অধ্যায়-৬ আরসিসি ফুটিং ডিজাইন

❖ আরসিসি ফুটিং ডিজাইন একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রক্রিয়া যা কাঠামোর নিরাপত্তা, স্থায়িত্ব এবং কার্যকারিতা নিশ্চিত করার জন্য অপরিহার্য। এটি কাঠামোর উপর আসা সমস্ত লোড নিরাপদে মাটিতে স্থানান্তর করে এবং অপ্রত্যাশিত বসতি বা ব্যর্থতা প্রতিরোধ করে।

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। ফাউন্ডেশন বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০০৪, ০৯

অথবা, ভিত্তি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ মাটির নিচে নির্মিত কাঠামোর নিম্নতম অংশ যার মাধ্যমে কাঠামোর নিজস্ব ওজন ও এর উপর আপতিত ওজনকে মাটির শক্ত স্তরে স্থানান্তর করা হয়, তাকে ভিত্তি বা ফাউন্ডেশন বলে।

***** ২। মাটির ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?**

বাকাশিবো- ২০০২, ১০, ১৫, ১৬, ১৮

উত্তর ঃ কোন রকম শিয়ার ব্যর্থতা (Shear failure) ও অতিরিক্ত বসন (excess Settlement) ছাড়া মাটি যতুটুকু Load বহন করতে পারে তাকে মাটির ভারবহনক্ষমতা (Bearing capacity of Soil) বলে।

*** ৩। নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?**

বাকাশিবো- ২০১২, ১৩, ১৫'পরি, ২১'পরি, ২৩

উত্তর ঃ নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা (safe bearing capacity) ঃ স্বাচ্ছন্দে (Easily) ও নিরাপদে (Safely) ভিত্তিতলের মৃত্তিকা শিয়ারে

ব্যর্থ হওয়া ঝুঁকি ব্যতিরেকে যে পরিমাণ ভারবহন করতে সক্ষম তাকে নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা বলে। নিট নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা ও ওভারবার্ডেন চাপের সমষ্টিই মৃত্তিকার নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা।

***** ৪। ভিত্তির গভীরতা নির্ণয়ের জন্য র‍্যাংকিনের সূত্র নোটেশনসহ লেখ।**

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৮, ১০, ১১, ১৩, ১৪, ১৬, ১৭, ১৮, ১৯, ২০, ২১

উত্তর ঃ ভিত্তির গভীরতা নির্ণয়ে র‍্যাংকিনের সূত্রটি হলো-

$$D_f = \frac{P}{W}\left(\frac{1-\sin\theta}{1+\sin\theta}\right)^2$$

এখানে,

D_f = ভিত্তির গভীরতা।

P = লোডের তীব্রতা।

W = মাটির একক ওজন।

θ = মাটির স্থিরতা কোণ।

***** ৫। পাঞ্চিং শিয়ার বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০১৪

উত্তর ঃ স্বতন্ত্র কলাম ফুটিং-এর ক্ষেত্রে, কলামের চারদিকে $\frac{d}{2}$ দূরত্বে একটি ক্রিটিক্যাল সেকশন-এ যে শিয়ার ফোর্স কার্যকর হয় এবং তার জন্য যে শিয়ার পীড়ন (stress) নির্ণয় করা হয়, তাকেই পাঞ্চিং শিয়ার বলা হয়।

নোট ঃ ক্রিটিক্যাল সেকশন বলতে সেই অংশকে বুঝায় সেখানে সর্বোচ্চ পীড়ন বা বল সৃষ্টি হয়।

*** ৬। স্লোপ ফুটিং কাকে বলে?**

উত্তর ঃ যে ফুটিংয়ের পুরুত্ব কলামের কাছে বেশি এবং ধীরে ধীরে পাশের দিকে কমতে থাকে, তাকে স্লোপ ফুটিং বলে। এটি মূলত কংক্রিট ও রডের ব্যবহার কমিয়ে খরচ সাশ্রয় এবং লোড ধীরে ধীরে মাটিতে বিতরণ করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

