



به نام خداوند

بخشنده مهربان



اتصالات قابهای خمشی بتنی

استاد:

جناب آقای دکتر منوچهر بهروئیان

گردآورنده:

کامیار سلطانی محمدی

۸۶۰۸۱۵۴۳۵۰۰

پیشگفتار:

در سالهای اخیر گرایش سازندگان بنا به ساختمانهای بتنی رشد فزاینده ای داشته است که از دلایل عمده آن می توان به ارزان و راحت تر بودن اجرای آن اشاره نمود.

تجربه نشان داده است که ساختمان های بتنی از کارآمدترین سازه ها در برابر زمین لرزه می باشند ولی عمده ترین آسیب های وارده به این سازه ها در ناحیه اتصالات می باشد.

از این رو در این تحقیق برآنیم تا نکاتی را در بهبود طراحی اتصالات سازه های بتن ارمه ارائه نمائیم.

گستره:

در گذشته طراحی اتصالات در سازه های بتن آرمه یکپارچه به طور کلی به بر آورده شدن ضوابط مهاري برای ارماتور محدود می گشت، به دلیل کاربرد روز افزون مصالح (بتن و فولاد) با مقاومت بالا، سطح مقطع های کوچک تر و میلگرد های بزرگ تر، توجه خاص به طرح و جزئیات اتصالات حائز اهمیت بیشتری است. در بسیاری از طرح ها، ضوابط مربوط به طرح جزئیات اتصالات می تواند تعیین کننده اندازه های ستون باشد. این گزارش اتصالات تیر به ستون متداول در سازه ها بتن مسلح در جا را در بر می گیرد.

طبقه بندی اتصالات تیر به ستون :

نوع ۱:

در این نوع اتصالات هیچ گونه تغییر شکل الاستیک شایانی وجود ندارد و در برابر بارهای عادی و وزنی طرح می گردند.

نوع ۲:

اعضایی را به هم متصل می سازد که طرح آنها بر اساس فرض دارا بودن مقاومت دائم در شرایط رفت و برگشت تغییر شکل ها در محدوده غیر الاستیک صورت پذیرفته باشد. و برای مقاومت در برابر بارهای زمین لرزه، باد های خیلی شدید یا اثرات انفجاری طرح می شوند.

گستره اتصالات نوع ۲:

کلیه نتایج موجود از تحقیقات اخیر مربوط به اتصالاتی هستند که عرض تیر کوچکتر و یا برابر عرض ستون بوده و محور مرکزی تیر از مرکز ستون عبور کند.

در غیر این صورت کلیه میلگرد های تیر باید در داخل هسته ستون مهار شده باشد و یا از آن عبور کند. ولی پیچش ناشی از این برون محوری باید در نظر گرفته شود.

نیروهای طراحی:

در هر اتصال باید نسبت به تعیین اعضای که بر اثر بارهای وزنی، بارهای جانبی و اثرات ثانویه به نخستی جاری شدن نایل می آیند توجه نمود. همچنین نیروهای طرح در ارماتور خمشی در محل فصل مشترک عضو و اتصال با استفاده از تنش αf_y تعیین شود، f_y مقاومت مشخصه جاری شدن میلگرد بوده و α ضریب تنش به ترتیب زیر است:

برای اتصال نوع ۱ $\alpha \geq 1/0$

برای اتصال نوع ۲ $\alpha \geq 1.25$

برای اتصالات نوع ۲ که در آنها در امتداد هر صفحه اصلی مجموع ظرفیت خمشی ستون ها از مجموع ظرفیت خمشی تیر ها تجاوز می کند. نیروهای کششی و فشاری حاصل از تیرها باید بر مساحت فولاد تامین شده و تنش جاری شدن مشخصه که توسط α اصلاح می شود مبتنی باشد.

هدف از منظور کردن ضریب α :

۱- در یک نمونه میلگرد معمولاً تنش جاری شدن واقعی حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد بزرگتر از مقدار اسمی است.

۲- بر اثر تغییر مکانهای عضو که تنها به مقدار ناچیزی بزرگتر از چرخش جاری شدن باشند میلگرد ها دچار سخت شدگی کرنشی خواهند شد.

قابلیت بهره برداری:

هیچ ضابطه دیگری علاوه بر ضوابط ارائه شده در ACI 318 وجود

ندارد. ولی طراح بایستی تاثیر محتمل چرخش های اتصال بر روی

ترک خوردگی و تغییر مکان ها را مد نظر قرار دهد.

ملاحظات مقاومت:

ضوابط مربوط به مقاومت اسمی:

فشار:

انتقال بار محوری ستون از داخل ناحیه اتصال به محصور شدگی

کامل بتن درون هسته ستون از اطراف نیاز دارد.

