مرجع تخصصی مهندسی عمران

www.Mcivil.ir

دانلود انواع پروژه های دانشجویی مهندسی عمران

فیلم های آموزشی نرم افزار

آگهی های استخدامی عمران به صورت روزانه

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 - آیین نامه اتصالات جوشی و جوشکاری 2015
- نشریه 225 : جوشکاری در ایران

رام شویل

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

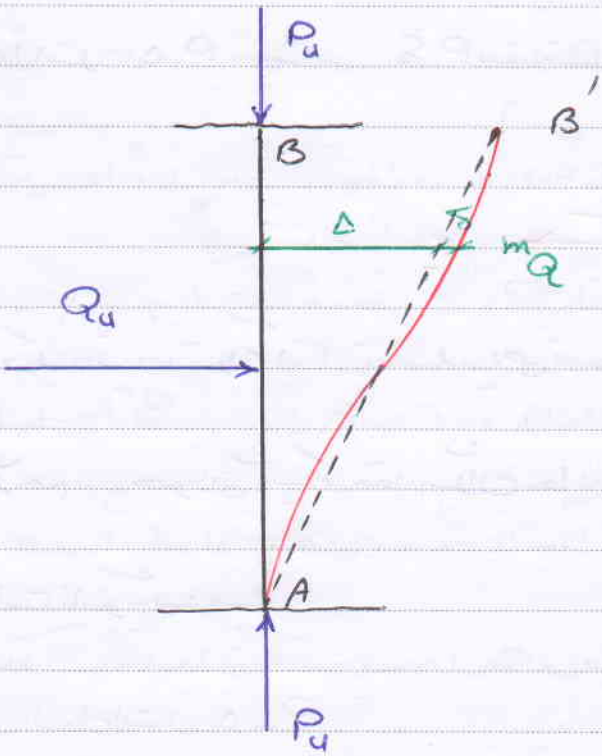
۴- طرح انواع اتصال تیر به ستون

فصل اوّل

تیرستون‌ها

تیرستون‌ها

اعضایی هستند که علاوه بر اینکه تحت بار محوری قرار می‌گیرند، بار عرضی نیز به آن‌ها وارد می‌گردد. بار محوری در ستون فشار اکادوبار برشی هم خمش عضو 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 کشش و خمش و هم نیروی محوری به صورت توأم وجود دارد.



این اعضا در بحث از سازه می‌توانند وجود داشته باشند، ولی اکثراً در قاب‌های خمشی وجود دارند. اکثر اعضا هم موجود

در یک سازه از نوع تیرستون هستند.

$$M = m_Q + P_u\delta + P_u\Delta$$

اثرات Δ و P

همانطور که از شکل بعدی مشخص است، عضو تحت اثر Q_u موجب تغییر مکان نقطه B به صورت شکل خواهد شد.

رابطهٔ فوق 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 Δ نیز تغییر مکان

ناشی از نیروی محوری است.

به منظور اعمال اثر $P-\Delta$ دو شیوه دیگر نیز به مقدار m_Q مطابق رابطهٔ فوق 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 از $P-\delta$ 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 تیرستون افزایش یافته و اثر $P-\Delta$ های

دیگر هم به وجود می‌آید که مقادیر آن‌ها نسبتاً بزرگ 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 $P-\Delta$ 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.

$P_r \uparrow \longrightarrow M_r \uparrow$ (✗)

برای تحلیل غیرخطی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود.

۲- روش آنالیز مرتبهٔ اوّل تشدید یافته: این روش نسبتاً تقریبی است. در این روش نیز مانند روش آنالیز مرتبهٔ اوّل اجازه می‌دهد تحلیل مرتبهٔ اوّل انجام دهیم. تحلیل مرتبهٔ اوّل بدین معنا است که $P-\Delta$ را در نظر نگیریم و سپس با روش‌های تقریبی $P_u = 0.5 + P_{uf}$ را حساب کرده و به تحلیلات اضافه کنیم.

به 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 به‌های اثرات $P-\Delta$، 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 نماید، آن‌ها را با یک عدد بزرگتر از یک ضرب می‌کنند. بنابراین δ را ضریب تشدید لنگر، که نشان دهندهٔ اثر $P-\Delta$ است، گویند. لازم به ذکر است هر چه سیستم سازه‌ای سخت‌تر باشد، δ هم بزرگتر است:

$M_r = \beta \times M_{nt}$

عوامل موثر در β دو قسمند:

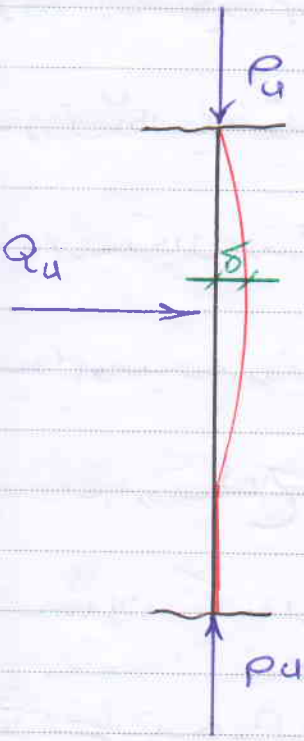
۱- نیروی محوری: اگر نیروی محوری صفر باشد، $\beta = 1$ است یعنی نیازی به تشدید نیست. اثر تشدید لنگر را فقط نیروی محوری باعث می‌شود:

$$\beta \propto P_u$$

۲- قرار گرفتن در نوع قاب: تیرستون‌ها در دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) تیرستون‌های واقع در قاب بدون مهاربند (شکل صفحه ۱)

ب) تیرستون‌های واقع در قاب مهاربندی شده



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

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

نوع قاب $\propto$ جابجایی‌های

$\beta \propto \delta$ تغییرشکل خمشی

$\beta \propto \Delta$

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

بعد از اینکه گشتاور M_2 را تشدید کردیم، می‌خواهیم المان طراحی‌ای که هم گشتاور تشدید شده دارد و هم نیروی محوری که رفتارش هم غیرخطی است. این آیین‌نامه در این مورد روش ساده‌ای را پیشنهاد می‌کند:

یک خرده غلط: این آیین‌نامه با یک خرده استتار مسئله را حل کرده و سپس آن را اصلاح می‌کند

لام شنبل

Subject:
Year . Month . Date . ( )

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

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

$Q_u = 0$ → این المان تبدیل به ستون می‌شود. → طراحی ستون → $P_u \leq \phi . P_n$

P_u ← نیرو ؛ ϕ ← 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 جرمی ستون

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

$P_u = 0$ → این المان تبدیل به تیر می‌شود. → طراحی تیر → $M_u = M_{Qu} \leq \phi M_n$

M_{Qu} ← لنگاور المان ؛ ϕ ← حداکثر بار ناشی از برش

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

M_n: بر اساس آنچه در حصل چهارم در سل سازه‌های فولادی توضیح داده شده است در رابطه

حداکثر می‌برد:

براساس اصل سن‌ونان باید دوتنش به‌دست‌آمده از دو حد خوق را با هم ترکیب جمع نماییم؛ اما همانطور که می‌دانیم جمع کشتاور و نیروی امری است امکان‌ناپذیر، 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: $\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1.0$

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

$\frac{P_u}{\phi P_n}$: سهم نیروی محوری

$\frac{M_u}{\phi M_n}$: سهم کشتاور خمشی

β: 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 نام‌برده شده و هم تقریباً ملی ساختمان وجود دارد.

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

اندرکنش نیروی محوری و کشتاور خمشی

در صورتی که مقادیر به دست 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 مقدار را با هم جمع کنیم.

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

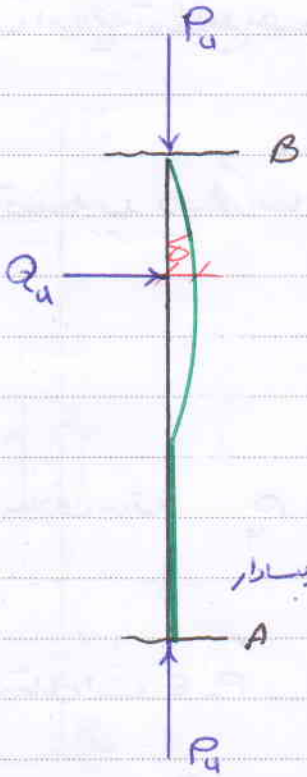
حال در مرحله اصلاح فرض اشتباه، آیین نامه با اعمال ضریب تشدید کشتاور، کمی از تحلیل مرتبه اول را اصلاح می کند و با اعمال ضریب β اثر $P-\delta$ را لحاظ می کند در این صورت، ناشی از حالت خطی خارج می شود.

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 نقطه δ 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 الگام داده و ضریب β_1 را برای این نوع ستون ها بدست آورده است.

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

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

Subject :
Year . Month . Date . ( )

در این رابطه C_N ضریب اصلاح تشدید تنش (شبیه C_b در طراحی تیرها) است. این ضریب (β) را اصلاح می‌کند، یعنی مقدارش را کم زیاد می‌کند. لازم به یادآوری است که ضریب C_b نیز اثر گشتاور خمشی را در کمانش جانبی نشان می‌داد.

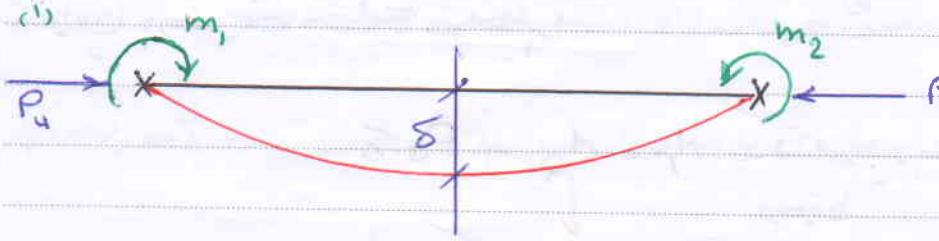
ضریب اصلاح تشدید تنش (دارد نمودار تشاور خمشی)

$$C_N \leq 1.0$$

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 پیشتر است چون

δ آن بزرگتر می باشد.

(کمانش مضاعف)

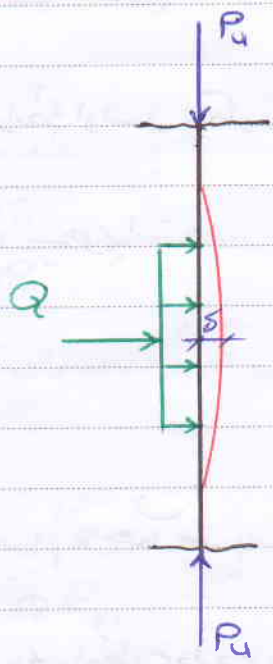
علامت گشتاور خمشی گاهی باعث می شود اند $\delta - P$ بزرگتر شده و گاهی باعث کمتر شدن مقدار آن می شود. در بدترین وضعیت مانند شکل تیر-ستون (1)، $C_N = 1.0$ است یعنی این مقدار کاهش نداریم. ولی در شکل تیر ستون (2)، C_N می تواند کاهش پیدا کند. ضریب C یک ضریب کاهنده است، در صورتی که ضریب C_b یک ضریب افزاینده بود.

پس:

$C_M < 1.0$

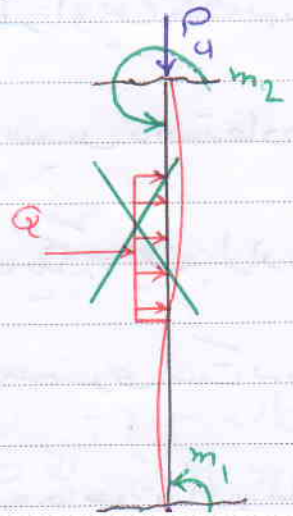
این نام بیش از دو حالت بدا ضریب C_M پیش بینی نگردیده است:

حالت یک: اگر در تیر ستونی بار مستقیماً به بدنهٔ ستون وارد شود، بدترین وضعیت اتفاق می‌افتد (مانند هتارخاک)؛ در این حالت $C_M = 1.0$ در نظر می‌گیریم.



$C_M = 1.0$

حالت دو: اگر بار عرضی مستقیماً به بدنهٔ ستون وارد نشود، بدن منظور در حست‌ها های تیر ستون باری وارد نشده و بارها در گره‌ها هستند. در این حالت ضریب C_M از یک کمتر بوده و مقدار آن را از رابطهٔ زیر به دست می‌آوریم:



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

m_1: لنگر کوچکتر

m_2: لنگر بزرگتر

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

نکته حائز اهمیت اینکه ضریب C_N را هیچگاه کوچکتر از 0.4 در نظر نمی‌گیریم. اگر مقدار آن از 0.4 کوچکتر شد، همان مقدار 0.4 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) باهم 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 قاب برای قاب مهاربندی شده به صورت زیر می‌باشد:

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

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 برابر یک است که در درس سازه‌های فولادی ۱ تهیه شده، عمل خواهیم نمود.

روش کار: اولین کاری که برای این نوع ستون‌ها انجام می‌دهیم، ضریب k_1 را حساب می‌کنیم؛ سپس با استفاده از آن نیرو را تشدید می‌کنیم، سپس به دنبال طراحی ستون می‌رویم که این بار از روابط اندرکنش استفاده خواهیم کرد.

تذکر: همواره ضروری است که برای مقاطع متقارن هم‌واره ۱ است. در این درس مقاطع همانند

روابط آیین نامه

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

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

از 0.2 کمتر شود، المان یک عضو خمشی سختی پذیر می شود:

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

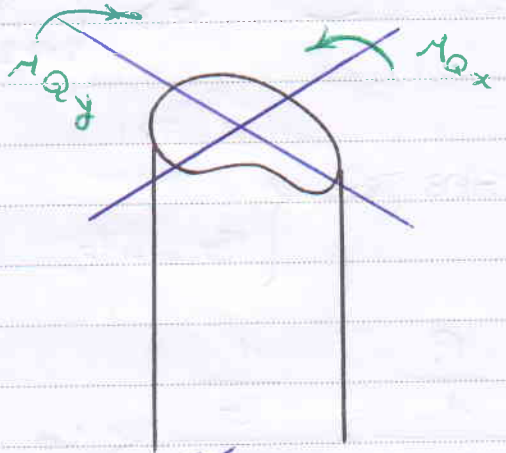
2- رفتار محوری حاکم است: $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$

وقتی رفتار محوری حاکم است، سرهم نیروی محوری را تعیین می دهیم و سرهم خمش کمتر بحرانی می 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

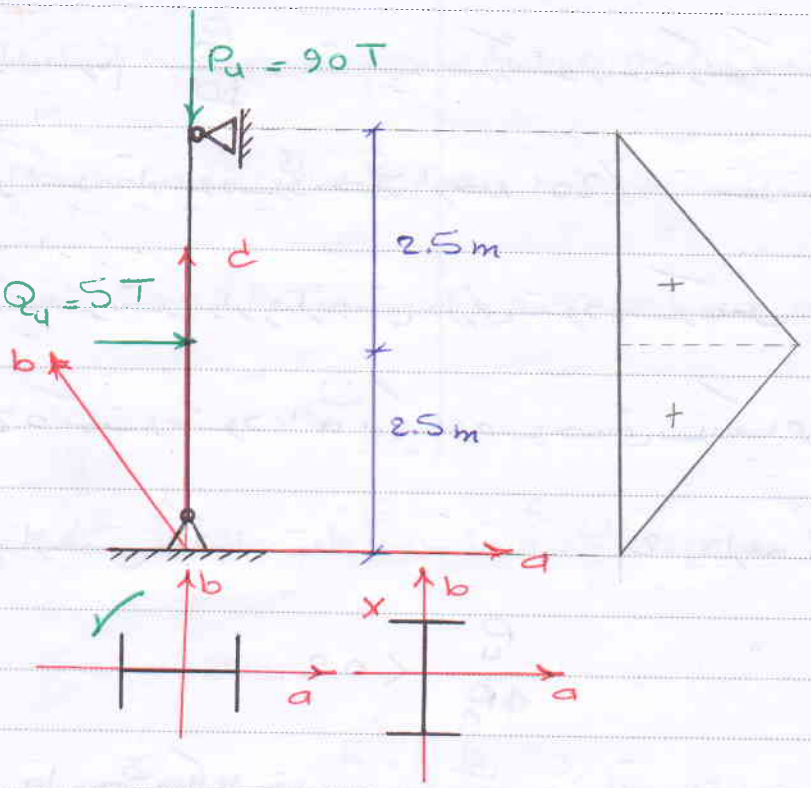


وقتی سرهم نیروی محوری کم رنگ نشود، می توان گفت که $\delta - P$ را اعمال نکرده و از

اعمال ضریب β صرف نظر نمود:

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

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



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

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

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

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

$$\frac{\frac{P_u}{A}}{1500} + \frac{\frac{M}{S}}{2420} < 1.0$$

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

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

جهت قرارگیری ستون

جهت مناسب قرارگیری ستون، جهتی است که شعاع بزرگتر مقطع در راستای ضریب کاشش بزرگتر و ضریب کاشش کوچکتر، راستای شعاع کوچکتر خواهد بود. اما این موضوع در مورد انتهایی صادق است که تحت نیروی محوری هستند و خمش ندارند. ولی در ستون‌ها، 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.

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

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

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

$$\frac{89^2}{1362}$$

$$\sigma_{cr} = (0.386) \times 2400 = 1594.71$$

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

ام سیویل

Subject :
Year . Month . Date . ( )

$$\frac{90 \times 10^3}{0.9 \times 145119} = 0.68 > 0.2$$

از ۲۵ 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 مورد $C_m = 1$ است، چون بار عرضی مستقیماً بدنهٔ 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 k نیز برابر یک خواهد بود.

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

تا برنامه را کم قبلاً ذکر شد.

نکتهٔ بسیار مهم: در رابطهٔ فوق در انتخاب گشتاور اینرسی باید دقت نمود. بدین منظور گشتاور اینرسی را انتخاب خواهیم نمود که گشتار حاصل از بار عرضی حول آن محوری باشد. میزان دقدار گشتاور اینرسی اصلاً مهم نیست، فقط باید گشتاوری را انتخاب نمود که منتج 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 ذکر شد این ضریب برای تشدید نگر است ولی گاهی اوقات به علت کم بودن میزان C_m از یک کمتر شود.

حال در رابطهٔ اندرکنش فقط M_n ناقص است، برای به دست آوردن M_n باید از درس سازه‌های فولادی آن را محاسبه نمایم.

ارام سوییل

Subject: Year. Month. Date. ( )

مرحله ۱: چون سردیل مورد نظر نورد شده است، پس مقطع فشرده می باشد.

$h_0 = 22 - 1.6 = 20.4$

$L_b = 400$

$w_e = Z = 736$

$w_p = Z = 1.12 \times w_e = 824.32$

$b_f = 220\ mm = 22\ cm$

$t_f = 1.6\ cm$

$t_w = 0.95$ (ضخامت جان)

$r_y = 5.59$

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

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

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

$$L_r = 1.95\, r_{ts} \times \frac{E}{0.7 F_y} \times \sqrt{\left(\frac{J \times c}{S \cdot h_0}\right) + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S h_0}\right)^2 + 6.7.6 \times \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

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

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 سردیل را افزایش داده و دوباره رابطه اندرکنش را کنترل می کنیم

ام سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

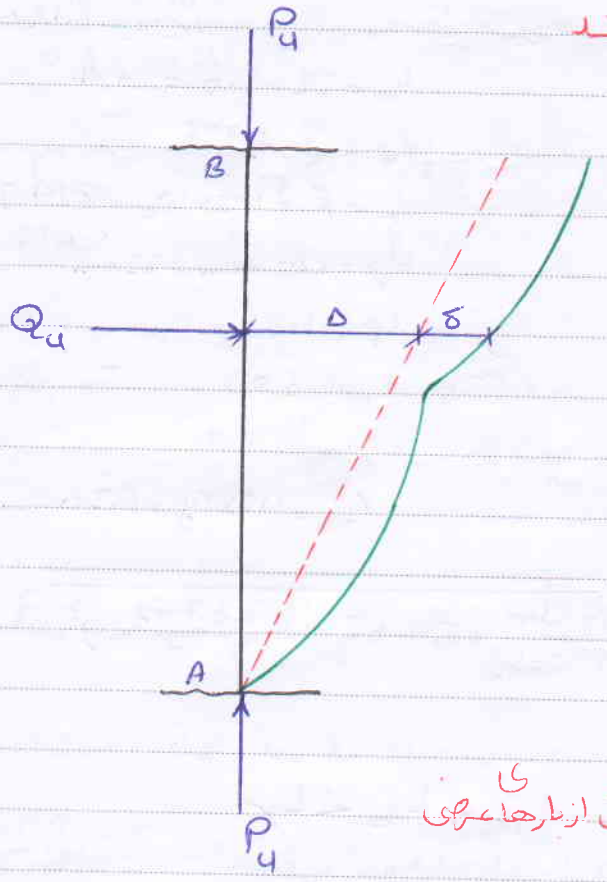
تیرستون‌های واقع در قاب‌های بدون مهاربند

در تیرستون‌ها نیز فاقد مهاربند هستند

یا در قاب‌هایی تقسیم شده‌اند که مهاربند ندارند

مانند قاب خمشی، که حرکت نسبی Δ و یا

حرکت خمشی که داریم، در هر تراز گشتاور برابر



استاد:

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

گشتاور ناشی از بارهای عرضی

ضربدر تشدید B_1

ضربدر تشدید B_2

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

به شرح زیر است:

قاب را دوبار تحلیل می‌کنیم، یکبار حذف می‌کنیم

که این قاب فقط گشتاور ثقلی می‌باشد:

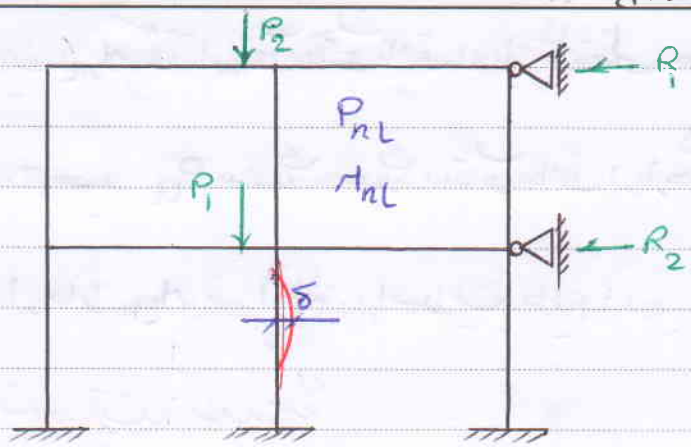
معمولاً در این حالت تغییرمکان جانبی ایجاد نمی‌شود.

بارهای ثقلی قاب را به چپ و راست حرکت نمی‌دهند

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

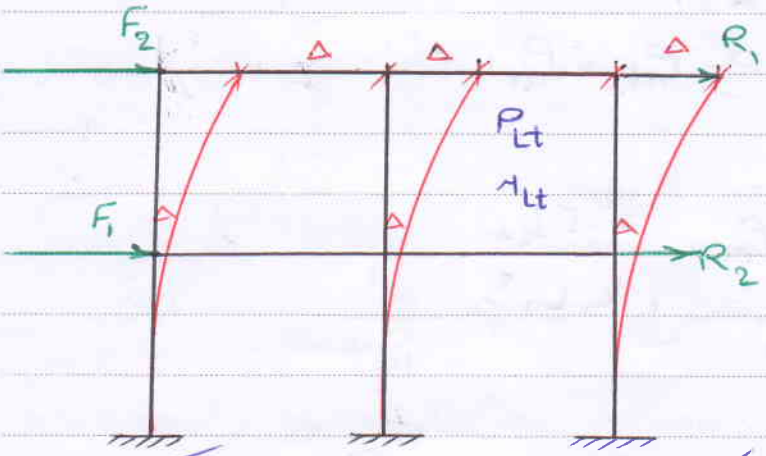
Δ در قاب ایجاد شود وجود دارد. برای

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 متقارن فرض بر آن است که فقط بارهای وارد کنیم. این بار هم می‌دانیم که در قاب فقط تغییر شکل

جابجایی (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 بر قاب دوم اعمال می‌کنیم. البته

در عمل بار ما بر این تکیه‌گاه‌ها نیست بدین دلیل که در سازه‌ها بارها متقارن هستند.

پس در نتیجه K در اثر بارهای تقلی و Δ در اثر بارهای جابجایی وجود می‌آید.

اگر در قاب اول نیروی محوری ستون‌ها P_{nL} فرض کنیم، (nL: های بار تقلی)

بنابراین P_{nL} نیروی محوری ناشی از بارهای تقلی در قابی است که حرکت جانبی ندارد.