***** ৭। স্লোপ ফুটিং ডিজাইন কেন করা হয়?** বাকাশিবো- ২০১৪, ২০'পরি

উত্তর ঃ স্লোপ ফুটিং-এর গভীরতা প্রধানত বেন্ডিং মোমেন্ট, বিম শিয়ার এবং পাঞ্চিং শিয়ারের উপর নির্ভর করে। বেন্ডিং মোমেন্ট সর্বাধিক হয় কলামের ফেসে এবং কমতে কমতে ফুটিংয়ের কিনারায় শূন্য হয়; শিয়ার ফোর্সও একইভাবে হ্রাস পায়। এই ভিত্তিতে গভীরতা নির্ধারণ করলে নির্মাণসামগ্রী সাশ্রয় হয়। তাই কার্যকারিতা ও খরচের দিক বিবেচনায় স্লোপ ফুটিং ডিজাইন করা হয়। মোমেন্টের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন ধরা হয় কলাম বা ওয়ালের ফেস বরাবর।

**** ৮। ফুটিং- ডিজাইনের ক্ষেত্রে মোমেন্টের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কংক্রিট ওয়াল ফুটিং-এর ক্ষেত্রে মোমেন্টের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন বলতে ওয়ালের গাত্র বরাবর লম্বালম্বি সেকশনকে বোঝায়। আর ইটের ওয়াল হলে, ক্রিটিক্যাল সেকশন হয় দেয়ালের পাদদেশ থেকে দেয়ালের পুরুত্বের $\frac{a}{4}$ দূরত্বে।

*** ৯। কলামের বেইজে পাঞ্চিং শিয়ার কোথায় নির্ণয় করা হয়?**

উত্তর ঃ কলাম ফেস থেকে $\frac{d}{2}$ দূরত্বে পাঞ্চিং শিয়ার নির্ণয় করা হয়।

***** ১০। ওয়াল ফুটিংয়ের শিয়ারের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন বলতে কী বুঝায়?** বাকাশিবো- ২০১৫

উত্তর ঃ কংক্রিট এবং ম্যাসনরি ওয়াল ফুটিংয়ের ক্ষেত্রে কলাম পৃষ্ঠ থেকে 'd' দূরে সর্বোচ্চ শিয়ার হয়ে থাকে বলে এ দূরত্বে এই সেকশনকে ওয়াল ফুটিংয়ের শিয়ারের ক্রিটিক্যাল সেকশন বলে। এখানে, d ফুটিং এর কার্যকরী গভীরতা।

***** ১১। কংক্রিট ওয়াল ফুটিংয়ের শিয়ারের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন 'd' দূরত্বে হওয়ার কারণ কী?** বাকাশিবো- ২০১৯

উত্তর ঃ কংক্রিট ওয়াল ফুটিংয়ের কলাম ফেস থেকে ফুটিংয়ের কার্যকরী গভীরতার সমান দূরত্বে শিয়ারে ফেল করার প্রবণতা সবচেয়ে বেশি থাকার কারণে ফুটিংয়ের ক্রিটিক্যাল সেকশন 'd' দূরত্বে ধরা হয়।

***** ১২। মাটির ভারবহন ক্ষমতা হ্রাস পেলে ফাউন্ডেশনের আকার বাড়ে কেন?** বাকাশিবো- ২০১১

উত্তর ঃ আমরা জানি, ভিত্তির চওড়া বা প্রশস্ততা, $L = W/P$

এখানে, W = প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে কাঠামোর মোট লোড, কেজি

P= মাটির ভারবহন ক্ষমতা, কেজি/বর্গমিটার।

ভিত্তির চওড়া বা প্রস্থ নির্ণয়ের জন্য কাঠামো থেকে আগত লোডের সাথে ফুটিং-এর নিজস্ব ওজন যোগ করে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা দ্বারা ভাগ করা হয়। তাই মাটির ভারবহন ক্ষমতা হ্রাস পেলে ফাউন্ডেশনের আকার বৃদ্ধি পায়।

*** ১৩। ওয়াল ফুটিং-এর ক্ষেত্রে প্রধান ও বিতরণ রিইনফোর্সমেন্টের অবস্থান দেয়ালের সাপেক্ষে কী হবে, তা উল্লেখ কর।**

উত্তর ঃ প্রধান টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্টের স্প্যান বরাবর অর্থাৎ দেয়ালের দৈর্ঘ্যের সাপেক্ষে সমকোণে থাকবে এবং নিচে কমপক্ষে 7.5 সেমি কভারিং রাখতে হবে। বিতরণ রিইনফোর্সমেন্ট প্রধান রডের সমকোণে অর্থাৎ দেয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর ব্যবহার করতে হয়।

