PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

Advanced Structural Systems (2)

کریم عابدی

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سرفصل های مصوب

نام درس: سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع واحد: ۱ واحد نظری، ۱ واحد عملی

پیشنیاز: سیستم های ساختمانی پیشرفته (۱)

هدف:

هدف این درس عبارت است از آشنایی با مبانی انتقال نیروها در سیستم های ساختمانی، آشنایی با روش های علمی مقایسه و انتخاب مناسب ترین سیستم ساختمانی برای یک معماری معین، آشنایی با روش های طراحی سیستم های ساختمانی از طریق تمرینات عملی و ارائه پروژه نهایی، آشنایی با روش های ساخت سیستم های ساختمانی از طریق مطالعه، بررسی و تحقیق در مورد پروژه های اجرا شده در جهان

شرح درس (برای ۴۸ ساعت در یک نیمسال تحصیلی):

پس از آشنایی اولیه دانشجویان با سیستم های ساختمانی و فرم های سازه ای در دروس قبلی، در این درس به تجزیه و تحلیل رفتار سازه ها تحت تاثیر نیروهای مختلف می پردازند و نحوه دستیابی به یک طرح صحیح را از طریق شناخت دقیق رفتار ساختمان در برابر نیروها، در یک پروژه معماری تجربه می‌نمایند.

مباحث درس بشرح زیر خواهد بود:

- بررسی تحلیلی سیستم‌های ساختمانی و فرم‌های سازه‌ای
- بررسی نحوه پایداری سیستم‌های ساختمانی در برابر نیروهای مختلف
- مقایسه سیستم‌های مختلف ساختمانی، شناخت مزایا و محدودیت‌های هریک
- استفاده از فن‌آوری جدید در ایجاد فضای معماری مطلوب
- بررسی نحوه استفاده از مصالح جدید در ایجاد فرم‌های نوین ساختمانی
- آشنایی با فرآیند علمی انتخاب مناسب‌ترین سیستم ساختمانی برای یک طرح معین
- آشنایی با انواع بارهای وارده بر ساختمان‌ها (بارهای مرده، زنده، زلزله، باد، بارهای دینامیکی،...)

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سرفصل دوم درس

بررسی نحوه پایداری سیستم های ساختمانی در برابر نیروهای مختلف

- مبانی پایداری سازه ها
- رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها
- نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

Classification of Instability Phenomena in Structures

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

۱- یک نکته مهم در طبقه بندی رفتار سازه ها

در یک طبقه بندی کلی می توان رفتار سازه ها را به صورت خطی، غیرخطی نرم شونده و غیرخطی سخت شونده تقسیم بندی کرد. در حالتی که سازه دارای رفتار غیرخطی سخت شونده باشند، خرابی سازه در صورت وقوع به دلیل گسیختگی مصالح رخ می دهد. در حالاتی که سازه رفتار غیرخطی نرم شونده را از خود نشان می دهد، در صورت ادامهٔ بارگذاری در سازه، ناپایداری اتفاق خواهد افتاد.

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

رفتار خطی سازه ای

(۱)

رفتارغیرخطی سازه ای نرم شوندگی

softening

(۲)

رفتار غیرخطی سازه‌ای سخت شوندگی

stiffening

(۳)

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

در شکل (۱) برای هر تراز بار، سختی ثابت است، پس هیچ گونه ناپایداری رخ نمی دهد.
در شکل (۲) چون سختی در حال کاهش است، احتمال بروز ناپایداری وجود دارد.
در شکل (۳) سختی در حال افزایش است و ناپایداری مطرح نیست.

رفتار مصالح	رفتار سازه	نوع ناپایداری
تا نقطه ناپایداری قطعاً خطی است، بعد از آن می تواند غیرخطی هم باشد.	غیرخطی (نرم شونده)	ناپایداری ارتجاعی
غیرخطی	غیرخطی (نرم شونده)	ناپایداری غیرارتجاعی

ناپایداری ارتجاعی: قبل از ناپایداری، هیچ گونه تسلیمی در مصالح رخ نمی دهد.

ناپایداری غیر ارتجاعی: قبل از ناپایداری، تسلیم در مصالح رخ می دهد.

پس برای بررسی پایداری یا ناپایداری، سازه باید دارای رفتار غیرخطی نرم شونده باشد.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

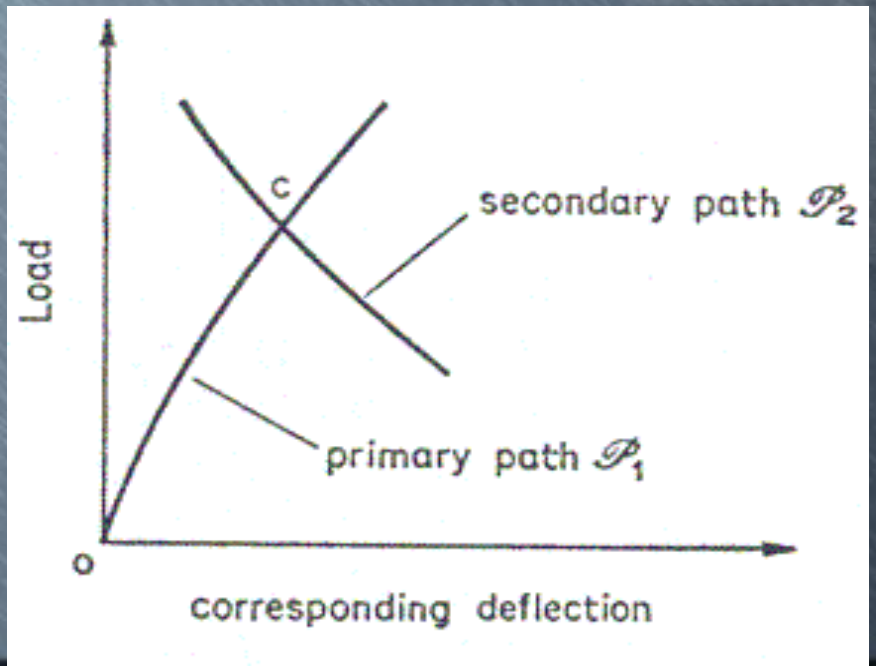
رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

اساساً دو رده ناپایداری وجود دارد:

الف- ناپایداری نقطه حدی (Limit Point Instability)

ب- ناپایداری نقطه دوشاخگی (Bifurcation Point Instability)

- ناپایداری نقطه حدی: برای سیستم سازه ای تحت بار گذاری مشخص، فقط یک مسیر تعادل وجود دارد.
- ناپایداری نقطه دوشاخگی: برای سیستم سازه ای تحت بارگذاری مشخص، بیش از یک مسیرتعادل وجود دارد.

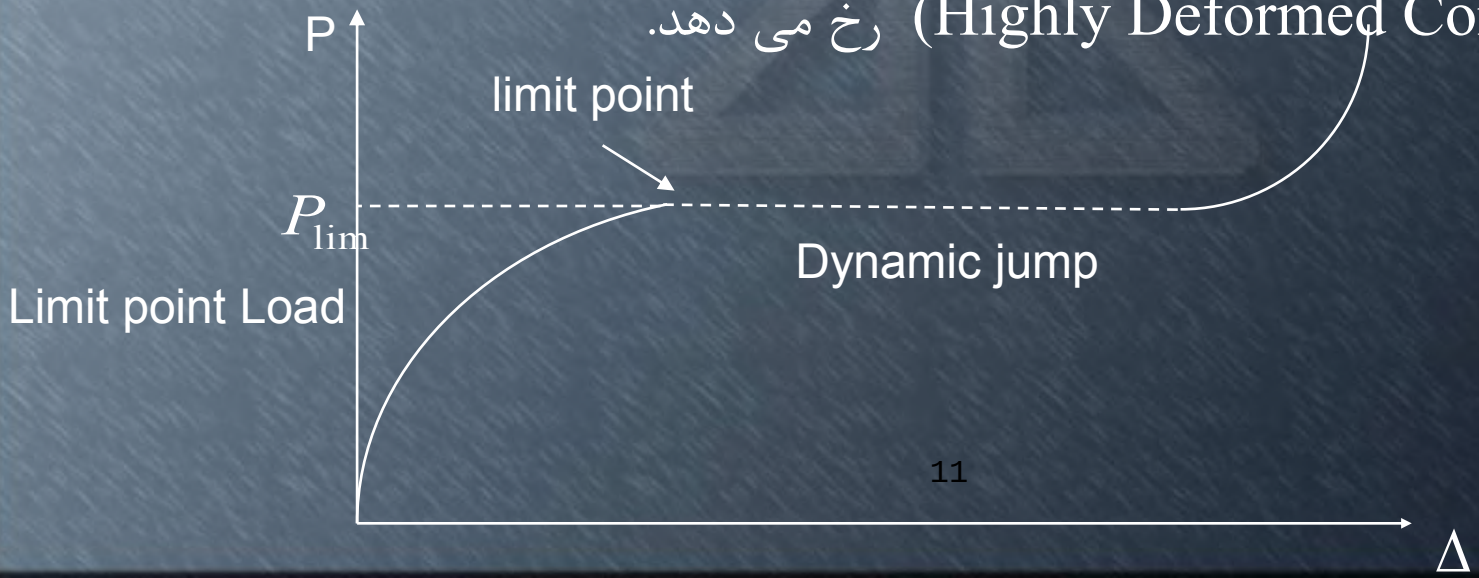


PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۲- ناپایداری نقطه حدی (Limit Point Instability)

الف – تعریف کلی:

یک سازه با مشخصه نرم شوندگی که در آن سختی با افزایش بار کاهش می یابد، احتمالا پایداری خود را به طریقه ای که ناپایداری نقطه حدی نامیده می شود از دست بدهد. در این نوع ناپایداری، نرم شوندگی که همراه با مد اولیه تغییر شکل (Initial Mode of Deformation) می باشد ممکن است با کاهش تدریجی سختی به حالتی برسد که در آن سختی سازه بکلی از بین برود. در این حالت است که گفته می شود مسیرتعادل بار - تغییرمکان به یک نقطه حدی رسیده است که در آن یک پرش دینامیکی (Dynamic Jump) به یک بافتار بسیار تغییرشکل یافته (Highly Deformed Configuration) رخ می دهد.

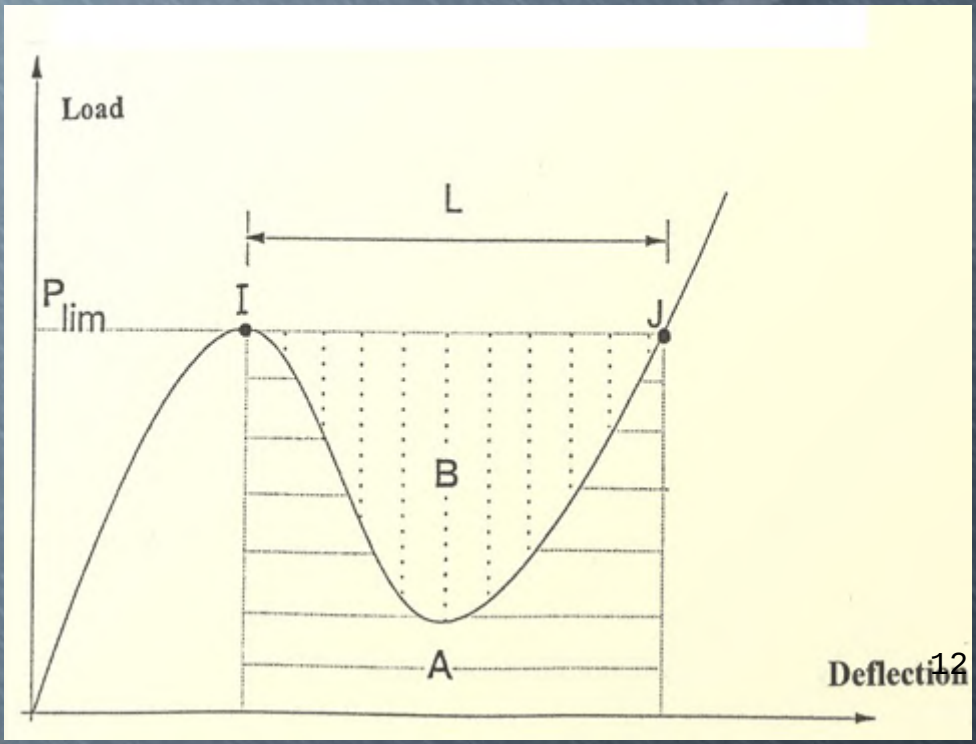


PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

به عبارت دیگر، در نقطه حدی سختی سازه صفر است و هیچ حالت تعادل همسایه ای به ازای یک افزایش اندک در بار وجود ندارد. در این نقطه است که سازه مجبور می شود که به دنبال یک حالت تعادل پایداری باشد که در این تراز بار و عموما در مسیر تعادل مشابهی می باشد.

دو ویژگی ناپایداری نقطه حدی:
- حفظ مد اولیه تغییرشکل بعد از وقوع ناپایداری،
- وجود یک مسیر تعادل قبل و بعد از وقوع ناپایداری.



اگر سیستم کنترل بارگذاری، به جای کنترل بار (Load Control)، از نوع کنترل تغییرمکان (Displacement Control) باشد، در این صورت رفتاری به صورت روبرو خواهیم داشت:

لازم به ذکر است که حرکت به سمت حالت تعادل دیگر(نقطه J) در همان مسیر تعادل، شامل انتقال مقدار قابل توجهی انرژی بوده و با شدت قابل توجهی رخ می دهد. این نوع ناپایداری بنام فروجهش دینامیکی (Dynamic Snap-Through) نیز معروف است.

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

مدل های سازه ای واقعی:

ناپایداری نقطه حدی در سازه های زیر که تحت اثر بارگذاری جانبی قرار دارند، رخ می دهد .

۱- سازه های قوسی

۲- سازه های پوسته ای گنبدی

۳- سازه های پوسته ای چلیکی (استوانه ای)

۴- سازه های فضاکار گنبدی

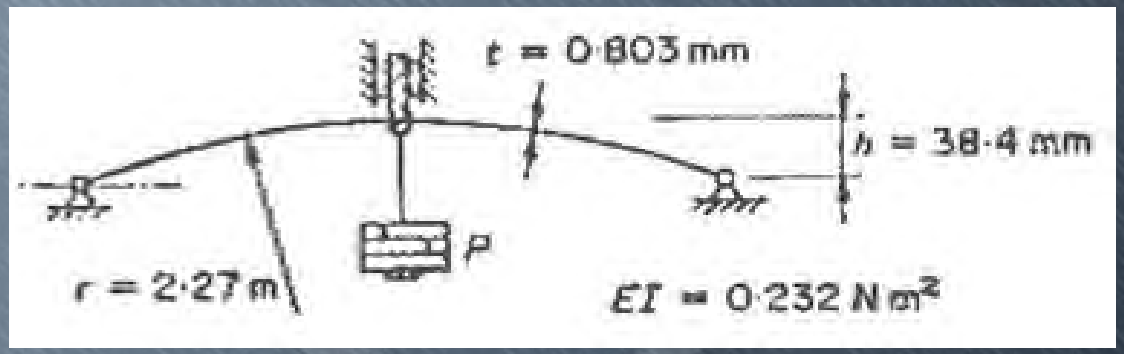
۵- سازه های فضاکار چلیکی

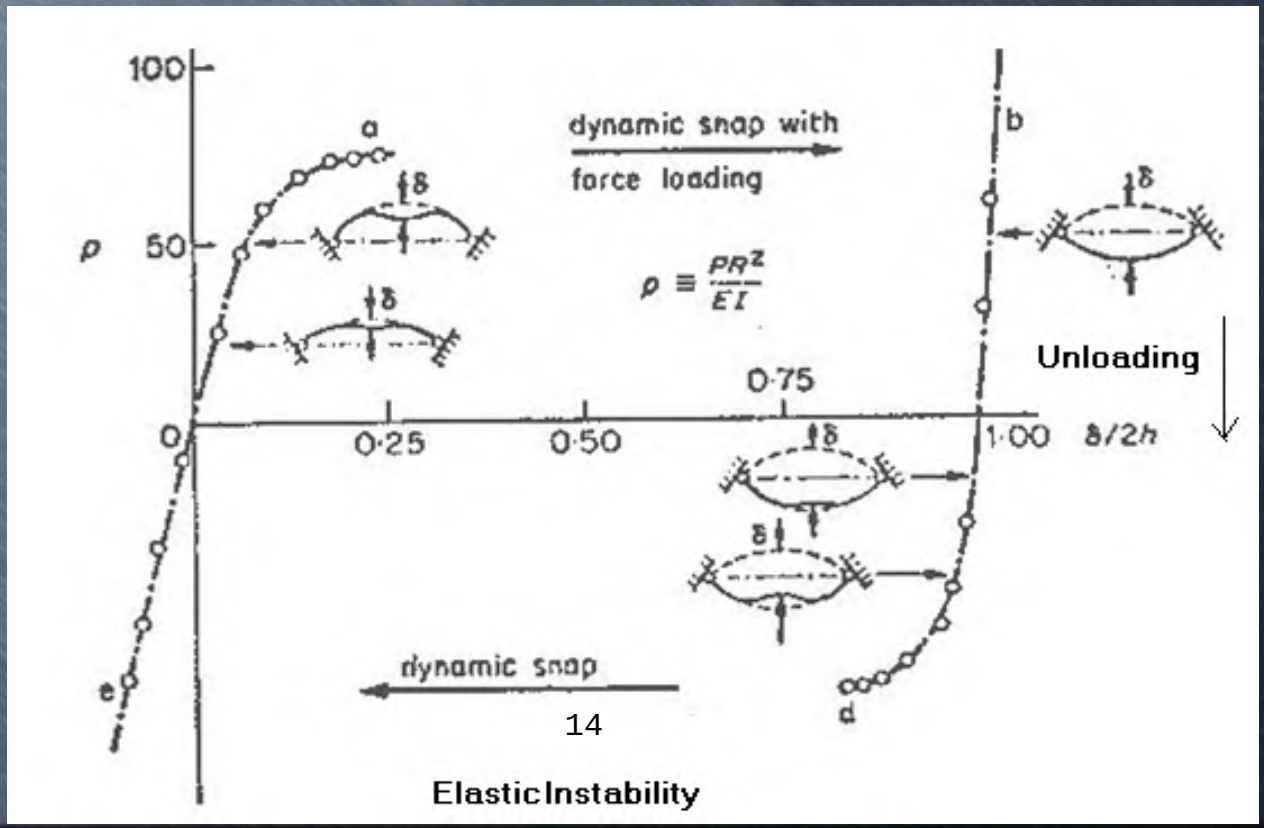
۶- صفحات دایروی انحنادار تحت فشار

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

رفتار ناپایداری حدی در یک قوس دایروی تحت بارگذاری جانبی به روش کنترل نیرو

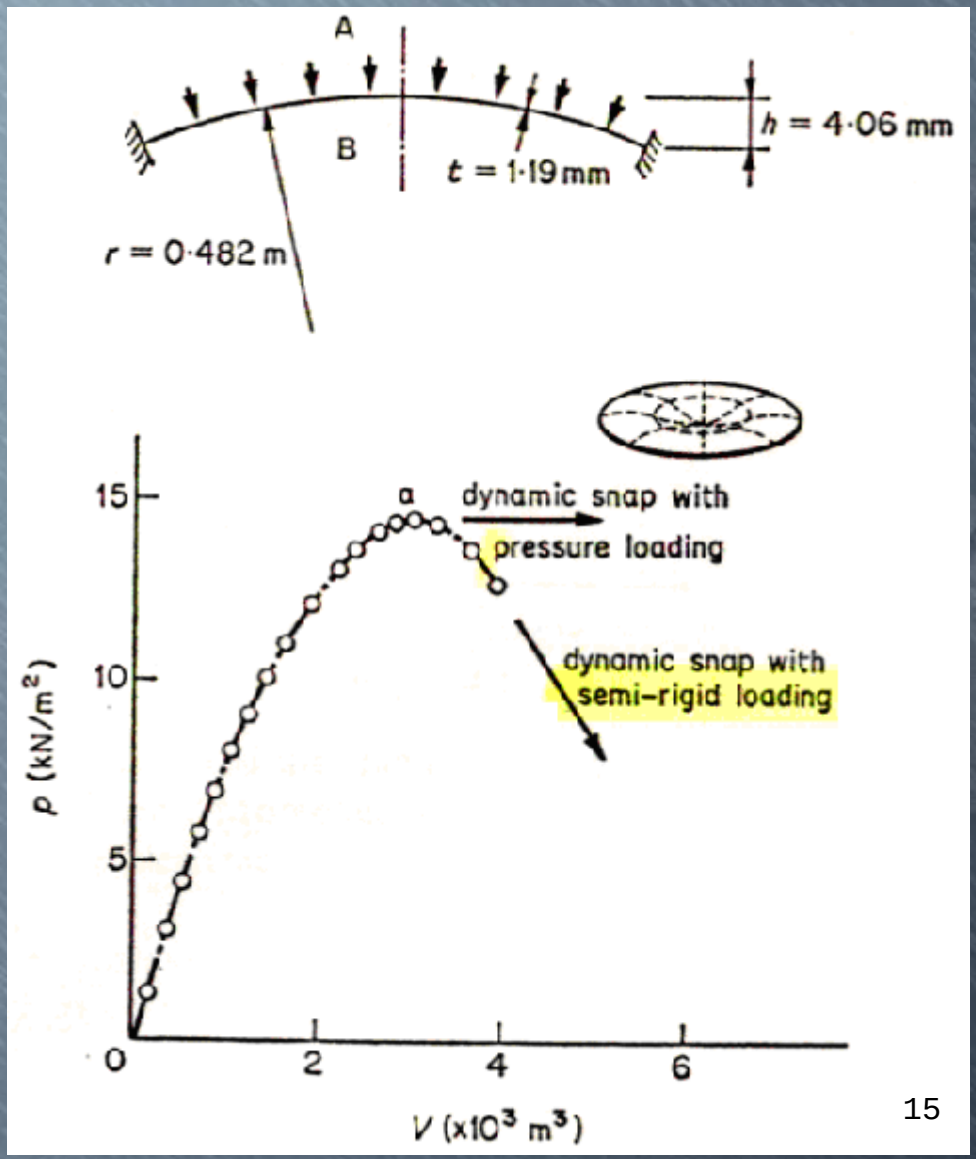




PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

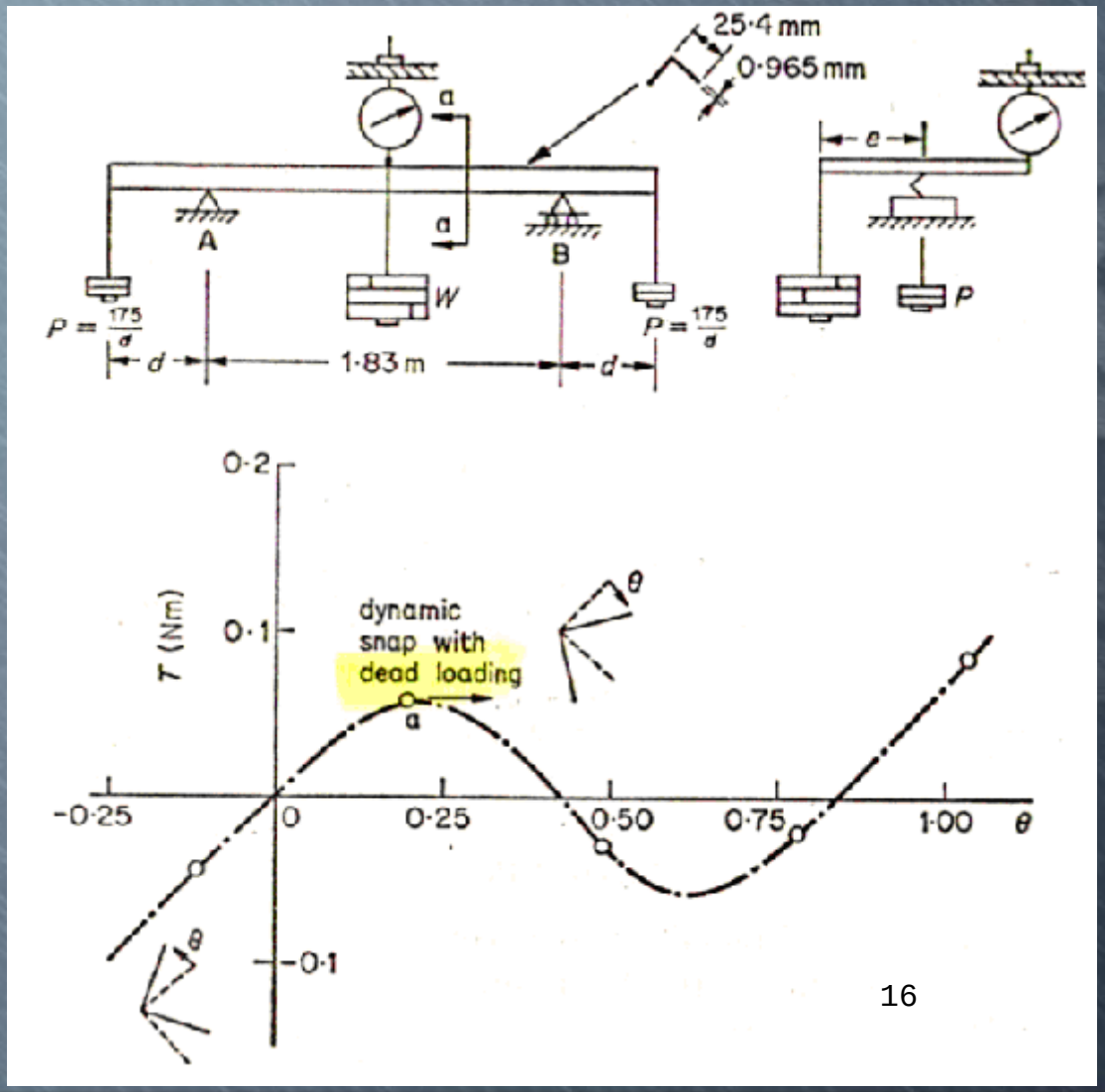
رفتار ناپایداری حدی در یک پوسته کروی تحت فشار به روش کنترل فشار



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

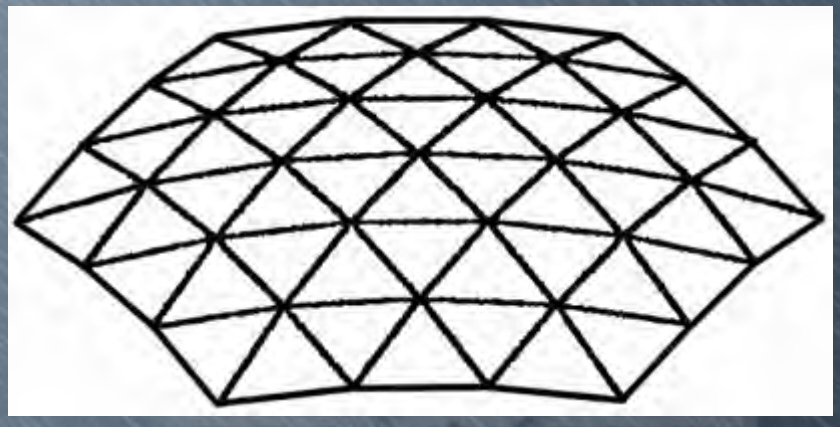
رفتار ناپایداری حدی در یک تیر جدارنازک تحت بارگذاری جانبی به روش کنترل تغییرمکان

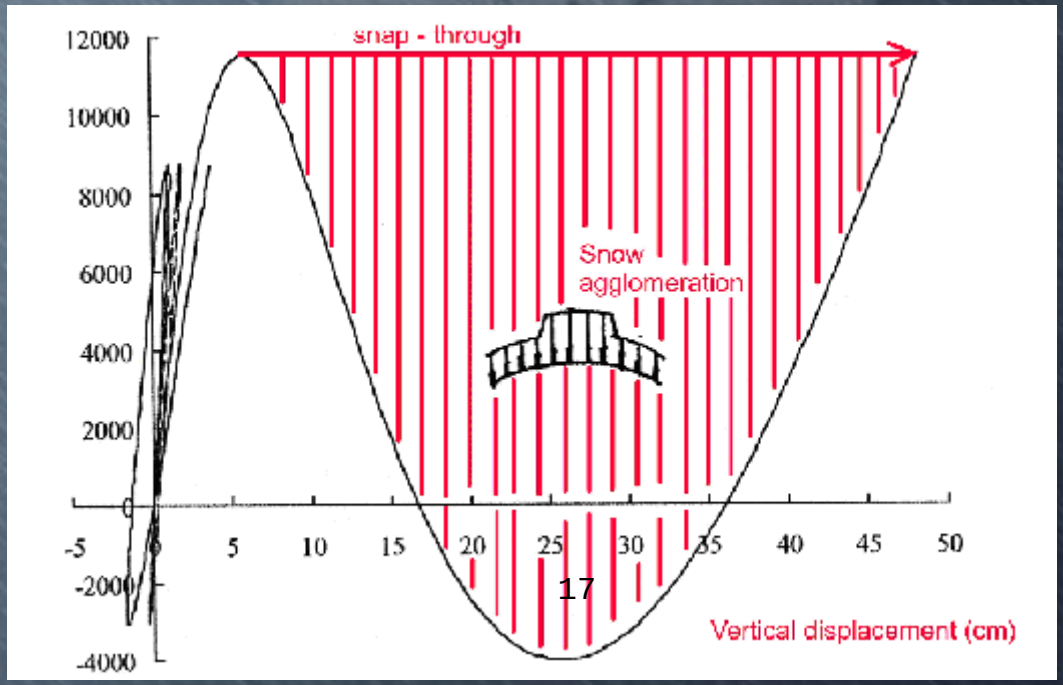


PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رفتار کمانش گنبدی پدیده های ناپایداری در سازه ها

منحنی پاسخ بار- تغییرشکل یک سازه گنبدی تحت بارگذاری انباشته برف در مرکز آن





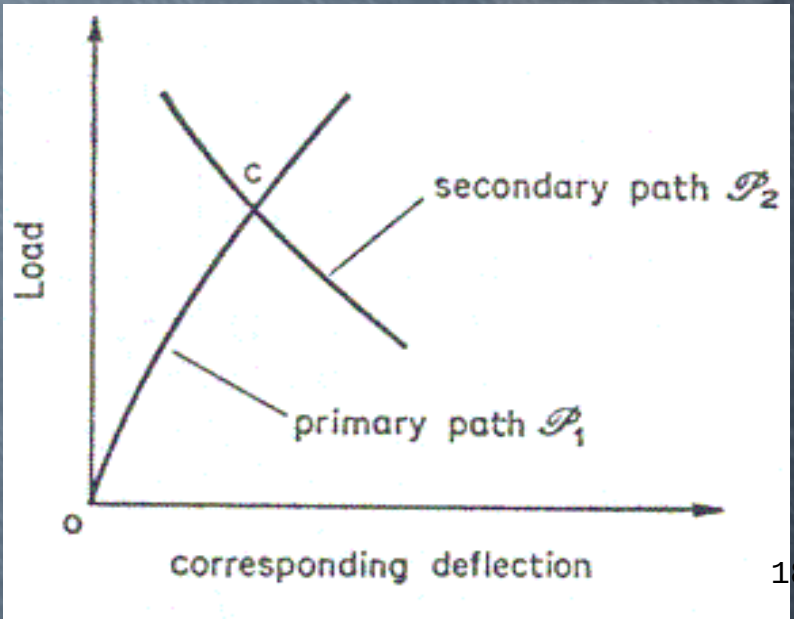
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۳- ناپایداری نقطه دوشاخگی Bifurcation Point Instability

۳-۱) تعریف کلی:

تاکنون فرم های سازه‌ای خاصی با بارگذاری های خاصی را مورد بررسی قرار دادیم که در آنها هر حالت تعادلی دارای یک مسیر تعادل بود که از آن حالت تعادل عبور می کرد.

در برخی فرم های سازه‌ای با بارگذاری های خاصی این امکان وجود دارد که دارای دو مسیر تعادل باشند، به گونه ای که از یک حالت تعادل یکسانی عبور می کنند.