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 نشاور را تشدید می کند نیروی محوری است و نیز 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 ولی 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 طبقه ← تغییر مکان نسبی

تمام ستونهای آن طبقه

P_{mf} نیروی محوری ستون‌هایی است که در قاب همتی هستند. این می‌تواند خارج از قاب باشند یا 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 نکته دیگر اینکه اگر در شوری تمامی اتصالات مفصلی باشند:

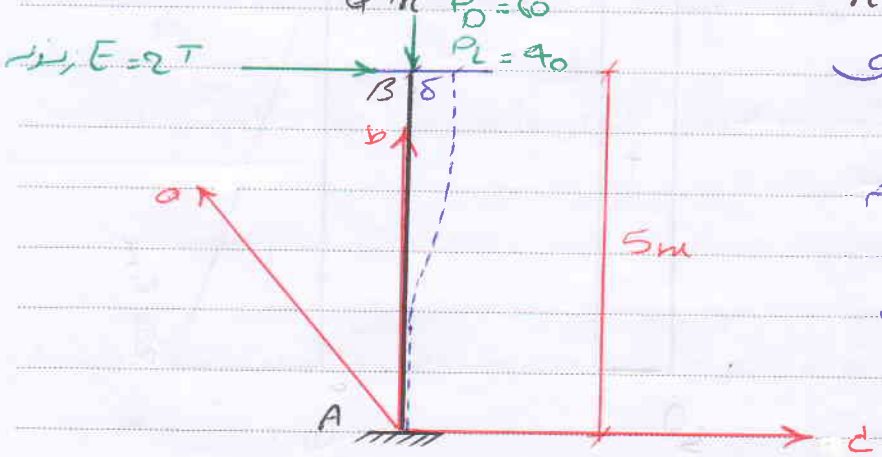
$$\sum P_{mf} = 0$$

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

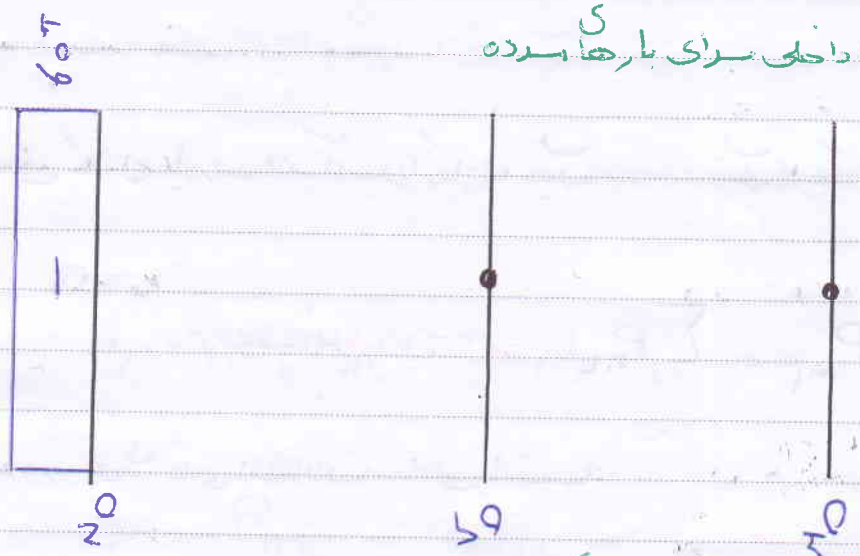
مثال: ستون مقابل در نقطه‌ی B دارای تکیه‌گاه جانبی است و می‌تواند از صفحه حرکت کند، مقطع ستون را از پروفیل HEB خراب کنید.



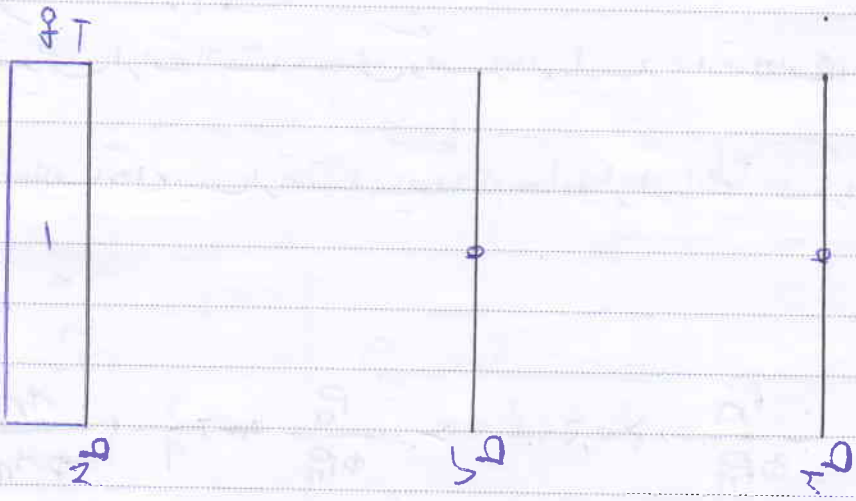
Subject :
Year . Month . Date . ( )

نکته : سیم‌های زیرین سیم‌های جانبی است و می‌توان در ترکیب با رهای تصلی وارد شود.

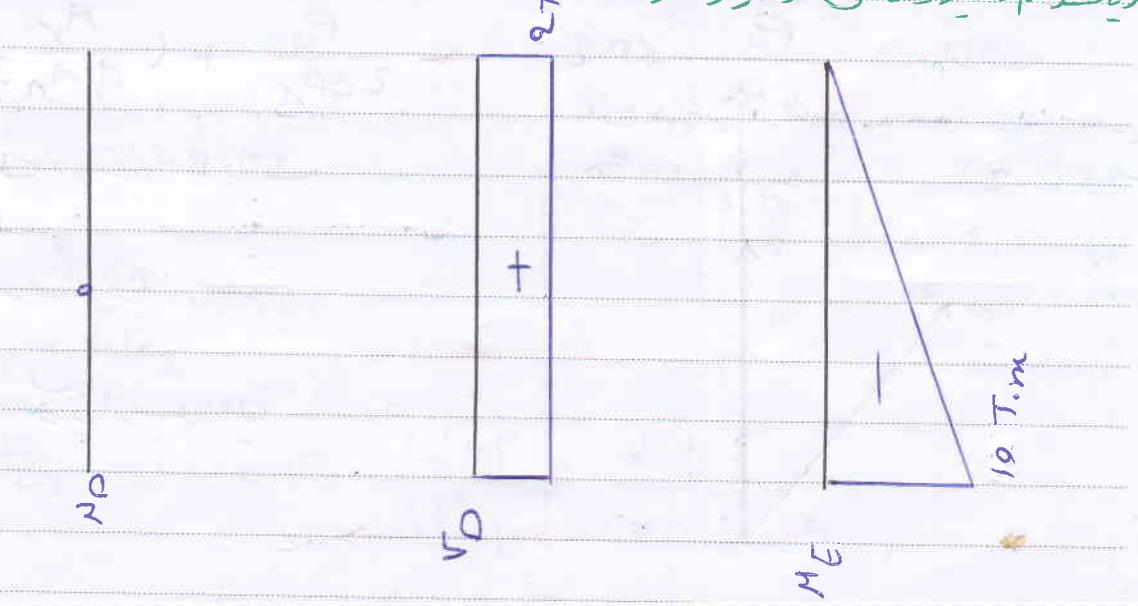
دیاگرام سیم‌ها داخلی برای بارهای مرده



دیاگرام سیم‌ها داخلی برای بارهای زنده



دیاگرام سیم‌های جانبی از بار زلزله



ایران سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

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

ترکیب بارها بر اساس مبحث ششم می‌باشد:

P_{nL} — بار زنده — بار مرده

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

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

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

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 اثر 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 دوم را تعیین کننده است.

رام شیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

حال مراحل طرح را شروع می‌کنیم:

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

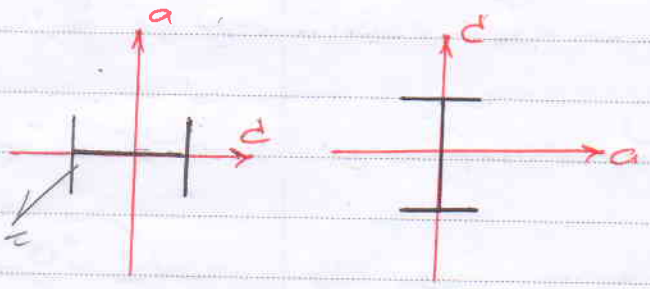
$P=0 \rightarrow S\geq \frac{10\times10^5}{2420}=413 \rightarrow$ HEB 180, $S=428$

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

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

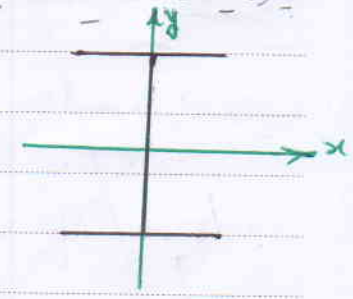
$\frac{112\times1000}{118}+\frac{10\times10^5}{1150}=0.98<1.0$ HEB 260, $A=118$, $S=1150$

حال با توجه به رابطه اندرکنش پارامترها 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:

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

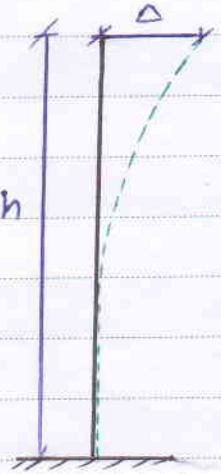
$$M_u = \beta_1 M_{nL} + \beta_2 \times M_{Lf} = \beta_2 \times 10 = 1.58 \times 10 = 15.8\ t.m$$

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

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

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

$$V = ?\ T$$



رام سیویل

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

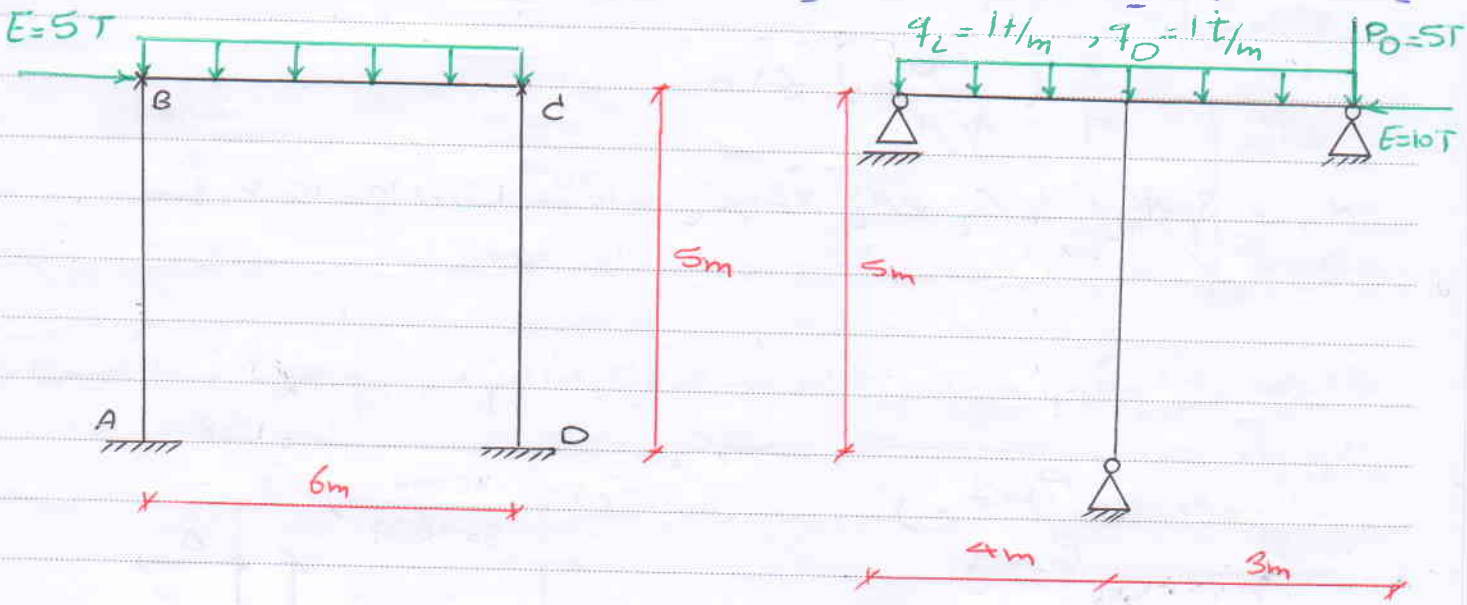
$$P_{e\,story} = (1 - 0.15)\,\frac{2000 \times 500}{2.79} = 304659$$

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

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

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

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



اسیویل

Subject :

Year . Month . Date . ( )

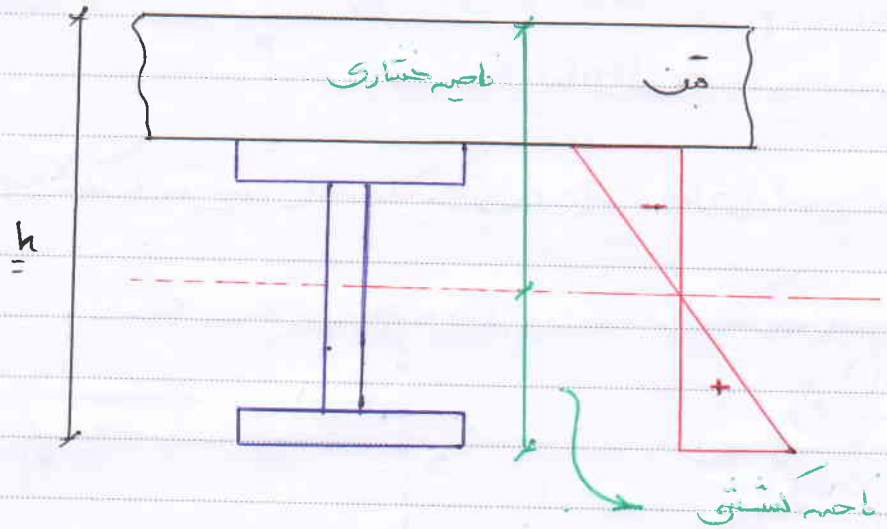
رام سویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

فصل دوم

تیرهای مختلط

تیر مختلط



کل ارتفاع تیر ← h

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

مقطع عمده تیرهای "I" شکل قسمت فوقانی 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 نخواهیم داشت و چون

رخ بدهد. هم چنین می دانیم تنش برشی حاصل را بهتر تحمل می کند، پس بهترین مصالح در قسمت خمشی تیر، تنش است. پس مقطع را طوری تغییر دادیم که تنش های خمشی فقط به تنش وارد شود و تنش های کششی هم فقط به فولاد وارد می گردد. در نتیجه یک مقطع به دست می آید که هم در خمش و هم کشش دارای مقاومت بالایی است، پس در چنین مقطعی چون ضعف کششی وجود ندارد می توان از ظرفیت کامل مقطع استفاده کرد. تیرهای محاط در بتن حل متشکل تیرهای "I" شکل به کار می رود. با این روش همواره می توان از کشتاور یا استیل تیر "I" 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 بتنی را به همدیگر می چسبانند و تحت عنوان دال بتنی سقف را پوشش می دهند. مزایای ساخت تیرهای محاط 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.

تنش کم 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 اعضای 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

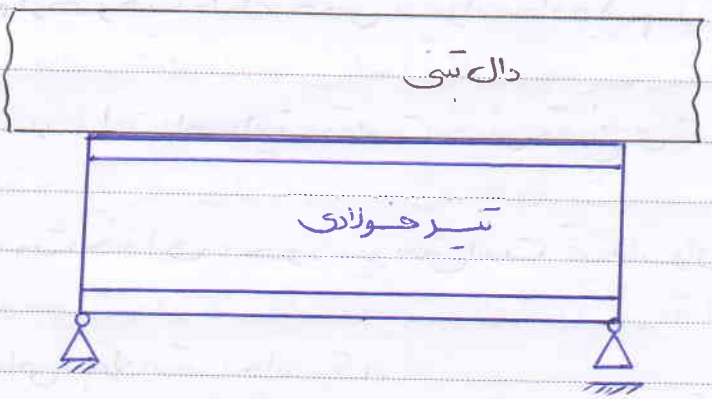
خزش، جمع شدگی (shrinkage) تن، تغییر شکل به وجود می آید (به مرور زمان).

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

مدت زمانی (چند سال) مشاهده شود که تیغه 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



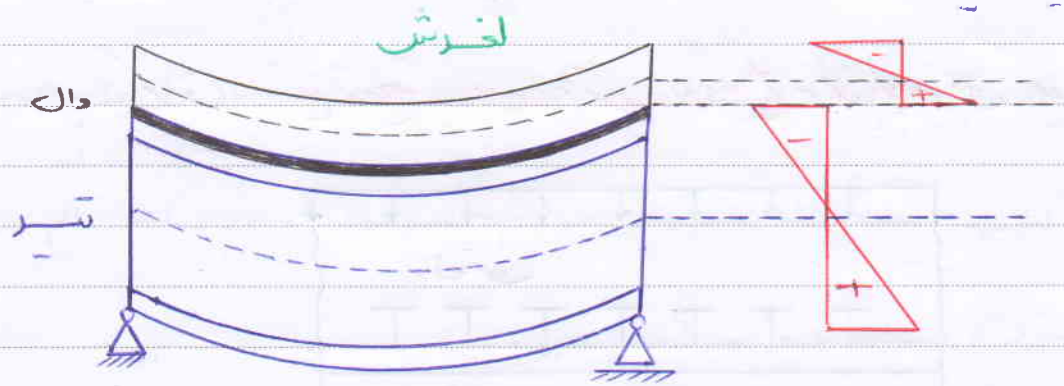
رام شویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

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 خنثای تیر تحت کشش است پس کاهش

طول خواهیم داشت و برعکس تار بالای 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 بالای دال و بالای تیر فولادی، در نتیجه لغزش بین بتن و

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

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

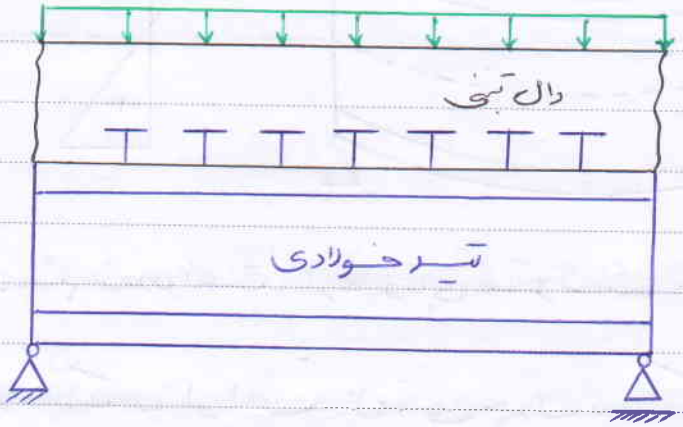
ظرفیت خمشی چنین مقطعی، ترکیبی از ظرفیت خمشی بتن و فولاد نیست، بلکه وابسته

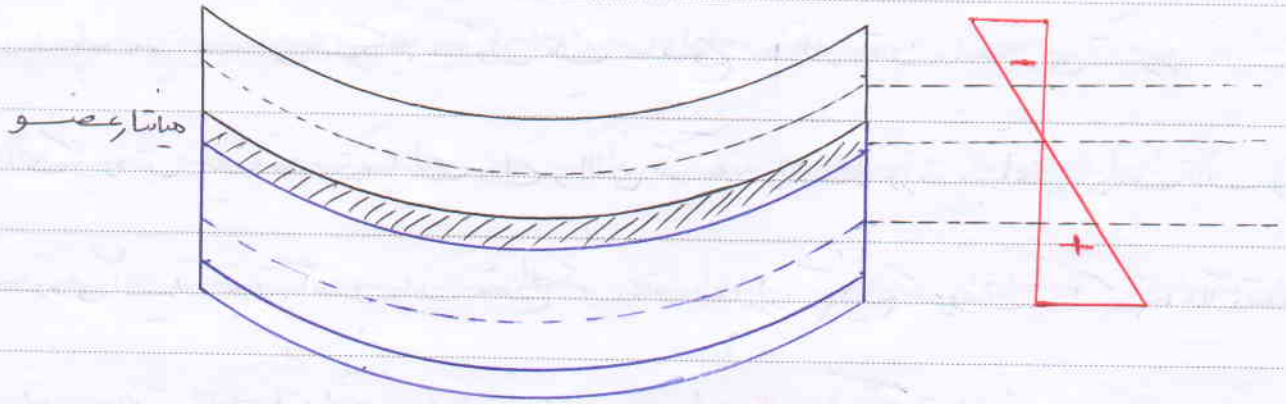
است به ظرفیت خمشی تک تک آن‌ها. به عنوان مثال اگر دال بتنی منهدم شود، سقف منهدم

می‌شود و برعکس. منظور از تیرهای محاط تیرهایی است که بتن و فولاد به طور کامل

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

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





مقطع بتن چون بیشتر از فولاد است، در این حالت میانبار سریع به سمت بالا کشیده می شود. میانبار واحد در قسمت های فولادی است. اگر بتوان میانبار را طوری تنظیم کرد که در قسمت 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.

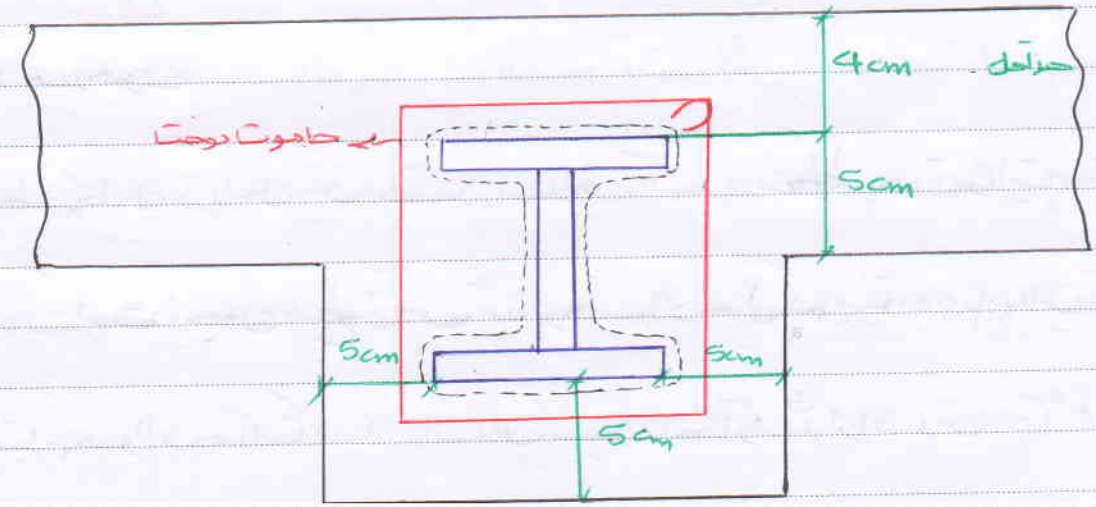
به عملکرد این نوع تیرها، عملکرد کامل گویند. حال اگر هیچ وسیله ارتباطی بین فولاد و بتن وجود نداشته باشد، آن تیر مختلط نبوده و تیر ساده است. درصورتی که زائده هایی جهت وجود داشته باشد و بتن بتواند تا حدی روی فولاد بلغزد، آن تیر تیر مختلط با عملکرد ناقص گویند. پس در کل سه نوع تیر داریم؛ تیر ساده، تیر کامل، تیر ناقص. عملکرد تیرهای ساده را در درس سازه های فولادی ای 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.



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

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

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

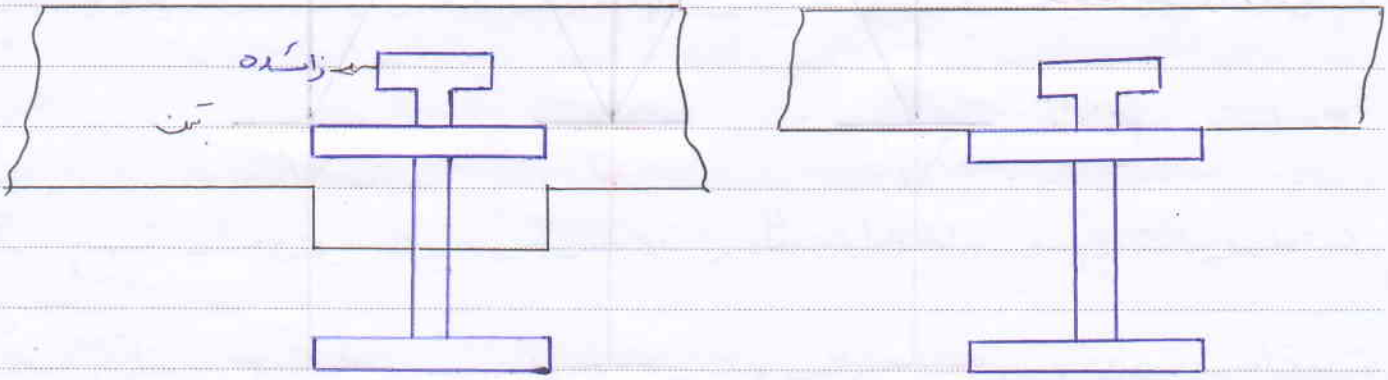
با اجرای این دو شرط سیستم مرکب اجرا شده و عملکرد آن کامل بوده و نیاز به زائده و برشتک تیر اضافی ندارد.

