به نام خدا

سازه فن آور پایدار آرات
Saze FanAvar Paydar Arat

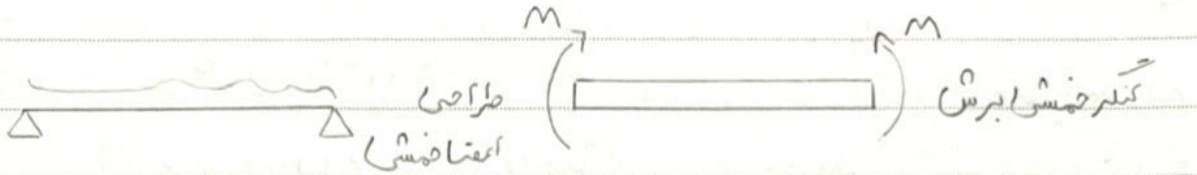
سازه های بتن آرمه 2

استاد: دکتر سجاد میرزا محمدی

Scanned with CamScanner

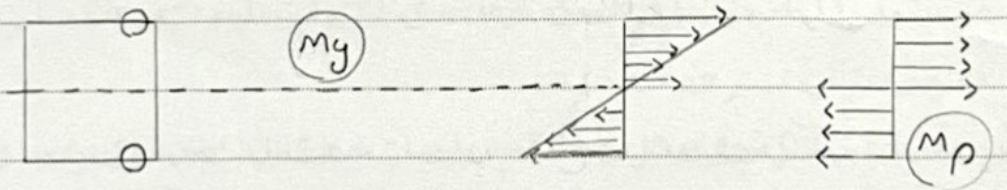
Subject: Date

- در بتن 1 طراحی اعضا خمشی را بررسی کردیم.



بتن مسلح (بتن آرمه)

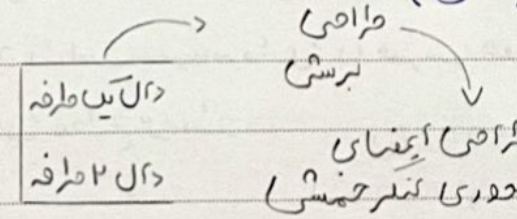
reinforced concrete



کنترل پلاستیک Mp

کنترل به جاری شدن رسیدن

- در بتن ۲، کنترل عرض ترک، خیز (تغییر مکان)



Raha

Subject: Date

- قابلیت بهره برداری، کنترل ترک، خیز و ارتعاش

حاشیه اطمینان
- بار → افزایش → 1.4D ، 1.4D + 1.6L
- مقاومت → کاهش → ضریب تقلیل Ø

- آنچه در بتن 1 مورد بررسی قرار گرفت و منعیت یک مقطع بتن آرمه در لحظه‌ی گسیختگی نهایی بود. در آن مباحث مقاومت خمشی، برشی و پیچشی مقطع در لحظه‌ی نهایی مورد مطالعه قرار گرفت.

- در همه مباحث قبلی برای حصول یک حاشیه امنی مناسب، در ۲ مرحله ضرایب اطمینان اعمال گردید:

۱- در مرحله اول با اعمال ضرایب بار، میزان بار بیش از بارهای واقعی قلمداد شد.

۲- و در مرحله دوم با اعمال ضریب کاهش مقاومت (Ø) ضریب تقلیل مقاومت نهایی مقطع کمتر از مقاومت محاسباتی آن در لحظه‌ی نهایی ارزیابی گردید.

- با رعایت مباحث مرتبط با مقاومت نهایی مقطع و یا عضو بتن آرمه از عدم شکست عضو حتی در صورتی که بارها تا یک حد مشخص از مقادیر پیش بینی شده فراتر روند اطمینان حاصل می‌شود. با این وجود در هنگام بهره برداری از عضو بتن آرمه تحت بارهای بهره برداری یا سرویس (بارهای بدون ضریب) مسائل دیگری مطرح می‌شود که ممکن است استفاده‌ی مناسب از سازه را با اشکال مواجه کند. چنین مسائلی تحت عنوان قابلیت بهره برداری یا ضریب خدمت پذیری سازه و یا حالات حدی بهره برداری مطرح می‌شود.

Raha

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject: Date . .

Sa Su Mo Tu We Th Fr

- مهم ترین مسائلی که در قابلیت بهره برداری سازه مطرح می شود ترک خوردگی و خیز (تغییر مکان) اعضای بتن آرمه است.

- به دلیل ضعف بتن در کشش بدیهی است که در شرایط بهره برداری از سازه ترک هایی در عضو بتن آرمه ایجاد خواهد شد.

- اگرچه امکان وجود ترک ها مشکلی برای سازه ایجاد نمی کند با این وجود اگر عرض ترک ها تا یک حد مناسب کنترل نشود امکان نفوذ رطوبت به همراه عوامل از بین برنده مواد و در نتیجه خوردگی میلگرد ها وجود خواهد داشت و استفاده کنندگان از سازه نیز احساس امنیتی نمی کنند.

- ترک خوردگی عضو بتن آرمه

همانگونه که ذکر شد در عضو بتن آرمه به دلایل مختلف ترک ایجاد می شود.
تعداد ترک ها و عرض ترک ها ممکن است در شرایط مختلف متفاوت باشد.
در یک سطح مشخص از تنش هرچه تعداد ترک ها بیشتر شده و ترک ها بیشتر توزیع شوند، عرض ترک کمتر خواهد بود.
عرض ترک کمتر به شرایط بهتر در هنگام بهره برداری از سازه منجر خواهد شد.

Raha

Subject: Date

- انواع ترک در عضو بتن آرمه

الف- ترک های ناشی از بارهای خارجی

۱- ترک ناشی از کشش مستقیم

۲- ترک خمشی

۳- ترک برشی جان

۴- ترک برشی خمشی

۵- ترک پیچشی

۶- ترک پیوستگی

۷- ترک فشاری

ب- ترک های ناشی از جابه جایی و یا عوامل داخلی بتن

۱- ترک ناشی از نشست نامساوی و یا تغییرات درجه حرارت

۲- ترک ناشی از اُفت

۳- ترک ناشی از انقباض بتن در فرآیند سرد شدن

۴- ترک های ناشی از خوردگی فولاد در بتن

۵- سایر ترک ها

- در اثر عوامل داخلی و خارجی ترک داریم.

۲-۲-۱۲ نحوه ایجاد ترک ناشی از کشش در بتن آرمه (مراجعه به کانال)

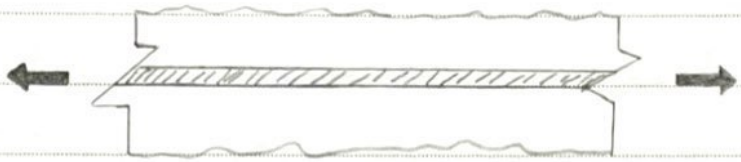
- شکل ۱۲-۲- الف تیر قسمت از عضو بتن آرمه را نشان می دهد که در آن تنش های کششی ثابت و هم راستا با میلگرد ایجاد شده است. چنین تنش های کششی ممکن است در اثر نیروی کششی خالص، لنگر خمشی ثابت، نیروی برشی و یا حتی افت ایجاد شده باشند.

Raha

Scanned with CamScanner

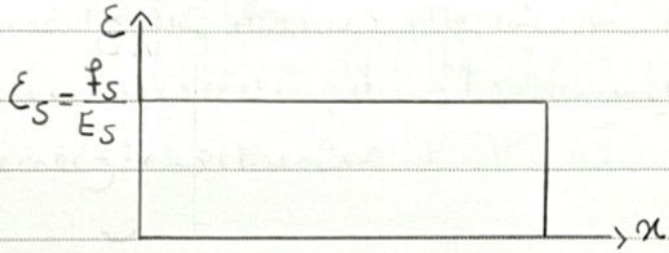
Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner



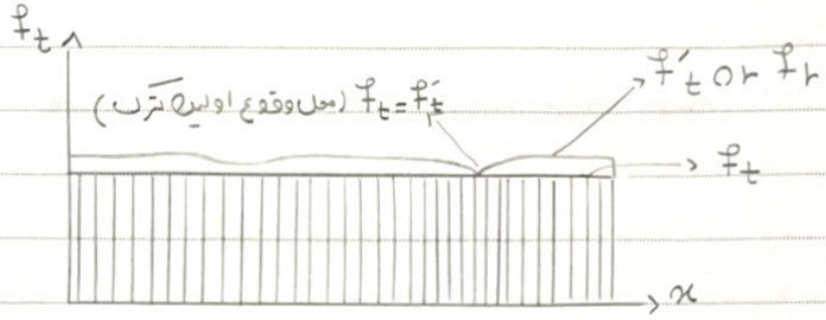
شکل ۱۲-۲-الف

- در شکل ۱۲-۲-ب کرنش کششی ایجاد شده در فولاد قبل از وقوع هرگونه ترک خوردگی نشان داده شده است. به دلیل همسازی بین فولاد و بتن، کرنش کششی ایجاد شده در بتن پیرامون میلگرد نیز باید با کرنش کششی فولاد مساوی باشد.



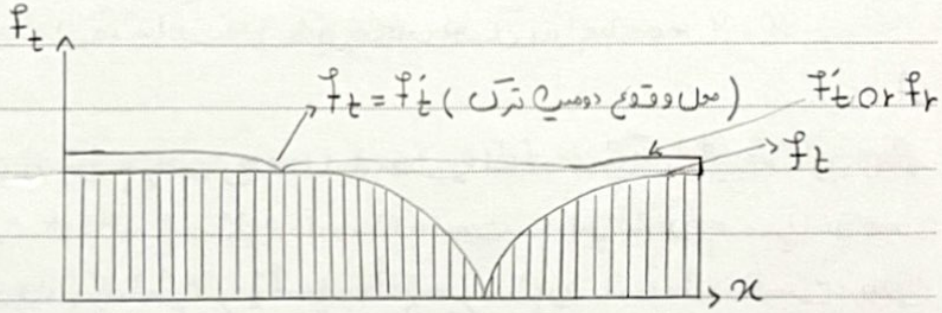
شکل ۱۲-۲-ب

- کرنش کششی در بتن پیرامون فولاد، سبب ایجاد تنش کششی در آن می‌شود که با f_t در شکل ۱۲-۲-ج نشان داده شده است. در این شکل همچنین مقاومت بتن پیرامون فولاد در کشش (f'_t یا f_r) نیز نشان داده شده است. بدیهی است که به دلیل ماهیت غیرهمگن بتن، مقاومت کششی بتن در تمام طول مورد نظر کاملا یکسان نبوده و مختصرا متفاوت است. تا زمانی که تنش‌های ایجاد شده در بتن کم باشد، در همه جا $f_t < f'_t$ یا f_r بوده و بتن ترک نخواهد خورد. اما تحت بارهای بهره‌برداری و یا وقتی که مثلا افت در بتن به مقدار قابل ملاحظه افزایش یابد، در اولین نقطه‌ای که f_t از f'_t یا f_r فراتر رود، اولین ترک ایجاد خواهد شد.



شکل ۱۲-۲-ج

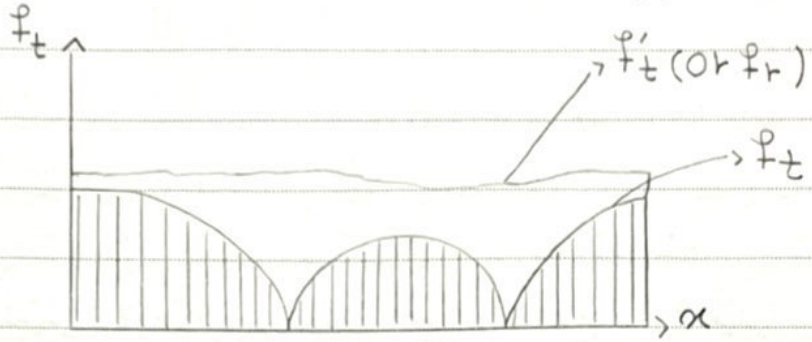
- از این به بعد توزیع تنش کششی در بتن به هم خوردن و در بتن پیرامون ترک، تنش از صفر به مقدار حداکثر f_t می رسد. با افزایش تنش کششی در وقتی که در بتن پیرامون آن مجددا در یک نقطه دیگر f_t به f'_t خواهد رسید در این نقطه دومین ترک کششی در مقطع ایجاد خواهد شد.



شکل ۱۲-۲-د

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

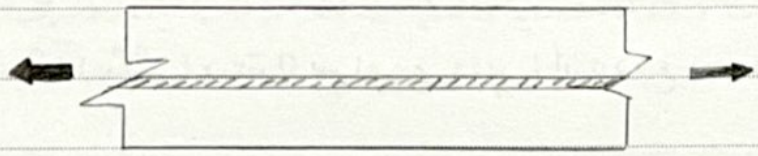
- این روش تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که تعداد مشخصی ترک در طول مورد بحث ایجاد شود از آن به بعد دیگر امکان اینکه در فاصله بین دو ترک متوالی f_t به f'_t یا f_r برسد وجود نخواهد داشت بنابراین از این مرحله به بعد با افزایش بار در حدی که میلگردها به حد تسلیم برسند، تغییر تعداد ترک‌ها افزایش نخواهد یافت و فقط عرض ترک‌ها بیشتر خواهد شد.



شکل ۱۲ - ۲ - ه

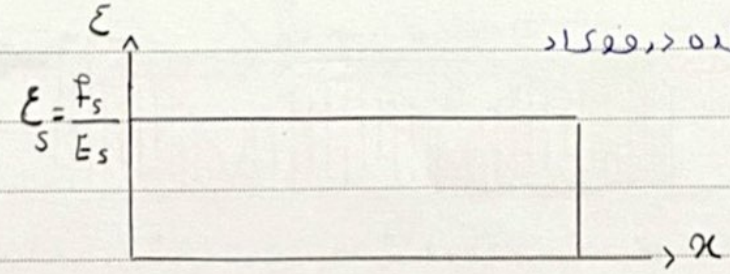
- شکل ۱۲ - ۲ نحوه ایجاد ترک در مقطع بتنی تحت کشش ثابت

الف - نمایش یک میلگرد و بتن پیرامون تحت کشش



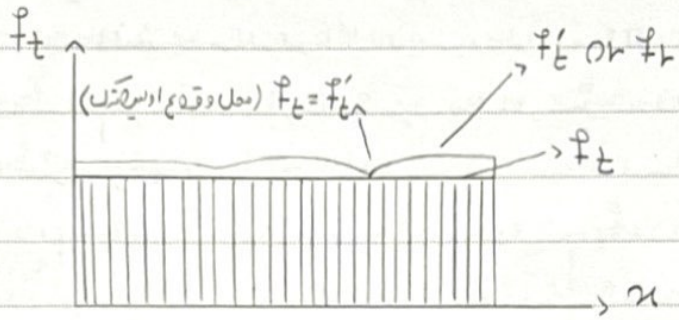
الف

ب - کرنش ایجاد شده در فولاد



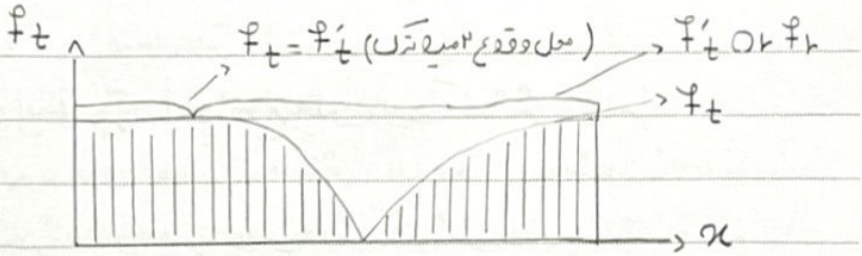
ب

ج- تنش کششی ایجاد شده در بتن (f_t) و مقاومت کششی بتن (f'_t یا f_r)



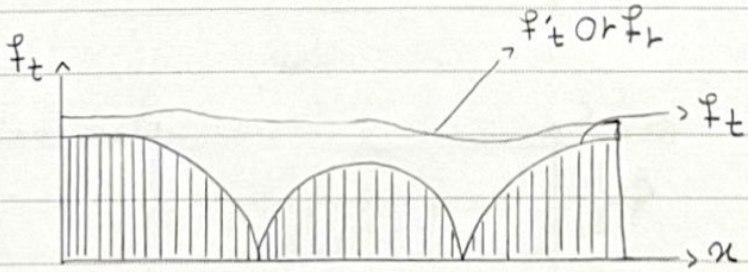
ج

د- توزیع تنش کششی در بتن پیرامونی پس از وقوع اولین ترک



د

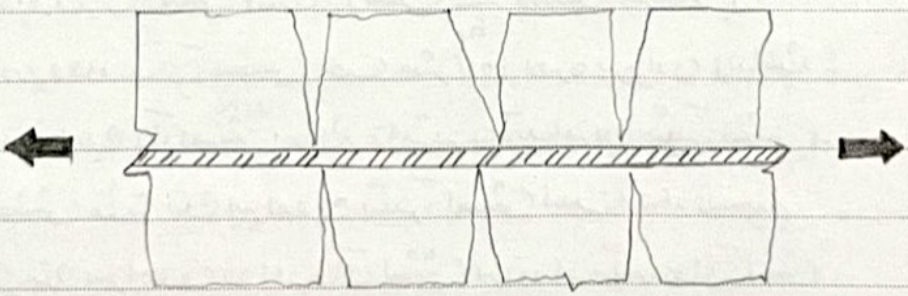
ه- توزیع تنش کششی در بتن پیرامونی پس از وقوع دومین ترک



Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

- در بحث قبل باید توجه کرد که در محل ترک ها، تنش و کرنش در فولاد به حداکثر مقدار خود می رسد در حالی که در فاصله بین ۲ ترک متوالی بتن هنوز قسمی از خود مقاومت کششی بروز می دهد و بنابراین تنش و کرنش در فولاد، مقدار کمتری نسبت به همین کمیت ها در محل ترک ها خواهند داشت. در بین ۲ ترک متوالی، بتن و فولاد اگرچه به هم متصل هستند و با هم کار می کنند اما بعلت تاثیر تنش های متفاوت بوجود و متناسب با مدول الاستیسیته خود تغییر طول متفاوت خواهند داشت. عرض ترک برابر با تفاوت تغییر طول کششی بتن و فولاد در بین ۲ ترک متوالی خواهد بود. از آنجا که بتن با فاصله گرفتن از میلگرد بعلت کشش، کمتر بعلت نفوذ کرنش کششی میلگرد قرار گرفته و کرنش کششی کمتری را متحمل می شود، با افزایش فاصله بتن از میلگرد، عرض ترک بیشتر خواهد شد. بنابراین عرض ترک کششی در سطح بتن، بیشتر از عرض ترک در مجاورت میلگرد می باشد.

- لازم به ذکر است که صرفا از میلگردهای با قطر بزرگتر استفاده شود (به خصوص به ازای یک مقدار فولاد کششی ثابت در مقطع) به دلیل افزایش سطح مقطع بتن پیرامون، به ازای یک مقدار کرنش مشخص در فولاد که مثلا بعلت بارهای بهره برداری حاصل می شود، مقدار تنش در بتن پیرامون، f_t، کاهش یافته و بنابراین فاصله بین ترک ها بیشتر خواهد شد. (مجددا به شکل ۱۲-۲-۵ توجه شود) بدیهی است که در این حالت تفاوت تغییر طول کششی بتن و فولاد در کل فاصله بزرگتر افزایش یافته و عرض ترک بزرگتر خواهد شد.



شکل ۱۲-۳ نمایش افزایش عرض ترک کششی در بتن با افزایش فاصله از سطح میلگرد

Subject: Date

- تقسیم عرض ترک خمشی

اگرچه ترک خوردگی در اعضا بتن آرمه که در بعضی از قسمت ها تحت کشش قرار می گیرند اجتناب ناپذیر است اما معمولا می توان شرایطی فراهم نمود که ترک ها محدود تر و باریک تر باشند.

- عرض ترک در شرایط بهره برداری از سازه و تحت بارهای معمولی و بدون ضریب به دلایل زیر باید کنترل شود:

۱- حفظ ظاهر ساده و زیبایی

۲- احساس امنیت و آرامش خاطر

۳- حفظ میلگردها از خوردگی

۴- جلوگیری از نشت آب

- تقسیم عرض ترک به طور دقیق امکان پذیر نبوده و به مسائل مختلف وابسته است. روابط تجربی زیادی توسط محققین برای تقسیم عرض ترک ارائه شده است. در این میان رابطه گوتز در تقسیم عرض ترک از اعتبار بیشتری برخوردار است.

- رابطه گوتز

$$w = (1{,}08 \times 10^{-5})\,\beta_h\, f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

w: عرض ترک برحسب میلی متر

β_h: نسبت فاصله محور خنثی از دورترین تار کششی به فاصله تار خنثی از مرکز سطح میلگردهای کششی است. (نسبت $\frac{h_2}{h_1}$ در شکل ۱۲-۱۴).

f_s: تنش در فولادهای کششی تحت شرایط بهره برداری می باشد.

d_c: فاصله دورترین تار کششی مقطع تا مرکز نزدیک ترین میلگرد کششی.

A: سطح کششی موثر تحت پیرامون میلگرد کششی است که از تقسیم سطح مقطع موثر تحت پیرامون فولادهای کششی بر تعداد میلگردهای کششی بدست می آید یعنی: $A = \frac{Ae}{N}$

- ضریب $1{,}08 \times 10^{-5}$ در رابطه گوتز برحسب $\frac{1}{mpa}$ بیان شده است.

Raha

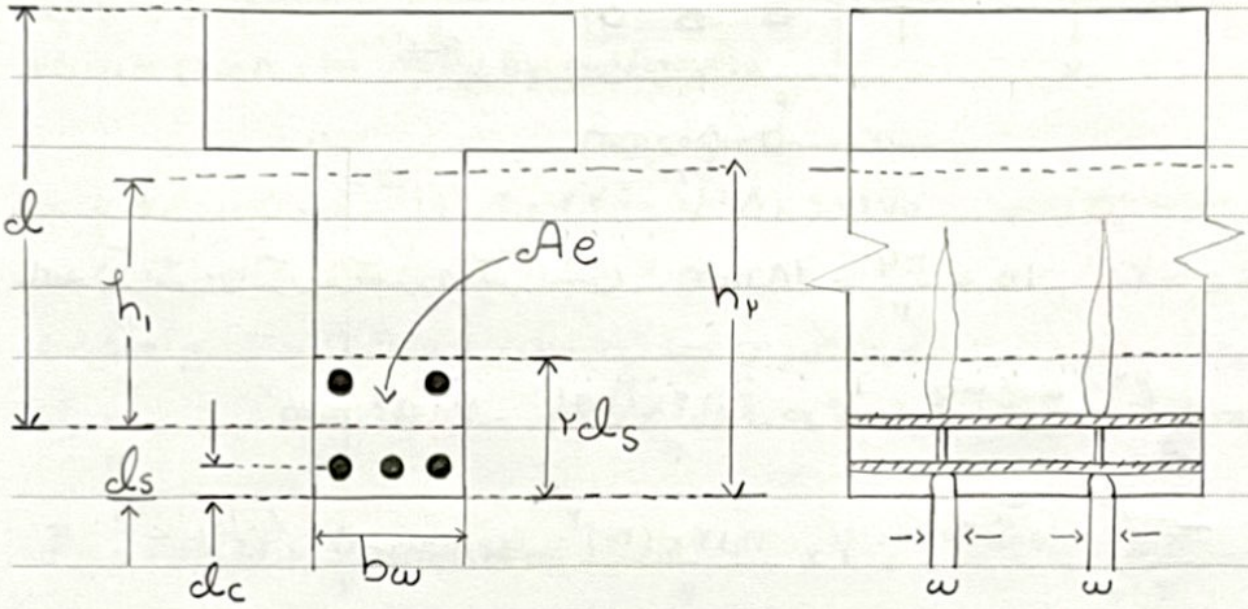
Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

- در جاگیذاری کمیت β_h در رابطه لوتزی توان مقدار $\beta_h = 1,2$ را در تیرها و مقدار $\beta_h = 1,35$ را در دال های یکطرفه استفاده کرد.
- برای تعیین تنش فولاد کشش تحت بارهای بدون ضریب از مقدار $f_s = 0,6 f_y$ استفاده می شود.
- حداکثر عرض ترک در تیر عمیق بتن آرمه تحت کشش مستقیم را نیز می توان بر اساس رابطه بروسز - لوتز به صورت زیر تعیین کرد:

$$w_{max} = (1,25 \times 10^{-5}) f_s \sqrt[3]{d_c A}$$



$$w = (1,0\Lambda \times 10^{-5}) \beta_h f_s \sqrt[3]{d_c A} \qquad A = \frac{Ae}{N}$$

$$C = 1,0\Lambda \times 10^{-5} \left(\frac{1}{mpa}\right) \qquad w = C \beta_h f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

$$\beta_h = \frac{h_2}{h_1}$$

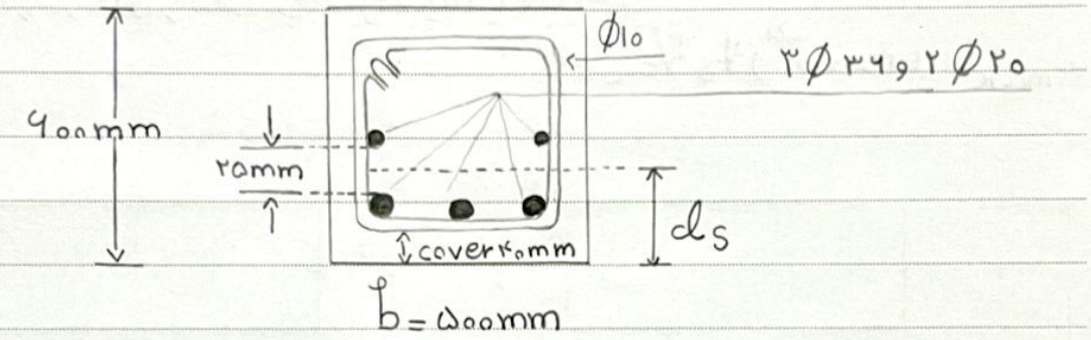
$$Ae = 2 d_s b_w$$

Scanned with CamScanner

Subject: Date

مثال: در یک تیر بتن آرمه با عرض $b=500mm$ و ارتفاع $h=600mm$ آرماتورهای خمشی کشاری داده شده در شکل ۱۲-۵ با تنش تسلیم $f_y=400MPa$ استفاده شده است.

الف - عرض ترک خمشی در سرویس بهره برداری را محاسبه کنید.



فاصله تار کشش تا مرکز نزدیکترین میلگرد کششی $d_c = 40 + 10 + \frac{36}{2} = 68\,mm$

$A = \frac{\pi d^2}{4}$ $\xrightarrow{3\phi 36}$ $3 \times \frac{3.14 \times (36)^2}{4} = 3054\,mm^2$

$A = \frac{\pi d^2}{4}$ $\xrightarrow{2\phi 25}$ $2 \times \frac{3.14 \times (25)^2}{4} = 982\,mm^2$

$d_s = \frac{3054 \times 68 + 982 \times (68 + \frac{36}{2} + 25 + \frac{25}{2})}{3054 + 982} = 77\,mm$

d_s: فاصله دورترین تار کششی از مرکز سطح میلگردهای کششی

$A_e = 2 d_s b_w = 2 \times 77 \times 500 = 77000\,mm^2$

N: تعداد میلگردهایی باشد و اگر قطر میلگردها برابر نباشد باید N را طبق فرمول روبه رو حساب کنیم.

$N = \frac{\text{جمع مساحت میلگردها}}{\text{مساحت بزرگترین میلگرد}}$

Raha

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject: Date

$$N = \frac{۳۰۵۴ + ۹۲۸}{۱۰۱۸} = ۳,۹۲$$

$$A = \frac{۷۷۰۰۰}{۳,۹۲} = ۲۱۲۷۰ \, mm^۲$$

$$f_s = ۰,۶ f_y = ۰,۶ \times ۴۰۰ = ۲۴۰ \, MPa$$

$\beta_h = ۱,۲$ ← چون تیری باشد

$$\Rightarrow w = (۱,۰۸ \times ۱۰^{-۵}) \beta_h f_s \sqrt[۳]{d_c A}$$

$$\Rightarrow w = (۱,۰۸ \times ۱۰^{-۵}) \times ۱,۲ \times ۲۴۰ \times \sqrt[۳]{۹۸ \times ۲۱۲۷۰} = ۰,۳۵ mm$$

ب ـ اگر در همین تیر از میلگرد جایگزین معادل به صورت ۱۲ Φ ۲۰ در ۲ لایه استفاده شود، عرض ترک خمشی چقدر خواهد بود؟

$$d_c = ۴۰ + ۱۰ + \frac{۲۰}{۲} = ۹۰ mm$$

$$d_s = ۹۰ + \frac{۲۰}{۲} + \frac{۲۵}{۲} = ۱۰۲,۵ mm$$

$$Ae = ۲ \times ۱۰۲,۵ \times ۵۰۰ = ۱۰۲۵۰۰ \, mm^۲$$

$$A = \frac{Ae}{N} = \frac{۱۰۲۵۰۰}{۱۲} = ۸۵۴۲ \, mm^۲$$

$$w = (۱,۰۸ \times ۱۰^{-۵}) \times ۱,۲ \times ۲۴۰ \times (۹۰ \times ۸۵۴۲)^{\frac{۱}{۳}} = ۰,۲۳ mm$$

Raha

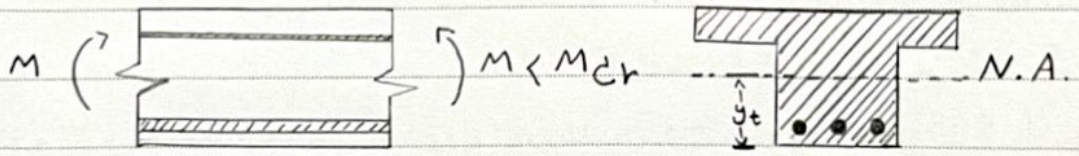
ـ خیز الاستیک در تیر بتن آرمه

برای محاسبه خیز آنی (الاستیک) در یک عضو خمشی فولادی به سادگی می توان از روابط متداول مقاومت مصالح استفاده کرد. اما محاسبه تغییر شکل آنی یک تیر بتن آرمه با استفاده از روابط مقاومت مصالح با مشکل تغییر سختی همراه است.
در حقیقت در تیر با مقطع فولادی در طول بارگذاری و تا رسیدن به مرحله تسلیم مدول الاستیسیته ثابت بوده و از طرفی مقطع فولادی تحت خمش کم در فشار و هم در کشش به صورت کامل عمل می کند بنابراین ممان اینرسی آن ثابت بوده و سختی خمشی آن ثابت خواهد بود. اما در تیر با مقطع بتن آرمه هم مدول الاستیسیته و هم ممان اینرسی مقطع به دلیل ترک خوردگی در طول بارگذاری تغییر خواهد کرد.

