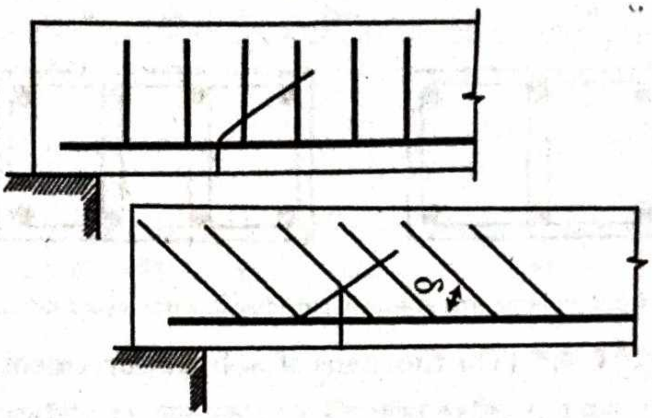
অধ্যায়-৫

আরসিসি বিমে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের কাজ

(Function of Web Reinforcement in RCC Beam)

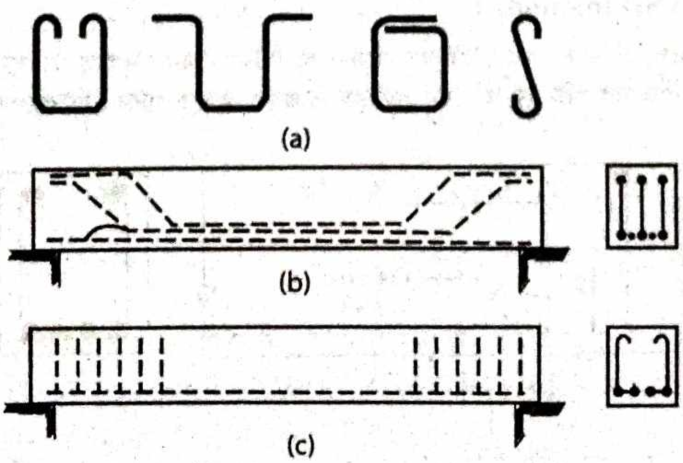
৫.১ ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট (Web reinforcement) ঃ

বিমের উপর প্রযুক্ত বলের ফলে তার মধ্যে টেনসাইল ও কম্প্রেসিভ স্ট্রেস ছাড়াও ডায়াগোনাল টেনশন বা শিয়ারিং স্ট্রেস সৃষ্টি হয়। কংক্রিট নিজ ক্ষমতাগুণে সীমিত মাত্রায় শিয়ারিং স্ট্রেস বহন করতে পারে।



চিত্র ঃ ৫.১

কংক্রিটের বহন ক্ষমতার অতিরিক্ত শিয়ারিং স্ট্রেসকে বাড়তি শিয়ার (Excess shear) বলে। বিমের মধ্যস্থিত কংক্রিটের ক্ষমতার অতিরিক্ত শিয়ারিং স্ট্রেসকে বহনের জন্য আলাদা রিইনফোর্সমেন্ট বা অতিরিক্ত রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়। একে শিয়ারিং রিইনফোর্সমেন্ট বা ভার্টিক্যাল রিইনফোর্সমেন্ট বা ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট (Web reinforcement) বা স্টিরাপ (Stirrup) বলে। সাধারণত 10 মিমি (#3) ব্যাসের রড স্টিরাপ হিসাবে ব্যবহার করা হয়। টেনসাইল শক্তি বৃদ্ধির জন্য স্টিরাপের প্রান্তদ্বয়ে হুক করা হয়। উপরের চিত্রে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট-এর খাড়াভাবে অথবা তীর্যকভাবে (Inclined) ব্যবহার দেখানো হয়েছে। বিমে স্টিরাপ বিভিন্ন আকারে ব্যবহার করা হয়।



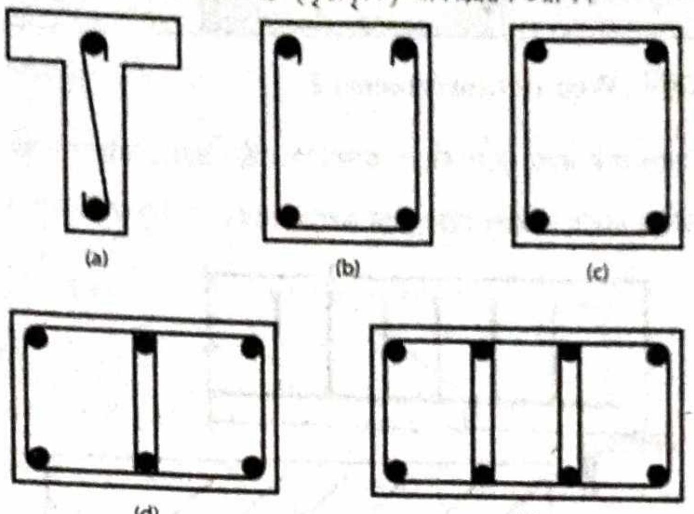
চিত্র ঃ ৫.২

Scanned with AnyScanner

৫.২ ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের শ্রেণিবিভাগ (Classification of web reinforcement) ঃ

সাধারণত চার পদ্ধতিতে বিমে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট বা স্টিরাপ প্রদান করা হয়, যথা–

১। 'U' আকারের স্টিরাপ
২। 'W' আকারের স্টিরাপ
৩। 'S' আকারের স্টিরাপ
৪। 'O' (বৃত্তাকৃতি) আকারের স্টিরাপ।



চিত্র ঃ ৫.৩ Showing arrangement of providing different legged stirrups.

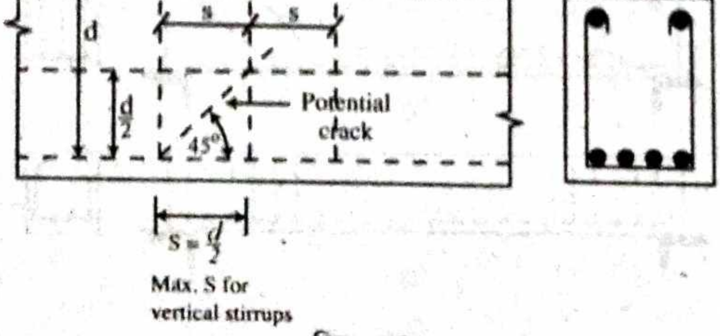
৫.৩ ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের কাজ (The functions of web reinforcement) ঃ

