جزوه باما

دانلود جزوات ، نمونه سوالات
و پاورپوینت های دانشگاهی

Jozvebama.ir

**دانشجویان و اساتید توجه داشته باشید جزوه موجود به صورت اختصاصی توسط وب سایت جزوه باما تهیه شده است و تمامی حقوق مادی و معنوی آن برای این وب سایت محفوظ می باشد.**

**Jozvebama.ir**

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۱۵

# طراحی سازه های فولادی ۲

استاد محمدرضا امیری شاهمرانی

سرفصل ها:

۱) پیچ ها و اتصالات پیچی

۲) جوش و اتصالات جوشی

۳) طراحی بست های متداول

۴) اتصالات صلب در سازه های فولادی

* تعیین نوع اتصالات بین اعضا و اتصال بین ستون و فونداسیون (اعم از گیردار یا مفصلی بودن) در اختیار مهندس محاسب است.

* یکی از دتایل ها و روش اجرای یک اتصال مفصلی این است که در بالا و پایین مقطع، از نبشی استفاده کنیم.

* بست های مورد استفاده در سازه های فولادی:
  - طاق ضربی (سیار قدیمی و منسوخ شده)
  - تیرچه کرومیت
  - کامپوزیت (Composite)
  - عرشه فولادی (متال دک Metal Deck)

* پروژه: ۳ نمره

* منابع: مبحث دهم مقررات ملی ساختمان



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۱۵ / ۱۱ / ۹۸

۲) کتاب طراحی اتصالات به روش LRFD: دکتر میرقادری و دکتر ازهری

۳) کتاب اتصالات متعارف در سازه های فولادی: مهندس نژدی و شاپور طاحونی

---

فصل اول: پیچ ها و اتصالات پیچی ۲۹ / ۱۱ / ۹۸

به طور کلی سه نوع وسیله ی اتصال در سازه های فولادی وجود دارند که عبارتند از: ۱) پیچ ۲) پرچ ۳) جوش

یکی از مهم ترین اتصالات متداول در سازه های فولادی، اتصالات پیچی است. ما در این فصل به بررسی این اتصالات می پردازیم.

پیچ های موجود در بازار به دو صورت معمولی و اعلا (پرمقاومت) جهت اجرای اتصالات در سازه های فولادی استفاده می شوند.

از نظر مقاومت، در صورت طراحی و اجرای صحیح، هر سه نوع اتصال دارای مقاومت تقریبا یکسان و مناسبی هستند.

انتخاب نوع اتصال معمولا به عواملی مثل نوع سازه، شرایط بهره برداری، اقتصادی بودن، امکان فراهم نمودن آسان تر، شرایط اجرایی، وجود نیروی کار مناسب جهت انجام مراحل اجرایی اتصال، محدودیت های آیین نامه ای طراحی و سلیقه و ترجیح طراح وابسته است.

می توان به طور قطعی گفت که هر کدام از انواع اتصالات نسبت به دیگری برتری دارد؛ اما توجه به موارد زیر، به انتخاب اتصال مناسب کمک می کند:

۱) در سازه های کمک که تحت بارهای استاتیکی قرار دارند و یا در اعضای ثانویه سازه مانند لاپه در سقف های شیروانی، بادبند ها و مهارهای جانبی



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۲۹

معمولا استفاده از پیچ های معمولی اقتصادی تر است.

۲) زمانی که نیروی کار برای جوشکاری اتصالات فراهم نباشد، استفاده از اتصالات پیچی برتری دارد.

۳) چنانچه قرار باشد سازه فولادی پس از مدتی پیچیده شود، استفاده از اتصالات پیچی توصیه می شود.

۴) در سازه هایی که تحت اثر بارهای متناوب قرار می گیرند به طوری که در اتصالات آن ها پدیده ی خستگی رخ می دهد، استفاده از پیچ های پرمقاومت با عملکرد اصطکاکی دارای کارایی بهتری نسبت به اتصالات جوشی یا اتصالات با پیچ های معمولی است.

* خستگی: به شکست ماده در اثر اعمال نیروهای متناوب کمتر از تنش نهایی و غالب کمتر از تنش تسلیم خستگی گویند. خستگی وقتی رخ می دهد که صدها تحت تنش های تکراری یا نوسانی قرار گیرد که منجر به شکست ناگهانی آن می شود.

۵) در مواردی که به دلیل عدم امکان بازرسی های مستمر انجام جوشکاری میسر نباشد و یا در سازه هایی که اجرای آن سخت تر است و در شرایطی همچون سخت حمل گرمایی ها که عملیات ساختمانی در تمام اوقات امکان پذیر نباشد، استفاده از اتصالات پیچی ارجح است.

معایب اتصالات پیچی:

۱- مربوط به قطعات و نوع بار

۲- امکان باز نمودن سازه و استفاده ی مجدد: اعضای سازه ی فولادی را که با پیچ به یکدیگر متصل شده اند می توان از هم جدا کرد و در محل دیگری

P4PCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 98/11/29

دوباره آن ها را به هم وصل و سازه جدیدی ایجاد کرد. این موضوع در اجرای سازه های موقت مثل پل ها و داربست ها غیر از ایمنی حائز اهمیت است.

۳- محدودیت در تامین وسایل جوشکاری: در مواردی که امکان فراهم نمودن تجهیزات نظیر دستگاه جوش و برق مورد نیاز نباشد، استفاده از بیچ در اتصالات توصیه می شود.

۴- عدم نیاز به کارگر ماهر: استفاده از فن جوشکاری به وجود کارگر ماهر نیاز است. اما در صورت عدم دسترسی به کارگر ماهر، می توان از اتصالات پیچی استفاده نمود.

۵- بی سر و صدا بودن هنگام ضرب و اجرا

۶- شرایط محیطی کار: برای اجرای مناسب اتصالات جوشی، لازم است درجه ی حرارت محیط، تهویه هوا، محل استقرار و فضای دسترسی به اتصال در شرایط مناسبی باشد. در حالی که این محدودیت ها در اجرای سازه های فولادی به کمک اتصالات پیچی خیلی کم تر است.

۷- عدم محدودیت در اعضای اتصال: در اجرای سازه های فولادی ممکن است امکان جوش پذیری اعضای سازه به آسانی و یا به کمک وسایل موجود میسر نباشد، استفاده از اتصالات پیچی توصیه می شود.

۸- کم بودن هزینه امور ضرب و اجرا

تقسیم بندی بیچ های معمول در مقاومت برابر تحمل نهایی کششی آن ها و نوع مصالحی که در ساخت و تولید آن ها به کار می رود صورت می گیرد. یک بیچ کامل شامل کله بیچ، بدنه و قسمت رزوه ی دندانه شده می باشد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject: .
Date ۲۹ آبان ۹۸

هر نوع پیچ معمولی در مقاومت از نظر ظاهری مانند دیگری هست.

قطر در مجموعه پیچ دارای شکل های گرد و یا شش گوش و ضخامت بین 4 الی 8 میلی متر می باشد و اگر خاصیت ارتجاعی داشته باشد به آن واشر فنری گویند. شکل کله ی پیچ و سطح متقطع مهره به صورت شش ضلعی است. حد فاصل اعضای اتصالی برزده با واشر پر می شود. پیچ ها دارای طول بین 30 الی 200 میلی متر می باشند.

پیچ های معمولی: مصالح این پیچ ها از نوع فولاد نرمه با کربن کم می باشد. پیچ های معمولی رده بندی ASTM آمریکا

با علامت A307 مشخص می شوند که معمولا در کله ی پیچ و در قسمت شش ضلعی حک شده است: (A307)

* پیچ های معمولی از ارزان ترین پیچ های پر مقاومت هستند و در سازه های سبک مانند خرپاهای کوچک پیکره بندی و اعضای درجه دوم سازه ها مثل مهاربندها و لاپه ها استفاده می شوند.

* حد تسلیم پیچ A307 حدود $4200\ kg/cm^2$ می باشد.

در استاندارد ISO طبقه بندی پیچ ها با دو عدد که توسط یک نقطه از هم جدا می شوند مشخص می شود. این اعداد در کله ی پیچ حک می شوند.

عدد اول ضریب 1000 معرف $F_u$ مقاومت نهایی کششی پیچ بر حسب $kg/cm^2$ است و عدد دوم، حاصل ضرب یک دهم عدد دوم در عدد اول $F_u$ است. عدد دوم بیانگر تنش تسلیم $F_y$ می باشد. مثلا پیچ 4.8 دارای مشخصات زیر است:

$F_u = 4 \times 1000 = 4000\ kg/cm^2$ ، $F_y = 0.8\ F_u = 0.8 \times 4000 = 3200\ kg/cm^2$



Scanned by CamScanner

@Tjostad
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۲۹

پیچ های 4.6 ، 4.8 ، 5.6 ، 5.8 و 6.8 در زمره ی پیچ های معمولی قرار می گیرند.

پیچ های معمولی از قطر 36mm تا 12mm در بازار یافت می شوند.

* در کشور ما بیش تر از استاندارد ISO برای شناسایی پیچ ها استفاده می شود.

پیچ های پرمقاومت: در استاندارد ASTM آمریکا، پیچ های با علامت A325 و A429 با تنش تسلیم

حدود $5600\frac{kg}{cm^2}$ تا $6300\frac{kg}{cm^2}$ و A490 از نوع فولاد آلیاژدار با تنش تسلیم $8000\frac{kg}{cm^2}$ تا $9000\frac{kg}{cm^2}$ از نوع پرمقاومت

معرفی و طبقه بندی می شوند.

در استاندارد ISO پیچ های 8.8 با تنش نهایی $F_u = 8000\frac{kg}{cm^2}$ و تنش تسلیم $F_y = 6400\frac{kg}{cm^2}$ و پیچ 10.9 ؛

تنش نهایی $F_u = 10000\frac{kg}{cm^2}$ و تنش تسلیم $F_y = 9000\frac{kg}{cm^2}$ شناسایی می شوند. پیچ های 12.9 و 14.9 به عنوان پیچ های

خیلی پرمقاومت شناخته می شوند. پیچ 14.9 در بازار ایران به ندرت یافت می شود. قطر پیچ های پرمقاومت در محدوده 12 الی 36

میلی متر است، که قطر های 20 و 22 میلی متر در کارهای ساختمانی رایج ترند.

در صفحه بعد، جدول مشخصات پیچ های موجود در ایران نشان داده شده است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۸/۱۱/۲۹

| نوع پیچ | نام استاندارد | | تنش تسلیم $F_y$ ($kg/cm^2$) | تنش کششی نهایی $F_u$ ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|---|---|
| | ASTM | ISO | | |
| پیچ معمولی | A307 | - | 2400 | 4000 |
| | - | 4.6 | 2400 | 4000 |
| | - | 4.8 | 3200 | 4000 |
| | - | 5.6 | 3000 | 5000 |
| | - | 5.8 | 4000 | 5000 |
| | - | 6.8 | 4800 | 6000 |
| پیچ های پرمقاومت | A325 $d \geq 24mm$ | - | - | 8000 |
| | A325 $d > 24mm$ | - | - | 7250 |
| | A490 | - | - | 10000 |
| | - | 8.8 | - | 8000 |
| | - | 10.9 | - | 10000 |
| | - | 12.9 | - | 12000 |

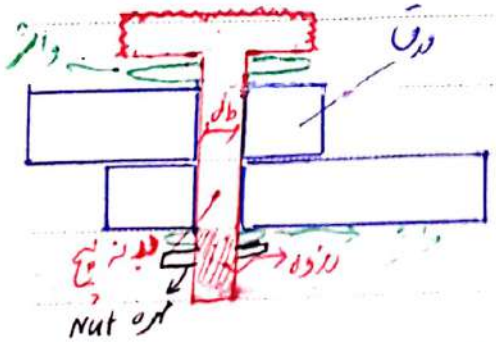
اتصال پیچ و مهره ای به این صورت انجام می شود که ابتدا دو ورق مورد نظر را که می خواهیم به هم متصل کنیم سوراخ می کنیم پس

پیچ را داخل سوراخ قرار می دهیم (مطابق شکل) پیچ متشکل از سر پیچ، بدنه ی پیچ، دندانه یا رزوه که در بخش

از طول پیچ حضور دارد. بین کله ی پیچ و ورق یک واشر قرار می گیرد و یک واشر هم در قسمت

پایین بین مهره و ورق قرار می گیرد

★ $d_b$ = قطر پیچ






Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۲۹

در نقشه‌های اجرایی پیچ را با M نمایش می‌دهند و عددی که بعد آن می‌نویسند معرف قطر پیچ است. مثلا: M20

یعنی پیچ با قطر 20mm، یعنی $d_b$ 20mm

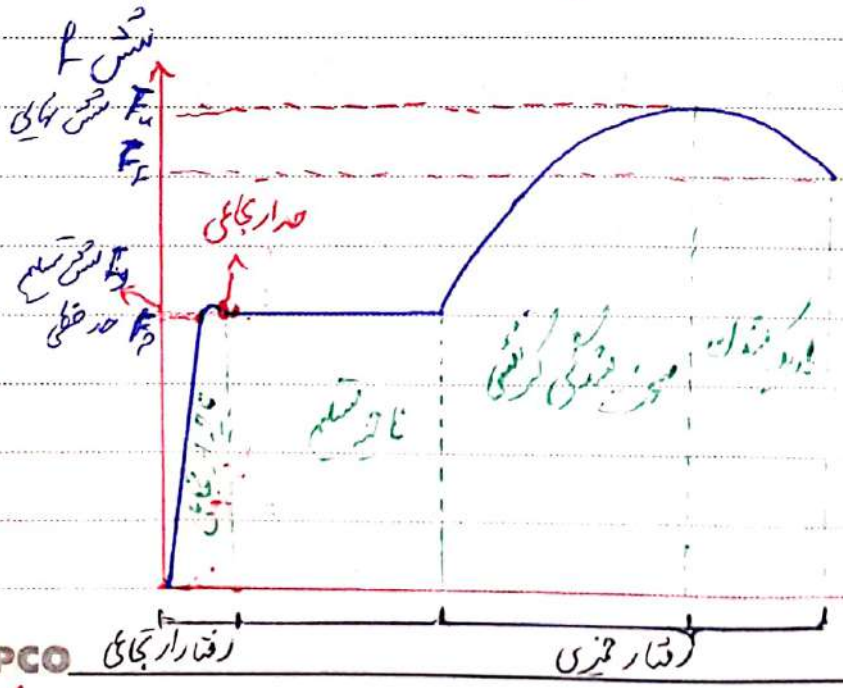
* در $d_b$، b اول کلمه‌ی bolt به معنای پیچ است.

از فولاد یکی می‌دانیم که ما با دو نوع فولاد در کارهای ساختمانی سر و کار داریم: فولاد ST37 و فولاد ST52

| فولاد | $F_u$ ($kg/cm^2$) | $F_y$ ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|
| ST37 | 3700 | 2400 |
| ST52 | 5200 | 3600 |

انواع قطر پیچ: $M_{16}$، $M_{18}$، $M_{20}$، $M_{22}$ و ...

یادآوری مقاومت مصالح




نمودار تنش کرنش فولاد:

نمودار تنش کرنش فولاد مانند شکل روبه رو است

این نمودار از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که

به شرح آن‌ها می‌پردازیم:



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۲۹

رفتار ارتجاعی Elastic Behavior : رفتاری که بعد از بارگذاری، نمونه به طول یا شکل یا جهت‌گیری اولیه بازگردد. این ناحیه در ابتدای نمودار تنش کرنش قرار دارد و در آن تنش متناسب با کرنش است. حد فوقانی این ناحیه حد خطی نام دارد و با $F_p$ (Proportional limit) نشان می‌دهند. بعد از حد خطی ناحیه کوتاه غیر خطی ولی با رفتار ارتجاعی وجود دارد. حد این ناحیه، حد ارتجاعی نام دارد. در فولاد، حد ارتجاعی خیلی نزدیک به حد خطی است. در این ناحیه قانون هوک $F = EE$ حاکم است.

سخت شدگی کرنشی Strain hardening : بعد از حد تسلیم، مقداری از این تنش ولی با شیب ملایم‌تر نسبت به ناحیه‌ی ابتدایی نمونه وجود دارد. این سیر صعودی در نمودار، به سخت شدگی کرنشی معروف است. سبب این ناحیه به تدریج کاهش یافته تا در تنش نهایی $F_u$ (ultimate stress) به صورت افقی درآید. در طول ناحیه‌ی سخت شدگی کرنشی، سطح مقطع نمونه شروع به کاهش می‌کند.

باریک شدن Necking : بعد از تنش نهایی، کاهش در قطر نمونه در یک ناحیه‌ی موضعی شدت یافته و یک ناحیه‌ی باریک شده در نمونه ایجاد می‌شود که سرانجام منجر به شکستگی نمونه می‌شود. بعد از تنش نهایی، نمودار سیر نزولی می‌یابد تا به تنش شکستگی $F_F$ (Fracture stress) برسد.

انواع اتصالات پیچ و مهره‌ای از نظر مکانیزم انتقال نیرو: اتصالات پیچی را می‌توان در دو شکل اتصال اتکایی و اتصال اصطکاکی طبقه‌بندی کرد. اتصال اتکایی را اتصال معمولی یا غیر اصطکاکی نیز گویند. طبق ضوابط برای هر دو نوع اتصال باید از پیچ‌های پرمقاومت استفاده کرد.

PAPCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۸/۱۱/۲۹

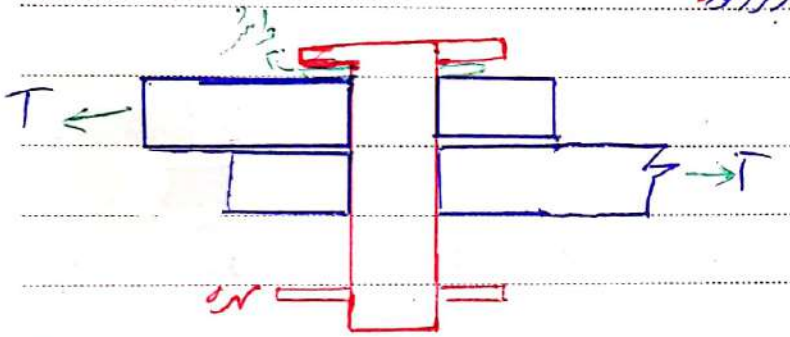
۱) اتصال اتکایی Bearing Type Connection : در این نوع اتصال، لغزش جزئی بین صفحات اتصال مجاز است.

در این اتصالات بدنه پیچ با جداره سوراخ ها تماس پیدا می کند

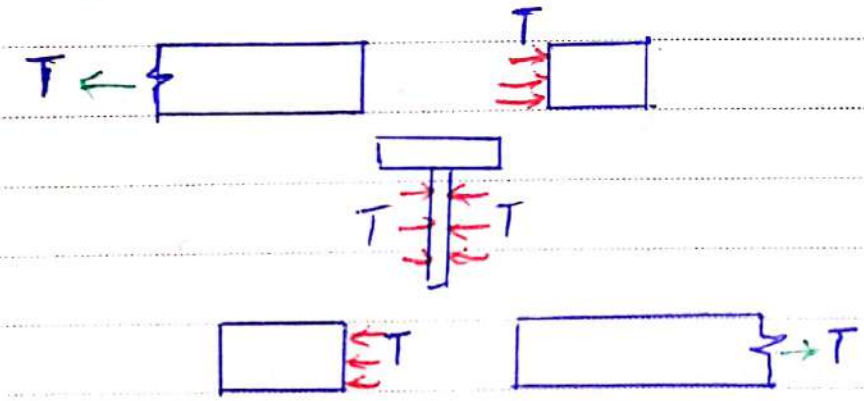
* نحوه ی انتقال نیرو در اتصالات اتکایی : در اتصالات اتکایی یا بهره ای، وقتی نیروی T (مطابق شکل) وارد می شود

ابتدا وقتی انتقال نیرو می خواهد بدنه ی پیچ و جداره سوراخ به هم فشار می کنند و در اثر این تکیه کردن انتقال نیرو از صفحه به پیچ و برعکس

صورت می گیرد. $F_x$ ها باید برابر یا صفر باشند تا تعادل برقرار شود.




: تعادل لنگر ها

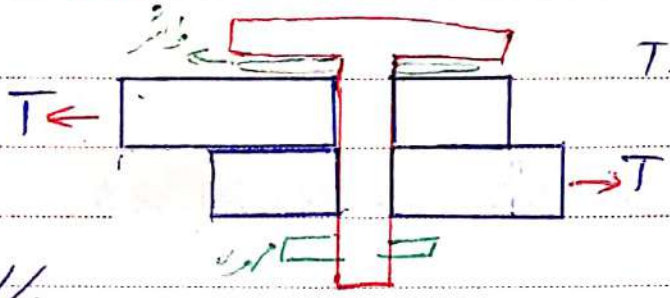



۲) اتصال اصطکاکی Friction-Type Connection : در این اتصال مهره ی پیچ بعد از محکم شدن اتصال، بیش تر پیچانده می شود. و دو صفحه اتصال به هم فشرده می شوند. در اثر این فشردگی بین پیچ و صفحه، بین مهره و صفحه نیرو وارد و بدل می شود. در مواردی که مرکز با



Scanned by CamScanner

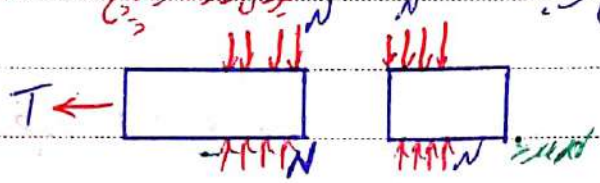
Jozvebama.ir



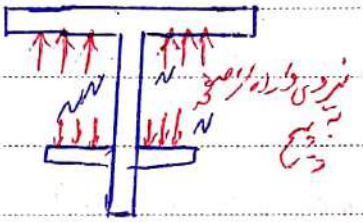
همیگونه نیروی بین ورق‌های افقی تحت بار برشی مانند T

رخ میدهد از اتصالات اصطکاکی استفاده می‌کنند

از غیر یکسانی دانستیم که نیروی اصطکاک برابر است با حاصل ضرب

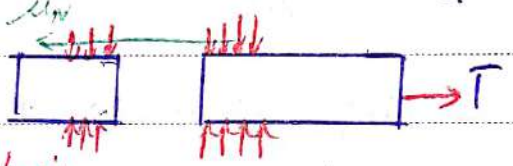


نیروی عمود بر سطح در ضریب اصطکاک.



به واسطه‌ی نیروی که در اثر فشردن صفحه‌ها ایجاد شده است

یک نیروی اصطکاک ایجاد می‌شود که مقدار آن برابر با



است. نیروی خارجی برشی T

با نیروی اصطکاک MM خنثی می‌شود. چون $\sum F_x = 0$ و $\sum F_y$ هم باید صفر باشد. بنابراین مانند شکل (خلاف

اتصال آتکایی) هیچ نیرویی به پیچ وارد نمی‌شود. چون معمولا پیچ در سوراخ قرار می‌گیرد و سفت می‌شود و خلاصی ندارد

و به دیواره سوراخ تکیه می‌کند. طبق شکل بر روی پیچ نیروی برشی وارد می‌شود که با این نیروی برشی نیروی پیش تنیدگی تولید

(کافی است در پیچ متقاطع بزنیم!)

بدین ترتیب، اگر پیچ‌ها در اتصالات اصطکاکی به علت اعمال نیروی پیش تنیدگی بر روی مهره وجود ندارد.

* نکته مهم اتصالات اصطکاکی اطمینان از سفت شدن پیچ و مهره به اندازه‌ی کافی و ایجاد نیروی پیش تنیدگی است.

بررسی سوراخ‌ها در اتصالات پیچ و مهره‌ای



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۲۹

## روش های سوراخ کردن قطعات فولادی:

۱- مته: با استفاده از مته ی دستی می توان قطعات فولادی را با دقت یک میلی متر سوراخ کرد و با دستگاه های ابزار دقیق مثل Drill CNC که با مته ی خودکار کار می کنند، می توان به دقت 0.3 میلی متر دست یافت. استفاده از این روش زمانبر است.

به هم چنین این روش، ارزان ترین روش است. گفته شد این روش زمان بر است. میزان زمان بر بودن آن بستگی به ضخامت قطعه دارد. اصطکاک بین مته و قطعه نیاز به تعویض و تیز کردن مرتب مته را پس از مدتی ایجاد می کند. بنابراین هزینه بر است.

۲- استفاده از دستگاه سوراخ کن مزبری یا ضربه ای Punch: عیب این روش این است که اطراف سوراخ آسیب دیده و ترک های موئی ایجاد می شود. طول این ترک ها به اندازه ی 1mm در امتداد محیط سوراخ مشهود می گردد. بنابراین در هنگام کنترل عضو کسر قطر سوراخ های ایجاد شده توسط دستگاه پانچ، 2mm بزرگ تر از قطر سوراخ لازم در نظر گرفته می شود.

* این که قطر سوراخ اندکی بزرگ تر از قطر پیچ ایجاد می شود جهت سهولت نصب پیچ هاست.

* طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه AISC آمریکا برای پیچ های دارای قطر کم تر از 24mm قطر سوراخ های استاندارد به اندازه ی 2mm بزرگ تر از قطر پیچ و برای پیچ های با قطر بزرگ تر یا مساوی 24mm، قطر سوراخ به اندازه ی 3mm بزرگ تر از پیچ منظور می شود. هم چنین از آن جا که ایجاد سوراخ با پانچ در لبه های سوراخ ترک های ایجاد می کند و باعث صدمه دیدن فولاد اطراف سوراخ می شود آیین نامه ها تاکید می کنند که در صورت ایجاد سوراخ با پانچ، قطر سوراخ به اندازه ی 2mm بزرگ تر از قطر سوراخ ایجاد شده



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

در مرحله قبل برای سهولت نصب شروع می‌شود.

۳- استفاده توامان از مته و پانچ: این کار سرعت را افزایش می‌دهد.

انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچ دهنه‌ای: آیین‌نامه‌ی AISC و مبحث دهم مقررات ملی، انواع سوراخ‌ها عبارتند از:

۱- سوراخ استاندارد گرد (STD)

Standard Round Hole = STD *

۲- سوراخ بزرگ شده‌ی گرد (OVS)

oversize Round Hole = OVS *

۳- سوراخ لوبیایی بلند (LSL)

Long-slotted Hole = LSL *

۴- سوراخ لوبیایی کوتاه (SSL)

Short-slotted Hole = SSL *

۵- سوراخ لوبیایی (لنبا کوتاه) عمود بر جهت نیرو (NSL)

(Slotted-hole Normal to load direction) = NSL *



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۸/۱۱/۲۹

جدول زیر ابعاد اسمی سوراخ پیچ را برای قطر پیچ و نیز حسب میلی متر نشان می دهد.

| قطر پیچ (mm) | ابعاد اسمی سوراخ (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | سوراخ استاندارد | سوراخ بزرگ شده | سوراخ لوبیایی کوتاه (طول × عرض) | سوراخ لوبیایی بلند (طول × عرض) |
| M16 | 18 | 20 | 18×22 | 18×46 |
| M20 | 22 | 24 | 22×26 | 22×50 |
| M22 | 24 | 28 | 24×30 | 24×55 |
| M24 | 27 | 30 | 27×32 | 27×60 |
| M27 | 30 | 35 | 30×37 | 30×67 |
| M30 | 33 | 38 | 33×40 | 33×75 |
| M36 | $d_b+3$ | $d_b+8$ | $(d_b+3)\times(d_b+10)$ | $(d_b+3)\times 2.5\,d_b$ |

* برای ورق های تا ضخامت 12mm می توانیم از پانچ برای سوراخ کاری استفاده کنیم. برای ورق های بیش تر از 12mm نمی توانیم از پانچ استفاده کنیم. البته مرسوم است که تا 15mm هم با پانچ سوراخ می کنند. اما برای ورق های بیش از 15mm حتما باید با مته سوراخ کاری انجام گردد. (در عمل)

* گفته شد که در انتقال اصطکاکی پیچ به تنهایی سوراخ تنگی ندارد (صفحه ۱۱). بنابراین برای این گونه انتقالات از سوراخ های بزرگ شده استفاده نمی کنیم. سوراخ بزرگ شده برای انتقالات اصطکاکی کاربرد دارند تا از خطاهای اجرایی جلوگیری شود.

* ابعاد ذکر شده در جدول فوق، ابعاد حداکثر سوراخ پیچ ها می باشند.

* اگر نیرو در راستای طولی (راستای با خلاصی زیاد وارد شود) استفاده از سوراخ های لوبیایی کوتاه و بلند فقط در انتقالات اصطکاکی مجاز



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۸/۱۱/۲۹

است. اما اگر نیرو در امتداد عرض سوراخ لوبیایی کوتاه و بلند وارد شود، در این صورت هم در اتصالات اتکایی و هم اصطکاکی کاربرد دارند.

بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در موارد زیر باید حتما از اتصال اصطکاکی استفاده شود:

۱) در وصلهی ستون های سازه های با ارتفاع بیش از 40m.

۲) اتصال کلیهی تیرها به ستون ها و اتصالات مهاربندی ها با ارتفاع بیش از 40m

۳) کلیهی سازه هایی که جرثقیل با ظرفیت بیش از 5ton دارد

۴) در اتصالاتی که بارهای متحرک و یا بارهای ضربه داریم.

* برای در نظر گرفتن مقاومت لرزه ای سازه، باید حتما از اتصالات اصطکاکی استفاده کنیم و استفاده از اتصالات اتکایی علا ممنوع است.

در اتصالات اصطکاکی میزان سفت کردن مهره و پیچ حائز اهمیت است. اگر به اندازه کافی سفت نشود لغزش اتفاق می افتد و اصطکاک رخ نمی دهد و در نتیجه نیروی بیش تنیدگی رخ نمی دهد.

* طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، حداقل نیروی بیش تنیدگی در پیچ ها از رابطه زیر به دست می آید:

$$T_b = 0.55\, F_u\, A_{nb}$$

که در آن $A_{nb}$ مساحت اسمی پیچ و $F_u$ تنش نهایی کششی آن است.

* در آیین نامه ذکر شده برای اطمینان از این که پیچ به اندازه کافی سفت شده اند باید نیروی بیش تنیدگی پیچ های پر مقاومت مطابق جدول حداقل (مبحث دهم مقررات ملی)



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۸/۱۱/۲۹

زیر پاشد:

| قطر پیچ برحسب mm | نیروی پیش تنیدگی برحسب تن ton | |
|---|---|---|
| | A 325 یا 8.8 | A490 یا 10.9 |
| M16 | 9.1 | 11.4 |
| M20 | 14.2 | 17.9 |
| M22 | 17.6 | 22.1 |
| M24 | 20.5 | 25.7 |
| M27 | 26.7 | 33.4 |
| M30 | 32.6 | 40.8 |
| M36 | 47.5 | 59.5 |

نحوه ایجاد نیروی پیش تنیدگی:

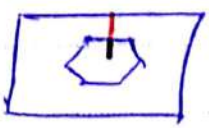
روش اول: ابتدا یک واشر با یک آچار معمولی پیچ را به سمت پیش پاشیده یا... یک خط روی درز و یک خط روی قطعه پیچ رسم می‌کنند. پس از واشر (یا یک آچار بادی) دوباره پیچ را می‌چرخانند و میزان چرخش به اندازه $\frac{1}{3}$ دایره است.

در واقع علامتی که روی ورق رسم کردیم جهت است و فقط علامت پیچ جابجا می‌شود. بدین صورت می‌فهمیم $\frac{1}{3}$ دور چقدر است.

چقدر چرخانده ایم. برای پیچ هایی که طول پیچ از چهار برابر قطرش کمتر است، $\frac{1}{3}$ دور کفایت می‌کند تا حداقل پیش تنیدگی ایجاد شود.

می‌توانیم از جدول زیر برای انواع پیچ ها با توجه به قطر و طول پیچ استفاده کنیم:

| طول پیچ | حداقل دوران پیچ های اضافه |
|---|---|
| $L \leq 4d_b$ | $\frac{1}{3}$ دور |
| $4d_b < L \leq 8d_b$ | $\frac{1}{2}$ دور |
| $8D_b < \ell \leq 12d_b$ | $\frac{2}{3}$ دور |





Scanned by CamScanner

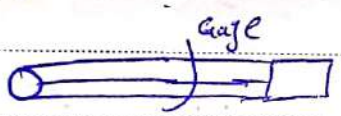
Jozvebama.ir

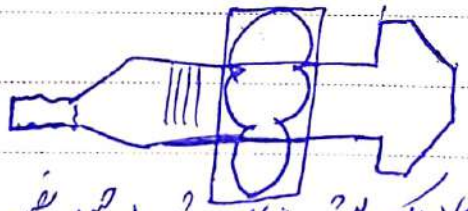
روش ۲- پیچ هایی وجود دارند که دارای ۲ کله هستند. با استفاده از آچار کله بالایی را آنقدر می پیچانند تا رها شود و بریده شود. زمانی که رها شود، یعنی به اندازه کافی پیش کشیده شده است.

روش ۳: در این روش یک میله دارد هست که دارای مواد مثل کرسی هست. این واشر ها را جای واشرهای قبلی می گذاریم. وقتی پیچ را به اندازه کافی سفت کنیم، کرسی بیرون می آید. وقتی این اتفاق بیافتد یعنی به اندازه کافی پیش کشیده شده است.

واشر دارای گرسی

روش ۴: استفاده از دستگاه آچار هیدرولیک. برای اطمینان از سفت شدن پیچ، لازم است که میزانی از نیروی کششی در پیچ ایجاد شود که این نیرو را با فشار سنجی بین دو صفحه کند این مشکل با خطاهای زیادی همراه است. یکی از ملاک هایی که میزان کشش یک پیچ را نشان می دهد مقدار تنگ بیچی وارده بر پیچ است. آچارهای مدرج وجود دارند که میزان تنگ بیچی وارده بر پیچ را نشان می دهند. روی این آچارها یک جدول وجود دارد که در آن بین قطر پیچ نیروی کششی را با توجه به تنگ بیچی نشان می دهد. میزان تنگ بیچی روی یک Gage نمایش داده می شود.



روش ۵) TC6 (تی سی بولت)

شکل جدید پیچ و مهره های سازه ای است که قابلیت ایجاد یک پیش کشیدگی مشخص در حین نصب را دارد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/1/19

## فواصل حداقل و حداکثر:

در انفجارات بیچی سوراخ ها در جهت نیرو یا عمود بر آن در یک یا چند ردیف بر روی خطوط مستقیم تقسیم می گردند.

اگر تعداد ردیف های مورد نیاز در یک انفجار زیاد باشد، می توان سوراخ ها را به صورت زیگزاگ اجرا کرد.

در روابط و شکل های رسم شده در کتب و منابع مختلف فواصل سوراخ ها را هم با S و فاصله آن ها از لبه ی انتهایی با e نشان داده شده اند.

## دلایل رعایت حداقل فواصل سوراخ ها:

۱- جلوگیری از شکسته شدن قطعات فولادی در محل انفجار و لبه ها

۲- فراهم کردن فضای کافی و مناسب برای آجار و در نتیجه محکم کردن آسان مهره های بیچ

## دلایل رعایت حداکثر فواصل سوراخ ها:

۱- جلوگیری از باز شدن درزبین قطعات اتصال و حفاظت زدگی آن ها

۲- هنگامی که ورق های اتصال تحت اثر نیروهای فشاری قرار می گیرند، احتمال وقوع کمانش موضعی در آن ها وجود دارد. محدود کردن فاصله ی سوراخ ها باعث کاهش طول کمانش و کاهش خرابی ورق اتصال ناشی از ناپایداری موضعی می شوند.

حداقل فاصله سوراخ ها: طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان حداقل فاصله سوراخ ها بدین صورت است:



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۱۹

فاصله‌ی مرکز به مرکز سوراخ‌های استاندارد یا بزرگ شده یا لوبایی از یکدیگر نباید از سه برابر قطر پیچ کمتر باشد $(S \geq 3d_b)$

حداقل فاصله سوراخ‌ها از لبه:

برای سوراخ استاندارد:

$$l_e \geq \begin{cases} 2d_b & \text{لبه‌ی بریده شده با قیچی یا گیوتین} \\ 1.75d_b & \text{لبه‌ی نورد شده ورق یا نیمرخ یا لبه‌ی بریده شده با مشعل‌های اتوماتیک یا دستی} \end{cases}$$

برای سوراخ‌های بزرگ شده و سوراخ‌های لوبایی

برای این سوراخ‌ها فاصله مرکز سوراخ تا لبه نباید از مقادیر فوق به اضافه‌ی مقدار $c$ کمتر باشد.

