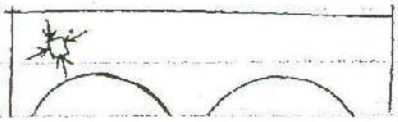
فولاد ۱

۲۹

ج ۱ سازه های فولادی : بنام خدا ۸۴/۱۱/۹

- سازه های فولادی :

مصالح موجود در طبیعت به تدریج در کاربردشان تغییراتی ایجاد شد ابتدا مصالح سنگی بعد خشتی masonary در مصالح سنگی و خشتی چون سازه ها با بدنشان به خاطر نوع مصالح فشاری بود شکل سازه ها عمدتاً به صورتی بود که تنش های داخل این نوع مصالح تنش های فشاری بود بعدها به دلیل نیاز به فضا های عریض و دهانه ها این امکان دیگر نبود :



عمده بارهای شناخته شده در آن زمان ها بار ثقل و جاذبه بود :

به همین دلیل شکل عمده سازه ها قوسی (Arc) بود اکثر بناهای تاریخی ما و مساجد طاق های قدیمی و پل ها تقریباً این شکلی بودند

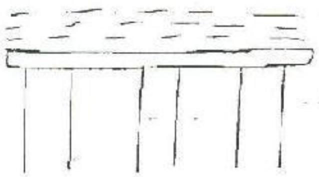
پس از نظر تاریخی مصالح سازه ای به صورت زیر بودند :

- سنگ در پایه پل ها استفاده می شد در دوران قدیم عاریشن ها از این مصالح زیاد استفاده می کردند
- خشت
- خشت پخته - آجر

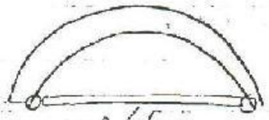
به تدریج با نیاز به دالان های عریض و دهانه های بزرگ نیاز به مصالح دیگر شد این ۳ ماده بالا مقاومت کششی کمی دارند یعنی برای تحمل فشار به کار می روند در نتیجه به تدریج چوب وارد کار شد که مقاومت آن از نظر کششی بهتر بود

— از الوارهای چوبی برای پوشش سقف‌ها استفاده می‌شود که روی آن دوباره با مصالح خشتی پوشیده می‌شود .

در واقع ترکیبی از سازه‌های چوبی و معماری بیشتر در گنبدها استفاده می‌شد



مثلاً در گنبدها پای گنبد را با کش چوبی می‌بستند تا کمبود باربری مصالح را جبران کند



کش گنبد چوبی

— مواد چوب ساختمانی که از طریق بنا شد در حدود ۲۰ - ۳۰ سال ا

طور وارد صنعت ساختمان شد

چوب یک ماده کششی ـ فشاری است اما مشکل آن این بود که ناچاراً باید چوب را از طبیعت می‌گرفتند و

فقط چوب در راستای محور خودش مقاومت دارد عمود بر محور مقاومت زیادی ندارد از طرفی اگر بخواهیم مصالح از چوب

داشته باشیم دیگر نمی‌شد از چوب استفاده کرد

— مصالح فولادی نسبت به چوب خاصیت‌های چوب را دارد هم کشش را تحمل می‌کند هم فشار ① مقاومت آن هم چند برابر

چوب است و از طرفی در همه جهات ② دارای مقاومت یکسان است و از همه مهمتر قابلیت ③ فرم پذیری بالا است

مصالح فولادی 8

- قابلیت کششی و فشاری
- مقاومت بالا
- خاصیت ایزوتروپ
- قابلیت فرم پذیری

چه المان یک بعدی مثل تیر و ستون چه دو بعدی مثل ورق یا ۳ بعدی مثل پوسته ها

با آمدن فولاد در صنعت ساختمان یک انقلاب عظیم رخ داد به عبارتی generation سازه های بزرگ و عظیم وقتی است که فولاد وارد صنعت ساختمان شد و در آن زمان همه کشورها شروع کردند به ساختن سازه های فولادی معمولاً به شکل پل ها

امروزه استادیوم های خیلی بزرگ و سازه هایی که نشان دهنده غرور آن ها بوده است از سازه های فولادی استفاده می شود

زلزله یک پدیده طبیعی است ، از دهه ۱۹۶۰ به این طرف به این فکر افتادند که چه طور سرپناه ها را مقاوم بسازند و آن ها را ایمن کنند و سازه بتواند در مقابل بارهای عرضی تحمل داشته باشد

— بعد از مصالح فولادی مصالح بتنی مورد استفاده قرار گرفتند ؟

در واقع یک بازگشت به عقب بود که این مصالح بتن آرمه در واقع یک نوع استفاده ترکیبی از مصالح است ؟

* ترکیب مصالح سنگی + چسب که یک ماده همگون شبیه سنگ را تشکیل دهد برای تحمل بارهای فشاری

+ فولاد فولاد برای این که بار کششی را تحمل کند

ویژگی این مصالح شکل پذیری آن هاست قابلیت باربری کششی ، فشاری قابلیت ایزوتروپ بودن را ندارد

مثل بتن آرمه در جایی که به صورت دستی ساز آرایش مصالح را در آن ایجاد کردیم قابلیت باربری ایجاد می‌شود

– چرا از این مصالح امروزه کامپوزیت‌ها وارد صنعت ساختمان شده است ؟

که ترکیبی بین مصالح مختلف است :

ترکیب سازه‌های بتنی و فولاد است ؛ انواع و اقسام محصولات شیمیایی به کار می‌برند ؛

ترکیب شیشه با فلز   ترکیب سنگ با فلز ... که هر کدام یک عملکردی را فراهم آورده و یک شرایط باربری خاص

را فراهم می‌آورند

– تأکید درس ما روی مصالح فولادی است ؟

سازه‌های فولادی به چند درس مربوط می‌شود :

* در مقطع لیسانس :		* در مقطع فوق لیسانس :	
– سازه‌های فولادی I	طراحی	سازه‌های فولادی پیشرفته	طراحی
– سازه‌های فولادی II	طراحی	طراحی لرزه‌ای سازه‌های فولادی	״
– پروژه سازه‌های فولادی	طراحی	پایداری – پلاستیسیته – بارگذاری	
– روش‌های اجرای ساختمان(۱)	اجرایی	این ۳ درس فقط در مورد سازه‌های فولادی کاربرد دارد	
– پل‌سازی	طراحی – اجرایی		

