فیلم های آموزشی دروس بتن و فولاد

ICIVIL

فیلم آموزشی طراحی سازه های فولادی ۱

Subject:
Year. Month. Date. ( )

(ب)

منابع

- steel structure by Salman 2011

- steel structure by Smith 2011

- مک کورمک 2014

- طراحی سازه های فولادی، خریدون ایرانی

- طراحی اتصالات فولادی، جلد سوم، دکتر میرقادری

- مبحث هم مقررات ملی ساختمان - آیین نامه طراحی سازه های فولادی ویرایش ۹۲

- آیین نامه AWSD1.1 2015 - آیین نامه اتصالات جوشی و جوشکاری

- نشریه 225 : جوشکاری در ایران

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

سرفصل های درس سازه های فولادی ۲

۱- طراحی تیر - ستون ها

۲- طراحی تیرهای مختلط

۳- طراحی اتصالات: الف) جوشی ب) پیچی

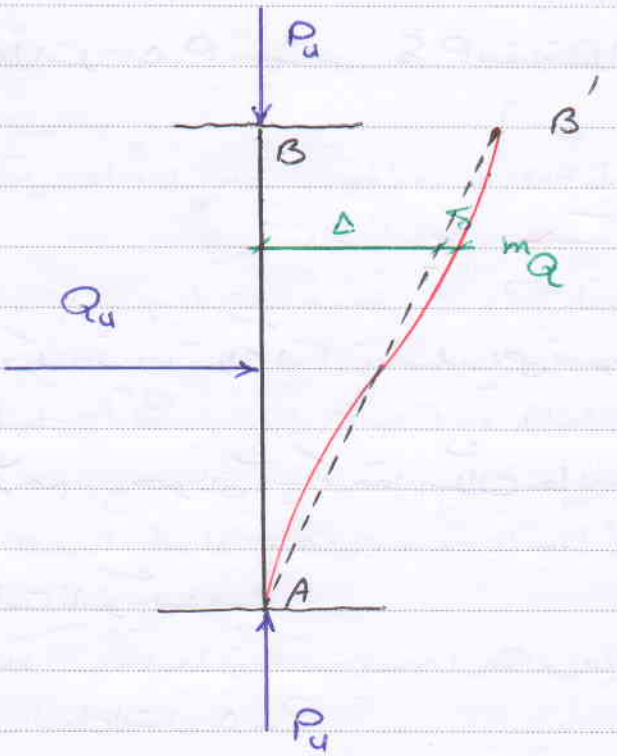
۴- طرح انواع اتصال تیر به ستون

فصل اوّل

تیرستون‌ها

تیرستون‌ها

انسان‌هایی هستند علاوه بر اینکه تحت بار محوری قرار می‌گیرند، بار عرضی نیز به آن‌ها وارد می‌گردد. بار محوری در ستون فشار یکنواخت بر تمامی مقطع عرضی آن وارد می‌گردد، به همین دلیل است که به این عضوها تیرستون گویند. این نوع اعضا هم رفتار تیرگونه دارد و هم رفتاری به شکل ستون. بنابراین در این عضوها هم گشتاور خمشی و هم نیروی محوری به صورت توأم وجود دارد.



این اعضا در بعضی از سازه‌ها می‌توانند وجود داشته باشند، ولی اکثراً در قاب‌های خمشی وجود دارند. اکثر اعضای خمشی موجود در یک سازه از نوع تیرستون هستند.

$$M = m_Q + \underbrace{P_u\delta + P_u\Delta}_{\text{اثرات } P-\Delta}$$

همانطور که از شکل پیداست، عضو تحت بار عرضی Q_u موجب تغییر مکان نقطه B به صورت شکل خواهد شد.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

رابطهٔ هوک مقدار گشتاور در نقطهٔ A را نشان می‌دهد. در این رابطه m_Q گشتاور ناشی از بار عرضی می‌باشد

با توجه به شکل چون نیروی محوری نیز در عضو وجود دارد، پس گشتاور در این نقطه تشدید می‌یابد

پس وجود نیروی محوری می‌تواند گشتاور را تشدید کند. به این گشتاور اثر $P-\Delta$ گویند.

به این معنی که نیروی برشی باعث تغییر مکان عضو به اندازهٔ Δ شده و که نیز تغییر مکان

ناشی از نیروی محوری است.

به منظور اعمال اثر $P-\Delta$ دو شیوهٔ دیگر نیز به مقدار m_Q مطابق رابطهٔ هوک اضافه

خواهد شد. تا زمانی که نیروی محوری وجود نداشته باشد، مقادیر این گشتاورها نیز وجود نخواهد

داشت. نیروی محوری گشتاور آن نقطه را تشدید می‌کند.

عموماً اثر $P-\Delta$ بیشتر به $P-\delta$ بیشتر است.

$$M_r = m_Q + P_u\Delta + P_u\delta + \dots$$

اثرات تانویه مرتبه

وقتی در یک تیرستون گشتاور تشدید می‌شود، تغییر شکل تیر نیز افزایش یافته و $P-\Delta$ های

دیگر هم به وجود می‌آید که مقادیر آن‌ها نسبتاً زیاد و قابل اعماض است. به این مقادیر

اثرات تانویه گویند.

روش اعمال اثر $P-\Delta$

برای محاسبهٔ اثر $P-\Delta$ و اعمال آن دو روش وجود دارد:

۱- روش آنالیز مرتبه کوم (آنالیز غیرخطی): اگر توانیم با روش‌های تحلیلی دقیق

اثرات P-Δ را در روند تحلیل اعمال کنیم، لنگاورهای تشدید یافته را حساب کرده‌ایم. اما همانطور که مشاهده می‌شود، تیرستون‌ها رفتار خطی ندارند بدین معنا که اگر نیرو دو برابر شود حاصل ونتیجهٔ تنش‌های اعمالی دو برابر نخواهد شد، چون با حملات دیگری سنجیده می‌شوند. بنابراین به راحتی اثبات می‌شود که تیرستون‌ها رفتار غیرخطی دارند.

$P_2 \uparrow \longrightarrow M_2 \uparrow$ (✗)

برای تحلیل غیرخطی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود.

۲- روش آنالیز مرتبهٔ اوّل تشدید یافته: این روش نسبتاً تقریبی است. در این روش باید اجازه می‌دهد تحلیل مرتبهٔ اوّل انجام دهیم. تحلیل مرتبهٔ اوّل بدین معنا است که P-Δ را در نظر نگیریم و سپس با روش‌های تقریبی $P_u = 0.5 + P_{uf}$ را حساب کرده و به تعداد حملات اضافه کنیم. در این روش، روش اصلاح یا تشدید لنگاورهای ناشی از تحلیل مرتبهٔ اوّل گویند. در این روش با روش‌های الاستیک اندازه را تحلیل کرده و سپس لنگاورهای آن را تشدید می‌کنیم. بدین منظور برای اثرات P-Δ، ضریبی به نام δ را که ≥ 1 است و آن را به لنگاورهای ناشی از بارهای عرضی ضرب می‌کنند. پس به جای آن که مقادیر را با لنگاورهای عرضی جمع کنید، آن‌ها را با یک عدد بزرگتر از یک ضرب می‌کنند. بنابراین δ را ضریب تشدید لنگر، که شان دهندهٔ اثر P-Δ است، گویند. لازم به ذکر است هر چه سیری محوری بیشتر باشد، δ هم بزرگتر است:

$M_r = \beta \times m_c$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

عوامل موثر در β در دو قسمند:

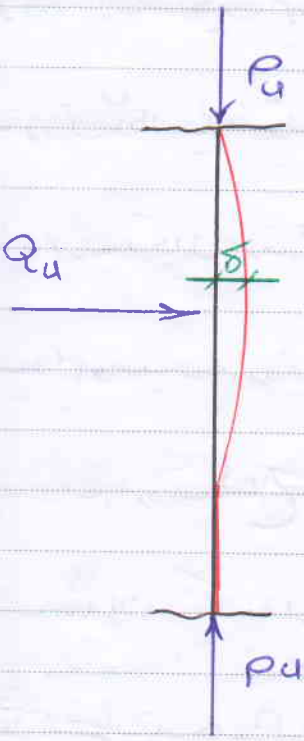
۱- نیروی محوری: اگر نیروی محوری صفر باشد، $\beta = 1$ است یعنی نیازی به تشدید نیست. اثر تشدید لنگر را فقط نیروی محوری باعث می شود:

$$\beta \propto P_u$$

۲- قرار گرفتن در نوع قاب: تیرستون ها به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

الف) تیرستون های واقع در قاب بدون مهاربند (شکل صفحه ۱)

ب) تیرستون های واقع در قاب مهاربندی شده



$$M = M_Q + P.\delta$$

عکس سختی تیر $\propto \frac{1}{EI}$ (سختی خمشی)

نوع قاب $\propto$ جابجایی

$\beta \propto \delta$ تغییرشکل خمشی

$\beta \propto \Delta$

در قاب مهاربندی شده Δ وجود نداشته و $\Delta = 0$ است.

بعد از ارائه لنگار M_2 را تشدید کردیم، می خواهیم اندازه ای طراحی کنیم که هم لنگار و تشدید شده دارد و هم نیروی محوری که در تارش هم غیرخطی است. آیین نامه در این مورد روش راحتی را پیشنهاد می کند:

یک خرض غلط: آیین نامه با یک خرض اشتباه مسئله را حل کرده و سپس آن را اصلاح می کند

با فرض خطی بودن مسئله (برهان خلف) این ادعا را طراحی می‌کنند؛ بدین روش که نیروها را به صورت تک تک به اعمال مورد نظر وارد می‌کنیم. اساس این کار، اصل سن‌ونان یا اصل جمع آثار خواهی باشد.

یک بار فرض می‌کنیم مقدار بار عرضی صفر بوده باشد و فقط نیروی محوری به اعمال وارد می‌شود:

$Q_u = 0$ ← این اعمال تبدیل به ستون می‌شود. ← طراحی ستون ← $P_u \leq \phi . P_n$ ← نیرو

ضریب کاهش مقاومت

P_u: حداکثر بار ضریب‌داری است که ستون می‌تواند تحمل کند. (ظرفیت ستون): $P_u = \sigma_{cr} \times A$

P_n: بار گرانی یا بار مرگی ستون

بار دوم فرض می‌کنیم مقدار بار محوری وارد شده صفر بوده و فقط بار عرضی به اعمال مورد نظر وارد می‌شود:

$P_u = 0$ ← این اعمال تبدیل به تیر می‌شود ← طراحی تیر ← $M_u = M_{Q_u} \leq \phi M_n$ ← لنگاور اعمال

حداکثر بار ناشی از برش

M_u: حداکثر لنگاوری که تیر می‌تواند تحمل کند (ظرفیت)

M_n: بر اساس اینکه در حصل چه رفتاری در سازه‌های فولادی توضیح داده شده است در رابطه

خواهی دید:

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

براساس اصل سن‌ونان باید دو تنش به‌دست آمده از دو حد خروج خوق را با هم ترکیب جمع نماییم؛ اما همانطور که می‌دانیم جمع کشتاور و نیروی محوری امکان‌پذیر است امکان ندارد، بنابراین روابط خوق را اصلاح کرده و طرفین آن را به نسبت تبدیل می‌کنیم تا کمیت‌های آن بی‌بعد گردند

رابطه حد اول: $\frac{P_u}{\phi P_n} \leq 1.0$

رابطه حد دوم: $\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1.0$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \beta \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1.0$$

سهم نیروی محوری — سهم کشتاور خمشی — ضریب تشدید تنش

با توجه به اینکه کشتاور خمشی و نیروی محوری هر دو دارای سهمی از یکدیگر خواهند بود بنابراین طرف دوم نامساوی‌ها جمع می‌گردد؛ به صورتی که سهمی از هر کدام به صورت درصدی خواهد بود

مثلاً اگر سهم محوری 30 درصد باشد، سهم کشتاور خمشی 70 درصد خواهد بود.

لازم به توضیح است این روش طراحی به صورت دقیق آن نامیده می‌شود و حجم تقریباً ملی ساختمان‌ها را در بر می‌گیرد.

به این گونه روابط که پس از تبدیل به بی‌بعد توانستیم آن‌ها را جمع بزنیم، اندرکنش گویند.

اندرکنش نیروی محوری و کشتاور خمشی

در صورتی که مقادیر به‌دست آمده از این اندرکنش کمتر از یک شود، بدین معنا است که این اعضا می‌توانند توان نیروی محوری و کشتاور خمشی را تحمل کنند، در غیر این صورت خواهد داد. پس برای طراحی این عضو باید این دو نیرو را با هم بسنجیم.

بهترین جواب، جوابی است که بسیار به یک نزدیک باشد: جواب برنده

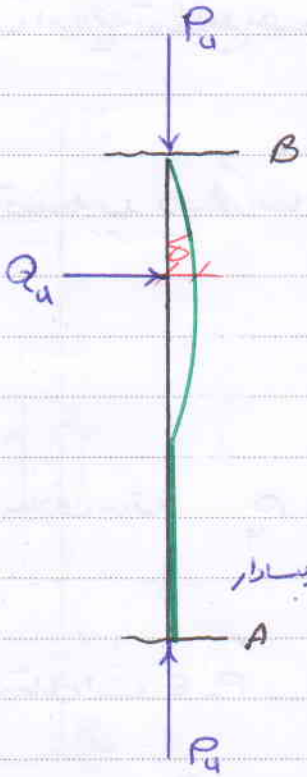
حال در مرحله اصلاح فرض اشتباه، آیین نامه با اعمال ضریب تشدید کشتاور، کژدیسی از تحلیل مرتبه اول را اصلاح می کند و با اعمال ضریب β اثر $P-\delta$ را لحاظ می کند در این صورت ناسازگاری حالت خطی حل می شود.

تیرستون های واقع در قاب های مهاربند شده

مفهوم قاب مهاربند شده آن است که

نقطه A سبب نقطه B حرکت نکند.

بنابراین در هر نقطه مقطع خواهیم داشت



$M_r = M_Q + P_u \cdot \delta$ ← کشتاور ضریبدار در هر نقطه

کشتاور ناشی از بارهای جانبی

آیین نامه برای تأثیر اثر $P-\delta$، ضریبی با عنوان β_1 را تعریف کرده است. (برای تیرستون های حالت اول). در این مورد آیین نامه کلیل مرتبه دوم را الکام داده و ضریب β_1 را برای این نوع ستون ها بدست آورده است.

$$M_r = \beta_1 \times M_{Q_u}$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_u}{P_{e_1}}}$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

در این رابطه C_M ضریب اصلاح تشدید کننده (شبیه C_b در طراحی تیرها) است. این ضریب (β_d) را اصلاح می‌کند، یعنی مقدارش را کم زیاد می‌کند. لازم به یادآوری است که ضریب C_b سازه نشان دهنده گشتاور خمشی را در کمانش جانبی نشان می‌داد

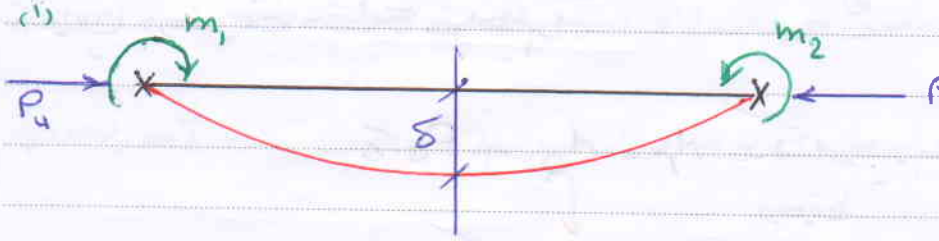
ضریب اصلاح تشدید کننده (تا حد نمودار گشتاور خمشی)

$$C_M \leq 1.0$$

ضریب تشدید (تیکوریا)

$$\frac{1}{1-\alpha \frac{P_u}{P_{e_1}}}$$

گشتاور خمشی در خلاف جهت هم هستند



با توجه به اشکال مقابل اند $\delta - P$

در ستون اول بیشتر است چون

δ آن بزرگتر می‌باشد

(اثر مضاعف)

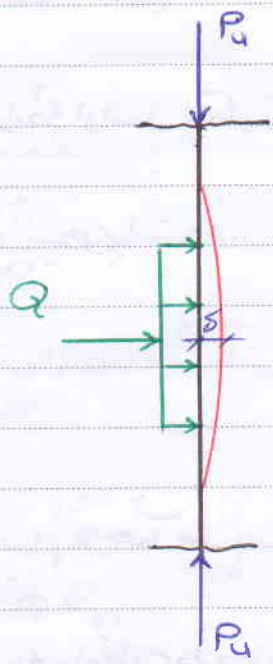
علامت گشتاور خمشی گاهی باعث می‌شود اند $\delta - P$ بزرگ شده و گاهی باعث کمتر شدن مقدار آن می‌شود. در بدترین وضعیت مانند شکل تیر-ستون (1)، $C_M = 1.0$ است به این معنا که کاهش نداریم. ولی در شکل تیر ستون (2)، C_M می‌تواند کاهش پیدا کند. ضریب C_M یک ضریب کاهنده است، در صورتی که ضریب C_b یک ضریب افزاینده بود.

پس :

$C_M < 1.0$

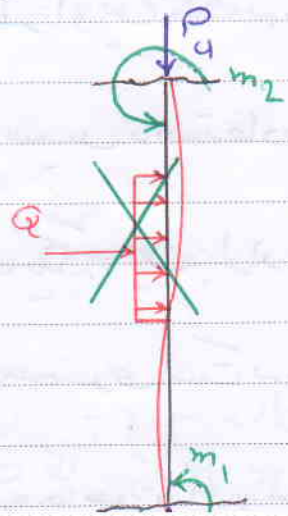
این نام بیش از دو حالت بر اساس C_M پیش بینی شده است :

حالت یک : اگر در تیر ستونی بار مستقیماً بدون ستون وارد شود، بدترین وضعیت اتفاق می افتد (مانند هتاراخاک) ؛ در این حالت $C_M = 1.0$ در نظر می گیریم.



$C_M = 1.0$

حالت دو : اگر بار عرضی مستقیماً بدون ستون وارد نشود، بدن منظور در تیرهای ساختمانی تیر - ستون باری وارد نشده و بارها در گره ها هستند. در این حالت بیشتر C_M از یک کمتر بوده و مقدار آن را از رابطه زیر بدست می آوریم :



$$C_M = 0.6 - 0.4\left(\frac{m_1}{m_2}\right) \geq 0.4$$

m_1 : لنگر کوچکتر

m_2 : لنگر بزرگتر

این مقدار اگر لنگرها هم جهت باشند مثبت بوده و اگر خلاف هم باشند منفی است.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

نکته حائز اهمیت اینکه ضریب C_N را هیچگاه کوچکتر از ۰.۴ در نظر نمی‌گیریم. اگر مقدار آن از ۰.۴ کوچکتر شد، همان مقدار ۰.۴ را قرار می‌دهیم. همچنین m_1 گشتاور کوچکتر از نظر عددی (قدر مطلق) و m_2 گشتاور بزرگتر می‌باشد. در صورتی که این مقادیر (m_1, m_2) با هم برابر باشند ولی گشتاورها خلاف جهت هم $C_N = 1.0$ که بدترین وضعیت است.

مقاومت کمانشی ستون

طبق رابطه اویلر مقاومت کمانشی (حداکثر) ستون برای قاب‌های مهاربندی شده به صورت زیر می‌باشد:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 . EI}{(k_1 . L)^2}$$

ضریب k_1 همان ضریب کمانش ستون می‌باشد، چون قاب مهاربندی شده است، $k_1 = 1$ است ولی امکان دارد عضو مورد نظر تک ستون باشد که در این صورت ضریب کمانش بیشتر از یک بوده و همانطور که در درس سازه‌های فولادی گفته شده، عمل خواهیم نمود.

روش کار: اولین کاری که برای این نوع ستون‌ها انجام می‌دهیم، ضریب C_M را حساب می‌کنیم؛ سپس با استفاده از آن تنش آستانه‌ای می‌کنیم، سپس به دنبال طراحی ستون می‌رویم که در این بار از رابطه اندرکنش استفاده خواهیم کرد.

تذکر: همواره ضروری است که برای مقاطع متقارن همواره ... است. در این درس مقاطع همانند

روابط اندرکنش این رابطه

برای سرهم $\frac{P_u}{\phi P_n}$ در مقادیر بزرگتر از 0.2 و کوچکتر از 0.2 روابط جداگانه ای وجود دارد

زیرا اگر مقادیر نیروی محوری از حد 20% بیشتر شود، المان مورد نظر رفتارش نوع

شدیدتر شده و از رفتار خمشی دور می شود و برعکس. بدین معنا که اگر سرهم نیروی محوری

از 0.2 کمتر شود، المان به یک عضو خمشی نزدیک می شود:

1- رفتار خمشی حاکم است: $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$

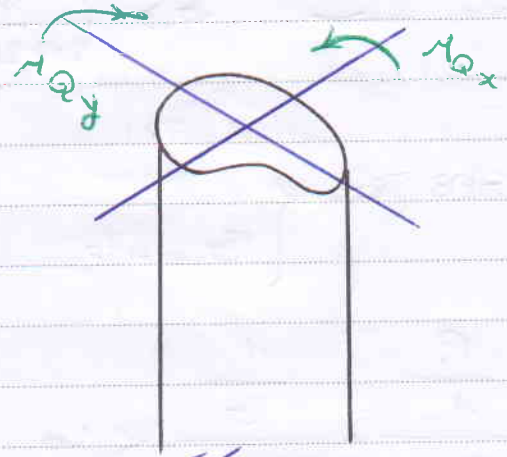
2- رفتار محوری حاکم است: $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$

وقتی رفتار محوری حاکم است، سرهم نیروی محوری را تعیین می دهیم و سرهم خمش کمتر بررسی شود.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9}\left(\frac{\beta_{1x} \times m_{Qx}}{\phi m_{nx}} + \frac{\beta_{1y} \times m_{Qy}}{\phi m_{ny}}\right) \leq 1.0$$

خمش حول محور x — خمش حول محور y

این ضریب از کلیل فرمول دوم به دست آمده است



وقتی سرهم نیروی محوری کم رنگ شود، می توان گفت $\delta - P$ را اعمال نکرده و از

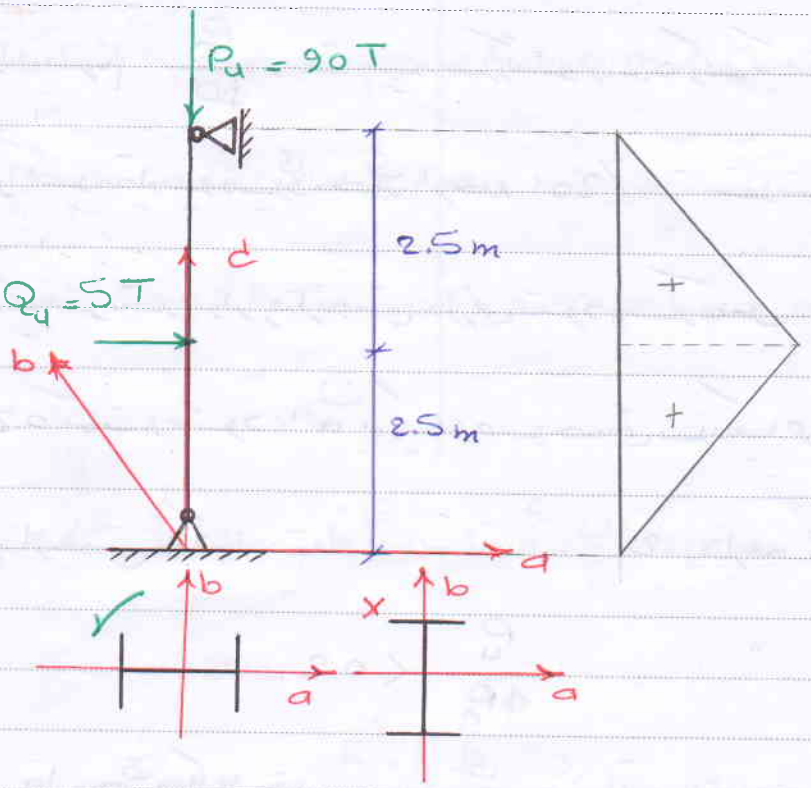
اعمال ضریب β صرف نظر نمود:

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{\beta_{1x} M_{Qx}}{\phi M_{nx}} + \frac{\beta_{1y} M_{Qy}}{\phi M_{ny}}\right) \leq 1.0$$

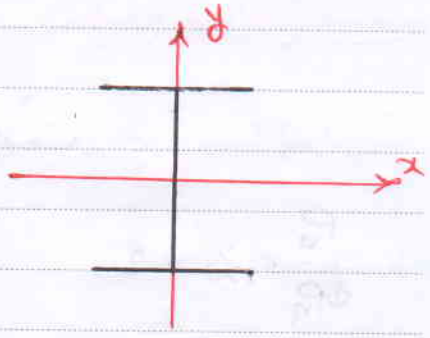
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

مثال: مقطع ستون زیر را در قاب مهاربندی شده زیر وجیل HEB طراحی کنید.



$$M_Q = \frac{QL}{4} = \frac{5\times 5}{4} = 6.25 \quad t.m$$



$$Q_u = 0 \rightarrow A \simeq \frac{P_u}{1500} \rightarrow A \leq \frac{90\times 1000}{1500} = 60\ cm^2 \rightarrow \begin{cases} \text{HEB 180} \\ A = 65.3 \end{cases}$$

$$P_u = 0 \rightarrow S \geq \frac{M_Q}{2420} \rightarrow S \geq \frac{6.25\times 10^5}{2420} = 258 \rightarrow \begin{cases} \text{HEB 160} \\ S = 311 \end{cases}$$

$$\text{HEB 200} \begin{cases} A = 78.1 \\ S = 570 \end{cases}$$

$$\frac{\frac{P_u}{A}}{1500} + \frac{\frac{M}{S}}{2420} < 1.0$$ راه حل اندرکنش بسیار تقریبی

$$\frac{\frac{90\times 10^3}{78.1}}{1500} + \frac{\frac{6.25\times 10^5}{570}}{2420} = 1.22 \not< 1.0$$

HEB 220 →
$A = 91$ $\quad r_x = 9.43$
$S = 736$ $\quad r_y = 5.59$

$$\frac{\frac{90\times10^3}{91}}{1500} + \frac{\frac{6.25\times10^5}{736}}{2420} = 1.009 \simeq 1.0$$ ✓

حرکت قرارگیری ستون

جهت مناسب قرارگیری ستون، جهتی است که شعاع بزرگتر مقطع در راستای ضریب کاستی بزرگتر و ضریب کاستی کوچکتر، راستای شعاع کوچکتر خواهد بود. اما این موضوع در مورد المان هایی صادق است که دچار نیروی محوری هستند و خمش ندارند. ولی در ستون ها، چون عامل گشتاور وجود دارد، این عامل تعیین کننده خواهد بود. بنابراین جهت مناسب جهتی است که محور قوی مقطع منطبق بر محوری باشد که خمش حول آن محور است. در این مثال خمش حول محور ط است که باید منطبق بر این محور باشد.

$$\lambda_a = \frac{k_a \times L}{r_a} = \frac{1\times500}{5.59} = 89$$

$$\lambda_b = \frac{k_b \times L}{r_b} = \frac{1\times500}{9.43} = 53$$

$$\lambda_{max} = 89 < 136$$

$$\sigma_{cr} = (0.386)^{\frac{89^2}{1362}} \times 2400 = 1594.71$$

$$P_n = 1594.71 \times 91 = 145119 \text{ kg}$$ ظرفیت ستون

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$\frac{90 \times 10^3}{0.9 \times 145119} = 0.68 > 0.2$ از ۲۰ درصد بیشتر است.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9}\left(\beta_1 \frac{M_Q}{\phi M_n}\right) \leq 1.0$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_u}{P_{e_1}}}$$

در این لود $C_m = 1$ است، چون بار عرضی مستقیماً بدنه تیر وارد شده است.

$$P_{e_1} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k.L)^2} \rightarrow P_e = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6 \times 8090}{(1 \times 500)^2}$$

ضریب ۱ هم برای یک حالت هر بود

$$P_{e_1} = 638760.8 \text{ kg}$$

تا بار بله را هم قبلاً زده شد.

نکته بسیار مهم: در رابطه فوق در انتخاب گشتاور اسرسی باید دقت نمود. بدین منظور گشتاور اسرسی را انتخاب خواهیم نمود که گشتار حاصل از بار عرضی حول آن محوری باشد. میزان دقدار گشتاور اسرسی اصلاً مهم نیست، فقط باید گشتاوری را انتخاب نمود که جنس حاصل از بار عرضی حول آن باشد.

$$\beta_1 = \frac{1}{1 - 1 \times \frac{90 \times 10^3}{638760.8}} = 1.16$$

همانطور که دیدید این ضریب را گشتیم

کمتر است ولی گاهی اوقات به علت کم بودن میزان C_m این مقدار آن کمتر شود.

حال در رابطه اندرکنش فقط M_n ناقص است، برای به دست آوردن M_n باید از بررسی سازه ها همواره ای آن را محاسبه نمایم.

Subject:
Year. Month. Date. ( ) صفحه (۱۵)

مرحله ۱: چون سر ورق مورد نظر نوردشده است، پس مقطع فشرده می باشد.

$h_0 = 22 - 1.6 = 20.4$

$L_b = 500$

$Z_e = S = 736$

$Z_p = 1.12 \times Z_e = 824.32$

$b_f = 220\ mm = 22\ cm$

$t_f = 1.6\ cm$

$t_w = 0.95$ (ضخامت جان)

$r_y = 5.59$

$r_{ts} = 1.12 \times r_y = 6.26$

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 \times 5.59 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} = 284.01$$

$$L_r = 1.95\, r_{ts} \times \frac{E}{0.7 F_y} \times \sqrt{\left(\frac{J \times c}{S \cdot h_0}\right) + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S h_0}\right)^2 + 6.76 \times \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$L_r = 1657.57$ $\longrightarrow$ $L_p < L_b < L_r$

حالت ۲:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 M_e)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right) \right] \leq M_p$$

$M_p = 824.32 \times 2400 = 1978368$ $(C_b = 1.30)$

$M_e = 736 \times 2400 = 1766400$

$M_n = 2490435.24 \not\leq 1978368$

$$\boxed{M_n = M_p = 1978368}$$

رابطه اندرکنش

$$\frac{90 \times 10^3}{0.9 \times 14519} + \frac{8}{9} \times \left(1.16 \times \frac{6.25 \times 10^5}{0.9 \times 1978368}\right) = 1.05 \not\leq 1$$

شماره سر ورق را حذف داده و دوباره رابطه اندرکنش را کنترل می کنیم

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۹۱

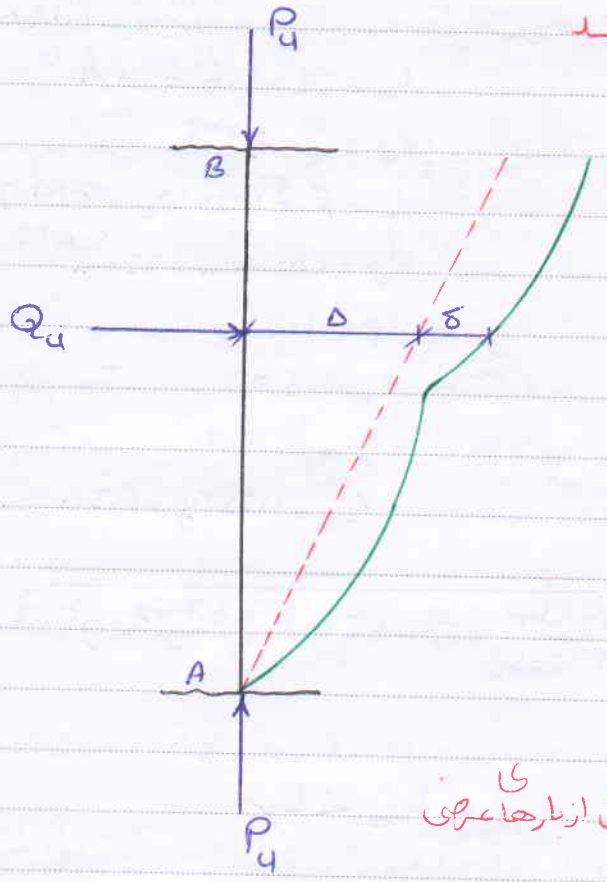
تیرستون‌های واقع در قاب‌های بدون مهاربند

در تیرستون‌ها نیز فاقد مهاربند هستند

یا در قاب‌هایی تعبیه شده‌اند که مهاربند ندارند

مانند قاب خمشی، که حرکت نسبی Δ و یا

حرکت خمشی که داریم، در هر تراز گشتاور برابر



استاد:

$$M_r = M_{Q_u} + P_u\Delta + P_u\delta$$

M_{Q_u}: گشتاور ناشی از بارهای عرضی

$P_u\Delta$: ضربدر تشدید B_2

$P_u\delta$: ضربدر تشدید B_1

در این تیرستون‌ها، دو ضریب تشدید خواهیم داشت. چگونگی اعمال این ضریب‌ها

به شرح زیر است:

قاب را دوبار تحلیل می‌کنیم، یکبار عرضی می‌کنیم

که این قاب فقط گشتاور ثقلی می‌باشد:

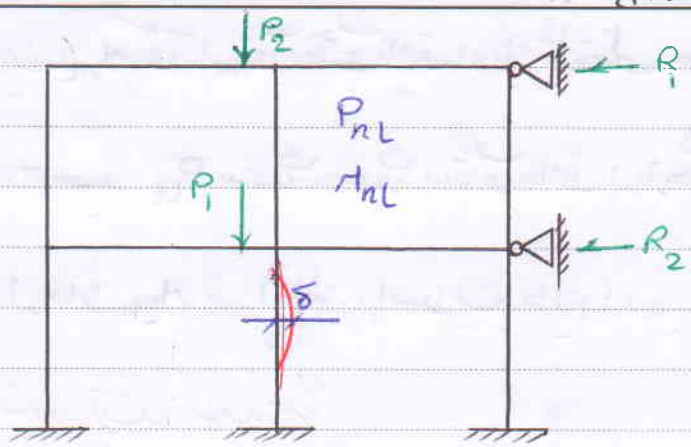
معمولاً در این حالت تغییرمکان جانبی ایجاد می‌شود.

بارهای ثقلی قاب را به چپ و راست حرکت می‌دهند

قاب خمشی بدون مهاربند

مگر اینکه همانند شکل صفحه بعد بارها نامتقارن باشد و تغییرمکان Δ ایجاد

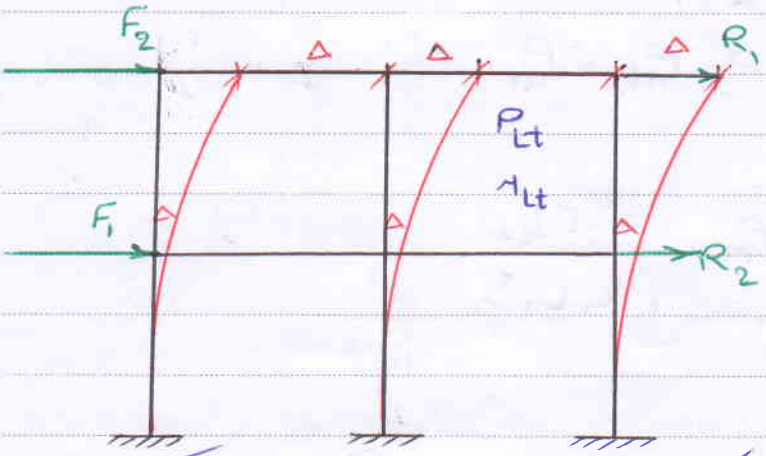
گردد.



ولی اگر در حالتی قاب و تکیه‌گاه‌ها تحت بارهای وارده متقارن باشند، در این قاب Δ صفر است.

