে হবে ঃ

- অত্যন্ত কম শক্তি অথবা শক্তিহীন : যদি নমুনাটি শুধুমাত্র নাড়াচাড়া করার চাপেই ভেঙ্গে গিয়ে থাকে।
- কম শক্তি : যদি নমুনাটি আঙুলের সামান্য চাপেই ভেঙ্গে ধূলোর মত হয়ে যায়।
- মধ্যম গোছের শক্তি : যদি ভেঙ্গে ধূলোর মত গুড়ো করতে বেশ কিছুটা আঙুলের চাপ প্রয়োজন পড়ে।
- উচ্চ শক্তি : ভাঙা গেলেও নমুনাটিকে যদি আঙুলের চাপে ধূলোর মত গুড়োঁ করে ফেলা না যায়।
- অত্যন্ত উচ্চ শক্তি : যদি নমুনাটিকে কোন শক্ত তল ও বৃদ্ধাংগুলোর মধ্যে রেখে চাপ দিয়েও ভাঙা না যায়।

৯.৪.৪ প্রসারণ পরীক্ষা

পূর্বে প্রস্তুতকৃত অপর ঘন অকৃতির নমুনাটিতে যথেষ্ট পরিমাণ পানি মিশিয়ে মোলায়েম অথচ আঠালো নয় এমন একটি সিক্ততায় আনতে হবে। এ মাটি দিয়ে দলা বানিয়ে সেটা হাতের তালুর মধ্যে রাখতে হবে। ছুড়ির ফলার সাহায্যে এটিকে মসৃণ করতে হবে। হাতের তালু আনুভূমিক রেখে জোড়ে জোড়ে নাড়তে হবে এবং অন্য হাত দিয়ে এ হাতের তলায় মৃদু মৃদু ধাক্কা দিতে হবে। মাটির উপরিতলে চেহারা পর্যবেক্ষণ করতে হবে। হাতের মুঠি বন্ধ করে দেখতে হবে এবং পুনরায় মুঠি খুলে ধরে দলার প্রতিক্রিয়া লক্ষ্য করতে হবে। নমুনার প্রতিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করতে হবে ঃ

দ্রুত - যদি নড়াচড়ার সময় পানি নমুনার উপরের তলে উঠে আসে এবং নিষ্পেষণ করার সাথে সাথে অন্তর্হিত হয়। (নমুনাটির উপরিতলে চকচকে অথবা নিষ্প্রভ চেহেরা দেখে মুক্ত পানির উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি বোঝা যাবে)।

ধীর - যদি পানি উপরিতলে আনতে দলাটিকে জোরে জোরে নাড়াচড়ার প্রয়োজন পড়ে এবং যদি নিষ্পেষণ করেও নমুনাটির উপরিতলে চেহারার তেমন পরিবর্তন না করা যায়।

নিষ্ক্রিয় - যদি এ পরীক্ষাতে নমুনাটির উপরিতলে কোনরূপ পরিবর্তন না ঘটে।

৯.৪.৫ বিকৃতিযোগ্যতা পরীক্ষা

প্রসারণ পরীক্ষাটি হয়ে যাবার পর সে নমুনাটিকে একটি লম্বা দলার অকৃতি দিতে হবে। নমুনাটিকে একটি মসৃণ তলের উপর রেখে বেলতে হবে এবং প্রায় $^{১}/_{৮}$ ইঞ্চি ব্যাসের একটি সূতলির আকৃতিতে আনার চেষ্টা করতে হবে। নমুনাটি ভাঁজ করে আবার বেলতে হবে। ভাঁজ করা ও বেলনের এ প্রক্রিয়া পুনঃ পুনঃ চালাতে হবে। এক পর্যায়ে $^{১}/_{৮}$ ইঞ্চি ব্যাসে এসে মাটির সূতলিটি টুকরো টুকরো হয়ে ভেঙে পড়বে। এ পর্যায়ে নমুনাটির মধ্যকার পানির পরিমাণকে মাটির বিকৃতিযোগ্যতার সীমা (Plastic Limit) বলে। এ অবস্থায় মাটি বেলে সূতলি তৈরী করতে কতটুকু চাপের প্রয়োজন হয় তা লক্ষ্য করতে হবে। মাটির সূতলিটি শক্তিও লক্ষ্য করতে হবে।

পরীক্ষার পর মাটির প্রতিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করতে হবে ঃ

দূর্বল ও মোলায়েম - বিকৃতযোগ্যতার সীমার কাছাকাছি এলে যদি মাটির সূতলিটি বেলতে সামান্য চাপই যথেষ্ট মনে হয়ে থাকে এবং সামান্য কয়েক ইঞ্চি লম্বা সূতলির একপ্রান্ত আঙুলে ধরে ঝুলিয়ে দিলে যদি সূতলিটি নিজের ওজন বহন করতে না পারে।

মধ্যম গোছের কঠিন- বিকৃতিযোগ্যতার সীমার কাছাকাছি এলে যদি মাটির সূতলাটি বেলতে মধ্যম গোছের চাপের প্রয়োজন হয়ে থাকে এবং সামান্য কয়েক ইঞ্চি লম্বা সূতলি ঝুলিয়ে দিলে তার নিজের ওজন বহন করতে পারে।

অতন্ত্য কঠিন - বিকৃতিযোগ্যতার সীমার কাছাকাছি এলে যদি মাটির সূতলাটি বেলতে বেশ খানিকটা চাপের প্রয়োজন হয়ে থাকে এবং বেশ কয়েক ইঞ্চি লম্বা সূতলি ঝুলিয়ে দিলে যদি অনায়াসে তার নিজের ওজন বহন করতে পারে।

৯.৪.৬ সুক্ষ্ম দানার মাটি সনাক্তকরণ

পূর্ববতী পরীক্ষাসমূহের ভিত্তিতে সুক্ষ্ম দানার মাটি সনাক্তকরণের জন্য নীচের ছক উপস্থাপিত করা হলো।

টেবিল ৯- ৪ঃ সুক্ষ্ম দানা মাটি সনাক্তকরণ

সাধারণ নাম	শস্ক শক্তি	প্রসারণ প্রতিক্রিয়া	বিকৃতিযোগ্য সুতলির সহিষ্ণুতা	বিকৃতিযোগ্যতার বর্ণনা
বালুযুক্ত পলি	শক্তিহীন–অত্যন্ত কমশক্তি	দ্রুত	দুর্বল–মোলায়েম	অযোগ্য–সামান্য
পলি	অত্যন্ত কম	দ্রুত	দুর্বল–মোলায়েম	অযোগ্য–সামান্য
কাদাযুক্ত পলি	কম–মধ্যম	দ্রুত - ধীর	মধ্যম গোছের কঠিন	সামান্য–মধ্যম
বালুযুক্ত কাদা	কম–উচ্চ	ধীর–নিষ্ক্রিয়	মধ্যম গোছের কঠিন	সামান্য–মধ্যম
পলিযুক্ত কাদা	মধ্যম– উচ্চ	ধীর–নিষ্ক্রিয়	মধ্যম গোছের কঠিন	সামান্য–মধ্যম
কাদা	উচ্চ– অত্যন্ত উচ্চ	নিষ্ক্রিয়	অত্যন্ত কঠিন	উচ্চ
জৈব পলি	কম–মধ্যম	ধীর	দুর্বল–মোলায়েম	সামান্য
জৈব কাদা	মধ্যম– অত্যন্ত উচ্চ	নিষ্ক্রিয়	মধ্যম গোছের কঠিন	মধ্যম - উচ্চ