ডায়াগোনাল টেনশনের কারণে বিমে যাতে কৌণিক ফাটল সৃষ্টি না হয় তার জন্য ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়। বি সৃষ্ট ডায়াগোনাল টেনশন যেহেতু একপ্রকার কৌণিক বা লব্ধি বল; সেহেতু একে অনুভূমিক এবং খাড়া উপাংশে রূপান্তরিত করা যা এ অনুভূমিক উপাংশ বলকে বিমের মধ্যস্থিত প্রধান লোহা প্রতিরোধ করতে পারে। অপরদিকে, এর খাড়া উপাংশ বলকে প্রতি করার জন্য বিমের মধ্যে আলাদা খাড়া লোহা বা ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়। সুতরাং, ডায়াগোনাল টেনশনের খ উপাংশ বলকে প্রতিরোধ করাই হলো ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের প্রধান কাজ। এ ছাড়া

(ক) ডায়াগোনাল টেনশনের কারণে বিমে উৎপন্ন কৌণিক ফাটল দূর করতে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়।
(খ) বিমে উৎপন্ন অতিরিক্ত শিয়ার বহন করতে।
(গ) প্রধান রিইনফোর্সমেন্টকে নির্ধারিত স্থানে ধরে রাখতে।
(ঘ) প্রধান রডের বাহিরের দিকে বাঁকা হওয়ার প্রবণতা প্রতিরোধ করতে।

৫.৪ WSD পদ্ধতিতে বিমে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের জন্য প্রয়োজনীয় ব্যবধান (Spacing of w reinforcement in the WSD method) ঃ

WSD পদ্ধতি (খাড়া স্টিরাপ) ঃ বিমে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট বা স্টিরাপ এমন দূরত্বে ব্যবহার করতে হবে, যাতে বিমে ডায়াগোনাল টেনশন বা শিয়ার পীড়নের সৃষ্টি হয় তা যেন সহজেই প্রতিহত করতে পারে। স্টিরাপের ব্যবধান নির্ণয়ের জন্য নি সূত্রটি ব্যবহার করা হয়–



চিত্র ঃ ৫.৪

Scanned with AnyScanner

স্টিরাপের ব্যবধান এর সূত্র নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত সংকেতসমূহের ব্যাখ্যা নিম্নরূপ—

A_V = একটি স্টিরাপের খাড়া দুই দিকের (Vertical legs) মোট প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল, বর্গ সেমি

f_V = স্টিরাপের অনুমোদনযোগ্য টান পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি। এ মান স্টিলের অনুমোদনযোগ্য টান পীড়ন, f_s এর সমান ধরা হয়।

v = বিমে উৎপন্ন একক শিয়ার পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি

v_c = কংক্রিটের অনুমোদনযোগ্য শিয়ার পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি

v' = $v - v_c$ = স্টিরাপ কর্তৃক বহনকৃত অতিরিক্ত শিয়ার পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি

b = বিমের প্রস্থ, সেমি

S = স্টিরাপের ব্যবধান, সেমি।

যদি বিমের প্রস্থ = b এবং সন্নিহিত দুই স্টিরাপের মধ্যবর্তী দূরত্ব = S হয়, তবে একটি ব্যবধানের জন্য স্টিরাপের উপর মোট শিয়ার ফোর্সের পরিমাণ = $b.S.v' = v'bS$

কিন্তু এই পরিমাণ শিয়ারকে প্রতিহত করবে স্টিরাপ কর্তৃক অনুমোদনযোগ্য শিয়ার দ্বারা। সুতরাং, স্টিরাপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল = A_v এবং এর গ্রহণযোগ্য পীড়নের পরিমাণ = f_V হলে, স্টিরাপ কর্তৃক বহনযোগ্য শিয়ারের পরিমাণ = $A_v \times f_v$

সুতরাং, $v'bS = A_V f_V$

$$\therefore S = \frac{A_V f_V}{v'b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

নির্দিষ্ট প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট স্টিরাপ নির্ধারণপূর্বক উক্ত সূত্র ব্যবহার করে খাড়া স্টিরাপের ব্যবধান পাওয়া যায়।

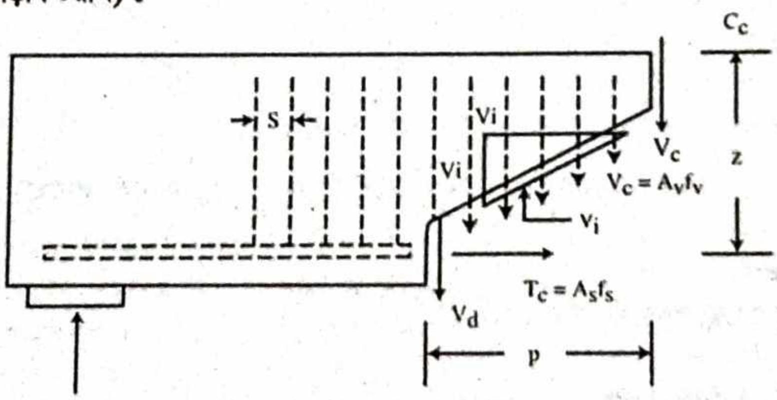
ACI কোড অনুযায়ী স্টিরাপের সর্বোচ্চ ব্যবধান (Spacing) হবে ঃ

(i) $S = \frac{d}{2}$ (ii) $S = \frac{A_V}{0.0015b}$ (iii) $S = \frac{A_V f_V}{v'b}$

উল্লিখিত তিনটি মানের মধ্যে সর্বনিম্ন মানটি ব্যবধান হিসাবে গ্রহণ করা হয়। স্টিরাপ স্থাপনের পূর্বে মনে রাখতে হবে, প্রথম স্টিরাপটি সাপোর্ট থেকে $\frac{s}{2}$ দূরত্বে স্থাপন করা হয়।

৫.৫ USD পদ্ধতিতে বিমে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের জন্য প্রয়োজনীয় ব্যবধান (Spacing of web reinforcement in the USD method) ঃ

(ক) USD পদ্ধতি (খাড়া স্টিরাপ) ঃ



চিত্র ঃ ৫.৫

সাংকেতিক অক্ষরসমূহের ব্যাখ্যা ঃ

V_c = কংক্রিটের খাড়া বল (Internal vertical force of the concrete)

V_s = স্টিরাপের খাড়া বল (Vertical force in the stirrup)

V_d = লম্বালম্বি রডের আড়াআড়ি খাড়া বল (Vertical force across the longitudinal steel)

V_i = ইন্টারলক ফোর্স (Interlock force) এর মান মোট শিয়ার ফোর্সের $\frac{1}{3}$ অংশ বা তার বেশি হয়ে থাকে।

V_{int} = অন্তস্থ শিয়ার বল (Internal shear force)

V_{ext} = বহিস্থ শিয়ার বল (External shear force)

A_V = স্টিরাপের খাড়া দুই পার্শ্বের ক্ষেত্রফল।

Scanned with AnyScanner

ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট-বিহীন বিমের আভ্যন্তরীণ শিয়ার ফোর্স,

