অধ্যায়-৭

ফ্লেকচার সূত্র এবং WSD পদ্ধতিতে আরসিসি আয়তাকার বিম ডিজাইন

(Flexure Formula and Design of RCC Rectangular Beam in WSD Method)

৭.১ ফ্লেকচার সূত্র উদ্ভাবনে ব্যবহৃত মৌলিক ধারণাসমূহ (Basic assumptions used in developing the flexure formula) :

কংক্রিট যেহেতু খুব সামান্য পরিমাণ টান সহ্য করতে পারে, সেহেতু কোনো কাঠামোর যে অংশের উপর টান পীড়ন সৃষ্টি হয়, সেখানে টান পীড়ন প্রতিরোধ করতে এতে রিইনফোর্সিং স্টিল রড ব্যবহার করা হয়। সুতরাং "চাপ পীড়ন সহ্য করবে কংক্রিট আর টান পীড়ন সহ্য করবে রড" এ তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে আরসিসি বিম ডিজাইনের সকল সূত্রের ব্যুৎপত্তি বা উদ্ভাবন ঘটেছে। আরসিসি বিমের ক্ষেত্রে নিরপেক্ষ অক্ষের অবস্থান, টান ও চাপ পীড়নের মান এবং কংক্রিট ও রডের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক (E_c এবং E_s) এর অনুপাত, n (মডুলার রেশিও)-এর মানের উপর নির্ভর করে।

আরসিসি বিম ডিজাইনের সূত্র নিরূপণের জন্য কতিপয় মৌলিক ধারণা ব্যবহার করা হয়, যথা–

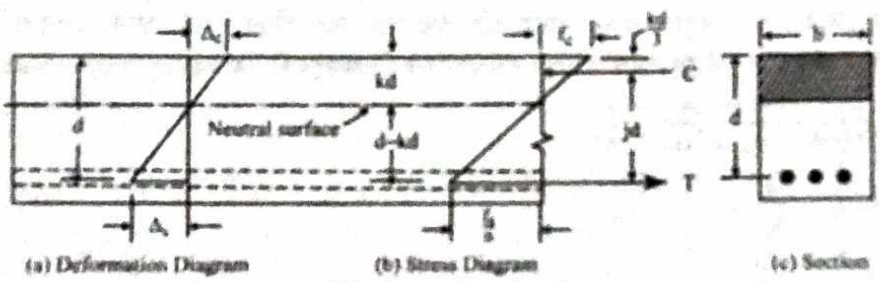
১। বেন্ডিং এর পূর্বে বিমের প্রস্থচ্ছেদ যেমন থাকে, বেন্ডিং-এর পরেও তা তেমন থাকবে। অর্থাৎ, কোনো অনুভূমিক ফাইবার (Fibre)-এর বিকৃতির নিরপেক্ষ অক্ষ থেকে দূরত্বের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক।

২। কংক্রিট এবং রডের মধ্যে সঠিক সংলগ্নতা (Adhesion) বিদ্যমান থাকে। নির্মাণ উপকরণগুলোর বিকৃতির কারণে এ সংলগ্নতা কোনোক্রমেই বিনষ্ট হয় না।

৩। কংক্রিটের টান পীড়ন প্রতিরোধ ক্ষমতাকে সম্পূর্ণরূপে অগ্রাহ্য করা হয় এবং যাবতীয় টান পীড়ন প্রতিরোধের জন্য সম্পূর্ণভাবে রডের উপর নির্ভর করা হয়।

৪। রড এবং কংক্রিট স্থিতিস্থাপক সীমা লংঘন করবে না এবং হুকের সূত্র (Hooke's law) মেনে চলবে।

৭.২ ভার অর্পিত আরসিসি বিমের পীড়ন চিত্র (The stress diagram of loaded RCC beams) :



চিত্র : ৭.১ আরসিসি বিমের পীড়ন, বিকৃতি ও প্রস্থচ্ছেদ

৭.৩ ওয়ার্কিং স্ট্রেস ডিজাইন পদ্ধতিতে ফ্লেকচার সূত্রে ব্যবহৃত নোটেশনের ব্যাখ্যা (Notation used in flexure formula in WSD method) :

আরসিসি কাঠামোর বেন্ডিং সূত্রসমূহ নির্ণয়ে নিম্নলিখিত প্রতীকসমূহ ব্যবহার করা হয়, যথা–

Δ_c = কংক্রিটের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে বিকৃতি (চিত্র : ৭.১)

Δ_s = স্টিলের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে বিকৃতি

E_s = স্টিলের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক, কেজি/বর্গ সেমি

= 2039000 কেজি/বর্গসেমি (2900000 পাউন্ড/বর্গইঞ্চি)

E_c = কংক্রিটের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক, কেজি/বর্গ সেমি

= $W^{1.5} \times 4270\sqrt{f'_c}$ কেজি/বর্গ সেমি

= $W^{1.5} \times 33\sqrt{f'_c}$ পাউন্ড/বর্গইঞ্চি

যেখানে, W = প্রতি ঘনমিটার কংক্রিটের ওজন = 2.323 টন/ঘনমিটার (অথবা 150 পাউন্ড/ঘনফুট)

$$n = \text{মডুলার রেশিও} = \frac{\text{স্টিলের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}}{\text{কংক্রিটের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}} = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2039000}{W^{1.5} \times 4270 \times \sqrt{f'_c}}$$