(به صورت زیر)

مقدار حداقل افزایش فاصله سوراخ تا لبه $c$:

- سوراخ بزرگ شده: 3mm
- سوراخ لوبایی: به شرط استفاده از پیچ‌های کوتاه: 5mm
- سوراخ لوبایی: به شرط استفاده از پیچ‌های بلند: $0.75d_b$
- حالت عادی با لبه: 0

حداکثر فاصله سوراخ‌ها تا لبه:

$$l_{e\,max} \leq \begin{cases} \min(12t, 15cm) & \text{برای شرایط خوردگی کم و متوسط} \\ \min(8t, 125cm) & \text{برای شرایط خوردگی شدید} \end{cases}$$

حداکثر فاصله‌ی مرکز تا مرکز سوراخ‌ها

$$S_{max} \leq \begin{cases} \min(24t, 30cm) & \text{خوردگی کم و متوسط} \\ \min(14t, 20cm) & \text{خوردگی شدید} \end{cases}$$

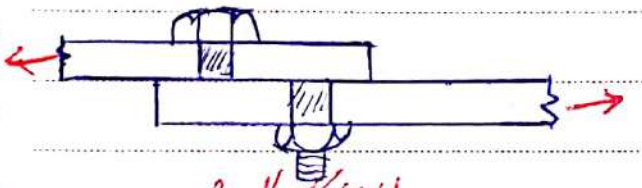


Scanned by CamScanner

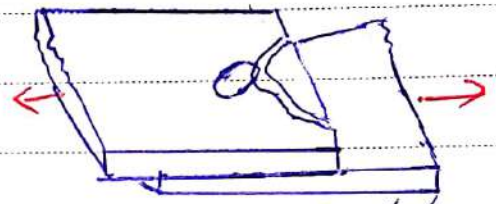
Jozvebama.ir

انواع لنگی در اتصالات پیچ و مهره ای:

خرابی یک اتصال آنکه یا اصطکاکی طبق یکی از اشکال زیر خواهد بود.

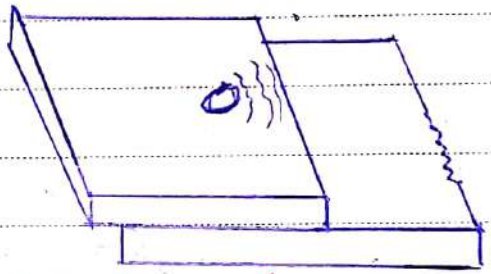


الف) گسیختگی برشی بدنه پیچ

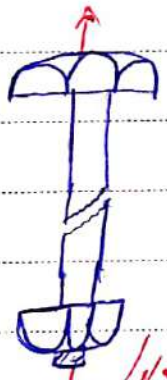


ب) گسیختگی برشی ورق

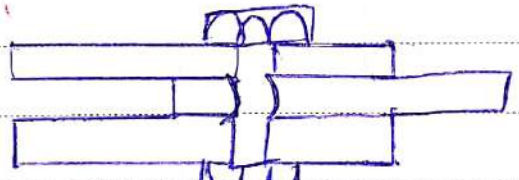
پ) لهیدگی بدنه پیچ



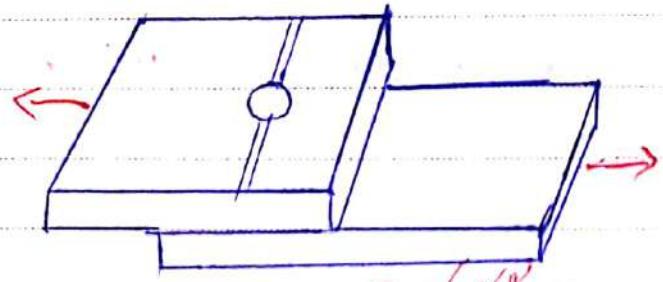
ت) لهیدگی ورق اتصال (نغیری نمودن سوراخ)



ث) گسیختگی گوشی انتهایی



ج) گسیختگی گوشی بدنه پیچ (مانند کرتیر)



چ) گسیختگی کرنری ورق



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۲۶

می دانیم که یکی از شکل پذیری فولادهای مورد استفاده در اتصالات (پیچ های پرمقاومت) از ورق های اتصال فولادی (فولاد ST37 و ST52) بیشتر است، بنابراین با لهیدگی ورق تمایل زودتر از لهیدگی بدنه پیچ رخ می دهد. هیچ وقت اول بدنه پیچ لهیده نمی شود. بنابراین اگر کنترل لهیدگی ورق اتصال را انجام دهیم و لهیدگی ورق اتصال انجام نشود، لهیدگی بدنه پیچ هم رخ نمی دهد. پس اگر لهیدگی ورق را کنترل کنیم یعنی لهیدگی پیچ را هم کنترل کرده ایم.

★ لازم به ذکر است که ۷ مورد حالت گسیختگی ذکر شده در صفحه قبل معمولا برای اتصالات انگاری رخ می دهند.

در اتصالات اصطکاکی گسیختگی از نوع لهیدگی بدنه پیچ یا گسیختگی برشی پیچ نداریم چون در اتصالات اصطکاکی مکانیزم انتقال نیرو در آن اصطکاک و صفحه است. اما آیین نامه ذکر کرده که کنترل های اتصالات انگاری را باید در اتصالات اصطکاکی هم چک کنیم. بنابراین در مورد اتصال به این کنترل های لازم را انجام دهیم.

★ اگر فاصله های جدول بین سوراخ ها و فاصله سوراخ تا لبه را رعایت و کنترل کنیم، گسیختگی برشی ورق رخ نخواهد داد.

با رسم دیاگرام آزاد جزئی مثل فولادی یک، یک بار با ضریب افزایش یافته و یک بار مقاومت کاهش یافته داریم و این دو را با هم مقایسه می کنیم.

بارهای با ضریب افزایش یافته را از دیاگرام تحلیل و آنالیز بدست می آوریم. در واقع ما با استفاده از عناصر استاتیک و تحلیل سازه در معادلات تعادل و یا روش هایی مثل شیب افت و پیش بما (برای سازه نامعین) سازه را تحلیل می کنیم و نیروها داخلی آن را می یابیم.

بارهای با ضریب افزایش یافته را با اندیس ما نشان می دهیم. حال باید این بارها با ضریب را با مقاومت کاهش یافته آنها مقایسه کنیم.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۲۶

با این مقاطع دو حالت وجود دارد:

۱- بار زلزله‌ی افزایش یافته بیش‌تر از مقاومت کاهش یافته باشد؛ که این به این معناست که مقطع ضعیف است و باید تقویت شود.

* نرم‌افزارهایی مثل Etabs و SAP همین مقاطع را اینگونه می‌دهند در این جا بیشتر با اسم Ratio تعریف می‌شود که عبارتست از

نسبت: $Ratio = \frac{\text{بار یا ضریب افزایش یافته}}{\text{مقاومت کاهش یافته}}$

پس در این حالت، اگر بار زلزله‌ی افزایش یافته بیش‌تر از مقاومت کاهش یافته باشد $Ratio > 1$ خواهد بود.

۲- بار زلزله‌ی افزایش یافته کم‌تر از مقاومت کاهش یافته باشد یعنی مقطع از مقاومت کافی برخوردار است در این حالت $Ratio < 1$ است. اگر Ratio خیلی به عدد یک نزدیک باشد یعنی مقطع ما خیلی اقتصادی است و می‌تواند آن را کمی ضعیف کرد.

* $0 \leq Ratio \leq 1$

* هرچه Ratio به صفر نزدیک‌تر باشد یعنی سازه ما خیلی ایمن است و می‌توان کمی مقطع را ضعیف و کمتر کرد.

در طراحی اعضا هم ما به دنبال این Ratio هستیم و برای ما خیلی مهم است.

ما در اینجا می‌خواهیم طراحی به دنبال مقاومت کاهش یافته هستیم و هدف آن به دست آوردن آن است و پس نسبت Ratio را می‌یابیم.

- ضریب کاهش مقاومت را با $\phi$ نشان می‌دهند. در اعضای بتنی و بادبندها $\phi = 0.75$ است.

مقاومت کششی طراحی و مقاومت برشی در اعضای کابلی:



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 94/1/26

مقاومت کششی اسمی ($R_{nt}$) و مقاومت برشی اسمی ($R_{nv}$) براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در اتصالات

اتکایی به صورت روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$R_{nt} = F_{nt} \cdot A_{nb}$ مقاومت کششی اسمی

$R_{nv} = F_{nv} \cdot A_{nb}$ مقاومت برشی اسمی

که در آن:

$R_{nt}$: مقاومت کششی اسمی؛ $R_{nv}$: مقاومت برشی اسمی؛ $A_{nb}$ سطح مقطع اسمی وسیله اتصال (مثل پیچ)؛ $F_{nt}$:

تنش کششی اسمی؛ $F_{nv}$: تنش برشی اسمی

$F_{nt}$ تنش کششی اسمی و $F_{nv}$ تنش برشی اسمی طبق جدول زیر برحسب نوع وسیله اتصال به دست می‌آیند:

| نوع وسیله‌ی اتصال | تنش کششی اسمی $F_{nt}$ | تنش برشی اسمی $F_{nv}$ (اتکایی) |
|---|---|---|
| پیچ های معمولی | $0.75 F_u$ | $0.45 F_u$ |
| پیچ های پر مقاومت (در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد N | $0.75 F_u$ | $0.45 F_u$ |
| پیچ های پر مقاومت (در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی گذرد X | $0.75 F_u$ | $0.55 F_u$ |
| قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده (در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد N | $0.75 F_u$ | $0.45 F_u$ |
| قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده (در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی گذرد X | $0.75 F_u$ | $0.55 F_u$ |

به عبارت دیگر در مورد جدول بالا می‌توان گفت که حالت X یعنی زمانی که قسمت رزوه شده پیچ‌ها در صفحه برشی قرار دارد که از نظر مقاومت برشی دقیق‌تر محاسبه می‌شود و حالت N برای زمانی است که قسمت رزوه شده از نظر مقاومت برشی دقیق‌تر محاسبه می‌شود

PAPCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۱۰/۲۶

* طبق روش حالات حدی LRFD ضوابط طراحی اتصالات اتکایی به این صورت است:

$R_{ut} \leq \phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_{nb}$ (مقاومت کششی مورد نیاز اتصال با اعمال ضرایب بار / مقاومت طراحی کششی)

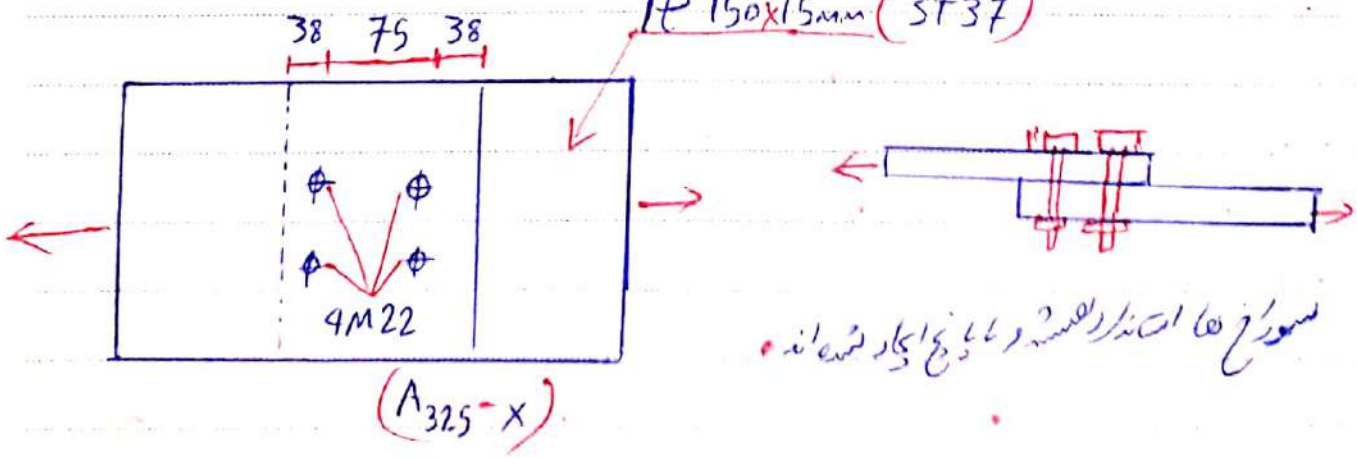
$R_{uv} \leq \phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb}$ (مقاومت برشی مورد نیاز اتصال با اعمال ضرایب بار / مقاومت برشی طراحی)

که در آن:

$R_{ut}$: مقاومت کششی مورد نیاز با اعمال ضرایب بار (مقاومت کششی طراحی)؛ $R_{uv}$: مقاومت برشی مورد نیاز اتصال با اعمال ضرایب بار (مقاومت برشی طراحی)؛ $\phi$: ضریب کاهش مقاومت است که برابر با 0.75 می‌باشد.

طبق جدول صفحه ۷ جزوه، همان‌طور که گفته شد پیچ پرمقاومت در استاندارد DIN آلمان 8.8 و 10.9 می‌باشند که معادل پیچ‌های A325 و A490 می‌باشند چون تنش‌های نهایی $F_u$ آن‌ها تقریباً هم‌ارزند. (مطابق استاندارد ASTM آمریکا) ($d \leq 24mm$)

مثال: مطلوبست محاسبه ی ظرفیت کششی اتصال اتکایی شکل زیر.




نسوراخ ها استاندارد فرض شده و به روش ایجاد شده‌اند.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۲۶

★ قبل از حل مثال لازم است اشاره به یادآوری قسمتی از فولاد (۱) بپردازیم:

وقتی در اعضای کششی، برای اجرای اتصالات، سوراخ ایجاد می‌شود، از سطح مقطع موثر آن‌ها در مقابل نیروی خارجی کاسته می‌شود.

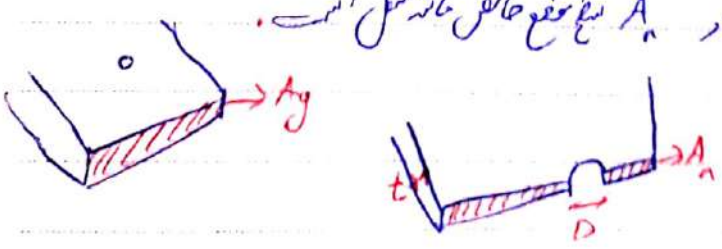
به سطح مقطع باقی مانده پس از ایجاد سوراخ سطح مقطع خالص (Net Area) $A_{net}$ ($A_n$) گویند. در این حالت، تنش در مقطع دارای سوراخ، با توزیع تنش روی مقطع بدون سوراخ متفاوت است. در وضعیت بدون سوراخ، توزیع تنش در مقطع به صورت یکنواخت صورت می‌گیرد، اما در حالت سوراخ دار، با اعمال نیروی کششی توزیع تنش غیر یکنواخت بوده و میزان تنش حداکثر در اطراف سوراخ می‌تواند تا سه برابر تنش متوسط روی سطح سوراخ باشد. بنابراین در اعضای سوراخ‌دار قبل از شروع تسلیم، تنش در مقطع کل (در فاصله‌ای از مقطع سوراخ‌دار که حد تسلیم می‌رسد) برای به دست آوردن $T_u$ حداکثر نیروی کششی مقطع سوراخ‌دار را کنترل نمی‌کنیم کنترل را انجام می‌دهیم

$$T_u = \min \begin{cases} \text{کنترل تسلیم کلی عضو} : \phi F_y A_g = 0.9 F_y A_g \\ \text{کنترل گسیختگی اطراف سوراخ} : \phi F_u A_e = 0.75 F_u A_e \end{cases}$$

که در آن:

$A_g$ = سطح مقطع کل ؛ $A_e$ سطح مقطع موثر ؛ $F_y$ تنش تسلیم فولاد ؛ $F_u$ تنش گسیختگی نهایی فولاد و $T_u$ مقاومت اسمی گسیختگی فولاد بر اساس تحلیل پلاستیک است.

اگر یک مقطع مستطیلی سوراخ‌دار مانند شکل در نظر بگیریم؛ $A_g$ و $A_n$ سطح مقطع خالص مانند شکل است.




بنابراین سطح مقطع خالص برابر است با: $A_n = A_g - Dt$

در صورت وجود $n$ سوراخ: $A_n = A_g - nDt$

P4PCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۲۶

اگر در اتصال اعضای کششی از پیچ یا پرچ برای اتصال مقطعات دیگر استفاده شود به علت تضعیف سوراخ های لازم از سطح مقطع عضو کاسته می شود به سطح مقطع

باقیمانده پس از کسر سطح مقطع سوراخ ها سطح مقطع خالص گویند. معمولا سوراخ های ایجاد شده در اعضای فولادی توسط دستگاه سوراخ کن (یا پانچ) یا مته

ایجاد می شوند جهت سهولت عضب پیچ ها حفره سوراخ ها اندکی بزرگتر از قطر پیچ می باشد.

سطح مقطع موثر عضو کششی $A_e$: سطح مقطع موثر از رابطه $A_e = UA_n$ به دست می آید. بنابراین رابطه سطح مقطع موثر از حاصل ضرب

مساحت مقطع خالص $A_n$ در ضریب تاخیر برشی $U$ به دست می آید.

★ ضریب تاخیر برشی $U$ همواره کوچکتر یا مساوی یک است. این ضریب به علت عدم انتشار یکنواخت تنش کششی

در محل اتصال در ماده ایجاد می شود.

علاوه بر کاهش مقاومت کششی به علت وجود سوراخ عوامل ایجاد توزیع غیر یکنواخت تنش در مقطع نیز از مقاومت کششی عضو می کاهند.

در مقاطعی که از کل سطح مقطع برای اتصال آن استفاده نمی شود توزیع تنش کششی غیر یکنواخت خواهد بود. در این حالت معمولا محل اعمال

نیروی کششی (معمولا مرکز سطح عضو) با محل انتقال نیروی کششی (محل مرکز وسایل اتصال) منطبق نیست و به علت فاصله بین این دو لنگر های اضافی در

محل اتصال عضو ایجاد می شود. به وجه فاصله بین محل اعمال نیروی کششی و محل انتقال نیروی کششی بیشتر باشد پدیده ی عقب افتادگی برشی باعث

افزایش بیشتر تنش حداکثر روی سطح خالص می شود. اگر طول اتصال افزایش یابد، اشکال از اتصال افزایش یافته و لنگر های اضافی ایجاد شده در

اتصال تاثیر کمتری در عضو می گذارند.



Scanned by CamScanner

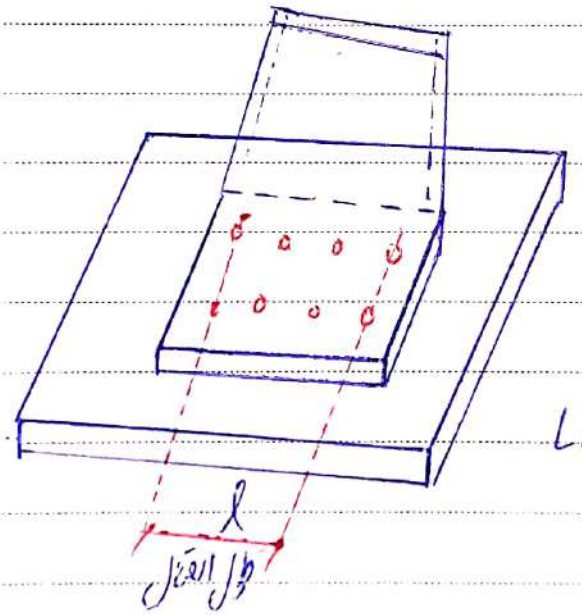
Jozvebama.ir

Subject :
Date 99/1/26

اگر دو ورق به گونه‌ای به هم وصل شوند که بار به طور مستقیم توسط وسایل اتصال به هر یک از اجزای تشکیل دهنده‌ی مقطع منتقل شود سطح مقطع مؤثر $A_e$ با سطح مقطع خالص $A_n$ در اتصال پیچی و $A_g$ در اتصال جوشی خواهد بود. به عبارت دیگر ضریب تأخیر برشی U برابر با یک خواهد بود.

$$A_e = U A_n \xrightarrow{U=1} A_e = A_n$$ یعنی:

اما اگر مانند شکل زیر یک نیمرخ به یک ورق به وسیله‌ی پیچ متصل شده باشد بار یا نیروی داخلی هم ورق اتصال دارد اما بار بالایی یعنی اتصالی به ورق ندارد (نیرویی که به نبشی وارد می‌شود را به عهده بار نبشی) بنابراین حمل اتصال توسط یک بار منتقل نمی‌شود. پس می‌بینیم که توزیع تنش غیر یکنواخت است و تمرکز تنش روی یک بار به وضوح دیده می‌شود. این پدیده به عقب افتادگی یا تأخیر برشی Shear lag نام دارد.




مطابق ضوابط و آیین‌نامه در شرایط مختلف می‌توانیم مقدار U را بیابیم.

برای نبشی L:
- حداقل 4 وسیله اتصال (مثل پیچ) در هر ردیف : $U = 0.8$
- 2 یا 3 ردیف وسایل اتصال در هر ردیف : $U = 0.6$

برای مقطع I شکل یا ناودانی:
- اتصال از بال‌ها و حداقل 3 وسیله اتصال در هر ردیف
  - $b_f \geq \frac{2}{3} d \rightarrow U = 0.9$ (عرض بال $= b = b_{flange} = b_f$ ✱)
  - $b_f < \frac{2}{3} d \rightarrow U = 0.85$ ($d$ = ارتفاع مقطع ✱)
- اتصال از جان و حداقل 4 وسیله اتصال در هر ردیف : $U = 0.7$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/1/24

حال با توجه به مطالب گفته شده به حل مثال می پردازیم:

حل: ابتدا به کنترل کششی سیستم اعضای می پردازیم. می توانیم ابتدا کشش گسیختگی برش و بلوک را کنترل کنیم.

$$A_g = 15 \times 1.5 = 22.5\ cm^2$$

$$A_e = UA_n \xrightarrow[\text{عضو کشش کوتاهی پرچی نداریم}]{U=1} A_e = A_n = \min \begin{cases} 0.85 A_g = 0.85 \times 22.5 = 19.125\ cm^2 \\ A_{g-not} = 22.5 - 2(2.4+0.2) \times 1.5 = 14.7\ cm^2 \end{cases}$$

علت کنترل $0.85A_g$ این است که طبق یکی از بندهای آیین نامه نباید مقدار $T_u > 0.85A_g$ شود. مقدار سوراخ در سطح برش در نظر گرفته می شود.

قطر پیچ ها 2.2 cm است. اما چون سوراخ ها با پانچ ایجاد شده اند، 2mm به قطر سوراخ اضافه می شود. پس قطر سوراخ برابر است با:

$$D_t = 2.2 + 0.2 + 0.2 = 2.6\ cm$$

2mm دیگر اضافی می شود. پس قطر سوراخ برابر است با:

$$\rightarrow A_n = \min\{19.125, 14.7\} = 14.7\ cm^2$$

$$T_u \le \phi T_n$$

$$T_u = \min \begin{cases} \text{تسلیم کششی در سطح کل} = \phi F_y A_g = 0.9 \times 2400 \times 22.5 = 48600\ kg = 48.6\ Ton \\ \text{گسیختگی کششی در سطح موثر در محل اتصال} = \phi F_u A_e = 0.75 \times 3700 \times 14.7 = 40792.5\ kg = 40.79 \simeq 40.8\ ton \end{cases}$$

$$\rightarrow T_u = \min\{48.6, 40.8\} = 40.8\ ton$$

ماکزیمم نیروی کششی که در محل اتصال می تواند عمل کند

از آن جایی که اتصال ما پرچی است، با اعمال نیروی کششی به ورق، بدنه ی پیچ به جدار سوراخ تکیه می کند و به واسطه ی آن پیچ به جدار سوراخ انتقال نیرو صورت می گیرد. بنابراین یک نیروی برشی بالا در جدار سوراخ و همین طور یک نیروی فشاری در جدار سوراخ داریم. پیچ می خواهد در محل اتصال



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۲۶

دو ورق رسید می شود و یا بدین ترتیب که پیچ در محل اتصال دو ورق پرده نشود

$R_{uv} \leq \phi R_{nv} \rightarrow R_{uv} = \phi R_{nv}$ و $\phi = 0.75$ $\quad R_{nv} = F_{nv} A_{nb}$ و $F_{nv} = 0.55 F_u$ طبق جدول صفحه ۲۳

$A_{nb} = 4 \times \frac{\pi}{4} \times 2.2^2 = 15.205\ cm^2$

$\rightarrow R_{uv} = \phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb} = 0.75 \times 0.55 \times 8000 \times 15.205 = 50176.5\ kg \simeq 50.18\ Ton$

مقاومت اتکایی در جداره سوراخ:

بدنه پیچ به جداره سوراخ فشار می آورد. پیچ به خاطر مقاومت خود در برابر برش و جداره سوراخ در حال اتصال مقاومت می کند. این مورد را کنترل می کنیم. طبق شکل، ۴ عدد پیچ داریم که هر کدام از آنها به جداره سوراخ به چند سمت از نیرو وارد می شود. جهت را در نظر می گیریم که در اثر اتکایی پیچ به جداره سوراخ نیروی از هر پیچ به جداره سوراخ اعمال می شود.

$T_u = \phi T_n$ و $\phi = 0.75 \rightarrow T_u = 0.75 T_n$

فرمول کنترل مقاومت اتکایی در جداره سوراخ

$\frac{1}{n} T_n = 1.2 l_c t F_u \leq 2.4 d t F_u$

که در آن؟

$l_c$: فاصله ای داخل جداره سوراخ تا لبه ی ورق (فاصله داخل جداره سوراخ تا لبه ی ورق) است. در واقع می توان گفت که $l_c = l_e - \frac{d_b}{2}$ می دانیم که $l_e$ فاصله مرکز سوراخ تا لبه ورق است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۱/۲۶

هم چنین t: ضخامت ورق، $F_u$: تنش کششی و $d_b$: قطر پیچ می باشد و عدد n در کسر $\frac{1}{n}$ معرف تعداد پیچ هاست.

بنابراین:

$\frac{1}{n}T_n = 1.2 l_c t + F_u \leq 2.4 F_u d_b t$ ، $l_c = l_e - \frac{d_b}{2} = 3.8 - \frac{2.2}{2} = 2.7 cm$ ، $t = 1.5 cm$

$F_u = 3700 \ kg/cm^2$

$\rightarrow \frac{1}{4}T_n = 1.2 \times 2.7 \times 1.5 \times 3700 = 17982 \ kg$

$2.4 F_u d_b t = 2.4 \times 3700 \times 2.2 \times 1.5 = 29304 kg \rightarrow \frac{1}{4}T_n = 17982 < 29304$ ✓

$\frac{1}{4}T_n = 17982 \rightarrow T_n = 71928 kg = 71.928 ton$

$T_u = \phi T_n = 0.75 T_n = 0.75 \times 71.928 = 53.946 \simeq 53.95 ton$

حال باید فاصله ی بین مرکز سوراخ ها یا همان گام پیچ ها S و فاصله ی مرکز سوراخ تا لبه ی ورق $l_e$ را کنترل کنیم.

$S_{min} \geq 3 d_b = 3 \times 2.2 = 6.6 cm$

طبق شکل $S = 7.5 cm$

$7.5 cm \geq 6.6 cm$ OK

بازهم طبق آیین نامه ی فولادی که در کلاس گفته شد، $S_{max}$ را کنترل می کنیم.

$S_{max} \leq min(24t, 30cm) = min(24 \times 1.5, 30 cm) = min(36, 30) = 30 cm$

$\rightarrow S_{max} \leq 30 cm$ ok $\rightarrow 6.6 cm \leq S \leq 30 cm$

$(l_e)_{min} \geq 1.75 d_b = 1.75 \times 2.2 = 3.85 cm$ طبق شکل: $l_e = 3.8 cm$ که تقریبا برابر است با مقدار حداقل که می توانیم، در صورت تقریب را نادیده گرفته و مشکلی پیش نمی آید.

P4PCO

۳۵

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

با فرض شرایط جوشی خوردگی کم و متوسط

$(l_e)_{max} \le \min(12t, 15cm) = \min(12\times1.5, 15cm)$

$\longrightarrow 3.85 \le l_e \le 15cm$

$(l_e)_{max} \le \min(18, 15) = 15cm \rightarrow (l_e)_{max} \le 15cm$

بنابراین ظرفیت کششی اتصال این میله برابر است با:

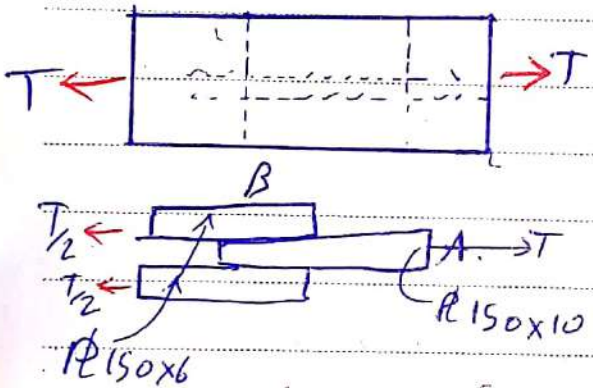
$T_u = \min\{53.25, 50.18, 40.8\} = 40.8$ Ton

---

مثال: مطلوبست طراحی تعداد پیچ های لازم از نوع A325-X برای اتصال شکل زیر.

A325-N
M16
ST-52

نمودار خواسته شده در صورت




$A_{g(A)} = 15cm^2$ ، $A_{g(B)} = 2\times0.6\times20 = 18cm^2$

سطح A چون ضعیف‌تر است کنترل شکست برش قالبی برای سطح A انجام می‌شود.

کنترل تسلیم کششی سطح

$A_n = UA_e \xrightarrow{U=1} A_n = A_e = \min\begin{cases} 0.55A_g \\ A_g - nDt = 15 - 2\times1.8\times1 = 11.4cm^2 \end{cases}$

$T_u = \min\begin{cases} \text{تسلیم کششی در سطح کلی} = \phi f_y A_g = 0.9\times3600\times15\times10^{-3} = 48.6 \text{ ton} \\ \text{شکست کششی در سطح مؤثر} = \phi f_u A_e = 0.75\times5200\times11.4\times10^{-3} = 44.5 \text{ ton} \end{cases}$

حل نهایی

کنترل برشی پیچ

$T_u = \phi T_n = \phi F_{nv} A_b$ ، $F_{nv} = 0.55F_u$ ، $A_b = n\times\frac{\pi\times1.6^2}{4} = 2.011n$ ، $\phi = 0.75$

ورق اتصال دو برش است یعنی قبل از برش پیچ در دو سطح برش داده می‌شود.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date 99/1/24

برش : $T_u = \phi T_n = \phi F_{nv} A_{nb} \longrightarrow \frac{44500}{2} = 0.75 \times 0.55 \times 8000 \times 2.011 n$

$\rightarrow n = 3.353 \rightarrow$ Try 4 M16

کنترل پرسی جداسطح (مقاومت اتکایی در جداسطح)

$\frac{1}{4} T_n = 1.2 l_c t F_u \leq 2.4 d_b t F_u$

$l_c$ را پیدا کرده، پس محدودیت های زیر را کنترل می کنیم.

$l_e \geq 1.75 d_b = 1.75 \times 16 = 2.8$ cm
$l_e \leq 12 \times 0.6 = 7.2$ cm
} Choose $\rightarrow l_e = 4$ cm

$l_c = l_e - \frac{d_b}{2} = 4 - \frac{1.6}{2} = 3.2$ cm

$\frac{1}{4} T_n = 1.2 \times 3.2 \times 1 \times 5200 = 19968$ kg $= 19.968$ ton $\simeq 19.97$ ton

$2.4 d_b t F_u = 2.4 \times 1.6 \times 1 \times 5200 = 19968$ kg $= 19.968$ ton $\simeq 19.97$ ton ok

$\frac{1}{4} T_n = 19.968 \rightarrow T_n = 79.872$ ton.

$T_u = \phi T_n = 0.75 \times 79.872 = 59.904$ ton

$S \geq 3d = 3 \times 1.6 = 4.8$ cm $\rightarrow S \geq 4.8$ cm
$S \leq \begin{cases} 24 \times 1 = 24 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} = 30 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow S \leq 24$ cm
} Choose $\rightarrow S = 6$ cm



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲

## اثر همزمان کشش و برش در اتصالات اتکایی:

در این صورت روابط مجاسازی به این صورت درمی آیند:

$R'_{nt} = F'_{nt} A_{nb}$ که در آن $R'_{nt}$ مقاومت کششی پیچ های اتکایی تحت اثر همزمان کشش و برش

و $R'_{nv}$ مقاومت برشی پیچ های اتکایی تحت اثر همزمان کشش و برش

می باشند.

$F'_{nt}$ تنش کششی اسمی پیچ های تحت اثر توام کشش و برش، برای روش طراحی LRFD طبق رابطه زیر بدست می آید.

$$F'_{nt} = F_{nt}\left[1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right] \leq F_{nt}$$

$F_{nv}$ تنش برشی اسمی پیچ های تحت اثر توام برش و کشش برای روش طراحی LRFD طبق رابطه زیر بدست می آید

$$F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right] \leq F_{nv}$$

در حالتی که تنش کششی یا برشی مورد نیاز کم تر از 30 درصد تنش طراحی مجاز باشد، منظور کردن رابطه اندرکنش الزامی نیست

منظور کردن اندرکنش الزامی نیست $f_u \leq 0.3 \phi F_n$

در رابطه فوق؛

$f_{uv}$ تنش برشی مورد نیاز با اعمال ضرایب بار؛ $F_{nv}$ تنش برشی اسمی؛ $F_{nt}$ تنش کششی اسمی؛ $f_{ut}$ تنش کششی مورد نیاز با اعمال ضرایب بار،



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲

$A_{nb}$ سطح مقطع اسمی پیچ ، $\phi$ ضریب تقلیل مقاومت 0.75 می باشد.

## مقاومت کششی طراحی و مقاومت برشی طراحی در اتصالات اصطکاکی:

در اتصالات اصطکاکی پیچ ها تحت اثر نیروهای دینامیکی دوران کششی، رفتار خاصی از خود نشان می دهند و در حالی که مقاومت پیچ ها در اتصالات اتکایی تحت اثر این نیروها کاهش می یابد، بنابراین آیین نامه ها برای پیچ های دینامیکی و طراحی لرزه ای، استفاده از اتصالات اصطکاکی را توصیه می کنند.

مقاومت کششی اسمی پیچ های پرمقاومت در اتصال اصطکاکی همانند مقاومت کششی اسمی برای پیچ های پرمقاومت در اتصال اتکایی است.

$$R_{nt} = F_{nt} A_{nb}$$

مقاومت برشی اسمی پیچ های پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی براساس گزینش بحرانی تعیین می شود. این مقاومت به عوامل زیر وابسته است:

۱- وضعیت سطوح تماس ۲- نیروی پیش کشیدگی پیچ ها ۳- تعداد پیش کشیدگی متوسط پیش کشیدگی صفحات پیچ ها ۴- وجود لغزش پذیرفته در این مقطعات اتصال و ۵- تعداد صفحات لغزش

$R_{nv}$ طبق مقررات ملی مبحث دهم به صورت زیر محاسبه می شود:

$$R_{nv} = \mu D_u h_f T_b n_s$$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲

که در آن:

$\mu$: ضریب اصطکاک که به شرح زیر منظور می‌شود:

$\mu = 0.3$ : وضعیت سطحی کلاس A (سطح فلس‌دار تمیز و رنگ نشده)

$\mu = 0.5$ وضعیت سطحی کلاس B (سطح تمیز شده، ماسه‌پاشی و رنگ نشده)

$D_u$: نسبت پیش‌تنیدگی متوسط پیچ‌ها به پیش‌تنیدگی حداقل پیچ‌ها

$$D_u = \frac{\text{پیش‌تنیدگی متوسط پیچ‌ها}}{\text{پیش‌تنیدگی حداقل پیچ‌ها}} = 1.13$$

$h_f$: ضریب کاهش به علت وجود ورق‌های پرکننده در بین وقطعات متصل که به این صورت منظور می‌شود:

$h_f = 1$ در صورت عدم نیاز به ورق‌های پرکننده در بین وقطعات

$h_f = 1$ در صورت استفاده فقط از یک ورق پرکننده در بین وقطعات متصل به هم

$h_f = 0.85$ در صورت استفاده از دو یا چند ورق پرکننده در بین وقطعات متصل به هم

$T_b$ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی $T_b = 0.55 F_u A_{nb}$

| قطر اسمی پیچ | A325 (KN) | A 490 (KN) |
|---|---|---|
| M16 | 91 | 114 |
| M20 | 142 | 179 |
| M22 | 176 | 221 |
| M24 | 205 | 257 |
| M27 | 267 | 334 |
| M30 | 326 | 408 |
| M36 | 475 | 595 |

اگر قطر اسمی پیچ در جدول وجود نداشت از رابطه فوق استفاده می‌کنیم.