پس اگر بار متقارن باشد احتمال اینکه Δ در قاب ایجاد شود وجود دارد. برای اینکه از ایجاد Δ جلوگیری کنیم عمل آوریم از تکیه‌گاه‌هایی استفاده می‌کنیم تا از تغییر مکان قاب به سمت طرفین جلوگیری کنیم. پس در نهایت در این قاب فقط تغییر شکل خمشی K را داریم.

بار دیگر فرض بر آن است که فقط بارهای وارد کنیم. این بارها می‌دانیم که در قاب فقط تغییر شکل‌های Δ دارد.



در قاب اول فقط تغییر مکان K و در قاب دوم فقط تغییر مکان Δ وجود دارد. برای اینکه اطمینان حاصل کنیم مجموع این دو قاب دقیقاً همان قاب اولیه می‌شود، عکس العمل‌های تکیه‌گاهی قاب اول را به قاب دوم اعمال می‌کنیم. البته در عمل بار ما به این تکیه‌گاه‌ها نیست بدین دلیل که در سازه‌ها بارها متقارن هستند.

پس در نتیجه که در اثر بارهای تقلی و Δ در اثر بارهای جانبی وجود می‌آید.

اگر در قاب اول نیروی محوری ستون‌ها را P_{nL} فرض کنیم، (nL همان بار ثقلی) بنابراین P_{nL} نیروی محوری ناشی از بارهای ثقلی در قابی است که حرکت جانبی ندارد.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

همچنین N_{nL} نشاورهای ستونهای ناشی از بارهای ثقلی خواهد بود.

در قاب دوم نیز P_{LL} نیروی محوری ستونهای ناشی از بارهای جانبی خواهد بود و همچنین نشاورهای

از این بارها را N_{LL} می نامیم. بنابراین داریم:

عامل ۲ نشاور را تشدید می کند نیروی محوری است و لی خود بسر تشدید می شود. نشاور کل تشدید یافته

$$N_r = \beta_1 N_{nL} + \beta_2 N_{LL}$$

خط نیروی محوری ناشی از بارهای جانبی تشدید می شود و بارهای ثقلی ثابت هستند و لی بارهای جانبی خود عامل تشدید هستند. نیروی محوری کل تشدید یافته

$$P_r = P_{nL} + \beta_2 P_{LL}$$

$$\beta_1 = \frac{C_M}{\left(1 - \frac{\alpha P}{P_{e1}}\right)}$$

$$\alpha = 1$$

$$P = P_{nL} + P_{LL}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \cdot E I_{(x)}}{(k_1 L)^2}$$

همه ستونها در جابجایی شرکت می کنند.

$$\beta_2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\sum P_{nL}}{\sum P_{e2}}\right)}$$

علامت $\sum$ نشان دهنده کل ستونهای آن طبقه است.

$$P_{e2} = \left(1 - 0.15 \frac{\sum P_{mf}}{\sum P_{nL}}\right) \frac{V \cdot h}{\Delta}$$

سهم برشی طبقه ← ارتفاع

مقاومت نسبی ستونهای طبقه ← تمام ستونهای طبقه

P_{mf} نیروی محوری ستون‌هایی است که در قاب همتی هستند. بدین معنی که از خارج از قاب باشند به حساب می‌آیند.

در نهایت در قاب‌های همتی کامل یا در اتصالات گیردار کامل چون هر سه ستون در حرکت مشارکت دارند

پس:

$$\sum P_{mf} = \sum P_{nL}$$ تمام ستون‌ها گیردار وصل شده‌اند

و نیز دیگر اینکه اگر در شوری تمامی اتصالات مفصلی باشند:

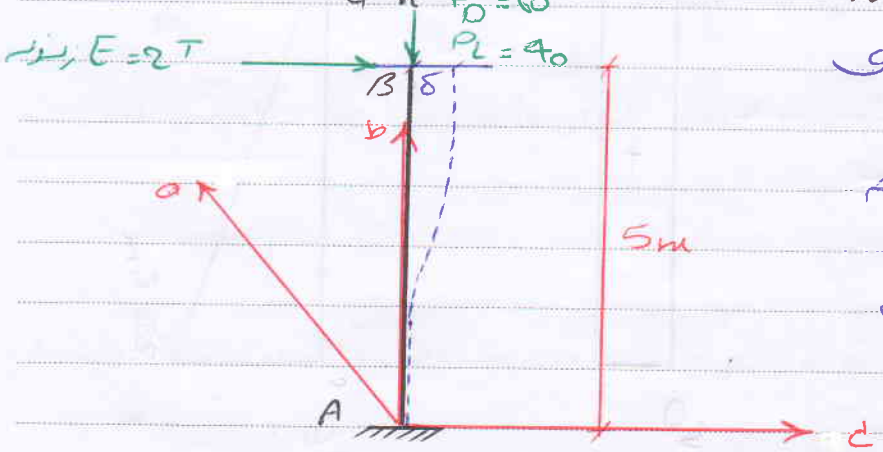
$$\sum P_{mf} = 0$$

در صورتی که قاب ترکیبی از اتصالات مفصلی و گیردار باشد، اتصالات مفصلی را حساب نمی‌آوریم. همانند حالت قبل پس از تشدید نشدها دوباز از رابطه‌ی اندرکنش به صورت زیر استفاده می‌کنیم،

به ازای $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ $\rightarrow$ $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_r}{\phi M_n}\right) \leq 1.0$

به ازای $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ $\rightarrow$ $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_r}{\phi M_n}\right) \leq 1.0$

مثال: ستون مقابل در نقطه‌ی B دارای تکیه‌گاه جانبی است و می‌تواند از صفحه حائل شود، مقطع ستون را از پروفیل HEB خراهی کنید.

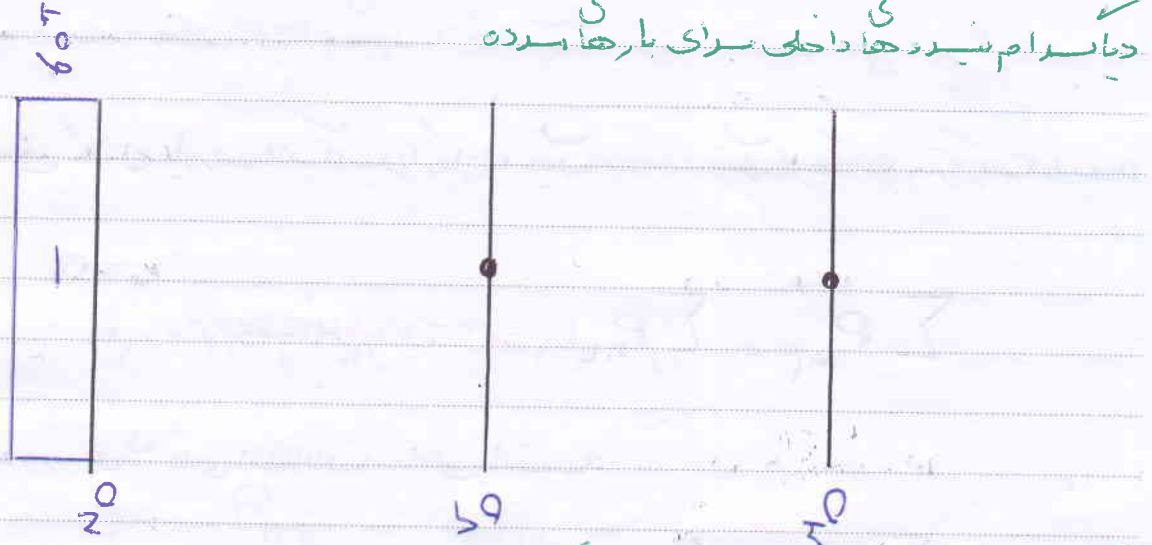


www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

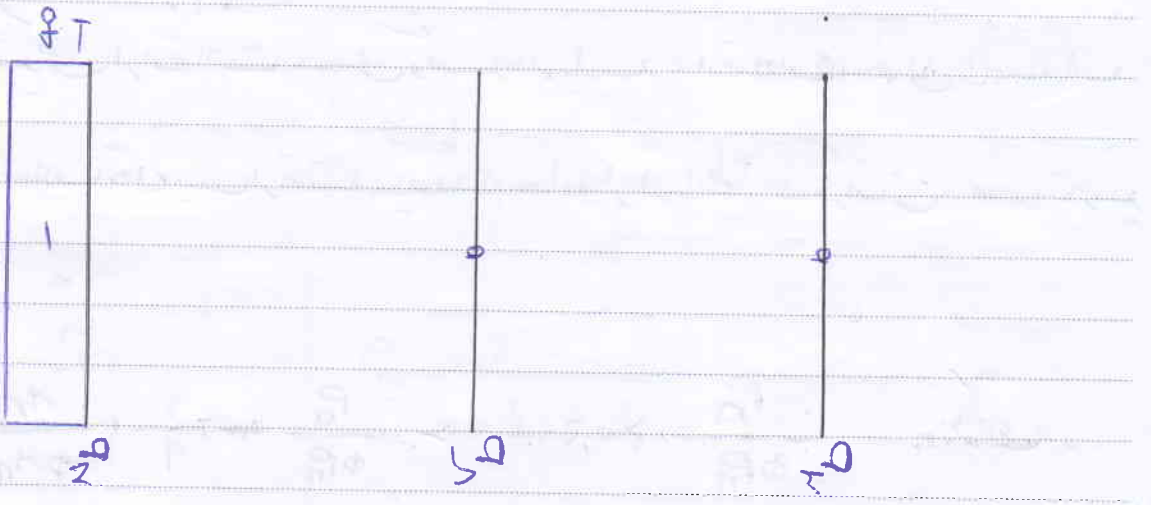
Subject :
Year . Month . Date . ( )

نکته : سیدی زیر سیدی جانبی است و می توان در ترکیب بارهای قطعی وارد نمود.

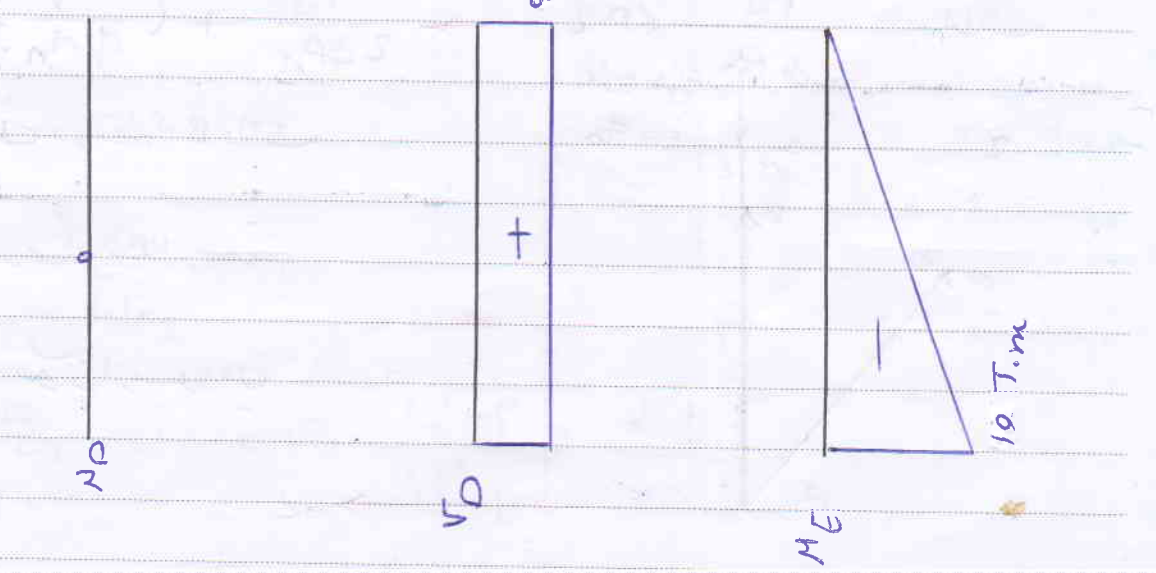
دیاگرام سیدی داخلی برای بارهای مرده



دیاگرام سیدی داخلی برای بارهای زنده



دیاگرام سیدی جانبی ادبار زلزله



باتوجه به سری‌ها داخلی به دست آمده، می‌توان آن‌ها را جمع زد.

ترکیب بارها بر اساس مبحث ششم می‌باشد:

P_{nL} — بارزنده — بارمرده

I:
$N_u = 1.4 \times 60 = 34T$
$V_u = 1.4 \times 0 = 0$
$M_u = 1.4 \times 0 = 0$

III:
$N_u = 1.2 \times 60 + 40 \times 1 \times 0 = 112T$
سری سوتی زنبر
$V_u = 1.2 \times 0 + 0 + 1 \times 2 = 2T$
$M_u = 1.2 \times 0 + 0 + 1 \times 10 = 10T$
M_{nL} M_{Lt}

II:
$N_u = 1.2 \times 60 + 1.60 \times 40 = 168T$
$V_u = 1.2 \times 0 + 1.6 \times 0 = 0$
$M_u = 1.2 \times 0 + 1.6 \times 0 = 0$

IV:
$N_u = 0.9 \times 60 + 1 \times 0 = 54T$
$V_u = 0.9 \times 0 + 1 \times 2 = 2T$
$M_u = 0.9 \times 0 + 1 \times 10 = 10T.m$

پس این عضو باید جوری طراحی شود که آن شخص دهم کدام ترکیب بار بحرانی است.

در ترکیب بار I و II فقط سری محوری وجود دارد، پس ترکیب باری که دارای بیشترین سری محوری است

داشته باشد.

در ترکیب بارهای III و IV هم مشاهده می‌شود که هم سری محوری و هم لنگر خمشی وجود دارد، پس

با عنوان ستون تحت فشار طراحی خواهیم کرد، از آنجایی که لنگرهای هر دو طرف ۱۰ است، بنابراین

سری محوری تعیین کننده خواهد بود

پس ترکیب بار I و II هم ترکیب بار III تعیین می‌کند که عضو تحت فشار ساده‌ای چون ترکیب بار

I فقط سری محوری دارد، ترکیب بار سوم را تعیین کننده است.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

حال مراحل طرح را شروع می‌کنیم:

$M=0 \rightarrow A=\frac{112\times1000}{1500}=75 \rightarrow$ HEB 200, $A=78$

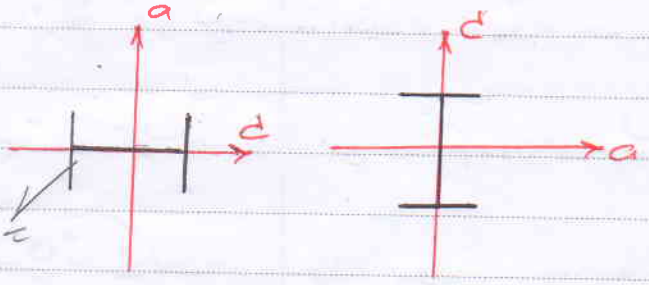
$P=0 \rightarrow S\geq \frac{10\times10^5}{2420}=413 \rightarrow$ HEB 180, $S=428$

$\frac{112\times1000}{91}+\frac{10\times10^5}{736}=1.38\not\leq 1.0$ HEB 220, $A=91$, $S=736$

$\frac{112\times1000}{1500}+\frac{10\times10^5}{938}=1.13\not\leq 1.0$ HEB 240, $A=108$, $S=938$

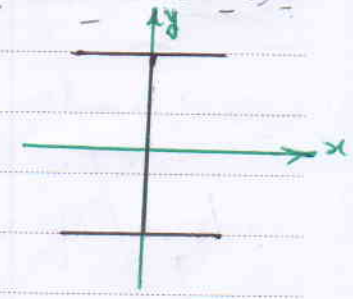
$\frac{112\times1000}{118}+\frac{10\times10^5}{1150}=0.98<1.0$ HEB 260, $A=118$, $S=1150$

حال با توجه به رابطه کمانش یلاستر حاها را بدست می‌آوریم، امّا ابتدا باید جهت قرارگیری



$k_d=2.1$ ، $k_a=0.8$

پروفیل را تشخیص دهیم



کنترل دقیق

$$P_u = P_{nL} + \beta P_{Lf} = 112\,T + \beta_2 \times 0 = 112\,T$$

$$P_n = ? \qquad \lambda_a = \frac{0.8 \times 500}{6.58} = 61$$

$$\lambda_c = \frac{2.1 \times 500}{11.2} = 94 \quad \checkmark$$

$$\lambda_{max} = 94 < 136$$

$$\frac{94^2}{136^2}$$

$$\sigma_{cr} = (0.386) \times 2400 = 1523$$

$$P_n = 1523 \times 118 = 179714$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{112 \times 1000}{0.9 \times 179714} = 0.69 > 0.2$$

پس از رابطه زیر استفاده خواهیم کرد:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right) \leq 1.0$$

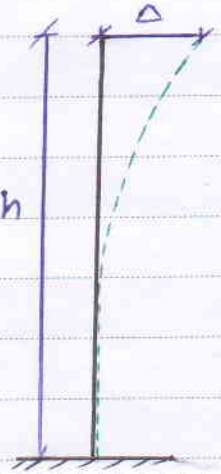
$$M_u = \beta_1 M_{nL} + \beta_2 \times M_{Lf} = \beta_2 \times 10 = 1.58 \times 10 = 15.8\ t.m$$

$$\beta_2 = \frac{1}{\left(1 - \alpha \frac{P_{story}}{P_{e\,story}}\right)} \rightarrow \beta_2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{112000}{304659}\right)} = 1.58$$

$$P_{e\,story} = \left(1 - 0.15\left(\frac{P_{mf}}{P_{story}}\right)\right)\frac{V.h}{\Delta}$$

$$P_{mf} = P_{story} = 112$$

$V = ?\ T$



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

$$\Delta = \frac{P.h^3}{3EI_{(ac)}} \rightarrow \Delta = \frac{2000 \times 500^3}{3 \times 2 \times 10^6 \times 14920} = 2.79$$

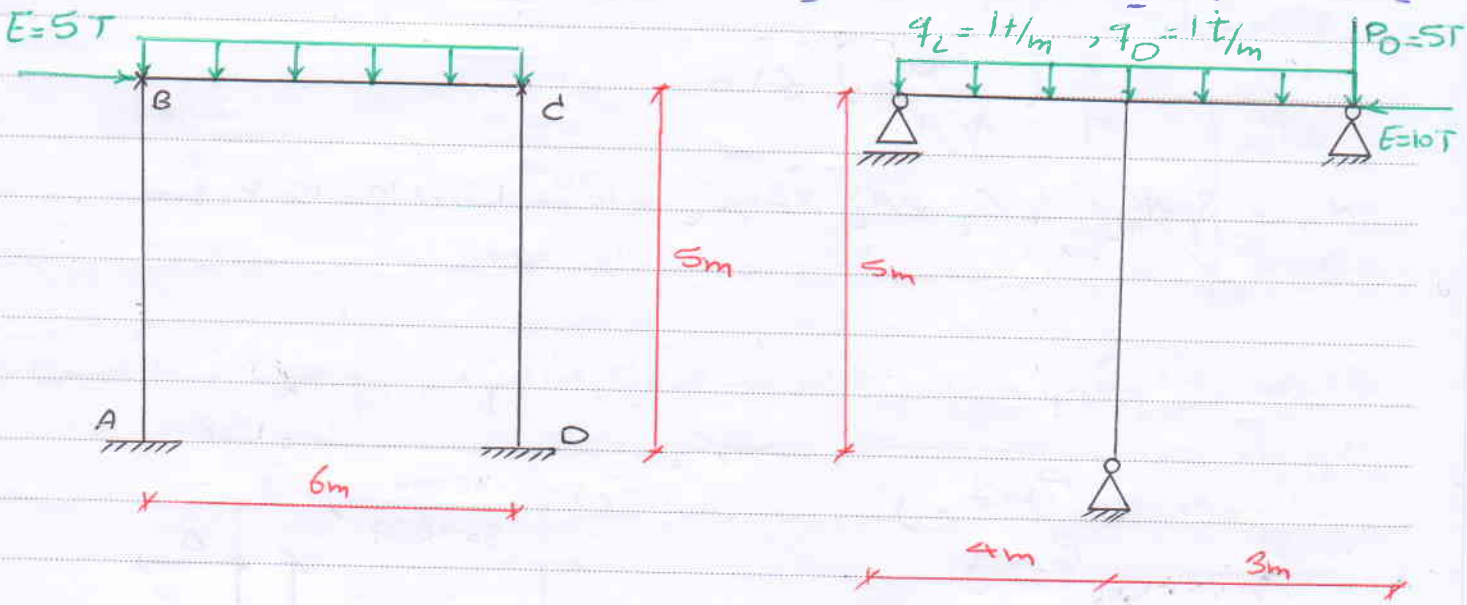
$$P_{e_{story}} = (1 - 0.15)\ \frac{2000 \times 500}{2.79} = 304659$$

$$M_n = M_p = 2400 \times (1.12 \times 1150) = 3091200$$

$$0.69 + \frac{8}{9} \times \left(\frac{15.8 \times 10^5}{0.9 \times 3091200} \right) = 1.19 \times 1.0$$

تمرین - سازه های مقابل در نقاط نشان داده شده دارای تکیه گاه جانبی هستند. طبقه ایمان ها

$q_D = 2t/m$, $q_L = 1T/m$ این سازه را از پروفیل HEB طراحی کنید.



Subject :
Year . Month . Date . ( )

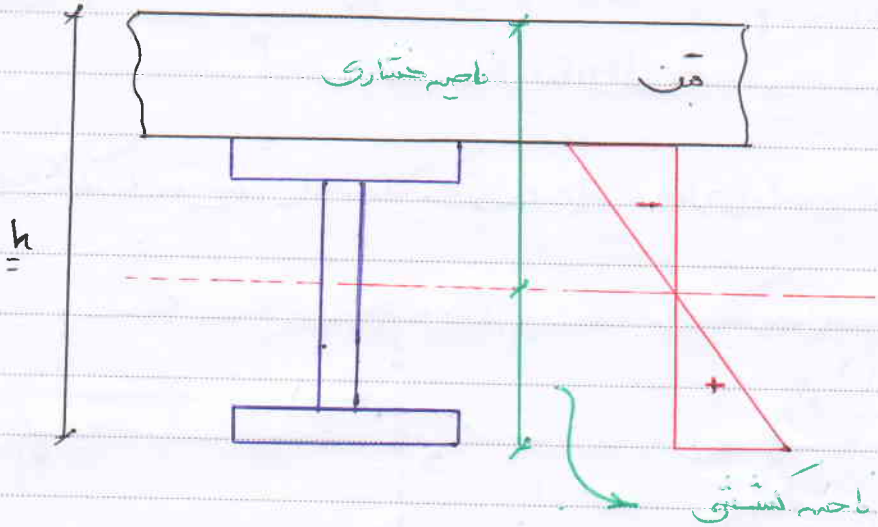
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

فصل دوم

تیرهای مختلط

تیر مختلط



کل ارتفاع سقف ← h

تیرهای مرکب از تن و هولاد هستند که در ناحیهٔ فشاری تنش تن جایگزین شده و ناحیه کششی با هولاد تأمین می‌گردد.

مقطع عمدهٔ تیرهای "I" شکل قسمت هولادی تیر (بخش فشاری) است. در اثر فشار دو پدیده ایجاد می‌شود: یا کمانش موضعی در بال یا جان و یا کمانش جانبی پیچشی بال آزاد - می‌افتد. به همین دلایل ← مقاومت M_p نمی‌رسیم. برای حل این مشکل از تیر مختلط استفاده می‌کنند. سطح و ابعاد تن بزرگتر است پس کمانش موضعی نخواهد داشت و چون

رخ بدن دهد. هم چنین می دانیم تنش برشی حاصل از فشاری را هم خوب تحمل می کند، پس بهترین مصالح در قسمت فشاری تیر، بتن است. پس مقطع را طوری تغییر داریم که تنش های فشاری فقط به بتن وارد شود و تنش های کششی هم فقط به فولاد وارد می گردد. در شکل یک مقطع به دستمی آید که هم در فشار و هم کشش دارای مقاومت بالایی است، پس در چنین مقطعی چون صفحه کمانشی وجود ندارد می توان از ظرفیت کامل مقطع استفاده کرد. تیرهای مختلف جهت حل متشکل تیرهای "I" شکل به کار می رود. با این روش همواره می توان از کشتاور یا استیل تیر "IPE" استفاده کرد. در این نوع سقف ارتفاع سیستم افزایش پیدا کرده و موجب افزایش سختی می شود، همچنین می توان از ظرفیت تمام مقطع بهره جست.

این سیستم ها عموماً در پوشش سقف ساختمان ها به کار می روند. تیرهای فلزی را به همدیگر جوش داده و تحت عنوان دال فلزی سقف را پوشش می دهند. مزایای ساخت تیرهای مختلط عبارتند از:

۱- مسائل کمانش از بین می رود و بتن ناحیهٔ فشاری می تواند به طور کامل تنش های فشاری را تحمل کند و فولاد کششی به طور کامل تنش های کششی را تحمل می کند.

۲- همواره می توانیم از ظرفیت کامل خمشی تیر استفاده کنیم. ترکیب بتن و فولاد برایتا ارتفاع سقف را بالا می برد و باعث افزایش مقاومت خمشی مقطع می شود.

۳- وجود بتن در قسمت فشاری، خود پوششی است تحت عنوان دال برای سقف ها و نیازی به پوشش اضافی برای سقف ها نیست.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

تنش فشاری روی تیرها است، تیرهای فولادی را به هم وصل می کند، بنابراین سقف مختلط

در سازه های فولادی از نوع دیافراگم صلب است. چون تمام تیرهای فولادی را به طور

یکپارچه به هم وصل می کند. اگر سقف دیافراگم صلب نباشد، نمی تواند نیروهای زلزله را

به المان های عمودی مانند ستون ها، مهاربندها توزیع کند. در این نوع سیستم ها توزیع نیروی

زلزله هم یکنواخت تر و مطمئن تر است.

تنها چیزی که برای این نوع سقف می توان در نظر گرفت، این است که

چون این تن همیشه تحت فشار است، تغییر شکل های وابسته به زمان پیدا می کند، در اثر

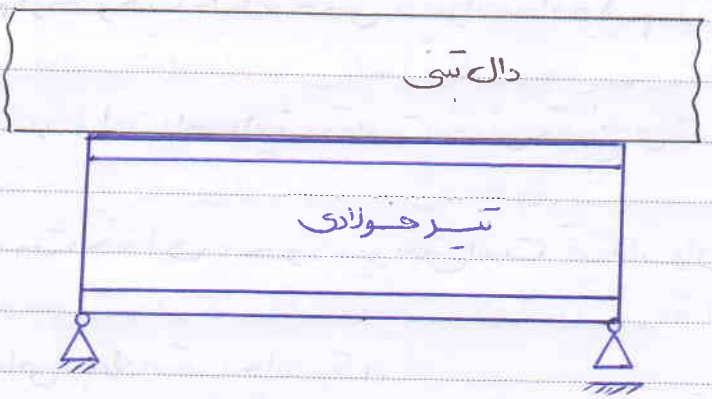
خزش، جمع شدگی (shrinkage) تن، تغییر شکل به وجود می آید (به مرور زمان).

بنابراین ممکن است در چنین سقف هایی در مراحل اولیه تغییر شکلی نبینیم. ولی پس از گذشت

مدت زمانی (چند سال) مشاهده شود که ترک کاری ها ترک خورده و حتی سقف افتاده

می باید. برای حل این مشکل می توان حتی الاستیک سقف را بیشتر محدود کرد.

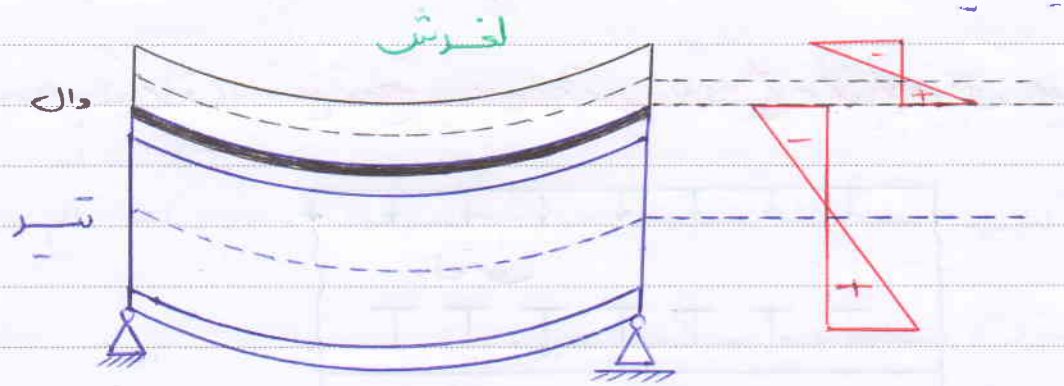
عکس سقف های مختلط



اگر مطابق شکل حوق، یک دال بتنی را بدون اتصالات اضافی بر روی تیر قرار دهیم،

تیر فولادی می‌تواند به تنهایی تحت خمش قرار بگیرد و دال بتنی هم مستقلاً می‌تواند تحت

خمش قرار بگیرد. یعنی هردو تحت خمش مستقل هستند.



تیر فولادی چون خم شده است، تار فوقانی تیر تحت فشار است پس کاهش

طول خواهیم داشت و برعکس تار پائین دال بتنی چون تحت کشش است، افزایش

طول می‌یابد. پس مشاهده می‌شود که حرکتی بین سطوح فولاد و بتن ایجاد می‌شود.

بر اثر اختلاف برش بین قسمت پائین دال و بالای تیر فولادی، در نتیجه لغزش بین بتن و

فولاد به وجود می‌آید. حتی اگر در این مقطع برشها را برابر کنیم، برشها هم کاملاً مستقل

می‌مانند. در این حالت هیچ مشارکتی بین بتن و فولاد وجود ندارد و هر دو مستقل خم می‌شوند.

ظرفیت خمشی چنین مقطعی، ترکیبی از ظرفیت خمشی بتن و فولاد نیست، بلکه وابسته

است به ظرفیت خمشی تک تک آن‌ها. به عنوان مثال اگر دال بتنی منهدم شود، تقریباً هیچ

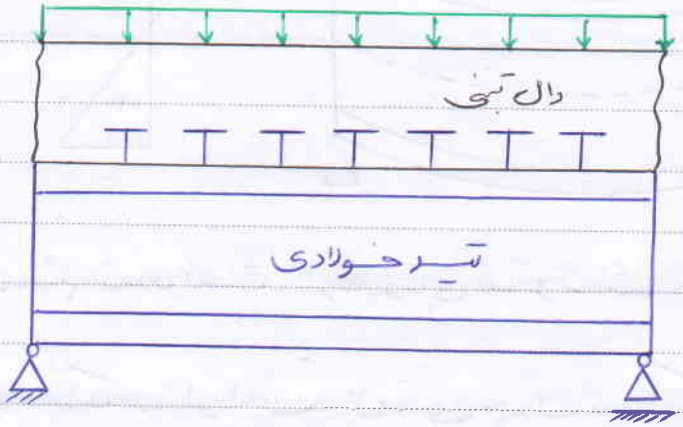
مقاومتی ندارد و برعکس. منظور از تیرهای مختلط تیری است که بتن و فولاد به طور یکپارچه

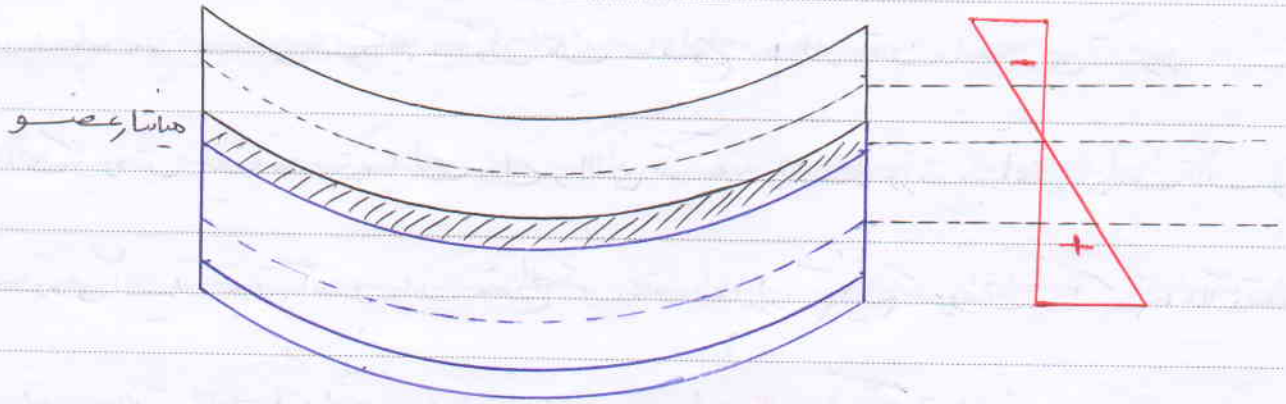
عمل کنند، بنابراین باید به نحوی جلوی لغزش بتن را روی فولاد بگیریم. به عنوان

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

مثال فرض کنیم زائده هایی را روی بال تیر جوش دهیم؛ البته به تعداد کافی و مناسب، تا این زائده های روی تیر جلوی لغزش بتن روی فولاد را بگیرد و در نهایت کرنش در ارتفاع مقطع کاملاً یکسان می شود. اگر زائده ها به تعداد کافی باشند، می توانند به طور کامل جلوی لغزش را بگیرند. در نهایت کرنش در ارتفاع مقطع یکسان می شود و دو مصالح به طور یکپارچه عمل می کنند.





مقطع بتن چون بیشتر از فولاد است، در این حالت میانبار سریع به سمت بالا کشیده می شود. میانبار واحد در قسمت های فوقانی است. اگر بتوان میانبار را طوری تنظیم کرد که در محل مشترک بتن و فولاد قرار گیرد، در این صورت کل بتن در فشار و کل فولاد در کشش می افتد. منظور از تیر مختلط، تیری است که بتن روی فولاد بلغزد، بنابراین اگر در تیری جلوی لغزش بتن روی فولاد را بگیریم، آن تیر مختلط می شود.

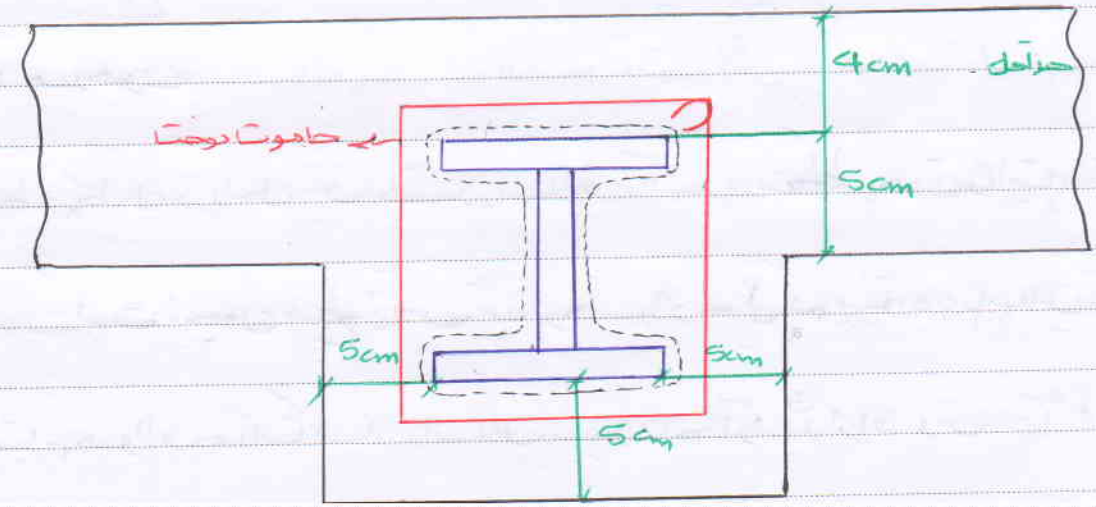
به عملکرد این نوع تیرها، عملکرد کامل گویند. حال اگر هیچ وسیله ارتباطی بین فولاد و بتن وجود نداشته باشد، آن تیر مختلط نبوده و تیر ساده است. درصورتی که زائده های حد کافی وجود داشته باشد و بتن بتواند تا حدی روی فولاد بلغزد، آن تیر تیر مختلط با عملکرد ناقص گویند. پس در کل سه نوع تیر داریم؛ تیر ساده، تیر کامل، تیر ناقص. عملکرد تیرهای ساده را در درس سازه های فولادی ۱ بررسی کرده ایم، در این فصل تیرهای کامل را مطالعه خواهیم نمود.