محصور شدگی:

۱- محصور شدگی جانبی بوسیله ترکیبی از ارماتور طولی ستون به علاوه اعضای عرضی درگیر با ستون تامین میشود.

۲- بررسی ستون های تحت بار های شدید نشان داده است که توزیع یکنواخت و گسترده مساحت ارماتور طولی ستون محصور شدگی هسته بتنی را بهبود می بخشد.

۳- برای اتصالات نوع ۲ در داخل اتصال نباید محور میلگرد های طولی ستون امتداد یافته از داخل اتصال را انتقال داد و مساحت ارماتور ستون باید در تمام وجه پیرامونی هسته ستون توزیع گردد.

محل قرار گیری ارماتور عرضی:

۱- بین تراز های بالا و پایین ارماتورهای طولی تیر در عمیق ترین عضو متصل به اتصال بایستی حداقل ۲ ردیف ارماتور عرضی تدارک دیده شود.

۲- فاصله مرکز به مرکز نباید از ۳۰ سانتیمتر تجاوز کند. اگر اتصال تیر به ستون قسمتی از سیستم اصلی برای مقابله با بارهای جانبی غیر زلزله ای باشد این فاصله نباید از ۱۵ سانتیمتر تجاوز نماید.

۳- به منظور سهولت جایگذاری ارماتور اصلی در اتصالات نوع ۱ می توان از تنگهای پوششی یا چند تکه استفاده نمود.

تبصره: در موارد زیر نیازی به قرارگیری ارماتور عرضی نمی باشد:

در داخل عمق کم ارتفاع ترین عضو درگیر با اتصال می توان موارد زیر را از بند فوق مستثنی نمود:

۱- در موردی که تیرها از هر چهار طرف با اتصال درگیر می شوند و در موردی که عرض هر تیر حداقل برابر با $\frac{3}{4}$ عرض ستون بوده و در هر طرف تیرها حداکثر ۱۰ cm از عرض ستون نمایان باشد.

۲- در موردی که تیرها از دو طرف با اتصال درگیر می شوند و در موردی که عرض هر تیر حداقل برابر با $\frac{3}{4}$ عرض ستون بوده و در هر طرف تیرها حداکثر ۱۰ cm از عرض ستون نمایان باشد در جهت عمود بر این دو وجه نیازی به ارماتور عرضی نمی باشد.

وظیفه تنگها:

وظیفه اصلی تنگها در یک ستون مسلح جلوگیری از کمانش میلگرد های طولی و تدارک مقداری محصور شدگی برای هسته ستون می باشد.

مقدار ارماتور:

۱- ارماتور ماریچ:

$$\rho_s \geq .12 \frac{f'_c}{f_{yh}}$$

۲- ارماتور مستطیلی یا رکابی:

$$A_{sh} = .3 \frac{S_h h'' f'_c}{f_{yh}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

ولی نباید کمتر از مقدار زیر گردد:

$$A_h = 0.09 \frac{S_h h'' f'_c}{f_{yh}}$$

برای اتصالاتی که جزیی از سیستم مقاوم در برابر زلزله هستند فاصله مرکز به مرکز خاموت ها نباید از کمترین مقادیر زیر تجاوز کند:

1/4 حداقل بعد ستون
۶ برابر قطر میلگرد های طولی
۳۰ سانتی متر

برای اتصال اعضای که جزیی از سیستم مقاوم در برابر زلزله نیستند ولی به دلیل همسازی تغییر مکان با سیستم اصلی مقاوم در برابر نیروهای جانبی این اعضا باید تحمل تغییر مکانهای معکوس در محدوده غیر الاستیک را دارا باشند و فاصله مرکز به مرکز خاموت های آنها نباید از حداقل های زیر تجاوز کند:

1/3 حداقل بعد ستون
۲۰ سانتی متر

قلاب آرماتور:

کلیه حلقه ها باید به وسیله قلاب های حداقل ۱۳۵ درجه در انتهای خود و طول ادامه ۶ برابر قطر آرماتور بسته شوند.

رکابی تک شاخه باید دارای یک خم ۱۳۵ درجه با طول ادامه ۶ برابر قطر میلگرد در یک انتها بوده و یک قلاب ساده در انتهای دیگر باشد.