Scanned with AnyScanner

f_c = নিরপেক্ষ অক্ষ হতে দূরবর্তী ফাইবারে কংক্রিটের একক চাপ পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি
f_s = বিমের দৈর্ঘ্য বরাবর স্থাপিত রডের একক টান পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি
b = বিমের প্রস্থ, সেমি
d = বিমের চাপ এলাকার বহিস্থ বিন্দু থেকে লম্বালম্বি রডের কেন্দ্রবিন্দু পর্যন্ত দূরত্ব, সেমি। একে কার্যকরী গভীরতা (Effective depth) বলা হয়।
k = বিমের নিরপেক্ষ অক্ষ হতে প্রস্থচ্ছেদের চাপ এলাকার বহির্ভাগ পর্যন্ত দূরত্ব এবং বিমের কার্যকরী গভীরতার অনুপাত $= \frac{kd}{d}$
kd = বিমের প্রস্থচ্ছেদের চাপ এলাকার বহির্ভাগ থেকে নিরপেক্ষ অক্ষের দূরত্ব, সেমি
j = বিমের চাপ পীড়নের লব্ধি বিন্দু ও টান পীড়নের কেন্দ্রবিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব ও কার্যকরী গভীরতার অনুপাত $= \frac{jd}{d}$
jd = চাপ পীড়নের লব্ধি বিন্দু ও টান পীড়নের কেন্দ্রবিন্দু পর্যন্ত দূরত্ব, সেমি। এটি প্রতিরোধী যুগলের (Couple) মধ্যবর্তী লম্বিক দূরত্ব। একে লিভার আর্ম বলে।
A_s = বিমের লম্বালম্বি রডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, বর্গ সেমি
ρ = স্টিল রেশিও। লম্বালম্বি রডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ও বিমের কার্যকরী ক্ষেত্রফলের অনুপাত, $\rho = \frac{A_s}{bd}$
M_c = কংক্রিটের চাপ পীড়ন দ্বারা সৃষ্ট প্রতিরোধী মোমেন্ট, কেজি-সেমি
M_s = লম্বালম্বি রডের টান পীড়ন দ্বারা সৃষ্ট প্রতিরোধী মোমেন্ট, কেজি-সেমি
M = প্রয়োগকৃত বল দ্বারা সৃষ্ট বেন্ডিং মোমেন্ট, কেজি-সেমি
C = কংক্রিটের অনুভূমিক চাপ পীড়নের লব্ধি বল, কেজি
T = রডের অনুভূমিক টান পীড়নের লব্ধি বল, কেজি।

৭.৪ ওয়ার্কিং স্ট্রেস ডিজাইন পদ্ধতিতে আরসিসি বিমের জন্য ফ্লেকচার সূত্র নিরূপণ (Derive the flexur formula for RCC beams in the WSD method) ঃ

আরসিসি বিমের তত্ত্বীয় অনুমান অনুসারে আমরা জানি, বিমের যে-কোনো ফাইবারে বিকৃতি নিরপেক্ষ অক্ষ হতে দূরত্বের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক (চিত্র ঃ ৭.১ বিকৃতি চিত্র) বিকৃতি যদি বৃদ্ধি পায় তবে পীড়নও বৃদ্ধি পাবে। সেজন্য বিমের কোনো ফাইবারে পীড়নের মান নিরপেক্ষ অক্ষ থেকে দূরত্বের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক। সংজ্ঞানুযায়ী, স্থিতিস্থাপক গুণাংক (Modulus of elasticity),

$$E = \frac{\text{একক পীড়ন (Unit stress)}}{\text{একক বিকৃতি (Unit strain)}} = \frac{f}{\Delta}$$

$\therefore E_s = \frac{f_s}{\Delta_s}$ এবং $E_c = \frac{f_c}{\Delta_c}$

বা, $\Delta_s = \frac{f_s}{E_s}$ এবং $\Delta_c = \frac{f_c}{E_c}$

যেহেতু বিকৃতি নিরপেক্ষ অক্ষ থেকে দূরত্বের সাথে সমানুপাতিক,
সেহেতু, $\Delta_c \propto kd$ এবং $\Delta_s \propto (d - kd)$

সুতরাং, $\frac{\Delta_c}{\Delta_s} = \frac{f_c/E_c}{f_s/E_s} = \frac{kd}{d - kd}$

বা, $\frac{f_c/E_c}{f_s/E_s} = \frac{k}{1-k}$

বা, $\frac{f_c E_s}{f_s E_c} = \frac{k}{1-k}$ ……………… (a)

আমরা জানি, $n = \frac{E_s}{E_c}$

বা, $\frac{f_c}{f_s} n = \frac{k}{1-k}$

বা, $\frac{f_c}{f_s} = \frac{k}{n(1-k)}$ ……………… (b)

Scanned with AnyScanner

সুতরাং, $f_c = \frac{f_s k}{n(1-k)}$ ……………… (i)

এবং $f_s = \frac{nf_c(1-k)}{k}$ ……………(ii)

আবার (ii) নং সমীকরণ হতে পাই–

$kf_s = nf_c - nkf_c$

বা, $kf_s + nkf_c = nf_c$

$\therefore k(f_s + nf_c) = nf_c$

অর্থাৎ, $k = \frac{nf_c}{f_s + nf_c}$

বা, $k = \frac{n}{\frac{f_s}{f_c} + n}$ [f_c দ্বারা ভাগ করে]

$\therefore k = \frac{n}{n + f_s/f_c}$ ……………(iii)

কংক্রিটের চাপ পীড়ন এলাকায় প্রতিরোধী মোমেন্ট, (Resisting moment of concrete in compressive stress zone)

M_c = (গড় একক পীড়ন × চাপ এলাকায় কংক্রিটের ক্ষেত্রফল) × লিভার আর্ম

পূর্বেই বলা হয়েছে, নিরপেক্ষ অক্ষে চাপ পীড়নের মান শূন্য এবং সর্বদূরবর্তী ফাইবারে সর্বোচ্চ, f_c

সুতরাং, গড় চাপ পীড়ন $= \frac{0 + f_c}{2} = \frac{f_c}{2}$

বিমের চাপ এলাকায় কংক্রিটের ক্ষেত্রফল $= kd \times b$

$\therefore$ চাপ পীড়নের লব্ধি বল, $C = \frac{1}{2} f_c \times kdb$

যান্ত্রিক যুগলের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= jd$

$\therefore$ কংক্রিটের প্রতিরোধক মোমেন্ট,

$M_c = C \times jd = \frac{1}{2} f_c\, bkd \times jd = \frac{1}{2} f_c jkbd^2$

সাম্যাবস্থার নীতি অনুসারে, $M_c = M = \frac{1}{2} f_c jkbd^2$

$\therefore M = \frac{1}{2} f_c jkbd^2$ ……………(iv)

আবার টান পীড়নের জন্য স্টিলের প্রতিরোধী মোমেন্ট, (Resisting moment of steel for tension stress)