عملکرد تیر کامل

تیرهای مختلط از نظر عملکرد و نحوه اتصال بتن به فولاد به دو دسته تقسیم می شوند:

الف) تیرهای مدفون

تیرهایی هستند که در آن ها تیر فولادی به طور کامل در داخل بتن قرار گرفته باشد. برای اجرای چنین سقفی، کل سقف باید قالب بندی شود.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

در این حالت چون سطح تماس پروفیل با جوش خیلی زیاد است، در نتیجه اصطکاک بین جوش و تیر قابل ملاحظه است؛ بنابراین تیر جوشی در داخل تیر نمی لغزد. چنین تیری کیفیت جوش کامل است و احتیاج به هیچ زائده‌ای ندارد. برای آن که اطمینان پیدا کنیم عملکرد کامل تیر حفظ می شود و تیر پوستر پوستر نشده و از سطح جوش جدا نمی شود، دو شرط در آیین نامه ذکر شده است:

الف) از هر سمت تیر حداقل باید یک $5cm$ پوشش داشته باشد و از روی بال تیر تا سطح تیر حداقل $4cm$ و از روی بال تیر تا پایین $5cm$ جدا شود. دلیل این امر آن است که تنش داخلی نشود، بنابراین ضخامت دال بتنی در تیرهای مرکب بتنی $9cm$ است.

ب) برای جلوگیری از پوسته شدن بتن، باید خاموت هایی را با فواصل مناسب به منظور دوختن بتن به جوش به کار برد. تعداد و شماره خاموت ها در آیین نامه ذکر شده است.

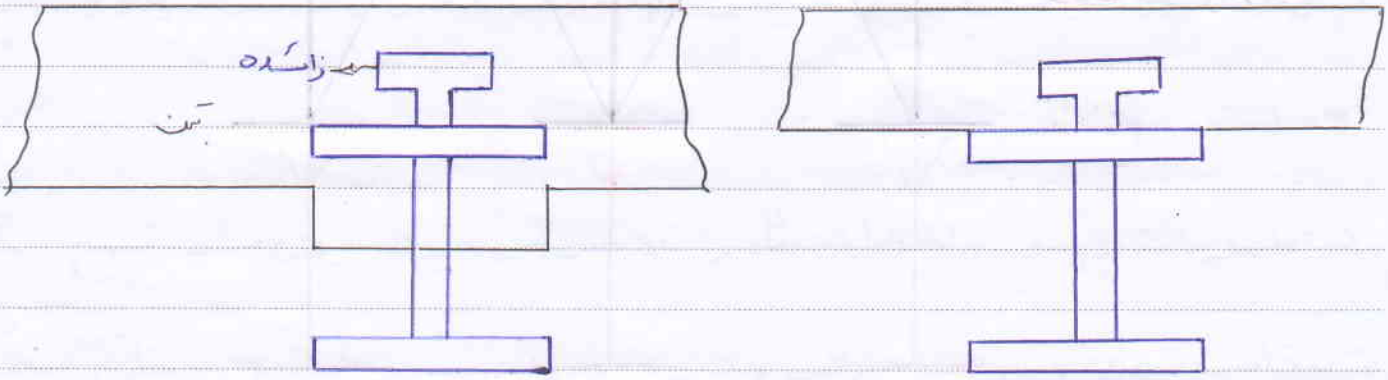
با اجرای این دو شرط سیستم مرکب اجرا شده و عملکرد آن کامل بوده و نیاز به زائده و برش تیر اضافی ندارد.

ب) تیر غیر مرکب

تیر جوشی به طور کامل در داخل بتن قرار ندارد، اگر دو شرط فوق رعایت نشود تیر غیر مرکب است؛ چون سطح تماس بتن و جوش خیلی کم بوده، بنابراین بتن می تواند نسبت به جوش حرکت کند. بنابراین برای جلوگیری از لغزش حتماً باید

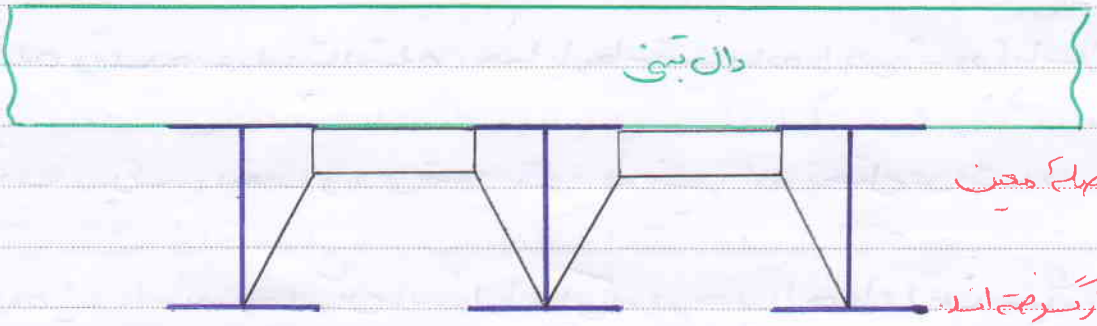
از زائده ها استفاده کنیم. روش طراحی تیرهای مدفون و غیرمدفون هردو یکسان است.

ولی در تیرهای غیرمدفون زائده ها هم باید طراحی شود.



تیرهای مختلط از نظر اجراء

۱- اجرا بدون استفاده از پایه های موقت؛ زیر تیر هیچ تکیه گاه یا شمعی وجود ندارد.



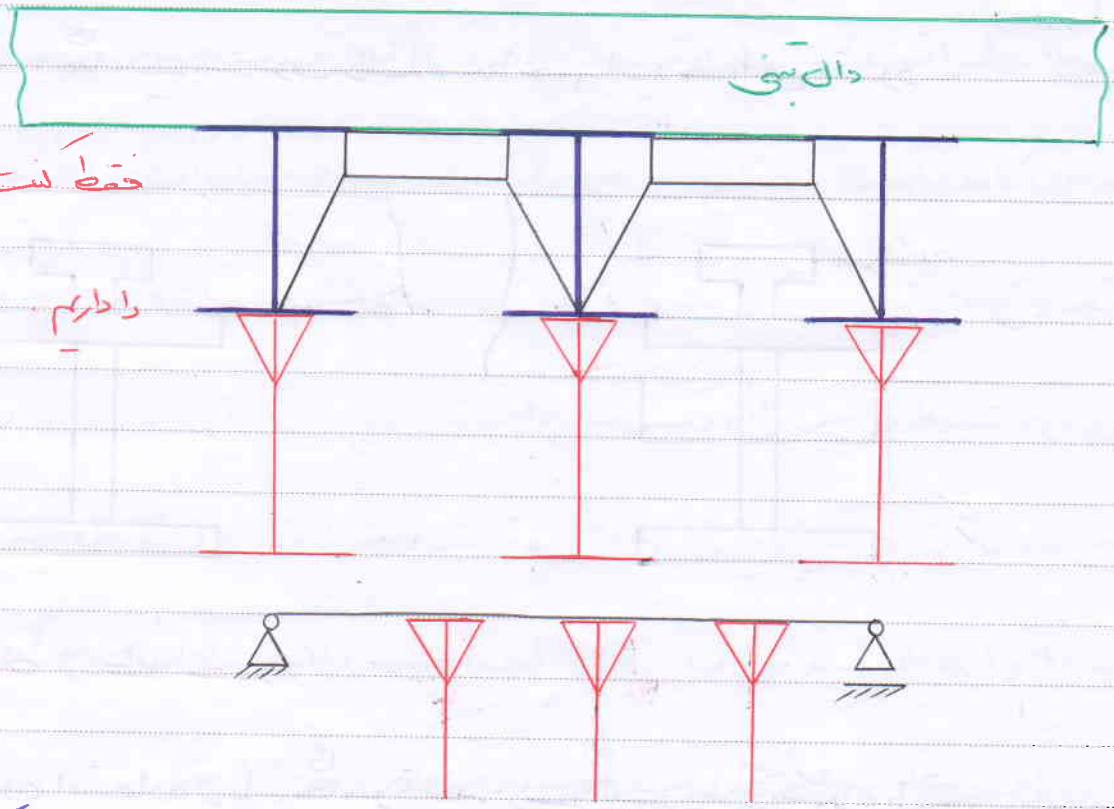
تیرها با فاصله معین

از هم قرار گرفته اند.

۲- اجرا با استفاده از پایه های موقت که علاوه بر قالب های بتن، زیر تیرها ولادی کلا شمع بندی می شود، تعداد این شمع ها بنا حدی است که اجازه نشست در تیر را ندهند. لازم به یادآوری است که بتن در ۱۴ روز به 75 درصد مقاومت خود می رسد

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )



در حالت اول وقتی تیرهای حولادی شمع بندی نشده اند، در حین تتن ریزی زمانی که تیر هنوز مختلط نشده و بتن هنوز سفت نشده، همهٔ بارها به تیر ساده وارد می شود؛ بنابراین هر باری که در حین تتن ریزی به سقف وارد می شود، توسط تیر ساده تحمل می شود.

بارهای گروه ۱: بنابه تعریف به آن دسته از بارهایی که در حین اجرای (تتن ریزی) به تیر حولادی ک وارد می شود، بارهای گروه ۱ گویند. بارهای گروه ۱ شامل وزن خود تتن، وزن قالب ها، وزن خود تیر و هر نوع وسیله ای که در حین تتن ریزی روی سقف باشد. در اجرا بدون استفاده از یابه ها موقت تیر حولادی بایستی بتواند بارهای گروه ۱ را تحمل نماید. پس اولین کنترل در حالت اول به

$$I_1 \rightarrow m_{r_1} \leq \phi m_{n_S}$$

در این رابطه m_1 ، m_2 ، m_3 ، m_4 ضریب دارنائی از بارهای گروه ۱ ، m_5 مقاومت برای خودتیر فولادی برای تیرتک، یعنی باتن ترکیب شده است. هدف آن است که تیرتک می‌تواند کشتار موجود را تحمل کند یا نه. ϕ همچنین ضریب کاهش مقاومت فولاد و برابر ۰.۹ است.

کنترل در حالت دوم: در اجرا با بام های موقت در حین تن ریزی چون سقف شمع بندی شده است، هیچ تنشی به تیر فولادی وارد نمی شود و تمام نیروها به شمع منتقل می شود.

تذکر ۱: آبیاری و سخت شدن تن از همان لحظه اختلاط شروع می شود.

تذکر ۲: الزامن به درستی عمل آوری شود در حدود 12 روز به مقاومت 75٪ مقاومت مشخصه اش می رسد.

بعد از سخت شدن تن (زمانی که این اطمینان وجود داشته باشد که تن حداقل به 75 درصد مقاومت مشخصه اش رسیده است.) عملیات تن و فولاد مختلط شده می توان شمع ها را برداشت و قالب بندی را حذف نمود.

بارهای گروه ۲: به آن دسته از بارهایی که بعد از سخت شدن تن به سقف وارد شود به آن بارها، بارهای گروه دوم گویند. بارهای گروه دوم شامل بار نقاشی ها، زیرسازی سقف، دیوارها، تیرها و حق بار زنده. مجموع بارهای گروه ۱ و گروه ۲ را بر تیر مختلط تحمیل کنند، پس کنترل دوم در این حالت بار است

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

محدودیت مسائل $\rightarrow$ $M_u^* + M_{u_2} \leq \phi M_n$ $\leftarrow$ مجموع بارهای ۱ و ۲

وزن قالب تیر می‌توان حذف نمود $\leftarrow$ M_u^* $\leftarrow$ حل بارها $\leftarrow$ $\phi = 0.9$

M_{u_1} گشتاور ضریب دار ناشی از بارهای گروه ۱ بوده و M_{u_2} گشتاور ضریب دار ناشی از بارهای گروه ۲ می‌باشد. همچنین M_n مقاومت نهایی تیر مختلط و ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر 0.9 می‌باشد.

در این رابطه اگر بعد از سفت شدن بتن، وزن قالب بندی حذف شود، می‌توانیم وزن قالب بندی را از M_{u_1} کم کنیم. بنابراین $M_{u_1}^*$ گشتاور ناشی از بارهای ضریب دار اصلاح شده می‌باشد. البته در اجرا تا لب تیری باید پیوسته‌ای باشد که تا بتن دهانه کار باشد و توان آن‌ها را حذف نکرد.

در حالت اجرا با بام‌های موقت، فقط یک حالت خواهیم داشت، چون نیازی به لنگر اول نیست. پس فرق اجرا با بام و بدون بام در حل لنگر اول است.

نحوه محاسبه مقاومت تیرها

مقاومت نهایی M_n تیر مختلط باز هم بر اساس ابعاد تیر به دو شکل محاسبه می‌گردد.

مقاومت نهایی مقطع بستگی به آن است که $\frac{h}{t_w}$ در تیر از مقدار ذیل بزرگتر باشد یا کوچکتر:

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

ارتفاع $\leftarrow$ ضخامت

یادآوری: نسبت $\frac{h}{t_w}$ میزان دهندهٔ خمیرگی جان است، پس مقاومت نهایی مقطع بستگی به آن دارد که جان مقطع تیر خمیر شده است یا نه؛ که این امر با صرف نامساوی خوق مشخص می‌گردد.

چند نکته:

- موضوعی که در تیرهای مقطع مطرح است، این است که مقاومت نهایی تیر، حتی از خود تیر هم بالاتر می‌رود.

- در برابر نیروی برشی فقط جان است که مقاومت می‌کند. بال‌ها با ضخامت کم نقشی در تحمل نیروی برشی ندارند.

- جان تیرها محدود و ضعیف است، پس ممکن است قبل از اینکه مقاومت تیر به مقاومت نهایی برسد، جان منهدم شود. به همین دلیل است که براساس جان تیر، تیرها را به دو دسته تقسیم بندی می‌کنند:

الف) تیرها با جان خمیر شده ب) تیرها با جان غیر خمیر شده

اگر جان تیر خمیر شده باشد، کشاورزی تیر می‌تواند به حد پلاستیک خود ($M_n = M_p$) یعنی حد نهایی برسد، یعنی ما می‌توانیم به آن تیر تا حد نهایی، کشاور وارد کنیم که همان کشاور پلاستیک است.

امّا اگر جان تیر خمیر شده نباشد، قبل از اینکه کشاور به کشاور نهایی برسد، جان کمانه می‌کند و منهدم می‌شود.

پس برای تیرهایی که $\frac{h}{t_w} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ است، کشاور نهایی برابر کشاور پلاستیک

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

است، یعنی می‌توانیم تا گشتاور پلاستیک به تیر بدهیم وارد کنیم.

$M_n = M_p$

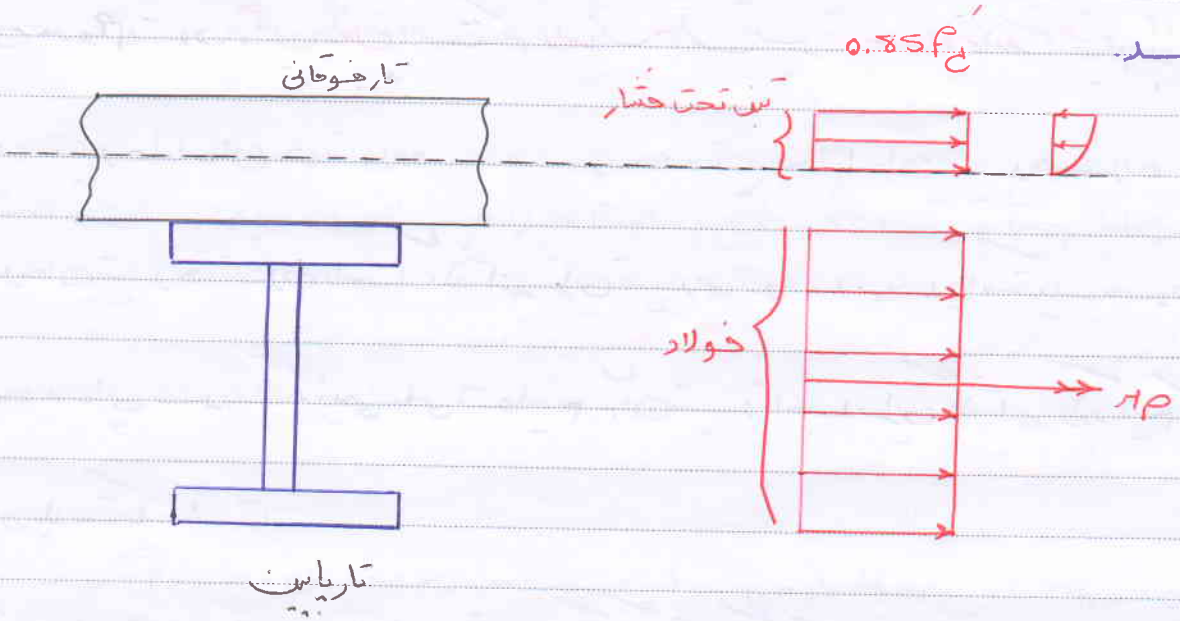
یادآوری

۱- گشتاور پلاستیک تیر: گشتاوری است که در یک مقطع مختلط با اعمال آن تمام نقاط بتن خرد و تمام نقاط فولادی جاری شود.

۲- گشتاور الاستیک تیر: گشتاوری است که با اعمال آن بر مقطع فقط یک نقطه به حد جاری شدن برسد، یعنی یک تار از بتن خرد یا یک تار از فولاد جاری شود.

تعریف گشتاور پلاستیک در تیر مختلط

گشتاوری است که با اعمال آن، کل نقاط بتن خرد شده و تمام نقاط فولاد شروع به حد جاری شدن برسد.



منظور از خرد شدن بتن این است که کل نقاط بتن به مقاومت $0.85f'_c$ برسد. (منظور از کل نقاط بتن یعنی نقاطی که تحت فشار است، بنابراین آن قسمت از نقاط بتن که تحت کشش

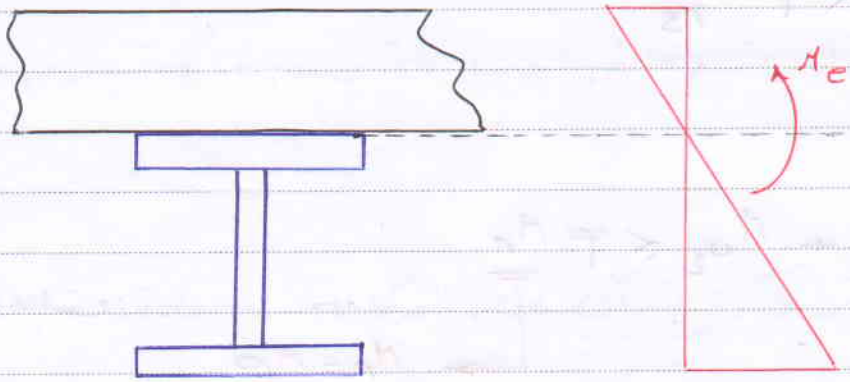
در تیرهایی که جان غیر فشرده است:

$$\frac{h}{t_w} > 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow M_n = M_e$$

تعریف گشتاور الاستیک تیر مختلط

گشتاور الاستیک تیر مختلط مقدار گشتاوری است که یا تار خوتانی (تارتین) خرد شود یا به تار از فولاد به حد جاری شدن برسد.

تأثیر تنش پسماند → $0.85f'_c$ ~~$0.85f'_c$~~ → $0.7f'_c$



انواع تیر مختلط

دو کل ۱۰ نوع تیر مختلط داریم:

	مدفون	غیرمدفون
احرا با یام	احرا با یام	احرا با یام
	احرا بی یام	احرا بی یام
	$\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$
	$\frac{h}{t_w} > 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$\frac{h}{t_w} > 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

روش طرح تیرهای مدفون و غیر مدفون عین هم است، پس در اینجا فقط تیر غیر مدفون را بررسی خواهیم کرد. همچنین شرایط دو حالت آخر نیز در این نام موجود است.

حالت ۱: تیرهای غیر مدفون در حالت اول و احداث بدون بام های موقت، همچنین $\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (جان جسته)

کنترل اول: $M_{u_1} < \phi M_{ns}$ شاور ناشی از بارهای گروه ۱

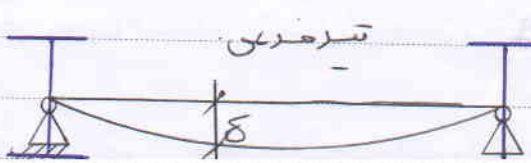
کنترل دوم: $M_{u_1} + M_{u_2} < \phi M_n$ شاورهای ناشی از بارهای گروه ۱ و ۲

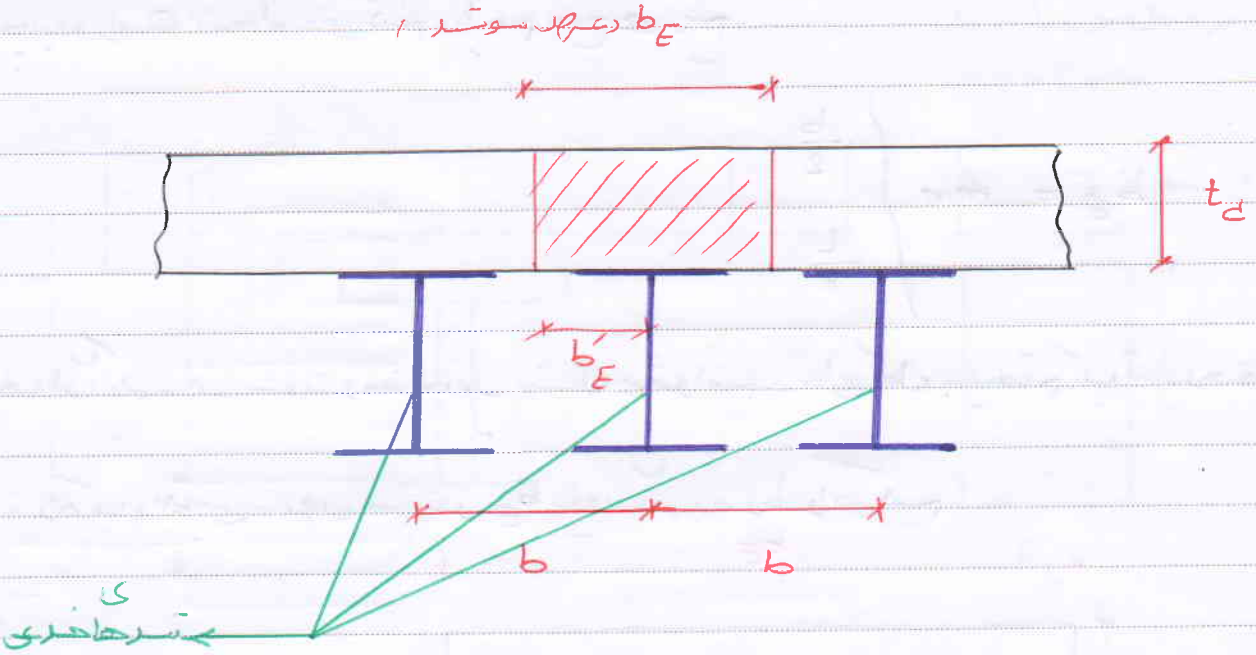
اگر جان جسته باشد: $M_n = M_p$

محاسبهٔ شاور پلاستیک تیر مختلط

سفف های مختلط همیشه به صورتی هستند که یک سری تیر با خواص مشخص و اکثراً مساوی هم، کنار هم تیر ریزی می شوند که به آن ها تیر خرعی گویند و در نهایت بتن روی آن ها به صورت مدفون یا غیر مدفون اجرا می شود.

تیر فرعی روی تیر اصلی قرار می گیرد و اتصال تیر فرعی را به تیر اصلی را همیشه مفصلی در نظر می گیرند.





بر اساس آیین نامه اگر یکی از این تیرها خم شوند، دال بتنی هم همراه تیر خم می شود و سقف دیگر صاف نیست.

عرض موثر: آن عرض از بتن را گویند که آن عرض به طور کامل به همراه تیر فولادی در خمش شرکت می کند؛ یعنی امکان دارد که کل دال بتنی در خمش، با تیر مشارکت نداشته باشد. عرض موثر تابع فاصله تیرچه ها است که هرچه بیشتر باشد عرض بیشتری از بتن با تیرچه ها مشارکت می کند همچنین عرض موثر بارهای تیر (L) متناسب است. هرچه دهانه تیر بیشتر باشد خیز آن تیر بیشتر بوده و مساحت بیشتری از دال را به سمت پایین حرکت می دهد.

$$b_E \propto b$$

$$b_E \propto L$$

عرض موثر از هر طرف تیر (چپ و راست تیر) نصف عرض تیر است. b'_E را از هر طرف تیر

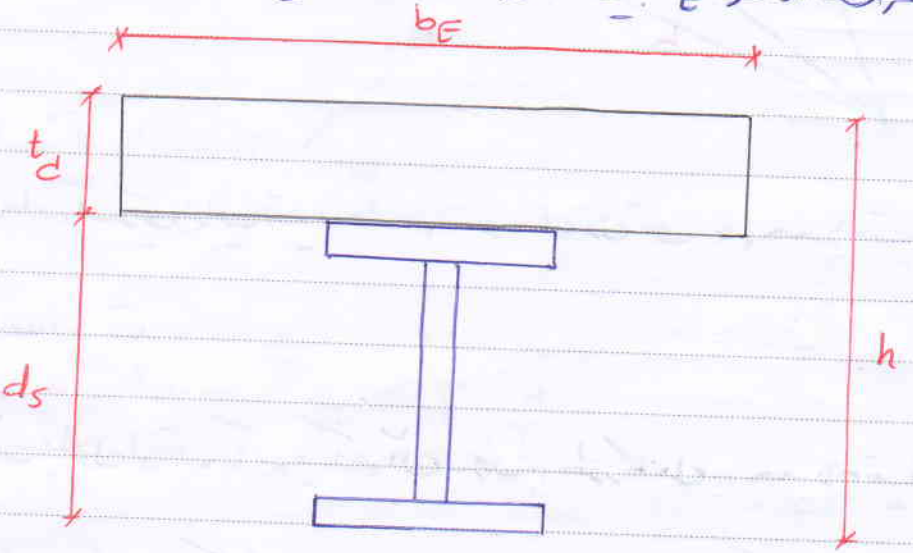
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

(چپ و راست) محاسبه می‌کنیم و با هم جمع می‌زنیم.

$$b'_E = \min \begin{cases} \frac{b}{2} \\ \frac{L}{8} \end{cases}$$

بعد از آنکه عرض موثر مشخص شد، می‌توانیم به جای کل سیستم یک تیر حولادی به همراه یک دال تی با عرض موثر b_E بدون آورده و طراحی کنیم.



d_s: ارتفاع پروفیل حولادی t_d: ضخامت دال تی

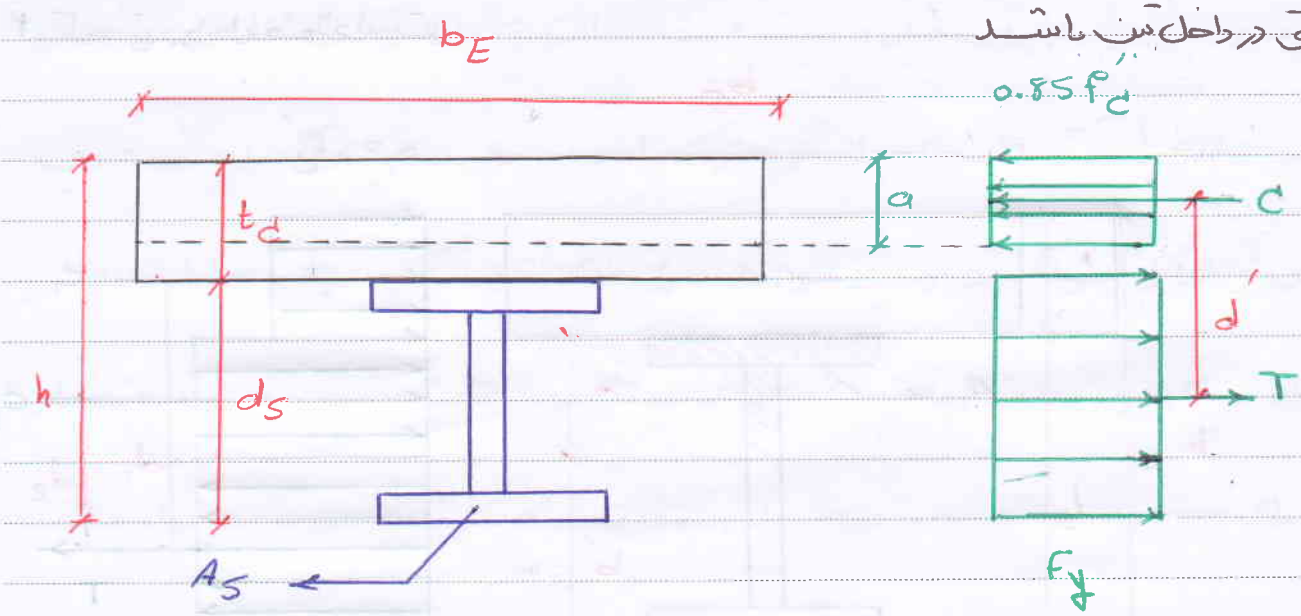
h: ارتفاع کل مقطع

می‌خواهیم کنتاور پلاستیک این تیر را حساب کنیم. کنتاور پلاستیک تیر بستگی به اینکه تار خنثی در داخل تیپ باشد، یا در داخل حولادها قابل بررسی است. پس در دو حالت زیر آن را بررسی می‌کنیم.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۴۳

۱- تار خنثی در داخل بتن باشد



با توجه به شکل فوق، تار خنثی در فاصله a از بالاترین تار بتن قرار دارد.

$$C = 0.85 f'_c \times b_E \times a \qquad T = A_s \cdot f_y$$

$$T = C \xrightarrow{\text{طول}} 0.85 f'_c \times b_E \times a = A_s \cdot f_y$$

ارتفاع تار خنثی

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \times f'_c \times b_E} \leq t_d$$

ضخامت بتن

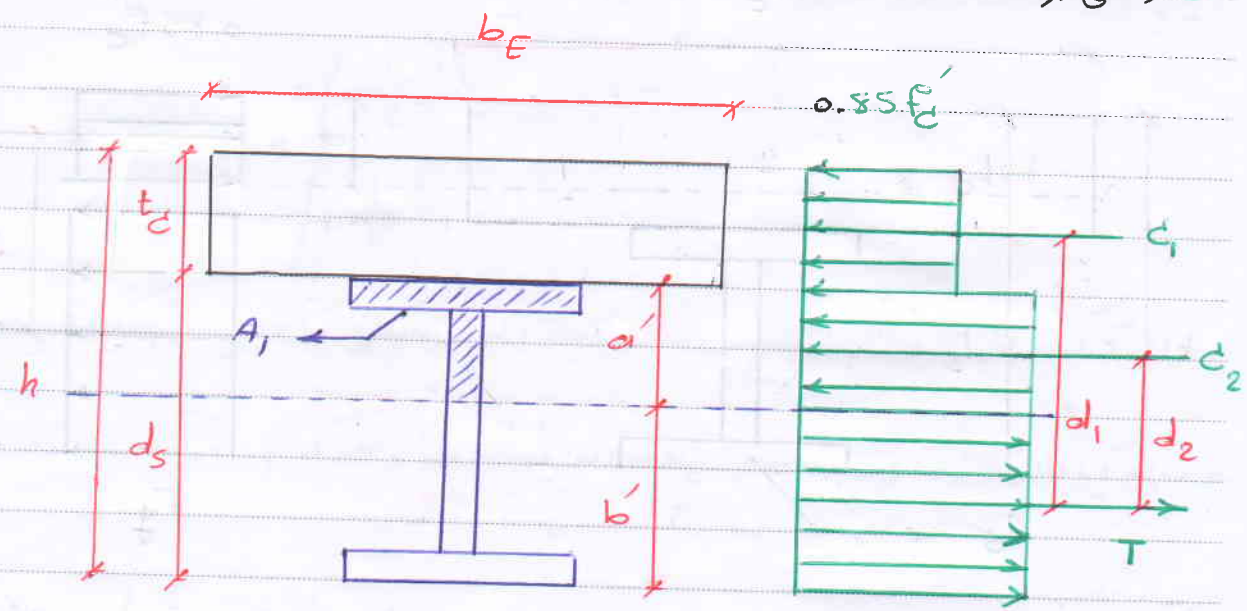
C یک نیروی فشاری است. از آن قسمت از بتن که زیر تار خنثی است و تحت کشش صرف نظر می شود.

$$M_p = \{C \text{ یا } T\} \times d'$$

$$d' = \frac{d_s}{2} + t_d - \frac{a}{2}$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۲ـ تارحنثی در داخل فولاد است.



$$C_1 = 0.85 f'_c \cdot b_E \times t_c \qquad T = (A_s - A_1) F_y$$

$$C_2 = A_1 F_y \qquad a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 f'_c \cdot b_E} > t_c$$

$$C_1 + C_2 = T \rightarrow 0.85 f'_c \cdot b_E \times t_c + A_1 \times F_y = (A_s - A_1) F_y$$

$\rightarrow$ A_1 محاسبه می‌شود $\rightarrow$ a' معلوم

اگر تارحنثی داخل فولاد باشد کل بتن و بخشی از فولاد تحت فشار می‌باشد. با محاسبه گشتاور

سه سری خروج گشتاور پلاستیک مقطع به دست می‌آید.

$$M_p = C_1 \times d_1 + C_2 \times d_2$$

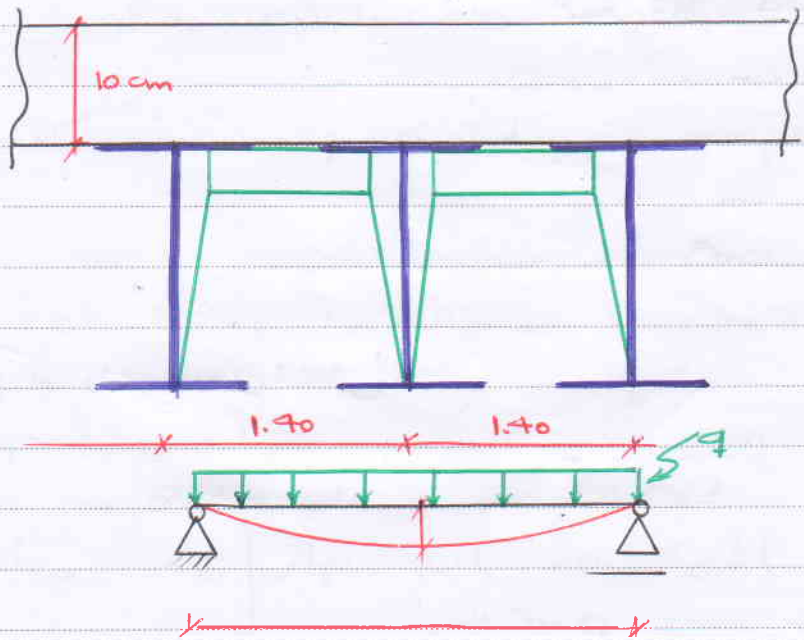
$$d_1 = \frac{b'}{2} + a' + t_c$$

$$d_2 = \frac{b'}{2} + \frac{a'}{2}$$

در اکثر موارد چون سطح تماس تیر خیلی بیشتر است، حالت اوّل اکثراً رخ می‌دهد ولی در موارد خیلی کم که تیر فولادی بسیار بلند باشد و دال بتنی نازک باشد، حالت دوم اکثراً رخ می‌دهد. بهترین حالت زمانی اتفاق می‌افتد که بتن و تیر فولادی طوری طرح شوند که $d = t_f$ باشد. در حالت اوّل مسأله‌ای نیست؛ علّت آن است که بتن تحت کشش بوده و فقط بار اضافی برای مجموعه است. حالت دوم نیز به علّت تحت فشار قرار گرفتن فولاد مناسب نیست.