کنترل برش:

رابطه زیر باید برقرار شود:

$$\phi V_n \geq V_u$$

که $\phi=0.85$ و V_n مقاومت برشی اسمی می باشد.

$$V_n = 0.265 \gamma \sqrt{f'_c} b_j h$$

عرض موثر اتصال و h ضخامت ستون در جهت بار مورد بررسی

$$b_j = \frac{b_b + b_c}{2}$$

ولی این عرض نباید از b_c عرض ستون، و عرض تیر b_b به علاوه نصف عمق مقطع ستون h در هر سمت تیر بزرگتر باشد.
اگر عرض تیر متغیر باشد باید مقدار میانگین محاسبه گردد.

جدول ۱-مقادیر برای اتصالات تیر به ستون:

طبقه بندی اتصال			
گوشه	بیرونی	داخلی	نوع اتصال
۱۵	۲۰	۲۴	۱
۱۲	۱۵	۲۰	۲

۱- یک اتصال داخلی دارای اعضای افقی است که از هر ۴ سوی اتصال با آن درگیر می شوند.

۲- یک اتصال خارجی دارای حداقل ۲ عضو افقی درگیر در دو وجه مقابل اتصال می باشد.

خمش:

طرح خمشی اتصال باید بر اساس ضوابط ACI 318 انجام پذیرد.

برای اتصالات نوع ۲ که قسمتی از سیستم اصلی در برابر بارهای جانبی زلزله هستند، مجموع مقاومت های خمشی اسمی در مقاطع ستون های بالا و پایین اتصال نباید کمتر از $1/4$ برابر مجموع مقاومت های خمشی اسمی مقطع تیرها در محل اتصال باشد.

اگر اتصال نوع ۲ قسمتی از سیستم اصلی در برابر بارهای جانبی زلزله نباشد نسبت مقاومت خمشی ستون ها به تیر ها باید بزرگتر از $1/0$ گردد.

مه‌ار ارماتور:

مقطع بحرانی برای مه‌ار آرماتور در اتصالات نوع ۱ باید در بر ستون و برای

اتصالات نوع ۲ در لبه بیرونی هسته ستون اختیار شود.

قطع میلگرد های قلاب دار در اتصال:
اندازه میلگردها نباید از T36 بزرگتر باشد.

حداقل طول مهاری l_{dh} نبایستی از مقادیر زیر کوچکتر باشد:

$$8d_b$$

۱۵ سانتی متر

اتصال نوع ۱:

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{13 \cdot 2 \sqrt{f'_c}}$$

اتصال نوع ۲: کلیه میلگرد های قطع شده باید با یک قلاب ۹۰ درجه در داخل ارماتور عرضی قلاب شوند.

$$l_{dh} = \frac{\alpha f_y d_b}{19 \cdot 8 \sqrt{f'_c}}$$

قطع میلگردهای مستقیم:

میلگردهای مستقیم باید T36 یا کوچکتر انتخاب شوند و طول مهاری آن برابر

$$l_d = \frac{f_y A_b}{16 \cdot 5 \sqrt{f'_c}}$$

مقدار زیر انتخاب شود.

ولی حداقل برابر با:

$$0.0058 f_y d_b$$

نکته:

الف): اگر عمق بتن ریخته شده در یک نوبت در زیر میلگرد از 30 cm بیشتر گردد l_d باید ۳۰ درصد افزایش یابد.

ب): اگر مقدار ارماتور تامین شده در عضو خمشی مازاد بر مقدار خواسته شده برای مقاومت خمشی بوده و مهاری برای f_y احتیاج نباشد l_d را می توان به نسبت $A_{s(req)}/A_{s(ex)}$ کاهش داد.

زمینه های نیازمند تحقیق:

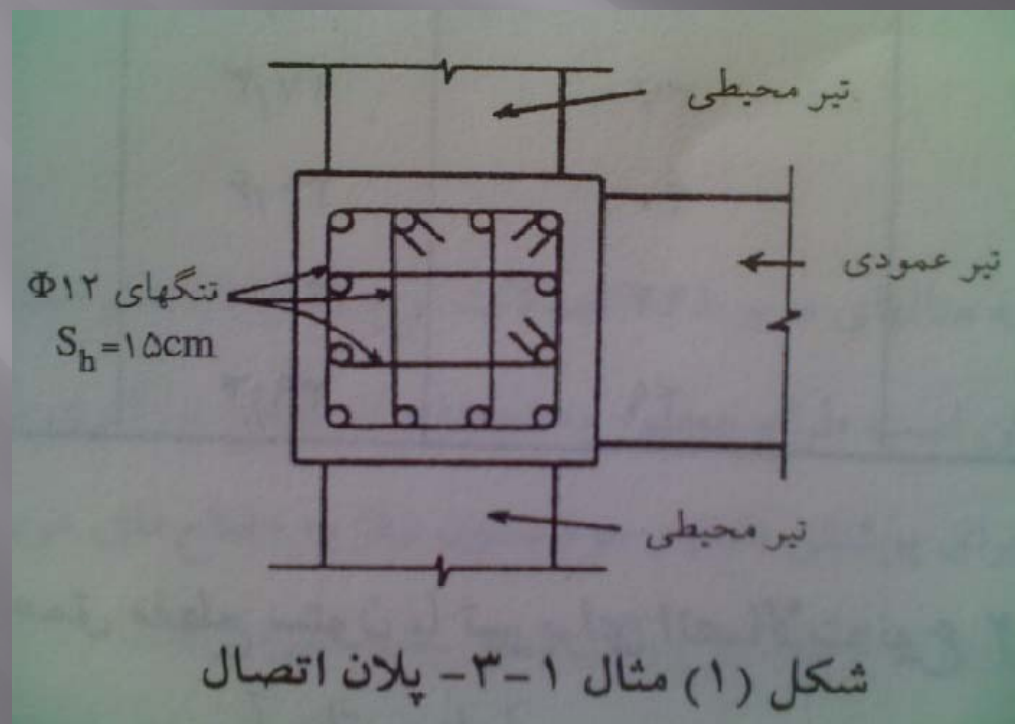
- ۱- اتصالات دارای تیرهای عریض تراز ستون ها
- ۲- تاثیر تیر های برون محور
- ۳- اتصالات دارای بارگذاری ۲ محوری
- ۴- دوباره جایگیری مفاصل پلاستیک در فاصله ای دورتر از اتصال
- ۵- ارماتور الیاف در اتصال
- ۶- بتن با مقاومت بالا در اتصال
- ۷- اتصالات زانویی
- ۸- رفتار سیستم های نامعین
- ۹- بتن سبک
- ۱۰- اثر دال ها
- ۱۱- تراکم فولاد

مثال:

طرح اولیه: ستون 60cmx60cm با 12 عدد میلگرد T36
تیر محیطی: 45cmx75cm با 3 عدد میلگرد T32 در بالا و 3 عدد میلگرد T25 در پایین
تیر عمودی: 50cmx70cm با 5 عدد میلگرد T32 در بالا و 3 عدد میلگرد T32 در پایین

$$f'_c = 300 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 3000 \frac{kg}{cm^2}$$



حل:

ارماتور طولی ستون:

ارایش ۱۲ عدد میلگرد T36 قابل قبول است.
ارماتور عرضی:

$$A_{sh}(req) = 4 * 1.13 cm^2 = 4.52$$

در هر جهت

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s_h h' f_c'}{f_{yh}} (A_{g/A_c} - 1)$$

$$= 0.3 \times \frac{(15)(52)(3000)}{3000} \left(\frac{60^2}{52^2} - 1 \right) = 7.75 cm^2 > 4.52 cm^2$$

Not ok

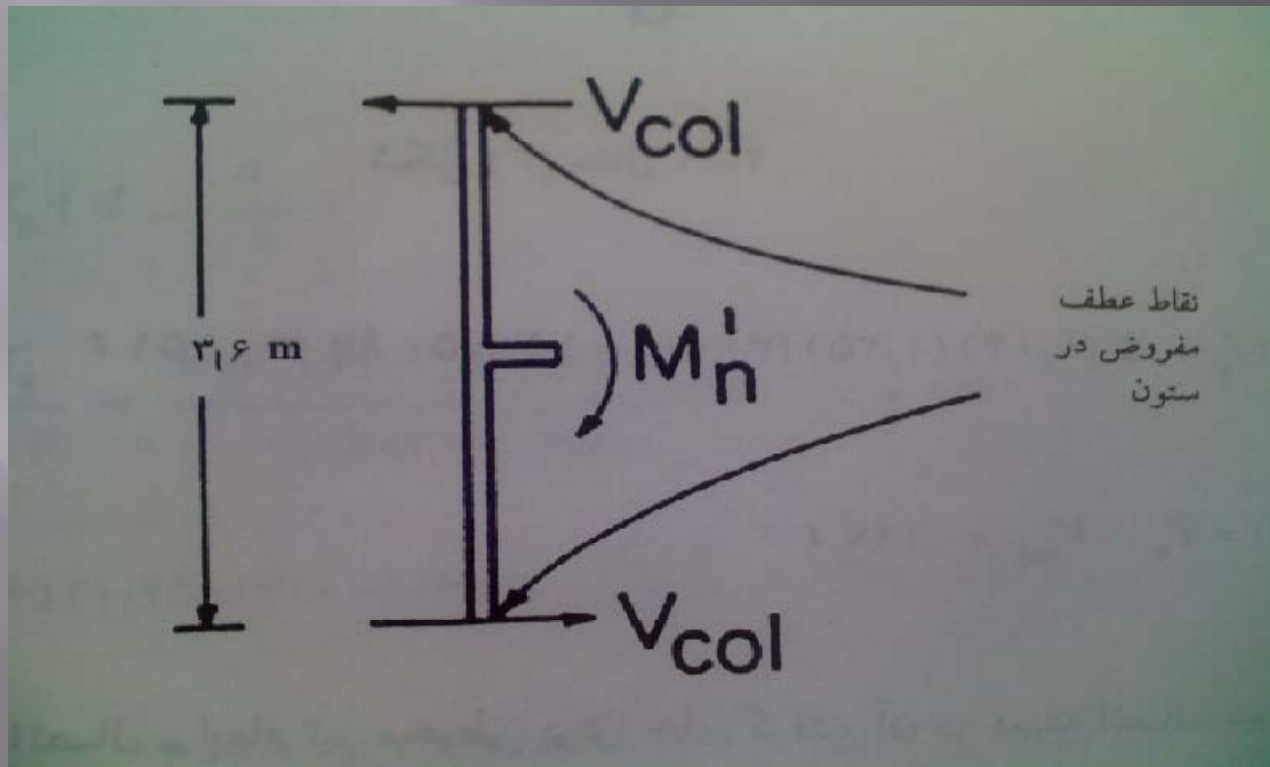
از T14 در هر 12 سانتیمتر استفاده می کنیم.