M_s = (একক পীড়ন × স্টিলের ক্ষেত্রফল) × লিভার আর্ম

বিমের দৈর্ঘ্য বরাবর ব্যবহৃত স্টিলের একক টান পীড়ন $= f_s$

বিমের দৈর্ঘ্য বরাবর ব্যবহৃত স্টিলের ক্ষেত্রফল $= A_s$

$\therefore$ টান পীড়নের লব্ধি বল, $T = A_s f_s$

যান্ত্রিক যুগলের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= jd$

$\therefore$ স্টিলের প্রতিরোধী মোমেন্ট, $M_s = T \times jd = A_s f_s\, jd$

সাম্যাবস্থার জন্য, $M_s = M = A_s f_s jd$

$\therefore M = A_s f_s jd$ ……………(v)

কিন্তু, $A_s = \rho bd$

$\therefore M = M_s = A_s f_s\, jd$

বা, $M_s = \rho bd\, f_s jd = \rho f_s jbd^2$ ………(vi)

Scanned with AnyScanner

বিমের কার্যকরী গভীরতা, d (Effective depth of beam) :

যেহেতু বিমের বেন্ডিং মোমেন্ট ও প্রতিরোধী মোমেন্ট পরস্পর সমান,

সেহেতু–

$M_c = M$

বা, $\frac{1}{2} f_c jkbd^2 = M$

বা, $d^2 = \frac{M}{\frac{1}{2} f_c jkb}$

বা, $d = \sqrt{\frac{M}{\frac{1}{2} f_c jkb}}$

কিন্তু $\frac{1}{2} f_c jk = R$ [কোনো নির্দিষ্ট বিমের জন্য f_c, j, k নির্দিষ্ট বলে এ মান ধরা হয়]

$\therefore d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$ ... ... (vii)

J-এর মান :

আমরা জানি, কংক্রিটের চাপ পীড়নের লব্ধি বল কেন্দ্রবিন্দুর উপর থেকে $\frac{kd}{3}$ দূরত্বে অবস্থিত এবং লব্ধি 'C' এবং 'T' মধ্যবর্তী দূরত্ব = jd

$\therefore jd = d - \frac{kd}{3}$

বা, $jd = d\left(1 - \frac{k}{3}\right)$

$\therefore j = 1 - \frac{k}{3}$ ... ... (viii)

স্টিলের ক্ষেত্রফল, A_s নির্ণয় :

(v) নং সমীকরণ হতে পাই–

$M_s = M = A_s f_s jd$

$\therefore A_s = \frac{M}{f_s jd}$ ... ... (ix)

'k' এর নিরীক্ষামূলক মান :

যেহেতু কংক্রিট ও স্টিলের প্রতিরোধী মোমেন্ট পরস্পর সমান সেহেতু–

$M_c = M_s$

বা, $\frac{1}{2} f_c jkbd^2 = \rho f_s jbd^2$

বা, $\frac{1}{2} f_c k = \rho f_s$

$\therefore \frac{f_c}{f_s} = \frac{2\rho}{k}$ ... ... (x)

'b' নং সমীকরণে $\frac{f_c}{f_s}$ এর মান বসালে

অর্থাৎ, $\frac{k}{n(1-k)} = \frac{2\rho}{k}$

বা, $k^2 = 2\rho n(1-k)$

বা, $k^2 = 2\rho n - 2\rho nk$

বা, $k^2 + 2\rho nk = 2\rho n$

বা, $(k)^2 + 2k\rho n + (\rho n)^2 = 2\rho n + (\rho n)^2$

বা, $(k + \rho n)^2 = 2\rho n + (\rho n)^2$

বা, $k + \rho n = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2}$

$\therefore k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$ ... ... (xi)

Scanned with AnyScanner

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলি

(i) $f_c = \dfrac{f_s k}{n(1-k)}$

(ii) $f_s = \dfrac{nf_c(1-k)}{k}$

(iii) $k = \dfrac{n}{n + \dfrac{f_s}{f_c}}$ [ডিজাইন সূত্র]

(iv) $k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$ [নিরীক্ষা/অ্যানালাইসিস সূত্র]

(v) $j = 1 - \dfrac{k}{3}$

(vi) $d = \sqrt{\dfrac{M}{Rb}}$

$n = \dfrac{29 \times 10^6}{57000\sqrt{f'_c}}$ [F.P.S. system, f'c = Psi or $lb/inch^2$]

$n = \dfrac{2 \times 10^6}{4700\sqrt{f'_c}}$ [SI. system, f'c = MP_a or, N/mm^2]

(vii) $A_s = \dfrac{M}{f_s jd}$

(viii) $A_s = \rho bd$

(x) $M_s = A_s f_s jd = \rho f_s jbd^2$

(xii) $f_c = 0.45f'c$

(ix) $M_c = \dfrac{1}{2} f_c j\, k\, bd^2$

(xi) $\rho = \dfrac{kf_c}{2f_s}$

(xiii) $f_s = 0.4fy$

(xiv) $n = \dfrac{E_s}{E_c}$

Unit Weight

1 kg = 9.81 Newton = 2.21ℓ6

1M = 3.28ft = 3.28ft = 39.36 inch

1MPa = 1 N/mm^2 = 145 psi

1MPa = 10.20 kg/cm^2

এখানে,

f_c = কংক্রিটের পীড়ন

f_s = স্টিল-এর পীড়ন

n = মডুলার রেশিও

k = নিরপেক্ষ অক্ষ হতে চাপ এলাকার দূরবর্তী ফাইবার পর্যন্ত দূরত্ব (kd) ও d এর অনুপাত

J = চাপ পীড়নের লব্ধি বিন্দু এবং টান পীড়নের লব্ধি বিন্দু পর্যন্ত দূরত্ব (Jd) ও d এর অনুপাত

M_c = কংক্রিটের প্রতিরোধী মোমেন্ট

M_s = স্টিল-এর প্রতিরোধী মোমেন্ট

ρ = স্টিল রেশিও

d = কার্যকরী গভীরতা, cm

b = বিমের প্রস্থ, cm

M = বেন্ডিং মোমেন্ট (বিম-এর) kg-cm

A_s = বিমের লম্বালম্বি রডের (প্রধান লোহার) ক্ষেত্রফল, cm^2

E_c = কংক্রিটের স্থিতিস্থাপক গুণাংক, kg/cm^2

E_s = স্টিল-এর স্থিতিস্থাপক গুণাংক, kg/cm^2 ।

৭.৪.১ ফ্লেকচার সূত্রসমূহ ব্যবহারের মাধ্যমে সমস্যা সমাধান (Solved problems using the flexure formula) ঃ