مثال: در یک سقف مقطع فاصله‌ی تیرهای فولادی 1.4m، ضخامت دال 10cm و دهانه‌ی تیرها 7m و وزن قالب‌بندی‌ها $60\ kg/m^2$ و بار مردهٔ گروه ۲ برابر $400\ kg/m^2$ و بار زندهٔ گروه ۲، $300\ kg/m^2$ می‌باشد. همچنین مقاومت مشخصهٔ بتن برابر 21 MPa است.

اگر اجرای سقف‌ها بدون استفاده از داربست‌های موقتی باشد، تیرهای فولادی را از روی IPE طراحی نمایید.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

کنترل اول: کنترل در حین اجرا:

گام اول: $M_{u_1} \leq \phi M_{ns}$ گشتاور ناشی از بارهای گسترده

وزن بتن : $1.40 \times 0.10 \times 2500 = 350 \ kg/m$

وزن قالب بندی : $1.40 \times 60 = 84 \ kg/m$

وزن مردهٔ تیر (حدسی) : $30 \ kg/m$ (در پایان که اضلاع وزن زیاد بود حتما باید محاسبه گردد.)

بار بدون ضریب گسترده یک $q_1 = 350 + 84 + 30 = 464$ جمع بارهای

بار ضریب دار گسترده یک $q_{u_1} = 464 \times 1.4 = 650 \ kg/m$

گشتاور ناشی از بار ضریب دار گسترده یک $M_{u_1} = \frac{q_u l^2}{8} = \frac{650 \times 7^2}{8} \times 100 = 398125 \ kg.cm$

$M_{ns} = ?$

$$S \geq \frac{M_{u_1}}{2420} \rightarrow S \geq \frac{398125}{2420} = 165 \ cm^3$$

گام دوم: انتخاب پروفیل

IPE 200
- $S = 194 \ cm^3$
- $Z = 1.12 \times 194 = 217 \ cm^3$
- $b_f = 10 \ cm$
- $t_f = 0.85 \ cm$
- $r_y = 2.24 \ cm$
- $J = 6.46 \ cm^4$

گام سوم: کنترل پروفیل انتخابی:

$L_b = 700 \ cm$, $L_p = 115 \ cm$, $L_r = 425 \ cm$

$L_b > L_r$

طبق حالت سوم و با توجه به آن چه که در درس سازه های فولادی ۱ خوانده ایم:

$$M_{nS} = F_{cr} \times S \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times C_b}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{J \times c}{S h_o} \times \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$C_b = 1.15$, $L_b = 700\ cm$, $r_{ts} = 1.2 \times 2.24 = 2.65\ cm$

$J = 6.46\ cm^4$, $c = 1.0$, $S = 194\ cm^3$

$F_{cr} = 1065\ \ kg/cm^2$

$M_{nS} = 1065 \times 194 = 206610\ \ kg.cm \leq M_p = 2400 \times 217$?

$M_u \leq M_{nS} \times \phi \longrightarrow 398125 \not\leq 0.9 \times 206610$ پس جواب نمی دهد.

در این مورد دو راه حل داریم، یک راه حل اینکه چند شماره پروفیل را افزایش می دهیم و راه حل دیگر اینکه یک تکیه گاه به منظور کاهش طول دهانه (L_b) در وسط دهانه اضافه شود. الته بستگی به خواست مسئله نوع راه حل را انتخاب خواهیم کرد. در این مسئله با فرض وجود داشتن تکیه گاه جانبی در وسط دهانه، مسئله را حل می کنیم.

$L_b = 350$, $L_p = 115$, $L_r = 425$

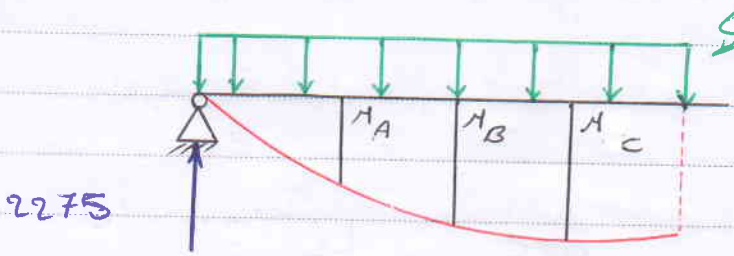
$L_p < L_b < L_r \longrightarrow$ حالت دوم

$$M_{nS} = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 M_e)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right) \right] \leq M_p$$

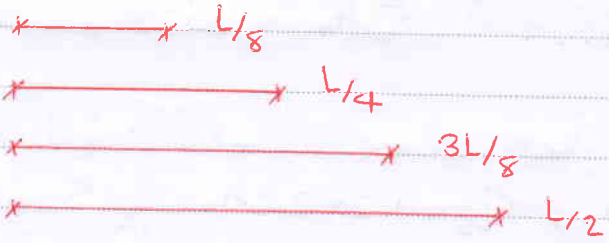
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

به دست آوردن ضریب C_b:



$A_y = 650 \times 3.5 = 2275$



$$M_A = 2275 \times \frac{7}{8} - \frac{650 \times (\frac{7}{8})^2}{2} = 1749 \quad kg.cm$$

$$M_B = 2275 \times \frac{7}{4} - \frac{650 \times (\frac{7}{4})^2}{2} = 2986 \quad kg.cm$$

$$M_C = 2275 \times \frac{21}{8} - \frac{650 \times (\frac{21}{8})^2}{2} = 3733 \quad kg.cm$$

$C_b = 1.29$ (1-5-2-10 آیین نامه رابطه 62 صفحه رابطه مربوطه)

$M_p = 2400 \times 217 = 520800 \quad kg.cm$

$M_e = 2400 \times 194 = 465600 \quad kg.cm$

$M_{u1} \leq \phi M_{ns} \rightarrow 398125 \leq 0.9 \times 481258$ ok ✓

پس با اضافه کردن تیرگاه در وسط دهانه مشکل حل می شود.

کنترل دوم: کنترل در حین بهره برداری

$$M'_{u1} + M_{u2} \leq \phi M_n$$

در این وضعیت وزن قالب بندی حذف می گردد.

بارهای اصلی گروه ۱:

وزن تیر : 350 kg/m

از جدول پروفیل ها قرائت می کنیم. وزن مردهٔ تیر : 22.4 kg/m

$q_1 = 372 \text{ kg/m}$

بارهای اصلی گروه ۲:

بار مرده : $1.4 \times 400 = 560 \text{ kg/m}$

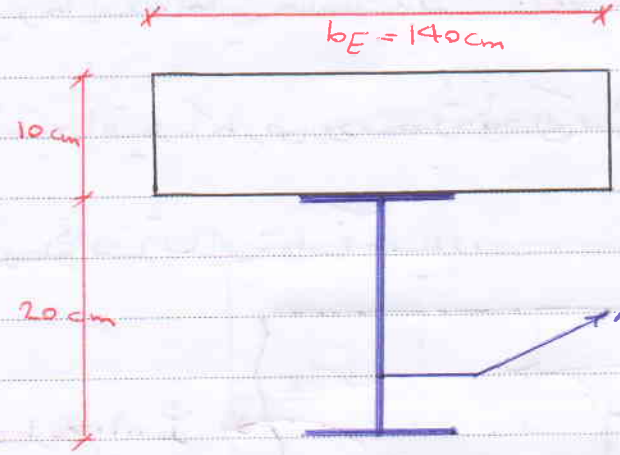
بار زنده : $1.4 \times 300 = 420 \text{ kg/m}$

بار ضریبدار q_u

$1.4(372+560) = 1372 \text{ kg/m}$

$1.2(372+560) + 1.6 \times 420 = 1790 \text{ kg/m}$

$$M_{q_1} + M_{q_2} = \frac{q_u \times L^2}{8} = \frac{1790 \times 7^2}{8} \times 100 = 1096375$$



$$b_E = \min \begin{cases} b = 140 \text{ cm} \checkmark \\ \frac{L}{4} = \frac{700}{4} = 175 \end{cases}$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \times f'_c \cdot b_E}$$

$$a = \frac{28.5 \times 2400}{0.85 \times 200 \times 140} = 2.9 \text{ cm} < t_d$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$M_p = \{C \text{ یا } T\} \times d$$

$$d = \frac{20}{2} + 10 - \frac{2.9}{2} = 18.55 \text{ cm}$$

$$M_p = T \times d = 28.5 \times 2900 \times 18.55 = 1268820$$

$$M_{u1}' + M_{u2} \leq \phi M_n$$

$$1096375 \leq 0.9 \times 1268820 = 1141938 \quad \checkmark \text{ ok}$$

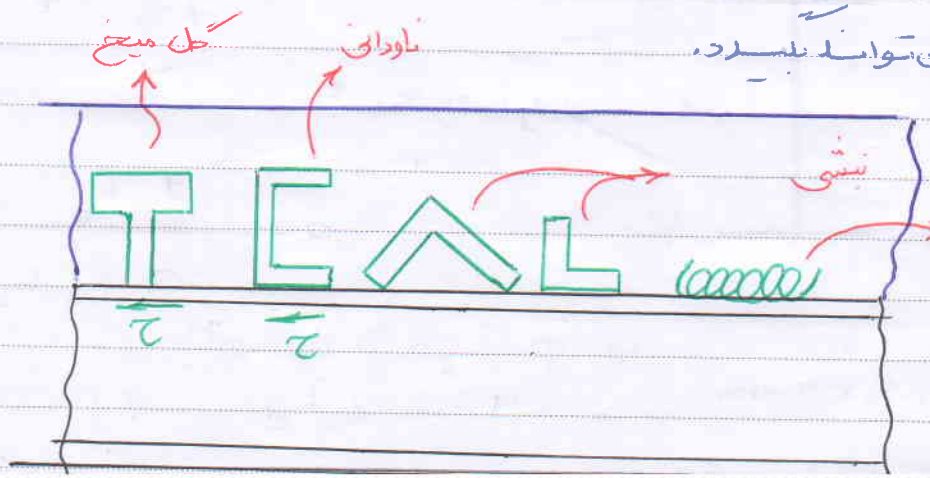
کنترل دوم تأثیری از بلوک تنش نمی‌پذیرد.

تمرین - مسئله خوق را یکبار دیگر با افزایش تعداد پروفیل حل نمایید.

طراحی برش تیرها

همان طور که قبلاً نیز ذکر شد، هرجا که تیر خمشی در داخل بتن مدفون نباشد، برشگیر نیاز خواهیم داشت.

برشگیرها زائده هایی هستند که روی بال تیر جوش می شوند و صرفاً منظور اتصال متن وی تیر با تیر به کار می رود. هر قطعه‌ای که روی بال تیر جوش شود، نقش زائده خواهد داشت و جلوی لغزش را می‌تواند بگیرد.

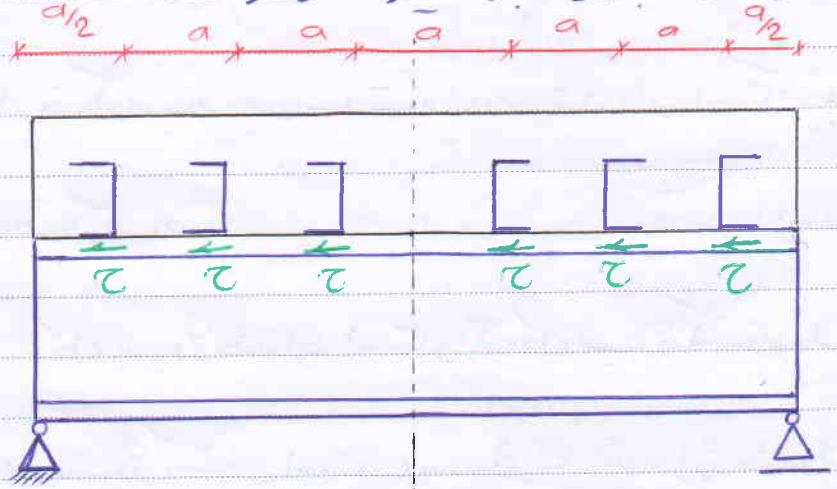


Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۵ راه

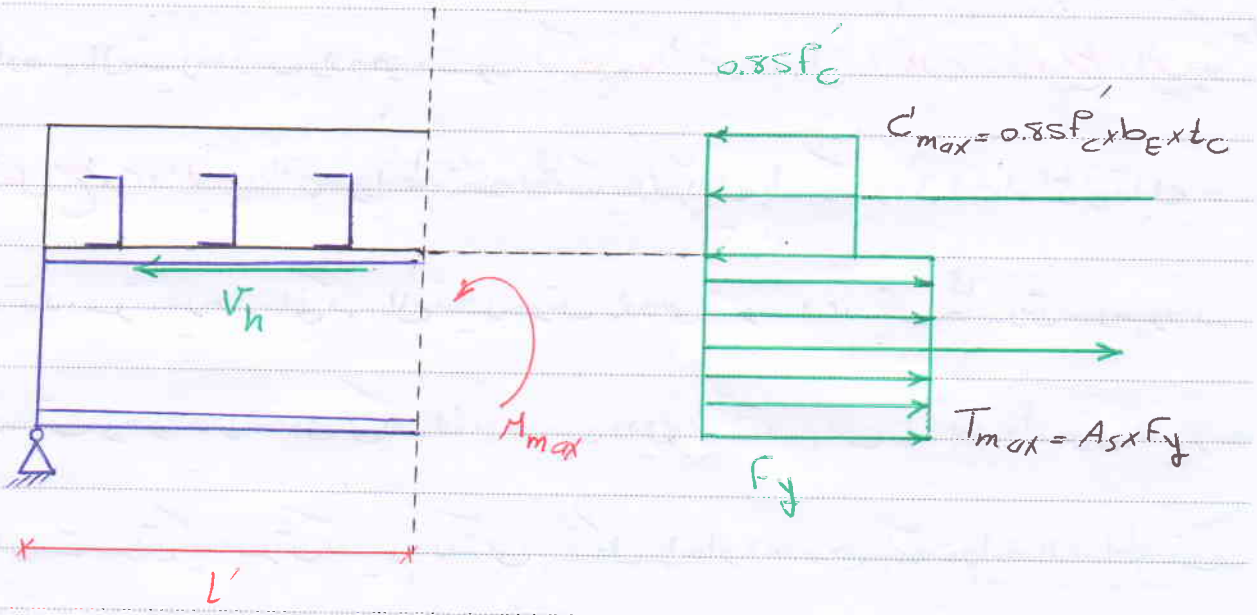
بهترین و ساده ترین راه گره گل میخ است. گل میخ ها، میخ های سربرن هستند یا از میلگردهای قلاب دار نیز استفاده می شود. میخ های سربرن صرفاً جهت این تیرها ساخته می شود و با جوش ذوبی به بال تیر متصل می شود.

از پروفیل ناودانی شکل نیز به جهت جلوگیری از لغزش تن روی فولاد استفاده می کنند و از بستی به شکل های مختلف و حتی از میلگرد مارپیچ یا فنری شکل نیز استفاده می شود. تمام این راه ها در صورت استفاده به بال تیر جوش داده می شود. در آیین نامه مقررات ملی ساختمان فقط دو نوع از این برشگیرها مجاز است، گل میخ و پروفیل ناودانی. روابط شکل های دیگر در این نامه ذکر نشده است و قابل استفاده نیستند. برشگیرها زمانی به بال تیر جوش داده می شوند، تنش های برشی موجود در حفل مشترک بتن و فولاد را تحمل می کنند، به همین دلیل است که به این راه ها برشگیر گویند. مقاومت برشی یک برشگیر، بستگی به شکل و ابعاد (هر چه بزرگتر باشد، سخت تر بتنده است، بنابراین میزان برشی بیشتری را جذب می کند) و مقاومت بتن و تعداد برشگیرها دارد. پس سه پارامتر در مقاومت برشی، برشگیرها موثر است.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

جمع زدن تمامی نیروهای برشی کار مشکلی است و نیازمند انگرال گیری است. برطبق این آیین نامه روش ساده تری برای محاسبه نیروهای برشی اتخاذ می کنیم. برطبق این روش حدی در این آیین نامه فرض می شود که این تیر تحت بار گسترده است و گشتاور در یک نقطه از تیر حداکثر می شود حال اگر بار گسترده یکنواخت باشد، گشتاور در وسط تیر حداکثر خواهد بود. با توجه به تعادل در این تکیه گاه و نیمه ای از تیر که گشتاور حداکثر است داریم (این گشتاور صفر و حداکثر)



در حالت حدی حداکثر گشتاوری که این مقطع می تواند تحمل کند، گشتاور پلاستیک تیر مختلط است و بیشترین گشتاوری که در این مقطع تحمل می شود زمانی است که میلگرد و تقاطع مشترک تن و فولاد حداکثر تسلیم و صحیحتر زمانی است که تن تحت فشار و فولاد تحت کشش حداکثر تسلیم شود.

با توجه به شکل C کل نیروی فشاری است و T کل نیروی کششی. (بیشترین نیروی فشاری و T بیشترین نیروی کششی است.) نیروی C تن از نیروی فولادی تشکیل شده و

Subject:
Year. Month. Date. ( )

با این نیروی T است که می خواهد فولاد را از زیر تنش حرکت دهد. پس به سادگی کل نیروهای

افقی را به دست می آوریم. " V_h " تنش برشی کل است، نیروی است که می خواهد تنش را روی

فولاد حرکت دهد. (در فاصله مشخص). لازم به تذکر است که " V_h " نیروی برشی افقی در

فاصله بین کشاور حداکثر و کشاور صفر است؛ یعنی برای کل تیر بتنی.

$$V_h = \min \begin{cases} C_{max} = 0.85 f'_c \times b_E \times t_c \\ T_{max} = A_s \cdot f_y \end{cases}$$

هر کدام از "C" یا "T" کمتر باشد، یعنی آن قسمت ضعیف تر است و آن قسمت

سریع تر منهدم می شود. پس از انهدام آن قسمت دیگر نیازی به برش گیر هم نخواهد بود.

آنوقت "C" نسبت به "T" نوعیا تر باشد؛ یعنی تن ضعیف تر است. هر نیروی که در این

قسمت به دست می آوریم، عین همان نیرو در قسمت دیگر نیز موجود است.

$$n = \frac{V_h}{q}$$

V_h ← نیرو

q ← مقاومت برشی یک برش گیر

n ← تعداد برش گیرها در فاصله بین کشاور صفر و حداکثر

$$a = \frac{l'}{n}$$

l' ← فاصله بین کشاور صفر و Max

n ← تعداد برش گیرها در فاصله بین کشاور صفر و Max

a ← فاصله برش گیرها

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

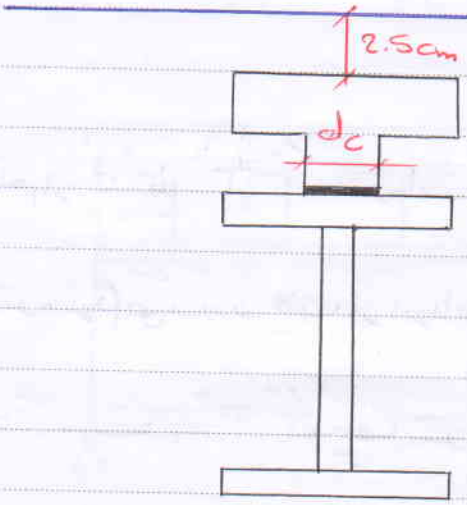
Subject :
Year . Month . Date . ( )

(۵۴)

اولین برشگیر را در فاصله $\frac{s}{2}$ قرار می دهند و بقیه برشگیرها را در فاصله "s" از هم روی بال تیر جوش می دهند.

پس در نهایت تنها مسئله ای که باقی می ماند، محاسبه مقاومت برشی یک برشگیر است. مقاومت برشی برشگیرها برای دو نوع ناودانی و گل میخ در صفحه ۱۳۳ و ۱۳۴ آیین نامه مشخص شده است.

۱- گل میخ ها:



حداقل ضخامت

گل میخ ها معمولاً از جنس فولاد نرمه هستند.

مقاومت گل میخ $q = 0.5 A_{sc} \sqrt{f'_c \times E_c} \leq 0.75 \times A_{sc} \times F_u$

سطح مقطع گل میخ $A_{sc} = \frac{\pi d_c^2}{4}$

مقاومت مشخصه بتن (28 روزه)

مدول الاستیسیته بتن

مقاومت گل میخ $F_u = 4000 \ kg/cm^2$

$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$

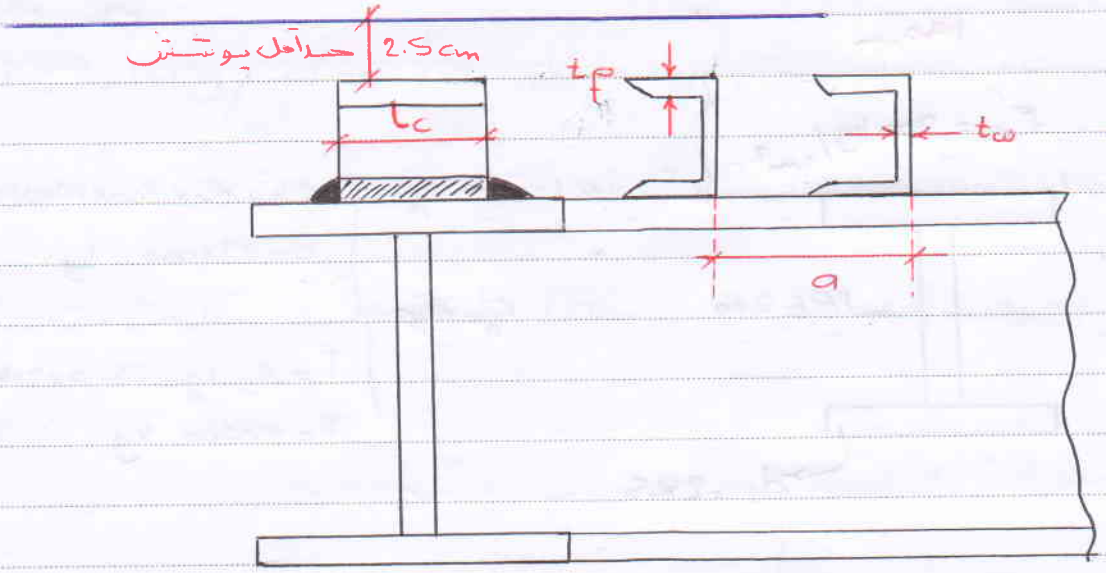
ارتفاع تیر حداقل گل میخ $a_{min} = 6 d_s$

فولادی

$a_{max} = \min \begin{cases} 8 t_c \\ 80 \end{cases}$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۲- ناودانی



$$q = 0.3(t_f + 0.5t_w)L_c \times \sqrt{f'_c \cdot E_c}$$

$$a_{min} = 2h_c$$

$$a_{max} = \min \begin{cases} 8t_c \\ 80 \end{cases}$$

L_c یا قطعه‌ای از ناودانی است که بریده می‌شود

و این قطعات به فواصل a روی بال تیر جوش

داده می‌شوند

L_c یا حتماً باید از بال تیر کمتر باشد ($L_c \leq b_f$) ، باید از هر طرف به اندازه 2 cm یا 2.5 cm

از بال تیر کوچکتر باشد تا امکان جوشکاری وجود داشته باشد.

پس برای طرح برشگیرها اول باید نوع آن را انتخاب کرده و بعد با نوع آن مقادیر

"q" را از روابط مذکور محاسبه می‌کنیم. سپس تعداد برشگیر را حساب کرده و فاصله

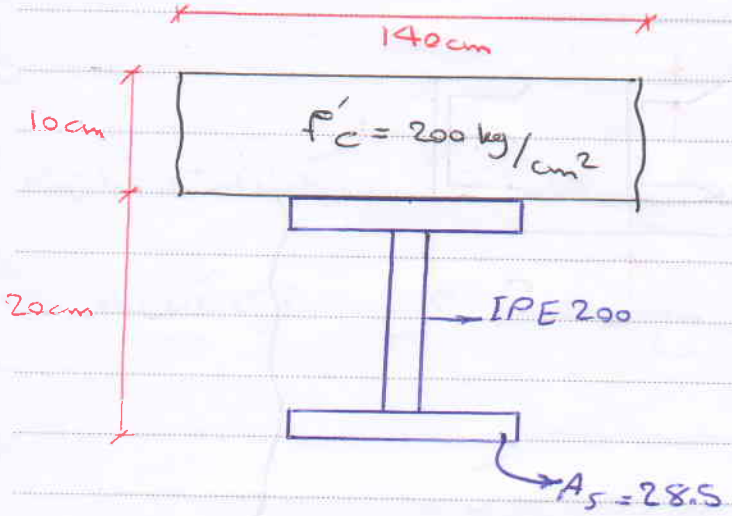
آن‌ها را از همدیگر به دست می‌آوریم. همانطور که دیدید این برشگیرها از نظر فاصله

حداقل و حداکثر دارند.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

مثال: سرشیرهای مثال صفحه 45 را از نوع ناودانی طرح نمایید.



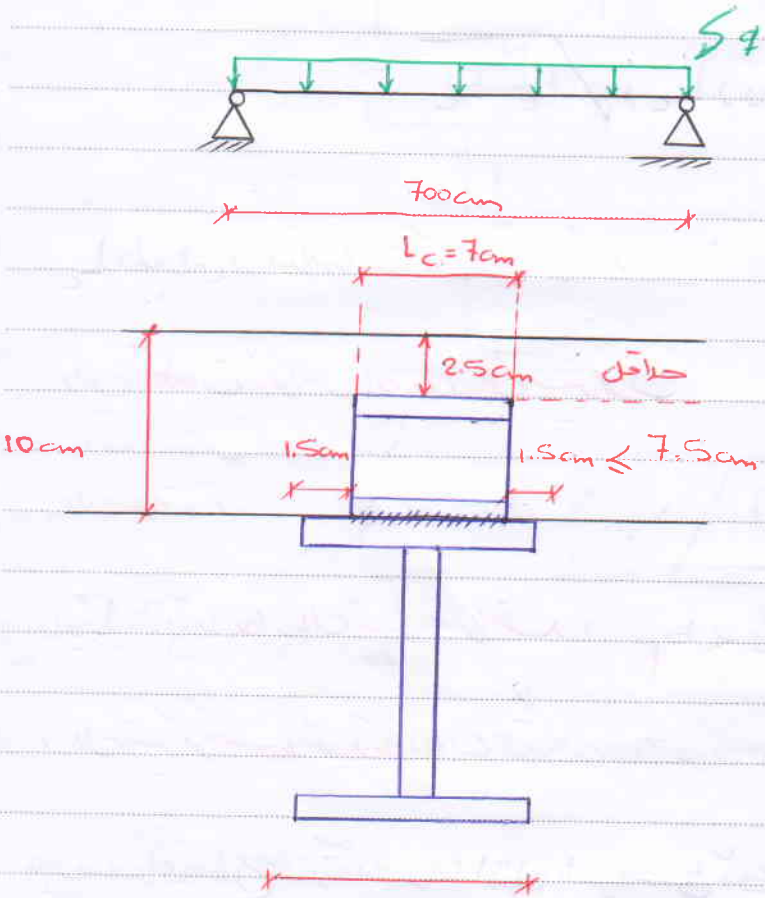
$V_h = min$

$C = 0.85 \times 200 \times 140 \times 10$

$C = 238000\ kg$

$T = A_s . f_y = 28.5 \times 2400$

$T = 68400\ kg$



UNP 65

UNP 60 ✓

UNP 50

$q = 0.3(0.6 + 0.5 \times 0.6) \times 6 \times \sqrt{200 \times 2 \times 10^5}$

$q = 10245$

$n = \frac{V_h}{q} = \frac{68400}{10245} = 6.7 \rightarrow 7$ عدد

در حاصل بین کناره صفر و حداکثر

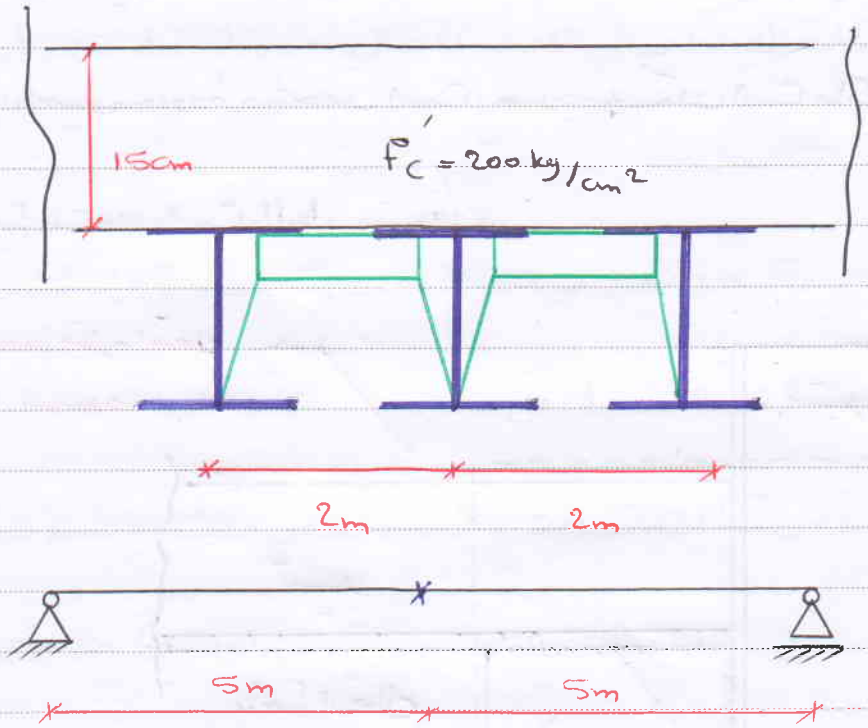
$a = \frac{L'}{n} = \frac{350}{7} = 50\ cm$

$a_{min} = 2 \times 6 = 12$

$a_{max} = min \begin{cases} 80 \\ \end{cases}$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

تمرین- در یک سقف مختلط فاصله تیرچه ها 2m، ضخامت دال بتنی 15cm و دهانه تیرچه ها 10m، وزن قالب بندی $100\ kg/m^2$، بار مرده وارده $200\ kg/m^2$، بار زنده وارده $600\ kg/m^2$ و $f'_c = 500\ kg/cm^2$ است. اگر در حین بتن ریزی از شمع موقت هم استفاده شود در وسط دهانه، تیر فولادی را از پروفیل IPE طرح نمایید. مقاومت مشخصه بتن 20MPa است.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

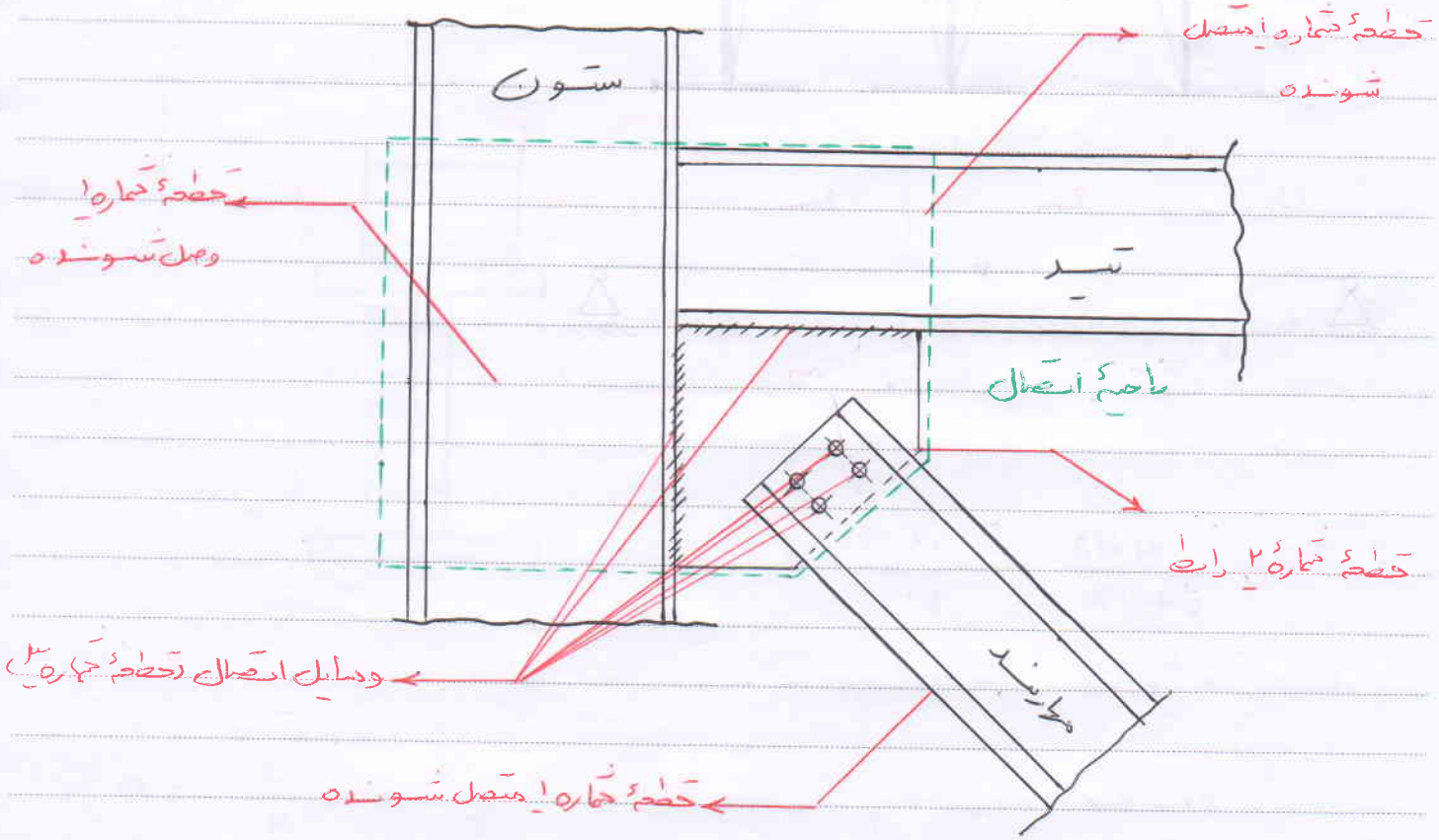
Subject:
Year. Month. Date. ( )

فصل سوم

اتصالات

اتصال

اتصال ناحیه‌ای است که در آن، اعضای مختلف به هم ارتباط پیدا می‌کنند. اتصال نقطه نیست و عملاً یک ناحیه و محدوده مشخص است. هرچند ممکن است میانگار اعضا را در یک نقطه به هم وصل کنند. اتصال ناحیه مشخص است با ابعاد مشخص.



در شکل فوق جایی است که تیر می خواهد به ستون و مهاربند متصل شود. ناحیه ای که با خط چین نشان داده شده است، ناحیه اتصال است. ناحیه اتصال شکل های مختلفی می تواند داشته باشد.

معمولاً در ناحیه اتصال سه نوع خط مشاهده می شود که در شکل زیر توضیح داده شده است:

الف) خط رابط یا صفحه اتصال در شکل فوق خط شماره ۲ می باشد که مجبور شدیم مهاربند را به آن وصل کنیم. در ناحیه اتصال ممکن است صفحه اتصال وجود داشته باشد و یا وجود نداشته باشد.

ب) جوش ها و پیچ ها باعث برقراری اتصال می شوند، جوش ها ورق را به تیر وصل کرده و پیچ مهاربند را به صفحه اتصال متصل می کند.

پ) خطات متصل شونده طراحی خطات متصل شونده مشخص است، یا تیر هستند یا ستون. یا عضو کششی هستند یا عضو خمشی و یا تیر ستون و یا تیر مختلط که قبلاً توضیح داده شده است.