$V_{int} = V_c + V_d + V_{iy} + V_s \ldots\ldots$ (i)

সাম্যাবস্থার জন্য, $V_{int} = V_{ext}$

$\therefore V_c + V_d + V_{iy} + V_s = V_{ext} \ldots\ldots\ldots$ (ii)

এবং $V_s = nA_vf_v$

$= \dfrac{A_vf_vp}{S}$

এখানে, n = স্টিরাপের সংখ্যা

S = স্টিরাপের ব্যবধান

p = ফাটলের অনুভূমিক দূরত্ব

$\therefore n = \dfrac{p}{S}$

যখন মোট শিয়ার ফোর্স স্টিরাপ বহন করে, তখন

$V_c+V_d+V_{iy}$, তিনটি অন্তস্থ শিয়ার উপাংশ ফাটলজনিত শিয়ার (Cracking shear), V_{cr}-এর সমান হয়। অর্থাৎ,

$V_c + V_d + V_{iy} = V_{cr} \ldots\ldots\ldots$ (iii)

বিম যখন ব্যর্থ হয়, তখন $V_{ext}=V_n$ এবং $f_v = f_y$ হয়, ii নং সমীকরণ থেকে—

$V_n = V_{cr} + V_s \ldots\ldots\ldots\ldots$ (iv)

যেখানে, V_n = সর্বোচ্চ নমিনাল শিয়ার স্ট্রেংথ

এখন V_s এর মান বসিয়ে (iv নং সমীকরণে)—

$$\therefore V_n = V_{cr} + \frac{A_vf_yp}{S}$$

ফাটলের অনুভূমিক দূরত্ব, p সাধারণত বিমের কার্যকরী গভীরতার সমান হয়। অর্থাৎ, $p = d$ হয়।

$$\therefore V_n = V_{cr} + \frac{A_vf_yd}{S} \ldots\ldots\ldots \text{(v)}$$

কংক্রিট স্থাপনের পর (After setting), $V_{cr} = V_c$

$$\therefore V_n = V_c + \frac{A_vf_yd}{S} \ldots\ldots\ldots \text{(vi)}$$

আমরা জানি, ডিজাইন স্ট্রেংথ ≥ প্রয়োজনীয় স্ট্রেংথ

অর্থাৎ, $\phi V_n = V_u$

$$\therefore V_n = \frac{V_u}{\phi} = V_c + \frac{A_vf_yd}{S}$$

বা, $V_u = \phi V_c + \phi \dfrac{A_vf_yd}{S}$

বা, $S(V_u - \phi V_c) = \phi A_vf_yd$

$$\therefore S = \frac{\phi A_vf_yd}{V_u - \phi V_c} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(vii)}$$

এখানে,

V_u = সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স

V_{ud} = সাপোর্ট থেকে d দূরত্বে শিয়ার ফোর্স = v_ubd

ϕV_c কংক্রিটের শিয়ার স্ট্রেংথ = $v_{cu}bd$

$v'_u = v_u - v_{cu}$ = অতিরিক্ত শিয়ার পীড়ন

(vii) নং সমীকরণে উপরোক্ত মান বসিয়ে—

বা, $S = \dfrac{\phi A_vf_yd}{(v_u - v_{cu})bd}$

$$\therefore S = \frac{\phi A_vf_y}{v'_ub} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{(viii)}$$

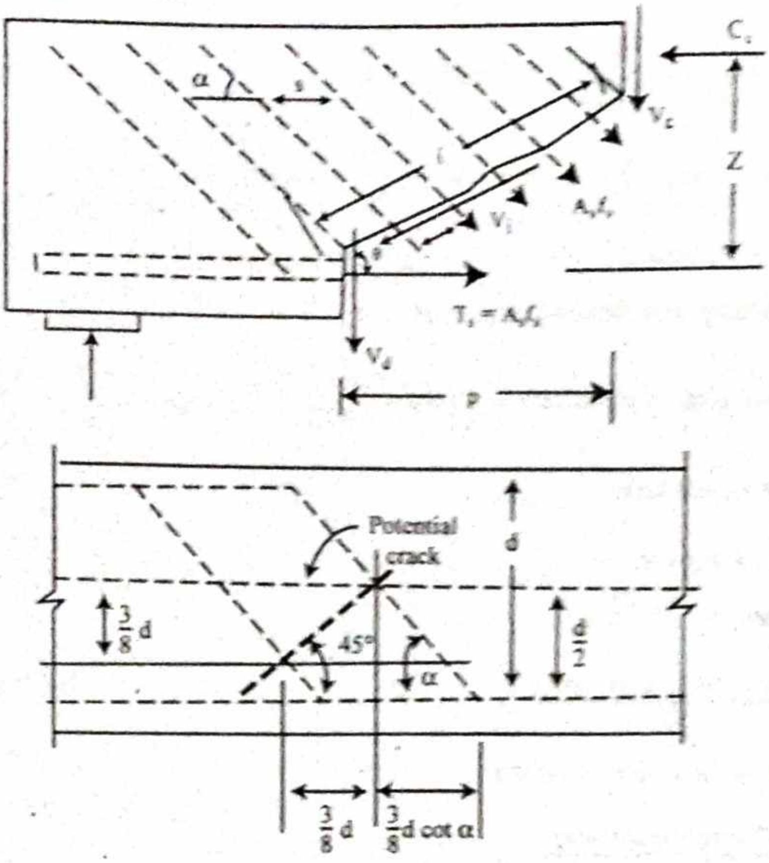
কিন্তু পাশাপাশি স্টিরাপের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$v_u=1.59\phi\sqrt{f_c'}$ কেজি/বর্গ সেমি পর্যন্ত পর্যাপ্ত $\dfrac{d}{2}$-এর অধিক হবে না এবং $v_u = 1.59\phi\sqrt{f_c'}$ অপেক্ষা বেশি এ

$v_u = .10\phi\sqrt{f_c'}$ এর কম হলে $\dfrac{d}{4}$-এর অধিক হবে না।

Scanned with AnyScanner

(খ) তীর্যক স্টিরাপ (Inclined stirrup) ঃ



চিত্র ঃ ৫.৬

সাংকেতিক অক্ষরগুলোর ব্যাখ্যা ঃ

V_c = কংক্রিটের খাড়া বল
V_s = স্টিরাপের খাড়া বল
V_d = লম্বালম্বি রডের আড়াআড়ি খাড়া বল
V_i = ইন্টারলক ফোর্স
V_{iy} = ইন্টারলক ফোর্সের লম্ব উপাংশ
V_{int} = অন্তস্থ শিয়ার বল
V_{ext} = বহিস্থ শিয়ার বল
A_v = স্টিরাপের খাড়া দুই পার্শ্বের ক্ষেত্রফল
f_v = স্টিরাপের পীড়ন
p = ফাটলের অনুভূমিক দূরত্ব
n = স্টিরাপের সংখ্যা (p দূরত্বের মধ্যে)
s = স্টিরাপের ব্যবধান (অনুভূমিকভাবে)
i = ফাটলের তীর্যক দৈর্ঘ্য
α = অনুভূমিকের সাথে তীর্যক স্টিরাপের কোণ
θ = অনুভূমিকের সাথে ফাটলের কোণ
a = ফাটলের সমান্তরালে তীর্যকভাবে ব্যবহৃত রডের মধ্যবর্তী দূরত্ব