৯.৪.৭ দানার আকার-বিশ্লেষণ

অধিকাংশ প্রাকৃতিক মাটি বালু, পলি ও কাদার সংমিশ্রণ বিশেষ। মাটির প্রতিটি অংশের আপেক্ষিক অনুপাত যান্ত্রিক বিশ্লেষণ বা দানার আকার-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিরূপণ করা হয়। মোটা দানা মাটির ক্ষেত্রে এক সেট চালুনীর সাহায্যে এবং সূক্ষ্মদানা মাটির ক্ষেত্রে একটি হাইড্রোমিটারের সাহায্যে যান্ত্রিক বিশ্লেষণ করা হয়। মিশ্র দানাযুক্ত মাটির ক্ষেত্রে সম্মিলিত আকার-বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। সম্মিলিত বিশ্লেষণ একটি মাটির নমুনাকে শুষ্ক অবস্থায় প্রথমে চালুনী বিশ্লেষণ এবং পরে হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণ করা হয়। সম্মিলিত অথবা হাইড্রোমিটার বিশ্লেষণ যথোপযুক্ত যন্ত্রপাতিসজ্জিত মৃত্তিকা পরীক্ষাগারে সম্পাদন করা সম্ভব। সুতরাং এই আলোচানা শুধমাত্র চালুনী বিশ্লেষণের মধ্যে সীমাবদ্ধ হলো, কারণ কার্যক্ষেত্রে চালুনী-বিশ্লেষণ করা তেমন কঠিন কিছু নয়।

৯.৫ চালুনী বিশ্লেষণ

চালুনী বিশ্লেষণ (Sieve analysis) হল সুষম ও সুনির্দিষ্ট ছিদ্রসম্বলিত তার -জাল বিশেষ। কতকগুলো নির্দিষ্ট চালুনী সাজিয়ে তৈরী একটি স্তম্ভের ভিতর দিয়ে মাটিকে আন্দোলিত করে চালুনী বিশ্লেষণ করা হয়।
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ঃ

(১) মাটি পরীক্ষার জন্য উপযুক্ত আকারের কতগুলি চালুনী

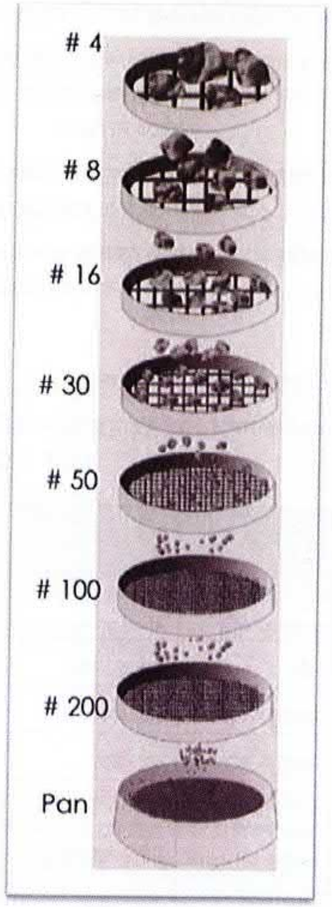
(২) চালুনী পরিষ্কার করার ব্রাশ

(৩) ১০০০ গ্রাম পর্যন্ত পরিমাপযোগ্য এবং ০.১ গ্রাম পর্যন্ত সংবেদনশীল নিক্তি

(৪) মাটি শুকোবার চুল্লী

(৫) মাটি রাখার জন্য পাত্র

(৬) মাটির ঢেলা ভাঙার জন্য কাষ্ঠ-নির্মিত হাতুড়ি।



চিত্র ৯- ১ঃ চালুনী সেট

চালুনীগুলো এমনভাবে সাজানো হয় যাতে বৃহত্তর ছিদ্রসম্বলিত চালুনীটি সবার উপর বসানো থাকে এবং তার নীচ অপেক্ষাকৃত সুক্ষ্ম ছিদ্রবিশিষ্ট চালুনীট বসানো হয়। একইভাবে সুক্ষতর চালুনীগুলো নিচে নিচে সাজিয়ে স্তম্ভ আকারে তৈরী করতে হবে। সাধারণত যে চালুনীগুলো ব্যবহৃত হয় সেগুলোর নাম ও ছিদ্রের আকার চালুনী বিশ্লেষণের তথ্য তালিকায় দেয়া হয়েছে।

বিশ্লেষণ প্রণালী ঃ

১) চালুনীগুলো পরিস্কার করে এবং প্রতিটি চালুনীকে ০.১ গ্রাম সুক্ষতায় ওজন করতে হবে।

২) পরীক্ষাধীন মাটি থেকে প্রতিনিধিত্বশীল একটি পরীক্ষা-নমুনা সতর্কতার সাথে নির্বচন করতে হবে। কাষ্ঠনির্মিত হাতুড়ির সাহায্যে মাটিকে গুড়ো করতে হবে।

৩) প্রায় ৫০০ গ্রাম শুষ্ক মাটির নমুনাকে ০.১ গ্রাম সুক্ষ্মতায় ওজন করে নিতে হবে।

৪) চালুনীর-স্তম্ভের উপরে মাটি ঢেলে দিয়ে হাতের সাহয্যে ঝাকাতে চবে অথবা সম্ভব হলে একটি যান্ত্রিক আন্দোলক (Mechanical Shaker) এর সাহায্যে কমপক্ষে ১০ মিনিট ধরে আন্দোলিত করতে হবে।

৫) যে যে চালুনীতে যতটুকু মাটি ধরা পড়েছে সেটুকুসহ প্রতিটি চালুনী ও নীচের পাত্রটিকে ০.১ গ্রাম সুক্ষ্মতায় ওজন করতে হবে।

৬) ৫ নং ধাপে প্রাপ্ত ওজন থেকে ১ নং ধাপে প্রাপ্ত ওজনগুলো বিয়োগ করলে প্রতিটি চালুনীতে আটকে-যাওয়া (retained) মাটির ওজন পাওয়া যাবে ।

৭) ৬ নং ধাপে প্রাপ্ত পৃথক পৃথক ওজনগুলো যোগ করে ৩নং ধাপের মোট নমুনার ওজনের সাথে মিলিয়ে দেখতে হবে।

৮) ছকের ঘরগুলো পূরণ করতে হবে। ওজনে সূক্ষতর অংশের শতকরা পরিমাণ হিসাব করে নিতে হবে।