ب) تیر غیر مرکب

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

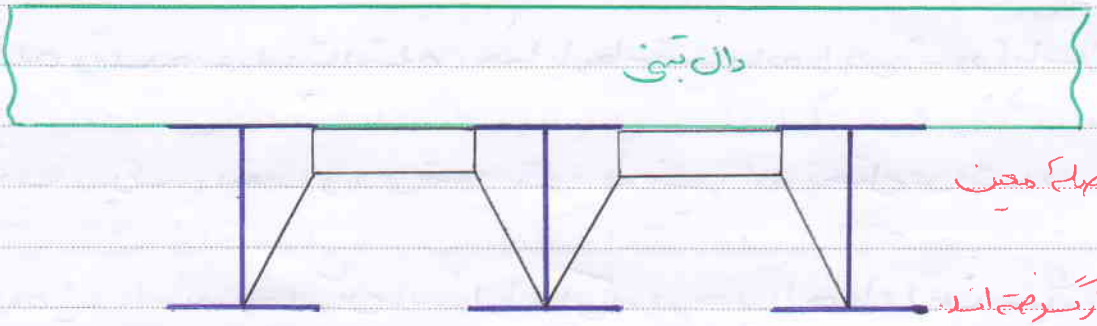
از زائده ها استفاده کنیم. روش طراحی تیرهای مدفون و غیرمدفون هردو یکسان است.

استاولی در تیرهای غیرمدفون زائده ها هم باید طراحی شود.



تیرهای مختلط از نظر اجراء

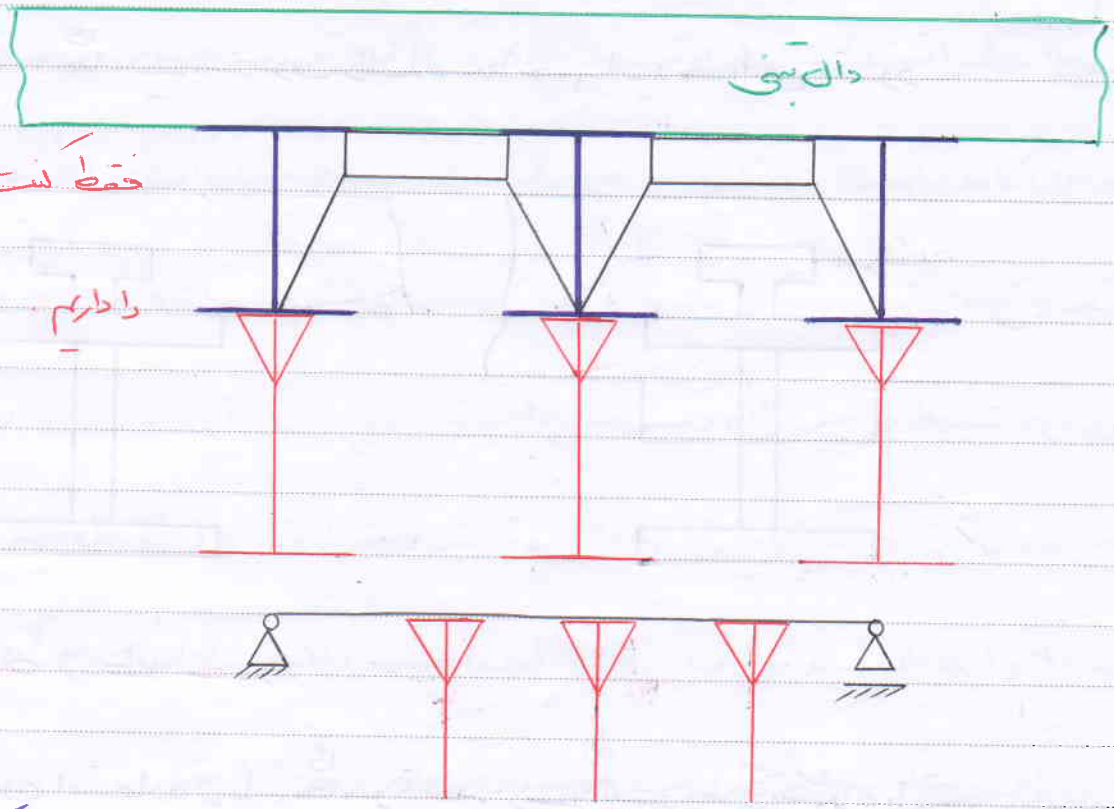
۱- اجرا بدون استفاده از پایه های موقت؛ زیر تیر هیچ تکیه گاه یا شمعی وجود ندارد.



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 خود لاری کلاً شمع بندی می شود، تعداد این شمع ها بر حدی است که اجازه تنش مطلق در تیر را نمی دهند. لازم به یادآوری است که بتن در 14 روز به 75 درصد مقاومت خود می رسد



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 گ 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 پایه های موقت تیر حولادی بایستی بتواند بارهای گروه ۱ را تحمل نماید. پس اولین کنترل در حالت اول به

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

در این رابطه m_1 ، کشاورضریب دارنائی ازبارهای گروه ۱ ، m_{ns} مقاومت برای خودتیر فولادی برای تیرآب، یعنی باتن ترکیب شده است، هدف آن است که تیرآب می تواند کشاورموجود را تحمل کند یا نه. همچنین ϕ ضریب کاهش مقاومت فولاد و برابر ۰.۹ است.

کنترل درحالت دوم بهره برداری: در اجرا با بام های موقت درحین تنیدن بتن ریزی چون سقف شمع بندی شده است، هیچ تنشی به تیر فولادی وارد نمی شود و تمام بتن ریزی ها بر شمع منتقل می شود.

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

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

بعد از سخت شدن بتن (زمانی که این اطمینان وجود داشته باشد که بتن حداقل به 75٪ درصد مقاومت مشخصه اش رسیده است.) عملیات بتن 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 بتن 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 تحمل کند؛ پس کنترل دوم در این حالت بار است

رام سیویل

محرون مسائل: $M_u^* + M_{u_2} \leq \phi M_n$ ← مجموع بارهای گروه ۱ و ۲

M_u^*: وزن قالب بندی که می‌توان حذف نمود

ϕ: ضریب کاهش مقاومت = ۰.۹

M_{u_1} گشتاور ضریب دار ناشی از بارهای گروه ۲ می‌باشد. همچنین M_{u_2} گشتاور ضریب دار ناشی از بارهای گروه ۱ و M_n مقاومت نهایی تیر مختلط و ϕ ضریب کاهش مقاومت می‌باشد. همچنین ϕ برابر ۰.۹ 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 قالب بندی باید به گونه‌ای باشد که تا بعد از سفت شدن بتن برداشته نشود و نوان آن‌ها از بین نرود.

نحوه محاسبه مقاومت تیرها

مقاومت نهایی M_n تیر مختلط با رعایت برای اساس ابعاد تیر به دو شکل محاسبه می‌شود.

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 ← ضخامت

یادآوری: نسبت $\frac{h}{t_w}$ نشان دهندهٔ خشرده‌گی جان است، پس مقاومت برشی مقطع بستگی به آن دارد که جان مقطع تیر خشرده است یا نه؛ که این امر با صرف نامساوی خوق مشخص می‌گردد.

چند نکته:

- موضوعی که در تیرها ی مختلط مطرح است، این است که مقاومت برشی تیر، حتی از خود تیر هم بالاتر می‌رود.

- در برابر نیروی برشی خطوط جان است که مقاومت می‌کند. دال‌ها 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 برشی برسد جان منهدم شود. به همین دلیل است که براساس جان تیر، تیرها را به دو دسته تقسیم بندی می‌کنند:

الف) تیرها با جان خشرده ب) تیرها با جان غیرخشرده

اگر جان تیر خشرده 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.

اما اگر جان تیر خشرده 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

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

$M_n = M_p$

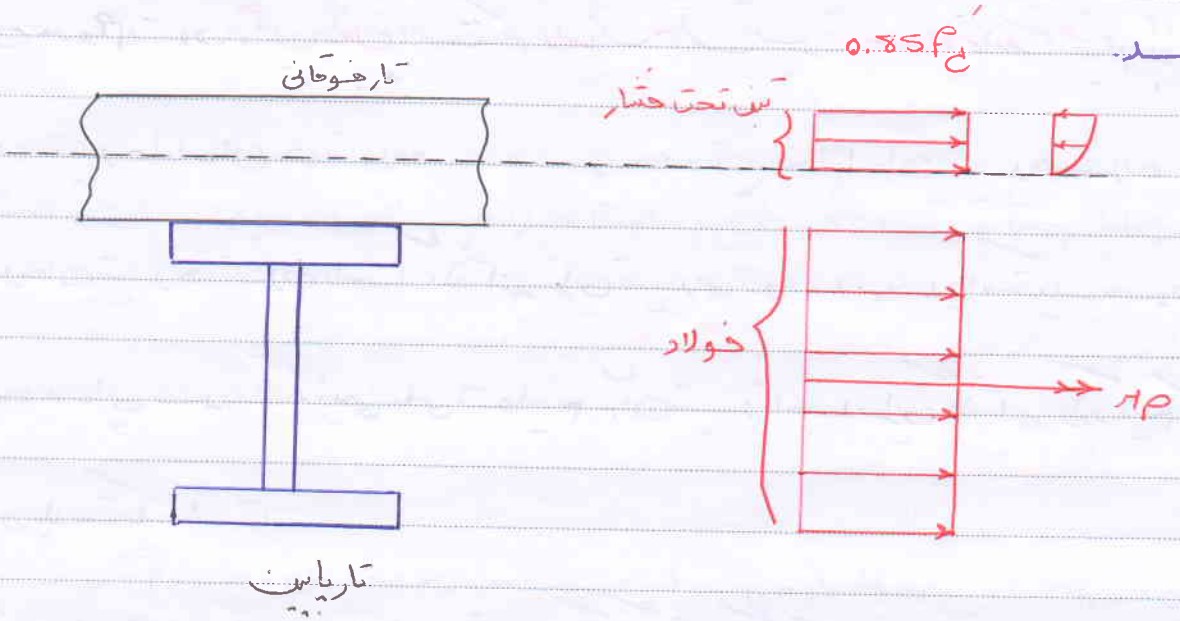
یادآوری

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 تسلیم 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

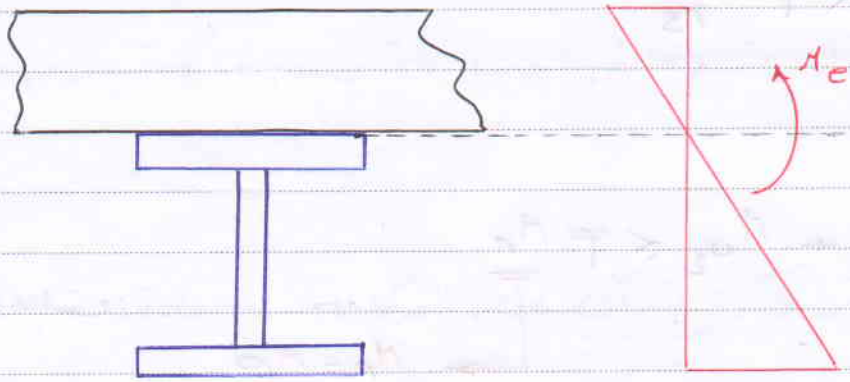
در تیرهایی که جان غیر فشرده است:

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

تعریف گشاور الاستیک تیر مختلط

گشاور الاستیک تیر مختلط مقدار گشاوری است که با تار خوتانی (تارتین) خرد شود یا 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 ۸ نوع تیر مختلط داریم:

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

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 بادبند جانبی 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: $M_{u_1} + M_{u_2} < \phi M_n$ شاور ناشی از بارهای گروه ۱ و ۲

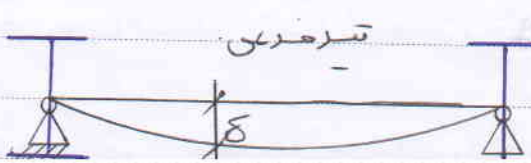
اگر جان جسته باشد: $M_n = M_p$

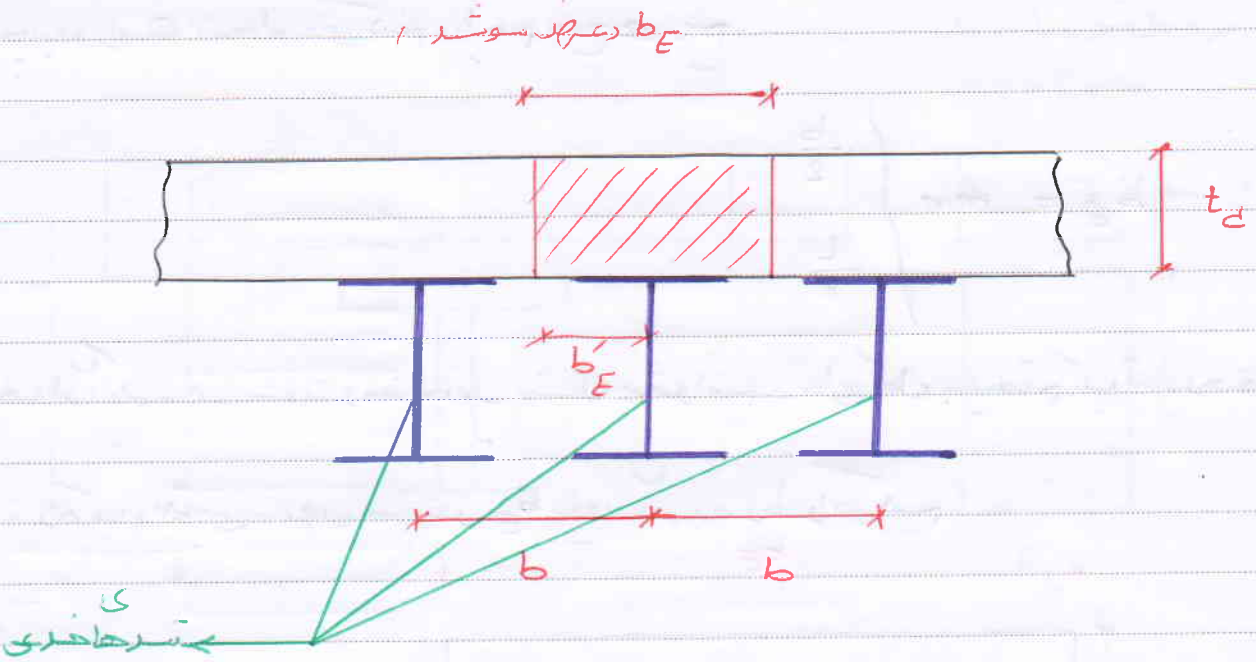
محاسبهٔ شاور پلاستیک تیر مختلط

سطح مقاطع مختلط همیشه به صورتی هستند که یک سری نیروها خواص مشخص و کاملاً مساوی هم دارند.

کنار هم تیر ریزی می‌شود که به آن‌ها تیر فرعی گویند و در نهایت بتن روی آن‌ها به صورت مدفون یا غیر مدفون اجرا می‌شود.

تیر فرعی روی تیر اصلی قرار می‌گیرد و اتصال تیر فرعی را به تیر اصلی را جزء تفصیلی در نظر می‌گیرند.





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 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 با دهانه 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.

$b_E \propto b$

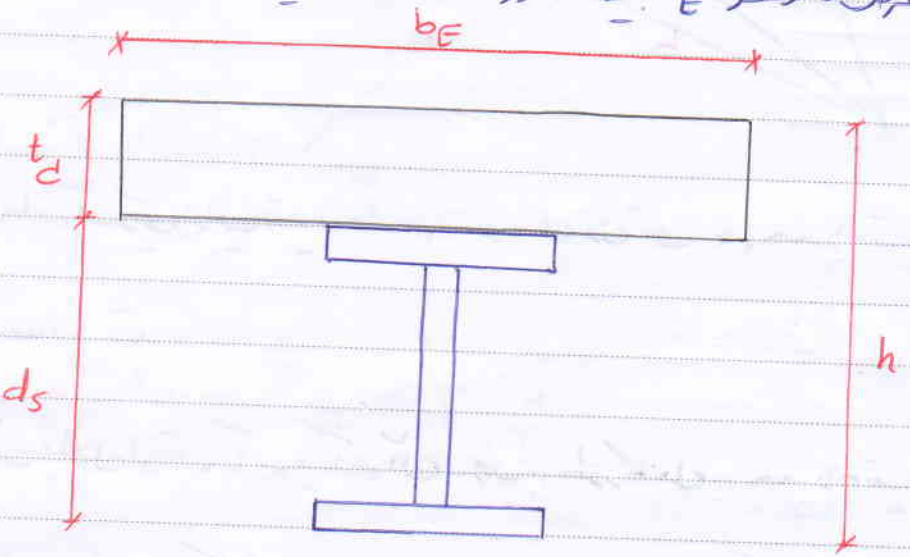
$b_E \propto L$

عرض موثر از هر طرف تیر (چپ و راست تیر) نصف عرض تیر است. b_E را از هر طرف تیر

(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.

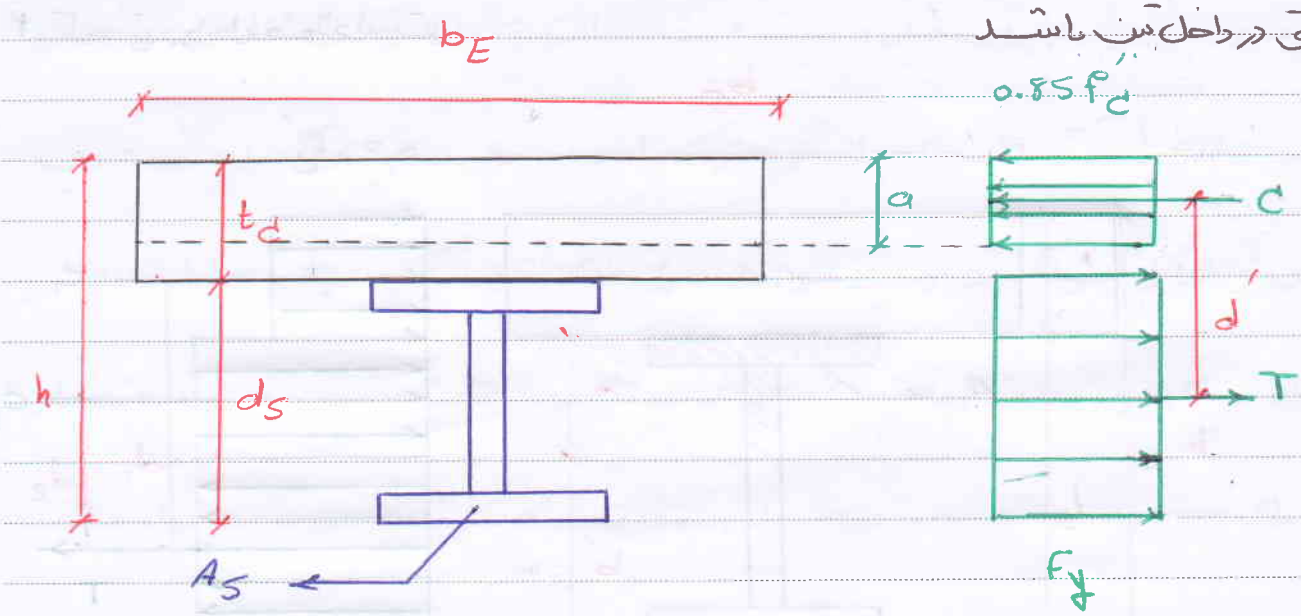


d_s: ارتفاع پروفیل حولادی t_d: ضخامت دال تی

h: ارتفاع کل مقطع

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

۱- تارخنثی در داخل تبن باشد



با توجه به شکل فوق، تارخنثی در فاصله a از بالاترین تار تبن قرار دارد.

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

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

ارتفاع تارخنثی

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

ضابطه تبن

C یک نیروی فشاری است. از آن قسمت از تبن که زیر تارخنثی است و تحت کشش صرف نظر می شود.

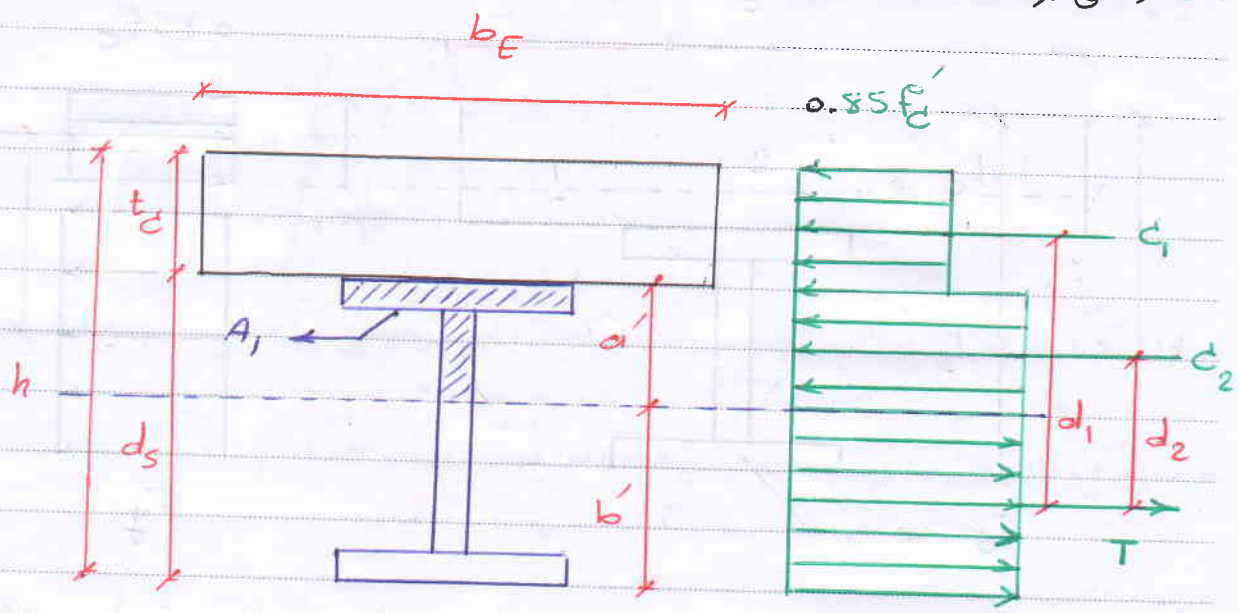
$$M_p = \{C \text{ یا } T\} \times d'$$

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

رام سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۲- 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 می شود $\rightarrow$ a' معلوم

اگر تارحنثی داخل فولاد باشد کل بتن و بخشی از فولاد تحت فشار می باشد. با محاسبه کوپل سه سری خوق، کشاورزی پلاستیک مقطع بدست می آید.

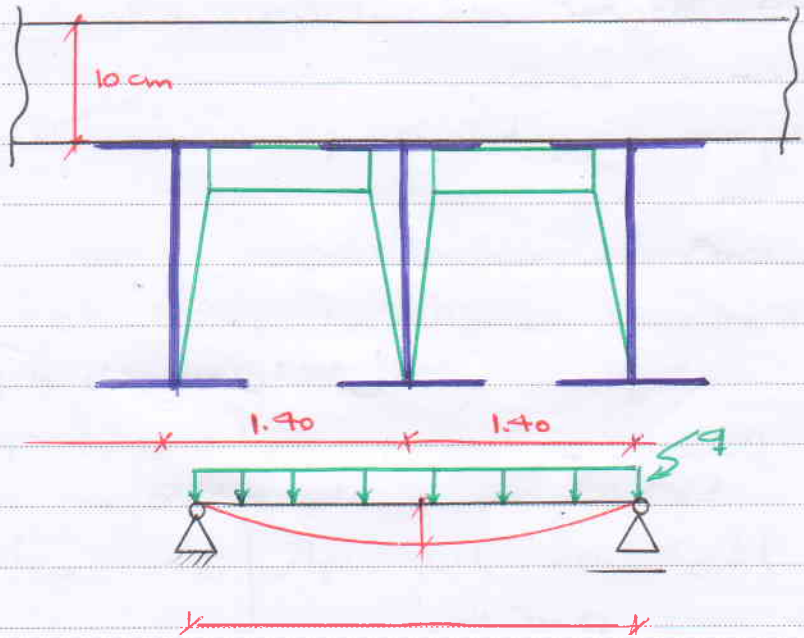
$$M_p = C_1 \times d_1 + C_2 \times d_2$$

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

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

در اکثر موارد چون سطح تن خیلی بیشتر است، حالت اوّل ایکادمی گردد ولی در موارد خیلی کم که تیر فولادی بزرگ باشد و دال تنی نازک باشد، حالت دوم ایکادمی گردد. بهترین حالت زمانی اتفاق می افتد که تن و تیر فولادی طوری طرح شوند که $d = t_c$ باشد. در حالت اوّل مسأله رخ نیست؛ علّت آن است که جسمی از تن 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 فاصله تیرهای فولادی 1.4m، ضخامت دال 10cm و دهانه تیرها 7m و وزن قالب بندی ها $60 kg/m^2$ و بار مردهٔ گروه ۲ برابر $400 kg/m^2$ و بار زندهٔ گروه ۲، $300 kg/m^2$ می باشد. همچنین مقاومت مشخصهٔ تن برابر 21MPa است. اگر اجرای سقف ها بدون استفاده از پایه های موقت باشد، تیرهای فولادی را از نوع IPE طراحی نمایید.