চিত্রানুযায়ী, ফাটলের তীর্যক দৈর্ঘ্য, $i = \frac{p}{\cos\theta}$

অসম ত্রিভুজ (Irregular triangle) থেকে $a = \frac{S}{\sin\theta\,(\cot\theta + \cot\alpha)}$

এবং ফাটলের আড়াআড়ি ব্যবহৃত রডের সংখ্যা, $n = \frac{i}{a}$

$$\therefore n_s = \frac{p/\cos\theta}{S\{\sin\theta(\cot\theta + \cot\alpha)\}} = \frac{p}{\cos\theta} \times \frac{\sin\theta(\cot\theta + \cot\alpha)}{S}$$

$$= \frac{p}{S}\tan\theta(\cot\theta + \cot\alpha) = \frac{p}{S}(1 + \cot\alpha\tan\theta) \quad [\because \frac{1}{\tan\theta} = \cot\theta]$$

স্টিরাপের খাড়া ফোর্স = $A_v f_v \sin\alpha$

অতএব, ফাটলের আড়াআড়ি সমস্ত স্টিরাপের খাড়া ফোর্স,

$$V_s = n A_v f_v \sin\alpha = A_v f_v (\sin\alpha + \cos\alpha\tan\theta) \quad \left[\because \cot\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}\right]$$

$$\therefore V_s = A_v f_v \frac{p}{S}(\sin\alpha + \cos\alpha \tan\theta)$$

আমরা জানি, $V_c + V_d + V_{iy} = V_{cr}$

বিম যখন ব্যর্থ হয় তখন, $V_n = V_{cr} + V_s$

$$\therefore V_n = V_{cr} + \frac{A_v f_y\, p\,(\sin\alpha + \cos\alpha\ \tan\theta)}{S}$$

কংক্রিট স্থাপনের পর, $V_{cr} = V_c$ এবং $p = d$ ধরে

$$\therefore V_n = V_c + \frac{A_v f_y d\,(\sin\alpha + \cos\alpha \tan\theta)}{S}$$

ফাটল সাধারণত বিমের অনুভূমিকের সাথে 45°কোণে উৎপন্ন হয়। তাই তীর্যক স্টিরাপও 45° কোণে স্থাপন করা হয়।

α এবং θ কোণের মান 45° ধরে

$$V_n = V_c + \frac{A_v f_y d \sin\alpha}{S}$$

$$V_u = \phi V_n$$

$$\therefore V_n = \frac{V_u}{\phi} = V_c + \frac{A_v f_y d \sin\alpha}{S}$$

$$\text{বা}, V_u = \phi V_c + \frac{\phi A_v f_y\, d \sin\alpha}{S}$$

$$\text{বা}, S = \frac{\phi A_v f_y d \sin\alpha}{V_u - \phi V_c}$$

এখন V_u এবং ϕV_c এর মান বসিয়ে

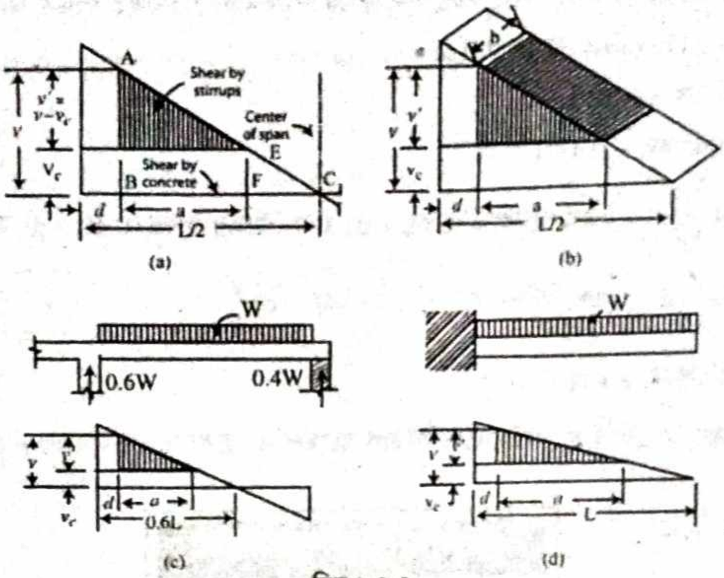
$$\therefore S = \frac{\phi A_v f_y d \sin\alpha}{(v_u - v_{cu})\,bd} = \frac{\phi A_v f_y \sin\alpha}{(v_u - v_{cu})b}$$

$$\therefore S = \frac{\phi A_v f_y \sin\alpha}{v'_u b}\ \text{(USD পদ্ধতিতে) এবং } S = \frac{A_v f_v \sin\alpha}{v'b}\ \text{(WSD পদ্ধতিতে)}$$

Scanned with AnyScanner

৫.৬ বিমের যতদূরব্যাপী স্টিরাপ প্রয়োজন (The portion of the beam requiring web reinforcement) ঃ

এখানে সাধারণভাবে স্থাপিত সমভাবে বিস্তৃত লোডবিশিষ্ট একটি বিমের অবস্থান, শিয়ার ফোর্স ডায়াগ্রাম এবং শিয়ার স্ট্রেসের পরিমাণ চিত্রে দেখানো হলো–



চিত্র ঃ ৫.৭

বিমের যে দূরত্বের মধ্যে স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে, তা নির্ণয়ের জন্য নিম্নলিখিত সূত্রের উদ্ভাবন করা হয়েছে–

সাংকেতিক অক্ষরগুলোর ব্যাখ্যা ঃ

v = প্রযুক্ত বলের প্রভাবে সর্বোচ্চ শিয়ার পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি

v_c = কংক্রিট কর্তৃক বহনযোগ্য শিয়ার পীড়ন, কেজি/বর্গ সেমি

$v' = v - v_c$ = অতিরিক্ত শিয়ার পীড়ন, যার জন্য স্টিরাপের প্রয়োজন, কেজি/ বর্গ সেমি

L = বিমের দৈর্ঘ্য, মিটার

d = বিমের কার্যকরী গভীরতা, সেমি

a = বিমের সাপোর্ট থেকে d দূরত্বের পর যে অংশে স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে, সেমি