$$A_s (req) = 4(1.54) = 6.16 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0.3 \frac{(12)(52)(300)}{3000} \left(\frac{60^2}{52^2} - 1 \right) = 6.2 \approx 6.16 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0.9 \frac{s_h h'' f_c'}{f_{yh}} = 5.6 \text{ cm}^2 < 6.16 \text{ cm}^2$$

در تحلیل خمشی زیر از تاثیر ارماتور فشاری چشم پوشی و فرض شده که در اکثر نقاط $d=h-7.0\text{cm}$. در محل های برخورد میلگردهای تیر محیطی و تیر عمودی، فرض می شود در تیر محیطی $d=h-9.5\text{cm}$ در جهت عمودی



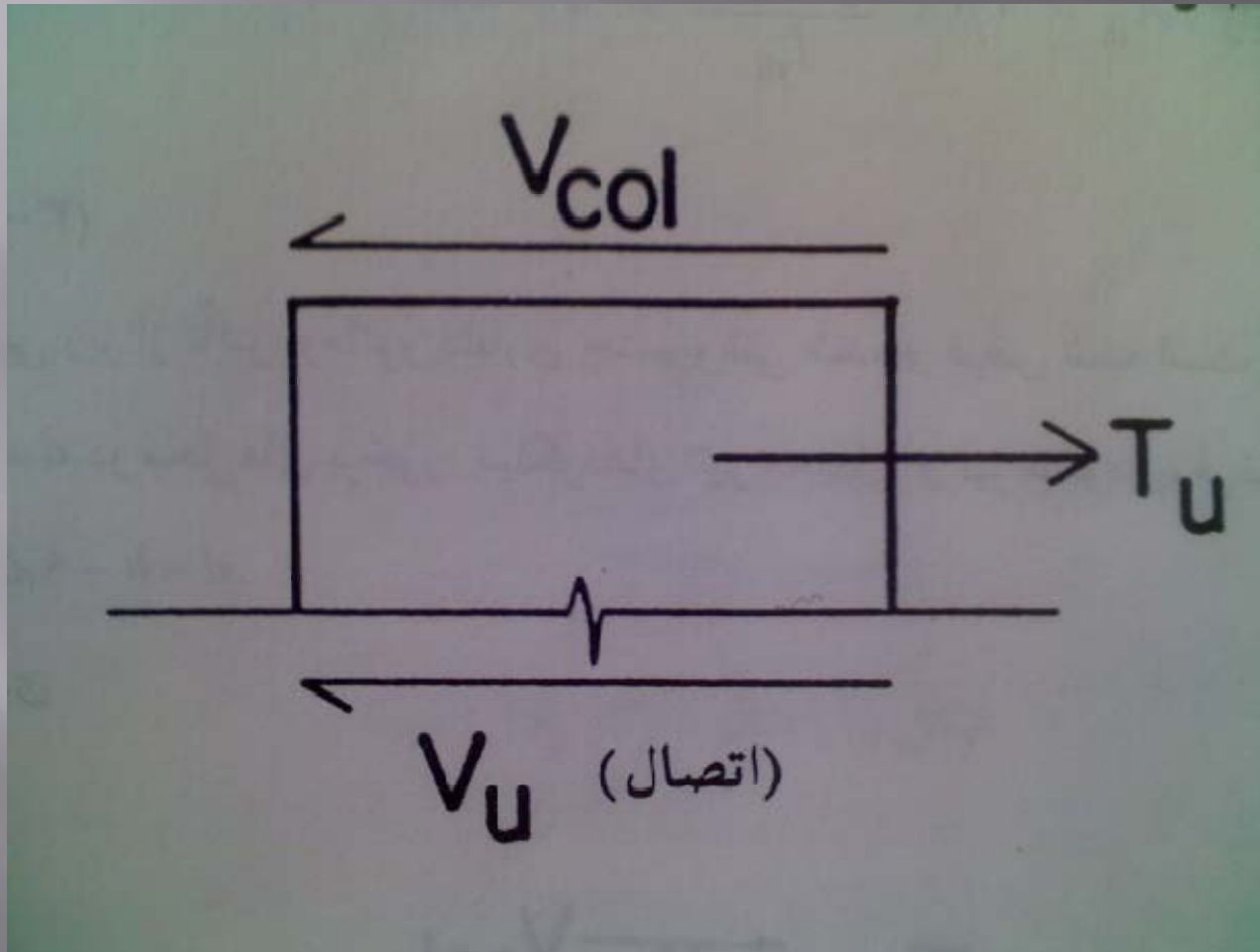
$$M'_n(\text{beam}) = A_s \alpha f_y (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_s \alpha f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{5(8.04)(1.25)(3000)}{0.85(300)(50)} = 11.82 \text{ cm}$$