৯.৫.১ চালুনী বিশ্লেষণের তথ্য বিশ্লেষণ

টেবিল ৯-৫ঃচালুনী বিশ্লেষণ

নমুনা বর্ণনা ঃ মোটা বালু			বালির ওজন = ৫০০ গ্রাম		তারিখ		
পরীক্ষকের নাম ঃ					পদবী		
চালুনী নং	চালুনীর ছিদ্র মিমি	চালুনীর ওজন (গ্রাম) (W_1)	চালুনী ও মাটির ওজন (গ্রাম) (W2)	আটক মাটির ওজন (গ্রাম) (W1-W2)	আটক মাটির % হিসাব $(W_1-W_2)/W_3$	আটক মাটির ক্রমসংযোজিত % হিসাব	সুক্ষতার মাটির % হিসাব
1	2	3	4	5	6	7	8
৪	৪.৭৬	২৩৮.৫০	২৩৮.৫০		০.০	০.০	১০০.০০
৮	২.৩৮	২৭১.৩০	৩১১.৪০	৪০.১০	৮.০৪	৮.০৪	৯১.৯৬
১৬	১.১৯	২৫৫.৪০	৩৩৫.৪০	৮০.১০	১৬.০৪	২৪.০৮	৭৫.৯২
৩০	০.৫৯	৩১৫.১০	৪৬১.৭০	১৪৬.৬০	২৯.৪০	৫৩.৪৮	৪৬.৫২
৫০	০.২৯৭	২৭৭.৬০	৩৭৮.৩০	১০০.৭০	২০.২০	৭৩.৬৮	১৬.৩২
100	0.149	251.50	326.60	75.10	15.06	88.74	11.26
২০০	০.০৭৪	২৪৬.৭০	২৮৯.৭০	৪৩.০০	৮.৬৪	৯৭.৩৮	২.৬২
পাত্র	-	৩৭৫.৪০	৩৮৮.৫০	১৩.১০	২.৬২	১০০.০০	-
মোট				৪৯৮.৬০ (W_3)		২৪৮.০২	

সুক্ষতার অংক FM (Finness Modulus) $= \frac{\text{১০০ নং চালুনী পর্যন্ত আটক মাটির ক্রমসংযোজিত \% হিসাব}}{\text{১০০}}$

$= ২৪৮.০২/১০০$

$= ২.৪৮$

৯.৬ ভূ-স্তর উদঘাটন ও নমুনা সংগ্রহ

অবকাঠামো নির্মাণে মাটি সংগ্রহ ও সনাক্তকরণের জন্য ভূ-স্তর উদ্ঘাটনের প্রয়োজন পড়ে। কার্যক্ষেত্রের ভূ-স্তর উদঘাটন কর্মসূচী নিম্নলিখিত পর্যায়গুলোতে বিভক্তঃ

১) মাটির মধ্যে সরু গর্ত করে অথবা পরখ-কূপ খনন করে এবং

২) মাটির বিভিন্ন স্তর থেকে অক্ষত (Undisturbed) বা বিক্ষত (disturbed) মাটির নমুনা সংগ্রহ। কর্মক্ষেত্রে মাটির স্তরের গভীরতা ও বিভিন্ন মাটির স্তরের পরস্পর নিরূপণ করাই ভূ-স্তর উদঘাটন কর্মসূচীর মূল উদ্দেশ্য।

Sub-soil Investigation দুই পর্যায়ে সম্পন্ন করা হয়-

Field Work

Laboratory Work

Field Work এর মাধ্যমে নিম্নলিখিত কার্য সম্পাদন করা হয় ঃ-

Boring করা এবং Soil এর বিভিন্ন স্তরের মাটির আকৃতি ও বৈশিষ্ট্য লিপিবদ্ধ করা।

Sampling অর্থাৎ Disturbed এবং Undisturbed Soil Sample সংগ্রহ করা।

Standard Penetration Test (SPT) বা N Value Record করা।

Ground Water Table এর অবস্থান নির্ণয় করা।

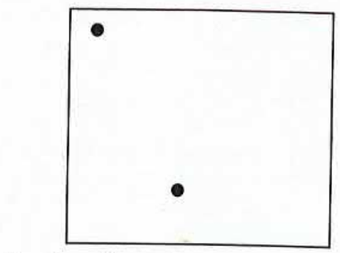
৯.৬.১ বোর হোল সংখ্যা নির্ধারণ

Boring এর সংখ্যা নির্ধারণের জন্য ধরা বাধা কোন নিয়ম নেই। মাটির প্রকৃতি, এর স্তরের ভিন্নতা, Structure এর ধরণ এবং এর উচ্চতার উপর নির্ভর করে Boring এর সংখ্যা নির্ধারণ করা হয়।

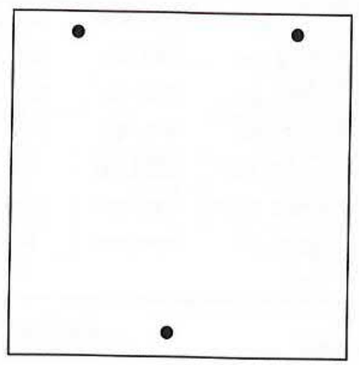
১. সমতল জায়গায় ছোট ভবনের ক্ষেত্রে তিনটি Boring ই যথেষ্ট।

২. বড় ভবনের ক্ষেত্রে কমপক্ষে পাঁচটি Boring করতে হবে। প্রতি কর্ণারে ১টি এবং মধ্যখানে ১টি।

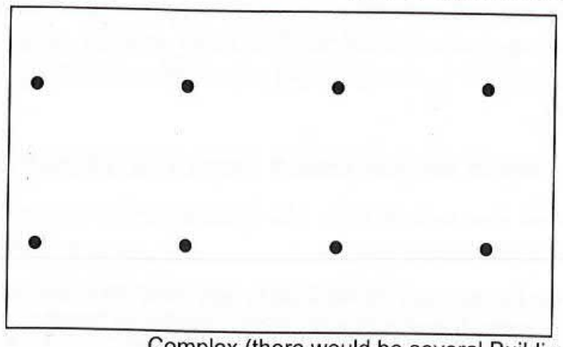
৩. কোন প্রকল্প অনেকগুলো ভবন নির্মাণের ক্ষেত্রে ১০০ মিটার দূরে দূরে Boring করতে হবে।



Rectangular or Square Plot (Small Building)

