مرجع تخصصی مهندسی عمران

www.Mcivil.ir

دانلود انواع پروژه های دانشجویی مهندسی عمران

فیلم های آموزشی نرم افزار

آگهی های استخدامی عمران به صورت روزانه

ام سیویل

فولاد1

استاد ارجمند جناب آقای دکتر متین پور

تذکر:این جزوه توسط یکی از دانشجویان ترم های قبلی نگاشته شده و فقط توسط بنده بارگزاری شده است و بنده هیچگونه مسئولیتی در قبال محتوی جزوه ندارم

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

۱- مقدمه - آشنایی با فولاد و خواص آن، انواع فولادهای ساختمانی، انواع سازه‌های فولادی، آئین‌نامه‌های طراحی و روشهای طراحی

۲- اعضاء کششی

۳- طراحی اعضای فشاری (ستونها) تئوری کمانش - مفهوم ضریب لاغری - طرح ستونهای مرکب

۴- طراحی اعضای خمشی (تیرها) - کمانش جانبی، پدیده‌ی تیرها - طرح تیرهایی با شرایط مختلف خمشی و محدود

۵-

۶- طراحی صفحات پای ستون

مراجع

1. Steel structures. by: Salmon 2010

2. Steel structures. by: Smuth

طراحی سازه‌های فولادی به روش ... و مقاومت (دی)

ترجمه: فریدون ایرانی
ترجمه: شاپور طاحونی
ترجمه: مجتبی ازهری

آئین‌نامه
A.I.S.C_LRFD

یکی از روشهای طراحی فولادی (جدید)

* مبحث دهم - مقررات ملی ساختمان ایران آئین‌نامه - طرح و اجرای سازه‌های فولادی

BIST * (کتاب مدول پایه‌ی ساختمانی)

ام سیلویل

Subject:
Year: Month: Date:

فصل اول

مقدمه

ساختمان های فولادی، ساختمان هایی هستند که ساختار اصلی آنها (اجزای سازه ای آنها) از فولاد تشکیل شده است.

به دلیل آنکه فولاد دارای خواص ویژگی های مقاومتی است نسبت به سایر مواد، باعث شده که نتوان جایگزین دیگری برای آن پیدا کنند.

خصوصیات های فولاد زیاد است: مقاومت، سختی، شکل پذیری و ...

فولاد سه عیب مشخص دارد: ۱- کاهش مقاومت در برابر حرارت ← (قابل برطرف کردن با عایق کاری)

۲- خوردگی فولاد یا مقاومت در برابر خوردگی (عدم مقاومت در برابر عوامل جوی) ← (قابل برطرف کردن با رنگ و ...)

عوامل آلوده محیط سریع پوسیده می شود. (با پوشش های مقاوم می توان این عیب را برطرف کرد)

۳- مقاومت کم نسبی: چون اجزای فولاد ضعیف هستند نسبت به بتن.

فولاد ماده ای است که به تنهایی در طبیعت وجود ندارد بلکه از آهن تهیه می شود. (Fe)

آهن نیز از سنگ آهن تهیه می گردد.

سنگ آهن
$FeCO_3$
Fe_2O_3
(کوره بلند)
(60 الی 150 m)

حرارت

آهن خام
(درجه خلوص کمتری نسبت به سنگ آهن دارد)

روش الکتریکی

روش کوره زیمنس

حرارت

تنظیم

ناخالصی ها

فولاد

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

فولاد ماده‌ای است که با انجام دادن دو عملیات روی سنگ آهن بدست می‌آید.

خود فولاد یک ماده مشخص و واحدی نیست، چون با هر درصدی تولید می‌شود نوع فولاد متفاوت خواهد بود به علت آلیاژهای مختلف آن.
با این روش ذکر شده می‌توان بی‌نهایت نوع فولاد تهیه کرد، چون هر آلیاژ با هر میزان یک خاصیت به فولاد می‌دهد.

طبقه‌بندی فولادها در کارهای ساختمانی سه دسته است.

دسته اول: فولادهای کربنی C.S، دسته دوم: فولادهای آلیاژی A.S، دسته سوم: فولادهای حرارتی T.S

فولادهای کربنی

آن دسته از فولادهای هستند که درصد کربن آن نسبت به آلیاژهای دیگر بیشتر است. اولین فولادی که تهیه شد فولادهای کربنی بود. آلیاژ دیگری وجود ندارد یا اگر وجود دارد نقش اساسی در فولاد ندارد.

به دلیل اینکه تولید آن ساده است، جزء فولادهای بسیار قدیمی است. به دلیل تولید ساده و ارزان قیمت بودن آن در اکثر سازه‌ها از فولاد کربنی استفاده می‌کنند.

فولادهای آلیاژی

در فولادهای آلیاژی کربن نقش اساسی ندارد بلکه آلیاژهای دیگر مانند: کروم، نیکل، آلومینیوم و... نقش اساسی دارد.
عامل تعیین کننده رفتار و خواص فیزیکی فولاد کربن نیست بلکه آلیاژهای دیگر است.

فولادهای حرارتی

فولادهایی هستند که از نظر کربن و آلیاژهای مختلف نقش اساسی دارند بلکه یک سری عملیات حرارتی رفتار فولادها مشخص می‌کنند.
عملیات حرارتی یعنی گرم و سرد کردن. عملیات حرارتی می‌تواند رفتار فولادها کاملا تغییر بدهد.
رفتار این نوع فولادها با هیچ عملیات حرارتی است.

BIST

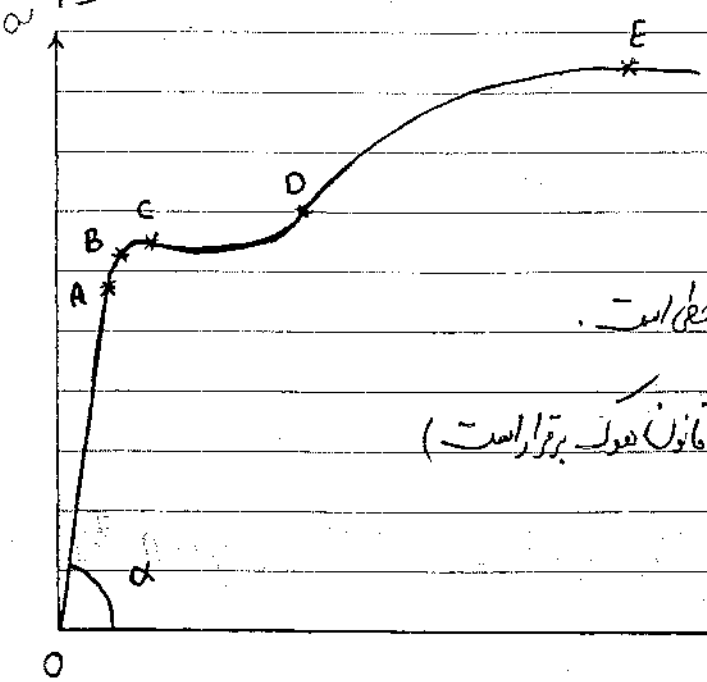
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

نقش کربن در فولاد: افزایش درصد کربن در فولاد، حد جاری شدن و مقاومت نهایی و شکنندگی فولاد را افزایش می دهد.

- با افزایش درصد کربن در فولاد، شکل پذیری فولاد کاهش می یابد.
- با افزایش درصد کربن در فولاد، خاصیت چکش پذیری و جوش پذیری فولاد کاهش می یابد.
- با افزایش درصد کربن در فولاد، مدول الاستیسیته فولاد به مقدار بسیار جزئی افزایش می یابد. (سختی فولاد)
- با افزایش درصد کربن در فولاد، مقاومت فولاد در برابر خوردگی به مقدار بسیار جزئی افزایش می یابد.

برای مشخص کردن حد جاری شدن، مقاومت نهایی و شکنندگی فولاد، آزمایش ساده کشش را انجام می دهیم.



در نقطه O تنش و کرنش مساوی صفر است.

تا نقطه A رفتار فولاد برحسب تنش و کرنش کاملاً خطی است.

OA — رابطه بین تنش و کرنش خطی است. (قانون هوک برقرار است)
خاصیت فنری یا ارتجاعی دارد.

معادله خط $\sigma = \tan\alpha \cdot \varepsilon$

$\sigma = E \cdot \varepsilon$

شیب ناحیه خطی OA = مدول الاستیسیته

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

$\sigma = E$ — اگر $E = 1$ باشد، یعنی $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 1$ (تغییر طول با طول اولیه یکی باشد)

اولاً مدول الاستیسیته جنس اتش از جنس فنر است.
ثانیاً مقدار تنش را نشان می دهد.

مدول الاستیسیته نشان دهنده، مقدار تنشی است که اگر با آن تنش را وارد بکنیم، باعث می شود به تغییر طول نسبت به طول اولیه یکی باشد.

ماده ای که مدول الاستیسیته بیشتری دارد به علت اینکه تغییر شکل کمتری دارد بنابراین مقاومت آن بیشتر است.

مدول الاستیسیته همان سختی ماده در آزمایش کشش است.

زاویه α در فولاد نزدیک به 90° است.

فولاد سختی بسیار زیادی دارد. (همان مدول الاستیسیته بالا)

$\sigma = \tan\alpha \cdot \varepsilon$

$\boxed{\sigma = E \cdot \varepsilon}$ قانون هوک

$E_s = (2 - 2.1) \times 10^6 \ kg/cm^2$

در هر جا خط OA، نیرو حذف شود، فولاد دقیقاً در همان نقطه تغییر شکل خود را از دست داده و قطعه به شکل اول خود برمی گردد. شکل خاصیت فنر.

نقطه A: آخرین نقطه ای است که شکل خطی داریم.

تنش A را با σ_A نشان می دهند و آنرا حد خطی می نامند. بعد از آن خاصیت دیگر برقرار نیست.

نقطه B: از فاصله AB رابطه خطی برقرار نیست ولی خاصیت ارتجاعی برقرار است، آخرین نقطه ای است که خاصیت ارتجاعی در آن برقرار است.

AB
- قانون هوک برقرار نیست.
- خاصیت ارتجاعی برقرار است.

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

بعد از نقطه B مدجا نیرو را حذف کنیم، فولاد به شکل اول خود برمی گردد.

تنش نقطه B را با σ_B نشان می دهند و حد ارتجاعی می نامند.

در نقطه C: فولاد به طور کامل سختی خود را از دست می دهد. $E=0$ (اصول الاستیسیته) تغییر شکل زیاد.

تنش نقطه C را با σ_C نشان می دهند و حد تسلیم می نامند. فولاد در برابر نیرو تسلیم شده و مقاومت نمی کند، یعنی جاری و روان می شود پس حد روانی و جاری شدن گویند.

بعد از نقطه C رفتار فولاد با یک خمیر فرقی ندارد پس به آن حد خمیری هم می گویند.

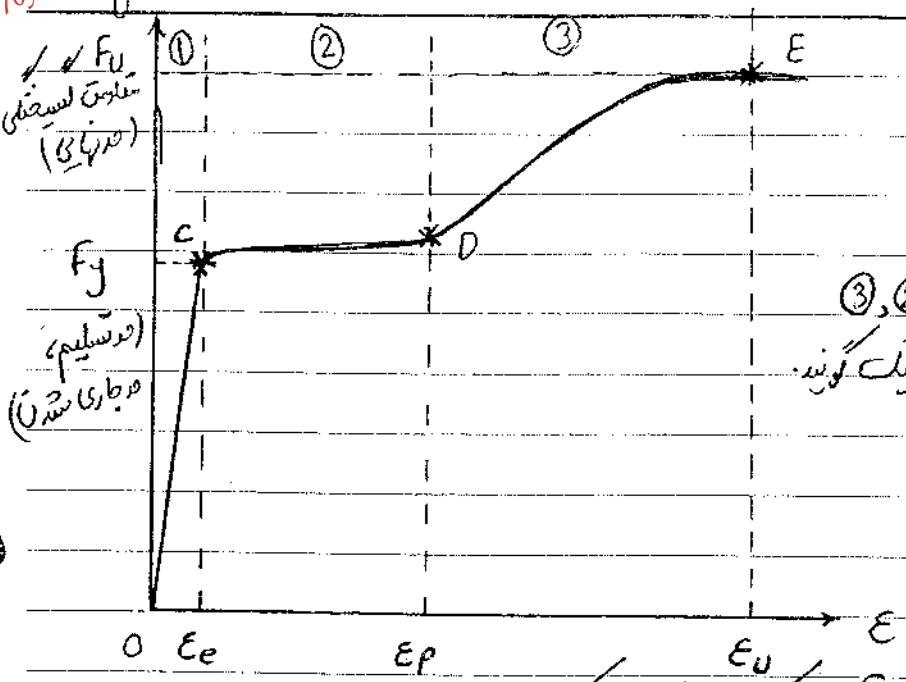
در نقطه E فولاد گسیخته می شود. تنش نقطه E را با σ_E نشان می دهیم و حد نهایی یا مقاومت نهایی یا مقاومت گسیختگی دارد. از نقطه C تا آخر فولاد تبدیل شده است به یک خمیر.

در فولادهایی که کربن زیادی دارند، مقاومت نهایی بالاتر است.
در فولادهایی که کربن کمتری دارند، مقاومت نهایی پایین تر است.

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



نقاط Fy, Fu مشخصه‌های مکانیکی فولاد است.

محور به سه ناحیه تقسیم می‌شود: ناحیه ①، ②، ③

ناحیه ①: ناحیه خطی، ارتجاعی و یا الاستیک گویند.

ناحیه ②: پله پلاستیک، پله خمیری

ناحیه ③: ناحیه سخت شدگی مجدد

ناحیه ③، ②: ناحیه خمیری

چون نقاط A, B, C به هم نزدیک هستند، آنها را در یک نقطه رسم می‌کنیم.

ماکزیمم برش در ناحیه ①، برش نقطه C است و آنرا با ε_e نشان می‌دهند و برش الاستیک گویند.

$$\sigma = E.\varepsilon$$

$$F_y = E.\varepsilon_e \Rightarrow \varepsilon_e = \frac{F_y}{E} = \frac{2400}{2\times10^6} = 0.0012$$

ماکزیمم برش در ناحیه ②، برش نقطه D است و آنرا با ε_p نشان می‌دهند و برش پلاستیک گویند.

$$\boxed{\varepsilon_p = (15-20)\varepsilon_e}$$

حدوداً 15 الی 20 برابر برش الاستیک است.

ε_p = تقریباً برش بزرگی است.

در طراحی بیشتر از ناحیه یک استفاده می‌کنند.

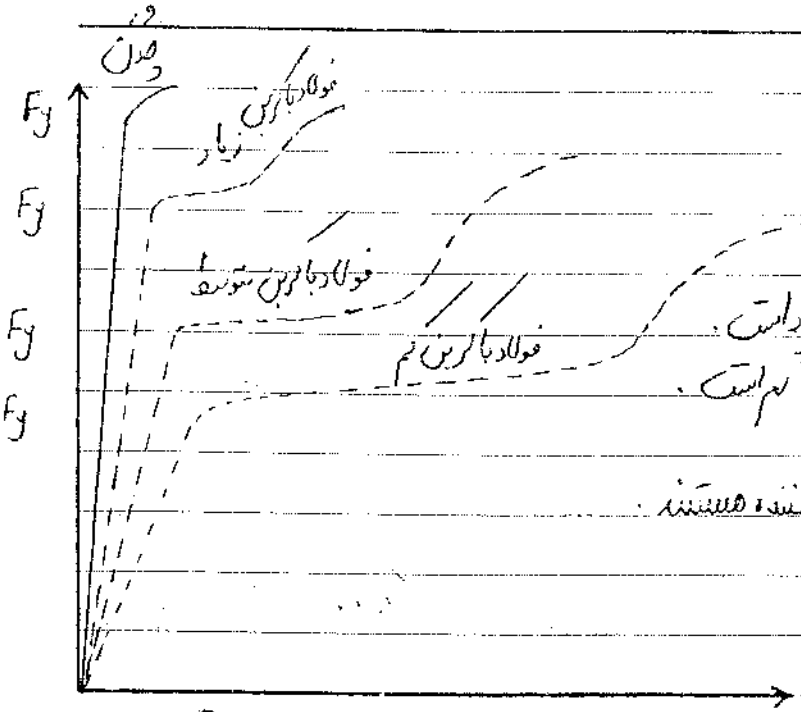
در فاصله C تا D فولاد انرژی را جذب می‌کند و فقط برش از خود نشان می‌دهد.

هیچ ماده‌ای به شکل فولاد می‌تواند پله خمیری داشته باشد.

BIST

ام میویل

Subject:
Year: Month: Date:



فولادهایی که پله پلاستیک ندارند، درصد کربن خیلی زیاد است.

فولادهایی که پله پلاستیک کوتاه دارند، درصد کربن کم است.

فولادهایی که پله پلاستیک ندارند، چدن نام دارند و شکننده هستند.

تقسیم بندی فولادهای کربنی:

۱- فولاد با کربن کم: درصد وزنی کربن (C) $0 < \%C < \%0.15$ شکل پذیری آن خیلی زیاد، ولی مقاومت خیلی کم است.

در سازه ها از این نوع فولاد استفاده نمی کنند، اکثراً برای ساختن بدنه اتومبیل ها استفاده می شود.

۲- فولاد با کربن ملایم: $\%0.15 < \%C < \%0.29$ مقاومت نسبتاً زیاد و شکل پذیری نسبتاً خوبی دارد. بهترین فولاد برای سازه ها است. فولاد ساختمان، فولاد معمولی، فولاد نرمه هم گویند.

۳- فولاد با کربن متوسط: $\%0.30 < \%C < \%0.59$ مقاومت بالاتری در عوض شکل پذیری کمتر. در ساختمان ها استفاده نمی شود، چون شکل پذیری کم است. برای تولید پیچ و مهره ها استفاده می شود.

۴- فولاد با کربن زیاد: $\%0.6 < \%C < \%1.7$ مقاومت خیلی بالا و شکل پذیری خیلی پایین. حتی در تولید پیچ و مهره و ساختمان ها استفاده می شود. فقط در بعضی قطعات اتومبیل استفاده می شود.

قطعاتی که نیاز به مقاومت زیاد دارند.

BIST

ام سیویل

در آئین نامه ASTM آمریکا، فولاد کربن نرمه را با اسم A 36 می شناسند در آئین نامه اروپای I.S.O یا CE آن را ST_37 می شناسند.

در آمریکا عدد 36 یعنی تا این عدد در آئین نامه اروپای عدد 37 یعنی دارد، یعنی حدهای آن فولاد $F_u = 3700\ kg/cm^2$ است.

همه فولادهای که با نام فولاد کربنی تهیه می شوند و در بین محدوده ② یعنی $\%0.15 < \%C < \%0.29$ هستند را grade 36 گویند.

موقع از فولاد grade 36 استفاده کردیم باید از مقدارات ملی (جدول 10) تبعیت بکنیم

(مقدارات ملی) → $F_y = 2400\ kg/cm^2$ یعنی
$F_u = 3600\ kg/cm^2$

فولاد آلیاژی A.S

تقسیم بندی آلیاژها: ۱ آلیاژهای مفید: Cu، Cr، Mn، Si، Al، Ni، Mo، وا...

۲ آلیاژهای مضر: S و P؛ باعث شکنندگی فولادی شود و باعث از بین رفتن جوش پذیری فولادی شود.

فولادهای آلیاژی کلاً به دو دسته تقسیم می شوند:

۱ـ کم آلیاژ: مجموع درصدی آلیاژها از وزن کل آلیاژ از 5٪ کمتر باشد. $\Sigma\%A < \%5$

۲ـ پر آلیاژ: مجموع درصدی آلیاژها از وزن کل آلیاژ از 5٪ بیشتر باشد. $\Sigma\%A > \%5$

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

از فولادهای پرآلیاژ در ساختمان استفاده می شوند، چون تهیه ی آنها خیلی مشکل است و ی تهیه فولاد کم آلیاژ آسان تر میباشد.

انواع فولاد کم آلیاژ:

طبقه بندی ASTM و ی چون از نظر مقاومت تقریباً به هم نزدیک هستند همه ی آنها را در

A 440

A 570

⋮

طبقه بندی اروپایی I.S.O بانام ST-52 نشان می دهند، یعنی مدلهای $F_u = 5200\ kg/cm^2$ همه ی آنها را با grade 50 می شناسند. ما معمولاً از grade 50 استفاده کردیم باید از مقررات ملی تبعیت بکنیم.

مقررات ملی.
$$\begin{cases} F_y = 3500\ kg/cm^2 \\ F_u = 5000\ kg/cm^2 \end{cases}$$

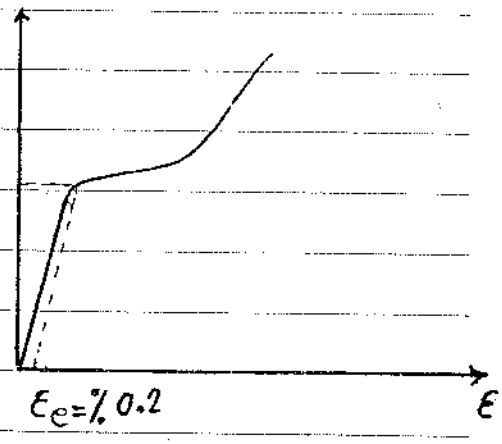
از دو نوع فولاد کم آلیاژ خیلی استفاده می شود: ۱- W.ST (weather steel): یعنی فولادی که در برابر هوازدگی می زند. سه عنصر اصلی آن Cr و Cu و Ni است.

۲- Staeinless.ST: فولاد ضدزنگ است یعنی نه در هوا و نه در آب و... زنگ نمی زند. عناصر آن Cr و Mo و Ni، در برابر دما هم مقاومت آن خیلی بالا رفته است و مقاومت در برابر دما خیلی زیاد است.

Subject:
Year: Month: Date:

فرق دیگر فولاد آلیاژی با فولاد کربنی: شکل پذیری بهتر است نسبت به فولادهای کربنی دارد و عوض شدت آنها بالا است.

برای مشخص کردن σ_y از نقطه $\varepsilon_e = \%0.2$ عمودی خطالیه خطی رسم می‌کنیم، نقطه برخورد، F_y است.

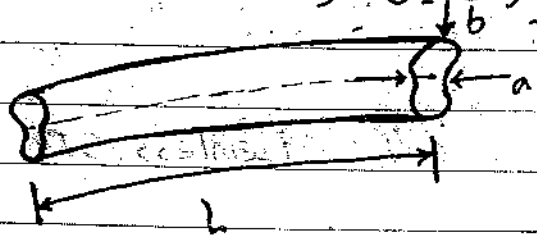


انواع سازه‌های فولادی:

۱- سازه‌های قاب بندی شده.
۲- سازه‌های پوسته‌ای.
۳- سازه‌های معلق.

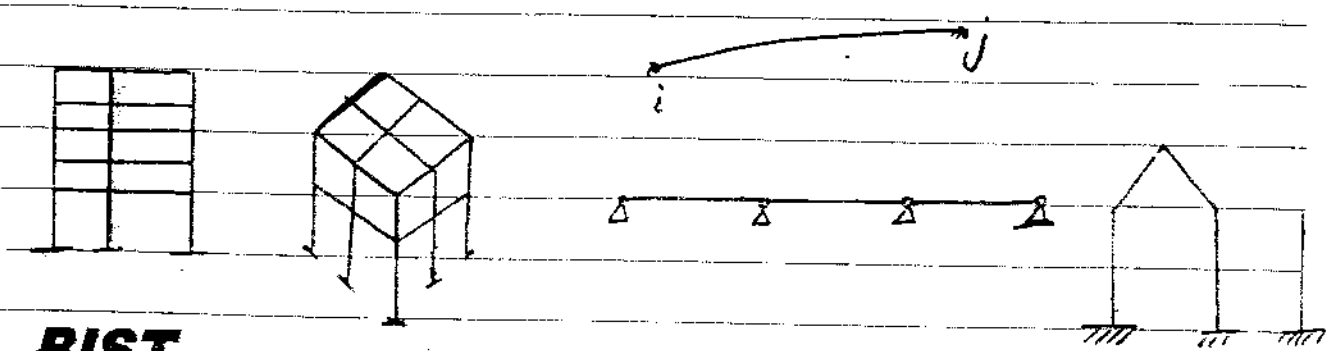
سازه‌های قاب بندی شده: آن دسته سازه‌ها هستند که در آنها کلیه اعضا از اعضای منشوری تشکیل شده است.

اعضای منشوری: اعضایی است که یک بعد آن نسبت به بعدهای دیگر آن خیلی بیشتر باشد.



نوع اعضای منشوری شکل مهم نیست.

در مدل‌های تحلیلی فقط میان تار آنها را بررسی می‌کنند.



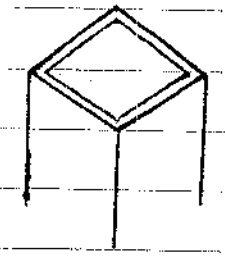
BIST

Subject:
Year: Month: Date:

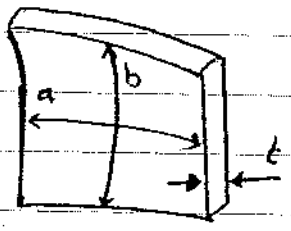
سازه‌های پوسته‌ای : در همه المان‌های سازه المان پوسته‌ای باشند ، سازه را سازه پوسته‌ای گویند.

المان پوسته‌ای : ضخامت آن نسبت به یک بعد آن بسیار است . (سازه‌های پوسته‌ای رفتار خطی دارند)

مخزن

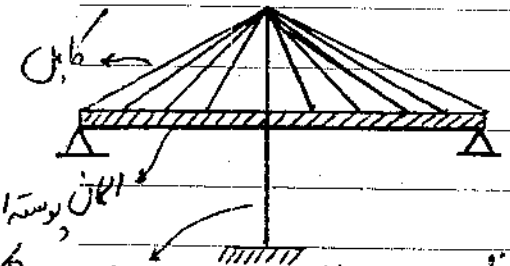


کوره



سازه‌های قاب‌بندی شده و پوسته‌ای را می‌توان باهم ترکیب کرد.

سازه معلق : سازه‌ای است که علاوه بر وجود المان‌های منشوری شکل و پوسته‌ای ، در سازه از کابل هم استفاده شود.



به دلیل اینکه رفتار کابل خطی نیست ، جزو المان‌های منشوری حساب می‌شود.

کابل برای نیروهای مثبت (کششی) هیچ ظرفیتی برای نیروهای منفی (فشاری) ندارد.

پس روش تحلیل سازه غیره خطی است و روش طراحی آن هم متفاوت است.

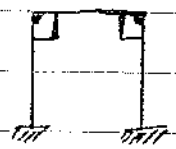
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

سازه‌های قاب‌بندی شده: ۱- سازه‌های گروه ۱ (تارهای خمشی) ۲- سازه‌های گروه ۲ (تارهای سازه)
۳- سازه‌های گروه ۳ (تارهای نیمه‌گیردار)

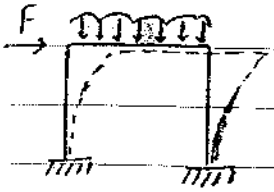
سازه‌های گروه یک: آن دسته از قاب‌هایی هستند که کلیه تارها و کلیه اتصالات از نوع گیردار کامل هستند

مثلاً: یک سازه یک طبقه یک دهانه مسطح که ساده‌ترین سازه گروه یک است.



دارای دو تار گیردار و دو اتصال گیردار است. اکثر قاب‌های پایداری هستند.

می‌توانند هر نوع باری را تحمل کنند. به خوبی می‌توانند بارهای ثقلی را تحمل کنند ولی در برابر بارهای جانبی به راحتی می‌توانند تغییر مکان داشته باشند.



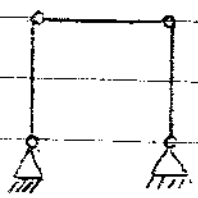
اتصال گیردار: اتصالی است که تغییر زاویه در اتصال قبل و بعد از بارگذاری تغییری نکند.

در ساختمان‌ها بارها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- بارهای ثقلی (بارهای رو به پایین، بارهای زنده طبقات، تجهیزات)
۲- بارهای جانبی (بار باد یا زلزله به شکل جانبی یا افقی اثر می‌کنند)

قاب‌های گروه یک: قاب‌های شکل پذیر است و مناسب برای مناطق زلزله خیز است و می‌توانند تمام بارها را تحمل بکنند.

سازه‌های گروه دو: سازه‌هایی هستند که در این سازه‌ها کلیه تارها و اتصالات از نوع مفصلی است.

اتصال مفصلی: اتصالی است که در اتصال تغییر زاویه وجود دارد و قابلیت نسبت



دهانه به این شکل‌هایی در تنه‌های اتصال‌ها ایجاد می‌شود.

BIST

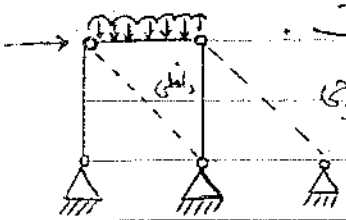
قاب‌های ناپایدار

ام سیلویل

Subject:
Year: Month: Date:

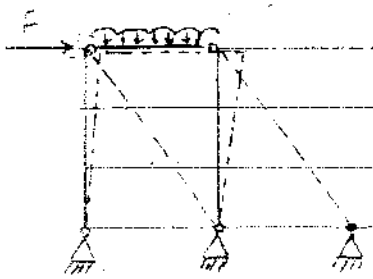
هیچ نیروی را نمی‌توانند تحمل کنند مگر در یک حالت خاص که سازه متقارن باشد و بارهای ثقلی متقارن باشند، هیچ وجه هم نمی‌توانند بارهای جانبی حتی به اندازه کوچک را تحمل کنند. برای ساختمان مناسب نیست.

قاب‌های ساده را به روشهای ساده‌ای پایدار می‌کنند با اضافه کردن تکیه‌گاه و المان‌های. المان‌هایی که باعث پایداری سازه‌های گروه ۲ می‌شوند به آنها مهاربند گویند. یک المان اضافی است که به سازه اضافه می‌شود جهت پایداری ساختمان گاهی از خارج ساختمان است که به آنها مهاربند خارجی گویند، گاهی هم از داخل ساختمان استفاده می‌شوند به آنها مهاربند داخلی می‌گویند. در نهایت با اضافه کردن مهاربند سازه کاملاً پایدار است. می‌تواند نیروهای ثقلی و همچنین جانبی زیادی را تحمل کند. منظور آئین نامه از گروه ۲ قاب ساده + اضافه مهاربند است.



در اثر نیروی جانبی تغییر شکل جانبی خیلی کم است نسبت به گروه یک (مقاومت یا سختی نیروی کم)

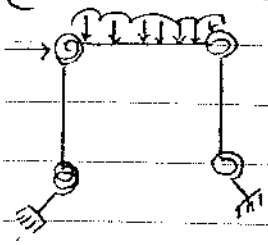
اشخاص داخل ساختمان این تغییر شکل را احساس نمی‌کنند و ناراحتی ایجاد نمی‌کنند. اما زمانی، مهاربند منهدم می‌شود و سازه از کنترل می‌شود. جزو قاب‌های کاملاً شکننده‌اند و هشداری نمی‌دهند. برای مناطق زلزله خیز مناسب نمی‌باشند، چون شکننده‌اند در مناطق که تست باد زیاد است از آن استفاده می‌کنند. در زلزله عامل هشدار سازه است، ولی در باد، عامل هشدار نداریم است. به این دلیل به این المان‌ها مهاربند گویند، چون برای مناطقی که باد شدید است مناسب‌تر اند.



BIST

Subject:
Year: Month: Date:

سازه‌های گروه ۳: سازه‌هایی هستند که در آن عضوها یا لوله‌ها فقط از نوع نیروی محوری (کششی یا فشاری) هستند.



اتصال نیمه گیردار: اتصالی است که رفتاری بین اتصال مفصل کامل و اتصال گیردار کامل دارد.

هم می‌توانند تغییر زاویه داشته باشند و هم لنگر ایجاد کنند در انتهای اعضا. تغییر زاویه و لنگر نسبی‌اند. هرچه قدر درجه گیرداری کمتر به مفصل نزدیک می‌شویم، تغییر زاویه بیشتر و لنگر کمتر است. در این سازه‌ها پایداری بستگی دارد به درجه گیرداری، درجه گیرداری بیشتر، پایداری بیشتر و هرچه درجه گیرداری کمتر، پایداری نیز کمتر است.

در برابر نیروی جانبی، پایداری نسبی است. این سازه‌ها مناسب برای مناطق با لرزه خیزی پایین یا متوسط که نیروی باد شدت کمی دارد. تا حدی می‌تواند نیروی جانبی را تحمل کند. و عمل می‌توان اتصالی ساخت که سختی آن بی‌نهایت است و یا اتصال ساخت که سختی آن صفر باشد. یعنی عملاً ساخت تاب‌ها یا گروه یک و گروه دو امکان‌پذیر نیست، بنابراین عملاً در قابی ساخته نمی‌شود، تاب نیمه گیردار است.

مثال اساسی تاب‌ها: در تاب اول را می‌توان تحلیل کرد ولی نمی‌شود آن را ساخت چون قابل سانیستند

ولی تاب سوم را نمی‌توان تحلیل کرد ولی می‌توان آن را ساخت

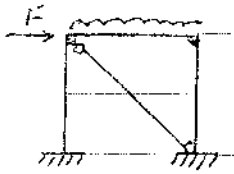
برای حل این مشکل آئین‌نامه کمک می‌کند. می‌توان کارهایی روی اتصال انجام داد تا سختی اتصال تا جایی به ایدئال دارد یا به گروه یک یا پایین آورده شود. طبقه‌بندی آئین‌نامه: اگر سختی اتصال بیشتر از تاب گروه یک و اگر سختی آن از پایین باشد تاب گروه ۲. گاهی تاب‌های گروه یک و گروه دو را هم ترکیب می‌کنند به تاب‌های نیمه‌گیردار نیمه‌گیردار می‌گویند.

BIST

رام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

به قاب های ترکیبی یک می توان مهاربند هم اضافه کرد. قاب های ترکیبی، دوگانه، مختلط هم می گویند.



قاب های ترکیبی یک پایدارند، مهاربند هم پایداری آنها را زیاد می کند. هم نیروی های ثقلی و هم نیروی جانبی زیادی را می توانند تحمل بکنند. بخشی توسط مهاربند و بخش دیگری (قاب مختلط) توسط قاب تحمل می شوند. این نوع قاب ها مناسب برای سازه هایی که نیروهای جانبی زیادی دارند است مناسب برای مناطق زلزله خیز، سازه های بلند مرتبه، یا سازه های سنگین.

آئین نامه های ساختمانی و روشهای طراحی

A.I.S.C

آئین نامه مرجع مبحث دهم مقررات ملی ایران

سه روش برای طرح سازه های فولادی وجود دارد طبق این آئین نامه: ۱- روش تنشهای مجاز A.S.D، ۲- روش ضرایب بار و مقاومت L.R.F.D، ۳- روش طرح پلاستیک P.D

روش تنشهای مجاز (A.S.D): قدیمی ترین، ابتدایی ترین روش سازه های فولادی است. دقت بسیار پایین چون قدیمی است قادر به پاسخگویی به بعضی مسائل نیست. به همین علت این روش را کنار گذاشته اند.

روش ضرایب بار و مقاومت (L.R.F.D): روش جدید و دقیق و کاملتری است. قدمت آن 50 سال است و فلسفه طراحی آن دقیق بررسی می شود و کامل شده است.

روش پلاستیک (P.D): یک روش ویژه ای است برای همه سازه ها کاربرد ندارد. یک روش خاص است. نسبتاً روش جدیدی است و عمومی نیست، برای سازه های غیرخطی تحلیل می شوند کاربرد دارد.

BIST

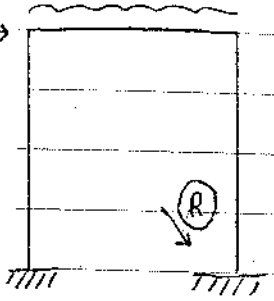
Subject:
Year: Month: Date:

شکل: روش ساده بررسی توان بارهای وارد بر سازه را حساب نمود. (بررسی بارگذاری)

می‌توانیم هر سازه‌ای که داشته باشیم بارهای آن را حساب کنیم (Q بارهای محاسباتی اسمی)

علاوه بر آن هر سازه‌ای را که داشته باشیم از علومی که در تحلیل سازه و مقاومت مصالح داریم می‌توانیم مقاومت آن را

حساب کنیم (R مقاومت محاسباتی یا اسمی)



$Q \leqslant R$ نامساوی تئوریک کنترل سازه است.

از نظر عملی ممکن است درست نباشد چون ممکن است بارهایی که وجود دارند از بارهایی

که ما برآورد کردیم کمتر یا بیشتر باشد (خطاهای ساخت)

مسلماً وقتی است که بار از آن چیزی که ما محاسبه کردیم بیشتر باشد $Q+\Delta Q \leqslant R$

مسلماً وقتی است که مقاومت از آن چیزی که محاسبه کردیم به اندازه مشخص کمتر باشد $Q+\Delta Q \leqslant R-\Delta R$

در درس فولاد یاد می‌گیریم، چگونه ΔR و ΔQ را افزایش و کاهش دهیم.

$$Q+\Delta Q \leqslant R-\Delta R$$

$$Q\left(1+\frac{\Delta Q}{Q}\right) \leqslant R\left(1-\frac{\Delta R}{R}\right) \xrightarrow{A.I.S.C} \lambda . Q \leqslant \Phi . R$$

$\lambda \geqslant 1.0$ ضریب بار

$\Phi \leqslant 1.0$ ضریب مقاومت

روش اول (ASD):

$$Q \leqslant \frac{\Phi . R}{\lambda} \Rightarrow Q \leqslant \frac{\Phi}{\lambda} R$$

$$S.F. = \frac{\lambda}{\Phi} \geqslant 1.0 \Rightarrow Q \leqslant \frac{R}{S.F.}$$

مقاومت مجاز $R_a = \frac{R}{SF_1}$

$Q \leqslant R_a$

BIST ضریب اطمینان

ام شیویل

Subject:
Year: Month: Date:

روش دوم: L.R.F.D $\lambda Q \leq \phi R \Rightarrow \sum \lambda_i Q_i \leq \phi_j R_j$

هر بار ضریب جداگانه‌ای دارد. احتمال ضرایب بار را دقت بالا ببرد.

بار زنده، هم احتمال تغییرات آن زیاد است و هم قابل پیش بینی نیست، بنابراین ضرایب بار زنده بایستی بزرگتر باشد.

ولی بار مرده هم احتمال تغییرات آن خیلی کم است و هم اینکه قابل پیش بینی است بنابراین ضرایب بار مرده کوچکتر است.

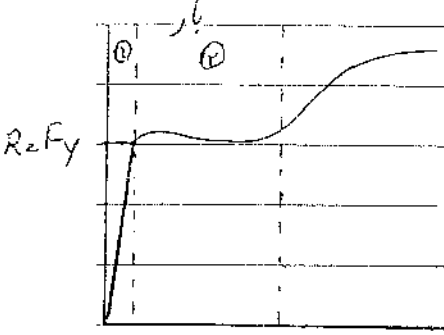
زیرا نباید ضریب آن بزرگتر باشد چون قابل پیش بینی نیست.

روش سوم P.D $1.0 < \frac{\lambda}{\phi} Q \leq R$

$\alpha Q \leq R$

این روش بارها را افزایش می دهد بدون اینکه بارها را کاهش دهد.

ضریب تشدید یا افزایش



هر دو روش قبلی یعنی A.S.D و L.R.F.D چون در ناحیه یک هستند با روش خطی تحلیل می شوند ولی در P.D روش ورشای است. یا روش غیر خطی تحلیل می شود.

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

انواع بارها: ۱- بارهای دائمی ۲- بارهای لذا

بارهای دائمی: آن دسته از بارهای هستند که بطور دائم و طول عمر سازه همیشه به سازه اثر می‌کنند یعنی ماهیت دائمی دارند و همیشه همراه سازه‌اند.

بارهای دائمی از نظر شدت بار به دو دسته تقسیم می‌شوند: ① ثابت: آن دسته بارهای دائمی است که علاوه بر اینکه همواره به سازه اثر می‌کنند، شدت بار هم ثابت است. مثل بار مرده، فشار مایعات (وزن مایعات)

② متغیر: آن دسته از بارهای دائمی هستند که علاوه بر اینکه به طور دائم به سازه اثر می‌کنند شدت تغییرات آنها بسیار زیاد است، یعنی دائماً کم و زیاد می‌شوند و میزان تغییرات چشمگیر است و زیاد. مثل بارهای زنده، فشار خاک روی دیوارهای حائل

بارهای لذا: آن دسته از بارهای هستند که در طول عمر سازه فقط چند بار اتفاق می‌افتند و در هر بار اتفاق هم مدت زمان اتفاق آن محدود است. مثل بار زلزله، بار باد، و یا آتش سوزی

(منظور از باد، بادهای شدید است نه بادهای معمولی)

بیشترین ضریب λ را آئین نامه برای بارهای زنده (دائمی متغیر) تعیین می‌کند و بعد از آن بارهای لذا است

وازه تمام بارهای دائمی ثابت ضریب λ بزرگتری دارند.

$$\sum \lambda_i Q_i < \sum \phi_i R_i$$

L.R.F.D

ضرایب λ را آئین نامه مشخص می‌کند. ضریب ϕ هم آئین نامه مشخص می‌کند.