رام سویل

Subject :
Year . Month . Date . ( )

کنترل اول: کنترل حین اجرا:

گام اول: $M_{u_1} \leq \phi M_{ns}$ گشتاور ناشی از بارهای گروه ۱

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

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

وزن مردهٔ تیر (حدسی) : $30 \ kg/m$ (در پایان با اصلاح وزن زیاد نبود حتما باید محاسبه گردد)

بار بدون ضریب گروه یک $q_1 = 350 + 84 + 30 = 464$

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

گشتاور ناشی از بار ضریب دار گروه 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 خواندیم:

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

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

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

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

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

$M_{nS} = 1065 \times 194 = 20.6610\ kg.cm \leq M_p = 2400 \times 217$?

$M_u \leq M_{nS} \times \phi \rightarrow 398125 \not\leq 0.9 \times 20.6610$ 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.

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

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ حالت دوم

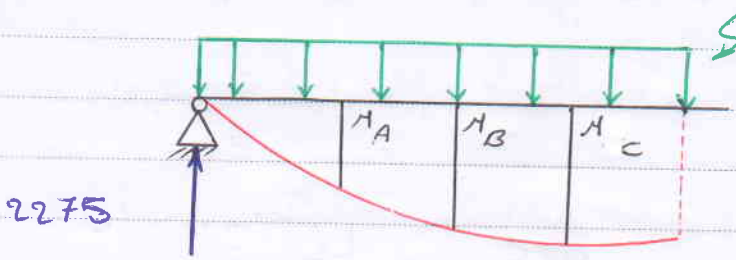
$$M_{nS} = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 M_e)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right) \right] \leq M_p$$

رایگان سیویل

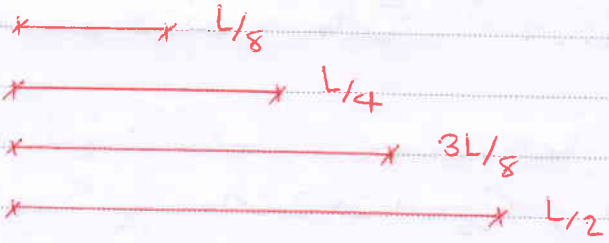
Subject :
Year . Month . Date . ( )

(۴۱)

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 ۶۲ صفحه رابطه مربوطه)

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

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

$M_{a1} \leq \phi M_{ns} \rightarrow 398125 \leq 0.9 \times 481258$ ok ✓

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

کنترل دوم: کنترل در حین بهره برداری

$M'_{a1} + M_{a2} \leq \phi M_n$

در این وضعیت وزن قالب بندی حذف می گردد.

بارهای اصلی گروه ۱:

وزن تیر : 350 kg/m

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

$q_1 = 372$ kg/m

بارهای اصلی گروه ۲:

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

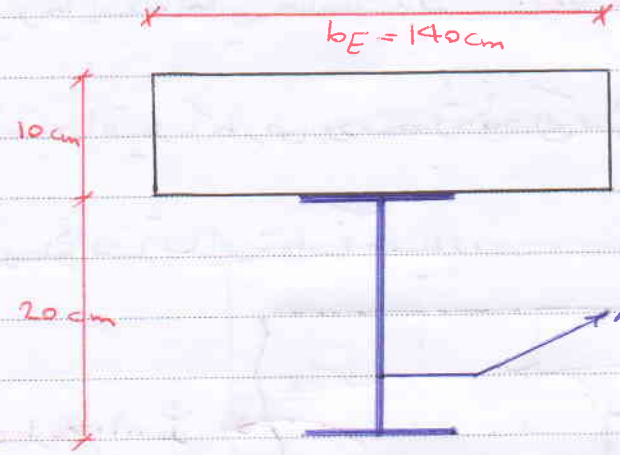
بار زنده : $1.4 \times 300 = 420$ kg/m

بار ضریبدار q_u

$1.4(372+560) = 1372$ kg/m

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

کنترل دوم تأثیری از بقیه گام ها نمی پذیرد.

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

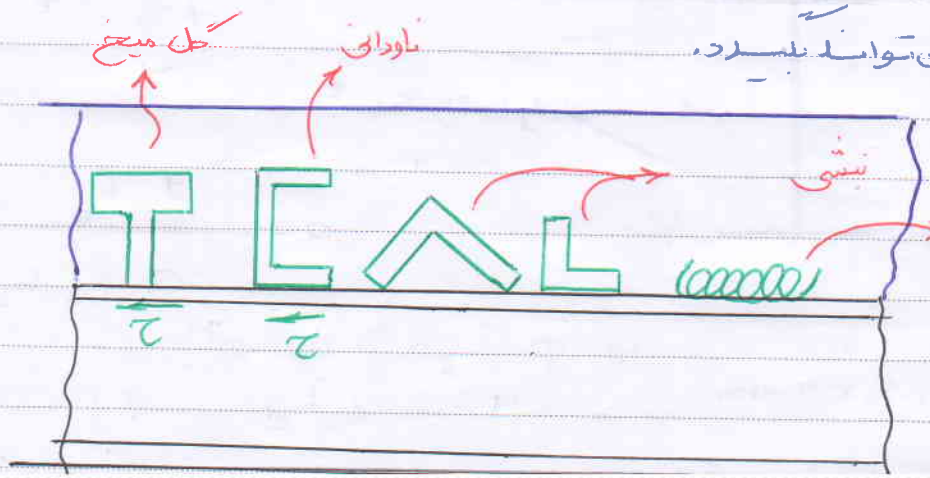
طراحی برشی تیرها

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

مناسبی بین تیر و بتن برقرار می شود. هر قطعه ای که روی بال تیر جوش شود، نقش زائده خواهد

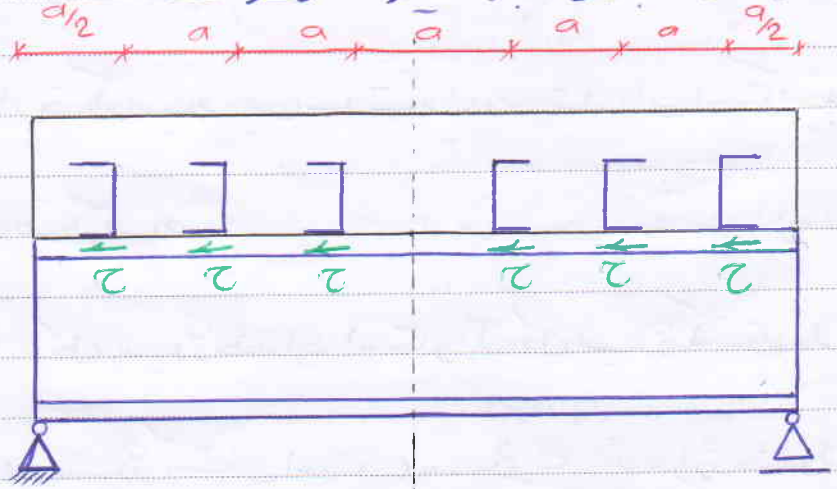
داشت و جلوی لغزش را می تواند بگیرد.



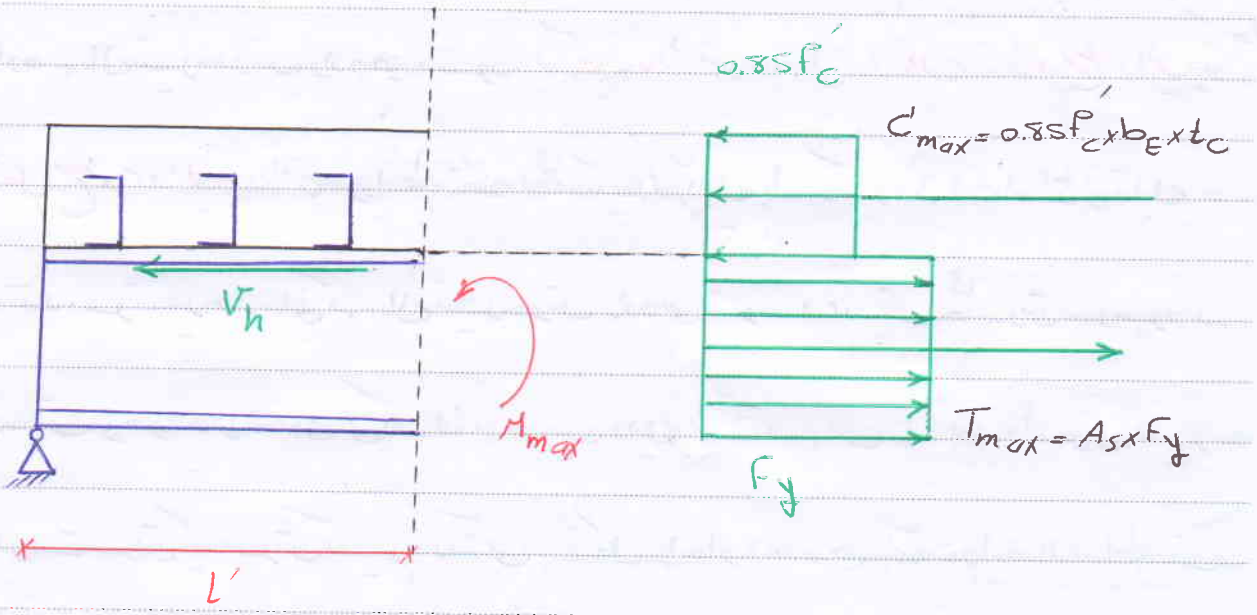
Subject
Year . Month . Date . ( )

بهترین و ساده ترین زائده گل میخ است. گل میخ ها، میخ های سربن هستند یا از میلگردهای قلاب دار نیز استفاده می شود. میخ های سربن 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 زائده 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 حصل مشترک تن و فولاد را تحمل می کنند، به همین دلیل است که به این زائده ها برش گیر گویند. مقاومت برشی یک برش گیر، بستگی به شکل و ابعاد (هر چه بزرگتر باشد، سطح تن بیشتر است، بنابراین نیروی برشی بیشتری را جذب می کند) و مقاومت بتن و تعداد برشگیرها دارد. پس سه پارامتر در مقاومت برشی، برشگیرها موثر است.



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



در حالت حدی حداکثر گسیختگی که این مقطع می تواند تحمل کند، گسیختگی پلاستیک تیر مختلط است و بیشترین گسیختگی که در این مقطع تحمل می شود زمانی است که میلگرد و تقاطع حصل مشترک بتن و فولاد حداکثر شود. یعنی بدترین وضعیت زمانی است که بتن تحت فشار و فولاد تحت کشش حداکثر 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 بتن را روی فولادی می دانند و

امیرسینا

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 کشاورحداکثر 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 زودتر متهدم می شود. پس از انهدام آن قسمت دیگر نیازی به برش گیر هم نخواهد بود.

اگر "C" بشتر از "T" نوعی تر باشد؛ یعنی فولاد ضعیف تر است. هر نیرویی 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 برشگیر

n ← تعداد برشگیرها در فاصله بین کشاور صفر و حداکثر

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

l' ← فاصله بین کشاور صفر و Max

a ← فاصله برشگیرها

n ← تعداد برشگیرها در فاصله بین کشاور صفر و Max

رزم سیویل

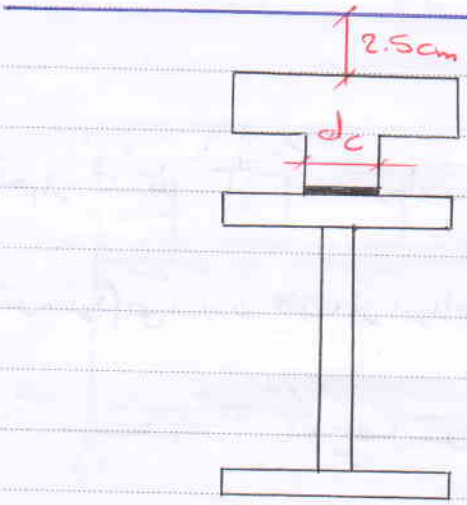
Subject :
Year . Month . Date . ( )

(۵۴)

اوّلین برشگیر را در فاصلهٔ $\frac{s}{2}$ قرار می دهند و بقیهٔ برشگیرها را در فاصلهٔ "s" از هم روی بال تیر جوش می دهند.

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

۱- گل میخ ها:



حداقل ضخامت

گل میخ ها معمولاً از جنس فولاد نرمه هستند

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

مقاومت گل میخ

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

f'_c مقاومت مشخصهٔ بتن (28 روزه)

مدول الاستیسیته بتن

F_u گل میخ $= 4000\ kg/cm^2$

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

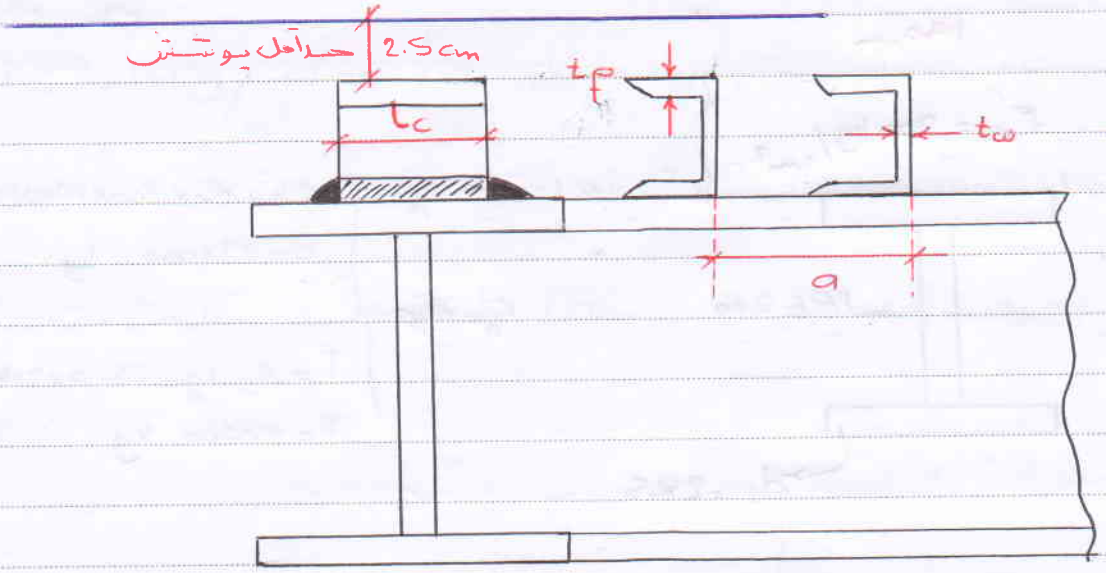
ارتفاع تیر جهت گل میخ $a_{min} = 6 d_s$ فولادی

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

ام سیویل

Year. Month. Date. ( )

۲- ناودانی



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

$$a_{min} = 2h_c$$

h_c قطعه‌ای از ناودانی است که بریده می‌شود

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

و این قطعات به فواصل a روی بال تیر جوش

داده می‌شوند

L_c حتماً باید از بال تیر کمتر باشد ($L_c < b_f$)، باید از هر طرف به اندازه 2 cm یا 1.5 cm

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

پس برای طرح برشگیرها اول باید نوع آن را انتخاب کرده و بسته به نوع آن مقادیر

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

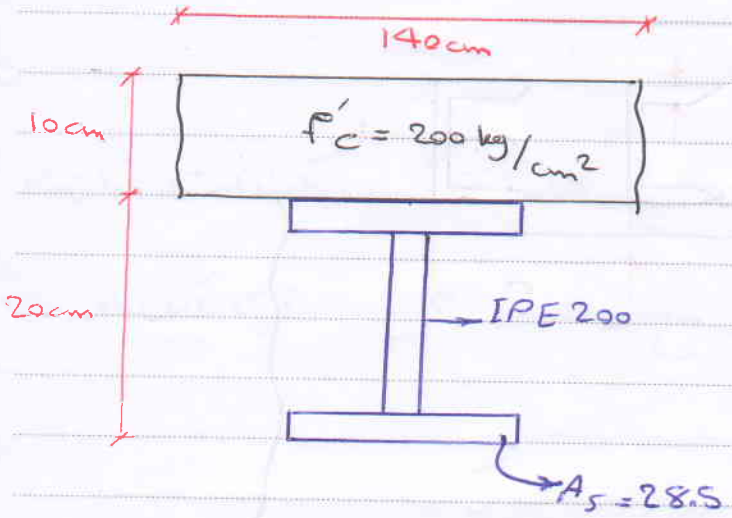
آن‌ها را از همدیگر به دست می‌آوریم. همانطور که گفته شد این برشگیرها از نظر فاصله

حداقل و حداکثر دارند.

رام سیویل

Subject :
Year . Month . Date . ( )

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



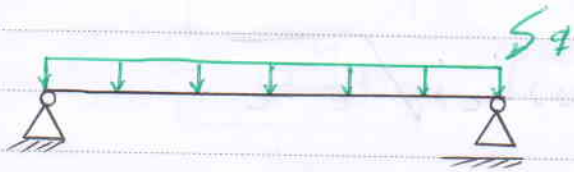
$V_h = min$

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

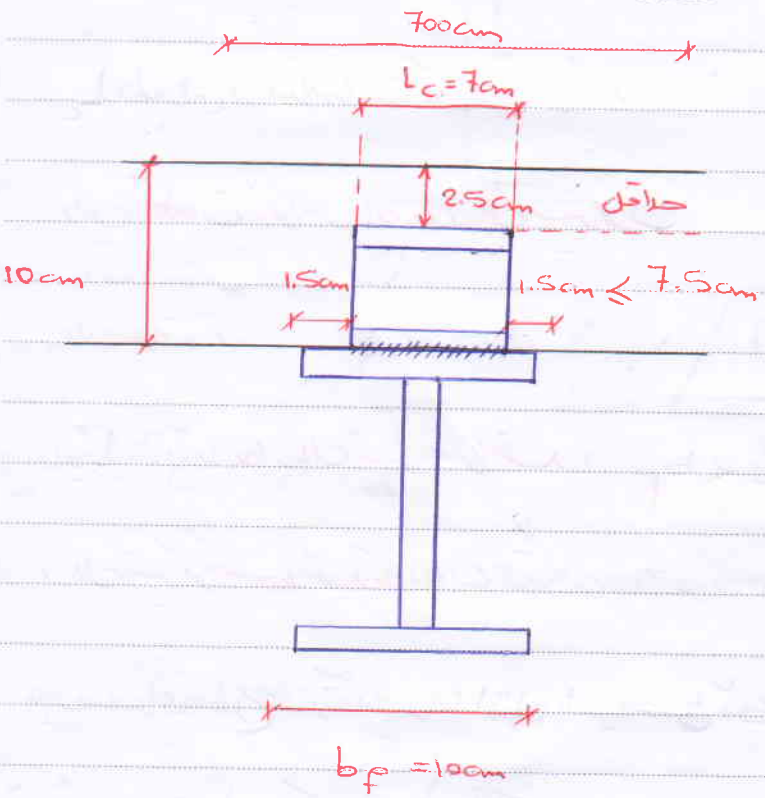
$C = 238000\ kg$

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

$T = 68400\ kg$



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 دستور صعود و حداکثر

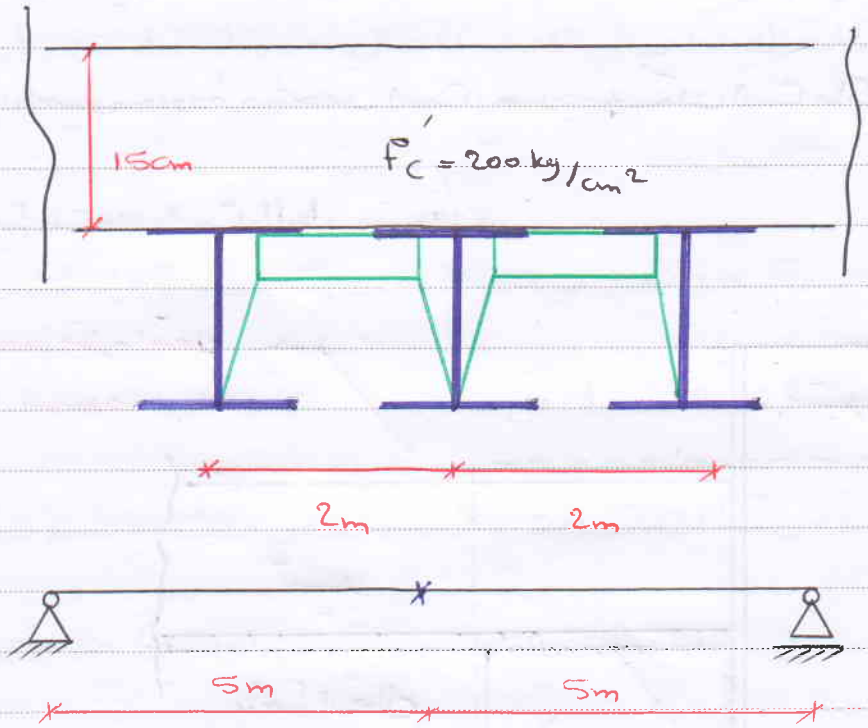
$a = \frac{L'}{n} = \frac{350}{7} = 50\ cm$

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

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

Subject :
Year . Month . Date . ( )

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



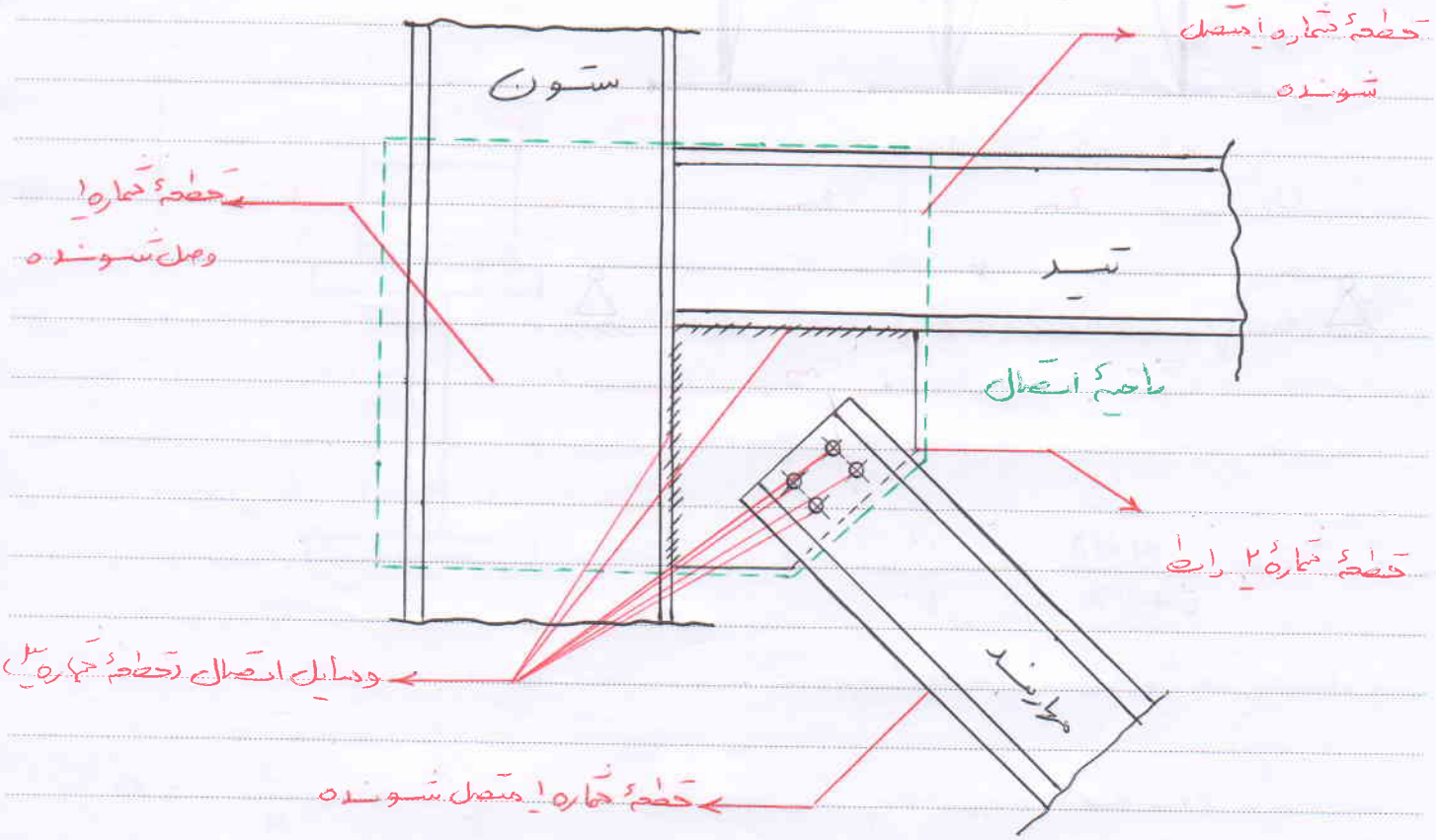
Subject :
Year . Month . Date . ( )

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.