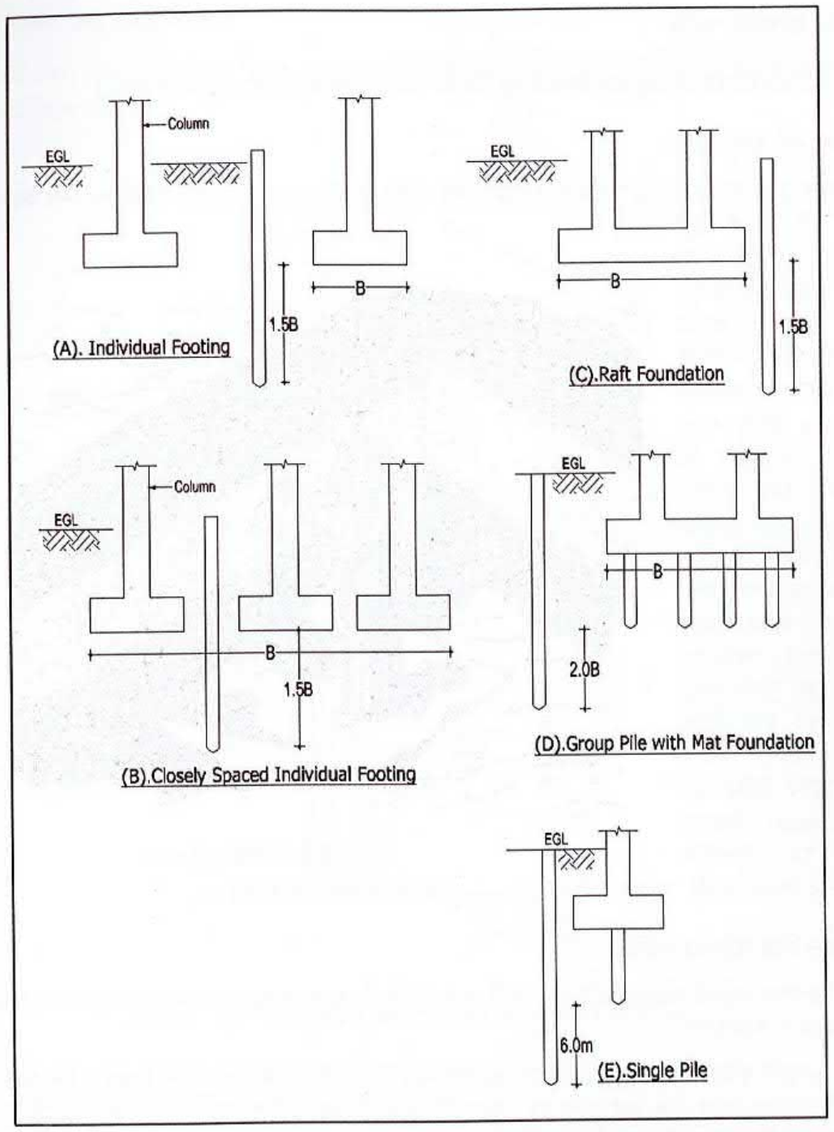


Rectangular or Square Plot (for large Building)



Complex (there would be several Building)

চিত্র ৯-২ঃ বোর হোল লোকেশন ও সংখ্যা



চিত্র ৯-৩ঃ বোর হোল গভীরতা নির্ণয়

৯.৬.২ বোর হোল গভীরতা নির্ধারণ

উদঘাটনের গভীরতা প্রস্তাবিত কাঠামোর উপর নির্ভরশীল। সাধারণত যে গভীরতায় কাঠামোর ওজনের সঞ্চালন ঘটে, কমপক্ষে ততটুকু গভীরতা পর্যন্ত উদ্‌ঘাটনে কার্যক্রম পরিচালনা করা উচিত। তবুও প্রাথমিকভাবে কাজ করার উদ্দেশ্যে নিম্নবর্ণিত গাইডলাইন অনুসরণ করে উদ্‌ঘাটনের গভীরতা নির্ণয় করা হয়, যা উদ্‌ঘাটন চলাকালীন সময়ে প্রয়োজনে সংশোধন করা যাবে।

৯.৭ ভূ-স্তর উদঘাটন পদ্ধতি

সাধারণ কাঠামো নির্মাণের জন্য ভূ-স্তর উদঘাটনের তিনটি পদ্ধতি বেশ উপযোগী। এগুলো হচ্ছে ঃ

৯.৭.১ পরখ-কূপ খনন পদ্ধতি

পরখ-কূপ খনন (Test Pit Method) পদ্ধতিতে সাধারণ খনন যন্ত্রের সাহায্যে অকুস্থলে একটি পরখ-কূপ খনন করা হয়। এ পরখ-কূপটি ৫ ফুট × ৫ ফুট আকৃতির একটি বর্গক্ষেত্র অথবা প্রায় ৫ ফুট ব্যাসের একটি বৃত্ত হলে ভাল হয়। এ প্রকার উদ্ঘাটন কার্যের জন্য খননকৃত কূপটির গভীরতা কেবলমাত্র ১০ থেকে ২০ ফুটের মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখা বাঞ্ছনীয়। যে সব জায়গায় ভূ-গর্ভস্থ পানিতল ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি সেখানে পরখ-কূপের মধ্যে ভূ-গর্ভস্থ পানি চুয়ানো বন্ধ রাখার জন্য কূপের গভীরতা আরো কমিয়ে দেয়া যেতে পারে। পরখ-কূপ খনন করার পর কূপের খাড়া দেয়ালগুলো খুব কাছ থেকে ভাল করে পর্যবেক্ষণ করতে হবে যাতে মাটির বিভিন্ন স্তর বেধ (Thickness) নিরূপণ করা সম্ভব হয়। উদঘাটন কাজের বিস্তরিত বিবরণ একটি "ভূ-স্তর তালিকা" (Bore log)-য় রেকর্ড করে রাখতে হবে।

চিত্র ৯-৪ঃ পরখ কূপ খনন

৯.৭.২ তুরপুন দিয়ে ছিদ্রকরণ পদ্ধতি

তুরপুন দ্বারা ছিদ্রকরণ (Auger Boring Method) পদ্ধতি ভূ-স্তর উদঘাটন ও নমুনা সংগ্রহের সরলতম পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রগুলো সাধারণ ও সহজপ্রাপ্য।

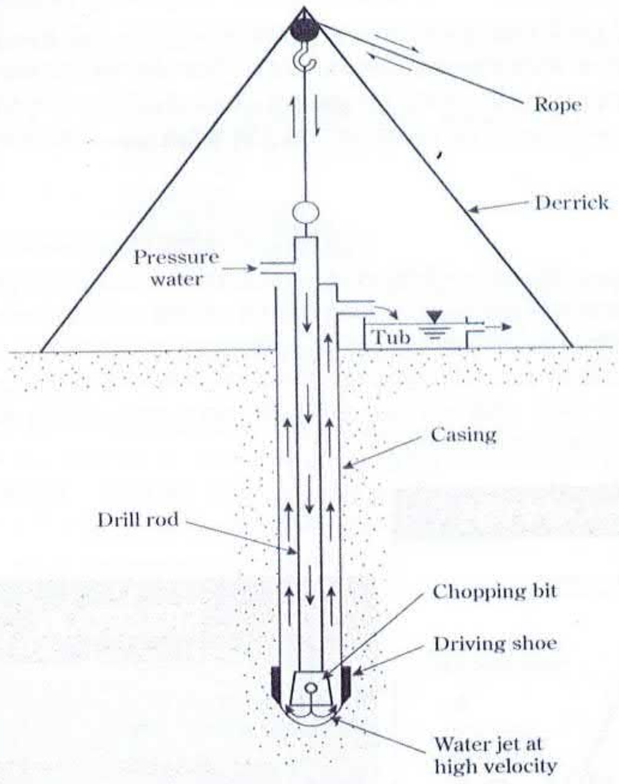
এ পদ্ধতিতে তুরপুনটি ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে মাটিতে ঢুকিয়ে ছিদ্র করা হয়। কিছুটা ছিদ্র হওয়ার পর সমুনা সংগ্রহ ও যন্ত্র পরিষ্কার করার জন্য তুরপুনটি মাটির ভেতর থেকে বের করে আনা হয়। তুরপুনটি পূর্বের ছিদ্রের মধ্যে পুনরায় প্রবেশ করিয়ে একই ঘটনার পুনরাবৃত্তি করতে হয়। ভূ-স্তর উদঘাটনের ঈপ্সিত গভীরতা পর্যন্ত ছিদ্র হয়ে গেলে কাজ বন্ধ করে দেয়া হয়।