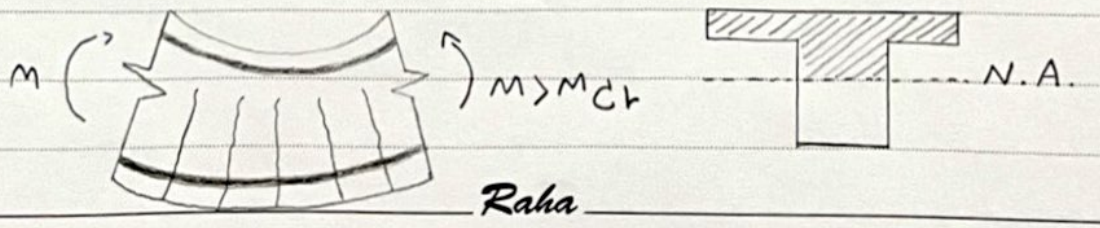
فولاد ← E ثابت
فولاد ← I ثابت

بتن ← E متغیر (مدول الاستیسیته)
بتن ← I متغیر (ممان اینرسی)

الف ـ مقطع تیر تحت لنگر توجه تر از لنگر ترک خوردگی



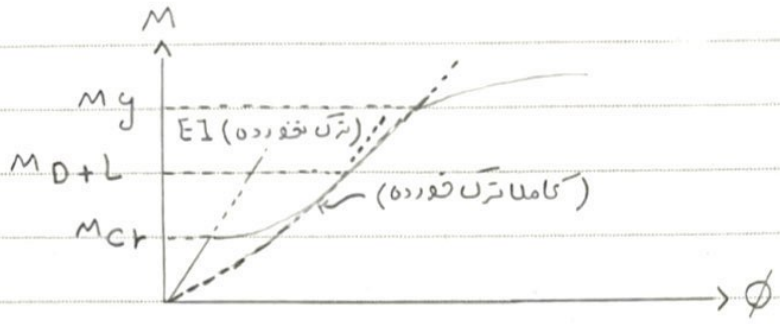
ب ـ مقطع تیر تحت لنگر بزرگ تر از لنگر ترک خوردگی



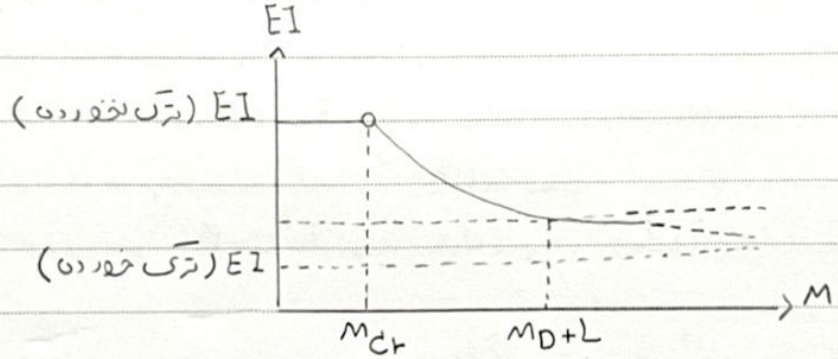
Scanned with CamScanner

Subject: Date

ج - منحنی تنش - انحنا مقطع تیر با در نظر گرفتن اثر سخت شدگی کرنشی



د - تغییرات سختی خمشی مقطع تیر برحسب افزایش تنش خمشی



Raha

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject: Date

- تغییر سختی خمشی در طول تیر

یک تیر T شکل سراسری تحت بار گسترده w در شکل ۱۲ - ۷ صفحه ۱۴۲ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل ملاحظه می‌شود وضعیت مقطع ترک خوردن در تکیه‌گاه و در وسط دهانه متفاوت بوده و از طرفی مقاطعی که در اطراف نقطه عطف لنگر خمشی قرار گرفته اند در حالت ترک خوردن قرار ندارند. بدین ترتیب سختی خمشی تیر (EI) در طول تیر متغیر بودن و این تغییرات در شکل نشان داده شده.

- تعیین خیز الاستیک

خیز کوتاه مدت یک تیر بتن آرمه تحت بارهای بهره برداری را می‌توان مبنی بر تئوری الاستیک حاکم بر تغییر شکل اعضای خمشی محاسبه نمود.
خیز آنی یا الاستیک در وسط دهانه برای تیرهای یک دهانه با مقطع منشوری و تحت بارگذاری گسترده یکنواخت که در هر دو طرف روی تکیه‌گاه قرار گرفته اند، از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$\Delta = k \frac{wL_n^4}{EI} = k_1 \frac{ML_n^2}{EI}$$

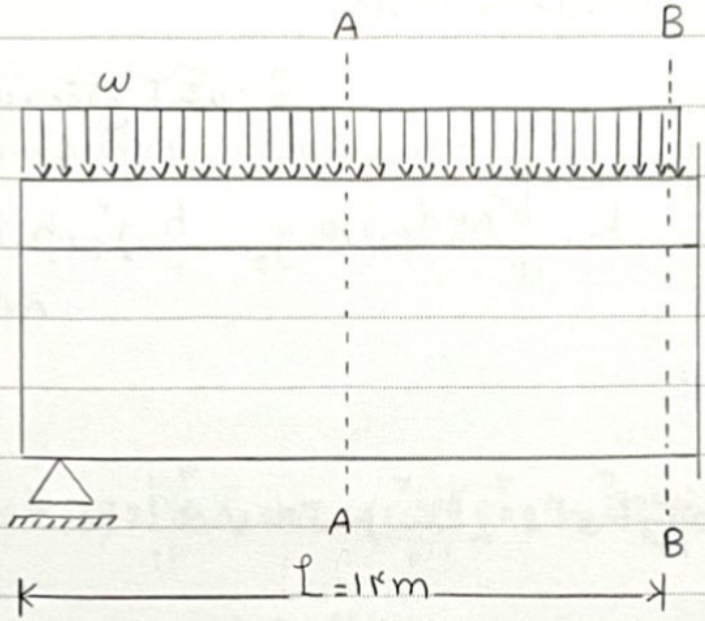
w : شدت بار گسترده
L_n : طول آزاد تیر
M : بیشترین لنگر مثبت در طول دهانه
k و k_1 : وابسته به وضعیت تکیه‌گاه ها و نوع بارگذاری (جدول ۱۲ - ۲۰)

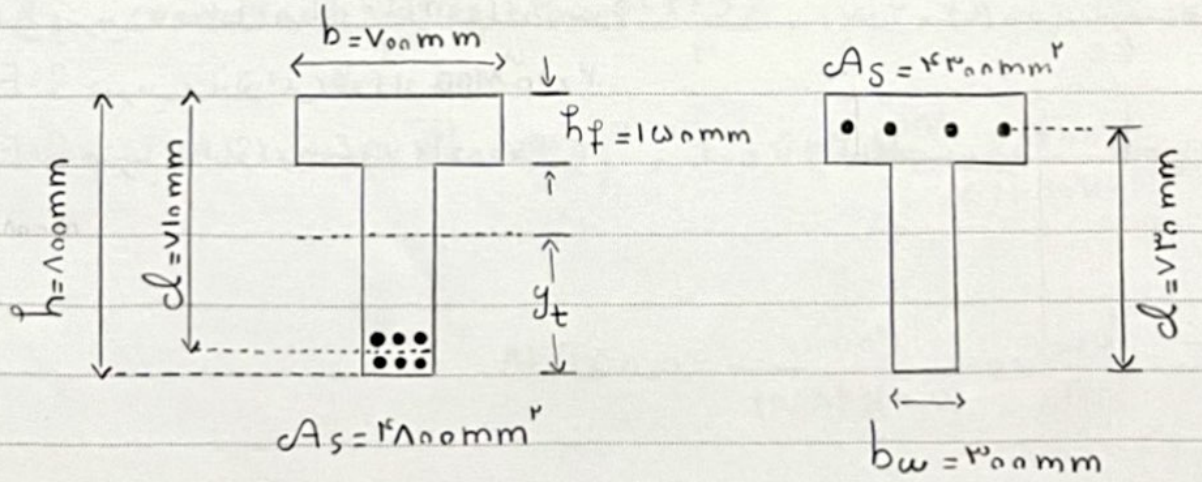
- در محاسبه خیز الاستیک تیرها در بسیاری از موارد با تیرهای پیوسته با مقطع ثابت و تحت بارگسترده یکنواخت با شدت w روبه رو می‌شویم.

- نمونه‌ای از یک تیر پیوسته با دهانه L و بارگسترده یکنواخت با شدت w به طوری که لنگرهای خمشی منفی سمت چپ و سمت راست تیر با M_L و M_R و لنگر خمشی مثبت در وسط دهانه با M_m بیان شده است (شکل ۱۲-۹)

Scanned with CamScanner

مثال ۱۲-۳ ؛ تیر بتن آرمه با مقطع نشان داده شده در شکل ۱۲-۱۵ را در نظر بگیرید
فولاد گذاری این تیر در ناحیه کشر مثبت معادل $A_s = 4800mm^2$
فولاد گذاری این تیر در ناحیه کشر منفی معادل $A_s = 4300mm^2$
مجموع بارهای مرده و زنده ی بدون ضریب وارد بر تیر برابر با $w_{D+L} = 50 kN/m$
کمپرس فرض کنید $f'_c = 35MPa$ و $f_y = 420MPa$ باشد.
خیز کوتاه مدت این تیر را تحت بارهای بدون ضریب بدست آورید





Subject: Date

فرمول y_t برای مقطع T شکل :

$$y_t = h - \frac{(b-b_w)h_f^2 + b_w h^2}{2[(b-b_w)h_f + b_w h]}$$

$$y_t = 800 - \frac{(700-300)(150)^2 + (300)(800)^2}{2[(700-300)(150) + (300)(800)]} = 245\ mm$$

فرمول I_g برای مقطع T شکل :

$$I_g = (b-b_w)\frac{h_f^3}{12} + b_w\frac{h^3}{12} + b_w h(y_t - \frac{h}{2})^2 + (b-b_w)h_f(h - \frac{h_f}{2} - y_t)^2$$

$$I_g = (700-300)\frac{(150)^3}{12} + 300(\frac{800^3}{12}) + 300\times800(245 - \frac{800}{2})^2 + (700-300)\times150(800 - \frac{150}{2} - 245)^2 = 1.799\times10^{10}\ mm^4$$

n : ضریب معادل سازی بین فولاد و بتن

E_s : ضریب ارتجاعی فولاد $2\times10^5 Mpa$

E_c : ضریب ارتجاعی بتن $4700\sqrt{f'_c}$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{200000}{4700\sqrt{35}} = 7.2$$

$$c = \frac{b_w}{nA_s} = \frac{300}{(7.2)(4800)} = 0.00868$$

Raha

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Subject: Date

$$f = \frac{h_f(b-b_w)}{nA_s} = \frac{۱۵۰(۷۰۰-۳۰۰)}{۷۱۲\times۴۸۰۰} = ۱,۷۳۴$$

$$kd = \frac{\left[-\sqrt{c(۲d+h_f f)+(۱+f)^۲} - (۱+f)\right]}{c}$$

$$kd = \frac{\left[-\sqrt{(۰,۰۰۸۴۸)(۲\times۷۱۰+۱۵۰\times۱,۷۳۴)+(۱+۱,۷۳۴)^۲} - (۱+۱,۷۳۴)\right]}{۰,۰۰۸۴۸}$$

$$= ۲۲۴\,mm$$

$$I_{ct} = (b-b_w)\frac{h_f^۳}{۱۲} + b_w\frac{(kd)^۳}{۳} + nA_s(d-kd)^۲$$

$$+(b-b_w)h_f\left(kd-\frac{h_f}{۲}\right)^۲$$

$$I_{ct} = (۷۰۰-۳۰۰)\frac{(۱۵۰)^۳}{۱۲} + (۳۰۰)\frac{(۲۲۴)^۳}{۳} + (۷۱۲\times۴۸۰۰)(۷۱۰-۲۲۴)^۲$$

$$+(۷۰۰-۳۰۰)(۱۵۰)\left(۲۲۴-\frac{۱۵۰}{۲}\right)^۲ = ۱,۰۷۳\times۱۰^{۱۰}\,mm^۴$$

Scanned with CamScanner

Subject: Date

$$B = \frac{b}{nA_s} = \frac{۳۰۰}{۷۱۲ \times ۴۳۰۰} = ۰,۰۰۹۹$$

$$kd = \frac{(\sqrt{۲dB+1} - ۱)}{B}$$

$$kd = \frac{(\sqrt{۲ \times ۷۳۰ \times ۰,۰۰۹۹ + ۱} - ۱)}{۰,۰۰۹۹} = ۲۹۸,۴ mm$$

$$I_{dt} = b\frac{(kd)^۳}{۳} + nA_s(d - kd)^۲$$

$$I_{dt} = (۳۰۰)\frac{(۲۹۸,۴)^۳}{۳} + ۷۱۲ \times ۴۳۰۰ \times (۷۳۰ - ۲۹۸,۴)^۲$$

$$= ۰,۸۴۲ \times ۱۰^{۱۰} mm$$

$$M_a = M^- max = \frac{\omega l^۲}{۸} = ۵۰ \times \frac{۱۴^۲}{۸} = ۱۲۲۵ kN.m$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \qquad f_r = ۰,۷\sqrt{f'c} = ۰,۷\sqrt{۳۵} = ۴,۱۴ MPa$$

$$y_t = ۸۰۰ - ۴۷۵ = ۳۲۵ mm$$

$$M_{cr} = (۴,۱۴) \times \frac{(۱,۷۹۸ \times ۱۰^{۱۰})}{۳۲۵} = ۲۲۲,۲ \times ۱۰^{۶} N.mm$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right) = \frac{۲۲۲,۲}{۱۲۲۵} = ۰,۱۸۱۴$$

$$I_{e۱} = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right) \leqslant I_g$$

Raha

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Subject: Date

$$I_{eL} = 0,۸۴۲ \times 10^{10} + (1,۷۹۸ \times 10^{10} - 0,۸۴۲ \times 10^{10}) \times (0,۱۸۱۴)^{۳}$$

$$= 0,۸۴۸ \times 10^{10}\ mm^{۴} < I_g$$

$$M_m = M_0 - \frac{1}{۲}(M_1 + M_۲) \qquad M_0 = \frac{\omega L^{۲}}{۸} = ۱۲۲۵\ kN.m$$

$$M_a = M_m = ۱۲۲۵ - \frac{1}{۲}(0 + ۱۲۲۵) = 912,5\ kN.m$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{(۴,۱۴)(1,۷۹۸ \times 10^{10})}{۴۹۵} = ۱۴۵,۰۸ \times 10^{۶}\ N.mm$$

$$I_{em} = 1,۰۷۳ \times 10^{10} + (1,۷۹۸ \times 10^{10} - 1,۰۷۳ \times 10^{10})(0,۲۹۱۴)^{۳}$$

$$= 1,۰۸۹ \times 10^{10}\ mm^{۴} < I_g$$

$$I_{e,ave} = 0,۸۵\ I_{em} + 0,۱۵\ I_e$$

$$= 0,۸۵ \times (1,۰۸۹ \times 10^{10}) + 0,۱۵ \times (0,۸۴۸ \times 10^{10}) =$$

$$1,۰۵ \times 10^{10}\ mm^{۴}$$

$$\Delta = ۱۲ \frac{\omega L_n^{۴}}{EI} = \frac{1}{۱۸۵} \frac{\omega L_n^{۴}}{۱۸۵ E_c I_{e.ave}}$$

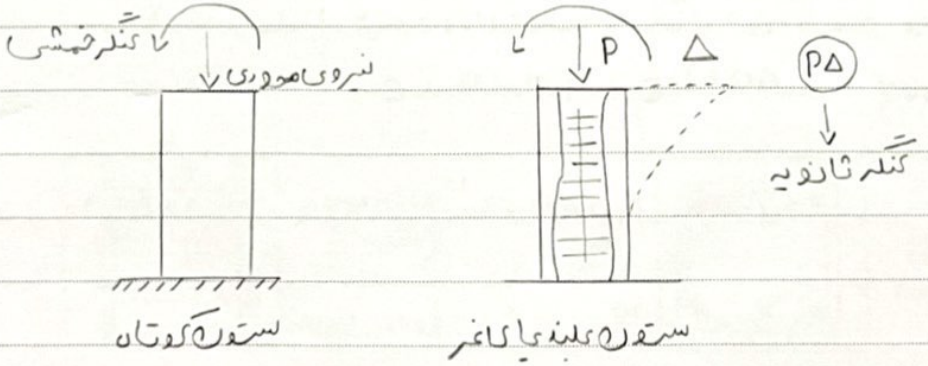
$$\Delta = \frac{1}{۱۸۵} \times \frac{۵۰ \times (۱۲ \times 10^{۳})^{۴}}{۴۷۰۰\sqrt{۳۵} \times 1,۰۵ \times 10^{10}} = ۳۵,۵۹\ mm$$

Raha

- ستون

به تک عضو سازه ای قائم اطلاق می شود که بار محوری فشاری را با و یا بدون لنگر خمشی منتقل می کند.
ستون ها معمولا بارهای قائم را از بام یا کف ساختمان گرفته و آن را به پی منتقل می نمایند.
به طور متعارف اگر نسبت ارتفاع به کوچکترین بُعد مقطع تک عضو فشاری قائم کوچک تر از ۳ باشد آن عضو به نام پایه یا پدستال نامیده می شود.
و اگر این نسبت بزرگتر از ۳ باشد آن قطعه ستون خوانده می شود.

اگر نسبت ابعادی و وضعیت انتهایی کلیه ی ستون طوری باشد که ستون تحت بارهای نهائی براساس بار محوری و لنگر خمشی به مرحله شکست برسد، آن ستون ستون کوتاه نامیده می شود.



- در مقابل اگر ابعاد ستون و وضعیت قرارگیری ستون به گونه ای باشد که با تغییر شکل جانبی ستون، لنگر خمشی اضافی (PΔ) ایجاد شود و شکست ستون تحت اثر این لنگر اضافه تیر قرار گیرد این ستون بلند یا ستون لاغر خوانده می شود.

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject: Date

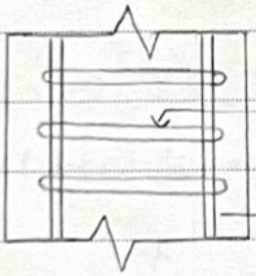
- انواع ستون

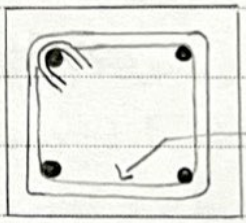
- یک ستون بتنی غیرمسلح، ظرفیت فشاری متوسطی خواهد داشت که شامل ظرفیت فشاری بتن مقطع کمست. از طرفی این ستون ظرفیت خمشی ناچیزی خواهد داشت. زیرا به محض ایجاد کشش بتن ترک می‌خورد. به همین دلیل ستون‌های بتنی را به فولادهای طولی مسلح می‌کنند.

- فولادهای طولی آمادن مقاومت در مقابل فشار و تنش خمشی تو آم را برای ستون بتنی فراهم می‌کنند.

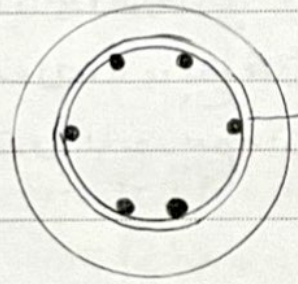
- با تامین قید جانبی برای فولادهای طولی (خاموت‌ها) می‌توان ظرفیت باربری ستون را باز هم افزایش داد.

الف - ستون بتن آرمه با تنگ بسته (فولاد عرضی با تنگ بسته)

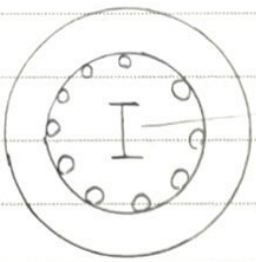




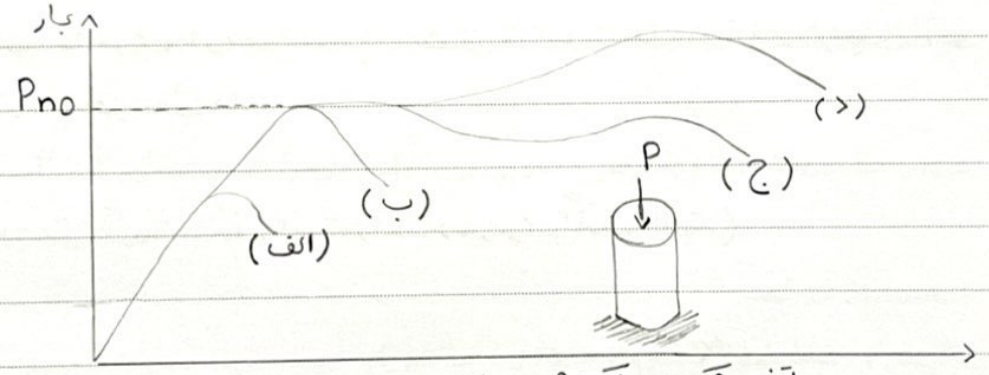
ب - ستون با دورپیچ



ج- ستون مرکب (ترکیب مقطع فولادی با مقطع بتنی)



- شکل ۹-۲ تاثیر فولاد عرضی بر رفتار یک ستون بتن آرمه را که به صورت محوری بارگذاری شده است، نشان می دهد. همان گونه که از شکل مشاهده می شود تحت بارهای پایین، فولاد عرضی تاثیر قابل ملاحظه بر منحنی بار- تغییر شکل می گذارد.



تغییر شکل و یا کرنش فشاری در وسط ارتفاع ستون

- شکل ۹-۲ منحنی بار- تغییر شکل ستون

الف- ستون با فولاد عرضی کم و یا پوشش ناکافی

ب- ستون با تنگ بسته

ج- ستون با دور پیچ حلقوی

د- ستون با دور پیچ حلقوی با فواصل کاملا نزدیک

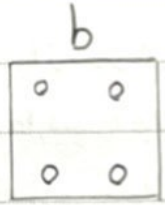
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject: Date

- ضوابط و محدودیت های فولادگذاری ستون

- ضوابط حداقل فولادهای طولی

حداقل فولاد طولی ستون را برابر با ۱ درصد سطح مقطع ناخالص بتن، $0.01A_g$ ذکر می کنند. منظور از سطح مقطع ناخالص بتن، سطح مقطع بتن بدون توجه به مساحت اشغال شده توسط فولادهای طولی است. ACI ۳۱۸



$A_g = b \times h$ سطح مقطع ناخالص

- حداکثر فولاد طولی

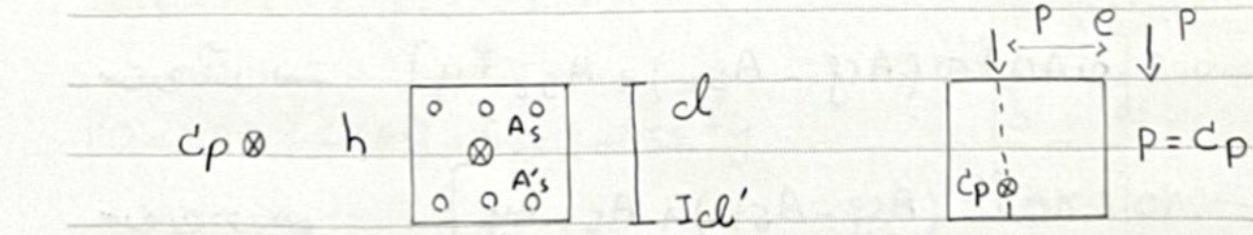
حداکثر فولاد طولی ستون به ۸ درصد سطح مقطع ناخالص محدود می کند. ACI۳۱۸

- ضوابط فولادهای عرضی به صورت تنگ. (مراجعه به بخش ۲-۳-۹ کانال.)

- ضوابط فولاد

- اعضای فشاری تحت بار محوری خاص

تیر عضو فشاری بتنی آرمه وقتی تحت بار محوری خاص قرار دارد در کلیه نقاط بیشترین فشاری در تمام نقاط مقطع مساوی است.



$$x_p = \frac{0.\overline{852} f'_c b h^2 + A_s f_y d + A'_s f'_y d'}{0.85 f'_c b h + A_s f_y + A'_s f'_y}$$

Raha

Subject: Date

- تعیین مقاومت ستون کوتاه تحت بار محوری خالص

طبق فونداد 1 : $M_u \leq \phi M_n$

M_u : گشتاور وارد

M_n : گشتاور قابل تحمل

$P_u \leq \phi P_n$

P_u : بار محوری وارده یا در حالت نهایی بار وارد مجاز

P_n : ظرفیت باربری فشاری یک ستون یا ظرفیت اسمی یا مقاومت فشاری

ϕ : ضریب کاهش مقاومت

- بر اساس ACI ۳۱۸ ظرفیت باربری محوری اسمی ستون باید همچنین با رعایت ضریب اطمینان و با ملاحظه ضریب کاهش مقاومت (ϕ) به مقدار بیشتری کاهش داده شود.

- برای محاسبه ظرفیت باربری ستون از این رابطه $P_u \leq \phi P_n$

- ضریب کاهش مقاومت برای ستون با تنگ بسته $\phi = 0.70$

- مقدار ضریب کاهش مقاومت برای ستون دورپیچ $\phi = 0.75$

- ستون با تنگ بسته $P_n = 0.80\left[0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y\right]$

- ستون دورپیچ $P_n = 0.85\left[0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y\right]$

Raha

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Subject: Date

مثال: ظرفیت باربری محوری خالص یک ستون مربعی به ضلع ۴۰۰ mm را که در آن از ۸ میلگرد طولی به قطر ۲۵ mm استفاده شده است را محاسبه کنید.

$f'_c = ۲۵ \ MPa$

$f_y = ۳۰۰ MPa$

نکته: زمانی که ستون مربعی است یعنی تنگ بسته است.

$$A_{st} = ۸ \times \pi \times \frac{۲۵^۲}{۴} = ۳۹۲۷ \ mm^۲$$

$$P_n = ۰.۸ \left[۰.۸۵ \times ۲۵ \times (۴۰۰ \times ۴۰۰ - ۳۹۲۷) + ۳۹۲۷ \times ۳۰۰ \right] = ۳۵۹۴ \ kN$$

$$P_u = \phi P_n \rightarrow ۰.۶۵ \times ۳۵۹۴ = ۲۳۳۷ \ kN$$

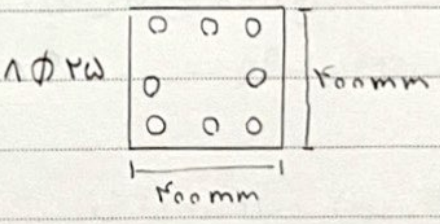
تمرین: ظرفیت باربری محوری خالص یک ستون مربعی به ضلع ۴۰۰ mm را که در آن از $۸ \phi ۲۵$ به عنوان فولاد طولی استفاده شده است محاسبه کنید.

$f'_c = ۲۵ MPa$

$f_y = ۳۰۰ MPa$

$$A_{st} = ۸ \times \pi \times \frac{۲۵^۲}{۴} = ۳۹۲۷ \ mm^۲$$

$$P_0 = ۰.۸۵ f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$



$$P_0 = ۰.۸۵ \times ۲۵ \times (۴۰۰ \times ۴۰۰ - ۳۹۲۷) + ۳۹۲۷ \times ۳۰۰ = ۴۴۹۴ \ kN$$

Scanned with CamScanner

Subject:

Date

$P_{n,max} = 0.8P_o = 0.8(۴۴۹۴) = ۳۵۹۹ \text{ kN}$

$P_u = \phi P_{n,max} = 0.90 P_{n,max} = 0.90 \times ۳۵۹۹ = ۲۲۳۷ \text{ kN}$

Raha

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Subject: Date . .

Sa Su Mo Tu We Th Fr

- طراحی دیوار

دیوارها از قدیمی ترین اجزای ساختمانی بوده اند که در سازه ها به کار گرفته شده اند دیوار به عنوان یک عضو صفحه ای نازک قائم محسوب می شود به طوری که ضخامت آن به مراتب کمتر از عرض و ارتفاع آن می باشد. اصولا یک دیوار بسته به وضعیت تکیه گاهی و بارهای وارد بر آن ممکن است در یکی از حالات زیر قرار گیرد.

۱- مانند یک ستون تحت فشار باشد.

۲- مشابه یک دال تحت بار متعامد باشد.

۳- تحت بار جانبی مانند یک تیر طره ای عمل کند.

۴- تحت بارهای قائم و جانبی باشد.

- انواع دیوار

۱- دیوارهای محیطی منقل به قاب

دیوار پیرامونی یک ساختمان است که در هر طبقه به طور کامل به قاب ساختمانی منتقل است وظیفه اصلی این دیوار جدا کردن فضای بیرونی از فضای داخلی ساختمان.

۲- دیوار محیطی معمار شده به قاب

مشابه دیوار محیطی قبلی بوده و تنها تفاوت در آن است که بار آن در هر طبقه به قاب منتقل نمی شود.

۳- دیوار جدا کننده یا تیغه

دیوارهای داخلی ساختمان است و به منظور جدا کردن فضای داخلی مورد استفاده قرار می گیرند.

Scanned with CamScanner

Subject: Date

۴- دیوارهای حائل

دیوارهایی هستند که به منظور پایداری در مقابل فشار جانبی خاک یا آب و در مجاورت آنها ساخته می‌شود.

۵- دیوار زیرزمین

۶- دیوار برشی

دیوارهای بتن آرمه‌ای بوده که برای مقاومت در برابر بار جانبی باد، زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دیوارها ممکن است به تنهایی و یا به کمک قاب بار جانبی را به زمین منتقل کند. دیوارهای برشی قالبا در هر ۲ جهت متعامد ساختمان تعبیه.

- دیوارها به ۲ دسته بار بر و غیر بار بر نیز تقسیم می‌شوند. دیوارهای غیر بار بر دیوارهایی بوده که فقط بار وزن خود را تحمل می‌کند و ممکن است بارهای جانبی عمود بر صفحه دیوار را نیز تحمل نمایند.

- طراحی دیوارهای بار بر تحت فشار

دیوارهای بار بر ممکن است تحت نیروی محوری فشاری و یا تحت ترکیب نیروی محوری فشاری و تنگ‌خمشی قرار گیرند. رفتار چنین دیوارهایی مشابه رفتار ستون خواهد بود با این تفاوت که به دلیل ضخامت کم دیوار کاهش و تشدید تنگ در آن احتمال بیش از عضو ستون اثر می‌کند. طراحی دیوارهای بتن آرمه تحت فشار را می‌توان با استفاده از روش‌های زیر انجام داد.

Raha

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱ـ روش طراحی تجربی

برای دیوارهای با مقطع مستطیلی توپر و به شرط آنکه برآیند تمام بارهای با ضریب در $\frac{1}{3}$ میانی ضخامت دیوار واقع شود از رابطه زیر تبعیت می‌شود.

$$\phi P_n = 0.55 \phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{k L_c}{32 h}\right)^2\right]$$

ϕ : ضریب کاهش مقاومت و برابر ۰.۶۵

h : ضخامت دیوار

A_g : سطح مقطع ناخالص

L : فاصله قائم بین تکیه‌گاه‌های دیوار

k : ضریب طول مؤثر دیوار

ـ اگر دیوار در بالا و پایین مهار شده باشد مقدار $k = 0.8$ است.

ـ اگر دیوار فقط از یک طرف مقید شده باشد مقدار $k = 1$ است.

ـ اگر دیوار در مقابل انتقال جانبی مهار نشده باشد مقدار $k = 2$ است.