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

تقسیم بندی ساختمان براساس بارهایی که به آنها وارد می شود (طبق آئین نامه)

۱- ساختمان هایی که فقط دارای بارهای مرده و زنده اند. در حالت برای ضریب λ تعریف می کنند.

حالت اول: فرض می کند، ساختمان فقط دارای بار مرده است. این حالت وقتی اتفاق می افتد که در ساختمان تغییرات انجام می دهند یا سازه در حال اجرا است.

ضریب λ ⇒ 1.4D (مرده)

میزان تغییرات بار ممکن است ٪40 بیشتر از آن که هست، باشد.

حالت دوم: سازه در حال بهره برداری است.

1.25D + 1.5L (زنده)

چون مطمئن هستند در سازه اضافاتی وجود ندارد.

در حالت بالا برای سازه هایی هستند که تحت بارهای زنده و مرده اند. نمی توان گفت کدام یک از دو حالت تعیین کننده است. هرکدام را یکبار در معادله قرار داده و رابطه را کنترل می نیم.

۲- ساختمان هایی که تحت بار مرده و زنده و تحت بار زلزله یا باد هم قرار می گیرند:

حالت اول: ساختمان در حال بهره برداری است.

D + 1.2L + 1.2(E یا W) (باد و زلزله) ← (ضریب یک)

چون احتمال اتفاق افتادن هر دو زلزله و باد در یک زمان بسیار کم است نباید این دو را اضافه کنند.

حالت دوم: زلزله و باد ممکن است در حال اجرای سازه اتفاق بیفتاند.

0.85D + 1.2(E یا W)

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

۳- ساختمان هایی هستند که تحت بار مرده و زنده و علاوه بر آن ها فشار آب یا فشار خاک نیز اعمال می شود (مثل مخزن آب، پارکینگ طبقه اول ساختمان زیر زمین دار که فشار خاک بر آن وارد می شود)

حالت اول: در حال بهره برداری (فشار خاک، مایعات)

$1.25(D+F)+1.5(L+S.P)$

حالت دوم: در حین اجرا

$0.85D+1.25F+1.5\,S.P$

۴- ساختمان هایی که تحت بار مرده و زنده اند و همچنین اثر دما یا نشست تکیه گاهی یا فرش (T)

حالت اول: در حین بهره برداری

$D+1.2L+T$

حالت دوم: در حین اجرا

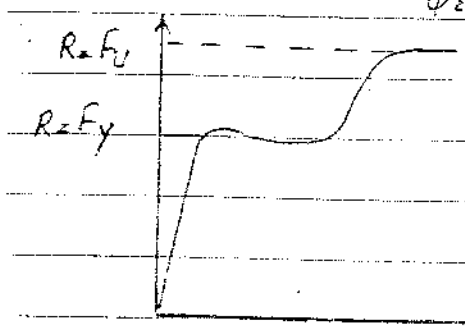
$1.25D+1.25T$

نکته * نیروهای زلزله و باد به طور ساده اعمال می شوند ولی اثر دما موضعی است.

برای همه آیتم ها عادله در L.R.F.D $\Leftarrow \phi = 0.9$ (همیشه طراحی در ناحیه الاستیک نایس)

ضریب ϕ برای در حالتی متغیر است.

برای مسائل جاری شدن $\phi = 0.9$ برای مسائل شکنندگی $\phi = 0.75$



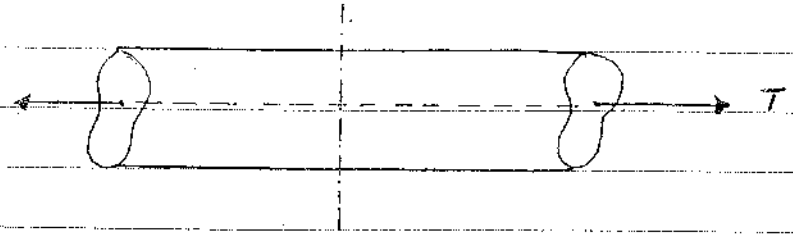
BIST

ام لیلویل

Subject:
Year: Month: Date:

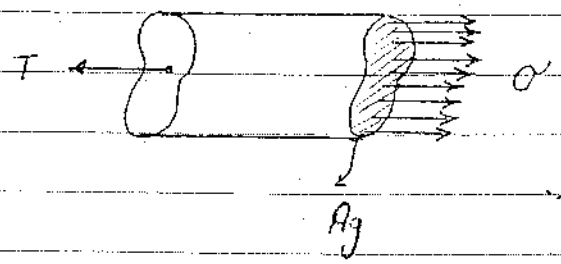
فصل دوم

اعضاء کششی: اعضائی هستند که فقط تحت نیروی محوری اند. و نیروی محوری کاملا منطبق بر میان تار است و به این جهت نیروی محوری طوری است که در هر مقطع عمودی دلخواه تنش ها از نوع نرمال و کششی می باشند.



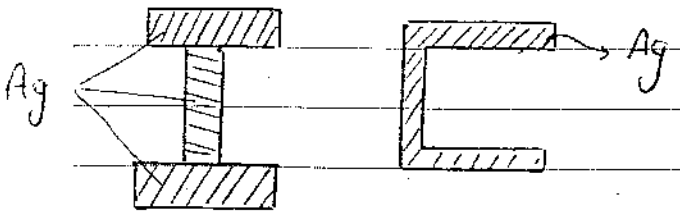
سه شرط مهم:

۱- فقط نیروی محوری داشته باشد.
۲- نیروی محوری منطبق بر میان تار باشد.
۳- در هر مقطع عمودی دلخواه تنها از نوع نرمال کششی باشد.



سطح مقطع کل یک عضو کششی A_g: برابر است با مجموع مساحت های قسمت های تشکیل دهنده آن عضو در یک مقطع عمودی

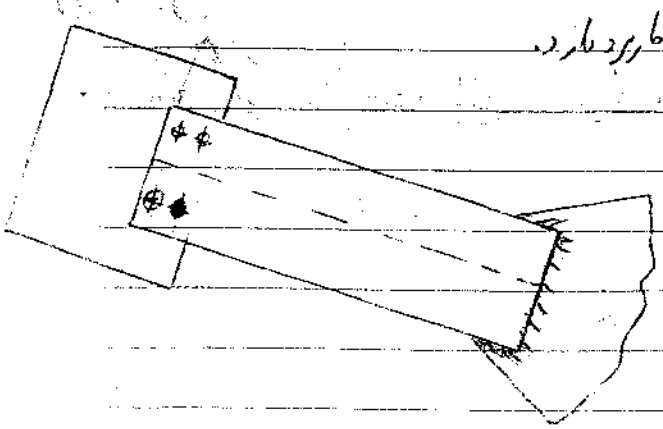
Gross Area



سطح مقطع خالص A_n: net Area

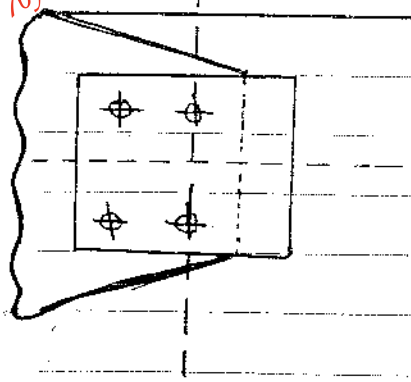
فقط در مواردی که اتصال قطعه کششی از پیچ یا پرچ استفاده شود کاربرد دارد.

برای



در اتصال از طریق پیچ سوراخ هایی ایجاد می شود جهت بستن قطعه

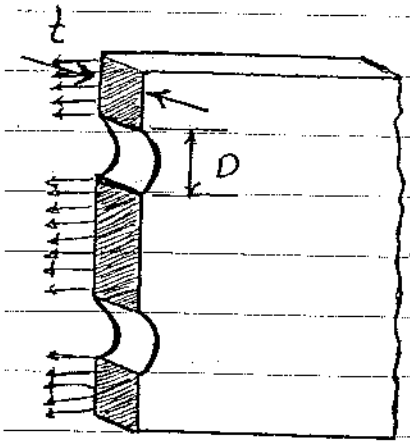
Subject:
Year: Month: Date:



$A_n = A_g - ($ سطح سوراخ ها در یک مقطع عمودی $)$

$A_n = A_g - m.D.t$

m: تعداد سوراخ
D: قطر سوراخ
t: ضخامت قطعه در محل تعبیه سوراخ پیچ

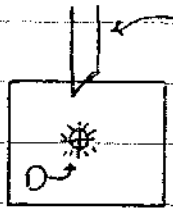


دو روش برای ایجاد سوراخ وجود دارد:

① روش استفاده از پانچ یا مشه (سوراخ زنی)

در روش پانچ، محل سوراخ آرمایی ایجاد می‌شود و حاصل ضرب سمبه است.

آرمایی ایجاد شده تنش تحمل می‌کنند.

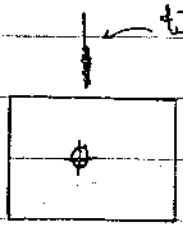


قطر پیچ

$D = \phi + 4mm$

قطر سوراخ محاسباتی

② روش ایجاد سوراخ با مته یا دریل:



$D = \phi + 2mm$

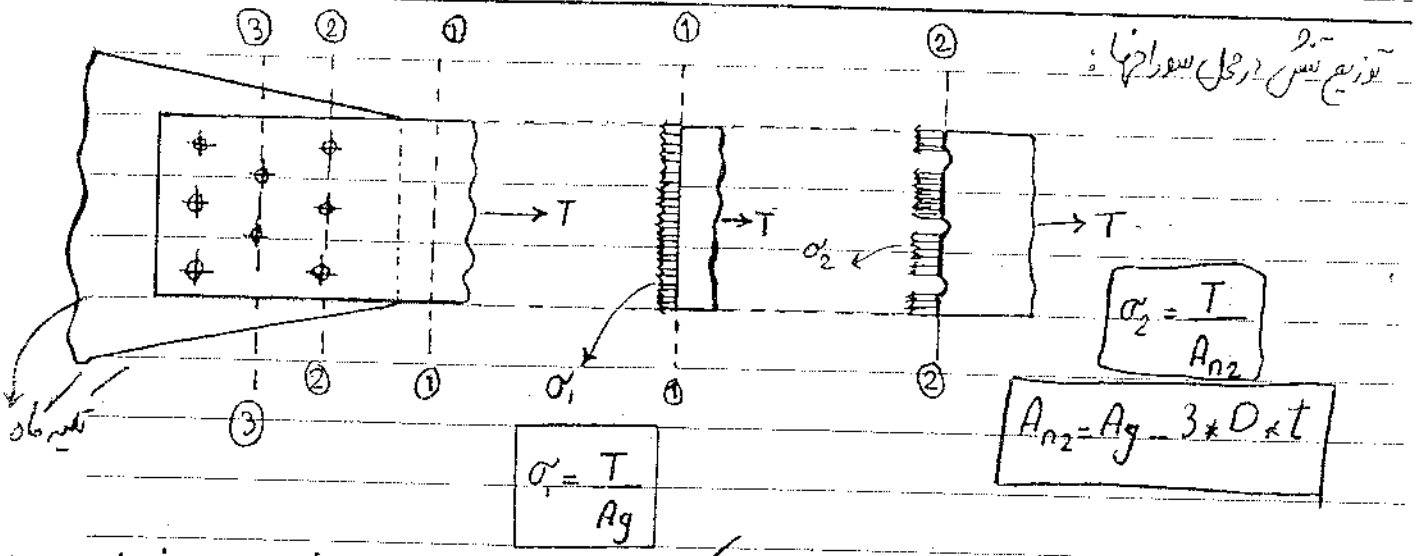
* باید مشخص کرد سوراخ کاری با پانچ است یا با دریل.

در مسائل کلاسی از رابطه $D = \phi + 4mm$ استفاده می‌کنیم.

ایم تیویل

Subject:
Year: Month: Date:

توزیع تنش در مقطع سوراخها:



$$\sigma_2 = \frac{T}{A_{n2}}$$

$$A_{n2} = A_g - 3 * D * t$$

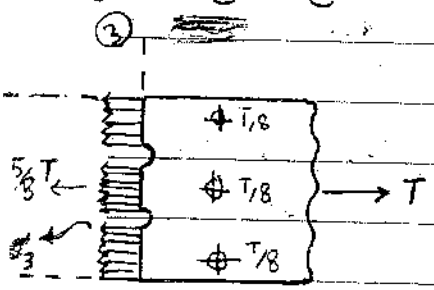
$$\sigma_1 = \frac{T}{A_g}$$

* با افزایش T، تنش لبه‌های پیچ ها افزایش می‌یابد تا جایی که به حد جاری شدن می‌رسند. در نهایت هم تقاطع به حد جاری شدن می‌رسند و در نهایت توزیع تنش در ② به ② یکنواخت می‌شود. این لحظه زمانی است که مقطع ② در حال انهدام است.

آئین نامه فرض می‌کند مقطع 2 به حالت انهدام می‌رسد و توزیع تنش یکنواخت می‌شود. با فرض تسلیحاتی (انهدام) مقطع 2 توزیع تنش یکنواخت فرض می‌کنیم.

مقطع بحرانی: به آن مقطعی از یک عضو کششی که بیشترین تنش را داشته باشد، به آن مقطع، مقطع بحرانی می‌گوییم.

همه مقاطع را بررسی می‌کنیم تا به مقطع بحرانی برسیم.



در مقطع 3، سه تا از پیچ ها را در نظر گرفتیم. وظیفه هر پیچ انتقال نیرو به تکیه گاه است.

پیچ سوم از نیرو است، نیروی کمتری به آن می‌رسد.

با فرض اینکه کل پیچ ها منهدم نشده‌اند، مقطع منهدم می‌شود.

نیرو در مقطع ③ یک مقدار کمتر از T است $(\frac{5}{8}T)$

(تنش مقطع بحرانی است از مقطع سه ۳)

$$\sigma_3 = \frac{\frac{5}{8}T}{A_{n3}}$$

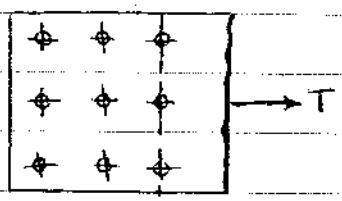
$$A_{n3} = A_g - 2 . D . t$$

تنش در مقطع چهار 4 هم کم است. دلیل مقطعی را پیدا کنید. ۱۰۰٪ نیرو (T) به آن وارد می‌شود. یعنی مقطع 4 و 3 پیچ

BIST

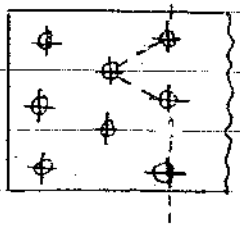
Subject:
Year: Month: Date:

نکته: در اتصالاتی که آرایش پیچ ها منظم است (همه پیچ ها در ردیف و ستونهای متشکل تراز باشند)



مقطع بحرانی همان مقطعی است که مقطع پیچهای ستون اول است.

در اتصالاتی که آرایش های نامنظم دارند (آرایش بعضی از پیچها از ردیف های مشترک جابجا شده اند) این آرایش ها نامنظم گویند یا زیگزاگ گویند.

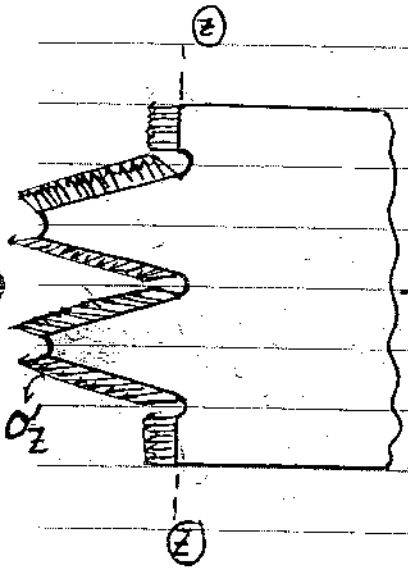


در آرایش های نامنظم پیچ های ستون اول احتمال دارد بحرانی نباشند

چون ممکن است مسیرهای پیدا کرد که 100٪ به آنها نیرو وارد نشود.

در تسلل صفحه قبل باید مسیرهای زیگزاگ را هم بررسی کنیم.

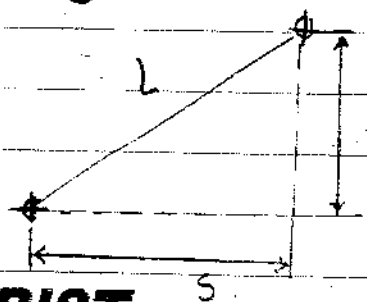
با فرض یکنواختی مقطع، تنش را یکنواخت فرض می کنیم.



$$\sigma_z = \frac{T}{A_{nz}}$$

$$A_{nz} = A_g - 5.D.t + \sum \frac{s^2}{4g} \times t$$

- برای هر مسیر مایل یکبار $\frac{s^2}{4g} t$ حساب شده
- با قطر اضافه می کنیم.



$$L = \sqrt{s^2 + g^2}$$

$$\Delta L = L - g = \sqrt{s^2 + g^2} - g \simeq \frac{s^2}{4g}$$

$$\Delta A = \Delta L \times T = \frac{s^2}{4g} \times T$$

طبق آئین نامه

BIST

ام تکنیکال

Subject:
Year: Month: Date:

نی‌توان گفت تنش در مقطع 2 بیشتر است یا در مقطع 2، چون به S و t بستگی دارد.

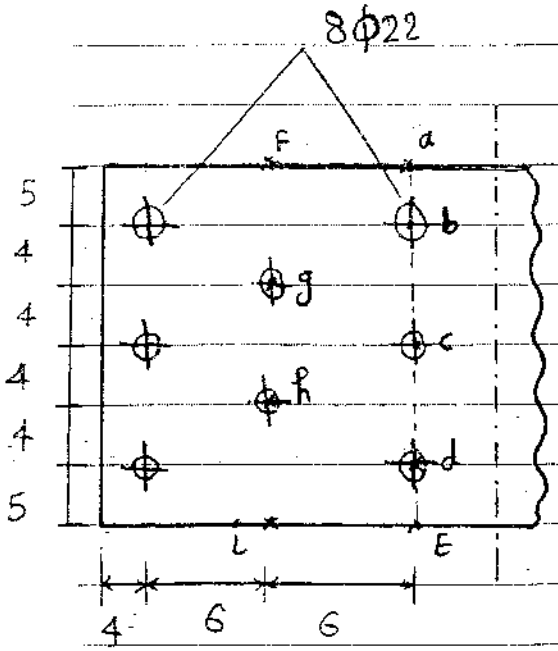
نتیجه‌گیری: اولاً در بال مقاطعی برای سیستم در بال مقطعی هستیم که مقطع نیرو بر آن وارد می‌شود.

دوماً از بین مقاطعی که 100٪ نیرو بآنها وارد می‌شود: مقطعی که سطح خالص آن از همه کمتر است، آن مقطع بحرانی است.

به مقطعی که سطح مقطع آن از همه کمتر است بدان سطح مقطع خالص بحرانی گوییم.

مثال:

به عرض 26cm و ضخامت 1.5cm به عنوان یک عضو کششی توسط 8 پیچ (8 Φ22) به یک تکیه‌گاه متصل شده است سطح مقطع خالص بحرانی را حساب کنید.

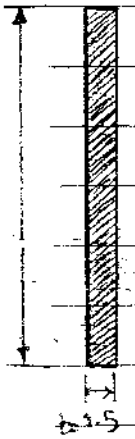


جواب: $A_n = 27.3\,cm^2$ (abcde)

سطح مقطع خالص شدن کمترین را نشان می‌دهد.

$t = 1.5$ cm

مسیر مایل فقط بین پیچ‌ها می‌باشد بین پیچ و سطح نمی‌باشد چون کوتاهترین مسیر بین پیچ و سطح مسیر عمود است.



$A_g = 26 * 1.5 = 39\,cm^2$

$A_{n\,(abcdE)} = A_g - m.D.t \Rightarrow A_{n\,(abcde)} = 39 - 3*2.6*1.5 \Rightarrow A_{n\,(abcde)} = 27.3\,cm^2$

$A_{n\,(abgcdE)} = 39 - 4*2.6*1.5 + 2\left(\frac{6^2}{16}\right)*1.5 = 30.15 \Rightarrow A_{n\,(abgcde)} = 30.15\,cm^2$

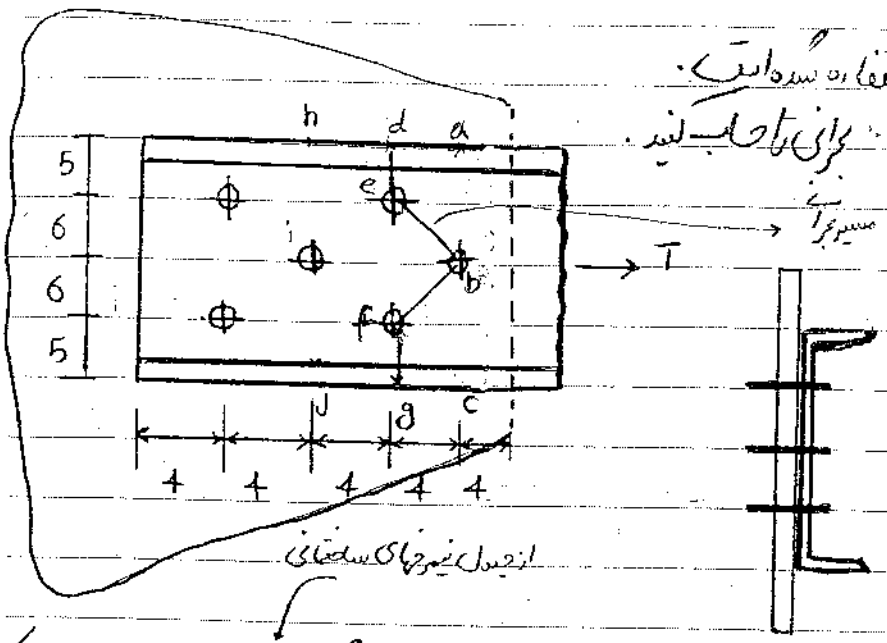
$A_{n\,(abgchde)} = 39 - 5*2.6*1.5 + 4\left(\frac{6^2}{16}\right)*1.5 = 34.93$

$A_{n\,(abgchde)} = 33\,cm^2$

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

تمرین: برای اتصال پروفیل ناودانی UNP 220 به یک تکیه گاه از 6 ϕ 24 استفاده شده است.
سطح مقطع خالص جزئی را محاسبه کنید.



UNP 220 مقطع

از جدول نیمرخ های ساختمانی

سطح مقطع کل $\Rightarrow A_g = 37.4\ cm^2$ و $D = 24 + 4 = 28\ mm \Rightarrow D = 2.8\ cm$

(نیمرخ UNP220) از جدول نیمرخ های ساختمانی $t_w =$

$$A_{n\,(abc)} = A_g - (m.D.t)$$

$$A_{n\,(abc)} = 37.4 - (1*2.8*0.9) \Rightarrow A_{n\,(abc)} = 34.88\ cm^2$$

$$A_{n\,(aebc)} = A_g - (m.D.t) + \sum\left(\frac{s^2}{4g}\right)t = 37.4 - (2*2.8*0.9) + \left(\frac{4^2}{4*5}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 \Rightarrow A_{n\,(aebc)} = 33.68$$

$$A_{n\,(aebfc)} = A_g - (m.D.t) + \sum\left(\frac{s^2}{4g}\right)t = 37.4 - (3*2.8*0.9) + \left(\frac{4^2}{4*5}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*5}\right)*0.9$$

$$A_{n\,(aebfc)} = 32.48\ cm^2$$

$$A_{n\,(debc)} = A_g - (m.D.t) + \sum\left(\frac{s^2}{4g}\right)*t = 37.4 - (2*2.8*0.9) + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 \Rightarrow A_{n\,(debc)} = 32.96\ cm^2$$

$$A_{n\,(debfc)} = A_g - (m.D.t) + \sum\left(\frac{s^2}{4g}\right)*t = 37.4 - (3*2.8*0.9) + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*5}\right)*0.9 \Rightarrow A_{n\,(debfc)} = 31.76\ cm^2$$

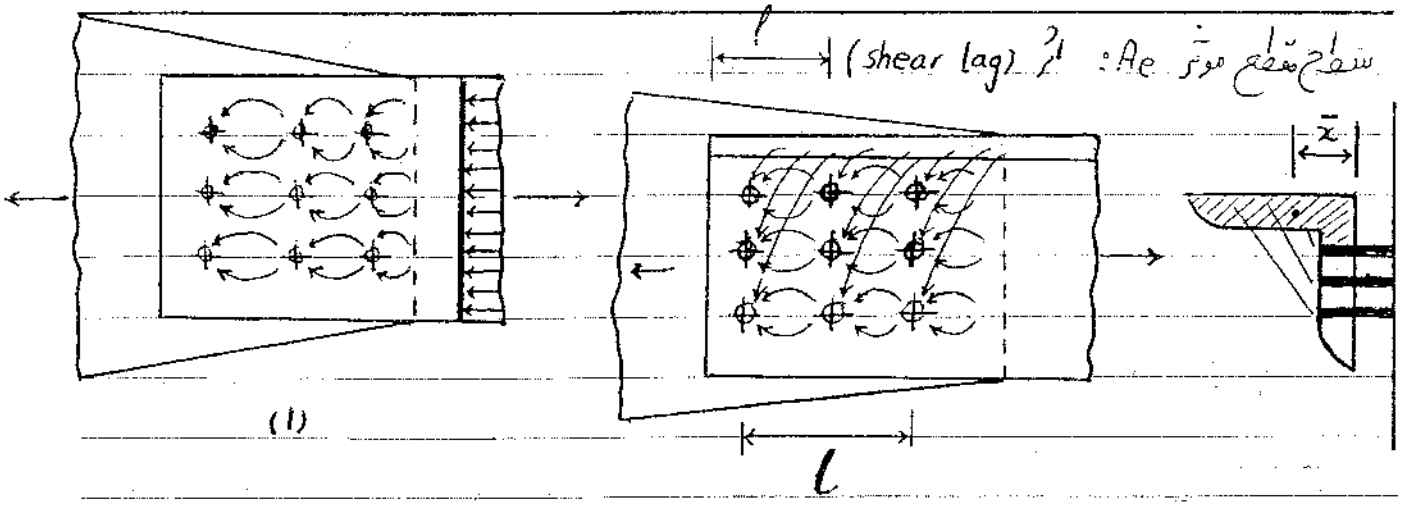
$$A_{n\,(debfg)} = A_g - (m.D.t) + \sum\left(\frac{s^2}{4g}\right)*t = 37.4 - (3*2.8*0.9) + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9 \Rightarrow A_{n\,(debfg)} = 31.04\ cm^2$$ ✓

BIST $A_{n\,(hebc)} = A_g - (m.D.t) + \sum\left(\frac{s^2}{4g}\right)*t = 37.4 - (2*2.8*0.9) + \left(\frac{4^2}{4*5}\right)*0.9 + \left(\frac{4^2}{4*6}\right)*0.9$

$A_{n\,(hebc)} = 33.68\ cm^2$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



سطح مقطع موثر Ae: از (shear lag)

تنش در شکل (1) به سمت پیچ ها منحرف می شود به آن برید (shear lag) یا بهم خوردن توزیع تنش در محل اتصال گویند.

در اتصال (2) قبل از ناحیه اتصال توزیع تنش یکنواخت است ولی وقتی به ناحیه اتصال می رسیم تنش ها شروع می شوند به سمت پیچ ها. تنش های سمت آزاد هم به سمت پیچ ها اشغال می یابند. اشغالی نسبت به شکل (1) بیشتر است.

shear lag وقتی بوجود می آید قسمتی از مقطع به ناحیه اتصال متصل نشود.

shear lag به عامل بسیار مهم بستگی دارد: 1- ابعاد قسمت آزاد $S.L \propto \bar{x}$ (ابعاد بزرگتر S.L بزرگتر)

2- طول ناحیه اتصال. طول ناحیه اتصال از اتصال پیچی فاصله آکس سوراخ اول تا آکس سوراخ آخر است.

در اتصال جوش، طول جوش موازی با نیرو. هرچه قدر طول ناحیه اتصال بزرگتر تمرکز تنش کمتر است.

$S.L \propto \frac{1}{\ell} \Rightarrow S.L \propto \frac{\bar{x}}{\ell}$

$S.L \propto \bar{x}$

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

سطح مقطع مؤثر A_e نشان دهنده اثر shear lag

نکته: در اتصالات پیچی A_e به A_n ضرب می‌شود ولی در اتصالات جوشی به A_g ضرب می‌شود.

$$A_e = U A_n$$

$$U \leq 1.0$$

اتصالاتی که S.L ندارند $\Rightarrow U = 1.0$

اتصالاتی که S.L دارند $\Rightarrow U < 1.0$

برای بدست آوردن U از آئین نامه کمک می‌گیریم.

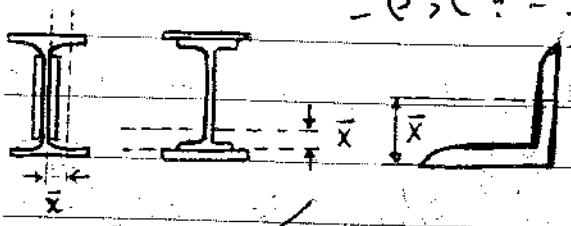
$$U \simeq 1 - \frac{\bar{x}}{l}$$

ضرایب تأخیر برش، U صفحه 163 بحث دهم

ردیف ۱ - کلیه اعضای کششی که در آنها بار بوسیله پیچ، پرچ و یا جوش مستقیماً به کلیه اجزای مقطع منتقل گردد (به غیر از حالت 6 و 3 و 5 و 2)

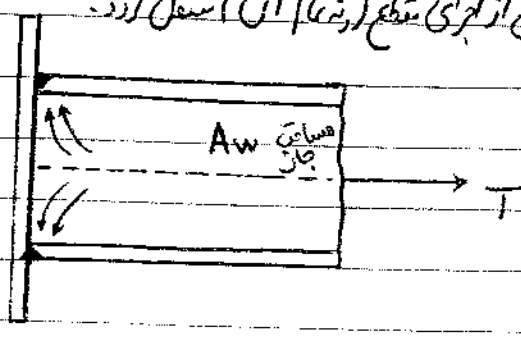
$$U = 1.0$$

ردیف ۲ - کلیه اعضای کششی (به غیر از نبشی‌ها و مقاطع قوطی و لوله‌ای) که در آنها بار بوسیله پیچ، پرچ و یا جوش توسط متصل از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد.



$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$$

ردیف ۳ - کلیه اعضای کششی که در آنها بار فقط بوسیله جوش عرضی و توسط تمامی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد.



$$A_e = U \times A_g$$

$$U < 1.0$$

$$A' = A_g - A_w$$

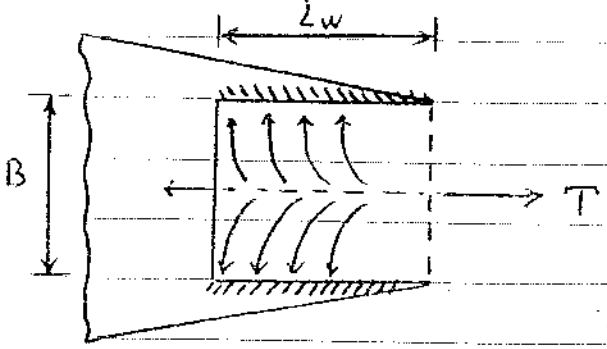
$$A_e = 1 \times A'$$

BIST

ایران ویلدینگ

Subject:
Year: Month: Date:

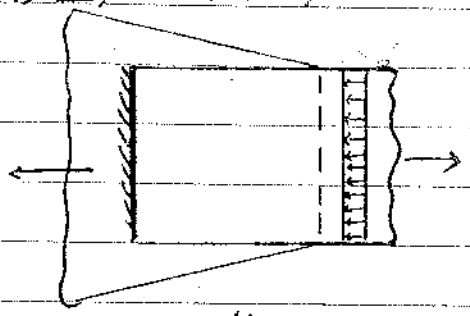
ردیف ۴ - تسمه‌های کششی که با جوش‌های طولی در لبهٔ پروفیل (داستهای قطعه) متصل‌اند. در این حالت طول جوش‌ها نباید از فاصلهٔ عمودی بین آن‌ها (پهنای تسمه) کمتر باشد. مگر از جوش‌های انگشتانه و کام در حد فاصل دلیه استفاده شده باشد.



$B \leq L_w < 1.5B \Rightarrow U = 0.75$

$1.5B \leq L_w < 2B \Rightarrow U = 0.87$

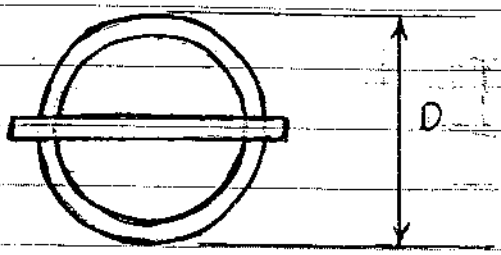
$L_w \geq 2B \Rightarrow U = 1.0$



اجزایی نداریم برای کشش

$U = 1.0$

ردیف ۵ - در مقاطع لوله‌ای با یک ردیف اتصال هم محور، به شرطی طول جوش‌ها نباید از قطر لوله کمتر باشد.



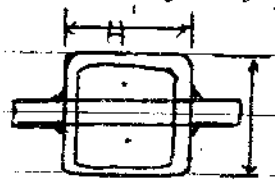
$D \leq L < 1.3D \Rightarrow U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$

$L \geq 1.3D \Rightarrow U = 1.0$

$\bar{x} = \frac{D}{\pi}$

ردیف ۶ - در مقاطع توخالی شکل

چنانچه اتصال تنها به یک یک ردیف هم محور صورت گیرد، طول جوش‌ها نباید از H کمتر باشد.

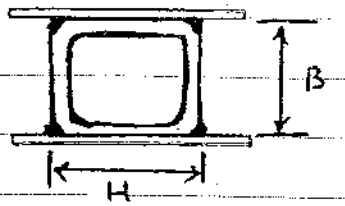


$L \geq H \qquad U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$

$\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$

Subject:
Year: Month: Date:

چنانچه اتصال به یک یا دو بال اتصال دارد در صورتی که بال جوش ها نباید از H کمتر باشد.

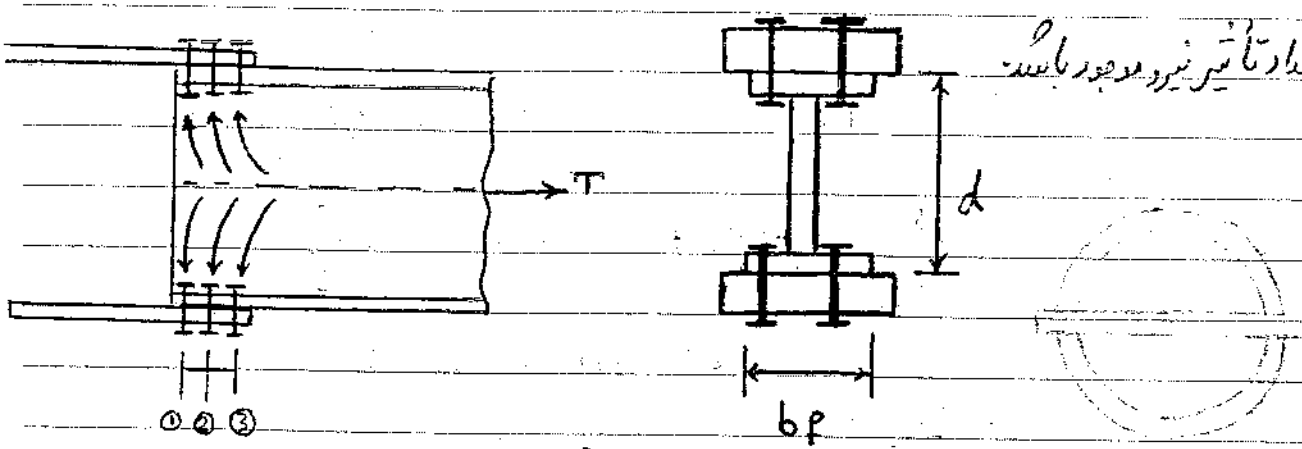


$l \geq H \qquad U = 1 - \frac{\bar{X}}{L}$

$$\bar{X} = \frac{B^2}{4(B+H)}$$

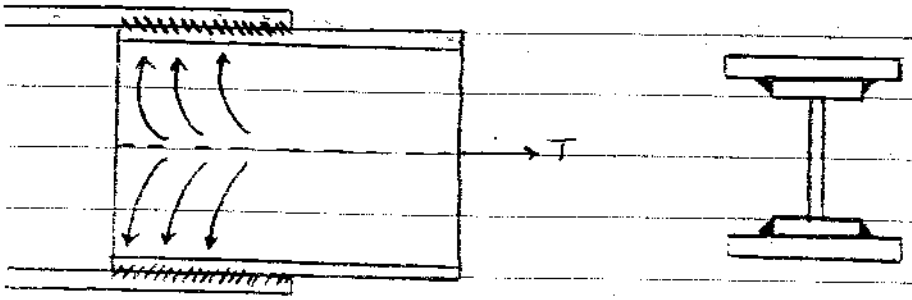
ردیف ۷ - در نیمرخ های I نورد شده و سپری T بریده شده از آنها و همچنین نیمرخ های دیگری نظیر بال پهن، استفاده از مقادیر بزرگتر از جدول ۲ مجاز می باشد.

در اتصالات جوشی پیچی یا پرچی چنانچه اتصال از طریق بال ها برقرار شده و حداقل سه وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد



بال پهن $bf \geq \frac{2}{3} d \rightarrow U = 0.90$

سایر حالات $bf < \frac{2}{3} d \rightarrow U = 0.85$



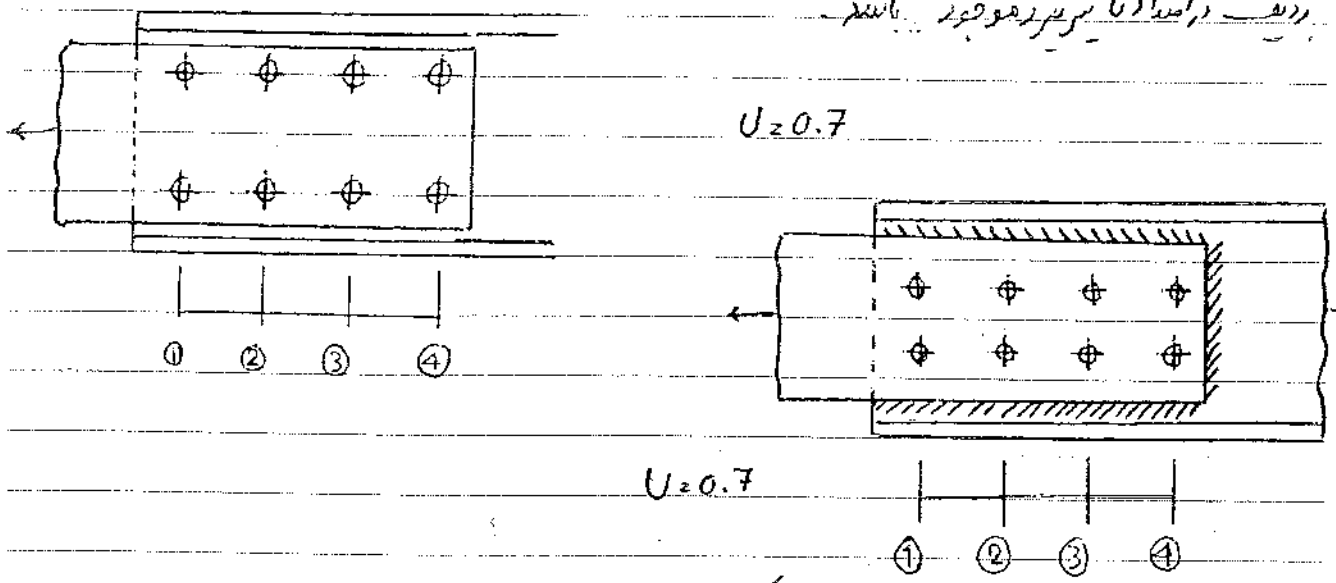
همین مقادیر بالا صادق است

BIST

امیرسیویل

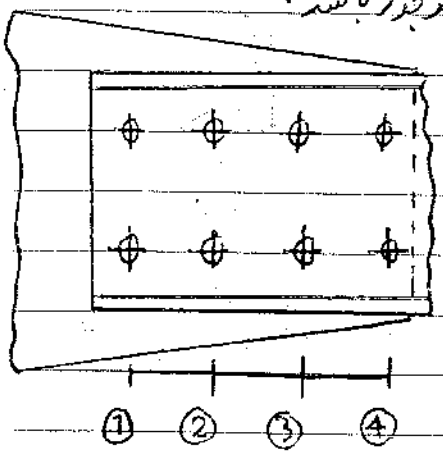
Subject:
Year: Month: Date:

در اتصالات جوشی، پیچی یا پرچی در صورتی که اتصال از طریق بال برقرار شده حداقل چهار وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد.