پس در اینجا ما خطات ۲ و ۳ را مورد بحث و بررسی قرار می دهیم و در مورد خطوط این خطات روش های این نامه توضیح داده می شود.

لازم به ذکر است عملکرد خط رابط مانند یکی از حالات خطات متصل شونده خواهد بود.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( ) ۹۵

وسایل اتصال

وسایل اتصال بر دو نوع هستند:

الف، جوش ب، پیچ

اتصالات جوشی

در بررسی اتصالات جوشی چند نکته را باید بدانیم. مسأله جوش را باید در چندین مرحله بحث کرد که این مسائل عبارتند از:

۱- تکنولوژی اجرائی ۲- تجهیزات جوشکاری ۳- روش های کنترل و بازرسی

کیفیت جوش ۴- آثار جوش ۵- عیب های جوش ۶- بحث نهایت روش های

محاسباتی جوش

تعریف جوشکاری

جوشکاری فرآیندی است که در آن قطعات فلزی و یا حتی غیر فلزی در محل اتصال ذوب می شوند و در صورت نیاز با مادهٔ مناسبی محل در بر می شود. ذوب کردن قطعات و پر کردن محل در ز. در این امر شرط بر این می باشد که کار طوری انجام بگیرد که محل اتصال قابل تشخیص با خصوصیات های قطعه باشد؛ ولی عملاً این موضوع امکان پذیر نیست. روش های جوشکاری تنوع بسیاری دارد که در ادامه به انواع روش های جوشکاری اشاره خواهد شد.

فیلم های آموزشی دروس بتن و فولاد

ICIVIL

فیلم آموزشی طراحی سازه های فولادی ۱

طبقه بندی روش های جوشکاری

۱- روش استفاده از جریان برق

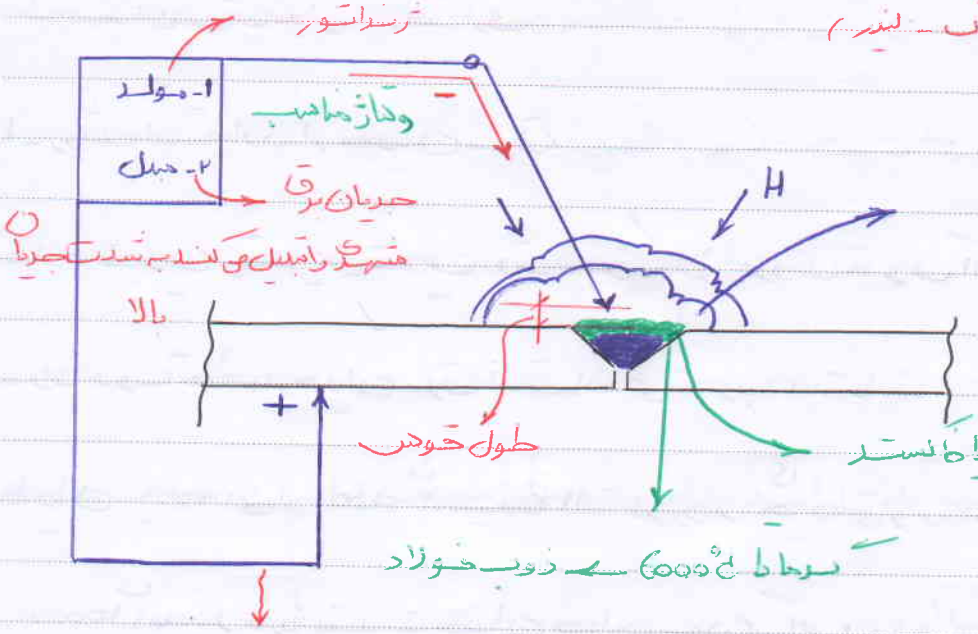
ساده ترین و قدیمی ترین روش جوشکاری، روش جوش الکتریکی است. در این روش برای ذوب فلز از جریان برق استفاده می شود، البته با شدت جریان بسیار بالا (شدت جریان ۱۰۰ الی ۴۰۰ آمپر. البته در روش های دستی و روش های کارخانه ای ۴۰۰ الی ۱۰۰۰۰ آمپر بازهٔ شدت جریان خواهد بود.). اگر دو سر باتار الکتریکی بشت و منفی را به لحظه به هم متصل کنیم، یک جرقه ایجاد می شود و به محض ایجاد جرقه دو سر را از هم جدا می کنیم. هوا آن جا که در آن فاصله باشد (حتی هوا)، یونیزه می شود.

منظور از یونیزه شدن این که الکترون ها از یک اتم جدا شده و حرکت کنند. پس چون الکترون ها از هوا عبور می کنند و هوا یک مادهٔ نارسانا است، حرارت ایجاد می شود این حرارت گاهی تا ۶۵۰۰ °C است. پس در روش های جوش الکتریکی، یک جوش اولیه ایجاد می شود. پس از جدا کردن سریع دو سر، به منظور پر کردن درزها از الکترود استفاده می شود. پس به عنوان اولین روش، روش جوش الکتریکی با الکترود پوشش دار را داریم. در این روش سیم (میلهٔ فلزی) جوش هایی وجود دارند که دارای یک پوشش محافظ هستند. این سیم جوش (میلهٔ فلزی) در یک قطب قرار می گیرد و قطعه هم در قطب دیگر. با ذوب شدن همزمان میله درز پر می شود.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

روشن و آشنا شیمیایی ـ اصطکاک ـ لیزر



پرتاب تیتری در وضعیت ثابت است

چون پرتابه در حال نوسان است.

این سیستم به سیستم تراز تغییر جهت داده شود.

الکترود پوشش دار مفتول فلزی است که می خواهیم جوش دهیم. معمولاً از جنس فلزی است که می خواهیم جوش دهیم. مفتول فلزی با همان سیم جوش فلزی با یک مادهٔ خمیری شکل پوشش داده می شود. مادهٔ خمیری شکل دو نقش اساسی دارد:

نقش اوّل: به محض اینکه جوش برقرار می شود، این مادهٔ خمیری که از مواد غیر فلزی است می سوزد و با سوختن ایجاد دود می کند. این دود شکل یک ابر محافظ روی حوضچهٔ مذاب می نشیند و اجازه نمی دهد هوا (اکسیژن و هیدروژن) وارد جوش شود، در نتیجه از تخلخل جوش جلوگیری می شود.

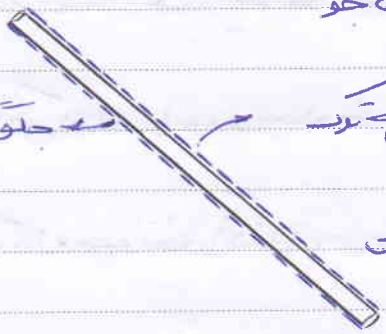
موجبات تخلخل در جوش ← اکسیژن

مانع از رسیدن اکسیژن به مواد مذاب، گل حوشه

اجازه می دهد حوشه سریع سرد شود و مانع ترک

خوردگی می گردد. همچنین نقش احیا کنندگی

به حوشه و اضافه کردن آلیاژ دارد.



حلوگیری از رنگ کردگی پوستش

نقش دوم: جدا از آنکه ماده ی خمیری شکل سوخت، خاکستر آن چون خیلی از مواد سنگ است

روی سطح حوشه قرار می گیرد و این خاکستر به شکل یک لایه محافظ روی سطح حوشه را پوشانده

و اجازه نمی دهد حوشه سریع سرد شود. علت این است که اگر حوشه سریع سرد شود

در حوشه ترک ایجاد می گردد.

این روش حوشکاری را روش دستی نیز می گویند. چون روش دستی است، پس کیفیت

حوشه به مهارت حوشکار بستگی دارد

۲- روش حوشکاری الکتریکی تحت حفاظت پودر (زیر پودری)

در این روش سیم حوشه روکش ندارد و به شکل کلاف یا قرقره استفاده می شود. در این روش

سیم حوشه تمام نمی شود و می تواند برای حوشکاری های طولانی مدت مورد استفاده قرار

گیرد. در این روش برای ایجاد خاکستر یا گل حوشه یا دود، همان مواد را به ابتدا صورت

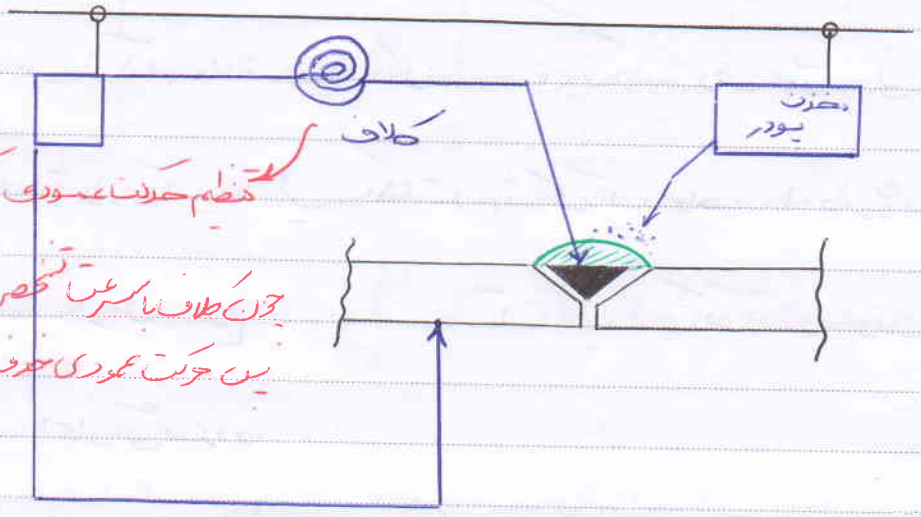
گل بود، خشک کرده و پودر کرده اند، این مواد را در یک مخزن به نام مخزن پودر،

همزمان با حوشکاری پودر را روی حوضچه مذاب می ریزد. پس در حقیقت عمل پوشش

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

را این پودر انجام می دهد. به محض اینکه پودر به حوضچه مذاب برخورد می کند، پودر می سوزد و ایجاد دود می کند و این محافظ تشکیل می دهد و خاکستر روی سد جوش قرار می گیرد و کل جوش را تشکیل می دهد. در این روش جوش زیر پودر می ماند و جوش دیده نمی شود.



ویژگی های این روش

اولاً تسیم جوش متحد است، یعنی می توان جوش های طولانی را اجرا کرد. چون جوش زیر پودر مدفون است، می توان با چشم غیر مسلح جوش را خوب نگاه کرد ولی در روش اول اشعه ماورا بنفش جوش الکترودی این اجازه را نمی داد.

در روش دوم می توان کلاف را باز و بسته کرده و سرعت جوشکاری را تغییر داد. کلاف همان حرکت عمودی جوشکار است. در این روش کلاف را روی ریل قرار داد که آن هم حرکت افقی در دست جوشکار است. پس این روش، روش جوش اتوماتیک است و نیازی جوشکار نداریم. بنابراین وقت جوشکاری بالا می رود و سرعت جوشکاری بالاست.

البته گاهی شرایط کارگاه طوری است که امکان نصب ریل وجود ندارد. در نتیجه جوشکار خط مورد نظر را رفته و خط حرکت را خود اعمال می دهد. (جوشکاری نیمه اتوماتیک)

در روش های دستی شدت جریان بین ۱۰۰ آمپر تا ۴۰۰ آمپر است؛ ولی در روش زیرپودری از شدت جریان بالای ۴۰۰ استفاده می شود و تا ۱۰۰۰ آمپر هم کاربرد دارد. در این روش چون از شدت جریان بالایی استفاده می کنند، بنابراین برای جوشکاری ورق های ضخیم مناسب است و در یک پاس می توانند درز را پر کنند.

۳- روش جوش الکتریکی تحت حفاظت گاز

در این روش مخزن پودر حذف شده و مخزن گاز را جایگزین می کنیم. یعنی همزمان با جوشکاری گاز روی سطح جوش تزریق می شود و یک لایه ایزولاسیون تشکیل می دهد و سریعاً گاز روی جوش می نشیند و اجازه نمی دهد اکسیژن و هیدروژن وارد مذاب شود. در این روش خالص کار است و جوش بدون گل است. پس در این روش محافظت جوش ناقص می ماند و لایه محافظ منظور جلوگیری از سرد شدن سریع جوش می باشد، وجود ندارد. در نتیجه امکان ترک وجود دارد. این روش فقط محض ورق های نازک می باشد.

گازهایی که برای این منظور استفاده می شود، معمولاً دو است: یکی از گازها بی گازهای اکسیژن هستند که بهترین نوع آن ۲ می باشد. این نوع گاز علاوه بر اینکه تشکیل اسپری دهد، مانع نفوذ اکسیژن می گردد. نوع دیگر از گازها، گازهای خنثی

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

(غیر اکسیژن) هستند؛ مثل گاز آرگون یا هلیوم. این نوع گازها فقط تشکیل اسپری دهند.

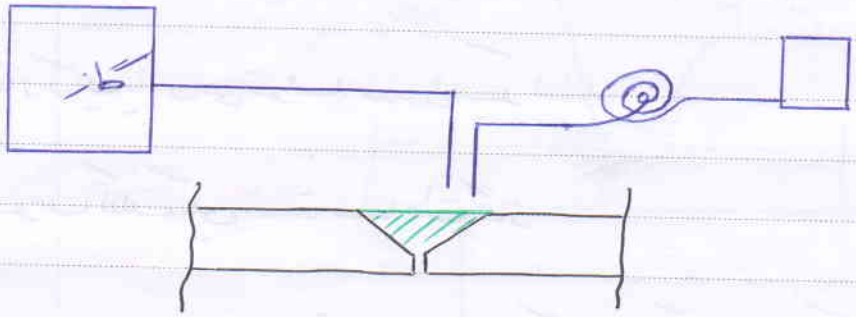
از بین این دو گاز، گاز آرگون سنگین‌تر بوده و تبادل حرارتش کمتر است؛ بنابراین

بیشتر از گاز آرگون استفاده می‌شود. برای جوشکاری فولاد فقط گاز اکسیژن مناسب است، بنابراین

از آن استفاده نمی‌کنند. از گازهای آرگون و هلیوم برای جوشکاری آلومینیوم و مس استفاده می‌کنند.

علت عدم استفاده از گاز آرگون در جوشکاری فولاد این است که با جوشکاری از طریق این گاز بر فولاد تنش زیادی

وارد می‌کند.



در این نام‌های ساختمانی، فقط روش‌های جوشکاری مورد قبول است که دمای

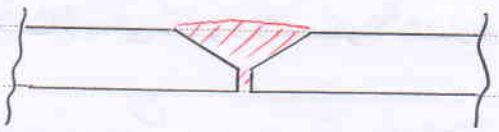
جریان الکتریکی باشد. (مانند دو روش اول)

انواع اتصالات جوشی

۱. اتصال مقابل هم - لب به لب

در این حالت قطعات دقیقاً روبه‌روی هم قرار می‌گیرند. به این اتصال butt Joint

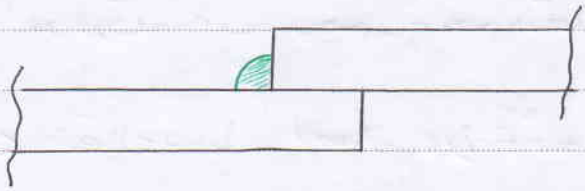
(bj) گویند.



۲. اتصال روی هم

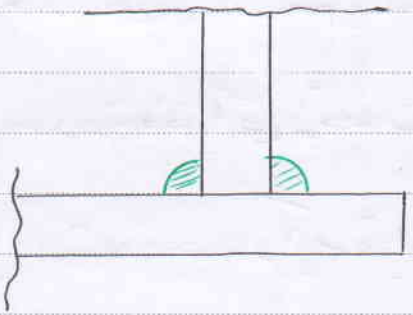
این نوع اتصال

lap joint می‌نویسند.



۳- اتصال سپری

گاهی اوقات، قطعات علاوه بر اینکه روی هم هستند، عمود بر هم قرار می‌گیرند، مثل جان تیر به بال تیر. به این نوع اتصال، اتصال سپری یا Tee joint می‌گویند.



۴- اتصال گوشه

گاهی قطعات یا ورق‌ها در گوشه به هم می‌رسند، به این اتصال، اتصال گوشه یا corner joint می‌گویند.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۵- اتصال لبه

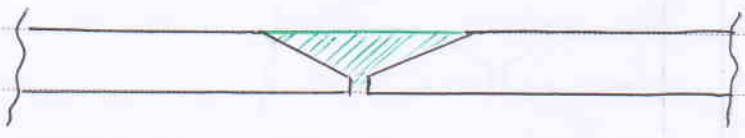
گاهی نیاز داریم تا دو ورق مماس بر هم را هم متصل کنیم و انتهای آن ها را جوش دهیم

به این نوع اتصال، اتصال لبه یا Edge Joint گویند.

انواع جوش

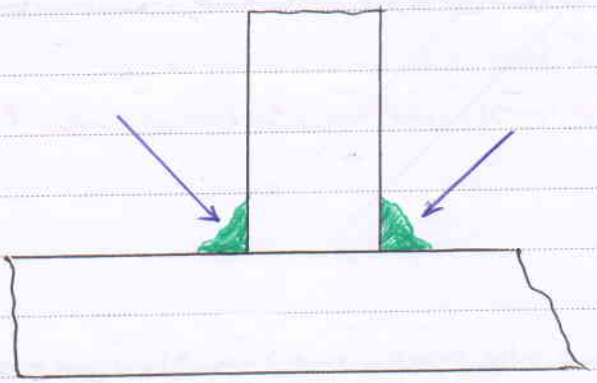
۱- جوش شیاری یا groove weld

خطات به هر شکلی که کنار هم باشند (در اینجا خط اتصال لب به لب را نشان داده ایم.) محل اتصال را در هر دو خط یا یکی از خطات، یک شیار ایجاد می کنند؛ یعنی لبه ورق را می سایند تا یک شیار ایجاد شود، بعد از اینکه شیار ایجاد شد، داخل آن با جوش پر می شود. لازم به اجرای جوش شیاری سابیدن لبه خطات و ایجاد شیار است؛ که اصطلاحاً به آن آماده سازی لبه خطات می گویند. اجرای جوش شیاری بسیار مشکل و هزینه بر و وقت گیر است ولی مقاومت جوش شیاری حتی از خود ماده هم بیشتر است.



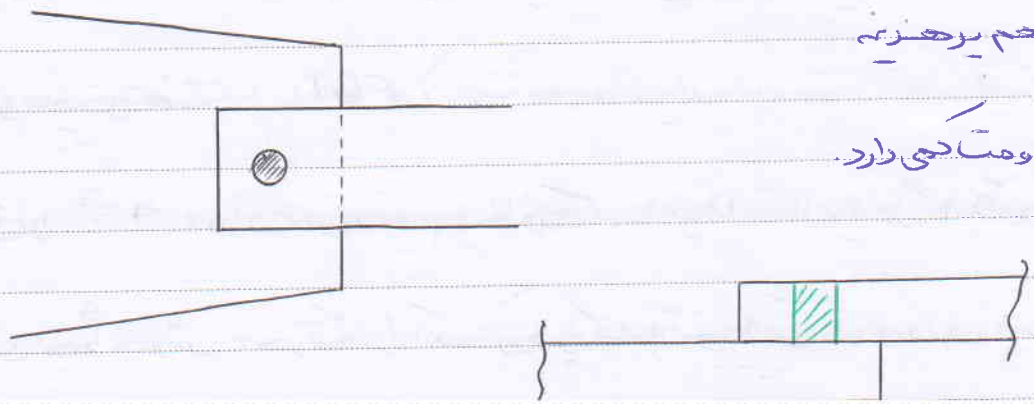
۲- جوش گوشه یا fillet weld

برای اجرای جوش گوشه، قطعات به هر شکلی که مقابل هم می باشند، (مثلاً حالت سپری) بدون اینکه آماده سازی اجام شود، یعنی بدون سایيدن گوشه ها، قطعات با جوش به هم وصل می شوند. اجرای این جوش بسیار ساده و سریع است، ولی مقاومت آن خیلی کم است و مثل جوش شیاری جوش نامی نیست.



۳- جوش انگشتانه یا plug weld

این جوش بیشتر روی اتصال های رویی هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد. بیشترین کاربرد آن در قطعات رویی هم می باشد. وقتی قطعات رویی هم قرار می گیرند، می توان در قطعه ی فوقانی سوراخ دایره ایجاد کرد و سپس سوراخ را با جوش پر نمود. این جوش تا حدی در ورق زیرین نفوذ کرده و آن را ذوب می کند و در نهایت اتصال برقرار می گردد. اجرای این جوش هم وقت گیر بوده و هم پرهزینه می باشد، همچنین مقاومت کمی دارد.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

۴- جوش کام یا slot weld

جوش لوبایی یا کشیده شده است. همانند جوش انگشتانه است با این تفاوت که شکل سوراخ ورق جوشکاری لوبایی است. همچنین اگر عرض ورق کم باشد سوراخ را معمولاً لوبایی ایجاد می کنند و همان خواص جوش انگشتانه را دارد و اجرای آن، حتی از جوش انگشتانه سخت تر است. از این جوش ها بیشتر در صنعت استفاده می گردد.

در ایران ۹۵ درصد جوش ها به صورت جوش گوشه اجرا شده و ۱۵ درصد سر به صورت جوش شیاری اجرا می گردد.

انواع وضعیت جوشکاری

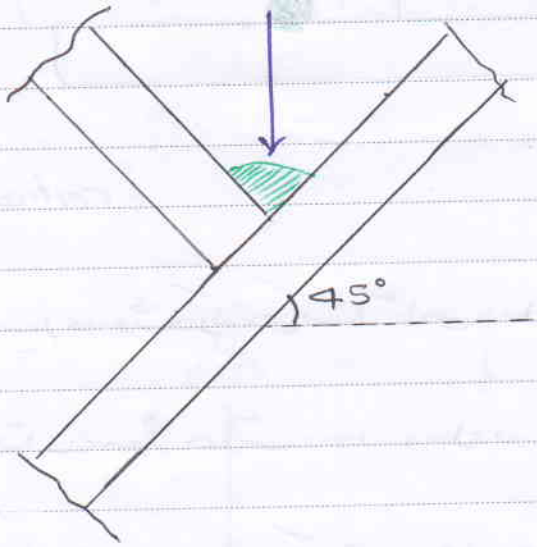
تا به تعریف موقعیت جوشکار، الکترود و قطعات را نسبت به یکدیگر، وضعیت جوشکاری گویند. اگر جوشکار در جوش دستی موقعیت مناسبی نداشته باشد، نمی تواند جوش مناسبی اجرا کند؛ بنابراین یکی از موارد تعیین کننده کیفیت جوش، وضعیت جوشکار است. اگر جوشکار تسلط کافی به محل اتصال نداشته باشد، کیفیت جوش پایین می آید.

در جوشکاری ها ساختمانی، چهار وضعیت به شرح زیر داریم:

۱- وضعیت تخت (Flat)

ورق را ۴۵° دوران می دهیم، طوری که ناحیه اتصال یا درز کاملاً رو به بالا باشد، در نتیجه برای اجرای جوش، جوشکار الکترود را کاملاً رو به پایین نگه می دارد. پس نگهداری الکترود

برای حوشن کار بسیار ساده‌ای است و همچنین جوشکار برای اجرای جوش می‌تواند روی قطعات سوار شود.



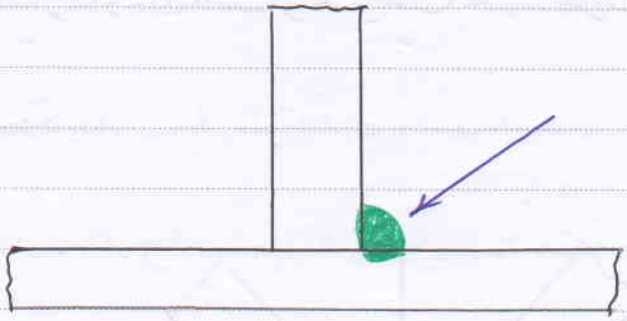
چون در این حالت مذاب می‌خواهد هم طرفها پایین حرکت کند، نفوذ مذاب بروی هر دو قطعه برابر است. هر دو قطعه در مسیر حرکت مذاب وضعیت یکسانی دارند، همچنین کیفیت جوش هم بسیار مناسب است.

۲- وضعیت افقی (Horizontal)

گاهی امکان دوران قطعات وجود ندارد و دو ورق را بدون آنکه دوران دهیم، جوشکاری می‌کنیم. جوشکار هم می‌تواند سوار قطعه شود و الکترود را هم باید مایل نگه دارد، بنابراین تنظیم این زاویه برای جوشکار سخت است. بنابراین کار جوشکار، کار مشکلی است. همچنین چون مذاب هم سمت پایین حرکت می‌کند، نفوذ آن در قطعه پایین بیشتر است ولی در قطعه بالا کمتر است. کیفیت جوش نسبت به وضعیت قبل خیلی کمتر است.

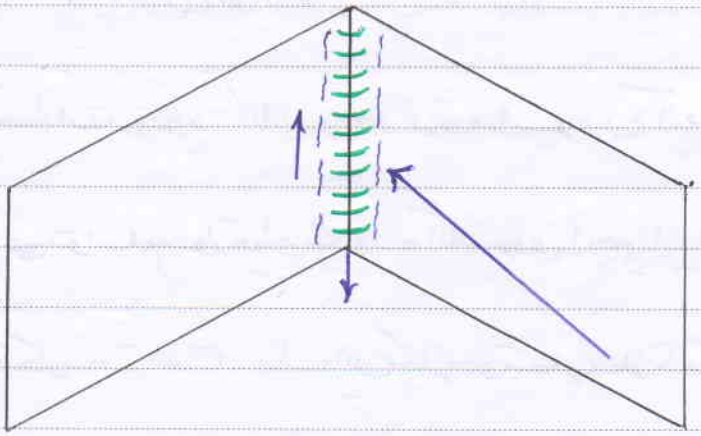
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )



۳- وضعیت عمودی (Vertical)

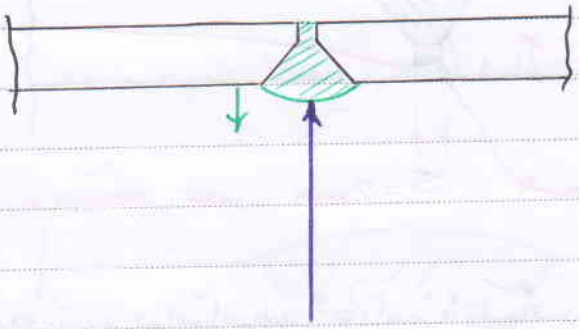
در این حالت الکترود در مسیر عمودی حرکت می‌کند. گاهی محل دست طوری است که جوشکار مجبور می‌شود، درزی را در راستای عمودی جوش دهد. محل درز رو به بالا بوده و عمودی است و جوشکار بر روی ورق ها تسلط ندارد پس باید الکترود را از وضعیت قبل هم مایل‌تر ببرد. ضخامت ورق در هر دو ورق بسیار کم است و اتصال، اتصال مناسبی نیست. بهترین وضعیت این حالت زمانی است که جوش از پایین به بالا اجرا شود.



Subject:
Year. Month. Date. ( )

۴- وضعیت بالاسری یا مستغرق (over head)

محل درز در سقف است، یا از پایین می خواهیم کنجی را جوش دهیم. در این حالت جوشکار استرود را روی بالاسر نگه می دارد و تسلط کافی روی حفره ها ندارد و دستش می لرزد. چون مذاب هم سمت پایین حرکت می کند، نفوذش در هر دو حفره نزدیک به صفر است و کاهی نفوذ ندارد.



اگر مقاومت جوش را در وضعیت اول صد درصد فرض کنیم در وضعیت دوم 80 درصد و در وضعیت سوم 50 درصد و در وضعیت چهارم 20 درصد می باشد.

شرایط وجود در آیین نامه ها کلاً برای وضعیت تخت می باشد، پس، هیچ وجه نه در طراحی و نه در اجرا نباید از سه وضعیت دیگر استفاده نماییم.

در آیین نامه های جوش، جوشکاری روی سازه اصلاً وجود ندارد ولی در ایران این کار می شود.

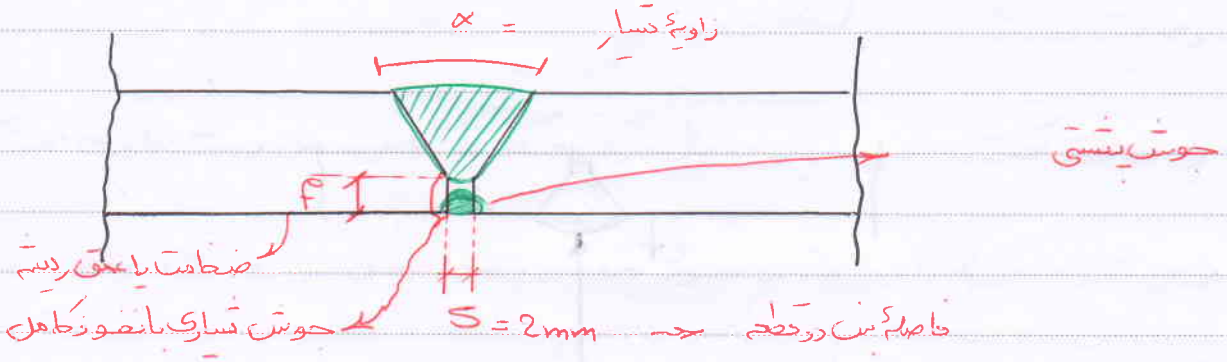
(چون اگر جوشکاری روی سازه ای گسیخت، وضعیت تخت اصلاً قابل اجرا نیست.)

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

جوش نیاری

تنها شکل استانداردی که می‌توان برای جوش نیاری طبق مبحث ده در نظر گرفت این است که در سه شکل خط باشد و در دارای سه مشخصه به شرح زیر باشد:



مقدار α اگر دو ورق سایده شود در استاندارد 60° است، ولی اگر فقط یکی از ورق‌ها سایده می‌شود، حدود 45° است. هرچه زاویهٔ نیاز کمتر شود، الکترود نمی‌تواند از جداره‌ها پاس بیاید و به آن‌ها برخورد می‌کند و ممکن است مذاب تا آخر به پشت نرسد و اما زیاد شدن فاصله هم می‌تواند باعث افزایش حرارت شود و در نتیجه باعث سوختگی ورق‌ها و ایجاد ترک شود. بر طبق آیین‌نامه مقدار کمتر 2mm است تا مذاب بتواند از این فاصله رد شود.

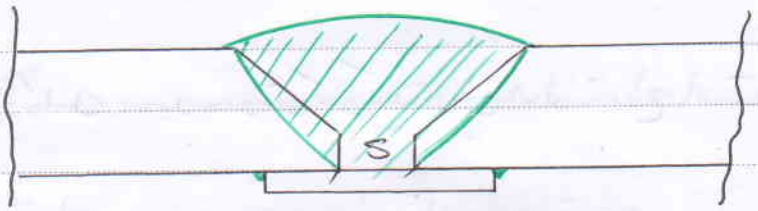
اگر جوش کل ضخامت ورق را پر کند به آن جوش نیاری با نفوذ کامل گویند و اگر هر شکلی مذاب نتواند کل ضخامت را پر کند، جوش نیاری با نفوذ ناقص اتفاق می‌افتد.

در مناطق زلزله خیز استفاده از جوش نیاری با نفوذ ناقص ممنوع است. جوش نیاری با نفوذ ناقص در اعضای اصلی سازه، اساساً قابل استفاده نیست.

در ارتباط با عمق ریشه، اگر مقادیر آن صفر شود، یعنی آن فاصله‌ی عمودی را نداشته باشیم، در اینجا نقطه‌ی توک تیزی ایجاد می‌شود و با سرد شدن حوضچه الکترونی آن نقطه می‌سوزد. بهترین فاصله برای عمق ریشه 2mm است.

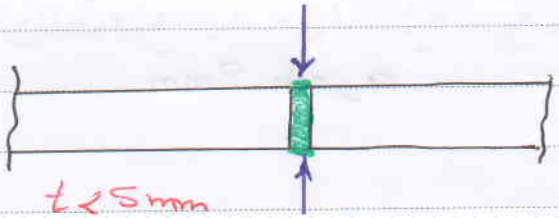
اگر فاصله‌ی ریشه از 2mm بیشتر شود، باید قطعه را عوض کرد ولی آیین‌نامه این فاصله را حداکثر تا 10mm اجازه می‌دهد به شرط اینکه برای جوشیدن از زیرنت مذاب از این فاصله‌ی زیاد، یک قسمتی موقتا با یک میلگرد موقت در آن فاصله قرار دهیم تا مذاب نریزد.

$2mm < S < 10mm$



قسمت backing pl

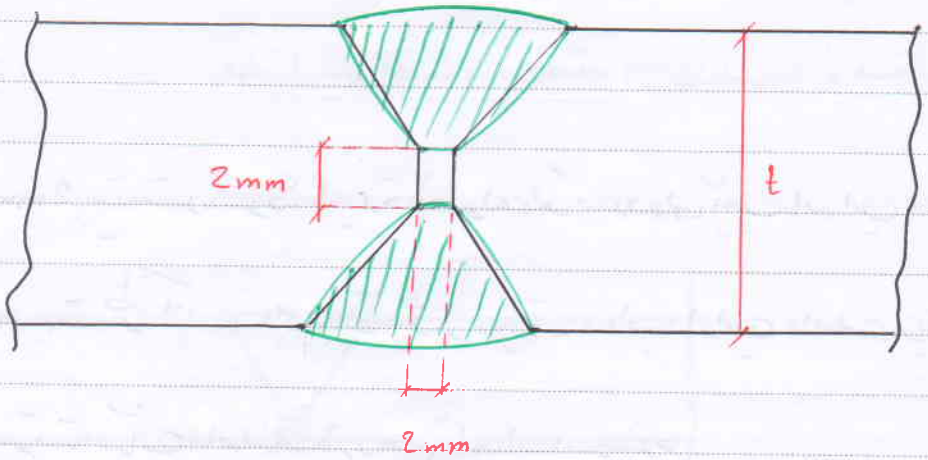
برای ورق‌هایی که ضخامتشان کمتر از 5mm است (ورق‌های نازک $t<5^{mm}$)، شیارزنی در این نوع ورق‌ها مشکل است، در نتیجه آیین‌نامه نروی به شیارزنی نمی‌بندد ولی باید فاصله‌ی S رعایت شود. با یک خط جوش بالا و یک خط جوش پایین که این دو در وسط هم می‌رسند و در نتیجه جوش شیاری با نفوذ کامل اتفاق می‌افتد. البته برای ورق‌هایی که ضخامتشان بیشتر است ($t>5^{mm}$)، حتما باید شیارزنی انجام شود.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

و اگر ضخامت ورق‌ها از 20mm بیشتر است، بهتر است شیار دو طرفه ایجاد شود.

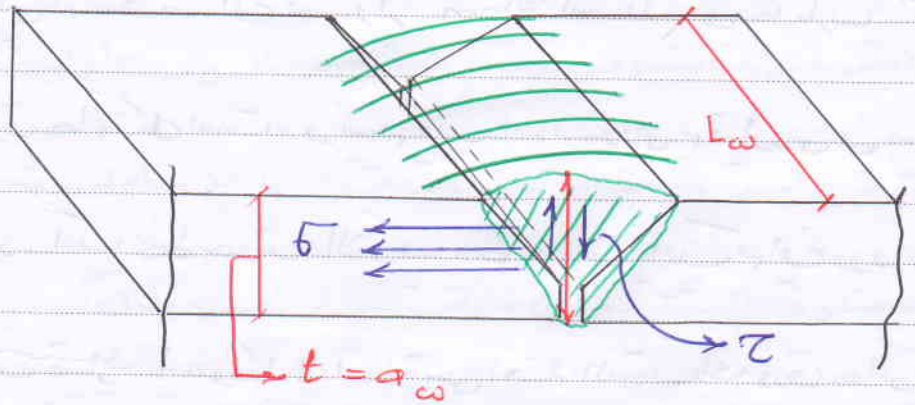


$t > 20mm$

بعد جوش شیاری

در یک جوش شیاری با نفوذ کامل، بعد جوش کوچکترین ابعاد مقطع است. البته به طور کلی کوچکترین بُعد هندسی مقطع جوش، بعد جوش نامیده می‌شود.