চিত্রে সাপোর্ট থেকে d দূরত্বে শিয়ার পীড়ন, v এবং কংক্রিট কর্তৃক বহনযোগ্য শিয়ার পীড়ন, v_c-এর পরিমাণ দেখানো হয়েছে।

ABC এবং CEF-সদৃশ ত্রিভুজ অনুযায়ী $\frac{BC}{CF} = \frac{AB}{EF}$

$$\therefore \frac{\left(\frac{L}{2} - d\right)}{\left(\frac{L}{2} - d - a\right)} = \frac{v}{v_c}$$

বা, $\left(\frac{L}{2} - d\right) v_c = \left(\frac{L}{2} - d - a\right) v$

বা, $\left(\frac{L}{2} - d\right) v_c = \left(\frac{L}{2} - d\right) v - av$

বা, $\left(\frac{L}{2} - d\right) v - \left(\frac{L}{2} - d\right) v_c = av$

বা, $\left(\frac{L}{2} - d\right)(v - v_c) = av$

বা, $av = \left(\frac{L}{2} - d\right)(v - v_c)$

বা, $a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\left(\frac{v - v_c}{v}\right)$

$\therefore a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\frac{v'}{v}$ $\quad [\because v' = v - v_c]$

Scanned with AnyScanner

উক্ত সূত্রের সাহায্যে বিমে যতদূর পর্যন্ত ওয়েব রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করতে হবে, তা সহজেই নির্ণয় করা যায়। উপরোক্ত সূত্রটি কেবলমাত্র সমভাবে বণ্টিত সাধারণভাবে স্থাপিত বিমের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। সমবণ্টিত অন্যান্য বিমের ক্ষেত্রে বিমের প্রান্তীয় অবস্থার (End condition) উপর ভিত্তি করে উক্ত সূত্রটিকে সামান্য পরিবর্তন করতে হয়। যেমন–

আধা-ধারাবাহিক (Semi-continuous) বিমের ক্ষেত্রে,

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে প্রতিক্রিয়া বল $= 0.6WL$

এবং বিচ্ছিন্ন প্রান্তে প্রতিক্রিয়া বল $= 0.4WL$

তাই সূত্রটি পরিবর্তন করে $\left(\frac{L}{2} - d\right)$-এর পরিবর্তে $(0.6L - d)$ এবং বিচ্ছিন্ন প্রান্তে $(0.4L - d)$ অর্থাৎ

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে $a = (0.6L - d)\frac{v'}{v}$ এবং বিচ্ছিন্ন প্রান্তে, $a = (0.4L - d)\frac{v'}{v}$

আর ক্যান্টিলিভার বিমের ক্ষেত্রে, $a = (L - d)\frac{v'}{v}$

ACI কোড অনুযায়ী বিমের যে-কোন সাপোর্ট থেকে স্টিরাপ ব্যবহার বা স্থাপনের মোট দূরত্ব $= d + a + d = a + 2d$.

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলি

যতদূরব্যাপী স্টিরাপ প্রয়োজন ঃ

(i) সাধারণভাবে স্থাপিত বিমের ক্ষেত্রে, $a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\frac{v'}{v}$

(ii) আংশিক বিচ্ছিন্ন বিমের ক্ষেত্রে,

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে, $a = (0.6L - d)\frac{v'}{v}$

বিচ্ছিন্ন প্রান্তে, $a = (0.4L - d)\frac{v'}{v}$

(iii) সম্পূর্ণ অবিচ্ছিন্ন বিমের ক্ষেত্রে, $a = (L/2 - d)\frac{v'}{v}$

(iv) প্রত্যেক সাপোর্ট থেকে ওয়েব রিইনফোর্সমেন্টের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য $= a + 2d$

(v) স্টিরাপের ব্যবধান ঃ

(a) $S = \frac{A_v f_v}{v'b}$

(b) $S = \frac{A_v}{0.0015b}$

(c) $S = \frac{d}{2}$

$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2$

d হলো স্টিরাপের ব্যাস, cm

নির্ণেয় S হবে a,b, c এর সর্বনিম্ন মান।

(vi) স্টিরাপের সংখ্যা $= \frac{(a + 2d) - S/2}{S} + 1$ (এক পার্শ্বে)

এখানে, L = স্প্যান দৈর্ঘ্য, cm

d = কার্যকর গভীরতা, cm

$v' = v - v_c$ = অতিরিক্ত শিয়ার, kg/cm^2

v = শিয়ার পীড়ন, kg/cm^2

v_c = কংক্রিট কর্তৃক গ্রহণযোগ্য শিয়ার পীড়ন, kg/cm^2

A_v = স্টিরাপের খাড়া দুই পার্শ্বের ক্ষেত্রফল, cm^2

Scanned with AnyScanner

৫.৭ সমস্যার সমাধান (Solved problems) ঃ

উদাহরণ-১। একটি সাধারণভাবে স্থাপিত বিমের কার্যকরী গভীরতা 50 সেমি এবং প্রস্থ 30 সেমি। বিমটির দৈর্ঘ্য 6 মিটার এবং এতে প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে নিজস্ব ওজনসহ 3200 কেজি সমবিস্তৃত ভর বহন করে। যদি $v_c = 4.20$ কেজি/বর্গ সেমি, $f_v = 1400$ কেজি/বর্গ সেমি হয়, তবে বিমটিতে স্টিরাপ লাগবে কি? লাগলে ডিজাইন করে দেখাও। [বাকাশিবো-২০১৪, ১৭(পরি), ১৯, ১৯(পরি), ২১]

সমাধান ঃ W.S.D পদ্ধতি ঃ

(i) ডিজাইন লোড নির্ণয় (Design load calculation) ঃ

বিমটির প্রতি মিটারে লোড (নিজস্ব ওজনসহ), $w = 3200\text{kg}$

$\therefore$ বিমটিতে মোট লোড, $W = wL = 3200 \times 6 = 19200\text{kg}$

(ii) সর্বোচ্চ শিয়ার বল (Maximum shear force) ঃ

$$V = \frac{W}{2} = \frac{19200}{2} = 9600\text{kg}$$

(iii) শিয়ার পীড়ন নির্ণয় (Shearing stress calculation) ঃ

$$v = \frac{V_{cr}}{bd}$$

$$\therefore v = \frac{8000}{30 \times 50} = 5.33\text{kg/cm}^2$$

V_{cr} = সাপোর্ট থেকে d দূরত্বে শিয়ার বল,

$$= V - w \times \frac{d}{100}$$

$$= 9600 - 3200 \times \frac{50}{100} = 8000\text{kg}$$

কংক্রিট কর্তৃক অনুমোদনযোগ্য শিয়ার পীড়ন, $v_c = 4.20\ \text{kg/cm}^2$

যেহেতু $v > v_c$ সুতরাং স্টিরাপ লাগবে।

(iv) যত দূরব্যাপী স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে (Space required for stirrup) ঃ

$$a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\frac{v'}{v}$$

$$= \left(\frac{600}{2} - 50\right) \times \frac{1.13}{5.33}$$

= 53 সেমি

এখানে, v' = অতিরিক্ত শিয়ার

$$= v - v_c = 5.33 - 4.20 = 1.13\ \text{kg/cm}^2$$

$\therefore$ প্রত্যেক সাপোর্ট থেকে মোট দূরত্ব $= a + 2d = 53 + 2 \times 50 = 153$ সেমি পর্যন্ত স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে।