– پایداری مخصوص سازه‌های لاغر و نحیف است نه سازه بتنی حجیم –

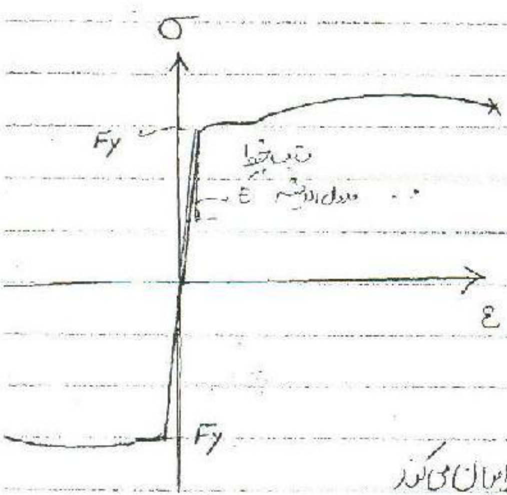
www.ttmar.ir

- سازه‌های فولادی سرد نورد شده

- سازه‌های فولادی مرکب کامپوزیت

- جوش و جوشکاری

* ویژگی های مصالح فولادی به عنوان مصالح برتر :



- رفتار فولاد در تنش - کرنش :

یک کوپان فولادی را اگر تحت اثر نیروی کششی قرار دهیم

تا Fy فولاد رفتار خطی دارد

E رابطه تنش - تغییر شکل نسبی را بیان می کند

با حفظ مقاومت منحنی خود را از دست می دهد به طوری که منحنی صفر می شود
یعنی بدون این که سطح تنش تغییر کند تغییر شکل در سازه اتفاق می افتد.
ولی مصالح دیگر این طور نیست چون سختی هم کم می شود.

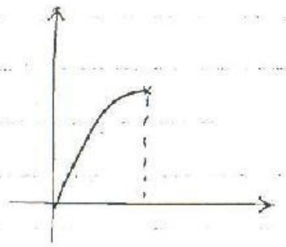
* مقاومت : سطح انرژی یا به عبارتی تنش است که در یک عضو اتفاق می افتد

* سختی : ارتباط بین تنش و کرنش را بیان می کند وقتی می گوییم یک سازه سخت است ممکن است مقاومت هم زیادی نداشته باشد اما وقتی که تحت اثر یک بار قرار می گیرد هم تحت تغییر شکل قرار می گیرد

- سقوط مقاومت فولاد : اگر یک سقفی را در نظر بگیرید که تحت اثر بارگذاری قرار می گیرد اگر این طور باشد نا امن است
حفظ مقاومت یعنی اگر یک باری روی سقف گذاشتیم تا یک جایی تغییر شکل زیاد ندارد اما تحت یک بارگذاری نهایی تغییر شکل زیادی دهد.

این قابلیت که سازه قبل مرگ‌هایی هشدارهای بسیار مفیدی را ایجاد می کند

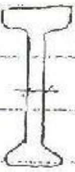
درصورتیکه مصالح متوالی این طور نیست و قابلیت طول مدت تسلیم را نخواهند داشت



ویژگی های مصالح فولادی 8

به طور کلی فولاد ماده ای است که اگر یک قطعه ای از آن نمونه ای درست کنیم نمونه ای استاندارد که در شرایط آزمایشگاه قرار دارد

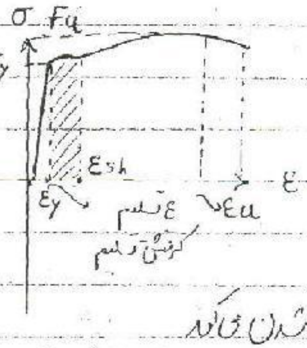
تحت نام نمونه مشخص یا اصطلاحاً بنام coupan sample : نمونه ای که در مراکز آزمایشگاهی برای

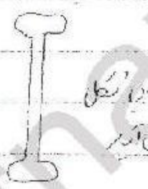


بررسی فولاد این نمونه را درست می کنند به شکل روبرو

زیر یک دستگاه قرار می گیرد کشیده می شود و مقدار تنش - تغییر شکل نسبی آن

را اندازه گیری می کنند :





تا εsh مقدار تغییر قابل توجه تنش، تغییر شکل ها شروع به زیاد شدن می کند

بعد از این نقطه همراه با افزایش کرنش ، افزایش تنش نیز خواهیم داشت تا Fu تنش نهایی

بعد از تنش نهایی تنش سیر نزولی پیدا می کند نیرو ثابت است و تنش زیاد می شود و شروع به پاره شدن می کند آن را اصطلاحاً

گردنی شدن یا necking گویند

* $\varepsilon_y = \frac{F_y}{E} \simeq$ ۰/۰۰۱ حدود
برای فولاد معمولی

* $\varepsilon_{sh} =$ حدود ۱۰ تا ۲۰ برابر
ε_y است .

* $\varepsilon_u =$ ۱ ε_y حدود ۱۰۰ برابر بیش

www.tthar.ir

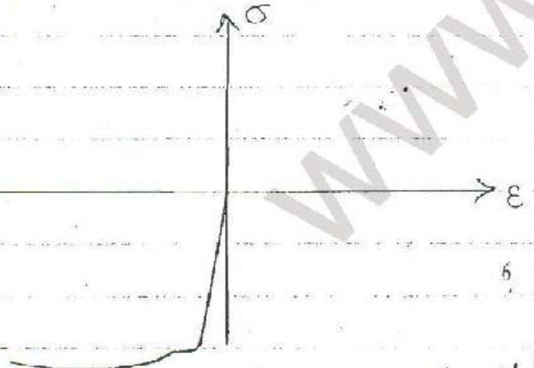
* این خاصیت هم در مورد Fy است که مقدار خیلی زیادی است البته این معنا که با یک میله مستقلی می توان بار زیادی را تحمل کرد هم چنین تغییر شکل خیلی کمی به عضو سازه ای ما اعمال می شود

* از طرفی وقتی سازه به تسلیم رسید تا ۱۰ برابر آن تغییر شکل در آن ایجاد شود بدون این که تنش آن تغییر کند یعنی هشدارهای قبل از شکستگی را برای ما بیان می کند که اگر مثلاً سازه تغییر شکل در آن ایجاد شد می توان کاری کرد که این تغییر شکل بیشتر نشود

سطح زیر منحنی تا Fy ظرفیت جذب انرژی را برای ما بیان می کند

از طرفی وقتی به خط مستقیم می رسیم منحنی ناپایدار از بین می رود بار اضافی که اعمال می شود به نقاط دیگر سازه که سختی دارند توزیع داده می شود

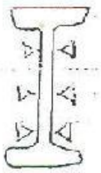
اگر این آزمایش را به جای کشش برای فشار هم انجام دهیم همین شکل را در فشار هم خواهیم داشت با این فرض که کمانشی رخ ندهد یکی از پارامترهای مهم تعیین کمانش طول عضو است.