ـ رابطه تجربی گفته شده اثر خروج از مرکزیت بار و لاغری دیوار را در نظر می‌گیرد. در حقیقت این رابطه جهت تأمین مقاومت قابل مقایسه با مقاومت اعضای فشاری با خروج از مرکزیت $\frac{h}{6}$ و با فرض لاغری در دو وجه موازی محور خنثی انتخاب شده

ـ در حالتی که از روش طراحی تجربی دیوار استفاده می‌شود، ضخامت دیوار باربر نباید کمتر از $\frac{1}{25}$ مقدار کوچک‌تر از طول یا ارتفاع مقید دیوار و نه کمتر از 100 mm باشد. یعنی:

$$h \geq \min\left\{\frac{L_c}{25} \text{ و } \frac{1}{25}(\text{طول دیوار})\right\} \geq 100\,mm$$

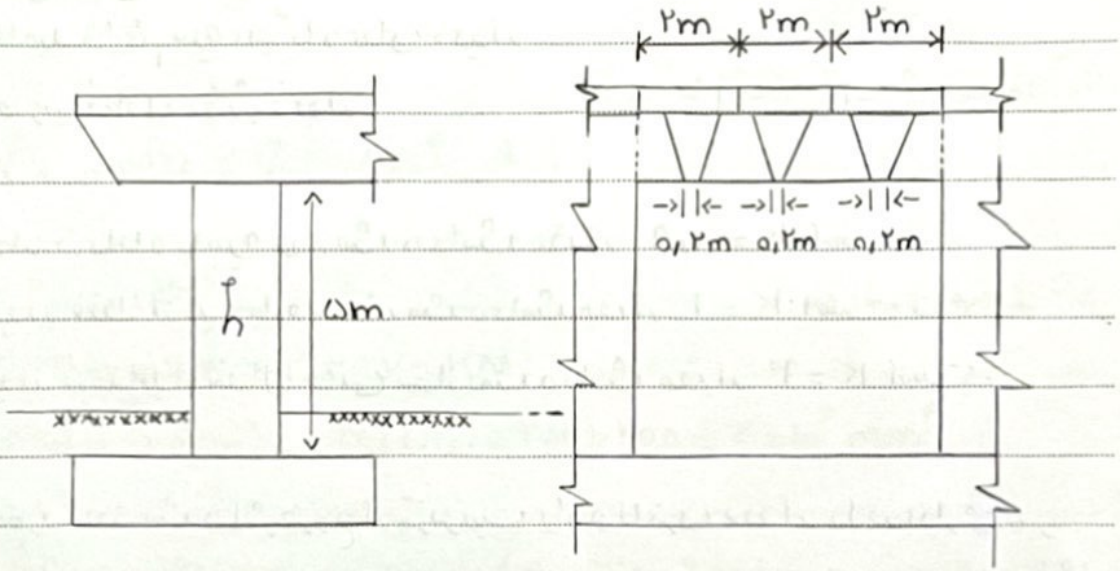
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

مثال: یک دیوار بتنی باربر با تیرریزی در جا با ارتفاع 5m و طول 9m بار تیرهای بتنی T شکل پیش ساخته را به پی انتقال می دهد به طوری که عرض جان تیرهای شکل در قسمت نشیمن روی دیوار برابر با $b_w = 200mm$ و عرض بال تیرهای T شکل برابر با $b = 2m$ است. بارهای مرده و زنده ای که از هر تیر T شکل به دیوار منتقل می شود به ترتیب $P_D = 150kN$ و $P_L = 90kN$ و اثر جان تیر به دیوار، ضربت جانبی دیوار را در بالا کنترل می کند. با استفاده از روش طراحی تجربی، دیوار را طراحی کنید از وزن دیوار صرف نظر می شود.

$f'_c = 25MPa$

$f_y = 420MPa$



- انتقال بار از تیرهای T شکل به صورت محوری است پس در طراحی فقط باید حداقل خروج از مرکزیت آیین نامه ای در اعضای فشاری را در نظر گرفت که کمتر از $\frac{h}{9}$ می باشد پس اگر از دیوار بتنی با مقطع مستطیلی تو پر استفاده شود شرایط لازم برای استفاده از روش طراحی تجربی برقرار است.

Subject: Date

- برای حل این مثال باید ۴ گام زیر را طی کنیم:

۱- تعیین ضخامت دیوار

۲- کنترل تنش لهیدگی

۳- کنترل رابطه تجربی

۴- طراحی فولادهای افقی و قائم

۱- گام اول: تعیین ضخامت دیوار

$$h \geq \min\left\{\frac{5\times10^3}{25} \text{ و } \frac{6\times10^3}{25}\right\} \geq 100\,m \Rightarrow \text{ضخامت فرضی } h = 200\,mm$$

۲- گام دوم: کنترل تنش لهیدگی

$$Pu \leq \phi P_b \longrightarrow Pu \leq \phi(0{,}85 f'_c A_1)$$

Pu: نیروی وارده

$$Pu = 1{,}2P_D + 1{,}6P_L$$

$$Pu = 1{,}2(150) + 1{,}6(90) = 2761\,kN$$

A_1: سطح بارگذاری روی دیوار

$$A_1 = h \times b_w = 200 \times 200 = 4\times10^4\,mm^2$$

$$Pu \leq \phi P_b \longrightarrow 276 \leq 0{,}65 \times 0{,}85 \times 25 \times 200 \times 200 = 552.5\,kN$$

$$276 \leq 552 \Rightarrow Pu \leq \phi P_b \rightarrow OK$$

۳- گام سوم: کنترل رابطه تجربی

$$Pu \leq \phi P_n$$

L_c: ارتفاع دیوار

$$276 \leq 0{,}65 \times 0{,}55 \times f'_c \times A_g \times \left[1 - \left(\frac{1.2L_c}{32h}\right)^2\right]$$

$$276 \leq 0{,}65 \times 0{,}55 \times 25 \times \left[1 - \left(\frac{0{,}8\times5000}{32\times200}\right)^2\right] \times A_g$$

Raha

Scanned with CamScanner

Subject: Date

تبصره ۵: چون هم از بالا و هم از پایین مقید است مقدار ۰٫۸ = ۱۲ است ولی اگر فقط از یک طرف مقید باشد مقدار ۱ = ۱۲ است.

سطح مقطع ناخالص دیوار A_g = طول موثر دیوار × ضخامت

$A_g = 1000 \times 200$

طول موثر دیوار = $\min\{b_w + 4h$ و فاصله مرکز تا مرکز بارها$\}$

$= \min\{2000\,mm$ و $200 + 4 \times 200\} \Rightarrow 1000$

$\Rightarrow P_u \leq \phi P_n \rightarrow 274 \leq 1089\,kN \Rightarrow$ OK

بازی که وارد می شود بسیار کمتر از مقاومتی است که تحمل می شود در نتیجه ضخامت دیوار زیاد است می توانیم ضخامت دیوار را کمتر بگیریم مثلا به جای 200 ، 100 بگیریم.

- ملاحظه می شود که ضخامت $h = 200\,mm$ برای دیوار با حاشیه ایمنی کافی در مقابل کمانش خروج از مرکزیت احتمالی مناسب است می توان فولادهای طولی و عرضی را در یک لایه قرار داد. لایه فولادها بر اساس رعایت حداقل مقدار آیین نامه به شرح زیر است ؟

۴- گام چهارم ؟ طراحی فولادهای افقی و قائم

فولاد عمودی $\rho_v = 0.0012\,A_g = 0.0012 \times 1000 \times 200 = 240\,m^2$

فولاد افقی $\rho_h = 0.0020\,A_g = 0.0020 \times 1000 \times 200 = 400\,m^2$

Raha

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

- آیین نامه بتن ایران (آبا)

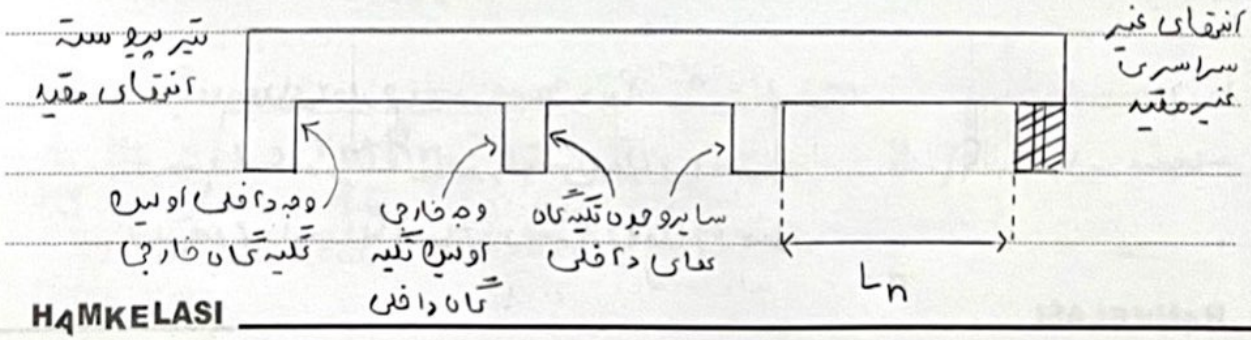
منظور از تحلیل سازه، تعیین تنش های موجود در مقاطع مختلف سازه و نیز تعیین تغییر مکان نقاط مختلف سازه تحت عوامل وارد بر آن و با در نظر گرفتن مشخصات هندسی و مکانیکی آن بر شمرده است. بر اساس آبا روش های زیر برای تحلیل سازه های بتن آرمه مجاز شمرده می شود:

۱- تحلیل خطی
۲- تحلیل خطی همراه با بازپخش
۳- تحلیل غیر خطی
۴- تحلیل پلاستیک

- روش ضرایب لنگر و برش در تحلیل تیرهای سراسری و دال های یکطرفه:

ACI ۳۱۸ و آیین نامه بتن ایران روش ضرایب لنگر و برش را برای تیرهای سراسری و دال های یکطرفه که دارای شرایط زیر باشند ارائه کرده است:

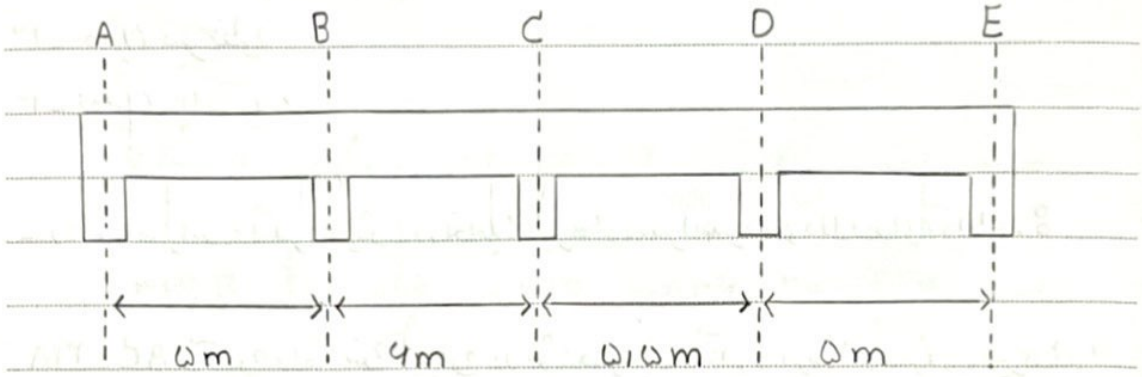
۱- تعداد دهانه ها ۲ یا بیشتر باشد.
۲- دهانه ها تقریبا مساوی باشند.
۳- بارها به صورت یکنواخت توزیع شده باشند.
۴- بار زنده ی بدون ضریب از ۳ برابر بار مرده ی بدون ضریب بیشتر نباشد.
۵- اعضا به صورت منشوری باشند.



Subject:
Year. Month. Date. ( )

مثال: تیر سراسری نشان داده شده در شکل زیر را به درتیپ ساختمان اداری واقع شده است را در نظر بگیرید و فرض کنید ارتفاع تیر $h = 500\,mm$ و عرض تیر $b = 400\,mm$ باشد. این تیر بر روی ستون هایی به ابعاد $400 \times 400\,mm$ قرار گرفته است. اگر شدت بار با ضریب گسترده روی تیر برابر $w_u = 12512\,N/m$ بوده و $f'_c = 30\,MPa$ و $f_y = 400\,MPa$ باشد؛

الف- با استفاده از روش ضرایب آیین نامه ای، لنگر خمشی حداکثر طراحی تیر را در دهانه BC تعیین کرده و تیر را در نقاط لنگر خمشی حداکثر مثبت و منفی فولادگذاری کنید.



دهانه AB: $L_n = 5 - 0.4$ (نصف ابعاد ستون) $= 4.6\,m$

دهانه BC: $L_n = 6 - 0.4 = 5.6\,m$

دهانه CD: $L_n = 5.5 - 0.4 = 5.1\,m$

مقدار L_n برای محاسبه لنگر منفی تکیه گاه B: $L_n = 0.5(4.6 + 5.6) = 5.1\,m$

مقدار L_n برای محاسبه لنگر منفی تکیه گاه C: $L_n = 0.5(5.6 + 5.1) = 5.3\,m$

- لنگر در تکیه گاه های خارجی و در وسط دهانه مثبت است.
- تیپ لنگر مثبت دارد باید آرماتور کششی طراحی شود.
- تیپ لنگر منفی دارد باید آرماتور فشاری طراحی شود.

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

- جوره دهانه BC تیر دهانه داخلی است

- با استفاده از جدول ۱۳-۲ لنگر مثبت وسط دهانه از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$M_u = \frac{w_u L_n^2}{16}$$

- با استفاده از جدول ۱۳-۲ لنگر منفی در تکیه‌گاه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$M_u = \frac{w_u L_n^2}{11}$$

- نحوه محاسبه ρ_{tc1} یا ρ_{max} در این مثال به صورت زیر است

$$\rho_{tc1} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{d_t}{d} = 0.319 \times 0.836 \times \frac{30}{400} \times \frac{435}{435} = 0.0200$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.007 f'_c = 1.05 - 0.007(30) = 0.836$$

- نحوه محاسبه d با فرض تیر کابه فولاد کششی

$$d = h - 65mm \Rightarrow d = 500 - 65 = 435mm$$

- نحوه محاسبه m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.69$$

- نحوه محاسبه ρ

$$\frac{1}{m}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right.$$

Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

- تفسیر تئوری‌های جنبشی و فرآیندهای مثبت و منفی در دهانه BC ازتیریپوست

در جدول صفحه‌ی بعد ارائه شده است.

HAMKELASI

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

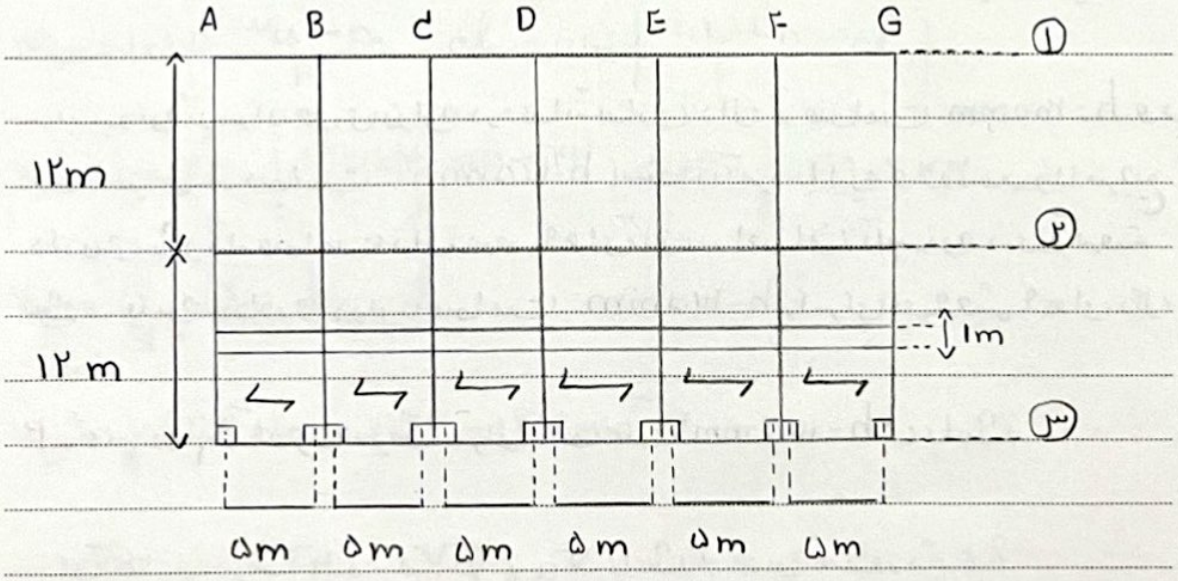
محور تکیه گاه ها	B	وسط دهانه	C
C_m (ضریب بازتوزیع لنگر)	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$
$M_u = \frac{w_u L_n^2}{C_m^{-1}}$ (KN.m)	$\frac{125 \times (5.1)^2}{11} = -295.6$	$\frac{125 \times (5.16)^2}{16} = 245$	$\frac{125 \times (5.35)^2}{11} = -325.3$
$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ (mpa)	$\frac{295.6 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times (435)^2} = 1.34$	$\frac{245 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times (435)^2} = 3.6$	$\frac{325.3 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times (435)^2} = 4.78$
$\rho = \frac{1}{m}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right\}$	$\frac{1}{15.68}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.68 \times 2.34}{400}}\right\}$ $= 0.00125$	$\frac{1}{15.68}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.68 \times 3.6}{400}}\right\}$ $= 0.00978$	$\frac{1}{15.68}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.68 \times 4.78}{400}}\right\}$ $= 0.00133$
$A_S = \rho . b . d$ (mm^2)	$0.00125 \times 400 \times 435 = 2088$		$0.00133 \times 400 \times 435 = 2314$
$A_{S_{min}} = \rho . b . d$ (mm^2)		$0.00978 \times 400 \times 435 = 1495$	
فوقانی منفی دریایی	$1\phi 14$ & $4\phi 25$		$2\phi 14$ & $4\phi 25$
فوقانی مثبت دریایین		$1\phi 14$ & $3\phi 25$	

Scanned with CamScanner

- آنالیز و طراحی دال های یکطرفه

در بتن آرمه دال به تیپ عضو سازه ای اطلاق می شود که ضخامت آن در مقایسه با ۲ بعد دیگر کوچک بوده و برای انتقال بار در بام، کف های ساختمانی و پی ها به کار می رود. اگر عملکرد سازه ای داخلی تیپ دال بتن آرمه به صورتی باشد که انتقال بار فقط در یک جهت انجام شده و بار به تکیه گاه منتقل می شود به آن دال یکطرفه گفته می شود.

مثال: دال نشان داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید این دال تحت بار زنده ی بدون ضریب $512N/m^2$ و بار مرده ی بدون ضریب برابر $212N/m^2$ قرار می گیرد به فرض آنکه وزن مخصوص بتن $2412N/m^3$ و $f'c = 35Mpa$ و $fy = 400Mpa$ باشد ضخامت لازم برای دال را بدست آورده و دال را به فونداسیون های لازم مسلح نمود. فرض کنید عرض تیرها برابر ۴۰۰ و طول آنها برابر ۵۰۰ mm باشد.



Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

حل: چون نسبت طول دهانه بزرگتر به طول دهانه کوچکتر ۲ ($\frac{۱۲}{۵}$) می‌باشد بنابراین دال یک‌طرفه در نظر گرفته و در جهت کوتاه عمل می‌کند و می‌توانیم محاسبات دال را برای عرض واحد آن (۱ متر) انجام دهیم.

برای تعیین ضخامت دال می‌توان به دو روش تقریبی از روش ضرایب آیین‌نامه‌ای استفاده کرد.

۱- گام اول: گام اول برای طراحی دال کنترل خیز می‌باشد.

ضخامت حداقل دال در حاشیه گذاری $h_{min} = \frac{L}{۲۴}(۰,۴ + \frac{f_y}{۷۰۰}) = \frac{۵\times۱۰^۳}{۲۴} \times ۰,۹۷۱ = ۲۰۲,۳ mm$

ضخامت حداقل دال در حاشیه میانی $h_{min} = \frac{L}{۲۸}(۰,۴ \times \frac{f_y}{۷۰۰}) = \frac{۵\times۱۰^۳}{۲۸} \times ۰,۹۷۱ = ۱۷۳,۴ mm$

- به عنوان تیپ راه حل می‌توان در دهانه کناری دال از ضخامت $h=۲۰۰mm$ و در دهانه میانی از ضخامت $h=۱۷۵mm$ استفاده کرد با این وجود معمولا ترجیح داده می‌شود که ضخامت دال در همه جای لف ساختمان یکسان در نظر گرفته شود. بدین منظور می‌توان ضخامت $h=۱۷۵mm$ را برای همه حاشیه‌های دال.

۲- گام دوم: کنترل برش برای ضخامت $h=۱۷۵ mm$ می‌باشد

برای کنترل برش باید $\phi V_c \geq V_u$ باشد به همین منظور داریم:

$$q_{uD} = ۲ + ۲۴ \times ۰,۱۷۵ = ۶,۲ kN/m^۲$$

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$q_{fu} = 1.2 q_{fD} + 1.6 q_{fL} = 1.2 \times 9.2 + 1.6 \times 5 = 15.424 kN/m^2$

$w_u = q_{fu} \times 1 = 15.424 kN/m^2$ برای عرض واحد دال

$15.424 kN/m^2 > 1.2 q_{fD} \Rightarrow$ OK

- به فرض آنکه از میلگرد دهانه $\phi 12$ به عنوان فولاد خمشی استفاده کنیم با احتساب 2000mm پوشش خالص بتن روی میلگرد دهانه داریم؟

$d = 175 - 20 - 6 = 149 mm$

- مقدار برش نهایی با ضریب به فاصله d از وجه اولین تکیه‌گاه داخلی (تیر) در جهت کناری دال بر اساس روش ضرایب آیین‌نامه‌ای برابر است با؟

$$V_u = 1.15 \frac{w_u L_n}{2} - d = w_u \left[\frac{1.15 L_n}{2} - d \right]$$

$$V_u = 15.42 \times \left[\frac{1.15 \times (4.6 - (0.15 - 0.14))}{2} - 0.149 \right] = 38.21 kN$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c}\, b_w d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1000 \times 149 = 149 \times 10^3 N$$

$\Rightarrow V_u \leq \phi V_c \rightarrow$ OK

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۳- گام سوم: کنترل خمش

- دال‌ها معمولا خمشی معمولا با ضخامت کم هستند که ممکن است بتن‌ریزی و ارتعاش بتن در آنها با مشکلاتی همراه باشد به همین دلیل بهتر است ترکیم فولادهای خمشی چندان زیاد نباشد به عنوان یک مقدار مناسب برای فولاد خمشی دال عدداً ۱ درصد و یا حدود ۵۰ درصد فولاد متناظر پیشنهاد می‌شود.

- در این مثال حداکثر لنگر خمشی با استفاده از ضرایب آیین‌نامه‌ای برابر است با:

$$M_{u\,max} = \frac{w_u L_n^2}{10} = \frac{15.144 \times (4.6)^2}{10} = 32.971 \, kN.m$$

$w_u = 15.144$

$L_n = 5 - 0.4 = 4.6$ -

$$\rho = \frac{1}{m}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right\}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 35} = 13.45$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{32.971 \times 10^6}{0.9 \times 1000 \times (149)^2} = 1.648 \, MPa$$

- برای دال عرض واحد (۱ متر) در نظر می‌گیریم. $\rightarrow$ $b = 1m$ یا $1000mm$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$\rho = \frac{1}{13.45}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.45 \times 1.94}{400}}\right\} = 0.0042$$

$$\rho_{tc1} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{d_t}{d} = 0.319 \times 0.814 \times \frac{35}{400} \times 1 = 0.0227$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.007 f'_c = 1.05 - 0.007 \times 35 = 0.8$$

$$\Rightarrow \rho < \rho_{tc1} \Rightarrow OK$$

$$A_s = \rho . b . d = 0.0042 \times 1000 \times 149 = 626\ mm^2$$

$$A_{s\,min} = \rho_{sh} \, bh = 0.0018 \times 1000 \times 170 = 306\ mm^2$$

$$\rho_{sh} = 0.0018 \longrightarrow$$ طبق آیین نامه

$$\Rightarrow A_s > A_{s\,min} \Rightarrow OK$$

$$\phi = 12 \longrightarrow A_s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (12)^2}{4} = 113\ mm^2$$

- تعداد میلگردها در عرض واحد

$$n = \frac{626}{113} = 5.54 \approx 6$$

- فاصله میلگردها

$$S = \frac{1000}{5.54} = 180.5\ mm$$

$$S_{max} = \min\{3h \text{ و } 500mm\} \longrightarrow S = 180.5\ mm\ OK$$

Scanned with CamScanner

محور تکیه گاه‌ها	A	وسط	B_{Left}	B_{right}	وسط	C
C_m (ضریب بازپخش لنگر)	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$
$M_u=\frac{w_u L_n^2}{c_m^{-1}}$ (KN.m)	$\frac{15,44\times(4,6)^2}{24}=-13,61$	$\frac{15,44\times(4,6)^2}{14}=23,34$	$\frac{15,44\times(4,6)^2}{10}=-33,67$	$\frac{15,44(4,6)^2}{11}=-29,75$	$\frac{15,44(4,6)^2}{16}=20,42$	$\frac{15,44\times(4,6)^2}{11}=-29,75$
$R_n=\frac{Mu}{\phi bd^2}$ (mpa)	$\frac{13,61\times10^6}{0,9\times1000\times(149)^2}=0,68$	$\frac{23,34\times10^6}{0,9\times1000\times(149)^2}=1,17$	$\frac{33,67\times10^6}{0,9\times1000\times(149)^2}=1,68$	$\frac{29,75\times10^6}{0,9\times1000\times(149)^2}=1,49$	$\frac{20,42\times10^6}{0,9\times1000\times(149)^2}=1,02$	$\frac{29,75\times10^6}{0,9\times1000\times(149)^2}=1,49$
$\rho=\frac{1}{m}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2mR_n}{f_y}}\right\}$ (درصد آرماتور)	$\frac{1}{13,25}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2\times13,25\times0,68}{400}}\right\}$ $=0,0017$	$\frac{1}{13,25}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2\times13,25\times1,17}{400}}\right\}$ $=0,0035$	$\frac{1}{13,25}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2\times13,25\times1,68}{400}}\right\}$ $=0,0042$	$\frac{1}{13,25}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2\times13,25\times1,49}{400}}\right\}$ $=0,0038$	$\frac{1}{13,25}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2\times13,25\times1,02}{400}}\right\}$ $=0,0026$	$\frac{1}{13,25}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2\times13,25\times1,49}{400}}\right\}$ $=0,0038$
$A_S=\rho.b.d$ (mm^2)	$0,0017\times1000\times149=253$	$0,0035\times1000\times149=447$	$0,0042\times1000\times149=626$	$0,0038\times1000\times149=566$	$0,0026\times1000\times149=387$	$0,0038\times1000\times149=566$
$A_{S\,min}=\rho_{sh}.b.h$ (mm^2)	$0,0018\times1000\times175=315$	315	315	315	315	315
$n=\frac{A_S}{\text{مساحت میلگرد}}$ انتخاب میگردد $S=\frac{\text{عرض واحد}}{n}$ (mm) for $\phi12$	$n=\frac{253}{\pi\frac{(12)^2}{4}}=\frac{253}{113}=2,23$ $n=3$ $S=\frac{1000}{3}=333mm$	$n=\frac{447}{113}=3,95=4$ $n=4$ $S=\frac{1000}{4}=250mm$	$n=\frac{626}{113}=5,54$ $n=6$ $S=\frac{1000}{6}=166mm$	$n=\frac{566}{113}=5$ $S=\frac{1000}{5}=200mm$	$n=\frac{387}{113}=3,42$ $n=4$ $S=\frac{1000}{4}=250mm$	$n=\frac{566}{113}=5$ $S=\frac{1000}{5}=200mm$
فوقانی دهانه‌ها و دهانه	$\phi12@333mm$		$\phi12@166mm$	$\phi12@200mm$		$\phi12@200mm$
فوقانی وسط دهانه‌ها		$\phi12@250mm$			$\phi12@250mm$	

Subject:
Year. Month. Date. ( )

مثال 8: دال یک طرف گذار داده شده در شکل قبل و با مشخصات بارگذاری یکسان را در نظر بگیرید ضخامت لازم برای دال طبق آیین نامه آبا تعیین کنید.

آ- کنترل خیز:

$h_{min} = \frac{L}{24}(0.4 + \frac{f_y}{700}) = \frac{5\times10^3}{24} \times 1 = 208mm$ در حاشیه گذاری دال

$h_{min} = \frac{L}{28}(0.4 + \frac{f_y}{700}) = \frac{5\times10^3}{28} \times 1 = 179mm$ در حاشیه میانی دال

- در اینجای تراز برای حاشیه گذاری دال ضخامت 210mm و برای حاشیه میانی دال ضخامت 180mm را انتخاب کرد. همچنین می تواند برای تمای حاشیه های دال ضخامت 180mm را انتخاب کرد.

۲- کنترل برش:

برای کنترل برش باید $V_u < \phi V_c$ باشد به همین جهت داریم:

$q_{Du} = 24 \times 0.18 + 2 = 6.32 kN/m^2$

$q_u = 1.25 q_{Du} + 1.5 q_L = 15.42 kN/m^2$

$d = 180 - 25 - (\frac{12}{2}) = 149mm$

$L_n = 5 - 0.4 = 4.6mm$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$V_u = 1.15\,w_u\left(\frac{L_n}{2} - cl\right) = 1.15 \times 15.14 \times \left(\frac{4.6}{2} - 0.149\right) = 38.11\,kN$$

$$V_c = 0.2\,\phi_c \sqrt{f_c}\, b_w cl = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 149$$
$$= 109.18 \times 10^3\,N$$

$$\Rightarrow V_u < V_c \Rightarrow OK$$

۳- کنترل خمش:

$$M_{max} = \frac{w_u L_n^2}{10} = \frac{15.14 \times (4.6)^2}{10} = 32.61\,kN.m$$

$$\rho = \frac{1}{m\phi}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2m\phi R_v}{\phi_s f_y}}\right\}$$

$$m\phi = \frac{\phi_s f_y}{0.85\,\phi_c f'_c} = \frac{0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30} = 19.05$$

$\phi_c = 0.6$: ضریب کاهش مقاومت بتن طبق آبا برابر با

$\phi_s = 0.85$: ضریب کاهش مقاومت فولاد طبق آبا برابر با

$$R_v = \frac{Mu}{bcl^2} = \frac{32.6 \times 10^6}{1000 \times (149)^2} = 1.47\,Mpa$$

$$\rho_b = \rho_{max} = 0.85\,\beta_1 \frac{\phi_c}{\phi_s} \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 0.0285$$

$$\rho < 0.75\,\rho_{max}$$

HAMKELASI

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Subject:
Date

ـ دال های دو طرفه، روش منرایب و روش طراحی مستقیم

دال ها ممکن است به صورت دال تک طرفه و یا دال دو طرفه وجود داشته باشند.
دال تک طرفه از نظر سازه ای مشابه تیر عریض است که با عملکرد در یک جهت و با تحمل لنگرهای خمشی، بار را به تکیه گاه های دو طرف خود منتقل می کند.

در مقابل در یک دال دو طرفه، با عملکرد دال در دو جهت متعامد و با تشکیل لنگرهای خمشی قابل مقایسه در دو جهت، بارهای متعامد بر دال به تکیه گاه ها منتقل می شوند.

بدین ترتیب در یک دال تک طرفه، میلگردهای خمشی اصلی فقط در یک جهت قرار گرفته و در جهت عمود بر آن، از یک حداقل میلگرد افت و حرارت استفاده می شود؛ در حالی که در یک دال دو طرفه، میلگردهای خمشی اصلی در هر دو جهت متعامد قرار می گیرند.

عملکرد یک طرفه یا دو طرفه ی دال بتن آرمه، به وضعیت تکیه گاه ها و نسبت ابعاد دال در دو طرف بستگی دارد. اگر تکیه گاه ها فقط در یک راستا قرار گرفته باشند، و یا سختی تکیه گاه ها در یک راستا نسبت به سختی تکیه گاه ها در راستای متعامد به طور قابل ملاحظه بیشتر باشد، دال عملکرد یک طرفه خواهد داشت.

در یک دال بتن آرمه که هر دو راستای متعامد، تکیه گاه هایی با سختی قابل مقایسه داشته باشند، اگر نسبت دهانه ها حداکثر ۲ باشد، عملکرد دال به صورت دو طرفه؛ و اگر نسبت دهانه ها بیش از ۲ باشد، عملکرد دال تا حد زیادی به صورت یک طرفه خواهد بود.