(v) স্টিরাপের ব্যবধান (Spacing of stirrup) ঃ

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

$\therefore$ স্টিরাপ ব্যবধান, $S = \frac{A_v f_v}{v'b} = \frac{1.57 \times 1400}{1.13 \times 30} = 64.83\text{cm c/c}$

কিন্তু ACI কোড অনুযায়ী সর্বাধিক স্টিরাপ ব্যবধান,

$$S = \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25\text{cm c/c}$$

অথবা, $S = \frac{A_v}{0.0015b}$

$$= \frac{1.57}{0.0015 \times 30} = 34.88\text{cm c/c}$$

উপরোক্ত 3টি মানের মধ্যে 25cm c/c সবচেয়ে কম। সুতরাং, 10 মিমি ব্যাসের রড স্টিরাপ হিসাবে প্রত্যেক সাপোর্ট থেকে 153 সেমি পর্যন্ত 25 সেমি ব্যবধানে স্থাপন করতে হবে। প্রথম স্টিরাপটি সাপোর্ট থেকে $\frac{S}{2} = \frac{25}{2} = 1$ [illegible] মি দূরে বসবে।

Scanned with AnyScanner

উদাহরণ-২। একটি বিমের প্রস্থ 25cm, গভীরতা 50cm ও দৈর্ঘ্য 5.5m। বিমটি সাধারণভাবে স্থাপিত ও নিজস্ব ওজনসহ 2800 kg/m নিশ্চল ভর এবং 2500 kg/m সচল ভর আছে। f_c = 210 kg/cm² এবং f_y = 3200 kg/cm² হলে বিমে রিইনফোর্সমেন্ট লাগবে কি না? লাগলে USD পদ্ধতিতে ডিজাইন কর। [রাকাশিবো-২০২১(

সমাধান :

(i) **আল্টিমেট ডিজাইন লোড নির্ণয় :**

(ক) নিশ্চল ভর, D.L = 2800 kg/m

(খ) সচল ভর, L.L = 2500 kg/m

∴ আল্টিমেট লোড, $w_u = 1.4D + 1.7L$

$= 1.4 \times 2800 + 1.7 \times 2500$

$= 8170$ kg/m

(ii) **আল্টিমেট শিয়ার ফোর্স :**

$$V_u = \frac{w_u \times L}{2} = \frac{8170 \times 5.5}{2} = 22467.5 \text{ kg}$$

(iii) **শিয়ার পীড়ন নির্ণয় :**

শিয়ার পীড়ন, $v_u = \frac{V_u}{bd}$

$$\therefore v_u = \frac{V_{cr}}{bd} = \frac{18791}{25 \times 45} = 16.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{cr} = V_u - \frac{w_u \times d}{100} = 22467.5 - \frac{8170 \times 45}{100} = 18791 \text{ kg}$$

অনুমোদনযোগ্য সর্বোচ্চ শিয়ার পীড়ন,

$$v_u = 2.65 \times \phi\sqrt{f'c}$$

$$= 2.65 \times 0.85 \times \sqrt{210}$$

$$= 32.64 \text{ kg/cm}^2 > 16.70 \text{ kg/cm}^2$$

∴ বিমটি শিয়ারে নিরাপদ।

কিন্তু কংক্রিট কর্তৃক গ্রহণযোগ্য শিয়ার পীড়ন,

$$v_{cu} = 0.53\phi\sqrt{f'c} = 0.53 \times 0.85 \times \sqrt{210} = 6.52 \text{ kg/cm}^2$$

$\therefore v_u > v_{cu}$

সুতরাং, স্টিরাপ ব্যবহারের প্রয়োজন হবে।

(iv) **যতদূরব্যাপী স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে :**

$$\therefore a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\frac{v'_u}{v_u}$$

$$= \left(\frac{550}{2} - 45\right)\frac{10.18}{16.70}$$

$$= 140.20\text{cm} \simeq 140\text{cm}$$

v'_u = অতিরিক্ত শিয়ার পীড়ন

$= v'_u - v_{cu} = 16.70 - 6.52$

$= 10.19$ kg/cm²

∴ প্রত্যেক সাপোর্ট থেকে মোট $a + 2d = 140 + 2 \times 45 = 230$ সেমি দূরত্ব পর্যন্ত স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে।

(v) স্টিরাপের ব্যবধান ঃ

10 সেমি ব্যাসের রড 'U' স্টিরাপ হিসাবে ব্যবহার করলে, ক্ষেত্রফল

$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times (1)^2 = 1.57 cm^2$

∴ স্টিরাপ ব্যবধান, $S = \frac{A_v \phi f_v}{v'_u b}$

$= \frac{1.57 \times 0.85 \times 1280}{10.18 \times 30}$ $[f_v = f_s = 0.40 f_y = 0.40 \times 3200 = 1280 \text{ kg/cm}^2]$

$= 6.72$ cm c/c

∴ সর্বোচ্চ অনুমোদনযোগ্য স্টিরাপ ব্যবধান,

$S = \frac{d}{2} = \frac{45}{2} = 22.5$ cm c/c

অথবা, $S = \frac{A_v}{0.0015 b} = \frac{1.57}{0.0015 \times 25} = 41.86$ cm c/c

∴ অনুমোদিত স্টিরাপ ব্যবধান, $S = 6.72 \simeq 6.50$ cm c/c/

প্রথম স্টিরাপ সাপোর্ট থেকে $\frac{S}{2} = \frac{6.50}{2} = 3.25$ সেমি দূরে বসবে।

উদাহরণ-৩। একটি সম্পূর্ণ অবিচ্ছিন্ন আরসিসি আয়তাকার বিমের span 6m, প্রস্থ 25cm, কার্যকরী গভীরতা 50cm এবং কভারিং 5cm। বিমটির উপর প্রতিমিটার দৈর্ঘ্যে নিজস্ব ওজনসহ 3000 kg লোড সমভাবে বিস্তৃত আছে। যদি $f_v = 1300$ kg/cm^2 এবং $v_c = 4.5$ kg/cm^2 হয় তবে বিমটিতে Stirrup WSD পদ্ধতিতে ডিজাইন করে দেখাও। [বাকাশিবো-২০০৭, ১৬, ১৭, ২০(পরি)]