ارم سیویل

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.

ام سیویل

Subject :
Year . Month . Date . ( )

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 تحلیل و بازرسی

کیفیت جوش ۴- آثار جوش ۵- عیب های جوش ۶- محدودیت روش های محاسباتی جوش

تعریف جوشکاری

جوشکاری فرایندی 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.

ام سیویل

فیلم های آموزشی دروس بتن و فولاد

ICIVIL

فیلم آموزشی طراحی سازه های فولادی ۱

ارم تیوتیال

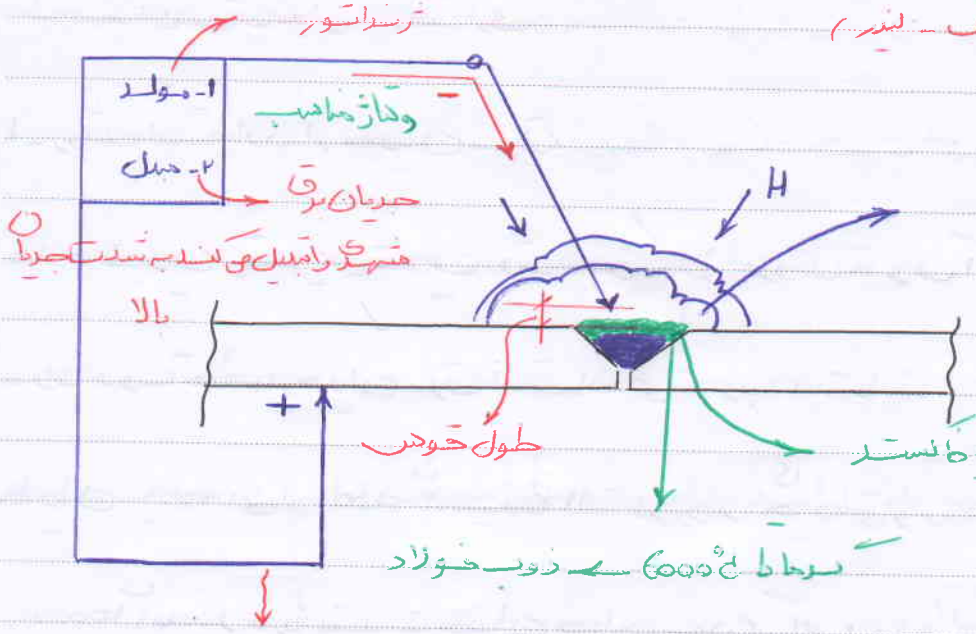
طبقه بندی روش های جوشکاری

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.). در این دو سر با بار الکتریکی مثبت 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. هر آن که در آن فاصله باشد (حتی هوا)، پونیزه می شود.

منظور از پونیزه شدن این که الکترون ها از یک فلز 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.

(روش و آتش نشانی ـ اصطکاک ـ لیدر)



برقهای تندری در قطب مثبت است

جون ریزباران قطب منفی است

این شکل بسته به سلیقه می تواند 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:

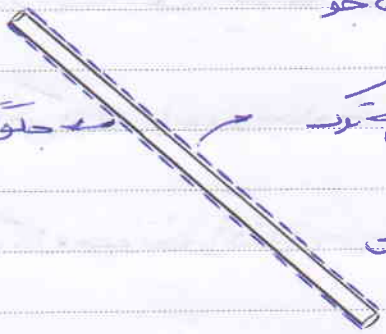
نقش اوّل: به محض اینکه جوش برقرار می شود، این مادهٔ خمیری که از مواد غیر فلزی است می سوزد و با سوختن ایجاد دود می کند. این دود شکل یک ابر محافظ روی حوضچهٔ مذاب می نشیند و اجازه نمی دهد هوا (اکسیژن و هیدروژن) وارد جوش شود، در نتیجه از تخلخل جوش جلوگیری می شود.

موجبات تخلخل در جوش ← اکسیژن

ایده‌پردیل

Subject:
Year . Month . Date . ( )

مانع از رسیدن اکسیژن به مواد مذاب، گل حوشه



اجازه می‌دهد حوشه سریع سرد شود و مانع ترک

خوردگی می‌گردد. همچنین نقش احیاکنندگی

به حوشه را اضافه کردن آلیاژ دارد.

نقش دوم: جدا از آنکه ماده‌ی جمع‌کننده‌ی سوخت، خاکستر چوب حیلی از خواص سنگ‌دانه‌ها را دارد

روی سطح حوشه قرار می‌گیرد و این خاکستر به شکل یک لایه محافظ روی سطح حوشه را می‌پوشاند

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

در حوشه ترک ایجاد می‌گردد.

این روش حوشکاری را روش دستی ساده می‌گویند. 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 می‌شود. در این روش

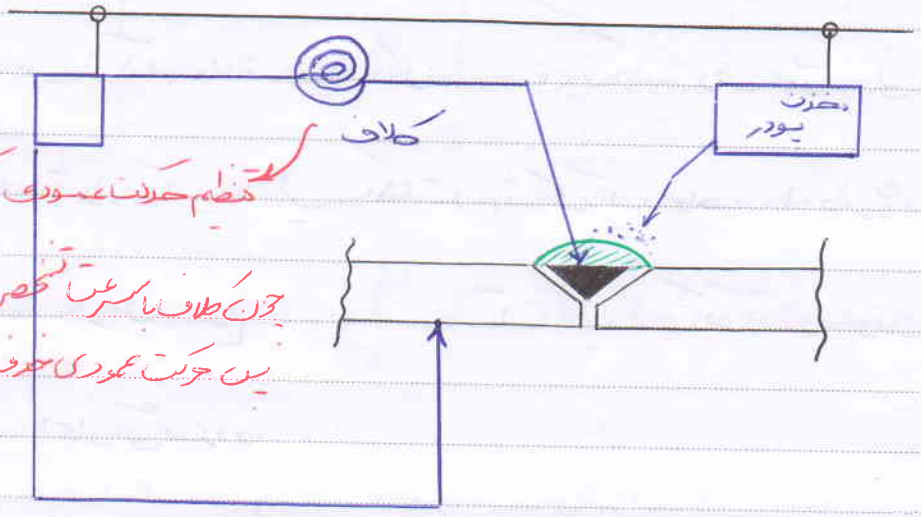
سیم حوشه تمام نمی‌شود و می‌توان برای حوشکاری‌های طولانی مدت مورد استفاده قرار

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

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

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

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 تسمیم جوش مستقل است، یعنی می توان جوش های حولانی را اجرا کرد. چون جوش زیر پودر مدفون است، می توان با چشم غیر مسلح حتی خط جوش 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 نیازمند 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 را میله آرمه و خط حرکت افقی را انجام 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 شدیدا می شود و یک لایه اسپری تشکیل می دهد و سریعا گاز روی سرد

جوش می نشیند و اجازه نمی دهد اکسیژن و هیدروژن وارد مذاب شود. در این روش حالت سرد

در کار نیست 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، معمولا دو است: یکی از گازها

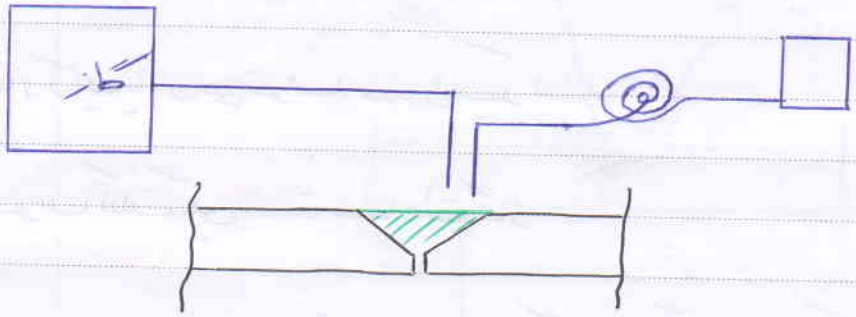
بی گازهای اکسیژن هستند که بهترین نوع آن ... می باشد. این نوع گاز علاوه بر اینکه

تشکیل اسپری دهد، مانع نفوذ اکسیژن می گردد. نوع دیگر از گازها، گازهای خنثی

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

از بین این دو گاز، گاز آرگون سنگین تر بوده و تبادل حرارتی کمتر است؛ بنابراین بیشتر از گاز آرگون استفاده می شود. برای جوشکاری فولاد فقط گاز اکسیژن مناسب است، بنابراین از آن استفاده نمی کنند. از گازهای آرگون و هلیوم برای جوشکاری آلومینیوم و مس استفاده می کنند.

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

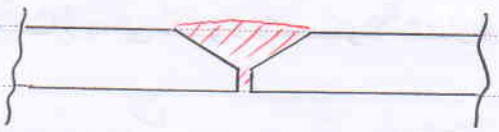


در این نام های ساختمانی، فقط روش های جوشکاری مورد قبول است که سرمای حریان الکتریکی باشد. (مانند دو روش اول)

انواع اتصالات جوشی

۱. اتصال مقابل هم - لب به لب

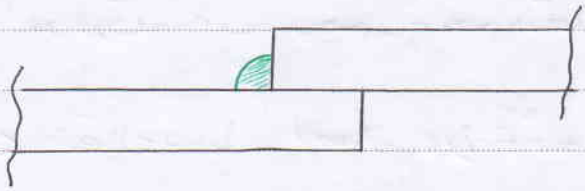
در این حالت قطعات دقیقاً روبروی هم قرار می گیرند. به این اتصال butt Joint (بت جوینت) گویند.



۲. اتصال روی هم

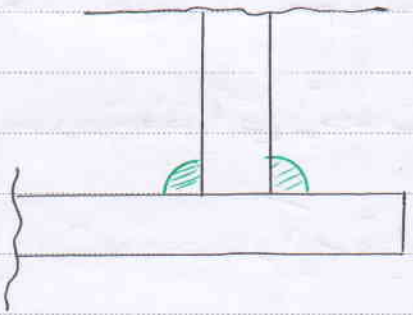
این نوع اتصال

lap joint می‌نویسند.



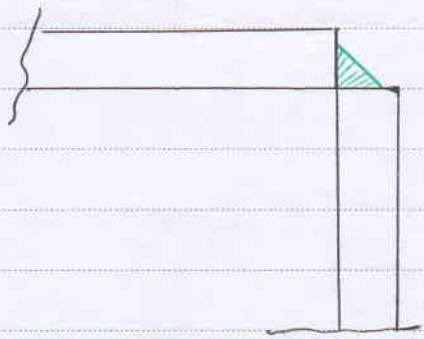
۳- اتصال سپری

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.



ام سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۵- اتصال لبه

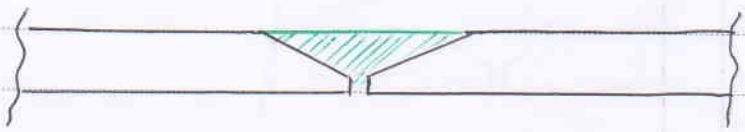
گاهی نیاز داریم تا دو ورق مماس بر هم را هم متصل کنیم و انتهای آن ها را جوش دهیم

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

انواع جوش

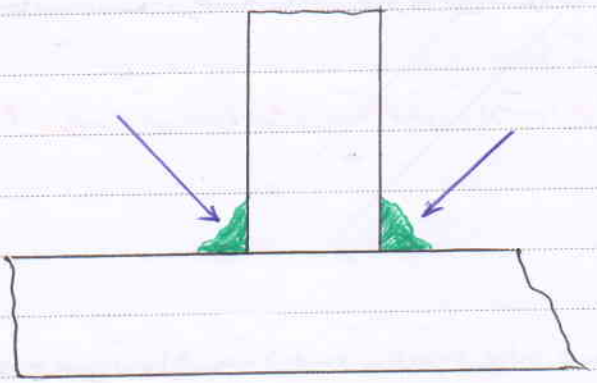
۱- جوش شیاری یا groove weld

قطعات به هر شکلی که کنار هم باشند (در اینجا خط اتصال لب به لب را نشان داده ایم.) محل اتصال را در هر دو قطعه یا یکی از قطعات، 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 قطعات و ایجاد شیار است؛ که اصطلاحاً به آن آماده سازی لبه قطعات می گویند. اجرای جوش شیاری بسیار مشکل و هزینه بر و وقت گیر است ولی مقاومت جوش شیاری حتی از خود مادر هم بیشتر است.



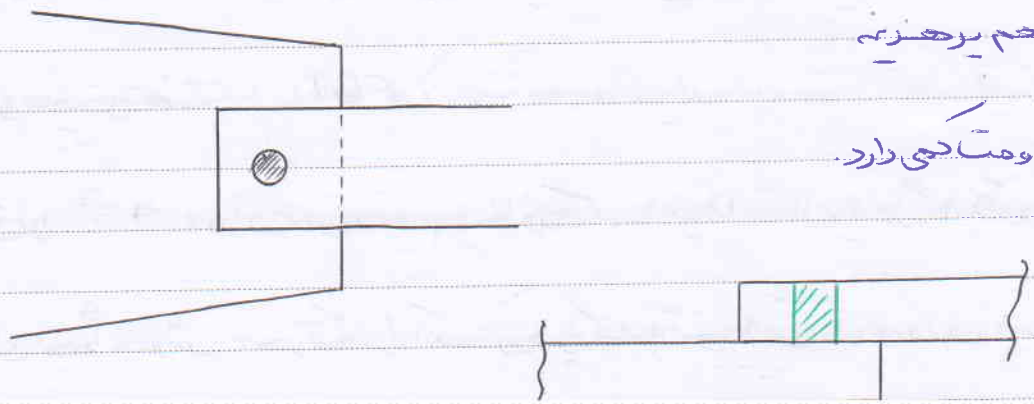
۲- جوش گوشه یا fillet weld

برای اجرای جوش گوشه، قطعات به هر شکلی که مقابل هم می باشند، (مثلاً حالت سپری) بدون اینکه آماده سازی اجام شود، یعنی بدون سایدن 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 نفوذی نیست.



۳- جوش انگشتانه یا plug weld

این جوش بیشتر روی اتصال هاروی هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد. بیشترین کاربرد آن در قطعات روی هم می باشد. وقتی قطعات روی هم قرار می گیرند، می توان در قطعه ی فوقانی یک 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.

ارم سیویل

Subject :
Year . Month . Date . ( )

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 بسیار در صنعت استفاده می گردد.

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

انواع وضعیت جوشکاری

بنام تعریف موقعیت جوشکار، الکترود و قطعات را نسبت به یکدیگر، وضعیت جوشکاری گویند. اگر جوشکار در جوشی 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)

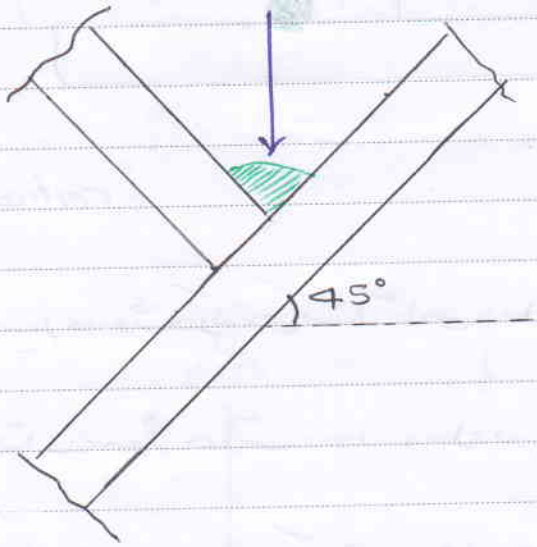
ورق را 45° دوران می دهیم، طوری که ناحیه اتصال یا درز کاملاً رو به بالا باشد، در نتیجه برای اجرا جوش، جوشکار الکترود را کاملاً رو به پایین نگه می دارد. بنابراین نگرداری الکترود

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۸

برای جوشکار ساده‌ای است و همچنین جوشکار برای اجرای جوش می‌تواند

روی قطعات سوار شود.



چون در این حالت مذاب می‌خواهد هم طرف پایین حرکت کند، نفوذ مذاب به روی هر دو

قطعه برابر است. هر دو قطعه در مسیر حرکت مذاب وضعیت یکسانی دارند، همچنین

کیفیت جوش هم کاملا 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

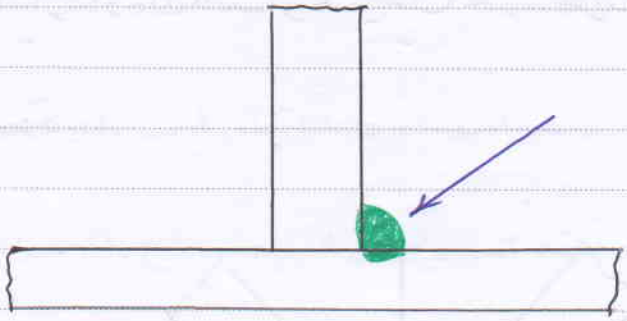
تنظیم این زاویه برای جوشکار سخت است. بنابراین کار جوشکار، کار مشکلی است. همچنین چون

مذاب هم سمت پایین حرکت می‌کند، نفوذ آن در قطعه‌ی پایین بیشتر است ولی در قطعه‌ی عمودی

کمتر است. کیفیت جوش نسبت به وضعیت قبل خیلی کمتر است.

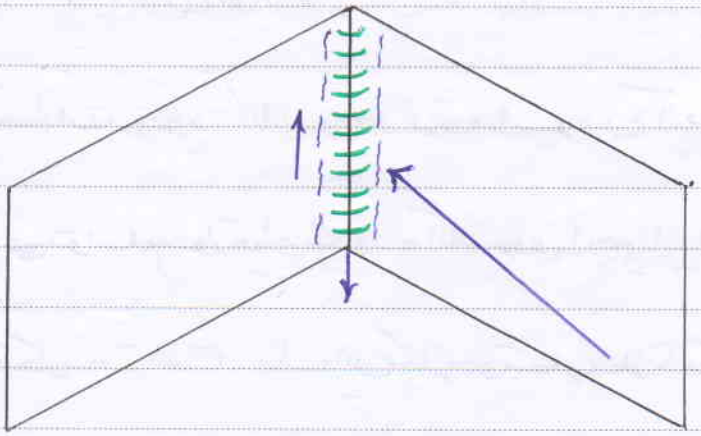
رام سیویل

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. نفوذ مذاب 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.

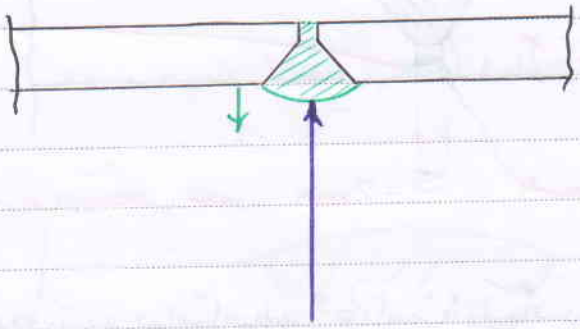


Subject.
Year. Month. Date. ( )

۷۳

۴- وضعیت بالادستی یا سقف (over head)

محل درز در سقف است، یا از پایین می خواهیم کنجی را جوشت دهیم. در این حالت جوشکار استرود را روی بالا نگه می دارد و تسلط کافی روی حفره ها ندارد و دستش می لرزد. چون مزاحم 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 ۸۰ درصد و در وضعیت سوم ۵۰ درصد و در وضعیت چهارم ۲۰ درصد می باشد.

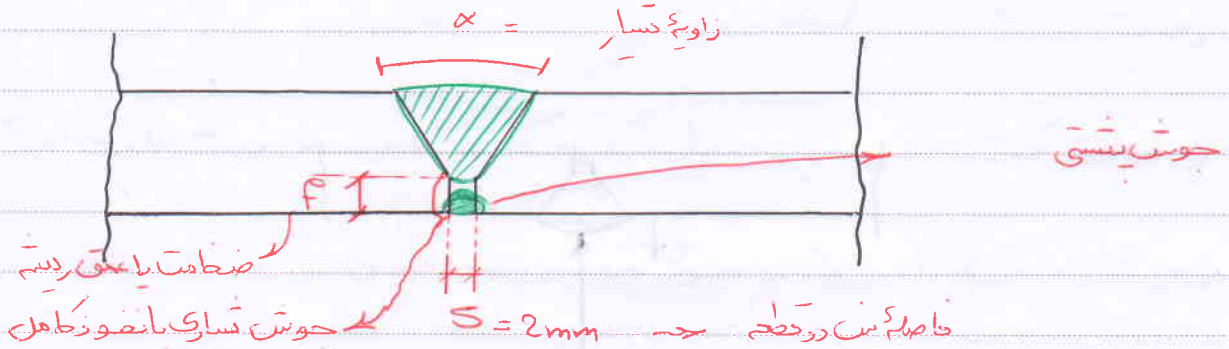
شرایط وجود در این نام ها کلاً برای وضعیت تخت می باشد، پس، هیچ وجه نه در طراحی و نه در اجرا نباید از سه وضعیت دیگر استفاده نماییم.

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

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

جوش تماری

تنها شکل استانداردی که می‌توان برای جوش تماری 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 تماس کمتر شود، الکترود نمی‌تواند از جداره‌ها پایین بیاید و به آن‌ها برخورد می‌کند و ممکن است مذاب تا آخر پر نشود و امّا 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 تماری با نفوذ کامل گویند و اگر هر شکلی مذاب نتواند کل ضخامت را پر کند، جوش تماری با نفوذ ناقص اتفاق می‌افتد.

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

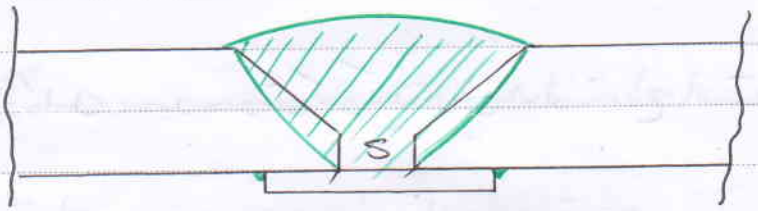
ام سیول

Subject
Year. Month. Date. ( ) ۷۵

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 سرعت حرارتی خوبی الکترونی آن نقطه می‌سوزد. بهترین فاصله برای عمق ریشه 2mm است.

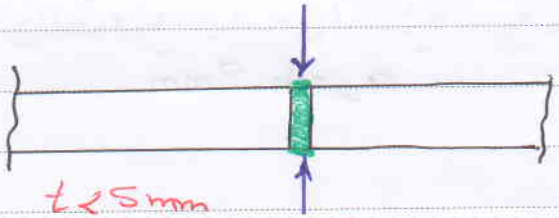
اگر فاصله‌ی ریشه از 2mm بیشتر شود، باید قطعه را عوض کرد ولی آیین‌نامه این فاصله را حداکثر تا 5mm اجازه می‌دهد به شرط اینکه برای جوشیدن از ریزیتک مذاب از این فاصله‌ی زیاد، یک قسمتی هوقتا با یک میگیرد موقت در آن فاصله قرار دهیم تا مذاب نریزد.

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 و نداشتن فاصله‌ی S را رعایت نمود. 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 ($t>5^{mm}$)، حتماً باید شیارزنی انجام شود.