উদাহরণ-১ । একটি অবিচ্ছিন্ন আয়তাকার বিমের মধ্যবর্তী স্প্যান দৈর্ঘ্য 6.50m । বিমটির ওপর নিজস্ব ওজনসহ প্রতি মিটারে 3,000 kg লোড বিদ্যমান থাকলে নিচের তথ্যাদির ভিত্তিতে বিমটি আকার ও প্রধান লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর ।

তথ্যাদি ঃ $f_s = 1400\ kg/cm^2$, $f'c = 211\ kg/cm^2$, n = 10 । [বাকাশিবো-২০০৬, ১২, ১৭]

সমাধান ঃ

ধাপ-১ ডিজাইন লোড ঃ

দেওয়া আছে,
ω = 3000 kg/m

মোট লোড, $W = \omega L = 3000 \times 6.5$
$= 19500kg$

ধাপ-২ সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট ঃ

সর্বোচ্চ পজিটিভ ও নেগেটিভ বেন্ডিং মোমেন্ট,

$$M = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{3000 \times (6.5)^2}{12} \times 100$$
$$= 1056250\ kg\text{-}cm$$

Scanned with AnyScanner

ধাপ-৩ বিমের গভীরতা ঃ

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$
$$= \sqrt{\frac{1056250}{16.50 \times 28}}$$
$$= 47.80 \text{ cm}$$
$$\simeq 48 \text{ cm.}$$

ধরি, কভারিং 6 cm

∴ মোট গভীরতা, D = 48 + 6 = 54 cm

∴ বিমটির আকার = (28cm × 54cm)

$f_c = 0.45f'c = 0.45 \times 211 = 94.95 \text{ kg/cm}^2$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.404}{3} = 0.86$

$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94.95}} = 0.404$

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

$= \frac{1}{2} \times 94.95 \times 0.86 \times 0.404 = 16.50 \text{ kg/cm}^2$

ধরি, b = 28 cm

ধাপ-৪ টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল ঃ

$$A_s = \frac{M}{f_s Jd} = \frac{1056250}{1400 \times 0.86 \times 48} = 18.28 \text{cm}^2$$

25mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে রডের সংখ্যা $= \frac{18.28}{0.785 \times (2.5)^2}$

= 3.73 টি

≈ 4টি।

∴ 25mm ব্যাসের রড 4টি ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় এলাকায় ব্যবহার করতে হবে।

উদাহরণ-২। একটি আয়তাকার বিমের প্রস্থ 30 cm ও কার্যকরী গভীরতা 55cm। বিমটিতে 5টি 19mm ব্যাসের প্রধান র আছে। কংক্রিটের 28 দিনের সর্বোচ্চ পীড়ন 200 kg/cm², স্টিলের অনুমোদনযোগ্য পীড়ন 1350 kg/cm² এবং n = 9 হ প্রতিরোধী মোমেন্ট নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ১৬(পরি), ১৭(পরি

সমাধান ঃ বিমের কার্যকরী ক্ষেত্রফল = b × d = 30 × 55 = 1650 cm²

5টি 19 mm ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল $= \frac{\pi}{4} \times (1.9)^2 \times 5 = 14.18 \text{cm}^2$

সুতরাং, $\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{14.18}{1650} = 0.0086$

$\therefore k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$

$= \sqrt{2 \times 0.0086 \times 9 + (0.0086 \times 9)^2} - 0.0086 \times 9$

$= 0.324$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.324}{3} = 0.892$

অতএব, কংক্রিটের প্রতিরোধী মোমেন্ট,

$M_c = \frac{1}{2} f_c jkbd^2 = \frac{1}{2} \times 99 \times 0.892 \times 0.324 \times 30 \times 55^2$

$= 1180236.42$ kg-cm

এবং স্টিলের প্রতিরোধী মোমেন্ট,

$M_s = A_s f_s jd = 14.18 \times 1350 \times 0.892 \times 55 = 939155.58 \text{ kg-cm} < M_c$

∴ নির্ণেয় রেজিস্টিং মোমেন্ট = 939155.58 kg-cm

উদাহরণ-৩। একটি সম্পূর্ণ অবিচ্ছিন্ন বিমের আভ্যন্তরীণ স্প্যানের মুক্ত দৈর্ঘ্য 7 মিটার। বিমটির প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে উহার নিজ ওজনসহ 1600 কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত থাকলে নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে আয়তাকার বিমটির প্রস্থ, কার্যকরী গভীরতা এব রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০১১(পরি), ২০১৬(পরি)]

তথ্যাদি ঃ $f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$, $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, n = 10

সমাধান ঃ ধাপ-১ ডিজাইন লোড ঃ

ধরি, সাপোর্টের পুরুত্ব = 25 cm

∴ L = 7 + 0.25 = 7.25 m

w = 1600 kg/m

মোট লোড, W = ωL = 1600 × 7.25

= 11600 kg

ধাপ-২ সর্বোচ্চ শিয়ার ঃ

সর্বোচ্চ ভার্টিক্যাল শিয়ার, $V = \frac{W}{2} = \frac{11600}{2} = 5800$ kg

ধাপ-৩ সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট ঃ

$$M = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{1600 \times 7.25^2}{12} \times 100$$
$$= 700833.33 \text{ kg.cm}$$

Scanned with AnyScanner

ধাপ-৪ বিমের গভীরতা ঃ

$f_c = 0.45\ f'c = 0.45 \times 210 = 94.5\ kg/cm^2$

$k = \dfrac{n}{n + \dfrac{f_s}{f_c}} = \dfrac{10}{10 + \dfrac{1400}{94.5}} = 0.403$

$j = 1 - \dfrac{k}{3} = 1 - \dfrac{0.403}{3} = 0.866$

$R = \dfrac{1}{2}\ f_c jk = \dfrac{1}{2} \times 94.5 \times 0.866 \times 0.403 = 16.49\ kg/cm^2$