PaPCO
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject:
Date

- انواع دال دو طرفه

دال های دو طرفه نسبت به طول دهانه و شدت بارهای واردی، در انواع مختلف طراحی و ساخته می شوند که هر مورد از مزایای ویژه ای برخوردارند.

الف - صفحه ی تخت

صفحه ی تخت، یک دال ساده ی با ضخامت ثابت است که مستقیما روی ستون ها قرار گرفته است. این دال برای پوشش کف در ساختمان های با بارهای سبک، نظیر آپارتمان های مسکونی، و با دهانه های 4.5 تا 6 متر مناسب و اقتصادی است. در این ساختمان ها روی دال به سادگی کف سازی شده و زیر دال، با پوشش مناسب برای سقف فضای مورد استفاده، آماده می گردد.

ب - صفحه ی تخت با تیر محیطی

در صفحه ی تخت تاب کنترل خیز در دهانه های کناری ضخامت بیشتری را طلب می کند؛ از این رو در دهانه های کناری از تیرهای لبه ای (تیرهای محیطی) استفاده می شود.

ج - دال تخت با پهنه و یا سر ستون

د - دال مشبک یا دال با تیرچه دو طرفه

ه - دال دو طرفه با تیر

PAPCO
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

Subject :
Date

- روش ضرایب لنگرخمشی برای آنالیز و طراحی دال‌های دو طرفه براساس آیین‌نامه بتن ایران

آیین‌نامه بتن ایران (آبا) چهار روش را برای تحلیل و طراحی دال‌های دو طرفه توصیه می‌کند که عبارتند از:

الف- روش قاب معادل

ب- روش مستقیم

ج- روش ضرایب لنگرخمشی

د- روش پلاستیک

آبا روش ضرایب لنگرخمشی را برای تحلیل و طراحی دال‌های دو طرفه به صورت مجزا و یا پیاده مستقیل با رعایت محدودیت‌های زیر توصیه می‌کند:

۱- دال در چهار طرف روی تیرها یا دیوارهای تکیه داشته باشد.

۲- ابعاد تیرهای زیرسری چنان باشند که رابطه $b_w h_b^3 / (L_n h_s^3) \geq 2$ برقرار باشد که b_w، h_b، L_n به ترتیب عرض جان، ارتفاع و طول دهانه‌ی آزاد تیر بوده و h_s ضخامت دال است.

۳- نسبت طول آزاد به عرض آزاد دال، کوچکتر یا مساوی ۲ باشد.

۴- بارهای وارد به دال فقط بارهای قائم بوده و به طور یکنواخت توزیع شده باشند.

- برای مطالعه بیشتر در خصوص مبحث دال دوطرفه به تمرین‌های حل شده در آخر فصل فایل مراجعه فرمایید.

PAPCO
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

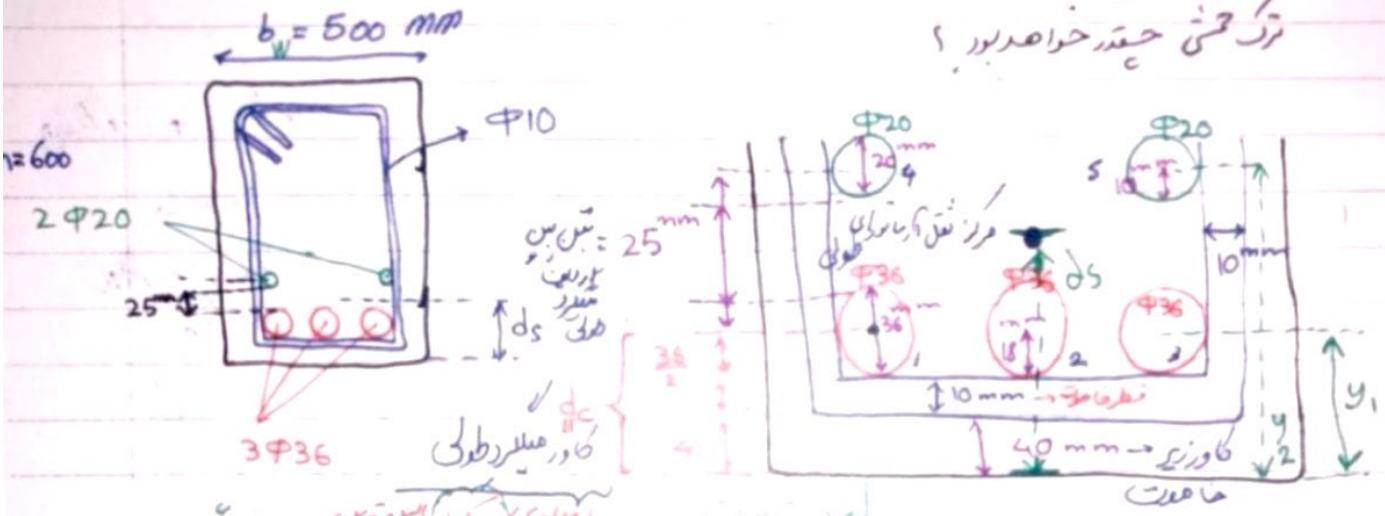
مثال ۱۲ - ۱. در یک تیر بتن آرمه با عرض $b=500^{mm}$ ، $h=600^{mm}$ ، از نظر خمشی

Date No.

مثال داده شده در شکل زیر و با مشخصات تسلیم $f_y=400^{MPa}$ استفاده شده است.

الف) عرض ترک خمشی در شرایط بهره برداری را محاسبه کنید.

ب) اگر در همین تیر از میلگرد جایگزین معادل به صورت $12\Phi20$ (در دو لایه) استفاده شود عرض ترک خمشی چقدر خواهد بود؟



$$d_c = (40^{mm}) + (10\ mm) + \left(\frac{36\ mm}{2}\right) = 68\ mm$$

کاور زیر حامل — فاصله حامل — شعاع میلگرد طولی

الف - پیدا کردن عرض ترک خمشی در شرایط بهره برداری

مرحله‌ی اول: یافتن d_c = 68 mm (محاسبات در بالا)

مرحله‌ی دوم: یافتن d_s

d_s = فاصله‌ی مرکز ثقل آرماتورهای طولی تا دورترین تار کششی (نصف قطر میلگرد طولی)

$$d_s = \frac{A_{b1}y_1 + A_{b2}y_1 + A_{b3}y_1 + A_{b4}y_2 + A_{b5}y_2}{A_{b1}+A_{b2}+A_{b3}+A_{b4}+A_{b5}}$$

$$d_s = \frac{3054(68) + 628\left(68 + \frac{36}{2} + 25 + \frac{20}{2}\right)}{3054 + 628} = 77\ mm$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

مرحله ③ : یافتن A_e

A_e : سطح بتنی مؤثر کل

$$A_e = \underbrace{2}_{77}\underbrace{d_s}\underbrace{(b_w)}_{500} = 2(77)(500) = 77000\ mm^2$$

b_w: عرض تیر

مرحله ④ : یافتن N و A : الف ب

الف/ N: تعداد معادل میلگرد = $\frac{\text{سطح هری میلگردها}}{\text{سطح زیر تنش میلگرد}} = \frac{A_{b1}+A_{b2}+\cdots+A_{bn}}{A_{b\,max}}$

از منظر شماره یا قطر یا سطح

A_{b1} or A_{b2} or A_{b3}

$$= \frac{3054+628}{1018} = 3.62$$

گرد کنیم به 3.62 تا از میلگرد با شماره بزرگ (Ø36) صحیح

ب/ $A = \frac{A_e}{N} = \frac{77000}{3.62} = 21270\ mm^2$

مساحت بتنی تنش مؤثر از میلگرد

مرحله ⑤ : یافتن f_s

f_s: تنش فولاد کششی = $0.6 f_y = 240\ MPa$

تنش تسلیم فولاد کششی

400 MPa

مرحله ⑥ : یافتن عرض ترک : w

$$w = 13\times10^{-6} \times \underbrace{f_s}_{240} \sqrt[3]{\underbrace{d_c}_{68}\underbrace{A}_{21270}} = 0.35\ mm$$

Date No.

ب :

* $d_c = 40 + 10 + 20/2 = 60\ mm$

40: کاور بتن زیر خاموت — 10: قطر خاموت — 20/2: ارتفاع مقطع

* $d_s = 60 + 20/2 + 25/2 = 82.5\ mm$

60: d_c — 20/2: ارتفاع مقطع — 25/2: قطر آرماتور کششی ۲ ردیف شکرد کیان

* $A_c = 2 \times 82.5 \times 500 = 82500\ mm^2$

2: تعداد — 82.5: d_s فاصله تا ارتفاع — 500: b_w — سطح بتن کششی مقطع

* $A = \frac{A_c}{N} = \frac{82500}{12} = 6875\ mm^2$

سطح بتن کششی مقطع تقسیم بر تعداد میلگرد

* $W = 13 \times b^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c A}$ = **0.23 mm**

f_s: 240 MPa — d_c: 60 mm — A: 6875 mm^2

می‌خواهیم تنش را کنترل کنیم تعداد میلگرد بیشتر، با قطر کمتر نسبت به تعداد میلگرد کمتر با قطر بیشتر، عرض ترک کمتر می‌شود و حالت مطلوبی ایجاد می‌کند.

Scanned with CamScanner

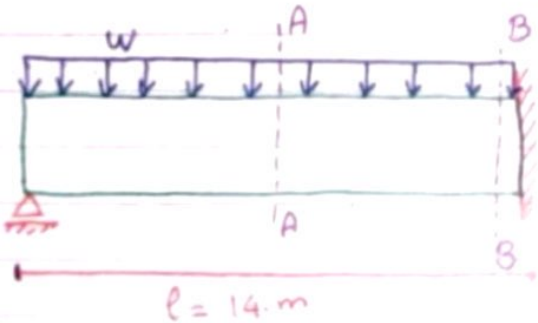
Scanned with CamScanner

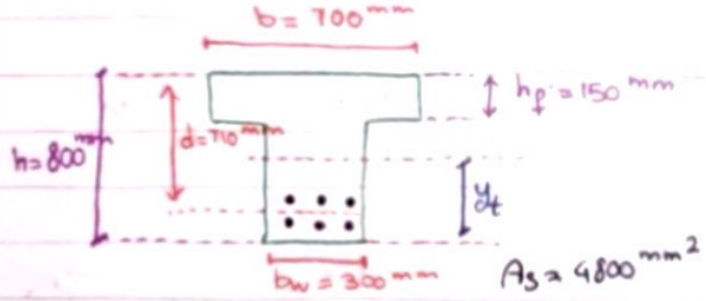
Scanned with CamScanner

مثال ۱۲-۳.

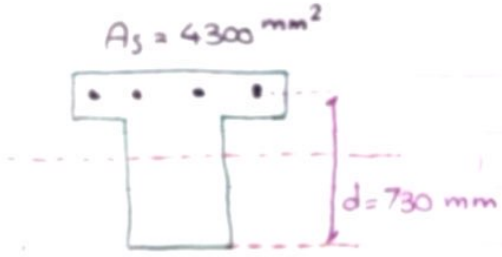
تیر بتن آرمه با مقطع نشان داده شده در شکل زیر را در نظر گیرید و فرض کنید فولادگذاری این تیر در ناحیه‌ی لنگر مثبت معادل $A_s = 4300\ mm^2$، و در ناحیه‌ی لنگر منفی برابر $A_s = 4800\ mm^2$ باشد. اگر مجموع بارهای مرده و زنده بدون ضریب برابر با $w_{D+L} = 50\ KN/m$ باشد، تغییر مکان آنی کل تیر (بدون پیش بینی خزش) به علت وجود بارهای زنده (یا بارهای دائمی) به کدام یک از آستانه‌های گفته شده در بند ۹-۵-۲-۳ آیین‌نامه می‌رسد؟ خیز کوتاه مدت این تیر را تحت بارهای بدون ضریب محاسبه کنید.

فرض کنید $f'_c = 35\ MPa$ و $f_y = 420\ MPa$ باشد.





Section A-A



Section B-B

استفاده از جدول ۸ کتاب متقن ترکه

Section A-A

راه‌حل:

روش ① یافتن y_t = فاصله‌ی دورترین تار تحت کشش تا محور خنثی:

$$y_t = h - \frac{(b-b_w)h_f^2 + b_w h^2}{2[(b-b_w)h_f + b_w h]} = 800 - \frac{(700-300)(150)^2 + (300)(800)^2}{2[(700-300)(150) + 300(800)]}$$

$$y_t = 465\ mm$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

مرحله ۲ : یافتن گشتاور لختی مقطع یا سطح ناخالص (لختی به هنگ تکه کرده)

$$I_g = \text{گشتاور لختی مقطع یا سطح ناخالص} = (b-b_w)\frac{(h_f^3)}{12} + \frac{b_w h^3}{12} + b_w h\left(y_t - \frac{h}{2}\right)^2 + (b-b_w)h_f\left(h - \frac{h_f}{2} - y_t\right)^2$$

$$I_g = (700-300)\frac{(150)^3}{12} + \frac{(300)(800)^3}{12} + (300)(800)\left(465.8 - \frac{800}{2}\right)^2 + (700-300)(150)\left(800 - \frac{150}{2} - 465.8\right)^2 = 1.798\times10^{10}\ mm^4$$

مرحله ۳ : یافتن گشتاور لختی مقطع ترک خورده به روش آزمون سعی و خطا :

$$I_{cr} = (b-b_w)\frac{h_f^3}{12} + b_w\frac{(kd)^3}{3} + nA_s(d-kd)^2 + (b-b_w)h_f\left(kd - \frac{h_f}{2}\right)^2$$

* تعریف پارامتر kd :

$$kd = \frac{\left[\sqrt{c(2d+h_f f) + (1+f)^2} - (1+f)\right]}{c}$$

تعریف پارامتر c :

$$c = \frac{b_w}{nA_s}$$

تعریف پارامتر f :

$$f = \frac{h_f(b-b_w)}{nA_s}$$

n = راستای نیم

$$n = \frac{\text{مدول الاستیسیته فولاد}}{\text{مدول الاستیسیته بتن}} = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700\sqrt{35}} = 7.2$$

$$c = \frac{300}{7.2(4800)} = 0.00868\ \frac{1}{mm}$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

$$f = \frac{h_f - (b - b_w)}{n A_s} = \frac{150(700-300)}{7.2 \times 4800} = 1.736$$

$$Kd = \frac{\left[\sqrt{(0.00868)(2 \times 710 + 150 \times 1.736) + (1+1.736)^2} - (1+1.736)\right]}{0.00868} = 226.0\,mm$$

ممان اینرسی ترک خورده I_{cr} =

$$= \frac{(b-b_w)h_f^3}{12} + b_w\frac{(kd)^3}{3} + nA_s(d-kd)^2 + (b-b_w)h_f\left(kd - \frac{h_f}{2}\right)^2$$

$$= \frac{(700-300)(150)^3}{12} + \frac{300(226)^3}{3} + (7.2 \times 4800)(710-226)^2 + (700-300)(150)^3\left(226 - \frac{150}{2}\right)^2$$

$$= 1.073 \times 10^{10}\ mm^4$$

مرحله ی ④ : یافتن ممان اینرسی در جهت کنترلی در حالت ترک خورده

$$B = \frac{b}{nA_s} = \frac{300}{7.2 \times 4300} = 0.00969$$

$$Kd = \left(\sqrt{2dB+1} - 1\right)/B = \left(\sqrt{2 \times 730 \times 0.00969 + 1} - 1\right)/0.00969$$

$$= 298.4\ mm$$

$$I_{cr} = b(kd)^3/3 + nA_s(d-kd)^2$$

$$I_{cr} = (300)(298.4)^3/3 + 7.2 \times 4300 \times (730 - 298.4)^2 = 0.842 \times 10^{10}\ mm^4$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

مرحله (۵) یافتن ممان اینرسی مؤثر در ناحیه‌ی تیر منفی

$$M_a = M^-_{max} = \frac{wl^2}{8} = 50 \times 14^2/8 = 1225 \ KN.m$$ MPa

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad , \quad f_r = 0.62\lambda\sqrt{f'_c} = 0.62 \times 1.0 \times \sqrt{35} = 3.67$$

چون در ناحیه‌ی تیر منفی، بالای مقطع به کشش کار می‌کند، خواهیم داشت:

$$y_t = 800 - 465 = 335 \ mm$$

$$M_{cr} = (3.67) \times (1.798 \times 10^{10}) / 335 = 197.0 \times 10^6 \ N.mm$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right) = \frac{197.0}{1225} = 0.1608 \quad , \quad \left(\frac{I_{cr}}{I_g}\right) = \frac{0.842 \times 10^{10}}{1.798 \times 10^{10}} = 0.4683$$

$$M_a > \tfrac{2}{3} M_{cr} \longrightarrow I_{e1} = \frac{I_{cr}}{1 - \left(\frac{\frac{2}{3} M_{cr}}{M_a}\right)^2 \left(1 - \frac{I_{cr}}{I_g}\right)}$$

$$I_{e1} = \frac{0.842 \times 10^{10}}{1 - \left(\frac{2}{3} \times 0.1608\right)^2 \times (1 - 0.4683)} = 0.8842 \times 10^{10} \ mm^4$$

هم‌چنین برای تعیین ممان اینرسی مؤثر در ناحیه‌ی تیر مثبت، ابتدا تیر وسط دهانه را از رابطه‌ی (۱۲-۹) بدست می‌آوریم:

$$M_m = M_0 - \frac{1}{2}(M_1 + M_2) \qquad M_0 = \frac{wl^2}{8} = 1225 \ KN.m$$

$$M_a = M_m = 1225 - \frac{1}{2}(0 + 1225) = 612.5 \ KN.m$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = (3.67)(1.798 \times 10^{10})/465 = 141.91 \times 10^6 \ N.mm$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right) = \frac{141.91}{612.5} = 0.2317 \qquad \left(\frac{I_{cr}}{I_g}\right) = \frac{1.073 \times 10^{10}}{1.798 \times 10^{10}} = 0.5968$$

$$I_{em} = \frac{1.073 \times 10^{10}}{1 - \left(\left(\frac{2}{3}\right) \times 0.2317\right)^2 \times (1 - 0.5968)} = 1.083 \times 10^{10} \ mm^4$$

Scanned with CamScanner

برای تعیین ممان اینرسی متوسط در طول تیر، می‌توان براساس آیین‌نامه از ممان اینرسی مؤثر وسط دهانه استفاده کرد.

$$I_{e,ave} = 0.85 I_{em} + 0.15 I_{e,con.end}$$

$$= 0.85 \times (1.083 \times 10^{10}) + 0.15 (0.847 \times 10^{10}) = 1.05 \times 10^{10} \ mm^4$$

حیز الاستیک تیر تحت بارگی مرده و زنده داریم:

$$\Delta = k \frac{w l_n^4}{EI} = \frac{1}{185} \frac{w l_n^4}{E_c I_{e,ave}}$$

$$\Delta = \frac{1}{185} \cdot \frac{50 \times (14 \times 10^3)^4}{4700\sqrt{35} \times 1.05 \times 10^{10}} = 35.56 \ mm$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

نام: محمدحسین آری فر

درس: سازه‌های بتن آرمه ۲ / استاد: دکتر سجاد میرزا محمدی / شماره دانشجویی: ۹۸۴۴۳۰۰۰۱۰۰

تمرین: ظرفیت باربری محوری خالص یک ستون مربعی به ضلع 400^{mm} را که در آن از $8\Phi25$ به‌عنوان فولاد طولی استفاده شده است، محاسبه کنید.

فرض کنید $f_c' = 25^{MPa}$ و $f_y = 300^{MPa}$ باشد.

مرحله‌ی اول: یافتن سطح مقطع فولاد

۸ آرماتور شماره‌ی 25 داریم پس

$$A_{st} = 8 \times \pi \times \frac{25^2}{4} = 3927^{mm^2}$$

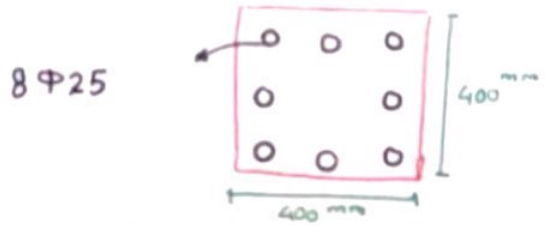
(تعداد آرماتور، قطر آرماتور)

مرحله‌ی دوم: یافتن P_0

با استفاده از فرمول

$$P_0 = 0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

(سطح مقطع بتن، مقاومت فشاری بتن، سطح خالص بتن بدون احتساب فولاد، مقاومت فشاری فولاد)



مقاومت این مقطع در برابر فشار از دو بخش تشکیل شده است:

۱. مقاومت قسمت بتنی: قسمت بتنی که مساحت آن مساحت مربع است منهای مساحت ۸ عدد میلگرد $(A_g - A_{st})$ در تنش بتن $(0.85 f_c')$ ضرب می‌شود و مقاومت فشاری قسمت بتنی را می‌سازد: $0.85 f_c' (A_g - A_{st})$

۲. مقاومت قسمت فولادی مقطع: قسمت فولادی مقطع نیروی فشاری برابر $A_{st} f_y$ را

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

$$P_o = 0.85 \times 25 \times (400 \times 400 - 3927) + 3927 \times 300 = 4494$$

(f'_c — مساحت ویع — A_{st} — A_{st} — f_y)

مرحله‌ی سوم : یافتن $P_{n,max}$

نقطه متقطع

P_o که یافتیم مقاومت فشاری متقطع بود در حالتی که نیروی محوری دقیقاً در وسط ستون (مرکز پلاستیک) وارد شود، اما در واقعیت اجرایی هیچ‌وقت به مرکز پلاستیک

طوری قطعی نمی‌توانیم بگوییم در سانه‌ای نیروی محوری دقیقاً روی مرکز پلاستیک است. پس برای اطمینان از طراحی ضریب کاهشی 0.8 را در P_o ضرب می‌کنیم و $P_{n,max}$ را می‌یابیم.

$$P_{n,max} = 0.8\ P_o = 0.8\ (4494^{kN}) = 3596^{kN}$$

مرحله‌ی چهارم : یافتن P_u

با استفاده از $P_{n,max}$ و اعمال ضریب $\Phi = 0.65$ در $P_{n,max}$، از رابطه‌ی زیر P_u را می‌یابیم

$$P_u = \Phi\ P_{n,max} = 0.65\ P_{n,max} = 0.65 \times 3596^{kN} = 2337^{kN}$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

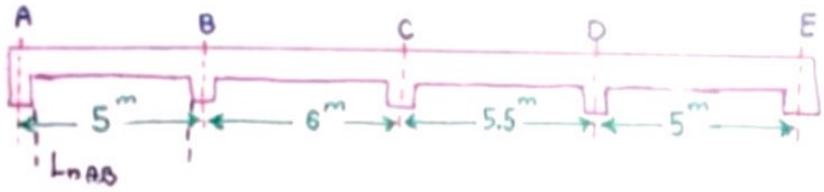
نام : محمدحسین آمری فرد

درس: سازه‌های بتنی آرمه ۲ / استاد : دکتر تیجار میرزا محمدی / شماره دانشجویی : ۹۸٤٤۳۰۰۰۱۰۰

تمرین ٤ : تیر سراسری نشان داده شده را که در یک ساختمان اداری واقع شده است ، در نظر بگیرید. و فرض کنید ارتفاع تیر $h = 500^{mm}$ و عرض تیر $b = 400^{mm}$ باشد. این تیر بر روی ستون هایی به ابعاد 400×400^{mm} قرار گرفته است . اگر شدت بار با ضریب گنجره روی تیر برابر با $W_u = 125 \frac{KN}{m}$ بوده و $f'_c = 30^{MPa}$ ، $f_y = 400^{MPa}$ باشد ؛

الف) با استفاده از روش ضرایب آیین نامه‌ای ، لنگر خمشی حداکثر هر دهانه‌ی تیر را در دهانه‌ی BC تعیین کرده و تیر را در نقاط لنگر خمشی حداکثر مثبت و منفی ، فولادگذاری کنید.

ب) محل مقطع تئوریک 50% و ... میلگردهای بالا و پایین تیر را به دست آورید.



حل:

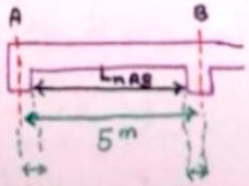
گام اول : بررسی شرایط استفاده از روش ضریب آیین نامه در این تیر پیوسته .

۱. شرط اول : تعداد دهانه‌ها ۲ یا بیشتر باشد. در این تیر با ٤ دهانه‌ی AB ، BC ، CD ، DE مواجهیم . فاصله‌ی بین هر دو تکیه‌گاه ، یک دهانه می‌گوییم .

۲. دهانه‌ها تقریباً مساوی باشند . طول دهانه بزرگتر $\leq 1.2 \times$ (طول دهانه کوچک)

$1.2(5^m) \geq 6^m$ ✓

در این تیر سراسری با چهار دهانه مواجهیم . ابتدا باید L_n را در هر دهانه حساب کنیم. L_n فاصله‌ی بر تا بر دو ستون است . مثلاً در AB داریم ؛



$$\Rightarrow L_{n\,AB} = 5^m - 2(0.2)^m = 4.6^m$$

$0.2^m = 200^{mm} \leftarrow \frac{400^{mm}}{2}$ = نصف عرض ستون

نصف عرض ستون 200^{mm}

فرض تا مرکز ستون

عرض ستون

تمرین ٤ ص ۲

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

$L_{nOC} = 6^m - 0.4^m = 5.6^m$ $L_{nCD} = 5.5^m - 0.4^m = 5.5^m$ $L_{nDE} = 5^m - 0.4^m = 4.6^m$

کوتاه‌ترین دهانه $= 4.6^m$ بزرگ‌ترین دهانه $= 5.6^m$

این تذکر لازم است که برای چک کردن شرط دوم می‌توان از همان طول دهانه‌ها صورت سوال به معنی مرکز تا مرکز ستون‌ها استفاده کرد. یعنی طول دهانه‌ها همان 5^m و 5.5^m و 6^m در نظر گیریم.

۳. بارها به طور یکنواخت توزیع شده باشند: در صورت سوال قید شده بار گسترده‌ی طراحی است یعنی یکنواخت توزیع شده است.

۴. بار زنده‌ی بدون ضریب L، از سه برابر بار مرده‌ی بدون ضریب D بزرگتر نباشد. $(L \leq 3D)$

طبق آیین نامه بارگذاری بار زنده‌ی اداری حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ kg/m^2 است. و بار مرده حدود $500\ kg/m^2$ در نظر گرفتیم.

پس بار زنده (حدود $400\ kg/m^2$) از سه برابر بار مرده ($3 \times 500 = 1500\ kg/m^2$) کمتر است. در واقع این شرط را هم داریم.

۵. دهانه‌ها در صورت مسئله بار گذاری طبق صورت سوال در نظر گرفته شده 400^m و 500^m در کل طول خود است پس بار گسترده‌ی یکنواخت داریم و منقطع نیست.

با بررسی‌های فوق یافتیم که این تیر مراحل پیوسته شرط استفاده از جدول ضرایب‌های آیین نامه‌ای جهت تعیین لنگرهای خمشی و نیروهای برشی جانبی بر تکیه‌گاه را دارد.

گام دوم: تعیین L_n و یافتن ضرایب M و M_M از جدول ضرایب‌های آیین نامه‌ای

ابتدا طول دهانه‌ی BC را می‌یابیم: در بالا دلیل ذکر شد. $L_{nBC} = 6^m - 0.4^m = 5.6^m$

می‌دانیم در میانه‌ی دهانه لنگر مثبت داریم و در تکیه‌گاه‌ها لنگر منفی (چرا؟ به دلیل محاسبات تحلیل سازه‌ای و به‌طور نمونه دیاگرام‌های لنگر در صفحه 233 کتاب داود مستوفی نژاد) می‌باشد.

برای محاسبه‌ی لنگر منفی در تکیه‌گاه B، باید l_n موجود در فرمول را از محاسبه‌ی متوسط دو دهانه‌ی مجاور تکیه‌گاه B یعنی $AB = 4.6^m$ و $BC = 5.6^m$ به دست آورد.

$$l_{nB} = \frac{5.6^m + 4.6^m}{2} = 5.1^m$$

به همین ترتیب برای محاسبه‌ی لنگر منفی در تکیه‌گاه C، باید برای l_n تکیه‌گاه C میانگین دو دهانه‌ی مجاور یعنی $CB = 5.6^m$، $CD = 5.1^m$ به دست آوریم.

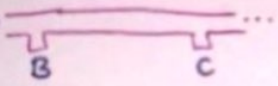
$$l_{nC} = \frac{5.1^m + 5.6^m}{2} = 5.35^m$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

جدول ۲-۱۳ . برای تکیه‌گاه و تیر حالات مختلفی هست . عضو BC یک دهانه داخلی به حساب



می‌آید . یعنی دوطرف ، هم از سمت B و هم از سمت C تیر پیوسته ادامه دارد :

پس باید از ردیف اول جدول شماره‌ی ۲ استفاده کنیم .

ردیف اول : شماره‌ی ۲ : لنگر مثبت در دهانه‌ای داخلی

طول دهانه BC ، 5.6^{m} است پس

$$M_u = \frac{w_u L_n^2}{16} \qquad C_m = \frac{1}{16}$$

$$M_u = \frac{125^{kN/m} \times (5.6^{m})^2}{16}$$

$$\rightarrow M_u = 245^{kN.m}$$

حال به سراغ لنگر منفی در تکیه‌گاه B و C می‌رویم :

تکیه‌گاه B و C هر دو به میانی تیر پیوسته هستند یعنی دوطرف هر دو تیر ادامه دارد یعنی تکیه‌گاه داخلی به حساب

می‌آید پس از ردیف ۲ جدول از بند ٤ استفاده می‌کنیم :

ردیف ۲ ، بند ٤ : لنگر منفی در سایر وجوه تکیه‌گاه‌های داخلی :

$$C_m = \frac{1}{11} \qquad M_u = \frac{w_u L_n^2}{11}$$

$$M_{uB} = \frac{125^{kN/m} \times (5.1^{m})^2}{11} = -295.6^{kN.m}$$

$$M_{uC} = \frac{125^{kN/m} \times (5.35^{m})^2}{11} = -325.3^{kN.m}$$

علامت منفی برای این است که می‌دانیم در تیر پیوسته در تکیه‌گاه‌ها لنگر منفی داریم .

معمولاً چون در طراحی این تیرهای پیوسته اعداد و محاسبات زیاد است جدول رسم می‌کنیم و اطلاعاتی که در صورت مسئله می‌آوریم را در جدول به تدریج اضافه می‌کنیم تا جدول کامل شود .

جدول را در صفحه‌ی بعد رسم کرده‌ایم . و اطلاعات را تا اینجا وارد جدول می‌کنیم .

C_m : اگر دقت کنیم در همه‌ی قسمت‌های لنگر موجود در جدول ۲-۱۳ "$w_u l_n^2$" در صدر کسر وجود دارد و فقط در همه‌ی حالت‌ها مخرج متفاوت است . در واقع می‌توان گفت گویا همه‌ی کسرها یک ضریب $\frac{1}{\text{یک عدد}}$ در $w_u L_n^2$ ضرب شده است . به این ضریب $\frac{1}{\text{یک عدد}}$ که در جدول آمده است ، C_m می‌گوییم .