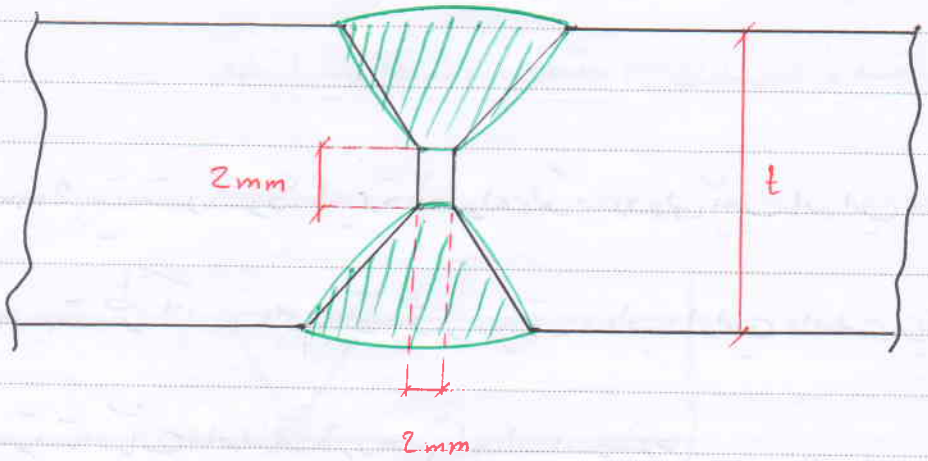


$t \leq 5mm$

$5mm < t < 20mm$

رام سیویل

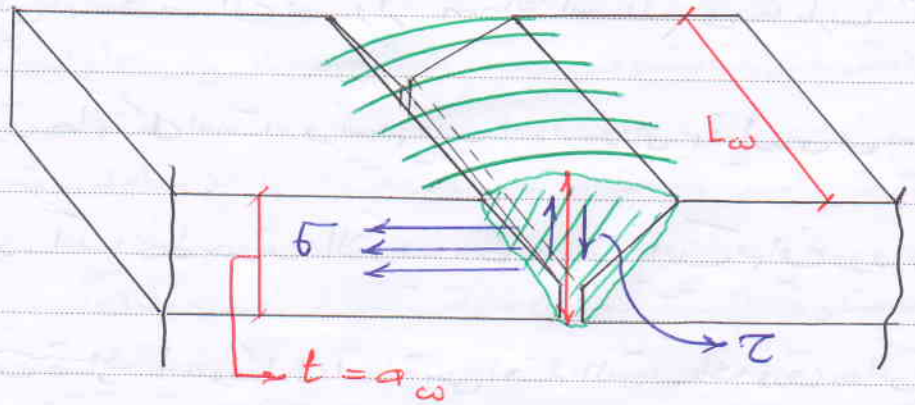
و اگر ضخامت ورق‌ها از 20mm بیشتر است، بهتر است شیار دو طرفه ایجاد شود.



جوش شیاری

در جوش شیاری با نفوذ کامل، بحرانی‌ترین ابعاد متقاطع است. البته به طور کلی بحرانی‌ترین بُعد هندسی مقطع جوش، بحرانی نامیده می‌شود.

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



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

$a_w = h - 3mm$

ام سیویل

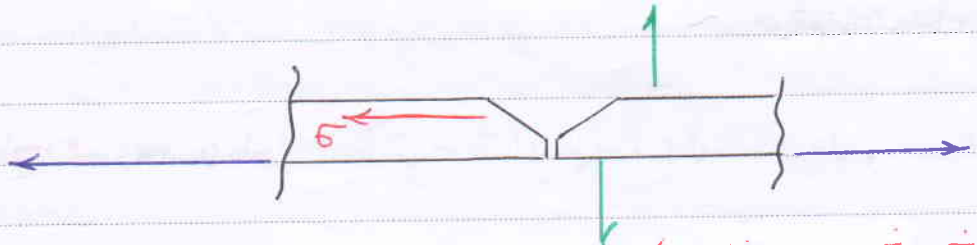
در اشکال فوق ۳ جوش عرضی قطعه است که توسط جوش به هم متصل شده است.

همچنین A_w سطح موثر جوش شیاری برای نمط اول است:

$$A_w = a_w \times L_w$$

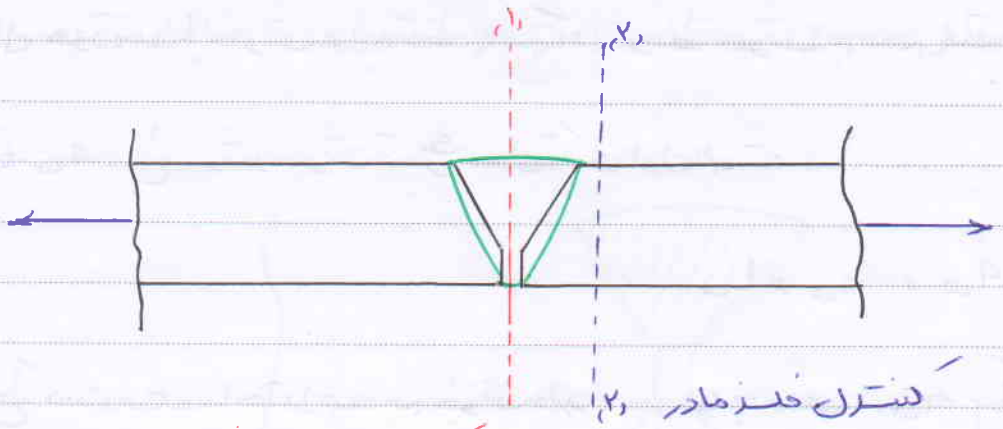
این سطح کمترین مساحت از جمع جوش دارد، چون بعدش (a_w) یا یک ضلعش از هم کوچکتر است. پس اگر تنشی هم به این سطح وارد شود، چون کوچکترین سطح است تنش آن حداکثر می شود.

پس سطح موثر بدین دلیل تعریف می شود که تنش آن حداکثر است. مثلاً اگر این دو قطعه تحت کشش باشند، تنش های نرمال σ ایجاد می شود و همچنین اگر دو قطعه تحت فشار باشند نیز هم σ ایجاد می شود. اگر این دو قطعه را خواهیم جدا هم بزنیم در آن سطح تنش برشی τ ایجاد می گردد. این تنش های σ و τ هرچه حداکثر هستند چون جای خاصی نمونه که کمترین سطح را دارد 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 بین وسیله اتصال و عضو را نیز باید کنترل شود.



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

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

(ϕ_w: ضریب کاهش مقاومت جوش)

مقاومت نهایی جوش × ضریب کاهش مقاومت جوش ≥ حداکثر بارهای ضریب دار 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 با توجه به آیین نامه مراجعه می‌کنیم. جدول صفحه ۵۵ آیین نامه ۱۰-۲-۹-۳

در دو کنترل حوق 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، حوقی 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 فقط به نوع الکترود اشاره شده است.

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

های سازگار را شناسیم.

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

خواص اجرایی			
X	X	X	E XXX
۰	۱	50 → 3500 kg/cm²	ksi در سیستم F_{ue} ←
۱	۲	60 → +200 kg/cm²	kp/in² x70 = ... kg/cm²
۲	۳	70	نشان دهندهٔ جوشی است
⋮	⋮	⋮	
۸	۹	110	جوشی تحت فشار داخل الکترود

← جنس الکترود

جدول صفحهٔ ۶۵ برای فولادهای متداول الکترود سازگار آن را ارائه 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

ام سیویل

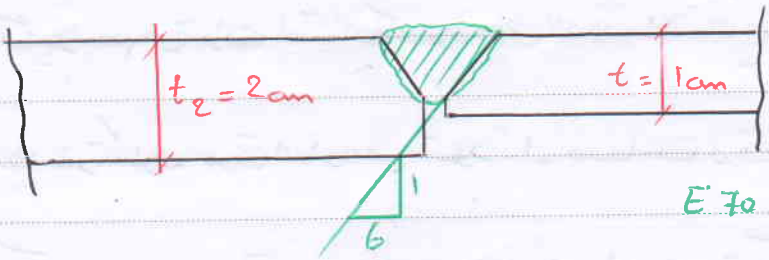
$60 \times 70 = 4200 \rightarrow 4800 > 3700 \rightarrow E60$

از الکترودهای دیگر هم می‌توان استفاده کرد، ولی اصلاً مناسب نیست. مثال فوق در شرایط عادی بود، گاهی شرایط جوشکاری فوق 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 فوق العاده وضعیت فرق می‌کند و حداقل باید یک شماره الکترود را افزایش دهیم (در مثال فوق).

دو رقم دیگر هم که مربوط به طراحی شده و نشان می‌دهد که 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 گذاری، نشان می‌دهد که الکترود طوری ساخته شده است که می‌تواند در تمام وضعیت های جوشکاری (تخت، افقی، عمودی) استفاده شود. گذار ۲، نشان دهندهٔ کاربرد الکترود در وضعیت تخت و افقی است و گذار ۳، مخرف الکترود برای استفاده در وضعیت تخت است. همچنین گذار ۴ نیز برای جوشکاری در حالت عمودی رو به پایین است.

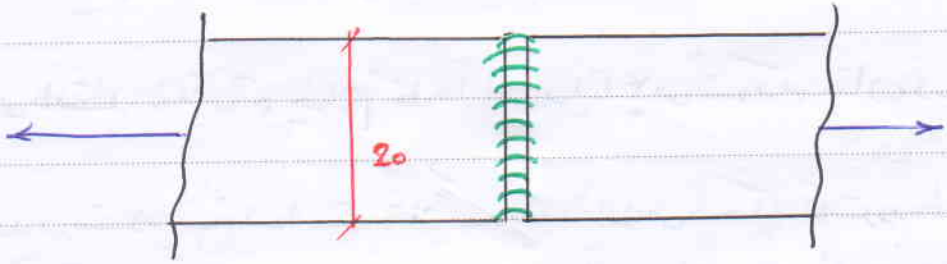
گذار رقم پنجم که عددی است بین ۵ تا ۸ نشان دهندهٔ جنس پوشش است. مثلاً گذار ۵ نشان دهندهٔ ماهیت سلولوزی الکترود است.

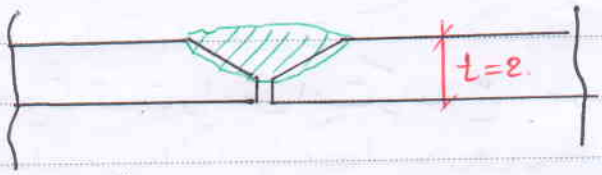
انتخاب الکترود در ورق های زیر براساس ضخامت ورق ضخیم تر است تا الکترود بالاتر را انتخاب کنیم.



البته عیب این نوع اتصال آن است که توزیع تنش در سیدوی زیرین یکسان توزیع نمی شود پس باید قسمت پایین را بایب ایم 6 برش بزنیم.

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





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

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

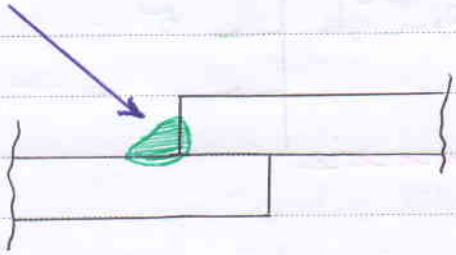
$T_{uBH} \leq 86400$

ام سیویل

جوش گوشه

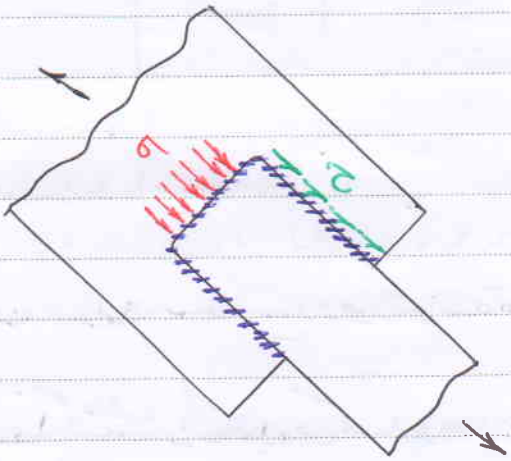
ورق هایی که قطعه ای باشند، نیازی به آماده سازی ندارد. در جوش گوشه، مذاب به میزانی در ورق بالا و به میزانی در ورق زیرین نفوذ می کند و اتصال توسط همین نفوذ انجام می گیرد.

در حقیقت جوش گوشه یک جوش سطحی است و عمق را ایجاد نمی کند.



برای اینکه شان دهم تنش هایی در جوش گوشه است، فرض می کنیم قطعه ی بالا دور تا دور قطعه ی خوابانی 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.



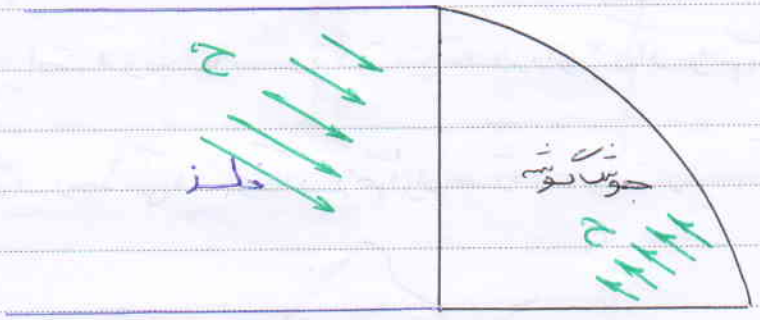
جوش در شیب در سطوحی که جوش از ورق خوابانی جدا شده است؛ جوش هایی که موازی با نیرو هستند تحت برش هستند و جوش هایی که عمود بر نیرو هستند تحت تنش نرمال می باشند.

ام سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

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

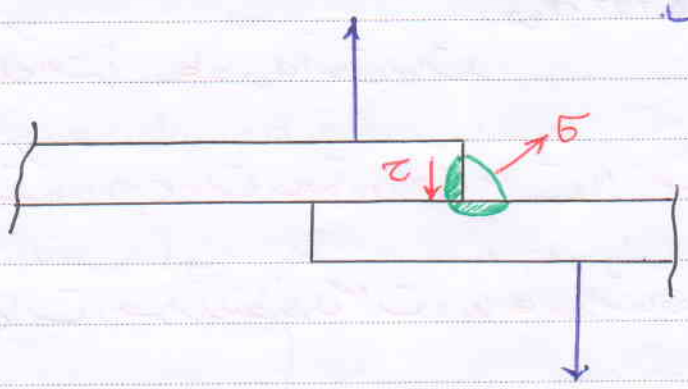


مقطع جوش موازی با نیرو

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

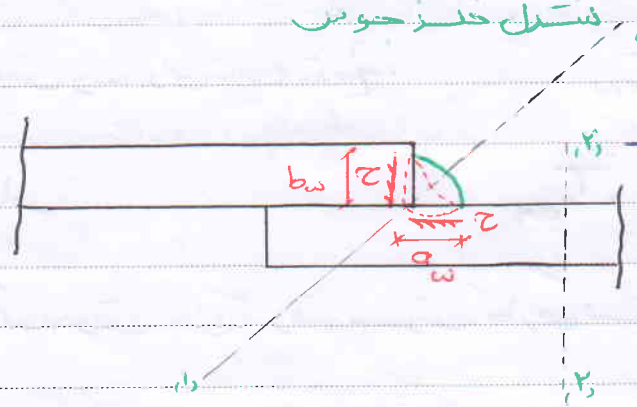
Subject:
Year. Month. Date. ( )

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



نحوه جوش گوشه

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



محل جوش به جدول جوش در مباحث بکار برده:

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

بعد موثر جوش بدین دلیل مهم 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

ارم سویل

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، همیشه نحوه

اعمال آن است و بحرجوش فقط در مورد اتصالات و روابط بدین صورت 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:

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

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

قبلاً ثابت شد که جوش‌های گوشه به برش 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 — حداکثر بار ضریب‌داری 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 براساس گسیختگی است.

$$\phi_w = 0.75$$

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

T_{nw}: مقاومت اسمی جوش گوشه

β: ضریب بازبری (صفحه ۱۵۴ آیین نامه)

F_{nv}: مقاومت اسمی جوش در برش

A_w: سطح مقطع جوش

مقاومت اسمی جوش در برش (F_{nv})

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

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

F_{nv}: مقاومت اسمی برشی فولاد در برش

F_{ue}: حد نهایی الکترود

F_u: حد نهایی در کشش

ضریب بازبری (β)

ضریبی است که جنس و مساری ۱.۰ β دهنده نحوه اجرای جوش و نحوه کنترل کیفیت جوش است. β ضریب اجرای جوش است.

ارم سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۱۱۸

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

اگر جوش وضعیت مناسبی نداشته باشد، باید ضمن آیین نامه، با ضریب k_m مقاومت را کاهش داد.

آیین نامه برای k_m سه حالت پیشنهاد کرده است:

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

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

کارخانه سر دست انجام شود. در کارگاه بدین منظور که تمامی تجهیزات جوشکاری را هم

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 و چهارمین شرط به این صورت است که استرود 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.

اگر این ۵ شرط را نتوانیم اجرا شود به معنای آن است که جوشکاری در shop انجام نشده 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 آزمایش های 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 رویایی 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 های جوشکاری 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 این 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 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 سایت جوشکاری تمام اتوماتیک انجام نمی شود و عملیات جوشکاری به

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 بایستی روی سازه انجام گیرد و نوع الکترود باید توسط مهندس ناظر تعیین 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 تحت عنوان ارزش جوش (R_n) تعریف می‌شود. نام ارزش جوش، مقاومت یک سانتی متر از جوش گوشه را ارزش برای جوش گوشه می‌نامند و با R_{nw} نشان می‌دهند.

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

سیروی که یک جوش گوشه با 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:

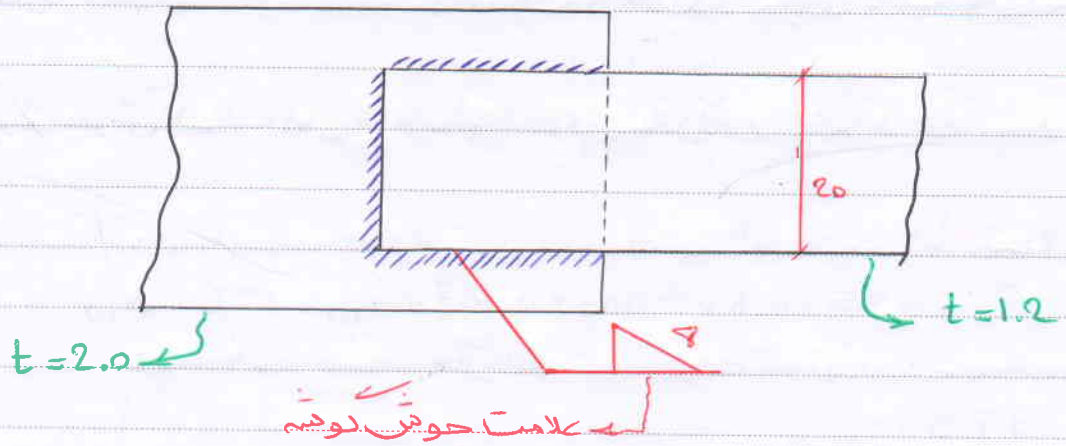
$$T_{aw} \leq \phi_w \times R_n \times l_w$$

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.

رام شیویل

L_w

ورق ضخیم تعیین شده است.



الکترود دستکار $F_{uE}=4900$ ← E70

فلز مادر: استیل ، چون سیدونیز مجهول است

حداکثر نیروی مورد تحمل فلز مادر را بدست می 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:

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

$\phi_w = 0.75$

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

$R_{nw} = 1560\, a_w$

ایران سیویل

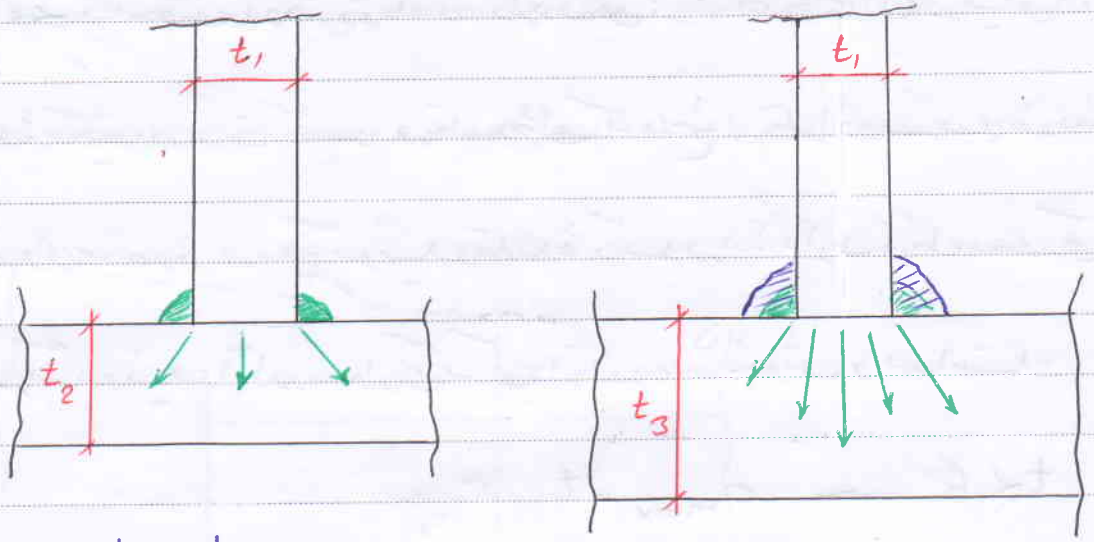
Subject:
Year. Month. Date. ( )

۹۳

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

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

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

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

به طور کلی اگر یک از دو قطعه

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

در محل جوش بر حداقل جوش

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

را داریم:

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

رام شیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

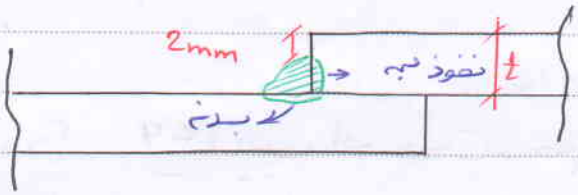
جوش حداکثر جوش را نیز به بیش نظور به دست می آوریم که اگر جوش از این حد فراتر رود، احتمال سوختن شدن ورق نازک تر وجود دارد؛ بدین معنا که حرارت زیاد بوده و قطعهٔ نازک تر را می سوزاند.