هرچه طول کوتاه تر باشد و عرض بزرگتر باشد احتمال کمانش کمتر است

اگر از تسلیم خارج شود زودتر تسلیم را تجربه می کند دیرتر کمانش را ؟

اگر بار کمانشی بیشتر از بار تسلیم باشد مثل این است که کمانش اصلاً نداریم ؟

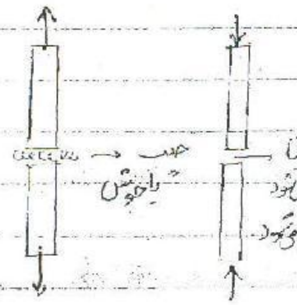


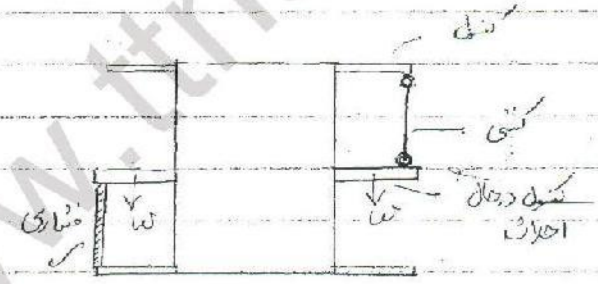
برای نمونه یک سری قیدهایی لازم داریم
که کمانش اتفاق نیفتد

این خاصیت که با رو به رو شدن با بارگذاری بیشتر را نرمی رفتار گویند :

هنگامی که عضو کششی است تغییر طول می‌دهد یعنی ابعاد مقطع شروع به کم شدن می‌کند پدیده گلوئی شدن در اعضای تحت کشش اتفاق می‌افتد در حالت کشش چون حجم ثابت است ابعاد کم می‌شود در حالت فشاری شدن تنش افزایش می‌یابد و ابعاد مقطع بزرگتر می‌شود به شرطی که کمانش مطرح نباشد به طور کلی یک عضو فشاری خیلی بهتر از عضو کششی است اگر کمانش مطرح نباشد از طرفی عضو فشاری در تماس با اعضای دیگر خودش فشار را منتقل می‌کند به اعضای دیگر اما در عضو کششی ما باید از طریق یک جوش امکان انتقال کشش را فراهم کرد :

در یک پروژه باید توجه کنیم که آیا نیاز به ستون‌ها در سازه فولادی وجود دارد یا نه





اگر کمانش نداشته باشیم فشاری بهتر از کششی است چون در حالت کششی حتماً یک اتصال مثل جوش باید وجود داشته باشد تا بار انتقال یابد اما در حالت فشاری اگر هم یک اتصال می‌خواهیم اما بار فشاری به راحتی منتقل می‌شود

* ویژگی عضو فولاد در مقایسه با سایر مصالح این است که کشش‌پذیری آن خیلی خوب است :
بقیه مصالح یا کششی کمی دارند یا عملاً قابلیت تحمل کشش را ندارند

— خواص مادی ثابت فولاد 8

ترکیب فولاد از ۹۸٪ آهن + ۲٪ سایر مواد شامل کربن، فسفر و گوگرد و ۳۰ تا ۴۰ نوع ماده دیگر

خواص ثابت مادی فولاد ناشی از ۹۸٪ آهن است :

*کربن روی Fy تأثیرگذار است

*آلومینیوم روی زنگ زدن مؤثر است

*انواع فولادهای مختلف با اضافات ۲ درصد از هم جدا می‌شوند

- خواص :

۱- E مدول الاستیسیته در تمام انواع فولاد یکسان است

۲- ν ضریب پواسون تقریباً ثابت است

۳- α ضریب انبساط حرارتی ثابت است چون ۹۸ درصد همه فولادها آهن است و ۲٪ باقی خیلی تأثیر زیادی ندارد

۴- γ وزن مخصوص در همه فولادها تقریباً ثابت است. به خاطر این ۹۸ ٪ فولاد از آهن است

رفتار الاستیک و غیر الاستیک خاصیت متالورژی فولاد است

در مصالح فلزی وجود نابجایی‌ها و فضاهای خالی در شبکه کریستالی عامل رفتار الاستیک و غیرالاستیک است

جابه‌جایی مولکولها روی هم که باعث تغییر شکل می‌شود خاصیت الاستیک را تشکیل می‌دهد که وابسته به ۹۸ درصد آهن فولاد است

که دقیقه در همه فولادها این خاصیت ثابت است ـ پر و خالی شدن این فضاها عامل رفتار غیرالاستیک است

* خواص غیر ثابت فولاد :

۱- Fy

www.ftnar.ir

۲- $\frac{\varepsilon_{sh}}{\varepsilon_y}$

۳- $\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y}$

۴- F_u

* کدام خواص وابسته به ۲٪ مابقی تشکیل دهنده فولاد دارند ؟

مثلاً از پارامترهای مؤثر در تنش تسلیم فولاد محل کربن است

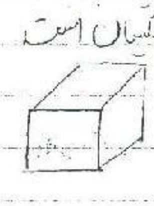
در عین حال خاصیت بد ناشی از کربن ترد شکنندگی فولاد است   britleness

* خواص کلی فولاد :

- محاسن و معایب :

* محاسن :

- خاصیت ایزوتروپی در کشش و فشار   یعنی فرقی نمی کند که فولاد در اینجا چه شکلی را بزنیم حلقه گرد باشد و صفحه باشد و...
یعنی همدوکی الاستیک
به عبارتی خصوصیات مادی فولاد در همه جهات یکسان است



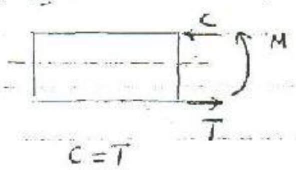
مثلاً در گذشته تکه خشت را با چوب حمل می کردند
تا کشش را هم بتواند تحمل کند

- همگنی   در همه نقاط ماده در همه حجم خصوصیت یکسان داشته باشد
اگر این خاصیت نبود نوشته فولاد یک خاصیت داشت قطعه فولاد یک خاصیت دیگر

- ایزوتروپی در کشش و فشار   " یعنی فولاد "   یعنی فرقی نمی کند که کشش و فشار را باشد Fy یکی مقدار است
این که شیب یکسان است همان خاصیت اول است
در اینجا علاوه بر یکسان بودن شیب، فولاد تنش تسلیم در هر دو حالت یکی است   یکسان است

این خاصیت اگر نبود مثلاً مقاومت در فشار در ضعف حالت کشش بود اگر یک سازه ای داشتیم که بعضی عضوها بار کششی تحمل می کند بعضی عضوها بار فشاری. مثلاً در حالت زلزله که جهت بار عوض می شود
ما ناچار بودیم که یک مقدار زیاد مصالح استفاده کنیم چون در این حالت فشار بحرانی تر می شد

اگر یک بار ثقلی داشتیم مثلاً یک تیر ساده با یک بار رو به پایین خب تار ~~پایین~~ بالا فشاری و تار پایین کششی است. اگر بار کششی و فشاری یکسان نبود چون بار کششی مقاومت بیشتری باید تحمل کند مثلاً مقاومت اینجا نصف کششی باشد در مقطع کششی مجبوریم حجم بیشتری بکار ببریم در نتیجه اگر حالت متوازن نداشتیم