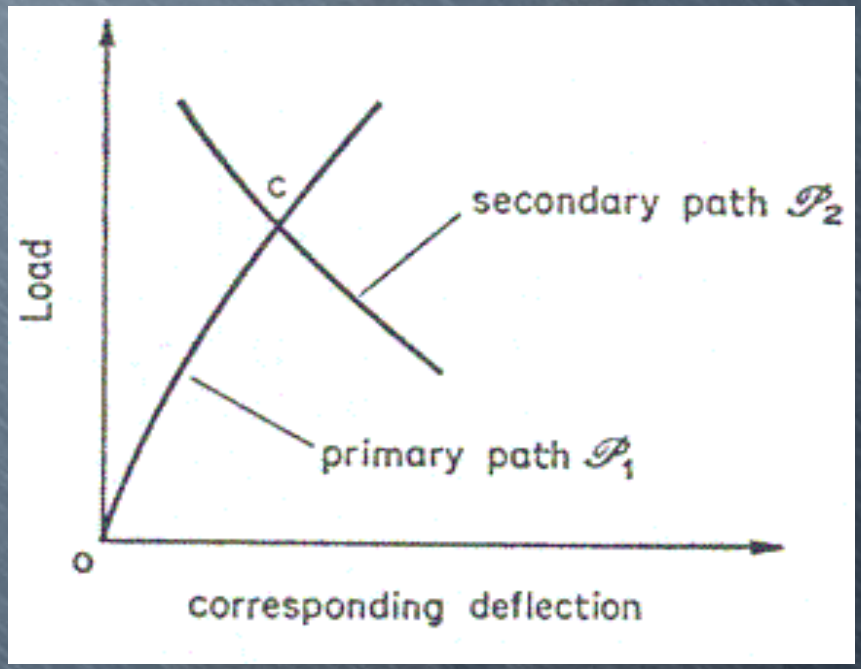


در این نوع فرم های سازه (با بارگذاری های خاصی)، یک مسیر تعادل از مبدا شروع می شود که به آن مسیر اولیه یا اصلی می گوییم. این مسیر تعادل به وسیله مسیر تعادل دیگری که آن را مسیر ثانویه یا فرعی می نامیم، قطع می شود که نقطه تقاطع را نقطه دوشاخگی می نامیم.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

بسته به نوع مسیر تعادل ثانوی، سه نوع ناپایداری نقطه دوشاخگی داریم:



- دوشاخگی متقارن پایدار (Stable-Symmetric Bifurcation)
- دوشاخگی متقارن ناپایدار (Unstable-Symmetric Bifurcation)
- دوشاخگی نامتقارن (Asymmetric Bifurcation)

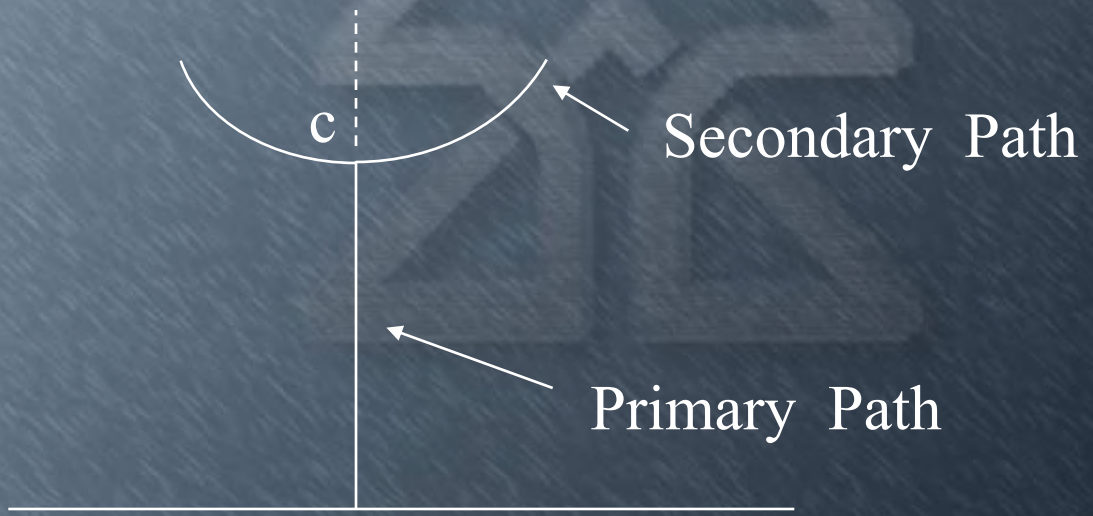
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

۲-۳) دوشاخگی متقارن پایدار

الف) تعریف کلی:

در ناپایداری متقارن پایدار، مسیر تعادل اولیه پایدار سازه در یک نقطه ای ناپایدار می شود که آن نقطه محل تقاطع دو مسیر تعادل است و مسیر تعادل ثانوی پایدار و متقارن است.



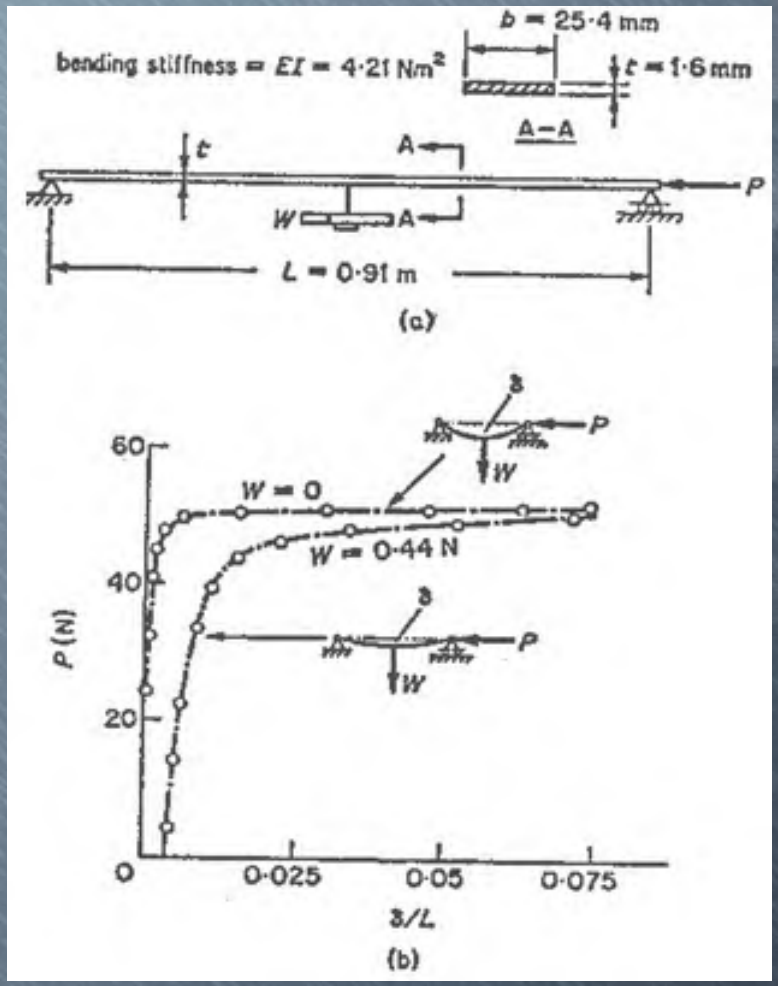
این نوع ناپایداری در ستون های لاغر تحت اثر نیروی محوری و صفحات نازک تحت اثر بارگذاری درون صفحه ای (In-plane Loading) رخ می دهد.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

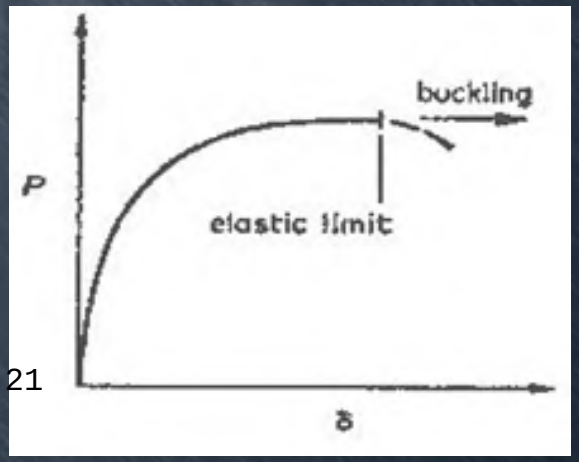
مدل های سازه ای واقعی:

ناپایداری دوشاخگی متقارن پایدار در سازه های زیر رخ می دهد:



۱) ستون های تحت اثر بار محوری
(sidway bowing)

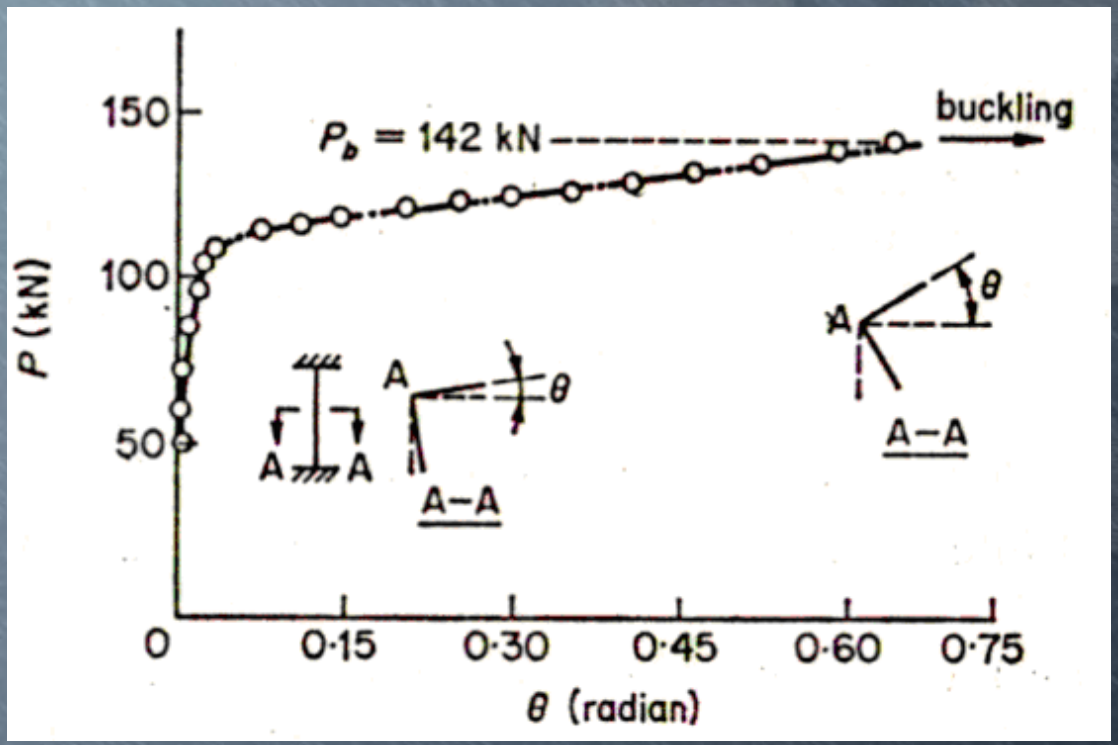
البته لازم به ذکر است که برای ستون های معمولی به دلیل وقوع پدیده تسلیم سختی ستون به سرعت به صفر می رسد و پدیده کما نش رخ می دهد.

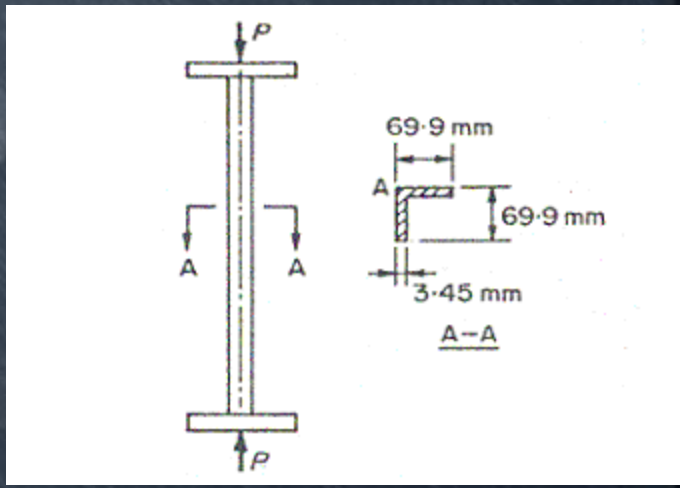


PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

۲) ستون های جدار نازک (با سختی پیچشی کمتر نسبت به سختی خمشی)

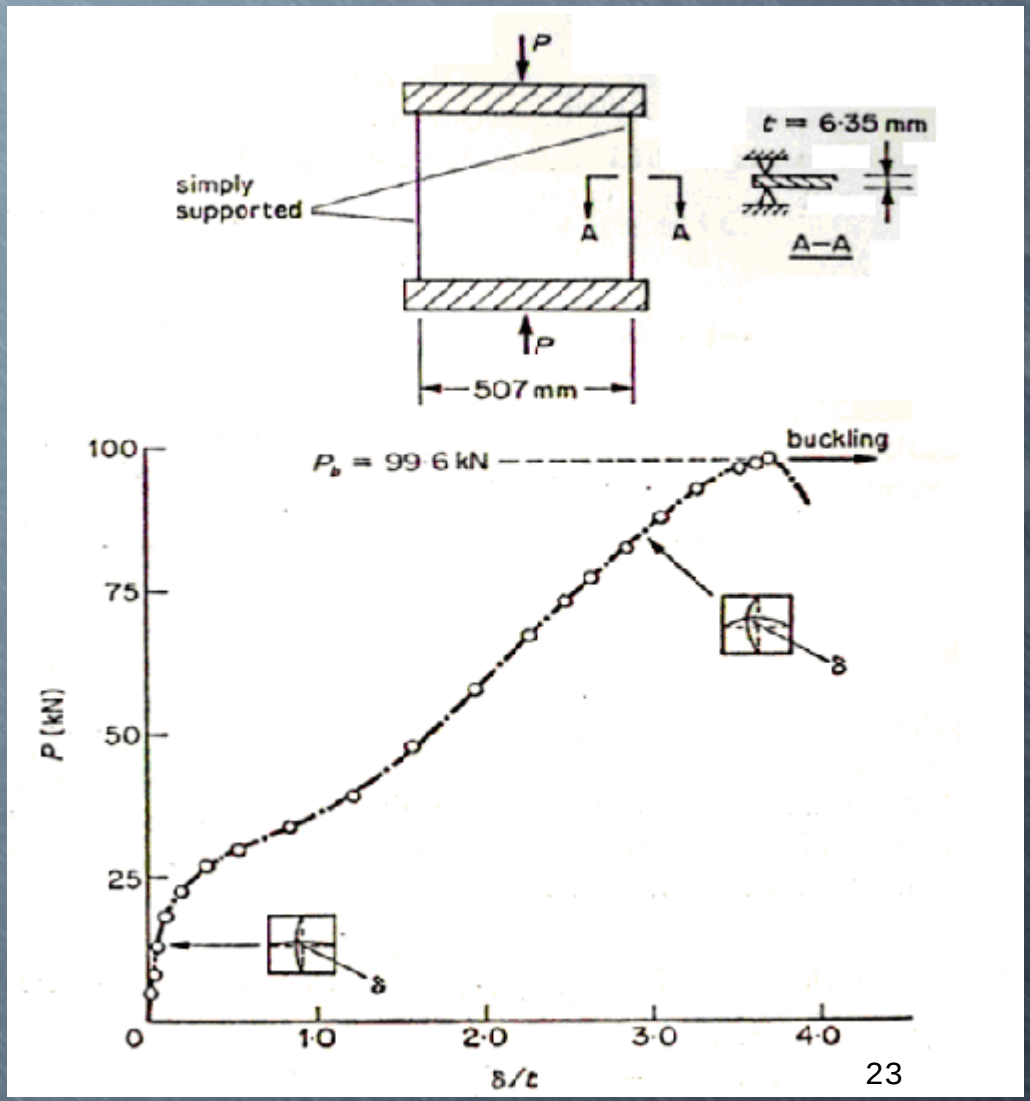




کمانش پیچشی ستون ها

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها



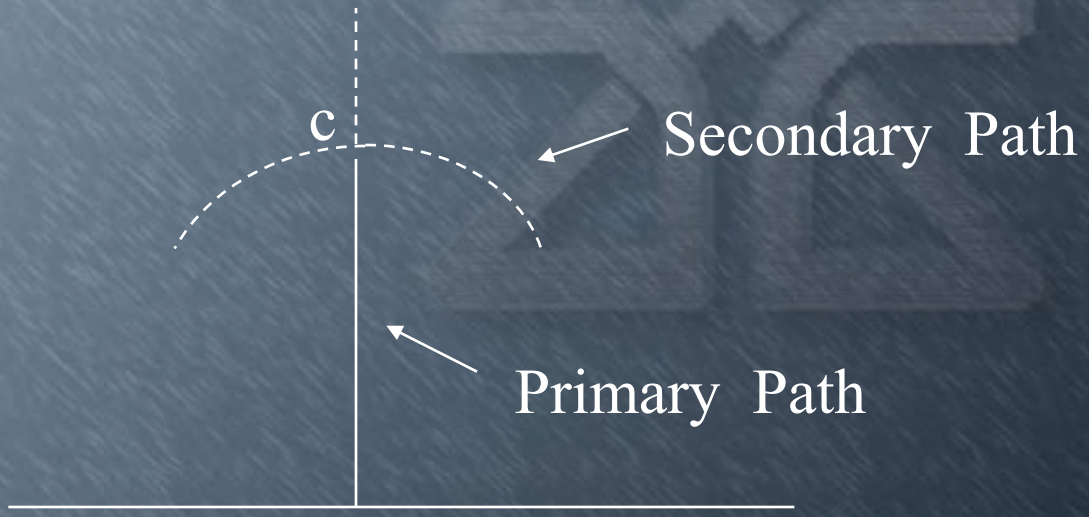
۳) صفحه تحت اثر بارگذاری فشاری درون صفحه ای

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۳-۳) دوشاخگی متقارن ناپایدار

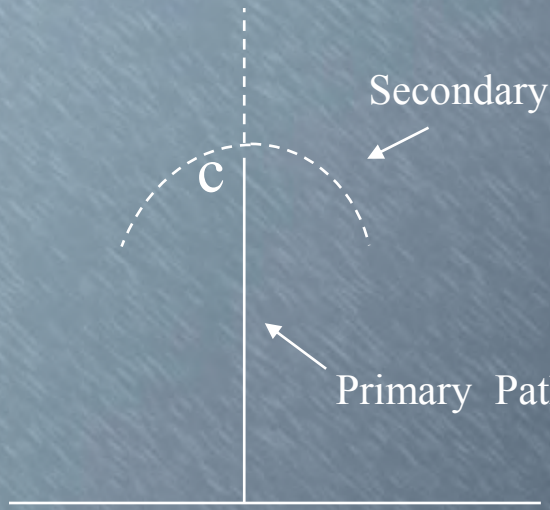
الف) تعریف کلی:

در ناپایداری متقارن ناپایدار، مسیر تعادل اولیه پایدار سازه در یک نقطه ای ناپایدار می شود که آن نقطه محل تقاطع دو مسیر تعادل است و مسیر تعادل ثانوی ناپایدار و متقارن است:



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها



اگر بارگذاری از نوع بارگذاری تغییر مکان باشد، مدل سازه ای مسیر ثانویه را طی خواهد نمود، ولی در صورتی که بارگذاری از نوع بارگذاری نیرویی باشد، در این صورت در نقطه C به ازای یک افزایش اندک در بار هیچ حالت تعادل همسایه ای وجود نخواهد داشت.

در این نقطه است که سازه مجبور می شود به دنبال یک حالت تعادل پایداری باشد که ممکن است در این تراز بار و در مسیر تعادل ثانوی وجود داشته باشد. بنابراین وقوع یک پرش دینامیکی اجتناب ناپذیر است.

اساسا طبیعت متقارن مسیرتعادل ثانوی موجب می شود که پرش دینامیکی در دو جهت مختلف امکان پذیر باشد و جهت پرش دینامیکی در واقع بستگی به جهت اختلال کوچکی خواهد داشت که در نقطه C به سازه اعمال می شود.

در ناپایداری متقارن ناپایدار مد تغییر شکل اولیه که متناسب با مسیر تعادل اولیه است، متفاوت از مد تغییر شکل ثانوی است که متناسب با مسیر تعادل ثانوی می باشد.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

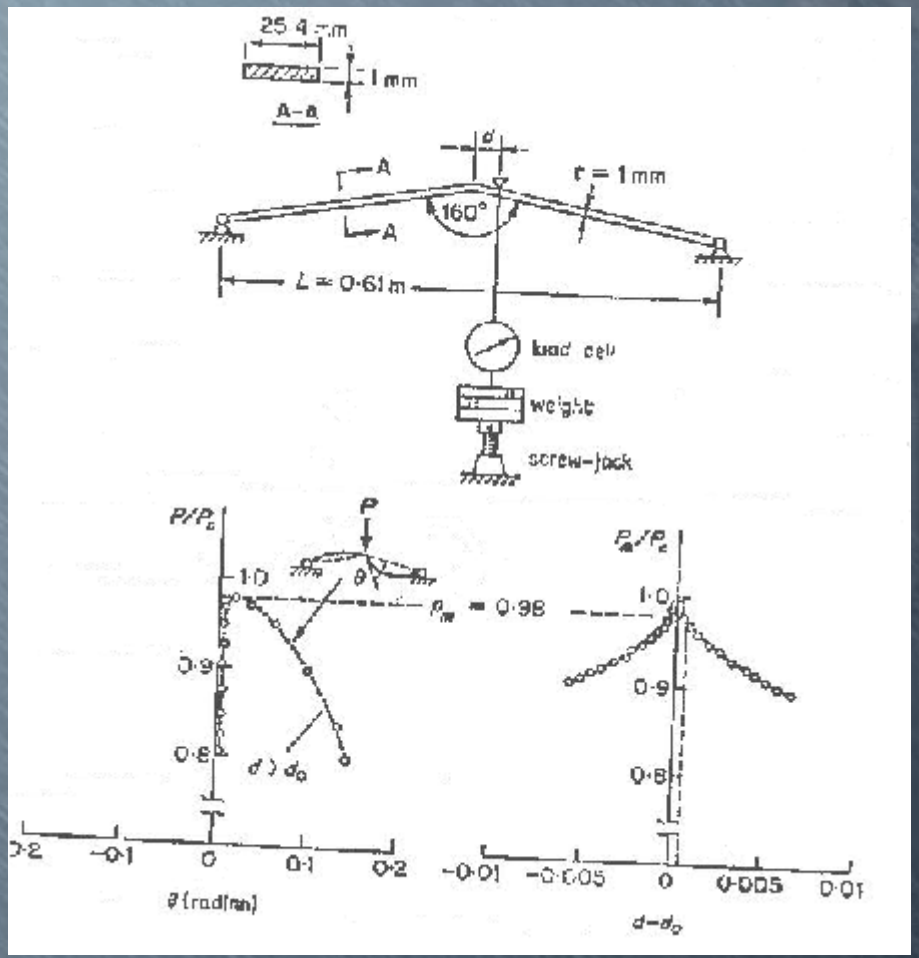
مدل های سازه ای واقعی:

ناپایداری دوشاخگی متقارن ناپایدار در سازه های زیر رخ می دهد:

۱- سازه toggle با بارگذاری خروج از مرکز

(سازه های فضاکار گنبدی)

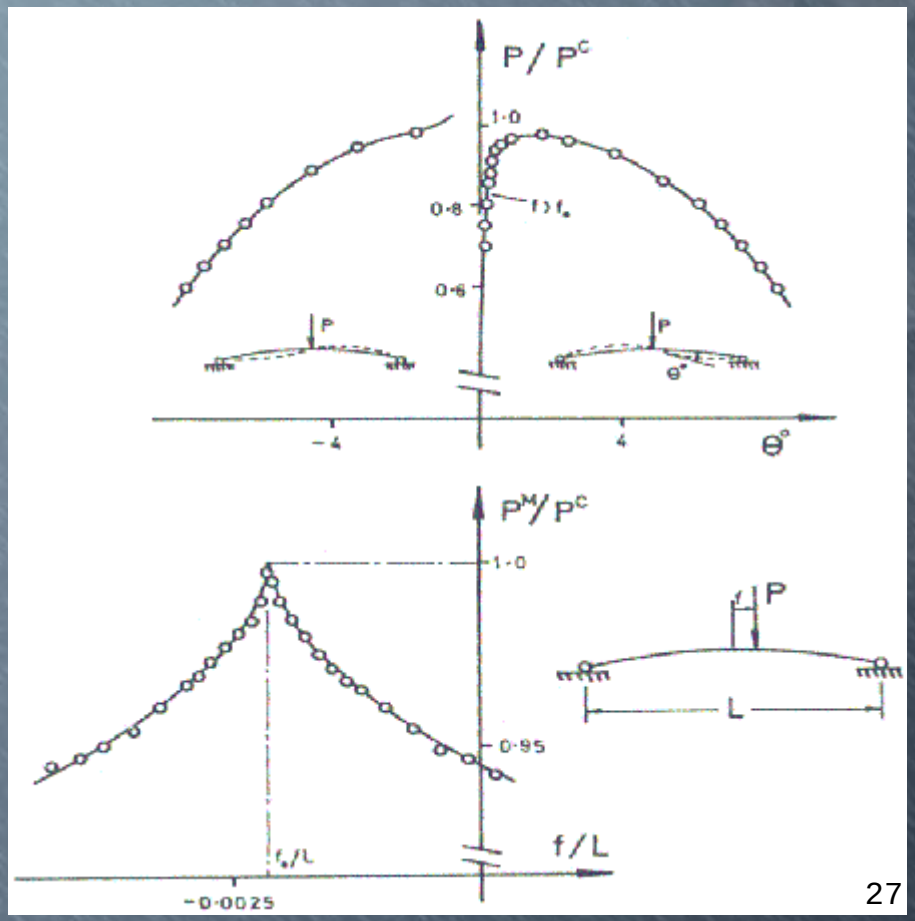
(سازه های فضاکار استوانه ای)



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

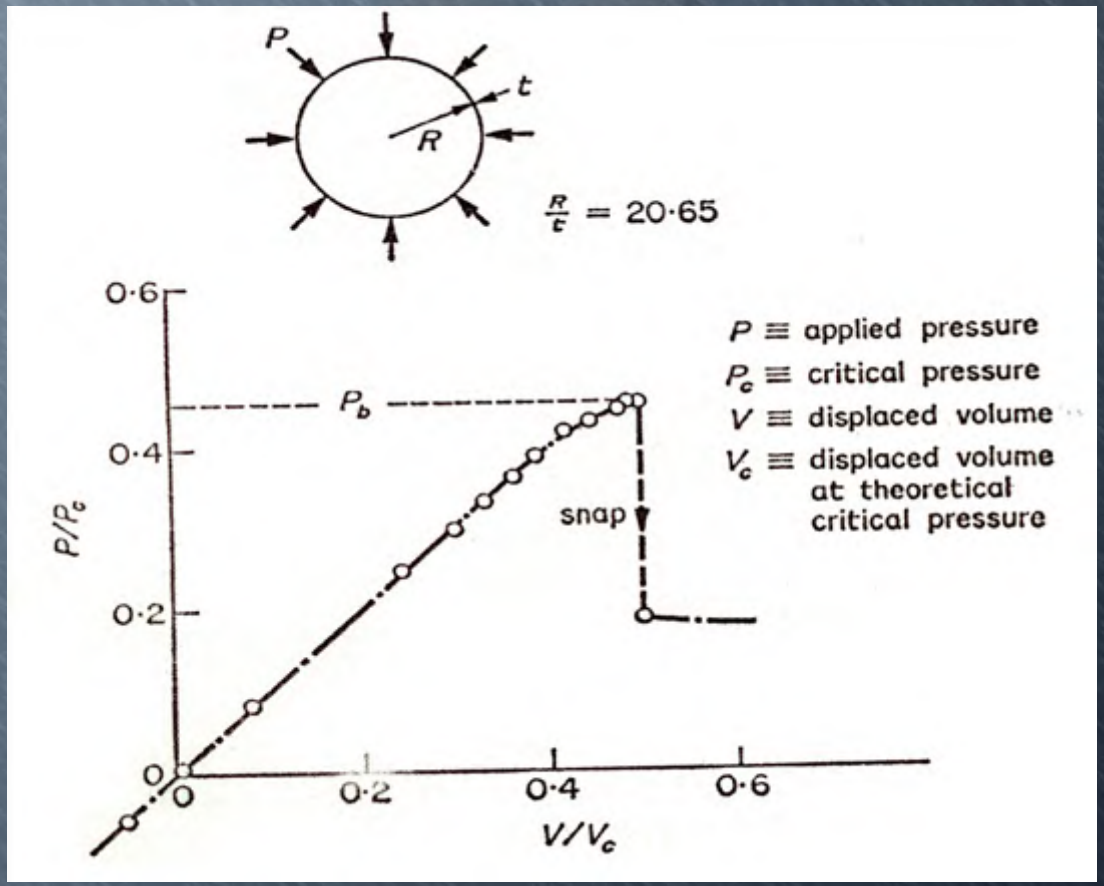
۲- پوسته کروی جدار نازک تحت اثر بارگذاری فشاری
(Thin spherical shell under pressure loading)



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

۳- پوسته کروی جدارنازک تحت فشار هیدروستاتیکی



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

۴-۳- دوشاخگی نامتقارن (Asymmetric Bifurcation)

الف - تعریف کلی:

تاکنون مشخصات مدل های سازه‌ای را مورد بررسی قرار داده ایم که یک رفتار دوشاخگی متقارن (اعم از پایدار یا ناپایدار) را از خود نشان می دهند.

مفهوم تقارن بدین معنی بود که رفتار سازه بسته به این که با دوران مثبت یا دوران منفی تغییر شکل یابد، تغییری نمی کرد و در هر دو حالت رفتار متقارنی داشت.

تقارن مذکور در واقع ناشی از سه نوع تقارن بود:

تقارن در هندسه Symmetry of Geometry

تقارن در بارگذاری Symmetry of Loading

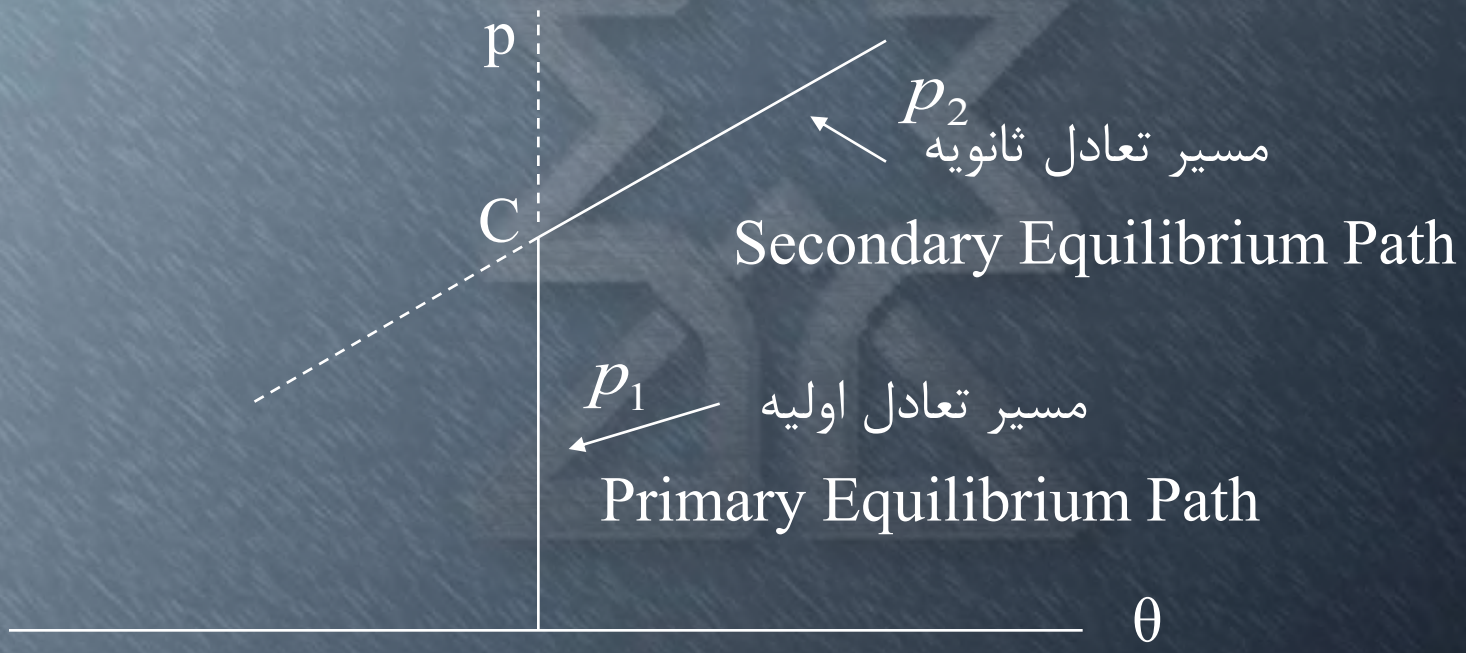
تقارن در تغییرشکل Symmetry of Deformation

طبیعی است که اگر تقارن در هندسه یا تقارن در بارگذاری نقض شود، در این صورت مدل سازه‌ای، رفتار دوشاخگی متقارن را از خود نشان نخواهد داد .