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

حالت خاص ← یا جوش گوشه دو قاعده دارد که یکی از قاعده های آن در یکی از ورق ها 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 می کند که به آن نفوذ در لبه گویند، اما در مواردی که یکی از قاعده های جوش در لبه باشد،

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

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



بجد جوش گوشه مقدار حداقل و حداکثر دارد که برطبق 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:

امیر ویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

(۹۵)

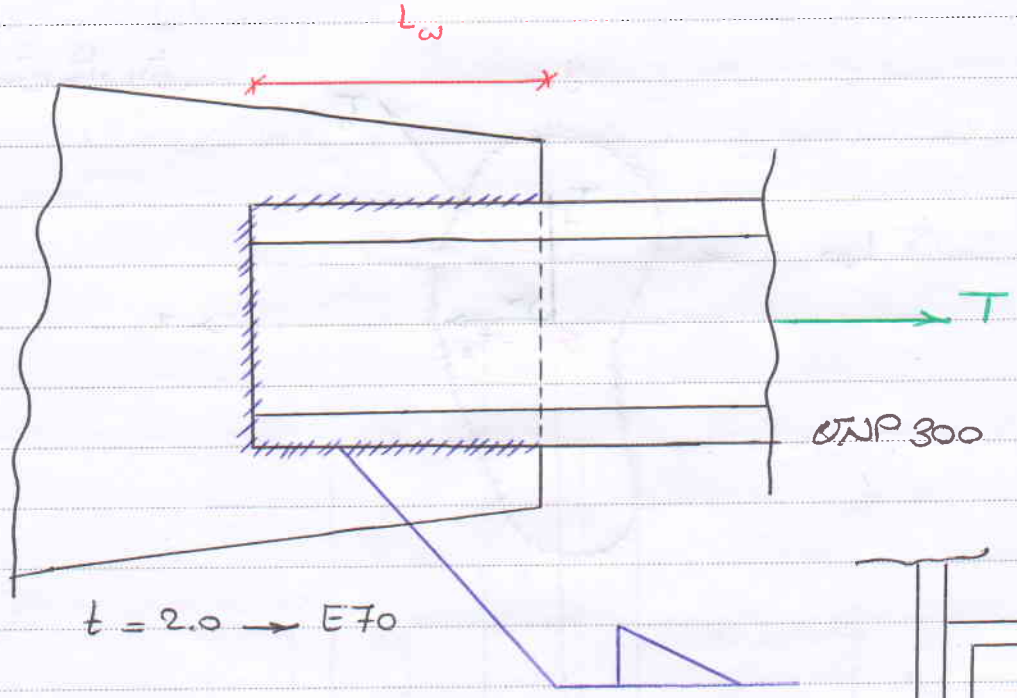
۱- پیش گرمایش

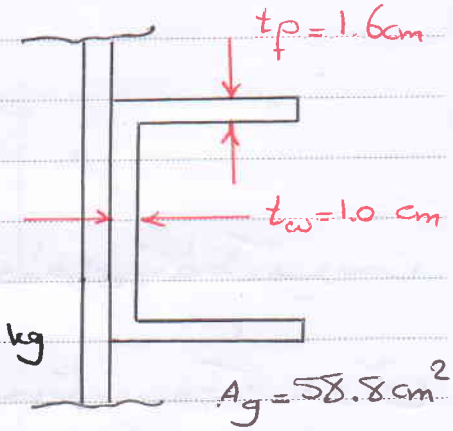
۲- پیش گرمایش

۳- الکترود جایی کم هیدروژن ، رطوبت 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 ناودا 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 خاص $t = 10 > 6$ → $a_{max} = 10 - 2 = 8$ mm

use: $a = 7$ mm

رام سیویل

$\varphi_w = 0.75$

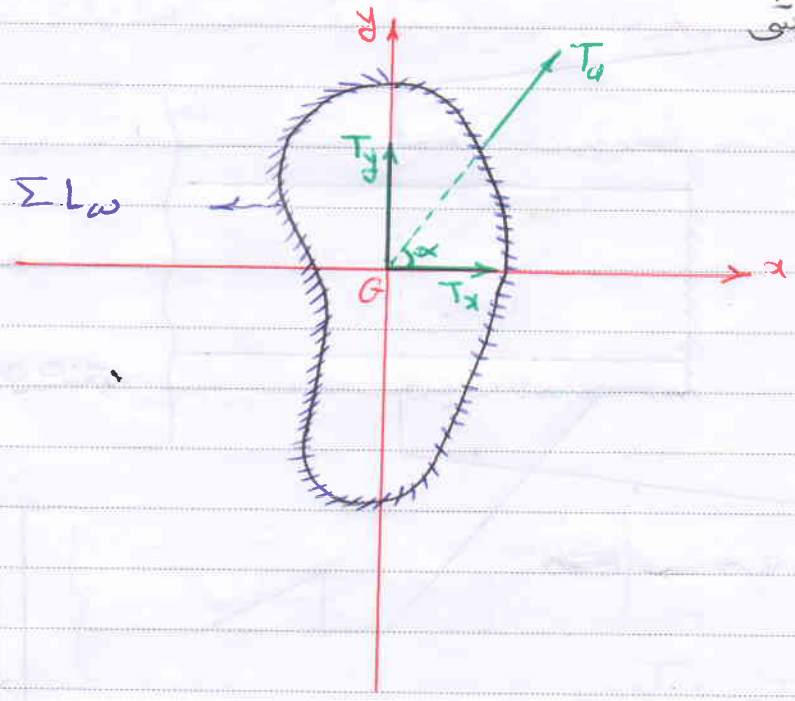
$T_{nw} = R_w \times L_w$

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

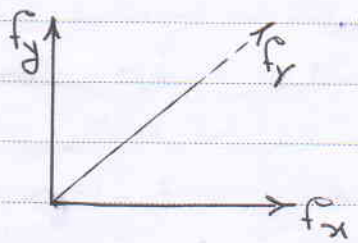
$L_w \geq 63\,cm$

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

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

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

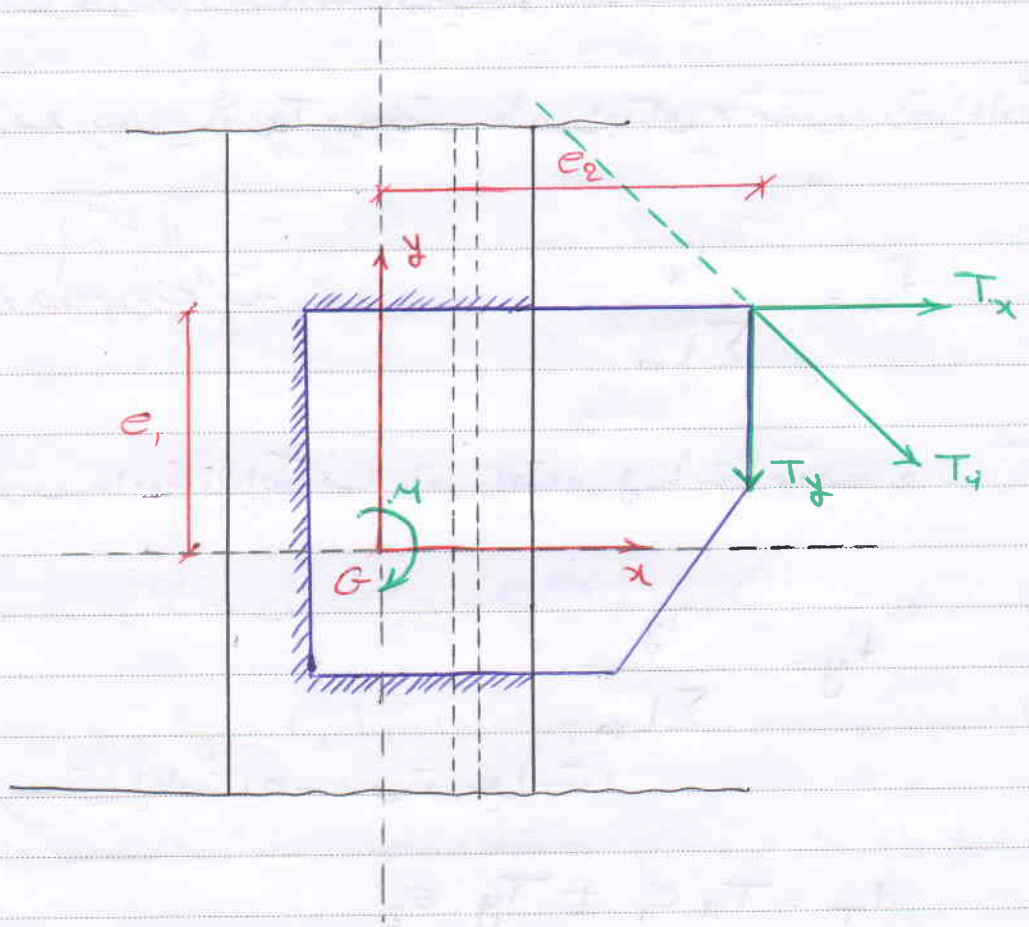
آبرسیدو از هر نقطه حوش عبور کند

تنش برابند، برابر بزرگی تقسیم بر طول می شود.

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

امّا زمانی که شدو از هر نقطه حوش عبور نکند، حالات دیگر اتفاق می افتد:

۲- ترکیب تنش های برشی و کشش و پیچشی



این حالت زمانی پیش می آید که شدو خطوط حوش هر دو در یک صفحه هستند. تا با امتداد شدو

ارام شویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

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

نسبت به مرکز جوش نیز 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 محور پایین و در جهت x 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 x 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 y تأثیر می گذارد:

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

در نهایت گشتاور پیچشی ایجاد شده به صورت زیر است:

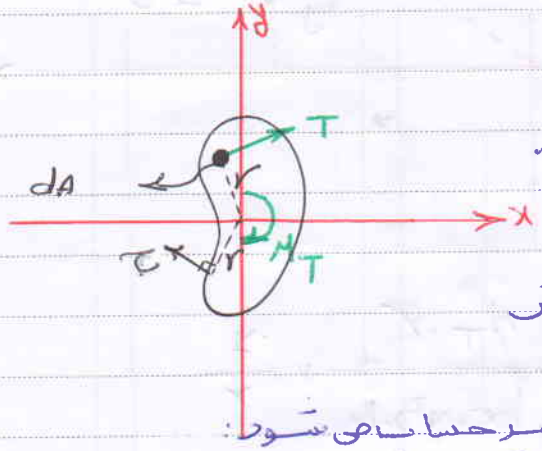
$$M_T = T_x e_1 \pm T_y . e_2$$

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 کنند، 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 یک تنش برشی "τ" حاصل می‌شود که از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\tau = \frac{M_T \cdot r}{J} \qquad J = \int r^2 dA$$

تنش برشی

(مقاومت پیچشی مقطع ← گشتاور اینرسی پیچشی مقطع)

در این شکل‌های مقطع توپر سه خط داریم

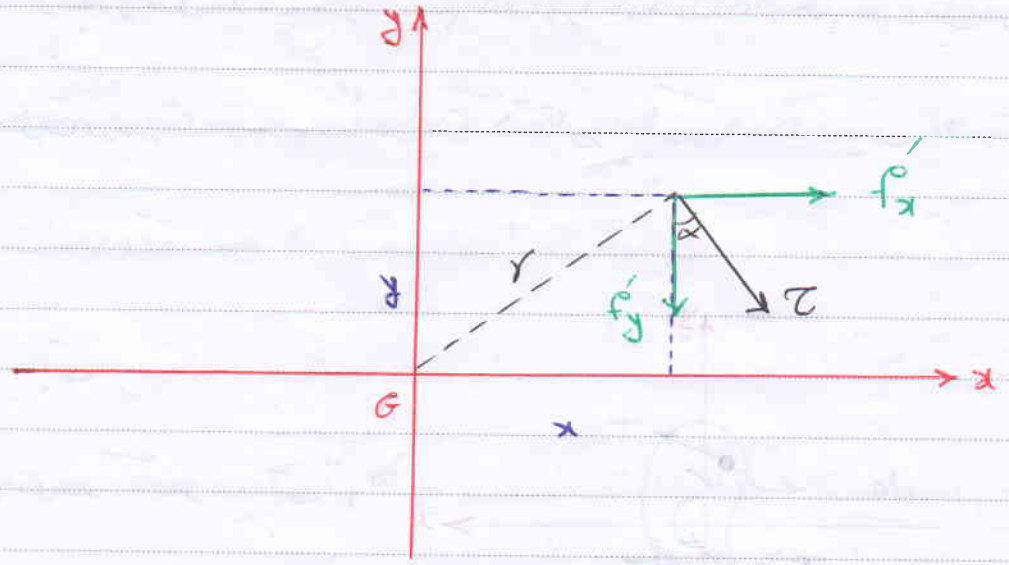
که $J = \int r^2 dL$ می‌شود

انتگرال 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. ما باید تنش‌ها را هم به روش تجزیه کنیم 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.

رام شیویل

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

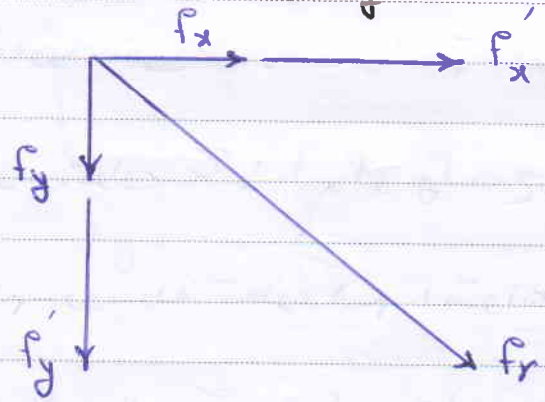
$$f'_x = \frac{M_T \cdot y}{I_x + I_y}$$

خواهیم داد بیشترین مقدار را

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

با بیشترین آن باشد.

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



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

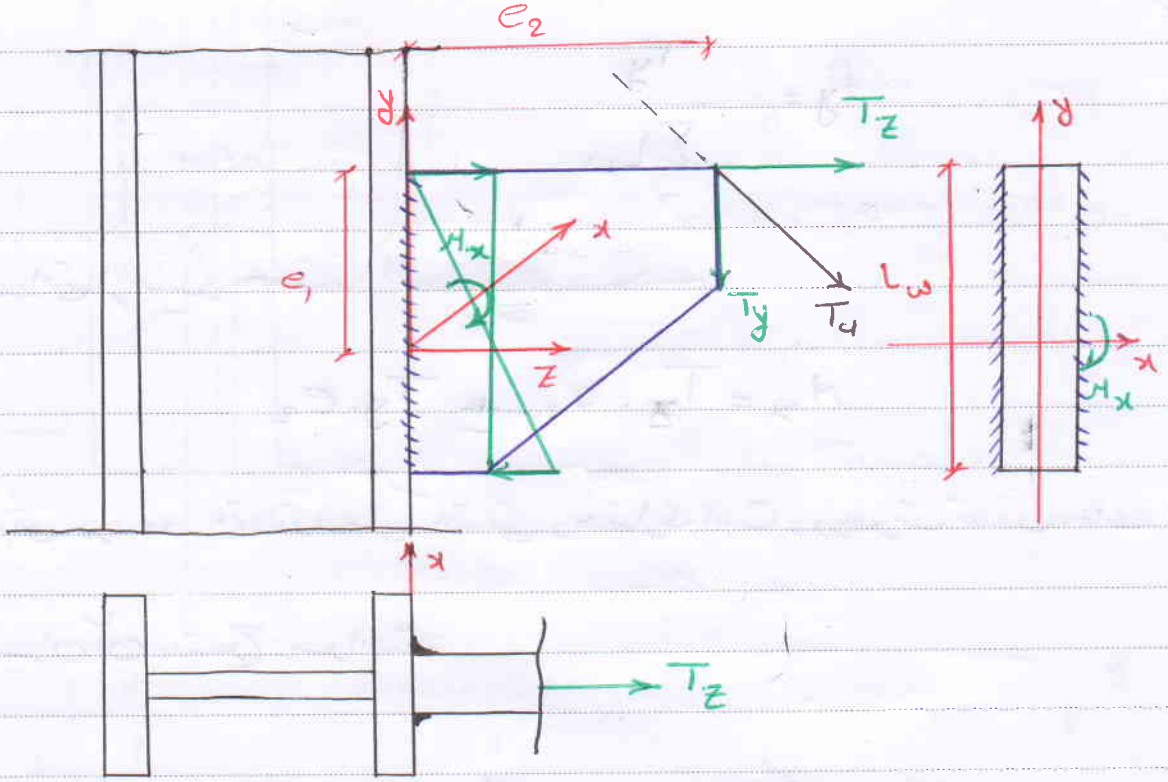
برآیند نیرو ها برابر است با

اصفهان پیوند

Subject :
Year . Month . Date . ( )

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

۳- ترکیب تنش برشی و گشتاور خمشی



آنرا استاد نیروی وارد بر خطوط جوش از مرکز جوش عبور کنند و همچنین نیرو خطوط جوش در یک صفحه قرار گیرند، مثل این شکل که نیرو در صفحه x و z است ولی خطوط جوش که پشت صفحه هم هست در صفحه xy است. گشتاور این نیرو نسبت به مرکز جوش، گشتاور حول x می‌شود، چون محور عمود بر صفحه yoz یعنی 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:

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

نیروی T_y نیز هم نیروی برشی ایجاد می‌کند، این نیرو عمود بر سمت بالا می‌کشد:

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

f_z و f_y تنش ناشی از نیرو هستند.

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

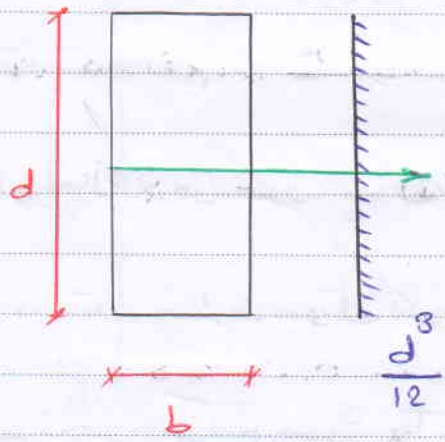
اثر گشتاور خمشی در صفحه، تنش‌های کششی و فشاری است و در جوش تنش‌های برشی است و میزان آن به شرح زیر است.

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

f'_z: اثر گشتاور خمشی در جوش‌ها

m_{ax} → مدول مقطع جوش‌ها حول x

به عنوان مثال:



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

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

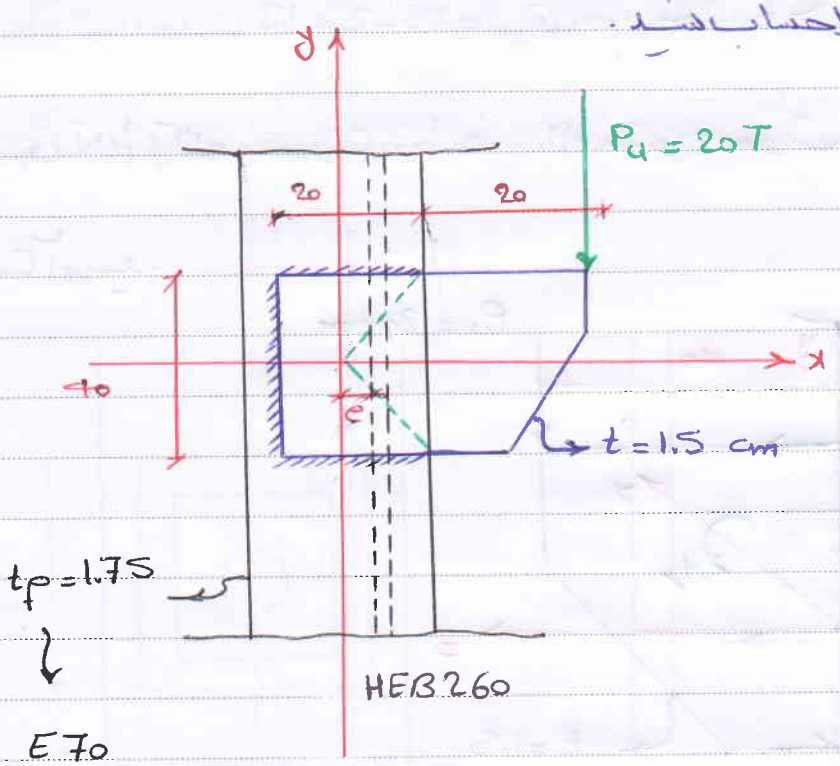
$$\frac{d^3}{12} \qquad I = \frac{bd^3}{12}$$

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

ام تیویل

Subject
Year . Month . Date . ( )

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



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

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

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

$$M_T = 700000$$

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

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

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

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

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

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

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

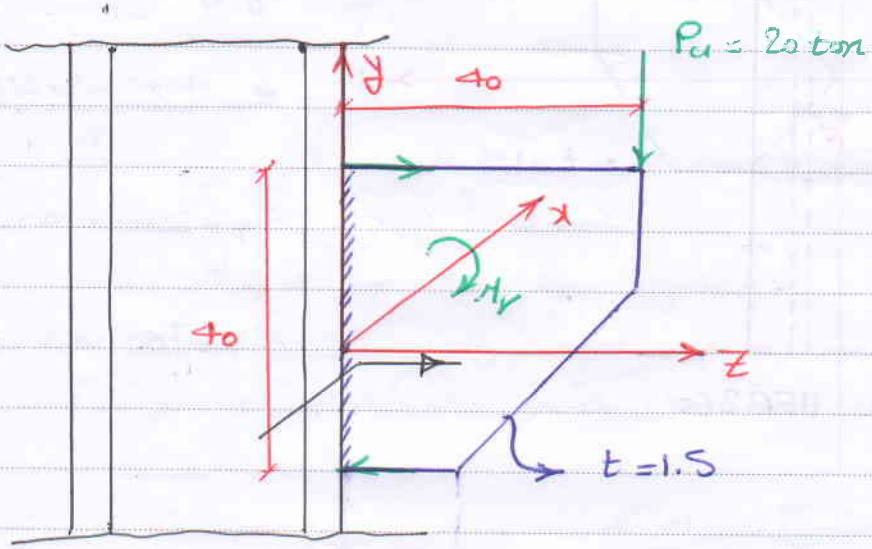
ارم سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

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

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

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



HEB260

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

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

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

$790 \leq 0.75 \times 1766 \times a_w \rightarrow a_w \geq 0.59 \rightarrow$ 45E: $a_w = 6mm$

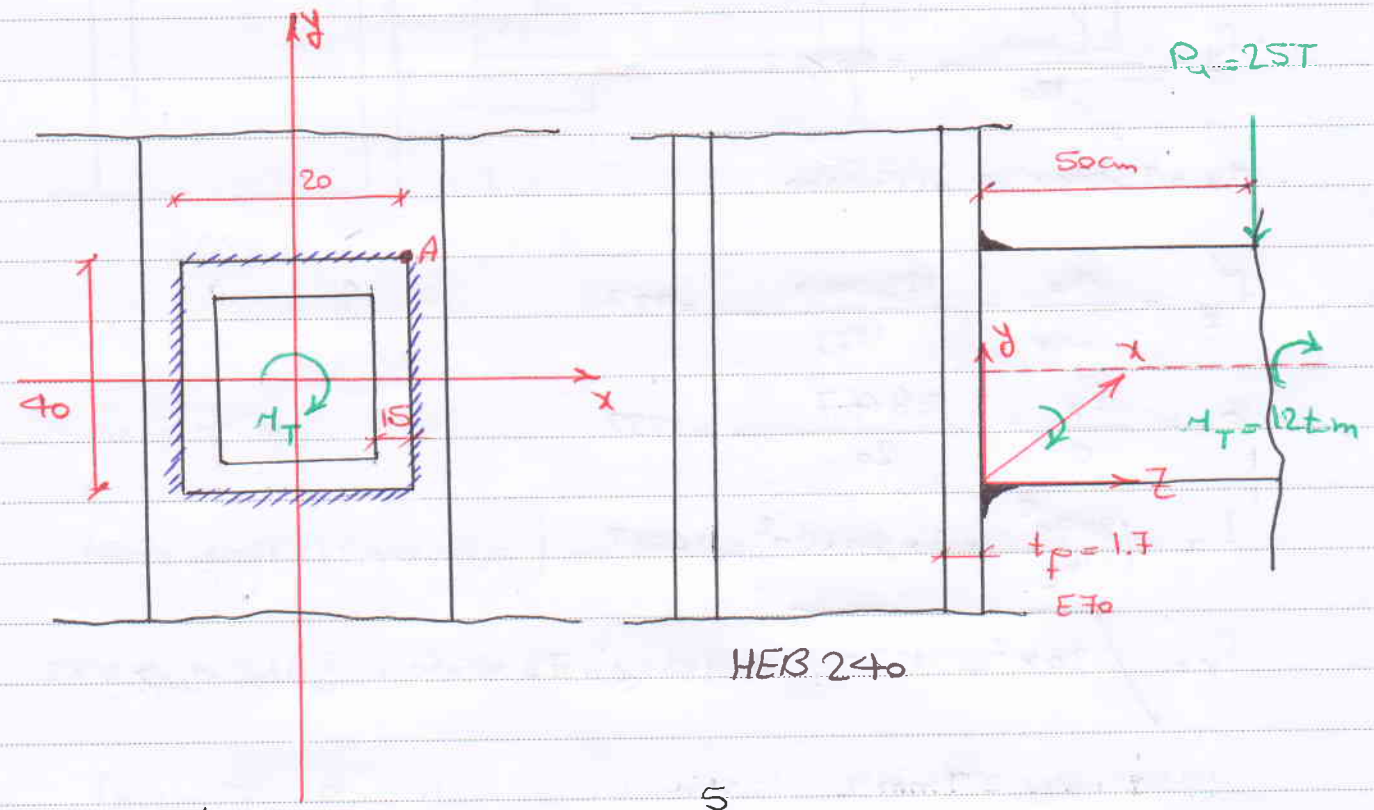
$t_p = 17.5 \rightarrow a_{min} = 6$

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

ام‌ریال

Subject
Year . Month . Date . ( )

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



HEB 240

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

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

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

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

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

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

رام سیویل

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

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

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

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

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

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

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

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

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

use: $a_w = 9\,mm$

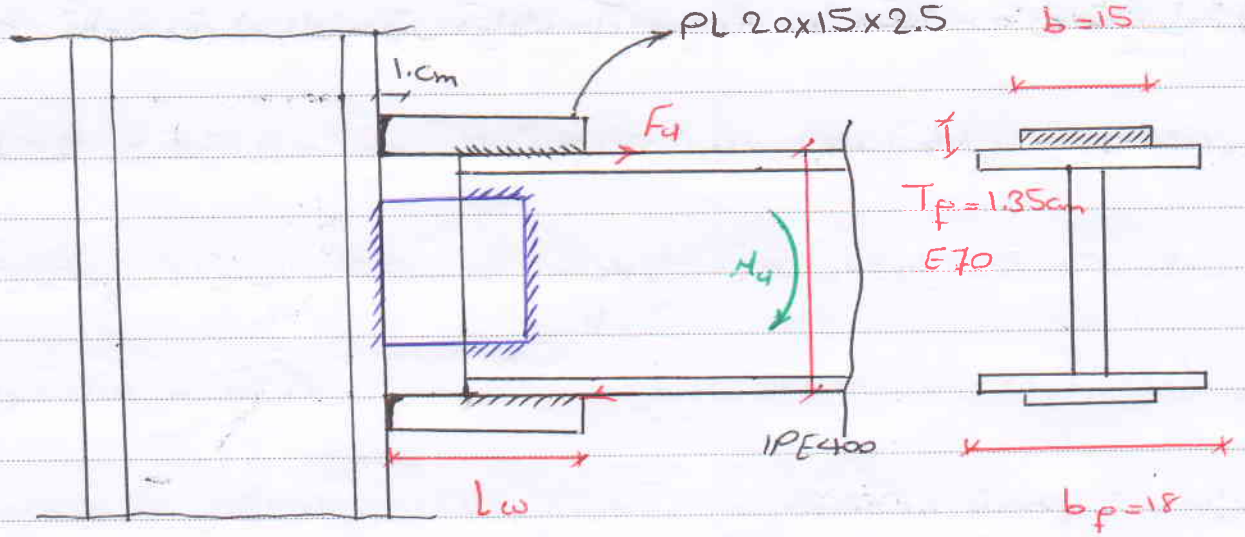
مثال: برای اتصال تیر به ستون از دو ورق بال خوابانی و تحتانی استفاده شده است. اگر جوشکاری در Shop باشد. با انتخاب الکترود مناسب ابعاد ورق های اتصال، طول و حد جوش لازم را برای اتصال تیر به آن ورق ها حساب کنید.

$$M_u \leq \phi M_n$$

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

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

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

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

$\rightarrow$ use : $a_w = 10$

زم سویل

Subject :

Year . Month . Date . ( )

۱۵۸

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

اتصالات پیچی

منظور از اتصال جوشی ایجاد یک اتصال دائمی است ولی اتصالات پیچی جزء اتصالات موقت هستند. پیچی هرزمان می‌توان اتصال را باز کرد و تعویض داد. جوش سریع‌ترین و ارزان‌ترین و اقتصادی‌ترین 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 آیین‌نامهٔ 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 تسلیم $F_u = 4000\ kg/cm^2$

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 می‌باشد و فقط در استاندارد ISO اعداد نشان‌دهندهٔ حد تسلیم پیچ و حد جاری شدن پیچ می‌باشند. در بهره‌برداری می‌توان این پیچ‌ها را محکم بست و دوباره شل می‌شود؛ ولی از این جهت پیچ نامطمئن است، می‌توان برای اتصال اعضای درجهٔ ۱

ارم سیویل

Subject :
Year . Month . Date . ( )

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

یکی از این اعضاء حاکم مازه مشخص می شود. اعضاء درجه دوم نیز به عنوان تیر خرپی و اتصال

تیرهای به شاه تیر به شمار می آیند.