$C = T$

— E بالا 8 باری که روی سازه می گذاریم مقدار تغییر شکل خیلی کم است
این بحث به شرایط سرویس مربوط می شود
مثلاً E فولاد ۱۰ برابر E بتن است
نتیجه شرایط بهره برداری و سرویس مناسب تر است با فولاد
اگر E کم بود باری که روی سازه می گذاشتیم خودش تغییر شکل خوبی می داد

— Fy بالا یا تنش مقاومت بودن بالا 8

E بتن تقریباً ۱/۱۰ E فولاد است مثلاً اگر یک بار مشابه روی هر دو بگذاریم
بتن ۱۰ برابر بیشتر تغییر شکل می دهد
Fy فولاد هم حدود ۱۰ برابر f'_c بتن است

این Fy بالا
توجیه می کند که اگر فولاد و بتن را با هم بکار ببریم E هر دو یکسان می شود یعنی $\frac{Fy}{E_s} \simeq \frac{f'_c}{E_c}$ است
استفاده از مقطع بتن آرمه به همین دلیل توجیه می شود

Fy بالا به این معناست که اگر بار خارجی تنها به اندازه P باشد "در بار فشاری محوری"
اگر فولاد بکار ببریم باید $A_s \geq \frac{P}{Fy}$ سطح مقطع فولاد مثلاً اگر یک ستونی داریم

دو گزینه داریم فولادی و بتن آرمه. اگر از بتنی استفاده کنیم باید $A_c \geq \frac{P}{f'_c}$
در نتیجه A_s ۰/۱ A_c خواهد

* $A_s \cong 0/1 A_c$

- از طرفی وزن مخصوص فولاد از بتن خیلی بیشتر است مثلاً فولاد در حدود ۷۸۰۰ و بتن حدود ۲۴۰۰ است
- پس وزن فولادی مصرفی تقریباً می‌شود ۱/۳ وزن بتن مصرفی

$\gamma_s \cong 3\gamma_c$

وزن فولاد مصرفی $\cong$ ۱/۳ (وزن بتن مصرفی)

سطح مقطع فولاد مصرفی $\cong$ ۱/۱۰ (سطح مقطع بتن مصرفی)

این ۲ خاصیت خیلی مهم‌اند وقتی سطح کم شود
نسبت فضای مفید به غیر مفید زیاد می‌شود
از نظر وزن هم ۱/۳ می‌شود مثلاً اگر وزن یک ساختمان ۵ طبقه فولاد مصرفی حدود ۵۰-۶۰ kg است اما برای بتنی حدود ۲۰۰ kg می‌شود که باعث می‌شود نیروی مرده زیاد شود در نتیجه اعضا بزرگتر می‌شوند و نیروی زلزله زیاد می‌شود و با سبک سازی سازه‌ها مغایرت دارد

- شکل پذیری - قابلیت جذب انرژی
سطح زیر منحنی σ-ε در سازه فولادی در مقایسه با بتن آرمه نشان دهنده مقدار انرژی که در سازه فولادی در مقایسه
با بتن آرمه جذب می‌شود حتی با آتش ناممکن مقدار جذب انرژی خیلی زیاد خواهد بود

- قابلیت توسعه - ترمیم و تقویت فولاد
مثلاً اگر یک ستون بتنی ساخته باشید طبقه اول را که ساختید بلوغه گرفتید تا آزمایشگاه مربوطه جواب بدهد
شما طبقه چهارم را هم ساختید وقتی جواب مناسب نباشد دیگر هیچ چاره‌ای ندارید
اما در سازه فولادی می‌توان با قرار دادن چند تکه آهن مشکلات را تا حدودی حل کرد.

* معایب 8

- حساسیت در برابر بارهای فشاری یا کمانش ناشی از داشتن مقاومت به وزن بالا که سازه لاغر می‌شود
یک مفهوم که بحث خطرناک است
امروزه کمتر بحث کمانش مطرح می‌شود ولی به هر حال در مقایسه ضریب لاغری در سازه‌های فولادی وجود دارد
در بتن آرمه

* راه جلوگیری از کمانش — انتخاب شکل مناسب
تناسبات اجزای مقطع
طراحی مهاربندها و تکیه گاه ها
کاهش طول آزاد — یعنی جلوی حرکت های ناخواسته را از سازه گرفتن

— خوردگی — در سازه های بتنی کمتر مطرح می شود ولی پدیده های حمله کلر، کربناسیون و ... داریم
باید سازه های فولادی را با پوشش های ضد خوردگی مثل اپوکسی و رنگ کاری بپوشانیم

— مقاومت کم در برابر آتش سوزی
هر جنسی که درجه حرارت ۲۰۰° شد مقاومت آن نصف می شود
سازه ای که در مقابل آتش سوزی قرار بگیرد ضعف آن به مراتب بدتر از زلزله است
باید با پوشش های مناسب کاهش مقاومت را در مقابل حریق به تأخیر بیندازیم
Fire proof کنیم

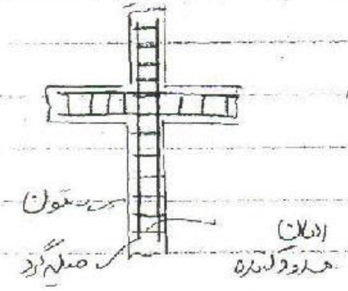
— اقتصاد — خیلی در این خصوصیات مشخص نیست مثلاً نرخ مقاطع فولادی در بازار

سازه های فلزی معمولاً قابلیت پیش ساختگی بهتری دارند البته در مورد بتن هم وجود دارد که مشکل خاص خود را دارد مثل حمل و نقل

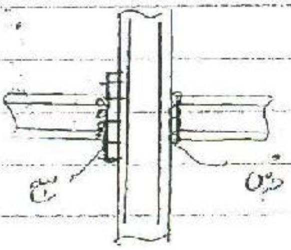
www.tfnar.ir

ج ۳ ساعت ۷ صبح — به نام خدا — ۸۴/۱۱/۱۷

یکی از تفاوت‌های عمده دیگری که در سازه‌های فولادی هست و هم چنین در سازه‌های بتن آرمه با یکدیگر



ما طراز دو سقف و ستون‌ها
را اجرا می‌کنند دوباره مجدداً
تا طبقه بعدی می‌کنند ستون‌ها را
اجرا می‌کنند مرحله به مرحله



در سازه فولادی ستون‌ها را معمولاً
برپا می‌کنند و دهانه به دهانه تیرها را که
قبلاً ساخته شده و برشکاری شده در محل
قرار می‌دهند و با تکنیک‌های اجرایی مثل جوش
این دو عضو را به هم وصل می‌کنند
یا ممکن است یک ورق به ته تیر جوش بدهند و
این ورق را به ستون پیچ کنند