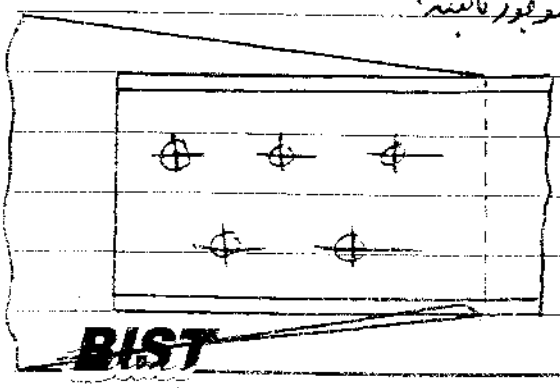


ردیف ۸- در تیرهای تک جانبی در صورتی که توسط یک بال متصل شده باشند.

چنانچه حداقل چهار وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد.



چنانچه در پاسه وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد.

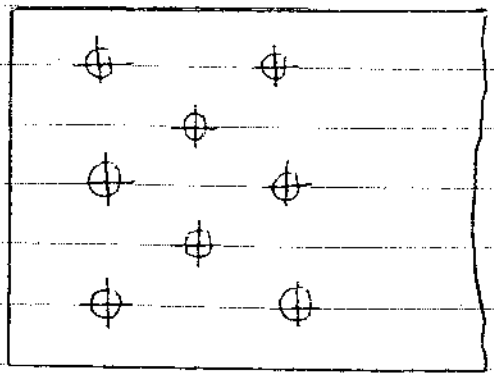


BIST

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: در ستاره‌های قبلی سطح مقطع موثر را محاسبه نمایید.

جواب مثال یک:



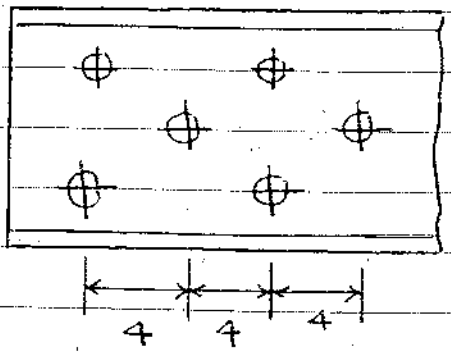
$A_g = 39\ cm^2$

برای $A_n = 27.3\ cm^2$

$A_e = U \cdot A_n$

$U = 1.0$ $\Rightarrow A_e = 1 * 27.3 = 27.3\ cm^2$

جواب مثال دو:



$A_g = 37.4\ cm^2$

برای $A_n = 31.04\ cm^2$

$A_e = U \cdot A_n$

$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ ← تنش اول

طول آکس اول تا آکس سوراخ آخر $l = 12\ cm$

$e_g = \bar{x} = 2.14$

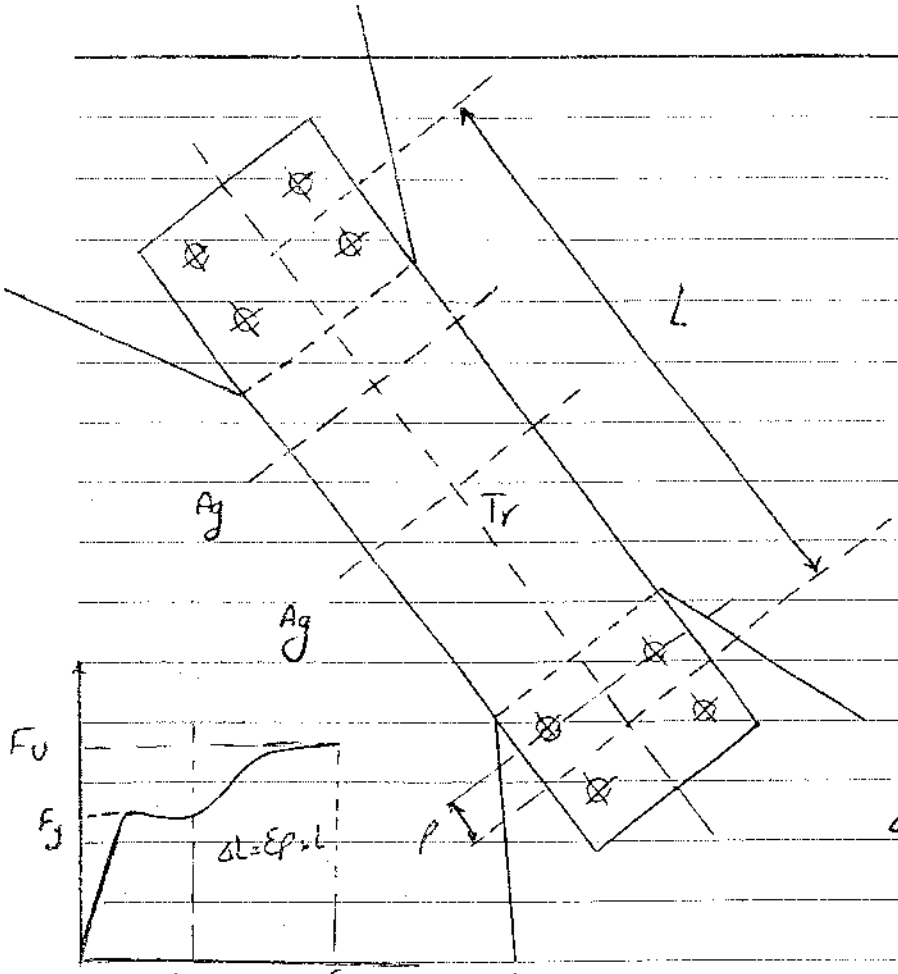
$U = 1 - \frac{2.14}{12} = 0.82$

$A_e = U \cdot A_n \Rightarrow A_e = 0.82 * 31.04 \Rightarrow A_e = 25.45\ cm^2$

ام تیویل

Subject:
Year: Month: Date:

ضوابط طرح عضو کششی



$$\sum \lambda_i Q_i \leq \sum \phi_j R_j$$

ضوابط آئین نامه

۱) تنش در سطح مقطع کل نباید - جاری شدن برسد. $\sigma = \frac{Tr}{Ag} \leq \phi \cdot Fy \Rightarrow \boxed{Tr_1 \leq 0.9 Fy \cdot Ag}$

$\phi = 0.9$ ← معیار کنترل جاری شدن

۲) ناحیه اتصال هم باستی کنترل شود

2) $\sigma = \frac{Tr}{Ae} \leq \phi \cdot Fu$

ناحیه اتصال می تواند تاحدزیادی تنش تحمل بکند.

$\phi = 0.75$

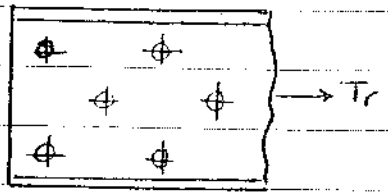
$\boxed{Tr_2 \leq 0.75 Fu \cdot Ae}$ معیار کنترل گسیختگی ناحیه اتصال

نهایت کشش $Tr = \min\{Tr_1, Tr_2\}$

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: ادامه مثالهای قبلی



UnP220

$A_g = 37.4\ cm^2$

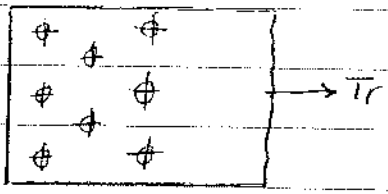
$A_n = 31.04\ cm^2$ (زاویه)

$A_e = 25.45\ cm^2$

$T_{r_1} \leq 0.9 * 2400 * 37.4 = 80784\ kg$

$T_{r_2} \leq 0.75 * 3600 * 25.45 = 68715\ kg$

$T_r = 68715\ kg$ ✓



$A_g = 39\ cm^2$

$A_n = 27.3\ cm^2$ (زاویه)

$A_e = 27.3\ cm^2$

$T_{r_1} \leq 0.9 * 2400 * 39 = 84240\ kg$

$T_{r_2} \leq 0.75 * 3600 * 27.3 = 73710\ kg$

$T_r = 73710\ kg$ ✓

طرح عضو کششی

T_r طراحی

I) $T_r \leq 0.9 F_y . A_g$

II) $T_r \leq 0.75 F_u . A_e$

1 گام: $A_g \geq \frac{T_r}{0.9 F_y}$

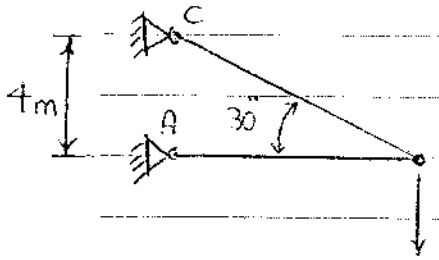
2 گام: انتخاب پروفیل اقتصادی از جدول

3 گام: II کنترل

اگر $T_r \leq 0.75 F_u . A_e$ ← End

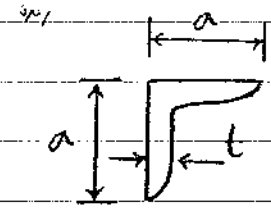
BIST اگر $T_r \leq 0.75 F_u . A_e$ نبود پروفیل بعدی را انتخاب کرده و گام 3 تکرار شود

مسئله ۱: در سازه مقابل المان BC را از پروفیل نبشی طراحی کنید.

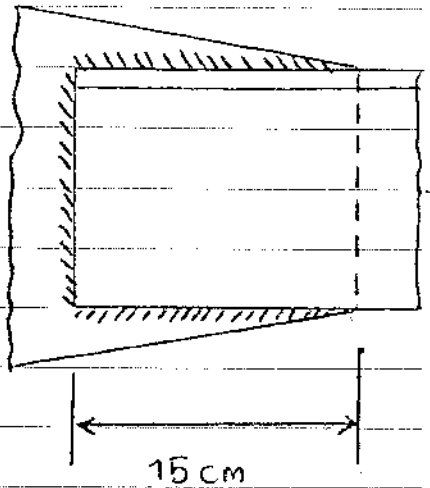


$P_D = 20\ T$

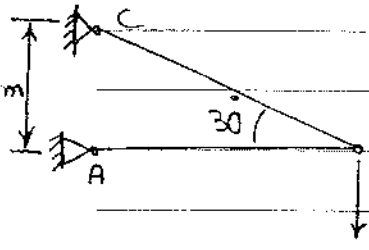
$P_L = 12\ T$



laxaxt



حل:



برای سازه‌های زیر تحت بار زنده دوره‌ای

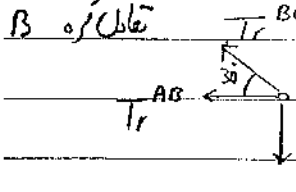
ترکیبات بار ⇒ $P_r = 1.4 * 20 = 28\ T$

$P_r = 1.25 * 20 + 1.5 * 12 = 43\ T$

چون با 28T و 43T دریک نقطه‌ایم

بنابراین 28T دیگر تعیین کننده نیست.

تعادل گره B



$\uparrow + \Sigma F_y = 0 : \quad T_r^{BC} * \sin 30^\circ - 43 = 0 \Rightarrow T_r^{BC} = \frac{43}{\sin 30} \Rightarrow T_r^{BC} = 86$

عضو BC یک عضو فشاری است.

1 گام: $A_g \geq \frac{T_r}{0.9 F_y} \Rightarrow A_g \geq \frac{86000}{0.9 * 2400} = 39.81\ cm^2$

2 گام: Use: $L\ 130 * 130 * 16 \quad A_g = 39.3$

$\frac{39.81 - 39.3}{39.81} = 0.012 < 0.02$

3 گام: کنترل حالت II $\quad T_r \leq 0.75 F_u . A_e$

$A_e = \frac{U . A_g}{J}$ | $U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$

$A_e = 0.74 * 39.3 = 29.08$ | $L = 15cm$

$T_r = 86000 \leq \frac{0.75 * 3600 * 29.08}{\text{ضرب نمی‌شود}} = 78516$ | $\bar{x} = e = 3.80$

$\Rightarrow U = 1 - \frac{3.8}{15} = 0.74$

Subject:
Year: Month: Date:

Use : L 140 * 140 * 15 $A_g = 40$ $e = 4.0$

$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \Rightarrow U = 1 - \frac{4.0}{15} \Rightarrow U = 0.73$

$A_e = U * A_g \Rightarrow A_e = 29.2$

$T_r = 86000 \leqslant 0.75 * 3600 * 29.2 = 78840$

جواب نمی دهد

Use : L 150 * 150 * 15 $A_g = 43$ $e = 4.25$

$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \Rightarrow U = 1 - \frac{4.25}{15} \Rightarrow U = 0.71$

$A_e = U * A_g \Rightarrow A_e = 30.53$

$T_r = 86000 \leqslant 0.75 * 3600 * 30.53 = 82431$

جواب نمی دهد

Use : L 150 * 150 * 16 $A_g = 45.7$ $e = 4.29$

$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{4.29}{15} \Rightarrow U = 0.71$

$A_e = U * A_g \Rightarrow A_e = 32.44$

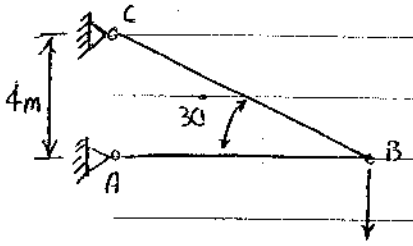
$T_r = 86000 \leqslant 0.75 * 3600 * 32.44 = 87588$ kg ✓

ok

ام سیمیل

Subject:
Year: Month: Date:

مسئله 2: در سازه مقابل المان BC را از پروفیل ناودانی طراحی نمایید.

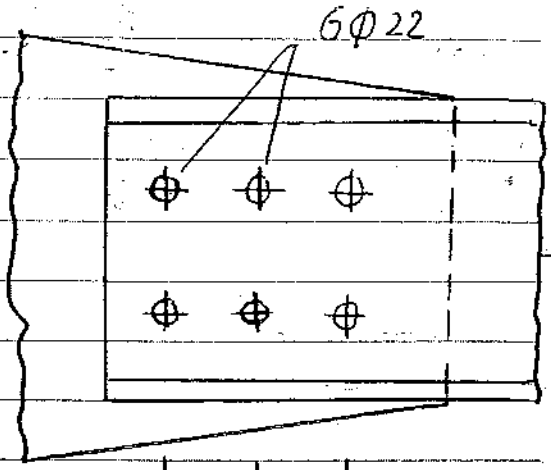


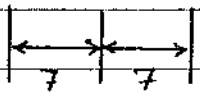
$P_D = 20\,T$

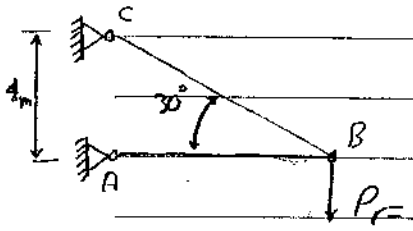
$P_L = 12\,T$

ترکیب بار ⇒ $P_r = 1.4 * 20 = 28\,T$

$P_r = 1.25 * 20 + 1.5 * 12 = 43\,T$

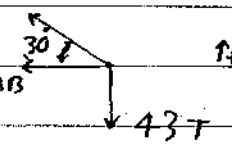






T_r^{BC}

B تعادل گره

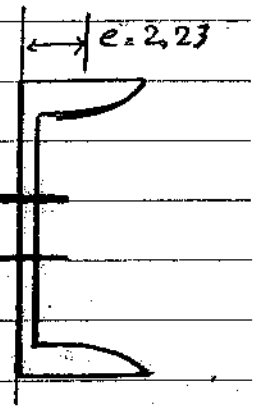


$\uparrow + \Sigma F_y = 0 : T_r^{BC} * \sin 30 - 43 = 0$

$T_r^{BC} = 86$

1 گام: $A_g \geq \frac{T_r}{0.9 F_y} \Rightarrow A_g \geq \frac{86000}{0.9 * 2400} = 39.81\,cm^2$

2 گام: Use : UNP 240 $A_g = 42.3$ ✓ $t_w = 0.95$ ✓



3 گام: $T_r \leq 0.75 F_u . A_e$ $A_e = U . A_n$

از آن: $A_n = 42.3 - 2 * 2.6 * 0.95 \Rightarrow A_n = 37.36\,cm^2$ $e = 2.23$ ✓

$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{2.23}{14} \Rightarrow U = 0.84$

$A_e = U * A_n \Rightarrow A_e = 31.38$

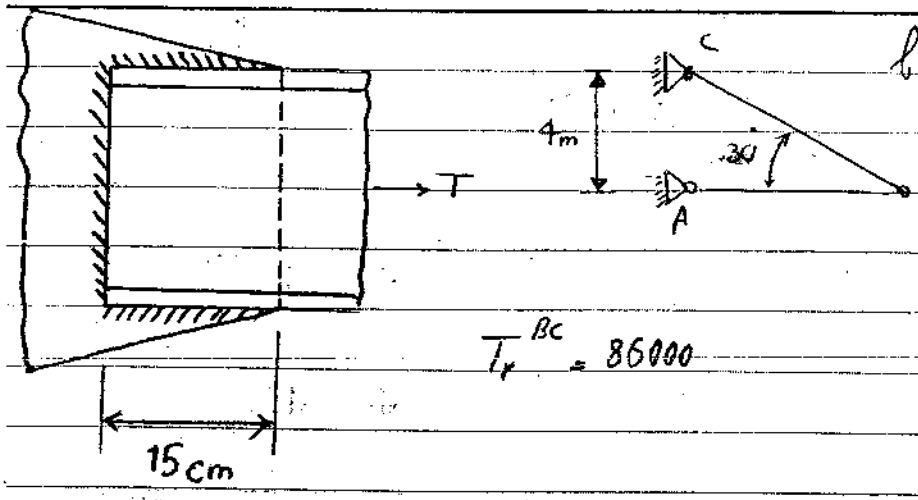
$T_r = 86000 \leq 0.75 * 3600 * 31.38 = 84726$ جواب نمی دهد

$\frac{86000 - 84726}{86000} = 0.015 < 0.02$

با خطای کمتر از 2٪ قابل قبول است

Subject:
Year: Month: Date:

مسئله: در میله‌ی فولادی BC از پروفیل نبشی طراحی کنید.



$T_r^{BC} = 86000$

کنترل: $A_g \geq \frac{T_r}{0.9F_y} \Rightarrow A_g \geq \frac{86000}{0.9 \times 2400} = 39.81\ cm^2$

فرض: Use: UNP 240 $\quad A_g = 42.3$

کنترل حالت II فرض: $T_r \leq 0.75 F_u . A_e \quad A_e = U . A_g \quad , \quad U = 1 - \frac{\bar{x}}{l} \quad \bar{x} = e = 2.23$

$l = 15cm$

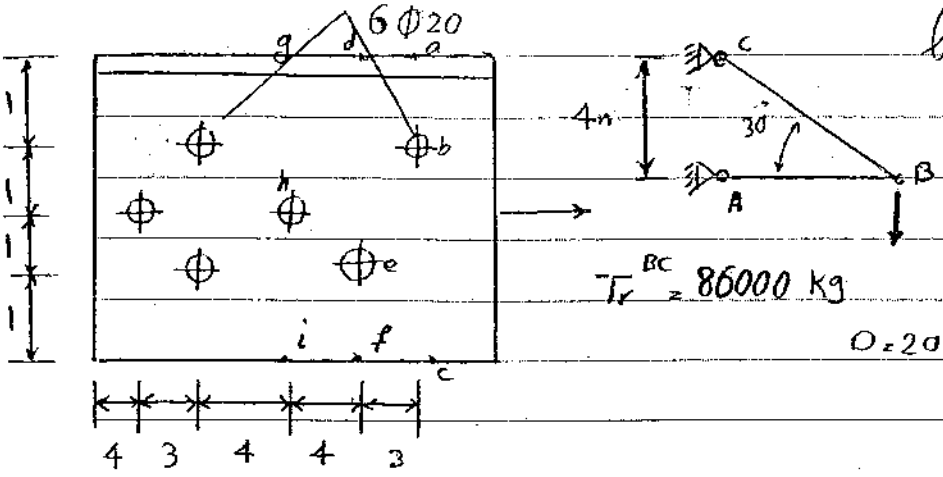
$U = 1 - \frac{2.23}{15} = 0.85 \Rightarrow A_e = 0.85 \times 42.3 = 35.96 \Rightarrow A_e = 35.96$

$T_r = 86000 \leq 0.75 \times 3600 \times 35.96 = 97092 \rightarrow OK$

جواب قابل قبول است.

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



مسئله: دربازه تکیه گاهی BC از پروفیل نبشی طراحی کنید؟

$T_r^{BC} = 86000\ kg$

$O = 20 + 4 = 24 = 2.4\ cm$ ✓

گام ۱: $A_g \geq \frac{T_r}{0.9 * F_y} \Rightarrow A_g \geq \frac{86000}{0.9 * 2400} = 39.81\ cm^2$

$\frac{39.81 - 39.3}{39.81} = 0.012 < 0.02$ ✓

گام ۲: Use: L 130 * 130 * 16 $\quad A_g = 39.3$

گام ۳: $T_r \leq 0.75\ F_u . A_e \quad A_e = U . A_n \quad A_n = A_g - (m . O . t) + \sum \left(\frac{s^2}{4g}\right) * t$ → تعداد پیچ در یک خط

$A_n = A_g - (m . O . t) + \sum \left(\frac{s^2}{4g}\right) * t = 39.3 - (3 * 2.4 * 1.6) + \frac{7^2}{4 * 11}$

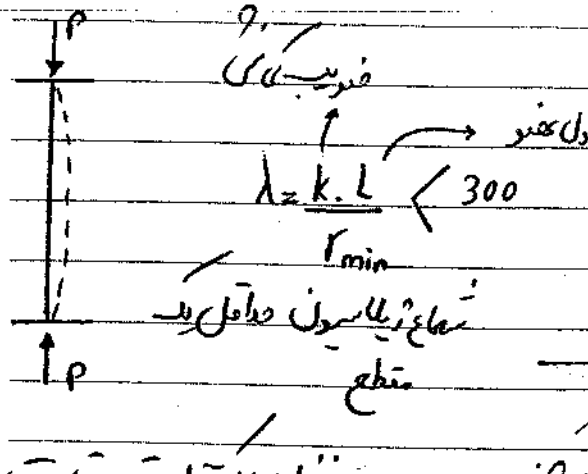
BIST

Subject:
Year: Month: Date:

معیار لاغری: مقاومت یک عضو در برابر کمانش را نشان می‌دهد.

کمانش: کمانش یک نوع ناپایداری است که در اثر تنش‌های فشاری بوجود می‌آید. اعضاء سنسوری شکل

اثر تحت فشار قرار گیرند عمل است علاوه بر جاری شدن، کمانش و یدیده دیگری بنام کمانش ناپایدار شوند.



(عددی بدون واحد است)

در اعضاء فشاری لاغری (λ) ←

در اعضاء کششی $k=1$ است.

هرچقدر پارامتر لاغری بزرگتر باشد، عضو لاغرتر است و مقاومت آن در برابر نیروی فشاری کمتر است. مقاومت در برابر کمانش کمتر است. هرچقدر لاغری کوچکتر مقاومت در برابر کمانش بیشتر است

کمانش در اعضای کششی مطرح نیست.

نکته: به دلیل مسائل نصب و حمل و نقل یک المان عملی است یک سری المان فشاری، جمع و ردیف شود

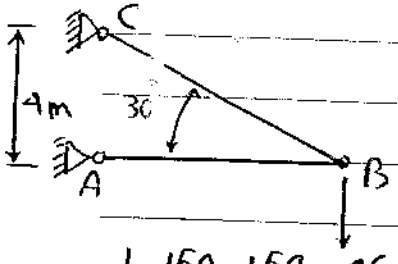
در این نیروها باید عضو کمانه نکند. بنابراین در همه اعضاء کششی معیار سوم هم کنترل می‌شود.

در همه مسائلی که طول مشخص است لاغری هم باید مشخص شود.

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مسئله ۳: در مسئله ۳ مقطع 361 مشخصات لازم کنترل شود.

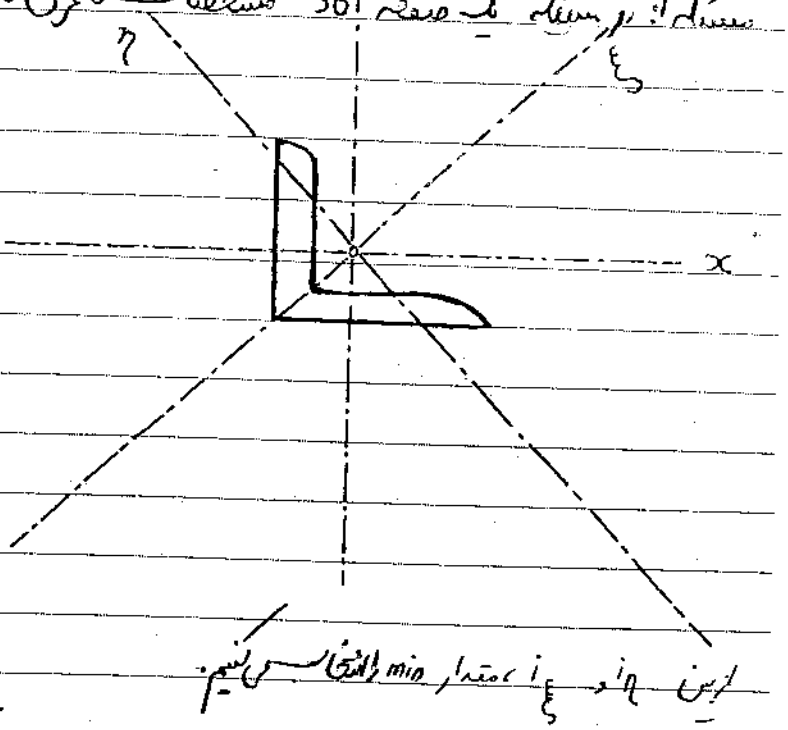


$L = 150 \times 150 \times 16$

$L_{BC} = \frac{4}{\sin 30^\circ} = 8m$

$r_{min} = i_\eta = 2.93\ cm$

$\lambda = \frac{800}{2.93} = 273 < 300$ ok



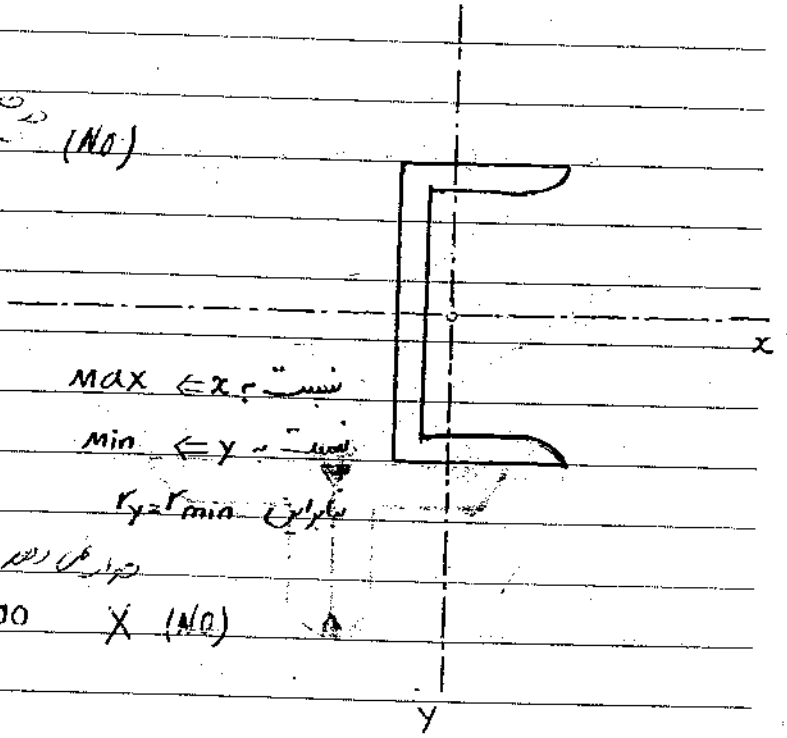
این η و ξ مقدار min را انتخاب می‌کنیم.

مسئله ۴: در مسئله ۴ مقطع 38 مشخصات لازم کنترل شود.

UNP 240

$r_y = r_{min} = 2.42$ ✓ $= i_y$ ← (NO) در صورت سوال

$\lambda = \frac{L}{r_{min}} \Rightarrow \lambda = \frac{800}{2.42} = 330 < 300$



max ← x نسبت

min ← y نسبت

$r_y = r_{min}$ بنابراین

UNP 260

$r_y = 2.56$ $\lambda = \frac{800}{2.56} = 312.5 < 300$ X (NO) غیر قابل قبول

UNP 280

$r_y = 2.74$ $\lambda = \frac{800}{2.74} = 291 < 300$ ✓ OK

در مسئله دو مقطع 38 جواب UNP280 می‌شود

این UNP240 و UNP 260 برای آلفای جواب نمی‌دهد.

Subject:
Year: Month: Date:

مقاطع مرکب: مقاطعی است که از اتصال چند پروفیل با شکل‌های مختلف به هم تشکیل می‌شود.

گاهی نیروهای وارد بر اعضا به اندازه‌ای است که یک پروفیل موجود در جدول و یا یک پروفیل موجود در بازار جواب‌گوی نیروی وارده نمی‌شود، در این شرایط دو یا چند پروفیل را در کنار هم قرار می‌دهند تا شکل‌های مختلف مقاطع مرکب را بسازند.

[illegible]

② [illegible]

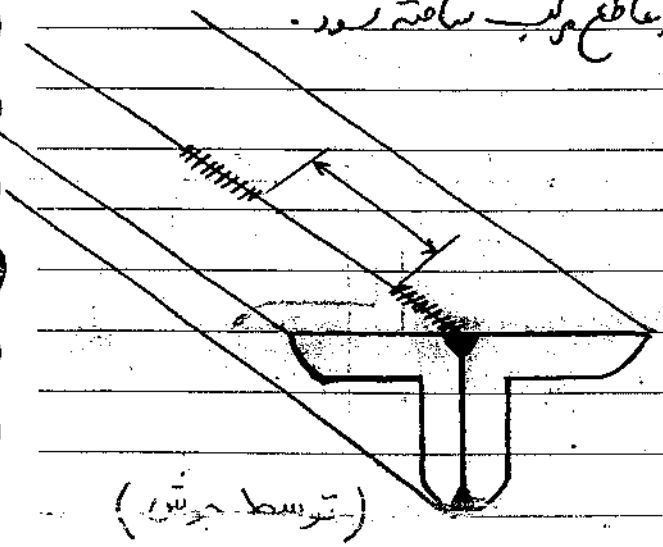
می‌شود در نتیجه ممکن است در کنترل لاغری.

نکته: تنها مشکل مقاطع مرکب هزینه ساخت آنها است. احتیاج به یک سری وسایل اتصال دارد (جوش، پرچ، پیچ و ...) همچنین از نظر زمان ساخت زمان بر است بنابراین ساخت مقاطع مرکب غیر اقتصادی است.

نکته: حتما سعی شود از یک پروفیل استفاده شود، اگر نشد از مقاطع مرکب ساخته شود.

انواع مقاطع مرکب:

۱- مقطع مرکب با بال سرتاسری

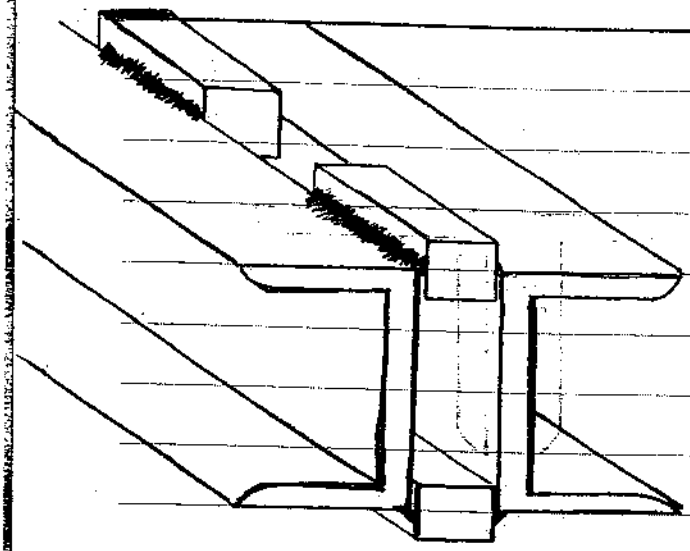


(توسط جوش)

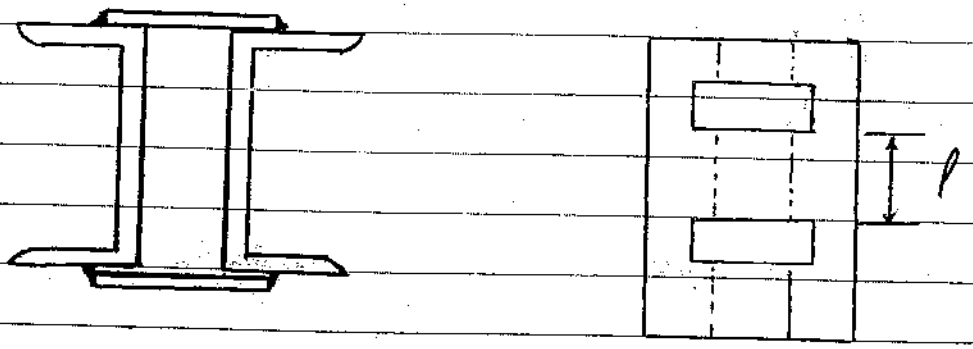
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

۲- مقطع مرکب ساخته شده با لقمه



۳- مقطع مرکب ساخته شده با قید یا تسمه



نکته: اگر فاصله آزاد بین تسمه ها، لقمه ها و بست ها بیشتر از تسمه باشد ممکن است هر یک از قطعات به تنهایی عمل کنند یعنی مشترک عمل نکنند.

برای طراحی مقطع مرکب، روش طراحی هیچ فرقی با مقاطع تکی ندارد، روش ها همان است، تنها اختلافی که هست این است که هر جا از مشخصات هندسی لازم با تسمه، مشخصات هندسی مقطع مرکب را باید جایگزین بکنیم.

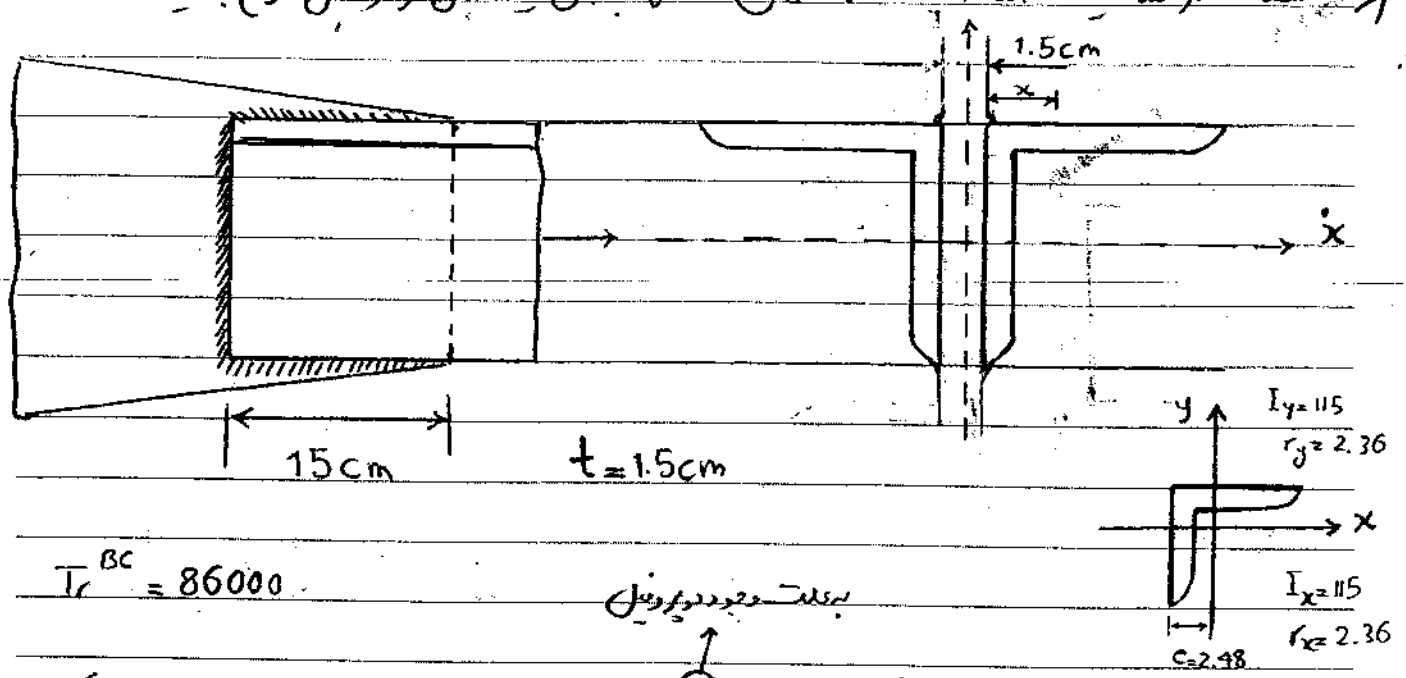
ابعاد تسمه ها، قیدها و لقمه ها در محاسبات سطح مقطع نقش ندارند.

نظایر بحث در صفحه 166 و 167 آیین نامه مبحث دهم

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

مسئله: در مسئله یک صفحه 36، اتان BC را به جای یک نبشی از دو نبشی طراحی بدهید.



$T_r^{BC} = 86000$ — بسته به وجود ورق اتصال

1گام: $A_g \geq \frac{T_r}{0.9 f_y} \Rightarrow A_g \geq \frac{86000}{0.9 \times 2400} \times \frac{1}{2} = 19.9\ cm^2$

2گام: Use: 2L 80×80×14 $\quad A_g = 20.6\ cm^2$ $\quad \frac{19.9 - 19.2}{19.9} = 0.035$ قابل قبول نیست

3گام: II, کنترل مقاومت $T_r \leq 0.75 f_u A_e \Rightarrow 86000 \leq 0.75 \times 3600 \times A_e$

$A_e = U \cdot A_g$ $\quad \left.\begin{matrix} U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \\ \bar{x} = e = 2.48 \end{matrix}\right\} \Rightarrow U = 1 - \frac{2.48}{15} \Rightarrow U = 0.83$

$A_e = 2(0.83 \times 20.6) \Rightarrow A_e = 34.19$

$T_r = 86000 \leq 0.75 \times 3600 \times 34.19 = 92313 \longrightarrow$ ok

کنترل لاغری ←

$\lambda = 8m = ?$ $\quad I_x = 2 I_x$ $\quad A = 2A$, $\quad \Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{115}{20.6}} = 2.36$

$r_{min} = ?$

$I_y = 2 I_y + Ad^2$

$= 2 \times 115 + 2 \times 20.6 \times (2.48 - 0.75)^2 = 659.83$

$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{659.83}{2 \times 20.6}} = 4.0$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$L_{BC} = 800$ cm
$r_{min} = 2.36$
$\Rightarrow \lambda = \frac{L}{r_{min}} = \frac{800}{2.36} = 339 \not< 300$ جواب نمی‌دهد.