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

نقاط تکیه‌گاهی	B	وسط دهانه	C
C_m	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$
M_u (KN.m)	-295.6	245	325.3
R_n (MPa)	4.34	3.60	4.78
ρ	0.0120	0.00974	0.0133
$A_{s,Top}$ (mm^2)	$2088\ mm^2$		$2314\ mm^2$
$A_{s,BOT}$ (mm^2)		$1695\ mm^2$	
فولاد مثبت در بالا	1Φ16 & 4Φ25		2Φ16 & 4Φ25
فولاد ممتد در بالا		1Φ16 & 3Φ25	

اکنون لنگر در دو تکیه‌گاه B و C ، و وسط دهانه را داریم .

با استفاده از این لنگرها مطابق آنچه در بخش 1 آموختیم مراحل طراحی را پیش می‌رویم :

گام دوم : تعیین R_n با فرمول : $R_n = \frac{M_u}{\Phi bd^2}$. برای محاسبه‌ی R_n ، ابتدا $\Phi = 0.9$ را فرض می‌گیریم . (ناحیه‌ی کنترل کشش) . سپس پس از محاسبه‌ی ρ در گام بعدی ، ρ بدست آمده را با ρ_{tcl} مقایسه می‌کنیم ، در صورت کنترل بودن ρ ، $\Phi = 0.9$ را درست در نظر گرفته بودیم . (باید $\rho < \rho_{tcl}$)

تکیه‌گاه B : $R_n = \frac{M_u}{\Phi bd^2} = \frac{295.6\ KN.m}{0.9 \times 400\ mm \times 435^2\ mm} = 4.34\ MPa$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

10^{6} ضرب می‌کنیم و $N.mm$ ، صفت را در

همچنین برای محاسبه‌ی d (عمق مؤثر تیر) cover را برابر 65^{mm} در نظر می‌گیریم.

$$d = h - \text{Cover} = 500^{mm} - 65^{mm} = 435^{mm}$$

لازم به ذکر است که در قسمت کشش یک ردیف میلگرد در نظر گرفته ایم.

تکیه‌گاه C: $R_n = \dfrac{M_u}{\Phi b d^2} = \dfrac{325.3^{KN.m}}{0.9 \times 400^{mm} \times 435^{2}_{mm}} = 4.78^{MPa}$

وسط دهانه BC: $R_n = \dfrac{M_u}{\Phi b d^2} = \dfrac{2,45^{KN.m}}{0.9 \times 400^{mm} \times 435^{2}_{mm}} = 3.6^{MPa}$

• در این جا ... محاسبه کنیم

گام چهارم: یافتن پارامتر $m = \dfrac{f_y}{0.85 f'_c}$ و سپس ρ از رابطه‌ی:

$$\rho = \frac{1}{m}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right]$$

همین فرمول در درس طراحی تیر بتن مسلح بررسی و مدیس شده بود.

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400\ MPa}{0.85 \times 30\ MPa} = 15.68$$

تکیه‌گاه B: $\rho = \dfrac{1}{15.68}\left[1 - \sqrt{1 - \dfrac{2(15.68)(4.34)\ MPa}{400\ MPa}}\right] = 0.0120$

یعنی ρ آمده شده یعنی نسبت فولاد کششی به سطح مقطع برابر 0.0120 است.

تکیه‌گاه C: $\rho = \dfrac{1}{15.68}\left[1 - \sqrt{1 - \dfrac{2(15.68)(4.78)\ MPa}{400\ MPa}}\right] = 0.0133$

وسط دهانه: $\rho = \dfrac{1}{15.68}\left[1 - \sqrt{1 - \dfrac{2(15.68)(3.60)\ MPa}{400\ MPa}}\right] = 0.00974$

• ردیف ۴ حبیل را کامل کنیم.

Scanned with CamScanner

گام پنجم: یافتن ρ_{tcl} از فرمول: $\rho_{tcl} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{dt}{d}$

ρ_{tcl} ← tension control

dt/d ← عمق کل

0.836 ← $f'_c = 28\ MPa$ پس $\beta_1 = 0.85$ و برای

از قبل به یاد داریم درست β_1

تیر: $f'_c > 28\ MPa \rightarrow \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{7}(f'_c - 28)$ جهت یادآوری.

$$\rho_{tcl} = 0.319 \times 0.836 \times \frac{30\ MPa}{400\ MPa} \times \frac{435\ mm}{435\ mm} = 0.0200$$

ρ های بدست آمده از مرحله قبل همگی کمتر از 0.02 (ρ_{tcl}) میباشد پس در ناحیه ی فرکانس هستیم.

گام ششم: برای ρ های بدست آمده مساحت فولاد مورد نیاز در آن $A_s = \rho bd$

قسمت تیر را بدست می آوریم.

لازم به ذکر است که در قسمت وسط دهانه لنگر مثبت است پس اعضای عضو به صورت

است، در نتیجه فولاد کششی را باید در قسمت پایین تیر کار کنیم.

وسط دهانه section

پس جهت محاسبه در جدول و فرمول ها از حکمی $A_{s,BOT}$ یعنی A_s پایین استفاده می کنیم.

و در قسمت تکیه گاه چون لنگر منفی است پس اعضای عضو به صورت

می باشد،

در نتیجه فولاد کششی باید در قسمت بالای تیر، اجرا شود.

section

پس از حکمی $A_{s,TOP}$ یعنی فولاد بالای تیر استفاده می کنیم.

تکیه گاه B ← $A_{s,TOP} = \rho bd = 0.012 \times 400^{mm} \times 435^{mm} = 2088\ mm^2$

تکیه گاه C ← $A_{s,TOP} = \rho bd = 0.0133 \times 400^{mm} \times 435^{mm} = 2314\ mm^2$

$A_s = \rho bd = 0.00874 \times 400^{mm} \times 435^{mm} = 1695\ mm^2$

ردیف 5 و 6 جدول

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

هشتم : با توجه به A_s ها پرینت آورده و با توجه به اینکه معمولاً در استفاده از شماره‌های آرماتور دستمان خیلی باز نیست . مثلاً فرض کنیم ما پروژه آرماتور $\Phi 16$ و $\Phi 25$ درآمده داریم .

$$A_{\Phi 25} = \frac{\pi (25)^2}{4} = 490.625 \ mm^2 \qquad A_{\Phi 16} = \frac{\pi (16)^2}{4} = 200.96 \ mm^2$$

B ob: $A_s = 2088$ ← $4 \times 490.6 = 1960 \ mm^2$ یعنی $4\Phi 25$ اگر

درسی و خطای نباشیم که اگر $4\Phi 25$ یعنی $1960 \ mm^2$ به همراه یک عدد $\Phi 16$ استفاده کنیم $200.96 \ mm^2$ که کل خواهیم داشت

$$A_{4\Phi 25 \ \& \ 1\Phi 16} = 2160 \ mm^2 > 2088 \ mm^2$$

یعنی این مقدار فولاد در تیر B ob - مقداری از A_s مورد نیاز بیشتر است پس جواب قوی تر نیز موجود است و به دلیل ما مقدار کم حدود $2160 \ mm^2$ از $2088 \ mm^2$ در واقع پرت مصالح نیز مقداری نخواهد بود!

لازم به ذکر است ترکیب‌های دیگر $\Phi 16$ و $\Phi 25$ [illegible] ترکیب ذکر شده دارد .

C ob: $A_s = 2314 \ mm^2$

$2\Phi 16$ & $4\Phi 25$ پیشنهاد ما

$400 \ mm^2$ + $1960 \ mm^2$

$2314 \ mm^2 < 2360 \ mm^2$ [illegible]

BC ob: $A_s = 1695 \ mm^2$

پیشنهاد ما: $3\Phi 25 = 1470 \ mm^2$ & $1\Phi 16 = 200 \ mm^2$

$1670 \ mm^2$

مقدار فولاد $1670 \ mm^2$ با مقدار بسیار کمی کمتر از $1695 \ mm^2$ است حدود $20 \ mm^2$ که این مقدار در طراحی قابل صرف نظر کردن است . چون در طراحی‌ها و دستورالعمل‌ها با توجه به ضرایب LRFD این توصیه‌ها U امنیت وجود دارد .

* ردیف ۷ و ۸ جدول پر نشود!

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

گام هشتم : محل قطع تئوریک 50٪ و 100٪

استفاده از جدول ۱۳-۲ ، به طراح این کمک را می‌کند که برای محاسبه‌ی M_u یعنی لنگر نهایی نیاز نداشته باشد دیاگرام‌های لنگر خمشی را رسم کند و این جدول بیشترین لنگر تولید شده در تکیه‌گاه‌ها و وسط دهانه را در اختیار می‌گذارد و ما با توجه به این حداکثر لنگر طراحی را انجام می‌دهیم و آرماتورهای لازم را پیش‌بینی می‌کنیم .

اما باید توجه داشته باشیم که این لنگرها فقط در یک نقطه در مقدار حداکثر خود قرار دارند و اگر در کنار این نقطه را انتخاب کنیم لنگر به مقدار کمی می‌شود و دیگر نیازی به این مقدار از آرماتور وجود ندارد و هرچه از نقطه‌ی ماکزیمم لنگر دور می‌شویم ، لنگر کم می‌شود پس دیگر می‌توانیم آرماتور را کم کنیم . اما اگر وقت آن را اجرای داشته باشیم و هم چنین بخواهیم طراحی منطقی و روان داشته باشیم می‌دانیم که نمی‌شود برای هر کم شدن لنگر یک آرماتور جدید طراحی کرد .

لذا عددی را می‌گوید که ما آمده‌ایم و با توجه به [illegible] نقاط می‌گیریم اجازه کم کنیم 50٪ از آرماتورها را در یک نقطه و [illegible] نقاط دیگر .

ایکه در کلاس تمرین باید این قطع 50٪ و قطع 100٪ را انجام دهیم از مقدار صفحه 234 کتاب مستوی نزاد بهره می‌گیریم .

طبق جدول داریم :

محل قطع تئوریک 50٪ از فولادهای منفی از تکیه‌گاه $= 0.1\ L_n = 0.1 \times 5.6^{m} = 0.56^{m}$

محل قطع تئوریک 100٪ از فولادهای منفی از تکیه‌گاه $= 0.24\ L_n = 0.24 \times 5.6 = 1.34^{m}$

محل قطع تئوریک 50٪ از فولاد $= 0.256\ L_n = 0.256 \times 5.6 = 1.43^{m}$

محل قطع تئوریک 100٪ از فولادهای مثبت از تکیه‌گاه $= 0.146\ L_n = 0.146 \times 5.6 = 0.82^{m}$

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

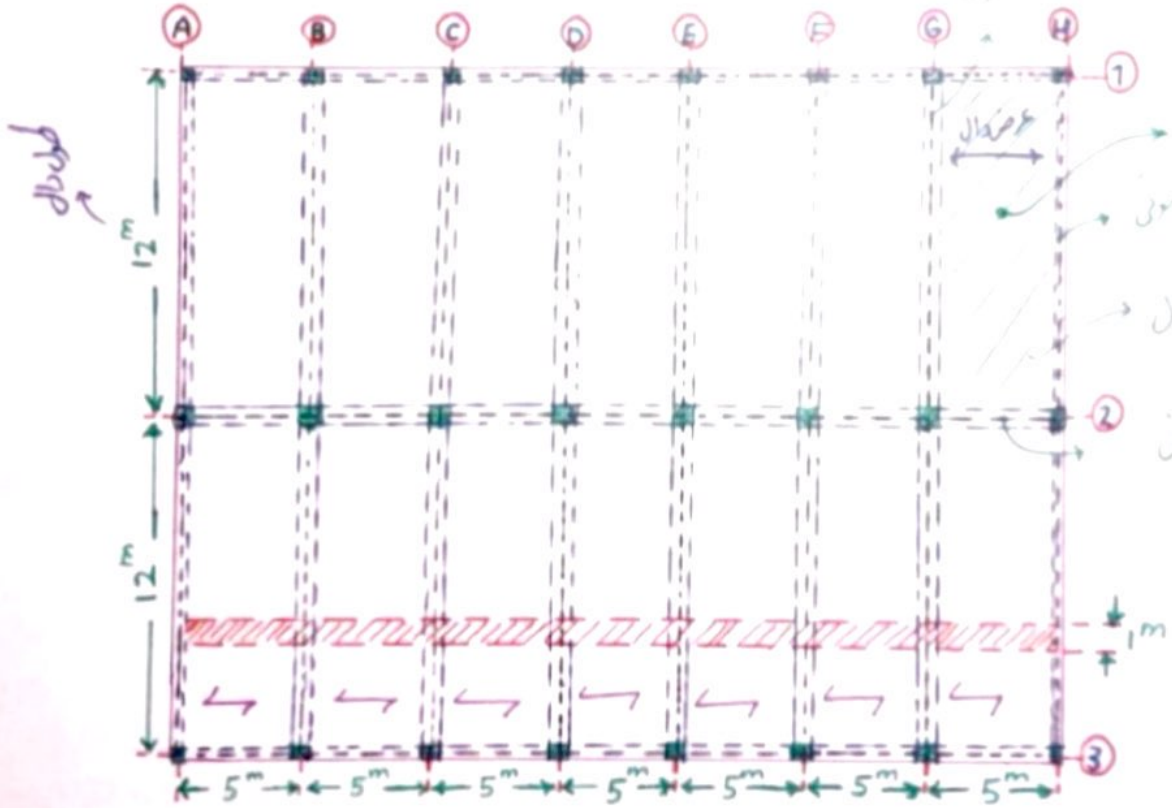
*استاد: دکتر سجاد حیدر احمدی

*شماره دانشجویی: ۹۸۴۴۳۰۰۰۱۰۰

سؤال امتحان پایان ترم

تمرین ۵. دال نشان داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید. این بار تحت بار زنده‌ی بدون ضریب $5\ ^{KN}/_{m^2}$ و بار مرده‌ی بدون ضریب (به جز وزن دال) برابر با $2\ ^{KN}/_{m^2}$ قرار می‌گیرد. به فرض آنکه وزن مخصوص بتن $w_c = 24\ ^{KN}/_{m^3}$ ، $f'_c = 35\ MPa$ ، $f_y = 400\ MPa$ باشد، ضخامت لازم برای دال را به دست آورده و دال را به فولادگذاری لازم مسلح کنید.

فرض کنید عرض تیرها برابر با $b = 400\ mm$ و ارتفاع آن‌ها برابر با $h = 500\ mm$ باشد.



حل: دال فوق شرط دال یکطرفه دارد. یکی از شرط‌های کافی برای اینکه یک دال یکطرفه باشد این است که نسبت طول به عرض آن از ۲ بیشتر باشد. در اینجا اگر دقت کنیم نسبت طول به عرض 12 به 5 است.

$$\frac{12}{5} = 2.4 > 2$$

و دال یکطرفه دستکم دهانه‌ی کوچکتر عمل می‌کند. مثلاً مستطیل A2,B2,B3,A3 که یک چشمه دال است با رو فنری خود را روی دوتیر A2A3 و B2B3 می‌زند و روی ۲ تیر دیگر A_2B_2 و A_3B_3 نمی‌زند.

مثلاً اگر فرض کنیم کل بار دال A2B2B3A3 ، 100 باشد ، 50 تا از آن روی تیر A3B3 و 50 تا دیگر روی تیر A2B2 قرار می‌گیرد و دو تیر A3B3 و A2B2 اصلاً زیر بار قرار نمی‌گیرند.

وجهت فلش ⟵ هم به این معناست که دو تیر کناری بار بری دارند و تیرهای بالا و پایین دال نقش باربری ندارند.

گام اول: بررسی شرایط استفاده از روش ضرایب آیین نامه برای سقف‌های تخت دو طرفه برشی.

۱. شرط اول: تعداد دهانه‌ها دو یا بیشتر باشد. ✓

۲. دهانه‌ها مساوی هستند.

۳. بار یکنواخت توزیع شده.

۴. بار زنده ی بهره‌برداری از ۳ برابر بار مرده کمتر است.

۵. اعضا معمولی هستند.

گام دوم: تعیین ضخامت دال ← تعیین ضخامت دال به این صورت است که ابتدا برای پس کنترل خیز یا کنترل برش یا کنترل خمش ضخامت را تعیین می‌کنیم و پس کنترل‌های دیگر را چک می‌کنیم.

مثلاً در این سوال ابتدا با فرمول‌های کنترل خیز، ضخامت دال را می‌یابیم و پس در مراحل بعد به بررسی اینکه آیا این ضخامت از دال در مقابل برش و خمش کافی است خواهیم پرداخت.

فرمول ضخامت دال برای چشمه‌های کناری به صورت $h_{min} = \frac{L}{24} \times (0.4 + \frac{f_y}{700})$ می‌باشد.

چشمه‌ی کناری به یک دال می‌گویند که تیر کنار آن تیر پیرامونی باشد.

$$h_{min} = \frac{5 \times 10^3}{24} \times (0.4 + \frac{400}{700}) = 202.3$$ mm (MPa)

فرمول ضخامت دال برای چشمه‌های میانی به صورت $h_{min} = \frac{L}{28} (0.4 + \frac{f_y}{700})$ می‌باشد.

چشمه‌ی میانی به چشمه‌ای می‌گویم که تیرهای باربر دال هیچ‌کدام پیرامونی نباشند.

$$h_{min} = \frac{5 \times 10^3}{28} \times (0.4 + \frac{400}{700}) = 173.4$$ mm (MPa)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

حدود ضخامت دال: فرمول آیین‌نامه‌ای که استفاده شد فرمول‌های بخش 9-9-3-1 در آیین‌نامه بتن بحث نهم می‌باشد.

اکنون دو عدد برای ضخامت دال بدست آمد. یکی عدد حدوداً 200 mm برای چشمه‌های کناری و یکی عدد حدوداً 175 mm

اما معمولاً به دلیل مسائل اجرایی ترجیح براین است که ضخامت دال در همه‌ی چشمه‌ها یکی باشد، در نتیجه سراغ عدد کمتر یعنی 175 mm با ضخامت کل دال در نظر می‌گیریم. البته طبق محاسبات دقیق‌تر 175 mm برای دال‌های کناری نیز جواب داده است.

پس ضخامت را 175 mm در نظر می‌گیریم.

گام دوم: کنترل برش

یک تفاوت عمده‌ی دال‌ها با تیرها در این است که اصولاً در دال‌های سقف با توجه به دلیل محدودیت‌های اجرایی که با توجه به ضخامت کم دال وجود دارد، از فولادهای برشی استفاده نمی‌کنند. مثلاً در این سؤال ضخامت دال 175 mm است و می‌دانیم حداقل در تیرها عمق تیر حدود 30 یا 40 سانتی‌متر است. استفاده از فولاد برشی در تیرها انجام می‌شود و سبب بالا رفتن مقاومت برشی در تیرها می‌شود اما به جهت محدودیت‌هایی که در دال‌ها (حضور ...) فولاد برشی استفاده نمی‌کنیم پس همه‌ی بار برشی در دال‌ها فقط و فقط توسط خود بتن دال باید تحمل شود. یعنی باید طبق فرمول‌های مقاومت برشی بتن با توجه به ضخامت دال، بتن از مقاومت برشی وارده (که در فاصله‌ی d از بر تکیه‌گاه حداکثر است) بیشتر یا مساوی باشد.

پس در این گام باید کنترل کنیم آیا 175 mm ضخامت دال کافی است یا خیر؟ (در مقابل برش وارده)

الف) ترکیب بار: ابتدا بار مرده را محاسبه می‌کنیم. بار مرده از دو قسمت تشکیل شده است، یکی بار مرده‌ی وزن خود دال است و دیگری بار مرده‌ی روی دال مانند کف‌سازی و ... است.

ضخامت دال 175 mm و وزن مخصوص بتن 24 KN/m^3 است. با ضرب ضخامت در وزن مخصوص، بار مرده‌ی وزن دال به واحد KN/m^2 یعنی KN در واحد سطح بدست می‌آید.

$$\text{بار وزن خود دال} = 0.175^{m} \times 24\ KN/m^3 = 4.2\ KN/m^2$$

(ضخامت دال × وزن مخصوص)

$$q_{D\text{ مرده}} = 4.2 + 2 = 6.2\ KN/m^2$$

(بار مرده‌ی وزن دال + بار مرده‌ی کف‌سازی دال)

ترکیب بار دیگر که بین این ترکیب‌بار و ترکیب بار q_D نوشته شود هر کدام بیشتر باشد ملاک قرار می‌گیرد.

$$q_u = 1.2\,q_D + 1.6\,q_L = 1.2(6.2) + 1.6(5) = \boxed{15.44\ KN/m^2} > 1.4\,q_D$$

(KN/m² برای هر سه)

۳

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

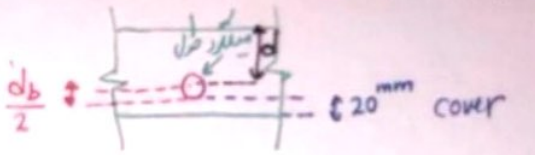
Scanned with CamScanner

$w_u = \frac{q_u}{t_u} \times 1 = 15.44 \times 1 = 15.44\ kN/m$

برای عرض واحد دال داریم:

ب) محاسبه‌ی d

$d = \text{ضخامت دال} - \text{cover} - \frac{\text{قطر میلگرد طولی}}{2} =$



قطر میلگرد طولی را فرض کنید. 25 mm

از $\Phi 12$ به عنوان میلگرد طولی استفاده می‌کنیم.

$d = 175\ mm - 20\ mm - \frac{12\ mm}{2} = 149\ mm$

ج) محاسبه‌ی V_u

در محاسبات برش دیدیم که لازم است بیشترین مقدار برش را که معمولاً در تکیه‌گاه‌ها می‌باشد به عنوان برش مبنای طرح در نظر بگیریم. بنابراین آیین‌نامه اجازه می‌دهد که از برش تکیه‌گاه به اندازه‌ی d صرف‌نظر کنیم و برش را در آن نقطه که قطعاً عددکمتری است به عنوان برش تکیه‌گاه در نظر بگیریم.

براساس جدول ۹-۳ (برش مربوط به اولین تکیه‌گاه داخلی (بند ۷ جدول)

برابر $1.15 \frac{w_u l_n}{2}$ می‌باشد. این مقدار برش تکیه‌گاه است اما با توجه به اجازه‌ی آیین‌نامه

از این نقطه به اندازه‌ی d حرکت می‌کنیم، V_u را به دست می‌آوریم.

با استفاده از فرمول زیر طبق آیین‌نامه‌ای!

مقدار برش در وسط دهانه

$$V_u = 1.15 \frac{w_u l_n}{2} - w_u d = 1.15 \frac{15.44\ kN/m \times 4.6\ m}{2} - 15.44\ kN/m \times 0.149\ m = 38.54\ kN$$

$$l_n = 5\ m - 2 \times \frac{40}{2} = 4.6\ m$$

خصیر — ورگ مارز دوبتر سوال

د) محاسبه‌ی V_c و مقایسه‌ی آن با V_u.

اکنون باید ظرفیت برشی دال را که فقط شامل برش بتن است (در دال‌ها از فولاد برشی استفاده نمی‌شود) به دست آوریم.

در اینجا چون از حداقل ضخامت برش استفاده نشده است، باید از رابطه‌ی

$$V_c = \left[\frac{2}{3} \lambda_s \lambda \sqrt[3]{\rho_w} \right) \sqrt{f'_c}\ \Big) b_w d$$

چون عمق مؤثر دال (d) کمتر از 250 mm است، ضریب اصلاح اثر اندازه، λ_s، برابر است با $\sqrt{\frac{2}{4+d}}$ برابر 1 است.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

برای بتن با وزن معمول $\lambda = 1$ می‌باشد. ρ_w براساس حداقل فولاد خمشی به صورت زیر می‌شود.

$A_s = \rho b d$

$A_{s\,min} = 0.0018\,bh \Rightarrow \rho_{min} = 0.0018\left(\frac{h}{d}\right) = 0.0018\left(\frac{175^{mm}}{149^{mm}}\right) = 0.00211$

$$V_c = \left[\frac{2}{3} \times 1 \times 1 \times (0.00211)^{1/3} \times \sqrt{35}\right] \times 1000^{mm} \times 149^{mm} = 75\ kN$$

که محاسبات را برای عرض واحد دال انجام می‌دهیم.

56.6^{kN}

$V_u = 38.54\,KN < \phi V_c = 0.75 \times 75.4^{kN}$

بنابراین ضخامت $h = 175^{mm}$ برای دال، از نظر کنترل برش در دال نیز جواب گو است.

در محاسبات که ضخامت دال را 1^m گرفتیم، درواقع گفتیم داریم یک تیر پهن به عرض 1^m و با ضخامت دال (175^{mm}) طراحی می‌کنیم. یعنی طراحی‌ای برشی و خمشی مشابه طراحی یک تیر است. البته در طراحی برشی با این تفاوت که از فولاد برشی (خاموت) استفاده نمی‌کنیم.

گام چهارم: کنترل خمش

دال‌ها اعضای افقی گسترده‌ای هستند (مثلاً سقف‌ها) که تحت بارهای ثقلی قرار دارند و براثر بارهای ثقلی دال تحت تنش خمشی قرار می‌گیرد. بنابراین باید دال را جهت خمش طراحی کرد و مانند تیر، در قسمت کششی دال آرماتور کششی قرار دهیم.

دال‌ها معمولاً ضخامت کمی دارند (در اینجا دال 175^{mm}) که ممکن است ریزی دارتعاش بتن در آن‌ها با مشکلاتی همراه باشد. به همین دلیل بهتر است تراکم فولادهای خمشی زیاد نباشد.

به همین منظور یعنی کم بودن میزان آرماتور خمشی (آرماتور طول، آرماتور کششی) دو پیشنهاد مطرح می‌شود،

۱. ۱٪ فولاد خمشی. ۲. $0.5\,P_{tcl}$: ۵۰٪ فولاد متناظر با حد رفتار کشش ـ کنترل.

الف) جهت آوردن M_{max} از جدول روش فراب.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

اگر بادقت جدول ۲-۱۳ را مدنظر قرار دهیم و از طرفی دال این سوال را نگاه کنیم متوجه می‌شویم

که مثلاً سمت راست تکیه‌گاه B و سمت چپ و راست تکیه‌گاه C و D و E و F و سمت چپ تکیه‌گاه G همگی

مصداق بند ۴ از جدول هستند: "تیر منشوری که سایر وجوه تکیه‌گاه‌ها داخلی" که ضریب $w_u l_n^2$ ، عدد $\frac{1}{11}$ می‌باشد. پس در کل این نقاط یک طرفی خمش خواهیم داشت. با توجه به این $M_u = \frac{1}{11} w_u l_n^2$.

به همین ترتیب اگر دقت کنیم نقاط دیگری نیز با شرایط یکسان وجود دارند.

چند نقطه را بررسی می‌کنیم:

نقطه‌ی A: تکیه‌گاه انتهایی است پس لنگر منفی است و تکیه‌گاه به صورت تیر لبه‌ای می‌باشد پس. مصداق بند ۴ از این قاعده

قسمت الف را پاسخ: $C_m \leftarrow \frac{1}{24} w_u l_n^2$

سمت چپ نقطه B: بند ۳ [illegible] لنگر منفی در وجه خارجی اولین تکیه‌گاه داخلی

برای سازه‌ای بیش از دو دهانه: $C_m = \frac{1}{14} w_u l_n^2$

وسط دهانه‌ی AB: مصداق بند ۱ [illegible] لنگر مثبت در دهانه‌ی انتهایی. اگر انتهای غیر سازی با تکیه‌گاه

پیوسته باشد، $C_m \leftarrow \frac{1}{14} w_u l_n^2$

وسط دهانه‌ی BC: مصداق بند ۲، لنگر مثبت در دهانه‌های داخلی $C_m \leftarrow \frac{1}{16} w_u l_n^2$

برای پیش روی مرتب مجدولی مانند جدول صفحه‌ی بعد تنظیم می‌کنیم: واطلاعات فوق را در ردیف اول یادداشت می‌کنیم

برای محاسبه‌ی M_u را از رابطه‌ی $C_m w_u l_n^2$ بدست می‌آوریم. (بر حسب CM)

$w_u = 15.44 \frac{KN}{m}$ از ۲

$l_n = 4.6 m$

$M_{uA} = -\frac{1}{24} \underbrace{(15.44)}_{w_u} \underbrace{(4.6)^2}_{l_n^2} = -13.61 \ KN.m$

$M_{uAB} = 23.34 \ KN.m$ در دو

$= \frac{1}{14} w_u l_n^2$

$M_{uBright} = -29.70 \ KN.m$

$= -\frac{1}{11} w_u l_n^2$

$M_{uBleft} = -32.67 \ KN.m$

$= -\frac{1}{10} w_u l_n^2$

$M_{uC} = -29.70 \ KN.m$

$= -\frac{1}{11} w_u l_n^2$

M_{u} در BC $= 20.42 \ KN.m$

$= +\frac{1}{16} w_u l_n^2$

اصلاحات را در روی جدول می‌زنیم. ردیف ۲

Scanned with CamScanner

	A	AB وسط	B Left	B right	BC وسط	C
Cm	1/24	1/14	1/10	1/11	1/16	1/11
M_u (KN.m)	-13.61	23.34	-32.67 max	-29.70	+20.42	-29.70
R_n (MPa)	0.68	1.17	1.64	1.49	1.02	1.49
ρ	0.0017	0.0030	0.0042	0.0038	0.0026	0.0038
A_s (mm^2)	$A_{s\,min}$ 315 ~~253~~	447	626	566	387	566
فولاد منفی در بالا	Φ12@350		Φ12@175	Φ12@200		Φ12@200
فولاد مثبت در پایین		Φ12@250			Φ12@250	

6Φ12 180mm

مشاهده می‌شود که $M_{u\,left}$ بیشترین مقدار را دارد. 32.67 kN.m

برای تیرها مقاومت (همه‌ی تیرها های جدول فوق) باید صرفنظر خود را بیشتر کنیم معمولا ρ_{tcl} tensile Controled حالتی مشتری که اندازه آن عددی را داشته باشیم و ناحیه کشش هستیم. (روش تنش آ)

برای این مقدار تنگر با استفاده از فرمول ρ را بدست می‌آوریم و با طراحی نیز مقدار ρ را بدست می‌آوریم. اگر جواب داریعنی ضخامت دال کافی بوده است. (175^{mm}).

$$\rho = \frac{1}{m}\left[1-\sqrt{1-\frac{2mR_n}{f_y}}\right] \Rightarrow \rho = \frac{1}{13.45}\left[1-\sqrt{1-\frac{2\times13.45\times1.64}{400}}\right] = 0.0042$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400\,MPa}{0.85\times35\,MPa} = 13.45$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{32.67\times10^6\,N.mm}{0.9\times1000\,mm\times149^2\,mm^2} = 1.64\,MPa$$

مقادیر را در جدول در ردیف 3,2 وارد می‌کنیم.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

$\rho_{tcl} = 0.319\,\beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{d_t}{d}$ ⇒ $\beta_1 = 0.85 - 0.00714\,f'_c = 0.8$

$$\rightarrow \rho_{tcl} = 0.319 \times 0.8 \times \frac{35\ MPa}{400\ MPa} \times 1 = 0.0223$$

$\rho_{لازم} = 0.0042 \ll \rho_{tcl} = 0.0223$

مشخص است که برای بیشترین لنگر تولید شده در دال بیشترین $\rho_{لازم}$ (0.0042) بدست آمده و در بالا (دهانه) حتی لازم ρ از ρ_{tcl} کمتر است یعنی مقطع در قسمت tension control می‌باشد. پس مقدار فولاد استفاده شده در قسمت کششی جوابگو می‌باشد و باید تأیید کند که عمق دال (175 mm) به اندازه‌ای که می‌بوده است که براساس $\rho_{لازم}$ فولاد کششی تأمین شود و باید [illegible] باقی بماند!

پس مقطعاً - برای M_u های [illegible] مقدار فولاد کششی کمتری لازم است پس قطعاً ضخامت 175 mm برای همین تعداد دال کافی است.