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

بنابراین در مدل های سازه‌ای که رفتار دوشاخگی نامتقارن را از خود بروز می دهند، رفتار سازه دقیقا بستگی به نحوه تغییرشکل سازه خواهد داشت و بسته به جهات متفاوت تغییرشکل، رفتار های متفاوتی را از خود نشان خواهد داشت.



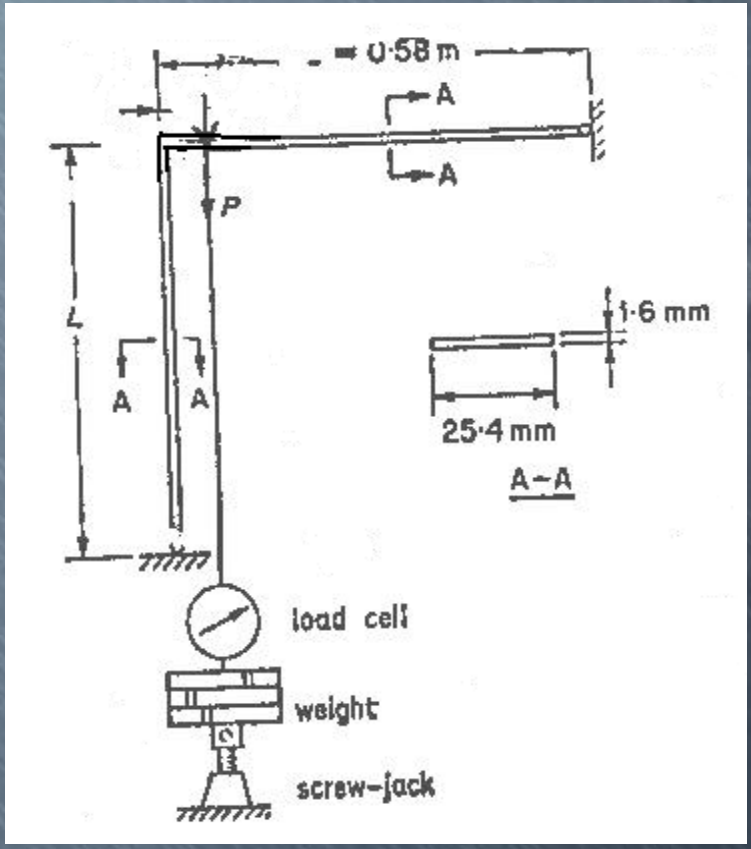
بنابراین انتظار می رود که به ازای تغییر شکل های مثبت ($\theta > 0$) و ناکاملی اولیه مثبت ($\theta_0 > 0$)، مسیر تعادل همواره پایدار باشد. همان گونه که در مدل های سازه‌ای ناکامل با رفتار دوشاخگی متقارن پایدار، این چنین رفتاری را مشاهده می نماییم.

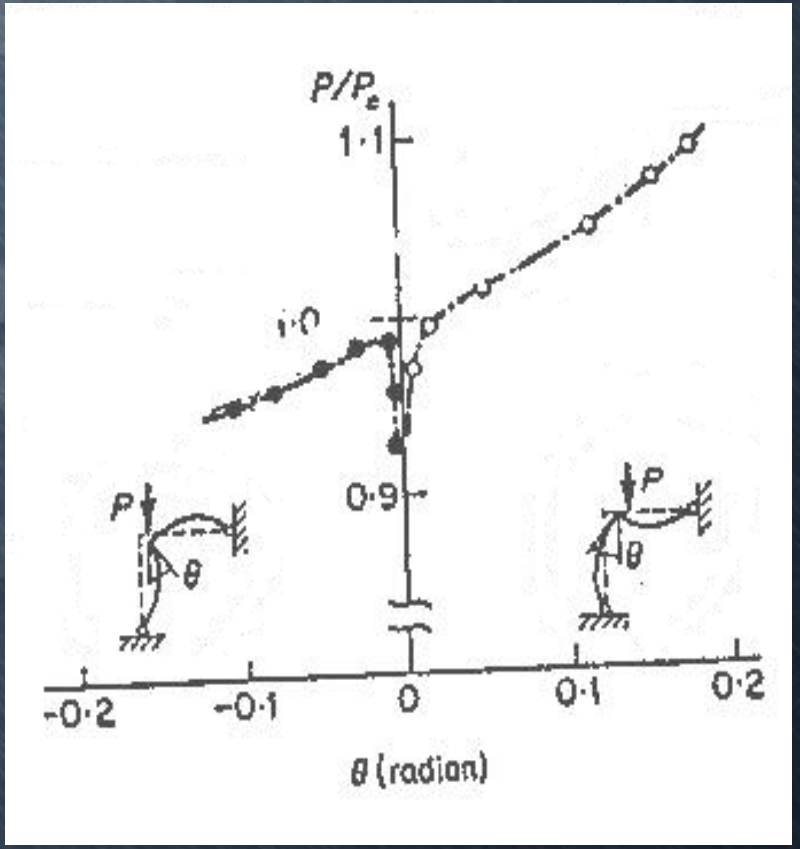
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ریشه بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها

مدل های سازه‌ای واقعی :

۱ - قاب دو عضوی با تکیه گاه های ساده

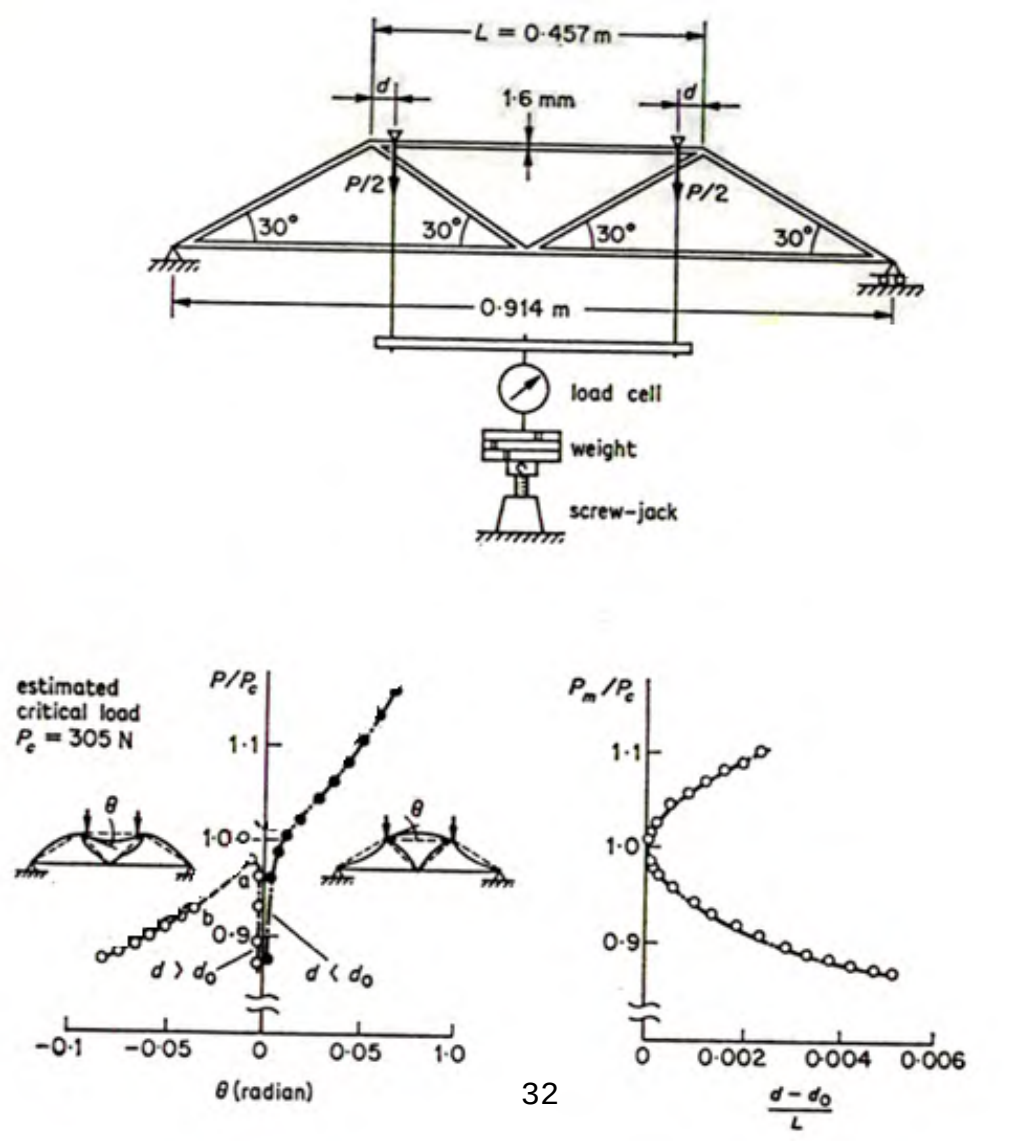




PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری

۲ - خرپای پل



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

فلوچارت تشخیص نوع ناپایداری در تحلیل ناپایداری سازه ها

یک سازه N درجه آزادی با الگوی بارگذاری مشخص و هندسه معلوم در دست می باشد. مراحل تشخیص نوع ناپایداری این سازه در یک تحلیل ناپایداری به شکل یک فلوچارت در زیر آورده شده است:

تحلیل غیرخطی هندسی و مصالح با اعمال کنترل تغییرمکان
(مثلاً با استفاده از روش Arc-Length Method)

↓

استخراج رفتار بار - تغییرمکان سازه Perfect

↓

محاسبه دترمینان ماتریس سختی سازه در هر تراز بارگذاری.
در یک تراز بار این دترمینان صفر یا منفی خواهد شد.

↓

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

اعمال تغییرمکان را ادامه می دهیم.

اگر با افزایش تغییرمکان، افزایش بار داشته باشیم، ناپایداری از نوع دوشاخگی خواهد بود

چنانچه با افزایش تغییرمکان، بار کاهش پیدا کند، ناپایداری نقطه حدی خواهیم داشت.

پایان

انجام تحلیل Linear Buckling Analysis و استخراج مودهای کمانش سازه

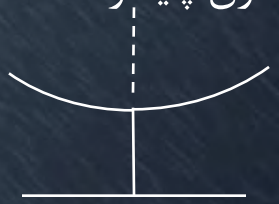
اعمال مود کمانش غالب در دو جهت به سازه Perfect و ایجاد سازه Imperfect

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

تحلیل غیرخطی هندسی و مصالح سازه Imperfect و استخراج رفتار بار- تغییرمکان سازه در هر دو جهت

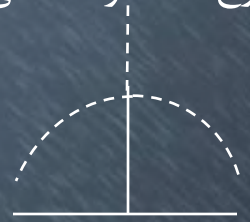
چنانچه سازه در دو جهت مختلف رفتار یکسانی داشته باشد، ناپایداری از نوع دوشاخگی متقارن می باشد.

چنانچه همواره با افزایش تغییرمکان، افزایش بار داشته باشیم، ناپایداری از نوع دوشاخگی متقارن پایدار است.



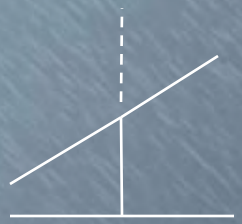
پایان

چنانچه در نقطه ای از مسیر تعادل با افزایش تغییرمکان، کاهش بار داشته باشیم، ناپایداری از نوع دوشاخگی متقارن ناپایدار است.



پایان

چنانچه سازه در دو جهت مختلف رفتار یکسانی نداشته باشد، ناپایداری از نوع دوشاخگی نامتقارن می باشد.



پایان

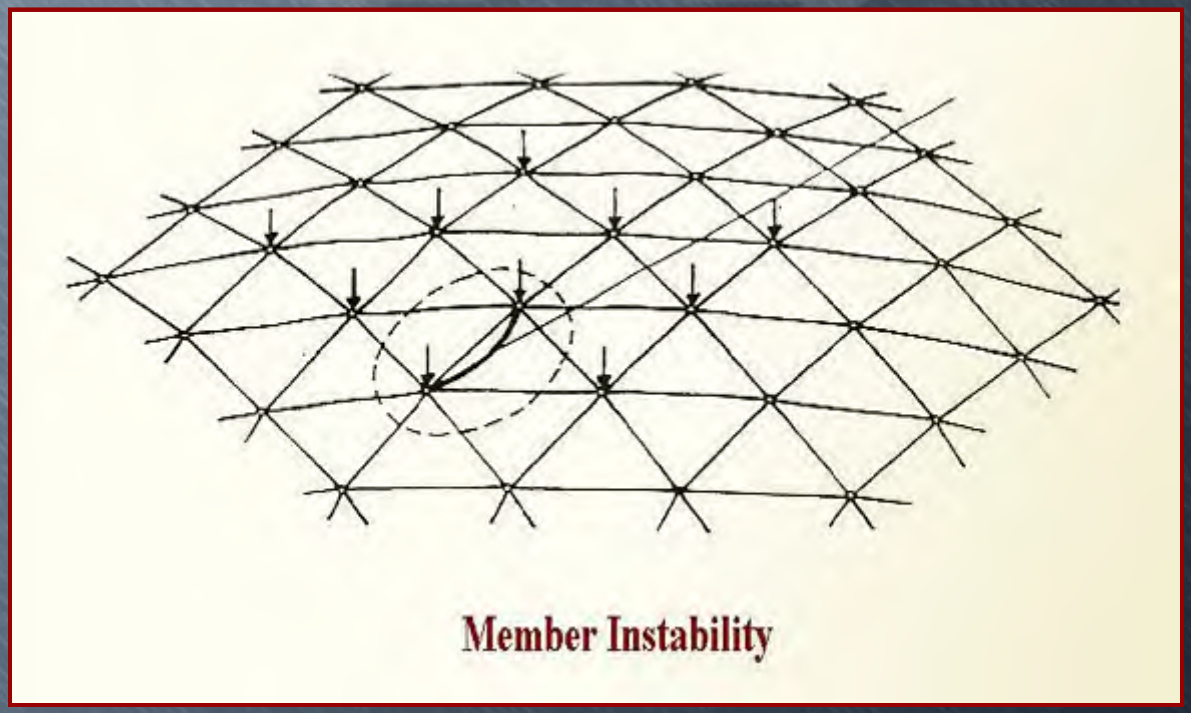
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه های فضاکار

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۱. مودهای ناپایداری در سازه های فضاکار

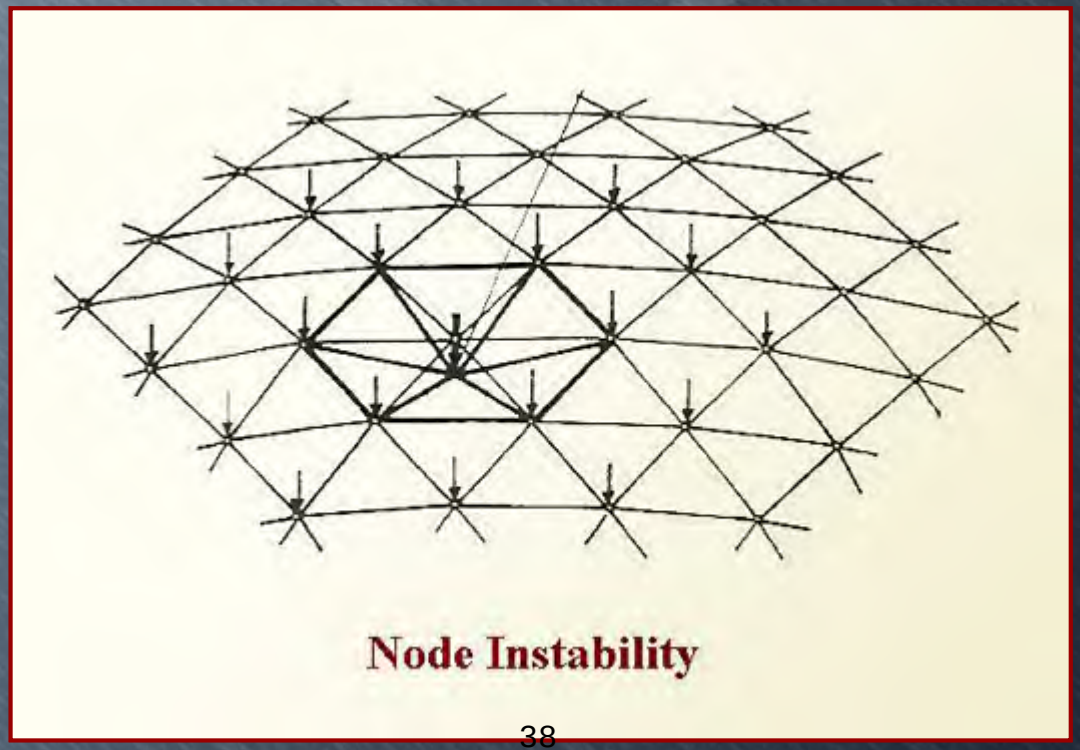
- ناپایداری عضوی (Member Instability)



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۱. مودهای ناپایداری در سازه های فضاکار

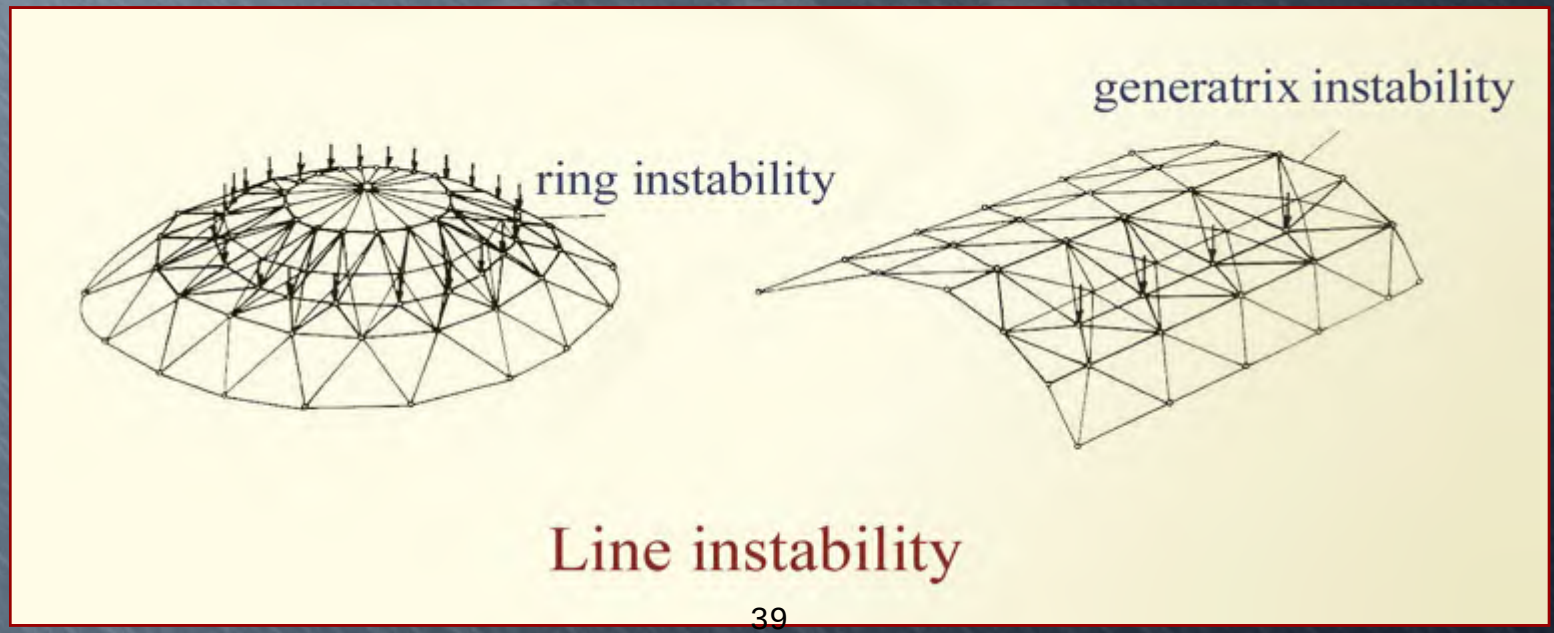
- ناپایداری عضوی (Member Instability)
- ناپایداری گرهی (Node Instability)



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۱. مودهای ناپایداری در سازه های فضاکار

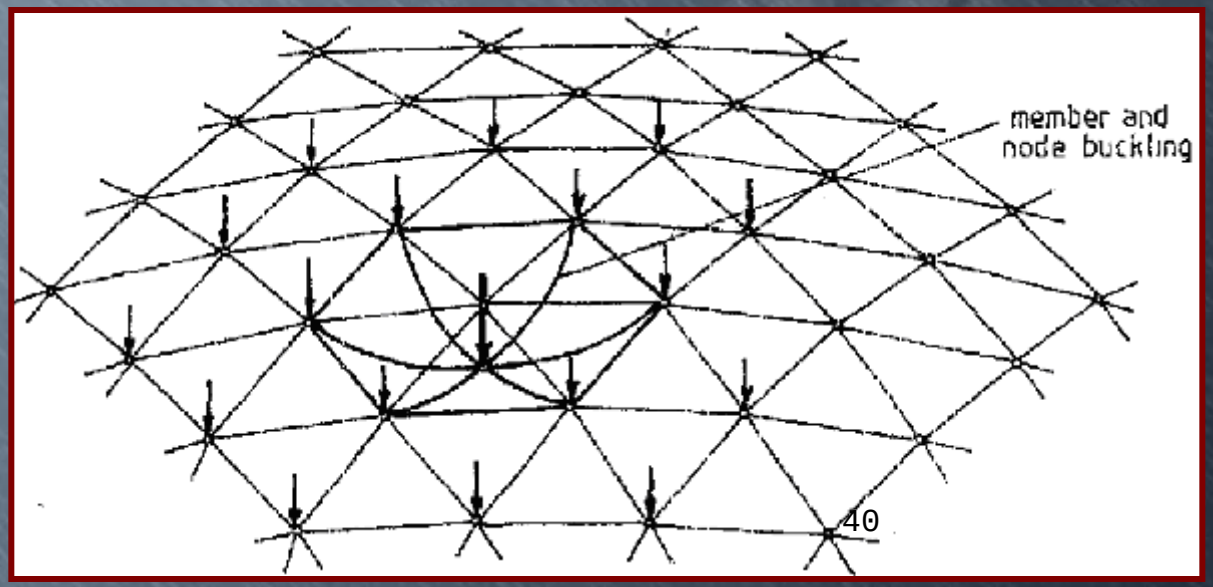
- ناپایداری عضوی (Member Instability)
- ناپایداری گرهی (Node Instability)
- ناپایداری مسیری (Line Instability)



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۱. مودهای ناپایداری در سازه های فضاکار

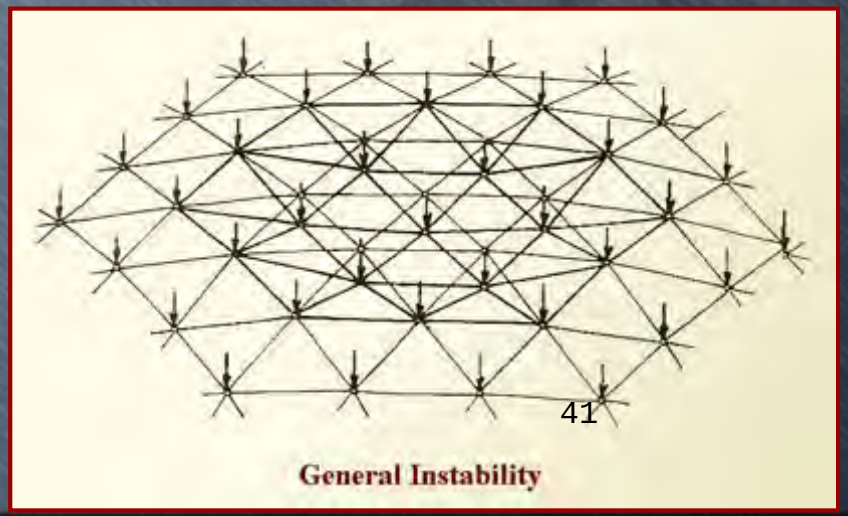
- ناپایداری عضوی (Member Instability)
- ناپایداری گرهی (Node Instability)
- ناپایداری مسیری (Line Instability)
- ناپایداری کوپل (Coupled Instability)



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۱. مودهای ناپایداری در سازه های فضاکار

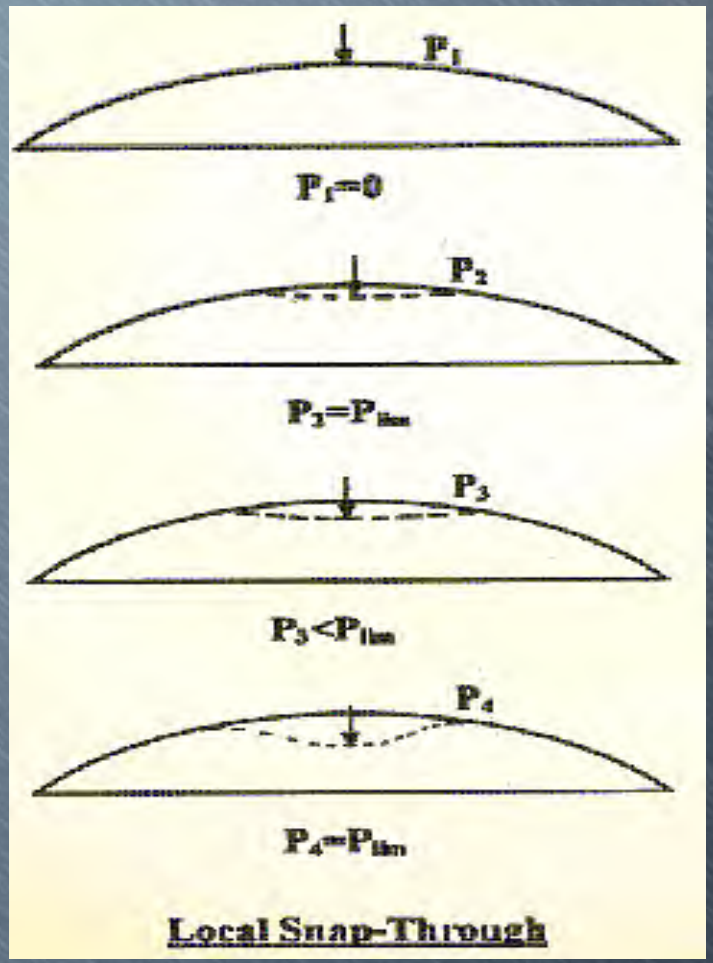
- ناپایداری عضوی (Member Instability)
- ناپایداری گرهی (Node Instability)
- ناپایداری مسیری (Line Instability)
- ناپایداری کوپل (Coupled Instability)
- ناپایداری عمومی (General Instability)

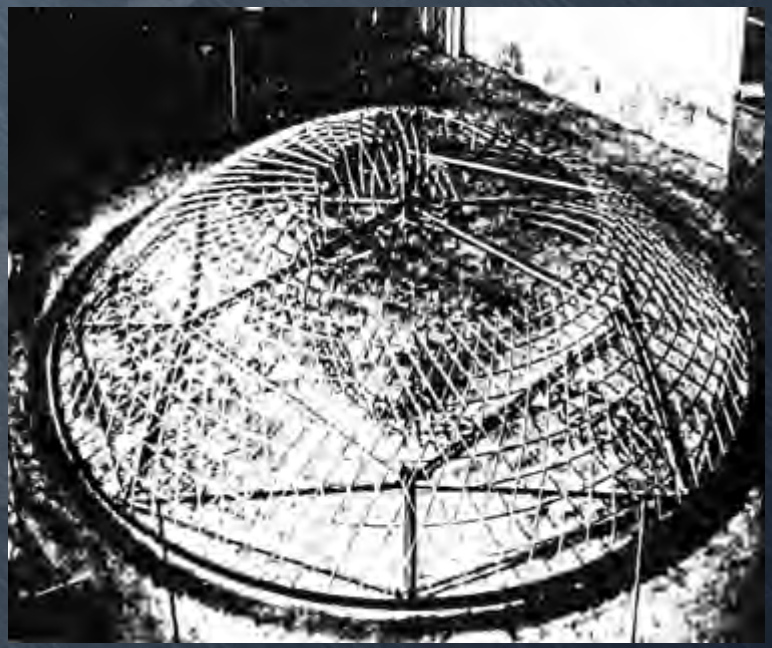


PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

۱. رده های مختلف پدیده ناپایداری در سازه های فضاکار

۱-۲ . فروجهش گرهی (Nodal Snap - Through):

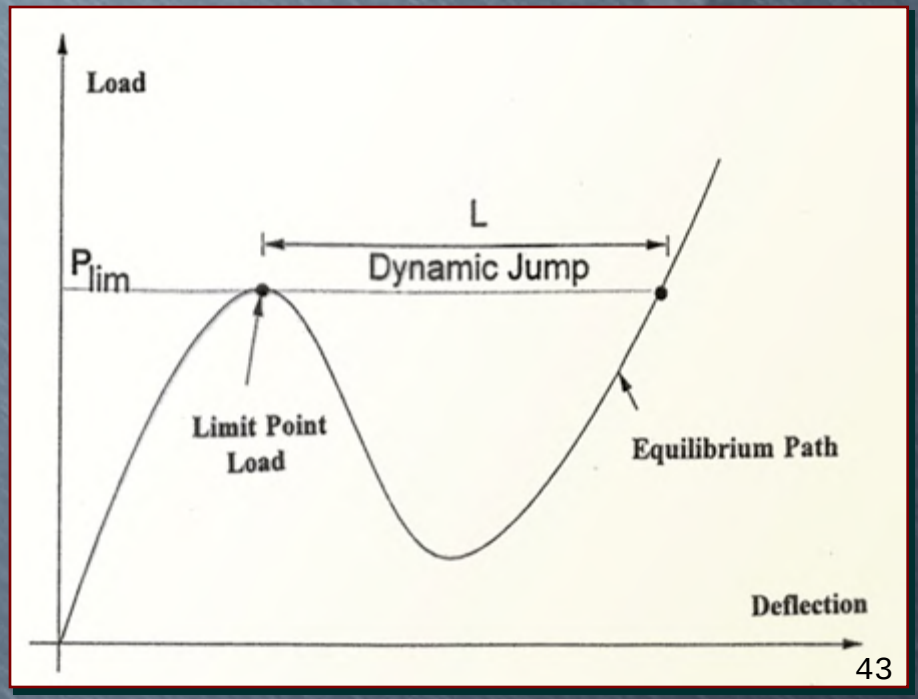


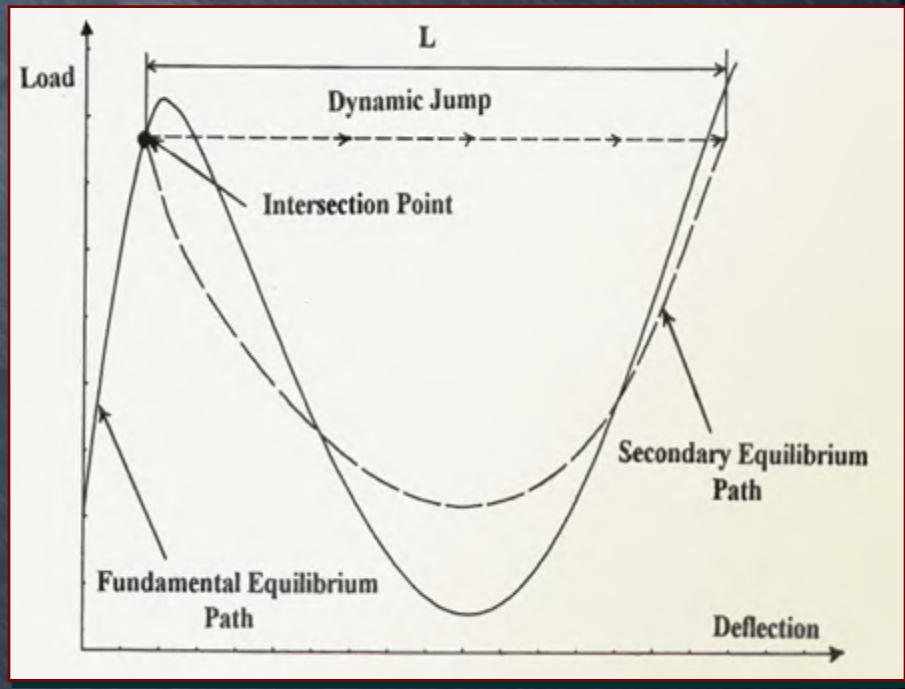


PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

در ناپایداری نقطه حدی

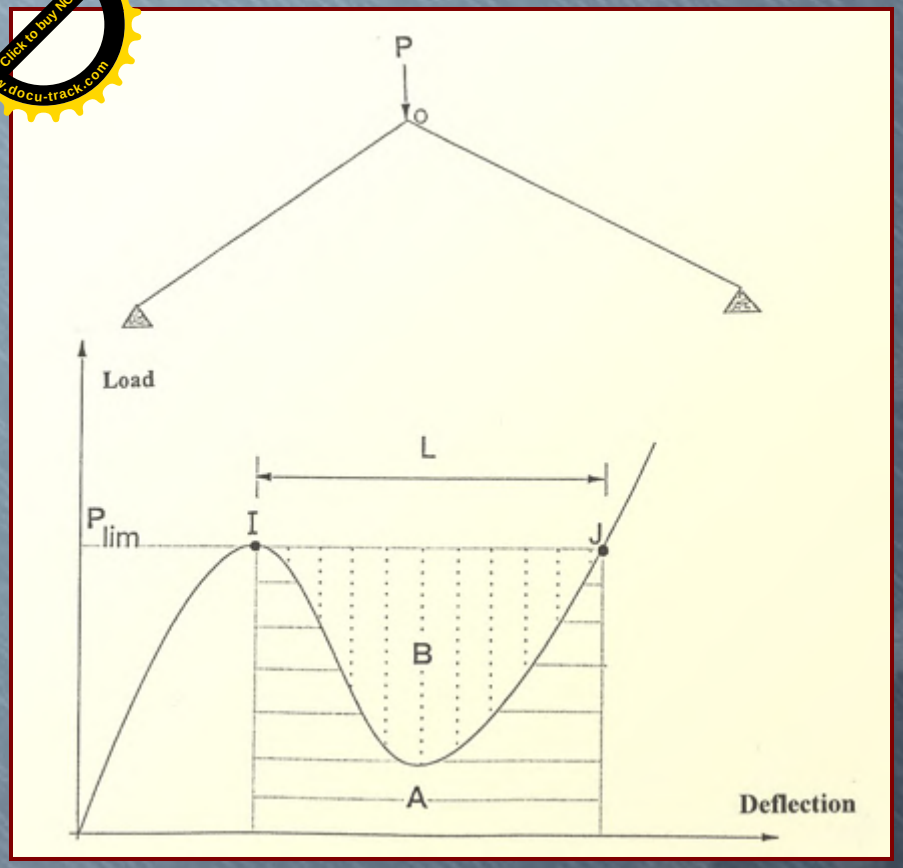
- در ناپایداری نقطه دو شاخگی متقارن ناپایدار