تفاوت این دو سازه به طور عمده در این است که در محل اتصالات در سازه بتن آرمه یک سازه به هم پیوسته هماهنگ خواهیم داشت به عبارتی شرایط ستون و تیر از لحاظ اتصالشان و آرماتورشان مثل خود عضو است از حالت بتن و پیوسته است

در سازه فلزی به دلیل قطعات پیش ساخته بودن یک ستون داریم که پیوسته است اما تیرها جدا است که قطع شود و با یکدیگر اجزای قطعات از مفصل‌ها به هم جفت می‌شوند

www.itnar.ir

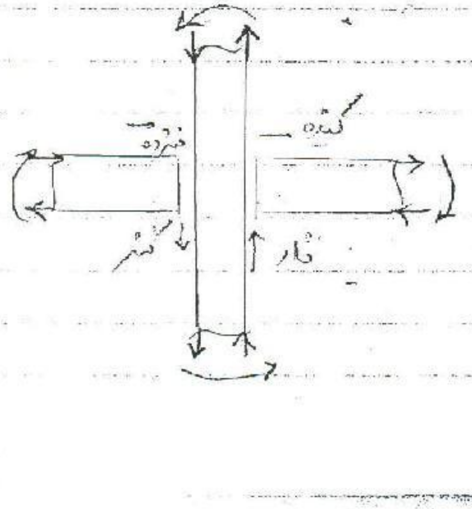
* در محل اتصالات که محل بسیار مهمی است چون نیروها جمع شده اند در یک گره انتقال می دهند چون نیروهای تیر که به صورت افقی حرکت می کنند لذا نیروهای تیر به نیروی قائم باید تبدیل شوند و در نهایت به زمین منتقل می شود

— پس محل اتصالات که منطقه ۱. تجمع نیروها ۲. تغییر جهت نیروها   8   حداقل ۲ عضو سازه در یک گره مجاور و یا به هم می رسند ۴ یا تیر ۲ تا ستون

در سازه فولادی یک گسستگی داریم در مقایسه با سازه بتن آرمه در پیوستگی کامل برقرار بوده و این نقطه از نقاط بحرانی سازه ما حتماً خواهد بود و لزوم توجه زیادی برای آن وجود دارد

در سازه قاب خمشی لنگر در انتهای دو تیر افقی داشته باشیم به یک زوج نیرو تبدیل می شوند در نتیجه یک طرف ستون کشیده شده طرف دیگر فشرده می شود

از طرفی عکس العمل لنگر در ستون هم به صورت یک زوج نیرو عمل می کند در نتیجه یک طرف در حالت فشار یک طرف در حالت کشش است پس در ناحیه اتصال یک سری نیروهای کششی و فشاری داریم که در نهایت منتقل به این ناحیه وارد می شوند



این کنش در همه اتصالات هم برقرار می شود

در سازه های بتن آرمه پیش ساخته هم این بحث وجود دارد در محل اتصال نه پیوستگی بتن داریم نه پیوستگی سازه !

* cast in plaee Reinforce concrete درجا

* Precast Reinforce concrete پیش ساخته

یعنی در پیش ساخته هم اتصال بتن: ضعف داریم و باید توجه ویژه به آنجا کرد !

ما یک درس هم در گرایش طراحی سازه های فولادی تحت عنوان طراحی اتصالات داریم

به علت تجهیزاتی که طراحی سازه های cast in نیاز داریم مثل [illegible] و مسائل curing ... هم پیش می آید

مثلاً یک دهانه ۶۰ متری بتن آرمه را اگر با روش cast بخواهیم بسازیم باید یک قالب به طول ۶۰ و ارتفاع ۲۰ بسازیم

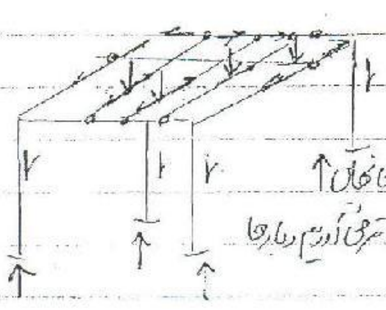
و بتن را از بالا به آن تزریق کنیم که مشکلات خاص خود را دارد

* مباحث طراحی سازه های فولادی 8

سازه اصولاً می تواند از یک سازه پیوسته با رفتار ۳ بعدی تشکیل شود یا آن را ساده کرد و به دو بعدی و در نهایت یک بعدی

به عبارتی رفتارهای خارجی را که بارهایی در جهات مختلف اند به گونه ای تغییر دهیم که تبدیل به بارهایی روی تکیه گاه ظاهر شوند

رفتار شناخته شده تیر — مثل بارگیری بار داریم



زیرا این بارها یک صفحه افقی

ملاحظه کنیم که این صفحه تمام بارها

را به تیرها انتقال دهد و در تیرها بارگیری انتقال ↑

مرزی ملاحظه کنیم که طرز بار را یک طرز و پیش فرض آوردیم و بارها

را به مقصد نهایی آن می رسانیم

می بینیم که در انتقال بار پیش

این اثر بارهای ثقلی زمین

هر بار یک المان اصلی لازم است

که بار را به نقاط مرزی انتقال می دهند

هرکدام از این اعضا یک خاصیتی دارند یکی در جهت داخل محور یا در جهت عمود محور بار را عبور می دهند یا حتی به صورت ترکیبی از این دو عمل می کنند یعنی ترکیبی از بارها به صورت متفاوت. در نقاط ۳ بعدی را می خواهیم یک مرحله خاص ببریم که اعضای خود را را در آن مرحله خاص قرار دهیم

— نتیجتاً برای تحمل بار نیاز به یک سیستم باربر که متشکل از اعضای ۳ بعدی، ۲ بعدی و ۱ بعدی و اتصال

((۳ بعدی = بلوک، توپر، شکلی که بوسیله ۳ بعدی

۲ بعدی = حجم، سقف ها، دال

۱ بعدی فقط یک راستا دارد مثل تیر - ستون - عضو خرپایی عضوی که یک راستا و دو گره داشته باشد.))
(تیر - ستون‌ها)

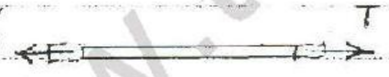
با رفتارهای :

۱ - داخل صفحه ای In plane actions

۲ - خارج صفحه ای Out of plane Actions

می باشند :

★ رفتار In plane :

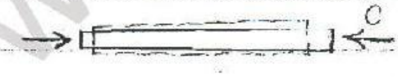


(کششی) داخل محوری یا محوری

اعمال نیرو محوری

رفتار داخل صفحه ای

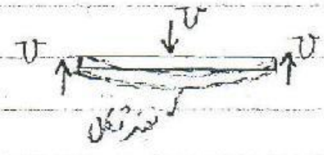
یعنی نیروهایی که در امتداد محور عضو وارد می شوند



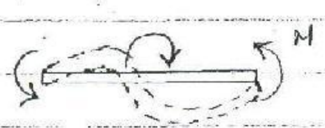
(فشاری)