البته لازم به ذکر است اگر دهانه دال در طراحی دال زیاد باشد که مقدار فولاد کششی بیشتری نیاز است یا حتی نیاز است در دال برای تقویت مقطع نیاز به استفاده از فولاد فشاری می‌باشد، هیچ محدودیتی وجود ندارد و همه‌ی این اقدامات مجاز است.

اکنون در مراحل بعد به سراغ محاسبه $\rho_{لازم}$ برای هر نقطه و پس A_s لازم و آرماتورگذاری آن رویم، اما این نکته حائز اهمیت است که چون در محاسبات بعدی M از M_{umax} که محاسبه کردیم، کمتر است در نتیجه ρ کمتری بدست می‌آید از ρ_{tcl} این رو حداقل ρ بدست آمده از ρ_{tcl} کمتر خواهد بود پس از اینجا به بعد دیگر کمتر بودن ρ در هیچ یک از دال‌ها را با ρ_{tcl} نیاز نیست مقایسه کنیم و همه جا ρ از ρ_{tcl} قطعاً کمتر خواهد بود.

Scanned with CamScanner

$$m = \frac{f_y}{0.85\, f'_c} = \frac{400^{MPa}}{0.85 \times 35^{MPa}} = 13.45 \rightarrow$$ در همه‌ی نقاط دال یکسان است.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{M_u}{0.9 \times 1000^{mm} \times 149^{2}\, mm}$$ ← هرکدام از M_u هایی که در جدول قبل بدست آمدند را جایگزین می‌کنیم تا R_n هر قسمت را بیابیم:

$R_{nA} = 0.68^{MPa}$ ← $\frac{13.61\ KN.m}{0.9 \times 1000^{mm} \times 149^{2}\, mm}$

$R_{n\ دره\ AB} = 1.17^{MPa}$ ← $\frac{23.34\ KN.m}{0.9 \times 1000^{mm} \times 149^{2}\, mm}$

$R_{n\ Bleft} = 1.64^{MPa}$ ← $\frac{32.67\ KN.m}{0.9 \times 1000\, mm \times 149^{2}\, mm}$

$R_{n\ Bright} = 1.49^{MPa}$ ← $\frac{29.70\ KN.m}{0.9 \times 1000^{mm} \times 149^{2}\, mm}$

$R_{n\ دره\ BC} = 1.02$ ← $\frac{20.42\ KN.m}{0.9 \times 1000^{mm} \times 149^{2}\, mm}$

$R_{nC} = 1.49$ ← $\frac{29.70\ KN.m}{0.9 \times 1000^{mm} \times 149^{2}\, mm}$

* ردیف 3 جدول صـ7 را کامل کنیم.

اکنون با داشتن R_n و m که بالا بدست آمد ρ هر قسمت از دال را بدست آوریم:

$$\rho = \frac{1}{m}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}}\right]$$

$\rho_A = 0.0017$ $\quad \rho_{AB\ دره} = 0.0030$ $\quad \rho_{Bleft} = 0.0042$

$\rho_{Bright} = 0.0038$ $\quad \rho_{BC\ دره} = 0.0026$ $\quad \rho_C = 0.0038$

* ردیف 4 جدول صـ7 را کامل کنیم.

حال از رابطه‌ی $A_s = \rho b d = \rho \times 1000^{mm} \times 149^{mm}$ در هر قسمت دال سطح مقطع لازم فولاد را بیابیم:

$A_{sA} = 253^{mm^2}$ ← $= 0.0017 \times 1000^{mm} \times 149\ mm$

$A_{s\ دره\ AB} = 447^{mm^2}$ ← $= 0.0030 \times 1000 \times 149$

$A_{s\ Bleft} = 626^{mm^2}$ ← $0.0042 \times 1000 \times 149$

$A_{s\ Bright} = 566^{mm^2}$ ← $= 0.0038 \times 1000 \times 149$

$A_{s\ دره\ BC} = 387^{mm^2}$ ← $= 0.0026 \times 1000 \times 149$

$A_{sC} = 566^{mm^2}$ ← $= 0.0038 \times 1000 \times 149$

ردیف 5 جدول صـ7 را کامل کنیم.

نکته‌ی مهم آرماتور افت و حرارت: جهت کنترل تنش‌های ناشی از افت بتن (Shrinkage) و تغییرات درجه حرارت (Temperature) در عضو سازه‌ای باید هر جداقل در هر دو راستای صفحه‌ی دال مقداری آرماتور به اسم آرماتور افت و حرارت $\rho_{Sh\cdot T}$ قرار دهیم. حسن میلگردهای ترک خوردگی بتن در دو جهت کاهش داده و

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

وبا بحث پیوستگی عضو می‌شود تا عضو مطابق فرضیات طراحی عمل کند.

آیین‌نامه، برای دال‌های یک‌طرفه سازه‌ای، رعایت حداقل فولاد افت و حرارت در جهت متعامد بر میلگردهای خمشی را که براساس سطح مقطع ناخالص عضو $A_g = b \times h$ محاسبه می‌شود، به مقدار زیر لازم می‌داند:

$$\rho_{sh,T} = 0.0018$$

$$A_{s,sh,T} = 0.0018\, bh \longrightarrow A_{s,sh,T} = 0.0018 \times 1000^{mm} \times 175^{mm} = 315^{mm^2}$$

معمولاً قرار دادن میلگردهای افت و حرارت به صورت جسیده (لوله متقاطع) - میلگردهای خمشی از نظر اجرایی راحت‌تر است. پس میلگردهای افت و حرارت در وسط دهانه‌ها (یعنی در پشت دریچه‌ها) در بالای دال قرار می‌گیرند.

توجه: یک نکته مهم این است که در محاسبه‌ی حداقل فولاد خمشی دال‌ها، باید حداقل فولاد خمشی از فولاد افت و حرارت بیشتر باشد.

$$A_{s,min} = A_{s,sh,T}$$

(فولاد خمشی ← فولاد افت و حرارت)

مثلاً در این مثال اگر دقت کنیم مقدار فولاد خمشی در دریچه‌ی A، $A_s = 253^{mm^2}$ بدست آمد. با توجه به رعایت مقدار min فولاد خمشی که برابر فولاد افت و حرارت است باید مقدار آرماتور را در نقطه‌ی حداقل برابر $A = 315^{mm^2}$ در نظر بگیریم. یعنی در همه‌ی نقطه از دال نمی‌توان کمتر از آرماتور افت و حرارت برای دال طراحی کرد.

پس بدین ترتیب $A_{sA} = 315^{mm^2}$ و بقیه‌ی نقاط دال چون A_s بدست آمده بیشتر از افت و حرارت است، همان اعداد را در نظر می‌گیریم.

* بدین ترتیب ردیف 5 جدول ص 7 را کامل می‌کنیم.

حال مشخص شد در هر قسمت چه مقدار A_s نیاز است. از طرفی می‌خواهیم کل طرح آرماتورها را از $\Phi 12$ انتخاب کنیم. بدین منظور مساحت آرماتور $\Phi 12$ را از تعداد 1 تا 6 عدد محاسبه می‌کنیم.

$$A_{1\Phi 12} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (12)^2}{4} = 113^{mm^2}$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

$A_{3\Phi12} = 3 \times 113 = 339$ $A_{4\Phi12} = 4 \times 113 = 452$ mm^2

$A_{5\Phi12} = 5 \times 113 = 565$ $A_{6\Phi12} = 6 \times 113 = 678$ mm^2

حال با توجه به A_s ؛ برای هر قسمت از دال ، از بین اعداد A_s بالا کوچکترین عددی که از A_s نقطه مورد نظر بزرگتر یا مساوی باشد را انتخاب می‌کنیم .

مثلا $A_{SA} = 315\ mm^2$ به دست آمد . اکنون از میان تعدادهای مختلف $\Phi12$ ، آن عددی را انتخاب می‌کنیم که فقط مقدار بسیار اندکی از $315\ mm^2$ بیشتر باشد . با توجه به جدول بالا می‌بینیم که $A_{3\Phi12} = 339\ mm^2$ عدد مطلوب ماست یعنی هم از $315\ mm^2$ بیشتر است و هم با توجه به $339\ mm^2$ که فاصله‌اش از $315\ mm^2$ کم است بهتر مصالح (نزدیک‌ترین گزینه به انتخاب) را برای ما دارد .

به همین ترتیب برای نقاط دیگر نیز تعداد $\Phi12$ مورد نظر را پیدا می‌کنیم .

A	AB وسط	Left B	Right B	BC وسط	C
$3\Phi12$	$4\Phi12$	$6\Phi12$	$5\Phi12$	$4\Phi12$	$5\Phi12$

در دو نقطه‌ی Right B و C ، A_s مورد نیاز $565\ mm^2$ بود و ماست $5\Phi12$ برابر $565\ mm^2$ است پس بهتر است این ۲ واحد کمتر بودن $5\Phi12$ را نادیده بگیریم و با خیال راحت از $5\Phi12$ استفاده کنیم . در حالی که اگر بخواهیم از $6\Phi12$ انتخاب کنیم ماست مورد نظر $6\Phi12$ از ماست مورد نیاز خیلی بیشتر بود ($132\ mm^2$) !!!

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

گام ششم : S ، فاصله‌ی بین آرماتورها

بنابراین تعداد میلگرد بدست آمده چون همه‌ی محاسبات برای عرض 1^m بود حال باید این تعداد را در 1^m جای داد.

پس 1000^{mm} را بر تعداد هر قسمت از دال تقسیم می‌کنیم عدد بدست آمده S مورد نظر است.

البته S بدست آمده را باید به مضرب 25 بالاتر از خط گرد کنیم که از جهت اجرایی پیچیدگی نداشته باشیم.

$$S_A = \frac{1000^{mm}}{3} = 333^{mm} \xrightarrow[\text{بالایی}]{\text{گرد کردن به مضرب 25}} 350^{mm}$$

$$S_{B\,left} = \frac{1000^{mm}}{6} \quad 166^{mm} \xrightarrow[\text{بالایی 25}]{\text{گرد به مضرب}} 175^{mm}$$

$$S_{b\,AB} = \frac{1000^{mm}}{4} \quad 250^{mm}$$

$$S_{B\,right} = \frac{1000^{mm}}{5} \quad 200^{mm}$$

$$S_{1\,b\,BC} = \frac{1000^{mm}}{4} \quad 250^{mm}$$

$$S_C = \frac{1000^{mm}}{5} \quad 200^{mm}$$

* توجه: جدول صـ 7 را تکمیل می‌کنیم.

اطلاعات بدست آمده را به این ترتیب در جدول یادداشت می‌کنیم. مثلاً برای نقطه‌ی A چون نقطه‌ی بالایی است

باید در بالای جدول کارشود:

A : Top : Φ12 @350 mm

یعنی باید آرماتور سایز 12 کارشود به فاصله‌ی 350^{mm} ازهم. یعنی اولی را که قرار دادیم 350^{mm} در جهت عرض جلوتر می‌بریم و آرماتور طولی بعدی به شماره‌ی Φ12 را کار می‌گذاریم. و برای بعدی نیز هی 350^{mm} جلوتر می‌بریم در عرض و Φ12 بعدی را می‌گذاریم و...

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

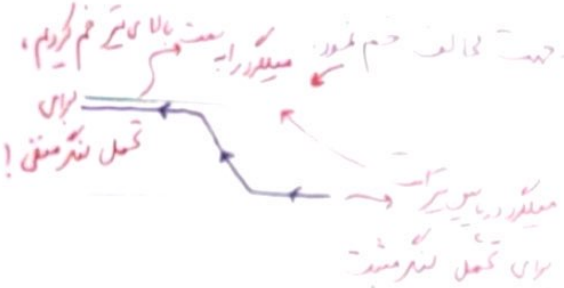
حداکثر بین آرماتورها که به دست آمد را باید با S_{max} که براساس آیین نامه است مقایسه کنیم

$$S_{max} = \min\left\{\frac{3h}{525^{mm}}, 500^{mm}\right\} = 500^{mm}$$ طبق آیین نامه :

S آیی که در صفحه قبل به دست آمد همگی از 500^{mm} کمتر بودند پس قابل قبول بود .

گام هفتم : محل قطع میلگردها . همان گونه که مشخص است در طراحی میلگردهای کششی براساس روش ضرایب آیین نامه ای

براساس لنگر max طراحی را انجام می دهیم . اما واضح است که لنگر max در حالی از تیر اتفاق می افتد و به محض فاصله گرفتن از آن نقطه (یا مقطع) لنگر کاهش می یابد . معادله کاهش لنگر خمشی مثبت یا منفی در طول تیر ، می توان قسمتی از میلگردهای خمشی موجود را قطع کرد و یا به جهت مخالف خم نمود .



برای تعیین اینکه در چه مقطعی از طول تیر ، به طور تئوری می توان درصد مشخصی از میلگردها را قطع کرد ، (مثلاً ۲ میلگرد از ۴ میلگرد موجود یا قطر یکی را قطع کرد که معادل ۵۰٪ کل میلگردها خواهد بود) هم می توان از روابط دقیق (ص 70 کتب مستوی نژاد ج 2) بهره برد ، هم رابطه های تقریبی (ص 71 کتب مستوی نژاد ج 2) وجود دارد و هم می توان از نمودارهای موجود جهت این منظور (ص 239 مستوی نژاد ج 2) بهره برد .

تعیین محل قطع عملی میلگردهای خمشی : در بالا توانستیم محل قطع تئوری میلگردهای خمشی را بیابیم اما نکاتی وجود دارد که باید به آنها محل قطع عملی میلگردهای خمشی مستقادت می شود .

از مباحث بررسی عمل توأم و خمش دانستیم که رفتار همزمان برش و خمش باعث می شود ترک های مورب در تیر ایجاد شود . این مسئله سبب می شود که فولادهای خمشی تیر در اثر ترک مورب ، تحت نیروی کششی بزرگتری قرار بگیرند .

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

در حقیقت برای جبران، این نیروی کششی بزرگتر لازم است که علاوه بر تأثیر خمش برآوردی که در مقطع تئوریک میلگرد لحاظ شد، تأثیر این نیروهای برشی را نیز در نظر بگیریم. به همین منظور، آیین نامه‌های طراحی (مبحث نهم، آبا، ACI 318) قیدی گذشته که لازم است میلگرد به اندازه‌ی بزرگترین دو مقدار d و $12d_b$ (d_b قطر میلگردی است که قرار است قطع شود)، پس از نقطه‌ای که از لحاظ تئوری به مقاومت خمشی آن نیازی نیست، ادامه داده شوند. یعنی:

موقعیت قطع عملی میلگرد = موقعیت قطع تئوریک + $\max\{d, 12d_b\}$

* طول مهاری l_d (Development length) یا به عبارتی حداقل طول لازم برای یک میلگرد با قطر مشخص در داخل بتن است که در آن طول، تنش میلگرد از صفر به تنش تسلیم، افزایش می‌یابد. این طول به نحوی منظور است که تنش بین بتن و فولاد در حالت تسلیم منتقل شوند و اگر نقطه‌ای که از آن میلگرد به تنش تسلیم رسیده است از سر آرماتور فاصله‌ای کمتر از l_d داشته باشد، باعث می‌شود میلگرد از داخل بتن جدا شده و بیرون کشیده شود.

محاسبه‌ی l_d (طول مهاری) را می‌توان از رابطه‌ی $l_d = \frac{f_y}{14\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} d_b$ به دست آورد که رابطه‌ای مفصلی است. همچنین روابط ساده‌تری وجود دارد و همچنین جدول بسیار راحت در ص 25 کتب مستوی نژاد 2 وجود دارد که کار را بسیار راحت می‌کند.

البته تعصب‌ورزی راحتی همیشه به معنای روش بهتر نیست بلکه در اینجا اگر از روابط دقیق بالا استفاده کنیم طول مهاری به‌راحتی کمتر از روش جدول است و در نتیجه اگر زحمت محاسبات با روابط دقیق‌تر را به خود بدهیم حتماً d_b کمتری به دست می‌آید و در نتیجه طرح اقتصادی و متقن به صرفه‌تری را به دست آورده‌ایم.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

پس از محاسبه‌ی موقعیت قطع عملی میلگرد و مقایسه‌ی l_d با باید قطع عملی $\geq l_d$ باشد در غیر اینصورت قطع عملی را مساوی l_d قرار می‌دهیم.

- قطع میلگردهای منفی (واقع در بالای دال)

الف) میلگردهای منفی در تکیه‌گاه B و در سمت چپ تکیه‌گاه

این میلگردها را در ۲ مرحله قطع می‌کنیم: یک مرحله 50٪ و در مرحله‌ی دوم 100٪.

این روش قطع بدان معناست که در مرحله‌ی اول میلگردهای وسطی یک در میان قطع می‌شوند و در مرحله‌ی دوم باقی مانده‌ی میلگردها نیز قطع می‌گردند.

با استفاده از نمودار خطیر لنگر منفی $w_u l_n^2/10$ در شکل ۱۳-۹ داریم:

محل قطع تئوریک 50٪ از تولدارهای منفی از تکیه‌گاه $= x_{50\%} = 0.1\, l_n = 0.1 \times (4.6)^m = 0.46^m$

محل قطع تئوریک 100٪ از تولدارهای منفی از تکیه‌گاه $= x_{100\%} = 0.24\, l_n = 0.24\,(4.6)^m = 1.1^m$

برای تعیین طول قطع عملی میلگردها باید ... را در نظر داشت:

محل قطع عملی 50٪ از تولدارهای منفی از تکیه‌گاه $= x'_{50\%} = x_{50\%} + \max\{d, 12d_b\} = 0.46^m + 149^{mm} = 0.61^m$

149^{mm} ، $12 \times 12^{mm} = 144^{mm}$

محاسبه‌ی طول مهاری میلگرد $\Phi 12$:

$\psi_t = 1$ ← ضریب موقعیت میلگرد

اگر در بتن زیری همواری کمتر از ۳۰۰ میلگرد زیاد شود ضریب بیشتر از ۱ می‌شود.

$\psi_s = 0.8$ ← ضریب اندازه‌ی میلگرد

بازتر است که معمولاً میلگرد مناسب‌تر میلگردهای با قطر کمتر در انتقال تنش به بتن می‌باشد بدان میلگردهای کمتر از $\Phi 20$ برابر 0.8 است.

$\psi_g = 1$ ← ضریب رده‌ی فولاد

طول مهاری هم جهت غیر متناسب با افزایش f_y، افزایش می‌یابد

برای تنش تسلیم $\geq 420^{MPa}$ ، $\psi_g = 1$

$\lambda = 1$: ضریب بتن سبک وزنه

$c_b = 26\,mm$ $\quad c_b = \min\{$ فاصله‌ی مرکز میلگرد تا پایین بتن کناری (کور) $+$ نصف فاصله‌ی مرکز تا مرکز میلگردهای مجاور $\}$

(کور) $20^{mm} + 6^{mm} = 26\,mm$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

$K_{tr} = 0$ ← شاخص فولادهای عرضی

در دال اصلاً فولاد عرضی به کار نمی‌بریم.

در روابط K_{tr} تاثیر فولادهای عرضی به صورت کشندگی عرضی به صورت تنگ یا خاموت روی مقدار شکاف خورده گذر

Transverse Reinforcement Index

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1.1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b = \frac{400\ MPa}{1.1 \times (1)\sqrt{35}} \cdot \frac{1 \times 1 \times 0.8 \times 1}{2.17} = 22.66 d_b$$

آرماتورهای طولی است.

$$\rightarrow l_d = 22.66 \times 12^{mm} = 272^{mm} < 300^{mm} \rightarrow l_d = 300^{mm}$$

$x'_{50\%} = 0.61^m > l_d = 0.3^m$ ok ✓

حال باید x'_{50} را، l_d امتداد دهیم

در واقع موقعیت محلی تقطع طول نهایی را تامین کند

$$x'_{100\%} = x_{100\%} + \max\left\{ 90^{mm},\ 12d_b,\ \frac{d}{16} \right\}$$

$12 \times 12 = 144^{mm}$ ، $\frac{4600}{16} = 290^{mm}$

$$x'_{100\%} = 1.1^m + 0.29^m = 1.39^m$$

$x'_{100\%} - x_{50\%} = 1.39^m - 0.45^m = 0.93^m > l_d = 0.3^m$ ok

در مورد قطع میلگرد در ناحیه کششی نکات مهم دیگری وجود دارد

یکی از موارد این است که وقتی میلگردی در ناحیه‌ی کشش تیر قطع می‌شود، مقاومت برشی و شکل پذیری مقطع تا حدودی کاهش می‌یابد و ترک‌های مورب برشی، خمشی بیش از حد معمول گسترش می‌یابد. در واقع با بالا رفتن تنش کششی در میلگردهای باقی مانده، ترک‌های خمشی در منطقه‌ی قطع میلگرد به سمت زود هنگام باز می‌شوند و چنان‌چه تنش برشی هم در حد بالایی باشد، ترک‌های قطری در ادامه‌ی ترک‌های خمشی ایجاد شده و باز می‌شوند. به همین جهت آیین‌نامه برای جلوگیری از این اتفاق برش را محدود می‌کند.

$$V_u \leq \frac{2}{3} \Phi V_n$$

در این حال در محل برش حداکثر (تکیه‌گاه) حتی اگر ظرفیت برشی بتن دال برای حداقل میلگرد خمشی محاسبه شده باشد،

$V_u = 38.54\ KN = \frac{2}{3} \Phi V_n = \frac{2}{3} \times 0.75 \times 75.4 = 37.7\ KN$:داریم

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

تکیه‌گاه بیشتری برش را داریم که شرط را تأمین کرده پس در تغییری نیز جواب‌گو است.

• میلگردهای منفی در تکیه‌گاه C و در سمت راست تکیه‌گاه B.

به علت نزدیک بودن عمود نظیر لنگر منفی $\frac{wl_n^2}{10}$ به عمود نظیر لنگر منفی $\frac{wl_n^2}{11}$ تقریباً منطبق است. پس محل قطع 50i و 100i میلگردهای منفی در تکیه‌گاه C (و نیز در دهانه‌ی سمت راست تکیه‌گاه B) مشابه محل قطع مقادیر متناظر فولاد، در تکیه‌گاه B (دهانه سمت چپ) است.

• میلگردهای منفی در تکیه‌گاه A

در جایی که فاصله‌ی میلگرد‌ها بیشتر باشد (مثلاً حدود 300^{mm}) معمولاً از قطع 50i صرف نظر می‌کنیم و فقط قطع 100i را انجام می‌دهیم. مثلاً در تکیه‌گاه A، 3 میلگرد Φ12 با فاصله‌ی 350^{mm} داریم که اگر بخواهیم قطع 50i انجام دهیم باید یکی از سه میلگرد را قطع کنیم که نامتوازن به این فاصله زیاد است و یک میلگرد را قطع کنیم مثلاً حدود 0.5^{m} فرق چندانی ندارد، صرف نظر می‌کنیم.

$$\text{قطع تئوریک 100i} = x_{100i} = 0.1\,l_n = 0.1\,(4.6) = 0.46^{m}$$

$$\text{قطع عملی 100i} = x'_{100i} = x_{100i} + \max\{d, 12d_b, l_n/16\} = 0.46 + 0.29 = 0.75^{m} > l_d = 0.6^{m}$$

(d: 140^{mm}، $12d_b$: 144^{mm}، $l_n/16$: 290^{mm})

مهاری میلگردهای خمشی را در تکیه‌گاه با قلاب استاندارد با خم 90° درجه تأمین می‌کنیم. طول مهاری قلاب استاندارد براساس رابطه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{طول مهاری قلاب استاندارد} = l_{dh} = \left(\frac{f_y \psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{23\lambda\sqrt{f'_c}}\right) d_b^{1.5}$$

(17)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

ضریب های مورد استفاده در این رابطه به صورت زیر تعریف می شوند:

۱) ضریب بتن سبک $\lambda = 1$ ۲) ضریب پوشش بتن $\psi_e = 1$ ۳) ضریب میلگردهای محصور کننده در حالتی که فاصله میلگردهای قلاب دار $\leq 6d_b = 72^{mm}$ باشد: $\psi_r = 1$ ۴) ضریب موقعیت قرار: اگر پوشش جانبی بتن عمود بر صفحه قلاب بزرگتر یا مساوی $6d_b = 72^{mm}$ باشد $\psi_o = 1$. ۵) ضریب مقاومت بتن برای $f'_c < 42^{MPa}$

$$\psi_c = \left(\frac{f'_c}{105}\right)^{35} + 0.6 = 0.933$$

$$l_{dh} = \left(\frac{f_y \psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{23 \lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b^{1.5} = \left(\frac{400 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.933}{23 \times 1 \times \sqrt{35^{MPa}}}\right) 12^{1.5} = 114^{mm}$$

$$l_{dh} > \max\{8 d_b, 150^{mm}\}$$

$8 \times 12^{mm} = 96^{mm}$

$l_{dh} = 114^{mm}$ به دست آمد اما طبق آیین نامه باید از دو مقدار بالا حتی بیشتر باشد $8d_b, 150^{mm}$

برای l_{dh} به دست آمده باید آن را برابر 150^{mm} بگیریم.

پس $l_{dh} = 150^{mm}$

طول مستقیم بعد از لنگ $= l_{ext} = 12 d_b = 12 \times 12^{mm} = 144^{mm}$

طول لنگ $= 3 d_b = 3 d_b = 3 \times 12^{mm} = 36^{mm}$

طول قلاب دوسر آن $= 150 + \frac{1}{4}(2 \times \pi \times (36+6)) + 144 = 360^{mm}$

قطع میلگردهای مثبت (واقع در پایین دال)

الف) میلگردهای مثبت در وسط دهانه‌ی AB.

براساس آیین‌نامه، حداقل یک‌چهارم فولادی‌های کشش مثبت در اعضای خمشی لازم است. در حالت دوم، حداقل به میزان 150^{mm} به داخل تکیه‌گاه ادامه دارد. در واقع به علت رعایت یک حاشیه‌ی ایمنی، در مقابل ① جابه‌جایی میلگردهای کشش در اثر بارگذاری، ② شیب تکیه‌گاه و ③ بارهای جانبی، لازم است حتی در تنه‌ای که لنگرهای محاسبه‌ای مثبت کم یا صفر است، آرماتور خمشی مثبت در نظر بگیریم. هر سه مورد بالا، معیاری است که می‌گوید ما همواره محاسبات لازم برای اتفاقات پیش‌بینی نشده باید حداقل‌هایی از آرماتور مثبت را داشته باشیم.

در این مثال با توجه به اینکه فاصله‌ی میلگردهای خمشی دال [illegible] بیشتر نشود، یک‌دوم میلگردهای کشش مثبت را تا تکیه‌گاه ادامه می‌دهیم.

حال به نظر می‌رسد که می‌توانیم محل قطع 50٪ میلگردهای [illegible] دهانه‌ی AB را تعیین کرده و قطع میلگردها را به صورت یک در میان در آن محل انجام دهیم.

اگر میلگردها در ناحیه‌ی مثبت دهانه‌ی AB که به صورت $\Phi 12@250^{mm}$ طراحی شده‌اند، با قطع 50٪ میلگردها میلگردها کمتر خواهند شد. حال به بررسی این موضوع می‌پردازیم که اگر 50٪ $\Phi 12@250^{mm}$ را ادامه دهیم یعنی نصف آن را کم کرده‌ایم پس عدد $@250^{mm}$ که به این معنی بود که فاصله‌ی میلگردها 250^{mm} بود اکنون با کم کردن نصف میلگردها عملاً فاصله‌ی آنها 500^{mm} خواهد بود.

از طرفی میلگرد افت و حرارت که به عنوان حداقل میلگرد کششی باید منظور شود ($A_{s\min}=350^{mm^2}$) می‌باشد از طرفی یک $\Phi 12$ مساحت معادل 113^{mm^2} دارد پس برای تأمین 350^{mm^2} باید 3 تا $\Phi 12$ یعنی در عرض 1000^{mm} فاصله‌ی داشته باشد: $\frac{1000^{mm}}{3}$ و عدد 500^{mm} که پس از کم شدن $\frac{1}{2}$ آرماتور به دست آمد قابل قبول نیست.

پس چون با قطع 50٪ میلگردهای مثبت در دهانه‌ی AB فولاد باقی‌مانده کم‌تر از حداقل فولاد خمشی می‌باشد.

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

محل تقطع یک دهانه میلگردهای مثبت را باید در خارج از منطقه لنگرخنثی، یعنی در نقطه‌ی عطف لنگر مثبت قرار دهیم.

قطع تئوریک 100٪ : $x_{100\%} = 0.1\,l_n = 0.1 \times 4.6^{m} = 0.46^{m}$

قطع عملی 100٪ : $x'_{100\%} = x_{100\%} - \max\{d, 12d_b\} = 0.46^{m} - 0.15^{m} = 0.31^{m}$

فاصله از محل لنگر حداکثر $= \frac{4.6}{2} - 0.31 = 1.99^{m} > l_d = 0.3^{m}$ ✓

طول میلگرد ادامه‌یافته پس از قطع تئوریک $= x_{100\%}$ + طول میلگرد در تکیه‌گاه $= 0.46 + 0.15 = 0.61^{m} \geq l_d = 0.3^{m}$ ✓

قطع میلگردهای مثبت در تکیه‌گاه‌های ساده در نقطه‌ی عطف باید مورد کنترل قرار گیرد. علت این کنترل این است که

(پوشش بتن + میلگرد)

برای قطع میلگرد باید در هر دو طرف محدوده‌ی [illegible] تنش پیوستگی، دو طرفی تئوریک به تکیه‌گاه‌های ساده و یا نقاط عطف، مقاومت خمشی اسمی متقطع کمتر از [illegible] موجود نشود.

در این سؤال، در نقطه‌ی عطف لنگر مثبت، با توجه به این که همه‌ی میلگردها وصل‌اند (Φ12 @250) خواهیم داشت: $l_a = \max\{d, 12d_b\} = 149^{mm}$

$l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a$

149 mm ، 144 mm

$M_n = \rho f_y b d^2 \left(1 - \frac{0.59 \rho f_y}{f'_c}\right)$ ، $\rho = A_s/bd = \frac{4 \times 113}{1000 \times 149} = 0.003$

$M_n = \frac{A_s}{bd}$ // $= 0.003 \times 400 \times 1000 \times 149^2 \times \left(1 - \frac{0.59 \times 0.003 \times 400}{35}\right) = 26.1 \times 10^6$ N.m

$V_u = q_u \left(\frac{l_n}{2} - x_{100\%}\right) = 15.44 \times \left(\frac{4.6}{2} - 0.461\right) = 28.4\,kN$

$\frac{M_n}{V_u} + l_a = \frac{26.1 \times 10^6}{28.4 \times 10^3} + 149 = 1068^{mm} > l_d = 300^{mm}$ ✓

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

ب) میلگردهای مثبت در وسط دهانه‌ی BC

طناب دهانه نیز مانند دهانه‌ی AB ، یک دوم میلگرد مثبت را تا تکیه‌گاه در وجه باطنی دال ادامه داده و به مقدار 150 mm در تکیه‌گاه ، امتداد می‌دهیم . در این طناب چون ، قطع 50٪ میلگردهای مثبت ، فولاد باقی‌مانده کمتر از حداقل فولاد خمشی (فولاد افت و حرارت) می‌شود ، محل قطع یک در میان میلگردهای مثبت باید در خارج از منطقه‌ی لنگرخمشی ، یعنی در نقطه‌ای عطف لنگر اعمال گردد . با استفاده از نمودار تغییر لنگر مثبت ، $\frac{wl_n^2}{16}$ خواهیم داشت :

قطع تئوریک $x_{100\%} = 0.146\, l_n = 0.146 \times 4.6 = 0.67^m$

قطع عملی : $x'_{100\%} = x_{100\%} - \max\{d, 12d_b\} = 0.67 - 0.15 = 0.52^m$

نصف از محل لنگر حداکثر $= \frac{4.6}{2} - 0.52 = 1.78^m$ ✓ ok .