$$M'_n(\text{beam}) = 5(8.04)(1.25)(3000)(63 - 11082/2)$$
$$= 8606318 \text{ kg} \approx 86.1 \text{ kg}$$

$$V_{col} = \frac{m'_n(\text{beam})}{3.6m} = \frac{86.1}{3.6} = 24t$$

برش اتصال:



$$T_u = A_s \alpha f_y = 5(8.04)(1.25)(3000) = 150750 \text{ kg} = 151 \text{ t}$$

$$V_u(\text{joint}) = T_u - V_{cal} = 127 \text{ t}$$

ابعاد تیر محیطی برای جای گرفتن آن در دسته اتصال بیرونی کافیست.

$$\gamma = 15$$

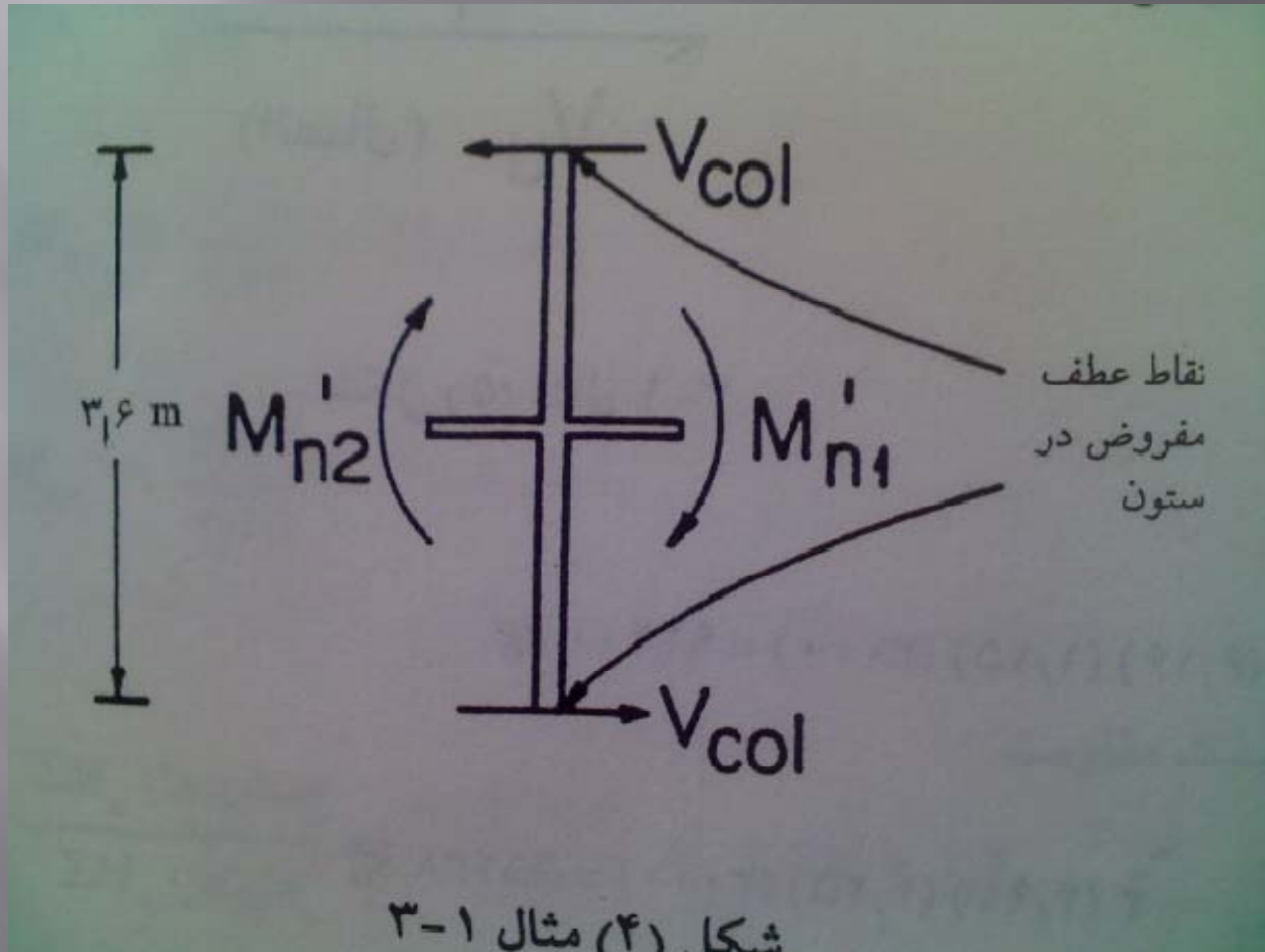
$$b_j = \frac{b_b + b_c}{2} < b_b + 2\left(\frac{h_{col}}{2}\right) = \frac{50 + 60}{2} = 55 \text{ cm}$$