$n_s$ تعداد صفحات لغزش

$R_{kv} = \alpha R_{nv}$ *

* مقدار $\alpha$ برای سوراخ استاندارد و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر راستای نیرو: $\alpha = 1$

* مقدار $\alpha$ برای سوراخ بزرگ شده و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با راستای نیرو: $\alpha = 0.85$

PqPCO

۳۵

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲

حداکثر مجاز سوراخ لوبیایی بلند: $\phi = 0.7$

* ورق های پرکننده از قطعاتی هستند که اندازه آن ها در سازه های فولادی اجتناب ناپذیر است. چون اجرای بعضی از اتصالات پیچی، خطاهایی همراه است و احتمال این که بعضی از پیچ ها در موقعیت اصلی خود قرار نگیرند وجود دارد. به خاطر این خطاهای اجرایی ممکن است در وقتی مثلاً تردد محور، بهم نرسند. برای این که این سطح را پر کنند از ورق های پرکننده یا Filler استفاده می کنند.

## اثر همزمان کشش و برش در اتصالات اتکایی

در صورت اثر همزمان نیروی کششی یک ضریب کاهش $K_{sc}$ در رابطه $R_{nv}$ ضرب ۳۴ جزوه، ضرب می شود.

که برابر است با:

$$K_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b}$$

$T_u$: نیروی کششی مورد نیاز با اعمال ضرایب بار

$n_b$: تعداد پیچ هایی که نیروی کششی تحمل می کنند.

$D_u = 1.13$

$T_b$ حداقل نیروی کششی پیش بینی پیچ برابر با $0.55 F_u A_{nb}$ است.

## مقاومت اتکایی در جدار سوراخ پیچ:

مقاومت اتکایی اسمی برای سوراخ استاندارد، بزرگ شده، سوراخ لوبیایی کوتاه و لوبیایی بلند در حالتی که نیرو در راستا طولی باشد

$$R_n = \min\{1.2 L_c t F_u, 2.4 d_b t F_u\}$$

مقاومت اتکایی اسمی برای سوراخ لوبیایی بلند در حالتی که نیرو در راستا عرضی باشد

$$R_n = \min\{L_c t F_u, 2 d_b t F_u\}$$



Scanned by CamScanner

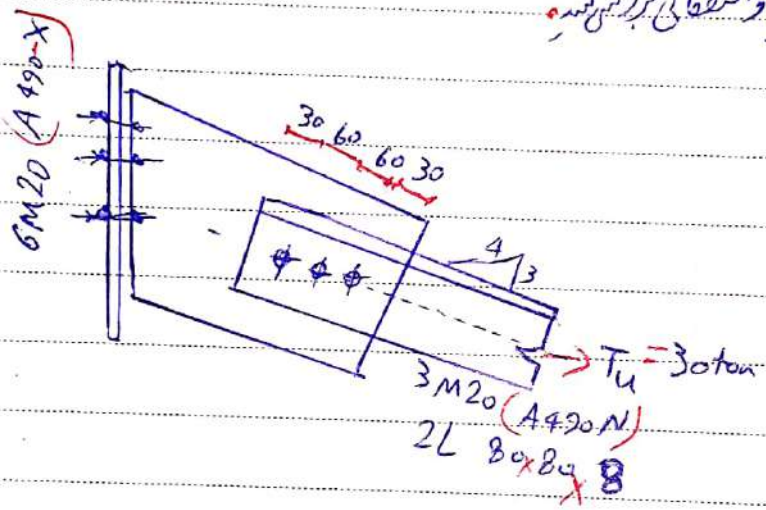
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲

که در آن:

$A_e$ سطح مقطع اسمی پیچ یا $F_u$ تنش کششی نهایی مصالح ورق اتصال و $t$ ضخامت حفره اتصال و $L$ فاصله خالص در راستای نیرو بین لبه‌ی سوراخ‌های مجاور و برابر با فاصله خالص در راستای نیرو بین لبه‌ی سوراخ تا لبه‌ی آزاد ورق اتصال برای سوراخ‌های انتهایی.

مثال: اتصال شکل زیر را در دو حالت اتکایی و اصطکاکی بررسی نمایید.




سوراخ استاندارد، ST37

الف) اتصال اتکایی:

① کنترل تسلیم کششی:

* $0.85A_g$ سطح ورق‌های اتصال

مساحت ناخالص 2L 80×80×8 از جدول اشکال می‌آید:

$A_g = 2 \times 12.3 = 24.6\ cm^2$ ← جدول اشکال

$A_n = A_g - nDt = 24.6 - 2\times3\times(2+0.2)\times0.8 = 14.6$

$A_e = UA_n$ ، $U = 0.6$ ← به علت توزیع غیریکنواخت تنش ← طبق نامه صفحه ۱۷ جزوه، برای $L \geq 2d$ و بیشتر از دو ردیف

با پدیده عقب افتادگی برشی روبرو هستیم.

$\rightarrow A_e = UA_n = 0.6\times14.6 = 8.76\ cm^2$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۳/۲۴

$T_u = \min \begin{cases} 0.9 F_y A_g = 0.9 \times 2400 \times 24.6 = 53136 \text{ kg} = 53.136 \text{ ton} \\ 0.75 F_u A_e = 0.75 \times 3700 \times 8.76 = 24309 \text{ kg} = 24.309 \text{ ton} \end{cases}$

$\rightarrow T_u = \min \{ 53.136, 24.309 \} = 24.309 \text{ Ton}$

② کنترل لبه‌گیری برشی پیچ های نبشی

سیستم اتصال پیچی ما دو ردیفه است. پس هر ردیف پیچ فقط 30ton از کل برش را تحمل می‌کند. که نصف آن تقسیم بر 2 می‌شود در هر صفحه برشی

که پیچ ها در دو سطح برشی می‌شوند در سطح مقطع برشی نصف نمی‌شود

$\frac{T_u}{2} \le \phi T_n = \phi F_{nv} A_{sb} = 0.75 \times 0.45 \times F_u \times 3 \times \frac{\pi}{4} \times 2^2 \times 10^{-3} = 31.8 \text{ ton}$

(سطح مقطع پیچ ۲ سانتی‌متر)

$\rightarrow T_u = 31.8 \times 2 = 63.6 > 30$ ✓ پیچ ها می‌توانند 63.6ton تحمل کنند در حالی که 30ton بار وارد می‌شود

③ کنترل له‌شدگی جدار سوراخ نبشی

$\frac{1}{2} \times \frac{T_u}{3} = \phi T_n = 0.75 \times 1.2 l_c \times t \times F_u \le 2.4 d t F_u$

(دو صفحه برشی) (سه پیچ)

$\rightarrow 0.75 \times 1.2 \times (3-1) \times 0.8 \times 3700 = 5328 \le 2.4 \times 2 \times 0.8 \times 3700 = 14208$

$\rightarrow T_u = 2 \times 3 \times 5328 = 31968 \text{ kg} > 30000 \text{ kg}$ ✓

④ کنترل لبه‌گیری برشی جدید:

$l_e = 3 \text{cm} \ge 1.75 d_b = 1.75 \times 2 = 3.5$ N.G ✗

$l_e \le 12 \times 0.8 = 9.6 \text{cm}$

Choose $\rightarrow l_e = 4 \text{cm}$

$S = 6 \text{cm} \ge 3d = 3 \times 2 = 6 \text{cm}$ ok

$6 \text{cm} = S \le \min(24t, 30 \text{cm}) = \min(24 \times 0.8, 30 \text{cm}) = 19.2 \text{cm}$ ok

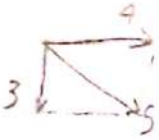
PAPCO

۳۸

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۴



$V = \frac{3}{5} \times 30 = 18$ ton

$T = \frac{4}{5} \times 30 = 24$ ton

$\Sigma A_b = 6 \times \pi \times \frac{2^2}{4} = 18.8495 \simeq 18.85\ cm^2$

$$F'_{nt} = F_{nt}\left[1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right] \le F_{nt} \quad , \quad F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right] \le F_{nv}$$

$$f_{uv} = \frac{18000}{18.54} = 955\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_{ut} = \frac{24000}{18.54} = 1274\ \frac{kg}{cm^2}$$

$F_{nv} = 0.55 F_u = 0.55 \times 10000 = 5500\ kg/cm^2$

$F_{nt} = 0.75 F_u = 0.75 \times 10000 = 7500\ kg/cm^2$

$\phi = 0.75$

$$F'_{nt} = F_{nt}\left[1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right] = 7500\left[1.3 - \frac{955}{0.75 \times 5500}\right] = 8013.64\ \frac{kg}{cm^2} > 7500\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right] = 5500\left[1.3 - \frac{1274}{0.75 \times 7500}\right] = 5904 > 5500\ \frac{kg}{cm^2}$$

$F_{nv} = 5500\ kg/cm^2$ ، $f_{nt} = 7500\ kg/cm^2$ پس $F'_{nv} \not\le F_{nv}$ ، $F_{nt} \le f_{nt}$

$T_{ut} = \phi F'_{nt} \cdot A_b = 0.75 \times 7500 \times 6 \times 3.14 = 105.975\ ton > 24\ ton$ ✓

$T_{uv} = \phi F'_{nv} \cdot A_b = 0.75 \times 5500 \times 6 \times 3.14 = 77.715\ ton > 18\ ton$ ✓



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲

ب) اتصال ۱۵۵ گیردار:

گفته شده در اتصال اصطکاکی مقاومت کششی اسمی پیچ ها مشابه اتصال اتکایی است. پس به شکل مستقیم بررسی پیچ ها نیاز داریم

$T_u = \phi T_n$

برای حالت گیردار $\phi = 1$

$T_n = \mu D_u h_f T_b n_s$

$\mu = 0.5$ برای سطوح کلاس B

$D_u = 1.13$

$h_f = 1$ عدم وجود ورق پرکننده

$n_s = 2$

$A_{490}$ $M20$ → $T_b = 3 \times 17.9 = 53.7$

$T_u = 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 53.7 \times 2 = 60.681 > 30\ t_{on}$ ok

کنترل برش قالبی به شکل گیردار

$k_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} = 1 - \frac{29000}{1.13 \times 17900 \times 6} = 0.8023$

$T_u = 0.8023 \times 77.715 = 62.35 > 18\ t_{on}$ ok

---

در حالتی از اتصال، مجموعه پیچ ها تحت اثر لنگر خمشی قرار می گیرند، و بعضی از آن ها تحت کشش و برخی اگر تحت فشار قرار می گیرند. برای این که (به علت عدم وجود میل طبیعی در پیچ ها) پیچ ها دچار کشش و تحت فشار قرار نگیرند نیاز به داشتن بوشن تا حدی داریم.

شکل مقاومت ها در اثر لنگر خمشی اتصال شکل داده شده در شکل مقابل

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 1399/2/2

این مجموعه در تحت لیسانس دسته‌بندی سطحی است که قرار است تمدن را تحلیل کند. ما باید ما کنیم بی‌دقتی را اینجا بیاوریم.

$$\frac{by^2}{2} = mA_b\left[(h'-y)+(h'+P-y)+(h'+2P-y)+\dots\right]$$

$$\frac{by^2}{2} = mnA_b\left(h'-y+P\frac{n-1}{2}\right)$$

در رابطه‌ی فوق:

$m$ تعداد دسته‌ک‌های بیخ، $n$ تعداد ردیف بیخ‌های تحت لیسانس، $h'$ فاصله‌ی اولین بیخ تحت لیسانس تا پایین‌ترین تار،

$P$ فاصله‌ی بین بیخ‌های فلزی باشند.

لازم به ذکر است که در حقیقت شد $m$ و $n$ و $h'$ تغییر کنند پس باید یک بررسی دقیق انجام دهیم. این روش حل براساس آزمون و خطاست.

اول فرض کنیم این ردیف چهارم باشد. در این صورت $m$ و $n$ و $h'$ را به دست می‌آوریم.

$$m=2,\ n=8,\ A_b=3.14,\ h'=18.75,\ P=7.5,\ b=18$$

$$\frac{18y^2}{2} = 2\times8\times3.14\times\left(18.75-y+7.5\times\frac{7}{2}\right) \rightarrow 9y^2 = 50.24(45-y) \rightarrow y = 13.1\ cm$$

فاصله ردیف چهارم تا پایین تار حدودا $7.5+3.75=11.25$ است، پس $h'=18.75$، و $y=13.1$ به دست آمد که $18.75$ از $11.25$ بیشتر است. فرض ما درست است. معمولا تا وقتی که این ردیف آخر باشد این‌گونه است.

برای یافتن ممان اینرسی از رابطه‌ی روبرو استفاده می‌کنیم

$$I_{کل} = \frac{by^3}{3} + \sum A_{b_i}\cdot d_i^2 + \sum I_b$$

$$= \frac{by^3}{3} + mnA_b\frac{P^2(n^2-1)}{12} + mnA_b\left(\frac{n-1}{2}P-h'-y\right)^2$$

PqPCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

$$I = \frac{18+13-1}{3}^3 + \frac{2\times 8\times 3.14\times 7.5^2\left(8-\frac{2}{1}\right)}{12} + 2\times 8\times 3.14\left(\frac{8-1}{2}\times 7.5 + 18.75 - 13\right)^2$$

$$\rightarrow I = 7944.78\ cm^4$$

بنابراین روال کار بدین صورت است:

وقتی در راستای ارتفاع مقطع تغییر، ممکن است بخشی از دو صفحه کرباتی پیچی به هم وصل شده باشند از هم جدا شوند. یعنی مجموعه‌ای از پیچ‌ها تحت برش و مجموعه‌ای تحت فشار کار می‌کنند. بنابراین به دست آوردن ارتفاع تارخنثی یا سطح مقطع امری است که در این بار تنش صفر خواهد بود و در یک طرف آن مجموعه‌ای از پیچ‌ها تحت فشار و مجموعه‌ای دیگر در طرف دیگر تحت کشش قرار می‌گیرند.

بنابراین با استفاده از فرمول $\frac{by^2}{2} = mnA_b\left(h - y + P\frac{n-1}{2}\right)$ ارتفاع تارخنثی را می‌یابیم. پس از محاسبه y از فرمول فوق را در رابطه $I$ قرار می‌دهیم و $I_{\text{مقطع}} = \frac{by^3}{3} + mnA_b\frac{P^2(n^2-1)}{12} + mnA_b\left(\frac{n-1}{2}P + h - y\right)^2$ محاسبه شده از فرمول فوق را در رابطه $I$ قرار می‌دهیم و $I$ را محاسبه می‌کنیم. در این رابطه: $n$ تعداد ردیف پیچ‌های تحت کشش می‌باشد و $m$ تعداد ستون‌های پیچ است. هم‌چنین $P$ فاصله‌ی پیچ‌ها، $y$ ارتفاع تارخنثی، $h'$ فاصله اولین پیچ تحت کشش تا پایین تیر، $b$ عرض مقطع می‌باشد.

نکته حائز اهمیت این است که ما در ابتدا نمی‌دانیم ارتفاع تارخنثی چقدر است و در نتیجه نمی‌دانیم که چند ردیف از پیچ‌ها تحت کشش است. بنابراین باید از آزمون و خطا استفاده کنیم. اول فرض می‌کنیم که تارخنثی بین ردیف دوم و سوم (از پایین) است. بنابراین به عنوان حدس اولیه (با توجه به این که فرض کردیم ارتفاع تارخنثی بین ردیف دوم و سوم است) مقادیر پارامترهای ذکر شده مثل $n$، $h'$ و ... را می‌یابیم و با استفاده از



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹

فرمول ذکر شده $y$ را به دست می‌آوریم پس کنترل می‌کنیم که آیا مقدار ارتفاع تار خنثی $y$ که از فرمول محاسبه کردیم طبق فرض اولیه بین ردیف دوم و سوم قرار می‌گیرد یا نه؟ اگر مقدار $y$ به دست آمده بین ردیف دوم و سوم بود یعنی فرض اولیه ما صحیح بوده در غیر این صورت $y$ را بین ردیف اول و دوم می‌گیریم. در این گونه اشکالات معمولا تار خنثی بین ردیف اول و دوم یا دوم و سوم قرار می‌گیرد. $y$ به دست آمده از فرمول حتما باید فرض اولیه ما منطبق باشد وگرنه طبق نکته گفته شده باید مقدار $y$ را اصلاح کنیم.

---

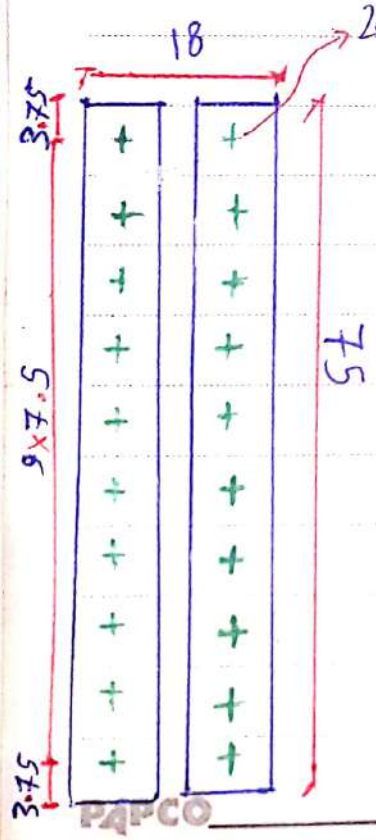
مثال: برای شکل زیر مطلوب است:

الف) ظرفیت خمشی اشکال اتکایی در حالتی که $V_u=0$ (یعنی برشی نداشته باشیم) $(M_u=M_0)$

ب) ظرفیت برشی اشکال اتکایی در حالتی که $M_u=0$ و $V_u=V_0$ (فقط برش داریم و لنگر خمشی نداریم)

ج) ظرفیت خمشی اشکال اتکایی در حالتی که $V_u=\frac{V_0}{2}$

د) ظرفیت برشی اشکال اتکایی در حالتی که $M_u=\frac{M_0}{2}$




$I=79449.78\ cm^4$ ممان اینرسی $I$ نسبت به محور $x$ که از مرکز ثقل ارتفاع تار خنثی را رد می‌کند. $y=13.1$

الف) $F_{vt}=0.75\,F_{ut}=0.75\times 4000=3000\ \frac{kg}{cm^2}$

ب) مقدار اساسی برشی تار خنثی

$$S_t=\frac{I}{c_t}=\frac{79449.78}{[(9\times 7.5)+3.75]-13.1}$$

$$S_t=\frac{79449.78}{58.15}=1366.290\ (m^3)$$

$$f_{vt}=\frac{M_0}{S_t}=\frac{M_0}{1366.290}\quad SOI_{st}=0.75\times 3000\rightarrow M_0=3074152.5\ kg.cm=30.74\ ton.m$$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۱۹/۲۹

ظرفیت این اتصال برابر با $30.74\ ton.m$ را تحمل کند. می‌خواهد حداکثر لنگر قابل تحمل

الف) $F_{nv} = 0.45 F_u = 0.45 \times 4000 = 1800\ kg/cm^2$ مقاومت برشی پیچ A325 (4.6) مقاومت کششی $F_u = 4000\ kg/cm^2$ می‌باشد

$V_u : V_0 \le \phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb}$

$A_{nb} = 20 \times \frac{\pi}{4} \times 2^2 = 62.83\ cm^2$ سطح مقطع کل 20 پیچ داخل اتصال

$V_u = V_0 \le \phi R_n = \phi F_{nv} A_{nb} = 0.75 \times 1800 \times 62.83 = 84820.5\ kg = 84.821\ ton$

$\rightarrow V_u = V_0 = 84.821\ ton$

$V_0$: برش خارجی

یعنی اگر 20 پیچ نقطه ضعف برشی قرار نگیرند می‌توانند $84.821\ ton$ را تحمل کنند.

$V_u = \frac{V_0}{2} = \frac{84.821}{2} = 42.411\ ton$

$f_{v1} = \frac{V_u}{A_{nb}}$ می‌دانیم که تنش برشی تقریباً یکنواخت است و برابر است با:

$\rightarrow f_{v1} = \frac{42.411}{62.83} = 675.012\ kg/cm^2$

چون تنش برشی وجود دارد، تنش کششی مجاز کاهش می‌یابد. یعنی $f_{v1} = 675.012$ تنش برشی ایجاد شده است.

$F_{nt}$ را محاسبه می‌کنیم.

$F_{nt} = F_{nt} \left[ 1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}} \right] \le F_{nt}$

$F_{nt} = 0.75 \times 4000 \left[ 1.3 - \frac{675}{0.75 \times 0.9 \times 4000} \right] = 2400\ kg/cm^2 \le F_{nt} = 0.75 \times 4000 = 3000\ kg/cm^2$

PAPCO

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۹

$f_{ut} = \frac{M_u}{S_t} = \frac{M_u}{1366.29} \leq \phi F'_{nt} = 0.75 \times 2400 \rightarrow M_u = 2459322 \text{ kg.cm} = 24.593 \text{ ton.m}$

یعنی اگر برش معادل 42.411 ton با لنگر خمشی معادل 24.593 ton.m تحمل کند.

ب) $M_u = \frac{M_o}{2} = \frac{30.74}{2} = 15.37 \text{ ton.m}$

$f_{ut} = \frac{M_u}{S_t} = \frac{15.37 \times 10^5}{1366.29} = 1124.944 \frac{kg}{cm^2}$ لنگر خمشی ایجاد کششی می‌کند.

با اندرکنش برش و خمش مواجه هستیم:

$F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right] = 0.45 \times 4000\left[1.3 - \frac{1124.944}{0.75 \times 0.75 \times 4000}\right] = 1440.045 \frac{kg}{cm^2}$

$F_{nv} = 1440.045 \leq F_{nv} = 1800$

$V_u \leq \phi F'_{nv} n_b A_{nb} = 0.75 \times 1440.045 \times 62.83 \times 10^{-3} = 67.859 \text{ ton}$

طبق نکته‌ی صفحه ۳۳ جزوه: در مواردی که برش کششی یا برش مورب زیاد کم‌تر از 30 درصد برش طراحی مورد نظر باشد، می‌توان اندرکنش را نادیده گرفت.

$f_{uv} = 0.3\phi F_{uv} \rightarrow \frac{V_u}{62.83} = 0.3 \times 0.75 \times 1800 \rightarrow V_u = 25446.15 kg = 25.446 \text{ ton}$

با برش دوطرفه‌ی $V_u \leq 25.446$ می‌توان از اثر متقابل صرف نظر کرد.

$f_{ut} = 0.3\phi F_{ut} \rightarrow \frac{M_u}{S_t} = 0.3 \times 0.75 \times 2400 \rightarrow \frac{M_u}{1366.29} = 540 \rightarrow M_u = 737796.6 \text{ kg.cm}$

$\rightarrow M_u = 7.378 \text{ ton.m}$ با گشتاور برش $M \leq 7.378 \text{ ton.m}$ می‌توان از اثر متقابل صرف نظر کرد.

می‌توان نتایج به دست آمده را مطابق صفحه بعد بررسی کرد.

PAPCO

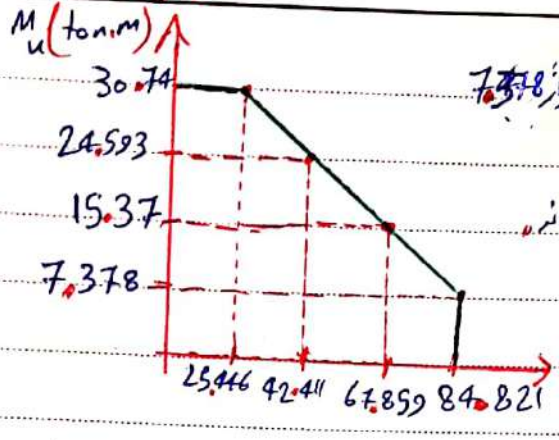
۴۵

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date

۹۹/۲/۹



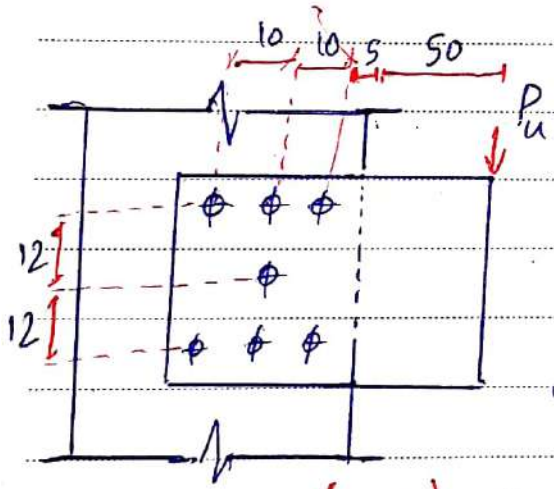

طبق این نمودار اندرکنش (برای این مثال) برای لنگر خمشی محرک از 7.378 ton.m

هیچ اثری بر روی نیروی برشی اعمال نمی‌شود و مقدار آن ثابت می‌ماند.

هم چنین برای نیروی برشی کم‌تر از 25.446 هیچ اثری روی لنگر خمشی اعمال نمی‌شود. اما برای لنگر خمشی بیش‌تر از 7.378 و نیروی برشی بیش‌تر از 25.446 بین نیروی برشی و لنگر خمشی اثر متقابل وجود خواهد داشت.

---

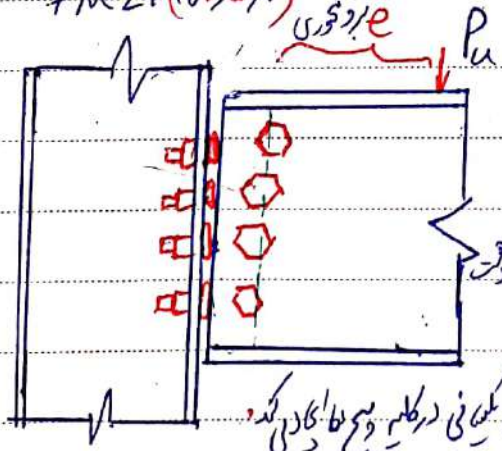
مثال: حداکثر بار $P_u$ که پیچ‌های اتصال انگاری شکل زیر می‌تواند تحمل نماید را محاسبه نمایید.




قبل از حل این مثال ابتدا باید به بررسی اتصال پیچی تحت اثر توام نیروی برشی و لنگر پیچشی بپردازیم.

* اثر خط اثر نیروی اعمالی از مرکز هندسی مجموعه پیچ عبور نکند، اتصال پیچی علاوه بر نیروی برشی تحت اثر لنگر پیچشی هم قرار می‌گیرد.

$7M.24(10.9-X)$




بردکوری

(به اندازه $P_u e$)

در واقع نیروی برشی $P_u$ با خروج از مرکزی $e$ برای توان به مرکز سطح پیچ‌ها همراه با لنگر پیچشی $P_e$ مشکل کرد. برای محاسبه‌ی تنش برشی با استفاده از مقاومت مصالح نیروی برشی را تقسیم بر سطح مقطع پیچ‌ها می‌کنیم. نیروی برشی $P_u$ تنش برشی یکنواختی در کلیه پیچ‌ها ایجاد می‌کند.

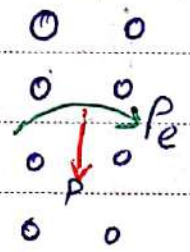


Scanned by CamScanner

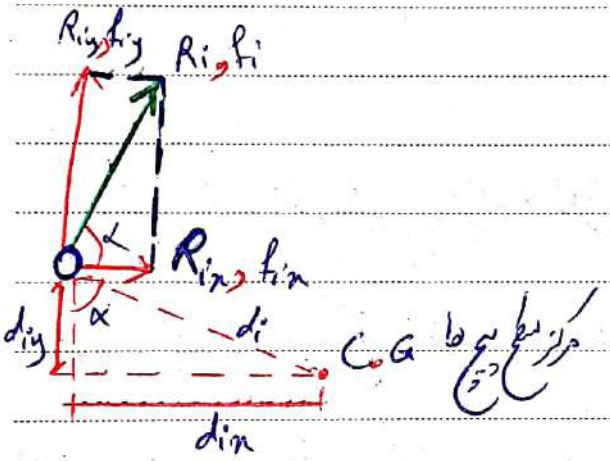
Jozvebama.ir

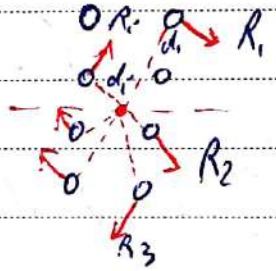
Subject:
Date ۹۹/۲/۹

برای تعیین نیروهای برشی ناشی از لنگر پیچشی برای پیچ های اتصال حاذف شکل نیاز ابتدا فرض می کنیم که تغییر شکل برشی عرضی، فاصله آن از مرکز پیچ ها مناسب است




نیروی برشی P، وقوع از محورت e را به مرکز سطح پیچ ها منتقل می کنیم این کار همراه با لنگر پیچشی Pe خواهد بود.




گفته شد که فرض می شود تغییر شکل برشی در پیچ ها مناسب با فواصل آن ها از مرکز سطح مجموعه پیچ هاست. با این فرض داریم:

$$\frac{f_1}{d_1} = \frac{f_i}{d_i}$$

★ می دانیم که برش یا کرنش متناسب است.

اگر سطح مقطع پیچ i ام برابر با $A_i$ باشد در این صورت نیروی برشی $R_i$ برابر است با:

$$R_i = f_i A_i$$

★ می دانیم که نیرو برابر است با حاصل ضرب تنش در سطح مقطع.

می دانیم که لنگر برابر است با حاصل ضرب نیرو در بازوی نیرو. مجموع لنگر نیروهای $R_i$ برابر با لنگر پیچشی T خواهد بود.

$$T = \sum R_i d_i$$

$$T = \sum R_i d_i \xrightarrow{R_i = f_i A_i} T = \sum f_i A_i d_i$$

می دانیم که $\frac{f_1}{d_1} = \frac{f_i}{d_i}$. بنابراین $f_i$ برابر است با:

$$f_i = \frac{f_1 d_i}{d_1}$$


@TJostad
Scanned by CamScanner

Subject:
Date ۹۹/۲/۹
Jozvebama.ir

حال مقدار $f_i$ به دست آمده را در رابطه $T_i$ جایگذاری می‌کنیم:

$$T = \sum f_i A_i d_i \rightarrow T = \sum \frac{f_i d_i}{d_1} \times A_i d_i \rightarrow T = \sum \frac{f_1}{d_1} A_i d_i^2 \rightarrow \boxed{T = \frac{f_1}{d_1} \sum A_i d_i^2}$$

حال از رابطه فوق می‌توانیم نیروی برشی وارده بر پیچ اول را به دست آوریم:

$$f_1 = \frac{T d_1}{\sum A_i d_i^2}$$

$$\boxed{f_i = \frac{T d_i}{\sum A_i d_i^2}}$$

به طور مشابه می‌توان نیروی برشی برای هر پیچ را به این صورت محاسبه کرد:

معمولا برای سهولت در محاسبات از مولفه‌های افقی و قائم $R_i$ و $d_i$ برای محاسبه‌ی نیروی برشی $f_i$ استفاده می‌کنند طبق شکل صفحه 47 جزوه

$R_{ix}$ و $R_{iy}$ مولفه‌های افقی و قائم نیروی برشی $R_i$ و $d_{ix}$ و $d_{iy}$ مولفه‌های افقی و قائم فاصله نسبت به مرکز سطح پیچ‌ها $d_i$ با توجه به شکل می‌توان نوشت:

$$R_i = \sqrt{R_{ix}^2 + R_{iy}^2} \quad , \quad d_i^2 = d_{ix}^2 + d_{iy}^2$$

اگر $f_{ix}$ و $f_{iy}$ مولفه‌های افقی و قائم نیروی برشی $f_i$ باشند می‌توان نوشت (طبق شکل صفحه 47 جزوه)

$$f_{ix} = f_i \cos\alpha \qquad f_{iy} = f_i \sin\alpha$$

طبق شکل صفحه 47 جزوه: $\sin\alpha = \frac{d_{ix}}{d_i}$ و $\cos\alpha = \frac{d_{iy}}{d_i}$ بنابراین:

$$f_{ix} = f_i \cos\alpha \rightarrow f_{ix} = \frac{f_i d_{iy}}{d_i}$$

$$f_{iy} = f_i \sin\alpha \rightarrow f_{iy} = \frac{f_i d_{ix}}{d_i}$$

در بالاتر به دست آوردیم که $f_i = \frac{T d_i}{\sum A_i d_i^2}$ با جایگذاری آن در روابط $f_{ix}$ و $f_{iy}$ خواهیم داشت:



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/12/9

$$f_{ix} = \frac{\frac{T d_i}{\sum A_i d_i^2} d_{iy}}{d_i} \rightarrow f_{ix} = \frac{T d_i d_{iy}}{d_i \sum A_i d_i^2} \rightarrow f_{ix} = \frac{T d_{iy}}{\sum A_i d_i^2}$$

می دانیم که: $d_i^2 = d_{ix}^2 + d_{iy}^2$ بنابراین:

$$f_{ix} = \frac{T d_{iy}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

به طور مشابه $f_{iy}$ برابر خواهد بود با:

$$f_{iy} = \frac{\frac{T d_i}{\sum A_i d_i^2} d_{ix}}{d_i} \rightarrow f_{iy} = \frac{T d_i d_{ix}}{d_i \sum A_i d_i^2} \rightarrow f_{iy} = \frac{T d_{ix}}{\sum A_i d_i^2}$$

$$\rightarrow f_{iy} = \frac{T d_{ix}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

بنابراین تنش برشی برآیند ناشی از تنگ پیچش $f_i$ برابر است با:

$$f_i = \sqrt{f_{ix}^2 + f_{iy}^2}$$

حال به حل مثال صفحه ۴۶ جزوه می پردازیم.

$$A_b = \frac{\pi}{4} \times 2.4^2$$

اگر نیروی برشی $P_u$ را بر مرکز سطح پیچ ها مثل قبل وارد کنیم، برآیند برش و تنگ پیچش هم خواهیم داشت.

$$f_{vv} = \frac{P_u}{n A_b} = \frac{P_u}{7 \times \frac{\pi}{4} \times 2.4^2} = 0.032 P_u$$ تنش برشی ناشی از برش

لنگر پیچشی $T = P_u (50 + 5 + 10) = 65 P_u$

نیروی برشی $P_u$ در کل ۷ پیچ به صورت یکنواخت توزیع می شود یعنی تنش برشی ناشی از برش در تمام پیچ ها برابر است.

اما تنش برشی ناشی از تنگ پیچشی در تمام پیچ ها یکسان نیست و هر چه فاصله پیچ ها از مرکز سطح مجموعه پیچ ها بیشتر باشد، مقدار تنش برشی ناشی از پیچش هم

PAPCO

۴۹۱

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹

سیستم برعکس خواهد بود. طبق شکل صفحه 47 تصویر قائم پیچ های بالا و پایین سمت راست به سمت پایین و تصویر قائم پیچ های بالا و پایین سمت چپ به سمت بالا است. ما باید بینیم که کدام یک از پیچ ها از نظر برش بیشترین نیرو را از طرف پیچین دریافت می کنند تا توجه به جهت تصویر قائم آن ها، بتوانیم جهت نیروی برشی ایجاد شده را بدست آوریم. سیستم برشی ناشی از لنگر خمشی به سمت پایین است. تصویر قائم سیستم برشی ناشی از پیچین در پیچ های سمت راست نیز به سمت پایین است و جهت نیروی برشی ناشی از پیچین در پیچ های سمت چپ به سمت بالا است. همچنین سیستم برشی ناشی از برش عمودی هم جهت هستند با هم جمع می شوند در حالی که سیستم برشی ناشی از پیچین در پیچ های سمت چپ و راست تصویر به سمت بالا هستند با سیستم برشی ناشی از برش هم جهت هستند با هم جمع می شوند. بنابراین سیستم برشی ناشی از پیچین در پیچ های سمت راست بیشترین نیرو را ایجاد می کند.

$$f_{ix} = \frac{T d_{iy}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)}$$

در عبارت فوق:

$$T d_{iy} = 65 Pu \times 12 = 780 Pu$$

$$\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2) = \left[4 \times \frac{\pi}{4} \times 2.4^2 (10^2 + 12^2)\right] + \left[2 \times \frac{\pi}{4} \times 2.4^2 (0^2 + 12^2)\right]$$

$$\rightarrow \sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2) = 4415.32 + 1302.88 = 5718.2$$

مانند مثال این مثال: 4 عدد پیچ در نظر گرفتیم که فاصله افقی آن ها از مرکز سطح برابر با 10 و فاصله عمودی آن ها از مرکز سطح برابر با 12 می باشد و در مورد پیچ هم در نظر گرفتیم که فاصله افقی آن ها از مرکز سطح صفر و فاصله عمودی آن ها از مرکز سطح برابر با 10 است. در عبارت فوق این موارد رعایت شده است.

$$f_{ix} = \frac{T d_{iy}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)} = \frac{780 Pu}{5718.2} = 0.136 Pu$$

حداکثر نیروی برشی ناشی از پیچین در پیچ های سمت راست (بالا، پایین)

P4PCO

۵۱

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۹

به محور متناسب با $I_y$ را رسم می‌کنیم.