ধরি, $b = 25$ cm

∴ বিমের কার্যকরী গভীরতা,

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

$$= \sqrt{\frac{700833.33}{16.49 \times 25}}$$

$= 41.23$ cm $\simeq 42$ cm

ধরি, কভারিং 6 cm

∴ গভীরতা, $D = 42 + 6 = 48$ cm

∴ বিমের আকার = 25 cm × 48 cm

ধাপ-৫ টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল ঃ

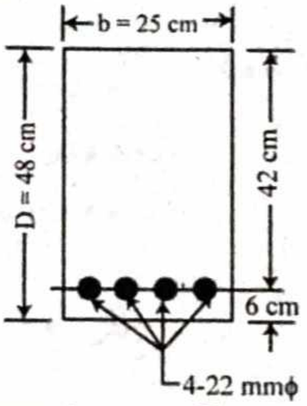
$$A_s = \frac{M}{f_s jd}$$

$$= \frac{700833.33}{1400 \times 0.866 \times 42} = 13.76\ cm^2$$

22 মিমি ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল $= \dfrac{\pi}{4} \times (2.2)^2 = 3.80\ cm^2$

রডের সংখ্যা $= \dfrac{13.76}{3.80} = 3.62 \approx$ 4টি

∴ 22 মিমি ব্যাসের রড 4টি ব্যবহার করতে হবে। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় মোমেন্ট এলাকায়।



উদাহরণ-৪। একটি পুরোপুরি অবিচ্ছিন্ন আয়তাকার বিমের মধ্যবর্তী স্প্যান দৈর্ঘ্য 6.50 মি। বিমটির ওপর নিজস্ব ওজনসহ প্রতি মিটারে 2500 কেজি ওজন বর্তমান থাকলে নিচের তথ্যাদির ভিত্তিতে বিমটির আকার ও প্রধান লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর।

তথ্যাদি ঃ $f_s = 1400\ kg/cm^2$, $f'c = 211\ kg/cm^2$, $n = 9$ [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

সমাধান ঃ

ধাপ-১ ডিজাইন লোড ঃ

$\omega = 2500$ kg/m

$W = \omega L = 2500 \times 6.5 = 16250$ kg

ধাপ-২ সর্বোচ্চ শিয়ার ঃ

$$V = \frac{W}{2} = \frac{16250}{2} = 8125\ kg$$

ধাপ-৩ সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট ঃ

$$M = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{2500 \times 6.5^2}{12} \times 100 = 880208.33\ kg\text{-}cm$$

Scanned with AnyScanner

ধাপ-৪ বিমের গভীরতা ঃ

∴ বিমের কার্যকরী গভীরতা,

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

$$= \sqrt{\frac{880208.33}{15.73 \times 28}}$$

$= 44.70$ cm

$\simeq 45$ cm

ধরি,

∴ কভারিং 6 cm

∴ গভীরতা, $D = 45 + 6 = 51$ cm

∴ বিমের আকার $= 28 \times 51$ cm

$f_c = 0.45 f'c = 0.45 \times 211 = 94.95$ kg/cm²

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{fc}} = \frac{9}{9 + \frac{1400}{94.95}} = 0.379$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.379}{3} = 0.874$$

$$R = \frac{1}{2} fc\, jk = \frac{1}{2} \times 94.95 \times 0.874 \times 0.379 = 15.73$$

ধরি,

∴ $b = 28$ cm

ধাপ-৫ টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল ঃ

$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{880208.33}{1400 \times 0.874 \times 45} = 15.99 \text{ cm}^2$$

25 মিমি ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল $= \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 = 4.91$ cm²

রডের সংখ্যা $= \frac{15.99}{4.91} = 3.26 \simeq 4$টি

∴ 25 মিমি ব্যাসের রড 4টি ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় এলাকায় ব্যবহার করতে হবে।

উদাহরণ-৫। একটি আয়তাকার আরসিসি বিমের প্রস্থ 25 সেমি এবং কার্যকরী গভীরতা 40 সেমি। উহাতে তিনটি 20 মিমি ব্যাসের রড প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হলে বিমের রেজিস্টিং মোমেন্ট কত হবে বা কী পরিমাণ মোমেন্ট নিরাপদে বহন করতে পারবে? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

তথ্যাদি ঃ $f_s = 1400$ kg/cm², $f_c' = 210$ kg/cm², $n = 9$

সমাধান ঃ

১। নিরপেক্ষ অক্ষ (x) ঃ

$$\frac{bx^2}{2} = nAs\,(d - x)$$

$$\frac{25x^2}{2} = 9 \times 9.42\,(40 - x)$$

∴ $x = 13.42$ cm

দেয়া আছে,

$$As = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 2.0^2 = 9.42 \text{ cm}^2$$

২। লিভার আর্ম (jd) ঃ

$$Jd = d - \frac{x}{3}$$

$$= 40 - \frac{13.42}{3}$$

$= 35.52$ cm

৩। প্রতিরোধী মোমেন্ট ঃ

$$Mc = \frac{1}{2} fc \,.\, jd.kd.b$$

$$= \frac{1}{2} \times 94.5 \times 35.52 \times 13.42 \times 25$$

$= 563076.36$ kg. cm

$f'c = 0.45fc = 0.45 \times 210 = 94.5$ kg/cm²

$Ms = As.fs.Jd$

$= 9.42 \times 1400 \times 35.52$

$= 4,68,437.76$ kg. cm

এক্ষেত্রে $M_c > M_s$

∴ নির্ণেয় রেজিস্টিং মোমেন্ট $= 4,68,437.76$ kg-cm **(Ans.)**

Scanned with AnyScanner

উদাহরণ-৬। **একটি সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার বিমের দৈর্ঘ্য 6 মিটার। এর উপর বিমের নিজস্ব ওজনসহ প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে 2100 কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত থাকলে নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে আয়তাকার বিমটির ক্রস সেকশন ও লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ১২]

তথ্যাদি : f_s=1400 কেজি/বর্গ সেমি, $f'c$ = 210 কেজি/বর্গ সেমি, n = 10

সমাধান : **ধাপ-১ ডিজাইন লোড :**

$\omega = 2100$ kg/m

$W = \omega L = 2100 \times 6 = 12600$ kg

ধাপ-২ সর্বোচ্চ শিয়ার :

$$V = \frac{W}{2} = \frac{12600}{2} = 6300 \text{ kg}$$

ধাপ-৩ সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট :

$$M = \frac{\omega L^2}{8} = \frac{2100 \times 6^2}{8} \times 100 = 945000 \text{ kg-cm}$$