$L = 110 * 110 * 10$ $A_g = 21.2$ $\bar{x} = e = 3.07$ $I_x = I_y = 239$ ✓
$r_x = r_y = 3.36$ ✓

$I_y = 2I_y + Ad^2 \rightarrow I_y = 2 * 239 + 2(21.2)(3.07 + 0.75)^2 = 1096.72$

$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A*2}} = \sqrt{\frac{1096.72}{2 \times 21.2}} = 5.08$

$L_{BC} = 800$ cm
$r_{min} = 3.36$
$\Rightarrow \lambda = \frac{L}{r_{min}} = \frac{800}{3.36} = 238 < 300$ ok جواب

$A_e = U * A_g$ $U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$ $\bar{x} = e = 3.07$
$\Rightarrow U = 1 - \frac{3.07}{15} = 0.79$

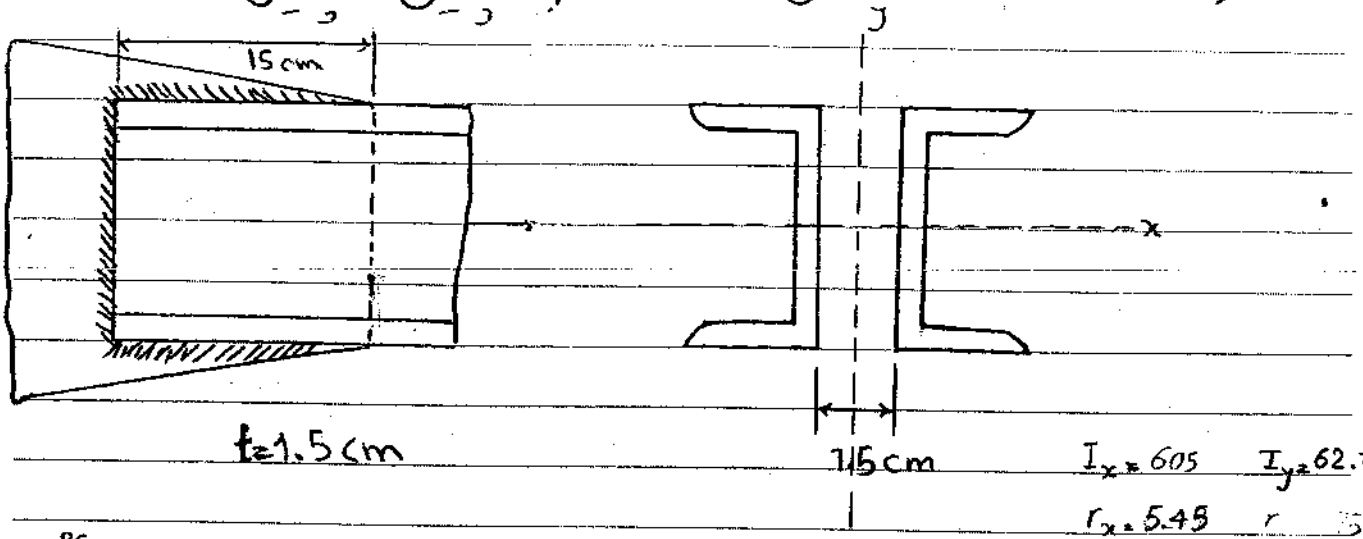
$A_e = 2 * (0.79 * 21.2) \Rightarrow A_e = 33.49$

$T_r = 86000 \leq 0.75 * 3600 * 33.49 = 90423$ ok

Subject:
Year: Month: Date:

۶

سئله رمسئله دو ۲ صفحه 38، المان BC را به جای یک پروفیل ناودانی فولادی سود.



$t_f = 1.5\ cm$ $\quad 7.5\ cm$ $\quad I_x = 605$ $\quad I_y = 62.7$

$r_x = 5.45$ $\quad r$

$T_r^{BC} = 86000$

1) $A_g \geq \dfrac{T_r}{0.9 * F_y} \Rightarrow A_g \geq \dfrac{86000}{0.9 * 2400} \times \dfrac{1}{2} = 19.9\ cm^2$

2) Use 2 UNP 140 $\quad A_g = 20.4$

3) $T_r \leq 0.75 . F_u . A_e \Rightarrow 86000 \leq 0.75 * 3600 * A_e$ $\quad A_e = U * A_g$ $\quad U = 1 - \dfrac{\bar{x}}{L}$, $\bar{x} = e = 1.75$ $\Rightarrow U = 1 - \dfrac{1.75}{15}$

$A_e = 2 * (0.88 * 20.4) \Rightarrow A_e = 35.90$ $\quad U = 0.88$

$T_r = 86000 \leq 0.75 * 3600 * 35.90 = 96930 \rightarrow ok$

نسبت لاغری

$L_{BC} = 800\ cm$ $\quad r_{min} = ?$ $\quad I_x = 2 I_x$, $A = 2A$ $\Rightarrow r_x = \sqrt{\dfrac{I_x}{A}} = \sqrt{\dfrac{605}{20.4}} = 5.45$

$I_y = 2 I_g + A d^2 = 2 \times 62.7 + 2 \times 20.4 \times (1.75 - 0.75)^2 = 380.4$

$I_y = 380.4$ $\quad r_y = \sqrt{\dfrac{I_y}{A}} = \sqrt{\dfrac{380.4}{2 * 20.4}} \Rightarrow r_y = 3.05$

$\lambda = \dfrac{kL}{r_{min}}$ $\quad k = 1 \Rightarrow \lambda = \dfrac{800}{3.05} = 262 < 300 \rightarrow ok$ جواب درست

ام سیویل

Subject:

Year: Month: Date:

ام سیویل

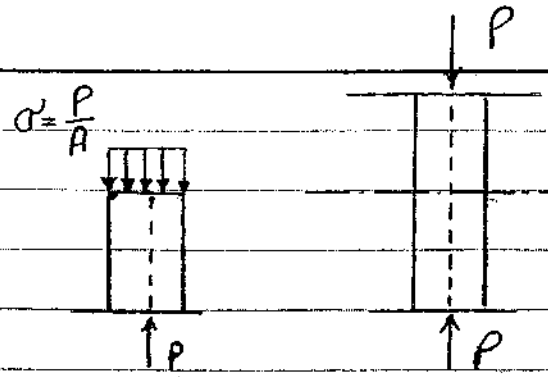
فیلم های آموزشی دروس بتن و فولاد

ICIVIL

فیلم آموزشی طراحی سازه های فولادی ۱

Subject:
Year: Month: Date:

* فصل سوم:

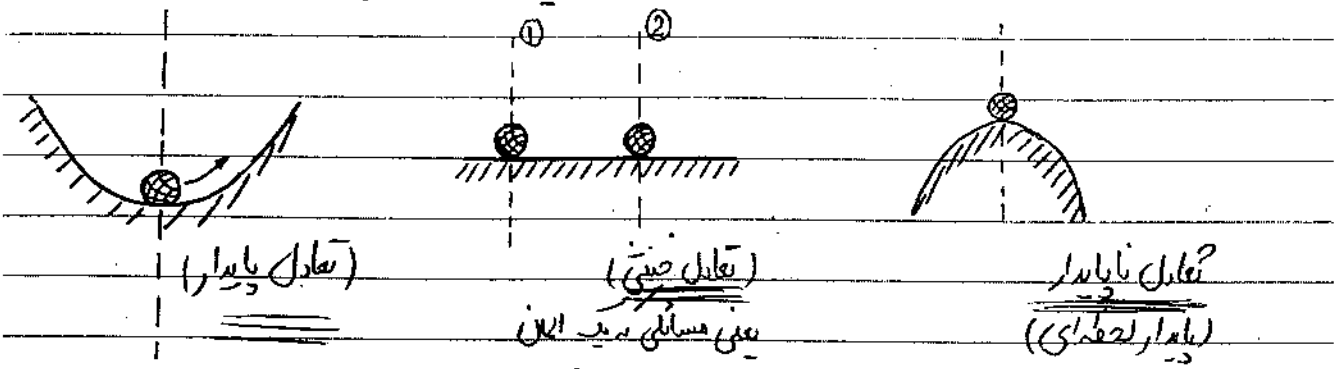


اعضاء فشاری
(کلاس ستونها)

المان هایی هستند که فقط تحت بارمحوری اند، نیروی محوری منطبق بر محور المان است، جهت آن طوری است که در هر مقطع عمودی دلخواه که ایجاد می کند، از نوع تنش نرمال فشاری است.

تنش های

در اعضاء فشاری برخلاف اعضاء کششی موضوع ناپایداری مقطع F_u و F_y ختم نمی شود، بلکه پدیده دیگری وجود دارد که باعث می شود عضو نتواند تحت پدیده کمانش ناپایدار نشود.



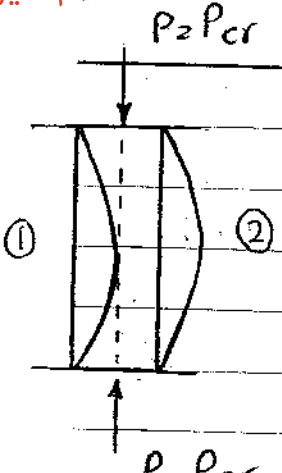
موضوع کمانش در این المان، لحظه ای است که عضو تعادل خنثی است.

بالاترین بار محوری که منجر به تعادل ستون پایدار است. (مستقیم)

هم مستقیم و هم خمیده، ستون تعادل دارد.

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



$P < P_{cr}$ ← (ستون نیروی P را تحمل می‌کند) تعادل ستون پایدار

$P = P_{cr}$ ← کمانش ← تعادل خنثی *

$P > P_{cr}$ ← (ستون منهدم می‌شود) ناپایدار

تعادل خنثی به شکل‌های مختلف تقسیم می‌شود.

۱- کمانش الاستیک: بعضی از ستون‌ها قبل از رسیدن به F_y، کمانش می‌یابند به آن‌ها کمانش الاستیک گویند.

یعنی قبل از آنکه به حد جاری شدن برسد کمانش می‌یابند.

۲- کمانش الاستو پلاستیک: بعضی از ستون‌ها کمی قوی‌تراند، تنش در چند نقطه از مقطع به حد جاری شدن می‌رسد

به دلیل این نقاط، حد کمانش صدمه می‌بیند به آن کمانش الاستو پلاستیک گویند.

۳- کمانش غیر الاستیک کامل (پلاستیک): بعضی از ستون‌ها، آنقدر قوی‌اند که بعد از آنکه کل نقاط جاری شدند

و فاصله F_u و F_y کمانش اتفاق می‌افتد که به آن کمانش غیر الاستیک کامل (پلاستیک) گویند.

در حالت کلی سه نوع کمانش وجود دارد که از نظر

عملی دو نوع کمانش وجود دارد: ۱- کمانش الاستیک ۲- کمانش الاستو- پلاستیک (غیر الاستیک)

قبل از رسیدن به حد جاری شدن — بعضی نقاط به حد جاری شدن

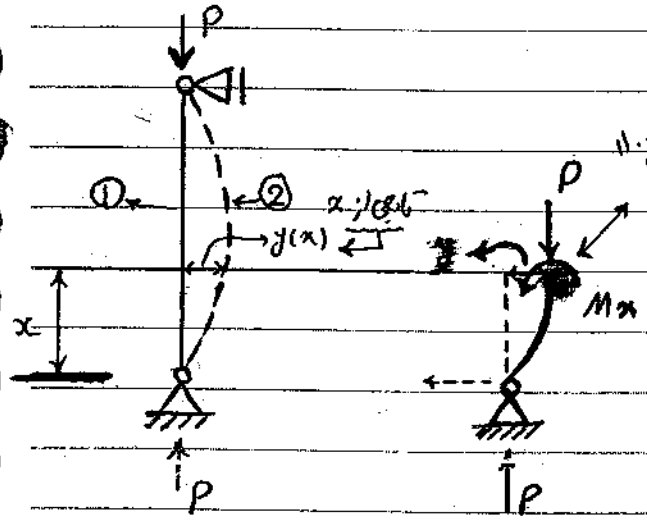
BIST

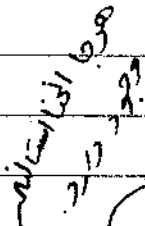
Subject:
Year: Month: Date:

* کمانش الاستیک (اویلر) *

* شرایط اویلر: ① ستون دوسر مفصلی ② ستون کاملاً مستقیم ③ بار کاملاً منطبق بر میانیار ④ جنس کمانش الاستیک است رابطه بین جابجایی و تنش خطی است. $\sigma = E.\varepsilon$ قانون هوک

$$\frac{1}{\rho} = \frac{y''}{[1+y'^2]^{\frac{3}{2}}} \approx y'' = \frac{M}{EI}$$





در حالت ستون می‌تواند تعادل خود را حفظ کند. (2.1)

$$\sum M_a = 0 : \quad M_x - Py = 0 \quad -EIy'' - Py = 0 \Rightarrow y'' + \frac{P}{EI}.y = 0 \qquad k^2 = \frac{P}{EI}$$

$$\Rightarrow \boxed{y'' + k^2.y = 0} \qquad y = A\sin kx + B\cos kx$$

شرایط مرزی: $\begin{cases} x=0 \;,\; y=0 & ① \\ x=L \;,\; y=0 & ② \end{cases}$

① $\Rightarrow 0 = A\sin 0 + B\cos 0$

② $\Rightarrow 0 = A\sin kL \Rightarrow \begin{cases} A \neq 0 \\ \sin kL = 0 \end{cases}$

اگر $A=0$ باشد، ستون در حالت ② در حال تعادل است. این فرض نداریم.

$\begin{cases} kL = 0 \quad \times \\ \boxed{kL = n\pi} \quad * \end{cases}$ جواب مورد نظر

چون ستون طول دارد نه k صفر است، نه L پس جواب $kL = n\pi$ است.

نظری تعادل خنثی یا لحظه کمانش است

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

لحظه‌ی کمانش می‌تواند در لحظات متعددی اتفاق بیفتد.

$kl=\pi \rightarrow \frac{P}{EI}l^2=\pi^2 \rightarrow P=\frac{\pi^2 EI}{l^2}$

$kl=2\pi \rightarrow \frac{P}{EI}l^2=(2\pi)^2 \rightarrow P=\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$

$kl=3\pi \rightarrow \frac{P}{EI}l^2=(3\pi)^2 \rightarrow P=\frac{9\pi^2 EI}{l^2}$

جواب‌های ریاضی

اگر در بار $P=\frac{\pi^2 EI}{l^2}$ ستون کمانش کرد

بنابراین بار بحرانی می‌توسم و با نماد $P_{cr}=\frac{\pi^2 EI}{l^2}$

نشان خواهیم داد.

برای یک ستون در سر منفصل یک لحظه وجود دارد که وقتی بار به حد $P_{cr}=\frac{\pi^2 EI}{l^2}$ می‌رسد، می‌تواند ستون در دو حالت تعادل داشته باشد.

در نتیجه $P_{cr}=\frac{\pi^2 EI}{l^2}$

EI: سختی ستون، هرچه EI بزرگتر باشد مقاومت بزرگتر است

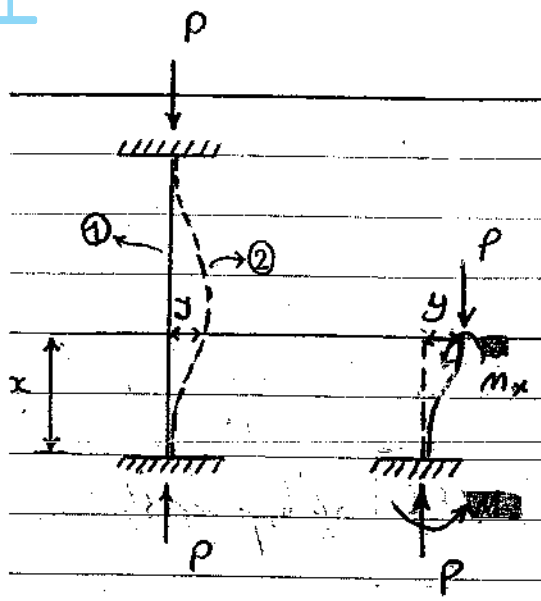
l: طول ستون، هرچه l ستون بزرگتر باشد مقاومت با توان 2 کوچکتر است.

پس بار بحرانی به دو پارامتر EI و l بستگی دارد.

BIST

ام میبویل

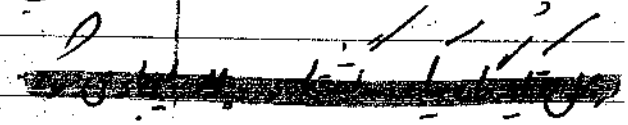
Subject:
Year: Month: Date:



شکل خمیده متناسب با تابلیه ها مفروض می شود

در حالت ① تعادل پایدار است. ✓

نکته: حول تابلیه ها لیز دار است



بررسی حالت ②

$$+\circlearrowleft \quad \Sigma M_a = 0 : \quad M_x + M_0 - Py = 0 \qquad -EIy'' + M_0 - Py = 0$$

$$\div EI \rightarrow y'' + \frac{Py}{EI} = \frac{M_0}{EI} \Rightarrow \left(k^2 = \frac{P}{EI}\right) \Rightarrow \boxed{y'' + k^2 y = \frac{M_0}{EI}}$$

جواب کلی = جواب همگن + جواب خصوصی

$$y = y_G + y_S$$

y_G: جواب عمومی

$$y_G = A\sin kx + B\cos kx$$

y_S: جواب خصوصی

$$y_S = \frac{M_0}{EI.k^2} = \frac{M_0}{P}$$

$$\boxed{y = A\sin kx + B\cos kx + \frac{M_0}{P}}$$

شرایط مرزی:

$x=0, y=0$ ⓐ

$x=0, y'=0$ ⓑ

$x=l, y=0$ ⓒ

$x=l, y'=0$ ⓓ

جابجایی و شیب تابلیه ها لیز دار

✓ هم شیب ها صفر

✓ هم جابجایی نقاط صفر

① $0 = A\sin 0 + B\cos 0 + \frac{M_0}{P} \Rightarrow \boxed{B = -\frac{M_0}{P}}$

② $y' = Ak\cos kx - Bk\sin kx \Rightarrow 0 = Ak\cos 0 - Bk\sin 0 \Rightarrow \boxed{A = 0}$

$$y = \frac{M_0}{P}(1 - \cos kx)$$

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

② $0 = \frac{M_0}{P}(1-\cos kL)$ $\begin{cases} \frac{M_0}{P}=0 \leftarrow \frac{M_0}{P} \text{ صفر نیست} \\ 1-\cos kL=0 \begin{cases} kL=0 \\ \boxed{kL=2n\pi} \end{cases} \end{cases}$ چون یکه گاه گیردار است

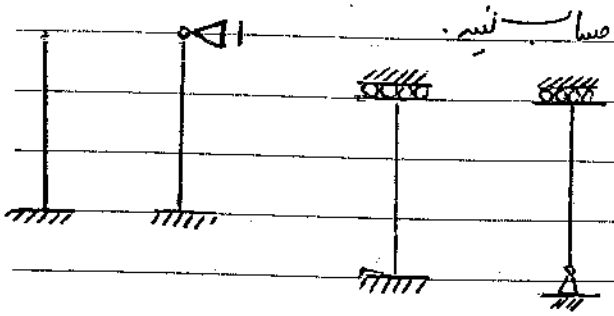
هر دو حالت ① و ② قابل.

$\boxed{kL=2\pi} \Longrightarrow \boxed{P_{cr}=\frac{4\pi^2 EI}{L^2}}$

نتیجه گیری: شرایط تکیه گاهی در بارهای اویلری بسیار مهم است.

بار اویلری تابع سه پارامتر است: ۱- شرایط تکیه گاهی (نوع تکیه گاه)، ۲- سختی ستون (EI)، ۳- طول ستون (L)

تمرین: با تشکیل معادلات دیفرانسیل بار اویلری ستون های زیر را حساب کنید.



BIST

ام تيوتيل

Subject:

Year: Month: Date:

ام سيويل

Subject:

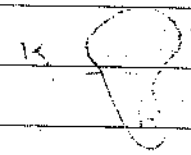
Year: Month: Date:

ام سيوبل

Subject:
Year: Month: Date:

ام سيويل

Subject:
Year: Month: Date:



امیر سپهریل

Subject:
Year: Month: Date:

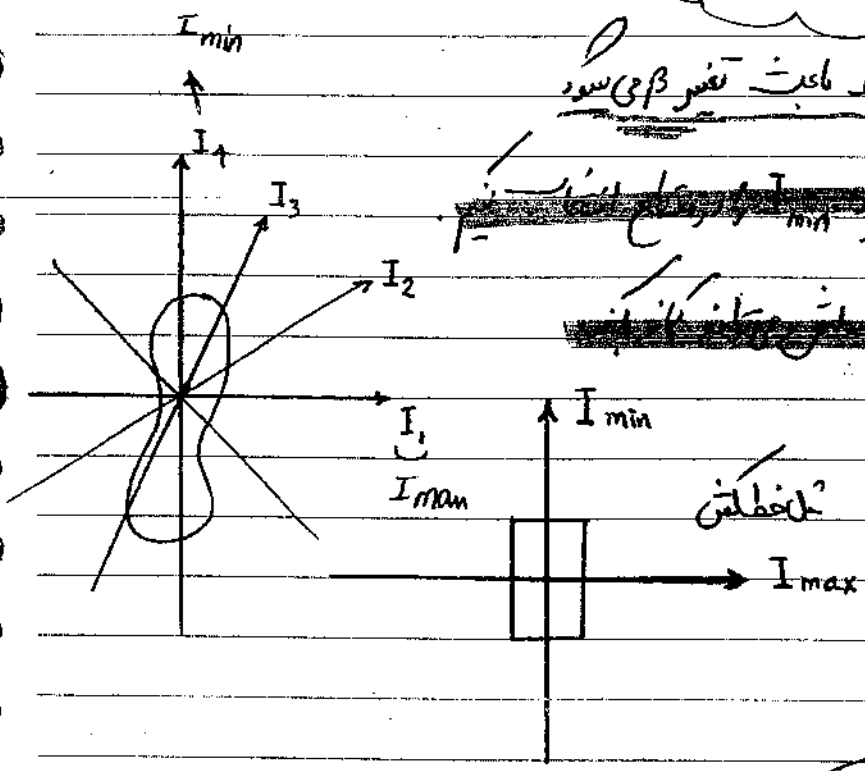
تنش بحرانی

رفلت لی ← $P_{cr} = \frac{\beta \pi^2 E I}{L^2}$

* شرایط تکیه‌گاهی مقاومت در ستون فقط باعث تغییر β می‌شود

نکته: [illegible]

نکته: [illegible]



تنش بحرانی $\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\beta \pi^2 E I_{min}}{L^2 A} \rightarrow r$ ← $\sigma_{cr} = \frac{\beta \pi^2 E r_{min}^2}{L^2}$

E و π^2 در مورد یک جنس مشخص ثابت هستند.

$\beta = \frac{1}{k^2} \Rightarrow k = \sqrt{\frac{1}{\beta}}$

تغیرهای L ، β ، r_{min} تشکیل هستند.

(طول ستون) ← L

(نوع تکیه‌گاهی ستون) ← β

r_{min} ← شکل

$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r_{min}}\right)^2} \Rightarrow \lambda = \left(\frac{kL}{r_{min}}\right)$

$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ ✗

با افزایش λ تنش بحرانی کاهش می‌یابد و برعکس ✓ ✗

[illegible]

BIST

[illegible] با افزایش λ تنش بحرانی کمتر یعنی ستون [illegible] ✗

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

λ = لاغری ← چون با افزایش λ ستون لاغرتر می‌شود و مقاومت آن کاهش می‌یابد و با کاهش λ ستون مقاومت بالاتری می‌شود.

$\lambda = \frac{kL}{r_{min}}$ ← لاغری

ضریب تکیه گاهی

k: ضریب گیرداری (فقط به شرایط تکیه گاهی بستگی دارد) ✓ *

L: طول ستون ، r_{min}: شعاع ژیراسیون حداقل یک مقطع

σ_{cr} ← تنش بحرانی

نمودار تغییرات تنش برحسب افزایش λ (لاغری)

((σ_{cr} ـ λ))

ارفتار ستون با تغییرات لاغری مشخص می‌کنند

قسمت بالای شکل (بالاتر از F_y) با فرضیات اویلر همخوانی ندارد.

F_y

** ← $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$

کمانش غیرالاستیک

کمانش الاستیک

λ_e

مقدار لاغری برای وقتی که مقدار تنش F_y است

$F_y = \frac{\pi^2 E}{(\lambda_e)^2}$ ⟵ $\lambda_e = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{F_y}} \simeq 91$

(برای فولاد نرمه)

نکته: اگر ستونی لاغری $\lambda = 91$ داشته باشد تنش بحرانی آن F_y است. اگر لاغری λ بیشتر از 91 باشد کمانش الاستیک و اگر λ کمتر از 91 باشد، کمانش غیرالاستیک است.

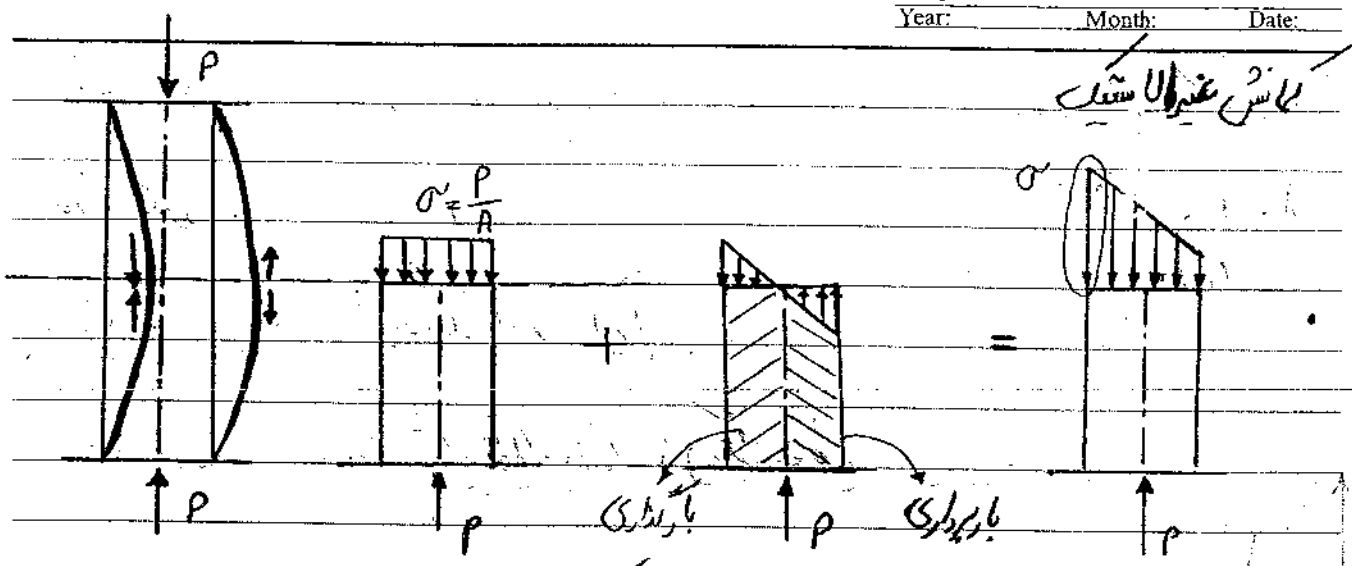
اگر λ از 91 کوچکتر شد دیگر از رابطه $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ استفاده نمی‌کنیم

BIST

ام میبویل

Subject:
Year: Month: Date:

کمانش غیرالاستیک



وقتی ستون تحت بارگذاری است، تنش در مقاطع ستون یکنواخت است. (σ)

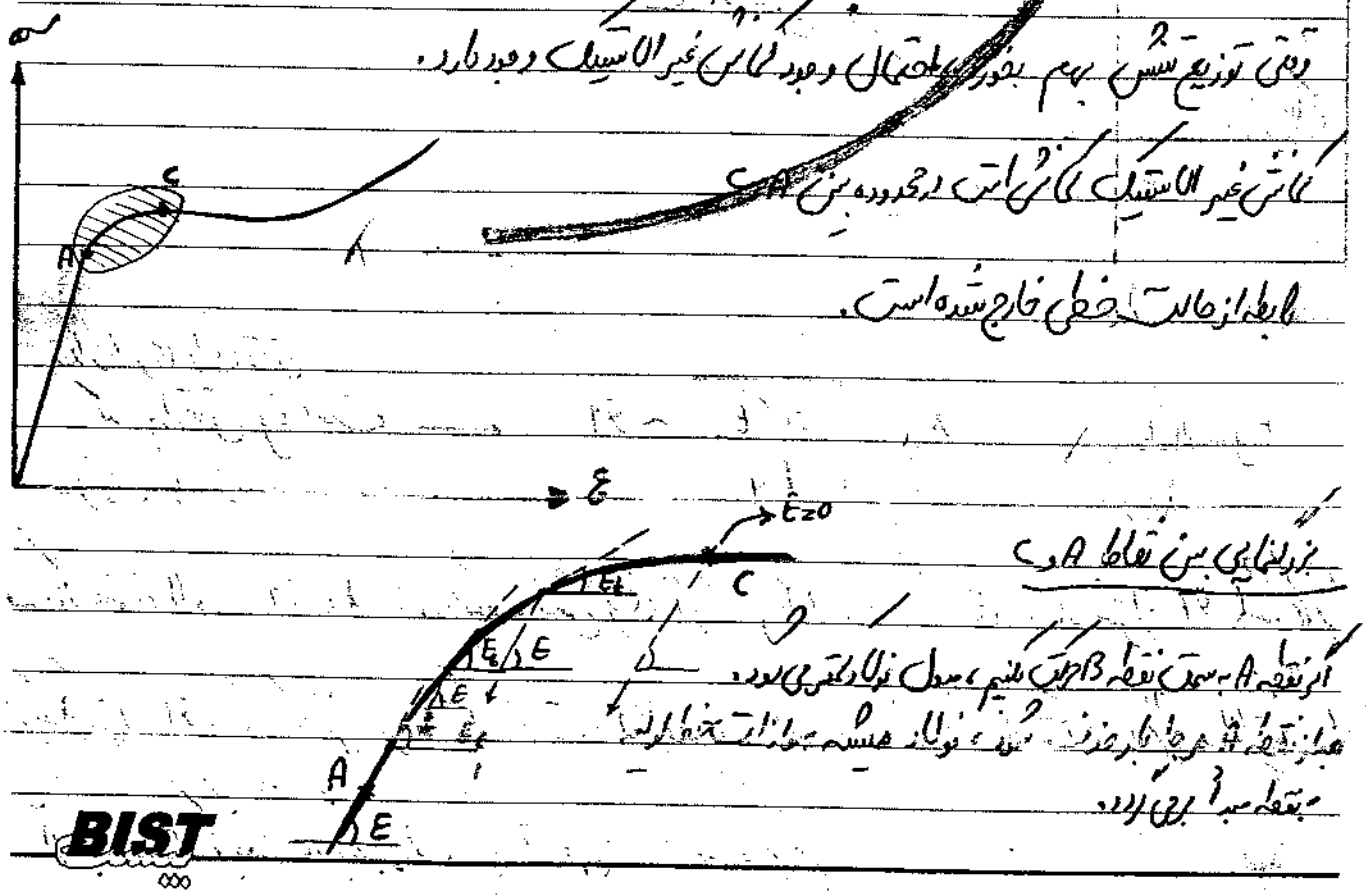
طبق تعریف کمانش غیرالاستیک: کمانشی است که در بعضی از نقاط مقطع، تنش به حد جاری شدن می‌رسد، اگر در این حالت ستون کمانش بکند، کمانش غیرالاستیک است. *

وقتی کمانش ایجاد می‌شود در بعضی از تارها تنش در بعضی از تارها فشار حاصل می‌شود.

وقتی توزیع تنش بهم بخورد احتمال وجود کمانش غیرالاستیک وجود دارد.

کمانش غیرالاستیک کمانشی است که محدوده بین A و C

رابطه از حالت خطی خارج شده است.



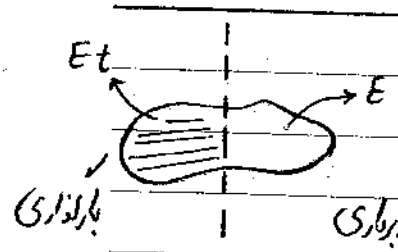
بررسی‌هایی بین نقاط A و C

اگر نقطه A به سمت نقطه B حرکت کنیم، مدول نوار کمتری بود.
هر نقطه A هر جا باشد، شیب نوار همیشه مماس بر منحنی است.
نقطه C بر روی محور ε است.

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



در حالت کمانش غیر الاستیک نیمه ستون بارگذاری و نیمه دیگر ستون باربرداری دارد.

نیمی از مقطع جنس اش E_t و نیمی دیگر E است.

روش‌های حل مسئله:

۱- تئوری مدول مماس ✓

۲- تئوری مدول دوگانه ✓

۳- تئوری شانلی ✓

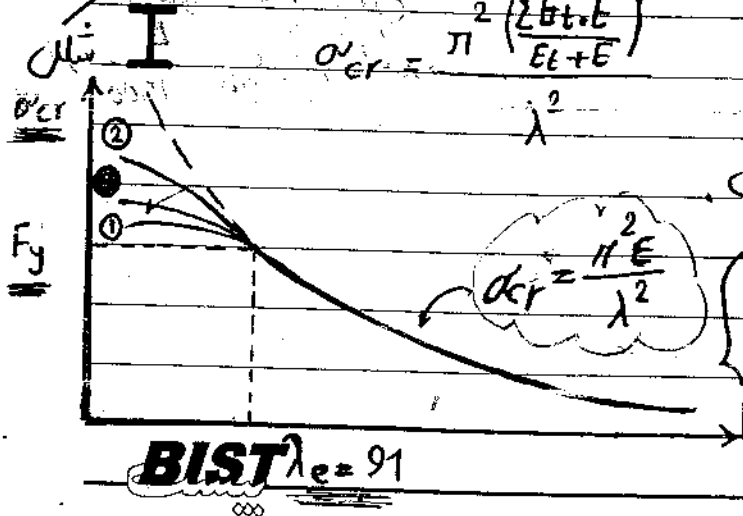
در روش تئوری مدول مماس: برای حل ستون مورد نظر مقطع را E_T فرض می‌کنیم. (همه قسمت‌ها از مدول E_T فرض شده‌است.)

نتیجه: برای تنش بحرانی همان تئوری اویلر است ⟵ $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E_T}{\lambda^2}$

در روش تئوری مدول دوگانه: برای حل ستون‌ها به همان شکل موجود حل می‌کنند یعنی یک نیمه از جنس E و نیمه دیگر از جنس E_T و نسبتاً دقیق‌تر است [حدود ۵٪ سرفصل‌های درسی ما نمی‌باشد]

در روش تئوری شانلی: برای کمانش غیر الاستیک ستون‌ها نه تئوری ① و نه تئوری ② دقیق نیستند. روی تئوری شانلی قسمت ضعیف‌تر سطح اش بزرگتری شود و قسمت قوی‌تر سطح است کوچکتر می‌شود. تئوری دقیق است.

$\sigma_{cr} = \pi^2 \left(\frac{\sum E_t \cdot E}{E_t + E}\right) \frac{1}{\lambda^2}$



برای لاغری مشخص مقدار تئوری ① از همه کوچکتر است.

برای لاغری مشخص مقدار تئوری ② از همه بزرگتر است.

برای لاغری مشخص مقدار تئوری ③ بین ① و ② است.

$\lambda > 91$ کمانش الاستیک (اویلر)

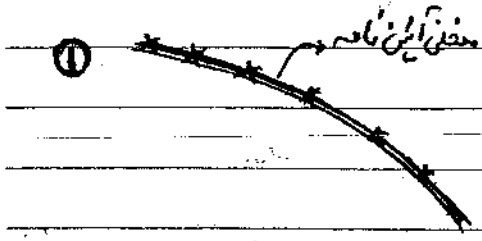
$\lambda < 91$ کمانش غیر الاستیک

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

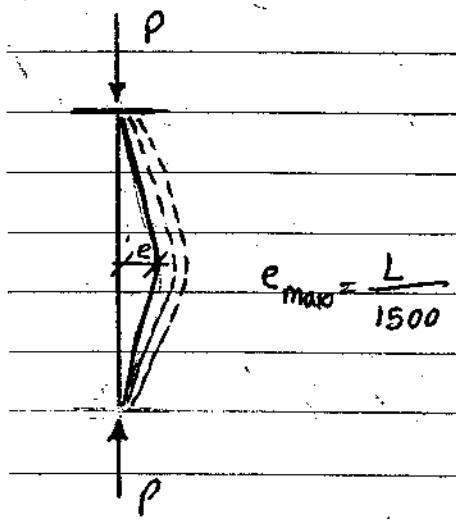
در کارهای عملی در آئین نامه ها از منحنی مماس استفاده می کنند چون از همه دقیق تر است (از همه بنفع اطمینان است).

امکان بی نهایت e_1 وجود ندارد.



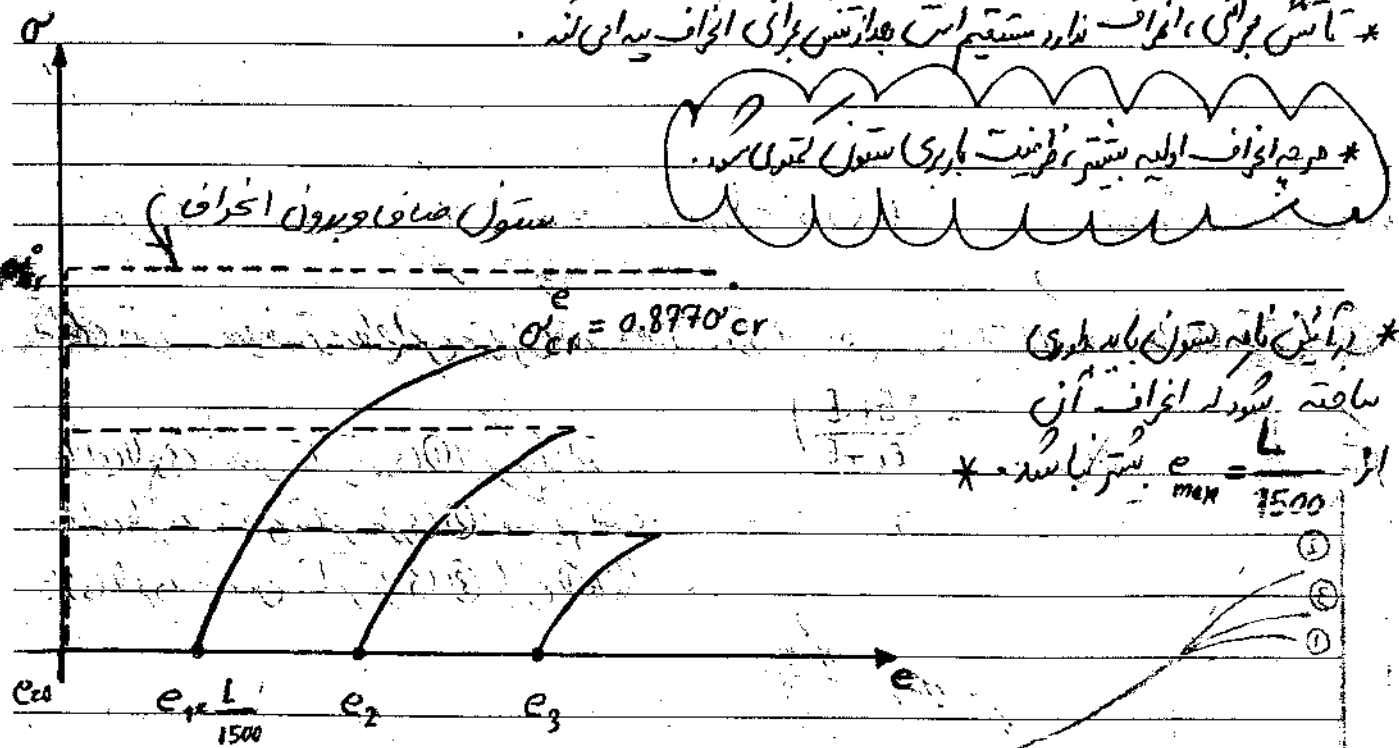
پارامترهای دخالت جابجایی منفی ها می شود:

۱- انحنای اولیه در ستون ها: امکان ساخت ستون مستقیم وجود ندارد.



* تا تنش برآنی، انحراف دارد مستقیم است بعد از تنش برآنی انحراف پیدا می کند.

* هرچه انحراف اولیه بیشتر، ظرفیت باربری ستون کمتری می شود.



* در آئین نامه ستون باید طوری ساخته شود که انحراف آن از $e_{max} = \frac{L}{1500}$ بیشتر نباشد.