تغییر شکل میله در راستای محورش قرار دارد. در حالت فشاری اندکی تغییر حجم می دهد تحت اثر پواسن

★ رفتار out of plane :



تحت اثر بار قائم رفتار خارج صفحه ای دارد که آن را خارج از محوری می نامند



نیروی In plane نیروهای محوری اند که به صورت T یا C روی عضو اثر می کند

در اثر یک مؤلفه فشاری ممکن است سازه تحت اثر کمانش قرار بگیرد که سازه دیگر رفتار داخل صفحه ای ندارد

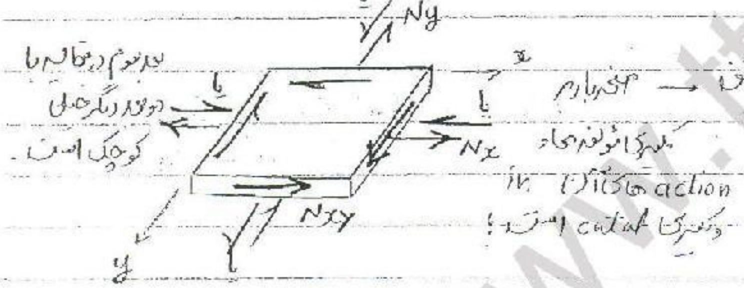
در حالت عادی انتظار کوتاه شدن داریم اما تحت کمانش تغییر شکل خارج محوری دارد که نقض این رفتار است

* کمانش ؛ رفتاری از عضو است که در اثر نیروهای In plane یا داخل محوری یا زیاد out of plane در عضو ایجاد گردد ؟

اگر به صورت ۳ بعدی به عضو یک محوری نگاه کنیم پیچش هم می تواند وجود داشته باشد که یک رفتار داخل محوری است

از طرفی پیچش هم در حالات دیگری می تواند وجود داشته باشد

* رفتار دو بعدی ؛


Ny
یا
x
بعد سوم در مقایسه با دو بعد دیگر خیلی کوچک است .
یا
یا
Nx
Nxy
y
یا
مثل یک سقف → صفحه بارم
بقیه مؤلفه ها in (داخل) های action دیگری out of است !

- رفتار In plane

- Nx نیروی محوری در راستای x

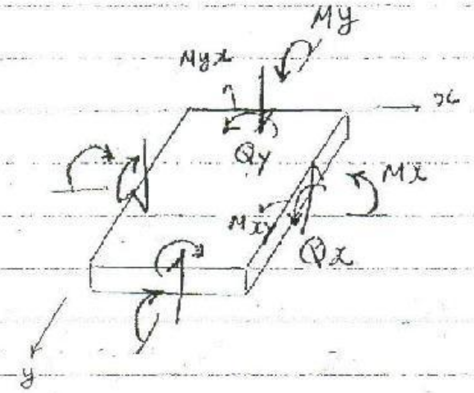
Nx و Ny سازه را تحت اثر فشار داخل صفحه قرار می دهند کوتاه شدن - بارگذاری و ... در داخل خود صفحه است

* علاوه بر Nx و Ny یک Nxy (برش) هم داریم که مجموعاً مؤلفه های داخل صفحه ای اند ؛

* به تعبیری در اثر اعمال این ها کلیه رفتارهای سازه به صورت عمده In plane (دو بعدی) است ؛ از جمله تغییر شکلها، کرنش ها، نیروها، تنش ها .

در اینجا هم باید کمانش را جدا کرد چون در اثر کمانش در اثر نیروهای Inplane ما مؤلفه های خارج از صفحه هم داریم

یعنی اگر صفحه دارای سختی کافی نباشد در اثر اعمال این نیروها رفتار سازه می تواند خارج از صفحه «کمانش» نیز داشته باشد ؟



- رفتار outof plane

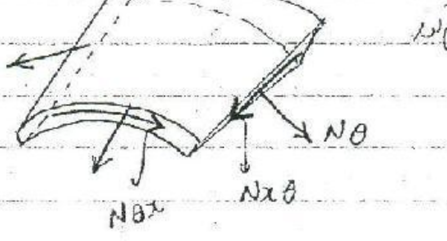
Q_x هر Q در راستای x حساب می‌شود

Q_y ״ Q در راستای y حساب می‌شود

M_{xy} پیچشی است

- Q_x و Q_y و M_x و M_y و M_{xy} مؤلفه های خارج صفحه ای اند که ایجاد عملکردهای تغییر شکل نیرو کرنش وتنش خارج از صفحه ؛ ((حرکت در جهت z عمود بر صفحه ، دوران حول محور x ، دوران حول محور y و کرنش های تغییر آنها)) می نمایند

* المان ۳ بعدی 8



- در حالت ادامه تیر به صورت خارج صفحه عمل می کند

در راستای مماس بر انحنا قرار دارند

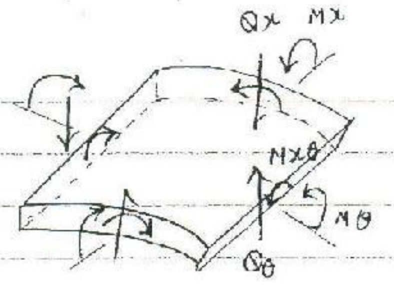
این نیروها In Plane تلقی می شوند ؛

پوسته یا یک تکه از کره دو انحنا دارد

استوانه یک انحنا دارد

N_x ، N_θ و $N_{x\theta}$ جزء نیروهای In plane هستند

$\tau_{x\theta} = \tau_{\theta x}$



Mxθ , Mθ , Mx , Qθ , Qx

مؤلفه های خارج صفحه ای می باشند ؟

در سازه های فولادی آرایش اعضا را به گونه ای ایجاد کنیم که رفتارهای خطی محدود داشته باشیم به خاطر بحث های کمانش و اتصالات

* سازه های فولادی I 8

۱- طراحی اعضای محوری یک بعدی

- اعضای کششی یک بعدی ← کش ها
- اعضای فشاری یک بعدی ← تمام ستون ها
- اعضای خمشی یک بعدی

۲- طراحی اعضای خمشی یک بعدی - تیرها

خمش و برش آنها بایستی دیده شود ؟ یک محوره و دو محوره
مثلاً تیره باغ موزه در واقع نیروی کابل ها و بار را تحمل می کند که در واقع خمش را تحمل می کند
به همین دلیل به آن تیر می گویند ستون نمی گویند

۳- طراحی اعضای خمشی - محوری

ترکیبی از بار محوری و بار خمشی - ترکیبی از نیروهای In و out of plane
که نام آن تیر ستون ها
اگر خمش خیلی زیاد باشد به سمت تیر و اگر نیروی محوری آن زیاد باشد به سمت ستون متمایل می شود

سازه اسکلتی سه بعدی سازه ای که متشکل از یکسری المان های یک بعدی است که اسکلت سازه را تشکیل می دهند

گنبدهای شبکه ای space frame اعضای آن ها اعضای یک محوری اند اما کل سازه ۳ بعدی است

www.tttar.ir

۸۴/۱۱/۱۸ به نام خدا ج ۴

* مدارک و آیین نامه های موجود و لازم :

۱- مقررات ملی ایران مبحث دهم - طراحی و ساخت سازه های فولادی

۲- مبحث یازدهم مقررات ملی ایران - ساختمان های صنعتی

۳- مبحث ششم مقررات ملی ایران - بارهای وارده بر ساختمان ها

۴- مبحث پنجم مقررات ملی ایران - مصالح و فرآورده های آن شامل فولاد - سیم جوش، آجر، سیمان و ...