ধাপ-৪ বিমের গভীরতা :

মনে করি, b = 25 cm

∴ বিমের কার্যকরী গভীরতা,

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{945000}{16.49 \times 25}} = 47.88 \text{ cm} \simeq 48 \text{ cm}$$

$f_c = 0.45$

$f'c = 0.45 \times 210 = 94.5$ kg/cm²

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94.5}} = 0.403$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.403}{3} = 0.866$$

$$R = \frac{1}{2} f_c jk = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.866 \times 0.403 = 16.49$$

ধরি কভারিং 6 cm

∴ মোট গভীরতা, D = 48 + 6 = 54 cm

∴ বিমের আকার (25 × 54) cm

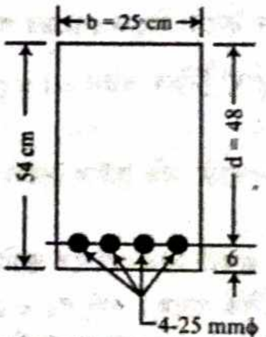
ধাপ-৫ টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল :

$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{945000}{1400 \times 0.866 \times 48} = 16.24 \text{ cm}^2$$

25 মিমি ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল $= \frac{\pi}{4} \times (2.5)^2 = 4.91$ cm²

∴ রডের সংখ্যা $= \frac{16.24}{4.91} = 3.31 \approx$ 4টি

সুতরাং, 4টি 25 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করতে হবে।



উদাহরণ-৭। **একটি সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার RCC beam-এর গ্রহণযোগ্য প্রতিরোধী মোমেন্ট এবং নিজস্ব ওজন ছাড়া প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে বিস্তৃত লোডের পরিমাণ নিরূপণ কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

তথ্যাদি : স্প্যান l = 6m, b = 25 cm, d = 50 cm, A_s = 18.4 cm², f_c = 70 kg/cm², f_s = 1250 kg/cm², n = 9.

সমাধান :

দেওয়া আছে, বিমের দৈর্ঘ্য, l = 6 m

বিমের প্রস্থ, b = 25 cm

বিমের কার্যকরী গভীরতা, d = 50 cm, মোট গভীরতা, D = (50 + 5)cm = 55cm [কভারিং 5cm ধরে]

রিইনফোর্সমেন্টের ক্ষেত্রফল, A_s = 18.4 cm²

কংক্রিটের পীড়ন, f_c = 70 kg/cm²

স্টিলের পীড়ন, f_s = 1250 kg/cm²

Scanned with AnyScanner

৭.৭ সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার বিম ডিজাইন (Design a simply supported rectangular beam) ঃ

উদাহরণ-১১। একটি সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার দৈর্ঘ্য বিমের 6.0 মিটার এবং এর নিজস্ব ওজন বাদে 1800 কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত আছে। নিম্নের তথ্যাবলির সাহায্যে আয়তাকার বিমটির এবং লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর।

তথ্যাদি ঃ $f_s = 1400$ kg/cm², $f_c = 210$ kg/cm², $n = 10$. [বাকাশিবো-২০০৮, ১৪, ২২(অনুষ্ঠিত-২৩)]

সমাধান ঃ

ধাপ-১। লোড নির্ণয় (Load calculation) ঃ

(i) বিমটির নিজস্ব ওজন $= 0.30 \times 0.50 \times 6 \times 2400 = 2160$ kg

(ii) বিমটির উপর আরোপিত লোড $= 1800 \times 6 = 10800$ kg

মোট লোড, W = 12960 kg

ধরি, $D = \frac{L}{10} = \frac{500}{10} = 50$ cm.

$b = 30$ cm ($b = .50D \sim 0.75D$)

ধাপ-২। সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স ঃ

শিয়ার ফোর্স, $V = \frac{W}{2} = \frac{12960}{2} = 6480$ kg

ধাপ-৩। সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট ঃ

$M = \frac{wL}{8} = \frac{12960 \times 6 \times 100}{8} = 972000$ kg.cm

ধাপ-৪। গভীরতা নির্ণয় ঃ

কার্যকরী গভীরতা, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

$\therefore d = \sqrt{\frac{972000}{16.38 \times 30}} = 44.47 \text{ cm} \simeq 45 \text{ cm}$

ধরি, কভারিং 5cm.

$\therefore$ মোট গভীরতা, $D = 45 + 5$

$= 50 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$ (ঠিক আছে)

$\therefore$ বিমের আকার $= 30 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$

এখানে,

$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94.5}} = 0.40$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.40}{3} = 0.867$

$R = \frac{1}{2} f_c jk = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.867 \times 0.40 = 16.38$ kg/cm²

এবং প্রস্থ, b = 30cm

ধাপ-৫। টান রডের ক্ষেত্রফল নির্ণয় ঃ

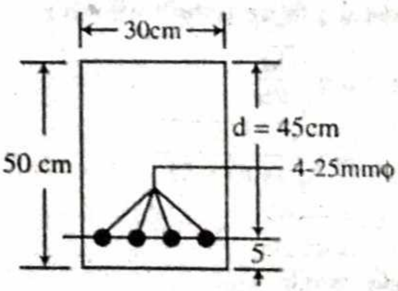
$A_s = \frac{M}{f_s jd}$

$= \frac{972000}{1400 \times .867 \times 45} = 17.80$ cm²

25 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে প্রতিটির ক্ষেত্রফল = 4.91 cm².