*** ১৪। আরসিসি ব্লক ফুটিং এবং স্লোপড ফুটিংয়ের মধ্যে কোনোটি মিতব্যয়ী?**

উত্তর ঃ আরসিসি ব্লক ফুটিংয়ের চেয়ে স্লোপড ফুটিং অধিক মিতব্যয়ী।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

**** ১। কলাম ফুটিং ডিজাইনে পাঞ্চিং শিয়ারের গুরুত্ব বেশি কেন?**

বাকাশিবো- ২০১২, ২০'পরি

উত্তর ঃ স্বতন্ত্র কলাম ফুটিংয়ে শুধু বেন্ডিং মোমেন্ট আর ডাইরেক্ট শিয়ারই নয়, পাঞ্চিং শিয়ারও তৈরি হয়। যেহেতু ফুটিংয়ে সাধারণত শিয়ারের জন্য আলাদা রড বা স্টিরাপ ব্যবহার করা হয় না, তাই এর গভীরতা সাধারণ শিয়ার হিসেব করে ঠিক করা হয়। কিন্তু বাস্তবে পাঞ্চিং শিয়ারের প্রকোপ বেশি হয়, তাই ফুটিং কতটা পুরুত্বের হবে, সেটা অনেক সময় পাঞ্চিং শিয়ার নির্ধারণ করে।

***** ২। কখন কম্বাইন্ড ফুটিং ডিজাইন করা হয়?**

বাকাশিবো- ২০০৬, ০৮, ১০, ১৬'পরি, ১৯'পরি

উত্তর ঃ কম্বাইন্ড ফুটিং সাধারণত নিচের পরিস্থিতিতে ডিজাইন করা হয় ঃ

নিকটবর্তী কলামসমূহের ক্ষেত্রে ঃ যখন একাধিক কলাম পরস্পরের খুব কাছাকাছি স্থাপিত হয়, তখন প্রত্যেকটির জন্য আলাদা ফুটিং দেওয়া বাস্তবসম্মত বা কার্যকর হয় না। এ অবস্থায় একটি কম্বাইন্ড ফুটিং ব্যবহার করা হয়।

কম ভারবহন ক্ষমতাসম্পন্ন মাটি ঃ যখন মাটির ধারণক্ষমতা খুব কম হয়, তখন লোড সমানভাবে বিতরণের জন্য একাধিক কলামের জন্য একটি বৃহৎ ভিত্তি প্রদান করা হয়, যা একক ফুটিংয়ের তুলনায় বেশি কার্যকর।

সীমানার নিকটে কলাম স্থাপন ঃ যখন কোনো কলাম জমির সীমানার খুব কাছাকাছি থাকে, তখন ঐ কলামের নিচে এক কেন্দ্রিক স্বতন্ত্র ফুটিং দেওয়া সম্ভব হয় না। তাই নিকটবর্তী অন্য একটি কলামের সঙ্গে যুক্ত করে কম্বাইন্ড ফুটিং ব্যবহার করা হয়।

৩। আরসিসি ওয়াল ফুটিং ডিজাইনের বিবেচ্য বিষয়সমূহ কী কী?

বাকাশিবো- ২০১৯'পরি

উত্তর ঃ আরসিসি ওয়াল ফুটিং ডিজাইনের বিবেচ্য বিষয়সমূহ ঃ

Unit Width Consideration ঃ যেহেতু ওয়াল সাধারণত লম্বালম্বি থাকে, তাই স্ট্রিপ ফাউন্ডেশনের মতো প্রতি ১ মিটার (Unit Meter Strip) ভিত্তিক ডিজাইন করা হয়, যাতে অ্যানালাইসিস সহজ হয় এবং লোড ডিস্ট্রিবিউশন স্পষ্টভাবে বোঝা যায়।

Load Calculation ঃ ফাউন্ডেশন প্রস্থ নির্ধারণের সময় ওয়াল দ্বারা উৎপন্ন লোড (Dead load and Live load) এর সাথে ফুটিং-এর নিজস্ব