۱- در جوش شیاری با نفوذ کامل، بعد جوش برابر با ضخامت قطعه است: $a_w = t$



۲- در جوش شیاری با نفوذ ناقص، بعد جوش بستگی به ضخامت نداشته و بسته به عمق شیار است.

$a_w = h - 3mm$

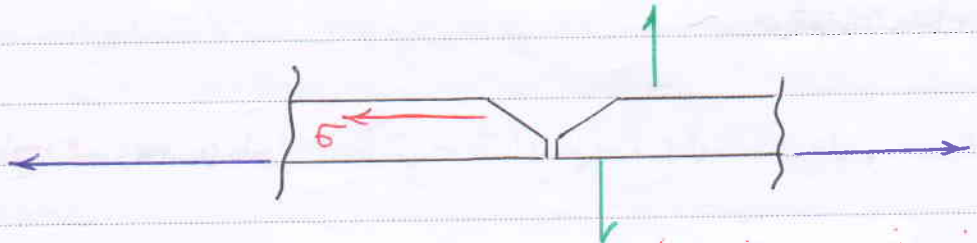
در اشکال فوق ۳ ناحیه عرضی تعیین است که توسط جوش به هم متصل شده است.

همچنین A_w سطح موثر جوش شیاری برای نقطه اول است:

$$A_w = a_w \times L_w$$

این سطح کمترین مساحت از جمع جوش دارد، چون بعدش (a_w) یا یک ضلعش از همه کوچکتر است. پس اگر تنشی هم به این سطح وارد شود، چون کوچکترین سطح است تنش آن حداکثر می‌شود.

پس سطح موثر بدین دلیل تعریف می‌شود که تنش آن حداکثر است. مثلاً اگر این دو قطعه تحت کشش باشند، تنش‌های نرمال σ ایجاد می‌شود و همچنین اگر دو قطعه تحت فشار باشند نیز هم σ ایجاد می‌شود. اگر این دو قطعه را خواهیم جدا کنیم هم بدرم در آن سطح تنش برشی τ ایجاد می‌گردد. این تنش‌ها که τ هستند حداکثر هستند چون جایی حداکثری خواهد بود که کمترین سطح مقطع وجود دارد.

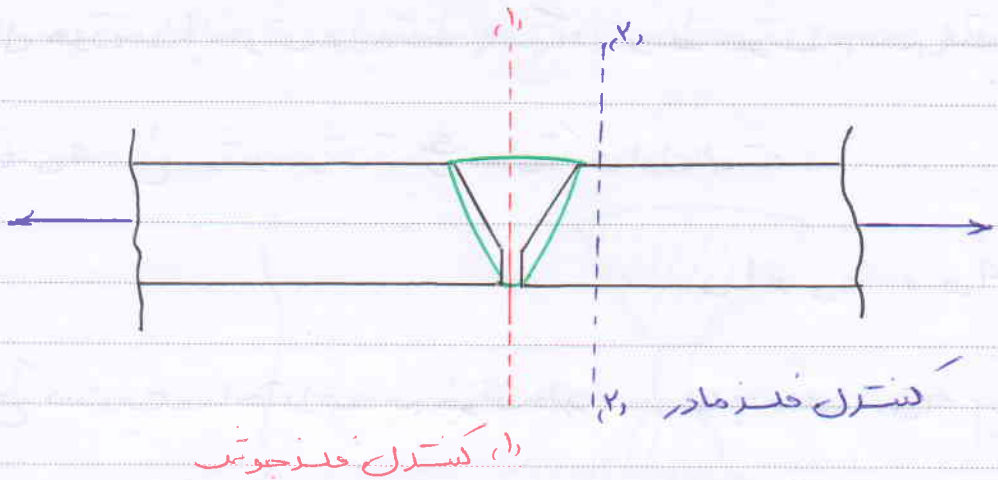


روش طرح جوش شیاری (نمود کامل)

برای طراحی تمامی اتصالات (جوشی یا پیچی) براساس مبحث دهم، همیشه باید دو قطع را کنترل نمود: ۱- قطع وسیله اتصال یا قطع شماره (۱)، و ۲- ناحیه مجاور بست وسیله اتصال و عضو مادر نیز باید کنترل شود.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )



در نهایت باید دو مقطع فوق را کنترل نمود که کاهی مقطع (۱) و گاهی مقطع (۲) تعیین کننده است.

کنترل مقطع (۱): فلز جوش یا هر نوع جوش دیگر

$$T_{uw} \leq \phi_w \cdot T_{nw}$$ (۱) LRFD نامساوی

(ϕ_w: ضریب کاهش مقاومت جوش)

مقاومت نهایی جوش × ϕ_w ≥ حداکثر بارهای ضریبدار که جوش می‌تواند تحمل کند.

کنترل مقطع (۲): فلز مادر

$$T_{u_{BM}} \leq \phi_{BM} \cdot T_{n_{BM}}$$

(base metal)

برای بدست آوردن مقادیر ϕ ، T_u ، T_n باید به آیین نامه مراجعه نماییم. جدول صفحه ۵

بند ۱۰-۲-۹-۳

در دو کنترل خوش حداقل مقدار بین دو کنترل، نشان دهندهٔ ظرفیت عضو است و برای جوش شیاری کنترل دوم نشان دهندهٔ ظرفیت اتصال است.

طبق جدول در ردیف ۱، کم مربوط به جوش شیاری با نفوذ کامل است، کنترل ۱ لازم نیست و هرقدر فلز مادر نیرو تحمل کند، خط جوش هم همان مقدار نیرو را می تواند تحمل کند و حتماً مقاومت جوش از فلز مادر بیشتر است که ما نیاز به کنترل مقاومت آن نداریم.

برای مثال طبق این جدول برای ورق تحت کشش $\phi_{BM}=0.9$ و $T_{nBM}=F_y \times A_g$ است.

وقتی می گوییم فلز جوش، حوضچه است که باید در آن شرایط زیر را در نظر بگیریم و آن شرایط قابل اجرا شود، بایستی کنترل مقطع ۱، را هم انجام دهیم.

شرایطی که نیاز خواهیم بود تا کنترل ۱ را انجام بدهیم به شرح زیر است:

جوش حتماً باید در وضعیت تخت اجرا شود و همچنین با تجهیزات اتوماتیک و بدون دخالت دست جوشکار انجام گردد. جوش باید دور از عوامل جوی باشد و الکترود مناسب انتخاب گردد. علاوه بر این موارد تجهیزات جوشکاری باید کنترل شده و جوش در تست و بازرسی مورد تأیید قرار بگیرد.

جوش باید بر طبق آیین نامهٔ AWS.11 اجرا شود. در بحث دوم قطعاً نوع الکترود اشاره شده است.

الکترودهای سازگار در جدول صفحهٔ ۱۵۶ مشخص شده است. پس لازم است الکترود

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

های سازگار را بشناسیم.

در جدول مذکور مقابل حرف E چهار یا پنج کد نوشته می شود. مفهوم کدها به شرح زیر است:

خواص اجرایی				
X	X	X	X X X	E
۰	1	50 → 3500 kg/cm²		ksi در سیستم ← F_{ue} ←
1	2	60 → +200 kg/cm²		kp/in² x 70 = ... kg/cm²
2	3	70		نشان دهندهٔ جوشی است
⋮	⋮	⋮		
8	4	110		جوشی تحت گاز داخل الکترود

← جنس الکترود

جدول صفحهٔ ۶۵ برای فولادهای متداول مقاومت الکترود سازگار آن را نشان داده است. یکی از روش های سازگاری الکترود این است که مقاومت الکترود هم با ورق باید هم خوانی داشته باشد، ما نمی توانیم از هر الکترودی برای هر ورقی استفاده کنیم. اما اگر خواستیم بدون استفاده از جدول تشخیص دهیم چه الکترودی سازگار است یک قاعدهٔ کلی وجود دارد:

الکترودی سازگار است که با فلز در شرایط عادی جوشکاری، جوشی الکترود از جوشی فلز مادر کم نشود (نه کمتر و نه خیلی بیشتر).

مثلاً فرض کنیم فلز مادر همان فولاد نرم است و مقاومت نهایی آن 3700 kg/cm² می باشد

$60 \times 70 = 4200 \rightarrow 4800 > 3700 \rightarrow E60$ ✓

از الکترودهای دیگر هم می‌توان استفاده کرد، ولی اصلاً مناسب نیست. مثال خوق در شرایط عادی بود، گاهی شرایط جوشکاری خوق العاده می‌شود: ۱- ضخامت ورق بزرگتر از 15mm باشد و ۲- یا ورق هایی را که هم جوش می‌دهیم جزء سازه‌ای هستند که تحت بارهای دینامیکی یا ضربه قرار می‌گیرند، در شرایط خوق العاده وضعیت فرق می‌کند و حداقل باید یک شماره الکترود را افزایش دهیم (در مثال خوق).

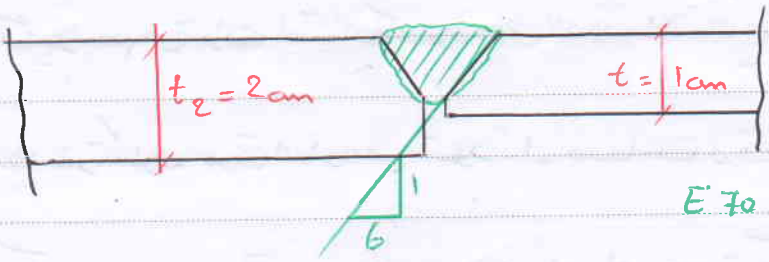
دو کد دیگر هم که مربوط به طراحی شده و نشان می‌دهد کاربرد این الکترود در کدام موارد می‌باشد. مثلاً رقم چهارم گاهاً اعداد ۱ تا ۴ می‌شود که نشان دهندهٔ این الکترود برای استفاده در شرایط مختلف است. مثلاً کد ۱، نشان می‌دهد الکترود طوری ساخته شده است که می‌تواند در تمام وضعیت های جوشکاری (تخت، افقی، عمودی) استفاده شود. کد ۲، نشان دهندهٔ کاربرد الکترود در وضعیت تخت و افقی است و کد ۳، مخرف الکترود برای استفاده در وضعیت تخت است. همچنین کد ۴ نیز برای جوشکاری در حالت عمودرو پایین است.

کد رقم پنجم که عددی است بین ۵ تا ۸ نشان دهندهٔ جنس پوشش است. مثلاً کد ۵ نشان دهندهٔ ماهیت سلولوزی الکترود است.

انتخاب الکترود در ورق های زیر براساس ضخامت ورق ضخیم تر است تا الکترود بالاتر را انتخاب کنیم.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

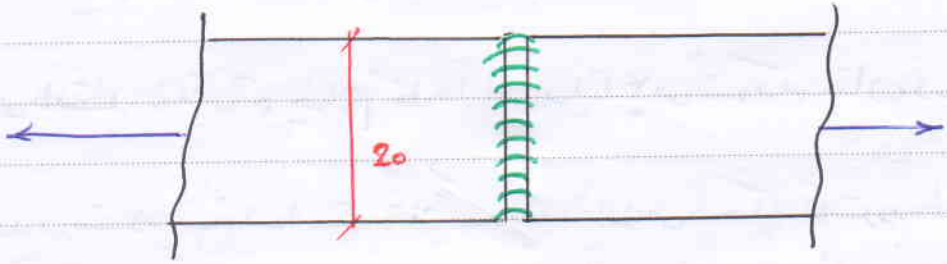
Subject :
Year . Month . Date . ( )

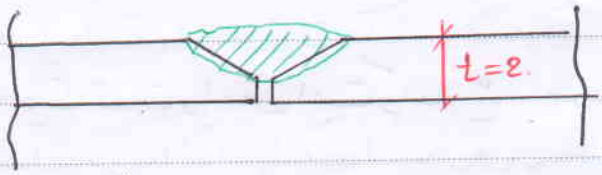


E 70

البته عیب این نوع اتصال آن است که توزیع تنش در سیدری زیرم یکسان توزیع نمی شود بنابراین باید قسمت بالایی را بالیب ایم 6 برش بزنیم.

مثال: جوش شیاری با نفوذ کامل را به شکل زیر داریم، ظرفیت اتصال را محاسبه کنید.





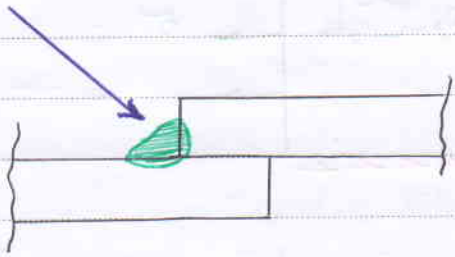
۲) استدل فشار $T_{uBH} \leq \phi_{BH} T_{nBH}$

$T_{uBH} \leq 0.9 \times [2400 \times (20 \times 2)]$

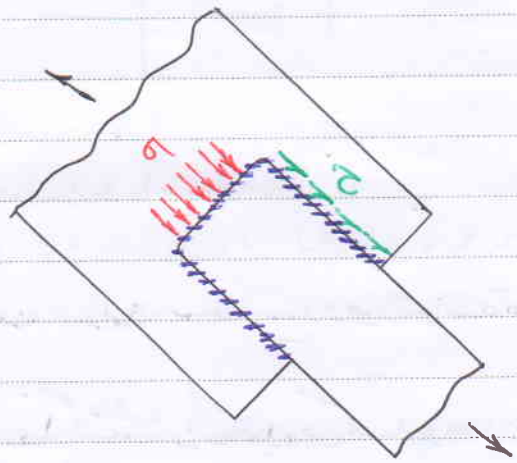
$T_{uBH} \leq 86400$

جوش گوشه

ورق هایی که قطعه باشند، نیازی به آماده سازی ندارد. در جوش گوشه، مذاب به میزانی در ورق بالا و به میزانی در ورق زیرین نفوذ می کند و اتصال توسط همین نفوذ انجام می گیرد. درحقیقت جوش گوشه یک جوش سطحی است و عمق را پر می کند.



برای اینکه بتوان تنش هایی در جوش گوشه است، فرض می کنیم قطعه پایین دورتا دورش قطعه خوقانی وصل شده باشد و تحت تنش کششی قرار دارد؛ دیاگرام آزاد تنش را رسم می کنیم یعنی قطعات را از همدیگر جدا می کنیم و دیاگرام آزاد هر قطعه را ترسیم می کنیم.



چون در شکل در سطوحی که جوش از ورق خوقانی جدا شده است، جوش هایی که موازی با نیرو هستند تحت برش هستند و جوش هایی که عمود بر نیرو هستند تحت تنش نرمال می باشند.

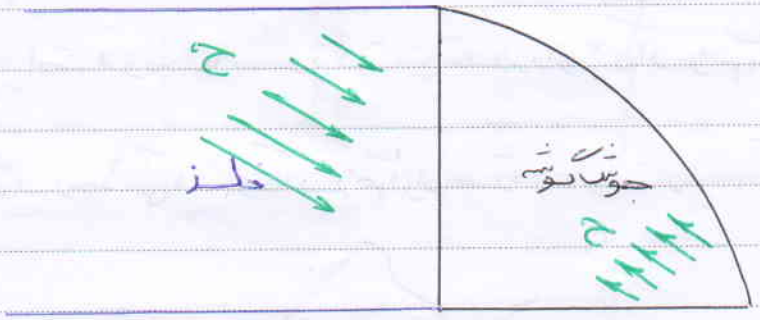
www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۴۵

حال اگر ورق زیرین را بررسی کنیم در آن حالت خط قاعدهٔ پایین باقی می‌ماند که این تنش‌ها کاملاً برشی هستند؛ بدین صورت که این بار در محل اتصال جوش به صفحهٔ پایین، عامل تنش‌ها از نوع تنش برشی می‌باشند.

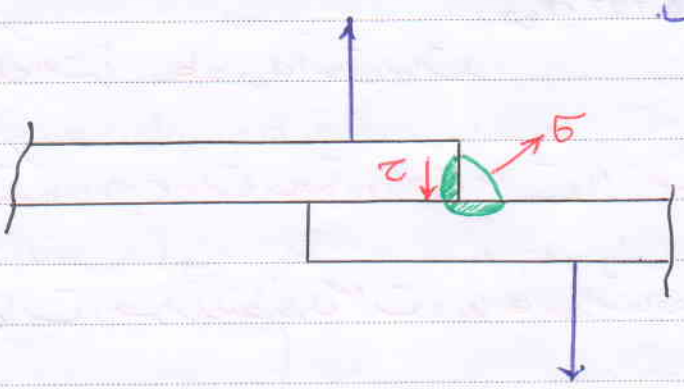
مقطع جوش عمود بر نیرو



مقطع جوش موازی با نیرو

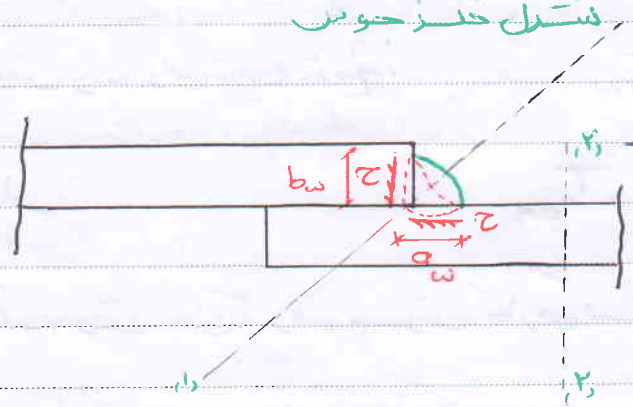
جوش عمود بر نیرو بهتر از جوش موازی بر نیرو می‌تواند تنش‌های وارد شده را تحمل کند؛ زیرا حداقل یکی از قاعده‌ها کشش را تحمل می‌کند و همان طور که گفته شده استاندارد در کشش بهتر عمل می‌کند. بر اساس آیین‌نامه مقررات ملی ساختمان به منظور سهولت در کار مقاومت هر دو جوش یکسان فرض می‌شود و جوش‌های گوشه را بر

نیرو، همواره فرض می‌شود که تحت برش هستند و برای برش طراحی می‌شوند و بیشتر کنترل متقاطع ایجاد کننده است.



نقد جوش گوشه

می‌خواهیم دو قطعه زیر را بدون آماده‌سازی و به صورت جوش گوشه به هم متصل نماییم. دو نقد جوش a و طول جوش گوشه همیشه تحت تنش است.



محرجوش به جدولوتر جوش در مباحث بحرانی رود:

$$t_e = \frac{a_w \cdot b_w}{\sqrt{a_w^2 + b_w^2}}$$

بعد موثر جوش بدین دلیل مرهم است که تنش موثر در امتداد آن حداکثر می‌باشد. اگر در حالت خاص $b_w = a_w$ باشد، یعنی بعدها برابر باشند، آنگاه بعد موثر

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

صورت زیر محاسبه می‌شود

$$t_e = \frac{a_w}{\sqrt{2}} = 0.707\, a_w$$

البته در عمل اکثراً $b_w = a_w$ اتفاق می‌افتد.

چون جوشکاری این حالت ساده‌تر و راحت‌تر است البته هرگاه صحبت از بحرجوش می‌شود، حتماً توجه

این آن است و بحرجوش فقط در مورد اتصالات و روابط زیر استفاده قرار می‌گیرد.

$A_w = t_e \times L_w = 0.707\, a_w . L_w$ ← سطح مؤثر جوش گوشه ← مجموع خطوط جوش

t_e: بحرجوش — L_w: طول جوش

برای طرح جوش گوشه نیز دو مقطع می‌تواند کنترل گردد:

۱- کنترل فلز جوش و بحرانی‌ترین مقطع: $T_{uw} \le \phi_w . T_{nw}$ تعیین شده

۲- کنترل فلز مادر: $T_{uBM} \le \phi_{BM} . T_{nBM}$

قبلاً ثابت شد که جوش‌های گوشه به سه شکل کار می‌کنند و در اکثر موارد مقاومتی کمتر

از فلز مادر دارند؛ بنابراین در طرح اتصال، فلز جوش تعیین کننده است (برخلاف

جوش شیاری). در جوش شیاری فلز مادر تعیین کننده بود، پس بین دو کنترل ۱ و ۲

فقط کافی است مقطع ۱ را کنترل کنیم:

$T_{uw} \le \phi_w . T_{nw}$ مقاومت نهایی جوش — ϕ_w: حداکثر ضریب ایمنی که جوش تحمل می‌کند.

مقادیر ϕ و T_n در همان جدول صفحه ۱۵۵ آیین نامه آورده شده است. در طراحی جوش های گوشه، مقاومت برداشی کسیختگی است.

$$\phi_w = 0.75$$

$$T_{nw} = \beta \times F_{nw} \times A_w$$

T_{nw} ← مقاومت برای جوش گوشه

β ← ضریب بازبینی (صفحه ۱۵۴ آیین نامه)

F_{nw} ← مقاومت برای جوش در برش

A_w ← سطح مقطع جوش

مقاومت برای جوش در برش (F_{nw})

بسته به نوع الکترود استفاده شده (مبنای کم ریخته شده) تعیین کننده است؛ که مثلاً هم به حسب الکترود دستی دارد. البته می دانیم که مصالح نرم مثل فولاد و جوش همواره مقاومت برشی کمتری نسبت به مقاومت کششی شان دارند.

$$F_{nw} = \frac{1}{\sqrt{3}} F_u = 0.6 F_{ue}$$

F_{nw} ← مقاومت برشی حدی برای فولاد در برش

F_u ← حد نهایی در کشش

F_{ue} ← حد نهایی الکترود

ضریب بازبینی (β)

ضریبی است که حکمت و مبنای ۱.۰ کم دان دهنده نحوه اجرای جوش و نحوه کنترل کیفیت جوش است. کم ضریب اجرای جوش است.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

اگر جوش در بهترین وضعیت اجرا شود $\beta_w = 1$ است؛ یعنی نیاز به کاهش نیست ولی

اگر جوش وضعیت مناسبی نداشته باشد، باید طبق آیین‌نامه، با ضریب β_w مقاومت را کاهش داد.

آیین‌نامه برای β_w سه حالت پیشنهاد کرده است:

حالت ۱: در بهترین حالت $\beta_w = 1$ است. اولین شرط برای رسیدن به بهترین حالت

این است که جوشکاری در تراب (shop) باشد (جوشکاری در کارخانه). جوشکاری در

کارخانه سردست انجام شود نه در کارگاه. بدین منظور به تمامی تجهیزات جوشکاری دارا

باشد. دومین شرط استفاده از تجهیزات تمام اتوماتیک است؛ یعنی جوشکار در اجرای

جوش دخالت نکند؛ مانند روش حفاظت گاز یا روش زیر پودری. و سومین شرط آن است که

جوش حتماً در وضعیت تخت اجرا شود. چهارمین شرط به این صورت است که اکسترود حتماً کارخانه‌ای

باشد. و به عنوان شرط آخر هرچند جوش در شرایط کارخانه‌ای است اما باید مواظب

بود که جوش به دور از عوامل جوی مثل رطوبت و وزش باد باشد.

این ۵ شرط در کنار هم اجرا شود به معنای آن است که جوشکاری در shop انجام شده است.

پس از آنکه جوش با شرایط فوق اجرا شد، باید بازرسی انجام گردد. بازرسی کیفیت جوش

توسط آزمایش‌های غیر مخرب مانند اولتراسونیک و رادیوگرافی انجام می‌گیرد.

به طور خلاصه بازرسی جوش در دو مرحله انجام می‌گیرد:

الف) بازرسی چشمی یا عینی

ب) بازرسی با آزمایشات غیر مخرب یعنی آزمایش هایی که باعث تخریب اتصال نشود

مرحله اول، یعنی بازرسی چشمی بسیار مهم است، برای اینکه 85 درصد عیب ها با چشم

قابل رویابی است. مرحله اول خود 19 مرحله دارد و شامل چک لیستی است با 19

بند و تا زمانی که مرحله الف تمام نشده نمی توانیم بازرسی مرحله ب را انجام دهیم.

در روش آزمایش عیب های جوشی که با چشم قابل رویت نیست، اصلاح می شود و باید

بدانیم که حدود 5 درصد نقص ها از داخل جوش است. از مهم ترین آزمایش ها،

آزمایش غیر مخرب اولتراسونیک است (امواج مغناطیسی). اولتراسونیک کار عیب یابی

داخل جوش را انجام می دهد، اما ماهیت عیب را مشخص نمی کند که اشکال از سوختگی یا ترک

و یا ... بوده است.

در آیین نامه آمریکا اینگونه است، اما در آیین نامه ایران هر تفاوتی نیز دارد.

حالت ۲: اگر $\beta = 0.85$ در نظر بگیریم، یعنی طبق آیین نامه مقاومت جوش را 15 درصد کاهش

دهیم و شرایط را به میزانی ساده تر کنیم به صورتی که جوشکاری همانند حالت قبل در shop

انجام گیرد و فقط با بازرسی چشمی کیفیت جوش را مشخص و معایب آن را برطرف نماییم.

حالت ۳: حالت $\beta = 0.75$ برای مواردی است که امکان انتقال قطعات به کارخانه وجود نداشته

باشد و جوشکاری در سایت (محوطه کارپروژه) انجام گیرد. شرایط site و shop یکی

است با یک تفاوت که در نهایت جوشکاری تمام اتوماتیک انجام می شود و عملیات جوشکاری به

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

صورت دستی و توسط جوشکار ماهر انجام می‌گیرد؛ در نهایت بازرسی چشمی کیفیت جوش توسط افراد مجرب انجام شده و معایب آن اصلاح می‌گردد.

نکته بسیار مهم آن است که جوشکاری باید به روش ساره انجام گیرد و نوع الکترود باید توسط مهندس ناظر شده و جوشکاری زیر نظر افراد مجرب انجام گیرد.

پس از آن که ضریب بازرسی مشخص شد مقاومت جوش تعیین می‌شود.

$$T_{nw} = \beta \times 0.6 F_{ue} \times 0.707\, a_w \cdot l_w$$

همان طور که ملاحظه می‌شود، مقاومت جوش گوشه = ضریب بازرسی، الکترود، بُعد جوش و طول جوش و حداکثر باری که هر جوش تحمل می‌کند بستگی دارد:

$$T_{uw} \leq 0.75\, T_{nw} \qquad (\phi = 0.75)$$

ارزش جوش

برای طرح جوش‌های گوشه، پارامتر دیگری هم تعریف می‌شود به نام ارزش جوش (R_n)، که مقاومت یک سانتی متر از جوش گوشه را ارزش برای جوش گویند و با R_{nw} نشان می‌دهند.

$$R_{nw} = \beta \times 0.6 F_u \times 0.707 \times 1$$

سیروی که یک جوش گوشه به طول 1cm تحمل می‌کند.

ارزش جوش را برای حالت‌های مختلف بررسی می‌کنند.

مثال: ارزش جوشی که در Site و با الکترود E 70 انجام گرفته است به شرح زیر است:

اگر بخواهیم چنین جوشی را $a_w = 1cm$ در نظر بگیریم و طول آن را هم 1cm باشد:

site, $\beta = 0.75$:

$$R_n = 0.75 \times 0.6 \times 4900 \times 0.707 \times a_w = 1560\, a_w$$

shop, $\beta = 0.85$:

$$R_n = 0.85 \times 0.6 \times 4900 \times 0.707 \times a_w = 1766\, a_w$$

shop, $\beta = 1$:

$$R_n = 1 \times 0.6 \times 4900 \times 0.707 \times a_w = 2078\, a_w$$

مزایای تعریف ارزش جوش

با داشتن ارزش جوش مجدد می‌توان مقاومت جوش گوشه را حساب نمود به طوریکه اگر ارزش در طول جوش ضرب شود، مقدار مقاومت آن به دست می‌آید:

$$T_{aw} \leq \phi_w \times R_n \times l_w$$

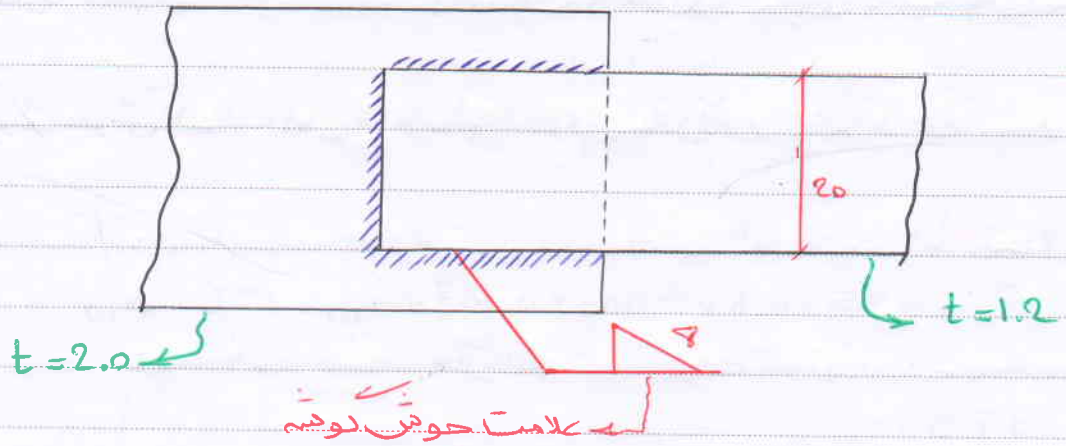
مثال: برای اتصال ورقی به ضخامت 1.2cm از جوش های گوشه استفاده شده است اگر جوشکاری در سایت انجام شده باشد با الکترود مناسب طول جوش لازم را حساب کنید.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

L_w

ورق ضخیم تحت کشش است.



الکترود دستکار $F_{uw}=4900$ ← E70

ورق فلزمادر ؛ چون سیز و سیز مجهول است ، از

حداکثر سیز ی مورد تصل فلز مادر را دستگاهی آوریم

$$T_{uBM} \le \phi_{BM} T_{nBM} = 0.9 F_y A_g$$

$$T_{uBM} \le 0.9 \times 2400 \times (20 \times 1.2)$$

$$T_{uBM} \le 51840\ kg$$

فلز جوش ؛

$$T_u \le \phi_w \times R_n \times L_w$$

$$\phi_w = 0.75$$

$$R_{nw} = 0.75 \times 0.6 \times 4900 \times 0.707\, a_w$$

$$R_{nw} = 1560\, a_w$$

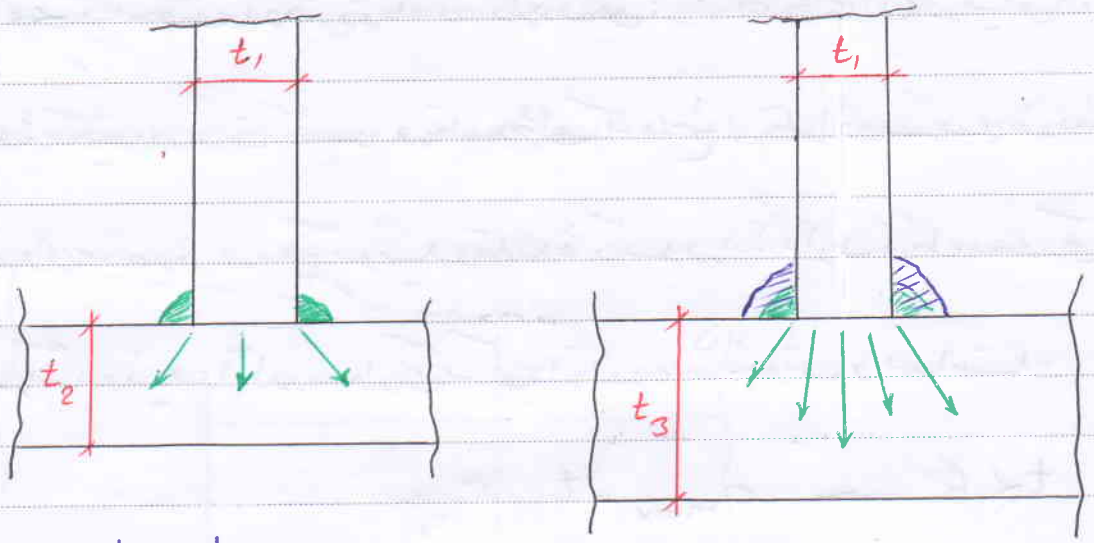
Subject:
Year. Month. Date. ( )

۹۴

$$5/840 \leq 0.75 \times 1560 \times 0.8 \times (20 + 2Lw)$$

$$Lw \geq 17.60 \simeq 18\,cm$$

بعد حداقل و حداکثر جوش



$t_2 > t_1$

$t_3 > t_2 > t_1$

۱)

۲)

با توجه به جدول صفحه ۱۴۶ آیین نامه مبحث دهم داریم:

t_p = ضخامت قطعه ضخیم تر

بعد حداقل جوش

$t_p \leq 6 \longrightarrow a_{min} = 3\,mm$

به طور کلی اگر یک ورق بر دیگر

$6 < t_p \leq 12 \longrightarrow a_{min} = 5\,mm$

در محل جوش بر حداقل جوش

$12 < t_p \leq 20 \longrightarrow a_{min} = 6\,mm$

داریم:

$t > 20 \longrightarrow a_{min} = 8\,mm$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

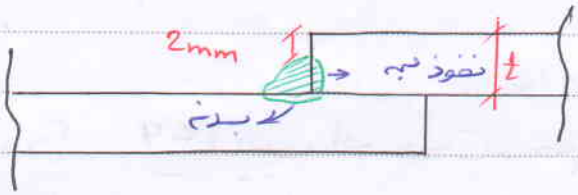
جوش حداکثر جوش را نیز به بنبر نظر به دست می آوریم که اگر جوش از این حد فراتر رود، احتمال سوختن ورق نازک تر وجود دارد؛ بدین معنا که حرارت زیاد بوده و قطعهٔ نازک تر را می سوزاند.