সমাধান ঃ **১। ডিজাইন লোড ঃ** $\omega = 3000$ kg/m

২। সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স ঃ $V = \frac{\omega L}{2} = \frac{3000 \times 6}{2}$ kg $= 9000$ kg

৩। শিয়ার পীড়ন ঃ

$v = \frac{V_{cr}}{bd} = \frac{7500}{25 \times 50} = 6$ kg/cm^2

দেয়া আছে, $v_c = 4.5$ kg/cm^2

∴ $v > v_c$ ∴ স্টিরাপ ব্যবহারের প্রয়োজন আছে।

$V_{cr} = V - \omega \times \frac{d}{100}$

$= 9000 - 3000 \times \frac{50}{100}$

$= 7500$ kg

$V_{cr} = v - \frac{wd}{100}$

$= 9000 - \frac{3000 \times 50}{100}$

$= 7500$ kg

৪। যতদূরব্যাপী স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে ঃ

$a = \left(\frac{L}{2} - d\right) \frac{v'}{v}$

$= \left(\frac{600}{2} - 50\right) \times \frac{1.5}{6}$

$= 62.5$ cm $\simeq 63$ cm

$v' = v - v_c$

$= 6 - 4.5$

$= 1.5$ kg/cm^2

মোট দূরত্ব $= a + 2d = 63 + 2 \times 50 = 163$ cm (উভয় সাপোর্ট থেকে)

Scanned with AnyScanner

৫। স্টিরাপ এর ব্যবধান ঃ

10mm ব্যাসের U-আকৃতির স্টিরাপ ব্যবহার করলে, $A_v = 2 \times \frac{\pi}{4}(1.0)^2 = 1.57 cm^2$

(i) $S = \frac{A_v f_v}{v'b} = \frac{1.57 \times 1300}{1.5 \times 25} = 54.42$ cm c/c

(ii) $S = \frac{A_v}{0.0015b} = \frac{1.57}{0.0015 \times 25} = 41.86$ cm c/c

(iii) $S = d/2 = \frac{50}{2} = 25$cm c/c

সুতরাং, 10mm ব্যাসের স্টিরাপ 25cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

উদাহরণ-৪। একটি আয়তাকার আরসিসি বিমের দৈর্ঘ্য 5.5 মিটার। বিমের প্রস্থ 25 সেমি এবং কার্যকরী গভীরতা 45 সে এর নিজস্ব ওজন ছাড়া প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে 2800 কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত থাকলে, বিমটিতে স্টিরাপ লাগবে কি? স্টিরাপ লা তা ডিজাইন করে দেখাও।

তথ্যাদি ঃ $v_c = 5$ **কেজি/বর্গ সেমি এবং** $f_v = 1400$ **কেজি/বর্গ সেমি।** [বাকাশিবো-২০০৬,

সমাধান ঃ

(i) **ডিজাইন লোড নির্ণয় ঃ**

(ক) বিমের নিজস্ব ওজন $= \frac{25}{100} \times \frac{50}{100} \times 5.5 \times 2400 = 1650$ kg

(খ) আরোপিত লোড $= 2800 \times 5.5 = 15400$ kg

মোট লোড, $W = 1650 + 15400 = 17,050$ kg

বিমের কার্যকরী গভীরতা = 45cm
মনে করি, মোট কভারিং = 5cm
∴ মোট গভীরতা, D = d + কভারিং = 45 + 5 = 5(
বিমের প্রস্থ, b = 25cm

(ii) **সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স ঃ**

$V = \frac{W}{2} = \frac{17050}{2} = 8525$ kg

(iii) **শিয়ার পীড়ন নির্ণয় ঃ**

শিয়ার পীড়ন, $v = \frac{V_{cr}}{bd}$

$\therefore v = \frac{7130}{25 \times 45} = 6.34 \text{ kg/cm}^2 > v_c = 5 \text{ kg/cm}^2$

যেহেতু $v > v_{cr}$, সুতরাং স্টিরাপ লাগবে।

V_{cr} = সাপোর্ট থেকে 'd' দূরত্বে শিয়ার ফোর্স,

$= V - \frac{W}{L} \times \frac{d}{100}$

$= 8525 - \frac{17050}{5.5} \times \frac{45}{100} = 7130$ kg

(iv) **যতদূরব্যাপী স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে ঃ**

$v' = v - v_c = 6.34 - 5 = 1.34 \text{ kg/cm}^2$

$\therefore a = \left(\frac{L}{2} - d\right)\frac{v'}{v} = \left(\frac{550}{2} - 45\right)\frac{1.34}{6.34} = 48.61 \approx 49$ cm

∴ প্রত্যেক সাপোর্ট থেকে মোট $a + 2d = 49 + 2 \times 45 = 139$ সেমি দূরত্ব পর্যন্ত স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে।

(v) **স্টিরাপের ব্যবধান ঃ**

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

∴ স্টিরাপের ব্যবধান, $S = \frac{A_v f_v}{v'b} = \frac{1.57 \times 1400}{1.34 \times 25} = 65.61$cm c/c

কিন্তু ACI কোড অনুযায়ী সর্বোচ্চ ব্যবধান,

$S = \frac{d}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ cm c/c} \simeq 22 \text{ cm c/c}$

এবং $S = \frac{A_V}{0.0015b} = \frac{1.57}{0.0015 \times 25} = 41.86$ cm c/c

উপরোক্ত 3টি মানের মধ্যে 22 cm c/c সবচেয়ে কম, সুতরাং 10 মিমি ব্যাসের রড স্টিরাপ হিসাবে প্রত্যেক সাপোর্ট থে 139 সেমি দূরত্ব পর্যন্ত 22.5 সেমি ব্যবধানে স্থাপন করতে হবে। প্রথম স্টিরাপটি সাপোর্ট থেকে $\frac{S}{2} = \frac{22}{2} = 11$ সেমি দূরে বসবে।

Scanned with AnyScanner

উদাহরণ-৫। একটি ধারাবাহিক বিমের প্রান্ত স্প্যান 6 মিটার। এটির উপর নিজস্ব ওজনসহ 15000 কেজি লোড সমভাবে বিস্তৃত। বিমটিতে Stirrup লাগবে কি? [বাকাশিবো-২০১৩]

তথ্যাদি : $f_s = 1410$ kg/cm², $f'c = 211$ kg/cm², $f_v = 1280$ kg/cm², $n = 10$.