$f_{iy} = \frac{T d_{iy}}{\sum A_i (d_{ix}^2 + d_{iy}^2)} = \frac{65 P_u \times 10}{5718.2} = 0.114 P_u$ — مولفه قائم برش برشی ناشی از پیچش وارده بر پیچ سمت راست (یا بالا یا پایین)

$0.136 P_u$ ← مولفه افقی برش برشی ناشی از پیچش

$0.114 P_u$ ← مولفه قائم برش برشی ناشی از پیچش

$0.032 P_u$ ← برش برشی ناشی از برش

$f_{ur} = \sqrt{(0.136 P_u)^2 + ((0.114 P_u) + (0.032 P_u))^2}$ حال برش برشی برآیند وارده بر پیچ برابر است با:

$\rightarrow f_{ur} = 0.18 P_u \leq f_{uv} = \phi F_{nv} = 0.75 \times 55 \times 1000 = 4125$

طبق نکته صفحه ۲۴ که در آن $f_{ur} \leq \phi F_{nv}$ می‌باشد $\phi = 0.75$ و طبق جدول صفحه ۲۲ گرفته برای اتصال اتکایی رجلت X

$F_u = 1000 \frac{kg}{cm^2}$ پس $10.9$ می‌باشد $F_{nv} = 0.55 F_u$

$4125 = 0.18 P_u \rightarrow \boxed{P_u = 22916.67 kg}$ بنابراین حداکثر برش وارد بر پیچ‌های این اتصال باید برابر با:

* حال اگر اتصال این مثال، اصطکاکی باشد چه شکل خواهد بود:

$\frac{V_u}{n A_b} = f_{ur} \rightarrow V_u = 0.18 \times P_u \times 7 \times \frac{\Gamma}{4} \times 2.4^2$

$\rightarrow V_u = 5.7 P_u$ نیروی برشی وارد

اتصال اصطکاکی با سوراخ استاندارد Class B

$V_u \leq \phi V_{nr} \rightarrow V_u \leq \phi \mu D_u h_f T_b n_s \rightarrow 5.7 P_u \leq 1 \times 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 7 \times 20.5 \times 1$

$\rightarrow P_u = 14.22 \text{ ton}$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹

## فصل دوم: جوش و اتصالات جوشی

اعضای تشکیل یک سازه به روش های گوناگونی به هم متصل می شوند.

* روش های اتصال اعضای یک سازه بر حسب نوع و آلیاژ اتصال
  - روش مکانیکی
    - پیچ
    - پرچ
    - مهره
  - روش شیمیایی (چسب های معدنی و آلی)
  - روش متالورژیکی
    - جوشکاری
    - لحیم کاری

**تعریف جوشکاری:** اتصال اعضای یک سازه فولادی به کمک حرارت (فشار) یا ترکیبی از حرارت و فشار و ذوب شدن موضعی و یکپارچه شدن آن ها (یا بدون ذوب شدن فلز جوش) را جوشکاری گویند.

* اتصال جوشی ایده آل اتصالی است که در آن خواص مکانیکی مصالح اولیه تحت تاثیر حرارت فشار و ذوب شدن تغییری نکند.

* جوش ذوبی شامل جوش گازی و یا جوش قوس الکتریکی (از متداول ترین روش های جوشکاری) است.

در جوشکاری ذوبی اعضا در محل اتصال توسط حرارت ذوب شده و پس از افزایش مواد جوش به صورت مذاب در آن محل اتصال، کلیه مواد مذاب با هم مخلوط شده و با سرد شدن مواد مذاب، عمل جوش صورت می گیرد.

* حرارت در جوش گازی توسط گاز و در جوش قوس الکتریکی توسط طبق جریان مستقیم و یا جریان متناوب برق ایجاد می شود.

* اجرای عملیات جوشکاری به روش های دستی، نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک انجام می شود. در روش دستی، ابزار عملیات جوشکاری و مواد جوش به وسیله دست هدایت می شوند. در روش نیمه اتوماتیک ابزار و وسایل جوشکاری توسط دست و مواد جوش به وسیله دستگاه هدایت می شوند.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date : ۹۹/۲/۹

استفاده از روش اتوماتیک باعث دقت بیش تر در جوشکاری و یکنواختی جوش خواهد شد.

* در روش جوشکاری نیاز مند صرف انرژی لازم، حذف آلودگی ها از سطح جوش و محافظت سطح جوش در خلال عملیات جوشکاری می شود.

* در هر فرآیند جوشکاری عوامل زیر مورد نیاز است:

۱) منبع ایجاد حرارت یا فشار

۲) فلز مادر یا فلز پایه

۳) فلز پرکننده یا فلز جوش

* منبع ایجاد حرارت می تواند شعله یا منبع الکتریکی باشد.

* به مصالحی که باید به هم متصل شوند فلز مبنا گویند (فلز مادر یا فلز پایه)

* به ماده ای که اتصال بین قطعات فلز مبنا را برقرار می کند، فلز پرکننده یا فلز جوش گویند.

* اولین دستگاه جوش در سال 1887 ابداع شد. (توسط پروفسور تامسون)

جوش گازی: برای جوش گازی از اکسیژن $O_2$ و استیلن $C_2H_2$ بابت عمادی استفاده می شود. این نوع جوشکاری جوش کاربید نیز می گویند که در کارگاه های کوچک، برای تعمیرات جزئی و اتصال ورق های نازک کاربرد دارد. در این روش، از سیم جوش به عنوان ماده ی جوش استفاده می کنند. در این روش گاز ها با فشار به مشعل جوش تغذیه و با هم مخلوط شده و سپس در نازل مشعل با دهانه



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹

حدود 3000°C شعله ایجاد می‌شود تا عملیات جوشکاری صورت گیرد.

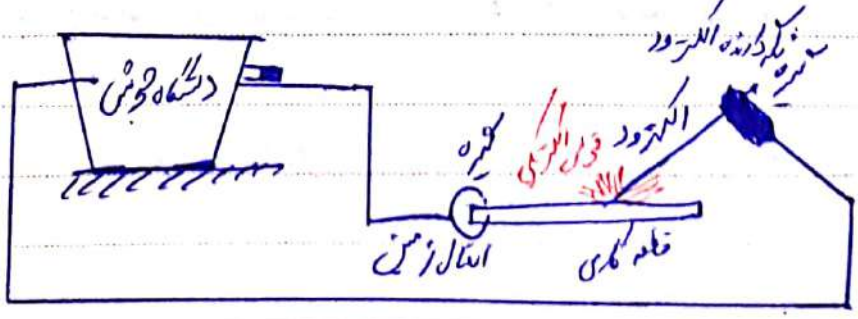
## جوشکاری توسط قوس الکتریکی:

جوش قوس الکتریکی در جوشکاری سازه‌های فلزی کاربرد زیادی دارد. قوس الکتریکی منبع حرارتی مناسبی برای فرآیندهای جوشکاری است و می‌تواند آن را با شدت حرارت زیاد تولید کند.

تعریف قوس الکتریکی: تخلیه بار الکتریکی بین دو مقطع اتصال در هوا یا گاز یونیزه شده، قوس الکتریکی نام دارد.

* منظور از یونیزه شدن یک ترکیب، تجزیه شدن آن به یون‌های مثبت و منفی تشکیل دهنده آن است. یون یا اتم یا مولکول‌هایی هستند که بار الکتریکی اضافه دارند و می‌توانند مثبت یا منفی باشند. با افزایش تعداد کل الکترون‌ها یا پروتون‌ها در یک اتم یا مولکول به آن بار خالص مثبت یا بار خالص منفی الکتریکی می‌دهد.

* از نظر جوشکاری دو نوع قوس الکتریکی بر حسب ذوب الکترود (عملیات جوشکاری) و یا عدم ذوب آن وجود دارد. اگر الکترود از جنس کربن یا تنگستن باشد هنگام ایجاد قوس الکتریکی، الکترود ذوب نشده و قوس یا الکترود را غیر مصرفی می‌نامند. اگر الکترود از جنس فلز یا نقطه ذوب پایین‌تر باشد هم‌زمان با ایجاد قوس الکتریکی، انتهای الکترود ذوب شده و قطرات فلز مذاب می‌توانند از الکترود جدا شوند.






Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹

ماشین جوش، جریان الکتریکی لازم را برای ایجاد قوس الکتریکی فراهم می‌کند. این جریان الکتریکی می‌تواند متناوب (AC) یا مستقیم (DC) باشد.

در اوایل جوش با جریان متناوب مشکل عدم پایداری در قوس ایجاد می‌شد فقط از جریان مستقیم برای قوس الکتریکی استفاده می‌شد. اما اکنون این مشکل با ابزارهای ترکیبی مناسب در پوشش الکترود برطرف شده است و از هر دو نوع منبع قدرت می‌توان برای تولید جریان الکتریکی استفاده کرد.

در هر دو نوع مولد قدرت، باید جریان الکتریکی موجود در قوس در هنگام جوشکاری قابل کنترل باشد.

* شدت جریان الکتریکی مورد نیاز به ضخامت قطعه و قطر الکترود وابسته است. قطر الکترودهای موجود در بازار بین 2.5mm تا 8mm است.

| شدت جریان (A) | ضخامت قطعه (mm) | قطر الکترود (mm) |
|---|---|---|
| 100 الی 70 | 4 الی 2 | 3.25 الی 2.5 |
| 150 الی 100 | 6 الی 4 | 4 الی 3.25 |
| 200 الی 150 | 10 الی 6 | 5 الی 4 |
| 400 الی 200 | 10< | 8 الی 5 |

انواع متداول فرآیندهای جوشکاری قوس الکتریکی

۱) جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار SMAW (Shielded Metal Arc Wielding)

۲) جوش قوس الکتریکی زیرپودری یا غوطه‌ور SAW (Submerged Arc Wielding)

۳) جوش قوس الکتریکی با گاز محافظ یا جوش قوس الکتریکی گازی فلزی GMAW (Gas Metal Arc Wielding)

۴) نقطه جوش Spot Wielding



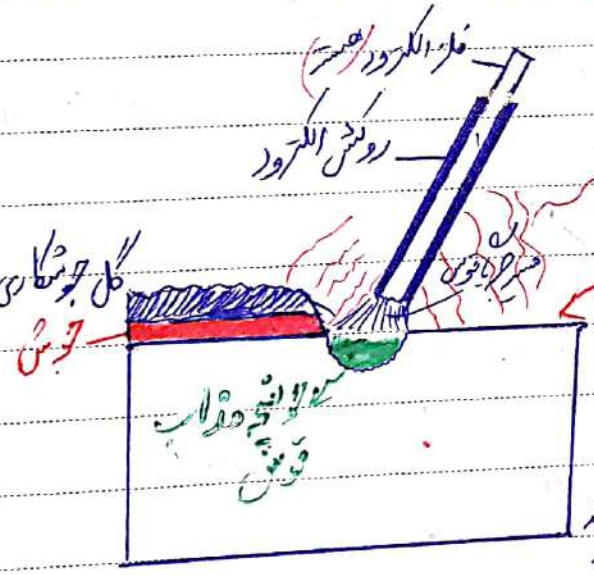
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

۱) جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار SMAW :

این روش یکی از ساده ترین متداول ترین و کارآمدترین روش های جوشکاری در ساختمان های فولادی متعارف است.

به این روش جوشکاری با الکترود دستی هم می گویند. این روش با ذوب فلز پایه فلز الکترود و روکش آن همراه است و فلز الکترود به عنوان یک ماده ی پرکننده عمل می کند. در هنگام برقراری قوس الکتریکی و ذوب شدن فلز مبنا و الکترود، بخشی از پوشش الکترود به گازهای محافظ و بخش دیگر به گل یا سرباره تبدیل می شود. روکش الکترود مخلوطی از گل مانند از سیلیکات ها سخت شده مانند کلوریدها




کربنات ها، اکسیدها، آلیاژهای فلزی و سلولز است.

الکترود از دو بخش تشکیل شده: بخش داخلی که فولادی است (مفتول) و بخش روکش الکترود.

* وظیفه مفتول فولادی الکترود این است که خلا و فاصله بین دو قطعه را پر کند و از کاهش سطح مقطع در محل اتصال جلوگیری کند.

* وظیفه روکش الکترود این است که یک سپر گازی ایجاد کند (گازی مقاومت کند) و یک فضای آمفوتر یا خنثی ایجاد کند تا در جوش ناخالصی وارد نشود.

چون تنش های زیادی در اثر جوش ایجاد می شود که پتانسیل ترک برد، نیتروژن هوا را از این می دهد و احتمال خرابی و ورود ناخالصی را افزایش می دهد. سپر گازی جلوی ارتباط این فضای داغ با فضای بیرون را می گیرد. یکی از فواید سپر گازی، این است که جوش را متمرکز می کند و لذا پاشش جوش جلوگیری می کند.
(فولاد) (هوا)



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹

در واقع سرباره گازی تمرکز حرارتی را در جوشش داده و کیفیت جوش را بالا می برد. هم چنین روکش، یک گاز حفاظ ایجاد می کند. گل جوشکاری در حین عملیات جوشکاری در نتیجه ذوب روکش الکترود تشکیل می گردد و ترکیبی از اکسید فلزات و ترکیبات دیگر است.

گل جوشکاری، به علت وزن مخصوص کم تر، اغلب به سطح حوضچه مذاب می آید و وقتی جوش سرد شد، به راحتی توسط چکش جوش کنده می شود.

* وظیفه گل جوشکاری جلوگیری از ترک خوردن جوش ناشی از افت سریع دما و جلوگیری از انتقال حرارت سریع بین جوش و فلز اطراف می شود.

هم چنین مانع واکنش بین مواد مذاب جوش و عناصر موجود در هوا مانند نیتروژن است.

طبقه بندی و شماره گذاری الکترودها طبق AWS (American Welding society):

الکترودها بر حسب خواص مکانیکی فلز جوش فولادی نوع پوشش و وضعیت جوشکاری طبقه بندی و برای شناسایی شماره گذاری می شوند.

سیستم شماره گذاری بر اساس AWS یک عدد چهار یا پنج رقمی است که به دنبال حرف E قرار می گیرند. حرف E مخفف کلمه الکترود است.

اولین دو رقم سمت چپ (یا دو رقم اول در سیستم ۵ رقمی)، حداقل مقاومت کششی نهایی فلز جوش (مفتول) الکترود بر حسب Ksi (کیلو پوند بر اینچ مربع) است.

* اگر این عدد ذکر شده (بر حسب Ksi) را در عدد 70 ضرب شود، حداقل مقاومت بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$ به دست می آید.

رقم سوم موقعیت جوشکاری را مشخص می کند. عدد ۱ یعنی جوشکاری با این نوع الکترود، در همه موقعیت ها اعم از تخت، افقی، بالاسر و سقفی کاربرد دارد. عدد 2 یعنی این الکترود فقط در جوشکاری در وضعیت های تخت و افقی کاربرد دارد. عدد 3 یعنی الکترود باید تنها در

PqPCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

موقعیت جوشکاری تخت به کار رود.

آخرین رقم، نوع جریان و نوع روکش الکترود و نوع قوس را معین می کند.

جدول سیستم طبقه بندی الکترودها به روش AWS

| رقم | مفهوم | مثال |
|---|---|---|
| 2 یا 3 رقم اول | حداقل مقاومت کششی | E60XX = 4200 kg/cm² |
| رقم بعدی | وضعیت جوشکاری | تمام وضعیت ها: EXX1X<br>تخت و افقی: EXX2X<br>تخت: EXX3X |
| رقم آخر | نوع جریان، نوع سرباره، نوع قوس، عمق نفوذ، درصد پودر آهن و مقدار روکش در روکش | به جدول 5-3 (راهنمای جوش) مراجعه شود |

۲) جوش قوس الکتریکی زیر پودری یا غوطه ور SAW:

در این روش از الکترود بدون روکش (لخت) و پودر به عنوان محافظ استفاده می شود. ماده ی محافظ به صورت یک لایه پودری روی درز جوش ریخته شده و قوس الکتریکی توسط الکترود لخت در زیر این پودر واقع می شود و در حین جوشکاری دیده نمی شود. کیفیت این نوع جوش بسیار بالاست. در این نوع جوشکاری پودر موجب پایداری و تثبیت قوس الکتریکی شده و از حوضچه مذاب قوس در مقابل عناصر هوا محافظت می کند. هم چنین این پودر به عنوان سرباره، جوش انجام شده را در مقابل افت دما به سرد شدن بسیار محافظت می کند و به طور دیگر



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

و ظاهری مانند روکش الکترود دارد.

* در این روش کیفیت جوش و دقت آن نسبت به روش SMAW بیش تر است. خطای انسانی در آن نسبت به SMAW خیلی کم تر است. این نوع جوش بیش تر در کارخانه انجام می گیرد و در کارگاه نمی تواند انجام شود. در کارگاه از جوش SMAW استفاده می کنند.

پودر جوش باید کاملا خشک بوده و در اثر دما ذوب شده و بر روی جوش یک لایه گل جوشکاری مرباره ایجاد کند. پودر مصرف نشده خشک شده و مجددا مصرف می شود. در واقع پودر جوش نقش روکش در الکترود را ایفا می کند و باعث می شود عملا جوشکاری بدون پاشش و با پاشش جوش جرقه زدن با ایجاد دود صورت گیرد. پودر علاوه بر محافظت حوضچه مذاب در برابر گازهای هوا، ترکیبات شیمیایی فلز جوش را بهبود داده و به تمیزی فلز جوش کمک می کند.

مشخصات مکانیکی جوش هایی که به روش جوش الکتریکی زیر پودری صورت می گیرند، عموما به مراتب خوبی فلز پایه می شود. این جوش ها کیفیت بالا و یکنواخت بوده و از کیفیت بالایی برخوردارند.

* مزایای جوش زیر پودری: ۱) شکل پذیری مناسب ۲) مقاومت بالا در برابر ضربه ۳) تراکم پذیری ۴) مقاومت در برابر عوامل خورنده

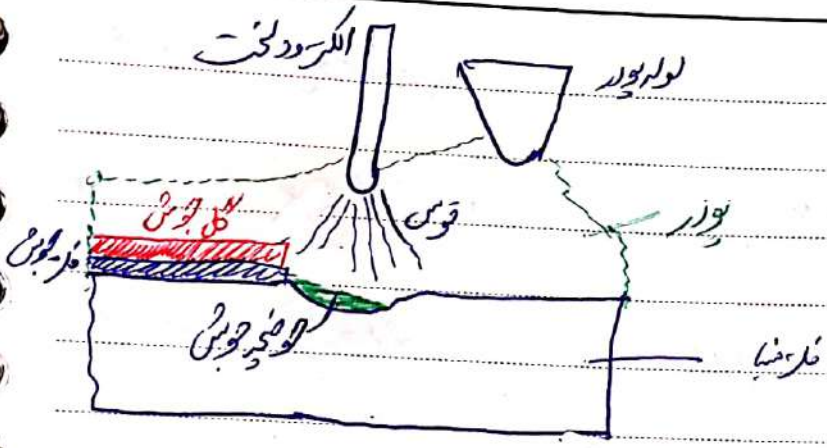
* جوش زیر پودری برای جوش های طویل و ورق های ضخیم مناسب است. در روش جوش الکتریکی با الکترود روکش دار ضخامت جوش در دو پاس (مرحله) حدود 3 الی 5 میلی متر است. در روش جوشکاری زیر پودری، امکان جوش ورق های با ضخامت تا 15mm با یک عبور



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۹




جوش وجود دارد.

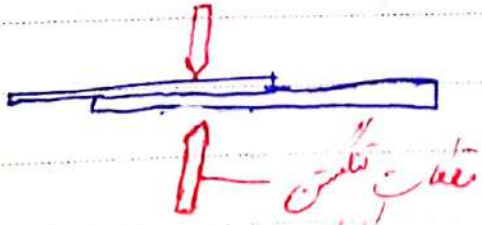
۳) جوش قوس الکتریکی با گازهای محافظ GMAW:

در این روش از الکترود مذاب پوشش لخت به صورت ممتد و نوعی گاز که به عنوان ماده محافظ از ورود هوا به حوضچه جوش جلوگیری می‌کند استفاده می‌شود. الکترود سیمی از مخزنی قرقره عبور کرده و هدایت آن همراه با گاز محافظ توسط لوله تفنگ جوش صورت می‌گیرد.

در این روش گاز با ایجاد سپری محافظ از حوضچه جوش محافظت می‌کند. از گازهای اکسید کربن $CO_2$ به تنهایی یا مخلوط با دیگر گازها مانند اکسیژن و آرگون در این روش جوشکاری رایج است. انجام جوش توسط گازهای محافظ به دلیل نیاز به تجهیزات و گاز معمولا در کارخانه صورت می‌گیرد.

این نوع جوشکاری در محوطه کارگاه به دلیل وجود جریان باد مورد استفاده کاربرد ندارد.

۴) نقطه جوشی (spot welding): برای ورق‌های نازک حداکثر 1.5mm کاربرد دارد. در کارهای ساختمانی کاربرد ندارد. در این روش قطعات فلزی کاربات با فشار روی هم قطعه را تحت درجه بالا به هم وصل می‌کند در این حال الکترود تکان نمی‌خورد.






Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/2/16

جوش پذیری فولاد: به قابلیت جوش فولاد، جوش پذیری یا Weldability گوینده.

* عوامل موثر در جوش پذیری یک فولاد به مواد شیمیایی و آلیاژهای فولاد وابسته اند.

* عاملی که بیش ترین تاثیر نامطلوب را در جوش پذیری دارد، میزان آلیاژهای غیرفلزی مانند P، C، S و Si می باشد.

* هرچه شکل پذیری فولاد بیش تر باشد، جوشکاری فولاد نیز بیش تر خواهد بود.

$$C_e = C + P + S + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{5} - \dots$$

$Ce \leq 0.52\%$
$C \leq 0.24\%$
→ به خوبی قابل جوشکاری است

$Ce \leq 0.6$
$C \leq 0.35$
→ با تدابیر خاصی (پیش گرمایی - پس گرمایی) جوشکاری می شوند

$Ce > 0.6$
$C > 0.35$
→ جوشکاری دارای اشکال خواهد بود

اتصالات جوش از نظر وضعیت قرارگیری اعضای اتصال: نوع اتصال جوشی از نظر وضعیت قرارگیری اعضای مورد اتصال در سازه های فولادی رایج تر است: ۱) اتصال لب به لب ۲- ۲) اتصال روی هم ۳- ۳) اتصال سپری ۴- ۴) اتصال گونیای گوشه

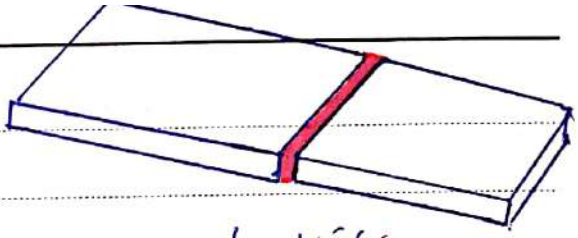
ⓐ اتصال پیشانی



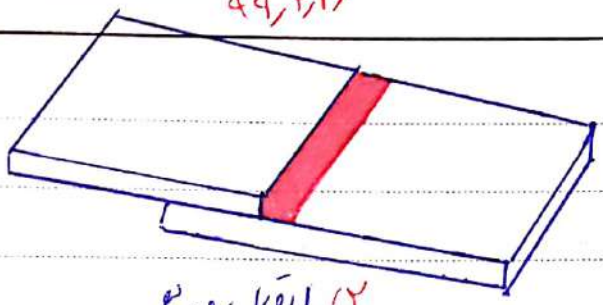
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

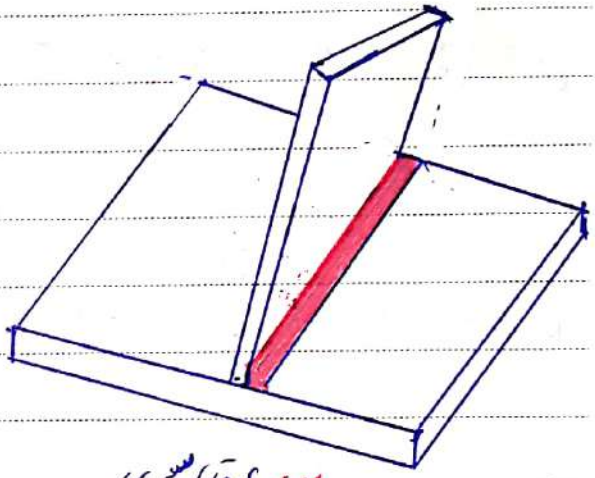
Subject :
Date ۹۹/۲/۱۶



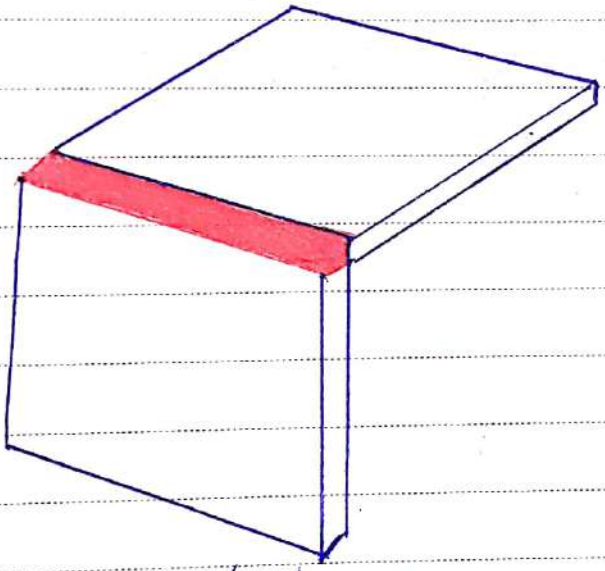
۱) انتقال لب به لب



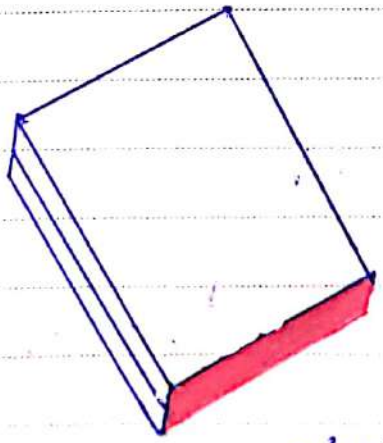
۲) انتقال روی هم



۳) انتقال سری



۴) انتقال گونیای گوشه



۵) انتقال لبه‌ای



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۱۶

۱) اتصال لب به لب: برای اتصال ورق هایی مصرف کاربرد دارد. در صورت استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل در اتصال لب به لب حجم مصالح جوش در این اتصال، حداقل بوده و ظاهر مطلوبی دارد. از مزایای دیگر این اتصال عدم خروج از مرکزیت است که عموماً در اتصالات روی هم وجود دارد. از مشکلات این اتصال ضرورت آماده سازی موضع اتصال به صورت پخ زدن لبه ها می باشد که مستلزم دقت و هم راستا کردن آن ها در موضع جوشکاری است. این اتصالات باید به دقت اجرا و حتی الامکان در شرایط کارخانه ای که امکان نظارت دقیق و مستمر وجود دارد صورت گیرد.

۲) اتصال روی هم: ساده ترین و معمول ترین نوع اتصال است. مزیت عمده ی آن، سادگی اجرا است که به آسانی و بدون نیاز به دقت زیاد می توان اعضای جوشی را روی هم قرار داد. در این اتصالات نیازی به آماده سازی خاص برای لبه ها نیست و عموماً با پرس عادی توسط شعله می توان لبه ها را آماده جوشکاری کرد. جوش به کار رفته در اتصالات روی هم، معمولاً جوش گوشه است. از مزایای دیگر این اتصال امکان اتصال ورق ها با ضخامت متفاوت است.

۳) اتصال سپری: برای برخی مقاطع I و T شکل در ترکیب ورق ها، از اتصال سپری استفاده می شود: در این نوع اتصال امکان استفاده از جوش گوشه دشواری فراهم است.

۴) اتصال گوشه ای (لوله): برای برخی مقاطع قوطی شکل Box که دارای صلبیت و مقاومت مناسب در برابر لنگر پیچشی موجود در تیرها و ستون ها هستند) استفاده از این اتصال لازم است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

۵) اتصالات پیچی: از این اتصال برای نگهداری دو یا چند ورق در کنار هم استفاده می‌شود و معمولا عضو خمشی سازه‌ای ندارد. اجاکلی ادوات استفاده از آن عملی است لازم شود.

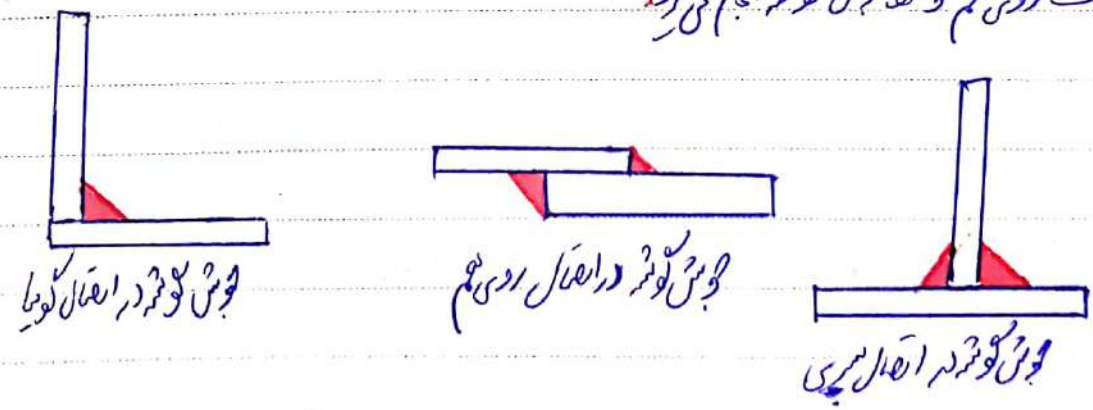
انواع جوش: ۱) جوش گوشه ۲) جوش شیاری (یا نفوذ کامل یا ناقص) ۳) جوش کام ۴) جوش انگشتانه

* جوش گوشه و شیاری از متداول‌ترین انواع جوش در اتصالات سازه‌های فولادی است. جوش‌های کام و انگشتانه در اتصالات سازه‌های فولادی دارای کاربرد نادری هستند و به ندرت کاربرد دارند.

* اینکه چه نوع جوشی برای یک عملکردی یک از جوش انتخاب شود و نیروهایی که باید تحمل کند صورت می‌گیرد.

* در اتصالات سازه‌های فولادی استفاده از جوش گوشه بسیار رایج است و حدود 80 درصد اتصالات جوشی توسط جوش گوشه انجام می‌شود. جوش شیاری حدود 15 درصد و جوش‌های کام و انگشتانه مجموعا 5 درصد از اتصالات جوشی را دارند.

۱) جوش گوشه Fillet weld: به خاطر سهولت در اجرا، اقتصادی بودن و قابلیت استفاده در اغلب اتصالات مطلوب و مورد توجه است. چون عمده اتصالات روی هم توسط جوش گوشه انجام می‌گیرد.




مزایای اتصال روی هم جوش گوشه: هم تلفیق شده و یک اتصال آسان و اقتصادی را ایجاد می‌کند.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۱۶

در جوش گوشه نیازی به آماده سازی خاص مثل پخ زدن لبه ها نیست.

۲) جوش شیاری Groove Weld:

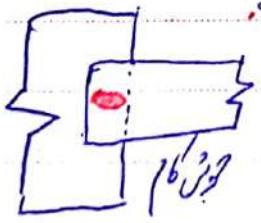
جوش شیاری با نفوذ کامل (Complete Joint Penetration Groove weld) به منظور انتقال کامل نیروی اعضایی که به وسیله این نوع اتصال جوش متصل شده اند کاربرد دارد. در صورتی که به انتقال کامل نیرو از یک عضو عضو دیگر نیازی نباشد، می توان از جوش شیاری با نفوذ ناقص Partial Joint Penetration Groove weld استفاده کرد. در اجرای جوش شیاری، آماده سازی اعضا و پخ زدن لبه ها انتقال لبه به دقت انجام شود.

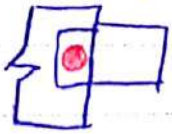
نوع آماده سازی لبه ها و اندازه و شکل پخ ها به ضخامت ورق های اتصالی مورد نظر و استراست.

* اجرای جوش شیاری برای اتصالات لب به لب گونیا و سپری صحیح است ولی استفاده ی عمده جوش شیاری در اتصالات لب به لب است. از این جوش می توان در حالت سپری هم استفاده کرد.

۳ و ۴) جوش های کام slot weld و جوش های انگشتانه Plug weld:

این جوش ها به صورت تنها یا به صورت ترکیب با جوش گوشه کاربرد دارند. این جوش ها برای انتقال نیروی برشی و جلوگیری از لغزش ورق ها کار می رود. برش تقویت ورق و کمک از نواحی مقاومت آن در برابر کمانش موضعی استفاده از جوش کام و انگشتانه مفید است.



جوش انگشتانه



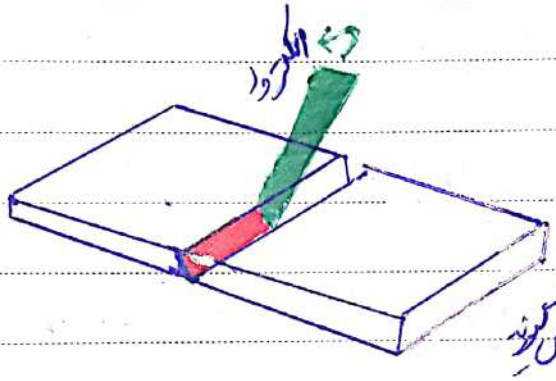
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 94/2/16

وضعیت های مختلف جوشکاری: با توجه به نحوه ی قرارگیری موضع جوش نسبت به جوشکار، 4 وضعیت جوشکاری وجود دارد:

۱) وضعیت تخت F ۲) (Flat) وضعیت افقی H ۳) وضعیت قائم V (vertical) ۴) وضعیت سقفی یا بالاسری OH (overHead)
(Horizontal)

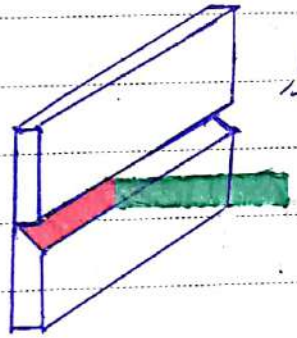



۱) وضعیت تخت: ساده ترین وضعیت جوشکاری است

در این وضعیت دو ورق فولادی مورد نظر در سطح تخت قرار می گیرند

و جوشکار عملیات جوشکاری را انجام می دهد. کیفیت انتقال در این وضعیت قابل قبول و مطلوب است.

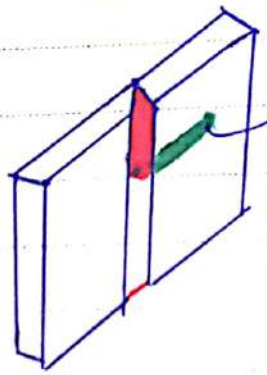
۲) وضعیت افقی: این وضعیت به گونه ای است که مثلا دو ورق روی یک دیوار قرار



گرفته اند و ملیه کرده اند و این دو ورق روی هم قرار گرفته اند و خط جوش به صورت

افقی است.