۵- استاندارد ۲۸۰۰ - برای نیروهای زلزله به طور اخص

۶- استاندارد ۵۱۹ - اضافه چون که سقوط در آن آمده است، در مبحث ششم قوانین آن آمده است

۷- آیین نامه بتن ایران ج ۱ و ۲ (آبا) ۸) آیین نامه جوش ایران نشریه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه

* مراجع این آیین نامه ها :

8) AISC - ASD « American Institude of steel construction

Manual 1989 « allowable stress Design »

آخرین منتشره ای است که چاپ شده است.

9) AISC - LRFD , ASD مبحث طراحی و اجرا

2005

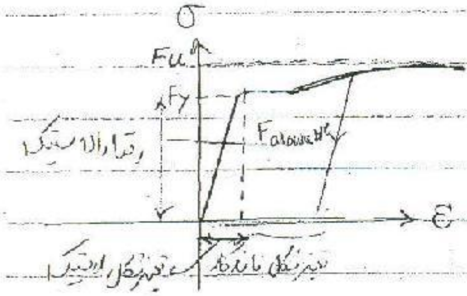
10) AWS - 2004 « American Welding society »

11) Siesmic Provision of steel stracture

Draft 2005

+ چندین مرجع فارسی و انگلیسی   سالمون - جانسون
بلاجت   سازه‌های جوش شده

- دیگر طراحی ۳ تا concept وجود دارد :



۱- طراحی به روش تنش‌های مجاز :

اگر مقاومت مصالح را که رابطه بین ε - σ است
در نظر بگیریم رفتار مقابل را داریم
تا یک محدوده قابل توجه تنش، رفتار به صورت الاستیک مرتجع است یعنی
است اگر سازه در داخل این محدوده بارگذاری کنیم و بار را برداریم دوباره به وضعیت قبلی اش
برمی‌گردد و هیچ اثری از بارگذاری وجود ندارد .
چنانچه وارد منطقه سخت شوندگی شود که معمولاً در فولادها با آزمایش مشخص شده که اگر بارگذاری را در این منطقه متوقف
کنیم مقداری از خط الاستیک برمی‌گردد و تنها یک مقداری تغییر شکل ماندگار در سازه باقی می‌ماند مثلاً اگر ۳ cm کش آمد
وقتی بار را برمی‌گردانیم مثلاً ۳ mm برمی‌گردد ۲٫۷ باقی می‌ماند

اگر این رفتار را داشته باشیم نظم هندسه سازه به هم می‌خورد ؟

* یک شرایطی داریم که نام عملکرد سرویس خدمت‌رسان مثلاً یک ساختمان آموزشی مرتب پر و خالی می‌شود یا
یک انبار را در نظر بگیرید مرتباً پر و خالی می‌شود این شرایط عملکردی سازه است اگر قرار باشد که اگر اتفاق یکبار پر شد تغییر
شکل بدهد و وقتی خالی شد تغییر شکل باقی بماند این سازه service ability خود را از دست می‌دهد .

این شرایط برای سازه قابل تعریف است بیشتر وقتها سازه‌ها به دلیل تجهیزات، مبلمان و شکل ظاهری شرایط سازه از سرویس
خارج می‌شود مثلاً ترک برمی‌دارد از الان تا مثلاً ۵۰ سال دیگر سرویس باید باقی باشد

اگر بخواهیم سازه در طول عمر خود تحت سرویس باشد نباید سازه از محدوده الاستیک خارج شود مصالحی که قرار است بار
را به طوری جابجا کنیم که سازه در محدوده الاستیک بماند ترک برنمی‌دارد و الاستیک بماند

فلسفه تنش مجاز به این صورت است یک Gap بگذاریم که حداکثر تغییر شکل الاستیک را جواب بدهد در این صورت در این محدوده بارگذاری

www.ttcar.ir

هیچ تنشی ایجاد نمی شود

اگر تغییر شکل ماندگار در سازه داشته باشیم شرایط سرویس سازه بهم می خورد ؛

* اگر بخواهیم سازه در طول عمر خود بارها را در شرایط سرویس تحمل کند نباید بگذاریم تنش ها از تنش تسلیم فراتر رود ؛

یک پارامتری تعریف می کنیم به نام load (L) بار یا نیروی وارده ؛

یک پارامتری تعریف می کنیم به نام (R) ظرفیت باربری یا مقاومت ؛

باید توجه داشت همواره $L < R$

– اگر بخواهیم طراحی در سرویس باشد مقاومت ها باید مقاومت حد الاستیک باشد تا طراحی ما در محدوده الاستیک باشد ؛ R باید به R آستانه تسلیم عضو محدود گردد ؛

می تواند از تعریف لنگر یا تنش یا نیرو باشد ؛

این که چقدر بار وارده به R نزدیک باشد این بستگی دارد به میزان اطلاعاتی که ما داریم

اگر در یک سازه ما به مصالح آن خیلی اعتماد داشته باشیم مثلاً در تهیه فولاد در یک کارخانه اگر کاملاً دقیق صورت گیرد و نظارت مستمر دقیق وجود داشته باشد می توان به آن اعتماد کرد

یکی از منابع خطا این است که ما به نحوه ساخت مصالح اطمینان لازم نداریم

+ یکی از ناشناخته ها ؛

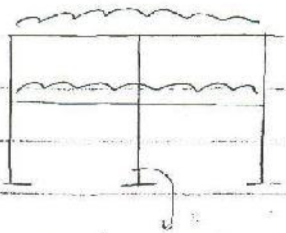
– عدم قطعیت مشخصات مادی

مسائل هندسی چون با آدم ها سر و کار دارد و هیچ دو آدمی یکی نیستند همواره ما یک خطایی داریم

بنابرین مسائل هندسی ما باید مبتنی بر مسائل احتمالاتی باشند " Probability approach "

— ما هیچ وقت در ارزیابی نیروها نمی توان دقت داشت ، عدم قطعیت در برآورد وزن مصالح و میزان بارهای وارده