ওজন এবং মাটি দ্বারা প্রদত্ত uplift pressure যদি থাকে বিবেচনায় নিতে হবে।

Effective Cantilever Span ঃ ইনভার্টেড ক্যান্টিলিভার ফাউন্ডেশনের কার্যকর স্প্যান ধরা হয়

$$\text{Effective Span} = \frac{L-a}{2}$$

যেখানে, $L =$ মোট ফুটিং প্রস্থ

$a =$ দেয়ালের প্রস্থ

এটি ফ্লেক্সারাল ডিজাইনের জন্য ব্যবহার হয়।

Web Reinforcement ঃ সাধারণভাবে RCC ওয়াল ফুটিংয়ে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট (Vertical stirrups) প্রদান করা হয় না, কারণ এতে Shear প্রধান সমস্যা নয়।তবে যদি Shear Stress নির্ধারিত সীমা অতিক্রম করে, তবে রিইনফোর্সমেন্ট প্রয়োজন হতে পারে।

Critical Sections ঃ ডিজাইনের সময় গুরুত্বপূর্ণ ক্রিটিক্যাল সেকশনসমূহ নির্ধারিত কোড অনুসারে বিবেচনায় নিতে হয় ঃ

Main Reinforcement Detailing ঃ প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট (Main Tensile Reinforcement) দেয়ালের দৈর্ঘ্যের সাথে লম্বভাবে (Perpendicular to Wall) স্থাপন করতে হয়। রডের নিচে মাটি থেকে পর্যাপ্ত কভারিং নিশ্চিত করতে হবে, যা সাধারণত 75 মিমি (7.5 সেমি)।

Temperature/Distribution Reinforcement ঃ ওয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর (Parallel to Wall) টেম্পারেচার বা ডিস্ট্রিবিউশন রড স্থাপন করতে হয়। এটি কনক্রিটে তাপজনিত সংকোচন বা প্রসারণ থেকে উদ্ভূত ফাটল রোধে সহায়ক।

***** ৪। র‍্যাফট ফাউন্ডেশনের বিবেচ্য ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।**

বাকাশিবো- ২০০৪, ০৯, ১৪'পরি

উত্তর ঃ র‍্যাফট ফাউন্ডেশন সাধারণত নিচের অবস্থাগুলোতে বিবেচনা করে নির্মাণ করা হয় ঃ

i) মাটির ভারবহন ক্ষমতা কম হলে

ii) কলামের পারস্পরিক দূরত্ব কম হলে

iii) স্বতন্ত্র ফুটিং অধিক জায়গা দখল করলে

iv) মাটির বসে যাওয়ার আশঙ্কা থাকলে

v) সুপরিসর বা সুউচ্চ কাঠামো নির্মাণে

***** ৫। সুপার ইমপোজড লোড দেওয়া থাকলে ওয়াল ফুটিং-এর চওড়া নির্ণয় করা হয় কীভাবে?**

বাকাশিবো- ২০০৪, ০৯, ১৪ 'পরি

উত্তর ঃ ফুটিংয়ের চওড়া বা প্রস্থ নির্ণয়ের জন্য কাঠামো থেকে আগত লোড বা সুপার ইমপোজড লোডের সাথে ফুটিং-এর নিজস্ব ওজন যোগ করে যোগফলকে মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা দ্বারা ভাগ করা হয়। ফুটিং-এর নিজস্ব ওজন আরোপিত বা সুপার ইমপোজড লোডের ৪% থেকে ১০% ধরা হয়।

W = মোট লোড

= সুপার ইমপোজড লোড + ফুটিং এর নিজস্ব ওজন, কেজি

P = মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা, কেজি/বর্গমিটার

ফুটিং-এর ক্ষেত্রফল = মোট লোড/ মাটির ভারবহন ক্ষমতা

$$= \frac{W}{P}$$

ফুটিং-এর চওড়া, $L = \frac{\text{ক্ষেত্রফল}}{\text{দৈর্ঘ্য}}$

$= \frac{A}{1m}$

SOS গাণিতিক সমস্যাবলি ঃ

১। $25\ cm$ প্রস্থের একটি ইটের দেয়ালের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে এর ফুটিং এর উপর $20,000$ কেজি লোড আরোপিত হয়।মাটির নিরাপদ ভার বহন ক্ষমতা, $15000\ kg/m^2$ $f'_c = 200kg/m^2$ $f_s = 1400\ kg/\ cm^2$ $n = 10$, $V_c = 4.2\ kg/cm^2$ $u = 18kg/\ cm^2$ হলে দেয়ালটির জন্য একটি আরসিসি ফুটিং ডিজাইন কর।