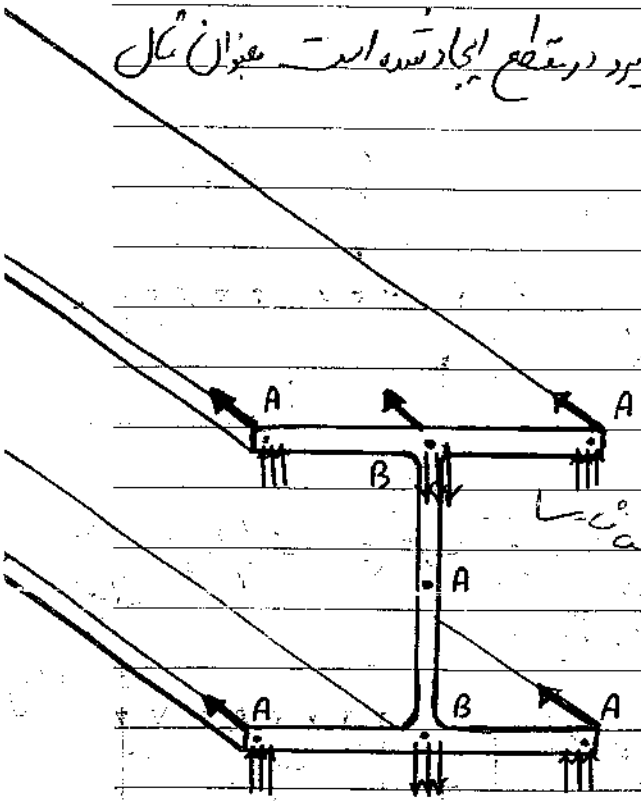
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

۲- تنش پسماند: تنش هایی هستند که در اثر هر نوع عملیات حرارتی، روی قطعات فولادی بوجود می آیند.

هر نوع فولاد به نحوی گرم یا سرد شود در اثر این گرم و سرد شدن یک سری تنش های در مقطع ایجاد می شوند که ناشی از حرارت است که به آن تنش پسماند می گویند. تنشی است که بدون اعمال نیرو در مقطع ایجاد شده است. مثلاً از تنش، جوش، برش و ...

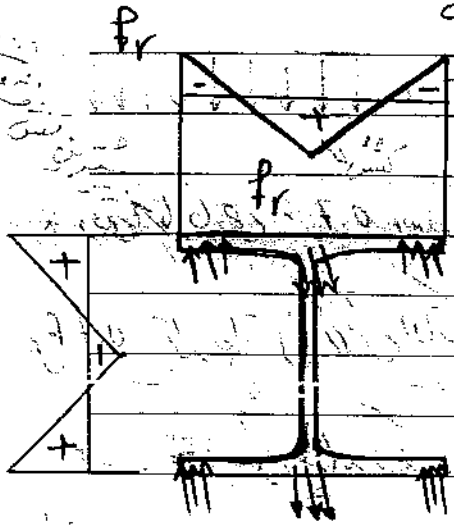
(* تنش ناشی از نورد فولاد بهترین تنش پسماند است.)



سرعت سرد شدن قطعه یکسان نیست، در تمام قطع ضخامت های مختلف دارد.

* نقاط A: زودتر سرد می شوند و فشاری می توانند با محیط اطراف تبادل حرارت کنند، ضخامت کمتر

* نقاط B: دیرتر سرد می شوند، کششی، تبادل با محیط اطراف ندارند، ضخامت بیشتر



ایجاد نقاط A باعث می شود اجازه ندهد نقاط B با هم برخورد کنند.

✓ مجموع تنش های کششی و فشاری (پسماند) طوری است که کل در مقطع برآیند = صفر

Fr برآیند تنش پسماند یا برش یا در ماهیچه است

مقطع ضخیم تر، حرارت بیشتر، تنش پسماند بیشتر. ✓

مقطع نازک تر، حرارت کمتر، تنش پسماند کمتر. ✓

BIST

ام سیویل

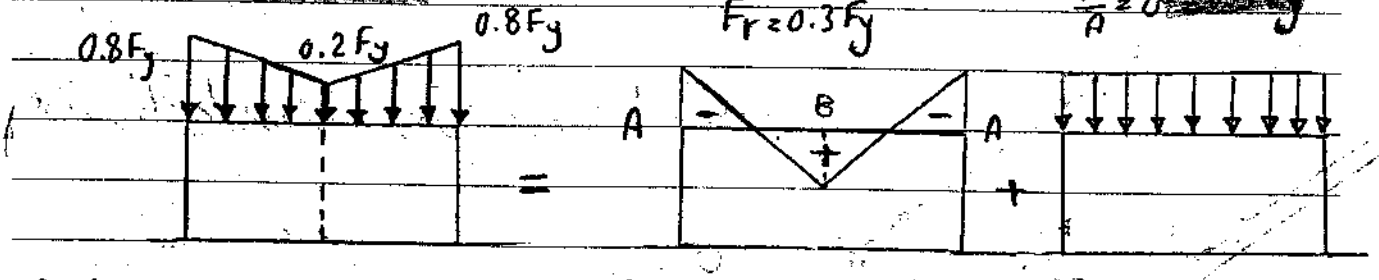
Subject:
Year: Month: Date:

IPE
INP
UNP
L
} $f_r \simeq 1.3 F_y$ (تنش‌های متعارف)

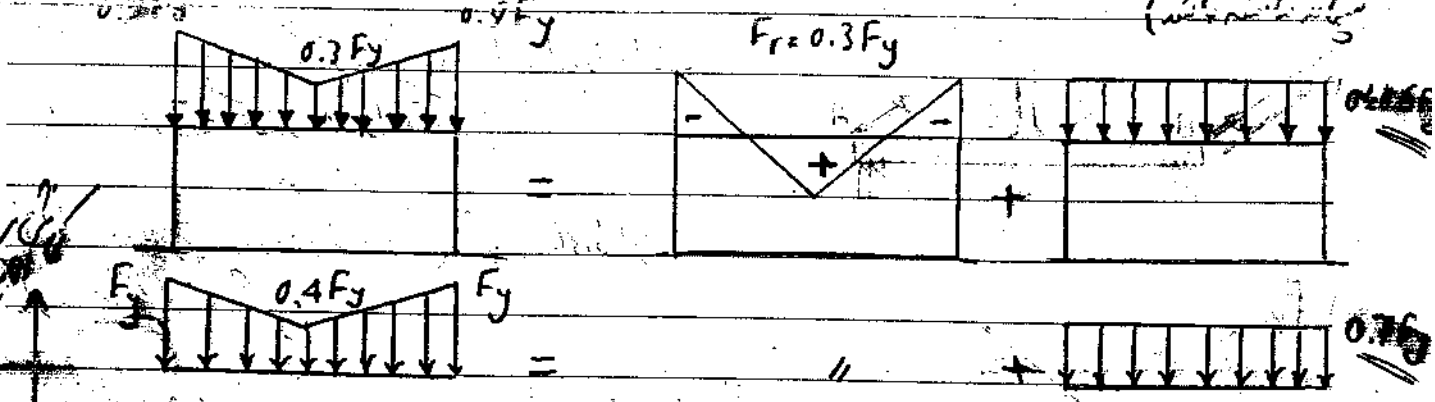
HEH
HEB
HEM
} $f_r \simeq 0.5 F_y$

$F_r = 0.3 F_y$

$\frac{P}{A} =$



نتیجه ۱: عامل اصلی در توزیع تنش در مقطع ما از خارج شدن یا نیافتن خارج می‌باشد، تنش یکسان است. (هیچ پروفیلی وجود ندارد که تنش یکسان نباشد)



* وقتی بارگذاری به 0.7 برسد، دو نقطه از مقطع به حد جاری شدن می‌رسند.

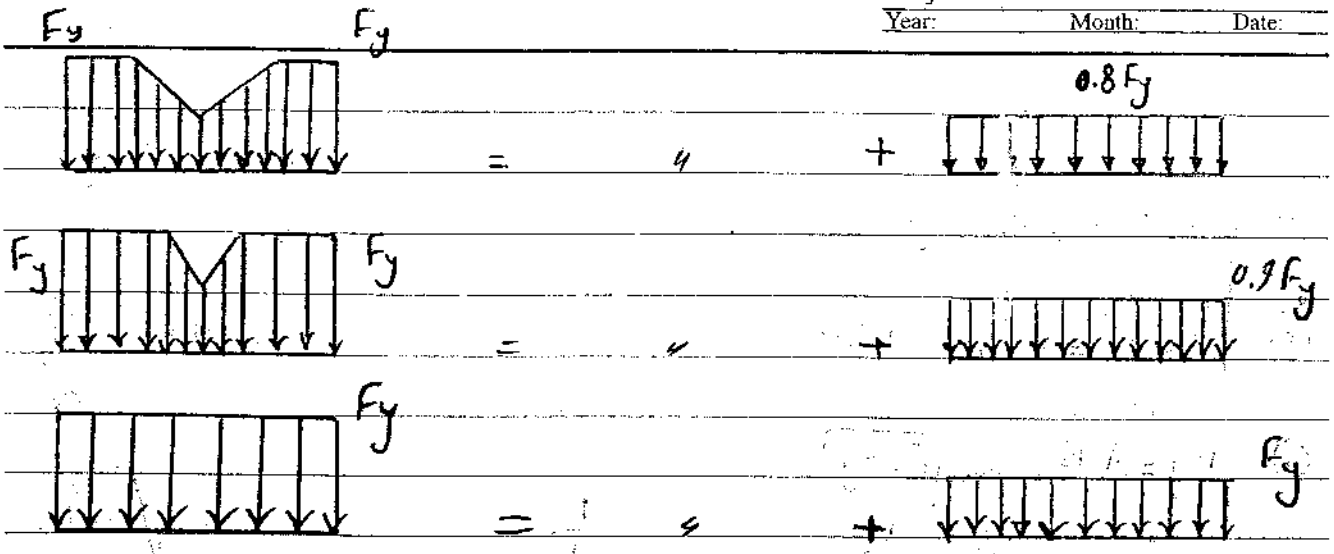
$F_p = F_y - f_r$

0.7Fy تنش باقیمانده بالای الاستیک و پایین الاستیک است.

۲- وجود تنش باقیمانده یک مقطع موجب بالا آمدن الاستیک و پایین الاستیک ما می‌شود.

ام سیویل

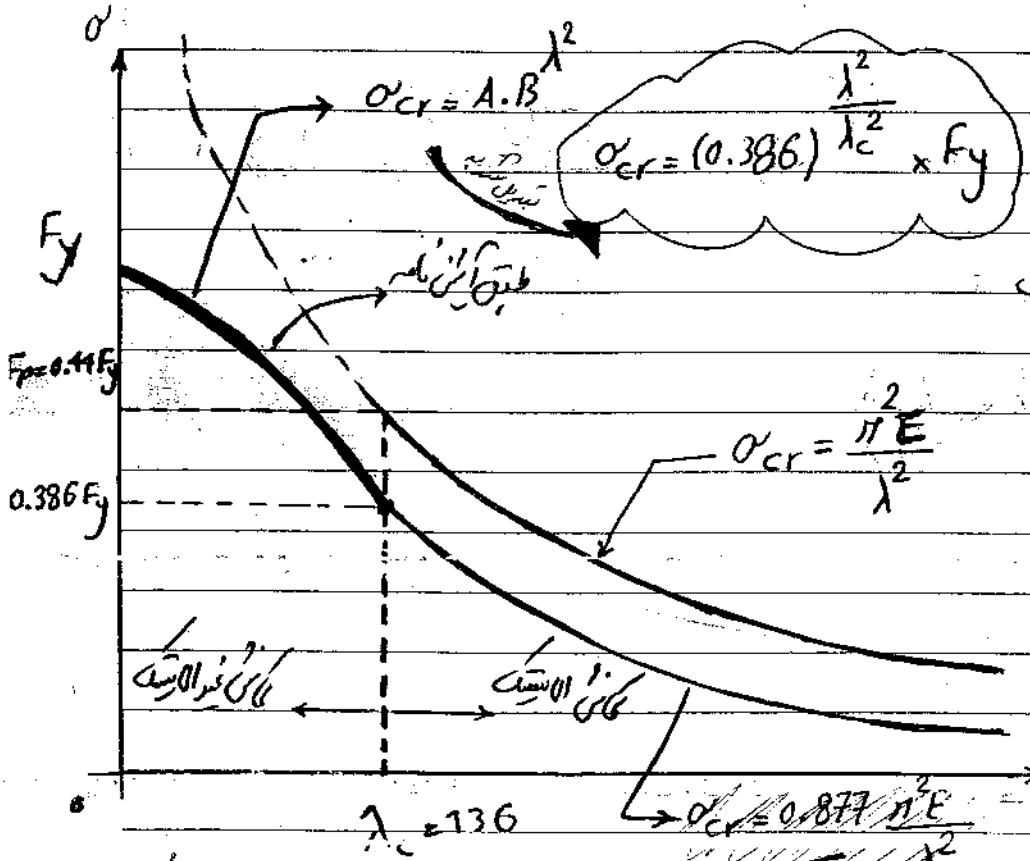
Subject:
Year: Month: Date:



جمع شدن غیرخطی است. (از روی صداست)

آخرین حد بار خارجی $\sigma = F_y$

۳- اگر ستونی بتواند تا حد آخر کرنش نکند، تنش‌های پسماند در مقاومت نهایی مقاطع فشرده تأثیر ندارند.



روابط واج ستون:

براساس آئین نامه برای ستونها پوشش بال بین مناسب است بعلت سطح زیر اسپون بال،

$F_p = 0.56 F_y$

توی آئین نامه

با اعمال انحنای اولیه ستون $F_p = F_y - 0.56 F_y$

$F_p = 0.44 F_y$

در زلزله ستونها

BIST

امیر موبایل

(نمره 10) (کد λ از 91 به 136 رفته است)

Subject:
Year: Month: Date:

اگر شرط وجود نقطه F_y و σ_{cr} به صورت خطی باشد:

① $\lambda = 0 \Rightarrow \sigma_{cr} = F_y$

② $\lambda = \lambda_c \Rightarrow \sigma_{cr} = 0.386 F_y$

شرایط

$$0.44 F_y = \frac{\pi^2 E}{\lambda_c^2}$$

① $\rightarrow F_y = A \cdot B^0 \Rightarrow \boxed{A = F_y}$ ✱

② $\rightarrow 0.386 F_y = F_y \times B \quad \left(B = 0.386 \frac{1}{\lambda_c^2}\right)$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.44 F_y}} = 136$$

(نقطه عطف)

$$\boxed{\sigma_{cr} = \left(0.386 \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}\right) \times F_y}$$

برای خط دوم

تنش بحرانی $\leftarrow \sigma_n = 0.877 \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ $\leftarrow$ کمانش الاستیک $\leftarrow 136 = \lambda_c < \lambda$ -1

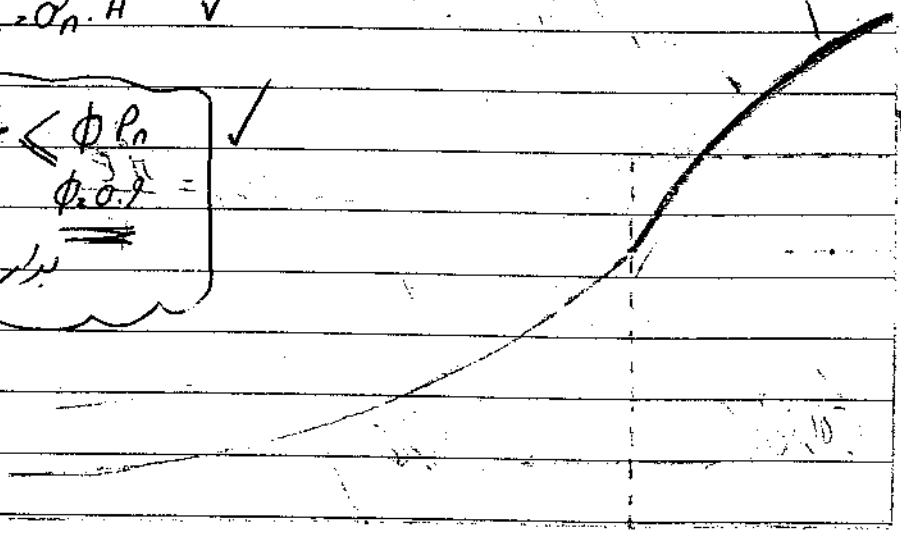
$\sigma_n = (0.386) \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2} \times F_y$ $\leftarrow$ کمانش غیر الاستیک $\leftarrow \lambda_c > \lambda$ -2

برای $P_n = \sigma_n \cdot A$ ✓

برای ضریب بار $P_r \leq \phi P_n$ ✓

$\phi = 0.9$

برای ستون‌ها

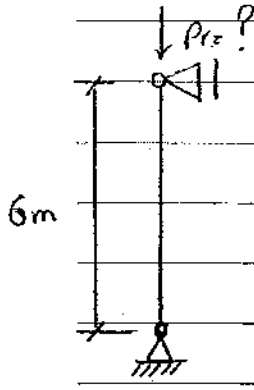


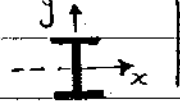
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

300

مثال: در یک ستون دوسر مفصل به طول 6m حداکثر بار ضربدار (خارجیت ستون) را حساب کنید. از ورق بال پهن





HEB 300 { $A=149$, $r_x=13.0$, $r_y=7.58$ }

$P_r = P$ kg

$$\lambda = \frac{k.L}{r_{min}} = \frac{1\times 600}{7.58} = 79 < \lambda_c = 136$$

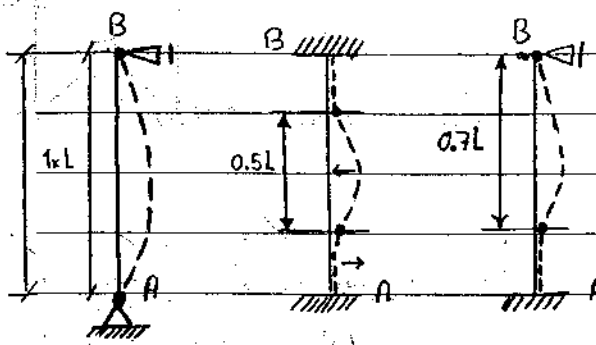
لذا ستون غیر الاستیک

$$* \quad \alpha_n = (0.386)^{\frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}} * f_y = (0.386)^{\frac{79^2}{136^2}} \times 2400 = 1741$$

$$P_n = \alpha_n \cdot A = 1741 \times 149 = 259409 \Rightarrow P_r \leq \phi P_n \xrightarrow{\phi = 0.9} P_r \leq 0.9 \times 259409$$

$$P_r \leq 233468 \text{ kg}$$

مفهوم ضریب کمانش



ضریب کمانش برابر است با: فاصله بین نقاط عطف (عدم خمش)

تقسیم بر فاصله بین دو سر ستون

* ضریب کمانش را به دو صورت می‌توان حساب کرد: یا عالی دیوانسیل رابطه‌ای لحاظ می‌کنیم

و یا نقاط عطف را ایجاد کرده، فاصله بین آنها را مشخص می‌کنیم.

تئوری:	$k=1.0$	$k=0.5$	$k=0.7$
عملی:	$k=1.0$	$k=0.65$	$k=0.8$

فاصله بین نقاط عطف

$$\lambda = \frac{k\cdot L}{r_{min}}$$ ← طول ستون

* می‌توانیم به جای طول ستون یا طول L، یک ستون دوسر مفصل به طول kL حل کنیم

ضریب کمانش دقیق = طول ستون خیلی کمانش شده / طول موثر به دست می‌آید.

مفهوم: ستون‌هایی توان یک ستون دوسر مفصلی طول L یا طول موثر.

BIST

ام بیوبل

Subject:
Year: Month: Date:

اگر این ساخت تکیه گاه گیردار یا مفصل کامل وجود ندارد، باید ضریب کاش آنها نیز اصلاح گردد. (دور تکیه گاه ها یک مقدار سفتی وجود دارد)

طبق آئین نامه: هر جا ضریب کاش ستون، قوی تر از حالت تئوریک است k را اصلاح نمی کنیم.

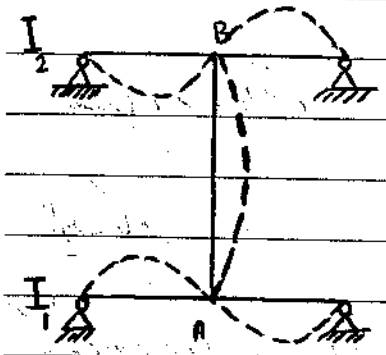
هر جا ضریب کاش ستون، ضعیف تر از حالت تئوریک ست از اینرو k باید در نظر گرفته شود. (k اصلاح گردد)

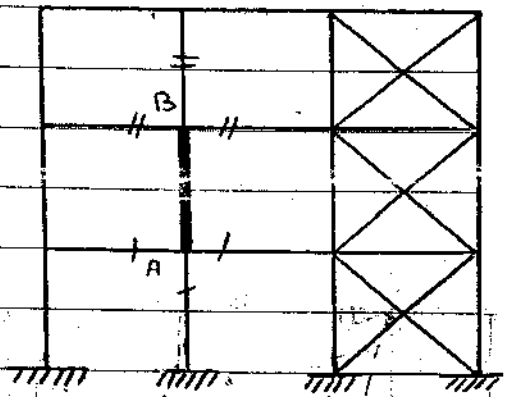
در هر ستون صفحه قبل، در لحظه کاش انتهای B نسبت به A حرکت جانبی یا دورانی نسبی افقی ندارد. نقطه B کاملا ثابت در جهت افقی است.

قابهای مهاربندی شده: قابهای بدون انتقال جانبی

نقطه B نسبت به A حرکت خرکی است یا دورانی نمی کند.

* المان های اطراف را برداشته و به جای آنها تیری با سختی های I_1 و I_2 در نظر گرفته می شود.





نکته: ضریب کاش ستونهای در قابهای مهاربندی شده معمولا بین 0.5 و 1.0 قرار دارد.

تیرها بسیار سفت باشند

تیری

$I_1, I_2 \to \infty \Rightarrow k \to 0.5$

$I_1, I_2 \to 0 \Rightarrow k \to 1.0$

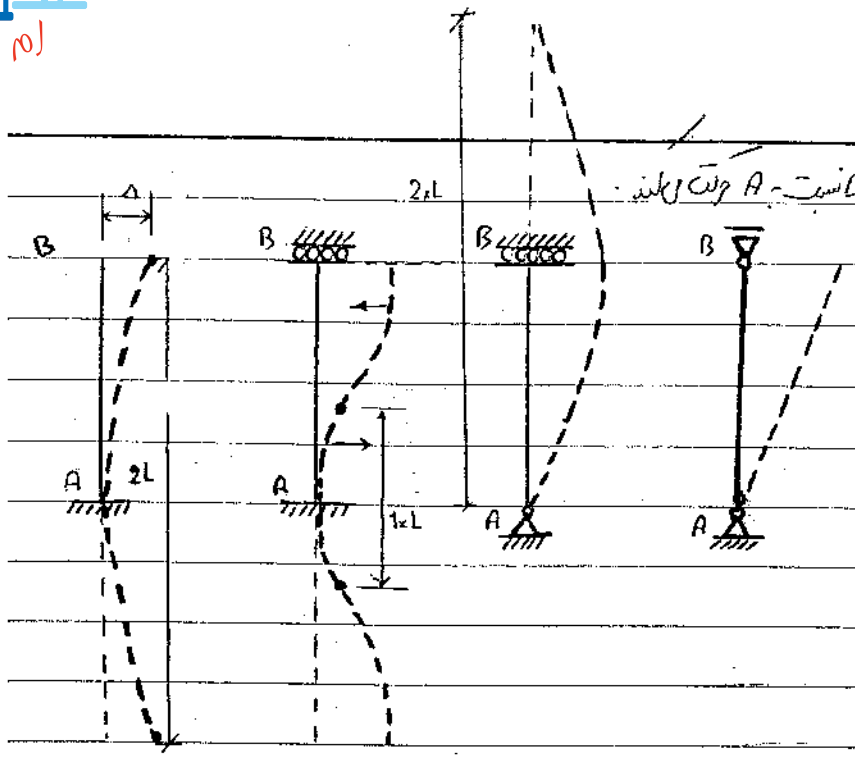
$\Rightarrow \boxed{0.5 \leq k \leq 1.0}$

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

در لحظه‌ی ناش جابجایی وجود دارد انتهای B نسبت به A حرکت می‌کند.



* اگر یک نقطه عطف وجود داشته باشد، تقویتش را رسم می‌کنیم.

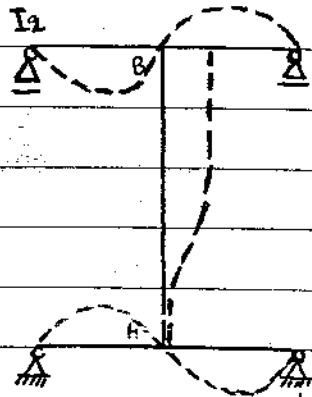
تئوری: $k=2.0$ $k=1.0$ $k=2.0$ $k=\infty$ چون در حالت دائمی است

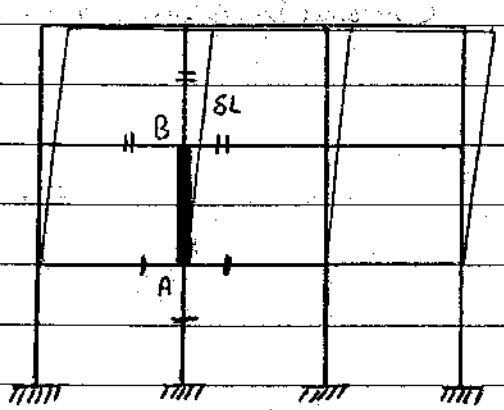
عملی: $k=2.1$ $k=1.20$ $k=2.0$ $k=$ وجود ندارد ← ستون ناپایدار است (عملاً طراحی نمی‌شود) ← فاصله‌اش دستوری است.

تابهای بدون مهاربند: قابهای خمشی، قابهای انتقال جانبی (تغییر شکل زیاد)

$\Delta = \delta_2 - \delta_1$

انتهای ستون نسبت به ابتدای می‌تواند حرکت کند.





* حدود پایداری ستونهای در قابهای بدون مهاربند قرار می‌گیرند حداقل عددی بین 1.0 و ∞ است.

$I_1, I_2 \longrightarrow \infty \Rightarrow k \longrightarrow 1.0$

$I_1, I_2 \longrightarrow 0 \Rightarrow k \longrightarrow \infty$

$1.0 < k < \infty$

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

برابر است با مجموع سختی ستونهای به آن گره می‌رسند، تقسیم بر مجموع سختی تیرهایی که به یک گره متصل

$$G_A = \frac{\sum(\frac{I_c}{L_c})_{\text{ستون‌ها}}}{\sum(\frac{I_b}{L_b})_{\text{تیرها}}} \quad (A \text{ در})$$

$$G_B = \frac{\sum(\frac{I_c}{L_c})_{\text{ستون‌ها}}}{\sum(\frac{I_b}{L_b})_{\text{تیرها}}} \quad (B \text{ در})$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6\,G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{7.5 + G_A + G_B}}$$

← k همیشه 1 میل می‌کند.

وقتی سختی تیرها زیاد باشد / یا تیرهای اطراف زیاد باشد / سختی

نتیجه: در قابهای بدون مهاربندی

قابهای مهاربندی شده: $k = 1.0$

قابهای بدون مهاربندی: k از یک بالا بدست می‌آید (هرچه از یک بزرگتر شود بهتر است)

* اگر نقطه B نسبت به نقطه A حرکت نکند مهاربندی نیاز است و اگر نقطه B نسبت به A حرکت کند مهاربندی نیاز است.

BIST

ام سیویل

تذکر: در ستون ① ، G_B را که محاسبه کردیم دیگر لازم به محاسبه G_A در ستون ① نیست.

چون ستون پنجم $G_{B_{\text{ستون پنجم}}} = G_{A_{\text{ستون اول}}}$

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: فرض می‌کنیم در قاب مسطح مقابل کلیه ستون‌ها از پروفیل HEB 300 و کلیه تیرها از IPE 360 باشد.

ضریب طول ستون‌های قاب را بدست آورید.

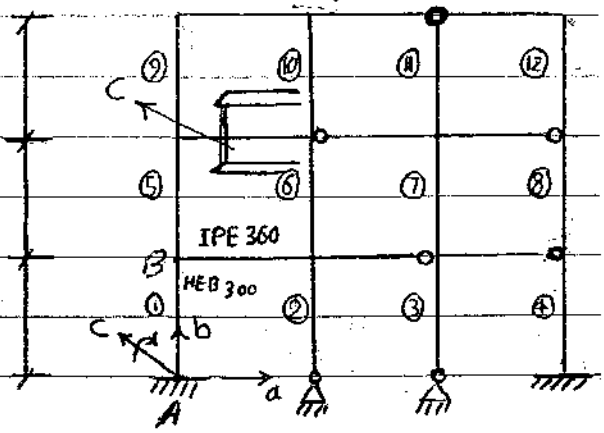
نکته: قاب مسطح است، نقطه در صفحه ab می‌تواند حرکت کند.

دوران هم در همان صفحه است. (دوران حول محور عمود بر صفحه)

m3

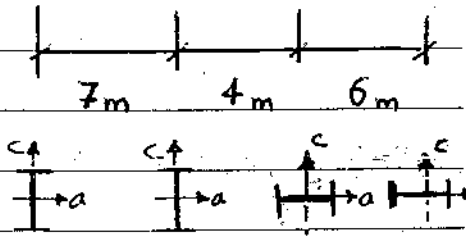
m4 — تغییر مکان حول محور c است.

m5



HEB 300 $\begin{cases} I_x = 25170 \\ I_y = 8560 \end{cases}$

IPE 360 $\begin{cases} I_x = 16270 \\ I_y = \text{نیازی نیست} \end{cases}$



نکته اول: برای محاسبه G در هر یک از انتهای ستون‌ها، کلیه تیرهای رسیده به گره را باید در نظر بگیریم.

نکته دوم: در تیرها همیشه از I_x استفاده می‌کنیم، مگر تیرها را بخوانیم.

① ستون شماره 1: $G_A = \dfrac{\frac{8560}{500}}{\frac{\infty}{\infty}} = 0 \xrightarrow{\text{طبق}} G_A = 1.0$

$G_B = \dfrac{\frac{8560}{500} + \frac{8560}{400}}{\frac{16270}{700}} \rightarrow G_B = 1.66$

$K_1 = \sqrt{\dfrac{1.6\,G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{7.5 + G_A + G_B}} \Rightarrow K_1 = \sqrt{\dfrac{1.6(1.0 \times 1.66) + 4(1.0 + 1.66) + 7.5}{7.5 + 1.0 + 1.66}}$

$K_1 = 1.48$

نکته سوم: در شبیه G در هر جا یک تکیه‌گاه مفصلی رسید G را 10 می‌گیریم.

① ستون شماره 2: $G_A = \dfrac{\frac{8560}{500}}{\frac{0}{\infty}} = \infty \xrightarrow{\text{طبق}} G_A = 10$

نکته چهارم: در هر گره که خواستیم G را حساب کنیم اگر انتهای دیگر یکی از تیرها مفصل باشد، نصف سختی آن را حساب می‌آوریم.

$G_B = \dfrac{\frac{8560}{500} + \frac{8560}{400}}{\frac{16270}{700} + (0.5\frac{16270}{400})} \rightarrow G_B = 0.88$

$K_2 = \sqrt{\dfrac{1.6(10 \times 0.88) + 4(10 + 0.88) + 7.5}{7.5 + 10 + 0.88}} \Rightarrow K_2 = 1.88$

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

گره ۲: $G_A = 10$

$$G_B = \frac{\frac{25170}{500} + \frac{25170}{400}}{0 + 0.5\,\frac{16270}{600}} \Rightarrow G_B = 8.35$$

$$k_3 = \sqrt{\frac{1.6(10 \times 8.35) + 4(10 + 8.35) + 7.5}{7.5 + 10 + 8.35}} \Rightarrow k_3 = 2.88$$

گره ۴: $G_A = 1.0$

$$G_B = \frac{\frac{25170}{500} + \frac{25170}{400}}{0} = \infty$$

$$k_4 = \sqrt{\frac{1.6(1.0 \times \infty) + 4(1.0 + \infty) + 7.5}{7.5 + 1.0 + \infty}} \Rightarrow k_4 = \sqrt{5.5} \Rightarrow k_4 = 2.37$$

عددی که در صورت تقسیم بر عددی که در مخرج

گره ۵: $G_A = \frac{\frac{8560}{500} + \frac{8560}{400}}{\frac{16270}{700}} \Rightarrow G_A = 1.66$ طبق توضیح بالای صفحه قبل $= G_B$ (ستون ۱)

$$G_B = \frac{\frac{8560}{400} + \frac{8560}{300}}{\frac{16270}{700}} \Rightarrow G_B = 2.15$$

$$k_5 = \sqrt{\frac{1.6(1.66 \times 2.15) + 4(1.66 + 2.15) + 7.5}{7.5 + 1.66 + 2.15}} \Rightarrow k_5 = 1.59$$

گره ۶: $G_A = \frac{\frac{8560}{500} + \frac{8560}{400}}{\frac{16270}{700} + 0.5\,\frac{16270}{400}} \Rightarrow G_A = 0.88 = G_B$ (ستون ۲)

$$G_B = \frac{\frac{8560}{400} + \frac{8560}{300}}{\frac{16270}{700} + 0} \Rightarrow G_B = 2.75$$

$$k_6 = \sqrt{\frac{1.6(0.88 \times 2.15) + 4(0.88 + 2.15) + 7.5}{7.5 + 0.88 + 2.15}} \Rightarrow k_6 = 1.47$$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

⑦ ستون محور ۷:

$$G_{A2}=\frac{\frac{25170}{500}+\frac{25170}{413}}{0+0.5\frac{16270}{600}}\Rightarrow G_{A2}=8.35$$

$$G_{B2}=\frac{\frac{25170}{400}+\frac{25170}{300}}{0.5\left(\frac{16270}{400}\right)+0.5\left(\frac{16270}{600}\right)}\Rightarrow G_{B2}=4.33$$

$$k_{72}=\sqrt{\frac{1.6(8.35\times4.33)+4(8.35+4.33)+7.5}{7.5+8.35+4.33}}$$

$$k_{72}=2.40$$

⑧ ستون محور ۸:

$$G_{A2}=\frac{\frac{25170}{500}+\frac{25170}{400}}{0}=\infty$$

$$G_{B2}=\frac{\frac{25170}{400}+\frac{25170}{300}}{0}=\infty$$

$$k_{82}=\sqrt{\frac{1.6(\infty\times\infty)+4(\infty+\infty)+7.5}{7.5+\infty+\infty}}$$

$k_{82}=0$

⑨ ستون محور ۹:

$$G_{A2}=\frac{\frac{8560}{400}+\frac{8560}{300}}{\frac{16270}{700}}\Rightarrow G_{A2}=2.15$$

$$G_{B2}=\frac{\frac{8560}{300}}{\frac{16270}{700}}\Rightarrow G_{B2}=1.23$$

$$k_{92}=\sqrt{\frac{1.6(2.15\times1.23)+4(2.15+1.23)+7.5}{7.5+2.15+1.23}}$$

$$k_{92}=1.52$$

⑩ ستون محور ۱۰:

$$G_{A2}=\frac{\frac{8560}{400}+\frac{8560}{300}}{\frac{16270}{700}+0}\Rightarrow G_{A}=2.15$$

$$G_{B2}=\frac{\frac{8560}{300}}{\frac{16270}{700}+0.5\left(\frac{16270}{400}\right)}\Rightarrow G_{B}=0.66$$

$$k_{10\,2}=\sqrt{\frac{1.6(2.15\times0.66)+4(2.15+0.66)+7.5}{7.5+2.15+0.66}}$$

$$k_{10}=1.43$$

BIST

Subject:
Year: Month: Date:

ستون شماره (11):

$$G_A = \frac{\frac{25170}{400} + \frac{25170}{300}}{0.5\left(\frac{16270}{400}\right) + 0.5\left(\frac{16270}{600}\right)} \Rightarrow G_A = 4.33$$

$$G_B = \frac{\frac{25170}{300}}{0} = \infty$$

$$K_{11} = \sqrt{\frac{1.6(4.33\times\infty) + 4(4.33+\infty) + 7.5}{7.5 + 4.33 + \infty}}$$

$$K_{11} = \sqrt{\frac{10.928}{1}} \Rightarrow K_{11} = 3.31$$

ستون شماره (12):

$$G_A = \frac{\frac{25170}{400} + \frac{25170}{300}}{0} = \infty$$

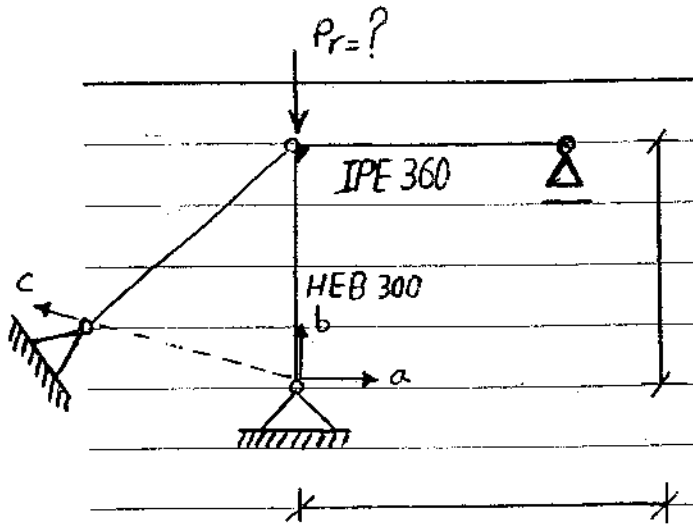
$$G_B = \frac{\frac{25170}{300}}{0.5\left(\frac{16270}{600}\right)} \Rightarrow G_B = 6.19$$

$$K_{12} = \sqrt{\frac{1.6(\infty\times 6.19) + 4(\infty + 6.19) + 7.5}{7.5 + \infty + 6.19}}$$

$$K_{12} = \sqrt{\frac{13.904}{1}} \Rightarrow K_{12} = 3.73$$

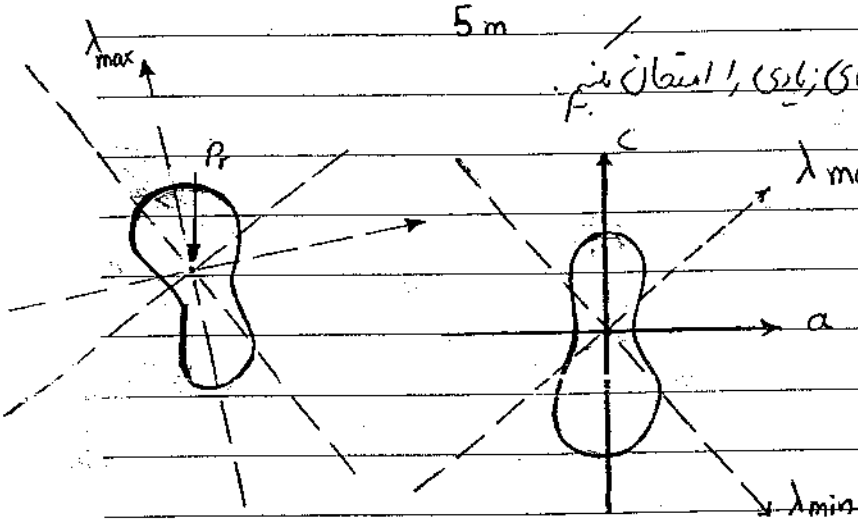
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



تمرین: حداکثر بار ضریب دار را محاسبه کنید؟

اگر ستون در صفحه باشد کار مشکل است باید محورهای زیادی را امتحان کنیم.



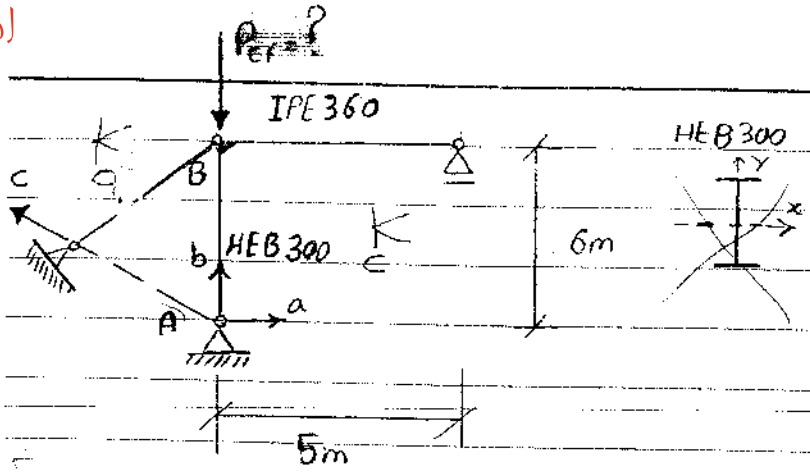
* اگر تابها عمود بر هم باشند و محورهای اصلی یک مقطع منطبق شود، محورهای سازه، کار بسیار ساده‌تری شود. در این صورت پیدا کردن لاغری Max در مقطع بسیار ساده است.