— عدم قطعیت در فرضیات و روش های تحلیلی و ضعف های روش های تحلیل



M را می خواهیم بدست آوریم

سمت L تیر داده در سمت R معادل
خطی می گذاریم و در انتها قرار می دهیم

— ما برای برآورد این تیر چه می کنیم ؟
یکسری فرضیات می کنیم مثلاً رفتار سازه خطی
است از اصل ارتجاعی و جمع آثار قوا استفاده می کنیم
مقاطع همین تیر در کل صفحه باقی می ماند
صفحه بعد از خمش باقی می ماند
مصالح ایزوتروپ و همگن هستند
مثلاً تغییر شکل های کوچک را در تحلیل خطی در نظر می گیریم
تغییر شکل ها کوچک باشد
این فرضیات خود نشان دهنده این است که جوابی که بدست می آوریم Reliable نیست

توزیع نکرده ایم

در واقع سازه این طوری است
که ما آن را با خط نازک ترسیم کرده ایم

— خطاهای اجرایی

www.tfnar.ir

– خطاهای بهره‌برداری : از سازه نه آن صورتی که در ابتدا برای آن فرض شده مورد استفاده قرار می‌گیرد

code ها در واقع فاصله بین L و R را بیان می‌کنند این که چه شرایط اطمینان باید داشته باشیم

$$* \quad L + \Delta L \leq \overset{capacity}{R} - \Delta R$$

هنگامی که $\Delta L = ۰/۲۵L$ ،
$\Delta R = ۰/۲۵R$

$$۱/۲۵L \leq ۰/۷۵R \Leftarrow$$

$$* \quad \frac{۱/۲۵}{۰/۷۵} = F.S = ۱/۶۷$$ factor of Safety

حاشیه اطمینان می‌گذاریم

پس $L \leq \frac{R}{\boxed{۱/۶۷}}$ باشد ۱/۶۷ ضریب اطمینان یا حاشیه اطمینان خواهد شد S.F

نیروهای اسمی که براساس مشخصات بدست می‌آید نسبت به نیروهای اسمی که بر حسب مشخصات بدست می‌آید باید توسط این روابط هم ارتباط داشته باشند

– طراحی به روش تنش مجاز :

بارها در محدوده‌ای ایجاد تنش می‌کنند که ما انتظار داریم تمام تنش‌ها و تغییر شکل‌ها آزاد شوند.

$$\frac{R}{۱/۶۷} \geq L$$

R allowable

نیرو باید کمتر از مقاومت مجاز باشد

سازه‌های نیروگاه‌های هسته‌ای باید با ضریب بالا براساس روش ASD طراحی شود
یا در طراحی سدها باید دقت با ضریب اطمینان بالا باشد

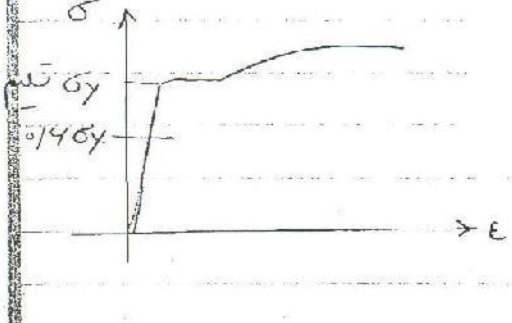
performanced best Design طراحی بر مبنای عملکرد

بعضی کشورها به روش های جدیدی هم طراحی هایی انجام می دهند LRFD

مشکل در این روش ASD زیاد مطرح نیست چون خاصیت باربری آن با ترک خوردگی شروع می شود

* روش ASD 8

چنانچه سازه را تحت اثر بارهای واقعی وارده تحلیل کنیم تنش‌هایی که در اثر آن بارها در سازه ایجاد می‌شود از محدوده تنش تسلیم کمتر می‌شود



$\sigma < \sigma_y$ تنش‌های حاصل از بارهای واقعی

روش تنش مجاز
Allowable stress design
(ASD)

* برای اینکه به دقت طرفین رابطه برسیم باید یک ضریب اطمینان تعیین کنیم که نامساوی همواره برقرار باشد 8

* $\sigma \leq \frac{\sigma_y}{F.s} \simeq 0/6\sigma_y$ — F.s ضریب اطمینان برای برآورد خطاهای ناشی از عدم قطعیت‌هاست

- تنش مجاز در واقع ۶۰٪ σy است که تنش‌های ما باید از این تنش کمتر باشند

* این روش تضمین می‌کند که در هیچ نقطه سازه تنش‌ها از تنش تسلیم فراتر نرود .

- مزایای روش ASD 8

۱- سازه تحت بارهای وارده همواره الاستیک باقی می‌ماند ؛
این ویژگی شرایط (service) را در طول عمر سازه تضمین می‌کند یعنی کوچکترین خرابی یا ترک در سازه نخواهیم داشت ؛

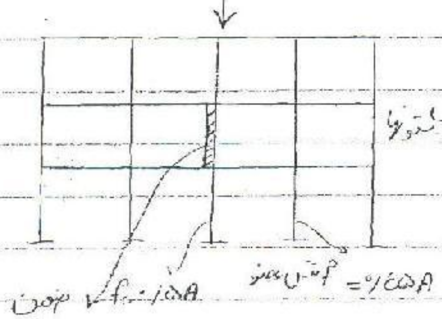
www.ttmar.ir

۲ - شرایط بهره وری یا خدمت دهی service ability تا در طول عمر سازه تضمین می کند

بارهای دائمی مانند بار وزن - بار زلزله آنچه که به طور روزمره به سازه وارد می شود حالا اگر بار داریم سازه تحت

این بارها ضعفی از خود نشان ندهد پس ؟

۳ - برای بارهای دائمی و مستمر روی سازه بسیار روش ها مناسبی می باشد



روش تنش های مجاز تضمین می کند در
تمام نقاط این سازه ؛ تیر اتصالات ستون ها
همه جا تنش ها کمتر از تنش مجاز باشد
در واقع در این روش انتخاب مقاطع
طراحی مهم است

مثلاً یک عضو به طور
اتفاقی ضعیف انتخاب
شده باشد در مقایسه
تنش های ناشی از بار
خارجی این نقطه زودتر
از تمام نقاط به حد باربری
خودش می رسد

اگر $\frac{\sigma_y}{F.S} = A$

در عضو ضعیف $= A$ *

- در کل سازه ظرفیت باربری داریم اما چون
یک عضو از سازه به حد خود رسیده باید بایستیم
که بارگذاری را روی آن انجام دهیم

- پس در این روش تناسب بندی اجزا خیلی مهم است

تا حتی اثر تنش های وارده همه اعضا با یک نسبت به تنش مجازشان برسند

در سازه های نامعین یکی از ویژگی های این است که اگر یک عضو ضعیف بود بار را به سایر اعضا منتقل می کند اما در روش ASD امکان انتقال این بار وجود ندارد .

* از معایب عمده این روش این است : ضعیف بودن یک نقطه یا یک منطقه بسیار کوچک از سازه موجب می گردد که از