যে সব মাটি আলগা অবস্থায় খাড়া দাঁড়িয়ে থাকতে পারে না তাদের জন্য ধারক-কাঠামো (Casing) ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়। কাঠামোটিতে মাটি এমনভাবে ঢুকাতে হবে যাতে এটির প্রবেশের গভীরতা পরবর্তী সংগৃহীতব্য নমুনার উপরিতল থেকে বেশি না হয়। এবার এই গভীরতা পর্যন্ত মাটি তুরপুনের সাহায্যে পরিষ্কার করে তুলে ফেলতে হবে।

এ পদ্ধতিতে ভূ-গর্ভস্থ পানির অরস্থা, মাটির প্রকৃতি ও ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির ধরন দ্বারা তদন্ততব্য মাটির গভীরতা নির্ধারিত হয়। সাধারণতঃ এ পদ্ধতি ভূ-গর্ভস্থ পানিতলের উপরের কোন অগভীর তল পর্যন্ত ব্যবহার করা হয়। কিন্তু প্রায় ৫০ ফুট গভীরতা পর্যন্ত নেয়া যেতে পারে।

৯.৭.৩ ওয়াশ/পারকিউশন বোরিং পদ্ধতি

Soil Investigation এর Boring করার জন্য বিভিন্ন Method প্রচলিত আছে। আমাদের দেশে সাধারণতঃ Wash Boring Method টি অনেক বেশী অনুসরণ করা হয়।



চিত্র ৯- ৫ঃ Schematic diagram of wash boring setup.

Wash Boring কার্যক্রমে নিম্নলিখিত যন্ত্রপাতি গুলোর প্রয়োজন হয় ঃ-

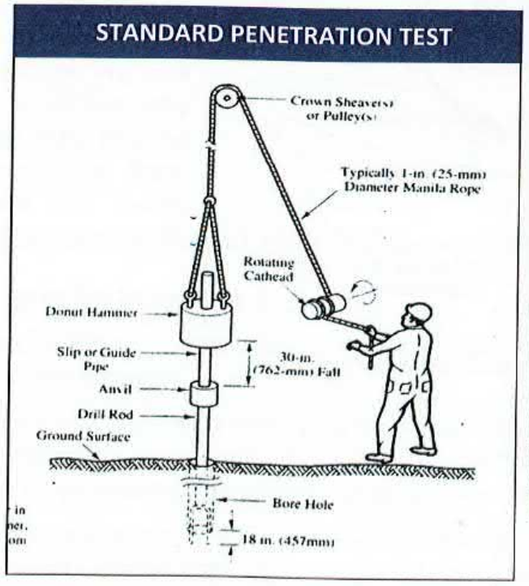
- ডেরিক বা ক্রিকোনাকার মাচা
- ওয়েল কেজিং
- ওয়াশ পাইপ বা ড্রিলরড
- চপিং বিট
- পাম্প ও ডেলিভারি হোজ পাইপ
- ড্রাইভিং হেড ফর ওয়েল কেজিং
- Drop Hammer ইত্যাদি

বোরগর্ত খনন করার স্থানে কার্য পরিচালনার সুবিধার জন্য একটি মাচা বা তেপায়া বিশিষ্ট ডেরিক নির্মাণ করে তার নিচে একটি কেজিং (casing) পাইপ হাতুড়ির সাহায্যে ২-৩ মিটার গভীরে প্রবেশ করানো হয়। এরপর একটি ওয়াস পাইপ, যার তলদেশে চপিং বিট লাগানো আছে, তা একটি রশির সাহায্যে কেজিং এর ভিতর প্রবেশ করানো হয়। ওয়াস পাইপের উপরের মুখে একটি পাম্প এর ডেলিভারি হোজ পাইপ Suitable Joint সংযাগ দেয়া হয়। Suitable Joint এর জন্য ওয়াস পাইপটি ইচ্ছেমত Casing এর ভিতর ঘুরানো এবং রশির সাহায্যে উঠানো নামানো যায়।

Casing-এর উপরের অংশে একটি T ফিটিং থাকে। T-এর এক মুখ খোলা থাকে। অপর দু'মুখের একটি Casing এর মাঝে সংযুক্ত থাকে। পাম্প হতে পানি ওয়াশ পাইপের ভিতরে প্রবেশ করে এবং চপিং বিটের ছিদ্র দিয়ে মাটির গর্তে ধাক্কা মারে। পানি মাটির দানা গুলোকে নরম করে এবং নরম মাটিস্থ Casing এর T-মুখ দিয়ে বের হয়ে আসে। এভাবে চপিং বিটসহ ওয়াস পাইপটি মাটির গভীরে প্রবেশ করতে থাকে। মাটির নমুনা নেয়ার প্রয়োজন হলে চপিং বিট খুলে তার পরিবর্তে Split Spoon নমুনা সংগ্রাহক সংযোগ করতে হবে।

৯.৮ এসপিটি টেষ্ট

এসপিটি টেষ্ট (Standard Penetration Test, SPT) পরীক্ষার জন্য ২" outside ব্যসবিশিষ্ট Split Barel নমুনা সংগ্রাহক ব্যবহার করা হয়। এ পরীক্ষার সময় ড্রিল রডের সাথে Split Barrel নমুনা সংগ্রাহকটি যুক্ত করে বোর গর্তের নীচের প্রান্তে স্থাপন করা হয়। এর পর ১৪০ পাউণ্ড ওজনের একটি Hammer ৩০ ইঞ্চি উপর থেকে freely ড্রিল রডের উপর আঘাত করে। Split Barrel নমুনা সংগ্রাহকটিকে মোট ১৮ ইঞ্চি গভীরে প্রবেশ করানো হয়। প্রথম ৬ ইঞ্চি প্রবেশ করাতে আঘাতের সংখ্যা হিসেবে গণনা না করে বাকী ১২ ইঞ্চি প্রবেশ করাতে আঘাতের সংখ্যার রেকর্ড রাখা হয়। এই ১২ ইঞ্চি প্রবেশ করাতে আঘাতের সংখ্যাকে Standard Penetration Test (SPT) বলা হয় যা N দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ৯- ৬ঃ এসপিটি টেষ্ট