সমাধান ঃ

লোড নির্ণয় ঃ

আরোপিত লোড $= 20000\ kg$

নিজস্ব ওজন $(8\%) = 1600\ kg$

মোট লোড, $w = 21600kg/m$

Note ঃ ফুটিং এর নিজস্ব ওজন = আরোপিত লোডের $4\% - 10\%$ ধরা হয়।

মোট লোড = আরোপিত লোড + ফুটিং এর নিজস্ব ওজন।

ফুটিং এর চওড়া ঃ

Note ঃ ওয়াল ফুটিং ডিজাইনে দেয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর $1m$ স্ট্রিপ বিবেচনা করা হয়।

ফুটিং এর ক্ষেত্রফল $= \frac{\text{ডিজাইন লোড}}{\text{মাটির ভারবহন ক্ষমত}}$

$$= \frac{W}{p}$$

$$= \frac{21600}{15000}$$

$$= 1.44\ m^2$$

ফুটিং এর চওড়া, $L = \frac{\text{ক্ষেত্রফল}}{\text{দৈর্ঘ্য}}$

$$= \frac{A}{1m}$$

$$= \frac{1.44m^2}{1m}$$

$$= 1.44\ m$$

প্রতি মিটার চওড়ার জন্য মাটির উর্ধ্বমুখী চাপ,

$$w = \frac{\text{দেয়ালের আরোপিত লোড}}{\text{ফুটিং এর চওড়া}}$$

$$\therefore \omega = \frac{20000}{1.44}$$

$$= 13888.89\ kg/m$$

সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট ঃ

এখানে,

$$f_c = 0.45\ f_c'$$

$$= 0.45 \times 200$$

$$= 90\ kg/cm^2$$

$$k = \frac{n}{n+\frac{f_s}{f_c}}$$

$$= \frac{10}{10+\frac{1400}{90}}$$

$$= 0.39$$

$$M = \left\{\frac{L-a}{2} + \frac{a}{4}\right\}^2 \times \frac{\omega}{2}$$ [a = দেয়ালের পুরুত্ব = 0.25 m]

$$= \left\{\frac{1.44-0.25}{2} + \frac{0.25}{4}\right\}^2 \times \frac{13888.89}{2}$$

$$= 3002.13\ kg - m$$

$$\cong 300213\ kg - cm$$

ফুটিং এর গভীরতা ঃ

$$R = \frac{1}{2} f_c jk$$

$$= \frac{1}{2} \times 90 \times 0.87 \times 0.39$$

$$= 15.27$$

i) বেন্ডিং মোমেন্ট সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা,

$$d_m = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$

$$= \sqrt{\frac{300213}{15.27\times100}} \quad \Big| \begin{array}{l} j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.39}{3} = 0.87 \\ b = 1m = 100\ cm \end{array}$$

$$= 14\ cm$$

ii) শিয়ার পীড়ন সাপেক্ষে কাযকরী গভীরতা,

$$d_v = \frac{V_v}{V_{cb}}$$

$$= \left\{\frac{L-a}{2} - d_v\right\} W$$ [V_v= ওয়াল ফেস থেকে 'd' দূরত্ব শিয়ার ফোর্স]

$$= \left\{\frac{1.44-0.25}{2} - \frac{d_v}{100}\right\} \times 13888.89$$

$$= (0.595 - 0.01\, d_v) \times 13888.89$$

$$\therefore d_v = \frac{V_v}{V_{cb}}$$

$$= \frac{(0.595-0.01\, d_v)\times 13888.89}{4.2\times 100}$$ [$V_c = 4.2\ kgc/m^2$]

$$\Rightarrow d_v = \frac{(0.595-0.1 d_v)13888.89}{420}$$

$$\Rightarrow 420\, d_v = 8263.89 - 138.89\, d_v$$

$$\Rightarrow d_v \times 420 + 138.89\, d_v = 8263.89$$

$$\Rightarrow d_v = \frac{8263.89}{558.89}$$

$$= 14.78\ cm$$

$$\cong 15\ cm$$

সুতরাং কার্যকরী গভীরতা, $d = 15\ cm$

মোট গভীরতা, $t = d + \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{কভারিং}$

$$= 15 + \frac{1.6}{2} + 7.5$$

$$= 23.3\ cm$$

Note ঃ মাটির সংস্পর্শে থাকলে কভারিং বেশি ধরতে হয়।

টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল ঃ $A_s = \frac{M}{f_s jd}$