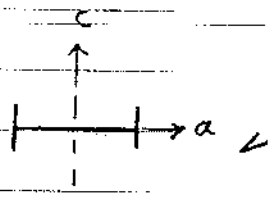
در این گونه مثالها، برای پیدا کردن λ_{map} کافی است لاغری حول a و c را حساب کنیم، هرکدام بزرگتر شد، همان λ_{max} است.

BIST

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:





کمانش در صفحه ab = کمانش حول محور c (در صفحه‌ای که یک تا بیشتر مهاربندی نشده)

چون B نسبت A حرکت می‌کند ← $G_A = 10$

$$G_B = \frac{\frac{25170}{600}}{0.5 \times \frac{16270}{500}} \Rightarrow G_B = 2.58$$

$$k_c = \sqrt{\frac{1.6(10 \times 2.58) + 4(10 + 2.58) + 7.5}{7.5 + 10 \times 2.58}} \Rightarrow k_c = 2.22$$

کمانش در صفحه bc = حول محور a

یک تا بیشتر مهاربندی نشده است

$k_a = 1.0$

$$\lambda_c = \frac{k.l}{r_c} = \frac{2.22 \times 600}{13} = 102 \quad \lambda_{max}$$

$$\lambda_a = \frac{k.L}{r_a} = \frac{1.0 \times 600}{7.58} = 79 \quad \lambda_{min}$$

$\lambda_{max} = 102 < 136$ ✓

$$\frac{102^2}{136^2}$$

$\sigma_n = (0.386) \times 2400 \Rightarrow \sigma_n = 1405 \rightarrow P_n = \sigma_n \times A \Rightarrow P_n = 1405 \times 14.9 \Rightarrow P_n = 20945$ kg

$P_r \leq \phi . P_n \Rightarrow P_r \leq 0.9 \times 20945 = 18841$ kg ✓

$\phi = 0.9$

BIST

ام سیویل

اعوجاجی

اعوجاجی مقطع

Subject: Year: Month: Date:

$M_w = V_p \cdot h \Rightarrow u_w = -EI_p \cdot \frac{h}{2} \frac{d\varphi}{dz^3}$ ← اندیس c_w ← $C_w = I_p \cdot \frac{h^2}{2}$

ممان اعوجاجی

$M_w = -E C_w \frac{d^3\varphi}{dx^3}$ *

سختی اعوجاجی — انحنای اعوجاجی

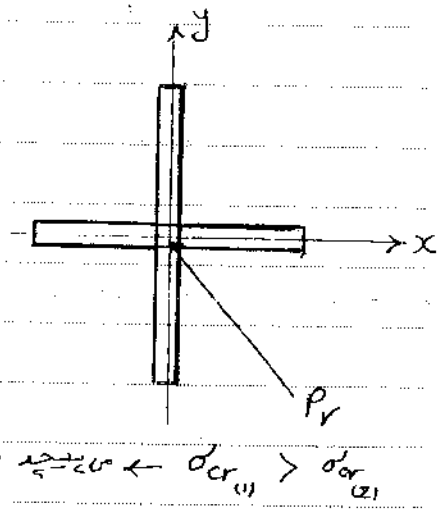
z را به x عوض کردم

* تعاریف اعوجاجی مقطع *

$M_T = M_p + M_w \Rightarrow M_T = G.J \frac{d\varphi}{dx} - EC_w \frac{d^3\varphi}{dx^3}$ * رابطه کلی

گشتاور کل پیچش

بار بحرانی (کمانش خمشی) $\rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(KL)^2}$



کمانش پیچشی

$\sigma_{cr(1)} = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_2 L)^2} + GJ\right] \frac{1}{I_x + I_y}$ ✓

$\sigma_{cr(2)} = \frac{\pi^2 E I}{(KL)^2}$ ✓

کمانش خمشی

$\sigma_{cr(1)} > \sigma_{cr(2)}$ ← می‌پیچد

$\sigma_{cr(2)} < \sigma_{cr(1)}$ ← خم می‌شود.

آئین‌نامه در فصل ستون‌ها صفحه 176 بند 4_2_10_2

صفحه 178 کمانش پیچشی بند الف

بند 9_4_2_10 صفحه 179 تا 180

10_4_2_10

ستون‌های طول کوتاه — مقطع باز — مقاومت کمانش پیچشی کمتری دارند

ستون‌های بلند و طول زیاد — مقطع نزدیک به بسته‌اند — مقاومت کمانش خمشی کمتر است.

* در ستون‌هایی که ما با آن‌ها روبه‌رو هستیم چون لاغر هستند یعنی طول آن‌ها زیاد است، بنابراین مقاومت

مورد نظر کمتر از ... است.

کمانش خمشی کمتر است.

مقاومت

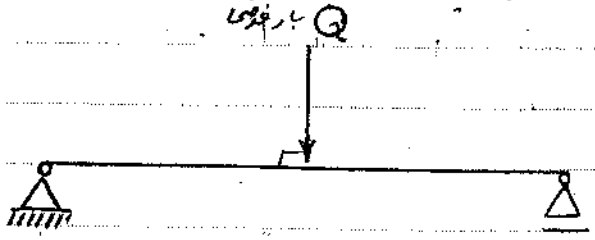
SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

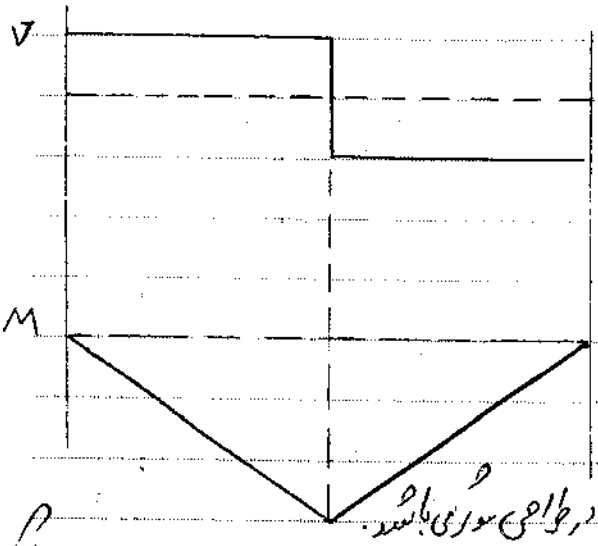
فصل چهارم: اعضای خمشی (تیر)

اعضای خمشی: المان‌هایی هستند که بار وارد بر این المان تقریباً عمود بر میان تار است. برخلاف اعضای کششی و فشاری بار عمود بر میان تار است. بار عمود بر میان تار = بار عرضی



بارهای عرضی باعث می‌شود المان تحت نیروی برشی و خمشی قرار گیرد. نیروی محوری ایجاد نمی‌شود در المان.

عضوی است که نیروی محوری ندارد و در عوض در مقاطع نیروی برشی و لنگر خمشی دارد (عضو خمشی)



* برخلاف اعضای کششی و فشاری در اعضای خمشی عوامل متعددی در طراحی موثر می‌باشد.

برش

✓ ۱- خمش، ۲- برش، ۳- تغییر شکل، ۴- کمانش جانبی - پیچش بال فشاری تیر، ۵- کمانش موضعی جان تیر دار

۶- جاری شدن، کهیدگی جان در اثر بارهای متمرکز شدید. ۷- خمش دوجهته، ۸- ترکیب تنش‌ها، ۹- پیچش

* ۴ عامل اول مهم‌تر اند

ام سیویل

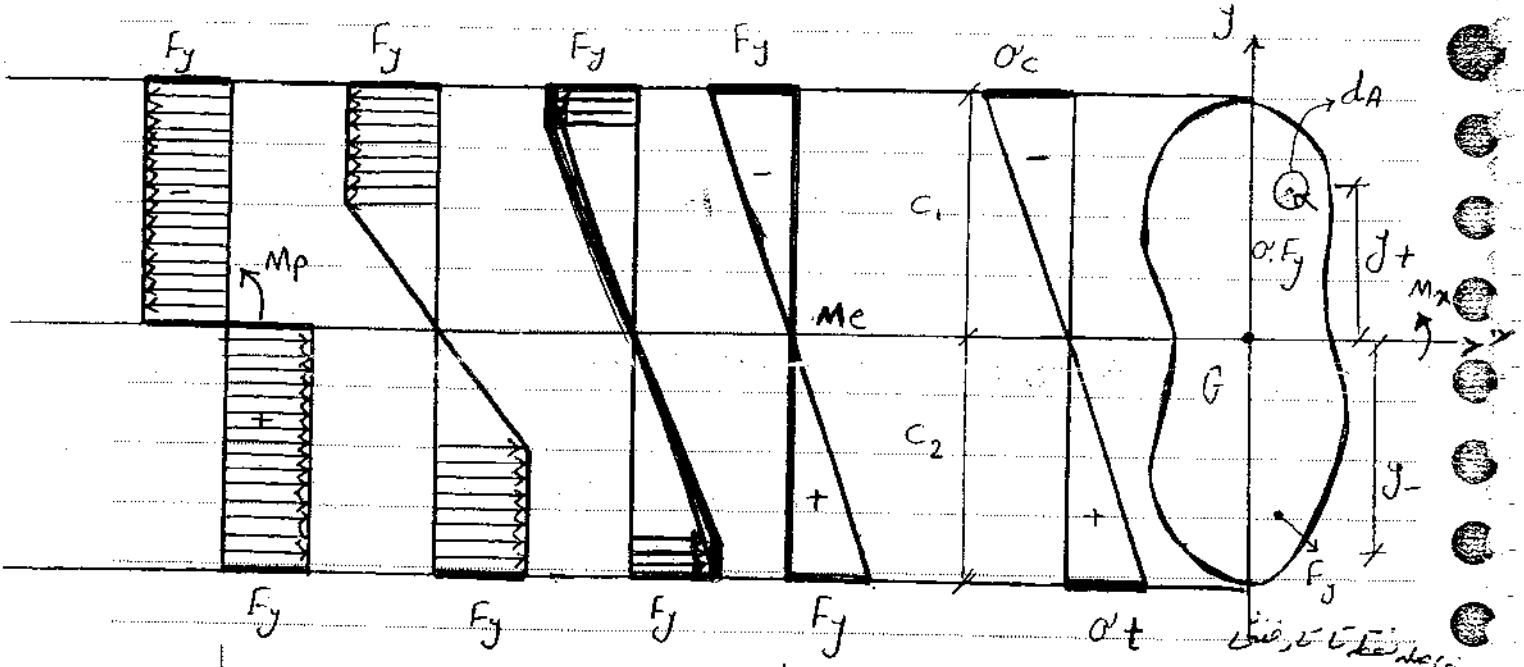
Subject:
Year: Month: Date:

* خمش : (ساده ترین حالت خمش)

✓ ۱- محور x و y محورهای اصلی

✓ ۲- محور z محور تقارن (عمود بر صفحه و متقارن) الاستیک خنثی الاستیک

✓ ۳- گشتاور نقطه حول محور x



$c = \max\{c_1, c_2\}$

$\sigma_{c\,max} = -\frac{M_x \cdot c_1}{I_x}$ ماکزیمم تنش فشاری

$\sigma_{t\,max} = \frac{M_x \cdot c_2}{I_x}$ ماکزیمم تنش کششی

$\sigma_{max} = \frac{M_x \cdot c}{I_x}$ ✓

$\sigma = -\frac{M_x \cdot y}{I_x}$ * رابطه تنش در هر نقطه

$W_{ex} = \frac{I_x}{c}$ اساس مقاومت

$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_{ex}}$ * * → محور x

مدول الاستیک مقطع

مدول الاستیک یک مقطع: تنها پارامتری است که مقاومت مقطع را در برابر خمش نشان می دهد.

* گشتاور الاستیک مقطع: به مقدار گشتاوری گفته می شود تنش در یکی از تارهای مقطع به حد جاری شدن برسد. گشتاور الاستیک

مقطع کوچک (Me)

$F_y = \frac{Me}{We} \Rightarrow \boxed{Me = F_y \cdot We}$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

گشتاور نهایی یا پلاستیک یک مقطع: به مقدار گشتاری که باعث می‌شود، کل مقاطع مقطع به جاری شدن برسند

$$M_p = \int (F_y \cdot dA) \cdot y$$ ← گشتاور المان سطح

$$M_p = F_y \int |y| \cdot dA$$

↳ W_p مدول پلاستیک

$$\boxed{M_p = F_y \cdot W_p}$$ *

* مدول پلاستیک جزو خواص هندسی مقطع است *

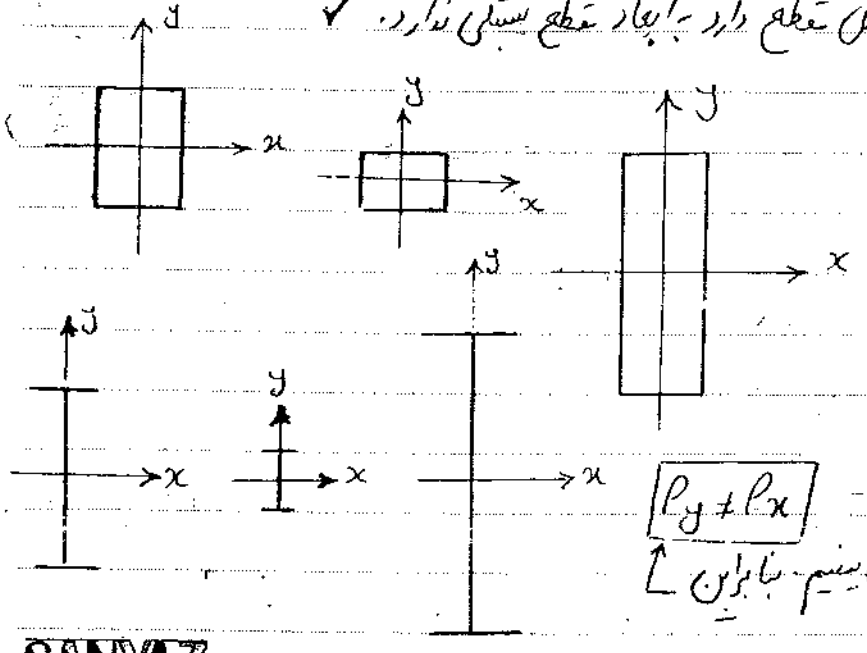
W_p = گشتاور الاستیک سطح بالا نسبت به محور x + گشتاور الاستیک سطح پایین نسبت به محور x

$$f = \frac{M_p}{M_e} = \frac{|A_1 a_1| + |A_2 a_2|}{W_e} > 1.0$$

تنها پارامتری که نشان می‌دهد مقطع امکان دارد شکل پذیری است.

هر چقدر از 1.0 باشد، شکل پذیری بیشتر است در مقابل خمش.

ضریب شکل پذیری = تنها بستگی به شکل مقطع دارد و ابعاد مقطع بستگی ندارد. ✓



$$\boxed{f_y = f_x}$$

نسبت به محور x بالا و پایین تیری بینیم.

$$\boxed{f_y \neq f_x}$$

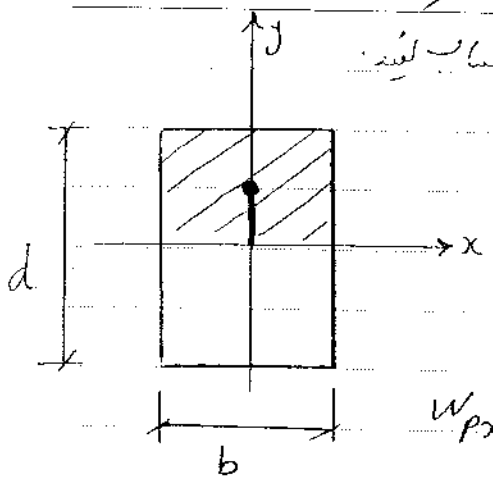
نسبت به محور y چپ و راست را دارد می‌بینیم. بنابراین

ام سیویل

* آئین نامه تنش مجاز را در تیرها 3 درصد افزایش دهد. *

Subject: Year: Month: Date:

مثال: ضریب شکل مقطع مستطیلی نسبت به محورهای x و y را محاسبه کنید.



$$f_x = \frac{W_{px}}{W_{ex}}$$

(فاصله مرکز هاروف خورده از تار خنثی)

(فاصله از مرکز)

(مساحت های نوشته خورده)

$$W_{px} = \int |y|\, dA = 2 \times \left[b \times \frac{d}{2} \times \frac{d}{4} \right] = \frac{bd^2}{4}$$

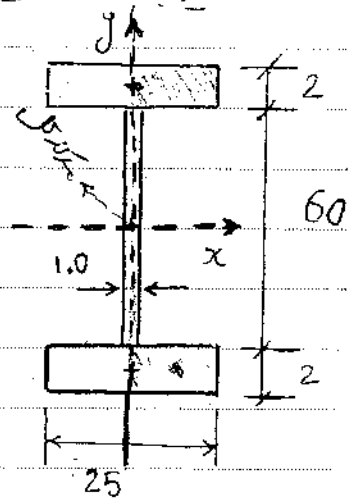
$$W_{ex} = \frac{I_x}{c} = \frac{\frac{bd^3}{12}}{\frac{d}{2}} = \frac{bd^2}{6} \quad \checkmark$$

(نصف ارتفاع مقطع)

$$f_x = \frac{\frac{bd^2}{4}}{\frac{bd^2}{6}} = 1.5 \quad , f_y = 1.5 \quad \checkmark$$

در تمام مستطیل ها

مثال: ضریب شکل مقطع زیر را نسبت به محورهای x و y محاسبه کنید.



$$f_x = \frac{W_{px}}{W_{ex}} \qquad f_x \neq f_y$$

$$W_{px} = \int |y|\, dA = 2 \times \left[25 \times 2 \times 31 + 30 \times 1 \times 15 \right] = 4000$$

$$W_{ex} = \frac{I_x}{c}$$

(ممان اینرسی) (فاصله از مرکز ثقل تا بالا) (مساحت) (فاصله مرکز ثقل تا مرکز) (همان فاصله مرکز ثقل)

$$I_x = \frac{1 \times 60^3}{12} + \underbrace{2 \times \frac{25 \times 2^3}{12}}_{\text{(12)}} + 2 \times 2 \times 25 \times 31^2 = 114133$$

$$W_{ex} = \frac{114133}{32} = 3566 \Rightarrow f_x = \frac{4000}{3566} = 1.12$$

(فاصله مرکز ثقل تا بالا)

نتیجه: هر مقطع I شکل دیگری با ابعادی قطعاً ضریب شکل آن باید 1.12 باشد.

$1.10 < f_x < 1.15$ ← برای تمام پروفیل های I شکل

و ضریب شکل مقطع I شکل $f_x = 1.12$ است.

SANYAZ

ام سیویل

W_p برای خودم: $= 2 * (\text{مساحت بالای تار}) * (\text{فاصله مرکز سطح بالا تا تار})$

Subject: تا محور خنثی

Year: Month: Date:

$$\rho_y = \frac{W_{py}}{W_{ey}}$$

$$W_{py} = \int |x| dA = 2 \times \left[2 \times 12.5 \times 2 \times 6.25 + 60 \times 0.5 \times 0.25 \right] = 640 \quad \checkmark$$

$$W_{ey} = \frac{I_y}{c} \qquad I_y = \frac{60 \times 1^3}{12} + \frac{2 \times 25^3}{12} = 5213 \quad \checkmark$$

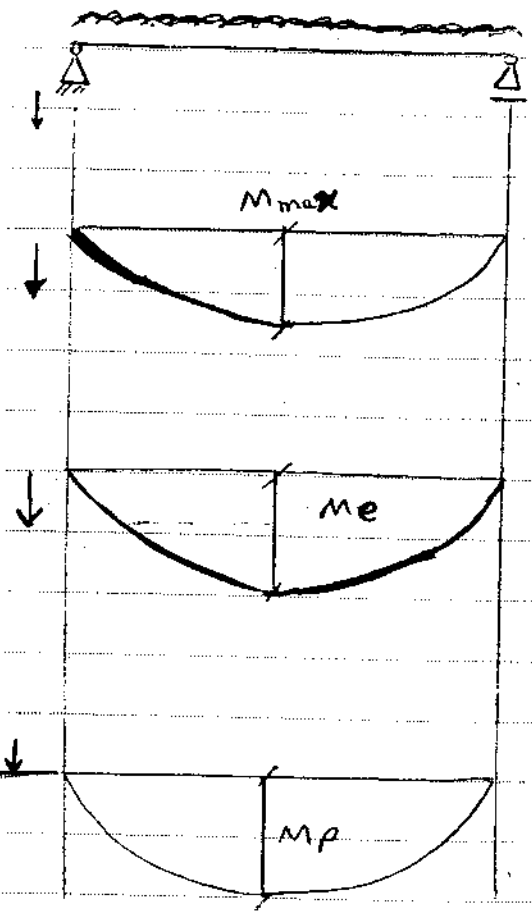
$$W_{ey} = \frac{5213}{12.5} = 417 \Rightarrow \rho_y = \frac{640}{417} = 1.5$$

$\boxed{\rho_y = 1.5}$ ✓ (عملی)

$$1.5 < \rho_y < 1.55$$

نتیجه: ضریب شکل کلیه مقاطع I شکل نسبت به محور x [illegible] نسبت به محور y است.

* جریان بارگذاری در تیر:



با افزایش بار تنش‌ها افزایش می‌یابند. هان مقطعی که در آن تنش max بود به تنش تسلیم الاستیک می‌رسد Me و بعد همان مقطع به تنش پلاستیک می‌رسد Mp و وقتی تنش‌ها پلاستیک رسید

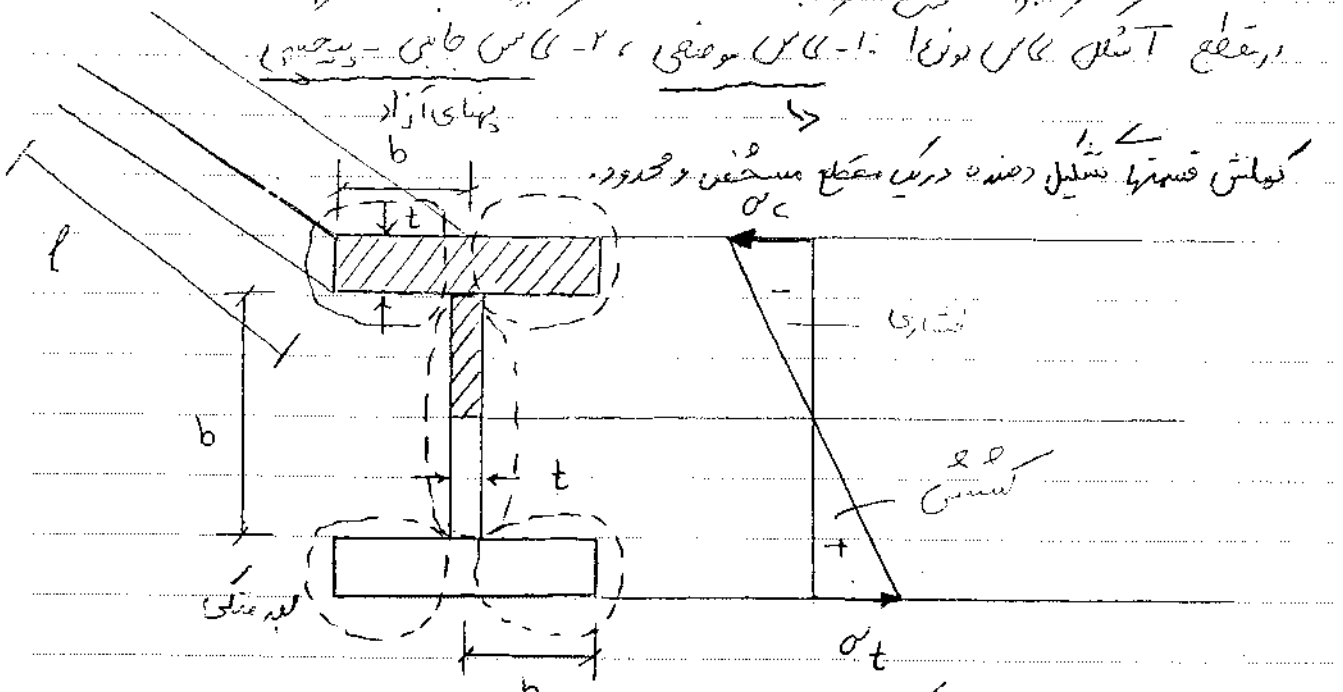
چون تنش‌های فشاری زیاد است می‌توانند کمانش ایجاد کنند.

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

در مقطع I شکل کلاس مورد ۱ - کلاس موضعی ، ۲ - کلاس جانبی - پیچشی



کوتاهترین قسمتهای تشکیل دهنده در یک مقطع مشخص و محدود.

- همچنین در شرط لازم است که بتوان تنش را در یک مقطع I شکل به تنش در پلاستیک برسانیم:

* از ظرفیت کامل تیر دقتی می توان استفاده کرد که کلاس موضعی و کلاس جانبی - پیچشی اتفاق نیفتد. *

✓ شرط یک: تا رسیدن تنش در به تنش در پلاستیک قسمت های تشکیل دهنده مقطع کلاس موضعی نداشته باشد.

* قسمت های تشکیل دهنده یک مقطع: اجزای از یک مقطع است که حداقل از یک طرف و یا از هر دو طرف به اجزای دیگر متصل اند. در شکل بالا با خطوط خط چین آنها نشان داده شده اند.

پهنای آزاد: با تعریف عرض هر قسمت را پهنای آزاد آن قسمت گویند. (b)

ضخامت هر قسمت، ضخامت آن جزء است (t)

هرچقدر نسبت $\frac{b}{t}$ بزرگتر باشد در آن قسمت طول بزرگتر و ضخامت کمتر است. (لکت فشاری می تواند در طول محدودی کمانه کند) (اگر پیچ)

* $\lambda = \frac{b}{t}$ لاغری اجزای تشکیل دهنده

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$\lambda = \frac{b}{t}$

$\frac{b}{t}$ دوری‌ها لاغری نامیده می‌شود.

کمانش موضعی، کاهش مقاومت‌های تشکیل دهنده مقطع در طول محدوده‌ای به همین دلیل کمانش موضعی گویند.

✓ کمانش موضعی فقط تابع $\frac{b}{t}$ است، $\frac{b}{t}$ بیشتر کمانش موضعی بیشتر است. ✓

* اجزای از یک طرف متصل = اجزای یک لبه متکی

** اجزای از دو طرف متصل = اجزای دو لبه متکی

اگر $\frac{b}{t}$ کوتاه باشد ← مقطع ضخیم‌تر ← تا شکار پلاستیکی، کمانش موضعی اتفاق نمی‌افتد

~~بین مقطع مقاطع غیر فشرده~~ compact

اگر $\frac{b}{t}$ یک مقدار بزرگ ← تا شکار ✓ الاستیک کمانش موضعی ندارد ولی بین تا شکار الاستیک و تا شکار پلاستیک کمانش موضعی می‌تواند اتفاق بیفتاد. به این مقاطع، ~~مقاطع غیر فشرده~~ لاغر گویند.

اگر $\frac{b}{t}$ بزرگتر ← قبل از اینکه حتی تا شکار به تا شکار الاستیک برسد دچار نقطه‌ی کمانش موضعی دارند.

مقطع لاغر (استفاده از آن ممنوع) طبق آئین نامه فولاد ایران

* دسته بندی مقاطع به سه دسته طبق آئین نامه: ۱- مقاطع فشرده ✓
۲- مقاطع غیر فشرده ✓
~~۳- مقاطع لاغر~~ غیر قابل استفاده

نکته) طبق صفحات 158 به 155 آئین نامه، تعاریف مقاطع فشرده و غیر فشرده آمده است.

SANYAZ

ام سیویل

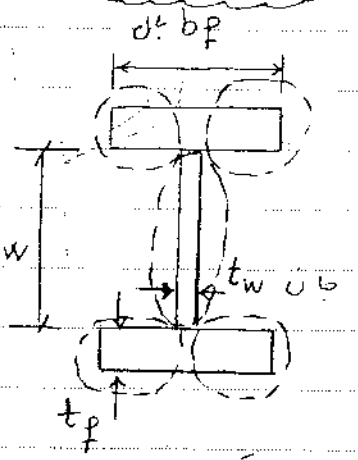
Subject:
Year: Month: Date:

نتیجه سوال اول: اگر می خواهیم گشتاور را به گشتاور P برسانیم، حتماً باید مقطع فشرده باشد.

جدول صفحه 155 - جدول 1.2-2-10 محدودیت نسبت پهنا به ضخامت اجزای فشاری

158

ردیف ۱ جدول برای بال تیر



بال فشرده: $\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 11$ ✓

بال غیرفشرده: $0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f} < 0.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 22$

هرچه قدر به 0.76 نزدیک شود به غیرفشردگی نزدیک است. ✓

هرچه قدر به 0.38 نزدیک شود، غیرفشردگی کمتر است. ✓ پس فشردگی بیشتر *

ردیف ۹ جدول برای جان تیر

جان فشرده: $\frac{h}{t_w} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 108$ ✓

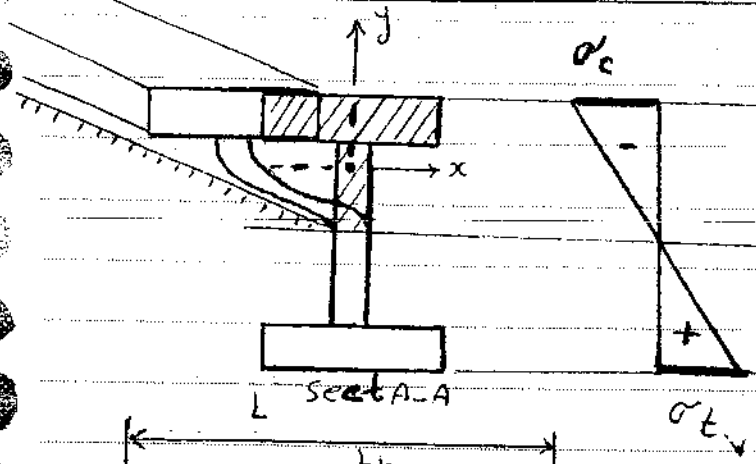
جان غیرفشرده: $3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} < 5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

✗ اگر بال فشرده و جان نیز فشرده باشد، مقطع فشرده است.

ام پیویک

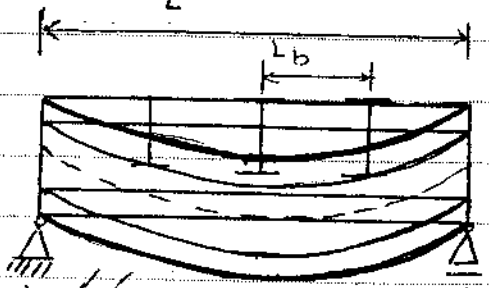
Subject:
Year: Month: Date:

فرض دوم: با پیدن تنها در مقاطع پلاستیک، مقطع [illegible] نداشته باشد.



شرط دوم اهمیت زیادی دارد.

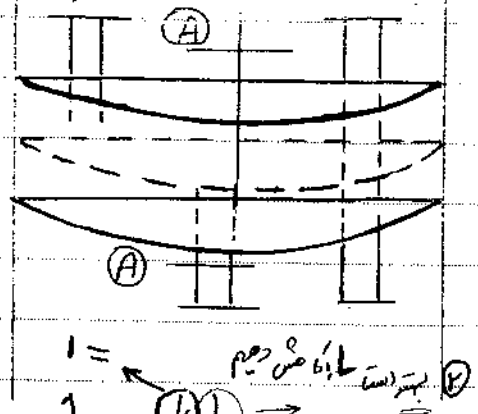
* ممکن است مقطع T شکل بالا به تحت نباشد
بجای کابین مرضی مانند یک ستون
با مقطع T کابین کامل بکند.



اگر ستونی با مقطع T باشد، احتمال کمانه کردن حول محور x است یا حول محور y.

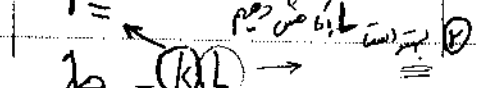
نسبت به محور x به هیچ وجه نمی‌تواند کمانه بکند. (امکان پذیر نیست)

حول محور y عامل وجود ندارد، می‌تواند، پاهای حول محور y کمانه بکند.



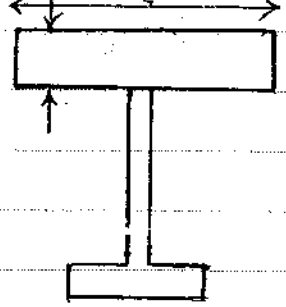
کمانش جانبی از کمانش مرضی هم بسیار خطرناک است.

چون یک کمانش کلی است و در کل تیر اتفاق می‌افتد.



کمانش جانبی در تیرها به شکل جابجایی در یا به شکل پیچش است.

برای جلوگیری از کمانش جانبی دو نوع راه حل داریم: ۱- کاهش r_y ۲- کاهش L



۱- کاهش r_y (ممان اینرسی محور ضعیف را بیشتر کنیم و مساحت را بیشتر کنیم!)
هم عرض بال و هم ضخامت بال را بیشتر بکنیم.

۲- کاهش L (دهانه‌ها را کم کنیم.)
دال پل‌ها استفاده می‌کنند.

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

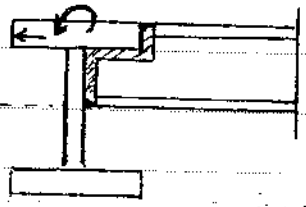
III ← (۲) ۷ (طول) کمانش را کاهش دهیم (موثرتر و مناسب‌تر است) با اضافه کردن تکیه‌گاه‌های جانبی (L_b)

تکیه‌گاه‌های جانبی: تیرهای فرعی هستند به فواصل مشخص L_b طوری تنظیم می‌شوند که طول کمانش جانبی را کاهش دهند.

نتیجه شرط دوم

اگر می‌خواهیم مقاومت برشی برسد با اضافه کردن تکیه‌گاه‌های جانبی به فواصل مشخص طول کمانش جانبی پیش آید باید

اتصال آن بسیار مهم است. طوری تیر فرعی را متصل کنیم که اولاً ظرفیت مقاومتی داشته باشد ثانیاً، هم طول کمانش را کاهش دهد.



هم طول کمانش را کاهش دهد.

* در اجرای تیرها حالتهای بسیار مختلفی با وجود شرط گفته شده بوجود می‌آید!

فرض می‌کنیم ۱- مقطع I شکل ۲- مقاومت حول محور ل ۳- جنس حول محور x (محور قوی) *

حالت‌های مختلف بال:

a ✓ - مقطع فشرده (بال فشرده، جان فشرده) و دارای تکیه‌گاه جانبی به حد کافی

مقطع فشرده

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$ ✓ بال فشرده

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$ ✓ جان فشرده

$h_w = h - 2t_f$

است

$L_p = 1.76\, r_y\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ✓ ✓ طول لازم برای رسیدن مقاومت به مقاومت پلاستیک

آخرین فاصله شعاع ژیراسیون حول محور ضعیف مقطع

تکیه‌گاه به حد کافی ($L_b < L_p$)

حد کافی: تکیه‌گاه‌هایی داشته باشیم که فاصله تکیه‌گاه‌ها از L_p کوچکتر باشد.

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

✓ مقاومت‌های مان گشتاور پلاستیک است.

$M_n = M_p$

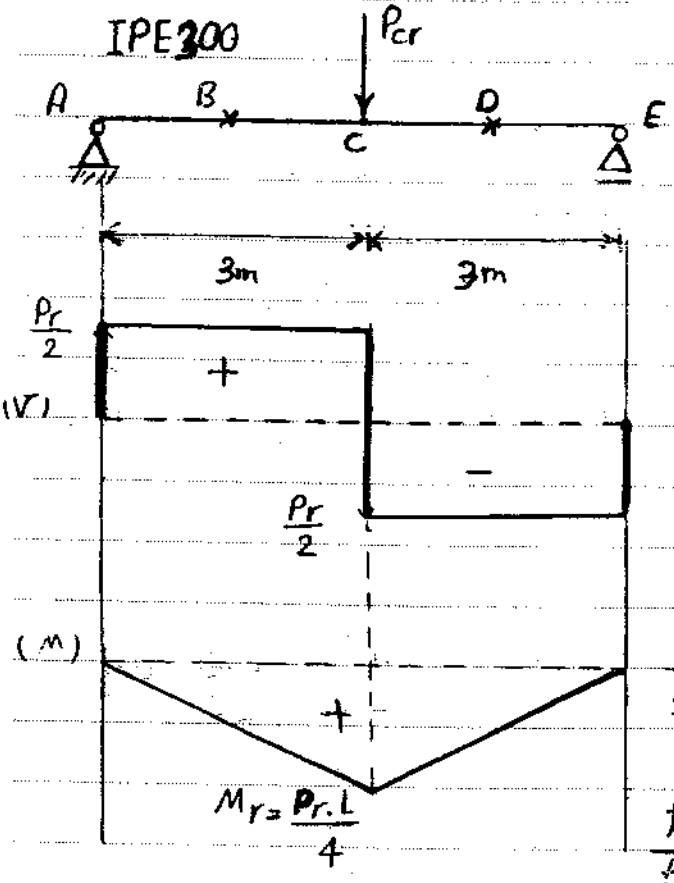
$M_n = M_p = W_p \times F_y$

$M_r \leq \phi M_n$ گشتاور ضریب‌دار

$\phi = 0.9$ *

مسئله ۱: در تیر مقابل در نقاط A, B, C, D, E تکیه‌گاه جانبی تأمین داده شده‌اند.

مقاومت خمشی ضریب را محاسبه کنید؟



IPE 300 { $W_e = 557$, $W_p = 624$, $t_f = 15$, $t_f = 1.07$, $t_w = 0.71$, $r_y = 3.35$

* نکته: اگر W_p در جدول پروفیل موجود نباشد، $W_p = W_e \times 1.12$ می‌باشد.

① مقطع فشرده

$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$\frac{15}{2 \times 1.07} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$ ✓ بال فشرده

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

$\frac{(30 - 2 \times 1.07)}{0.71} = 39 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$ ✓ جان فشرده

* اگر یکی از مقاطع فشرده نشده باشد، مقدار M_n کنترل شود.

ام سیویل

Subject: Year: Month: Date:

$L_b = 150$ cm

$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.35 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 170$ cm $\Rightarrow L_b < L_p$

① کنترل شرایط تکیه‌گاهی جانبی
تکیه‌گاه مهاربندی است.

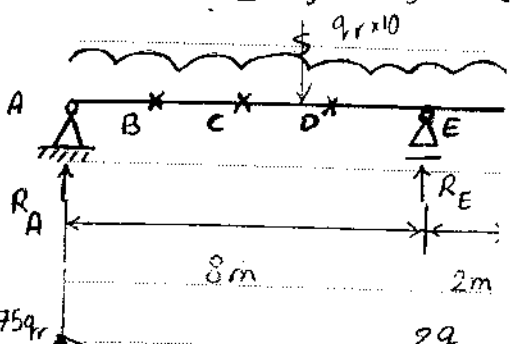
حالت (a)

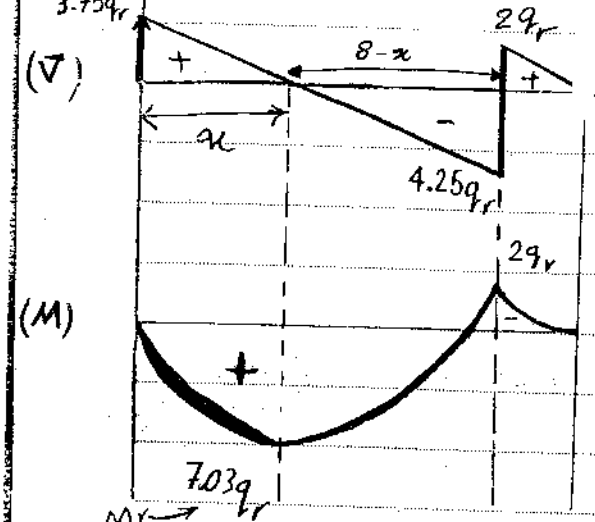
$M_n = M_p = W_p \times F_y = 624 \times 2400 \Rightarrow M_n = 1497600$ kg.cm

$M_r \leqslant \phi M_n \Rightarrow \left(\frac{P_r \times 600}{4}\right) \leqslant 0.9 \times 1497600 \Rightarrow P_r \leqslant 8985.6$ kg

مسئله ۲: در تیر نکاتی مهم برای رسم دیاگرام V و M

بیشترین بارگسترده ضریب دار را پیدا کنید





بعد تشابه $\Rightarrow \frac{۴٫۲۵q_r}{۳٫۷۵q_r} = \frac{۸-x}{x}$ در دیاگرام V

$\rightarrow x = 3.75$

ساعت شناسی

دیاگرام M $\Rightarrow \frac{۳٫۷۵q_r \times ۳٫۷۵}{2} + ۷.۰۳q_r$ $E = 6.25q_r$

ساعت شناسی $\frac{۳٫۷۵q_r \times ۳٫۷۵}{2} = -۹٫۰۳q_r$

$+7.03q_r - 9.03q_r = -2q_r$

IPE 400 | $W_e = 1100$

$W_{pz} 1299 = W_e * 1.12$

$b_f = 18$

$t_f = 1.35$

$t_w = 0.86$

$r_y = 3.95$

① کنترل فشردگی

$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow \frac{18}{2\times1.35} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$ ✓ بال فشرده

$\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow \frac{(40-2\times1.35)}{0.86} = 43 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$ ✓ جان فشرده

مقطع فشرده

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

۲) کنترل شرایط تکیه‌گاه جانبی

$L_b = 200\ cm$

$L_p = 1.76 \times 3.95 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 201\ cm \Rightarrow$ [redacted]

* حالت [redacted]

$M_n = M_p = W_p \times F_y = 1299 \times 2400 \Rightarrow M_n = 3117600\ kg.cm$

M_r به سانتی‌متر تبدیل شده است ← cm

$M_r \leq \phi M_n \Rightarrow (7.03 \times q_r) \times 100 \leq 0.9 \times 3117600 \Rightarrow q_r \leq 3991\ kg/m$

b- [redacted]

$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ✓✓ تقاطع نکرده

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

فاصله تکیه‌گاه، بیشتر از حد لازم است برای رسیدن به لنگر پلاستیک (M_p)

$L_p < L_b < L_e$

L_e: فاصله‌ی لازم برای رسیدن به لنگر الاستیک (M_e) است.