طول میلگردهای ادامه‌یافته پس از قطع تئوریک $= x_{100\%} + \text{طول تکیه‌گاه} = 0.67^m + 0.15^m = 0.82^m > L_d = 300^{mm}$ ok ✓

برش در محل قطع $= V_u = 15.44 \times (4.6 - 0.67) = 60.7^{KN}$

$\frac{M_u}{V_u} + l_a = \frac{26.1 \times 10^6}{60.7 \times 10^3} + 149 = 579^{mm} > L_d = 300^{mm}$ ✓ ok .

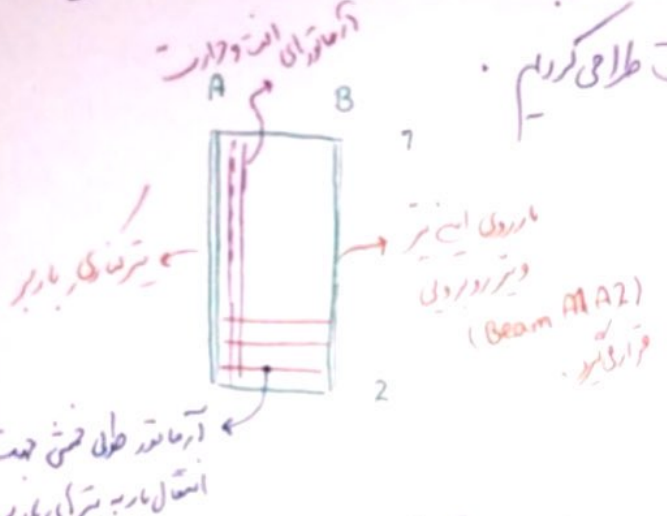
Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

• فولاد گذاری در جهت متعامد

دال این سؤال یک دال یکطرفه است یعنی بار فقط در یک جهت به دو تکیه گاه منتقل می شوند پس میلگردهای طولی را جهت مقاومت در همین جهت طراحی کردیم.

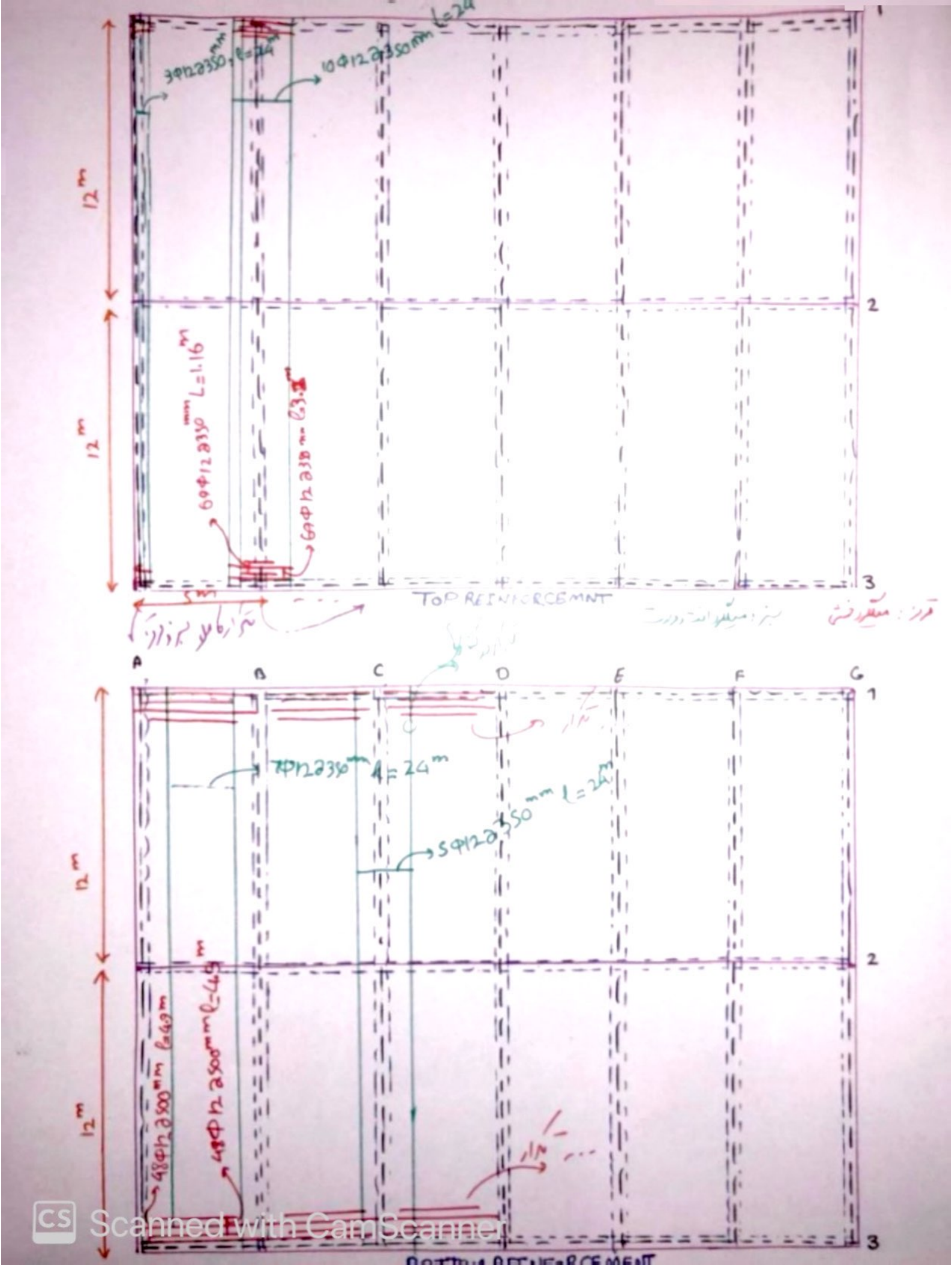


طبق آیین نامه باید آرماتورهای افت و حرارت (آرماتور حرارتی) در جهت عمود بر جهت قرار داده شود. این آرماتور جهت جلوگیری از ترک خوردگی در جهت کارنشده ها می باشد. درواقع این آرماتورها که عمود بر جهت نقش آرماتورهای خمشی کار می شود حداقل آرماتوری است که باید در همین جهت کارشود.

در جهت آرماتورهای خمشی بیلت ها این آرماتورها چراکه خود آرماتورهای خمشی همین نقش را نیز ایفا می کنند.

براساس محاسبات قبلی، سطح مقطع فولاد افت و حرارت $A_s=315^{mm^2}$ و معادل $\Phi 12@350^{mm}$ می باشد. این فولاد را می توان در پایین مقطع دال و یا به دو تکیه گاهی دال قرار داد.

پس در مجموع این طور خواهد بود



Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

موضوع: تعیین ضخامت دال براساس آبا

نام: محمدحسین آری‌نژاد

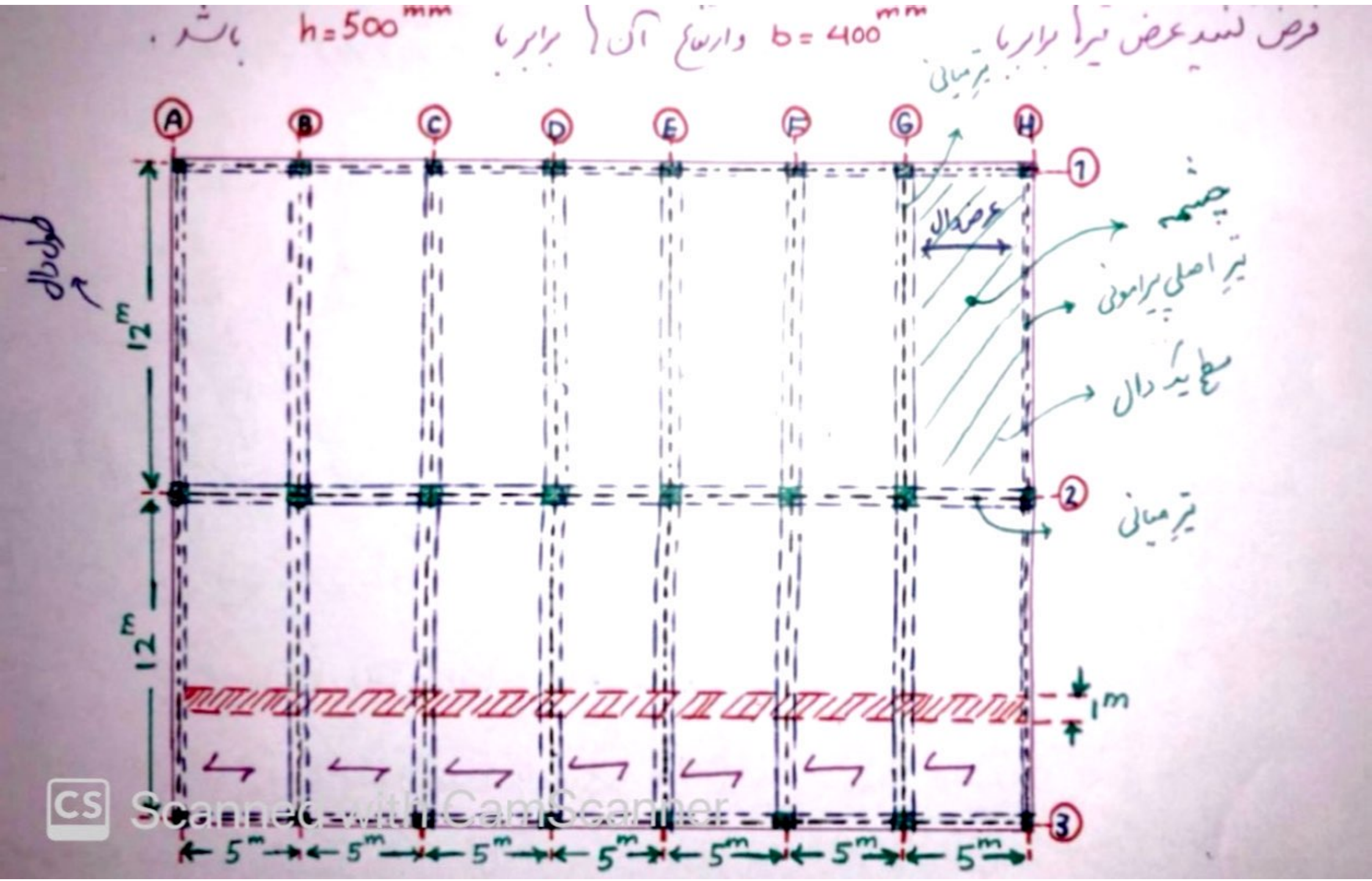
استاد: دکتر سجاد ضیاء محمدی

students #: ۹۸۴۴۳۰۰۱۰۰

تمرین ۶: دال نشان داده‌شده در شکل زیر را داریم. این بار تحت بار زنده‌ی بدون ضریب $4\ KN/m^2$ و بار مرده‌ی بدون ضریب $2\ KN/m^2$ قرار دارد. به فرض آنکه وزن مخصوص بتن $w_c = 23\ KN/m^3$، $f'_c = 30\ MPa$، $f_y = 400\ MPa$ باشد، ضخامت لازم برای دال را به دست آورید. طبق آیین نامه آبا.

Scanned with CamScanner

فرض شد عرض تیرها برابر با $b = 400^{mm}$ و ارتفاع آن‌ها برابر با $h = 500^{mm}$ باشد.



Scanned with CamScanner

آیین‌نامه بتن ایران (آبا)

۹-۳-۱: حداقل ضخامت دال

برای دال‌هایی که به جداکننده‌ها (تیغه‌ها) یا دیگر اجزای ساختمانی که احتمال دارد در اثر خیز زیاد آسیب ببینند، متصل نیستند، ضخامت کل دال (h) باید از مقادیر ذکر شده در جدول ۹-۱ که برای بتن معمولی (نه پرمقاومت و نه دیگر) و آرماتور با تنش تسلیم $f_y \leftarrow 420^{MPa}$ تنظیم شده است، کمتر نشود؛ مگر آن که محدودیت‌های ذکر شده در بند ۹-۳-۲ رعایت شود. برای f_y بزرگ‌تر از 420^{MPa} مقادیر جدول ۹-۱ باید در $\left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right)$ ضرب شود.

جدول ۹-۱: حداقل ضخامت دال، یک‌طرفه توپر

شرایط تکیه‌گاهی	ضخامت دال h
تکیه‌گاه ساده	$l/20$
یک انتهای ممتد	$l/24$
دو انتهای ممتد	$l/28$
طره (کنسول)	$l/10$

با توجه به شکل دال، دهانه‌ای کناری شامل یک انتهای ممتد و دهانه‌ی میانی شامل دو انتهای ممتد می‌شود پس طول دهانه که در اینجا سوال 5^m است به عنوان l باید در محاسبات باید.

یک انتهای ممتد (دهانه‌ی کناری)

دو انتهای ممتد (دهانه‌ی میانی)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

مثال: یک طرف ۷

دال سقف یک ساختمان دو طرف مفصل و با مشخصات بارگذاری

کیان را در نظر بگیرید.

ضخامت لازم برای دال طبق آئین نامه آبا را تعیین کنید.

۵ شرط برایش برقرار است.

حالت ① کنترل خیز:

دهانه کناری دال $h_{min} = \frac{L}{24}\left(0.4 + \frac{f_y}{670}\right) = \frac{5\times10^3}{24}\times1 = 208\ mm$

دهانه میانی دال $h_{min} = \frac{L}{28}\left(0.4 + \frac{f_y}{670}\right) = \frac{5\times10^3}{28}\times1 = 179\ mm$

* در این حالت توان برای خیز کناری دال، ضخامت 210 mm و برای خیز میانی دال ضخامت 180 mm را انتخاب کرد.

* همچنین می توان برای تمام خیزهای دال ضخامت 180 mm یا ... انتخاب کرد.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

نتیل برش : ⊕16

$q_D = 24 \times 0.18 + 2 = 6.32 \ KN/m^2$

$q_u = 1.25 q_D + 1.5 q_L = 15.4 \ KN/m^2$

$d = 185 - 25 - (12/2) = 149 \ mm$

$L_n = 5 - 0.4 = 4.6$

$V_u = 1.15 W_u \left(\frac{L_n}{2} - d\right) = 1.15 \times 15.4 \times \left(\frac{4.6}{2} - 0.1\right)$

$= 38.1 \ KN$

$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c'} \ b_w d = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{35} \times 1000 \times 149$

$= 105.8 \times 10^3 \ N$

$V_u < V_c$ ✓

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

تمرین ۴ / ۶

$$M_{max} = \frac{w_u L_n^2}{10} = \frac{15.4 \times 4.6^2}{10} = 32.6 \ kN.m$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 m \phi R_r}{\phi_s f_y}}\right]$$

$$m_\phi = \frac{\phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c} = 19.05$$

$$R_r = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{32 \times 10^6}{1000 \times 149^2} = 1.47 \ mpa$$

$$\rho = 0.0045$$

$$\rho_b = \rho_{max} = 0.85 \frac{\phi_c}{\phi_s} \frac{f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.0225 \rightarrow \rho < \rho_b \quad ok$$

www.nahal-alma.com

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

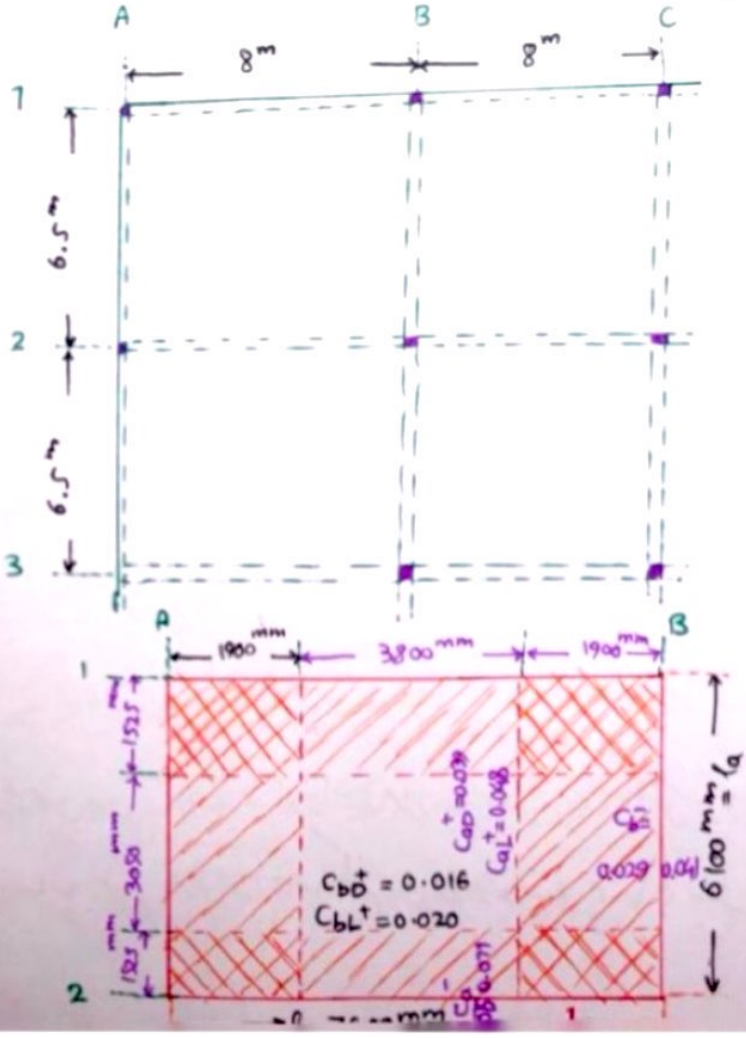
Scanned with CamScanner

درس: سازه‌های بتن آرمه 2 / استاد: دکتر سعید میرزا محمدی / شماره دانشجویی: ۹۸۴۴۳۰۰۰۱۰۰

تمرین ۷. دال نشان داده شده در شکل ۱۴-۶ الف را که در کف یک پارکینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نظر بگیرید. طوری که ابعاد مقطع ستون‌ها برابر با $400^{mm} \times 400^{mm}$ و ابعاد مقطع تیرها $400^{mm} \times 700^{mm}$ می‌باشد. این دال علاوه بر وزن خود، تحت بار زنده‌ای معادل $5^{kN/m^2}$ قرار می‌گیرد. اگر $f'_c = 25^{MPa}$ و $f_y = 400^{MPa}$ باشد. برای دال گوشه و با استفاده از روش‌های ضریب لنگر؛

الف) ضخامت لازم برای دال را تعیین کنید.

ب) لنگرهای خمشی در نوارهای میانی و نوار کناری (نوار ستون) را مشخص کرده و فولادهای خمشی دال را تعیین کنید.



تمرین ۷ متن ۲

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

گام اول: ابتدا باید ببینیم دال در نظر گرفته شده، یکطرفه است یا دوطرفه:

چون این دال شرایط زیر را دارد:

(مثلاً به این صورت باشد روی ۴ پر دارد)

1. دال در چهار طرف روی تیر قرار دارد یعنی

2. نسبت طول آزاد به عرض آزاد دال کمتر از ۲ است:

$$L_b = 8^m - 0.4^m = 7.6^m \quad \text{(بلندتر)}$$
$$L_a = 6.5^m - 0.4^m = 6.1^m \quad \text{(کوتاه‌تر)}$$
$$\rightarrow \frac{l_b}{l_a} = \frac{7.6^m}{6.1^m} = 1.25 < 2$$

اگر این نسبت از 2 بیشتر باشد، دال یکطرفه محسوب می‌شود.

3. بارهای وارد بر دال فقط به صورت قائم است و بار به صورت یکنواخت توزیع شده است.

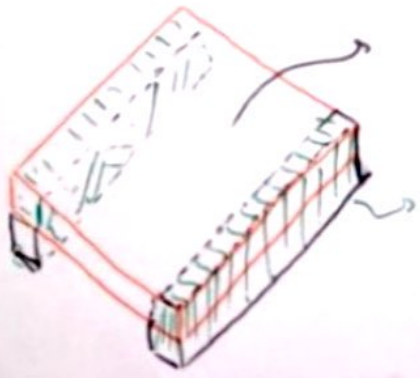
4. ابعاد تیرهای زیر دال به صورتی است که درصد صلبیت $h_s = 200^{mm}$ برای دال حاصل شود:

(ارتفاع تیر، عرض تیر، طول دهانه تیر، ضخامت دال)

$$\frac{b_w h_b^3}{l_n h_s^3} = \frac{400 \times 700^3}{7600 \times 200^3} = 2.26 > 2$$

فرمول فوق در آیین نامه آمده است. درصورتی که حاصل عبارت بالا از 2 بیشتر باشد تیری که در کنار اسلب (دال) قرار دارد تیر نسبتاً سخت محسوب می‌شود.

در واقع تیرهای زیر دال هستند که دال روی آنها سوار شده است و به تیر (دال) تولید دارد.



همان طور که مشخص است باری که روی دال قرار دارد سبب برش و خمش در دال می‌شود. اگر بخواهیم با استفاده از روابط تحلیل سازه لنگر و برش را محاسبه کنیم روابط دیفرانسیلی پیچیده‌ای بدست می‌آید که حل آنها نیازمند دقت بالا است.

Scanned with CamScanner

برای ساده‌تر شدن محاسبات و هم‌چنین سرعت بیشتر جداولی جهت ضریب لنگر در آیین نامه آمده است که ما از آنها استفاده می‌کنیم. (جداول ۱-۱۴ تا ۴-۱۴ کتب مسلوی نژاد ص 311)

لازم به ذکر است بعد کوچک‌تر دال را l_a و بعد بزرگ‌تر دال را l_b می‌نامیم.

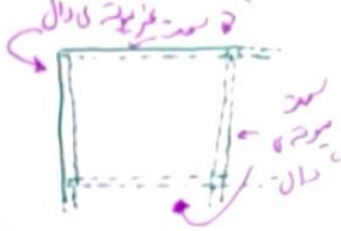
لنگرهای خمشی طراحی در نوار میانی با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شوند:

$$M_{a\,des} = C_a\, w\, l_a^2$$

$$M_{b\,des} = C_b\, w\, l_b^2$$

با توجه به ۴ شرط ذکر شده در صورت سوال می‌توان از روش ضرایب لنگر خمشی برای تحلیل و طراحی این دال استفاده کرد.

گام دوم: تعیین ضخامت دال: جهت تعیین ضخامت دال، با توجه به گوشه بودن دال و اینکه دال همواقع لبه لبه پیوسته نیست (یعنی از یک طرف ادامه دارد نیست و کنار آن دیگر دال ادامه ندارد)، با استفاده از ضوابط آیین نامه‌ی کانادا داریم:



$$h = \frac{\text{محیط دال}}{140} = \frac{2\,(6100^{mm} + 7600^{mm})}{140} = 195.7^{mm} > 100^{mm}$$

$$\text{محیط دال} = 2 \times (l_a + l_b)$$

طبق آیین نامه‌ی آبا ۱۴۰۰ ضخامت دال نباید کمتر از 100^{mm} باشد.

عدد 195.7^{mm} را برای راحتی در محاسبات به عدد تر نیک 200^{mm} رند می‌کنیم.

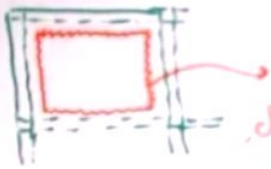
در آیین نامه آبا و کانادا تصریح شده است برای دال‌های میانی که از چهار طرف پیوسته است و ادامه دارد، ضخامت دال از رابطه‌ی $\frac{\text{محیط دال}}{160}$ به دست می‌آید که در اینجا دال داریم $\frac{2(1600^{mm} + 7600^{mm})}{140} = 171^{mm}$

قصد داریم دال را در کنار دالی با ضخامت 200^{mm} در میانه‌ای با ضخامت 171^{mm} میلی‌متر اجرا کنیم که این روش در اجرا و قالب‌بندی منطقی نیست و سختی‌هایی اجرایی دارد، پس تمام دال را با ضخامت عدد بیشتر 200^{mm} اجرا کنیم که این کار منطقی است. یعنی ضخامت دال را $h_{slab} = 200^{mm}$ در نظر می‌گیریم.

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

الان باید بررسی کنیم آیا این ضامن از نظر ظرفیت برش کافی ... !!

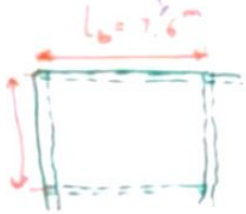
برای کنترل برش در دال باید به سراغ برش در یک طرف دال (در مجاورت تکیه‌گاه) که همان بیشترین مقاومت برشی را دارد) برویم چرا که در دال، بیشترین مقدار برش در مجاورت تکیه‌گاه به وجود می‌آید.



قوی‌ترین که با رنگ مشخص شده است نسبت به سایر قسمت‌های دال، برش بیشتری دارد.

جهت محاسبه‌ی برش به سراغ جدول ۱۲-۴ از کتاب مستوی نژاد ص۳۱۲ می‌رویم. بعد کوچکتر دال (عرض دال)

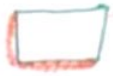
برای استفاده از این جدول باید پارامتر m از رابطه‌ی $m = \frac{l_a}{l_b}$ به دست آید. بعد بزرگ دال (طول دال)



$$m = \frac{6.1}{7.6} = 0.8$$

بعد از یافتن m اکنون باید ببینیم دال ما از کدام نوع است که با رفت می‌بینیم که دال ما از دو طرف آزاد است و از دو طرف پیوسته مانند شکل

پس شامل این مدل می‌شود



تا اینکه در دو لبه‌ی کناری پیوسته است و دو لبه‌ی دیگر هم آزاد.

این مدل حالت چهارم از جدول می‌باشد.

پس با $m = 0.8$ و حالت چهارم به ترتیب $w_a = 0.71$ ، $w_b = 0.29$ به دست می‌آید.

پس از یافتن w_a و w_b از جدول، حال باید به سراغ محاسبه‌ی ترکیب بار برویم. (Load Combination)

ابتدا با دانستن وزن مخصوص بتن (وزن یک متر مکعب بتن) که $w_c = 24 \frac{KN}{m^3}$ می‌باشد (هر یک متر مکعب بتن $24KN$ یا 2400^{kg} می‌باشد)، اگر ضخامت $h_s = 200^{mm}$ باشد این w_c را در ضخامت 0.2^m ضرب کنیم وزن یک متر مربع بتن به عنوان بار مرده به دست می‌آید.

$$w_D = 0.2^m \times 24 \frac{KN}{m^3} = 4.8 \frac{KN}{m^2}$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

زمزده باری است که همیشه در سازه وجود دارد و از اجزای سازه‌ای هست می‌آید مانند همین وزن بتن ، البته در مقابل بار مرده باید بار کف سازی نظیر کاشی و سرامیک کف و ... به حساب بیاید که اینها چون بار کسترده است دیگر روی بتن پوشنده ی دیگری لازم نیست کار شود و اگر هم کار لازم بوده باشد در سؤال گفته نشده است . به بار کف سازی و کاشی و سرامیک و ... می‌گوییم Super dead load)

بار زنده ی این کفپوش با توجه به اینکه بار کسترده است عدد قبل توجه (یعنی 500 kg در هر متر مربع) $w_L = 5 \frac{KN}{m^2}$

می‌باشد. از ترکیب بار : $W_u = 1.2 w_D + 1.6 w_L$ داریم :

$$W_u = 1.2(4.8 \frac{KN}{m^2}) + 1.6(5 \frac{KN}{m^2}) = 13.76 \frac{KN}{m^2}$$

بین دو ضریب w_a و w_b که به دست آمد w_a عدد بزرگتری بود پس $w_a = 0.71$

برش بحرانی

ابعاد برش بزرگتری می‌باید پس باید از آن استفاده کنیم در محاسبه برش وارده بر دال . یعنی داریم :

برش V_u :

$$V_u = w_a \times w_u \times \frac{l_a}{2}$$

(اگر w_b بیشتر بود از برش $V_u = w_b \times w_u \times \frac{l_b}{2}$ استفاده می‌کردیم) :

$$V_u = w_a \times w_u \times \frac{l_a}{2} = (0.71)(13.76 \frac{KN}{m^2})(\frac{6.1}{2} m) = 29.8 \frac{KN}{m}$$

حال باید مقاومت برشی دال را محاسبه کنیم :

رابطه‌ی مقاومت برشی دال :

$$V_c = \frac{2}{3}(\lambda_s \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c}) b_w d$$

حداقل ظرفیت برشی دال را برای حداقل فولاد خمشی که آیین نامه الزام کرده است محاسبه می‌کنیم .

ضخامت دال

$$A_{s\min} = 0.0018 bh \longrightarrow \rho_{min} = 0.0018 (h/d) = 0.0018 (\frac{200}{175}) = 0.00206$$

عمق مؤثر دال (کاور + ضخامت)

در رابطه‌ی بالا از حداقل فولاد خمشی که در آیین نامه آمده است استفاده کردیم . توضیح اینکه در آیین نامه به دلیل

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

اینکه از ترک‌های بتن به دلیل ماهیت جمع شدگی بتن و تغیرات حرارتی که قبلاً توضیح داده شد یک حداقل
فولادی باید همه جای دال به نام آرماتور افت و حرارت استفاده شود. که عدد این آرماتور در صفحه‌ی قبل آمد.

البته با توجه به اینکه دال دوطرفه است در هر دو جهت آرماتور طولی خمشی خواهیم داشت (در واقع هردو
طراحی میشود) که این آرماتور خمشی از حداقل‌ها بیشتر خواهد بود یعنی ما الان در محاسبه‌ی برش، برش
دال را کمتر از مقدار واقعی به کار می‌بریم (چون درمقدار طراحی که خواهد شد احتمالاً فولاد بیشتری استفاده میشود از ρ_{min}
خواهیم بود) که اگر این مقدار جواب کمتری برش داده باشد قطعاً دال واقعی که طراحی خواهد شد
با مقدار فولاد بیشتر از محاسبات الان دال قدرتی در مقابل برش خواهد بود.

پس داریم:

$$V_c = \frac{2}{3}(1)(1)\times(0.00206)^{\frac{1}{3}}(\sqrt{25}\ mpa)\times 1000^{mm}\times 175^{mm} = 74.2\times10^{3}\ N/m$$

$$= 74.2\ ^{kN/m}$$

(صحت مقدار دال، صحت محاسبات و طراحی دالی را برای یک مترعرض حساب میکنیم و
طراحی را تعمیم داده و در کل دال تعمیم میدهیم.)

ملاحظه میکنیم که حال باید ϕV_c را بیابیم.

$$\phi V_c = 0.75\times 74.2^{kN/m} = 55.65^{kN/m}$$

می‌بینیم که $\phi V_c = 55.65^{kN/m} > V_u = 29.8^{kN/m}$ یعنی دال در مقابل نیروی برشی مقاومت لازم را دارد
و تقریباً دوبرابر مقدار لازم مقاومت برشی دارد!

توجه داریم که آیین نامه به ما اجازه می‌داد که نیروی برشی را به فاصله‌ی d از بر تکیه‌گاه حساب کنیم که قطعاً V_u کمتری
محاسبه می‌شد. ولی ما اینگونه عمل نکردیم و دیدیم تیر برای دال V_u بدست آمده نیز کفایت می‌کرد جواب گویا بود.