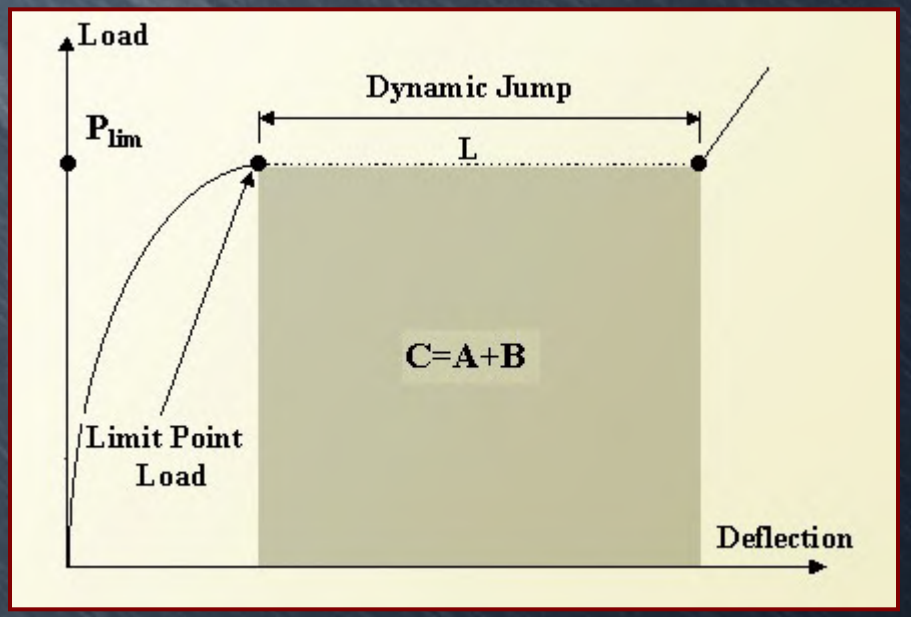


PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

مفهوم انرژی جنبشی آزاد شده



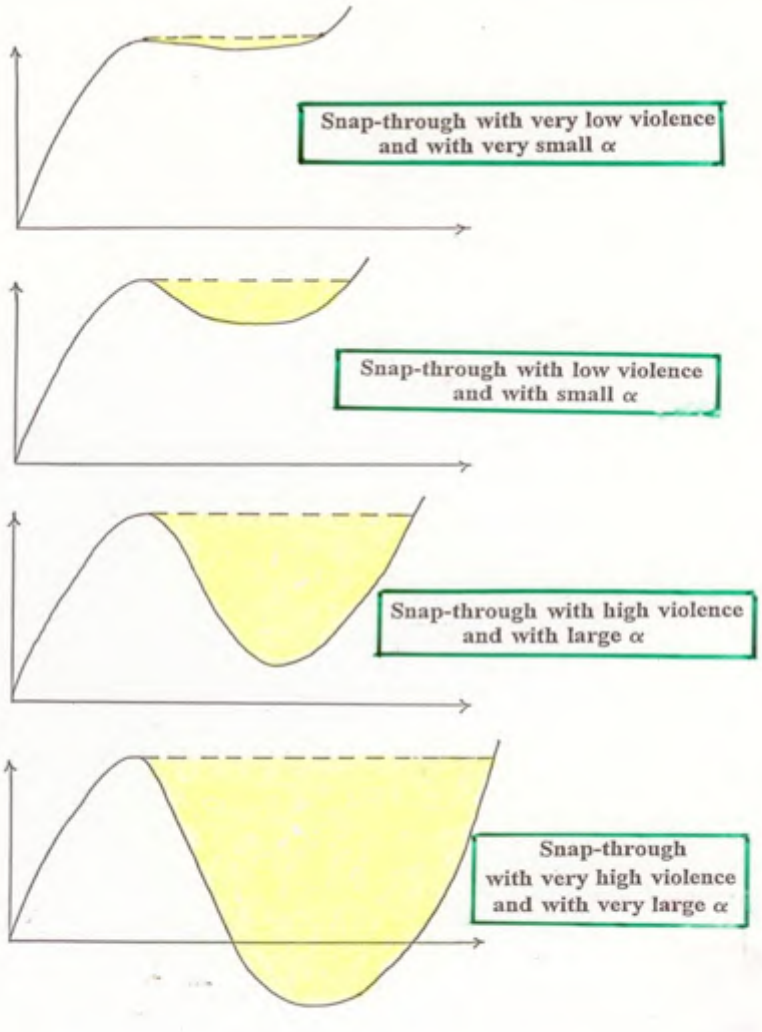
Energy Changes in Dynamic Snap-Through



Dynamic Snap-Through Occurring under Load Control

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

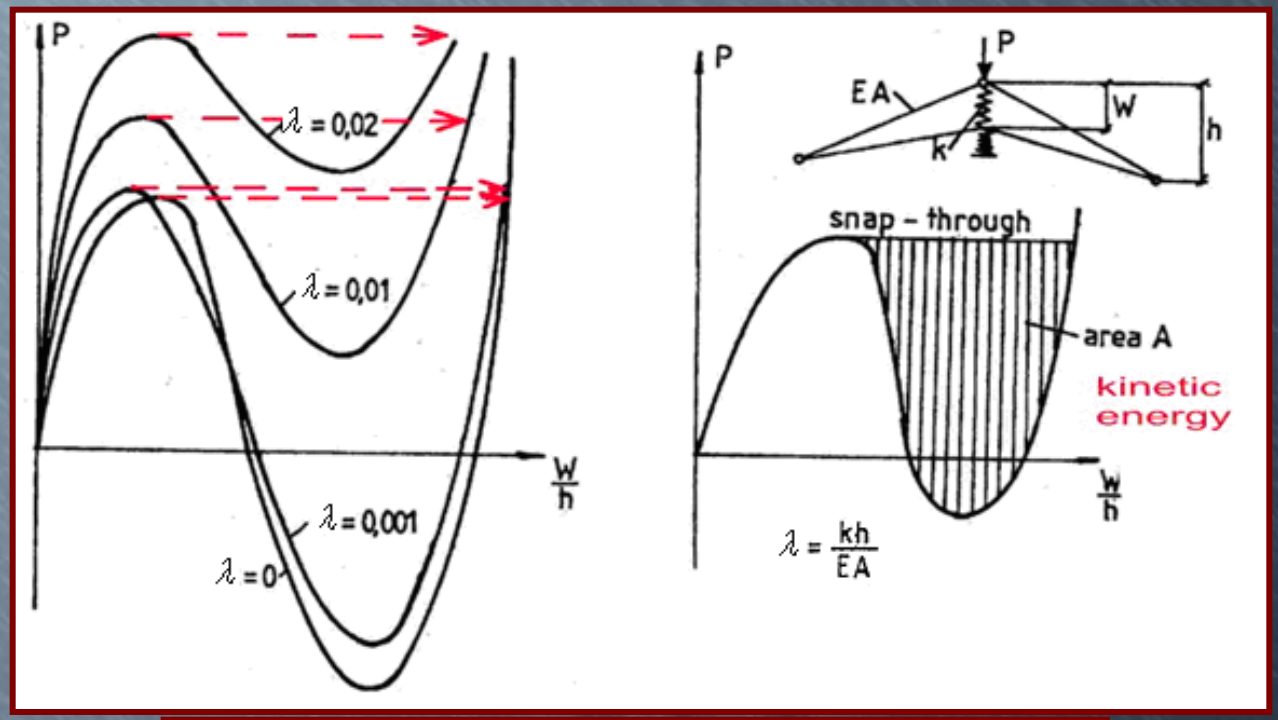
ضریب شدت دینامیکی (α)

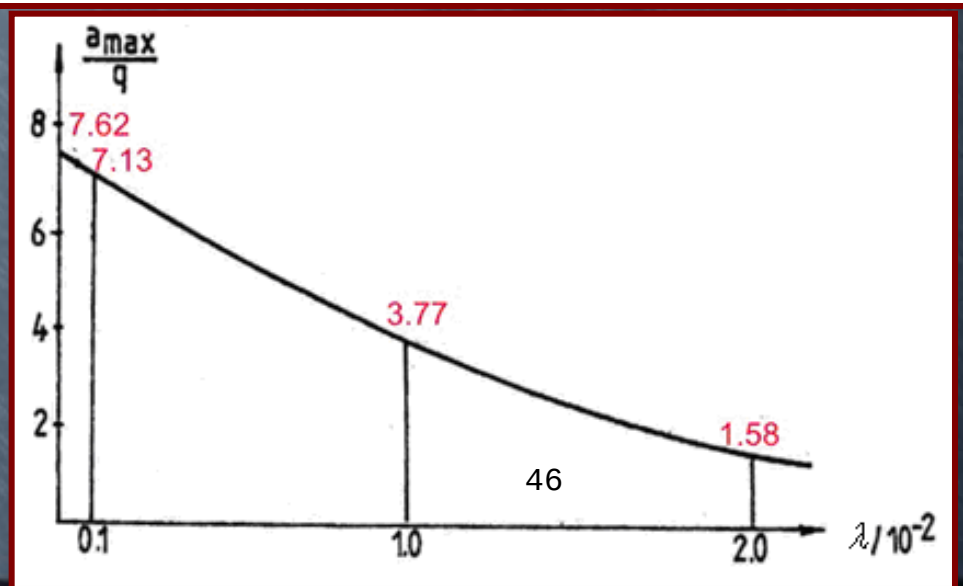


Different levels of violence for dynamic snap-through phenomenon

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

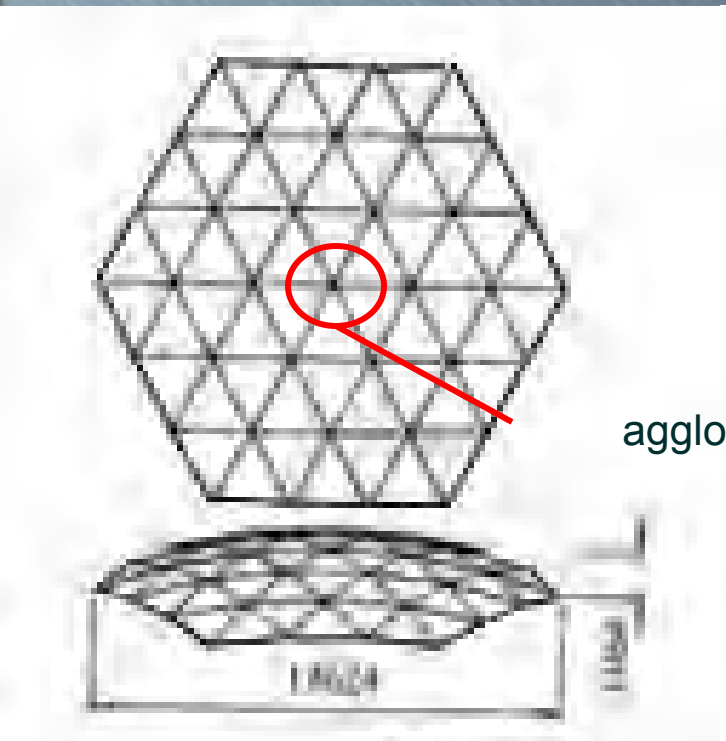
- تاثیر صلبیت گره ها روی انرژی جنبشی آزاد شده (ضریب λ)

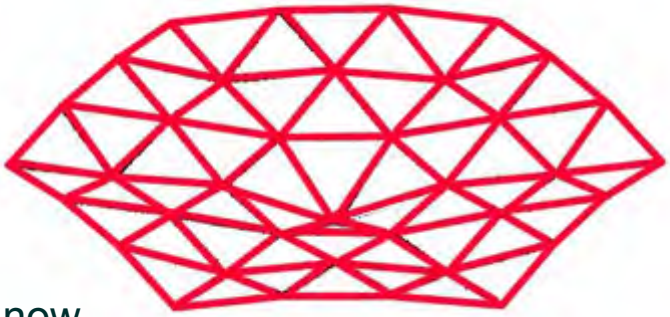




COLLAPSE OF RETICULATED DOMES

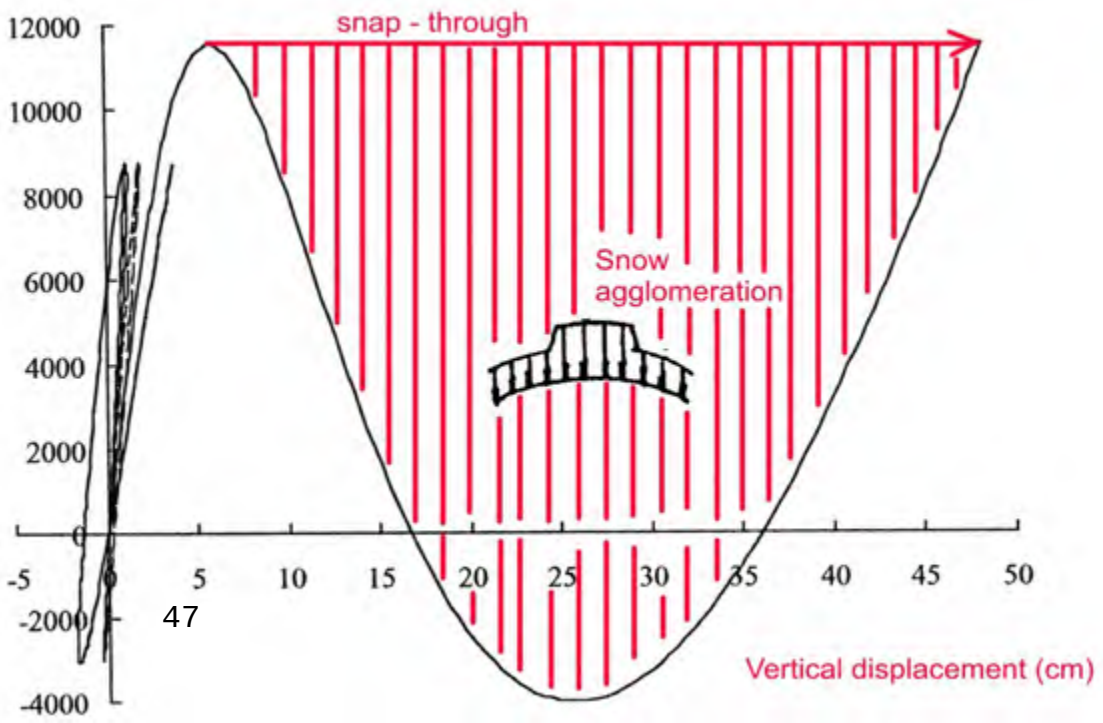
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com





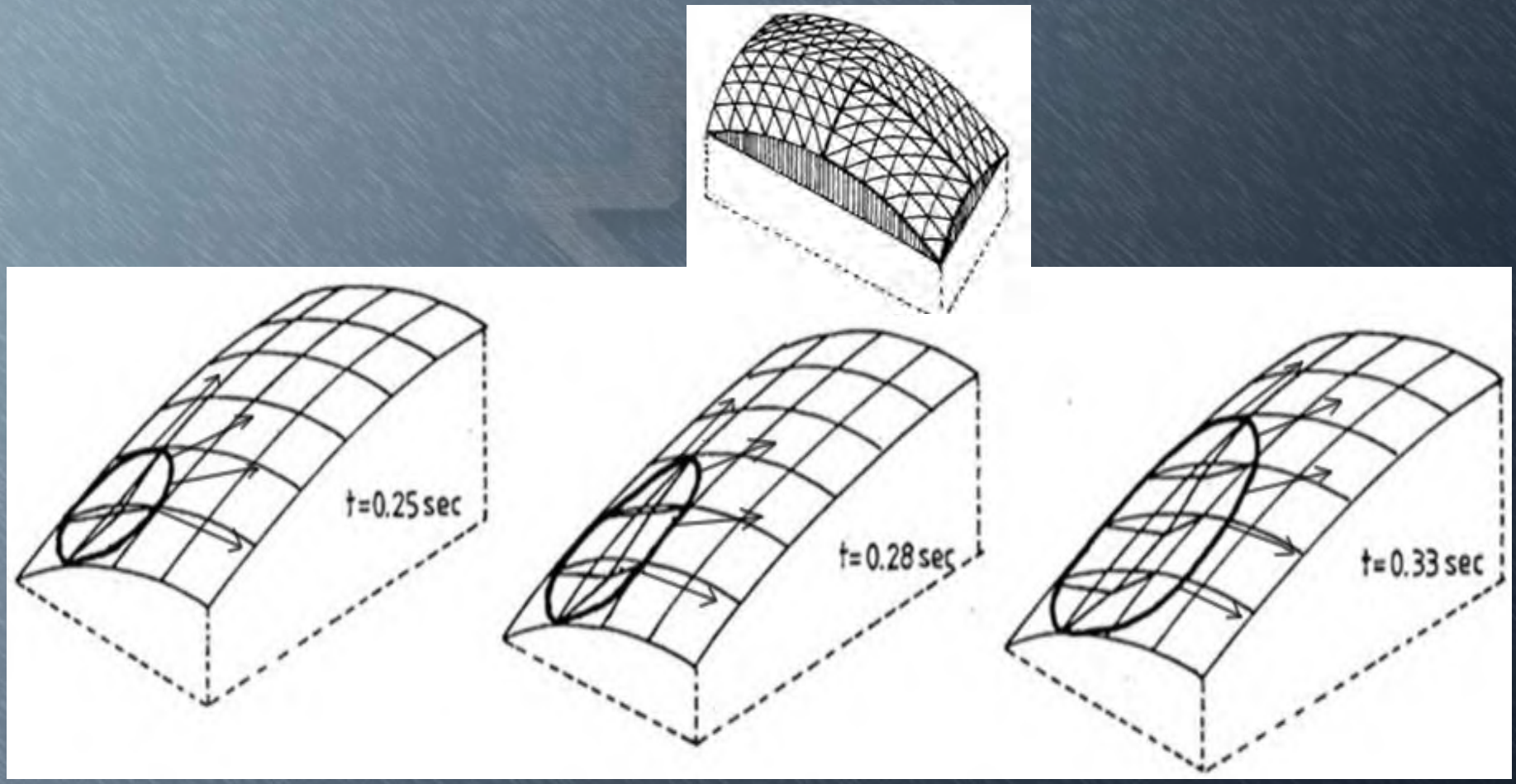
t = 0,54 s

Snow agglomeration



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

DYNAMIC EFFECT



a=16g

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

Advanced Structural Systems (2)

کریم عابدی

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

۱. رده های مختلف پدیده ناپایداری در سازه های فضاکار

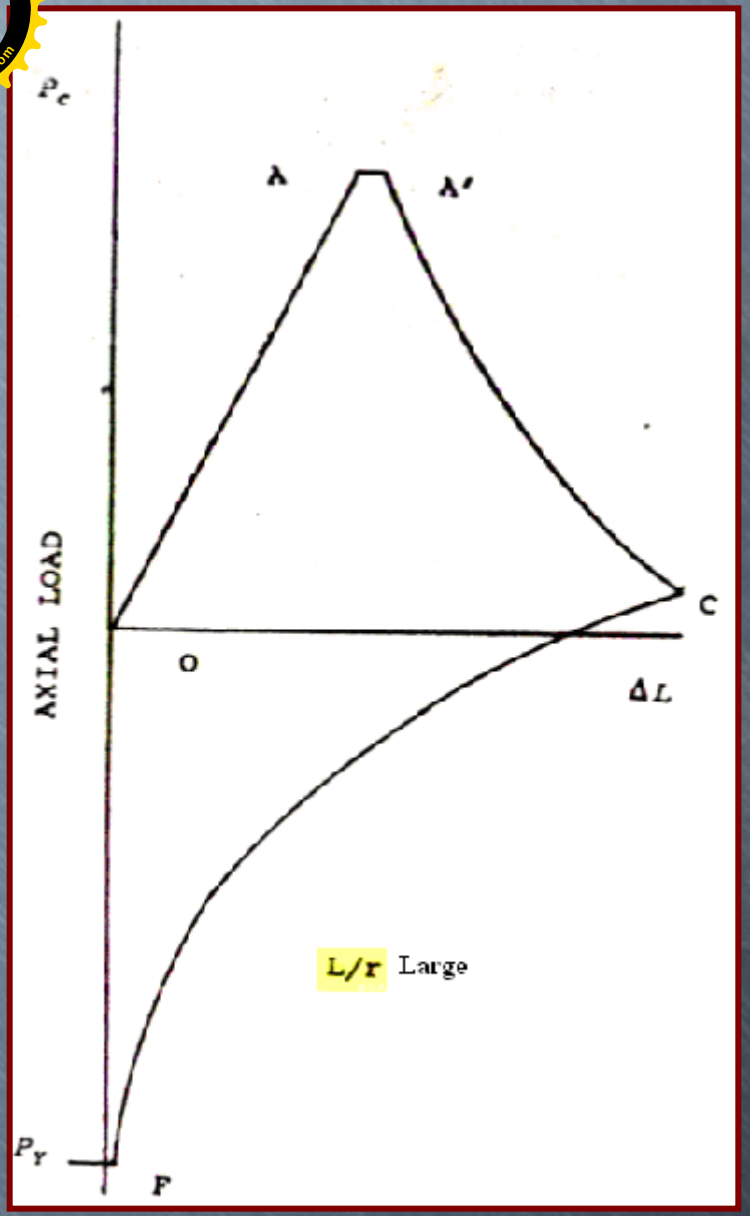
۱ـ ۲ . فروجهش گرهی (Nodal Snap - Through):

- در ناپایداری نقطه حدی
- در ناپایداری نقطه دو شاخگی متقارن ناپایدار

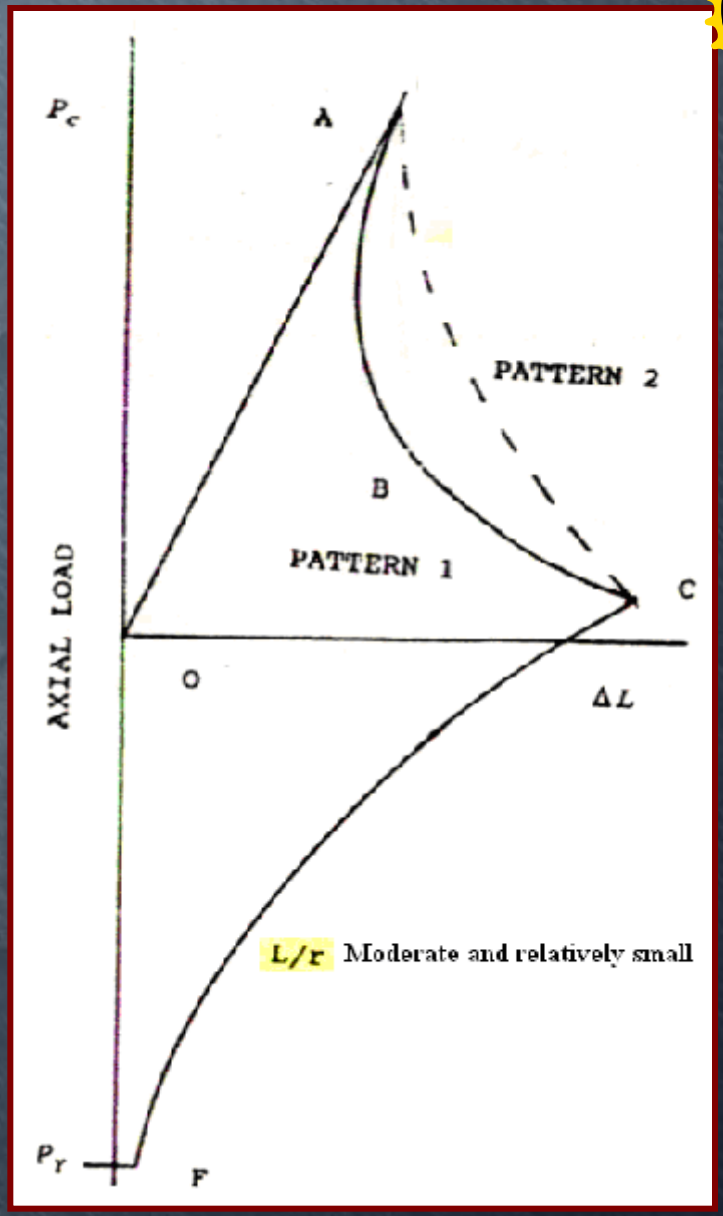
۲ـ ۲ . کمانش عضو (Member Buckling):