৯.৯ নমুনা সংগ্রহ

পরখ-কূপ বা তুরপুন বা ওয়াশ বোরিং পদ্ধতিতে সংগৃহীত নমুনা 'অক্ষত' ও 'বিক্ষত' এ দুই প্রকারের হতে পারে। যে নমুনাতে মাটির স্বাভাবিক গঠনাকৃতি সংরক্ষিত রাখা হয় তাকে অক্ষত নমুনা বলে। অপরদিকে, যে নমুনাটিতে মাটির স্বাভাবিক গঠনাকৃতি বিনষ্ট হয়ে যায় তাকে বিক্ষত নমুনা বলে। বিক্ষত নমুনা সংগ্রহ করা অপেক্ষাকৃত সহজ। এ নমুনাগুলো প্লাস্টিকের থলে বা কাঁচের বোতলে সংগ্রহ করে গায়ে সংগ্রহের স্থান ও স্তর গভীরতা যথাযথভাবে লিখে রাখতে হবে।

পরবর্তী পর্যায়ে পরীক্ষার জন্য সচরাচর প্রতি ৫ ফুট গভীরতা থেকে বিক্ষত নমুনা সংগ্রহ করা হয়। অক্ষত নমুনা সংগ্রহের জন্য কিছু অতিরিক্ত সতর্কতা প্রয়োজন। পরখ-কূপ থেকে সাধারণ খনন যন্ত্রেও সাহায্যে ৬ ইঞ্চি ঘন (Cube) আকৃতির নমুনা সংগ্রহ করা যেতে পারে।

তুরপুন দিয়ে খোঁড়া সরু গর্ত থেকে শেলবী নল (Shelby tube) নামের একটি নলের সাহায্যে অক্ষত নমুনা সংগ্রহ করা হয়। ওয়াশ বোরিং এর ক্ষেত্রে একইভাবে Shelby tube ব্যবহার করে নমুনা সংগ্রহ করা হয়।

এ নমুনা সংগ্রহের জন্য নলটি মাটির মধ্যে জোর করে ঢুকিয়ে দেয়া হয়। নলটি যথেষ্ট ভিতরে ঢুকে গেলে এটিকে পরে ঘুরিয়ে টেনে তোলা হয়। এরপর নলটির প্রান্তদ্বয় মোম দিয়ে বন্ধ করে দেওয়া হয় । এক্ষণে নলটির ভিতরকার নমুনাটি ঐ গভীরতার জন্য অক্ষত নমুনা।

ভূ-পৃষ্ঠের নীচের মাটির বিভিন্ন স্তরের বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে ধারণা পাওয়ার জন্য Laboratory-তে মাটি পরীক্ষা করার সুবিধার্থে ভূ-গর্ভস্থ বিভিন্ন স্তরের মাটি সংগ্রহ করার পদ্ধতিকে নমুনা সংগ্রহ বলে। Soil Investigation এর সময় সাধারণত দুই ধরণের Sample সংগ্রহ করা হয় ঃ

- Undisturbed Sample (অক্ষত নমুনা)
- Disturbed Sample (বিক্ষত নমুনা)।

সাধারণত সনাক্তকরণ ও শ্রেণীবিন্যাস পরীক্ষা, আপেক্ষিক গুরুত্ব, জলীয় কণার পরিমাপ নির্ণয়, Compaction পরীক্ষা, কণার আকার বিতরণ পরীক্ষার জন্য Disturbed Sample প্রয়োজন হয়।

অন্যদিকে Shear Strength, Consolidation, ভেদ্যতা, Void Ratio, Unconfined Compression Strength, Triaxial পরীক্ষার জন্য Undisturbed Sample এর প্রয়োজন হয়।

সাধারণত খাড়াভাবে ১ হতে ১.৫ মিটার অন্তর অথবা মাটির স্তর পরিবর্তনের স্থান হতে নমুনা সংগ্রহ করা হয়। যখন নমুনা সংগ্রহ করা হয় তখন একই সাথে দুটি নমুনা সংগ্রহ করা হয়। একটি অক্ষত এবং অপরটি বিক্ষত। বিক্ষত নমুনা সাধারণত পলিথিনের থলিতে সংগ্রহ করে এর মুখ ভালভাবে আটকিয়ে নমুনার পরিচিত ট্যাগ লাগিয়ে Laboratory তে পাঠিয়ে দেয়া হয়। অন্যদিকে অক্ষত নমুনা নলের ভিতর সংগ্রহ করে তার দু'মুখ মোম দ্বারা আটকিয়ে নলসহ Laboratory তে পাঠিয়ে দেয়া হয়।

অক্ষত নমুনা সংগ্রহের জন্য যে সমস্ত সংগ্রাহক ব্যবহার করা হয় ঃ

১) Thin Tube Sampler
২) Split Spoon Sampler
৩) Piston Sampler
৪) Spring Core Catcher
৫) Scraper Bucket
৬) Open Drive Sampler

সম্পূর্ণ অক্ষত নমুনা সংগ্রহ করা অসম্ভব ব্যাপার। বোরিং পদ্ধতি মাটিতে সংগ্রাহক প্রবেশ করানোর পদ্ধতি, নমুনাসহ সংগ্রাহক ভূ-পৃষ্ঠে উত্তোলন, সংগ্রাহক নলের ভিতরহতে নমুনা বের করা ইত্যাদি বিষয়াদি নমুনার এমনিতেই কিছুটা বিক্ষত করে দেয়। এ ছাড়া মাটির গভীর হতে কোন নমুনাকে উপরে উঠিয়ে আনলে চাপমুক্ত হওয়ার কারণে তা কিছুটা প্রসারিত হয়। সুতরাং বলা যায় নমুনার বিক্ষত হওয়ার মাত্রা নির্ভর করে নমুনা সংগ্রাহক এর ডিজাইন এবং নমুনা সংগ্রহ পদ্ধতির উপর।

৯.১০ মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয়

মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় করতে একাধিক ফর্মূলা রয়েছে, যেমন Terzaghi's, Meyerhof's and Hansen's equation. Formula ব্যবহার করতে সকল parameter মান জানা থাকা প্রয়োজন। যে কোন মাটির জন্য নীচের ফর্মূলা (Terzaghi's formula) ব্যবহার করা হয়ঃ

$Q_{ult} = cN_cS_c+qN_q+0.5\gamma BN_\gamma S_\gamma$

এখানে, c = cohesion of the soil

q = effective overburden pressure

B = width of foundation

D = depth of foundation

S_c = shape factor for cohesion

S_y = shape factor for width

N_c = Bearing capacity factor

N_q = Bearing capacity factor

N_γ = Bearing capacity factor

γ = Unit weight of the soil.