۳) وضعیت قائم: در این وضعیت، دو ورق فولادی به صورت قائم نسبت به هم قرار گرفته اند و خط جوش به صورت عمودی است. این جوش




عمودی معمولا باید از بالا به پایین صورت گیرد. علت این است که

هنگامی که از بالا به پایین به صورت ماهیچه ای (گردان به چپ و راست) حرکت می دهیم جوش می دهیم؛

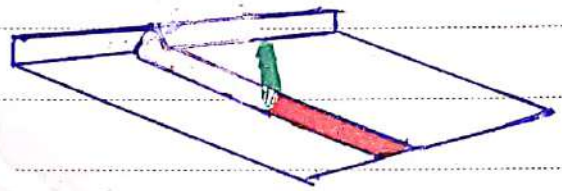
جوش الکترودی از ذوب شدن خوب و مناسب جلوگیری می کند



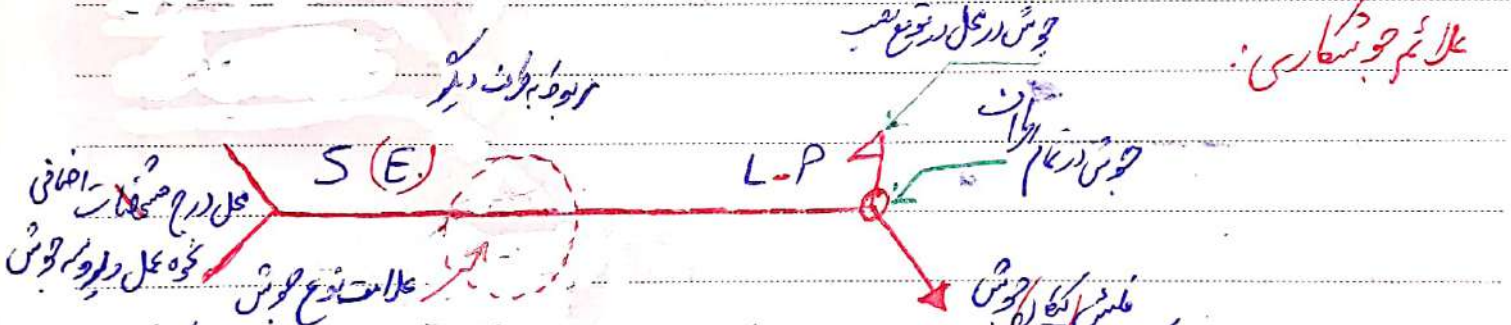
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

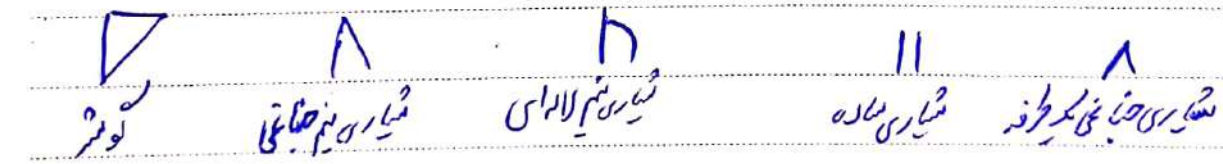
۴) وضعیت بحرانی: سخت‌ترین و بدترین وضعیت جوشکاری است و باید از زیر دو ورق فولادی عملیات جوشکاری صورت گیرد.



علائم جوشکاری:




علائم:



* L طول موثر جوش ؛ P فاصله مرکز تا مرکز نوارهای جوش متقطع (وقفات جوش) ؛ S اندازه ساق جوش ؛ E اندازه کلی موثر جوش

* اگر علائم فوق در بالای خط افقی ——— قرار گیرد ؛ یعنی جوش باید در جایی که فلش جوش وجود دارد اعمال شود. (جوش دیده می‌شود)

اگر علائم در بالای خط افقی ——— ظاهر شوند ؛ جوش دیده نمی‌شود و در طرف دیگر اتصال باید جوش اعمال شود.

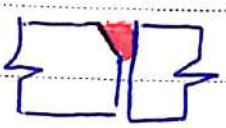


Scanned by CamScanner

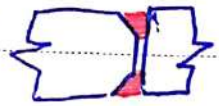
Jozvebama.ir

Subject :
Date 99/2/16

* در صفحه ۶۵ گفته شده که برای اتصال جوش گیاری بعد در لبه‌های اتصال پخ ایجاد کرد در جوش گیاری جناغی یک طرفه پخ در یک سمت و دو طرف اتصال ایجاد می‌شود و در جوش گیاری جناغی دو طرفه پخ در دو طرف ایجاد می‌شود



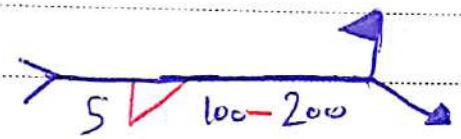
جوش گیاری یک طرفه



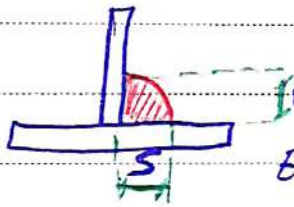
جوش گیاری دو طرفه

* مثال: ورق به ضخامت 5mm و طول 100mm با فاصله مرکز به مرکز 200mm جوش گیاری شده است.

(وضع نقب)




* s اندازه ساق جوش و E کلی موثر جوش در شکل نشان داده شده است:




در آیین نامه توصیه شده است که در محاسبات اندازه ساق جوش s را ملاک قرار دهیم. نه کلی موثر جوش E

را ملاک محاسبات قرار دهیم.

* E همیشه از s کوچکتر است. $E < S \rightarrow E = 0.707\,S$

* در محاسبات اندازه ساق جوش را با a یا s و کلی جوش را با E یا $t_e$ هم نشان می‌دهند.

* در نقشه‌ها معمولا فقط اندازه جوش را قید می‌کنند اما در محاسبات از کلی جوش استفاده می‌کنند.

نماد ۹ یعنی جوش در وضع نقب انجام شود. یعنی جوش را در کارخانه انجام می‌دهند. در واقع یکسری قطعات در کارخانه ساخته می‌شوند و در محل کارگاه نقب می‌شوند. نماد ۹ برای این قطعات کاربرد دارد که باید در محل نقب انجام شوند.

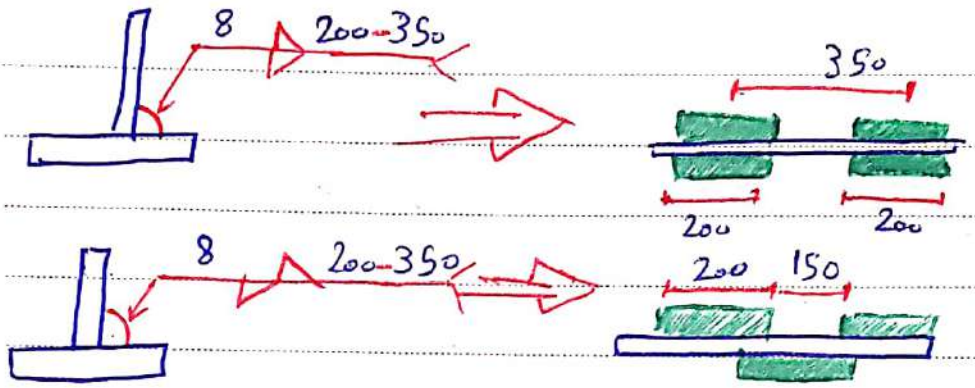


Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۱۶

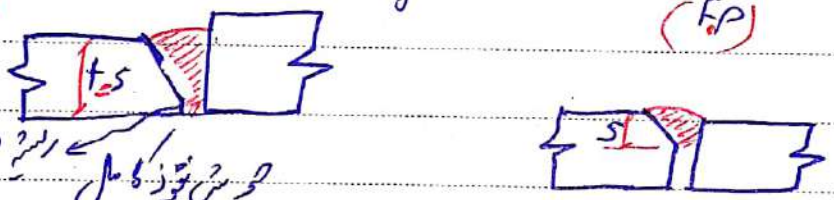
* نکته دیگر در به کار بردن علائم جوش




* تفاوت شکل جوش شیاری نفوذ کامل Full Penetration و نفوذ ناقص Partial Penetration groove welding

(F.P)

(R.P)




جوش نفوذ کامل — ریشه جوش

جوش شیاری می تواند در ورق ها با ضخامت های متفاوت با یکدیگر اتصال ایجاد کند در صورت متفاوت بودن ضخامت ورق ها، تمام ضخامت ورق کوچکتر را پخ می زنند و جوش کاری می کنند اما هیچگاه کل ضخامت ورق کوچکتر پخ زده نمی شود و به اندازه حدود 2mm باقی می ماند. به این فاصله حدود 2mm ریشه جوش می گویند. علت وجود ریشه جوش این است که اگر کل ضخامت ورق کوچکتر را پخ نزنند، به محض نزدیک شدن الکترود نوک تیز ورق کوچکتر ذوب می شود و حوضچه مذاب فرو می ریزد. به همین علت یک ریشه جوش 2mm در جوش نفوذی کامل ایجاد می کنند.

در جوش نفوذی ناقص کل ضخامت ورق پخ زده نمی شود بلکه بخشی از ضخامت ورق کوچکتر پخ زده می شود و جوش اعمال می شود.

سطح موثر جوش: برای محاسبه تنش های اسمی ناشی از نیروهای وارده بر روی فلز جوش، محاسبه سطح موثر جوش الزامی است. سطح موثر جوش سطحی است که احتمال وقوع شکست در آن وجود دارد. سطح موثر جوش شیاری و گوشه برابر است با حاصل ضرب اندازه موثر کلی جوش ($t_e$) در طول جوش.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۱۲

در طول موثر جوش $L_w$.

سطح موثر جوش گیاری: سطح موثر جوش گیاری برابر است با حاصل ضرب طول موثر جوش در بعد موثر کلوی جوش $A_w = L_w \times te$

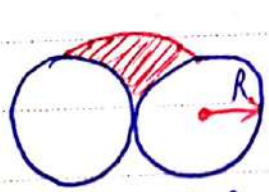
طول موثر جوش $L_w$ برای انواع جوش های گیاری با لبه ی ساده یا پخ دار، برابر با حاصل ضرب عرض قطعه اتصالی در امتداد عمود بر جهت نیرس است. بعد موثر کلوی جوش te برای جوش گیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت ورق نازک تر است. بعد موثر کلوی جوش برای جوش گیاری با نفوذ نسبی برابر با عمق گیر نهای 3mm است.

ضخامت قطعه نازک تر = te نفوذ کامل

عمق گیر - 3mm = te نفوذ نسبی

* طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده از جوش گیاری با نفوذ نسبی در حالتی که بارگذاری متناوب (اثر خستگی) وجود داشته باشد مجاز نیست.

طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ضخامت موثر جوش گیاری (te) که بین دو لبه ی گرد (مثل گیرین پروفیل گرد) و یا بین یک لبه ی گرد و لبه ی تخت (مثل گیرین لبه مجاور ورق) اندازه گیری می شود، مطابق شکل زیر است.



* طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ضخامت موثر در جوش های گیاری با نفوذ نسبی نباید از مقادیر مندرج در جدول صفحه بعد کمتر باشد:



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/2/16

حداقل ضخامت جوش با توجه به ضخامت قطعه نازک تر تعیین می شود.

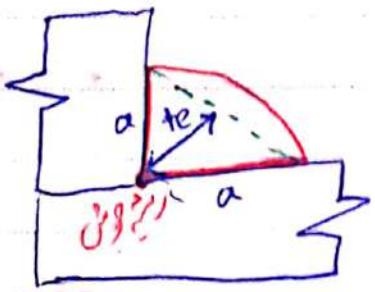
حداقل ضخامت موثر جوش گوشه ای با توجه به

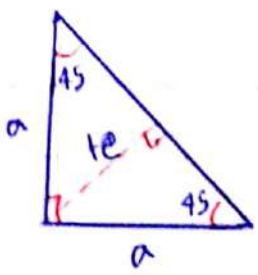
| ضخامت قطعه نازک تر | حداقل ضخامت موثر |
|---|---|
| تا 6mm | 3mm |
| بین 6mm تا 12mm | 5mm |
| بین 12mm تا 20mm | 6mm |
| بین 20mm تا 40mm | 8mm |
| بین 40mm تا 60mm | 10mm |
| بین 60mm تا 150mm | 13mm |
| بیش تر از 150mm | 16mm |

سطح موثر جوش گوشه: سطح مقطع موثر در جوش گوشه برابر با حاصل ضرب طول جوش در ضخامت گلوگاه موثر (بعد موثر کلوی جوش) است.

طول موثر جوش گوشه (به جز جوش هایی که در سوراخ و شکاف ترکیبی کنند) برابر با طول کل نوار جوش شامل مقدار تقاطع برگشت خورده است.

بعد جوش گوشه: همان اندازه ساق مقطع جوش a است. ضخامت گلوگاه موثر te در جوش گوشه برابر با کوتاه ترین فاصله (اندازه) ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر با ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به دست می آید.




$\sin 45 = \frac{te}{a} \rightarrow te = a \sin 45$

$\rightarrow te = 0.707\, a$



Scanned by CamScanner

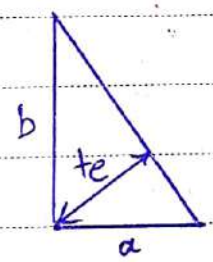
Jozvebama.ir

★ طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، حداقل بعد جوش گوشه باید از بعد مورد نیاز برای انتقال بارهای محاسبه شده و اندازه‌های نشان داده شده در جدول زیر کمتر باشد. حداقل بعد جوش، وابسته به ضخامت قطعه نازک‌تر است.

حداقل بعد جوش گوشه

| ضخامت قطعه نازک‌تر | حداقل بعد جوش گوشه باید یا بیشتر باشد |
|---|---|
| تا 6mm | 3mm |
| بین 6 تا 12mm | 5mm |
| بین 12 تا 20mm | 6mm |
| بیش‌تر از 20mm | 8mm |

★ نکته اضافه: اگر جوش با اتصالات نامساوی داشتیم، ضخامت گلوگاه جوش te بدین صورت محاسبه می‌شود.




$$te = \frac{ab}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

★ حداکثر بعد جوش‌های گوشه در لبه‌ی قطعات متصل شونده برای قطعات با ضخامت مساوی یا کم‌تر از 6mm برابر با ضخامت قطعه منهای 2mm و برای قطعات با ضخامت بیش از 6mm، برابر با ضخامت قطعه است.

حداکثر بعد جوش گوشه:
- if ضخامت قطعات ≤ 6mm → حداکثر بعد = ضخامت قطعه − 2mm
- if ضخامت قطعات > 6mm → حداکثر بعد = ضخامت قطعه

★ طول موثر جوش‌های گوشه‌ای که برای تحمل نیروهای محاسبه شده‌اند نباید از 4 برابر بعد جوش کم‌تر باشد.

$l_w \geq 4 \times$ بعد جوش ← $l_w$ یا طول موثر جوش گوشه

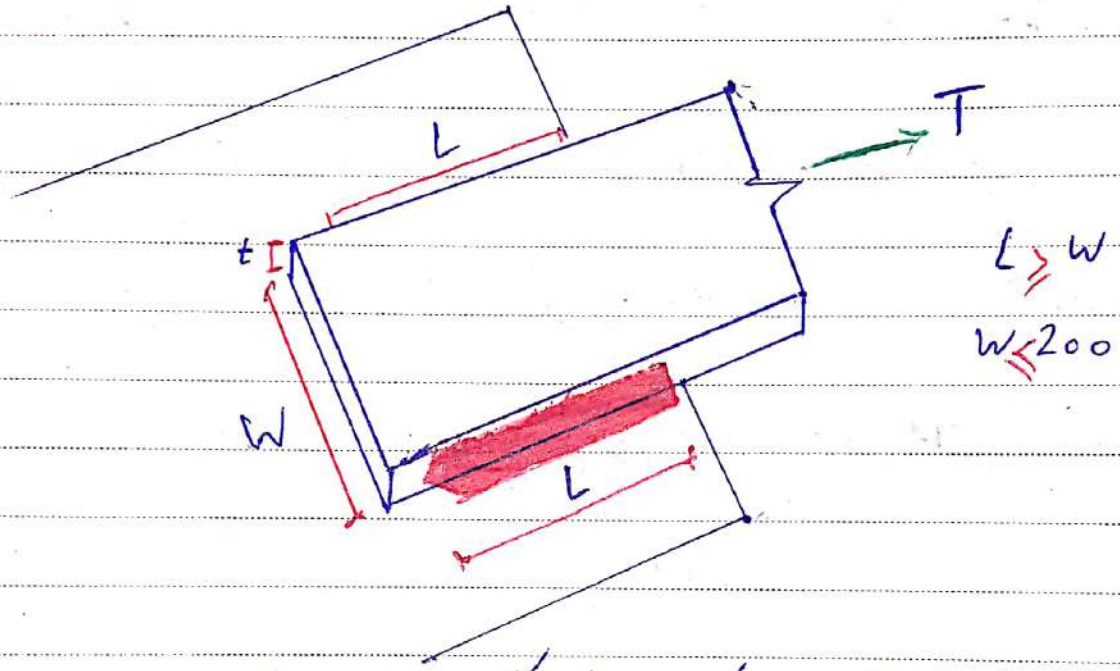


Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۱۶

در اتصال بالهای انتهای تسمه های کششی، اگر از جوش گوشه فقط در لبه های طولی و موازی با امتداد نیرو استفاده شود، طول جوش هر طرف نباید از فاصله عمودی بین آن ها (تقریبا برابر پهنای تسمه) کمتر باشد و این فاصله نباید از 200mm تجاوز کند.




در اتصال انتهای اعضای محوری طول موثر جوش که به صورت طولی بارگذاری شده است نباید از 100 برابر بعد جوش a تجاوز کند. در صورت نیاز به طول جوش بیش از 100 برابر بعد ساق جوش طول موثر جوش باید ضریب $\beta$ کاهش یابد.

* $L_e \leq 100\,a$ ★ $L_e$: طول موثر جوش؛ $L$: طول واقعی جوش که از ضخامت انتهایی جوش به صورت طولی بارگذاری شده است؛ $a$: بعد ساق جوش؛

* if $L > 100\,a \rightarrow L_e = \beta L$

* $\beta = 1.2 - 0.002\left(\frac{L}{a}\right) \leq 1$ $\beta$: ضریب کاهش طول واقعی (این جوش)

★ نکته ی مهم: اگر نسبت $\frac{L}{a}$ بیش تر از 300 شد ($\frac{L}{a} > 300$) طول موثر جوش باید برابر با $180a$ منظور شود.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

جوش می تواند پیوسته و یا منقطع باشد.

* جوش های گوشه منقطع برای انتقال نیرو های برشی بکار برده میشود که نیروی وارد شده از مقاومتی که با جوش پیوسته برابری می کند و یا حداقل بعد جوش نامین می شود کم تر باشد. استفاده از این نوع جوش در انتقال جان به بال تیر ورق ها، انتقال صدق تقویتی بال یا انتقال قطعات سخت کننده به جان تیر ورق و برای انتقال اجزای اعضای ساخته شده از ورق مجاز است. طول موثر قطعات جوش منقطع نباید از 4 برابر بعد جوش و از 40mm کم تر باشد. فاصله ی آزاد بین قطعات جوش وقتی که تحت فشار است نباید از 16 برابر ضخامت نازک ترین قطعه متصل شونده بیش تر شود. هم چنین فاصله آزاد بین قطعات جوش در حالتی که تحت کشش است نباید از 24 برابر ضخامت نازک ترین قطعه متصل شونده بیش تر باشد.

مقاومت جوش :

پس از محاسبه ی نیرو های وارده و مورد نیاز در جوش (با مفاهیم تحلیل سازه) باید این نیرو ها با مقاومت طراحی $R_n$ ($R_u$) مقایسه شوند

* ضریب کاهش مقاومت و $R_n$ مقاومت اسمی جوش است. * طبق جدول به دست می آید. $R_n$ باید برابر با کوچک ترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت های گسیختگی کششی و گسیختگی برشی برای مصالح فلز پایه و حالت حدی گسیختگی برای فلز جوش مقدور شود.

الف) بر اساس مصالح فلز پایه $R_n = F_{nBM} A_{BM}$

ب) بر اساس مصالح فلز جوش که در آن :

$R_n = \beta F_{nw} A_{we}$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/2/16

$F_{BM}$ تنش اسمی فلز پایه؛ $F_w$ تنش اسمی فلز جوش؛ $A_{BM}$ سطح مقطع فلز پایه و $A_w$ سطح مقطع فلز جوش می باشد

$P=$ ضریب بازرسی جوش

در صورت انجام آزمایش های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک: 1

در صورت انجام جوش در کارخانه یا شرایط مشابه و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذی صلاح جوش: 0.85

در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذی صلاح جوش 0.75

★ ما برای اطمینان از صحت و سلامت جوش عملیات یکسری آزمایش درست انجام دهیم. اگر جوش ترک خوردگی نداشته باشد، مطلوب است. اما جوش در لحظات اولیه دارای دمای زیادی است و بعد از مدتی افت دما پیدا می کند و این جا ممکن است در اینجا ترک در جوش نقش دارد. این انبساط و انقباض و کاهش دما باعث ایجاد ترک در جوش می شود. ما با انجام یکسری آزمایش می خواهیم از صحت جوش و عدم وجود ترک در آن اطمینان حاصل کنیم. روش های مختلفی برای این کار وجود دارد یکی از این روش ها روش التراسونیک (UT) Ultra sonic test می باشد. این تست غیرمخرب است و برای تشخیص ناپیوستگی و گسست های داخلی و اندازه ضخامت استفاده می شود. قدرت نفوذ این روش نسبت به تست رادیوگرافی بسیار بالاتر است و گاهی اوقات می تواند عیوب را تا عمق 5m در فولاد نشان دهد. در این تست، امواج فراصوتی با فرکانس بین 2 تا 5 مگاهرتز توسط یک مولد صوتی به قطعه مورد آزمایش اعمال می شوند. هنگامی که این امواج به ناپیوستگی ها و عیوب سطحی و زیرسطحی قطعه برخورد کنند منعکس می شوند. این بازتاب ها توسط مولد صوتی دریافت شده و به پالس های الکتریکی تبدیل شده و در صفحه نمایش به صورت یک سیگنال ظاهر می شود.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

اولتراسونیک با بررسی و تفسیر این سیگنال ها می تواند به اطلاعاتی از جمله مکان عیب، ابعاد و نوع عیب پی ببرد.

یکی دیگر از روش های تست جوش، روش تست رادیوگرافی جوش است. این روش هم عیوب جوش را حتی در سطح آزمایش و حتی در عمق نشان می دهد. در این روش برای نفوذ به جسم از پرتوهای ایکس و گاما استفاده می شود. در واقع در این روش جسم مورد آزمایش را در مقابل تشعشعات نافذ قرار می دهند، به طوری که این اشعه ها بعد از عبور از جسم در یک رسانه ضبط می شوند و مورد بررسی و تحلیل و تفسیر قرار می گیرند تا بتوان عیوب جوش مثل ناپیوستگی و ترک را تشخیص داد.

* در صورت مشاهده ترک در جوش، آن جوش شکست می خورد و مجددا جوش داده می شود. (برداشته می شود)

* مقدار ضریب کاهش مقاومت کششی (F_NBM یا F_NW) طبق جدول داده شده در مبحث دهم به صورت ملی محاسبه استخراج می شوند.

این جدول در صفحه بعد درج شده است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۱۶

# جدول مقاومت جوش ها

| نوع جوش | نوع بارو جهت آن نسبت به محور جوش | نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش | ضریب کاهش مقاومت $\phi$ | تنش مجاز اسمی ($F_{nBM}$ یا $F_{nw}$) |
|---|---|---|---|---|
| جوش شیاری یا نفوذ کامل ولبه آماده شده | کششی عمود بر مقطع موثر | فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 2-3 مجدد دهم | طبق فصل 10 جدول 2-3 مجدد دوم مورد اصلی |
| | فشاری عمود بر مقطع موثر یا کششی یا فشاری موازی با محور جوش | فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 2-3 حرکت طبق مجدد دهم | طبق فصل 10 جدول 2-4 یا 3-2-10 یا 4-2-10 |
| | برشی در مقطع موثر | فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 2-4 | طبق فصل 10 جدول 6-2 |
| جوش شیاری یا نفوذ نسبی | فشاری در امتداد عمود بر مقطع موثر یا کششی یا فشاری موازی با محور جوش یا کششی موازی با محور جوش | فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 2-3 یا 4-2-10 | طبق فصل 10 جدول 3-2-10 یا 4-2-10 |
| | کششی در امتداد عمود بر مقطع موثر | براساس فلز پایه | 0.75 | $F_{nBM} = F_u$ |
| | | براساس فلز جوش (الکترود مصرفی) | 0.8 | $F_{nw} = 0.6F_u$ |
| | برشی در مقطع موثر | براساس فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 6-2 | |
| | | براساس فلز جوش (الکترود مصرفی) | 0.75 | $F_{nw} = 0.6F_u$ |
| جوش گوشه | برشی در مقطع موثر | براساس فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 6-2 | طبق فصل 10 جدول 6-2 |
| | | براساس فلز جوش (الکترود) | 0.75 | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ |
| | کششی یا فشاری موازی با محور جوش | فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 2-3 یا 4-2-10 | طبق فصل 10 جدول 3-2-10 یا 4-2-10 یا |
| جوش انگشانه و کام | برشی موازی سطح برش شونده (روی مقطع موثر) | براساس فلز پایه | طبق فصل 10 جدول 6-2 | طبق فصل 10 جدول 6-2 |
| | | براساس فلز جوش (الکترود) | 0.75 | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ |

* $F_y$: تنش تسلیم فلز پایه  * $F_{ue}$ تنش نهایی فلز جوش (الکترود مصرفی)

PqPCO



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

$A_{we} = L_w t_e$

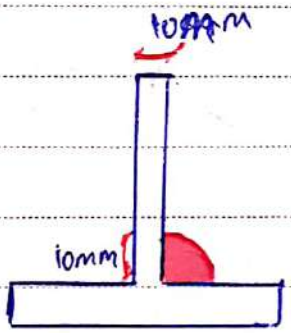
سطح مقطع موثر SMAW

- جوش شیاری با نفوذ کامل ← ضخامت مقطع نازک‌تر
- جوش شیاری با نفوذ نسبی ← عمق شیار − 3mm
- جوش گوشه ← $0.707a$

سطح مقطع موثر SAW

- $a \le 10mm$ ← $t_e = a$
- $a > 10mm$ ← $t_e = 0.707a + 2.5mm$

مثال: مقاومت یک میلی‌متر جوش را در حالت‌های زیر به دست آورید.
* به مقاومت سانتی‌متر جوش، ارزش جوش می‌گویند.




a) SMAW E70 — جوش زیرکار — $\beta = 1$ — عمق نفوذ

b) SMAW E60 — جوش زیرکار — $\beta = 0.75$

c) SAW E70 — جوش زیرکار — $\beta = 0.85$

طبق مطالب گفته شده برای یافتن مقاومت یک میلی‌متر جوش، باید از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم:

$R_n = \beta F_{nw} A_{we}$

$\beta$ در صورت سوال داده شده است. حال باید $A_{we}$ و $F_{nw}$ به دست آوریم تا بتوانیم $R_n$ به دست آوریم. ابتدا می‌دانیم که $A_{we} = L_w t_e$ برای جوش SMAW ردیف آن $L_w = 1cm$ است. $t_e$ مجهول است. پس ابتدا $t_e$ را می‌یابیم. طبق نکات گفته شده، برای جوش گوشه، $t_e = 0.707a$ و با توجه به شکل $a = 10mm = 1cm$ پس $t_e = 0.707 \times 1 = 0.707^{cm}$

برای جوش SAW طبق نکات گفته شده چون $a \le 10^{mm}$ پس $t_e = a = 10mm = 1cm$ و با توجه به جدول $\beta$ برابر 0.75 است.

$A_{we} = L_w t_e = 1 \times 0.707 = 0.707cm^2$ ← $A_{we}$ در جوش‌های SMAW این‌طور به دست می‌آید.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

برای حالت جوش SAW، چون $t_e = a = 10mm = 1cm$ و $L_w = 1cm$ پس سطح مقطع جوش $A_{we}$ برابر است با: $A_{we} = L_w t_e = 1cm^2$.

برای به دست آوردن $F_{nw}$، چون جوش توسط برش بین ۲ ورق انتقال می‌یابد، طبق جدول صفحه 77 فرمول $F_{nw}$ برابر است با: $F_{nw} = 0.6 F_u$. برای الکترود $F_u = 70 KSi$، E70 برابر است با $4200 \frac{kg}{cm^2}$ تبدیل می‌شود. برای این کار $F_u$ را در 70 ضرب می‌کنیم. برای الکترود E60، $F_u$ برابر است با: $F_u = 70 KSi \times 70 = 4900 \frac{kg}{cm^2}$.

حال برای به دست آوردن هر کدام از این حالات، $F_{nw}$ برابر است با:

E60: $F_{nw} = 0.6 F_u = 0.6 \times 4900 = 2940 \frac{kg}{cm^2}$

E70: $F_{nw} = 0.6 F_u = 0.6 \times 4200 = 2520 \frac{kg}{cm^2}$

$F_{nw}$ تنش اسمی فلز جوش

$R_n$ مقاومت اسمی جوش برابر است با حاصل ضرب تنش اسمی فلز جوش در سطح مقطع جوش

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we}$$

و مقاومت طراحی نیز از حاصل ضرب ضریب کاهش مقاومت در مقاومت اسمی به دست می‌آید. $\phi R_n$

نیروهای وارد بر جوش را به دست آمده تنش خارجی نامیده و باید کمتر از مقاومت طراحی باشد.

$$R_u \leq \phi R_n \hookrightarrow R_u = \phi R_n$$

نتایج به دست آمده در جدول صفحه بعد قرار داده شده است.

P4PCO

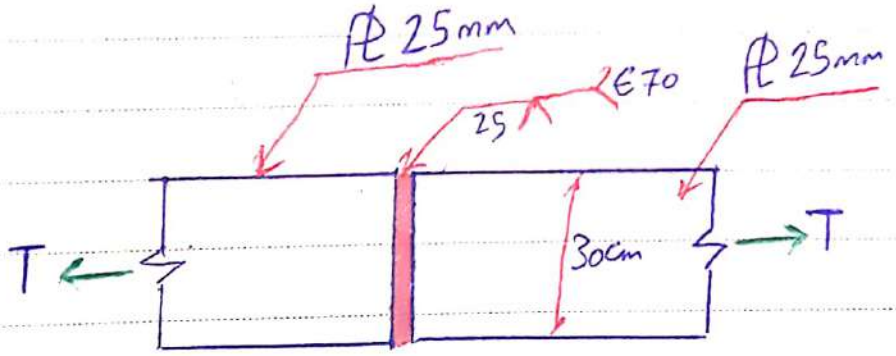
۷۹

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

| $R_u = \phi R_n$ | $R_n = \beta F_{nw} A_{we}$ | $F_{nw}$ | $A_{we} = L_w te$ | $\phi$ | te | $\beta$ | الکترود | روش جوش |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1558.935 | 1×2940×0.707 = 2078.58 | $0.6 F_u = 2940$ | 0.707 | 0.75 | 0.707×1=0.707 | 1 | E70 | SMAW |
| 1002.173 | 0.75×2520×0.707 = 1336.23 | $0.6 F_u = 2520$ | 0.707 | 0.75 | 0.707 | 0.75 | E60 | SMAW |
| 1874.25 | 0.85×2940×1 = 2499 | $0.6 F_u = 2940$ | 1 | 0.75 | 1 | 0.85 | E70 | SAW |

مثال: مقاومت مقطع جوش شده ی زیر را به دست آورید. (جوش شیاری با نفوذ کامل)




جوش کارخانه ای با بازرسی چشمی
ST 37

* ۸ تماد جوش نفوذی است.

$A_g = 30 \times 25 = 750 mm^2 = 7.5 cm^2$

طبق نکته صفحه 25 جزوه مقاومت اسمی کششی مقطع برابر است با:

$F_{Tu} = 0.9 F_y A_g = 0.9 \times 2400 \times 7.5 = 16200 kg = 16.2 ton$

* نیروی فشاری $0.75 F_y A_e$ نداریم چون جزء اعضای فشاری نیست و کششی کوف سوراخ را در محاسبات لحاظ نمی کنیم.

• مقاومت کششی مقطع شکل را داشتیم حال باید مقاومت مورد نیاز جوش را هم کنترل کنیم.

$R_u = \phi R_n = \phi B F_{nw} A_{we}$

طبق جدول صفحه 77 جزوه، در حالت جوش شیاری با نفوذ کامل، فلز جام، فلز پایه است. می دانیم فلز پایه مقاومت پایین تری دارد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۴

مصالحی است که باید به هم متصل شوند. هم جنس ورق اصلی، نیروی کششی عمود بر صفحه جوش وارد می‌شود. بنابراین با طبق جدول صفحه ۴۴ جزوه و هم جنس طبق فصل 10-2-3 از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان باید با علم بر این که فلز حاکم، فلز پایه است پس: $\phi = 0.9$ و $F_{nw} = F_y = 2400 \frac{kg}{cm^2}$ چون جوش گوشه‌ای یا بازویی جنس است؛ طبق نکته صفحه 75 جزوه؛ $\beta = 0.85$ بنابراین:

$$R_u = \phi R_n = \phi \beta F_{nw} A_{we} = 0.7 \times 0.85 \times 2400 \times (30 \times 25 \times 10^{-2})$$

$$\rightarrow R_u = 13770\ kg = 13.77\ ton$$

حداکثر مقاومت قطعه جوش شده را باید کم‌ترین مقدار به دست آمده در نظر گرفت یعنی:

مقاومت تعیین شده = min {13.77 ، 16.2} = 13.7 ton

یعنی حداکثر باری که می‌تواند تحمل کند 13.7 ton می‌باشد. اما قطعات با جوش (گوشه) تشکیل می‌شوند.

الکترود مناسب برای ساز کار با مصالح فلز پایه: فلز جوش (الکترود مصرفی) باید سازگار با مصالح فلز پایه و طبق جدول زیر باشد.

| نوع الکترود سازگار | مقاومت نهایی کششی فلز الکترود ($F_{ue}$) | تنش تسلیم مصالح فلز پایه ($F_y$) |
|---|---|---|
| E60 | 420 MPa | $t \leq 15mm$ ، 300 MPa |
| E70 | 490 MPa | |
| E70 | 490 MPa | $t > 15$ ، 300 MPa |
| E70 | 490 MPa | 380 MPa از 300 MPa |
| E80 | 560 MPa | 460 MPa از 380 MPa |

در جدول فوق؛ t ضخامت فلز پایه است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

## پیش گرمایش فولادهای پرآلیاژی:

برای تمام نرخ های تعریف شده ی پیشین و قطعات ضخیم شده، جوش باید قبل از انجام جوش پیش گرمایش لازم صورت گیرد.

* پیش گرمایش یعنی حرارت دادن به قطعه یا هدف بالا بردن دمای قطعه قبل از شروع جوشکاری؛ به عبارت دیگر، قطعات را قبل از جوشکاری تا درجه حرارت معینی گرم می کنند و حرارت می دهند و پس از این که دمای قطعه کار به آن درجه حرارت مورد نظر رسید، (فلز پایه)
عملیات جوشکاری را شروع می کنند. به این دماهای مورد نظر، دمای پیش گرمایش گویند.

این کار حرارت دادن یا کل فلز پایه را گرم می کند یا فقط ناحیه ی اطراف منطقه ای که باید جوش شود.

* دلایل (مزایای) پیش گرمایش:

۱) میزان نرخ افت دما در فلز جوش و فلز پایه را کاهش می دهد و بدین ترتیب مقاومت بیش تر در مقابل ترک خوردگی جوش ایجاد می کند.

۲) سرعت خنک شدن کم تر، باعث می شود که گاز هیدروژن بتواند بدون ایجاد ترک، منطقه جوش را ترک کند.

۳) باعث کاهش فشارهای انبساطی و انقباضی در جوش و فلز پایه می شود.

۴) از پیش گرمایش می توان برای اطمینان حفظ خصوصیات مکانیکی خاص، مانند چقرمگی، استفاده کرد.

طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، حداقل دمای پیش گرمایش، طبق جدول صفحه بعد می باشد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

## حداقل دمای پیش گرمایش

| ضخامت (mm) | دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس) | دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس) |
|---|---|---|
| $t \leq 20$ | 20 | 10 |
| $20 < t \leq 40$ | 65 | 20 |
| $40 < t \leq 65$ | 110 | 65 |
| $t > 65$ | 150 | 110 |

* الکترودهای رایج به ترتیب عبارتند از: E6013 ، E7018 ، E6010 و E7024

* سیستم طبقه بندی الکترودها طبق روش AWS

| مثال | مفهوم | رقم |
|---|---|---|
| E60XX = 4200 kg/cm² | حداقل مقاومت کششی | 2 یا 3 رقم اول |
| E110XX = 7700 kg/cm² | | |
| EXX1X = عاموضعیت ها | وضعیت جوشکاری | رقم بعدی |
| EXX2X = تخت و افقی | | |
| EXX3X = تخت | | |
| به جدول 5-3 مراجعه شود | نوع جریان، نوع سرباره، نوع قوس، عمق نفوذ، وجود یا در آهن و هیدروژن در روکش | رقم آخر |

جدول 5-3 در صفحه بعد قرار داده شده است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲۳

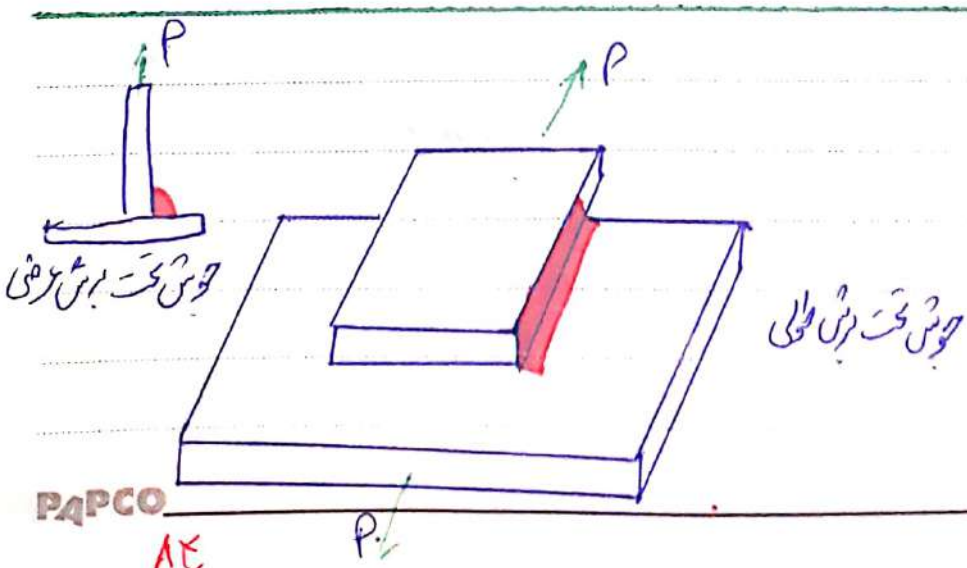
| نوع پوشش | نوع قوس | جریان | رقم آخر |
|---|---|---|---|
| آلی | قوس نفوذی | فقط DCRP | 0 |
| آلی | قوس نفوذی | DCRP یا A.C. | 1 |
| روتیلی | قوس متوسط | DCRP یا A.C. | 2 |
| روتیل | قوس نرم | DC یا AC قطب آزاد | 3 |
| روتیل با پودر آهن (حدود 30٪) | قوس نرم | DC یا A.C. قطب آزاد | 4 |
| کم هیدروژن | - | فقط DCRP | 5 |
| کم هیدروژن | قوس متوسط | DCRP یا A.C. | 6 |
| پودر آهن | - | D.C. یا A.C. | 7 |
| کم هیدروژن قوس آهن | - | DCRP یا A.C. | 8 |

علامت گذاری الکترود

در جدول فوق ؛ A.C جریان متناوب ؛ DCRP جریان مستقیم قطبیت معکوس (الکترود مثبت) ؛ DCSP جریان مستقیم قطبیت مستقیم (الکترود منفی) می باشد.

* قطب آزاد یعنی می تواند مثبت یا منفی باشد.

حالتهای پیش در جوش گوشه :




P4PCO

۸۴

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۳/۲۳

آزمایش نشان داده اند که مقاومت جوش گوشه عرضی حدوداً 3 برابر مقاومت جوش گوشه طولی است. یکی از دلایل مقاومت بیشتر جوش گوشه عرضی نسبت به جوش گوشه طولی، توزیع یکنواخت تنش در تمام طول آن است، در حالی که در جوش گوشه طولی تغییر شکل برشی در طول جوش متغیر است.

محاسبه ی تنش در جوش گوشه که تحت اثر نیروهای گوناگونی قرار دارد بدون اعمال فرضیات ساده کننده، مشکل خواهد بود. عمده ترین فرضیات در خصوص محاسبه ی تنش در جوش گوشه به شرح زیر است:

۱) جوش ها رفتار الاستیک دارند (در ناحیه ی الاستیک هستند)

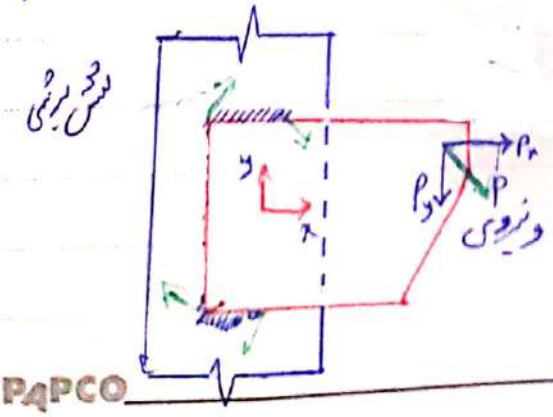
۲) صفحات متصل شونده توسط جوش دارای تغییر شکل های صلب هستند.

۳) تنش های حاصل از نیروی محوری (کششی یا فشاری) و نیروی برشی در تمام طول جوش، ثابت منظور می شود.

۴) تنش های حاصل از لنگر خمشی و یا لنگر پیچشی، نسبت به محل تار خنثی، به صورت خطی تغییر می کند.

۵) ترکیب تنش ها قائم و برشی در یک نقطه از جوش، به صورت جمع برداری محاسبه می شود.

محاسبه ی تنش در جوش گوشه تحت برش و پیچش: ممکن است در اتصالات جوشی، جوش های گوشه تحت اثر توأم لنگر پیچشی ناشی از خروج از محوریت و برش قرار گیرند.




در شکل رو به رو جوش های گوشه تحت اثر نیروی برشی افقی $P_x = P\cos\alpha$ و نیروی



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

برشی حاکم $P_y = P\sin\alpha$ و لنگر پیچشی $T$ را دارند.

برای محاسبه تنش در جوش گوشه ناشی از این نوع بارگذاری از مراحل زیر پیروی می کنیم:

۱) مرکز سطح جوش تعیین شود.

۲) مولفه های نیروی $P$ همراه با لنگر پیچشی ناشی از خروج از مرکزیت نسبت به محل مرکز سطح جوش محاسبه شود.

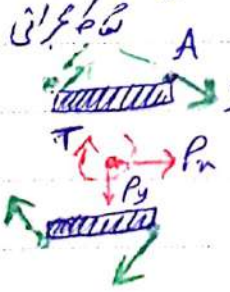
۳) خصوصیات هندسی مقطع مثل مساحت $A_w$ ممان اینرسی نسبت به محورهای افقی و عمودی ($I_y$ و $I_x$) و ممان اینرسی قطبی $J_w = I_x + I_y$ (با فرض ضخامت واحد) برای کلوی جوش گوشه محاسبه گردد.

۴) تنش های برشی موجود ناشی از نیروهای برشی از تقسیم نیرو بر سطح مقطع جوش به دست آورده شوند. هم چنین تنش های برشی موجود ناشی از لنگر پیچشی از رابطه‌ی $\frac{T_x}{J_w}$ و $\frac{T_y}{J_w}$ به دست آورده شوند.

۵) تنش حداکثر به صورت برداری تعیین شود. بدیهی است که تنش حداکثر در نقطه بحرانی ایجاد می شود و ما باید نقطه بحرانی را بیابیم.

۶) با مقایسه‌ی تنش حداکثر با تنش طراحی برشی جوش گوشه $F_w$ بعد جوش گوشه محاسبه گردد.

* اگر نیروی $P$ با خروج از مرکزیت طبق شکل صفحه قبل را به مرکز سطح جوش انتقال دهیم شکل زیر به دست می آید.




* $T = P_x e_y + P_y e_x$ * $e_y$ و $e_x$ به ترتیب بردار محوری نسبت به مرکز سطح جوش در راستای $x$ و $y$ هستند.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲۳

* می دانیم که لنگر پیچشی ایجاد نیروی برشی می کند. هنگامی که لنگر در مورد پیچ ها گفته شد، فرض می شود که تغییر شکل برشی متناسب با فاصله از مرکز سطح است. یعنی نیروی برشی وارد شده به هر فاصله از مرکز سطح است و هر نقطه از پیچ که از مرکز سطح چرخش دورتر باشد، بحران بیشتری ایجاد می کند. تنش برشی ناشی از پیچش در نواحی دورتر از مرکز سطح بیشتر است. در شکل صفحه 86، 4 نقطه بیشترین میزان بحران را عمل ایجاد کننده و بدترین وضعیت تنش را دارند (تنش برشی ناشی از پیچش) جهت این نقاط با توجه به لنگر پیچشی وارده در چهار نقطه مقاومت است. باید تصویر هر کدام از این نقاط با جهت $P_x$ و $P_y$ مقایسه کنیم. اگر هم جهت باشند بحران بیشتر ایجاد می شود و بحران بیشتری ایجاد می کند. بنابراین بین نقاط بالا سمت راست و پایین سمت راست، نقطه کنج بالا سمت راست بحران بیشتری ایجاد می کند. هم چنین تصویر نقطه کنج بالا سمت چپ به این صورت است که تصویر قائم آن خلاف جهت $P_y$ و تصویر افقی آن هم جهت با $P_x$ است. پس نسبت به نقطه کنج سمت راست بحران کم تری ایجاد می کند. به همین ترتیب در مورد نقطه کنج سمت چپ پایین. پس بین 4 کنج چرخش نقطه کنج بالا سمت راست دارای بحرانی ترین وضعیت تنش است. حال اگر در نقطه بحرانی A (A)

تنش برشی را به دست آوریم: در واقع یک تنش برشی ناشی از برش در راستای $x$ ($f_{vvx}$) داریم که برابر است با:

$$f_{vvx} = \frac{P_x}{A_w}$$

* می دانیم که تنش برابر است با حاصل تقسیم نیرو بر سطح مقطع.

یک تنش برشی ناشی از برش در راستای $y$ داریم ($f_{vvy}$) که برابر است با:

$$f_{vvy} = \frac{P_y}{A_w}$$

یک تنش برشی ناشی از لنگر پیچشی در راستای $x$ ($f_{vTx}$) داریم که برابر است با:

$$f_{vTx} = \frac{T \cdot y_A}{J_w}$$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲۳

$f_{vTy} = \frac{T \cdot x_A}{J}$ که برابر است با: $f_{vTy}$ در راستای y در مرکز سطح

* J ممان اینرسی قطبی.  * x و y فاصله نقطه مورد نظر تا مرکز سطح

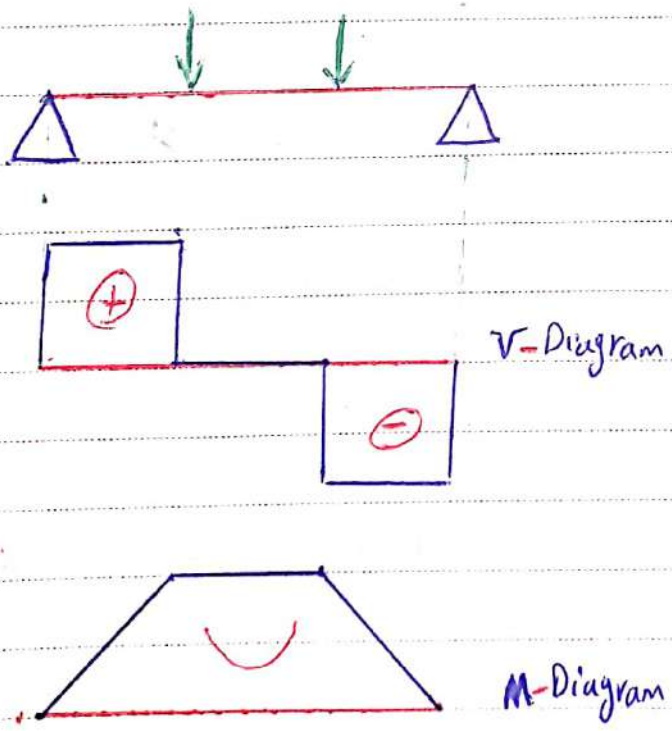
برآیند تنش ها برابر خواهد بود با:

$$f_r = \sqrt{\left(f_{vvx} + f_{vTx}\right)^2 + \left(f_{vvy} + f_{vTy}\right)^2} \leq \phi F_w$$

یادآوری مقاومت مصالح

رابطه خمش الاستیک اویلر، تنش القایی ناشی از خمش

یک تیر دو سر مفصل مانند شکل زیر مفروض است که تحت بارگذاری قرار گرفته است.




یک جزء کوچک دیفرانسیلی از تیر را می‌بریم (به اندازه‌ی dx)

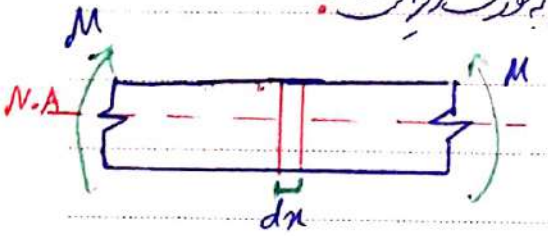


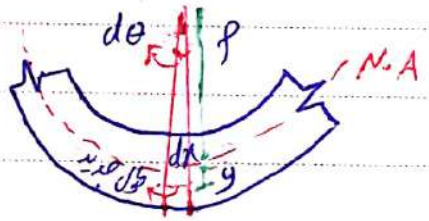
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

لنگر خمشی ثابتی از دو طرف تیر به آن وارد می‌شود. وضعیت تغییر شکل یافته‌ی تیر به صورت زیر است:




$dx = \rho\, d\theta \rightarrow d\theta = \frac{dx}{\rho}$ قطاع دایره

$\rho$ شعاع انحناست.

$$\text{طول جدید} = (\rho + y)\, d\theta = (\rho + y)\frac{dx}{\rho} = \left(1 + \frac{y}{\rho}\right) dx = dx + \frac{y}{\rho} dx$$

در پاسخ به کار خمشی، افزایش طول در تیر رو به رو حاصل شده یعنی تمام پایین تر کشیده می‌شود. یعنی لنگر خمشی ایجاد شده در تیر سبب افزایش طول در تیر می‌شود.

$$\text{افزایش طول} = \text{طول جدید} - \text{طول اولیه} = \left(dx + \frac{y}{\rho} dx\right) - dx = \frac{y}{\rho} dx$$

$$\text{افزایش طول} = \frac{y}{\rho} dx$$

می دانیم که کرنش برابر است با: نسبت تغییر افزایش طول به طول اولیه. بنابراین:

$$\text{کرنش } \varepsilon = \frac{\text{افزایش طول}}{\text{طول اولیه}}$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{y}{\rho} dx}{dx} \rightarrow \varepsilon = \frac{y}{\rho}$$

$$f = E\varepsilon \xrightarrow{\varepsilon = \frac{y}{\rho}} f = \frac{Ey}{\rho}$$

می دانیم که $f = E\varepsilon$ پس:

از فرمول بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که کرنش ایجاد شده ناشی از خمش تیر فقط به $y$ فاصله از تار خنثی وابسته است. از رابطه فوق هم چنین می‌توان نتیجه گرفت که اگر $y = 0$ هیچ تنشی ایجاد نمی‌شود، یعنی در تار خنثی هیچ تنشی ایجاد نمی‌شود و چون تنش با کرنش رابطه مستقیم دارد



Scanned by CamScanner

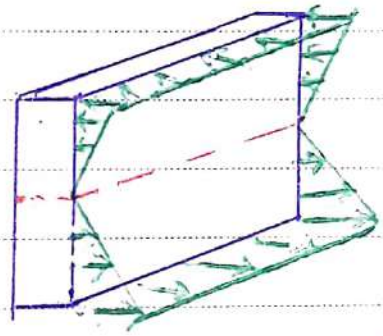
Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲۳

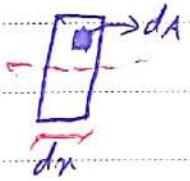
پس در تار خنثی ($y=0$) هیچ تنشی ایجاد نمی‌شود. هرچه $y$ بزرگ‌تر باشد (فاصله از تار خنثی بیشتر باشد) تنش و کرنش ایجاد شده بیشتر خواهد بود. پارامتر $\rho$ اینجا که در محاسبات کاربردی برای ما ندارد و ما باید رابطه گفته شده را طوری تغییر دهیم که کاربردی‌تر شود.

زمانی که در تیر خمش دارند لنگر خمشی ایجاد می‌شود و تنش‌هایی در آن پدید می‌آید معادلات تعادل باید برقرار باشند.

برای شکل تیر صفحه ۸۹، دیاگرام توزیع تنش به این صورت است.



طبق دیاگرام توزیع تنش، می‌بینیم که تنش‌های فوقانی تیر تحت فشارند و تنش‌های تحتانی تیر تحت کشش قرار می‌گیرند. با توجه به تعادل




در راستای $x$ داریم:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \int_A \sigma \, dA = 0$$

می‌دانیم که $\sigma = E\varepsilon$، چون $\varepsilon = \frac{y}{\rho}$ پس: $\sigma = \frac{Ey}{\rho}$، بنابراین داریم:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \int_A \frac{Ey}{\rho} dA = 0 \rightarrow \frac{E}{\rho}\int_A y \, dA = 0$$

$$\int_A y \, dA = 0$$

در عبارت فوق $\frac{E}{\rho}$ نمی‌تواند صفر باشد. پس:

از مباحث استاتیک می‌دانیم که $\int_A y \, dA$ لنگر اول سطح می‌گویند. در تار خنثی $y=0$ لنگر اول سطح صفر خواهد بود.

هم‌چنین $\Sigma M = 0$.

$$\Sigma M = 0 \rightarrow \int \underbrace{\sigma \, dA}_{\text{نیروی تنش}} \times \underbrace{y}_{\text{فاصله بازو}} = M \rightarrow \int \frac{Ey}{\rho} \times y \, dA = M \rightarrow \frac{E}{\rho}\int y^2 dA = M$$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

$\frac{E}{\rho} I = M$ : که در آن $\int y^2 dA$ ممان اینرسی یا ممان سطح دوم است. بنابراین

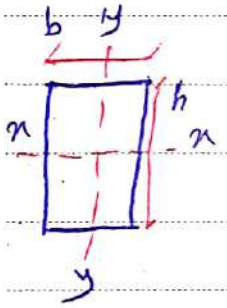
$$\rightarrow \frac{E}{\rho} = \frac{M}{I}$$

هم چنین می دانیم که $\varepsilon = \frac{y}{\rho}$ ، $f = E\varepsilon$ بنابراین $f = \frac{Ey}{\rho}$ می توان نوشت : $\frac{f}{y} = \frac{E}{\rho}$

بنابراین

$$\begin{cases} \frac{E}{\rho} = \frac{M}{I} \\ \frac{E}{\rho} = \frac{f}{y} \end{cases} \Rightarrow \frac{M}{I} = \frac{f}{y} \rightarrow \boxed{f = \frac{My}{I}}$$ این رابطه مهم

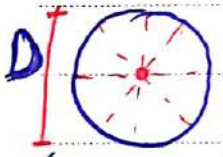
از رابطه فوق برای یافتن تنش ناشی از خمش در تیر استفاده می کنیم.




فرمول یافتن ممان اینرسی مقطع مستطیلی در راستای قوی و ضعیف برابر است با :

$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12}$$




ممان اینرسی مقطع دایره ای حول هر محوری که از مرکز آن می گذرد برابر است با : $I = \frac{\pi D^4}{64}$

برای مواد مهندسی تنش ماکزیمم حائز اهمیت است طبق رابطه $f = \frac{My}{I}$ تنش ماکزیمم زمانی رخ می دهد که y حداکثر باشد یعنی در فاصله دورترین نقطه از تار خنثی تنش ماکزیمم است. اگر $y_{max}$ را با c نامیم ($y_{max} = c$) خواهیم داشت :

$$f_{max} = \frac{Mc}{I}$$

نسبت $\frac{I}{c}$ را برابر با S اساس مقطع در نظر می گیریم : $S = \frac{I}{c}$ اساس مقطع

$$\boxed{f_{max} = \frac{M}{S}}$$ این رابطه مهم



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

## مشخصات هندسی سطوح:

**مرکز سطح:** نقاطی یا نقطه مرکز سطح:

الف) اگر جسمی دارای 2 محور تقارن باشد، مرکز سطح آن جسم، محل تلاقی 2 محور تقارن است.

ب) اگر جسمی دارای یک محور تقارن باشد، مرکز سطح آن جسم، همواره روی آن محور تقارن واقع است.

ج) به طور کلی برای یافتن مرکز سطح از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

$$\bar{X} = \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i} = \frac{A_1\bar{x}_1 + A_2\bar{x}_2 + \cdots}{A_1 + A_2 + \cdots} \qquad \bar{Y} = \frac{\sum A_i \bar{y}_i}{\sum A_i} = \frac{A_1\bar{y}_1 + A_2\bar{y}_2 + \cdots}{A_1 + A_2 + \cdots}$$

برای یافتن مرکز سطح یک مقطع، ابتدا باید یک محور مبنا در نظر بگیریم (ترجیحاً پایین‌ترین قسمت مقطع) $\bar{Y}$ فاصله عمودی مرکز سطح تا محور مبنا است.

**ممان اینرسی (ممان دوم سطح):** عبارتست از ممان‌های بار خنثی مقطع تا یک نقطه‌ی فرضی که در آن نقطه می‌توان تمام سطح مقطع را متمرکز کرد به گونه‌ای که هیچ تغییری در ممان اینرسی ایجاد نشود.

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad , \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

**خمش ساده در تیرها:** تیری مانند شکل زیر در نظر بگیرید که تحت بارگذاری نقطه‌ای دلخواه مانند شکل زیر قرار گرفته است. مقطع تیر مستطیل شکل است. تیر را به اندازه یک جزء دیفرانسیل کوچک $dx$ برش می‌زنیم. در اثر بار وارده بر تیر، لنگر خمشی ایجاد شده که این لنگر خمشی تحت فرضیاتی مقطع تیر را تحت فشار و قسمت تحتانی تیر را تحت کشش قرار می‌دهد. در نتیجه تنش و کرنش ایجاد می‌شود. فرض می‌کنیم که لنگر در امتداد طول

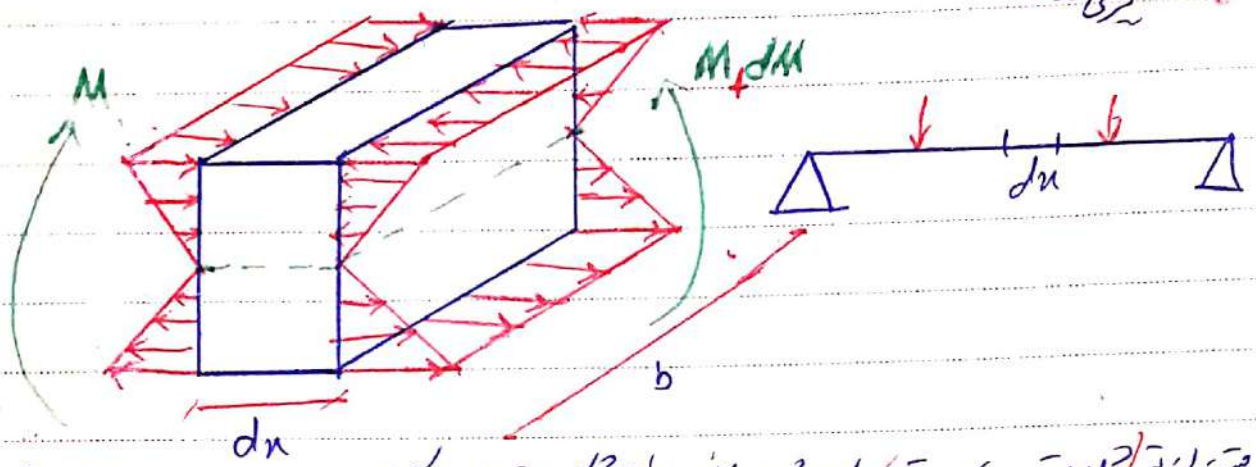


Scanned by CamScanner

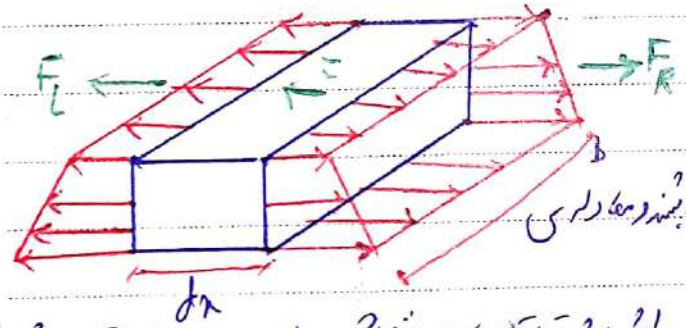
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

به اندازه dM تغییر می‌کند.




حال قسمتی از تیر (جدا) است پایین تیر را برش می‌زنیم. طبق شکل خوش چون تکه وارده در سمت راست به اندازه dM از تنگه است چپ بیش‌تر است با نیروی وارده بر تراز سمت تیر $F_R$ (برآیند تنش‌ها ضرب در مساحت = نیرو) بیش‌تر از نیروی وارده بر سمت چپ تیر $F_L$ است.




چون $F_R$ بیش‌تر از $F_L$ است، پس تعادل برقرار نیست.

پس باید در سمت چپ نیروهایی به گونه‌ای باشند که با $F_R$ برابر باشند و معادله‌ی $\sum F_x = 0$ برقرار باشد. نیروی باید هم جهت با $F_L$ وجود داشته باشد تا بتواند با $F_R$ خنثی شود. در این جا برای حفظ تعادل تنش برشی $\tau$ که نامی از تنگه خمشی است ایجاد می‌شود. حاصل ضرب تنش برشی در مساحت برابر با نیروی برشی می‌شود: نیروی برشی $= \tau b dx$

حال می‌توانیم معادله‌ی تعادل $\sum F_x = 0$ را بنویسیم.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow \tau b dx + F_L = F_R$$

$$F_R = \int \frac{(M+dM)y}{I} dA \quad , \quad F_L = \int \frac{My}{I} dA$$

(مساحت) (ممان ماند از خنثی)



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲۳

$$\tau b dx + \int \frac{My}{I} dA = \int \frac{(M+dM)y}{I} dA \rightarrow \tau b dx = \int \frac{dM\, y}{I} dA - \int \frac{My}{I} dA + \int \frac{My}{I} dA$$

$$\rightarrow \tau b dx = \int \frac{dM\, y}{I} dA \rightarrow \tau = \frac{1}{bI} \int \frac{dM}{dx} y\, dA$$

از استاتیک می دانیم که مشتق لنگر برابر با نیروی برشی است $\left(\frac{dM}{dx} = V\right)$ بنابراین:

$$\tau = \frac{V}{bI} \int y\, dA$$

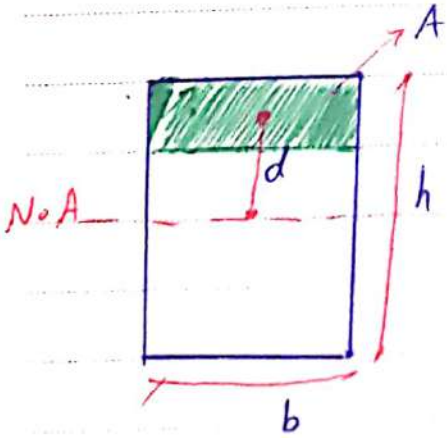
می دانیم که $\int y\, dA$ همان لنگر اول سطح است که آن را با Q نمایش می دهیم پس:

$$\tau = \frac{VQ}{bI}$$

که در آن:

$\tau$ تنش برشی در مقطع مورد نظر، $\tau$ تنش برشی در تار مورد نظر، $I$ همان ممان اینرسی کل مقطع حول تار خنثی و $b$ عرض مقطع در تار مورد نظر و $Q$ لنگر اول سطح است.

$Q$ لنگر اول سطح از یک طرف مقطع مستطیلی یا لنگر اول روبرو از رابطه‌ی $Q = Ad$ به دست می‌آید که در آن $A$ مساحت سطح مورد نظر و $d$ فاصله مرکز سطح مورد نظر تا تار خنثی است.





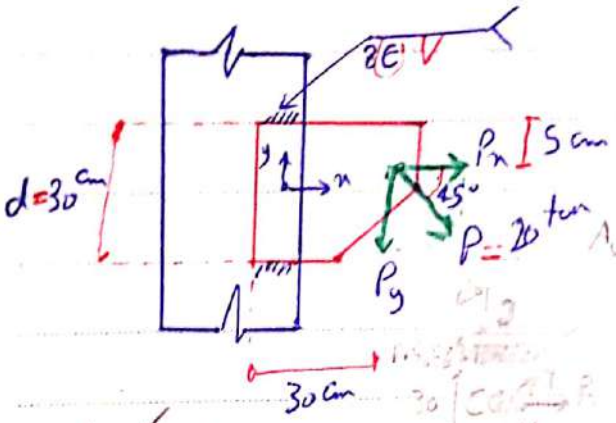

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

مثال: در شکل زیر مقدار تنش برشی بر آمده را محاسبه کنید. در اتصال جوشی شکل زیر اندازه بعد جوش a= 8mm (و براساس آن تعیین کنید بعد جوش 8mm کافی است یا خیر)

طول جوش L=12cm، فاصله‌ی خط جوش d=30cm است. (جوش SMAW) آزمایش غیرمخرب صورت گرفته است. الکترود E70




طبق شکل، جوش گوشه است. پس:

$t_e = 0.707\,a = 0.707 \times 0.8 = 0.5656$

مساحت مؤثر سطح جوش

$A_w = L_w t_e = 2 \times 12 \times 0.5656 = 13.5744\ cm^2$

$\bar{x} = \frac{\sum A_w x}{\sum A_w} = \frac{[12\times0.5656\times6)\times2]}{2\times12\times0.5656} = 6\ cm$

مرکز سطح: CG

$\rightarrow \bar{y} = 15.5656$

۲) تعیین کوپله‌های نیروی P نسبت به مرکز سطح جوش

$e_x = 30 - 6 = 24\ cm$ فاصله از مرکز سطح جوش در راستای x

$P_x = P\cos\alpha = 20\cos45 = 14.1421\ ton$

$e_y = 30 - 15.5656 - 5 = 9.4344\ cm$

$P_y = P\sin\alpha = 20\sin45 = 14.1421\ ton$

۳) تعیین $A_w$ و $I_x$ و $I_y$

$A_w = L_w t_e = 2\times12\times0.5656 = 13.5744\ cm^2$

$I_x = \left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2\right) = \left[\frac{12\times0.5656^3}{12} + 12\times0.5656\times\left(15.5656 - \frac{0.5656}{2}\right)^2\right] + \left[\frac{12\times0.5656^3}{12} + 12\times0.5656\times\left(30 - 15.5656 - \frac{0.5656}{2}\right)^2\right] \rightarrow I_x = 0.1809 + 1585.2454 + 0.1206 + 1470.2611 = 3055.808\ cm^4$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۲/۲۲

$$I_y = \left[\frac{0.5656 \times 12^3}{12} + 0.5656 \times 12 \times 4^2\right] \times 2 = 380.0832 \ cm^4$$

$$J_w = I_x + I_y = 3435.8912 \ cm^4$$ ممان اینرسی قطبی

* طبق نکته صفحه 68 و 86 جزوه و توصیه آیین نامه، در محاسبات، ضخامت گوشه جوش $t_e$ را اسلاک قرار می دهیم و از آن در محاسبات استفاده می کنیم (به جای بعد جوش a)

گام ۴) محاسبه تنش های برشی ناشی از نیروی برشی و تنش برشی ناشی از پیچش

$$f_{vvx} = \frac{P_x}{A_w} = \frac{14.1421}{13.5744} = 1.0418 \frac{ton}{cm^2} \times 1000 = 1041.8 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_{vvy} = \frac{P_y}{A_w} = \frac{14.1421}{13.5744} = 1.0418 \frac{ton}{cm^2} = 1041.8 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_{vTx} = \frac{T y_A}{J_w} \qquad T = P_x e_y + P_y e_x = (14.1421 \times 8.4344) + (14.1421 \times 24) = 472.8326 \ ton.cm$$

$$f_{vTx} = \frac{472.8326 \times (30 - 15.5656)}{3435.8912} = 1.9864 \frac{ton}{cm^2} = 1986.4 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_{vTy} = \frac{T x_A}{J_w} = \frac{472.8326 \times 6}{3435.8912} = 1.8257 \frac{ton}{cm^2} = 825.694 \frac{kg}{cm^2}$$

(ص 96)
ممان قطبی گروه جوش آسیب دیده

$$f_r = \sqrt{(f_{vvx} + f_{vTx})^2 + (f_{vvy} + f_{vTy})^2}$$

$$f_r = \sqrt{(1041.8 + 1986.4)^2 + (1041.8 + 825.694)^2} = \sqrt{12657529.08} = 3557.2421 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\phi F_w = \phi_f F_{w'} = 0.75 \times 1 \times 0.6 \times 70 \times 70 = 2205 \ kg/cm^2$$

$F_{w'}$: مقاومت کششی فلز جوش $= 0.6 F_{EXX}$ ، $F_{EXX} = 70 \times 70 = 4900$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

$f_v > \phi F_w$ : وصل جافر تنش حداکثر (برآیند) کوچکتر از تنش طراحی برشی جوش گوشه می باشد

* می دانیم حاصل ضرب تنش در مساحت برابر با نیروست. اگر در رابطه ی $F_w = 0.6 F_{EXX}$ برابر با $A_{WE}$ است خواهیم

(مقاومت) $A_{WE}$ نیروی طراحی برشی جوش گوشه می رسیم.

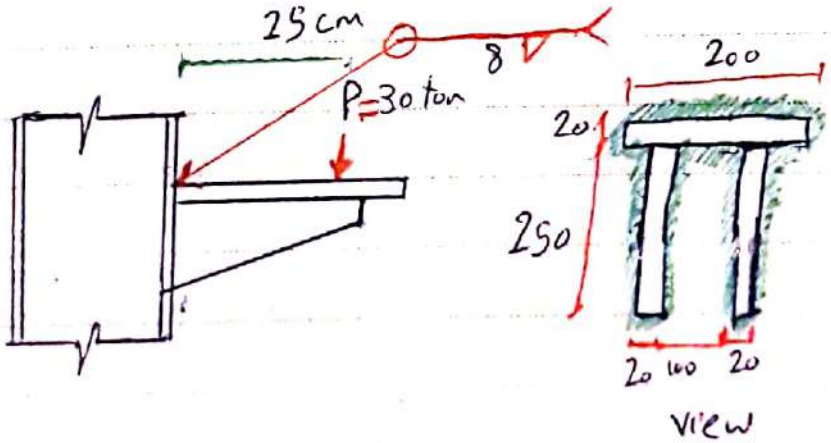
بنابراین چون $f_v > \phi F_w$ یعنی تنش حداکثر از تنش طراحی برشی جوش گوشه بیشتر شده، پس جوش جواب نمی دهد و باید جوش را تقویت کرد. پس باید a را تغییر دهیم. می توانیم از نسبت تناسب استفاده کنیم تا a لازم را بیابیم.

| a | تنش |
|---|---|
| 0.8 | 3557.7421 |
| ? | 2205 |

$\Rightarrow$ a لازم $= \frac{0.8 \times 3557.7421}{2205} = 1.291\ cm$

---

مثال: مقاومت جوش اتصال روبه رو را بررسی کنید.




همان مثال وقتی نیروی برشی $P = 30\ ton$ را در مرکز سطح جوش اتصال دهیم، علاوه بر نیروی برشی $V = P = 30\ ton$ یک لنگر خمشی به اندازه ی $M = 30 \times 25 = 750\ t.cm$ ایجاد می شود. پس در محل جافر یک جوش گوشه تحت برش و خمش روبه رو هستیم. ابتدا با روش بردار آوردن



Scanned by CamScanner

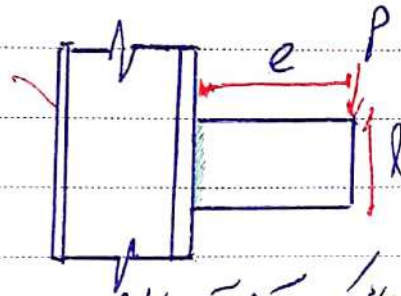
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

تنش برشی در این اعضای جوشی آشنا شده و سعی به حل مسائل می پردازیم.

محاسبه ی تنش در جوش گوشه تحت برش و خمش:

گاهی اوقات در بعضی اتصالات جوش های گوشه تحت اثر هم زمان برش و خمش قرار می گیرند. در واقع جوش گوشه در محل اتصال باید نیروی برشی P و لنگر خمشی Pe را تحمل نماید.