- بدون فروجهش عضوی (Member Snap)
- با فروجهش عضوی

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

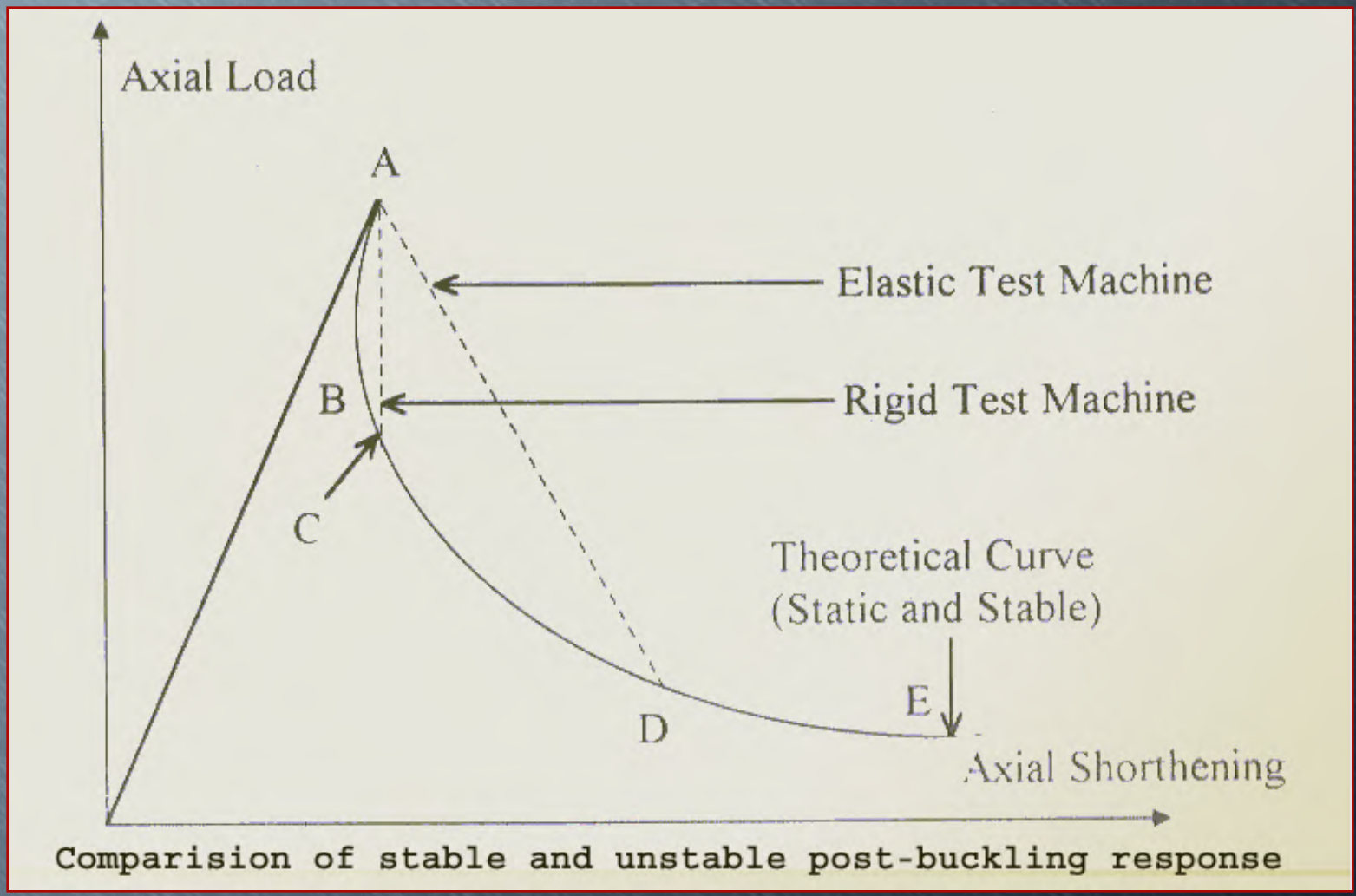


بدون فروجهش



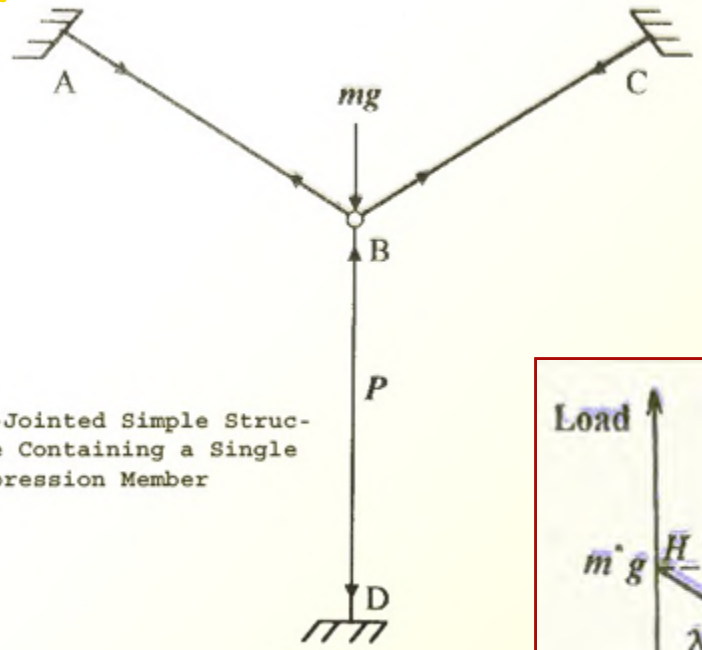
با فروجهش

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

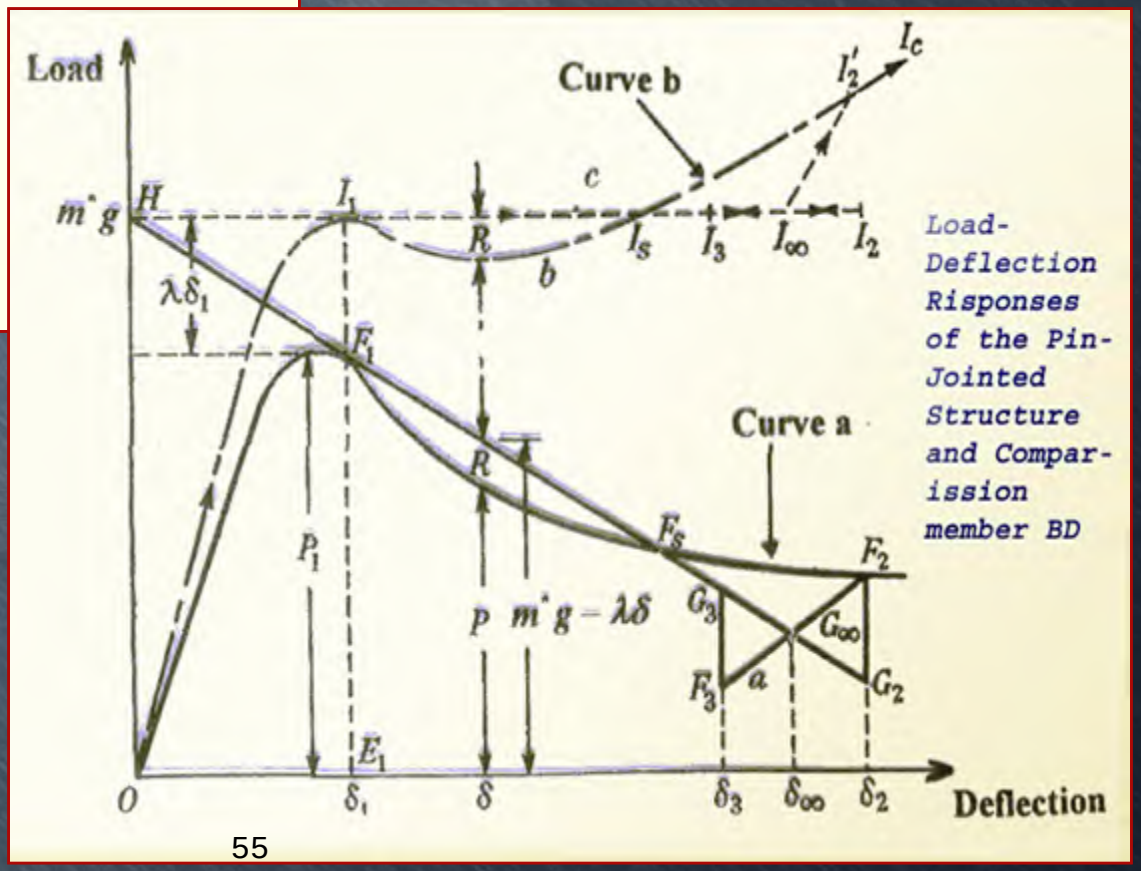


Comparision of stable and unstable post-buckling response

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

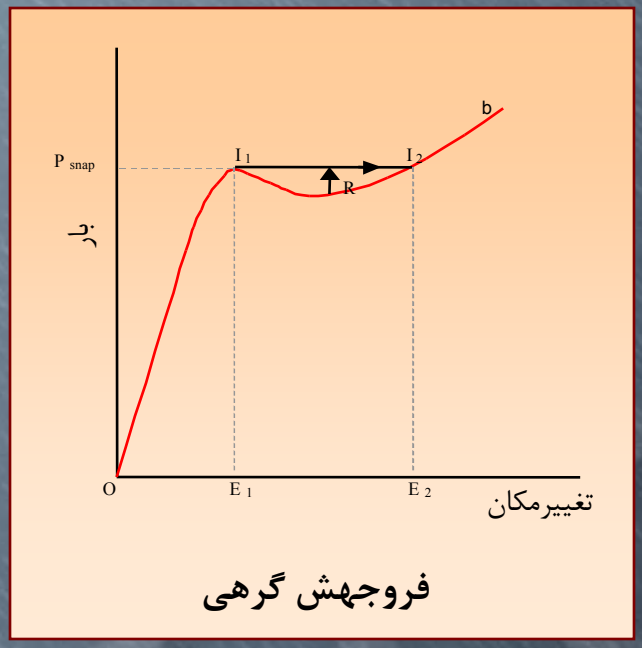


Pin-Jointed Simple Structure Containing a Single Compression Member

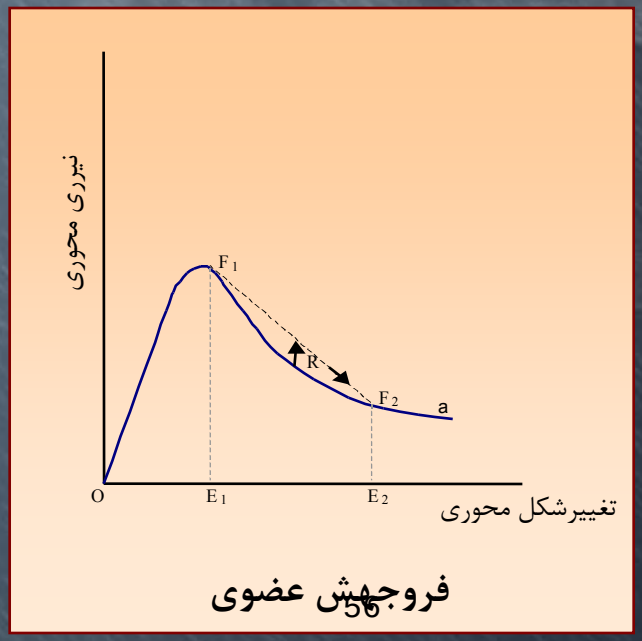


Load-Deflection Risponses of the Pin-Jointed Structure and Comparission member BD

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com



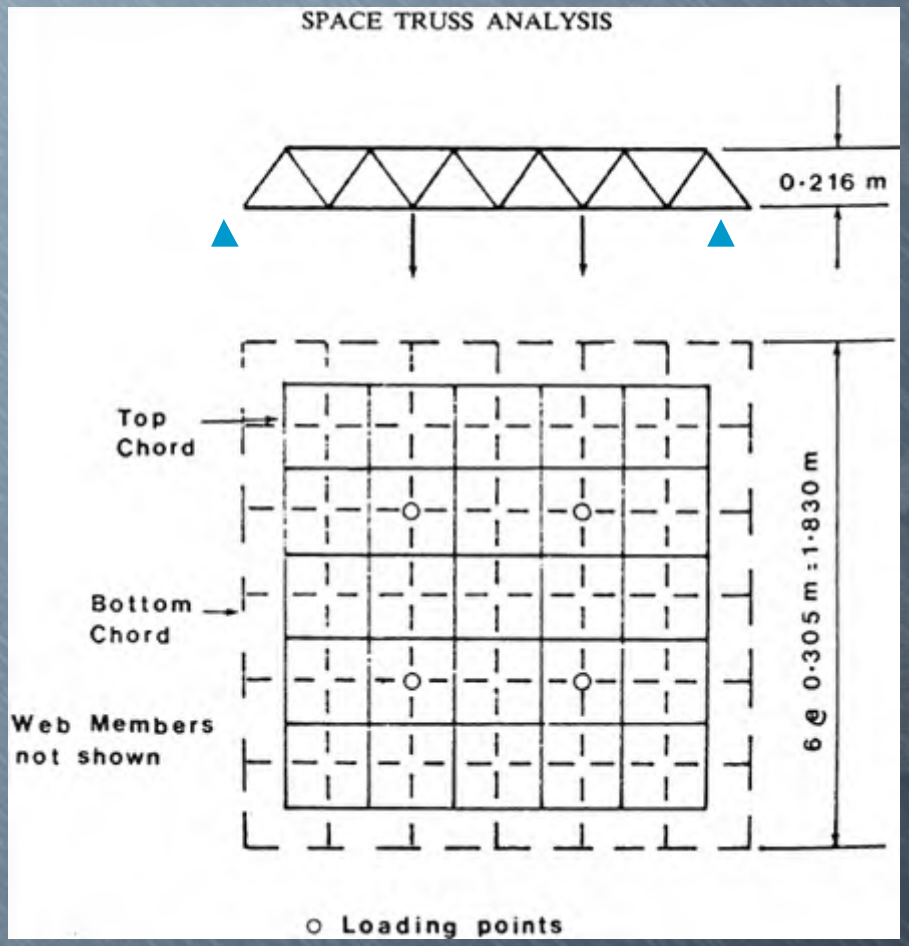
فروجهش گرهی

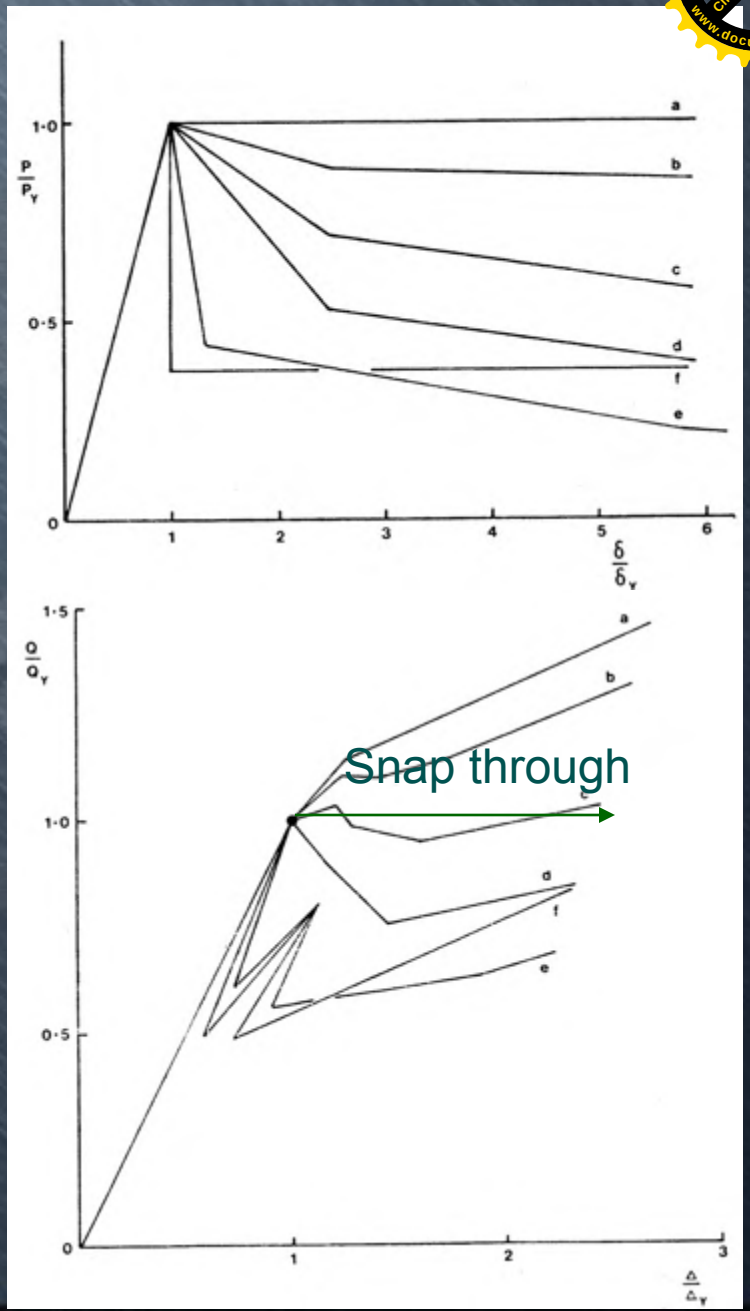


فروجهش عضوی

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

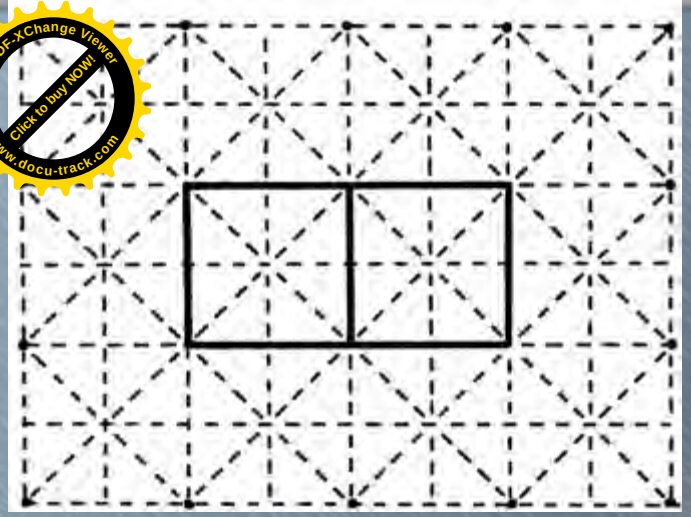
تاثیر سختی پس کمانشی اعضای فشاری روی مکانیزم خرابی سازه

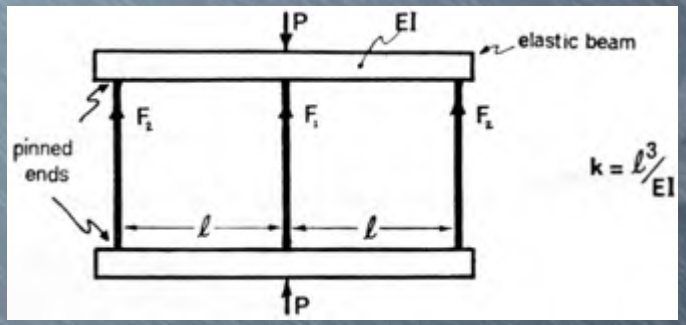


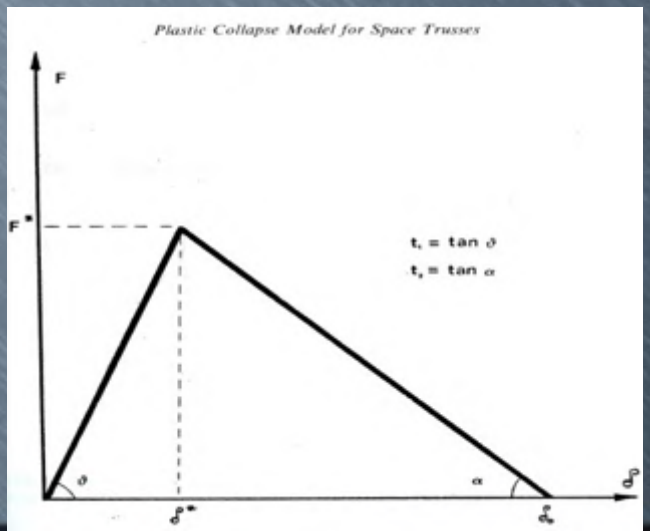


PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

تاثیر سختی پس کمانشی اعضای فشاری روی مکانیزم خرابی سازه







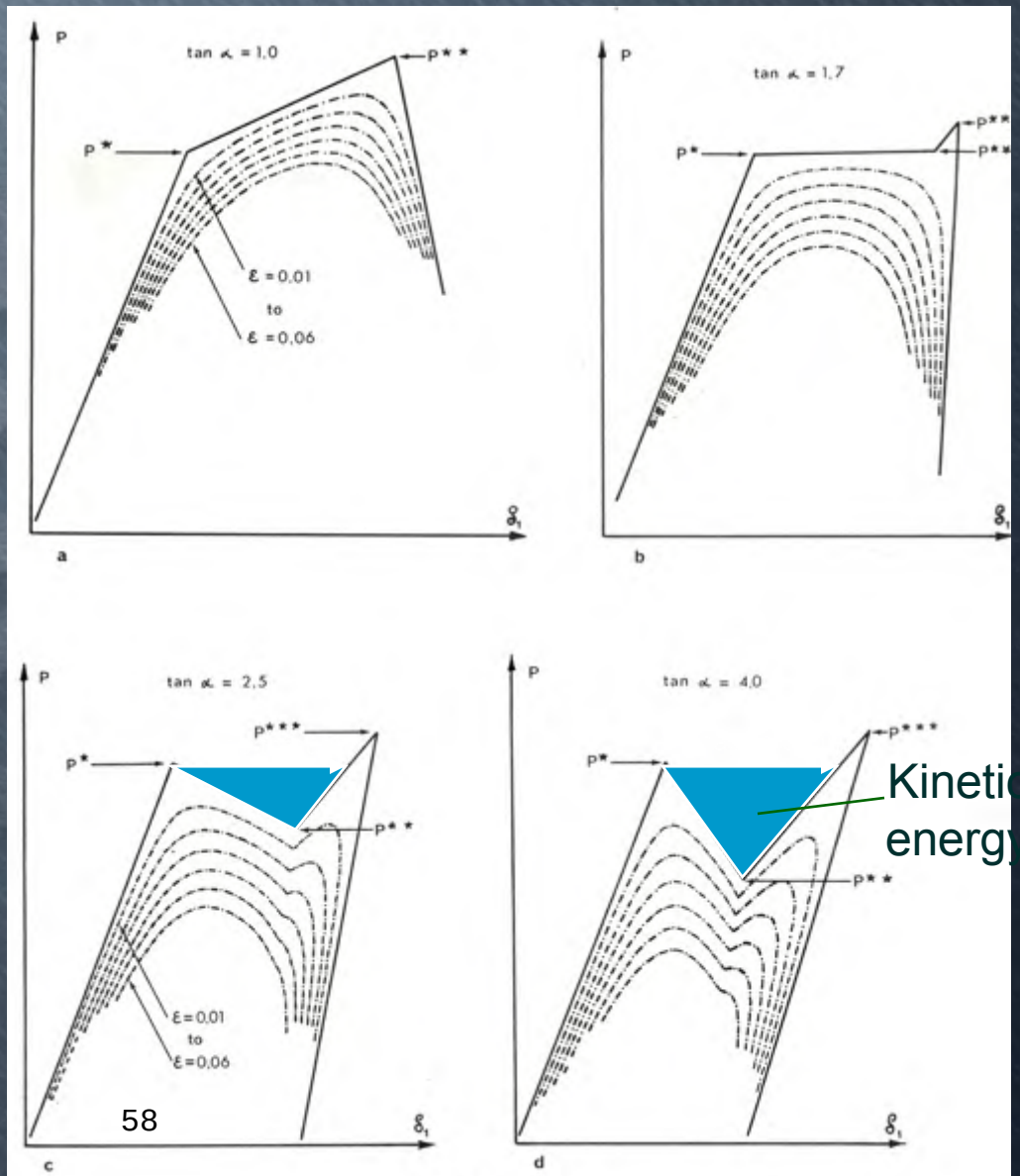
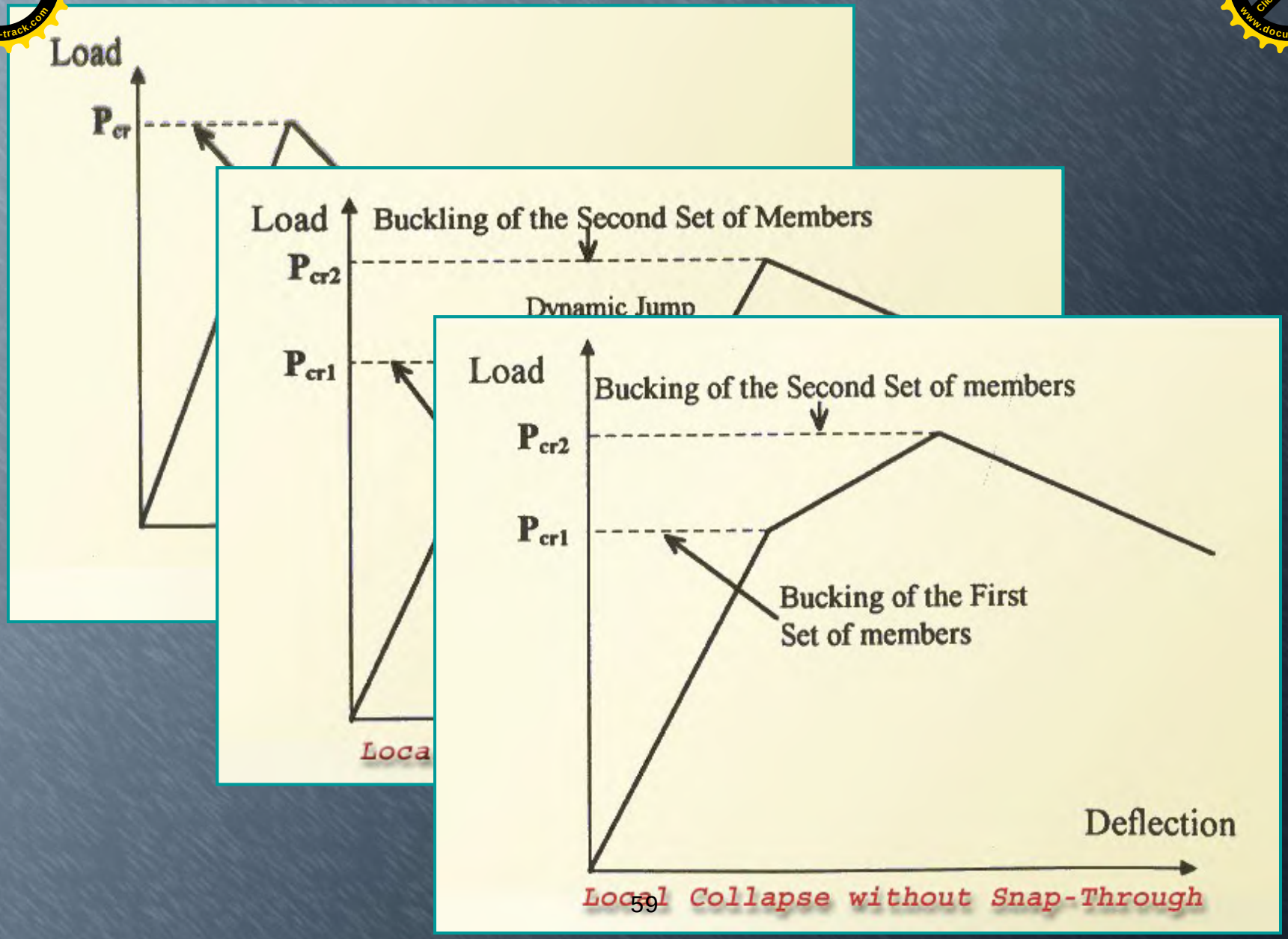


FIG. 5—*contd.*

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

مکانیزم های خرابی ایجاد شده در سازه های فضاکار دولایه



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

Advanced Structural Systems (2)

کریم عابدی

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۲. رده های مختلف پدیده ناپایداری در سازه های فضا[illegible]ر

۲ـ ۱ . فروجهش گرهی (Node Snap - Through):

- در ناپایداری نقطه حدی
- در ناپایداری نقطه دو شاخگی متقارن ناپایدار

۲ـ ۲ . کمانش عضو (Member Buckling):

- بدون فروجهش عضوی (Member Snap)
- با فروجهش عضوی

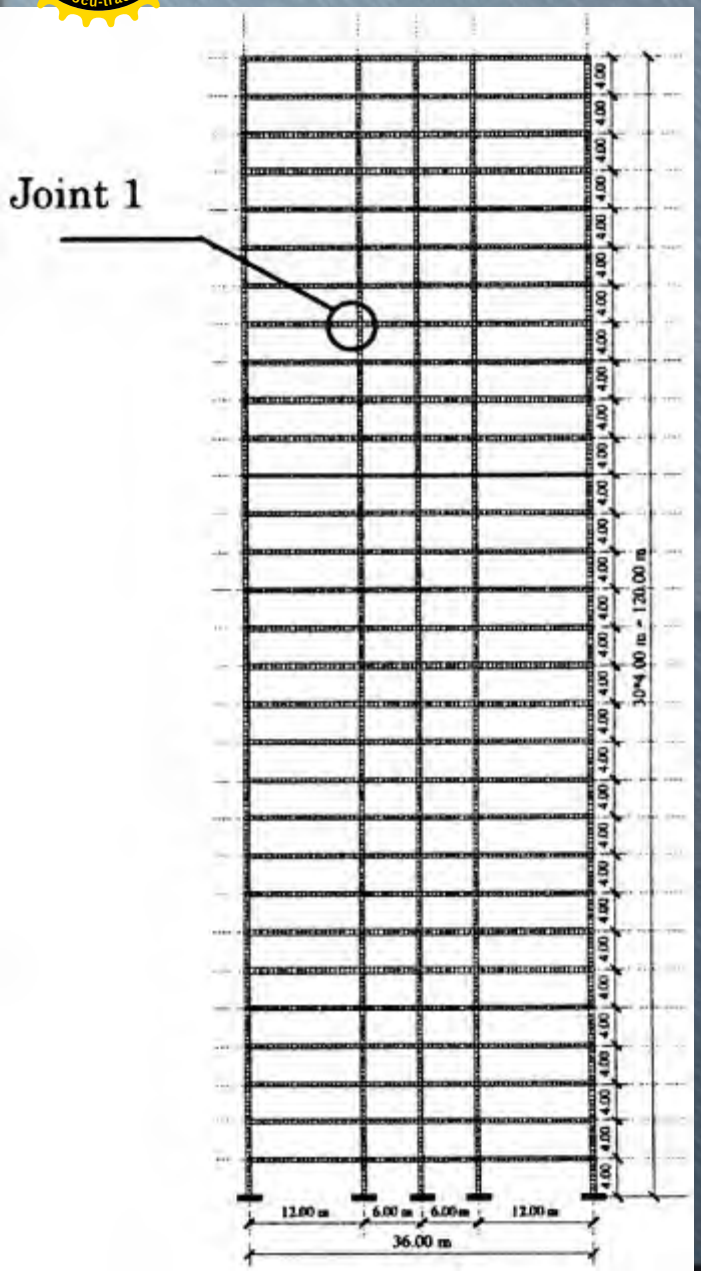
۲ـ ۳ . خرابی پیشرونده (Progressive Collapse):

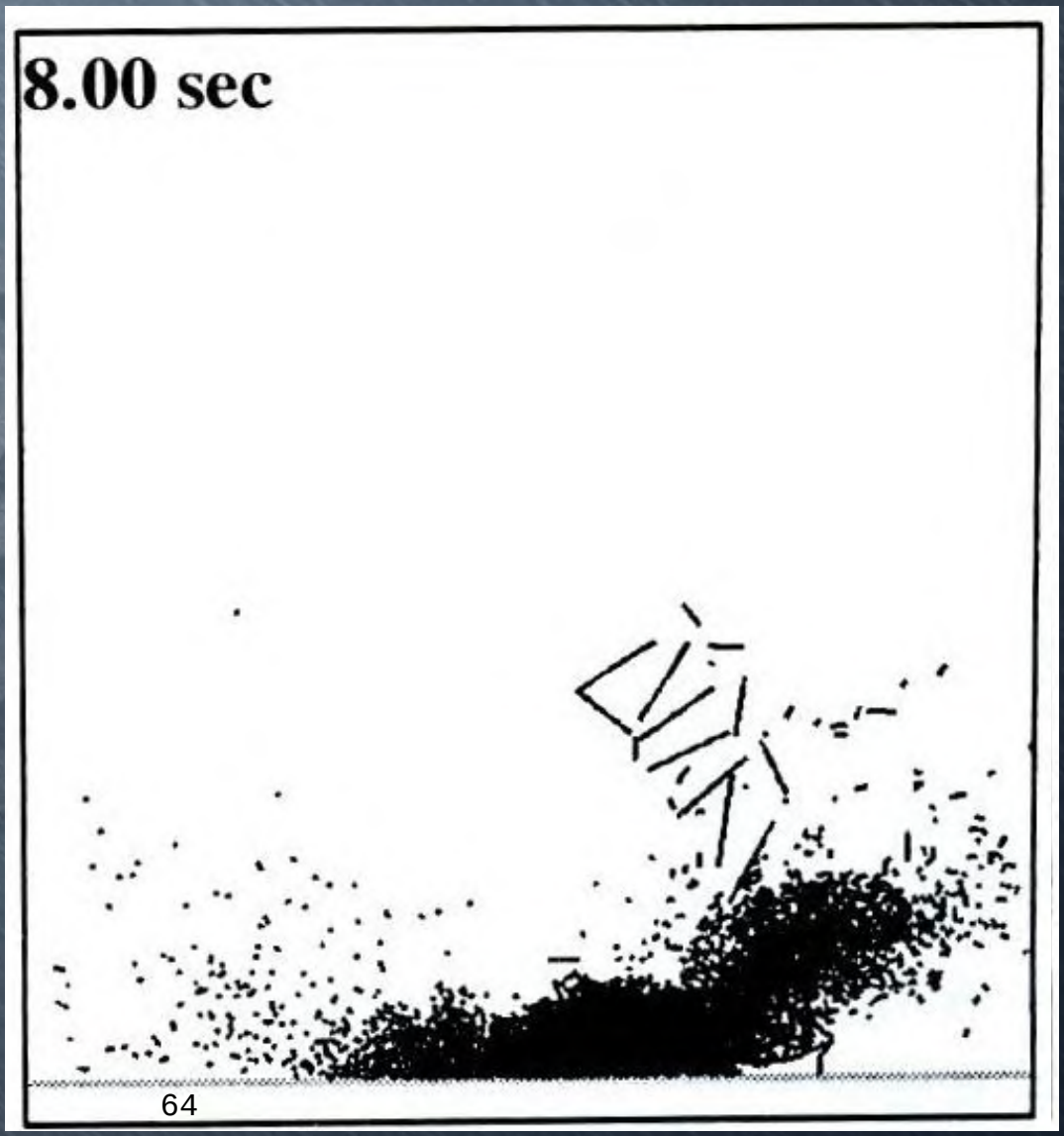
- تعریف
- سؤالات اس[illegible]

در حالت ک[illegible] ناشی از ص[illegible] را میتوان به[illegible] فروجهش

- چه هنگامی یک ناپایداری محلی، موضعی باقی می ماند و انتشاری ایجاد نمی شود؟
- تحت چه شرایطی یک ناپایداری محلی می تواند در بخش بزرگی از سازه انتشار یابد؟
- چه پارامترهایی امکان انتشار یک ناپایداری را افزایش یا کاهش می دهند؟
- چگونه یک طراح می تواند از وقوع پدیده انتشار جلوگیری نماید؟

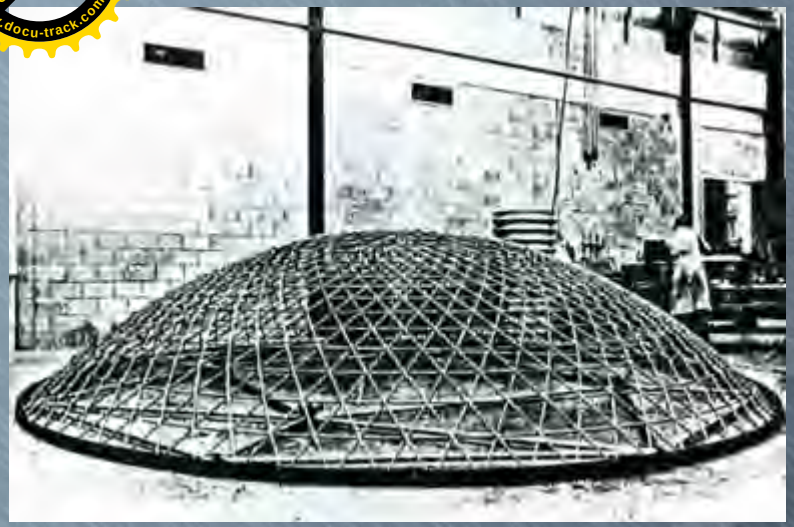
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