ضخامت ورق نازک تر t_1 ← $a_{max} = t_1$ ← حداکثر جوش

حالت خاص ← یک جوش گوشه دو قاعده دارد که یکی از قاعده های آن در یک ورق نفوذ می کند و قاعدهٔ دیگر در ورق دیگر. در قاعده ای که سطح ورق را ذوب کرده و نفوذ می کند آن را اصطلاحاً بدان نفوذ در بدنه گویند و قاعدهٔ دیگر در لبهٔ کناری شکل نفوذ نمی کند به آن نفوذ در لبه گویند، اما در مواردی که یکی از قاعده های جوش در لبه باشد،

$t \leq 6 \rightarrow a_{max} = t$

$t > 6 \rightarrow a_{max} = t - 2mm$



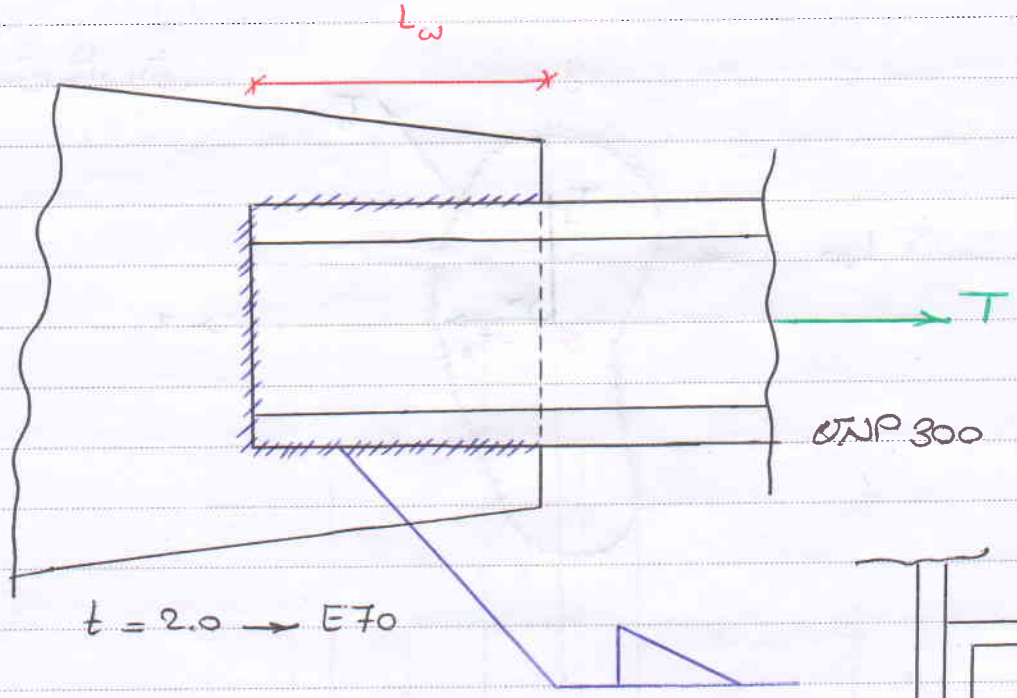
بدجوش گوشه مقدار حداقل و حداکثر دارد که در طی محدودیت های حرارتی تعیین می شود، چون ضخامت بیشتر است ($t_2 > t_1$)، پس جذب حرارت هم بیشتر است، پس سرعت سرد شدن در قطعهٔ ۲ بیشتر است و احتمال ترک خوردن در آن هم بیشتر می باشد (ترک خوردگی در ضخامت های بالا بیشتر است). برای جلوگیری از این ترک خوردگی ها راه های مختلفی وجود دارد:

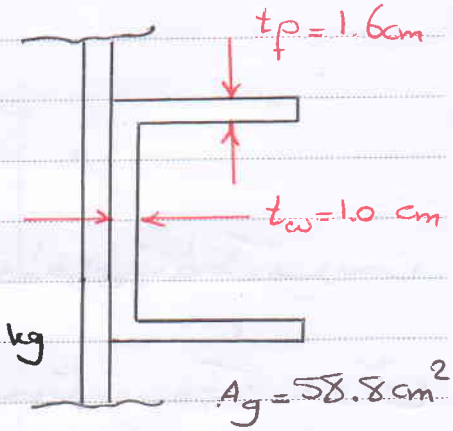
۱- پیشگرمایش

۲- پیشگرمایش

۳- الکترود جایی (کم هیدروژن) (هیدروژن عامل اصلی ترک است.) ✓ بهترین راه حل

مثال: با توجه به شکل زیر ناودانی UNP300 به ورق به ضخامت 2.0 mm اتصال یافته است. جوشکاری در سایت انجام یافته است. طول و بعد جوش را برای اتصال این ورق و ناودانی حساب کنید.





I) $T_{uBM} \leq \varphi_{BM} \cdot T_{nBM}$

$T_{uBM} \leq 0.9 \times F_y \times A_g = 0.9 \times 2400 \times 58.8 = 127008$ kg

II) $T_{uw} \leq \varphi_w \cdot T_{nw}$

انتخاب بعد جوش: $t_p = 200$ mm → $a_{min} = 6$ mm

حالت طرفی: $t = 10 > 6$ → $a_{max} = 10 - 2 = 8$ mm

use: $a = 7$ mm

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( ) 96

$\varphi_w = 0.75$

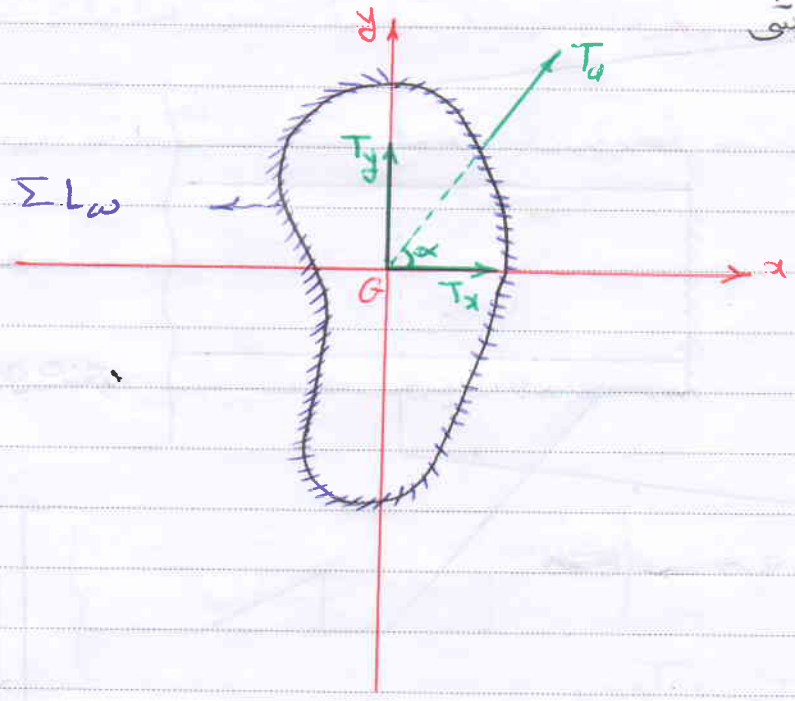
$T_{nw} = R_w \times L_w$

$R_w = 0.75 \times 0.6 \times 4900 \times 0.707 \times (30 + 2L_w)$

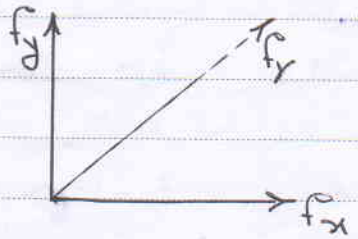
$L_w \geq 63\,cm$

ترکیب تنش در جوش های گوشه

۱- ترکیب تنش های برشی



حمله تنش برشی در جوش ها ایجاد شود. در یک اتصال فرض می کنیم قطعه ای به قطعه دیگر تحت نیروی مشخص، متصل شده است و امتداد نیرو از مرکز جوش عبور می کند و آن تنش برشی است.



$$f_x = \frac{T_x}{\Sigma L_w}$$

$$f_y = \frac{T_y}{\Sigma L_w}$$

نیرو در واحد طول تنش نیستند، بلکه از جنس ارزش می باشند

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{\left(\frac{T_x}{\sum L_w}\right)^2 + \left(\frac{T_y}{\sum L_w}\right)^2}$$

$$f_r = \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{\sum L_w} = \frac{T_u}{\sum L_w}$$

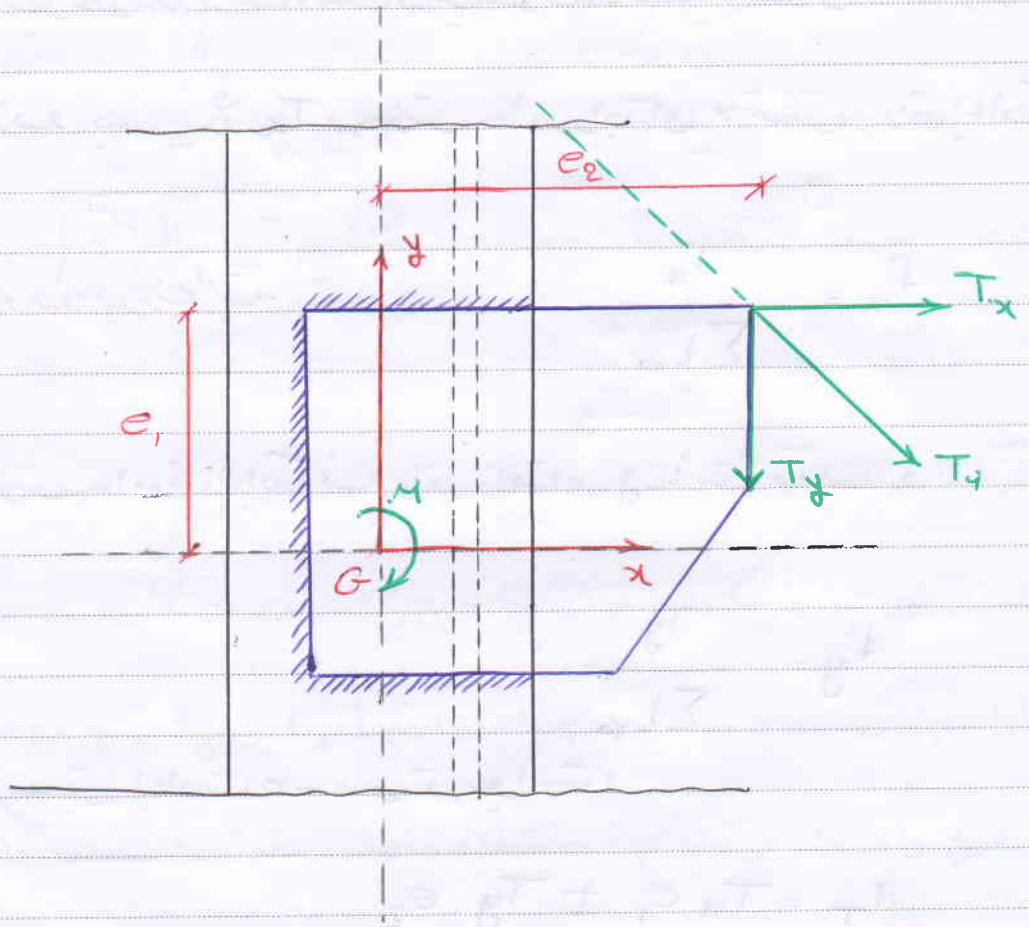
اگر سیستم از همه جهت عبور کند

تنش یکنواخت، برایند، برای کل تقسیم بر طول می‌شود.

$$f_r = \frac{T_u}{\sum L_w} \leq \phi_w \cdot R_{nw}$$

اما زمانی که سیستم از همه جهت عبور نکند، حالات مختلف اتفاق می‌افتد:

۲- ترکیب تنش‌های برشی و کشش و پیچشی



این حالت زمانی پیش می‌آید که سیستم خطوط جوش هم دو در میان صفحه هستند. تا اینکه امتداد سیستم

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

۹۸

از مرکز جوش عبور کند. در این حالت چون نیرو از مرکز جوش عبور کرده است، فقط

نسبت به مرکز جوش یک گشتاور خواهد داشت و این گشتاور هم داخل صفحه است. "M_T" حول

محور Z یا حول محور عمود بر جوش ها دوران می کند. پس علاوه بر نیروی T_y

گشتاور پیچشی "M_T" را هم داریم.

حال می خواهیم اثر نیروی "T_y" و اثر گشتاور "M_T" را در این جوش ها نشان دهیم. در

این حالت مجبور هستیم "T_y" را به دو مولفه تجزیه کنیم و اثر تنش را جدا جدا حساب کنیم.

نیروی T_x ورق را روی خط چی پایین و در جهت لا می خواند و حرکت می دهد ولی مهم آن است که

روی جوش ها چه تأثیری خواهد داشت. تنش در این جوش ها همیشه برشی است و جهت آن را

نیرو مشخص می کند. پس نیروی T_x در جوش ها در راستای لا تنش برشی ایجاد می کند:

f_x تنش برشی در واحد طول است.

$$f_x = \frac{T_x}{\sum l_w}$$

نیروی T_y هم در جوش ها برش ایجاد می کند و در راستای ل تأثیر می گذارد:

$$f_y = \frac{T_y}{\sum l_w}$$

در نهایت گشتاور پیچشی ایجاد شده به صورت زیر است:

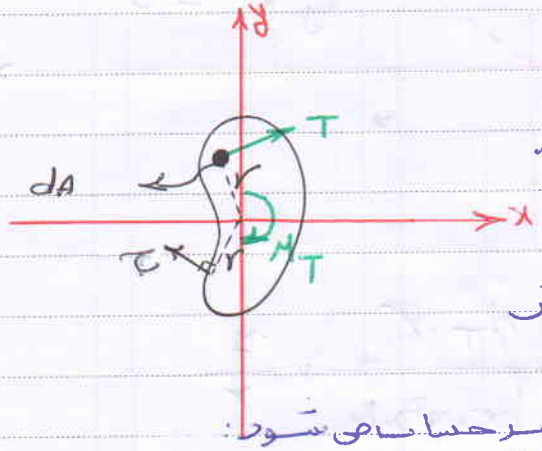
$$M_T = T_x e_1 \pm T_y . e_2$$

علامت $\pm$ در شکل مشخص می شود. اگر دو نیروی خروجی در یک جهت گشتاور ایجاد کنند با

هم جمع می‌شوند و در خلاف جهت هم گشتاور ایجاد می‌کنند، از هم تفریق می‌کنیم. به طور

مثال در شکل فوق در جهت عقربه‌های ساعت گشتاور ایجاد می‌شود، پس علامت مشخص خواهد

بود.



اثر گشتاور پیچشی

اگر به یک مقطع توپر، لنگر پیچشی "M_T" وارد شود، در هر نقطه حاصل از یک تنش برشی (τ) حاصل می‌شود که از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\tau = \frac{M_T \cdot r}{J}$$ تنش برشی

$$J = \int r^2 dA$$

(مقاومت پیچشی مقطع ـ گشتاور اینرسی پیچشی مقطع)

در این شکل‌های مقطع توپر سه خط داریم

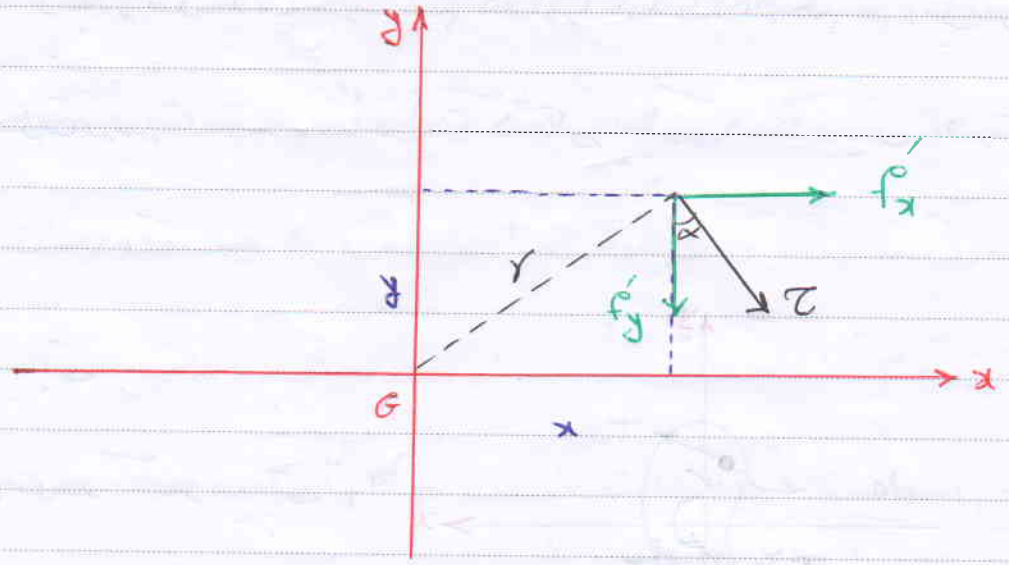
$$J = \int r^2 dL$$ که

اثبات آن مرزی یا حلقوی

پس اثر گشتاور پیچشی در جوش‌ها هم تنش برشی است. در هر نقطه تنش برشی متفاوت است و نمی‌توان τ را با f_x و f_y جمع زد، چون جهت آن مشخص نیست. آن‌ها را هم به روش تجزیه می‌کنیم تا بتوانیم با f_x و f_y جمع بزنیم. مرکز جوش و محورهای اصلی را در نظر می‌گیریم. a نقطه‌ای دلخواه از جوش است که در فاصله r از مرکز جوش قرار دارد.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )



$$f'_x = \tau \sin\alpha = \frac{M_T \cdot r}{\int (x^2+y^2)\,ds} \times \frac{y}{r}$$

در x و y مختصات نقطه‌ای را قرار

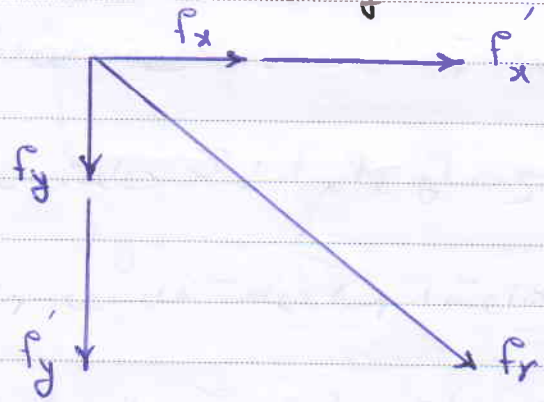
$$f'_x = \frac{M_T \cdot y}{I_x + I_y}$$

خواهیم داشت که ساده‌ترین حاصل را

$$f'_y = \tau \cos\alpha = \frac{M_T \cdot r}{I_x + I_y} \times \frac{x}{r}$$

با کمترین آن باشد.

$$f'_y = \frac{M_T \cdot x}{I_x + I_y}$$



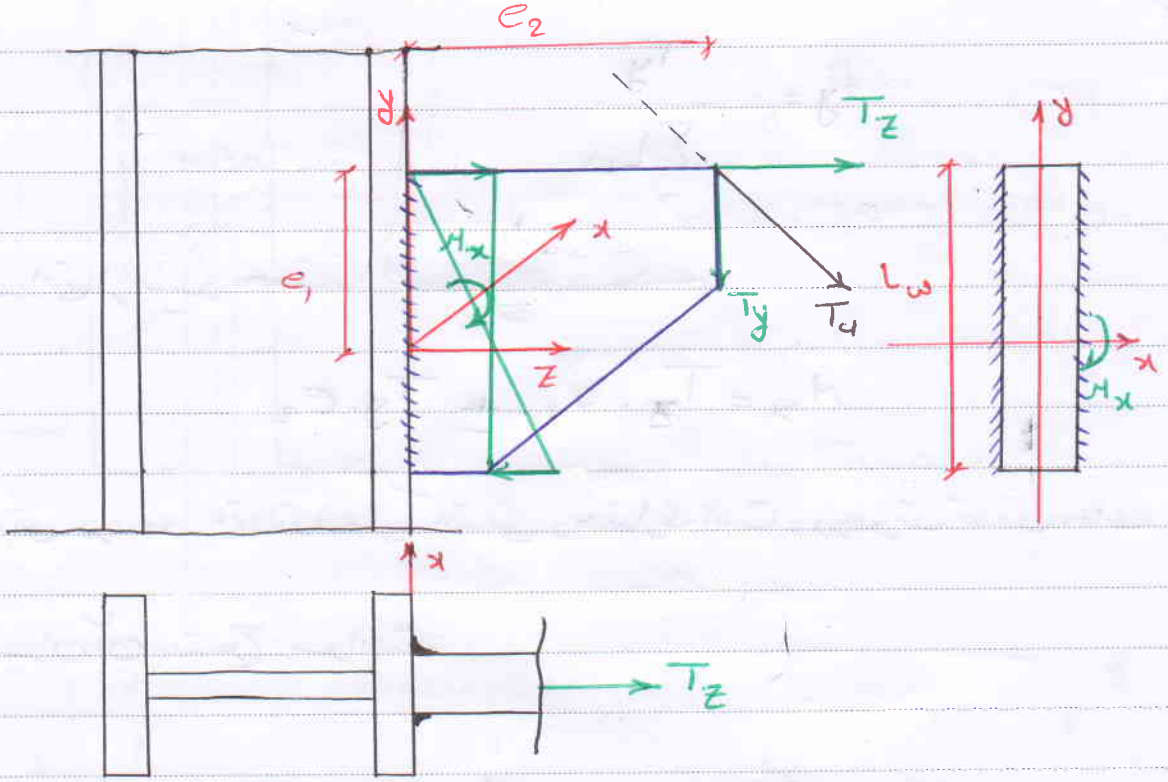
$$f_r = \sqrt{(f_x + f'_x)^2 + (f_y + f'_y)^2}$$

برآیند تنش‌ها برابر
جهت آن از

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$f_r \leq \phi R_{nw}$$

۳- ترکیب تنش برشی و گشتاور خمشی



آر استاد نیروی وارد بر خطوط جوش از مرکز جوش عبور کند و همچنین نیروی خطوط جوش در یک صفحه قرار گیرند، مثل این شکل که نیرو در صفحه yz و z است ولی خطوط جوش که پشت صفحه هم هست در صفحه yy است. گشتاور این نیرو نسبت به مرکز جوش، گشتاور حول x می‌شود، چون محور عمود بر صفحه yz، x است.

این گشتاور نسبت به خطوط جوش این دفعه از جنس خمش است. برای حل مسأله نیرو را به دو مولفه تجزیه می‌کنیم. نیروی T_z صفحه را از ستون جدا می‌کند و تنش برشی ایجاد می‌شود در جهت z:

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

$$f_z = \frac{T_z}{\sum L_\omega}$$

نیروی T_y نیز هم نیروی برشی ایجاد می‌کند، این نیرو صفحه را هم‌سمت با T_y می‌کشد:

$$f_y = \frac{T_y}{\sum L_\omega}$$

f_z و f_y تنش ناشی از نیرو هستند.

$$M_x = T_z \cdot e_1 \pm T_y \cdot e_2$$

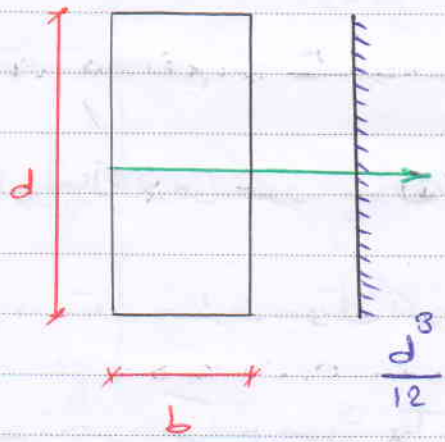
اثر گشتاور خمشی در صفحه، تنش‌های کششی و فشاری است و در جوش تنش‌های برشی است و میزان آن به شرح زیر است.

$$f'_z = \frac{M_x}{S_{\omega x}}$$

f'_z: اثر گشتاور خمشی در جوش‌ها

$S_{\omega x}$: مدول مقطع جوش‌ها حول x

به عنوان مثال:



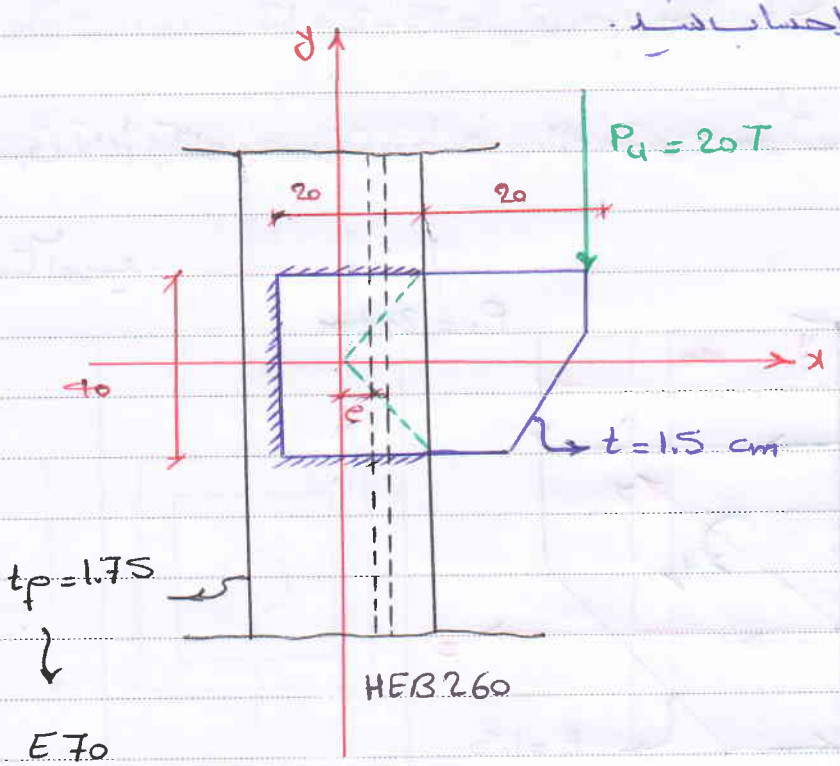
$$S_{\omega x} = \frac{I_x}{c}$$

$$S_{\omega x} = \frac{2 \times \frac{h^3}{12}}{h/2} = \frac{h^2}{3}$$

$$\frac{d^3}{12} \qquad I = \frac{bd^3}{12}$$

$$f_r = \sqrt{(f_z + f'_z)^2 + f_y^2} \leq \varphi_\omega \cdot R_{n\omega}$$

مثال: اگر جوشکاری در شاپ انجام گردد و از جوش های گوشه استفاده شده باشد با انتخاب الکترود مناسب، بعد جوش را حساب کنید.



$$f_y = \frac{20000}{80} = 250$$

$$e = \frac{40\times0 + 2\times20\times10}{80} = 5\,cm$$

$$M_T = 20000\times(40-5)$$

$$M_T = 700000$$

$$f'_x = \frac{M_T \cdot y}{I_x + I_y} = \frac{700000\times20}{24667} = 567$$

$$f'_y = \frac{M_T \cdot x}{I_x + I_y} = \frac{700000\times15}{24667} = 426$$

$$I_x + I_y = \frac{40^3}{12} + 2\times20\times20^2 + 40\times5^2 + 2\times\frac{20^3}{12} + 2\times20\times5^2 = 24667$$

$$f_r = \sqrt{567^2 + (250+426)^2} = 882 \le \varphi R_n$$

$$\rightsquigarrow 882 \le 0.75\times1766\times a_\omega \rightsquigarrow a_\omega \ge 0.66$$

$$\rightsquigarrow use: a_\omega = 7mm \quad \checkmark \quad \text{مطابق}$$

$$R_n = 0.85\times0.6\times4900\times0.707\, a_\omega = 1766\, a_\omega$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

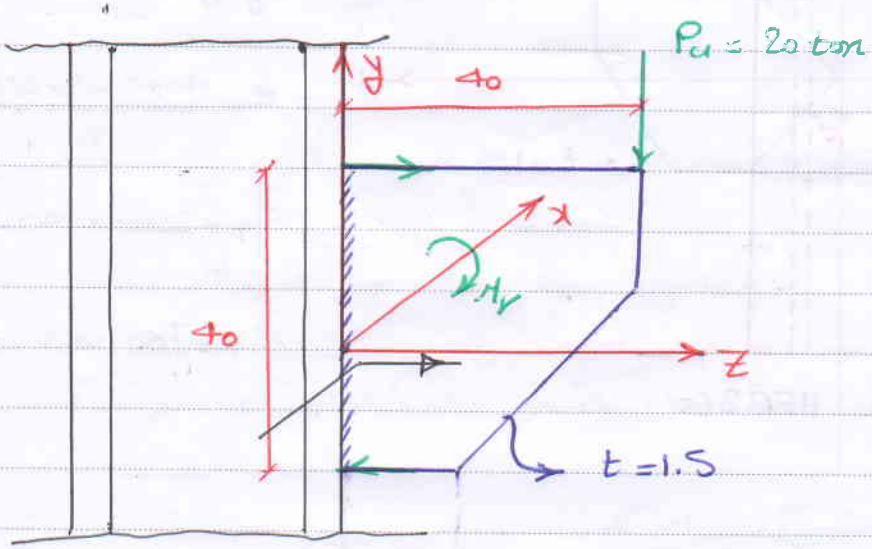
Subject:
Year. Month. Date. ( )

ادامه

$t_p = 17.5 \rightarrow a_{min} = 6$

$t_1 = 15 > 6 \rightarrow a_{max} = 15 - 2 = 13$

مثال: ورق قائم مقابل به صورت دوطرفه به بال ستون جوش داده شده است. اتصال جوش را به دست آورید.



HEB260

$f_y = \frac{20000}{80} = 250$

$M_x = 20000 \times 20 = 40000$ ، $f'_z = \frac{M_x}{S_x} = \frac{400\,000}{(\frac{40^2}{3})} = 750$

$f_r = \sqrt{250^2 + 750^2} = 790 \leq \varphi R_n$

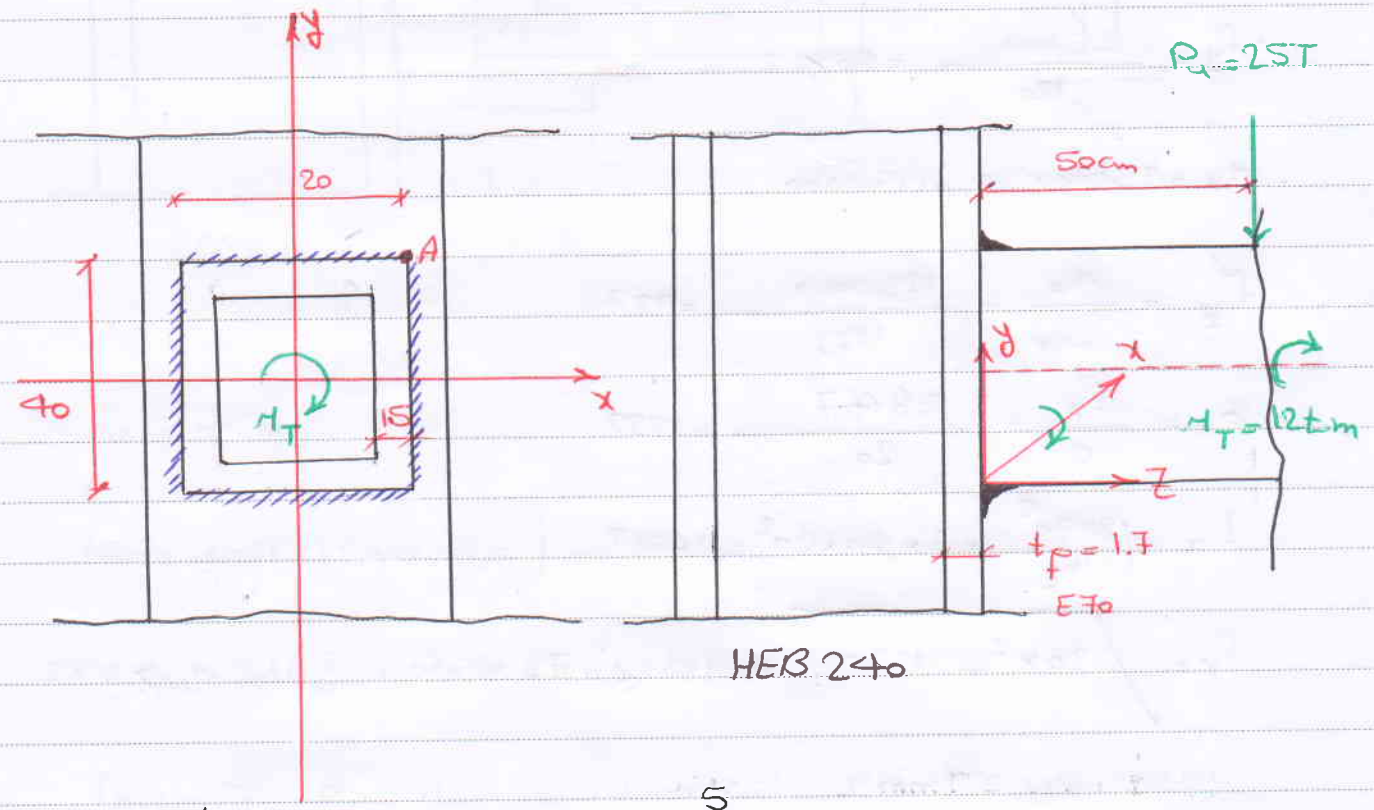
$790 \leq 0.75 \times 1766 \times a_w \rightarrow a_w \geq 0.59 \rightarrow$ از: $a_w = 6mm$

$t_p = 17.5 \rightarrow a_{min} = 6$

$t_1 = 15 \rightarrow a_{max} = 15$

Subject:
Year. Month. Date. ( ) جلسه ۱۰۵

مثال: تیر پروفیل جوشی به ابعاد 40x20 به ضخامت 1.5cm دورتا دور به بال ستون HEB 240 جوش شده است. برای اتصال از جوش گوشه استفاده شده است. اگر جوشکاری در سایت اجام شده باشد با انتخاب الکترود مناسب، بعد جوش مناسب را محاسبه کنید.



HEB 240

$$f'_x = \frac{M_T\, y}{I_x + I_y} = \frac{12\times 10^5 \times 20}{36000} = 666$$

$$f'_y = \frac{M_T\, x}{I_x + I_y} = \frac{12\times 10^5 \times 10}{36000} = 333$$

$$I_x + I_y = 2\times\frac{40^3}{12} + 2\times 20\times 20^2 + 2\times 40\times 10^2 + \frac{2\times 20^3}{12} = 36000$$

$$f_r = \sqrt{666^2 + 333^2} = 745 \leq \varphi R_n$$

$$745 \leq 0.75\times 1560\times a_w \rightarrow a_w \geq 0.64 \rightarrow \text{use } 7\text{mm}$$

$$R_n = 0.75\times 0.6\times 4900\times 0.707\, a_w = 1560\, a_w$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$t_p = 17 \rightarrow a_{min} = 6$

$t_1 = 15 \rightarrow a_{max} = 15$

مسئله را برای بار دوم برای تیر وی $P_u = 25t$ حل می کنیم.

$$f_y = \frac{25000}{120} = 208$$

$$M_x = 25000 \times 50 = 1250000$$

$$f'_z = \frac{M_x}{S_x} = \frac{1250000}{1333} = 937$$

$$S_x = \frac{I_x}{c} = \frac{26667}{20} = 1333$$

$$I_x = \frac{2 \times 40^3}{12} + 2 \times 20 \times 20^2 = 26667$$

$$f_v = \sqrt{208^2 + 937^2} = 960 \leq 0.75 \times 1560 \times a_w \rightarrow a_w \geq 0.82$$

use: $a_w = 9\,mm$

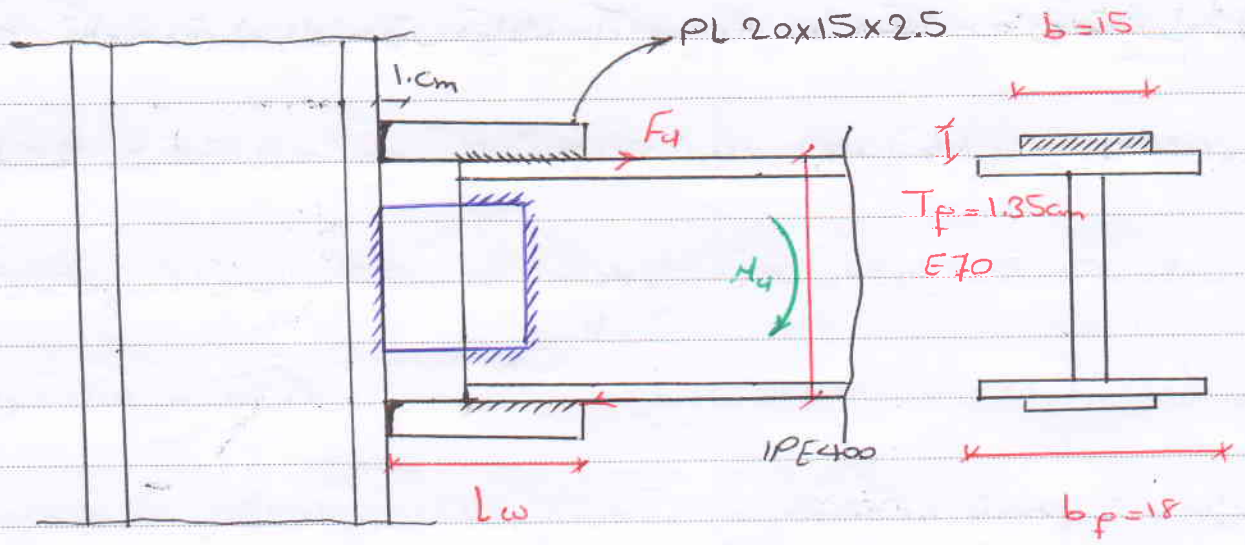
مثال: برای اتصال تیر به ستون از دو ورق بال خوابانی و تحتانی استفاده شده است. اگر جوشکاری در Shop باشد. با انتخاب الکترود مناسب ابعاد ورق های اتصال، طول و حد جوش لازم را برای اتصال تیر به آن ورق ها حساب کنید.