উপরের প্যারামিটারসমূহ বিভিন্ন গ্রাফ, টেবিল বা formula'র সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভব হলে সঠিকভাবে মাটির ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় করা সম্ভব।

উপর ভিত্তি করে মাটির ভার বহণ ক্ষমতা নির্ণয়ের প্রথমেই দেখতে হবে যে সাইটের মাটির ধরণ কিরূপ । সাধারণত দু' ধরনের মাটি পাওয়া যায় Cohesive Soil এবং Non-cohesive soil. এরূপ ক্ষেত্রে মাটির ভার বহণ ক্ষমতার equation হবে

1) Cohesive Soil হলে উপরের $Q_{ult} = cN_cS_c$

2) Non-cohesive soil হলে উপরের $Q_{ult} = qN_q+0.5\gamma BN_\gamma S_\gamma$

৯.১০.১ কাদা মাটির ভার বহন ক্ষমতা

মাটির Shear Strength (S_U) দিয়ে Allowable bearing capacity ক্যালকুলেট করা হয়। Cohesive Soil হলে তার Shear Strength (S_U) নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে বের করা যেতে পারে।

i). By Rod Penetration

ii). By Standard Penetration Test (STP)

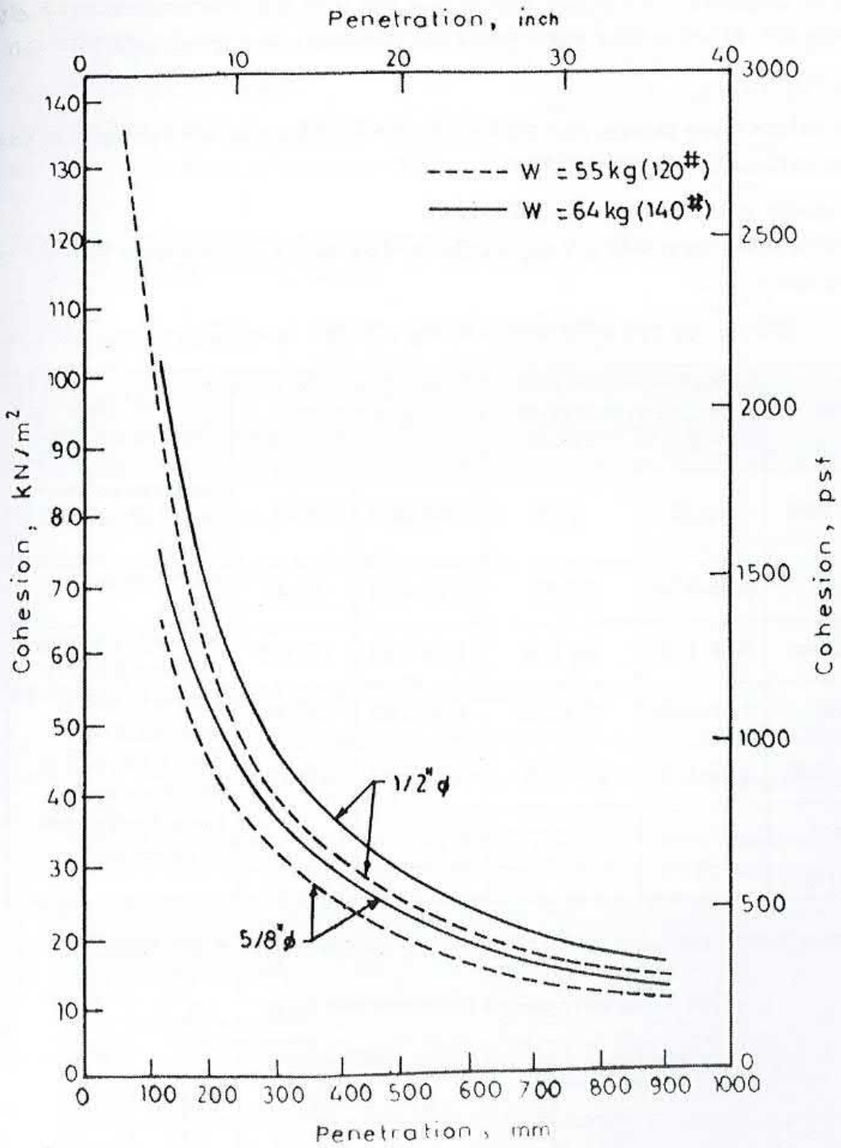
iii). By Laboratory Shear/Unconfined Compression Test on undisturbed field sample.

৯.১০.১.১ রড পেনিট্রেশন পদ্ধতি

১) যে স্থানের Shear Strength(S_U) জানা প্রয়োজন সে স্থানের মাটি খুঁড়ে ফাউন্ডেশনের লেভেল পর্যন্ত পৌছাতে হবে। কাঠামোর ফাউন্ডেশন লেভেলে পৌছানোর পর পানি দিয়ে মাটি সম্পৃক্ত করে নিতে হবে যদি মাটি পানি দ্বারা সম্পৃক্ত না থাকে।

২) ৫৫ কেজি বা ৬৪ কেজি ওজনের কাউকে দিয়ে ১২ মিমি বা ১৬ মিমি ব্যাসের প্লেইন রড উক্ত মাটির মধ্যে ঢোকাতে হবে। যে পরিমাণ রড মাটির মধ্যে ঢুকলো তা ব্যবহার করে প্রদত্ত পেনিট্রেশন চার্ট (Penetration Chart) থেকে মাটির Shear Strength (S_U) বের করতে হবে।

৩) উদাহরণস্বরূপ, ৫৫ কেজি ওজন একজন লোক ১৬ মিমি প্লেইন রড ৪০০ মিমি বা ১৬ ইঞ্চি ঢোকালো। এক্ষেত্রে উক্ত মাটির Shear Strength (S_U) প্রদত্ত চার্ট (চিত্র ৯-৬) থেকে পাওয়া গেল 25 kN/m^2 (521psi)।



চিত্র ৯-৭ঃ রড পেনিট্রেশন চার্ট (Road Penetration test)

৯.১০.১.২ এসপিটি মান অনুসরণ পদ্ধতি

এ পদ্ধতিতে Split Spoon দিয়ে মাটি সংগ্রহ করা হয়। ৬৩.৫ কেজি (১৪০ পাউন্ড) হ্যামার ৩০ ইঞ্চি (৭৬০মিমি) উপর থেকে ফেলে ১৮ ইঞ্চি (৪৫০ মিমি) Split Spoon মাটির মধ্যে ঢোকানো হয়। প্রতি ১৫০মিমি ঢোকাতে কত ব্লো প্রয়োজন হয় তা রেকর্ড করা হয়। প্রথম ১৫০মিমি এর রেকর্ডকৃত ব্লো বাদ দিয়ে পরবর্তী ৩০০ মিমি ঢোকাতে যে পরিমাণ ব্লো প্রয়োজন হয় তাই

Standard Penetration Resistance(N-value). Split Spoon তুলে ফেলে তার মধ্যকার মাটি ল্যাবরেটরী ও চাক্ষুষ পরীক্ষার জন্য ব্যবহার করতে হবে। N-value নিচের ফর্মুলায় ব্যবহার করে মাটির Shear Strength (S_U) বের করতে হবেঃ

S_U = **12 N** kN/m^2 (N/4 kips/sft)

একবার উপরের যে কোন পদ্ধতিতে Shear Strength (S_U) বের করা হয়ে গেলে নিচের Equation হতে Footing, Wall, Shallow Pier এর Allowable Bearing Capacity ক্যালকুলেট করা যাবেঃ