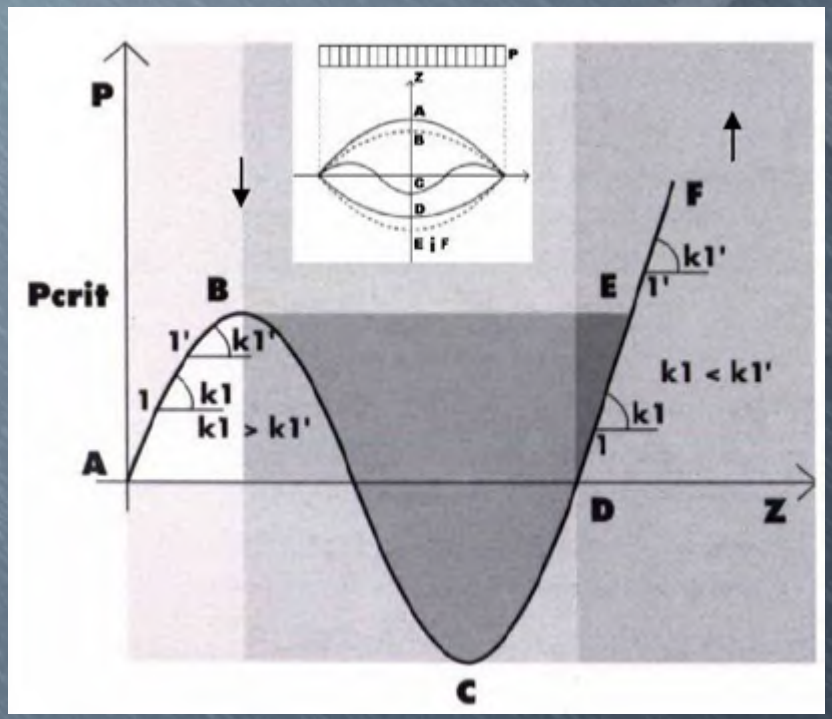


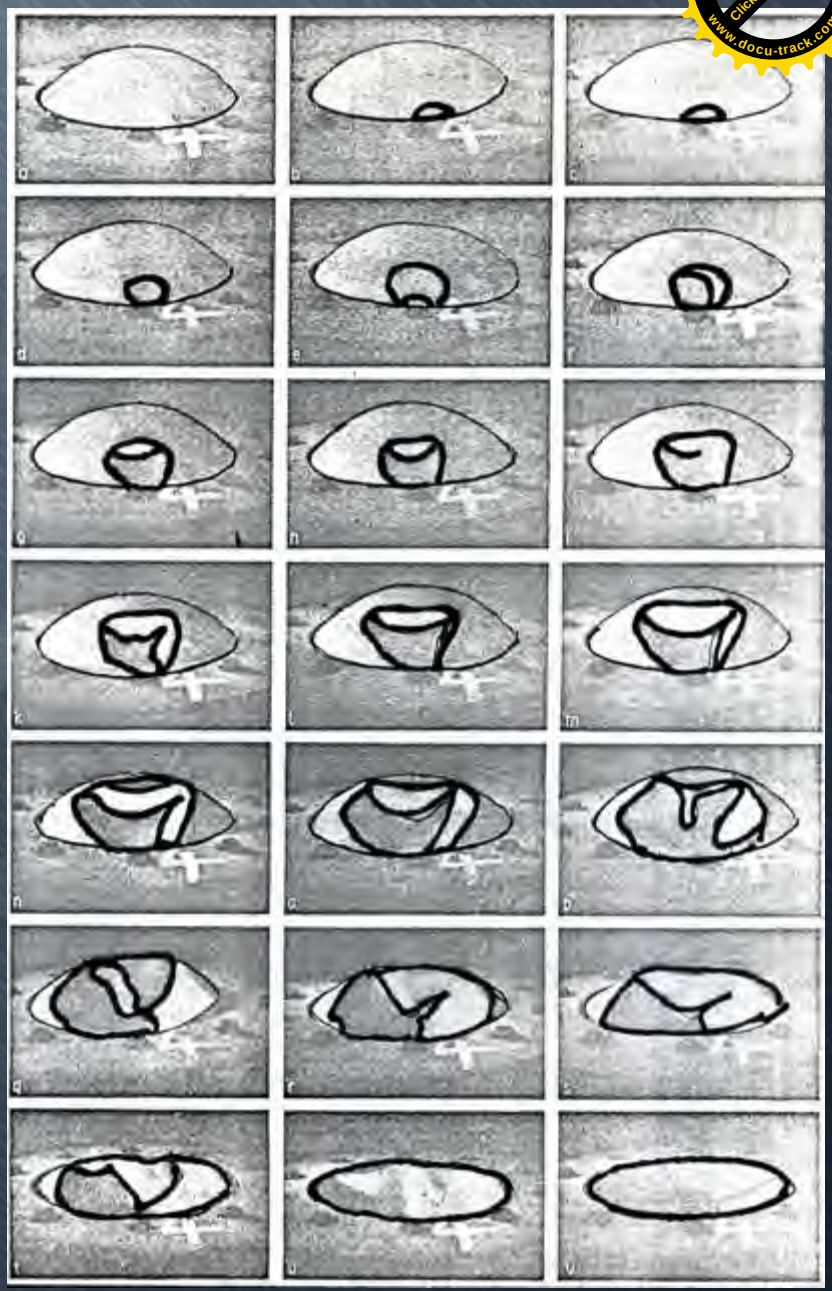


ROPAGATION OF LOCAL INSTABILITY IN SIGLE LAYER DOME

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

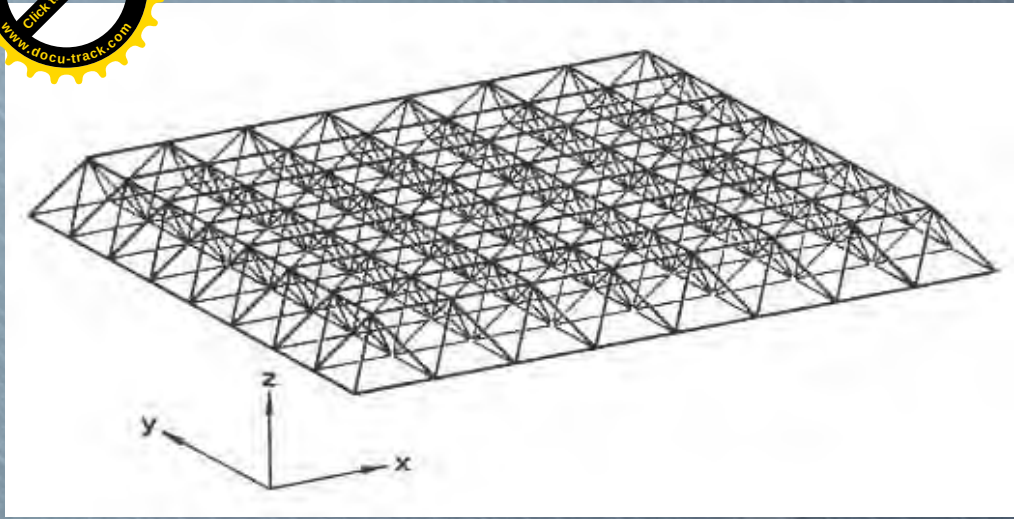


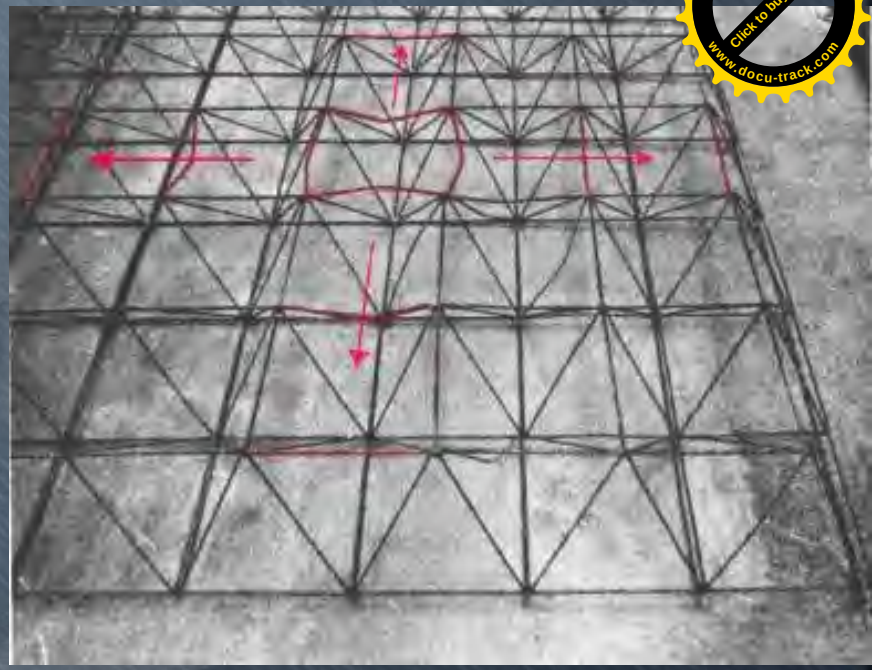




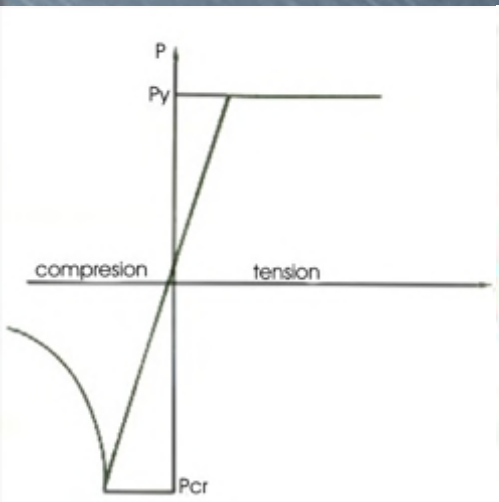
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

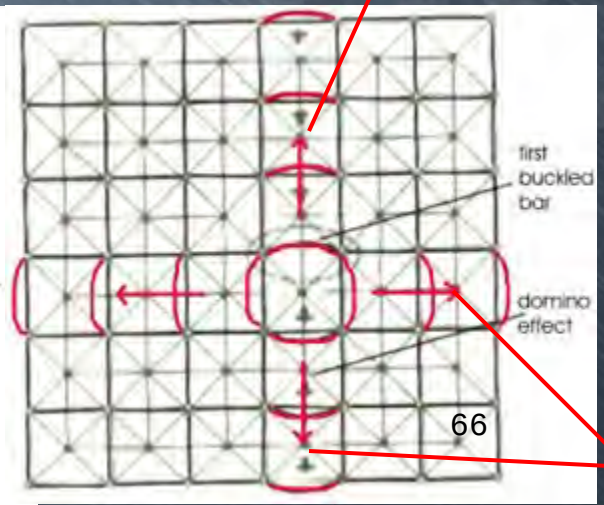
DOMINO EFFECT IN DOUBLE LAYER GRIDS





propagation of buckling





lines of collapse

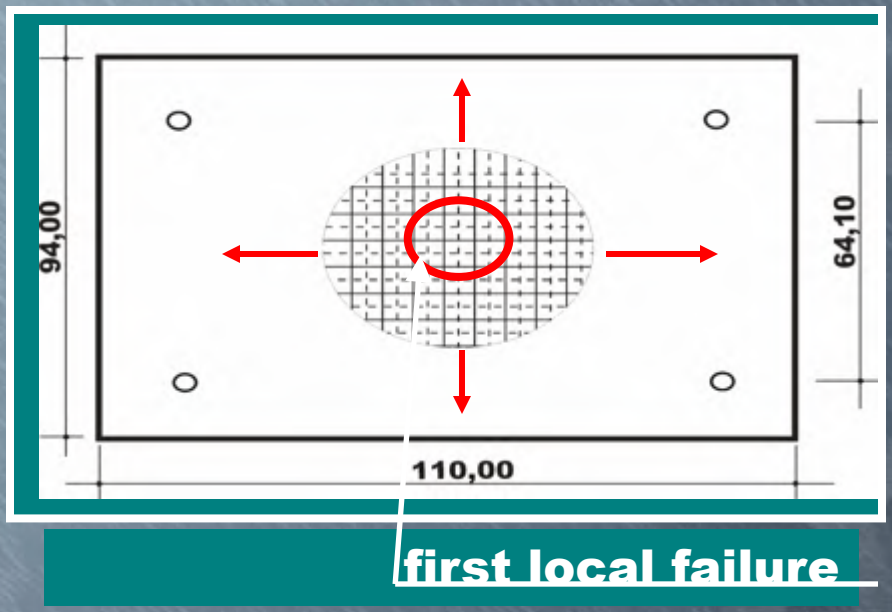
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

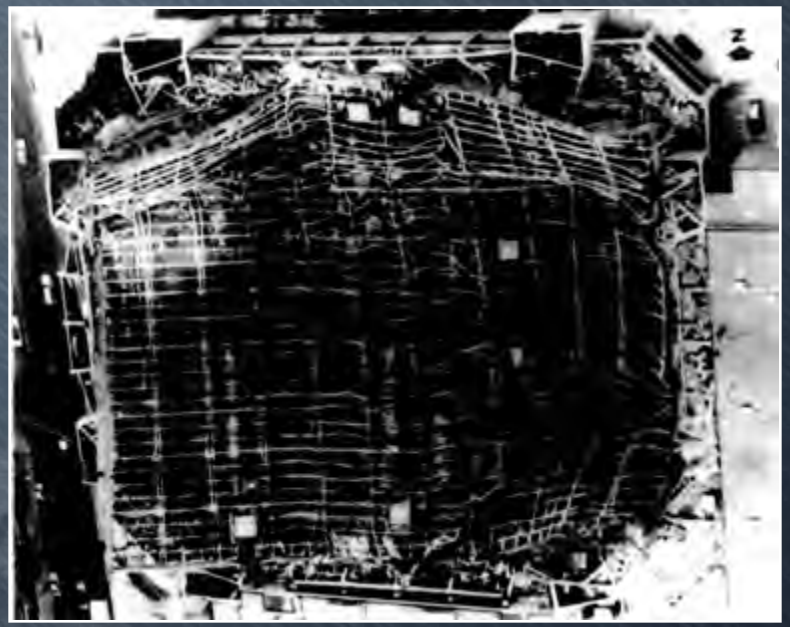
ARCHETYPE OF DOMINO EFFECT IN SPACE STRUCTURE

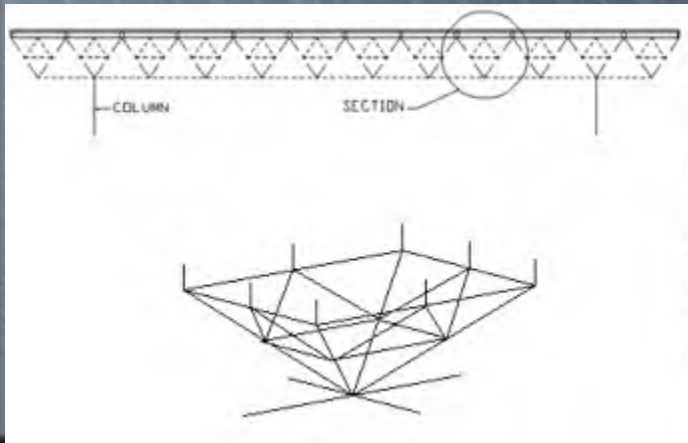
Collapse of Hartford Civic Center Arena Roof
January 18,1978

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

Collapse of Hartford (Connecticut, USA) Arena Roof, 1978







PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

EXPOSITION HALLS FROM BRNO AND BUCHAREST

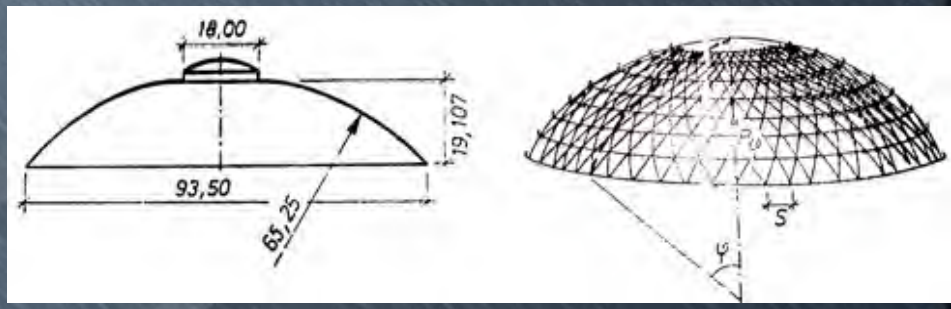
BRNO

BUCHAREST

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ARCHETYPE OF LOCAL BUCKLING PROPAGATION
Collapse of exposition hall Bucharest-1963

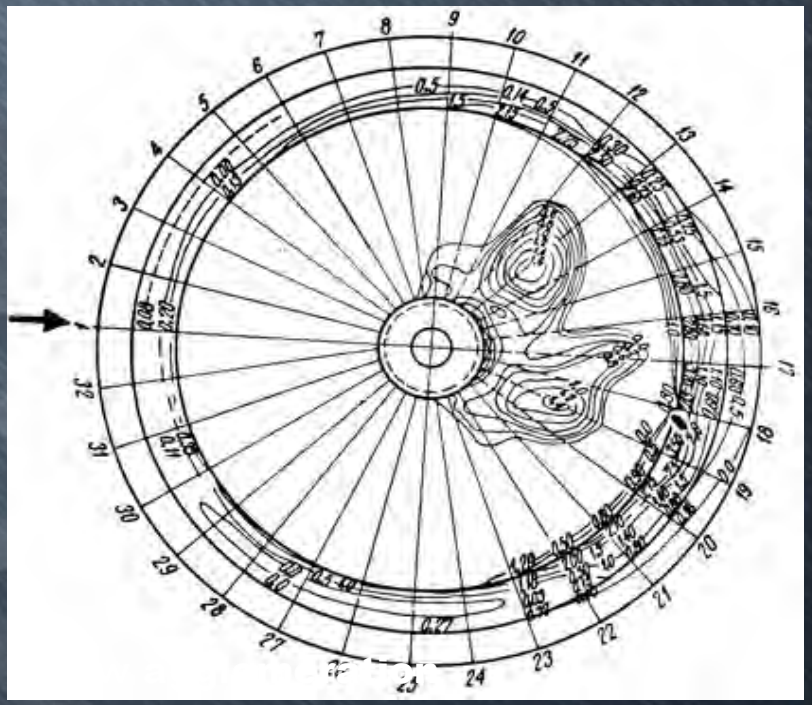
Before collapse

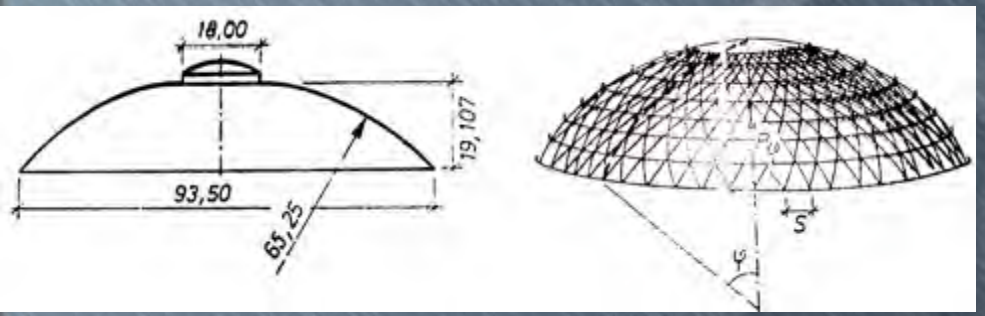


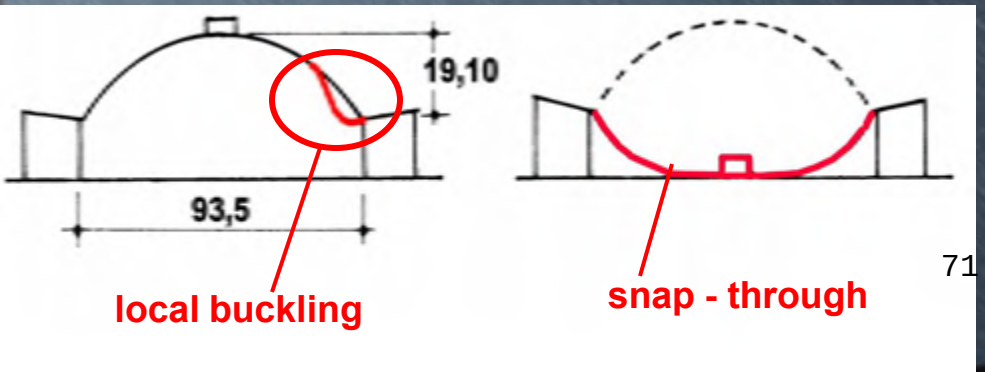
After collapse

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

COLLAPSE OF EXPOSITION HALL, Bucharest, 1963

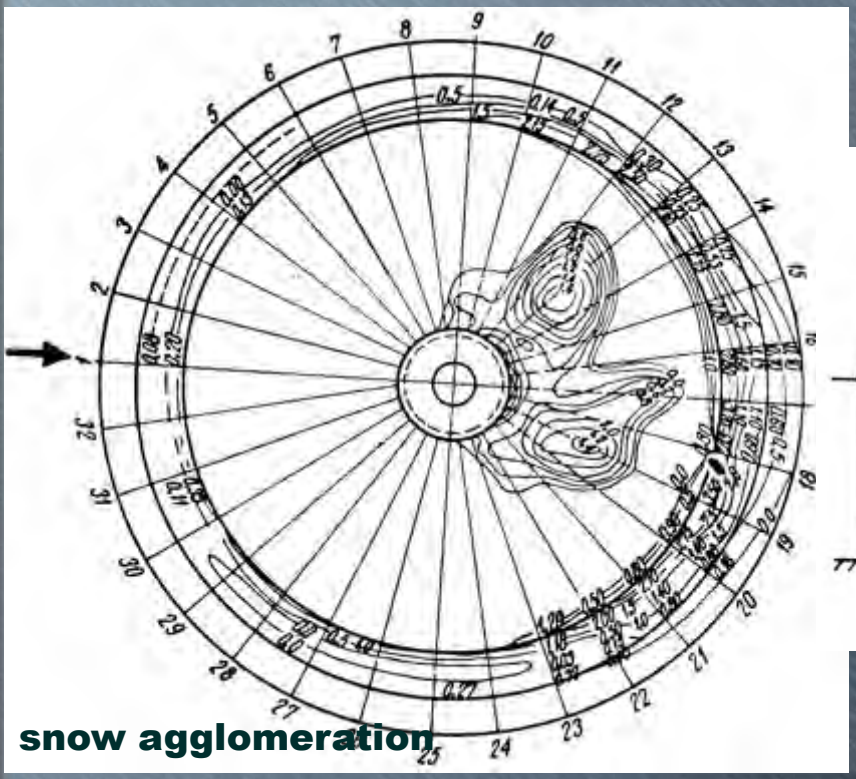


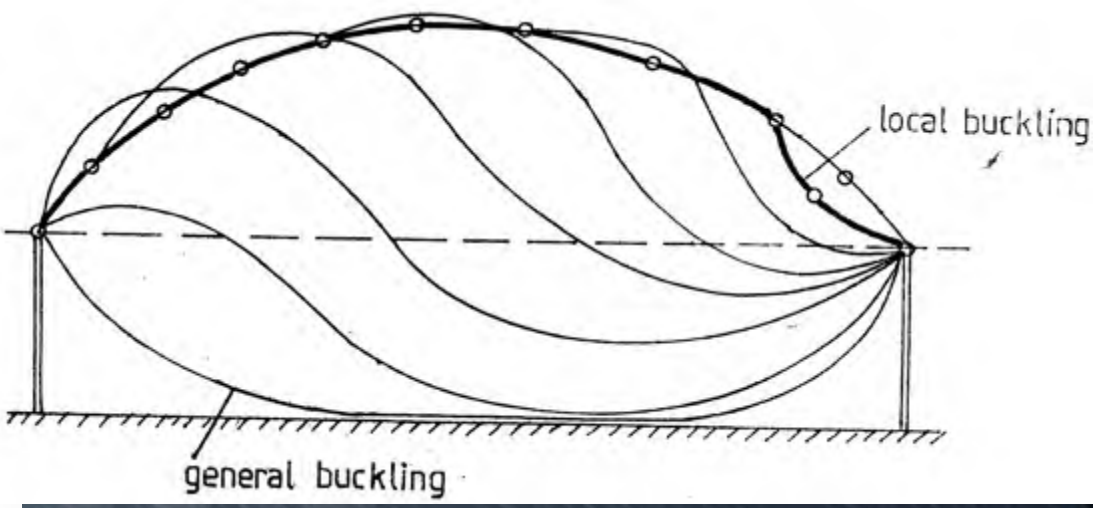




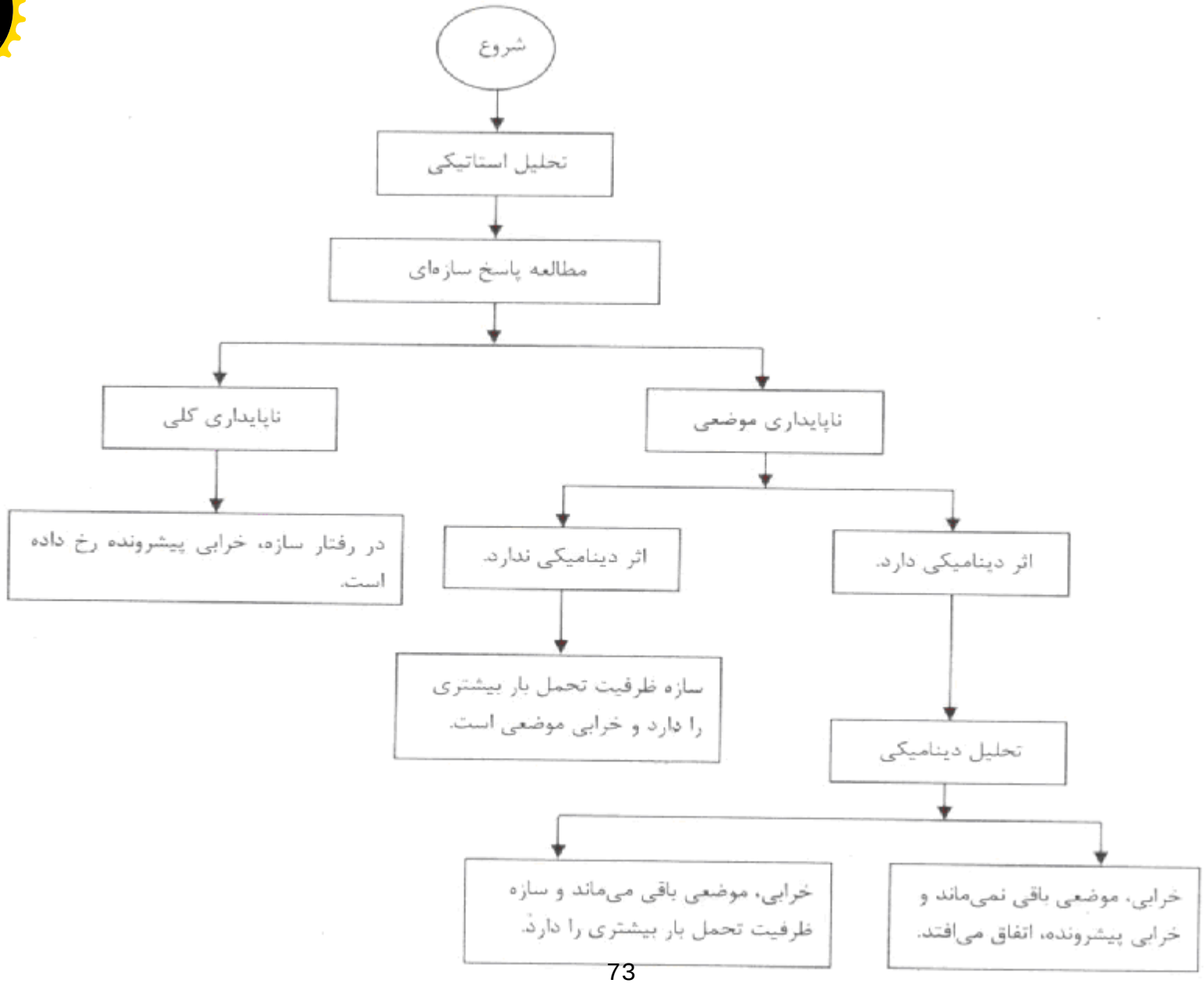
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

PROPAGATION OF LOCAL BUCKLING





PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

با تشکر از توجه شما ...

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

Advanced Structural Systems (2)

کریم عابدی

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سرفصل های مصوب

نام درس: سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع واحد: ۱ واحد نظری، ۱ واحد عملی

پیشنیاز: سیستم های ساختمانی پیشرفته (۱)

هدف:

هدف این درس عبارت است از آشنایی با مبانی انتقال نیروها در سیستم های ساختمانی، آشنایی با روش های علمی مقایسه و انتخاب مناسب ترین سیستم ساختمانی برای یک معماری معین، آشنایی با روش های طراحی سیستم های ساختمانی از طریق تمرینات عملی و ارائه پروژه نهایی، آشنایی با روش های ساخت سیستم های ساختمانی از طریق مطالعه، بررسی و تحقیق در مورد پروژه های اجرا شده در جهان

شرح درس (برای ۴۸ ساعت در یک نیمسال تحصیلی):

پس از آشنایی اولیه دانشجویان با سیستم های ساختمانی و فرم های سازه ای در دروس قبلی، در این درس به تجزیه و تحلیل رفتار سازه ها تحت تاثیر نیروهای مختلف می پردازند و نحوه دستیابی به یک طرح صحیح را از طریق شناخت دقیق رفتار ساختمان در برابر نیروها، در یک پروژه معماری تجربه می‌نمایند.

مباحث درس بشرح زیر خواهد بود:

- بررسی تحلیلی سیستم‌های ساختمانی و فرم‌های سازه‌ای
- بررسی نحوه پایداری سیستم‌های ساختمانی در برابر نیروهای مختلف
- مقایسه سیستم‌های مختلف ساختمانی، شناخت مزایا و محدودیت‌های هریک
- استفاده از فن‌آوری جدید در ایجاد فضای معماری مطلوب
- بررسی نحوه استفاده از مصالح جدید در ایجاد فرم‌های نوین ساختمانی
- آشنایی با فرآیند علمی انتخاب مناسب‌ترین سیستم ساختمانی برای یک طرح معین
- آشنایی با انواع بارهای وارده بر ساختمان‌ها (بارهای مرده، زنده، زلزله، باد، بارهای دینامیکی،...