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times [2400 \times Z] \rightarrow M_u \leq 0.9 \times (2400 \times 1160 \times 1.12)$$

$$M_u = 2806272 \rightsquigarrow F_u = \frac{28 \times 10^5}{40} = 70000\,kg$$

Subject:
Year. Month. Date. ( )



طراحی مقطع ورق اتصال

$F_u \leq \varphi T_n$

$70000 \leq 0.9 \times [2400 \times A_{PL}] \rightarrow 70000 \leq 0.9 \times [2400 \times 15 \times t_{PL}]$

$t_{PL} \geq 2.16 \rightarrow$ use : $t = 2.5$ cm

$T_{aw} \leq \varphi_w . R_{nw} \times L_w \rightarrow 70000 \leq 0.75 \times 1766 \times 1.0 \times (15 \times 2 \times L_w)$

$L_w \geq 18.9 \rightarrow$ use : $L_w = 19$ cm

$R_{nw} = 0.85 \times 0.6 \times 4900 \times 0.707 \times a_w$

$t_p = 25 \rightarrow a_{min} = 8$ mm

$t_1 = 13.5 \rightarrow a_{max} = 13$

$\Big\} \rightarrow$ use : $a_w = 10$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

۱۵۸

تمرین ـ مثال خوق را برای جوش شیاری حل کنید و صفحهٔ متصل به جان تیر را طراحی نمایید.

اتصالات پیچی

منظور از اتصال حوشی ایجاد یک اتصال دائمی است ولی اتصالات پیچی جزء اتصالات موقت هستند. پیچی هرزمان می‌توان اتصال را باز کرد و تعمیر داد. جوش سریعترین و ارزان‌ترین و اقتصادی ترین و مطمئن‌ترین اتصال است. اتصالات پیچی معمولاً پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشند ولی در بعضی موارد مجبور هستیم از اتصالات پیچی استفاده کنیم. البته هرجا که امکان اتصال جوشی وجود داشته باشد، حتماً باید اتصال به صورتی جوشی اجرا گردد. اتصال پیچی وقت‌زیادی را می‌طلبد و به اندازهٔ جوش محکم نیست. در مبحث دهم آیین نامهٔ مقررات ملی ساختمان سه نوع از پیچ‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

۱- پیچ معمولی: A307 cl 4.6

(استاندارد ASTM آمریکا) — استاندارد اروپا ISO

c.l 4.6

class ↙ ↓

حد نهایی $F_u = 4000\ kg/cm^2$

حد جاری شدن $F_y = 0.6 \times 4000 = 2400\ kg/cm^2$

این پیچ از جنس فولاد نرم می‌باشد که مربوط به استاندارد آمریکا (ASTM) می‌شود و فقط در استاندارد ISO اعداد نشان دهندهٔ حد نهایی پیچ و حد جاری شدن پیچ می‌باشند. در بهره‌برداری می‌توان این پیچ‌ها را محکم بست و دوباره شل می‌شود؛ ولی از این جهت که پیچ نامطمئن است، نمی‌توان برای اتصال اعضای جک ۱

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

(۱۱۵)

استفاده کرد. منظور از اعضاء درجه ۱: ستون و شاه تیر و مهاربند است که با سنبده جوش شدن

یکی از این اتصالات ها کل مازه منتقل می شود. اعضاء درجه دوم نیز به عنوان تیر خرپن و اتصال

تیرهای به شاه تیر به شمار می آیند.

۲- پیچ نوع دوم یا پیچ های پر مقاومت

A325 (ASTM) — cl 8.8 (ISO)

$F_u = 8000 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow F_y = 0.8 \times 8000 = 6400 \text{ kg/cm}^2$

این پیچ ها معمولاً از جنس فولاد با کربن متوسط است و مثل نوع اول شوده و سخت تر و خشک تر است.

	استاندارد ASTM	cl 8.8
$F_u = 8000$	$d < 24$	$F_u = 8000$
$F_y = 6400$	$d > 24$	$F_y = 7250$

۱- قطر پیچ

در این نوع پیچ ها می توان مهره را سفت کرد و پیچ از خود گردشی نشان می دهد تا مهره

قفل شود. از این پیچ ها می توان در تمامی اتصالات اتکائی، اصطکاکی اعضاء درجه ۱ و ۲ می توان

استفاده کرد.

۳- پیچ نوع سوم — A490 (ASTM) — cl 10.9 (ISO)

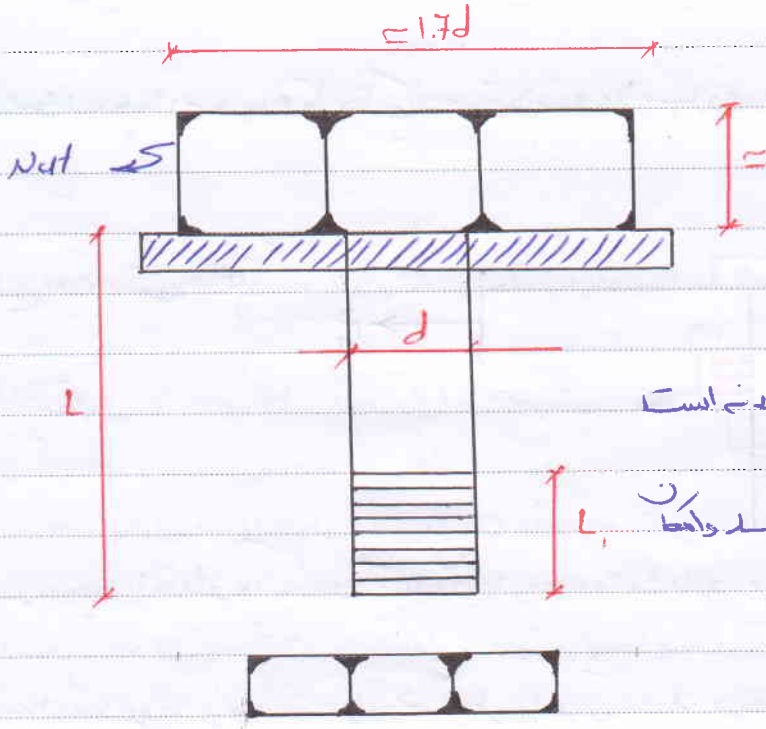
$F_u = 10000 \text{ kg/cm}^2$, $F_y = 9000 \text{ kg/cm}^2$

Subject:
Year. Month. Date. ( ) ۱۱۱۱۱۱

این پیچ از فولاد آلیاژی است. این پیچ از نوع پر مقاومت اعلاء است و بسیار خشک و هرعوب است ولی در کل مستحکم هم پیچ های نوع دوم و سوم را از نوع پیچ های پر مقاومتی دانند.

هرقدر در کلاس پیچ بالاتر باشد، خشک تر بوده و سرعوب تر است. همچنین با افزایش دست کلاس پیچ فاصله بین حدهای شکنندگی و نرمایی کمتر می شود و قطعه پذیری آن کاهش می یابد.

یک پیچ معمولاً از یک nut یا سر پیچ تشکیل شده است، در اکثر این نامه ها nut شش ضلعی است. قطر پیچ منظور قطر پیچ منظور قطر بدنه است (d). محل رزوه ها یا دندانه ها در قطر پیچ منظور نمی شود.



$$A_b = \frac{\pi d^2}{4}$$

سطح مقطع بدنه پیچ

وقتی می نویسیم طول پیچ منظور طول بدنه است

بدون کلاهک، ممکن است رزوه باشد و اگر آن L_t دارد قسمتی از رزوه نباشد.

پیچ هایی که سرا دارا رزوه سری هستند، اکثر پیچ های A307 می باشند ولی در پیچ های پر مقاومتی قسمتی از پیچ رزوه می شود نه کل آن.

برای بستن پیچ، یک واشر فلزی زیر nut لازم است. همچنین یک واشر فلزی هم باید زیر سر پیچ قرار دهیم. ابعاد پیچ قبل از nut و تقریباً قابل تعمیر.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۱۴

انواع اتصالات پیچی

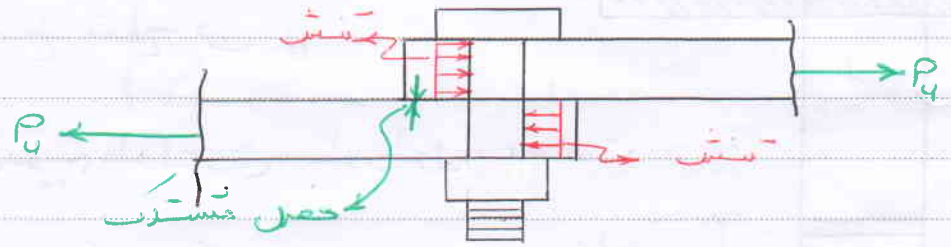
انواع اتصالات را از نظر رفتاری توان به سه دسته تقسیم نمود:

الف) اتصال ساده (اتصال بدون لنگر خمشی) ب) اتصال پیچ پ) اتصال اصطکاکی

اتصال ساده

برای اجرای یک اتصال انتهایی قطعاتی که می خواهند هم متصل شوند، قبلاً سوراخ کاری می شوند و پیچ رزوه مورد نظر قرار می گیرد، در این حالت مهره را با آچار استاندارد شش قطا تا حد اولیه سفت می کنند. در اتصال انتهایی حداولیه نباید تحریف حالتی است که یک شخص با آچار مخصوص همان مهره تا جایی که می تواند، با نیروی دست مهره را سفت می کند.

مجموع این تنش ها همان P_u است.



هر پیچ با قطر مشخص، یک آچار مخصوص دارد. در این حالت شخص قطا از نیروی دست استفاده کرده و گشتاور را روی آچار وارد می کند. در حالت اولیه حتماً چندانی بین ورقه وجود ندارد. اگر این قطعات تحت نیروی P_u قرار بگیرند، چون حتماً بین قطعات وجود ندارد قطعه ۲ خواهان حرکت به سمت راست و قطعه ۱ به سمت چپ حرکت می کند. در این حالت نیرو از طریق تماس بین ورق ها منتقل شده است. در محل مشترک دو ورق بیشترین

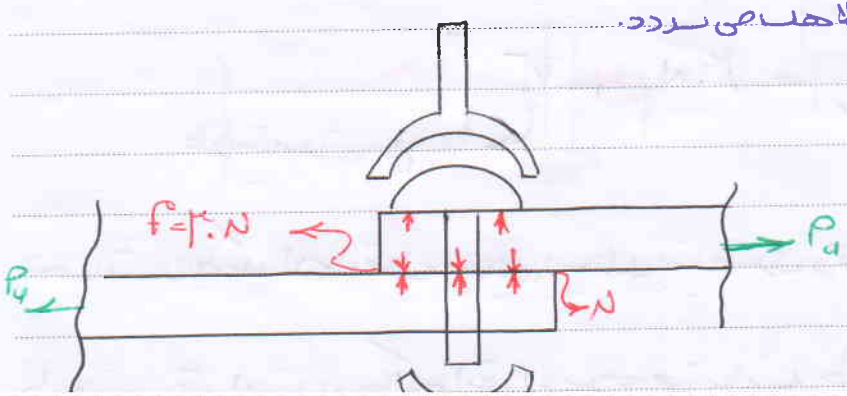
نیروی برشی به وجود می آید. پس نتیجه می گیریم در اتصالات ساده پیچ ها تحت برش قرار می گیرند. به این نوع اتصال، اتصال برشی یا معمولی نیز می گویند.

در این نوع اتصالات نمای طراحی ظرفیت برشی پیچ هاست

روی هم بغلزه.

اتصال پیچ

پیچ ها پیچ های سر پهن یا پیچ های کلاهک دار می باشند و مثل پیچ زرده ندارند و معمولاً هم از جنس فولاد نرم می باشند. پیچ های آلیاژی $900^{\circ}C$ گرم می شده (فولاد سخت شده) و بلافاصله این فولاد سخت شده و گرم را در محل اتصال قرار می دهند و آستری پیچ را به وسیله یک گیره نگه می دارند و انتهای میخ را با یک پیچ کوب، می کوبند. و فولاد که نرم است، پهن شده و تبدیل کلاهک می شود.



www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

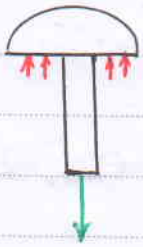
۱۱۴

بعد از اینکه اتصال برقرار شد، پرچ شروع به سرد شدن می‌کند و منقبض می‌شود، اما

وقتی می‌خواهد منقبض شود ورق‌ها هم فشاری آورند، هر چه پرچ بیشتر سرد می‌شود

فشار بین دو ورق هم بیشتر می‌شود و در نهایت پرچ کاملاً سرد شده، این فشار N می‌رسد. اگر

تعادل نیمهٔ پرچ را در نظر بگیریم:



ورق‌ها تحت فشار هوا را می‌نیروی پرچ

تحت کشش. حال اگر نیروی P_u وارد شود،

در اثر وجود فشار بین قطعات، نیروی اصطکاک ایجاد می‌شود و نیروی فشار N کشش T

ایجاد می‌شود و نیروی ورق‌ها را هم نمی‌خواهند و نیرو توسط اصطکاک بین دو ورق تحمل می‌شود

تا زمانی که:

$$P_u < f = \mu N$$

نلغزش به وجود می‌آید

ولی اگر:

$$P_u > f = \mu N$$

در ابتدا شروع به جابجایی کنند و در نهایت ورق قوطی به بدنهٔ پرچ تکیه می‌کند و در نهایت پرچ

بریده نشد، اتصال هم خراب می‌شود، یعنی حداکثر نیرویی که تحمل می‌شود این نیرو است:

$$P_{u_{max}} = \mu N + V$$

ظرفیت برشی پرچ‌ها

تحت شرایط یکسان اتصال پرچی نیروی بیشتری را تحمل می‌کند. اتصال ساده فقط متحمل

تحمل کند. نیروی اصطکاک به ضریب اصطکاک (μ)، و نیروی فشاری (N) بستگی دارد.

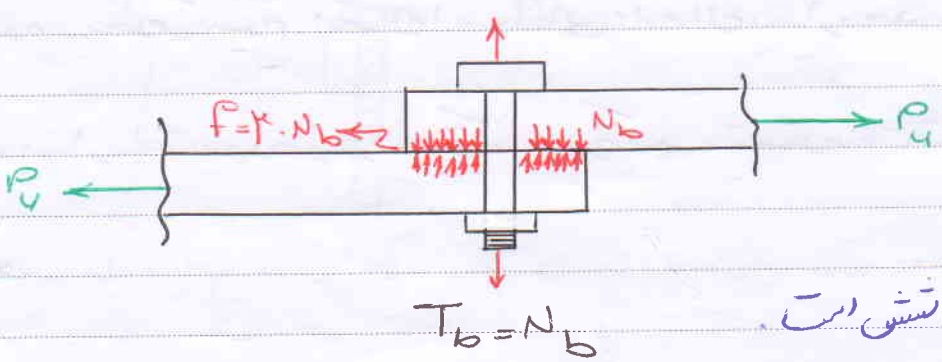
ضریب اصطکاک حدود مشخصی دارد ولی نیروی فشاری قابل تشخیص نیست و به عوامل زیادی بستگی دارد. در نتیجه طراحی به نحو اطمینان از نیروی اصطکاک کلاً صرف نظر می‌کنند و آن را مانند اتصالات ساده طراحی می‌کنند. امّا در سازه‌های جدید گاهی از پیچ استفاده می‌کنند چون اجرای پیچ بسیار مشکل و وقت‌گیر می‌باشد.

اتصال اصطکاکی با پیش تنیدگی

وقتی می‌خواهند قطعات را به هم متصل کنند، این روش بعد از اینکه مهره تا حد اولیه سفت شد، مجدداً با هر روشی (دکوا) مهره را بیشتر سفت می‌کنند. سفت کردن مهره تا حد اولیه را اصطلاحاً سفت کردن مهره تا حد تانویه می‌گویند.

$$P_u \leq f = \mu N_b$$

در این اتصال سفت کردن حد تانویه با دست امکان پذیر نیست و بایستی با آچار برق یا آچار یا شخص یا وزن شخص روی آچار استفاده می‌کنند.



خود پیچ تحت کشش است.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

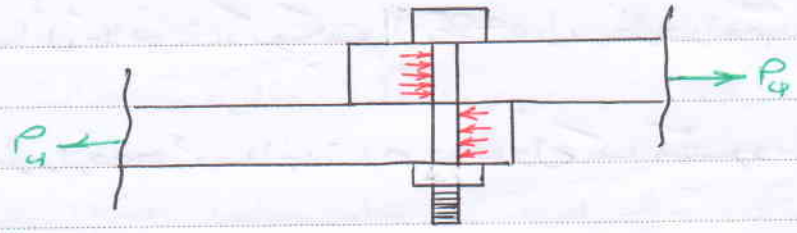
وقتی مهره تا حد تانوم سفت می‌شود، از این حالت قطعات به همگیر خشتار وارد می‌شند. وقتی قطعات به همگیر خشتار وارد می‌شند، خود پیچ تحت کشش قرار می‌گیرد. پس هرچقدر مهره را بیشتر سفت می‌کنیم، خشارین دو قطعه بیشتر می‌شود. به طوریکه اگر کمی بتواند جدا شود حدود 0.5 دور از حد اولیه مهره را سفت کند، این کشش به حدی بالا می‌رسد و پیچ پاره می‌شود. یعنی آخرین حدی که می‌توان پیچ را چرخاند 0.5 دور است. ولی اگر بخواهیم با ضریب اطمینان بیشتر برویم، حداکثر دوری که می‌توان پیچ را چرخاند 0.75 دور است. اگر مقدار آن از این حالت خراتر برود، پیچ در حالت گسیختگی قرار می‌گیرد. برخلاف پیچ، در این اتصال N_b (پیردی خشاری) مشخص است. در اتصال پرچ N را ما مشخص می‌کردیم و ما مجهول بود ولی در این اتصال پارامتر "N" را بستن مهره مشخص می‌کند.

هدف از این اتصال، اصطکاک این است که قطعات روی هم بلغزند

مبنای طراحی اتصالات اصطکاکی همان نیروی اصطکاک است. البته گاهی لغزش دو قطعه مهم نیست مانند اتصال مفصلی تیر به تیر یا اتصال ساده تیر به تیر که در آن صورت اتصال را ساده در نظر می‌گیریم. اتصال اصطکاکی، اتصال بسیار محکم و مطمئنی است، ولی اجرای آن بسیار سخت بوده و در صورتی که مهره کمی بیشتر سفت شود، کل اتصال منهدم می‌شود.

انواع اتصالات اصطکاکی

۱- برش در سطح مقطع پیچ ها



$\phi = 0.75$

در استاندارد اتصالات آیین نامه مشخص : F_{nv} می کند.

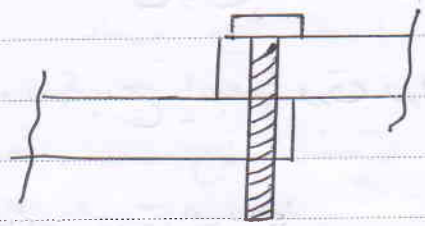
مقاومت برشی پیچ در برش $\rightarrow \phi F_{nv} \geq \frac{P_u}{n.A_b}$ تنش برشی f_{uv}

$A_b = \frac{\pi d^2}{4}$ ، سطح مقطع ← تعداد پیچ

ϕF_{nv} را آیین نامه مشخص می کند و مقادیر آن را از جدول صفحه 163 آیین نامه استخراج خواهیم نمود.

پیچ های پر مقاومت بر دو نوع هستند که در جدول فوق اشاره شده دو نوع آن آماده شده است.

الف) حالتی که فصل مشترک دو ورق در ناحیه ی رزوه ها قرار می گیرد. در این حالت پیچ مقاومت کمتری را تحمل می کند.

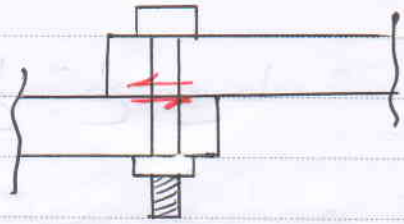


$0.4 SF_u$

ب) حالتی که فصل مشترک دو ورق، یعنی محل تحمل برش جدا کننده، خارج از محل رزوه ها است. در این حالت پیچ مقاومت بیشتری دارد.

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

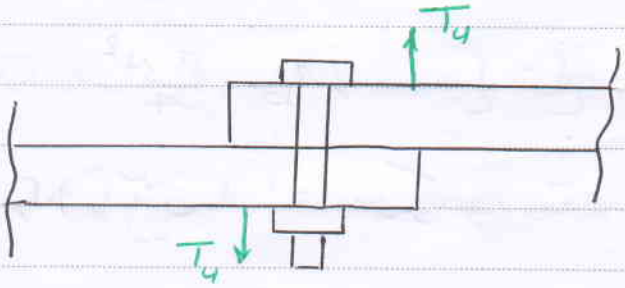


$0.55F_u$

در مسائل طراحی عدد کوچکتر یا $0.45F_u$ را در نظر خواهیم گرفت.

منظور از قطع دندانه شده در جدول یک میلگرد ساده است (میل مهار).

۲- کشش در سطح پیچ‌ها



$\phi = 0.75$

F_{nt} = جدول آیین‌نامه

$F_{nt} = 0.75F_u$

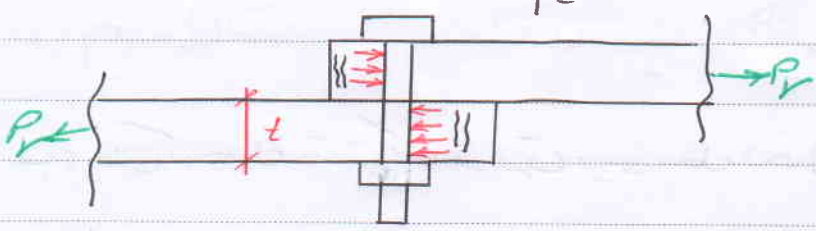
$$f_{ut} = \frac{T_u}{n.A_b} \leq \phi F_{nt}$$

f_{ut} تنش ضریب‌دار کششی — مقاومت کششی پیچ

A_b سطح مقطع پیچ — n تعداد پیچ

ما در طراحی توجهی به رزوه‌ها نخواهیم داشت و A_b سطح مقطع کامل است و چون آیین‌نامه خودش سطح پیچ را کاهش داده و F_u را با 0.75 ضرب کرده است.

۳- له‌شدگی بدنه‌ی پیچ یا بدنه‌ی ورق در اثر تماس مستقیم

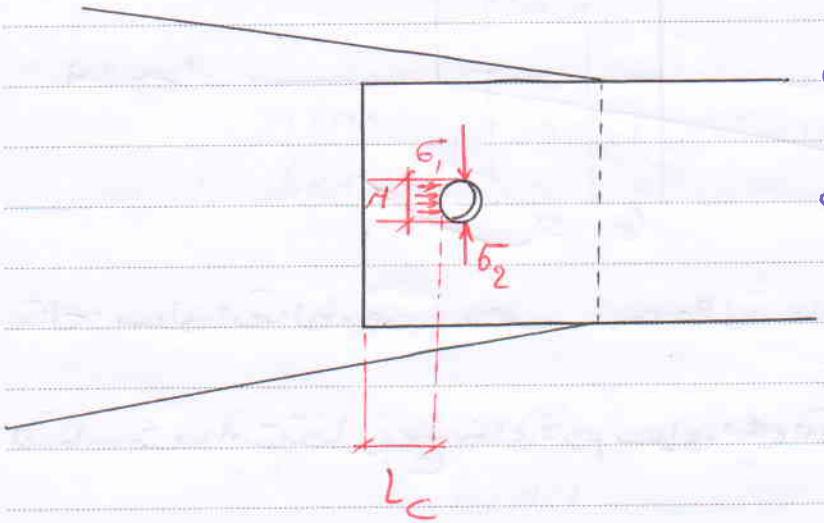


این موضوع زمانی رخ می‌دهد

که اولاً قید و بند شکل افقی به ورق

به سمت چپ حرکت کرده و باعث می شود برش در پیچ ها ایجاد شود. علاوه بر برش، این برش ها ممکن است به صورت موضعی باعث له شدن ورق یا پیچ شود. کنترل لهیدگی را فقط در زمان وجود سوراخ برشی انجام خواهیم داد.

له شدن یک ناپایداری است، شبیه جاری شدن، حدهای؛ اما گسیختگی یک قطعه است بر اساس تنش های چند محوری نه تنش تک محوری. این تنش ها می خواهد پیچ را از حالت داده خارج کند ولی قطر سوراخ اجازه می دهد (σ_2).



پس دو نوع تنش در پیچ ایجاد می گردد و باعث می شود مقاومت قطعه خیلی بالا نرود. در این حالت له‌شدگی رخ می دهد.

$$F_{up} = \frac{P_u}{n.A.t} \leq \phi F_{np}$$

تنش بارهای ضریب دار

ضخامت قطعه

قطر پیچ

$\phi = 0.75$

F_{np} = صفحه 166 آیین نامه

مقاومت له‌شدگی تابع "A" (قطر سوراخ) است. هرقدر قطر سوراخ نزدیک به قطر پیچ باشد تنش دو محور σ_2 بیشتر می شود، ولی اگر سوراخ خیلی از پیچ بزرگتر باشد، ممکن است σ_2 اصلاً ایجاد نشود؛ لذا آیین نامه دو نوع سوراخ معرفی می کند:

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

برای سوراخ های استاندارد

فاصله لبه سوراخ تا لبه قطعه

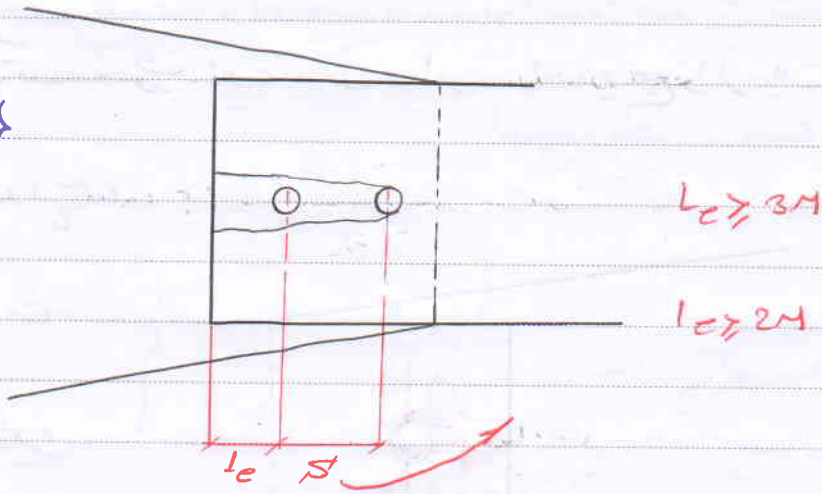
$$F_{np} = 1.2 \frac{L_c}{d} F_u$$

تنش نهایی — قطر پیچ

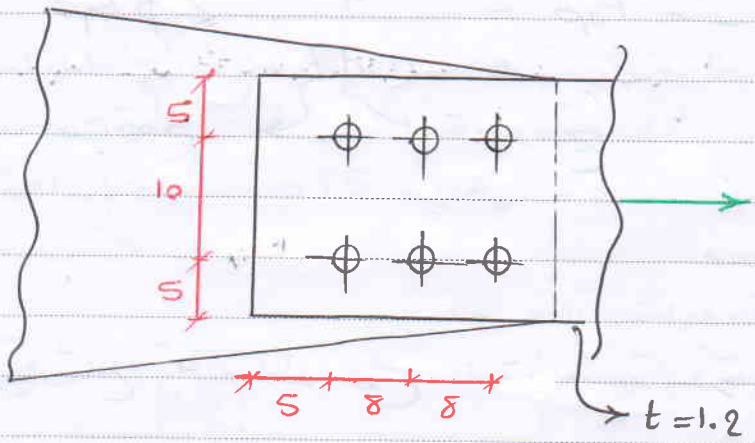
حد نهایی پیچ یا ورق

$$F_{np} \leq 2.4 F_u$$

$F_u = \min\{$ مقاومت پیچ، ورق $\}$



مثال: برای اتصال ورقی به عرض 25 cm و ضخامت 1.2 cm به کمک تعدادی از 6 پیچ استفاده شده است. حداکثر پیچ های لازم برای این اتصال را طراحی کنید. (پیچ از جنس A490 می باشد.)



I) کنترل عضو کششی

$$P_u \leq \phi . P_n$$

$$P_u \leq 0.9 \times [2400 \times (20 \times 1.2)] = 51840 \text{ kg}$$

II) کنترل پیچ

برش در پیچ

$$F_{uv} = \frac{P_u}{n . A_b} \leq \phi F_{nv}$$

$$\frac{51840}{6 \times A_b} \leq 0.75 \times [0.45 \times 10000]$$

$$A_b \geq 2.56 \simeq M18$$

$$f_{up} = \frac{P_u}{n \times H \times t} \leq \phi F_{np}$$

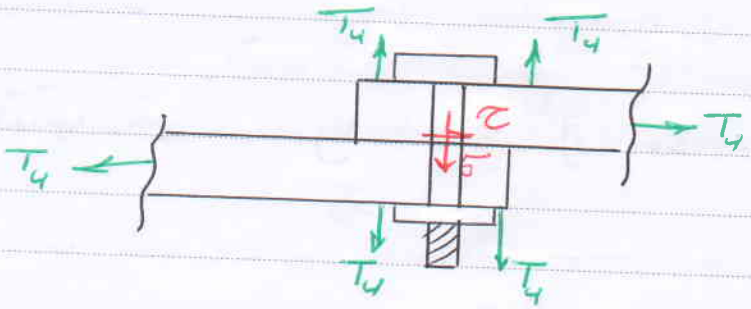
$$f_{up} = \frac{51840}{6 \times 1.8 \times 1.2} = 4000 \leq 0.75 \times 2.4 \times 3700 = 6660$$

$$f_{np} = 1.2 \times \frac{4.1}{1.8} \times F_u = 2.7 F_u \leq 2.4 F_u$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject :
Year . Month . Date . ( )

۴ـ ترکیب برش و کشش



گاهی در وصله‌ها هم نیروی داریم که می‌خواهد وصله‌ها را روی هم بلغزاند و هم نیروی داریم که می‌خواهد وصله‌ها را تحت کشش قرار دهد. تنش سرمال و تنش کششی را نمی‌توان با هم جمع زد. پس برای جمع زدن از اندرکنش استفاده می‌کنیم. اما ایراد دیگری هم در پیچ‌ها وجود دارد این است که اندرکنش خطی است یا خمیده. این نامه این اندرکنش را نیم خطی در نظر می‌گیرد؛ بنابراین مفاد این نامه داریم:

I) $f_{ar} = \dfrac{P_u}{n.A_b} \leq \phi F'_{nv}$ وجود نیروی کششی، مقاومت برشی را کاهش می‌دهد.

F'_{nv} → مقاومت برشی کاهش یافته یا اصلاح شده

II) $f_{ut} = \dfrac{T_u}{n * A_b} \leq \phi F'_{nt}$

F'_{nt} مقاومت کاهش یافته کششی (بعلت وجود نیروی برشی)

$$F'_{nv} = \left(1.30 - \frac{f_{ut}}{\phi f_{nt}}\right) F_{nv} \leq F_{nv}$$

سهم نیروی کششی

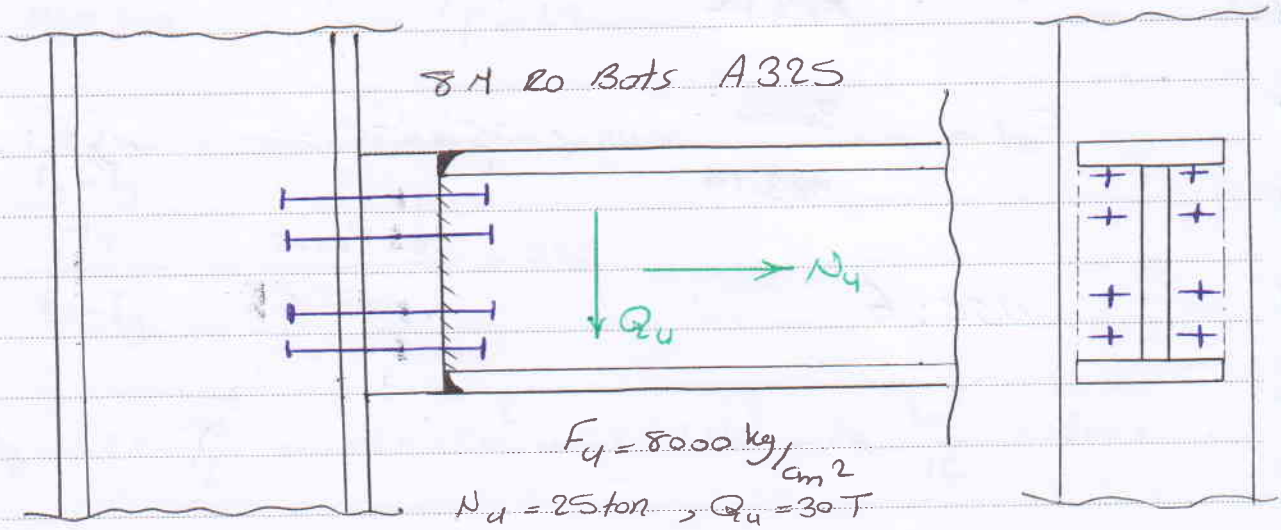
$$\frac{f_{ut}}{\varphi f_{nt}} \geq 0.3$$

$$F'_{nt} = \left(1.30 - \frac{f_{ut}}{\varphi f_{nv}}\right) \quad F_{nt} \leq f_{nt}$$

سهم نیروی برشی

آیا پیچ‌ها ی $\frac{F_{ut}}{\varphi \cdot f_{nv}}$ و $\frac{f_{ut}}{\varphi f_{nt}}$ کوچکتر از 0.3 باشند، تو جرش به وجود آمدن برش ندارم

مثال: برای اتصال کنسول IPE330 به ستون از ورق استرابی استفاده شده است ظرفیت را در این اتصال بدست آورید



این اتصال، اتصال مفصلی است؛ چون ستون در این اتصال وجود ندارد و اتصال از جان اتفاق افتاده است.

$$f_{uv} = \frac{30000}{8 \times 3.14} = 1194 \leq \varphi F'_{nv} = 0.75 \times 0.95 \times 8000 = 5700 \checkmark$$

$$f_{ut} = \frac{25000}{8 \times 3.14} = 995 \leq \varphi F'_{nt} = 0.75 \times 0.85 \times 0.75 \times 8000 = 3825 \checkmark$$

www.icivil.ir پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۲۴

$$F'_{nv} = \left(1.3 - \frac{995}{0.75 \times 0.75 \times 8000}\right) F_{nv} = F_{nv}$$

$$\frac{\quad}{1.07}$$

$$F'_{nt} = \left(1.3 - \frac{1194}{0.75 \times 0.95 \times 8000}\right) = 0.85 F_{nt}$$

$$\frac{\quad}{0.85}$$

در اتصال خوق آسد $N_u = 30\,T$ و $Q = 40\,T$ باشد تعداد پیچ ها را حساب کنید.

$$F_{uv} = \frac{40000}{n \times 3.14} \leq 0.75 \times 0.45 \times 8000 \qquad n \geq 4.7 \rightarrow n = 5$$

$$F_{ut} = \frac{30000}{n \times 3.14} \leq 0.75 \times 0.75 \times 8000 \qquad n \geq 2.1 \rightarrow n = 2$$

use: 6