Over on
design

$$V_n = .265\gamma\sqrt{f'_c} b_j h_{col} = .265(15)\sqrt{300}(55)(60) = 227202 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.85 (227) = 193 \text{ t} > 127 \text{ t}$$

در جهت محیطی:



$$M'_{n1} = A_{s1} \alpha f_y (d - a_1 / 2)$$

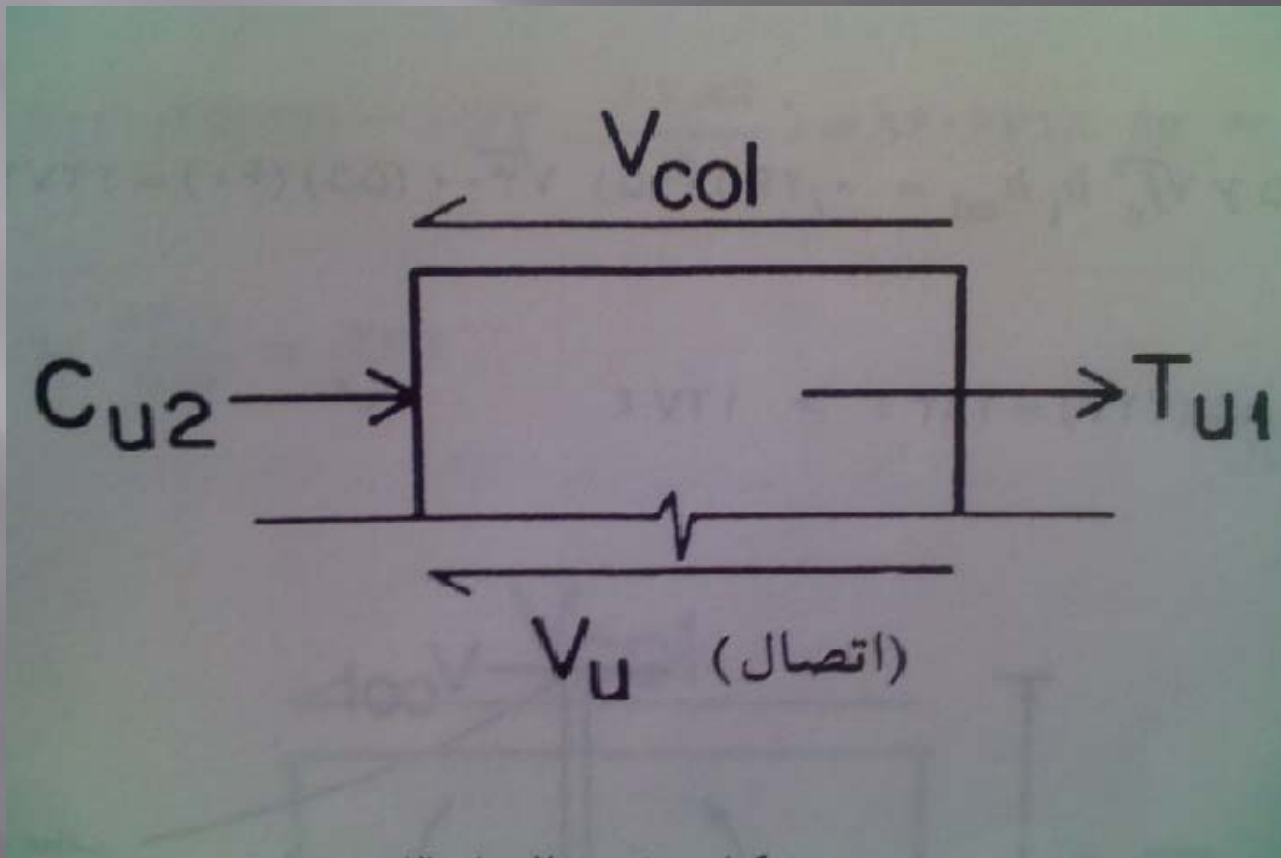
$$a_1 = \frac{A_{s1} \alpha f_y}{.85 f'_c b} = \frac{4(6.16)(1.25)(3000)}{.85(300)(45)} = 8.05$$