$= \frac{300213}{1400 \times 0.87 \times 15}$

$= 16.43\ cm^2$

ব্যবধান, $S = \frac{b \times a_s}{A_s}$

$= \frac{100 \times 2.01}{16.43}$

$= 12.23\ cm$

$\cong 12\ cm$

$a_s = \frac{\pi}{4} \times (1.6)^2$

$= 2.01\ cm^2$

16 mm φ Rod 12 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

বন্ড পীড়ণ নিরীক্ষা ঃ

এখানে,

$V = \frac{L-a}{2} + \frac{a}{4} \times \omega$

$= \left(\frac{1.44-0.25}{2} + \frac{0.25}{4}\right) \times 13888.89$

$= 9131.95\ kg$

$\sum_o = N\pi D$

$= \frac{100}{2} \times \pi \times 1.6$

$= 41.49\ cm$

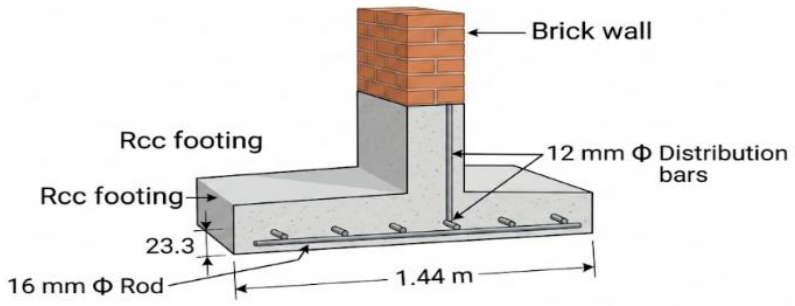
$$u = \frac{V}{\sum_o jd}$$
$$= \frac{9131.95}{41.49 \times 0.87 \times 15}$$
$$= 16.70\ kg/cm^2 < 18\ kg/cm^2$$

ডিস্ট্রিবিউশন রড ঃ

$$A'_s = 0.0025\ bt$$
$$= 0.0025 \times 100 \times 23.3$$
$$= 5.825\ cm^2$$

ব্যবধান, $S = \frac{100 \times 1.13}{5.825}$
$= 19.40\ cm$
$\cong 19\ cm$

$12\ mm\ \varphi\ Rod\ used$
$a_s = \frac{\pi}{4} \times 1.2^2$
$= 1.13$



নিজস্ব ওজন যাচাই ঃ

$$= \text{L} \times \text{t unit weight}$$

ফুটিং এর নিজস্ব ওজন $= 1.44 \times \frac{23.3}{100} \times 2400$
$= 805.25\ kg < 1600\ kg$

Note ঃ নিজস্ব ওজন আরোপিত লোডের 8% ধার নেওয়া ঠিক আছে। সুতরাং ডিজাইন ঠিক আছে।

২। $20\ cm$ বর্গাকার প্রস্থচ্ছেদের একটি আরসিসি কলাম উহার ফুটিং এর উপর 90000 কেজি ভার অর্পন করে। মাটির নিরাপদ ভার বহন ক্ষমতা 16000 কেজি/ বর্গমিটার হলে ফুটিং এর আকার ফুটিং এর গভীরতা পুরুত্ব এবং লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর। বাকাশিবো ২০১১, ১৭, ১১'পরি

তথ্যাদি $f'_c = 210\ kg/\ cm^2$, $f_s = 1400\ kg/cm^2$, $n = 9$, $V_c = 4.2\ kg/cm^2$, $V_o = 7.5\ kg/cm^2$