$\therefore$ রডের সংখ্যা $= \frac{17.80}{4.91} = 3.62 \approx 4$টি

সুতরাং, বিমটিতে 4–25mm ব্যাসের রড ব্যবহার করতে হবে।



উদাহরণ-১২। একটি সাধারণভাবে স্থাপিত বিমের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 9.00 মিটার, প্রস্থ 25cm ও কার্যকরী গভীরতা 45cm। বিমের নিজস্ব ওজন ব্যতীত প্রতিমিটার দৈর্ঘ্যে 3000 kg লোড সমভাবে বিস্তৃত আছে। নিচের তথ্যাদির সাহায্যে প্রধান লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর। $f_s = 1400$kg/cm², $f_c = 94.5$ kg/cm², $n = 10$ [বাকাশিবো-২০২২(অনুষ্ঠিত ২০২৩)]

সমাধান ঃ

ধাপ-১ ঃ ডিজাইন লোড নির্ণয় ঃ

(i) বিমটির নিজস্ব ওজন $= 1 \times .25 \times .45 \times 2400 = 270$ kg

(ii) বিমের উপর আরোপিত লোড $= 1 \times 3000 = 3000$ kg

$\therefore$ প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে মোট ডিজাইন লোড = 3270 kg

ধাপ-২ ঃ সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স ঃ

$v = \frac{wL}{2} = \frac{3270 \times 5}{2} = 8175$ kg

Scanned with AnyScanner

ধাপ-৩ ঃ সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট ঃ

$$M = \frac{wL2}{8} = \frac{3270 \times 5^2}{8} \times 100$$
$$= 2616000 \text{ kg-cm}$$

ধাপ-৪ ঃ প্রধান লোহার পরিমাণ ঃ

$$A_s = \frac{M}{f_s jd}$$
$$= \frac{2616000}{1400 \times .86 \times 45}$$
$$= 48.28 cm^2 \text{ (Ans.)}$$

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94.5}} = 0.40$$
$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.40}{3} = .86$$

উদাহরণ-১৩ । সাধারণভাবে স্থাপিত একটি R.C.C. বিমের Span 7.0 মিটার । বিমের 25 cm × 50 cm-এর মধ্যে শ রাখতে হবে, তবে নীচের তথ্যাদির সাহায্যে বিমটি ডিজাইন কর ।

তথ্যাদি ঃ $f_s = 1300 kg/cm^2$, $f'c = 200 kg/cm^2$, live load = 900 kg/m, n = 9 [বাকাশিবো-২০২০]

সমাধান ঃ

ধাপ-১ ঃ ডিজাইন লোড নির্ণয় ঃ

প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে

(i) বিমটির নিজস্ব ওজন = 1 × .25 × .50 × 2400 = 300 kg

(ii) বিমের উপর আরোপিত লোড = 900 kg

∴ প্রতি মিটার দৈর্ঘ্য মোট ডিজাইন লোড w = (300 + 900) = 1200 kg

ধাপ-২ ঃ সর্বোচ্চ শিয়ার ঃ

$$v = \frac{wL}{2} = \frac{1200 \times 7}{2} = 4200 \text{ kg}$$

ধাপ-৩ ঃ সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{1200 \times 7^2}{8} = 7350 \text{ kg-m}$$
$$= 735000 \text{ kg-cm}$$

$$fc = .45f'c = .45 \times 200 = 90 \text{ kg/cm}^2$$
$$n = 9$$
$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{9}{9 + \frac{1300}{90}} = 0.38$$
$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{.38}{3} = .87$$
$$R = \frac{1}{2} f_c jk$$
$$= \frac{1}{2} \times 90 \times .87 \times .38$$
$$= 14.87 \text{ kg/cm}^2$$

ধাপ-৪ ঃ বিমের কার্যকরী গভীরতা ঃ

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$
$$= \sqrt{\frac{735000}{14.87 \times 25}}$$
$$= 44.46$$
$$= 45 \text{ cm}$$

ধরি, কভারিং 5cm

∴ গভীরতা, D = 45 + 5 = 50 cm

ধাপ-৫ ঃ টান রডের ক্ষেত্রফল

$$A_s = \frac{M}{f_s jd}$$
$$= \frac{735000}{1300 \times .87 \times 45}$$
$$= 14.45 \text{ cm}^2$$

25mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে

$$\text{রডের সংখ্যা} = \frac{14.45}{0.785 \times 2.5^2}$$
$$= 2.945$$
$$= 3 \text{ টি}$$

Scanned with AnyScanner

উদাহরণ-১৮। একটি সাধারণভাবে স্থাপিত আয়তাকার বিমের দৈর্ঘ্য 6 মিটার। বিমটির উপর প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে 2100 কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত থাকলে নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে আয়তাকার বিমটি ডিজাইন কর।

তথ্যাদি : $f'c = 210$ kg/cm², $f_c = 94.5$ kg/cm², $f_s = 1400$ kg/cm², $n = 10$, $v = 14$ kg/cm², $u = 15$ kg/cm², $v_c = 4$ kg/cm²

[বাকাশিবো-২০..]

সমাধান :

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় (Design load calculation) :

প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে

(i) বিমটির নিজস্ব ওজন $= 1 \times 0.60 \times 0.30 \times 2400 = 432$ kg

(ii) বিমের উপর আরোপিত লোড $= 1 \times 2100 = 2100$ kg

∴ প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে মোট ডিজাইন লোড, $\omega = 2532$ kg

ধরি, $D = \frac{L}{10} = \frac{600}{10} = 60$ cm

$b = \frac{1}{2} \times$ মোট গভীরতা $= \frac{60}{2} = 30$ cm

ধাপ-২ : সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স (Maximum shear force) :

শিয়ার ফোর্স, $V = \frac{\omega L}{2} = \frac{2532 \times 6}{2} = 7596$ kg

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট (Maximum bending moment) :

$$M = \frac{\omega L^2}{8} = \frac{2532 \times (6)^2}{8} \times 100 = 1139400 \text{ kg-cm}$$

ধাপ-৪ : বিমের গভীরতা (Depth of beam) :

কার্যকরী গভীরতা, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে, $R = \frac{1}{2} f_c jk$

$k = \frac{n}{n + f_s/f_c} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94.5}} = 0.403$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.403}{3} = 0.866$

$\therefore R = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.866 \times 0.403 = 16.49$ kg/cm²

$b = 30$ cm

$\therefore d = \sqrt{\frac{1139400}{16.49 \times 30}} = 48$ cm

মোট গভীরতা $= d +$ কভারিং (6 সেমি কভারিং বিবেচনা করে)

$= 48 + 6 = 54$ cm < 60 cm (ঠিক আছে)

ধাপ-৫ : টান রডের ক্ষেত্রফল (Area of tensile reinforcement) :

$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{1139400}{1400 \times 0.866 \times 48} = 19.58 \text{ cm}^2$$