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

مراحل دوم : محاسبه ی لنگرهای وارد بر دال در نقاط مختلف با استفاده از جدول ضرایب لنگر

ابتدا ضریب های لنگرهای خمشی منفی و مثبت را برای قسمت های نوار میانی با استفاده از جداول ۱۴-۱ تا ۱۴-۳

به دست می آوریم :

$$m = \frac{l_a}{l_b} = \frac{6.1}{7.6} = 0.8$$

* برای دال با حالت ٤ :

$C_a^- = 0.071$ $\quad C_b^- = 0.029$

علامت منفی بالای C_a و C_b به این معنی است که لنگر در این نقاط از نوع گیرداری هستند ، منفی می باشد .

در جدول ای ضریب لنگر ، علاوه بر ضرایب C_a و C_b ضرایب C_{aL} ، C_{aD} هم آمده است .

C_{aL} ضریب لنگر مربوط به بار زنده است که برای مرده و زنده با هم منظور کردن اثرات بارگذاری متناوب در دهانه های دال در حالت اثر بار زنده بوده است و برای چشمه های دال پیوسته قابل کاربرد است .

البته در جداول برای یک چشمه منفرد دال که روی تکیه گاه قرار گرفته است ، هم برای بار مرده و هم برای بار زنده از جدول ۱۴-۲ استفاده می شود .

در هر جدول ستون اول مقدار $m = \frac{l_a}{l_b}$ نشان داده شده است و این m در محدوده 0.5 تا 1 تغییر می کند بدین معنی است که اگر این نسبت کمتر از 0.5 باشد دیگر عملکرد دال دوطرفه نخواهد بود و دال باید یکطرفه در نظر گرفته شود و عملکرد دال یکطرفه در جهت کوتاه تر ، آنالیز و طراحی شود .

بار مرده $C_{aD}^- = 0.039$ $\quad C_{bD}^- = 0.029$

بار زنده $C_{aL}^- = 0.048$ $\quad C_{bL}^- = 0.020$

* برای دال با حالت 8 : (دال کناری محصور بین تکیه گاه های 8 و 5 و 1 و 2) .

در بالای هر کدام از جدول های ۱۴-۱ تا ۱۴-۳ ، ۹ حالت مختلف برای شرایط تکیه گاهی چشمه ی دال نشان داده شده است که در هر حالت لبه ی هاشور خورده بیان گر آن است که دال در آن لبه ، پیوسته بوده و یا در تکیه گاه گیردار است . در حالی که لبه ی بدون هاشور نشان می دهد که مقاومت

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

پیچش تکیه‌گاه، در آن به قابل مرفنظر کردن است و تکیه‌گاه به صورت مفصلی عمل می‌کند.

نکته‌ی قابل توجه دیگر اینکه همواره باید کنترل کنیم که اگر تنگر منفی در روش ضریب‌های آیین‌نامه‌ای، نسبت به طرف تکیه‌گاه کمتر از 80٪ تنگر منفی در طرف دیگر تکیه‌گاه باشد، تفاوت تنگر منفی بین دو طرف تکیه‌گاه و متناسب با سختی بین دال‌های دو طرف، تقسیم می‌گردد.

چیزی که مذکر شد صورت می‌باشد یعنی از سه طرف، دال‌ها گیردار به طور پیوسته در ارتباط است.

$C_b = 0.041$

* برای دال با حالت 9 (دال گیرداری مشترک بین محورهای 2، 3، A، B):

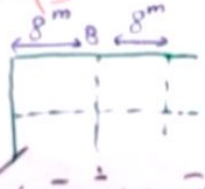
$C_a = 0.075$

ضرایب فوق نشان می‌دهند که تنگر منفی تولیدشده در سمت چپ تکیه‌گاه محور B، از 80٪ مقدار متناظر در سمت راست تکیه‌گاه کمتر است.

$0.029 < 80\% \times 0.041 = 0.0328$

پس باید طبق مراحل این مبحث (در حالای صفحه قبل) تفاوت این تنگرها به نسبت سختی‌های خمشی دو دال مجاور تکیه‌گاه، بین آن‌ها تقسیم شود.

سختی خمشی در هر دهانه به طول آن دهانه رابطه‌ی مستقیم دارد. در دو طرف تکیه‌گاه B، طول دهانه‌ها 8 متر هستند یعنی برابرند.



(البته طول آزاد 7.6m است)

پس سختی خمشی در دو طرف B یکسان است و با توجه به اینکه بار گسترده در دو طرف برابر است پس باید متوسط ضریب‌های تنگر خمشی را در محاسبه لحاظ کنیم:

$C_b = \frac{1}{2}(0.029 + 0.041) = 0.035$

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

در مورد لنگر منفی تولر میانی در دو طرف محور 2 ، مقایسه‌ی ضریب های 0.071 و 0.075

نشان می‌دهد که اختلاف بین این دو ضریب کمتر از 80٪ است.

$0.071 > 80\% \times 0.075$ (0.06)

پس مبنای به بازتوزیع لنگر نیست ولی توان از $C_a = 0.071$ در محاسبات استفاده کرد.

اکنون پس از بررسی دال و یافتن ضریب های لنگر می توان لنگرهای خمشی طراحی نوار میانی دال گوشه

به ازای عرض واحد را به صورت زیر بدست آورد:

۱. لنگر منفی در لبه‌ی پیوسته

$M^-_{a,des} = C^-_a w_u l_a^2 = 0.071 \times 13.76 \times 6.7^2 = 36.4 \ KN.m/m$

$M^-_{b,des} = C^-_b w_u l_b^2 = 0.035 \times 13.76 \times 7.6^2 = 27.8 \ KN.m/m$

۲. لنگر مثبت در وسط دهانه

بارمرده: $M^+_{aD,des} = C^+_{aD} w_{uD} l_a^2 = 0.039 \times (1.2 \times 4.8) \times 6.7^2 = 8.4 \ KN.m/m$

بار زنده: $M^+_{aL,des} = C^+_{aL} w_{uL} l_a^2 = 0.048 \times (1.6 \times 5) \times 6.7^2 = 14.3 \ KN.m/m$

بار کل: $M^+_{a,des} = 8.4 + 14.3 = 22.7 \ KN.m/m$

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

بارمرده : $M^{+}_{bD,des} = C^{+}_{bD}\, \omega_{uD}\, \ell_b^2 = 0.016 \times 5.76 \times 7.6^2 = 5.3^{KN.m/m}$

بارزنده : $M^{+}_{bL,des} = C^{+}_{bL}\, \omega_{uL}\, \ell_b^2 = 0.02 \times 8.0 \times 7.6^2 = 9.2^{KN.m/m}$

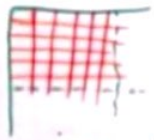
کل : $M^{+}_{b,des} = 5.3 + 9.2 = 14.5^{KN.m/m}$

* لنگر منفی در لبه‌ای ناپیوسته : این لنگر باید معادل یک چهارم لنگر مثبت در وسط دهانه در نظر گرفته شود. یعنی :

$M^{-}_{a,des} = 0.75 \times 22.7 = 17^{KNm/m}$

$M^{-}_{b,des} = 0.75 \times 14.5 = 10.9^{KN.m/m}$

گام چهارم : طراحی دولادرای خمشی دال در نوار میانی :



دال روطه‌داشت و در دو طرف که با هم مقاومت هستند فولاد گذاری داریم

لذا عمق مؤثر (d) برای دولادرای دوجهت به اندازه ضخامت (قطر) یک میلگرد تفاوت خواهد داشت

چون فرض کردیم که برای دال از $\Phi 12$ استفاده خواهیم کرد پس برای یافتن d برای فرض اینکه پوشش خالص روی میلگردها برابر 20^{mm} فرض کنیم خواهیم داشت :

درجهت کوتاه : $d = 200^{mm} - (20^{mm} + \frac{12^{mm}}{2}) = 174^{mm}$

درجهت بلند : $d = 174^{mm} - 12^{mm} = 162^{mm}$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

$M_{a,des} = 36.4\ kN\cdot m/m$: $R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{36.4 \times 10^6}{0.9 \times 1000 \times 174^2} = 1.34\ MPa$

$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 25} = 18.82$

$\rho = \frac{1}{m}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right\} = 0.00346$

$A_s = \rho b d = 0.00346 \times 1000 \times 174 = 602\ mm^2/m$

$A_{s,min} = 0.0018\ bh = 0.0018 \times (100 \times 200) = 360\ mm^2/m$

حداقل آرماتور، آرماتور لازم است.

$A_{s,min} < A_s$ پس A_s قابل قبول است.

$A_{\phi 12} = \frac{\pi (12)^2}{4} = 113\ mm^2$

$S = \frac{A_{\phi 12}}{A_s} = \frac{113}{602} = 0.188^m = 188^{mm}$

$S_{max} = \min\{3h, 350^{mm}\} = 350^{mm}$ (3×200^{mm})

$\rightarrow S < S_{max}$

$\rightarrow S = 188^{mm}$

$S = 180^{mm}$ اندکی کمتر

USE $\phi 12 @ 180^{mm}$

$0.5 \times 7600 = 3800^{mm}$

عرض نوار میانی برابر است با $\frac{\text{طول دهانه}}{2}$ پس

چون $S = 180^{mm}$ پس آرماتورها طبق رابطه $\frac{\text{عرض نوار میانی}}{S}$ به دست آید:

$n = \frac{3800}{180} + 1 = 22$ عدد

برای قسمت‌های دیگر دال محاسباتی مانند آنچه انجام شد، است. سرگیرد خلاصه‌ی محاسبات، با آرماتورهای لازم در جدول ذیل آمده است.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

محمد حسین اورکاری

دهانه	موقعیت	لنگر خمشی (KN.m/m)	d (mm)	R_n (MPa)	ρ (A_s)	فاصلگذاری
کوتاه	لبه پیوسته	-36.4	174	1.18	0.00346	22Φ12 @180 mm
	وسط دهانه	+22.7	174	0.83	0.0021 (A_s($A_{s,min}$))	14Φ12 @280 mm
	لبه غیرپیوسته	-17.0	174	0.62	0.0021 (A_s<$A_{s,min}$)	14Φ12 @280 mm
بلند	لبه پیوسته	-27.8	162	1.18	0.0035	22Φ12 @180 mm
	وسط دهانه	+19.5	162	0.61	0.0021 (A_s< $A_{s,min}$)	14Φ12 @280 mm
	لبه غیرپیوسته	-10.9	162	0.46	0.0021 (A_s <($A_{s,min}$)	14Φ12 @280 mm

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

لنگر خمشی طراحی در ناحیه تیر دستون (تیر پیوندی) از مقدار مساوی لنگر خمشی طراحی تیر میانی در مرز مشترک با آن، تا یک سوم آن مقدار در تکیه گاه کاهش می یابد. یعنی - طول متوسط لنگر خمشی در تیر دستون، دو سوم مقدار لنگر خمشی در تیر میانی است.

از طرفی عرض تیر میانی، 2 برابر عرض تیر دستون است.

پس با این توضیحات (در جهت اطمینان)، میزان فولاد خمشی یک مقطع با میزان لنگر خمشی آن متناسب فرض کنیم. تعداد میلگردها در عرض تیر دستون، یک سوم تعداد میلگردها در عرض تیر میانی خواهد بود.

این تعداد میلگردها را می توان در فواصل نزدیک تر به تیر میانی به صورت متراکم تر و در فاصله های نزدیک تر به تکیه گاه با فاصله بیشتر قرار داد.

البته همانطور که قبلا گفتیم در این روش حداقل تعداد میلگرد کمتر از حداقل فولادگیری براساس ضوابط آیین نامه باید از حداقل فولاد استفاده کنیم.

یا اگر فاصله بین میلگردها از S_{max} بیشتر شد باید به جای فاصله بدست آمده از S_{max} استفاده کنیم.

یعنی در این مثال در هیچ جا حتی استفاده کمتر از مقدار $A_{smin} = 360\ mm^2$ و فاصله بین آرماتورها بیشتر از $S_{max} = 380\ mm$ نداریم.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

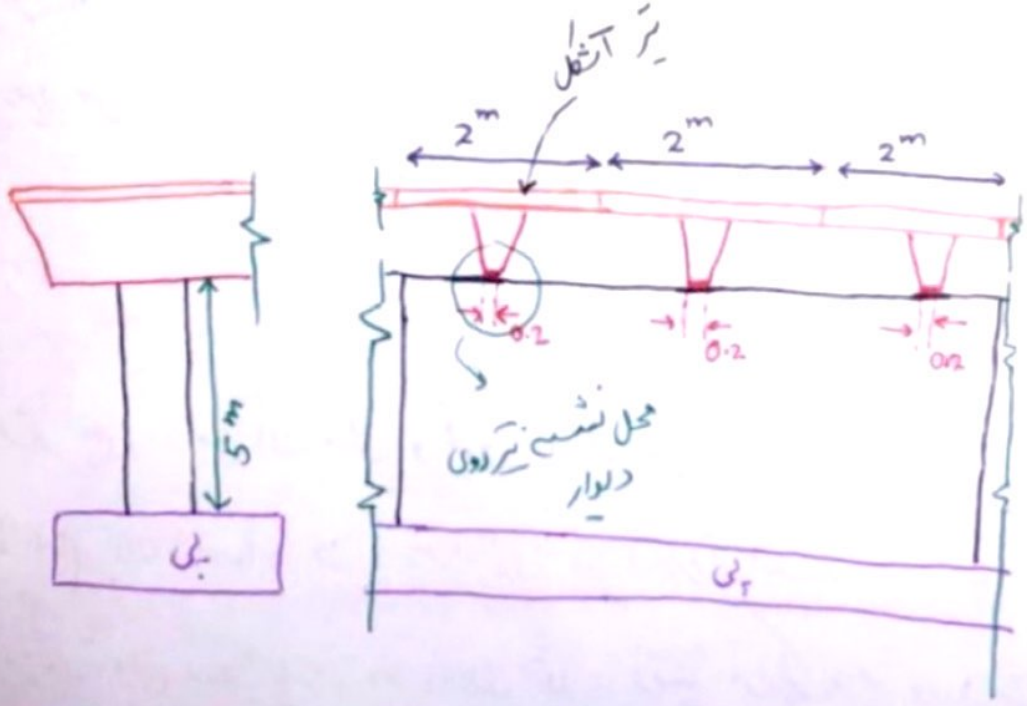
فرمول

تمرین : یک دیوار بتنی باربر با بتن ریزی درجا با ارتفاع 5^m و طول 6^m ، بار تیرهای بتنی T شکل پیش ساخته را به پی انتقال می‌دهد . به طوری که عرض جان تیرهای T شکل در قسمت نشیمن روی دیوار برابر با $b_w = 200^{mm}$ و عرض تیرهای T شکل، برابر با $b = 2^m$ است.

بارهای مرده و زنده‌ای که از هر تیر T شکل به دیوار منتقل می‌شود، به ترتیب $P_D = 150^{kN}$ ، $P_L = 60^{kN}$ است و اتصال جان تیر به دیوار، حرکت جانبی دیوار را در بالا کنترل می‌کند.

با استفاده از روش طراحی تجربی ، دیوار را طراحی کنید.

مقاومت فشاری بتن و فولاد به ترتیب $f'_c = 25\ MPa$ و $f_y = 420\ MPa$ بوده و از وزن دیوار صرف نظر می‌شود .



Scanned with CamScanner

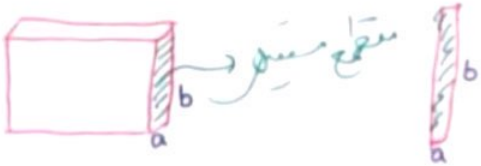
حل: دیوار برشی مگر است برای تحمل برش طراحی شوند یا مگر است جهت تحمل خمش یا بار محوری یا ترکیب آنها طراحی شوند. (دیوار مانند یک تیر است یعنی ابتدا از سازه‌ای که دو بعدان نسبت به یک بعدان خیلی بزرگ دو بعد تر دیگر به هم و خیلی کوچکتر از بعد دیگر گویند) باشد:

در این سوال همان طور که مشخص است بار یکنواختی که بالا و روی دیوار قرار گرفته اند به صورت محوری (فشاری) در حال وارد آمدن به دیوار می باشد.

(تو پر یا توخالی)

چون بار به صورت محوری است پس می توان گفت که خروج از مرکزیت بار بسیار کم است و طبق آیین نامه حداقل خروج از مرکزیت در نظر گرفته می شود.

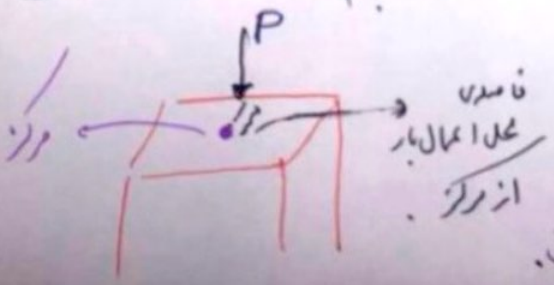
اگر از دیوار بتنی با مقطع مستطیلی توپر استفاده شود: یعنی مقطع کناری دیوار مستطیلی باشد



و توپر باشد یعنی داخل آن خالی و تو خور نباشد یعنی داخل و مغز دیوار هم از بتن تشکیل شده باشد.

پس شرایط لازم برای استفاده از روش طراحی تجربی برآورده است.

* خروج از مرکزیت یعنی مثلاً بار از بالا وارد می شود. دقیقاً بر مرکز جرم وارد شود و کمی یا خیلی با فاصله از مرکز جرم جسم بار بر آن وارد شود مثلاً:

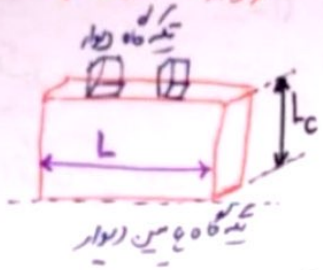


اگر بار دقیقاً در نقطه وسط وارد باید، خروج از مرکزیت صفر است.

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

از رابطه ۱ حداقلی برای h بدست می‌آید. $h \geq \min\left\{\frac{5\times10^3}{25}, \frac{6\times10^3}{\quad}\right\} \geq 100$

$h \geq \min\left\{\frac{l_c}{25}, \frac{l}{25}\right\} \geq 100^{mm}$



l_c : فاصله‌ی تکیه‌گاه‌های دیوار (ارتفاع دیوار) است.

l : طول دیوار است.

h حتماً باید از min دو مقدار $\frac{l_c}{25}$ و $\frac{l}{25}$ بزرگ‌تر باشد.

از طرف h حتماً باید از 100^{mm} نیز بیشتر باشد.

ابتدا $\frac{l_c}{25}$ و $\frac{l}{25}$ را بدست می‌آوریم. بین این ۲ عدد مقدار کمتر را انتخاب می‌کنیم.

$\frac{l_c}{25} = \frac{5\times10^3}{25} = 200$ ، $\frac{l}{25} = \frac{6\times10^3}{25} = 250$

عدد کوچک‌تر که 200^{mm} باشد را به عنوان ضخامت دیوار انتخاب می‌کنیم.

البته دقت داشتیم که این عدد بزرگ‌تر از 100^{mm} است پس قابل قبول است. با این ضخامت تنش و سیرها را بدست می‌آوریم. اگر همین ضخامت جوابگوی سیرها نبود تأیید نمی‌شود.

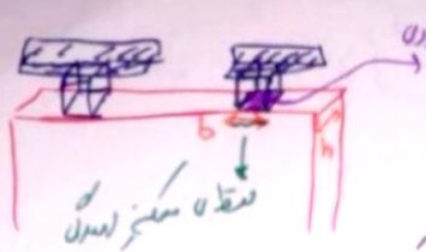
Try: $h = 200^{mm}$.

گام دوم: بدست آوردن P_u - بارهای وارده‌ی نهایی

$P_u = 1.2\,P_D + 1.6\,P_L = 1.2\,(150) + 1.6\,(60) = 276^{kN}$

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

گام سوم: کنترل تنش اتکایی (لهیدگی) باری که روی دیوار قرار دارد به صورت نقطه‌ای نیست



بلکه توسط تیر بر روی دیوار اعمال می‌شود.

لذا دقیقاً در سطحی که تیر روی دیوار اعمال می‌شود (چون این سطح کوچک است نقطه‌ای می‌گوییم) باید بتن زیر این سطح نباید دچار لهیدگی و خرابی شود.

ابتدا سطح اتکای تیر روی دیوار را به دست می‌آوریم $A_1 = h \times b_w = 200^{mm} \times 200^{mm} = 4\times10^{4}\ mm^2$

(کدام عضو بیشتر بر روی دیوار اتکا دارد.)

رابطه‌ی کنترل تنش لهیدگی: $\phi B_n = \phi(0.85 f'_c A_1)$

$\phi B_n = 0.65 \times 0.85 \times 25 \times 4\times10^{4}) = 552.5\times10^{3}\ N$

[illegible]

بار عمودی از [illegible]

اکنون باید مقایسه کنیم آیا مقاومت فشاری دیوار در سطح A_1 از نیروی وارده‌ی P_u بیشتر است یعنی توان تحمل را دارد یا کمتر است و دچار خرابی لهیدگی می‌شود.

$P_u \leq \phi B_n$? : $P_u = 276^{kN} \leq \phi B_n = 552\ kN$ ✓

پس دیوار زیر سطح بتن دچار لهیدگی نمی‌شود.

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

گام پنجم : محاسبه ی مقاومت طراحی دیوار

چون همان طور که اشاره شد خروج از مرکز بار کم است (کمتر از $\frac{h}{6}$) ، پس می توان با استفاده از رابطه ی تجربی $\Phi P_n = 0.55 \Phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32h}\right)^2\right]$ مقاومت دیوار را حساب کرد.

در این رابطه :

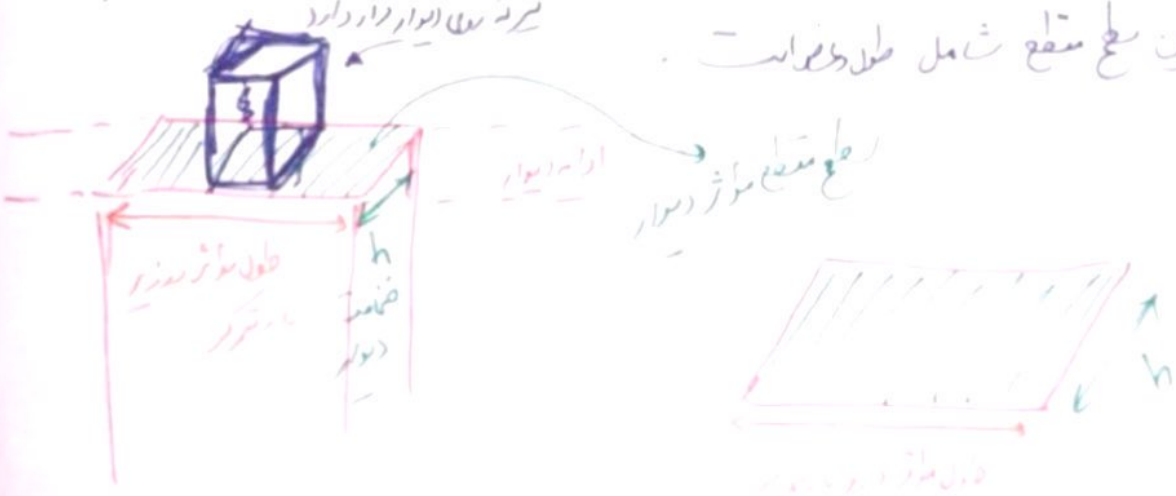
Φ : ضریب کاهش مقاومت . در اینجا چون مقطع در حالت فشاری قرار دارد و اصطلاحاً فشار کنترل است : $\Phi = 0.65$.

h : ضخامت دیوار که در دو حد بتنی $h = 200^{mm}$ در نظر گرفته شده است

l_c : فاصله ی قائم بین تکیه گاه های دیوار (ارتفاع دیوار) . $L_c = 5000^{mm}$

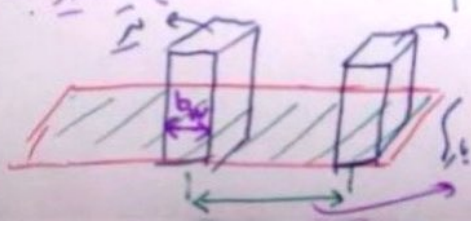
$f'_c = 25^{MPa}$

A_g : سطح مقطع یا مقاطع دیوار : سطح مقطع ناخالص دیوار در واقع مساحت مؤثری از دیوار است که زیر بار متمرکز قرار دارد . این سطح مقطع شامل طول و ضخامت است .



مشخص است که طول دیوار (h) ، طول مؤثر این مشخص از رابطه ی زیر به دست می آید :

طول مؤثر دیوار زیر بار متمرکز = $\min \{ b_w + 4h \text{ و } \text{فاصله ی ورق تا ورق بار} \}$

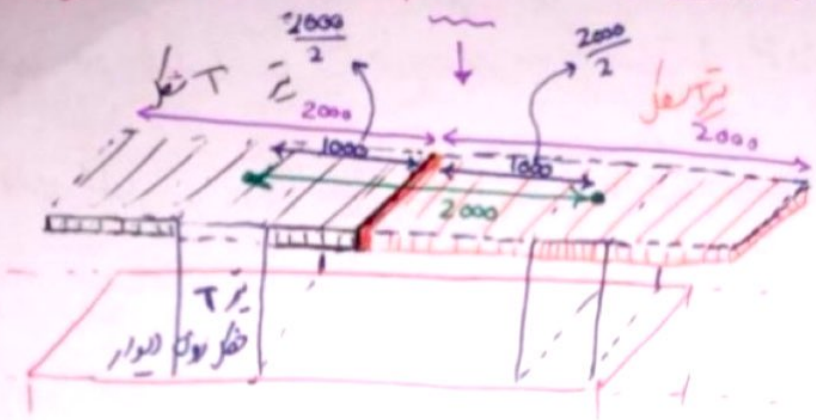


b_w : عرض تیر که بدنه دیوار قرار دارد

h : ضخامت دیوار

طول موثر دیوار در برابر بار متمرکز $= \min\left\{ 2000^{mm} \;,\; 200 + 4\times 200^{mm} \right\} = \min\left\{ 2000^{mm}, 1000^{mm} \right\}$

$= 1000^{mm}$



دیوار

سطح مقطع ناخالص دیوار $A_g =$ طول موثر $\times\ h = 1000^{mm} \times 200^{mm} = 2\times 10^{5}\ mm^2$

k : ضریب طول موثر دیوار بسته به شرایط تکیه گاهی دیوار در بالا و پایین می باشد.

این دیوار از بالا به تیر متصل است و از پایین به پی وصل است پس از هر دو طرف بالا و پایین نسبت به حرکت جانبی مقید شده است از طرفی از پایین به پی متصل است پس جلوی چرخش آن گرفته شده است.

پس با توجه به این دو مورد از آیین نامه داریم:

- اگر دیوار از پایین و بالا در مقابل انتقال جانبی نگاه داشته شده و در هر یک از انتهاها جلوی چرخش مقید باشد:

$k = 0.8$

حالت گذاره در فرمول:

$$\phi P_n = 0.55\,\phi\, f'_c\, A_g \left[1 - \left(\frac{k L_c}{32 h}\right)^2\right]$$

$$(0.55)(0.65)(25)(2\times 10^5)\left[1 - \left(\frac{0.8\times 5000}{32\times 200}\right)^2\right] = 1089.3\times 10^3\ N$$

Scanned with CamScanner

گام پنجم: مقایسه P_u و ϕP_n: ϕP_n بدست آمده در گام قبل باید از P_u بیشتر باشد:

$P_u = 276^{KN}$ ✓ $\phi P_n = 1089.3^{KN}$

ملاحظه می‌شود که ϕP_n بزرگتر است از P_u پس دیوار مقاومت لازم را دارد.

گام ششم: تعیین فولاد افقی و قائم: دیدیم که در مراحل قبل $h = 200^{mm}$ جواب‌گوی مقاومت بود.

ضخامت دیوار با حاشیه‌ی امنیت کافی در مقابل هرگونه خروج از مرکزیت احتمالی مناسب است.
اینجا چون ضخامت دیوار کمتر از 250^{mm} است. می‌توان فولادهای طولی و عرضی را در دو لایه قرار داد.
و چون مقاومت دیوار مقاومت مطلوبی دارد برای استفاده از آرماتور به حداقل آرماتور بسنده می‌کنیم.

طبق آیین‌نامه، حداقل مقدار آرماتورها لازم به شرح ذیل است:

۱) حداقل نسبت میلگرد قائم (میلگردهای طولی) به سطح مقطع ناخالص بتن عمود بر میلگردهای P_l با حداکثر قطر 16^{mm} و با $f_y \geq 420^{MPa}$.

فولادهای قائم $A_{sv} = P_l\, bd = \underline{0.0012 \times 200 \times 1000} = 240^{\frac{mm^2}{m}}$

۲) حداقل نسبت میلگردهای افقی (میلگردهای عرضی) به سطح مقطع ناخالص بتن عمود بر میلگردهای P_t برابر است با: 0.002 برای میلگرد آجدار با $f_y \geq 420^{MPa}$.

فولادهای افقی:

$A_{sh} = 0.002 \times 200 \times 1000 = 400^{\frac{mm^2}{m}}$

Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner
Scanned with CamScanner

گام هفتم : فاصله‌ی حداکثر فولادهای قائم برشی

طبق آیین نامه فاصله‌ی فولادهای قائم برشی حداکثری دارد که فاصله‌ای که محاسبه می‌آوریم.

$$S_{max} = \min\left\{ 8h, 450^{mm} \right\} = \min\left\{ 600^{mm}, 450^{mm} \right\} = 450^{mm}$$

فاصله‌ای که در گام بعد بدست می‌آید نباید از 450^{mm} بیشتر باشد. اگر بیشتر بود باید فاصله را 450^{mm} در نظر بگیریم.

گام هشتم : تعیین شعاع و تعداد آرماتور و شکل قرارگیری فواصل آرماتورها

در گام ششم دیدیم که A_s لازم برای فولاد قائم 240^{mm^2} در هر متر است. اگر بخواهیم از $\Phi 10$ استفاده کنیم (اجباری بر $\Phi 10$ نیست می‌توان مثلاً از $\Phi 12$ هم استفاده کرد و ...) تعداد $\Phi 10$ بدست می‌آید از رابطه‌ی زیر:

$$n = \frac{A_{sv}}{A_{\Phi 10}} = \frac{240^{mm^2}}{\pi \frac{10^2}{4}} = 3.05$$

$\Phi 10$ تا عدد

پس در هر متر طول، 3 عدد میلگرد لازم!

$< 450^{mm}$ ok ✓

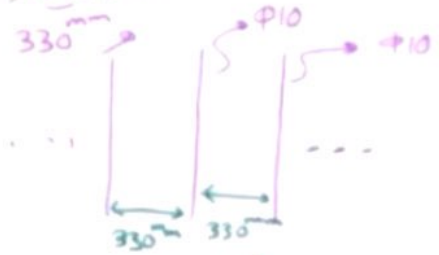
تعداد آرماتور در طول

USE $\Phi 10$ @ 330^{mm}

استفاده کنید از آرماتورهای 10 — فاصله‌ی مرکز تا مرکز آرماتورها

پس می‌نویسیم:

یعنی



A_s لازم برای فولاد افقی 400^{mm^2} در هر متر است. از $\Phi 10$ استفاده می‌کنیم روش مانند توضیحات بالا

$$n = \frac{A_{sh}}{A_{\Phi 10}} = \frac{400^{mm^2}}{\pi \frac{10^2}{4}} = 5.09$$

پس در هر متر طول، 5 عدد میلگرد لازم.

تعداد

$100^{cm} \div 5 = 20^{cm}$

یک متر طول

که فاصله آرماتورها شود:

USE $\Phi 10$ @ 200^{mm}

پس در کل می‌نویسیم:

Scanned with CamScanner