সমাধান ঃ লোড নির্ণয় ঃ

আরোপিত লোড $= 90000\ kg$

নিজস্ব ওজন $10\% = 90000 \times \frac{10}{100} = 9000$ kg

মোট লোড = 99000 kg

ফুটিং আকার নির্ণয় ঃ

ফুটিং এর ক্ষেত্রফল, $A = \frac{\text{মোট লোড}}{\text{মাটির ভার বহন ক্ষমতা}}$

$= \frac{99000}{16000}$

$= 6.1875\ m^2$

বর্গাকার ফুটিং বিবেচনা করলে, $L \times L = 6.1875$

$\Rightarrow L = \sqrt{6.1875}$

$= 2.50\ m$

প্রতি বর্গমিটার ফুটিং এর উপর আরোপিত লোড, $\omega = \frac{90000}{2.50^2}$

$= 14400\ kg/m^2$

বেন্ডিং মোমেন্ট নির্ণয় ঃ

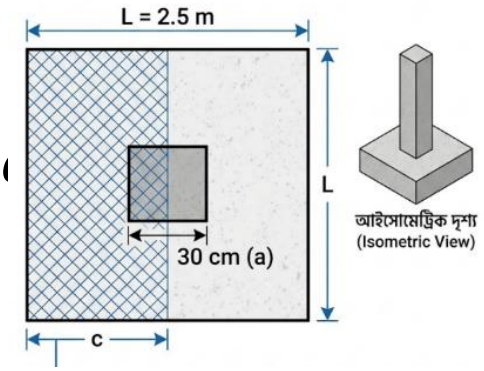
$$M = \frac{\omega L c^2}{2}$$
$$= \frac{14400 \times 2.50 \times 1.10^2}{2}$$
$$= 21780\ kg - m$$
$$= 2178000\ kg - cm$$

আরসিসি কলাম ফুটিং এর জন্য,

$$c = \frac{L-a}{2}$$
$$= \frac{2.5-0.30}{2}$$
$$= 1.10$$

কার্যকারী গভীরতা নির্ণয় ঃ

$$b = 2.5\ m \qquad = 250$$



মোমেন্ট সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা,

$$d_m = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$
$$= \sqrt{\frac{2178000}{15.61 \times 250}}$$
$$= 23.62\ cm$$

$$k = \frac{9}{9+\frac{1400}{94.5}} = 0.378$$
$$j = 1 - \frac{0.378}{3} = 0.874$$
$$R = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.874 \times 0.378$$
$$= 15.61$$

শিয়ার পীড়ন সাপেক্ষে কাযকরী গভীরতা ,

$$d_v = \frac{V_v}{V_{cb}}$$
$$\Rightarrow d_v = \frac{39600 - 360\ d_v}{4.2 \times 250}$$
$$\Rightarrow d_v \times 1050 = 39600 - 360 d_v$$

এখানে, $v_v = (c - d_v)\omega L$
$$= \left(1.10 - \frac{d_v}{100}\right) \times 14400 \times 250$$
$$= 39600 - 360\ d_v$$

$\Rightarrow d_v = \frac{39600}{1410}$

$\therefore d_v = 28.08\ cm$

পাঞ্চিং শিয়ার সাপেক্ষে কাযকরী গভীরতা,

$d_o = \frac{V_o}{V_o b_o}$

$V_o = \{L^2 - (a + d_o)^2 \times \omega\}$

$= [\{(2.5)^2 - (0.3 + 0.01d_o)^2] \times 14400$

$= (6.25 - 0.09 - 0.006d_o - 0.0001d_o^2) \times 14400$

$= 61600 - 60\ d_o - d_o^2$

$b_o = 4(a + d_o)$

$= 4(30 + d_o)$

$= 120 + 4d_o$

$V_o = 7.6\ kg/cm^2$

$d_o = \frac{V_o}{V_o b_o}$

$\Rightarrow d_o = \frac{61600 \times 60\ d_o - d_o^2}{7.6 \times (120 + 4d_o)}$

$\Rightarrow 912\ d_o + 30.96\ d_o^2 = 61600 - 60\ d_o - d_o^2$

$\Rightarrow d_o^2 + 30.96\ d_o - 1961.78 = 0$

$\Rightarrow d_o = 31.44\ cm$

$\cong 31.50\ cm$

$\therefore d_m < d_v < d_o$

$\therefore$ কাযকরী গভীরতা, $d = 31.50\ cm$

$20\ mm$ ব্যাসের রড ব্যবহার করলে মোট গভীরতা ,

$t = d + 1.5 \times$ রডের ব্যাস $+$ কভারিং

$= 31.5 + 1.5 \times 2.0 + 7.5$

$= 42.0\ cm$

নিজস্ব ওজন নিরীক্ষা ঃ

ফুটিং এর ওজন $= 2.5 \times 0.42 \times 2400$

$= 6300\ kg < 9000 kg$

টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল ঃ

$$A_s = \frac{M}{f_s jd}$$

$$= \frac{2178000}{1400 \times 0.874 \times 31.5}$$

$$= 56.51\ cm^2$$

রডের সংখ্যা $= \frac{56.51}{3.14}$

$= 18$

20 mm φ bar used

$a_s = \frac{\pi}{4} \times 2.0^2$

$= 3.14\ cm^2$

$20\ mm$ Rod উভয় দিকে 18 করে ব্যবহার করতে হবে।