* تکیه‌گاه‌ها فاصله‌شان یک مقدار بیشتر است. یعنی مقاومت تیر تا لنگر پلاستیک (M_p) می‌رسد.

در فاصله بین لنگر الاستیک (M_e) و لنگر پلاستیک (M_p) می‌تواند کاهش موضعی داشته باشد.

$0.7M_e \leq M_n < M_p$ * ← در نظر گرفتن 0.3 تنش پسماند

مقاومت تیر کوچکتر از لنگر M_p است.

مقاومت خمشی تیری بین لنگر M_e و M_p است. *

* هرچه‌قدر فاصله‌ها به L_e نزدیک‌تر شوند مقاومت کاهش می‌یابد به $0.7M_e$ و هرچه‌قدر فاصله‌ها به L_p نزدیک شوند، مقاومت افزایش می‌یابد به M_p.

SANYAZ

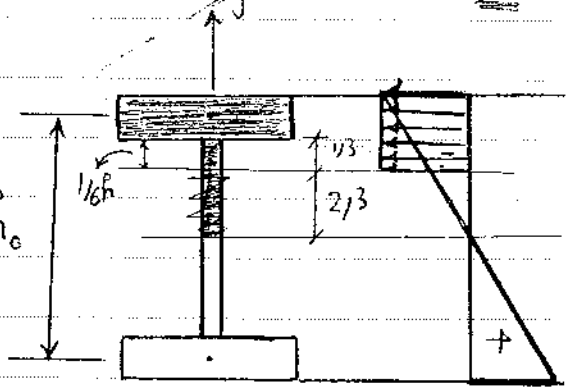
ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

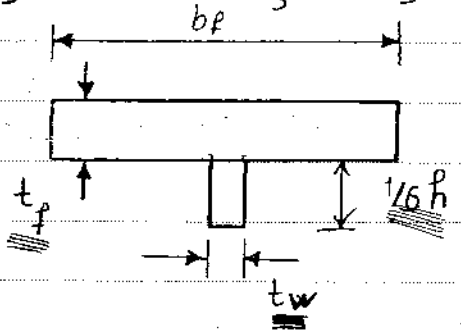
$L_e = \pi . r_{ts} * \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}}$

← به خاطر تنش پسماند

r_{ts} : شعاع ژیراسیون مقطع شکلی که می‌تواند کمانه کند نسبت به محور y



طرف آئین نامه $\frac{2}{3}$ طول را کنار می‌گذارد و $\frac{1}{3}$ آن را حساب می‌کند.



← T شکل معادل

$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y . h_o}{2 w_e}}$

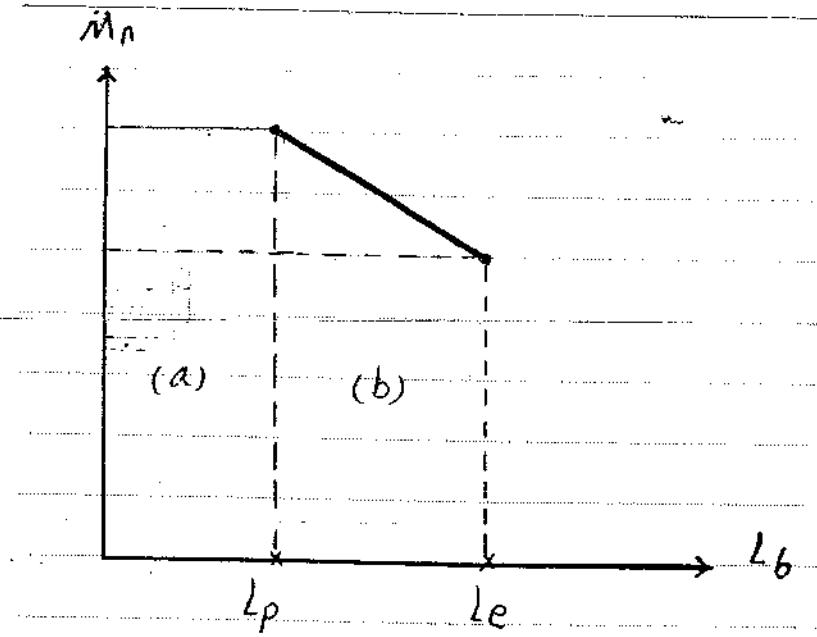
$r_{ts} \simeq 1.20 r_y$ برای پروفیل‌های نورد شده

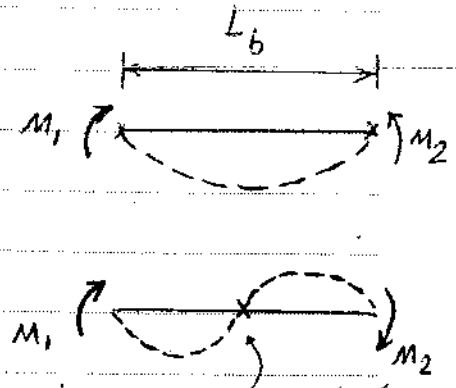
h_o : فاصله مرکز به مرکز بال‌ها

I_y : لنگر اینرسی کل مقطع نسبت به محور y

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



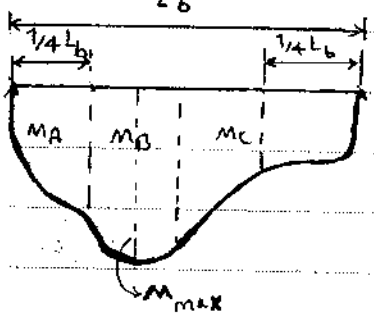


* تکیه گاه مجازی خود به خود ایجاد شده است.

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

C_b: C_b بزرگتر یا مساوی یک ضریب اصلاحی که اثر نمودار گشتاور خمشی را در فاصله جانبی نشان می دهد.

* چون در اثر ضرب کردن معادله بالا به ضریب C_b حاصل خیلی بالا تر می شود به همین دلیل معادله بالا را کوچکتر مساوی M_p قرار داده ام.



نمودار خمش

$$1.0 \leq C_b = \frac{12.5\,M_{max}}{2.5M_{Max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 3.0$$

* همواره عددی بزرگ 3.0 و 1.0 است. قدر مطلق مقادیر در معادله جایگذاری می شود ($|M_A|$ و $|M_B|$ و $|M_C|$)

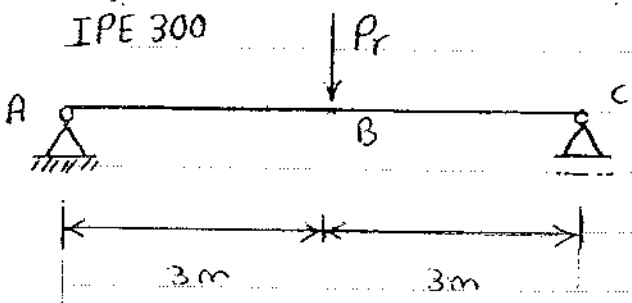
آئین نامه مبحث 10 جدول 2-5-2

SANYAZ

ام سیویل

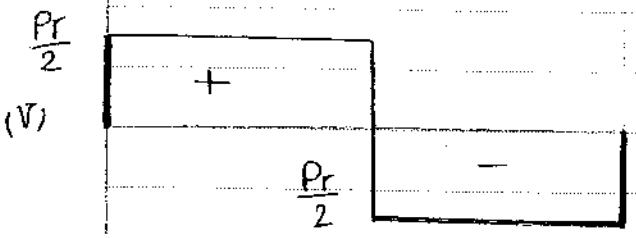
Subject:
Year: Month: Date:

مسئله ۲: فرض می‌کنیم تیر در نقاط A, B, C دارای تکیه‌گاه جانبی است. با مسئله یک صفحه ۹۷ حزوه



IPE 300 { $W_e = 557$, $W_p = 624$ ← $W_p = 1.12 W_e$, $b_f = 15$, $t_f = 1.07$, $t_w = 0.71$, $r_y = 3.35$ }

مقاطع را انتخاب کنید.



① کنترل فشردگی

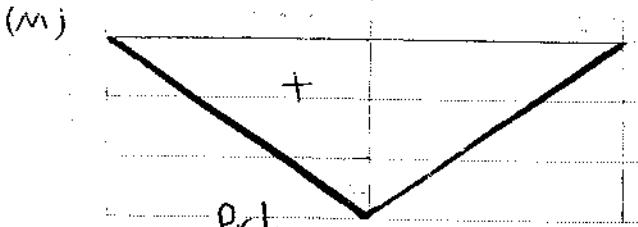
$$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{15}{2\times 1.07} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \quad \checkmark \text{ بال فشرده}$$

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

$$\frac{(30 - 2\times 1.07)}{0.71} = 39 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \quad \checkmark \text{ جان فشرده}$$

} مقاطع فشرده



$M_r = \frac{P_r L}{4}$

② کنترل شرایط تکیه‌گاه جانبی

$L_b = 300\ cm$

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.35 \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{2400}} = 170\ cm$$

$$L_e = \pi . r_{ts}\sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} \Rightarrow L_e = \pi \times (1.2 \times 3.35) \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{0.7\times 2400}} = 435\ cm$$

$L_p < L_b < L_e$ ← حالت (b)

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

$C_b = 1.65$ از جدول صفحه ۲۰۰ آیین‌نامه ✱

$M_p = W_p \times F_y = 624 \times 2400 = 1497600$

$M_p = W_e \times F_y = 557 \times 2400 = 1336800$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

935760

$$M_n = 1.65\left[1497600 - \left(1497600 - 0.7\times 1336800\right)\left(\frac{300-170}{435-170}\right)\right] = 2016267 \not< M_p = 1497600$$

$$M_n = M_p = 1497600 \quad *$$

$$M_r \leq \phi M_n \Rightarrow \frac{P_r \times 600}{4} \leq 0.9 \times 1497600 \Rightarrow P_r \leq 8986\ kg \ \surd$$

c – مقطع فشرده (بال فشرده، جان فشرده) و فاقد شرایط تکیه گاهی جانبی

$$\left.\begin{aligned}\frac{b_f}{2t_f} &< 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}\\ \frac{h}{t_w} &< 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}\end{aligned}\right\}$$

فاقد شرایط تکیه گاهی : $L_b > L_e$

بنابراین قبل از اینکه لنگر در دو سر تیر به لنگر پلاستیک (M_e) برسد کمانش جانبی می دهد.

$M_n \leq 0.7 M_e$ چون کمانش قبل از لنگر پلاستیک (M_e) است، شکل کمانش هم کمانش الاستیک است (اویلر)

$$M_n = F_{cr} \times W_e \leq M_p$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \times \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}\sqrt{1 + 0.078\frac{J_* C}{W_e h_o}\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

J_c : مقاومت پیچشی مقطع

J * در جدول شورتگ نمی باشد ولی در جدول اکثر کمپانی ها بیان شده و می توان به راحتی آنرا محاسبه کرد. سود جست

$C = 1$ برای پروفیل های نورد شده از جدول

برای پروفیل های I شکل همیشه یک است.

h_o فاصله مرکز تا مرکز پروفیل I شکل ($d - t_f$)

$$J = \frac{1}{3}\sum b t^3$$

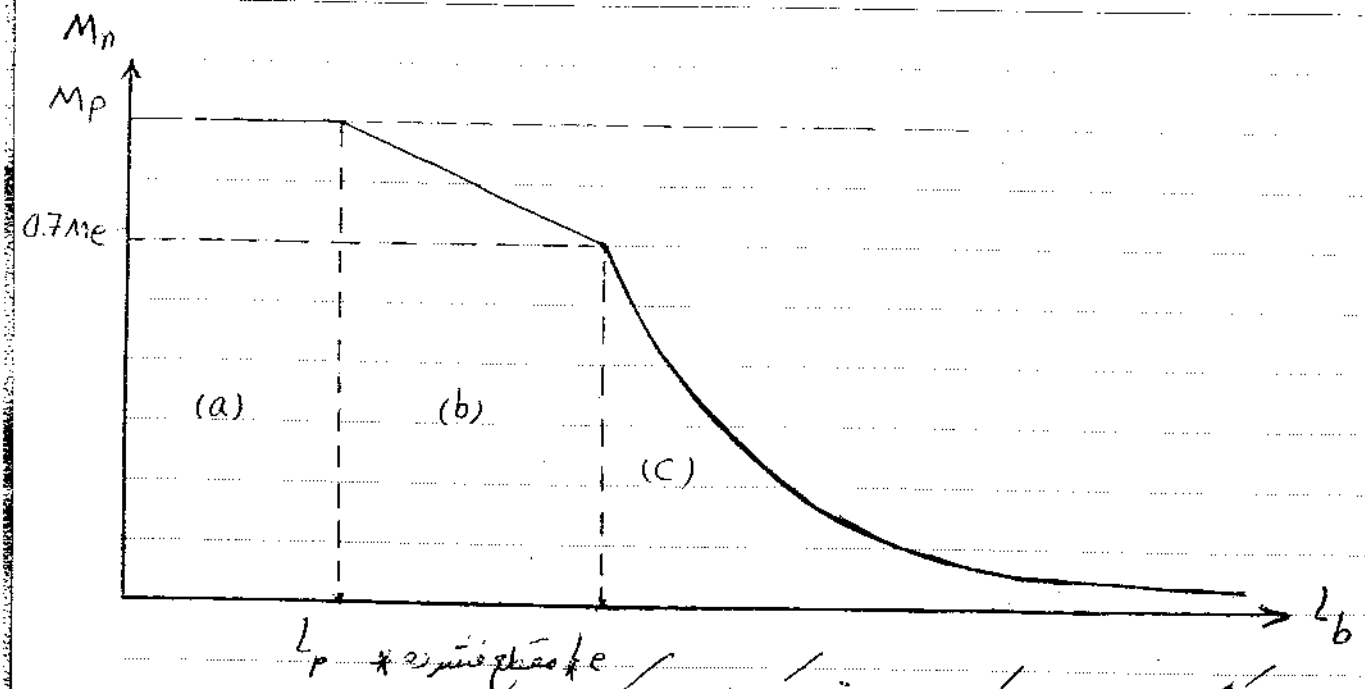
ضخامت ورق ها

عرض ورق ها

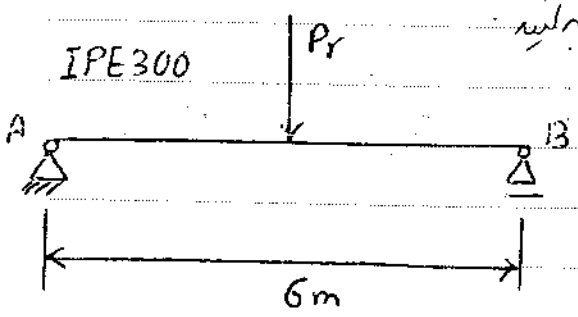
SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:



مثال: حداکثر بار ضریب داری که تیر می‌تواند تحمل کند را محاسبه کنید
فقط در نقاط A و B مهار جانبی دارد



IPE 300
$W_e = 557$
$W_p = 624$
$b_f = 15$
$t_f = 1.07$
$r_y = 3.35$

① کنترل فشردگی ✓

$$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{15}{2\times 1.07} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \checkmark$$ بال فشرده

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

$$\frac{(30 - 2\times 1.07)}{0.71} = 39 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \checkmark$$ جان فشرده

مقطع فشرده ✓

② کنترل شرایط تکیه‌گاهی

$L_b = 600$ cm

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76\times 3.35 \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{2400}} = 170 \text{ cm}$$

$$L_e = \pi \cdot r_{ts}\sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times (1.2\times 3.35)\times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{0.7\times 2400}} = 435 \text{ cm}$$

$L_b > L_e$ (C) سیستم جزء کمانش

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$M_n = F_{cr} \cdot W_e \leq M_p$ ✓

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}\sqrt{1+0.078\frac{J\times c}{h_o W_e}\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = \frac{1.3\,\pi^2\times 2\times 10^6}{\left(\frac{600}{4.01}\right)^2}\sqrt{1+0.078\frac{19.47\times 1}{28.93\times 557}\left(\frac{600}{4.01}\right)^2}$$

$C_b = 1.3$

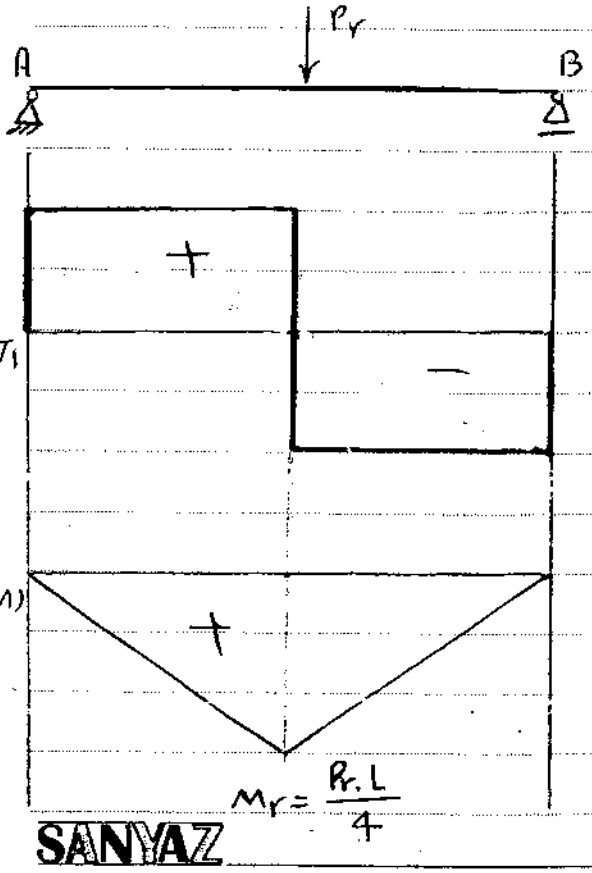
$r_{ts} = 1.2 \times 3.35 = 4.01$ $\quad F_{cr} = 2025$

$J = \frac{1}{3}\sum b t^3 = 19.47$ $\quad M_n = F_{cr} \times W_e = 2021 \times 557 = 1125697 < M_p = W_{px} F_y =$ 1127925 1497600 ✓

$h_o = 30 - 1.07 = 28.93$ (d t_f) $\quad M_r \leq \phi M_n$

$\left(\frac{P_r \times 600}{4}\right) \leq 0.9 \times 1125697 \Rightarrow P_r = 6751$ kg 1127925 6767

نتیجه گرفتیم از ظرفیت کامل تیر استفاده نکردیم حداقل باید یک تکیه گاه میانی در وسط تیر AB داشته باشیم.



SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

* d ـ بال غیرفشرده ـ جان فشرده ـ تکیه‌گاه به صورتی

$$\lambda_{pf} = 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{ef} = 0.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

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

$$L_b < L_p$$

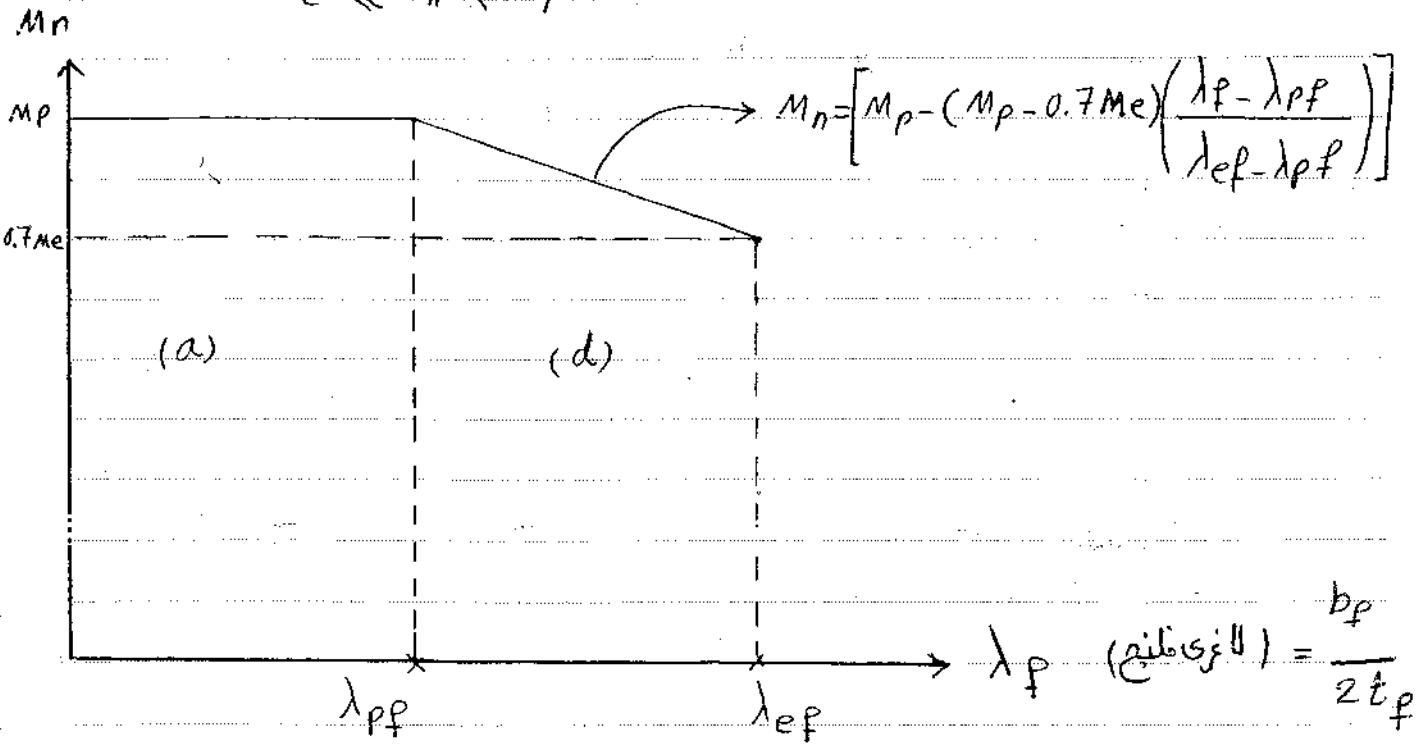
چون تکیه‌گاه به صورتی دارد، تنش خمشی یکنواخت می‌شود.

به علت اینکه بال غیرفشرده است، در فاصله بین لنگار الاستیک (M_e) و لنگار پلاستیک (M_p) تنش موضعی وجود دارد.

نتیجه: قطعاً ظرفیت تیر بین لنگار الاستیک (M_e) و لنگار پلاستیک (M_p) خواهد بود.

چون بال خیلی فشرده است مشکل تیر کمانش موضعی است.

$$0.7M_e \leq M_n < M_p$$



برای جان فشرده، $L_b < L_p$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

* e - بال غیرفشرده - جان فشرده - برای تکیه گاه جانبی ناکافی

$$\lambda_{pf} < \lambda_f < \lambda_{ef}$$

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

$$L_p < L_b < L_e$$

* دو حالت دارد ۱- بال غیره فشرده ۲- تکیه گاه قاعم تر است.

بال غیرفشرده = بین گشتاور الاستیک M_e و گشتاور پلاستیک M_p کمانش موضعی می کند.

تکیه گاه ناکافی = بین گشتاور الاستیک M_e و گشتاور پلاستیک M_p کمانش جانبی هم می تواند اتفاق بیفتاد.

$$M_n = \min \begin{cases} M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7M_e)\left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{ef} - \lambda_{pf}}\right)\right] & \text{کمانش موضعی} \\ M_n = C_b\left[M_p - (M_p - 0.7M_e)\left(\frac{L_b - L_p}{L_e - L_p}\right)\right] & \text{کمانش جانبی} \end{cases}$$

* f - بال غیره فشرده - جان فشرده - فاقد شرایط تکیه گاهی

$$\lambda_{pf} < \lambda_f < \lambda_{ef}$$

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

$$L_b > L_e$$

✓ هم احتمال کمانش موضعی وجود دارد.

✓ هم احتمال کمانش جانبی وجود دارد.

!!! کمانش جانبی بیشتر از کمانش موضعی است چون $L_e > L_b$ است.

$$M_n = \min \begin{cases} M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7M_e)\left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{ef} - \lambda_{pf}}\right)\right] \\ M_n = F_{cr} \times W_e \quad F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}\sqrt{1 + 0.078\frac{J_c}{W_e \cdot h_o}\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \end{cases}$$

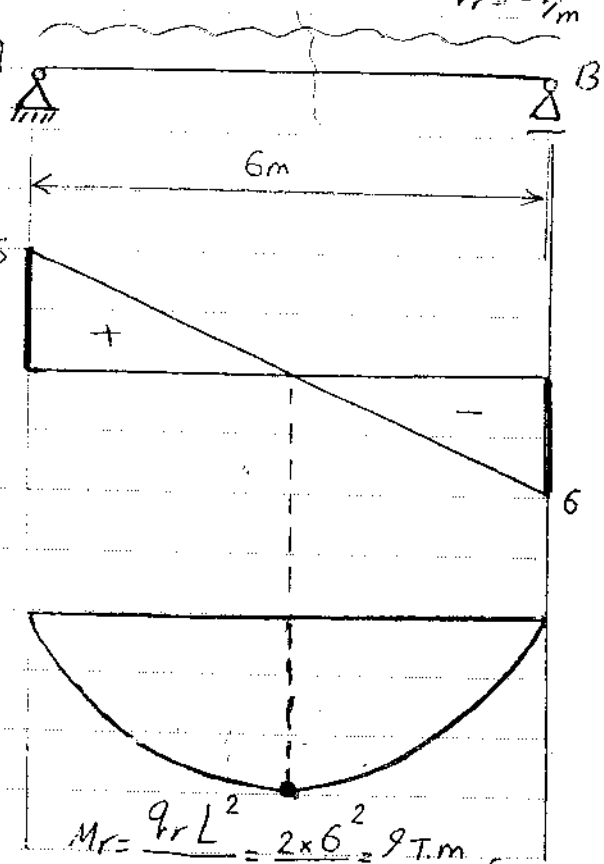
SANYAZ

ارم سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: تیر مقابل در نقاط B, A دارای تکیه گاه‌های مفصلی است. مقطع تیر را از پروفیل IPE طراحی کنید.

$q_r = 2\ T/m$



تا زمانی که مقاطع تیر مستحکم نشده نمی‌توان حدود را به راحتی تعیین کرد.

از روش آزمون و خطا استفاده می‌کنیم. مشکل انتخاب پروفیل اولیه است.

$M_r \leq \phi M_n$ (فولاد) $\rightarrow$ $M_n = M_p$ (فرض)

M_n حداکثر مقدار

اگر می‌خواهیم از کوچکترین پروفیل شروع کنیم، بهتر است فرض کنیم M_n بیشترین مقدار را دارد.

$$M_r \leq \phi \cdot W_p \cdot F_y$$

$$M_r \leq \phi \times (1.12 \times W_e) \times F_y$$

تقریبی:

$$W_e \geq \frac{M_r}{\phi \times 1.12 \times F_y}$$

$$M_r = \frac{q_r L^2}{8} = \frac{2 \times 6^2}{8} = 9\ T.m = 9 \times 10^5\ kg/cm$$

$$W_e \geq \frac{9 \times 10^5}{0.9 \times 1.12 \times 2400} = 372$$

Use = IPE 270

$W_e = 429$

$W_p = 429 \times 1.12 = 480$

$b_f = ?.5$

$t_f = 1.02$

$t_w = 0.66$

$r_y = 3.02$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

① کنترل فشردگی

بال فشرده $\frac{13.5}{2\times1.02} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$ ✓

جان فشرده $\left(\frac{27-2\times1.02}{0.66}\right) = 38 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$ ✓

مقطع فشرده

② کنترل شرایط تکیه‌گاهی

$L_b = 600\ cm$

$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.02 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} = 153\ cm$

$r_{ts} \simeq 1.2\, r_y$

$L_e = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times (1.2 \times 3.02) \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{0.7\times2400}} = 392\ cm$

$L_b > L_e$

⇓

(C) $M_n = F_{cr} \times W_e \leq M_p$

$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{W_e h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \Rightarrow F_{cr} = 1628$

$C_b = 1.15$

$r_{ts} = 1.2\, r_y = 1.2 \times 3.02 =$

$J = 14.93$

$h_o = 27 - 1.02 = 25.98$

$W_e = 42.9$

$M_n = F_{cr} \times W_e \leq M_p$

$M_n = 1628 \times 42.9 = 698412 < M_p = W_{pr} F_y = 480 \times 2400 = 1152000$ ✓

$M_r \leq \phi M_n$

$9 \times 10^5 \times 0.9 = 698412 = 628570$ نیروی فشاری وارده

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

Use IPE 300

$W_e = 557$
$W_p = 557 \times 1.12 = 624$
$b_f = 15$
$t_f = 1.07$
$t_w = 0.71$
$r_y = 3.35$

① کنترل فشردگی

$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$\frac{15}{2\times 1.07} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$ ✓ بال فشرده

$\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow \frac{(30-2\times 1.07)}{0.71} = 39 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$ ✓ جان فشرده

مقطع فشرده ✓

② کنترل شرایط تکیه‌گاهی جانبی

$L_b = 600$ cm

$L_p = 1.76 \times r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.35 \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 170$ cm

$r_{ts} = 1.2 r_y$

$L_e = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times (1.2 \times 3.35) \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{0.7\times 2400}} \Rightarrow L_e = 435$ cm

$L_b > L_e$

(C)

$M_n = F_{cr} \times W_e$

$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{(\frac{L_b}{r_{ts}})^2}\sqrt{1+0.078\frac{J_c}{W_e h_o}(\frac{L_b}{r_{ts}})^2}$

$C_b = 1.15$
$r_{ts} = 1.2 r_y = 1.2\times 3.35 = 4.02$
$J = 18.47$
$h_o = 30 - 1.07 = 28.93$
$W_e = 557$

$\Rightarrow F_{cr} = 1794$

$M_n = F_{cr} \times W_e \leq M_p = W_p \times F_y$

$M_n = 1794 \times 557 = 999258 \leq M_p = 624\times 2400 = 1497600$

$M_r \leq \phi M_n$

$M_r = 9\times 10^5 \leq 0.9 \times 999258 = 899332.2$ ✓

با افتادن کنترل 2 بال تیر

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

use : IPE 330

$$\begin{cases} We = 713 \\ Wp = 713 \times 1.12 = 799 \\ b_f = 16 \\ t_f = 1.15 \\ t_w = 0.75 \\ r_y = 3.55 \end{cases}$$

① کنترل فشردگی

مقطع فشرده

بال فشرده: $\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{16}{2 \times 1.15} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$ ✓

جان فشرده: $\frac{h}{t_w} = \frac{33 - 2 \times 1.15}{0.75} = 50 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$ ✓

② کنترل شرایط تکیه‌گاهی جانبی: (BC) دهانه

$L_b = 600\ cm$

$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.55 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 180\ cm$

$r_{ts} = 1.2\, r_y = 1.2 \times 3.55$

$L_e = \pi \cdot r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times (1.2 \times 3.55) \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2400}} \Rightarrow L_e = 431\ cm$

$L_b > L_e$

(C)

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

$C_b = 1.18$

$r_{ts} = 1.2 \times r_y = 1.2 \times 3.55 = 4.26$

$J = 25.70$

$h_o = 33 - 1.15 = 31.85$

$W_e = 713$

$\Rightarrow F_{cr} = 1948$

$M_n = F_{cr} \cdot W_e \leq M_p = W_p \times F_y$

$M_n = 1948 \times 713 = 1388924 \leq M_p = 1917600$ ✓

$M_r \leq \phi M_n$

$M_r = 11.35 \times 10^5 \leq 0.9 \times 1917600 = 1725840$

$1135000 \leq 1725840$ ✓ مقطع مناسب است

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$L_b = 400$
$L_e = 431$
$L_p = 180$

$L_p < L_b < L_e$

(b)

دهانه CD : کنترل شرایط کمانش

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

از جدول $C_b = 1.65$

$M_p = W_p \times F_y = 799 \times 2400 = 1917600$

$M_e = W_e \cdot F_y = 713 \times 2400 = 1711200$

$$M_n = 1.65\left[1917600 - (1917600 - 1197840)\left(\frac{400-180}{431-180}\right)\right] = 2123112 \ll M_p = 1917600$$

ok ✓

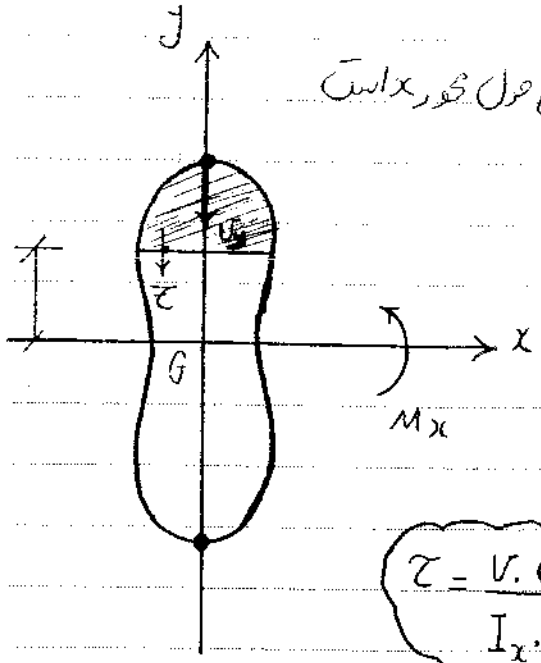
$M_n = M_p = 1917600 \Rightarrow M_r \leq \phi M_n \Rightarrow 6.97 \times 10^5 \leq 0.9 \times 1917600$

$697000 \leq 1725840$ ✓ ok

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

برش در تیرها



محورهای x و y، محورهای اصلی، y محور تقارن، خمش حول محور x است

اثر گشتاور خمشی، نیروی برشی است در جهت محور y

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I_x \cdot t}$$

✓ V: نیروی برشی

✓ Q: گشتاور استاتیک سطح بالای مورد نظر نسبت به محور x (نقطه‌ای / قسمت هاشور زده)

$\frac{V}{I_x}$ ← ثابت است

✓ I_x: گشتاور اینرسی کل مقطع نسبت به x

$\frac{Q}{t}$ تنش برشی نقطه نسبت بستگی دارد.

t: عرض مقطع در نقطه مورد نظر

هرچه مقدار $\frac{Q}{t}$ بیشتر باشد تنش برشی بیشتر است.

در بالاترین و پایین‌ترین نقطه تنش برشی صفر است.

* برای مقاطعی که عرض آنها ثابت است، تنش برشی Max است که Q_{max} باشد.

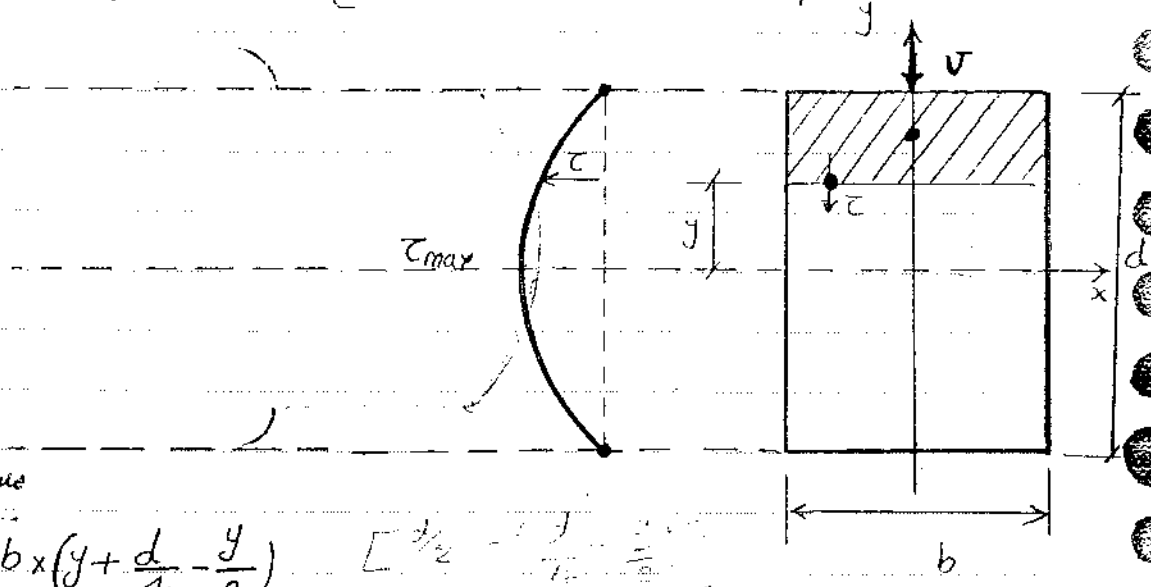
نتیجه: تنش برشی در مقاطعی که عرض ثابت دارند، در میان تار Max است.

مثلاً در مستطیل در میان تار τ_{max} باشد.

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: فرض می‌کنیم نیروی برشی در مقطع V باشد؛ توزیع تنش برشی را در این مقطع مشخص کنید.



مساحت هاشور خورده

$$Q = \left(\frac{d}{2} - y\right) \times b \times \left(y + \frac{d}{4} - \frac{y}{2}\right)$$

$$Q = \frac{b}{2}\left(\frac{d}{2} - y\right)\left(\frac{d}{2} + y\right) \Rightarrow Q = \frac{b}{2}\left(\frac{d^2}{4} - y^2\right)$$

$$t = b \qquad I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{V \frac{b}{2}\left(\frac{d^2}{4} - y^2\right)}{\frac{bd^3}{12} \cdot b}$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{6V\left(\frac{d^2}{4} - y^2\right)}{bd^3} \qquad y = \pm d/2 \Rightarrow \tau = 0$$

$$y = 0 \Rightarrow \tau_{max} = \frac{3}{2}\left(\frac{V}{bd}\right)$$

* تنش متوسط *

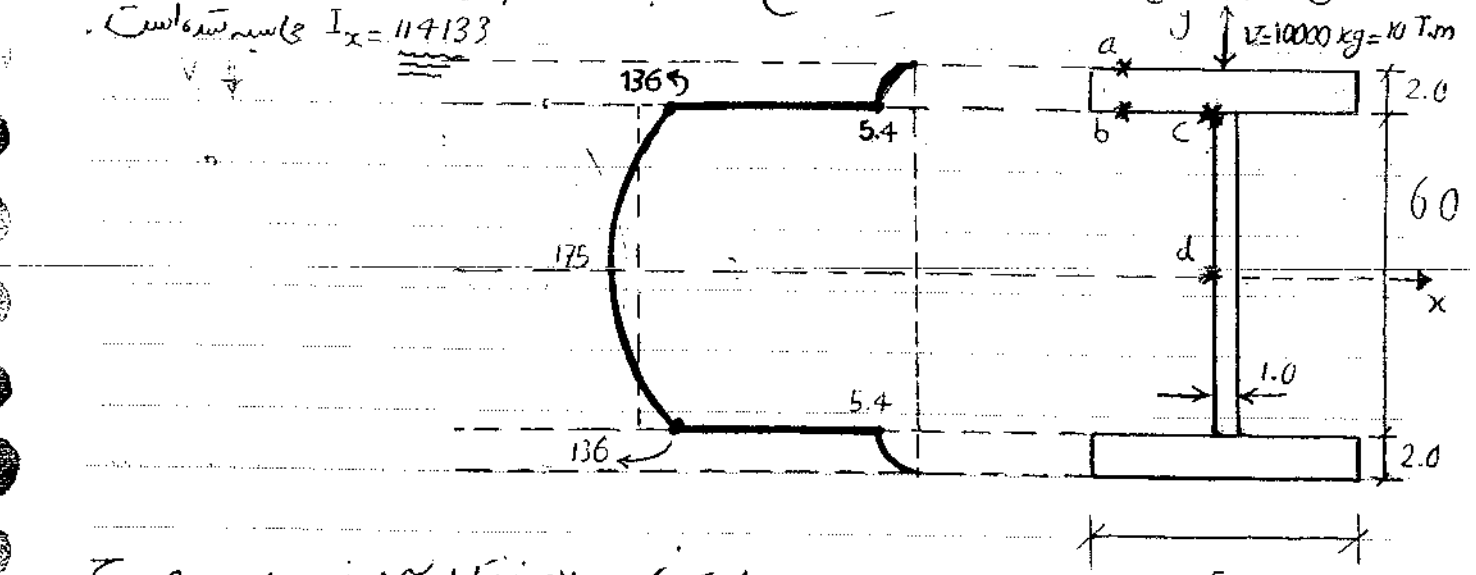
$$\tau_{max} = 1.5\,(\tau_{mid})$$

نتیجه‌گیری: ۱- توزیع تنش برشی در مستطیل سهمی است. ۲- بالاترین و پایین‌ترین نقطه صفر و وسط Max است.