25 মিমি ব্যাসের রড (ক্ষেত্রফল $= \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 = 4.91$) টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্ট হিসাব ব্যবহার করলে প্রধান রডের সংখ্যা $= \frac{19.58}{4.91} = 3.99 \approx 4$টি।

ধাপ-৬ : শিয়ার পীড়ন নিরীক্ষা (Check for shearing stress) :

শিয়ার পীড়ন, $v = \frac{V_{cr}}{bd}$

$V_{cr} =$ সাপোর্ট থেকে 'd' দূরত্বের শিয়ার ফোর্স

$= V_{max} - w \times \frac{d}{100} = 7596 - 2532 \times \frac{48}{100} = 6380.64$ kg

$\therefore v = \frac{6380.64}{30 \times 48} = 4.43$ kg/cm² < 14kg/cm²

অতএব, বিমের আকার ঠিক আছে।

কিন্তু $v = 4.43$ kg/cm² $> v_c = 4.0$ kg/cm²

সুতরাং, বিমটিতে স্টিরাপের প্রয়োজন আছে।

ধাপ-৭ : যতদূরব্যাপী স্টিরাপ প্রয়োজন (Space required for stirrup) :

$$a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\frac{v'}{v} = \left(\frac{600}{2} - 48\right)\frac{0.43}{4.43} = 24.46 \text{ cm} \simeq 25 \text{ cm}$$

সুতরাং স্টিরাপের জন্য মোট দূরত্ব $= d + a + d = a + 2d$

$= 25 + 2 \times 48 = 121$ cm

অতএব, উভয় সাপোর্ট থেকে 121 সেমি দূরত্ব পর্যন্ত স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে।

Scanned with AnyScanner

ধাপ-৮ ঃ স্টিরাপের ব্যবধান (Space required for stirrup) ঃ

10 মিমি ব্যাসের রডকে U-স্টিরাপ হিসাবে ব্যবহার করলে, $A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times (1)^2 = 1.57 \text{ cm}^2$

$\therefore$ ব্যবধান, (i) $S = \frac{A_v f_v}{v'b} = \frac{1.57 \times 1400}{0.43 \times 30} = 170.38$ cm c/c

(ii) $S = \frac{d}{2} = \frac{48}{2} = 24$ cm c/c

(iii) $S = \frac{A_v}{0.0015b} = \frac{1.57}{0.0015 \times 30} = 34.89$ cm c/c

সুতরাং 10 মিমি ব্যাসের রডকে স্টিরাপ হিসাবে 24 cm ব্যবধানে বসাতে হবে।

প্রথম স্টিরাপটি সাপোর্ট থেকে $\frac{S}{2} = \frac{24}{2} = 12$ সেমি দূরে বসাতে হবে।

ধাপ-৯ ঃ বন্ড পীড়ন নিরীক্ষা (Check for bond stress) ঃ

বন্ড পীড়ন, $u = \frac{V}{\Sigma_o jd}$

এখানে, V = সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স = 7596 kg

Σ_o = 25 মিমি 4টি রডের পরিসীমা

$= 4 \times \pi \times 2.5 = 31.42$ cm

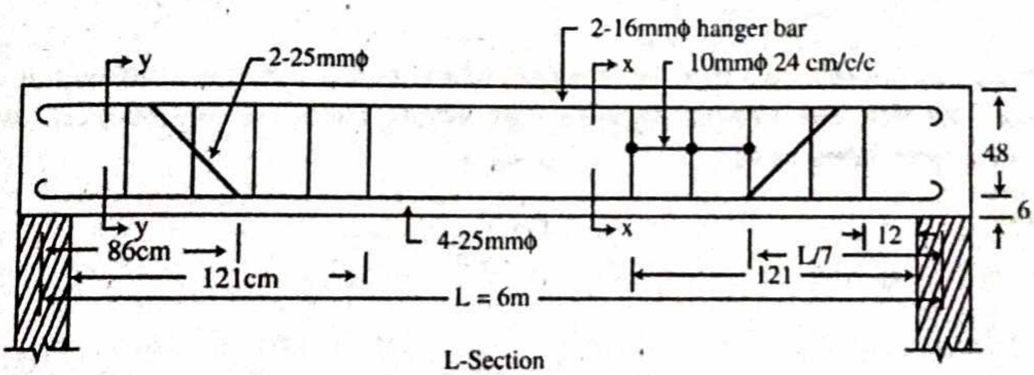
$j = 0.866$ এবং $d = 48$ cm

$\therefore u = \frac{7596}{31.42 \times 0.866 \times 48} = 5.82 \text{ kg/cm}^2 < 15 \text{kg/cm}^2$

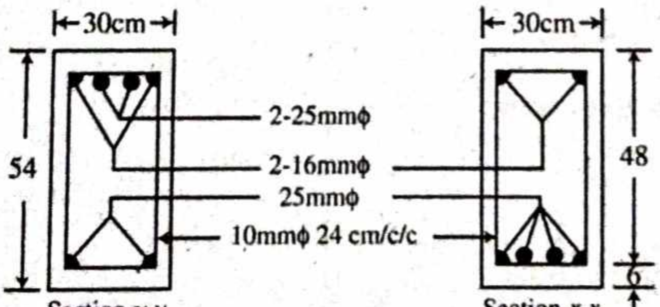
অতএব, 4–25 mm ϕ রড গ্রহণযোগ্য।

ধাপ-১০ ঃ বিস্তারিত চিত্র (Detail drawing) ঃ

বিমের মধ্যস্থলে নিচের সারিতে 4টি 25 মিমি ব্যাসের রড থাকবে। তন্মধ্যে মাঝের 2টি রড সাপোর্ট থেকে $\frac{1}{7}$ বা 85.7 সেমি দূরত্ব হতে 45° কোণে বেন্ড হয়ে উপরে নেগেটিভ এলাকায় যাবে এবং অবশিষ্ট দু'টি সরাসরি সাপোর্টের অভ্যন্তরে যাবে। স্টিরাপ স্থাপনার জন্য দুটি 16 মিমি ব্যাসের রড হ্যাংগার বার (Hanger bar) হিসাবে বিমের উপরের সারিতে বসবে। প্রতিটি রডের প্রান্তে আদর্শ হুকের শর্তানুসারে হুক করতে হবে।



L-Section



Section-y y   Section-x x

Scanned with AnyScanner