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

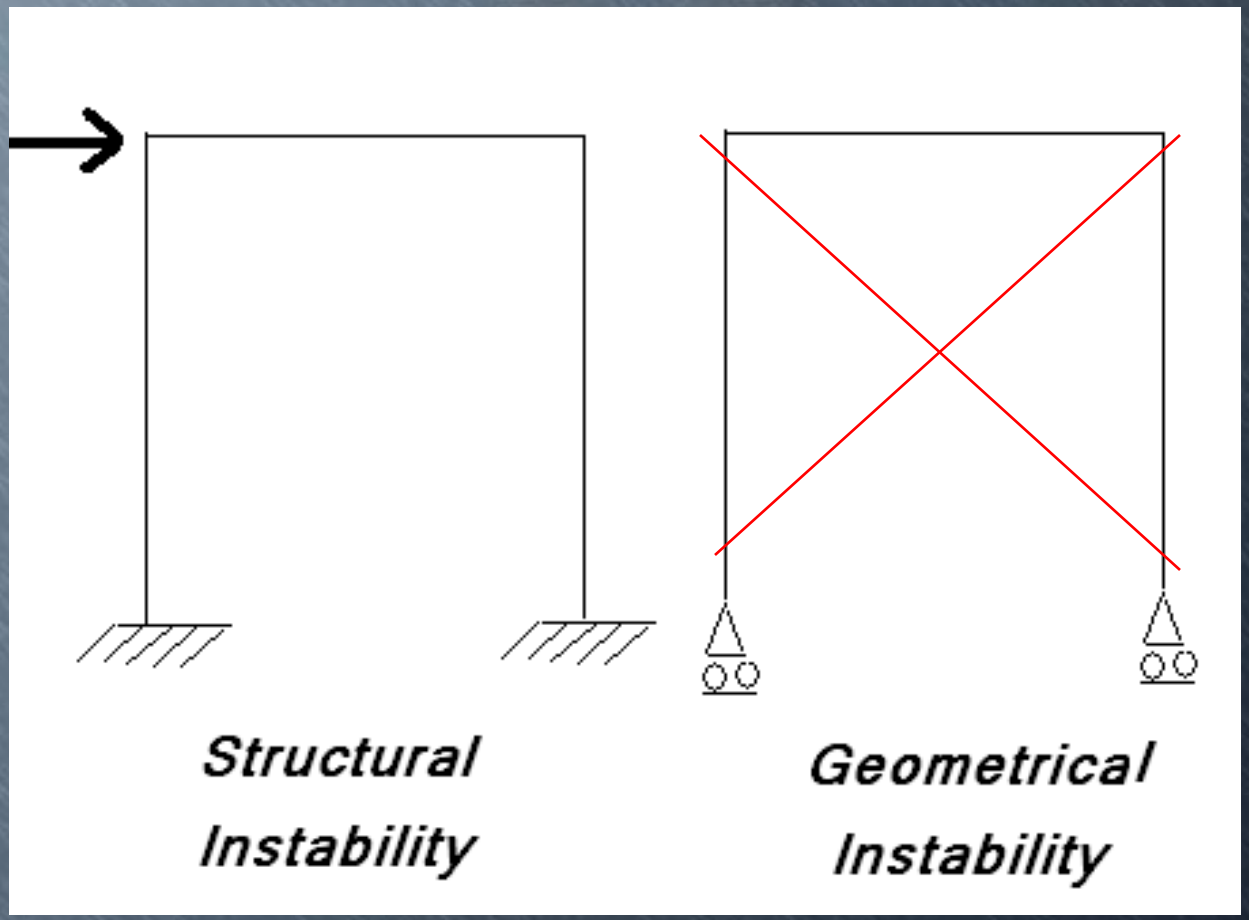
سرفصل دوم درس

بررسی نحوه پایداری سیستم های ساختمانی در برابر نیروهای مختلف

- مبانی پایداری سازه ها
- رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها
- نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

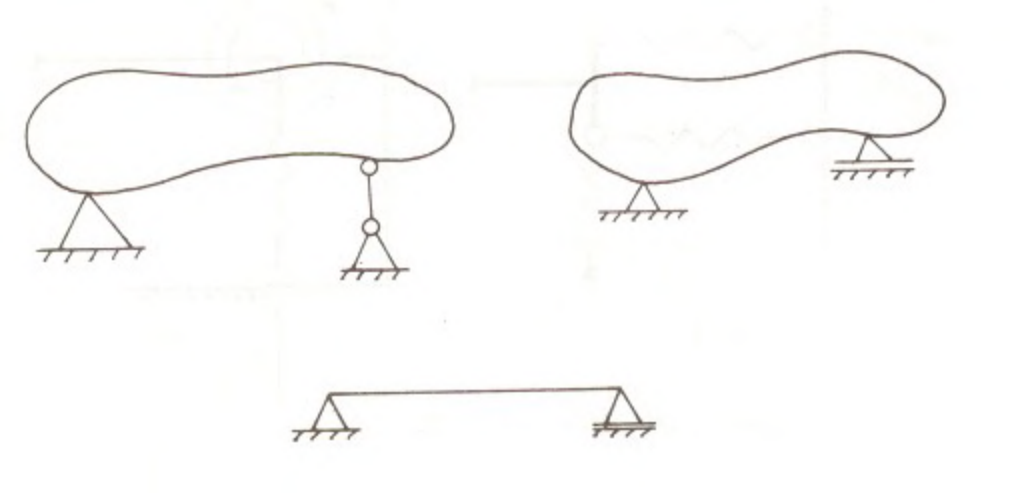
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

یک نکته مهم:
تبیین تفاوت ناپایداری هندسی و ناپایداری سازه ای

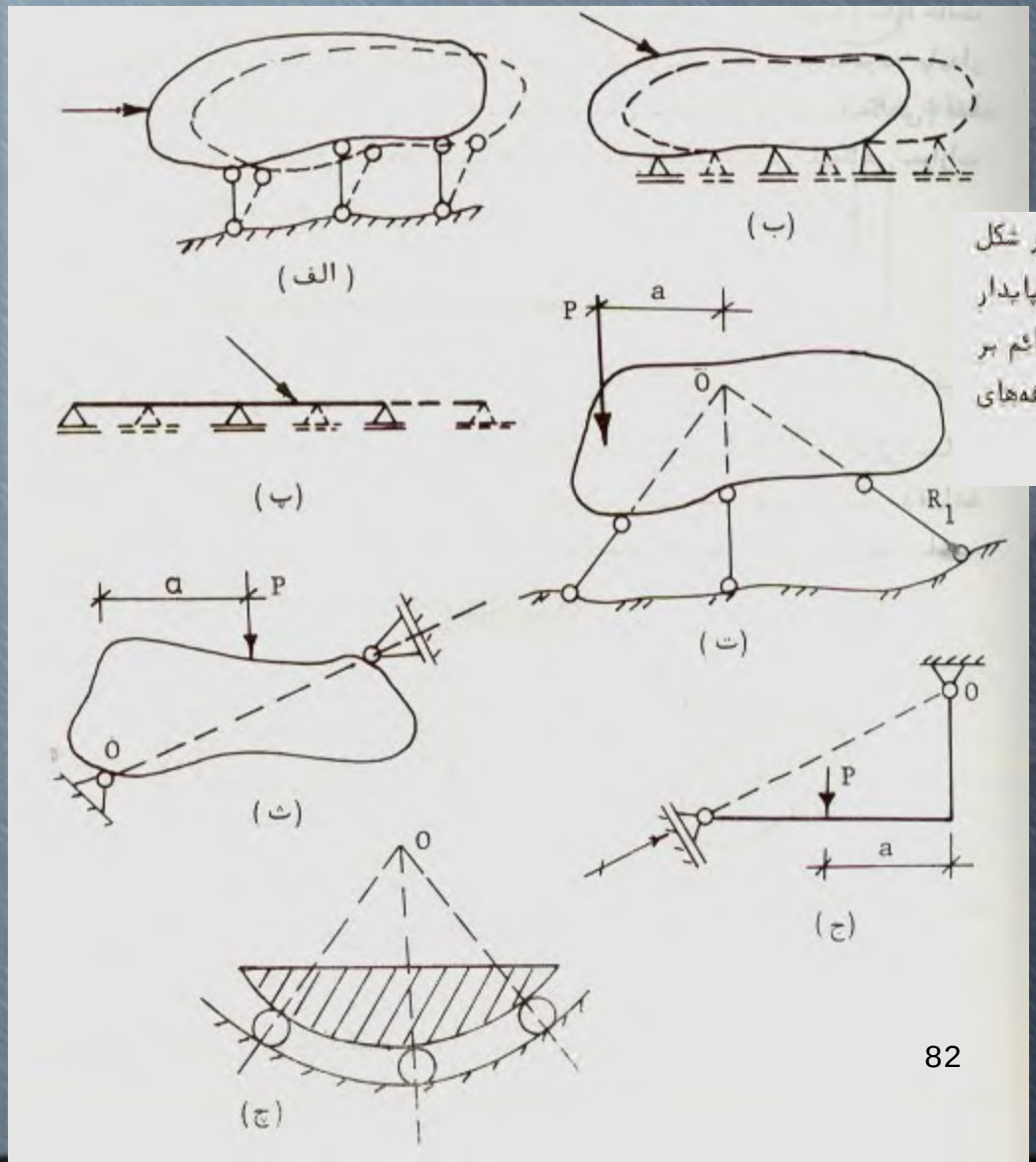


PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نمونه هایی از حالات پایداری هندسی



نمونه هایی از حالات ناپایداری هندسی



سیستمهای نشان‌داده‌شده در شکل

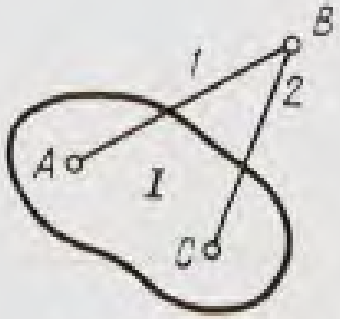
به‌دلیل موازی بودن نیروهای واکنش تکیه‌گاهی ویا متقارب بودن آنها ، ناپایدار می‌باشند ، زیرا همانطوری که ملاحظه می‌شود هیچ عاملی از حرکت جسم در امتداد قائم بر مولفه‌های واکنش تکیه‌گاهی موازی ویا دوران (حزئی) جسم حول نقطه تلاقی مولفه‌های تکیه‌گاهی جلوگیری بعمل نمی‌آورد .

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

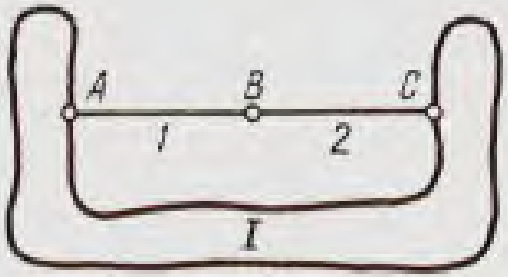
قوانین ترکیب پایدار اجسام صلب

الف : ترکیب یک گره و یک جسم صلب

سیستمی که از ترکیب یک جسم صلب و یک گره تشکیل یافته ، وقتی پایدار است که گره حداقل توسط دو میله که محورهای آنها در یک امتداد نمی‌باشد ، به‌جسم صلب متصل شده باشد (شکل الف) . اگر گره توسط دو میلهٔ هم‌امتداد به‌جسم صلب متصل شده باشد ، سیستم حاصل ناپایدار آنی خواهد بود (شکل ب) .



(الف) ـ پایدار



(ب) ـ ناپایدار آنی

قوانین ترکیب پایدار اجسام صلب

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

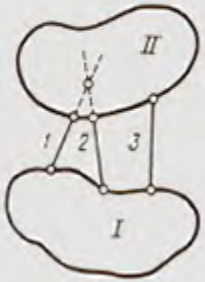
ب ــ ترکیب پایدار دو جسم صلب

ترکیب دو جسم صلب وقتی تشکیل یک سیستم صلبی را می‌دهند که به‌یکی از روشهای زیر به یکدیگر متصل شده باشند :

۱ــ توسط سه میله‌ٔ غیرموازی و غیرمتقارب (شکل الف)

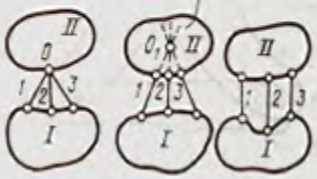
۲ــ توسط یک مفصل و یک میله‌ٔ رابط که محور میله از مفصل عبور نمی‌کند (شکل ب)

۳ــ توسط یک اتصال صلب (شکل پ) .



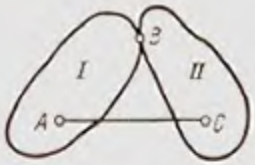
ترکیب پایدار

مفصل موهومی

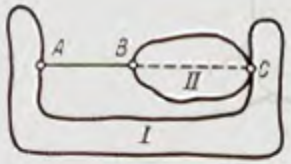


ترکیبات ناپایدار (سه میله‌ٔ متقارب یا موازی)

(الف)



ترکیب پایدار



ترکیب ناپایدار ــ محور AB از 0 عبور می‌کند

(ب)

(پ)

قوانین ترکیب پایدار اجسام صلب

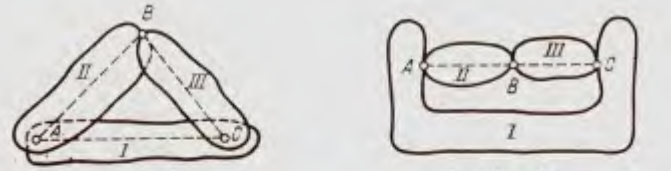
پ ـ ترکیب پایدار سه جسم صلب

ترکیب سه جسم صلب وقتی تشکیل یک سیستم صلبی را می‌دهند که بدیکی از روشهای زیر به یکدیگر متصل شده باشند :

۱ـ توسط سه مفصل که در یک امتداد قرار ندارند (شکل الف)

۲ـ توسط شش میله ، رابط که طوری قرار داده می‌شوند که هر دو میله ، دو جسم صلب را به‌یکدیگر متصل نمایند و محل تقاطع این دو میله که مفصل موهومی خوانده می‌شود ، در روی یک خط مستقیم قرار نداشته باشند (شکل ب) .

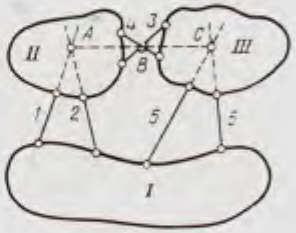
۳ـ توسط ترکیبی از مفصلها و میله‌ها به‌نحوی که مفصلهای واقعی و موهومی در روی یک خط مستقیم قرار نگرفته باشند (شکل پ) .



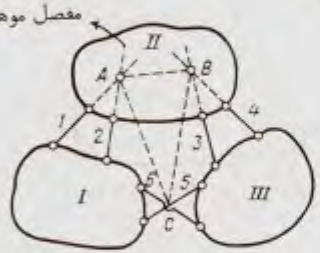
ترکیب ناپایدار

ترکیب پایدار

(الف)

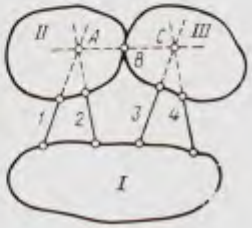


ترکیب ناپایدار

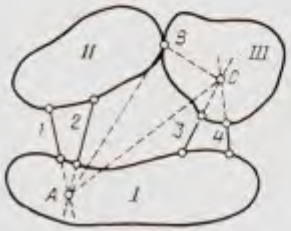


ترکیب پایدار

(ب)



ترکیب ناپایدار



ترکیب پایدار

(پ)

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

مبانی پایداری سازه‌ها

Fundamental of Structural Stability

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۱- فلسفه و چرایی مبحث پایداری سازه ها

خط سیر سازه ها از ۲۰۰سال پیش تا کنون :

Heavy and Thick Structures

↓

Light and Thin Structures

علل این خط سیر:

- استفاده از مصالح با مقاومت بالا
- ضرورت اقتصادی بودن سازه ها
- نیاز به سیستم های پیچیده و ظریف سازه ای
- پیشرفت روش های طراحی و ابداع روشهای نوین
- ارتقای سطح تکنولوژی ساخت
- پیشرفت تکنیک های بهینه سازی
- ابداع مصالح نوین

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ی پایداری سازه ها

Light and Thin شدن سازه ها عواقب زیر را در پی خواهد داشت:

- در معرض صدمات فیزیکی قرار گرفتن،
- دشواری ساخت و نیاز به تخصص های بالاتر،
- نیاز به تخصص بالاتر و پیچیده تر تحلیل و طراحی سازه ها.

(Specialized Design Capacity)

یکی از تخصص های بالا و پیچیده در تحلیل و طراحی سازه ها، آشنایی با مباحث پایداری سازه ها می باشد.

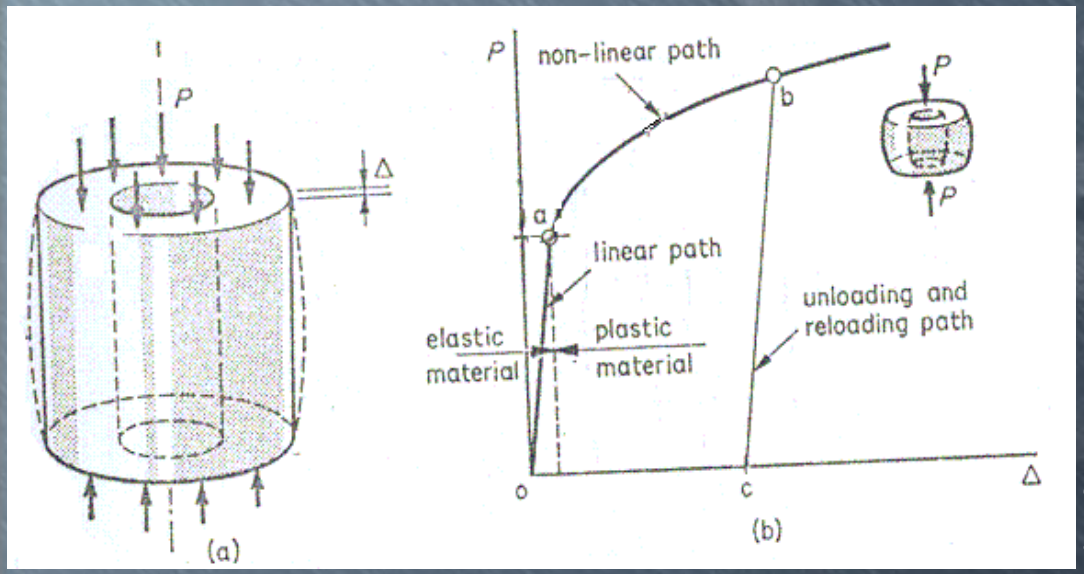
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

...ی پایداری سازه ها

اکنون رفتار تجربی سه سازه ساده را در نظر می گیریم :

الف - یک لوله کوتاه جدار کلفت (Very Squat Tube- Short Thick Tube)

(از مصالح شکل پذیر ساخته شده است و تحت اثر بار گسترده یکنواخت فشاری قرار دارد)



- خرابی اگر اتفاق افتد، می تواند در یک تغییرشکل محوری بسیار بزرگتر از حد تناسب (Limit Proportionality) در نقطه a اتفاق افتد .

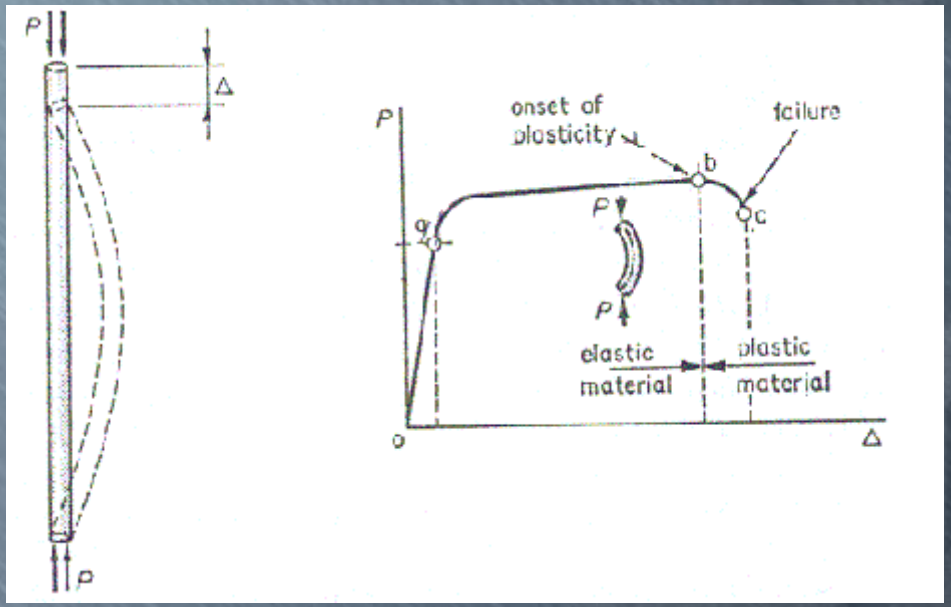
- برای طراحی معمولاً جهت جلوگیری از وقوع پلاستیسیته، بار P در نقطه a نمایشگر حد بالای بارگذاری خواهد بود. بنابراین یک تحلیل خطی (Linear Analysis) برای طراحی کافی خواهد بود .

- نوع تغییرشکل لوله از نوع باد کردن (Bulging)خواهد بود.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ب - لوله بلند جدار کلفت (Longer Thick Tube)

(از مصالح شکل پذیر ساخته شده و تحت اثر بار محوری فشاری گسترده یکنواخت قرار دارد)

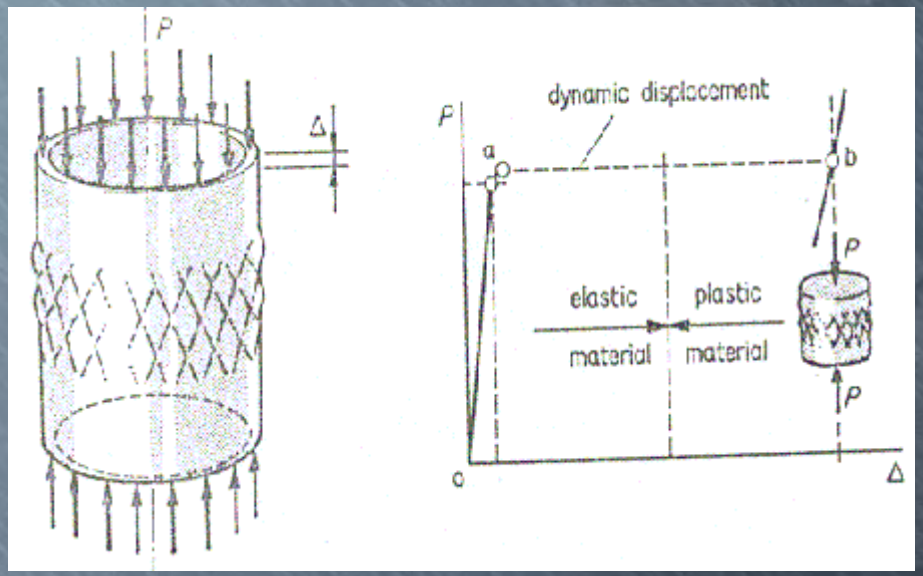


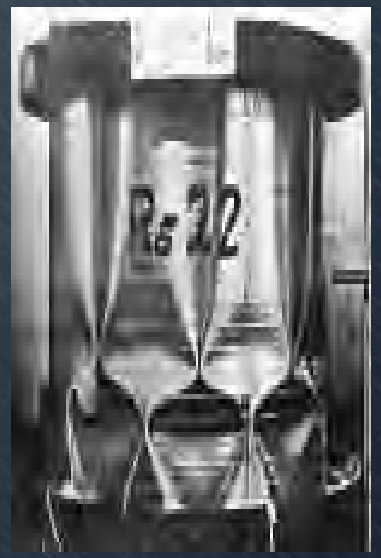
- تغییرشکل از نوع خمشی جانبی (Bowing Sideway) خواهد بود.
- وقوع پلاستیسیته در نقطه b در نهایت منجر به خرابی در نقطه c میگردد.
- برای طراحی معمولاً نقطه وقوع پلاستیسیته در نقطه b نمایشگر حد بالای بارگذاری خواهد بود. بنابراین یک تحلیل خطی در طراحی کارایی ندارد و به یک تحلیل غیرخطی الاستیک (Elastic Nonlinear Analysis) نیازاست، که فقط غیرخطی هندسی معمولی را در بر دارد.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

پ- لوله بلند جدار نازک (Longer Thin Tube)

(از مصالح شکل پذیر ساخته شده و تحت اثر بار محوری فشاری گسترده یکنواخت قرار دارد)



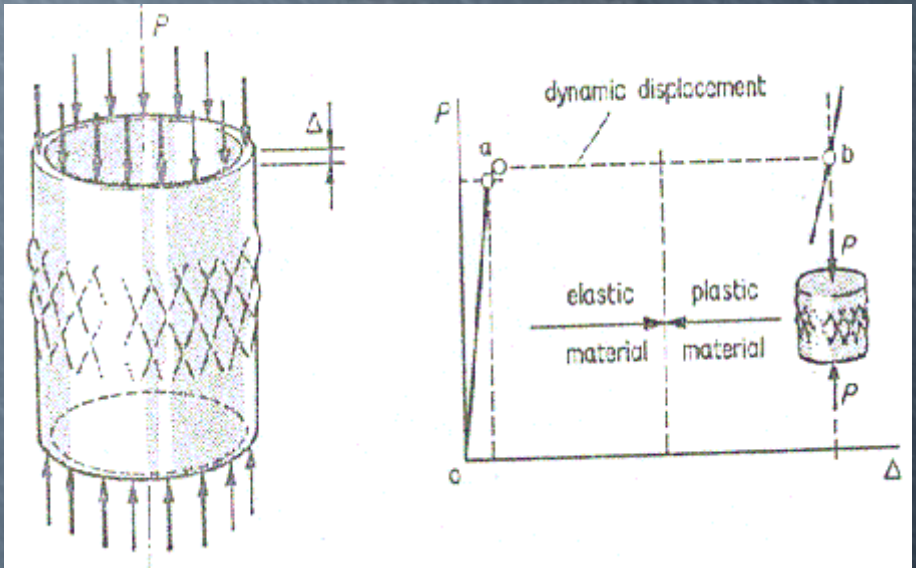


تغییر شکل از نوع کمانش (Buckling) خواهد بود .

(توجه شود که اساساً کمانش یک پدیده دینامیکی است)

Buckling is used to denote the dynamic process in which a structure moves from an unstable to another possibly distant stable state

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com



برای طراحی معمولاً جهت جلوگیری از وقوع کمانش، نقطه وقوع کمانش در a نمایشگر حد بالای بارگذاری خواهد بود. ولی یک تحلیل خطی، توانایی تشخیص این نقطه را ندارد. بنابراین به یک تحلیل غیرخطی عمومی که شامل غیرخطی های هندسی و مصالح باشد، برای پیش بینی رفتار دقیق مورد نیاز است (به همراه یک روش کنترل تغییرمکان، به عنوان مثال روش Arc-Length Method) و در موارد خاص می تواند این تحلیل، یک تحلیل دینامیکی باشد.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

مبانی پایداری سازه ها

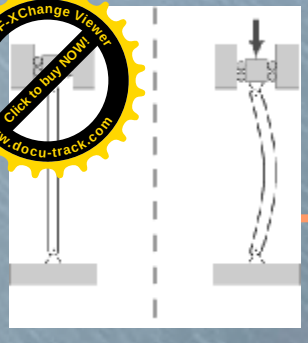
بنابراین در سازه های لاغر سبک وزن با مقاومت بالا (High Strength - Slender - Lightweight) پدیده ای بنام پدیده ناپایداری اتفاق می افتد که باید در طراحی این سازه حتماً در نظر گرفته شود.

این پدیده با تحلیل های معمول خطی قابل ارزیابی نیست.

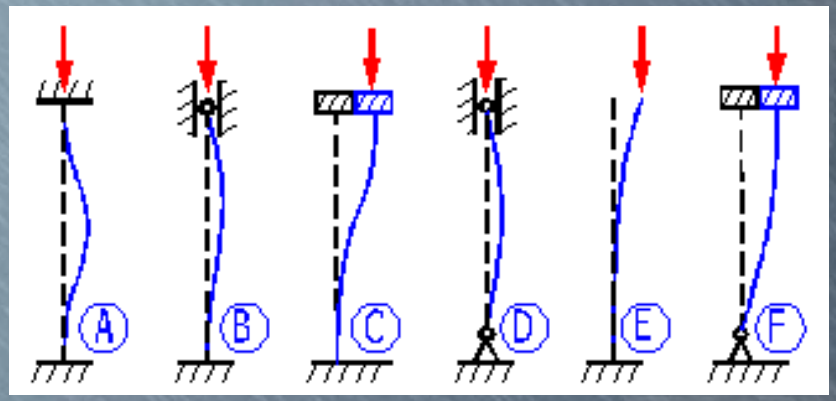
وقوع این پدیده به طور قابل توجهی در ظرفیت باربری سازه (Load- Carrying Capacity) اثر می گذارد، که باید در طراحی اصولی این سازه ها در نظر گرفته شود.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

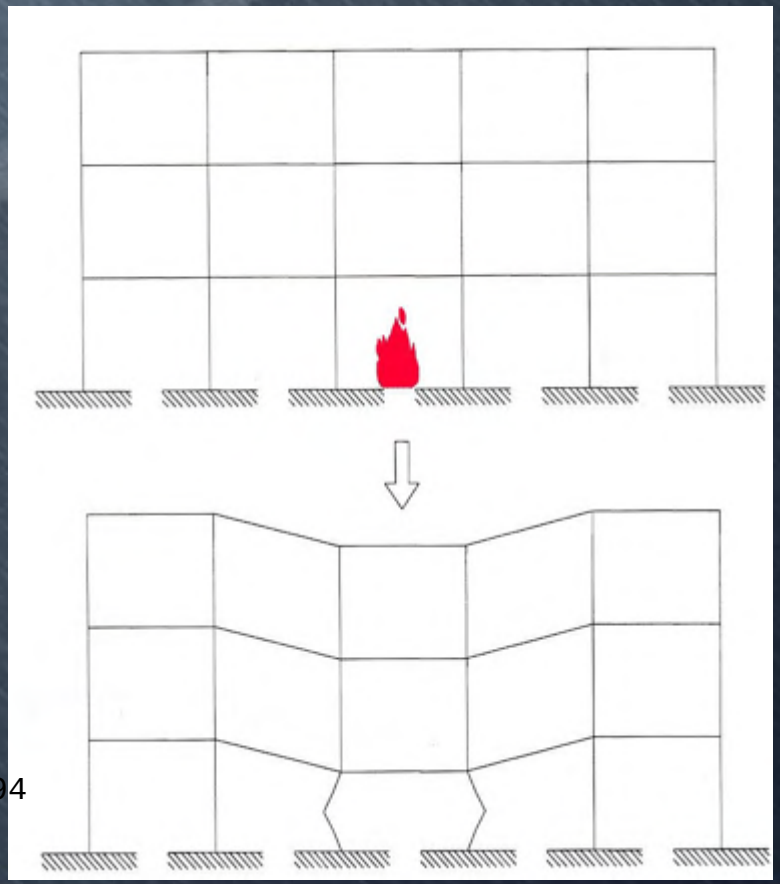
مبانی پایداری سازه ها

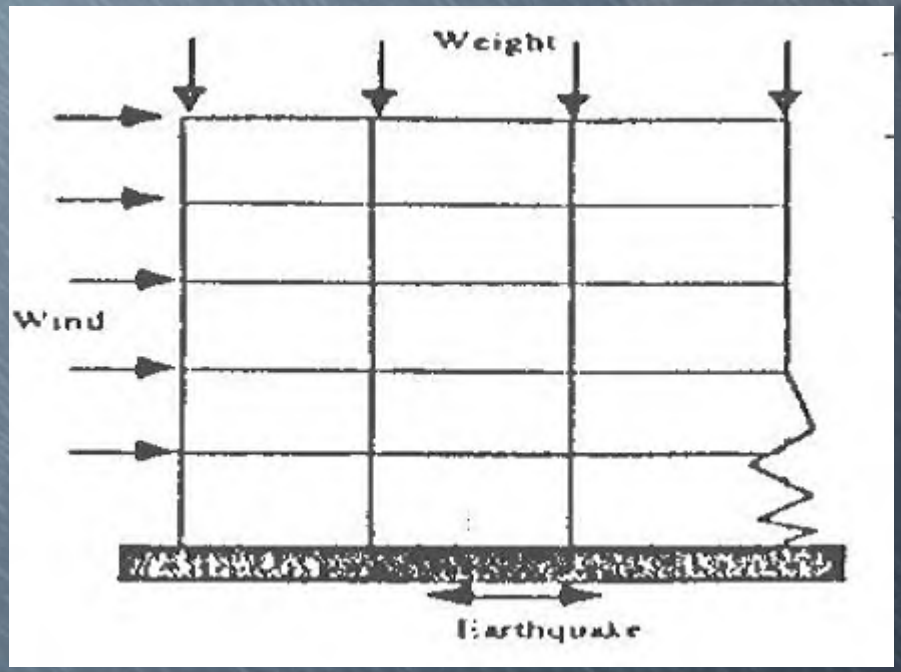


برخی مثال های پدیده ناپایداری در زیر ارائه می شود :



الف - کمانش یک ستون در یک قاب





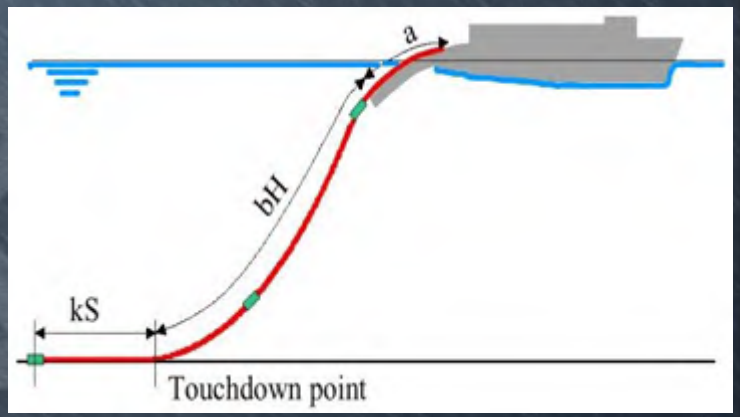
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