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: برای تیرآهن I شکل زیر توزیع تنش برشی را رسم کنید. (ذیل صفحه 90 جزوه قبلاً محاسبه شده است. $I_x = 114133$)



$\tau_a = 0$ ⟸ بالاترین و پایین ترین نقاط τ صفر

$\tau_b = \frac{10000 \times (25 \times 2 \times 31)}{114133 \times 25} = 5.4$ *

$\tau_c = \frac{10000 \times (25 \times 2 \times 31)}{114133 \times 1.0} = 136$ *

$\tau_d = \frac{10000 \times (25 \times 2 \times 31 + 30 \times 1 \times 15)}{114133 \times 1.0} = 175$ همان τ_{max} *

** نتیجه گیری: ۱- تنش ایجاد شده در بالها ناچیز است بنابراین بالها تنشی در تحمل نیروهای برشی ندارند. جان تیرآهن بیشترین تنش برشی را تحمل می کند.

۲- توزیع تنش در جان تیرآهن سهمی است (مانند مستطیل) برخلاف مستطیل تک، در بالا و پائین مستطیل جان تنش صفر نیست بلکه در بالا و پائین تنش خیلی زیاد است. عموماً توزیع تنش برای مقاطع تیرآهن I شکل یکسان است: در تیرآهن I شکل تمام جان تقریباً اجرا می کند.

۳- چون اختلاف بین تنش در نقاط b و d زیاد نیست، بنابراین توزیع تنش یکنواخت فرض می کنند.

* در تیرآهن I شکل می توان توزیع تنش را از رابطه روبرو بدست آورد.

در تیرورقها: $\tau_{max} = \frac{V_r}{h \times t_w} = \frac{10000}{60 \times 1.0} = 157$

(t_w: ضخامت جان)

SANYAZ

$f_{rv} = \frac{V_r}{A_w} \leq \phi\, F_{nv}$

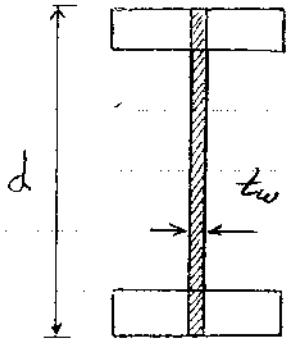
$A_w = d \cdot t_w$ سطح برش در تیر

ارتفاع کل مقطع همان ارتفاع پروفیل

برای پروفیل های نورد شده

$\tau_{max} = \frac{V_r}{d \cdot t_w}$

ارتفاع کل پروفیل



اگر جان تیرآهن ضخامت زیاد داشته باشد = تنش‌های برشی توانند تا حد جاری شدن بالا روند.

اگر جان تیرآهن ضخامت کمتری داشته باشد = تنش‌ها می‌توانند در جان کمانش برشی ایجاد کند.

$f_{vr} \leq \phi_v \cdot F_{nv}$

F_{vr} = تنش موجود در برش

F_{nv} = مقاومت اسمی در برش

$F_{nv} = 0.6\, F_y$

* طبق آئین نامه *

تیرآهن ها به دو دسته تقسیم می‌شوند ۱- جان تیرآهن دارای ضخامت زیاد
۲- جان تیرآهن دارای ضخامت کمتر

* موضوع بحث فولاد (۱)

$\frac{h}{t_w} < 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 65$ ← تیرهای معمولی

$\frac{h}{t_w}$ ← جان دارای ضخامت زیاد

$\frac{h}{t_w}$ بزرگتر باشد، کمانه می‌کند و از بین می‌رود.

جاری شدن گسیختگی جان زودتر ظاهر شدن

$\frac{h}{t_w}$ کمتر باشد = تیرهای معمولی

$F_{yv} = \frac{1}{\sqrt{3}} F_{yt} = 0.6\, F_y$ ← تنشی F_y

F_{yv} ← حد جاری شدن در برش

F_{yt} ← جاری شدن در برابر کشش

$F_{nv} = 0.6\, F_y$

$\phi_v = 1.0$ و $C_v = 1.0$

SANYAZ

$C_v < 1.0$ ← گسیختگی در جان

$\frac{h}{t_w} > 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}} \simeq 65$

$\frac{h}{t_w} > 260$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: در مثال صفحه 108 حذف شد!

* از روی نمودار $V_u = 6\ T$

طراحی شده است IPE 300

$$\frac{h}{t_w} < 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h_w = h - 2t_f}{t_w}$$

$$\frac{(30 - 2\times 1.07)}{0.71} = 39 < 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}} \sim 65 \quad \checkmark$$

$F_{nv} = 0.6F_y$

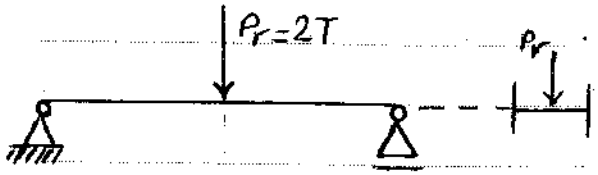
$\phi \quad 0.6 \times F_y$

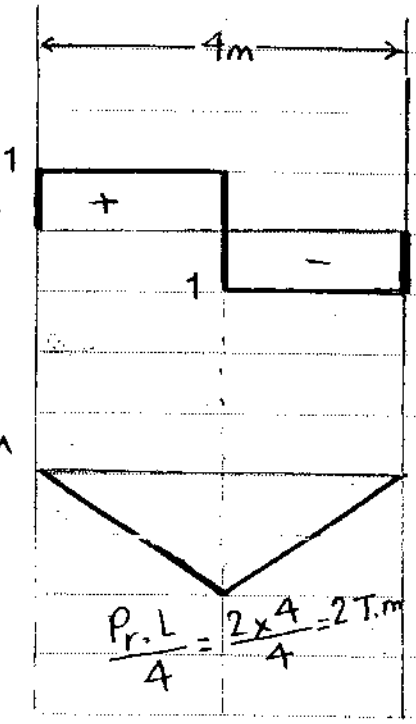
$$f_{vr} = \frac{V_r}{h \times t_w} \quad (kg)$$

$$f_{vr} = \frac{6000}{30\times 0.71} = 281 < 1\times 0.6\times 2400 = 1440$$

$$f_{vr} = \frac{V(kg)}{h\times t_w} \le \phi \times 0.6$$

مثال: در تیر مقابل مقطع تیر را از پروفیل IPE طراحی کنید.





حالت (a) $M_{ry} \le \phi M_{ny}$

$$M_{ny} = M_{py} = W_{py} \times F_y = 1.5\, W_{ey} \times F_y$$

$$M_{ry} \le \phi (1.5 \times W_{ey}) \times F_y$$

$$W_{ey} \ge \frac{M_{ry}}{\phi \times 1.5 \times F_y} \Rightarrow W_{ey} \ge \frac{2\times 10^5}{0.9\times 1.5\times 2400} = 62$$

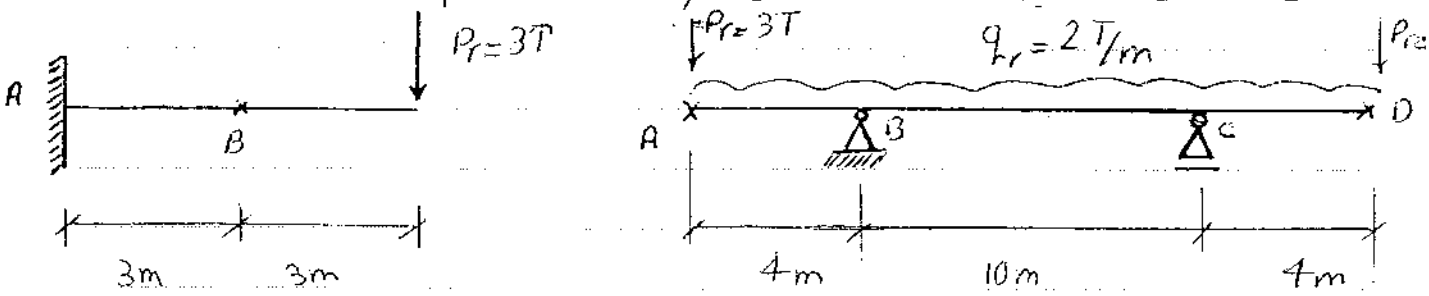
Use: IPE 270 | $W_{ey} = 62.2$ ok ✓

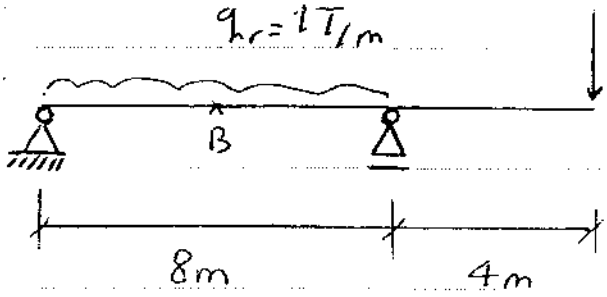
SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: تمامی تیرهای زیر را از IPE طراحی نمایید. (تنش مجاز و تکیه گاه ها را بیابید)

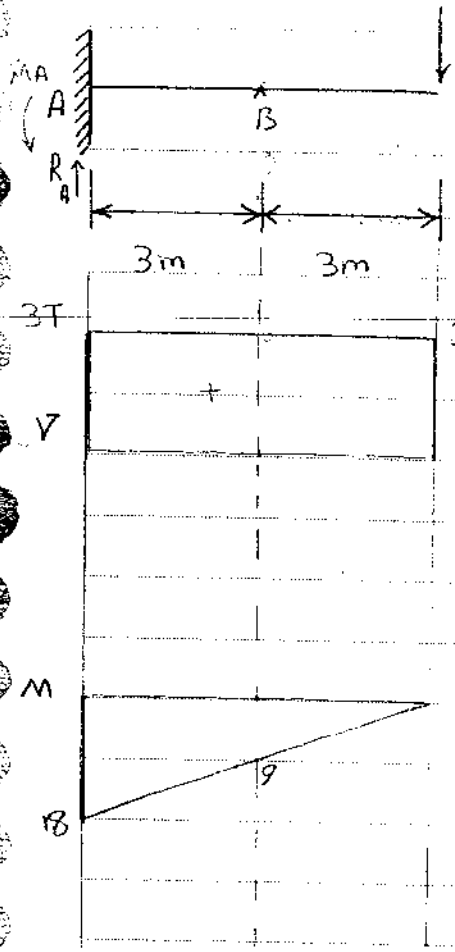




ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال: تیر زیر را با IPE طراحی کنید.



$\curvearrowleft +\Sigma M_A = 0 : \quad M_A = 18\,T$

$R_A = 3\,T$

$M_r \leq \phi M_n \rightarrow M_n = M_p$

$M_r \leq \phi . W_p . F_y \Rightarrow M_r \leq \phi . (1.12 \times W_e) \times F_y$

$W_e \geq \dfrac{M_r}{\phi \times 1.12 \times F_y} \Rightarrow W_e \geq \dfrac{18 \times 10^5}{0.9 \times 1.12 \times 2400} = 744$

Use: IPE 360

$W_e = 904$

$W_p = 904 \times 1.12 = 1012$

$b_f = 17$

$t_f = 1.27$

$t_w = 0.8$

$r_y = 3.79$

① کنترل فشردگی

$\dfrac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\dfrac{E}{F_y}} = 11 \quad \Rightarrow \dfrac{17}{(2 \times 1.27)} = 7 < 0.38\sqrt{\dfrac{E}{F_y}} = 11$ ✓ بال فشرده

$\dfrac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\dfrac{E}{F_y}} = 108 \Rightarrow \dfrac{36 - (2 \times 1.27)}{0.8} = 42 < 3.76\sqrt{\dfrac{E}{F_y}} = 108$ ✓ جان فشرده

✓ مقطع فشرده

② کنترل شرایط تکیه‌گاهی جانبی

$L_b = 300$

$L_p = 1.76 \times r_y \sqrt{\dfrac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.79 \times \sqrt{\dfrac{2 \cdot 10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 193$

$r_{ts} = 1.2\, r_y \Rightarrow r_{ts} = 1.2 \times 3.79 = 4.55$

$L_e = \pi . r_{ts} \sqrt{\dfrac{E}{0.7 F_y}} = \pi \times (1.2 \times 3.79) \times \sqrt{\dfrac{2 \times 10^6}{2400}} \Rightarrow L_e = 413$

SANYAZ

ام سيويل

Subject:
Year: Month: Date:

$L_b = 300$ $\quad L_p < L_b < L_e$

$L_p = 193$ $\quad \Downarrow$

$L_e = 413$ $\quad (b)$

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

C_b لصل $C_b = 1.65$ $\quad M_p = W_p \times F_y = 1012 \times 2400 = 2428800$

$$M_e = W_e \times F_y = 904 \times 2400 = 2169600$$

$$M_n = 1.65 \left[2428800 - (2428800 - 1518720)\left(\frac{300 - 193}{431 - 193} \right) \right] = 3332417 \leqslant M_p = 2428800$$

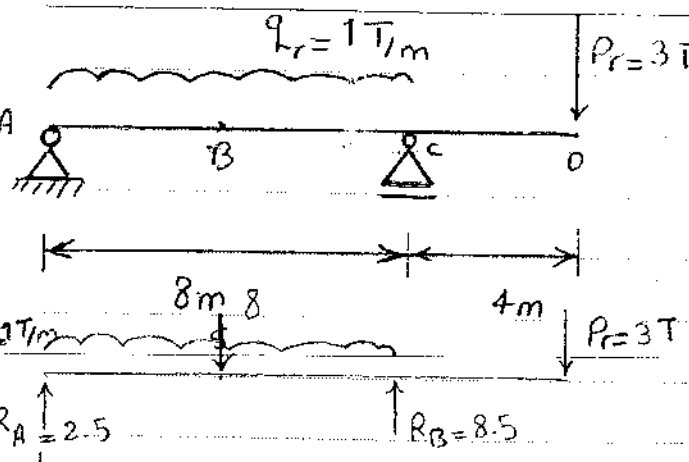
$$M_n = M_p = 2428800 \Rightarrow M_r \leqslant \phi M_n \Rightarrow 18 \times 10^5 \leqslant 0.9 \times 2428800$$

$$1800000 \leqslant 2185920 \quad \checkmark \quad ok$$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

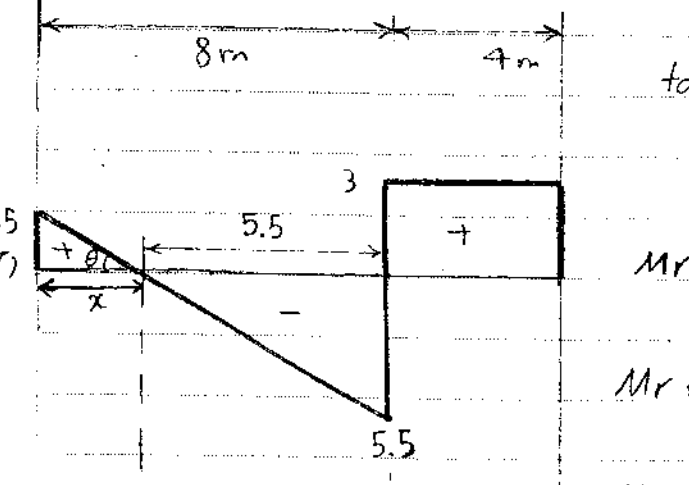
مثال: تیر زیر را با IPE طراحی کنید.



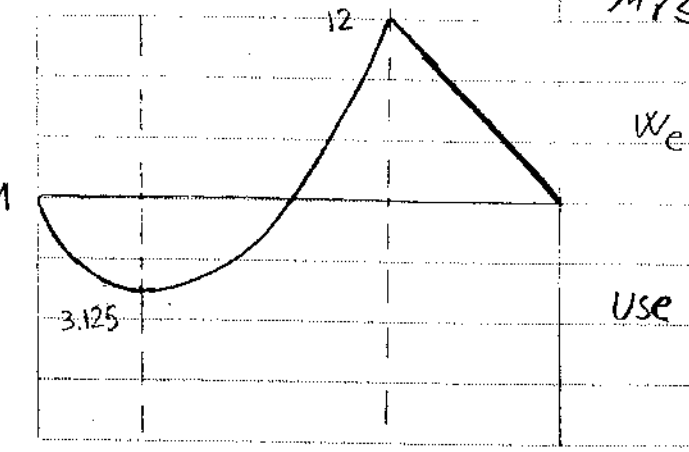
$$+\circlearrowleft \sum M_A = 0 : \quad -8\times4 + 8R_B - 3\times12 = 0$$

$$R_B = 8.5$$

$$R_A = 2.5$$



$$\tan\theta = \frac{2.5}{x} = 1 \Rightarrow x = 2.5$$



$$M_r \le \phi M_n \rightarrow \boxed{M_n = M_p}$$

$$M_r \le \phi \cdot W_p \cdot F_y$$

$$M_r \le \phi \times (1.12 \times W_e) \times F_y$$

$$W_e \ge \frac{M_r}{\phi \times 1.12 \times F_y} = \frac{12\times10^5}{0.9\times1.12\times2400} = 496$$

Use : IPE 300

$W_e = 557$

$W_p = 557 \times 1.12 = 624$

$b_f = 15$

$t_f = 1.07$

$t_w = 0.71$

$r_y = 3.35$

$$\frac{b_f}{2t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \Rightarrow \frac{15}{2\times1.07} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \checkmark$$ بال فشرده

① کنترل فشردگی

$$\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \Rightarrow \frac{30-(2\times1.07)}{0.71} = 39 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \checkmark$$ جان فشرده

✓ مقطع فشرده

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$L_b = 400\ cm$

$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.35 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 170\ cm$

$L_e = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times 1.2 \times 3.35 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{0.7\times2400}} \Rightarrow L_e = 436\ cm$

$L_p < L_b < L_e$

⇓

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

$C_b = 1$

$M_p = w_p \times F_y = 624 \times 2400 = 1497600$

$M_e = w_e \times F_y = 557 \times 2400 = 1336806$

$M_n = \left[1497600 - (1497600 - 0.7\times1336806)\left(\frac{400-170}{436-170}\right) \right] = 1011802 \leq M_p = 1497600$ ✓

561835.8

$M_r \leq \phi M_n \Rightarrow 12\times10^5 \leq 0.9 \times 1011802$

$1200000 \not\leq 910621$ جواب نمی دهد

use : IPE 330

$w_e = 713$
$w_p = 713 \times 1.12 = 799$
$b_f = 16$
$t_f = 1.15$
$t_w = 0.75$
$r_y = 3.55$

① کنترل فشردگی

$\frac{b_f}{2\times t_f} = \frac{16}{2\times1.15} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$ ✓ بال فشرده

$\frac{h}{t_w} = \frac{33 - (2\times1.15)}{0.75} = 41 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$ ✓ جان فشرده

✓ مقطع فشرده

② کنترل شرایط کمانه‌ای

$r_{ts} = 1.2\, r_y$

$r_{ts} = 1.2 \times 3.35$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$L_b = 400$ cm

$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.55 \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 180$ cm

$r_{ts} = 1.2 r_y = 1.2 \times 3.55$

$L_e = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times (1.2 \times 3.55) \times \sqrt{\frac{2\times10^6}{0.7 \times 2400}} \Rightarrow L_e = 462$ cm

$L_p < L_b < L_e$

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

$C_b = 1$

$M_p = W_p \times F_y = 799 \times 2400 = 1917600$

$M_e = W_e \times F_y = 713 \times 2400 = 1711200$

$M_n = \left[1917600 - (1917600 - 1197840)\left(\frac{400-180}{462-180}\right) \right] = 1356085 \leq M_p = 1917600$

719760

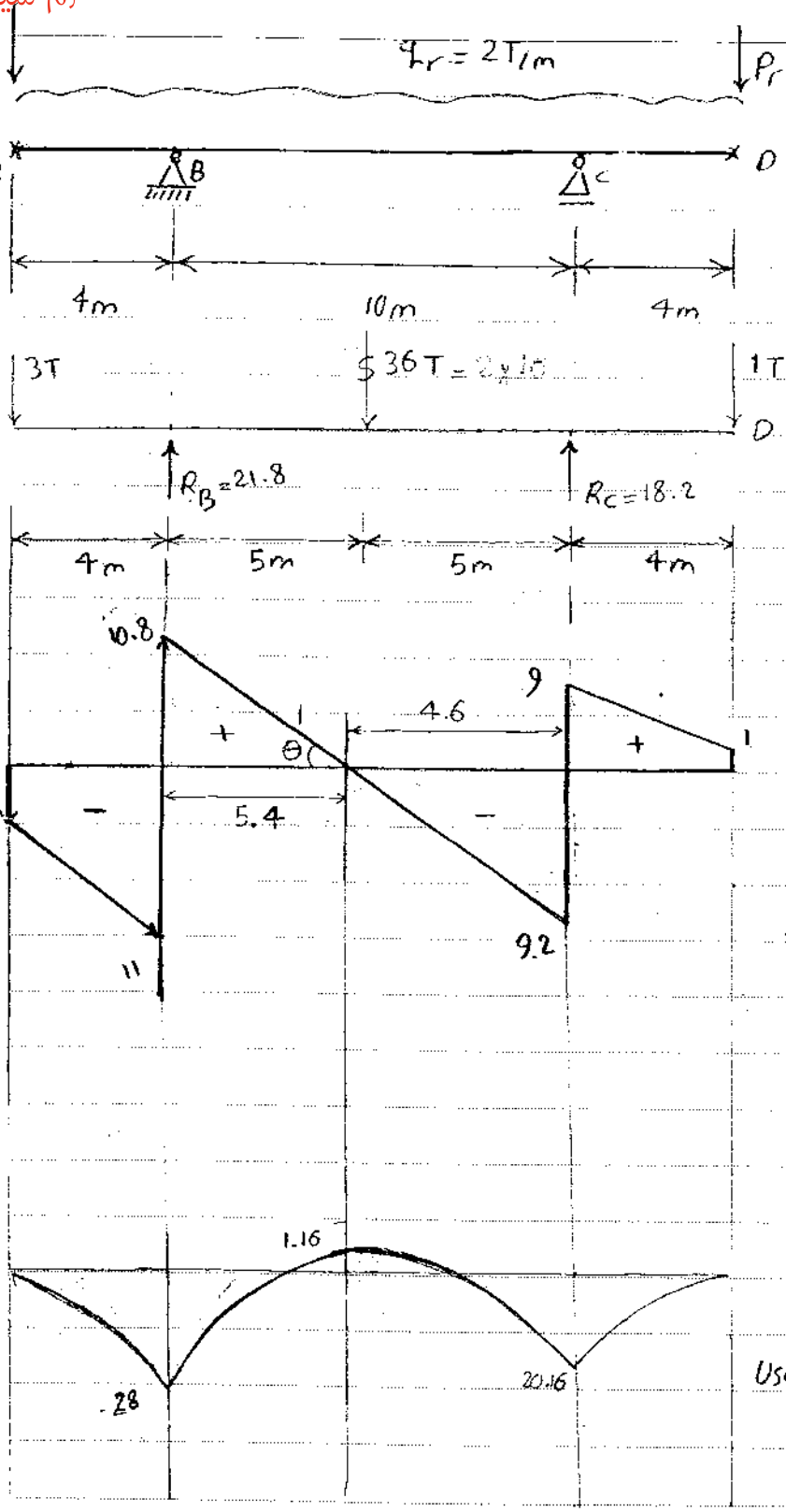
$M_r \leq \phi M_n \Rightarrow 12 \times 10^5 \leq 0.9 \times 1356085$

$1200000 \leq 1220476$ ✓ ok

رام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

مثال:



$\circlearrowleft +\Sigma M_B = 0$: $12 - 36\times 5 + 10R_C - 14 = 0$

$R_C = 18.2$

$R_B = 21.8$

$\tan\theta = \frac{10.8}{x} = 2 \Rightarrow x = 5.4$

$M_r \leq \phi M_n \rightarrow$ چون $M_n = M_p$

$M_r \leq \phi . W_p . F_y$

$M_r \leq \phi \times (1.12 \times W_e) \times F_y$

$W_e \geq \frac{M_r}{\phi \times 1.12 \times 2400} = \frac{28\times 10^5}{0.9\times 1.12\times 2400} = 1157$

Use: IPE 400 {
$W_e = 1160$
$W_{pz} = 1160\times 1.12 = 1299$
$b_{pz} = 18$
$t_{pz} = 1.35$
$t_w = 0.86$
$r_y = 3.95$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

① کنترل فشردگی

بال فشرده ✓ $\frac{b_f}{2 t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \Rightarrow \frac{18}{2\times 1.35} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$

جان فشرده ✓ $\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \Rightarrow \frac{40 - (2\times 1.35)}{0.86} = 43 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108$

مقطع فشرده ✓

② کنترل شرایط تکیه گاهی:

$L_b = 400\ cm$

دهانه AB:

$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.95 \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 201\ cm$

$r_{ts} = 1.2\, r_y = 1.2 \times 3.95$

$L_e = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7F_y}} = \pi \times 1.2 \times 3.95 \times \sqrt{\frac{2\times 10^6}{0.7\times 2400}} \Rightarrow L_e = 514$

$L_p < L_b < L_e$

$\Downarrow$

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

$C_b = 1$

$M_p = W_p \times F_y = 1299 \times 2400 = 3117600$

$M_e = W_e \times F_y = 1160 \times 2400 = 2784000$

$M_n = \left[3117600 - (3117600 - 1948800)\left(\frac{400 - 201}{514 - 201}\right)\right] = 2374497 < M_p = 3117600$ ✓

1168800

$M_r \leq \phi M_n \Rightarrow 28\times 10^5 \leq 0.9 \times 2374497$

$2800000 \not\leq 2137047$ برآورد نمی‌شود

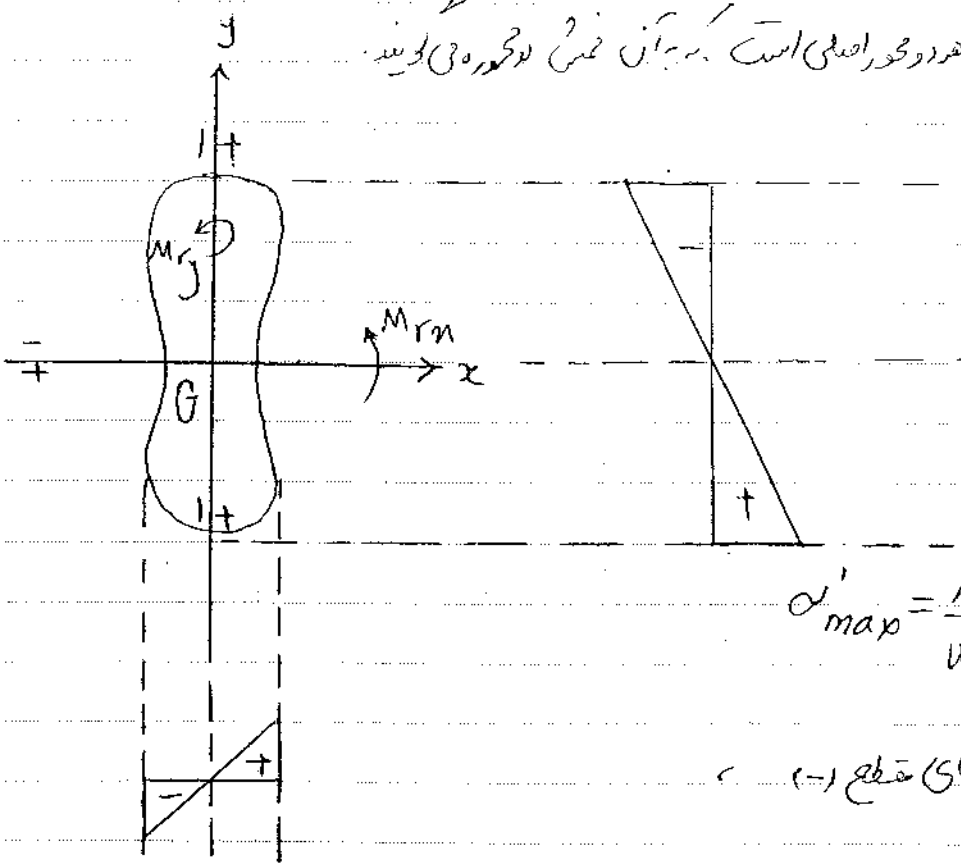
SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

خمش دو محوره :

گاهی از مقطع تنها در حول هر دو محور اصلی است که به آن خمش دو محوره می گویند.



* از ظرفیت الاستیک

$$\sigma'_{max} = \frac{M_{rx}}{W_{ex}}$$

اگر تنش در نسبت با سه قسمت بالای مقطع (-) ،

و قسمت پایین مقطع (+)

$$\sigma''_{max} = \frac{M_{ry}}{W_{ey}}$$

$$|\sigma_{max}| = \sigma'_{max} + \sigma''_{max}$$

* از ظرفیت غیر الاستیک یا طراحی

$M_{ry} = 0$ ⟶ $M_{rx} \leq \phi M_{nx}$

a)
b)
c)
.
.
.

تنش در مقطوع محور x

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$M_{rx}=0 \rightarrow M_{ry} \leq \phi M_{ny}$ { a) b)

نگاه منفعل ول محور y

اگر دو نگاه در خارج اتفاق بیفتاد باید دو رابطه را با هم جمع کنیم ولی امکان جمع جبری آنها وجود ندارد.

* نسبت بردار $\frac{M_{rx}}{\phi M_{nx}}$ یا $\frac{M_{ry}}{\phi M_{ny}}$

یک اسکالر است (عدد) بنابراین حالات آن را با هم جمع کرد.

$$\begin{cases} \frac{M_{rx}}{\phi M_{nx}} \leq 1.0 \\ + \\ \frac{M_{ry}}{\phi M_{ny}} \leq 1.0 \end{cases}$$

- رابطه‌ی دو به دو را به جمع نسبت‌ها می‌گویند یا اصطلاحاً اندرکنش نگاه‌های خنثی گویند.

$$\frac{M_{rx}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi M_{ny}} \leq 1.0$$

* مجموع سهم نگاه‌های حول محور x و y حتماً باید کوچکتر یا مساوی 1.0 باشند.

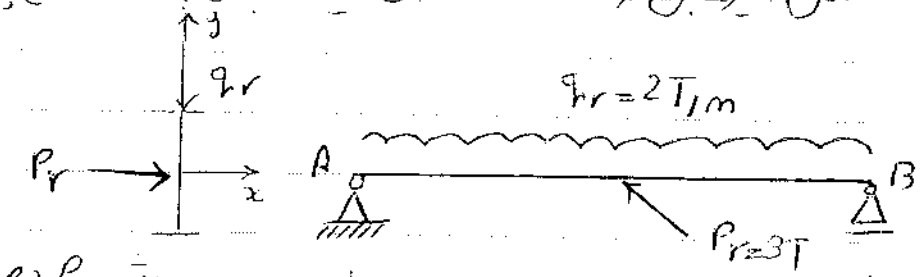
در موقع مجموع دو رابطه کوچکتر از یک شد، نشان می‌دهد که مقطع می‌تواند هر دو نگاه را تحمل بلند و خواهد داد.

وقتی شود که مقطع انتخابی، آخرین مقطعی باشد که مجموع نسبت‌ها از یک کوچکتر است.

ارم سیویل

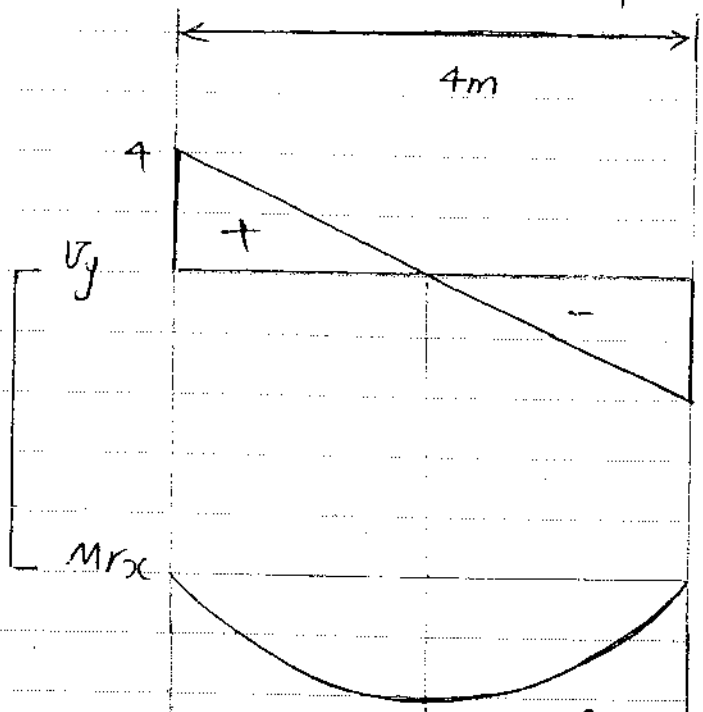
Subject:
Year: Month: Date:

مثال: تیرمقابل در مقاطع A و B دارای تکیه‌گاه جانبی است. مقطع پروفیل را از پروفیل IPE طراحی کنید.



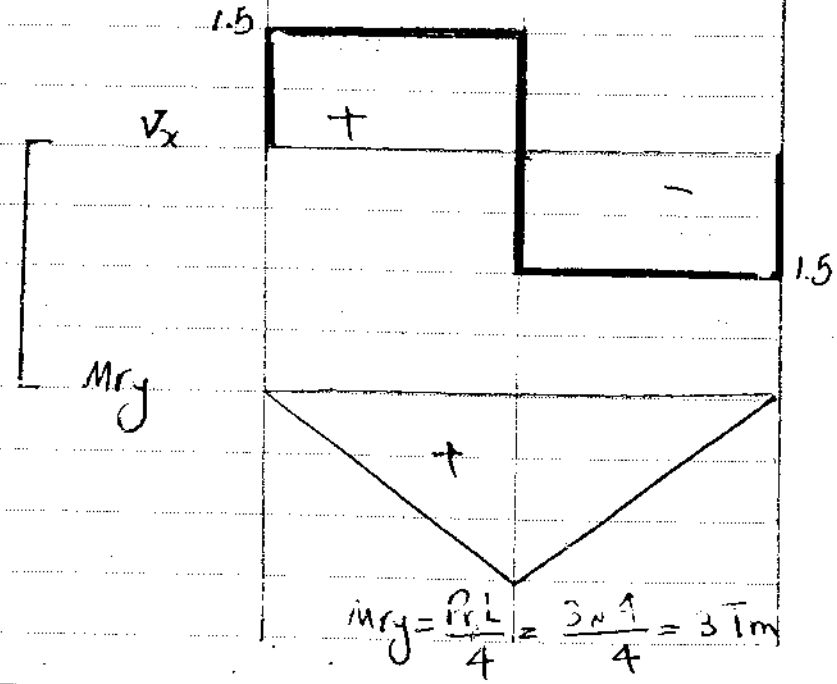
برش P_r در جهت x و خمش در جهت z

برش q در جهت y و خمش در جهت x



$$M_{rx} = \frac{q_r \cdot L^2}{8} = \frac{2 \times 4^2}{8} = 4\ Tm$$

* بعلت این تیر هم تحت خمش حول محور x و هم حول محور y است.



$$M_{ry} = \frac{P_r L}{4} = \frac{3 \times 4}{4} = 3\ Tm$$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$$\frac{M_{rx}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi M_{ny}} \leq 1.0$$

حمزه $M_{nx} = M_{px} = 1.12 W_{ex} \cdot F_y$

تقطاعی طاقم $M_{ny} = M_{py} = 1.5 W_{ey} \cdot F_y$

چون مقطع از نوع
مقطع فشرده است

$$\frac{M_{rx}}{\phi \times 1.12 W_{ex} \cdot F_y} + \frac{M_{ry}}{\phi \times 1.5 W_{ey} \cdot F_y} \leq 1.0$$

شرایط

$n = \frac{W_{ex}}{W_{ey}}$

- IPE $n = 6 \sim 8$
- INP
- HEA
- HEB $n = 3$
- HEM

$$\frac{M_{rx}}{\phi \times 1.12 \times W_{ex} \times F_y} + \frac{n \cdot M_{ry}}{\phi \times 1.5 \times W_{ex} \times F_y} \leq 1.0$$

$$W_{ex} \geq \frac{1}{\phi_x F_y}\left(\frac{M_{rx}}{1.12} + \frac{n \cdot M_{ry}}{1.5}\right)$$ رابطه تقریبی

$$W_{ex} \geqslant \frac{1}{0.9 \times 2400}\left(\frac{4 \times 10^5}{1.12} + \frac{8 \times 3 \times 10^5}{1.5}\right) \Rightarrow W_{ex} \geqslant 906$$

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$W_{ex} \geq 906$ Use : IPE 360 $\begin{cases} W_{ex} = 904 & W_{px} = 1.12 \times 904 = 1012 \\ W_{ey} = 123 & W_{py} = 1.5 \times 123 = 185 \\ b_f = 17 \\ t_f = 1.27 \\ t_w = 0.8 \\ r_y = 3.79 \end{cases}$

① کنترل فشردگی

بال فشرده

$$\frac{b_f}{2 t_f} < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \Rightarrow \frac{17}{2 \times 1.27} = 7 < 0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11 \checkmark$$

جان فشرده

$$\frac{h}{t_w} < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \Rightarrow \frac{36 - (2 \times 1.27)}{0.8} = 42 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108 \checkmark$$

مقطع فشرده ✓

$$M_{ny} = M_{py} = 1.5 \times W_{ey} \times 2400 = 442800$$

② کنترل شرایط تکیه‌گاهی جانبی

$L_b = 400$ cm

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 3.79 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} \Rightarrow L_p = 192 \text{ cm}$$

$$L_e = \pi r_{ts} \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}} = \pi \times (1.2 \times 3.79) \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{0.7 \times 2400}} \Rightarrow L_e = 493 \text{ cm}$$

$L_e < L_b < L_p$

$\Downarrow$

$$(b) \Rightarrow M_n = C_b \left[M_n - (M_n - 0.7 M_e)\left(\frac{L_b - L_p}{L_e - L_p}\right) \right]$$

$C_b = 1.15$

$$M_p = W_{px} F_y = 1012 \times 2400 = 2428800$$

$$M_e = W_{ex} \times F_y = 904 \times 2400 = 2109600$$

SANYAZ

ام سیویل

Subject:
Year: Month: Date:

$$M_n = 1.15\left[2428800 - (2428800 - 0.7\times 2169600)\left(\frac{400-192}{493-192}\right)\right] \leqslant M_p$$

$$M_n = 2069893 \leqslant M_p = 2428800 \quad \checkmark$$

$$\frac{4\times10^5}{0.9\times 2069893} + \frac{3\times10^5}{0.9\times 442800} = 0.97 \leqslant 1.0 \qquad \text{ok} \checkmark$$

چون از یک کوچکتر است و نزدیک به یک است

جمع قبول می باشد.

اگر جواب 1.02 شد باز هم جواب قبول می باشد.