۲- پیچ نوع دوم یا پیچ های پر مقاومت

cl 8.8	A 325
(ISO)	(ASTM)

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

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

خشک تر است.

cl 8.8	استاندارد ASTM
$F_u = 8000$	$F_u = 8000$
$F_y = 6400$	$F_y = 7250$

d < 24 ، d > 24

۱- پیچ حفاری

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

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

استفاده کرد.

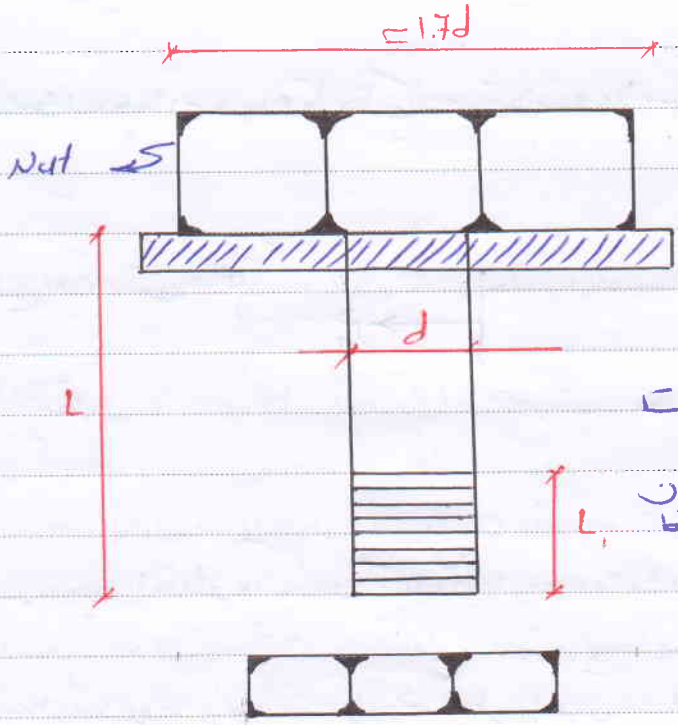
(ISO)	(ASTM)	
cl 10.9	A 490	۳- پیچ نوع سوم

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

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

دارد قسمتی از رزوه نباشد.

پیچ هایی که سراسری دارای رزوه 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، مهره، واشر و تقریباً همه چیز

Subject:
Year. Month. Date. ( )

انواع اتصالات پیچی

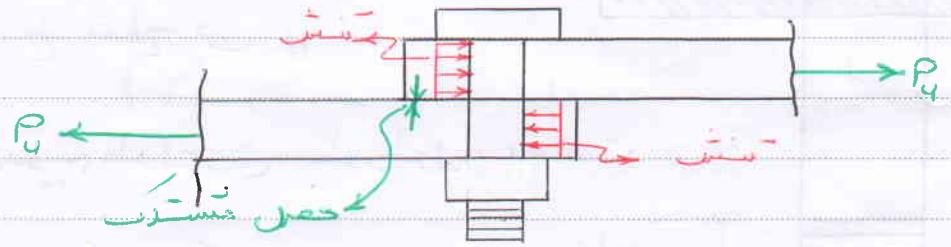
انواع اتصالات را از نظر رفتاری توان به سه دسته تقسیم نمود:

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 ضلع تا حد اولیه سفت می کنند. در اتصال انتهایی حداولیه با تعریف 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_4 است.



هر پیچ با قطر مشخص، یک آچار مخصوص دارد. در این حالت شخص فقط از نیروی دست استفاده کرده و گشتاور را روی آچار وارد می کند. در حالت اولیه حتماً فاصله ای بین دو قطعه وجود ندارد. اگر این قطعات تحت نیروی P_4 قرار بگیرند، چون فاصله ای بین قطعات وجود ندارد قطعه ۲ خواهان حرکت به سمت راست و قطعه ۱ خواهان حرکت به سمت چپ است. در این حالت نیرو از طریق تماس دو ورق بهم منتقل شده است. در نقطه مشترک دو ورق بیشترین

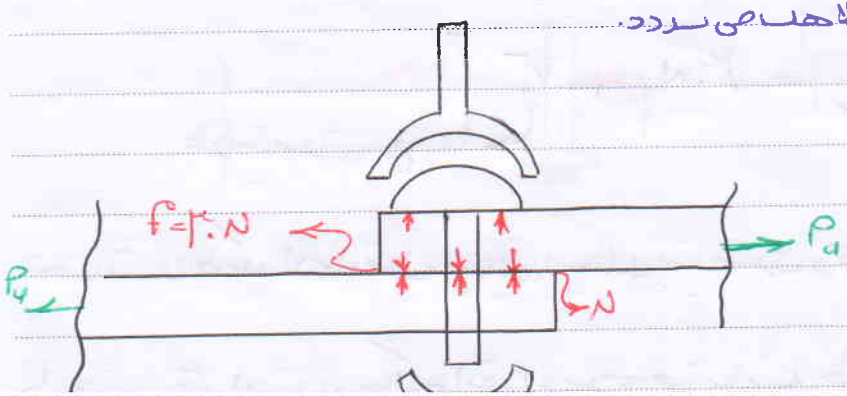
نیروی برشی به وجود می آید. پس نتیجه می گیریم در اتصالات ماده بیچ ها تحت برش قرار می گیرند. به این نوع اتصال، اتصال برشی یا معمولی نیز می گویند.

ظرفیت برشی بیچ ها = P_{max}

در این نوع اتصالات مبنای طراحی ظرفیت برشی بیچ هاست.

اتصال بیچ

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



Subject
Year . Month . Date . ( )

بعد از اینکه اتصال برقدار شد، پیچ شروع به سرد شدن می‌کند و منقبض می‌گردد، اما

وقتی می‌خواهد منقبض گردد ورق‌ها هم فشاری آورند، هر چه پیچ بیشتر سرد می‌شود

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

تعادل نیمهٔ پیچ را در نظر بگیریم:

ورق‌ها تحت فشار هوا را می‌نیروی پیچ

تحت کشش. حال اگر نیروی P_u وارد شود،

در اثر وجود فشار بین سطحات، نیروی اصطکاک ایجاد فشار N کشش $T = N$

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

تا زمانی که:

$$P_u < f = 0.3N$$ نخنثی به وجود می‌آید

ولی اگر:

$$P_u > f = 0.3N$$

در ابتدا شروع به جدا شدن می‌کنند و در نهایت ورق‌ها از بدنهٔ پیچ کنده می‌شود و در نهایت وقتی پیچ

بریده شد، اتصال هم خراب می‌گردد، یعنی حداکثر نیرویی که تحمل می‌کند این مقدار است:

$$P_{u\max} = 0.3N + V$$

ظرفیت برشی پیچ‌ها

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

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

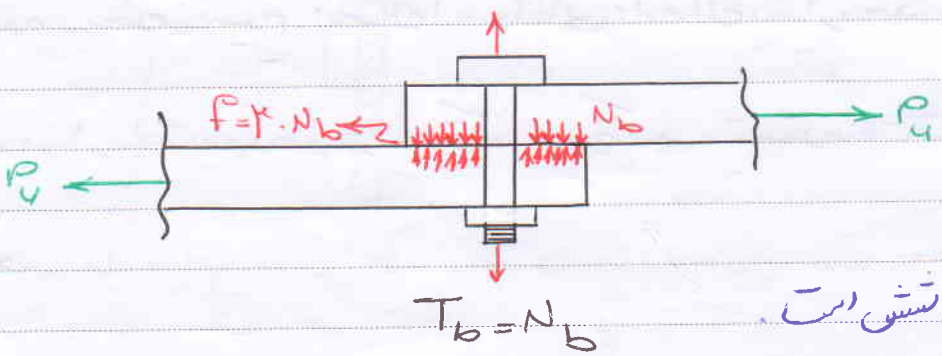
ضریب اصطکاک حدود مشخصی دارد ولی نیروی فشاری قابل تشخیص نیست و به عوامل زیادی بستگی دارد. در نتیجه طراحی به نحو اطمینان از نیروی اصطکاک کلاً صرف نظر می‌کنند و آن را مانند اتصالات ساده طراحی می‌کنند. امّا در سازه‌های جدید گاهی از پیچ استفاده می‌کنند چون اجرای پیچ بسیار مشکل و وقت‌گیر می‌باشد.

اتصال اصطکاکی یا سُر نشده

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

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

در این اتصال سفت کردن حد ثانویه باید امکان‌پذیر باشد و باید با آچار برق یا آچار بکسی یا آچار شخصی یا وزن شخص روی آچار استفاده می‌کنند.



خود پیچ تحت کشش است.

ام سیویل

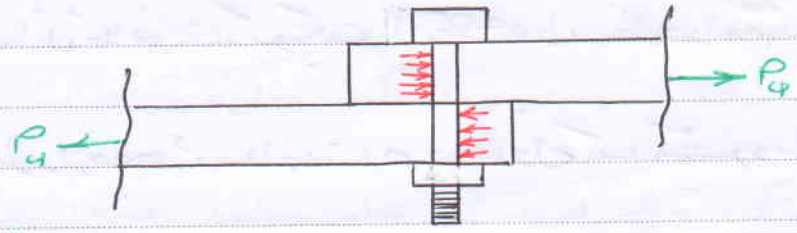
وقتی مهره تا حد تانوم سفت می‌شود، از این حالت قطعات به همدیگر فشار وارد می‌کنند. وقتی قطعات به همدیگر فشار وارد می‌کنند، خود پیچ تحت کشش قرار می‌گیرد. پس هرقدر مهره را سفت‌تر سفت می‌کنیم، فشار بین دو قطعه بیشتر می‌شود. به طوریکه اگر کمی بتوانند جدا شوند حدود 0.5 دور از حد اولیه مهره را سفت کند، این کشش به حدی برای پیچ رسیده 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 جلوتر برود، پیچ در حالت گسیختگی قرار می‌گیرد. برخلاف پیچ، در این اتصال N_b (پیرودی فشاری) مشخص است. در اتصال پرچ N را ما مشخص می‌کردیم ولی مجهول بود ولی در این اتصال پارامتر "N" را بستن مهره مشخص می‌کنند.

هدف از این اتصال، اصطکاکی 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 می‌گردد.

انواع اتصالات اصطکاکی

۱- برش در سطح مقطع پیچ ها



$\phi = 0.75$

در استاندارد اتصالات آیین نامه مشخص می کند.

F_{nv}: تنش برشی

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

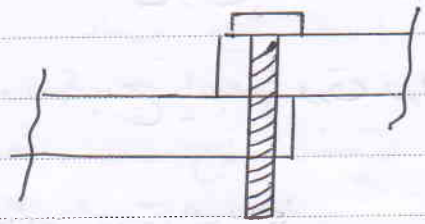
n: تعداد پیچ

A_b: سطح مقطع $= \frac{\pi d^2}{4}$

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

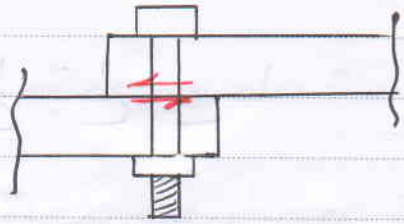
پیچ های پر مقاومت بر دو نوع هستند که در جدول فوق اشاره شده و دو نوع آن آماده شده است.

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.

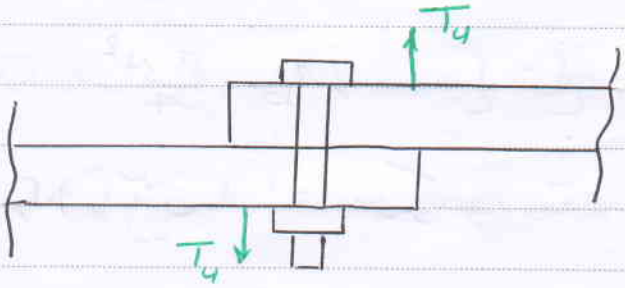


$0.55F_u$

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

$F_{nt} = 0.75F_u$

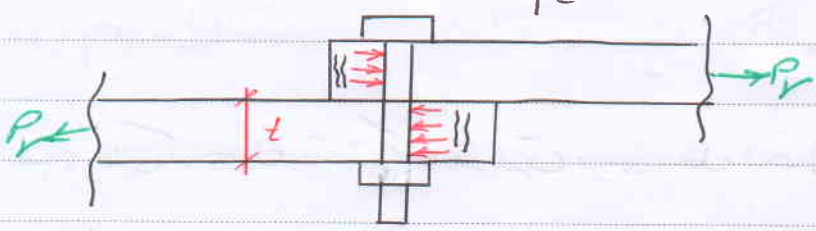
$$f_{ut} = \frac{T_u}{n.A_b} \leq \phi F_{nt}$$

f_{ut} تنش ضریب‌دار کششی — ϕF_{nt} مقاومت کششی پیچ

n تعداد پیچ — A_b سطح مقطع 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

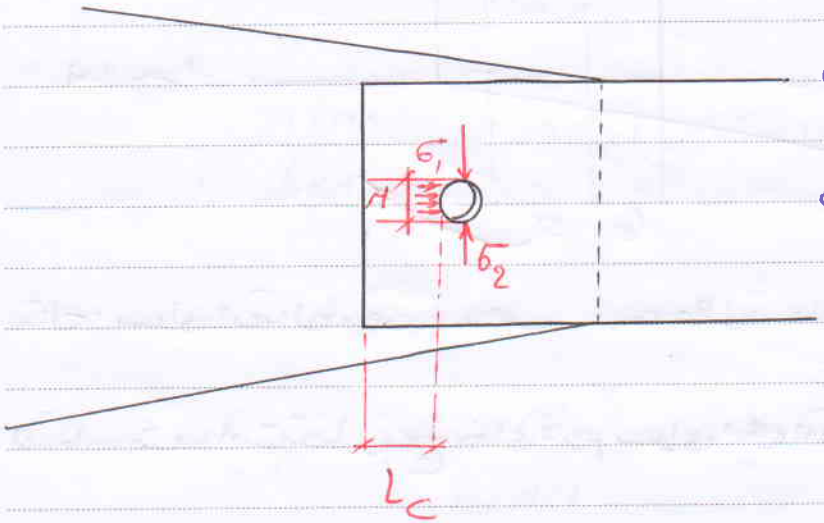


این موضوع زمانی رخ می‌دهد

که اولاً قید و بند شکل افقی 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 نیروی برشی انجام خواهیم داد.

له شدن یک ناپایداری است، نسبه جاری شدن، حدی؛ اما گسیختگی یک قطعه است بر اساس تنش های چند محوری نه تنش تک محوری. این تنش ها می خواهد پیچ را از حالت دایره 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 له شدگی 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 له شدگی تابع "A" (قطر سوراخ) است. هرقدر قطر سوراخ نزدیک به قطر پیچ باشد تنش دو محوره 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:

رام سیویل

Subject:
Year. Month. Date. ( )

برای سوراخ های استاندارد

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

L_c: فاصله لبه سوراخ تا لبه قطعه

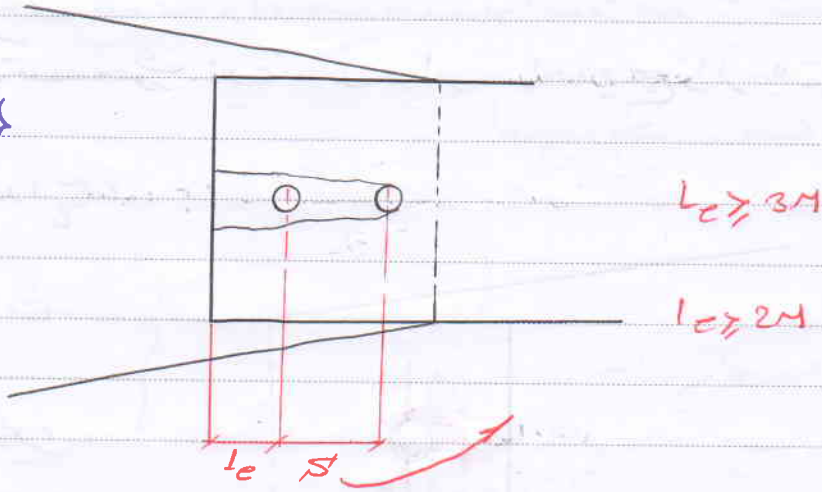
F_u: تنش نهایی

d: قطر پیچ

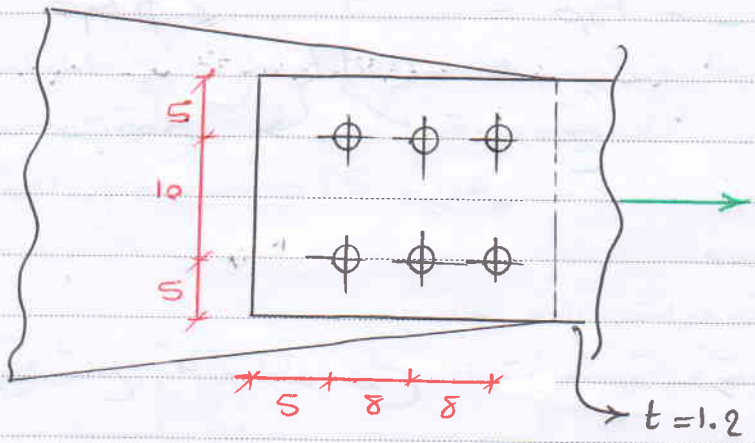
حد تسلیم پیچ یا ورق

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

$F_u = \min\{$مقاومت پیچ، مقاومت ورق$\}$



مثال: برای اتصال ورقی به عرض 20 cm و ضخامت 1.2 cm به کمک تعداد 6 پیچ A490 استفاده شده است. حداکثر نیروی کششی که این اتصال را طراحی کند چقدر است؟ (پیچ از جنس A490 می باشد.)



ام سیویل

Year . Month . Date . ( )

حالت اول: گسیختگی فلز مادر

$$P_u \leq \phi . P_n$$

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

حالت دوم: گسیختگی پیچ

گسیختگی در پیچ

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

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

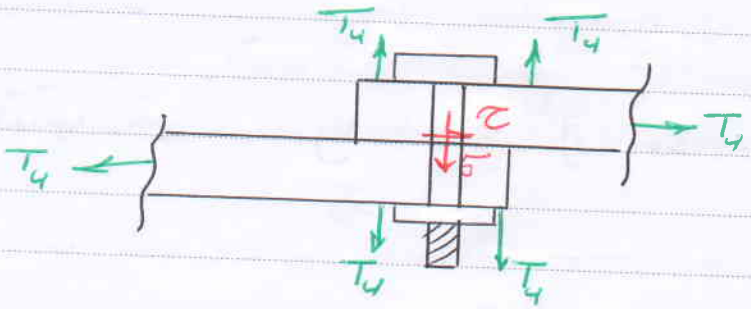
$$A_b \geq 2.56 \simeq M18$$

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

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

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

۴- 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 می‌توان با هم جمع زد. پس برای جمع زدن از اندرکنش استفاده می‌کنیم. اگر اسیراد دیگری نکرده باشد. اندرکنش خطی است یا خمیده. این نامه این اندرکنش را به صورت خطی در نظر می‌گیرد؛ بنابراین ضوابط این نامه داریم:

I) $f_{ar} = \dfrac{P_u}{n.A_b} \leq \phi F'_{nr}$

وجود نیروی کششی، مقاومت برشی را کاهش می‌دهد.

$F'_{nv} \rightarrow$ 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

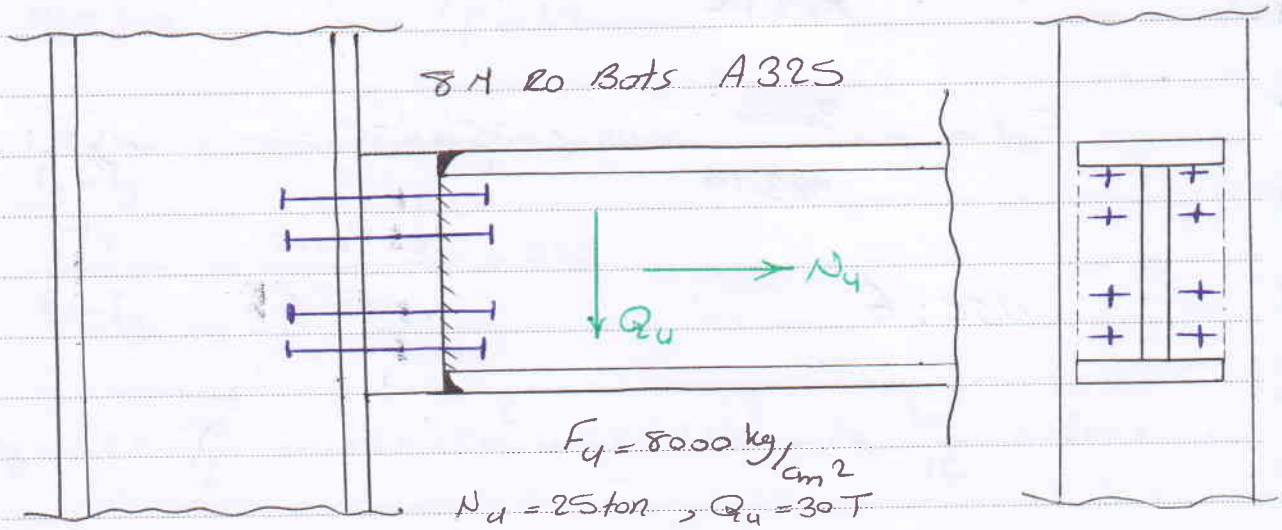
$$\frac{f_{ut}}{\varphi f_{nt}} \geq 0.3$$

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

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 جزء وجود گشتاور و برش نداریم

مثال: برای اتصال یک تیر IPE330 به یک ستون از ورق استرابی استفاده شده است. ظرفیت را در این اتصال هم دست آورید



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

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

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

Subject:
Year. Month. Date. ( )

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

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

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

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

در اتصال جوش شده $N_u = 30\,T$ و $Q = 40\,T$ باشد تعداد پیچ‌ها 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