Allowable bearing capacity, $q = 1.9\ S_U$ kN/m$^2 \approx$ N/2 kips/sft

এছাড়া N ভ্যালু হতে মাটির আপেক্ষিক অবস্থা নির্ণয় করে Clayee মাটির আপেক্ষিক ঘনত্ব ও ভার বহন ক্ষমতা নির্ণয় করা যায় যা নীচের টেবিল ৯-৬ এ দেয়া হলো।

টেবিল ৯- ৬ঃ কাদা মাটির আপেক্ষিক ঘনত্ব ও বিয়ারিং ক্যাপাসিটি

N Value	অবস্থা	Approx. Unconfined compressive strength		Bearing Capacity, $1.9S_u$		Field Test/ compressibility
		Ton/ft^2	KN/m^2	Ton/ft^2	KN/m^2	
0-2	Very Soft	0-0.25	0-25	0-0.50	0-48	Squeezes between fingers when fist is closed
2-4	Soft	0.25-0.50	25-50	0.50-1.00	48-95	Easily molded by fingers
4-8	Medium	0.50-1.00	50-100	1.00-1.90	95-190	Moulded by strong pressure of fingers
8-16	Stiff	1.00-2.00	100-200	1.90-3.80	190-380	Dented by strong pressure of fingers
16-30	Very Stiff	2.00-4.00	200-400	3.80-7.60	380-760	Dented only slightly by finger pressure
30-50	Hard					Dented only slightly by pencil point
> 50	Very Hard					

N এর মানের সাপেক্ষে বালু (sandy) মাটির আপেক্ষিক ঘনত্ব নিচের টেবিল ৯-৭ এ দেয়া হলোঃ-

টেবিল ৯- ৭ঃ বালু (Sandy) মাটির আপেক্ষিক ঘনত্ব

N Value	অবস্থা
0-4	Very Loose
4-10	Loose
10-30	Medium dense
30-50	Dense
> 50	Very Dense

Field এ যে SPT Value বা N পাওয়া যায় তা প্রয়োজনীয় correction করে Field N Value কে N_{60} তে convert করা যায়।

$N_{60} = (E_m C_b C_s C_r N)/0.60$

Where

N_{60} = SPT N-value corrected for Field Procedures

E_m = Hammer efficiency

C_b = Borehole diameter correction

C_s = sampler correction

C_r = Rod Length correction

N = SPT value recorded in the field

যন্ত্রপাতি ও যন্ত্রপাতির ব্যবহার ভেদে আমাদের দেশে N_{60} এর মান সাধারণতঃ Field N Value মানের ৪৫-৫০% হয়ে থাকে। Correction factor ৪৫% হলে N_{60} মান হবে-

$N_{60} = (০.৪৫N)/0.60$

Terzaghi's equation

Long footing $q_u = cN_c+\gamma DN_q+0.5\gamma BN_\gamma$

Square footing $q_u = 1.3cN_c+\gamma DN_q+0.5\gamma BN_\gamma$

Circular footing $q_u = 1.3cN_c+\gamma DN_q+0.3\gamma BN_\gamma$

Meyerhof's equation

Vertical load $qu = cN_cS_cd_c + qN_qS_qd_q + 0.5\gamma BN_\gamma S_\gamma d_\gamma$

Formula ব্যবহার করতে সকল parameter মান জানা থাকা প্রয়োজন। তবে নীচের টেবিল ৯-৮ ব্যবহার করে সহজে bearing Capacity বার করা সম্ভব। Width of foundation (B) ও N value জানা থাকলে bearing Capacity নির্ণয় করা যাবে।

টেবিল ৯- ৮ঃ Allowable bearing Capacity in kN/m2 (Kips/ft^2) for surface-loaded footings for 2.54cm (1 inch) settlement, based on Meyerhof Equations.

N	Value of B							Minimum Value (Kips/sft)
	0-4	6	8	10	12	14	16	
5	60 (1.25)	54.3 (1.134)	50.5 (1.055)	48.3 (1.008)	46.83 (0.978)	45.82 (0.957)	45.06 (0.941)	1.00
10	120 (2.5)	108.6 (2.268)	101.0 (2.109)	96.6 (2.016)	93.66 (1.956)	91.64 (1.913)	90.12 (1.882)	2.00
15	180 (3.75)	162.9 (3.403)	151.5 (3.164)	144.8 (3.024)	140.50 (2.934)	137.46 (2.871)	135.18 (2.8723)	3.00
20	240 (5.0)	217.2 (4.537)	202.0 (4.220)	193.1 (4.032)	187.32 (3.912)	183.28 (3.827)	180.24 (3.764)	4.00
25	300 (6.25)	271.5 (5.671)	252.5 (5.275)	241.4 (5.040)	234.15 (4.89)	229.10 (4.785)	225.30 (4.705)	4.50
30	360 (7.5)	325.85 (6.805)	303.0 (6.328)	289.7 (6.048)	281.0 (5.868)	274.92 (5.742)	270.36 (5.646)	5.50
35	420.0 (8.75)	378.2 (7.94)	353.5 (7.385)	338.0 (7.056)	327.8 (6.846)	320.74 (6.699)	315.42 (6.587)	6.50

N এর মান হতে মাটির ভার বহন ক্ষমতা নিম্নের Formula ব্যবহার করে আনুমানিক ভাবে নির্ণয় করা যায় ।

- কাদা মাটি ভার বহন ক্ষমতা Formula 0.125 N_{60} (tsf)
- বালু মাটি ভার বহন ক্ষমতা Formula 0.2N_{60} (tsf)

এখানে N_{60} হলো Corrected N Value যা N এর মান এর ৪৫-৫০% হয়ে থাকে।

N_{60} = (N x 0.45)/60

টেবিল ৯- ৯ঃ N এর মান হতে মাটির ভার বহন ক্ষমতা (আনুমানিক হিসাব)

N Value	Corrected N_{60} Value	কাদা মাটি ভার বহন ক্ষমতা Formula 0.125 N_{60} (tsf)	বালু মাটি ভার বহন ক্ষমতা Formula 0.2N_{60} (tsf)	
২	১.৫	০.১৮৮	০.৩	
৪	৩.০	০.৩৭৫	০.৬	
৬	৪.৫	০.৫৬৩	০.৯	
৮	৬.০	০.৭৫	১.২০	
১০	৭.৫	০.৯৪	১.৫০	
১২	৯.০	১.১৩	১.৮০	
১৪	১০.৫	১.৩১	২.১০	
১৬	১২	১.৫	২.৪	
১৮	১৩.৫	১.৬৯	২.৭	
২০	১৫	১.৮৭	৩.০	
২২	১৬.৫	২.০৬	৩.৩	
২৪	১৮.০	২২.৫	৩.৬	
২৬	১৯.৫	২.৪৪	৩.৯	
২৮	২১.০	২৬.৩	৪.২	
৩০	২২.৫	২.৮২	৪.৫	

LOCAL GOVT. ENGINEERING DEPARTMENT
LIBRARY
H.Q
Dhaka, Bangladesh