সমাধান : ১। ডিজাইন লোড নির্ণয় :

$W = 15000$ kg

২। **সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স :**

(i) বিচ্ছিন্ন প্রান্তে শিয়ার ফোর্স $= 0.4W = 0.4 \times 15000 = 6000$ kg

(ii) অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে শিয়ার ফোর্স $= 0.6W = 0.6 \times 15000 = 9000$ kg

৩। **সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট :**

$$M = \frac{WL}{10} = \frac{15000 \times 6}{10} \times 100 = 900000 \text{ kg-cm}$$

৪। **গভীরতা নির্ণয় :**

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

$$\therefore d = \sqrt{\frac{900000}{16.53 \times 25}} = 46.66 \text{ cm} \approx 47 \text{ cm}$$

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

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{fc}} = \frac{10}{10 + \frac{1410}{94.95}} = 0.402$$

$$J = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.402}{3} = 0.866$$

$$R = \frac{1}{2} fc\, Jk = \frac{1}{2} \times 94.95 \times 0.866 \times 0.402 = 16.53$$

ধরি, $b = 25$ cm

৫। **শিয়ার পীড়ন নিরীক্ষা :**

(i) বিচ্ছিন্ন প্রান্ত :

$$v = \frac{V_{cr}}{bd}$$

$$\therefore v = \frac{4825}{25 \times 47} = 4.11 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{cr} = 6000 - \frac{15000}{6} \times \frac{47}{100} = 4825 \text{ kg}$$

কিন্তু অনুমোদনযোগ্য শিয়ার স্ট্রেস, $v = 1.33\sqrt{f'_c} = 1.33\sqrt{211} = 19.32$ kg/cm²

প্রকৃত শিয়ার স্ট্রেস, অনুমোদনযোগ্য শিয়ার স্ট্রেস অপেক্ষা কম। সুতরাং, বিমটি নিরাপদ।

কংক্রিটের গ্রহণযোগ্য শিয়ার স্ট্রেস,

কিন্তু $v_c = 0.292\sqrt{f'c} = 0.292\sqrt{211} = 4.24 \text{ kg/cm}^2 > v = 4.11 \text{ kg/cm}^2$

সুতরাং, স্টিরাপের প্রয়োজন নেই।

(ii) অবিচ্ছিন্ন প্রান্ত :

$$v = \frac{V_{cr}}{bd}$$

$$\therefore v = \frac{7825}{25 \times 47} = 6.66 \text{ kg/cm}^2 < v = 19.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\left[V_{cr} = 9000 - \frac{15000}{6} \times \frac{47}{100} = 7825 \text{ kg}\right]$$

সুতরাং, বিমটি নিরাপদ।

কিন্তু $v = 6.66 \text{ kg/cm}^2 > v_c = 4.24 \text{ kg/cm}^2$

সুতরাং, স্টিরাপের প্রয়োজন আছে।

Scanned with AnyScanner

উদাহরণ-৬ : একটি সেমি কন্টিনিউয়াস বিমের স্প্যান 5 মিটার। এর উপর প্রতি মিটারে 2000 kg মোট আরোপিত ভার দি... তথ্যাদির সাহায্যে আয়তাকার বিমটির প্রান্ত স্প্যানে স্টিরাপের প্রয়োজন আছে কি? যদি থাকে, তবে ডিজাইন করে দেখাও।
তথ্যাদি, $f_s = 1350\ kg/cm^2$, $f_c = 94.5\ kg/cm^2$, $n = 10$, $v_c = 4.2\ kg/cm^2$, $v = 18.8\ kg/cm^2$.

সমাধান : ১। ডিজাইন লোড :

(i) বিমের নিজস্ব ওজন $= 1 \times \frac{b}{100} \times \frac{D}{100} \times 2400$

$= 1 \times \frac{25}{100} \times \frac{50}{100} \times 2400 = 300\ kg/m$

ধরে নেই, বিমের গভীরতা, $D = 50cm$
এবং, $b = 25\ cm$

(ii) বিমের উপর আরোপিত লোড $= 2000\ kg/m$

ডিজাইন লোড, $w = 2300\ kg/m$

মোট লোড, $W = wL = 2300 \times 5 = 11500\ kg$

২। সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স :

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে, $V = 0.6W = 0.6 \times 11500 = 6900\ kg$
বিচ্ছিন্ন প্রান্তে, $V = 0.4W = 0.4 \times 11500 = 4600\ kg$

৩। শিয়ার পীড়ন নির্ণয় :

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে,

শিয়ার পীড়ন, $v = \frac{V_{cr}}{bd} = \frac{5865}{25 \times 45}$
$= 5.21\ kg/cm^2 > v_c$
$= 4.2\ kg/cm^2$

ধরি, কভারিং 5cm
$d = D - 5$
$V_{cr} = V - w\frac{d}{100}$
$= 6900 - 2300 \times \frac{45}{100} = 5865\ kg$

$\because v > v_c$, সুতরাং স্টিরাপের প্রয়োজন আছে।

বিচ্ছিন্ন প্রান্তে,

$v = \frac{V_{cr}}{bd} = \frac{3565}{25 \times 45} = 3.17\ kg/cm^2 < v_c = 4.2\ kg/cm^2$

$V_{cr} = V - w \times \frac{d}{100}$
$= 4600 - 2300 \times \frac{45}{100} = 3565\ kg$

যেহেতু, $v < v_c$, সুতরাং Stirrup এর প্রয়োজন নেই।

৪। যতদূরব্যাপী স্টিরাপ ব্যবহার করতে হবে :

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে,

$a = (0.6L - d)\frac{v'}{v}$
$= (0.6 \times 5 \times 100 - 45)\frac{1.01}{5.21}$
$= 49.43\ cm$
$\approx 50\ cm$

$v' = v - v_c$
$= 5.21 - 4.20$
$= 1.01\ kg/cm^2$
$L = 5m = (5 \times 100)\ cm$

মোট দূরত্ব $= a + 2d = 50 + 2 \times 45 = 140\ cm$

৫। স্টিরাপের ব্যবধান নির্ণয় :

অবিচ্ছিন্ন প্রান্তে :

10mm ব্যাসের রড U-আকৃতির স্টিরাপ হিসেবে ব্যবহার করলে,

$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times (1.0)^2 = 1.57\ cm^2$

Stirrup-এর ব্যবধান,

(i) $S = \frac{A_v f_s}{v'b} = \frac{1.57 \times 1300}{1.01 \times 25} = 80.83\ cm\ c/c$

(ii) $S = \frac{A_v}{0.0015b} = \frac{1.57}{0.0015 \times 25} = 41.87\ cm\ c/c$

(iii) $S = d/2 = \frac{45}{2} = 22.5\ cm\ c/c \simeq 22\ cm\ c/c$

সুতরাং, 10mm ব্যাসের রড স্টিরাপ হিসেবে 22 cm ব্যবধানে বসাতে হবে।

Scanned with AnyScanner