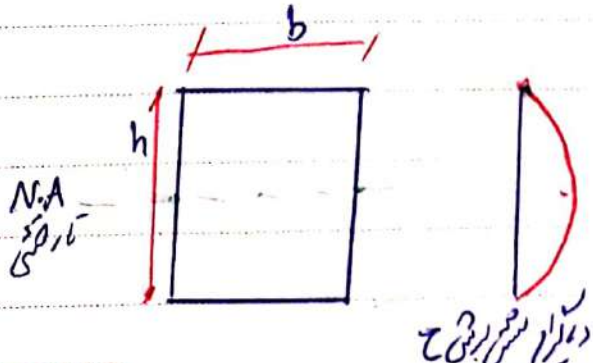



روش معمول برای محاسبه ی تنش در این جوش ها تحت این شرایط بارگذاری این است که هرکدام از تنش های برشی و تنش های خمشی را طبق روابط مقاومت مصالح برای تیرها محاسبه کرده و سپس آن ها را به صورت برداری روی گوشه ی جوش مقطع بحرانی جوش گوشه محاسبه و کنترل می نمایند. در این روش ها فرض می شود دو خط جوش به طول l تحت تنش برشی یکنواخت ناشی از نیروی برشی و تنش عامل به صورت گشتاری قرار دارند. از مقاومت مصالح می دانیم که تغییرات تنش برشی در مقطع مربع مستطیل به صورت سهمی بوده و مقدار آن در تارهای انتهایی صفر است و می دانیم که حداکثر تنش برشی در وسط سهمی و مقدار آن تقریباً ۱.۵ برابر مقدار متوسط آن است. چون:

(در محل تار خنثی)

$f_{v_{max}} = \frac{VQ}{Ib}$ , $Q = Ad$

تنش برشی q برابر با Ad است اما تارهای انتهایی دارای مساحت برابر با صفر شده. پس مقدار تنش برشی τ در تارهای انتهایی صفر است.




دیاگرام تنش برشی τ

* در مقطع مستطیلی، عرض b و ارتفاع h تنش برشی حداکثر که در محل تار خنثی است

به این صورت به دست می آید: $f_{v_{max}} = \frac{VQ}{Ib}$



Scanned by CamScanner

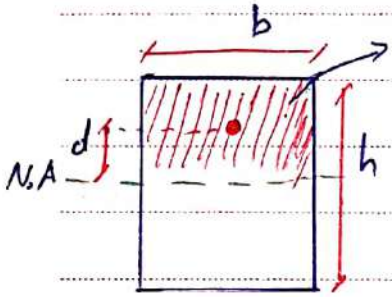
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

می دانیم که ممان اینرسی در یک مقطع مستطیلی برابر است با: $I=\frac{bh^3}{12}$

برای حالتی که $f_v$ حداکثر است می‌توان تنش برشی را در یک مقطع مستطیل $Q$ برابر است با:

$$Q=Ad=\frac{bh}{2}\times\frac{h}{4}=\frac{bh^2}{8}$$




$Q=Ad$ $\quad A=b\times\frac{h}{2}$ $\quad d=\frac{1}{2}\times\frac{h}{2}=\frac{h}{4}$

$$\rightarrow Q=Ad=\frac{bh}{2}\times\frac{h}{4}=\frac{bh^2}{8}$$

حال عبارت فوق را در رابطه‌ی $z$ جایگذاری می‌کنیم:

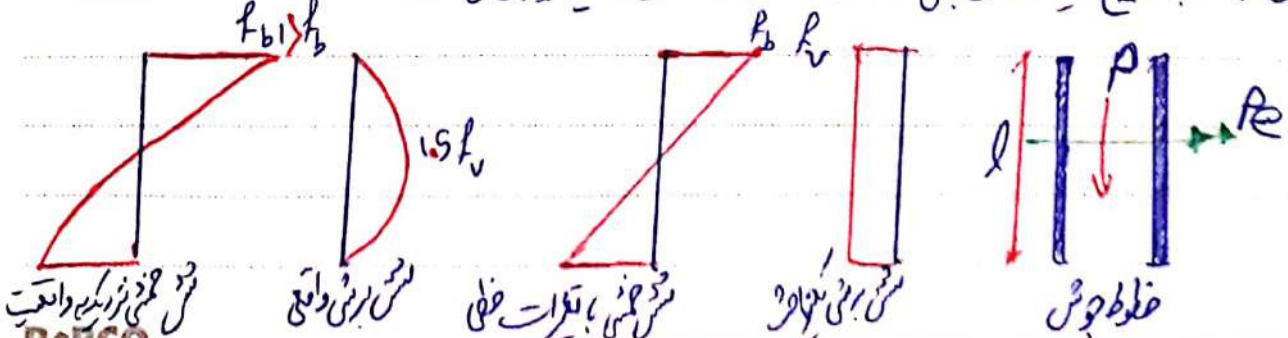
$$f_{v_{max}}=\frac{VQ}{Ib}\rightarrow f_{v_{max}}=\frac{V\times\frac{bh^2}{8}}{\frac{bh^3}{12}\times b}$$

$$\rightarrow f_{v_{max}}=\frac{12Vbh^2}{8b^2h^3}\rightarrow f_{v_{max}}=\frac{12}{8}\frac{V}{bh}=\frac{3}{2}\times\frac{V}{bh}=1.5\frac{V}{bh}\rightarrow f_{v_{max}}=1.5\frac{V}{bh}\rightarrow \boxed{f_{v_{max}}=1.5f_{v_{ave}}}$$

اگر تنش برشی متوسط در یک مقطع مستطیلی را به صورت $f_{v_{ave}}=\frac{V}{bh}$ در نظر بگیریم، آن گاه می‌توان گفت که تنش برشی حداکثر 1.5 برابر تنش برشی متوسط می‌باشد، یعنی:

$$\boxed{f_{v_{max}}=1.5f_{v_{ave}}}$$

فرضیه‌ی خمش ساده‌ی تیر برای تیرهای کوتاه دقیق نیست و تنش حداکثر خمشی را در تکیه‌گاه‌های انتهایی کم‌تر از $f=\frac{Mc}{I}$ پیش‌بینی خواهد نمود و تغییرات واقعی دیاگرام تنش خمشی بین تیر شبیه شکل داده شده است. البته از اثرات تنش خمشی که در تکیه‌گاه‌های انتهایی ایجاد می‌شود در مقابل به کاربرد توزیع یکنواخت تنش برشی و صفر کردن آن در تکیه‌گاه‌های انتهایی چشم‌پوشی می‌شود.




PaFCO

۹۹/

Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

اگر $A_w$ سطح مقطع موثر کلوی جوش و $I_w$ ممان اینرسی حول محور خنثی جوش باشد، آن گاه:

$$f_v = \frac{P}{A_w} \quad , \quad f_b = \frac{ML}{2I_w} \left( \text{با فرض بدترین حالت: } c = \frac{L}{2} \rightarrow \frac{Mc}{I_w} = \frac{ML}{2I_w} \right)$$

بنابراین $f_r$ تنش برآیند برابر است با:

$$f_r = \sqrt{f_v^2 + f_b^2} \leq \phi F_w = \phi \beta F_{nw}$$

* وقتی جهت نیرو خمشی یا پیچشی را به این صورت نشان می‌دهیم: ← برای این که جهت خمشی یا پیچشی را تشخیص دهیم:

از قانون دست راست استفاده می‌کنیم به گونه‌ای که انگشت شست دست راست را در جهت فلش حالت گیریم جهت خم نشان

تعیین انگشت ← جهت خمشی یا پیچشی است مورد نظر است نیز خمشی یا پیچشی نشان می‌دهد.

حال می‌توانیم به حل مثال صفحه 97 جزوه بپردازیم:

---

حل مثال صفحه 97 جزوه:

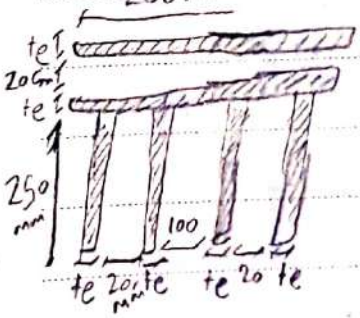
جوش گوشه $t_e = 0.707a = 0.707 \times 0.8 = 0.5656\ cm$

$V = P = 30\ ton$ نیروی برشی $M = Pe = 30 \times 25 = 750\ ton.cm$

برای جوش بدترین حالت برشی و خمشی در نظر گرفته می‌شود. می‌دانیم که تنش خمشی که از لنگر خمشی ایجاد می‌شود باعث ایجاد تنش

و تنش برشی ایجاد تنش برشی می‌کند.

طبق مطالب گفته شده در صفحه 98 جزوه، حالا برای هر کدام از این‌ها فرض کنیم دو وضعیت جوش داشته باشیم




P4PCO

100

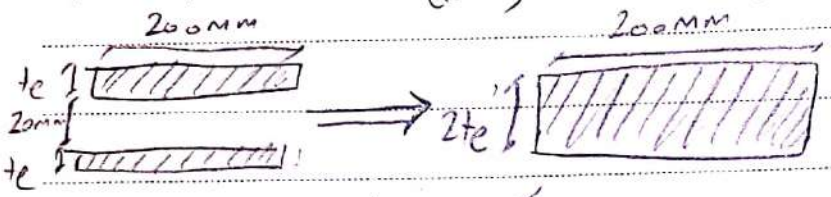
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

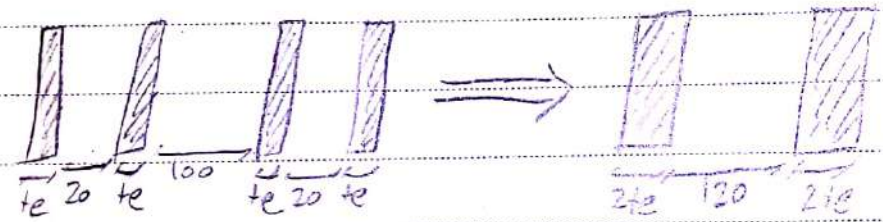
Subject:
Date ۹۹/۲/۲۳

اما انجام محاسبات با روش مقاومت مصالح برای این شکل مقداری دشوار است. برای ساده سازی می توانیم بدین صورت عمل کنیم:

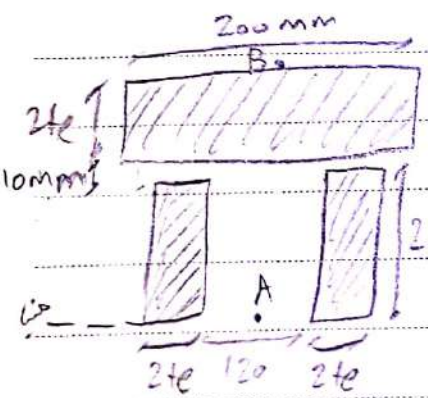
در این مثال خط های جوش افقی بالایی را در نظر می گیریم و هر کدام از آن ها را ۱Cm (10mm) به سمت هم ورک می دهیم تا یکدیگر را قطع کنند.




هم چنین هر کدام از خط جوش های عمودی را 10mm (1Cm) به سمت هم ورک می دهیم تا یکدیگر را قطع کنند.




در نهایت شکل ما بدین صورت در می آید و می توانیم خط تقارن عمودی را پیدا کنیم.




در صفحه 98 جزوه گفته شده که فرض می شود خط های جوش تحت اثر گشتاور بیرونی کوتاه نمی شوند.

برش و گشتاور های خمشی وقتی که نمایش از محور خود قرار می گیرند می توانیم به راحتی مرکز سطح جوش را پیدا کنیم.

همانطور که دیدیم شکل ما دو محور تقارن دارد بنابراین مرکز سطح در محل تقاطع این دو محور قرار می گیرد پس ما نیازی به محاسبه عالیی محور تقارن نداریم. می دانیم که محور تقارن از مرکز سطح می گذرد پس باید مرکز سطح را با هم با توجه به محور تقارن پیدا کنیم.

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i \bar{y}_i}{\sum A_i} = \frac{\left[\left(2te \times 25 \times \frac{25}{2}\right)\times 2\right] + \left[(20 \times 2te)\times\left(\frac{2te}{2}+1+25\right)\right]}{(2 \times 2te \times 25) + (2te \times 20)} \quad , \; te = 0.5656\,cm$$

$$\bar{Y} = \frac{707 + 601.02}{56.56 + 22.624} = \frac{1308.02}{79.184} = 16.519\,cm$$

بنابراین فاصله مرکز سطح جوش تا محور افقی تقارن (وسط) 16.519 cm است.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹،۲،۲۳

$A_w = [(2t_e \times 25) \times 2] + (2t_e \times 20) \Rightarrow t_e = 0.5656\,cm$ سطح مقطع موثر کلی جوش برابر است با: $A_w$

$A_w = 56.56 + 22.624 = 79.184\,cm^2$

حال برای این که بتوانیم تنش های ناشی از لنگر خمشی را محاسبه کنیم $\left(f_b = \frac{M}{S} = \frac{MC}{I}\right)$ باید ابتدا مقدار ممان اینرسی جوش $I_w$ و اساس مقطع $S$

$I_w = \left[\left(\frac{2t_e \times 25^3}{12} + 2t_e \times 25 \times \left(16.519 - \frac{25}{2}\right)^2\right) \times 2\right] + 20 \times 2t_e \times \left(26 + t_e - 16.519\right)^2 + \frac{20 \times (2t_e)^3}{12}$

$I_w = [(1472.917 + 456.789) \times 2] + 2285.947 \rightarrow I_w = 6145.359\,cm^4$

(نقطه بحرانی تنش ها)

با توجه به این که مقطع جوش نقاط دارای بیشترین تنش و فاصله تا تار خنثی است، پس مقطع در پایین و بالای تار خنثی هم خواهد بود.

$S_{bottom} = \frac{I}{C_{bottom}} = \frac{6145.359}{16.519} = 372.018\,cm^3$ $\quad S_{top} = \frac{I}{C_{top}} = \frac{6145.359}{((25+1+2t_e) - 16.5)} = 578.049\,cm^3$

$f_v = \frac{P}{A_w} = \frac{30}{79.184} = 0.379\,\frac{ton}{cm^2} \times 10^3 = 379\,\frac{kg}{cm^2}$ تنش برشی ناشی از برش

در این مثال: نقطه A تحت تنش کششی و نقطه B تحت تنش فشاری قرار می گیرد. تنش کششی و فشاری ناشی از لنگر در پایین ترین و بالاترین نقطه جوش ها

$f_{tension} = \frac{M}{S_{top}} = \frac{750}{578.049} = 1.2975\,\frac{ton}{cm^2} \times 10^3 = 1297.5\,\frac{kg}{cm^2}$ می باشد.

$f_{Compression} = \frac{M}{S_{bottom}} = \frac{750}{372.018} = 2.016\,\frac{ton}{cm^2} \times 10^3 = 2016\,\frac{kg}{cm^2}$

بنابراین در نقطه A یک تنش برشی و یک تنش کششی وجود دارد که برایند هر دو تنش را محاسبه می کنیم. در نقطه B یک تنش برشی و یک تنش فشاری وجود دارد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

$f_{v_A} = \sqrt{f_v^2 + f_{compression}^2} = 2051.32 \frac{kg}{cm^2}$

$f_{v_B} = \sqrt{f_v^2 + f_{tension}^2} = 1351.72 \frac{kg}{cm^2}$

از آنجا که خیش دیافراگم وسط مقطع بود (یعنی $c = \frac{L}{2}$) می‌توانستیم از رابطه‌ی صفحه 100 جزوه ($f_b = \frac{ML}{2I_w}$) استفاده کنیم.

با توجه به مقادیر محاسبه شده، نقطه A تحت تنش بیشتری قرار گرفته بنابراین ابتدا نقطه A را کنترل می‌کنیم. حال باید تنش برشی

جوش را با فرمول تنش برشی به دست آمده مقایسه کنیم.

$\sigma F_w = \sigma \beta F_{nw}$

طبق جدول صفحه 77 جزوه و صفحه 75 جزوه $\sigma = 0.75$ ، $\beta = 1$ ، $F_{nw} = 0.6 F_u = 0.6 \times 70 \times 70 = 2940 \frac{kg}{cm^2}$

$\sigma F_w = \sigma \beta F_{nw} = 2205 \frac{kg}{cm^2}$

حال مقاومت جوش کفایت می‌کند یا خیر؟ باید بگوییم جوش مناسب است زیرا $f_{v_A} < \sigma F_w$

| a | $f_v$ |
|---|---|
| 0.8 | 2051.32 |
| ? | 2205 |

بعد جوش a را می‌یابیم: $\frac{a}{0.8} = \frac{2205}{2051.32} \rightarrow a = 0.86\ cm$

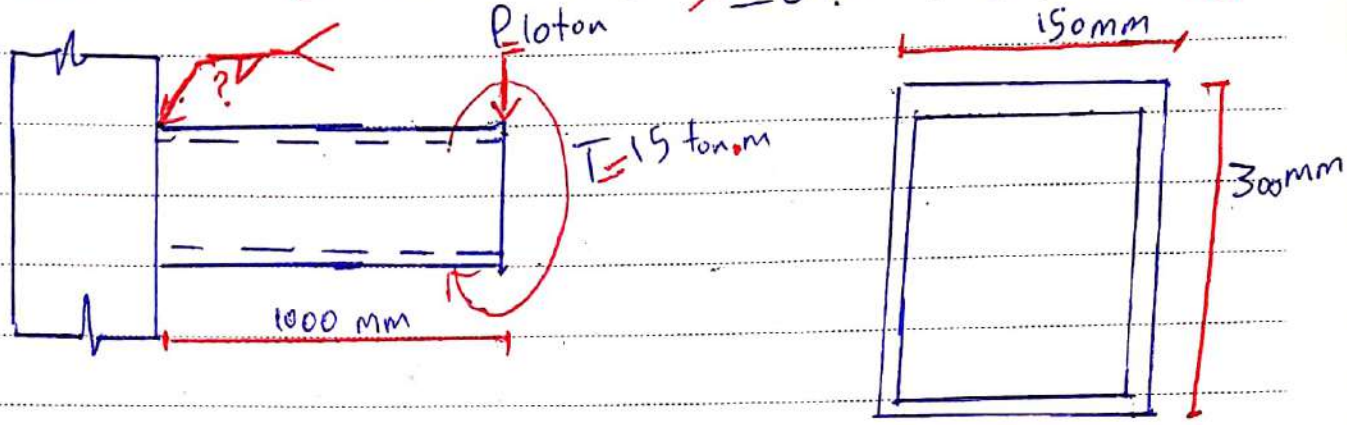


Scanned by CamScanner

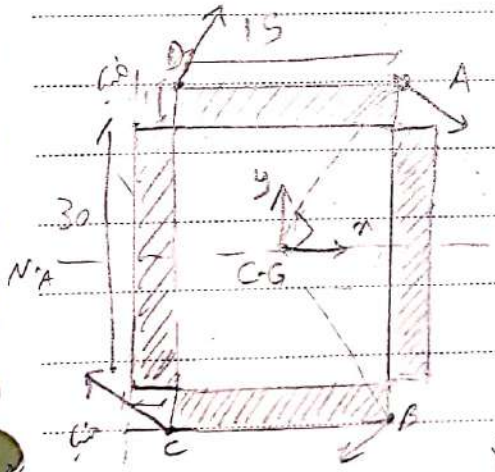
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۲۵

★ مثال: ظرفیت جوش زیر به روبرو را بررسی نمایید. آزمایش غیرمخرب و الکترود E70




ها در این مثال باید بعد جوش a را بیابیم و ظرفیت جوش را بررسی کنیم. چون a را نداریم پس te نیز مجهول است. یک مقدار برای te فرض می‌کنیم و محاسبات را ادامه می‌دهیم. و در نهایت با انتخاب مناسب مقدار دقیق te را یافته و ظرفیت جوش را بررسی می‌نماییم.




فرض: $t_e = 1$

$A_w = (15\times1)\times2 + (30\times1)\times2$

$A_w = 90\ cm^2$ ★ A دقیق نیز همان مقدار تقریبی بدست می‌آید

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{(15\times1\times31.5)+(15\times1\times0.5)+(2\times30\times1\times16)}{(2\times30\times1)+(2\times15\times1)}$$

$\bar{Y} = 16\ cm$

$$\bar{X} = \frac{(30\times1\times0.5)+(30\times1\times16.5)+(15\times1\times8.5\times2)}{(2\times30\times1)+(2\times15\times1)} = 8.5\ cm$$

$$I_x = \left[\left(\frac{15\times1^3}{12} + 15\times1\times15.5^2\right)\times2\right] + \frac{2\times1\times30^3}{12} = \left[(1.25+3603.75)\times2\right] + 4500 = 11710\ cm^4$$

$$I_y = \left[\left(\frac{1\times15^3}{12} + 1\times15\times7.5^2\right)\times2\right] + \left[\left(\frac{30\times1^3}{12} + 30\times1\times8^2\right)\times2\right] = 2250 + 3845 = 6095\ cm^4$$

$$J_w = I_x + I_y = 17805\ cm^4$$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۳۰

نکته: با انتقال نیروها و لنگرهای وارده به مرکز سطح جوش، یک لنگر پیچشی $T=15 ton.m$ حتماً منتقل می‌شود. نیروی $P=10 ton$ نیز به مرکز سطح منتقل می‌شود اما ضمن انتقال به یک لنگر خمشی $M=10\times 1=10 ton.m$ نیز منتقل می‌شود. پس ما در این مثال در محل جوش با سه نوع بار روبه‌رو هستیم

که این سه نوع بار در جوش ایجاد تنش را می‌بینیم و برآیند این تنش‌ها را که این سه نوع بار در جوش ایجاد می‌کنند را پیدا می‌کنیم. $M=10 ton.m$ و $P=10 ton$ و $T=15 ton.m$ حال با بدست آوردن تنش‌های ناشی از هر کدام از این سه نوع بار، تنش‌ها را در آن نقطه را با تنش‌های ناشی از جوش مقایسه کنیم. برای به دست آوردن تنش ناشی از خمش نیاز به اساس مقطع داریم. طبق مانور دست راست، با انتقال نیرو $P=10 ton$ به مرکز سطح جوش، یک لنگر خمشی حول محور x ایجاد می‌شود. بنابراین

$S_x$ را به دست می‌آوریم. $V=P=10 ton$ ، $T=15 ton.m$

$$S_x=\frac{I_x}{c}=\frac{11710}{16}=731.875\ cm^3$$

$$f_{vy}=\frac{V}{A_w}=\frac{10}{90}=0.111111\ \frac{ton}{cm^2}=111.111\ \frac{kg}{cm^2}$$

این تنش برشی ناشی از برش در تمام نقاط جوش به طور یکنواخت و یکسان توزیع می‌شود.

تنش ناشی از خمش با بیشترین مقدار خود در بالای تیر یا تحت کشش و در پایین تیر یا تحت فشار و در وسط تیر تنش صفر و بین بالا و پایین تیر تنش خطی است. پس جوش تحت کشش قسمی که در نظر گرفتیم تحت کشش است و چون $M$ و $f_{t2}$ هم‌جهت‌اند پس تنش ناشی از خمش $f_{t2}=\frac{M}{S_x}$

در بالا و پایین تیر یکسان است یعنی $f_{t2}$ در بالا و پایین تیر یکسان است.

$$f_{t2}=\frac{M}{S_x}=\frac{10\times 10^2}{731.875}=1.3664\ \frac{ton}{cm^2}=1366.4\ \frac{kg}{cm^2}$$

تنش برشی ناشی از لنگر پیچشی را محاسبه می‌کنیم.

$$f_{vTx}=\frac{T\cdot y_{@A}}{J_w}=\frac{15\times 10^2\times 16}{17805}=1.3479\ \frac{ton}{cm^2}=1347.9\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_{vTy}=\frac{T\cdot x_A}{J_w}=\frac{15\times 10^2\times 7.5}{17805}=0.6318\ \frac{ton}{cm^2}=631.8\ \frac{kg}{cm^2}$$

نکته: چرا در حل این مثال نقطه A و B را در نظر گرفتیم؟ علت این است که باید بحرانی‌ترین نقطه را در نظر بگیریم. تنش برشی ناشی از هر کدام



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۲/۳۰

به طور کلی در تیر تنش عمودی ناشی از خمش طبق رابطه $f = \frac{My}{I}$ در بالاترین و پایین‌ترین نقاط ($y_{max}$) تنش ناشی از خمش حداکثر می‌باشد.

در مورد تنش برشی ناشی از پیچش طبق مطالب گفته شده در فصل‌های گذشته، هر چه فاصله نقطه‌ای از مرکز سطح دورتر باشد، مسیر تنش‌تری از تنش برشی ناشی از پیچش می‌برد. بنابراین تا الان به این نتیجه می‌رسیم که یکی از 4 نقطه گوشه‌ای تیر نقطه‌ای می‌باشند و بیشترین تنش را خواهند داشت.

دو نقطه گوشه بالا و پایین سمت چپ (از نظر تیر قائم به سمت بالا هستند) جاهایی که تنش برشی ناشی از برش به سمت پایین است. بنابراین (C و D)

تنش برشی ناشی از پیچش در نقاط C و D خلاف جهت تنش برشی ناشی از برش هستند و باعث ایجاد کننده و از بین برنده (واقع تنش برشی ناشی از برش و تنش برشی ناشی از پیچش کم می‌شوند) اما در نقاط A و B این طور نیست و نقاط A و B این نقاط به سمت پایین است که هم جهت با تنش برشی ناشی از برش هستند و با هم جمع می‌شوند و باعث بحرانی‌تر شدن می‌شوند.

حال برای تنش برشی ناشی از پیچش و تنش برشی ناشی از برش و تنش قائم ناشی از خمش در نقطه B محاسبه می‌کنیم. تنش برآیند آن‌ها را به صورت برداری نوشت:

تنش برآیند $f_v = \sqrt{\left(f_{VTx}\right)^2 + \left(f_{VVy} + f_{VTy}\right)^2 + \left(\frac{f_b}{2}\right)^2}$

$f_v = \sqrt{(1347.9)^2 + (742.911)^2 + (1366.4)^2} = 2058.106 \ kg/cm^2$

طبق جدول صفحه 77 جزوه، اتصال جوش این مثال تحت برش قرار گرفته و فلز جوش مورد بررسی قرار گرفته است. پس $\phi = 0.75$ و $f_{nw} = 0.6 f_{ue}$

نحوه آزمایش غیر مخرب صورت گرفته، طبق نکته صفحه 75 جزوه، $\beta = 1$ بنابراین:

$\phi F_w = \phi \beta F_{nw} = 0.75 \times 1 \times 0.6 \times 70 \times 70 = 2205 \ kg/cm^2$

حال نسبت مناسب می‌گیریم و مقدار مناسب $t_e$ را می‌یابیم:

| $t_e$ | $kg/cm^2$ |
|---|---|
| 1 | 2058.106 |
| ? | 2205 |

(از این $t_e = \frac{2205}{2058.106} = 1.0714 \ cm$

چون جوش گوشه $t_e = 0.707a \rightarrow a = \frac{t_e}{0.707} = \frac{1.0714}{0.707} = 1.515 \ cm$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

* نکته‌ی مهم: جهت بستن بریس نامی از پیچش هم جهت با نیروی پیچش است. مثلا در این حالت نیروی پیچش ISteam را کاهش داده در جهت عقربه‌های ساعت است پس جهت بستن بریس‌های برشی ناشی از پیچش هم ساعت گرد می‌شود.

## فصل چهارم: طراحی بست‌های متداول

۹۹/۳/۶

انواع بست‌های مورد استفاده در سازه‌های فولادی عبارتند از:
- بست‌های لاکی ضربی
- بست‌ترکیبی
- بست‌گامونیت
- بست‌عرشه فولادی

بست لاکی ضربی: این بست در اکثر پروژه‌های ساختمانی تقریبا منسوخ شده است. این بست معمولا بین تیرهای پوشش سقف اجرا می‌شود. در بعضی از شهرستان‌های ایران مانند یزد لاکی ضربی را با خیز بلند در حدود نیم دایره روی راهروهای با حدود ۶m هم اجرا می‌کنند. اجرای این بست‌ها بدین صورت است که تیرآهن‌ها (خیز بست) مناسب کنترل آن‌ها با توجه به دهانه‌ی آن و بار وارده تعیین می‌شوند در فاصله‌های تقریبا یک متر به یک متر قرار می‌گیرند و بین تیرآهن‌ها را به وسیله‌ی آجرهای شاری با ملات گچ و خاک پر می‌کنند.

* آجرهای شاری که ابعاد آن‌ها 22x11x5.5 cm یا 29x10x5 cm می‌باشد علت این که به آن‌ها آجر شاری می‌گویند این است که در کارگاه تولید این آجر قبل از پخت آن‌ها را با دست فشرده می‌کنند و با فشار انگشتان گودی‌هایی قالب به وسیله‌ی گل پر می‌شود. این نوع آجر برای کلیه کارهای ساختمانی مثل لاکی ضربی و دیوار باربر و تیغه چینی و... مناسب است. این آجرها توپر هستند و می‌توانند فشار باربری مطلوبی را تحمل نمایند.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

به آجرفشاری آجرنما هم می‌گویند، چون اولین بار آجرنما ها تولید این آجرها را وارد ایران کردند.

خاصیت بین تیرآهن های سقف در سقف طاق ضربی حداکثر یک متر است.

سقف تیرچه بلوک: این سقف در واقع نوعی از سقف تیرچه بلوک است که حدوداً سه الی چهار دهم است که از آن استفاده می‌شود در پروژه های ساختمانی معمولی رایج است. سقف تیرچه بلوک معمولاً در بازه های بین خیلی کاربرد دارد، اما در بازه های فولادی هم می‌توان از آن استفاده نمود. اما سقف تیرچه بلوک در بازه های بتنی معمولاً عملکرد بهتری دارد.

★ مزایای سقف های تیرچه بلوک: ۱) ارزان بودن اجرا

۲) آسان بودن اجرا و عدم نیاز به نیروی کار خیلی ماهر

۳) در دسترس بودن نیروی کار

۴) صلبیت زیاد این سقف ها

★ معایب سقف تیرچه بلوک: ۱) معمولاً می‌توان تیرچه ها را در دهانه های بیشتر از 7 متر الی 8 متر اجرا کرد. در صورت نیاز به اجرا در دهانه های با طول بیش از 7 متر الی 8 متر، حتماً با مهندس بازه مشورت شود.

۲) تأخیر در اجرا

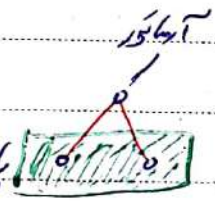
★ تیرچه ها در واقع نیمی از هم قرار می‌گیرند. بین این تیرچه ها یک سری بلوک (از جنس پوکه پلیت، پلاستیک یا سیمان) قرار می‌دهند


Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

بدین نوع سقف بارهای ثقلی وارده وزنده به تیرچه‌های سقف می‌رسد و این یعنی بلوک‌ها نقشی در باربری ندارند بلکه نقش پرکننده و عایق را دارند. تیرچه‌ها بار را به تیرهای اصلی منتقل می‌کنند و بدین ترتیب سیستم توزیع نیرو بدین صورت است:

ابتدا تیرچه‌ها بار را گرفته و به تیرهای اصلی منتقل می‌کنند پس تیرها بار را به ستون، ستون به فونداسیون و در نهایت فونداسیون به زمین منتقل می‌کند.




در ابتدا تیرچه به صورت سه عدد آرماتور است. این آرماتورها به هم وصل می‌شوند و یک صلبیت کششی می‌دهند. پایین‌ترین

ضلع پایین صلبیت را در مقابل بتن قرار می‌دهند. در نهایت بعد از بتن‌ریزی، تیرچه‌ها را در فواصل منظم قرار می‌دهند.

★ طبق آخرین تغییرات دستورالعمل نظام مهندسی، عرض پایین‌تنه‌ی بتنی می‌بایست 14cm باشد.

★ تیرچه می‌تواند به صورت تک یا دوبل به کار رفته شود.

★ عرض پایین‌تنه تیرچه تک معمولا 19cm و عرض پایین‌تنه‌ی بتنی تیرچه دوبل معمولا 28cm است.

★ اگر دهانه مورد نظر کم‌تر از 7m باشد از تیرچه تک و در صورتی که بیش‌تر از 7m باشد از تیرچه دوبل استفاده می‌کنیم.

★ تیرچه می‌تواند تماما از جنس فولاد باشد که به آن تیرچه کرومیت می‌گویند. یعنی به جای این که یک آرماتور بالا و دو آرماتور در پایین قرار داشته باشند، می‌توانند صفحه فولادی در بالا و پایین داشته باشد و این دو صفحه به وسیله آرماتورهایی به صورت زیگزاگی به هم وصل می‌شوند. توصیه می‌شود در امکان فولادی حرف اول شود. این اتصال‌های زیگزاگی در واقع نقش برشگیر را ایفا می‌کنند.

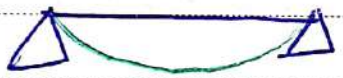


Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

* در تیرچه آرمه کور فولادی نقش مقاومتی ندارد و فقط پایداری را تضمین می‌کند. در هیچ کدام از روابط محاسباتی وجود از آرماتور پایینی، عنوان مثال مقاومتی یاد نشده است. فقط در یکی از شرایط ذکر شده که مقدار آرماتور را به طول آن وابسته می‌کند. به این صورت که وقتی طول تیرچه افزایش یابد، مقدار آرماتور هم باید به منظور افزایش یابد. این نکته به خاطر سهولت در حمل تیرچه است.

* در این نوع سقف انتقال تیرچه به کناره‌ها از نوع مفصلی دو سر مفصل است. بنابراین در هنگام وقوع زلزله، عملاً هیچ نقشی در مقابله با زلزله ایفا نمی‌کند. (مطابق شکل)



بنابراین سقف تیرچه خطوط می‌تواند بارهای ثقلی را تحمل نماید. علت این موضوع این است که در سقف تیرچه بتن ریزی غیر درجا (دوم حالتی) اتفاق می‌افتد و این مساله باعث وقوع درز انقطاع می‌شود و در نتیجه انتقال تیرچه به کناره‌ها از نوع مفصلی است و نه گیردار.

* انتقال برش، در واقع عدم پیوستگی کامل بین دو قسمت بتن است که به صورت جداگانه و در دو روز متفاوت ریخته شده است. وجود ناصافی زیادی بین بتن ریزی اولیه جدید و اولیه قبلی باعث می‌شود که بتن اولیه قبلی کمی سفت شده و انتقال خوبی بین دو لایه برقرار نگردد.

علت وجود انتقال برش در سقف تیرچه بلوک این است که همان طور که گفته شد تیرچه‌ها از دو صورت یک پارچه بتنی (که بتن آن از قبل سفت شده) و کنسرتی بتن صورت گرفته و سه عدد آرماتور به کار گرفته حمل می‌کنند. بعد از قرار دادن تیرچه‌ها در فواصل و موقعیت مناسب بتن ریزی انجام می‌شود. در این جا چون در دو مرحله بتن ریزی صورت می‌گیرد (یک بار برای پارچه بتنی و بار دیگر برای کل سقف) بین بتن سقف و پارچه بتنی تیرچه



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/3/6

اتصال مناسب صورت نمی‌گیرد و در نتیجه اتصال (در زمان) رخ می‌دهد.

* در سقف تیرچه کرومیت فاصله آزاد تیرچه‌ها حداکثر 75cm است.

سقف کامپوزیت (composite): در این سقف تیرهای فرعی در فواصل بین 90cm تا 110cm قرار می‌گیرند (حداکثر 1m)

این ایراد تجربی هستند. ممکن است در طراحی از این فواصل جواب بگیریم (حتی 90cm) در این صورت مجبوریم فاصله‌ی تیرهای فرعی را کم‌تر کنیم. اما با این حال فاصله‌ی تیرهای فرعی حتی الامکان از 80cm کم‌تر نگردد.

روی تیرهای فرعی گیره آرماتور می‌بندند و بتن ریزی می‌کنند. آرماتورهایی که به صورت گیره بندی روی سقف کامپوزیت قرار می‌گیرند، آرماتور حرارتی هستند که باعث یکپارچه شدن بتن و مانع ترک خوردن آن می‌شوند.

* هر سقفی که عمل توام بتن و فولاد در آن ایجاد شود، سقف کامپوزیت نام دارد.

سقف‌های کامپوزیت از ترکیب بتن و فولاد ساخته می‌شوند برای این که یکپارچگی سقف رعایت شود از برش گیر یا سنجاق نادانی یا بتنی یا گل میخ استفاده می‌کنند. وظیفه اصلی برش گیر این است که برش افقی در محل تماس تیر فولادی و دال بتنی را تحمل کند. برش گیرها بر روی بال فوقانی تیر فولادی متصل شده و در بتن فرو می‌روند.