$$M'_{n1} = 4(6.16)(1.25)(3000)\left(65.5 - \frac{8.05}{2}\right) = 56.8 \text{ t.m}$$

$$a_2 = \frac{A_{s2} \alpha f_y}{.85 f'_c b} = \frac{3(4.91)(1.25)(3000)}{.85(300)(45)} = 4.81 \text{ cm}$$

$$M'_{n2} = 3(4.91)(1.25)(3000)\left(65.5 - \frac{4.81}{2}\right) = 34.9t.m$$

$$V_{col} = \frac{M'_{n1} + M'_{n2}}{3.6} = 25.5t$$



$$T_{u1} = 4(6.16)(1.25)(3000) = 92400 \text{ kg}$$

$$C_{u2} = T_{u2} = 3(4.91)(1.25)(3000) = 55238 \text{ kg}$$

$$V_u (\text{jo int}) = T_{u1} + C_{u2} - V_{col} = 122 \text{ t}$$

در این جهت $b_j = \frac{45+60}{2} = 52.5 \text{ cm}$ بر طرح حاکم خواهد بود:

$$\phi V_n = .85(.265)(15)\sqrt{300}(52.5)(60) = 184 \text{ t} > 122 \text{ t}$$

نسبت مقاومت خمشی:

هنگام تعیین مقاومت خمشی ستون بار محوری صفر در نظر گرفته می شود.
همچنین α برابر ۱/۰ در اختیار می شود. با این مفروضات:

$$M_u = 113.4t.m$$

مقاومت خمشی تیرها قبلا با استفاده از $\alpha = 1.25$ به دست آمد. این مقاومت ها بر ۱.۲۵ تقسیم خواهد شد تا یک مقدار تقریبی برای مقاومت خمشی تیر در حالت $\alpha = 1$ به دست آید. اگر نسبت مقاومت نسبت به مقدار مجاز باشد برای تعیین مقاومت خمشی تیر در حالت $\alpha = 1$ می توان یک محاسبه دقیق تر انجام داد.

در جهت عمودی $M_n \approx \frac{86 \cdot 1}{1 \cdot 25} = 68 \cdot 9 \text{ t.m}$

در جهت محیطی $M_{n1} \approx \frac{56 \cdot 8}{1 \cdot 25} = 45 \cdot 4 \text{ t.m}$

$M_{n2} \approx \frac{34 \cdot 9}{1 \cdot 25} = 27 \cdot 9 \text{ t.m}$

کنترل نسبت مقاومت:

در جهت عمودی $\frac{\sum M_n(col)}{\sum M_n(beams)} = \frac{2(113.4)}{68.9} = 3.29 > 1.4$ ok

در جهت محیطی $\frac{\sum M_n(col)}{\sum M_n(beams)} = \frac{2(113.4)}{45.4+27.9} = 3.1 > 1.4$ ok

میلگرد های تیر و ستون، گذرنده از داخل اتصال:

میلگرد های T28 تیر محیطی، تعیین کننده اندازه ستون هستند:

$$h(\text{col}) = 60 \text{ cm} > 20 (2.8) = 56 \text{ cm}$$

کل عمق مقطع تیرها به وسیله میلگرد های ستون تعیین می شود:

$$h(\text{beams}) > 20(3.6) = 72 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

می توان طرح انجام شده را پذیرفت.

با تشکر از توجه شما