* عرضی از بتن که روی تیر فولادی فرعی ریخته می‌شود، به صورت همزمان با تیر فرعی کار می‌کند. به این عرض بتن، عرض موثر ($b_e$ ، $b_{effective}$) (ترکیبی) می‌گوییم

* طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه AISC آمریکا، عرض موثر دال بتنی که در دو طرف تیر قرار می‌گیرد به صورت مساوی ($b_e/2$)



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

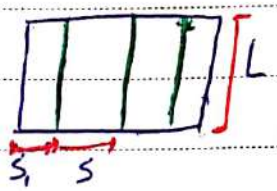
عمل می‌کند، باید حداقل سه مقدار زیر باشد:

۱) یک هشتم دهانه تیر $\left(\frac{L}{8}\right)$

۲) نصف فاصله‌ی محور تیر تا محور تیر مجاور $\left(\frac{s}{2}\right)$

۳) فاصله‌ی محور تیر تا لبه‌ی دال بتنی $(s_1)$

$$\frac{b_e}{2} = \min \begin{cases} \frac{L}{8} \\ \frac{s}{2} \\ s_1 \end{cases}$$




$$\frac{b_e}{2} = \min \begin{cases} \frac{L}{8} \\ \frac{s}{2} \end{cases}$$

* در تیرهای میانی عرض موثر حداقل ۲ مقدار روبرو است: کنترل $s_1$ انجام نمی‌شود.

عرض موثر کل مقطع مرکب از مجموع عرض موثرهای تعیین شده در طرفین تیر به دست می‌آید.

جهت طراحی خمشی یک مقطع کامپوزیت باید رابطه‌ی روبرو ارضا شود:

$$M_u \leq \phi M_n \qquad \phi = 0.9$$

ضریب کاهش مقاومت

که در آن $M_u$ مقاومت خمشی مورد نیاز یا حداکثر لنگر خمشی ایجاد شده در عضو و $M_n$ مقاومت خمشی اسمی عضو کامپوزیت است. (ظرفیت)

ظرفیت خمشی اسمی مقطع کامپوزیت شامل تیر فولادی و دال بتنی متکی بر آن:

در این حالت چون دال بتنی در قسمت فوقانی مقطع قرار می‌گیرد، وضعیت مطلوب و عملکرد بهتر مقطع در حالتی قابل برآورد است که لنگر خمشی وارده بر عضو مثبت باشد. چون در غیر این صورت بتن تحت کشش قرار می‌گیرد و می‌دانیم بتن تحت کشش عملکرد مطلوبی ندارد و ترک می‌خورد و از سطح مقطع حذف می‌گردد. بنابراین در اغلب اوقات سعی می‌گردد که تیرهای فرعی فولادی به صورت دو سر مفصل ایجاد شوند تا لنگر خمشی در آن‌ها لنگر مثبت ایجاد شود. البته این طبق نکات گفته شده، وقتی تیرهای فرعی را دو سر مفصل اجرا کنیم، عملا در زاویه‌ی صفحه حرکتی نخواهند داشت.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date 99/3/6

مقاومت خمشی تحت لنگر مثبت:

تحت لنگر خمشی مثبت، ظرفیت خمشی مقطع بر اساس تسلیم و کمانش موضعی جان مقطع تعیین می‌شود. به دلیل آنکه بال فشاری مقطع به راحتی در ناحیه بال کششی تکیه‌گاه ممتد جانبی را در خمش مثبت عضو ایجاد کند و کمانش پیچشی جانبی حاکم نمی‌شود. هم چنین بال کششی اجازه‌ی کمانش موضعی را به بال فشاری مقطع تحت لنگر مثبت نمی‌دهد و بنابراین کمانش موضعی بال فشاری هم حاکم نمی‌شود و مقاومت قرار می‌گیرد.

مقاومت آوری از غولاد I: کمانش جانبی - پیچشی: برای طراحی بهینه تیرهای تحت خمش معمولا طراحان مقاطعی انتخاب می‌کنند که دارای مقاومت زیاد حول محور قوی و مقاومت کم حول محور ضعیف باشند. در این مقاطع، هنگامی که تیر تحت خمش قرار می‌گیرد، بخش‌های فشاری ایجاد شده در بال فشاری مقطع می‌تواند موجب رخداد کمانش جانبی پیچشی شود. اگر دو تیر تحت خمش مثبت های فشاری تیر در فواصل مناسبی توسط تکیه‌گاه‌های جانبی مناسب مهار نشده باشند، تحت بخش‌های فشاری وارده، مقطع دچار کمانش حول محور ضعیف می‌شود. و چون قسمت‌های دیگر تحت بخش کششی قرار می‌گیرند، تمایل به کمانش نداشته و بنابراین کمانش قسمت فشاری همراه با پیچش مقطع خواهد بود. به این پدیده، پدیده‌ی کمانش پیچشی جانبی گویند.

* برای در نظر گرفتن اثر کمانش موضعی جان، مبحث دهم مقررات ملی و آیین نامه‌ی AISC آمریکا، محدوده‌ای را برای نسبت ارتفاع به ضخامت ورق جان تعیین کرده‌اند که تسلیم و کمانش در صورت لازم بدون جان، به کمک توزیع تنش الاستیک و در غیر این صورت، به کمک توزیع تنش حالت حدی



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

پلاستیک بیان می‌شود. بنابراین ظرفیت خمشی اسمی مقاطع متقارن دال بر جان فشرده طبق ضوابط زیر محاسبه می‌شود:

۱) اگر $\frac{h}{t_w} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد؛ $M_n$ باید براساس توزیع پلاستیک تنش (حدی) بر روی مقطع محاسبه شود. (رایج‌ترین حالت)

۲) در صورتی که $\frac{h}{t_w} > 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد $M_n$ باید براساس روش‌های کمانش‌های الاستیک یا غیر الاستیک با در نظر گرفتن مقطع تبدیل یافته و با در نظر گرفتن $n = \frac{E_s}{E_c}$ تعیین گردد.

اگر به جای به‌وقت برای حالت حدی تسلیم در تیرهای انتهای مقطع محاسبه $(M_y)$ تعیین گردد.

توضیحات:

گفته شد که اگر $\frac{h}{t_w} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد $M_n$ براساس توزیع پلاستیک تنش در مقطع محاسبه تعیین می‌گردد. ابتدا باید با توضیحات روش توزیع تنش پلاستیک آشنا شویم.

* در روش توزیع تنش پلاستیک، مقاومت اسمی مقطع $(M_n)$ براساس خروجیات زیر محاسبه می‌شود:

الف) تنش در بخش فولادی مقطع (چه در قسمت فشاری چه در قسمت کششی مقطع) برابر با $F_y$ می‌باشد به طوری که در سراسر ناحیه کششی و فشاری مقطع توزیع شده است.

ب) تنش در ناحیه فشاری بتن به طور یکنواخت برابر با $0.85f'_c$ می‌باشد.

* برای مقاطع توخالی فولادی که به وسیله بتن پر شده باشد، به خاطر محصور شدن بتن در داخل مقطع فولادی، به جای تنش $0.85f'_c$ در ناحیه فشاری بتن می‌توان از $0.95f'_c$ استفاده کرد. که در آن: $F_y$ تنش تسلیم مقطع فولادی و $f'_c$ مقاومت مشخصه فشاری 28 روزه



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۳/۶

محور خنثی استاتیکی تنش است.

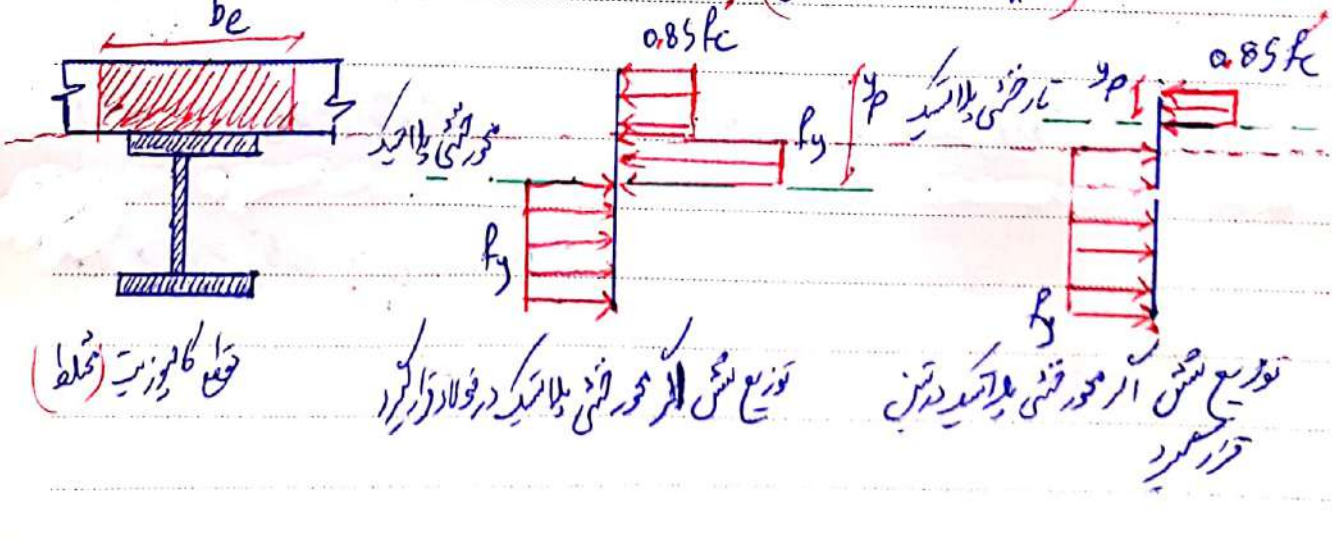
برای یافتن $M_n$ باید پس از تعیین عرض موثر تیغه، محل محور خنثی پلاستیک در مقطع تعیین گردد و این کار به کمک برقراری تعادل نیروی $\Sigma F_x = 0 \rightarrow y_p$ ✓ در مقطع و با فرض توزیع تنش یکنواخت $0.85 f'_c$ در بتن و تنش یکنواخت $f_y$ در فولاد حاصل می‌شود. بسته به این که ابعاد مقطع چگونه باشد، محل محور خنثی می‌تواند در تیغه یا فولاد قرار گیرد. اگر تار خنثی در تیغه قرار گرفته در این تار خنثی صرف نظر کرده و عمدتاً تار خنثی های بعدی را بررسی کرده، چون اولاً مقدار زیادی از تیغه در پایین تار خنثی قرار می‌گیرد و در نتیجه تحت کشش واقع می‌شود و چون مقاومت بتن در کشش ناچیز است از آن صرف نظر می‌کنیم.

اگر مساحت قسمت بتنی در عرض موثر را با $A_c$ و مساحت فولاد را با $A_s$ نشان دهیم آن گاه:

if : $A_s f_y > 0.85 f'_c A_c$ ⟶ تار خنثی در فولاد قرار می‌گیرد

if : $A_s f_y < 0.85 f'_c A_c$ ⟶ تار خنثی در تیغه قرار می‌گیرد

پس از تعیین محل تار خنثی پلاستیک، $M_n$ با انتگرال‌گیری از نیروهای حاصل از توزیع تنش پلاستیک نسبت به تار خنثی پلاستیک محاسبه می‌شود ($\Sigma M = 0 \rightarrow M_n$ ✓ تار خنثی)




مقطع کامپوزیت (مختلط)

توزیع تنش اگر محور خنثی پلاستیک در فولاد قرار گیرد

توزیع تنش اگر محور خنثی پلاستیک در تیغه قرار گیرد



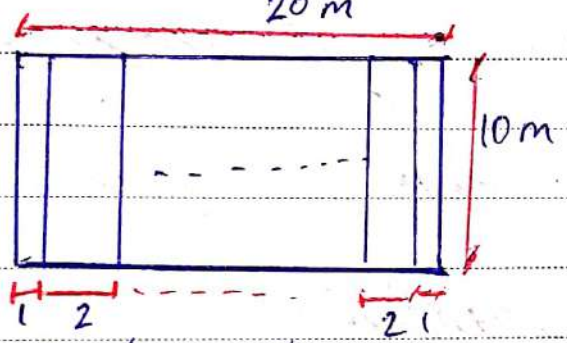
Scanned by CamScanner

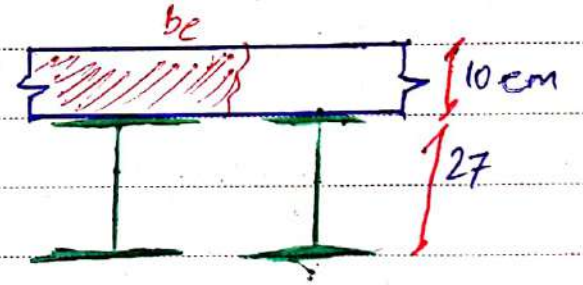
Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۳/۶

مثال: برای پوشش سقفی به ابعاد $20^m \times 10^m$، از دال بتنی به ضخامت 10 cm و تیرهای فرعی IPE270 به فاصله‌ی 2m استفاده شده است. تیرهای فرعی به صورت دوسر مفصل می‌باشند. در صورتی که بار مرده ناشی از کف‌سازی روی دال بتنی $200 \frac{kg}{m^2}$ باشد، حداکثر بار زنده‌ی مجاز را به دست آورید. از پایه‌های موقت قبل از کسب مقاومت بتن استفاده شده است.

$f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$ ، $\gamma_c = 2400 \frac{kg}{cm^3}$ $\gamma_{st} = 7850 \frac{kg}{cm^3}$ $E = 2.04 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$ $F_y = 3600 \frac{kg}{cm^2}$




نکته‌ی مهم: در سقف‌های کامپوزیت، ما باید یک کنترل مضاعف انجام دهیم. در سقف کامپوزیت عمل‌کرد بتن و فولاد به صورت یکپارچه است اما وقتی بتن ریزی صورت می‌گیرد بتن از ابتدا مقاومتی ندارد. بنابراین باید یکسری پایه‌های موقت زیر تیرهای فولادی قرار دهیم تا وزن بتن تحمل شود (از زمانی که بتن‌ریزی بتن صورت گرفت). بنابراین یکی از روش‌های اجرا، استفاده از پایه‌های موقت است. اما اگر از پایه‌های موقت استفاده نشود، به کنترل‌هایی که انجام می‌دهیم یک کنترل دیگر اضافه می‌شود و آن این است که فولاد باید به تنهایی بتواند وزن بتن تازه و بار زنده را تحمل کند.

حل: ابتدا از جدول اشکال، مشخصات IPE270 را برداشت می‌کنیم:

IPE270
- $A = 45.9\ cm^2$ مساحت مقطع
- $G = 36.1 \frac{kg}{m}$ وزن واحد طول
- $d - 2K = 21.9\ cm$ ارتفاع جان
- $t_w = 0.66\ cm$ ضخامت جان



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

$\frac{b_e}{2} = \min \begin{cases} \frac{L}{8} = \frac{10}{8} = 1.25\,m \\ \frac{s}{2} = \frac{2}{2} = 1 \\ s_1 = 1 \end{cases} \rightarrow \frac{b_e}{2} = \min(1.25, 1, 1) = 1\,m$ مقدار عرض موثر را می‌یابیم:

$\rightarrow b_e = 2 \times 1 = 2\,m$ یعنی تیر، عرض 2m همراه با فولاد کار می‌کند

کنترل $\frac{h}{t_w}$ را انجام می‌دهیم و با مقدار $3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ مقایسه می‌کنیم.

$\frac{h}{t_w} = \frac{21.9}{0.66} = 33.1818$

$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76\sqrt{\frac{2.04\times10^6}{3600}} = 89.5059$

$\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ بنابراین $M_n$ ظرفیت خمشی مقطع است

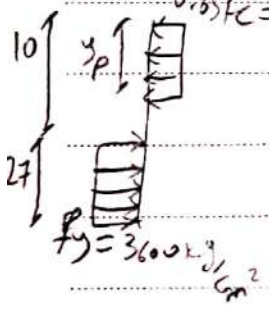
بنابراین توزیع پلاستیک تنش روی مقطع مختلط تقریب خوبی می‌شود

طبق نکات گفته شده باید بدانیم که تار خنثی در بتن یا در فولاد بنابراین مقدار $A_s f_y$ را با $0.85 f'_c A_c$ مقایسه می‌کنیم

$A_s f_y = 45.9 \times 3600 = 165240\,kg$

$0.85 f'_c A_c = 0.85 \times 210 \times \underbrace{200\times10}_{A_c} = 357000\,kg$ مقاومت تحت فشار بتن

$\rightarrow A_s f_y < 0.85 f'_c A_c$ تار خنثی در بتن قرار می‌گیرد




با استفاده از معادلات تعادلی محل تار خنثی پلاستیک $y_p$ را می‌یابیم.

$\sum F_x = 0 \rightarrow 0.85 f'_c b_e y_p - A_s f_y = 0 \rightarrow 0.85\times210\times200\, y_p - 45.9\times3600 = 0$

$\rightarrow y_p = 4.629\,cm$

حال با گذر کردن از نیروهای حاصل از توزیع تنش پلاستیک، $M_n$ محاسبه می‌شود

$M_n = \sum M_{\text{حول}} = 0.85 f'_c b_e y_p \frac{y_p}{2} + A_s f_y \left(\frac{27}{2} + (10 - y_p)\right)$

$\rightarrow M_n = \left[0.85\times210\times200\times4.629\times\frac{4.629}{2}\right] + 45.9\times3600\left(13.5 + (10 - 4.629)\right)$

$\rightarrow M_n = 382483.3919 + 3118244.04 = 3500727.432\,kg\,cm \simeq 35\,ton.m$

مقاومت خمشی اسمی



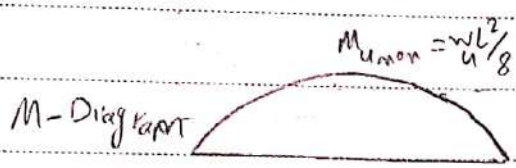
Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

$M_u \leq \phi M_n \longrightarrow M_{u\,mon} = \phi M_n = 0.9 \times 35 = 31.5\ ton.m$

گفتیم کرتیری به صورت دو سر مفصل است. پس فقط در تحمل بار ثقلی مشارکت دارد و تحت اثر بار ثقلی به این صورت تغییر شکل می‌دهد. از استاتیک می‌دانیم که در تیری مانند شکل رو به رو تحت بارگذاری گسترده ثقلی

حداکثر لنگر در وسط دهانه‌ی تیر با شد و از رابطه‌ی $M_{u\,max} = \frac{wuL^2}{8}$ حاصل می‌شود.




$$31.5 = \frac{wu \times 10^2}{8} \longrightarrow wu = \frac{31.5 \times 8}{100} = 2.52\ \frac{ton}{m}$$

بار مرده‌ی سقف $= 2400 \times 0.1 \times 2 = 480\ \frac{kg}{m}$

بار مرده‌ی سازی $= 200 \times 2 = 400\ \frac{kg}{m}$

$\longrightarrow$ بار مرده‌ی کل $w_D = 480 + 400 = 880\ \frac{kg}{m} = 0.88\ \frac{ton}{m}$

ترکیب بار در روش طراحی حالات حدی LRFD به حالتی که بارهای ثقلی حاکم هستند برابر است با:

$$w_u = 1.2w_D + 1.6w_L = 2.52 \longrightarrow 1.2 \times 0.88 + 1.6w_L = 2.52 \longrightarrow w_L = 0.915\ \frac{ton}{m}$$

---

## سقف عرشه فولادی:

این سقف نیز به علت عملکرد بهتر از بتن و فولاد، نوعی سقف کامپوزیت است. در این سقف از ورق‌های شکل‌دار گالوانیزه فولادی به جای قالب‌بندی موقت بتن استفاده می‌شود.

## مزایای سقف عرشه فولادی:



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹،۳،۶

۱) کاهش وزن مرده سقف و سبک شدن سازه

۲) صرفه جویی در مصرف فولاد اسکلت سازه

۳) سبک تر بودن نسبت به سقف تیرچه بلوک و دیگر سقف های کامپوزیت

۴) سرعت اجرای بسیار بالا و ...

* فاصله ی تیرهای فرعی در این نوع سقف معمولا بین 180 cm الی 220 cm است.

در این سقف از بتن کم یا گل میخ هایی استفاده می شود که باعث بهبود اتصال و عملکرد بتن و فولاد با هم می شوند.

قالب این نوع سقف، یک سری ورق های فولادی گالوانیزه (به صورت ذوزنقه ای) می باشند.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

# فصل چهارم: اتصالات متعارف در سازه‌های فولادی

تعیین و طراحی نوع اتصال تیر به ستون و متصل به ورق‌ها بر عهده‌ی مهندس محاسب می‌باشد.

* وقتی اتصال مورد نظر گیردار باشد، به علت جذب نیروی بیش‌تر در اتصالات گیردار، قاطع باید سنگین‌تر باشد و این باعث می‌شود که هزینه‌ها بالا رفته و پروژه‌ی کم‌تر اقتصادی برآورد شود. بنابراین وقتی اتصالات را مفصلی به گیردار تغییر دهیم، هزینه‌ی تمام شده را از این راه و وزن سازه را اضافه کرده‌ایم.

بنابراین برای این که پروژه توجیه اقتصادی داشته باشد هم چنین از نظر لرزه‌ای ایمن باشد، برای ساختمان‌های 7 الی 8 طبقه در صورت امکان در دو راستا از بادبند استفاده کنیم و در غیر این صورت یک راستا بادبند و در راستای دیگر قاب خمشی اتصال گیردار قرار دهیم.

* بادبند در تحمل بار لرزه‌ای و سبک‌تر شدن المان‌های دیگر و جواب گرفتن از آن‌ها بسیار مفید و کاربردی است. اما مهم است به نکات زیر هم توجه شود:

در استاندارد 2800 / آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله / رابطه‌ای وجود دارد که از طریق آن نیروی برش پایه زلزله وارده بر ساختمان را می‌یابیم:

$$F = CW$$

که در آن F نیروی برش پایه، C ضریب زلزله و W وزن موثر لرزه‌ای می‌باشد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۳/۱۳

$C = \frac{ABI}{R_u}$ که در آن A نسبت شتاب خیزابی طرح، B ضریب بازتاب ساختمان، I ضریب اهمیت ساختمان، $R_u$ ضریب رفتار است.

W وزن موثر لرزه‌ای برابر است با: وزن ثابت‌ها و دیوارها + بار مرده + درصدی از بار زنده و برف = W

حال به بررسی پارامترهای فوق می‌پردازیم.

در اثر زلزله تنش بستر زمین باشتاب $a_g$ شروع به نوسان می‌کند. در اثر عبور امواج زلزله از بین لایه‌های خاک و ویژگی‌های آن‌ها حرکتی تغییر کرده و در نهایت در اثر ارتعاش زمین شتاب $a'_g$ در سازه ایجاد می‌شود. اگر جرم کل سازه را m در نظر بگیریم نیروی زلزله وارد بر سازه یا نیروی زلزله طبق قانون دوم نیوتن برابر است با:

$V = ma'_g$

شتاب تنش بستر زمین را به شکل ضریبی از شتاب جاذبه $a_g = A \times g$ می‌نویسیم. هم‌چنین شتابی که در سازه ایجاد می‌شود را مضریبی از شتاب تنش بستر زمین فرض می‌کنیم و ضریب ارتباط دهنده‌ی شتاب سازه با شتاب زمین را B می‌نامیم. در نتیجه نیروی زلزله برابر است با:

$V = ma'_g \quad , \quad a'_g = B a_g = BAg$

$\rightarrow V = m BAg = ABmg \xrightarrow{W=mg} V = ABW$

اگر سازه مورد نظر دارای اهمیت زیادی باشد (در 2800 گروه‌بندی ساختمان‌ها جزو اهمیت ذکر شده‌اند) لازم است در محاسبه نیروی زلزله میزان اهمیت ساختمان را با ضریبی به نام ضریب اهمیت I در نظر بگیریم. این کار برای در نظر گرفتن حالت‌های ایمنی بیشتر است.

$V = ABIW$



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

تجربه نشان داده‌ای که مقدار نیروی زلزله به دست آمده از این رابطه بسیار زیاد است و بدین صورت طراحی سازه باید با قطع خطی بیشتر صورت گیرد که کار را غیر اقتصادی می‌کند. در این جا از خاصیت شکل پذیری سازه در برابر زلزله کمک می‌گیریم و به سازه اجازه می‌دهیم با تغییر شکل‌های بیش‌تر انرژی بیش‌تری از سازه را جذب و مستهلک کند. برای این کار از ضریبی به نام ضریب رفتار $R_u$ کمک می‌گیریم.

در نهایت نیروی زلزله V برابر است با:

$$V = \frac{A B I}{R_u} W$$

به رابطه فوق، رابطه برش پایه سازه‌ای گوئند.

A بستگی شتاب مبنای طرح است. در خاصی تمامی کشور پهنه‌های فعال و غیرفعال زیادی وجود دارند. پراکندگی این پهنه‌ها باعث شده که خاصی تمامی کشورها از نظر لرزه‌خیزی با هم متفاوت باشند. بنابراین در 2800 خاصی تمامی کشور با توجه به خطر لرزه‌خیزی به طور کلی به چهار بخش تقسیم شده و بر اساس این چهار بخش به شتاب مبنای طرح به آن‌ها اختصاص داده شده است.

حال که با برش پایه سازه‌ای آشنا شدیم بهتر است با خاصیتی مرتبط با زمان تناوب آشنا شویم:

در آئین‌نامه 2800 ذکر شده که در سازه‌های معارف زمان تناوب اصلی را توان با استفاده از فرمول زیر برای قاب خمشی فولادی به دست آورد

$$T = 0.08 H^{0.75}$$

H ارتفاع سازه تا بام است. تراز پایه ترازی است که از آن تراز به پایین هیچ تغییر مکان جانبی در سازه وجود نداشته باشد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

در صورتی که از آهن‌ربا نعل استفاده کنیم (همان آهن‌ربای معمولی دانش‌آموزی) زمان تناوب برابر خواهد بود با:

$$T = 0.05\,H^{0.75}$$

بنابراین دیدیم که اگر به جای قاب فلزی آهن‌ربا داشته باشیم زمان تناوب کاهش می‌یابد.

می‌دانیم که فرمول کلی زمان تناوب برابر است با:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

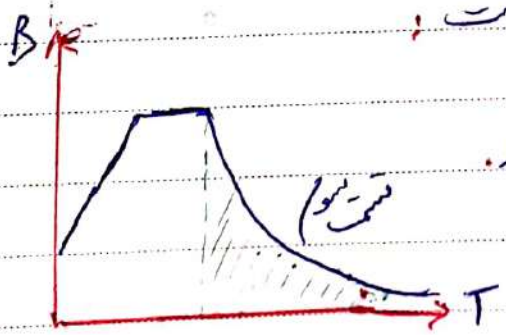
که در آن $T$ زمان تناوب، $m$ جرم آویزان مورد نظر و $K$ سختی است.

می‌دانیم که $K$ برابر است با:

$$F = K\Delta \rightarrow K = \frac{F}{\Delta}$$

در صورتی که به جای قاب فلزی از آهن‌ربا استفاده کنیم، زمان تناوب کاهش می‌یابد. طبق رابطه فوق، با کاهش زمان تناوب یعنی افزایش بسامد و وقتی سختی افزایش پیدا کند یعنی ما فنر را می‌توانیم سخت‌تر و تغییر شکل کم‌تر داشته باشیم که این همان می‌تواند اثرات نامطلوبی داشته باشد. بنابراین زمان تناوب با سختی رابطه عکس دارد.

هم‌چنین از مبانی مهندسی زلزله می‌دانیم که نمودار ضعیف بازتاب بدین صورت است:




در این نمودار ضریب بازتاب $B$ بر حسب مقدار زمان تناوب $B$ بیان می‌شود.

اکثر ساختمان‌های رایج در قسمت سوم نمودار قرار می‌گیرند. در این قسمت می‌بینیم که هرچه زمان تناوب کاهش یابد ضریب بازتاب افزایش می‌یابد و طبق مطالب گفته شده ضریب بازتاب $B$ با


Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۳/۱۳

ضریب زلزله C رابطه مستقیم دارد. هم‌چنین C با V برش پایه رابطه مستقیم دارد. بنابراین با کاهش زمان تناوب:

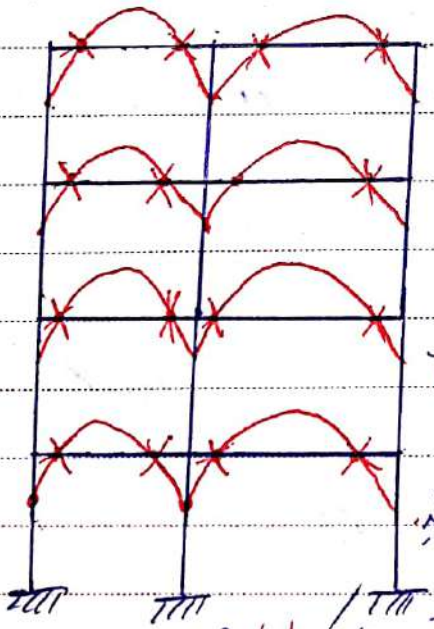
$$V=\frac{ABI}{R_u}W \qquad W=CW$$

سختی افزایش یافت، ضرب نیروی افزایش یافت، برش پایه به‌طور افزایش یافت.

بنابراین در استفاده از روش‌های ذکر شده باید موارد ذکر شده را در نظر گرفت و با توجه به موارد فوق و تمهیدات لازم اقدام به استفاده از سیستم باربندی نمود. یعنی باید به نوع خاک از نظر خطر لرزه‌خیزی و تعداد طبقات سازه و ... (اندازه تقریبی دهانه‌های جانبی و) توجه نمود و در صورتی که مشکل خاصی وجود نداشت از این روش‌ها استفاده نمایم.

## انعطاف‌پذیری تیر

### انعطاف‌پذیری تیر بتنی دهانه‌های چندگانه



در یک قاب با دهانه‌های چندگانه مانند شکل روبرو، در یک تراز، تغییر شکل دهانه‌های مختلف

تقریباً یکسان است. در این صورت انعطاف‌پذیری تیر بتنی دهانه‌های مختلف تقریباً یکسان است.

بنابراین بیشتر از تیرهای بتنی در کارخانه‌ها استفاده می‌شود به این جهت تیرهای بتنی را تکه‌تکه می‌سازند.

بنابراین انعطاف‌پذیری تیر بتنی دهانه‌های مختلف در حالتی صورت می‌گیرد که تغییر شکل جانبی حداقل مقدار مجاز باشد.

★ دو نوع انعطاف‌پذیری تیر بتنی دهانه‌های داریم: ۱) انعطاف‌پذیری خطی ۲) انعطاف‌پذیری غیرخطی یا ایلاستیک



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject :
Date ۹۹/۳/۱۳

★ در مورد ی اتصالات فلنجی و در برخی قسمتی از تیر به همراه ستون ساخته می‌شود. اما نحوه‌ی اتصال دیگر به تیر متفاوت است.

۱) روش المپیایی: در این روش بال بالایی و بال پایینی و جان تیر سوراخ می‌شوند. هم چنین یک ورق در بال بالا و پایین قرار می‌دهند. یک ورق هم در جان قرار می‌گیرد. پس پیچ و مهره ها تیر را می‌شوند.

۲) اتصال فلنجی: در این روش یک سری ورق سوراخ کاری می‌شوند و دو المان با پیچ و مهره هم وصل می‌شوند.

در واقع یک ورق سوراخ دار روی دیگر جوش می‌شود. یک ورق سوراخ دیگر روی تیر جوش می‌شود. در نهایت با پیچ و مهره به هم وصل می‌شوند.

اتصال گیردار جوشی: در این روش دیگر وجود ندارد. در این روش تیر و ستون جدا گانه ساخته می‌شوند و به کارگاه حمل می‌شوند.

در این اتصال، یک ورق روی بال فوقانی تیر قرار می‌گیرد و به تیر و ستون جوش داده می‌شود. زمانی که می‌شود به محل اتصال انواع جوش نفوذ کامل داده می‌شود و بین ورق رویی و تیر جوش پر اسری گوشه داده می‌شود. به این ورق که روی بال فوقانی قرار می‌گیرد ورق رویی می‌گویند. یک ورق پایین بال تحتانی تیر قرار می‌گیرد. در سر این بال اتصال ورق با تیر، جوش نفوذ کامل انجام می‌شود. به ورقی که پایین بال تحتانی قرار می‌گیرد، ورق زیری می‌گویند.

★ وظیفه ورق های رویی و زیری، انتقال بارهای ناشی از لنگر خمشی از تیر به ستون و وظیفه ورق بدنه جان قرار می‌گیرد انتقال برش از تیر به ستون می باشد.



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

Subject:
Date ۹۹/۳/۱۳

* عرض ورق پروفیلی باید از عرض بال تیر کمی کمتر باشد. هم چنین عرض ورق از پروفیلی از عرض بال تیر باید کمی کوتاه تر باشد.

* اتصال ورق جان به بال ستون باید جوش نفوذی کامل یا جوش گوشه باشد.

اتصالات نشیمن: در اتصالات نشیمنی یک یا دو عدد نبشی در پایین تیر قرار می گیرد. اگر بار تیر زیاد باشد نبشی نشیمن را تقویت می کنیم و یک ورق یکی زیر نبشی نشیمن قرار می گیرد. به این نوع اتصال، اتصال نشیمنی تقویت شده گویند. اگر بار تیر کم باشد و نیازی به ورق یکی نباشد به آن اتصال نشیمنی ساده گویند.

نوع دیگری از اتصال نشیمنی به نام اتصال نبشی جان وجود دارد. این اتصال می تواند جوشی یا پیچ و مهره ای باشد.

اتصالات بال ستون: این اتصالات دو نوع هستند ۱) گیردار ۲) نشیمنی
(ستون به فونداسیون)

انتخاب این نوع اتصال بر عهده مهندس ناظر است.

* برای بارهای زلزله های بلند مرتبه و بارهای که در مناطق با خطر لرزه خیزی زیاد قرار دارند و یا جذب نیروی لرزه ای بالایی دارند، اتصالات نشیمنی مناسب نمی باشد.

در اتصالات نشیمنی ستون به فونداسیون، چهار نبشی در چهار طرف ستون قرار می گیرد. در این اتصال تکه فلزی بسیار کمی مشاهده می شود. در بیشتر موارد، اتصال ستون به فونداسیون گیردار است. در این اتصال از ورقی به اسم بیس پلیت (تقریبا مربع) (Base Plate) یا صفحه کف ستون استفاده می شود. این صفحه های کف ستون، دارای سوراخ ها و بولت هایی هستند که در سوراخ ها قرار می گیرند و هم چنین بولت ها



Scanned by CamScanner

Jozvebama.ir

درشت تر کربن کنید.

برای اجرای بتول دوم روی بتول اول از ورق اتصال (وصله یا اسلایس یا لقم پوشانی) استفاده می کنند. اگر تغییر ابعاد

بتول قابل ملاحظه باشد از دتیل اتصال کلدانی یا شبه آن استفاده می کنند.

مقایسه ی اتصال غلتکی و دندانه ای:

* در اتصال غلتکی تعداد پیچ و مهره نسبت به اتصال دندانه ای کم تر است.
* در اتصال غلتکی خطای اجرایی بیش تر است. پس در اجرا باید دقت بیش تری مبذول گردد.



Scanned by CamScanner

Subject:
Date
Jozvebama.ir

گردآورنده: هیلار رضایی

استاد محمد رضا امیری شاهمرانی

منابع:

۱) مبحث دهم مقررات ملی ساختمان؛ طرح و اجرای ساختمان های فولادی؛ ۱۳۹۲

۲) استاندارد ۲۸۰۰؛ آیین نامه ی طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

۳) استاندارد ۲۸۰۰ زیر ذره بین؛ سری عمران (ویرایش ۴)

۴) کتاب طراحی سازه های فولادی به روش حالات حدی و مقاومت مجاز (جلد پنجم طراحی اتصالات)؛ دکتر ازهری، دکتر میرقادری

۵) کتاب طراحی سازه های فولادی به روش حالات حدی (جلد پنجم طراحی اعضا)؛ دکتر ازهری، دکتر میرقادری

۶) کتاب طراحی سازه های فولادی؛ استاد شاپور طاحونی

۷) کتاب اجزای ساختمان و ساختمان؛ سیاوش کیاری

۸) کتاب مقاومت مصالح؛ آلودیر یویوف، ترجمه استاد شاپور طاحونی

۹) کتاب اصول تکارت ساختمان های فلزی تبتی و بتنی (ناظر حرفه ای ۲)؛ مهندس نوید سلیمانی پور



Scanned by CamScanner

جزوه باما

دانلود جزوات ، نمونه سوالات
و پاورپوینت های دانشگاهی

Jozvebama.ir