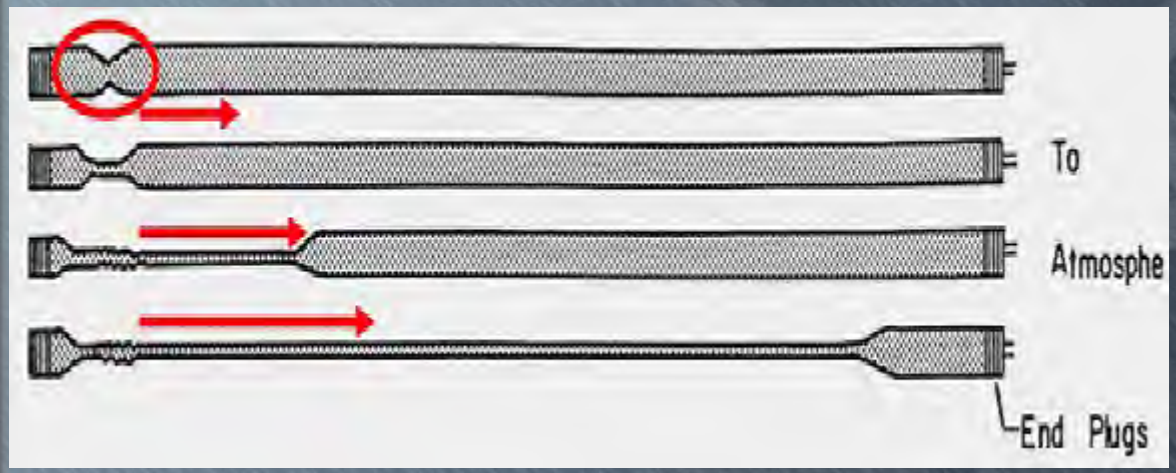
ی پایداری سازه ها

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

مبانی پایداری سازه ها

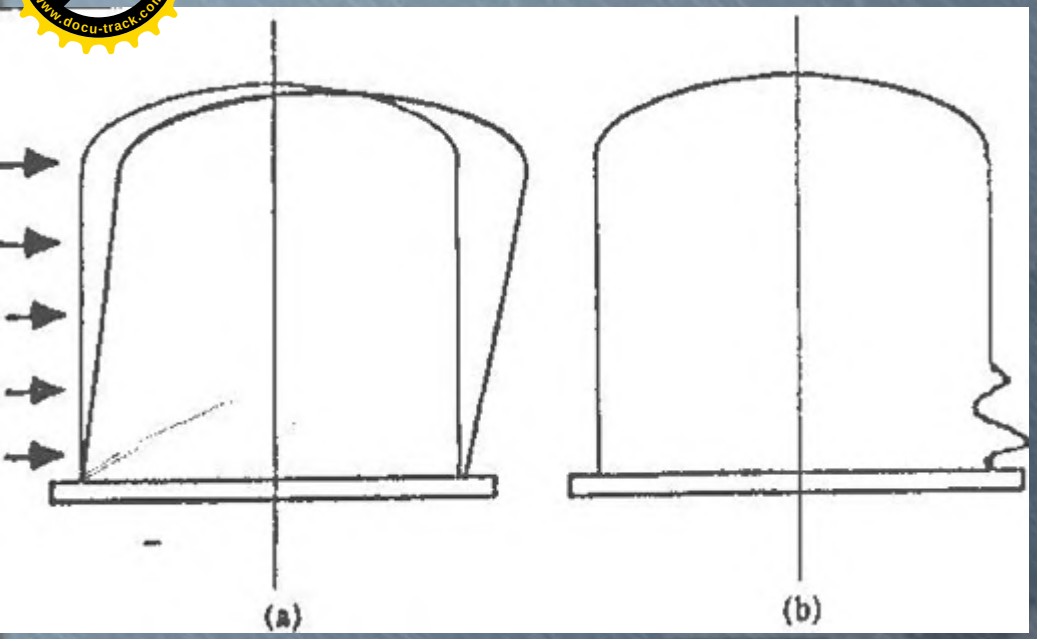
ب - انتشار کمانش در یک خط لوله زیر آب





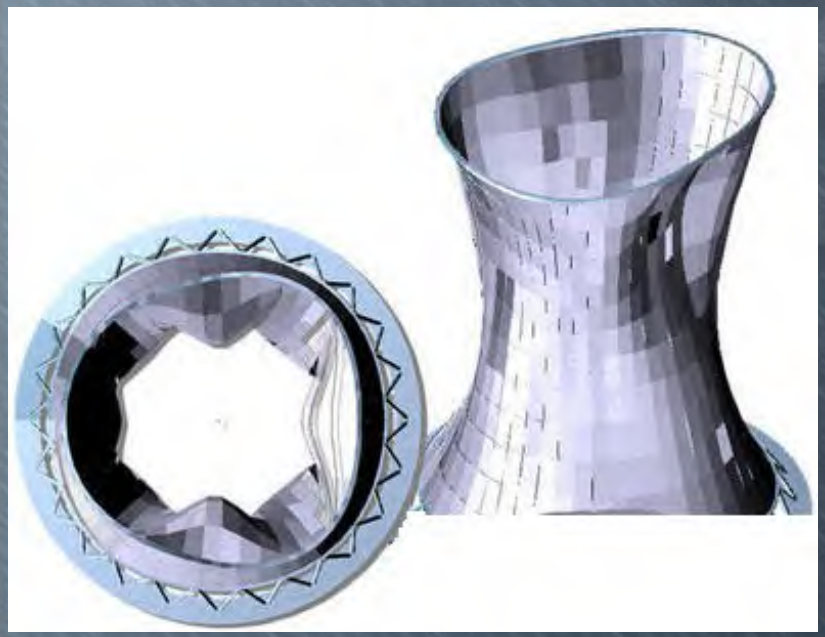
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

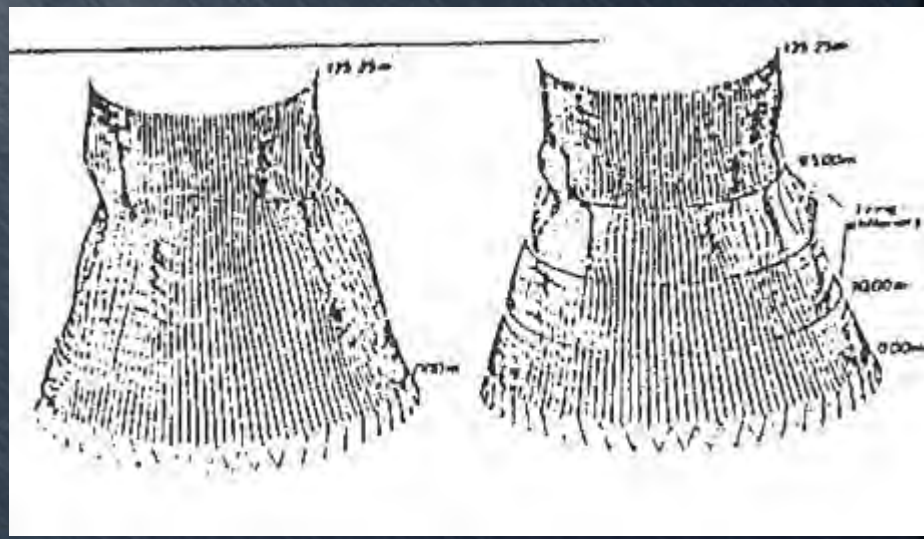
مبانی پایداری سازه ها



پ – کمانش یک پوسته

ت - کمانش یک برج خنک کننده





PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ی پایداری سازه ها

ث – خرابی ساختمان Ronan Point

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ج - خرابی سالن نمایشگاهی در بخارست(Exposition Hall in Bucharest)

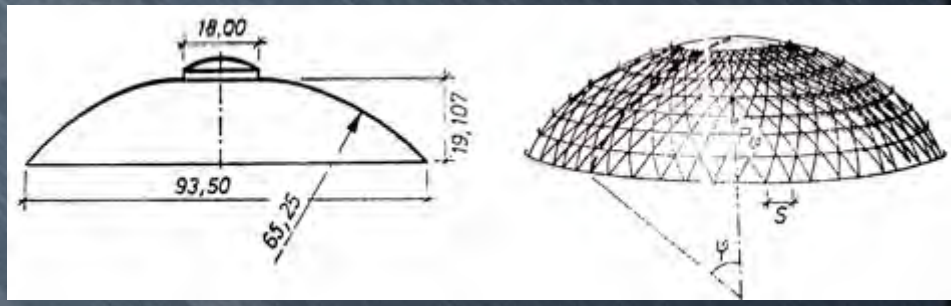
BRNO

BUCHAREST

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

COLLAPSE OF EXPOSITION HALL, Bucharest, 1963

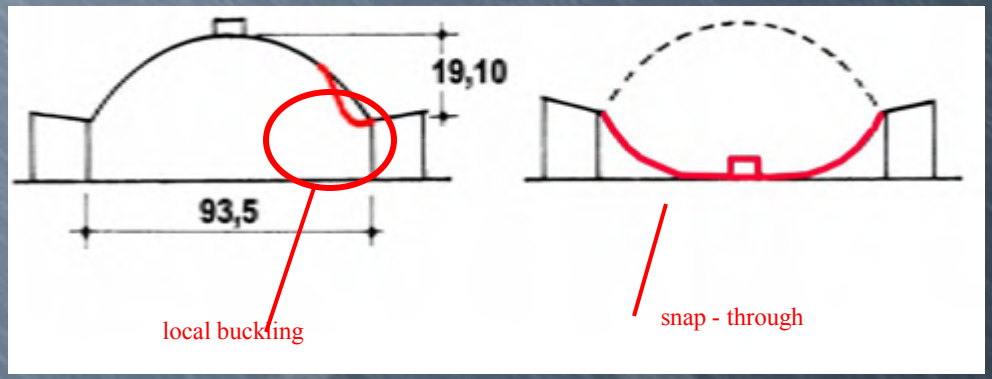
Before collapse

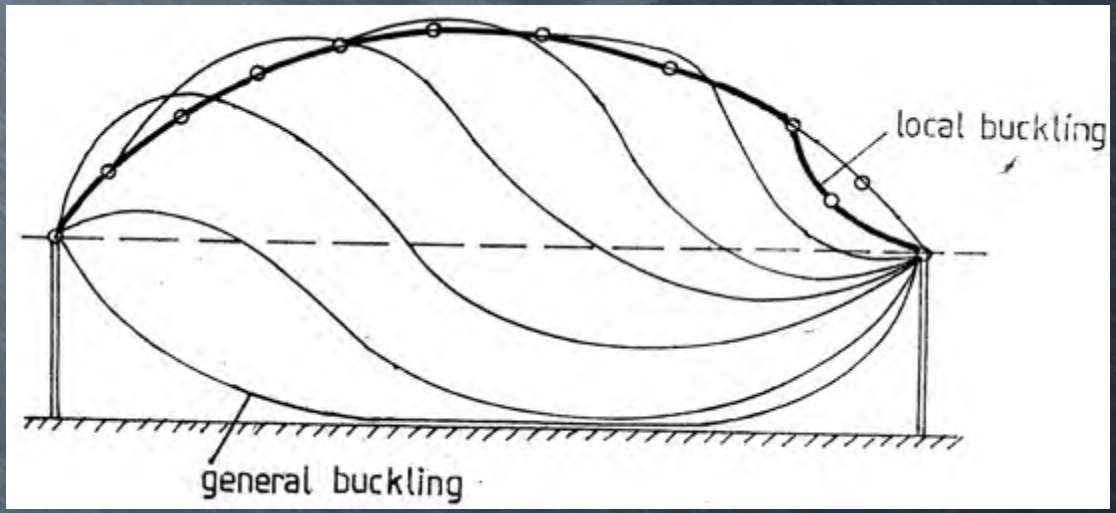


After collapse

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

پایداری سازه ها





PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

ی پایداری سازه ها

چ - کمانش ریل راه آهن (Sun Kink)

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

Soft first story failure

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

Weak story failure,
Kobe, 1995

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

مبانی پایداری سازه ها

Taiwan earthquake 1999

Dynamic Buckling of Bridge

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۲- تعاریف پایداری و ناپایداری در سازه ها

پایداری سیستم ← پایداری حالت سیستم ← پایداری و ناپایداری پدیده هایی هستند که همراه با سیستم های فیزیکی بوده و مربوط به حالت آن سیستم هستند .

حالت یک سیستم به دو عامل بستگی دارد:
- پارامترهای داخلی سیستم،
- شرایط محیطی (خارجی) سیستم.

حالت یک سیستم در هر لحظه از زمان، پایدار (Stable) نامیده می شود اگر تغییرات نسبتاً کوچک (Relatively Small Changes) در پارامترهای داخلی سیستم و یا در شرایط محیطی آن، موجب تغییرات نسبتاً کوچک در حالت موجود آن سیستم شود. (Proportional Changes)

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

مبانی پایداری سازه ها

حالت یک سیستم در هر لحظه از زمان، ناپایدار (Unstable) نامیده می شود اگرتغییرات نسبتاً کوچک در پارامترهای داخلی سیستم و یا در شرایط محیطی آن، موجب تغییرات نسبتا بزرگ (Lrage Change) در حالت موجود آن سیستم شود.
(Non-Proportional Changes)

حالت سیستم در سازه ها ← حالت تعادل سیستم سازه ای (Equilibrium State)

حالت تعادل یک سیستم سازه ای برای توصیف بافتار سازه (Configuration) و شرایط محیطی آن که شرایط تعادل و سازگاری را ارضا می کنند، به کار می رود.

بافتارسازه: پارامترهای داخلی سیستم سازه ای (مشخصات هندسی و مکانیکی سازه)
شرایط محیطی: شرایط بارگذاری نیرویی و تغییرمکانی

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

یک نکته مهم

ناپایداری سیستم سازه ای در واقع بستگی به دو عامل دارد:

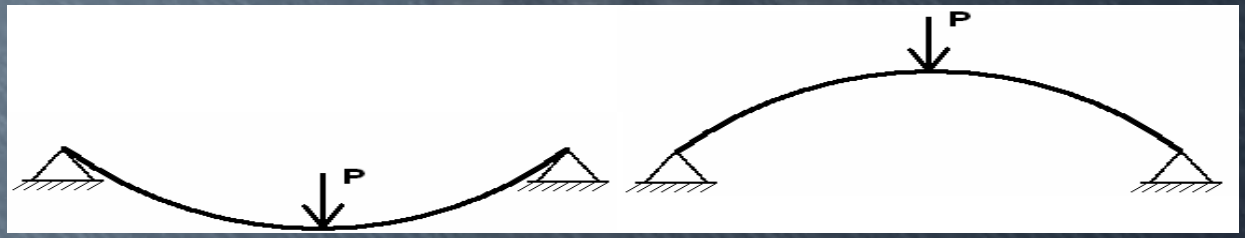
۱- پارامترهای سیستم سازه ای نظیر خواص هندسی و مکانیکی سازه (بافتار سازه)،

۲- شرایط محیطی نظیر شرایط بارگذاری.

پدیده ناپایداری

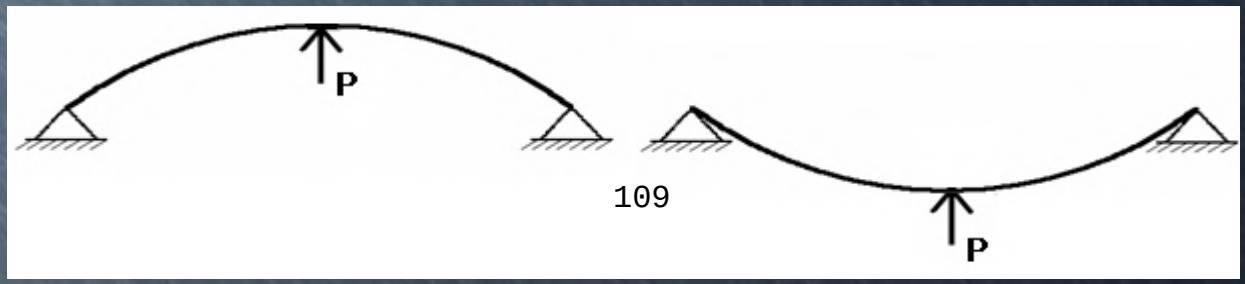
پدیده گسیختگی

پدیده ناپایداری



پدیده گسیختگی

پدیده ناپایداری



پدیده گسیختگی

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

حالت تعادل پایدار یک سیستم سازه ای : (Stable Equilibrium State)

حالت تعادل یک سیستم سازه ای پایدار نامیده می شود، اگر اختلال های کوچک (Small Perturbation – Small Disturbance) در آن حالت، که از تغییرات کوچک در بارگذاری یا اختلال های کوچک در پارامترهای داخلی سیستم سازه ای از جمله تغییرات در هندسه سیستم سازه ای و یا در شرایط مرزی آن ناشی می شود، موجب اختلال های کوچک در حالت تعادل موجود سیستم شود.

حالت تعادل ناپایدار یک سیستم سازه ای: (Unstable Equilibrium State)

حالت تعادل یک سیستم سازه ای ناپایدار نامیده می شود، اگر اختلال های کوچک در آن حالت، که از تغییرات کوچک در بارگذاری یا اختلال های کوچک در پارامترهای داخلی سیستم سازه ای از جمله تغییرات در هندسه سیستم سازه ای و یا در شرایط مرزی آن ناشی می شود، موجب اختلال های بزرگ در حالت تعادل موجود سیستم شود، به گونه ای که در سیستم به هم خوردگی (Upseting) پیش آید.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

۳- نمایش سمبولیک پدیده های پایداری و ناپایداری

Stable

حالت تعادل پایدار

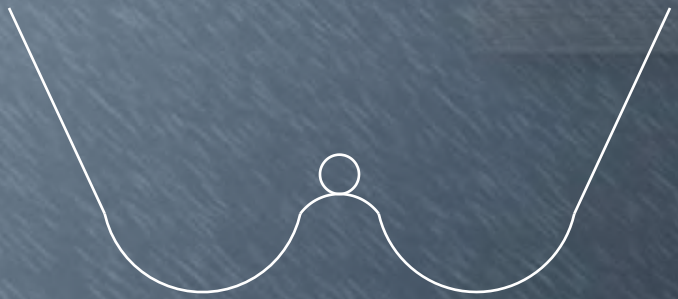
Unstable

Global Instability

حالت تعادل ناپایدار

Neutral

حالت تعادل خنثی



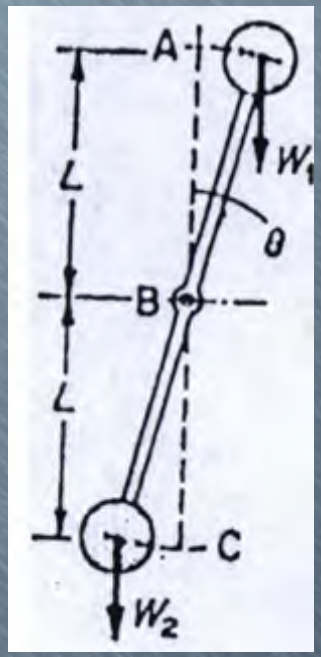
ناپایداری محلی

Local Instability

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

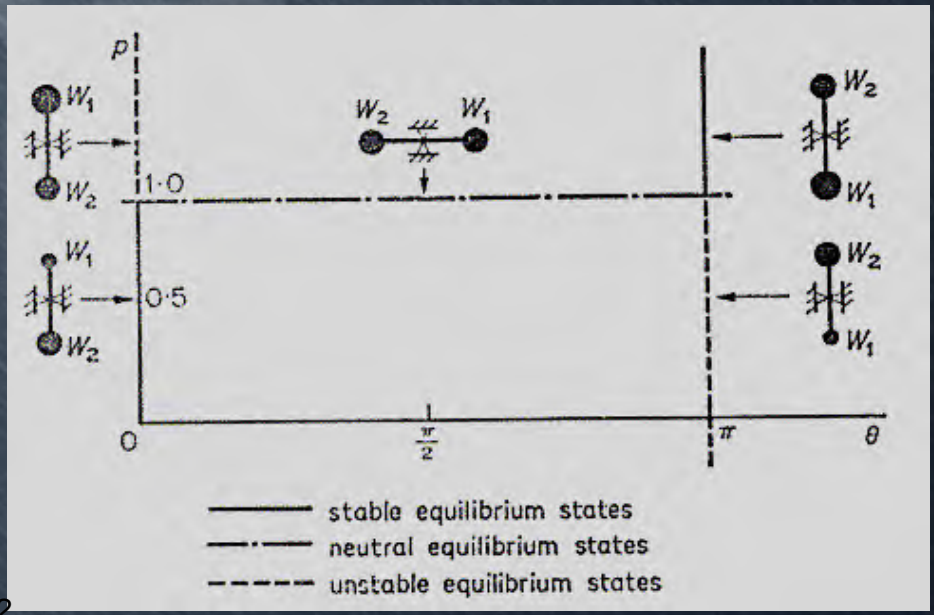
۴- روش های بررسی پایداری حالات تعادل سیستم های سازه ای و معیار های حاصل از آنها

الف) تحلیل استاتیکی پایداری یک سیستم سازه ای ساده یک درجه آزادی



$$p = \frac{W_1}{W_2}$$

یک تغییر کوچک استاتیکی در حول وضعیت حالت تعادل این سیستم ایجاد می کنیم.



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

مبانی پایداری سازه ها

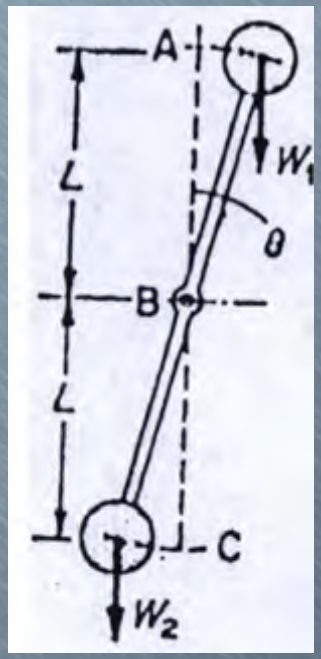
معیار استخراج شده از روش تعادل استاتیکی عبارت است از:

اگر نیروهای استاتیکی عمل کننده بر روی یک سیستم، بعد از یک تغییرمکان کوچک در حول حالت تعادل، در جهتی باشند که موجب شوند سیستم به حالت تعادل اولیه خود بازگردد، موقعیت اولیه را یک حالت تعادل پایدار می نامیم.

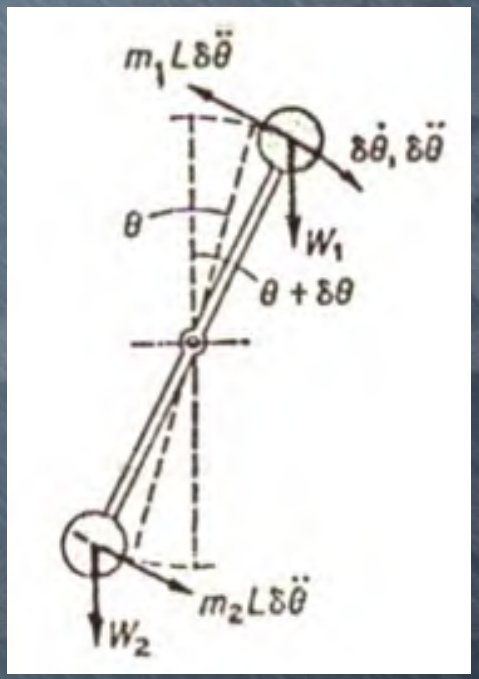
اگر نیروهای استاتیکی عمل کننده بر روی یک سیستم، بعد از یک تغییر مکان کوچک در حول حالت تعادل، در جهتی باشند که موجب شوند سیستم از حالت تعادل اولیه خود دور شده و آشفته شود، در این صورت موقعیت اولیه را یک حالت تعادل ناپایدار می نامیم.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

ب) تحلیل دینامیکی پایداری یک سیستم سازه ای ساده یک درجه آزادی



یک تغییر کوچک دینامیکی در حول وضعیت حالت تعادل این سیستم ایجاد می کنیم.



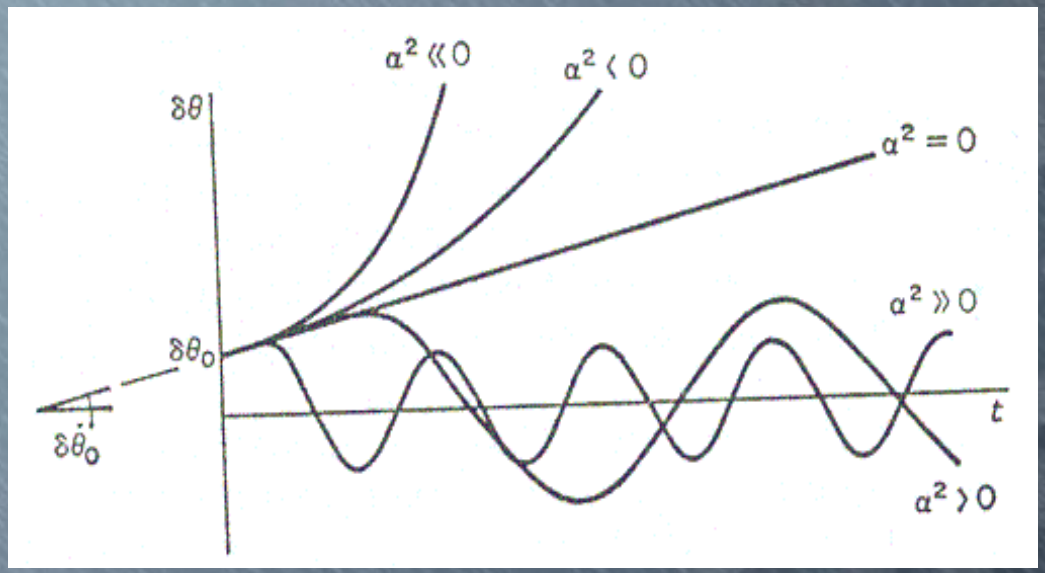
فرکانس ارتعاشی سیستم مذکور را به دست می آوریم

$$\alpha^2 = \frac{1-p}{1+p}\frac{g}{L}$$

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

بانی پایداری سازه ها

پاسخ زمانی را رسم می کنیم. مشاهده می کنیم که طبیعت پاسخ فیزیکی وابسته به علامت α^2 است و α^2 نیز وابسته به $(1-p)$ است



$$\alpha^2 = \frac{1-p}{1+p}\frac{g}{L}$$

- در حالت $p=0$، پاسخ سیستم به یک اختلال خارجی، یک نوسان با فرکانس بسیار بالا می باشد $(\alpha^2>>0)$.
- با افزایش p (یعنی افزایش W_1)، فرکانس نوسان شروع به کاهش می کند و در نهایت در $p=1$ به فرکانس صفر می رسد $(\alpha^2=0)$.
- در حالت $p>1$، پاسخ سیستم به گونه ای است که با یک اختلال کوچک با افزایش زمان، دامنه و سرعت به شدت افزایش پیدا می کند $(\alpha^2<0)$.

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

بانی پایداری سازه ها

معیار استخراج شده از روش تعادل دینامیکی عبارت است از:

- اگر کلیه فرکانس های سیستم برای ارتعاشات کوچک حول یک حالت تعادل، حقیقی (real) و مثبت باشند، در این صورت حالت مذکور یک حالت تعادل پایدار است.

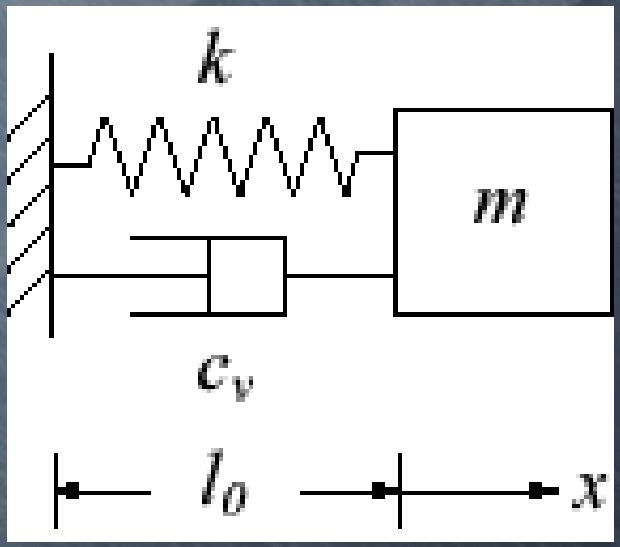
- اگر حداقل یک فرکانس ارتعاش کوچک حول یک حالت تعادل، موهومی (Imaginary) باشد، در این صورت حالت مذکور یک حالت تعادل ناپایدار است .

- اگر حداقل یک فرکانس ارتعاش کوچک حول یک حالت تعادل، صفر(zero) باشد، در این صورت حالت مذکور یک حالت بحرانی است .

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

- ضرورت بحثی در مورد سختی سازه و رابطه آن با فرکانس سازه

یک آنالیز ارتعاش آزاد انجام داده و فرکانس ارتعاش آزاد سیستم را به دست می آوریم.



یک سیستم یک درجه آزادی را در نظر می گیریم.

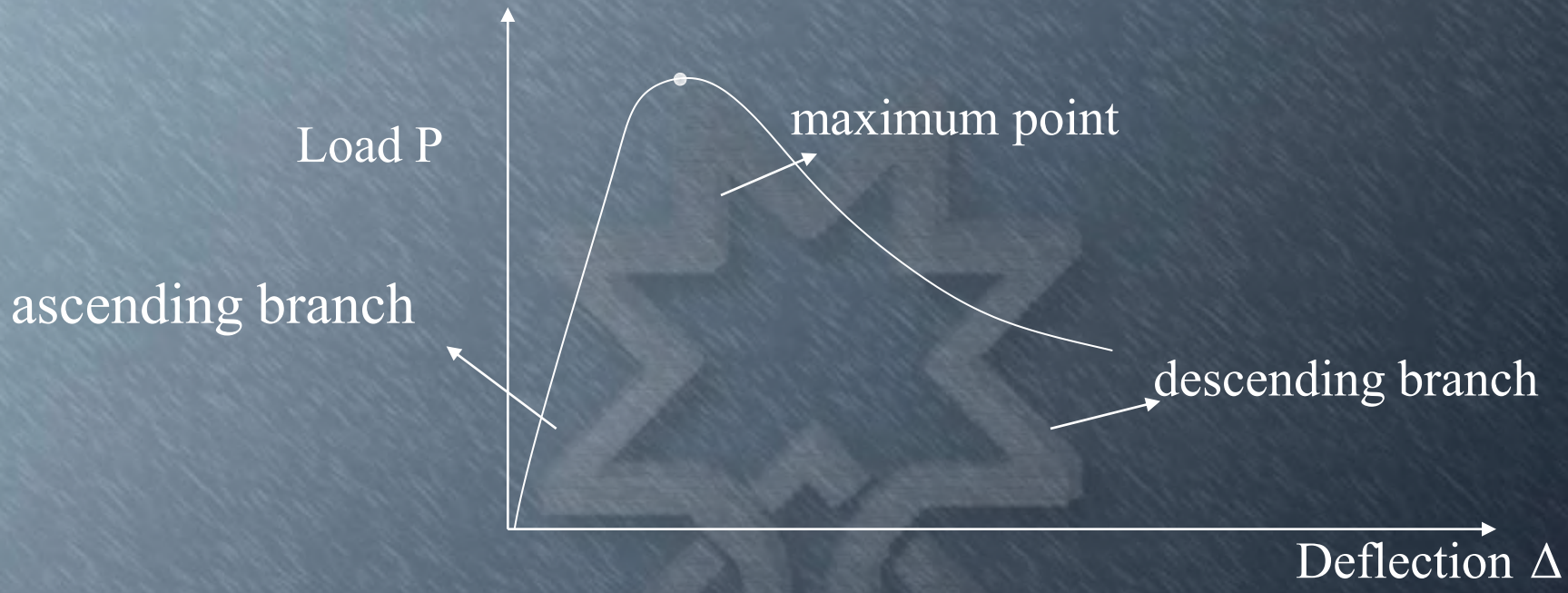
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k \rangle 0 \Rightarrow \omega \rangle 0 \Rightarrow stable\ \ state$$

$$k = 0 \Rightarrow \omega = 0 \Rightarrow neutral\ \ state$$

$$k \langle 0 \Rightarrow \omega^2 \langle 0 \Rightarrow imaginary\ \ frequency \Rightarrow unstable\ \ state$$

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com



$$Ascending\ \ brange \Rightarrow k \rangle 0 \Rightarrow \omega \rangle 0 \Rightarrow stable\ \ state$$

$$Maximum\ \ poin\ t \Rightarrow k = 0 \Rightarrow \omega = 0 \Rightarrow neutral\ \ state$$

$$Descending\ \ brange \Rightarrow k \langle 0 \Rightarrow \omega^2 \langle 0 \Rightarrow imaginary\ \ frequency \Rightarrow unstable\ \ state$$

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

Advanced Structural Systems (2)

کریم عابدی

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سرفصل های مصوب

نام درس: سیستم های ساختمانی پیشرفته (۲)

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع واحد: ۱ واحد نظری، ۱ واحد عملی

پیشنیاز: سیستم های ساختمانی پیشرفته (۱)

هدف:

هدف این درس عبارت است از آشنایی با مبانی انتقال نیروها در سیستم های ساختمانی، آشنایی با روش های علمی مقایسه و انتخاب مناسب ترین سیستم ساختمانی برای یک معماری معین، آشنایی با روش های طراحی سیستم های ساختمانی از طریق تمرینات عملی و ارائه پروژه نهایی، آشنایی با روش های ساخت سیستم های ساختمانی از طریق مطالعه، بررسی و تحقیق در مورد پروژه های اجرا شده در جهان

شرح درس (برای ۴۸ ساعت در یک نیمسال تحصیلی):

پس از آشنایی اولیه دانشجویان با سیستم های ساختمانی و فرم های سازه ای در دروس قبلی، در این درس به تجزیه و تحلیل رفتار سازه ها تحت تاثیر نیروهای مختلف می پردازند و نحوه دستیابی به یک طرح صحیح را از طریق شناخت دقیق رفتار ساختمان در برابر نیروها، در یک پروژه معماری تجربه می‌نمایند.

مباحث درس بشرح زیر خواهد بود:

- بررسی تحلیلی سیستم‌های ساختمانی و فرم‌های سازه‌ای
- بررسی نحوه پایداری سیستم‌های ساختمانی در برابر نیروهای مختلف
- مقایسه سیستم‌های مختلف ساختمانی، شناخت مزایا و محدودیت‌های هریک
- استفاده از فن‌آوری جدید در ایجاد فضای معماری مطلوب
- بررسی نحوه استفاده از مصالح جدید در ایجاد فرم‌های نوین ساختمانی
- آشنایی با فرآیند علمی انتخاب مناسب‌ترین سیستم ساختمانی برای یک طرح معین
- آشنایی با انواع بارهای وارده بر ساختمان‌ها (بارهای مرده، زنده، زلزله، باد، بارهای دینامیکی...

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

سرفصل دوم درس

بررسی نحوه پایداری سیستم های ساختمانی در برابر نیروهای مختلف

- مبانی پایداری سازه ها
- رده بندی پدیده های ناپایداری در سازه ها
- نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

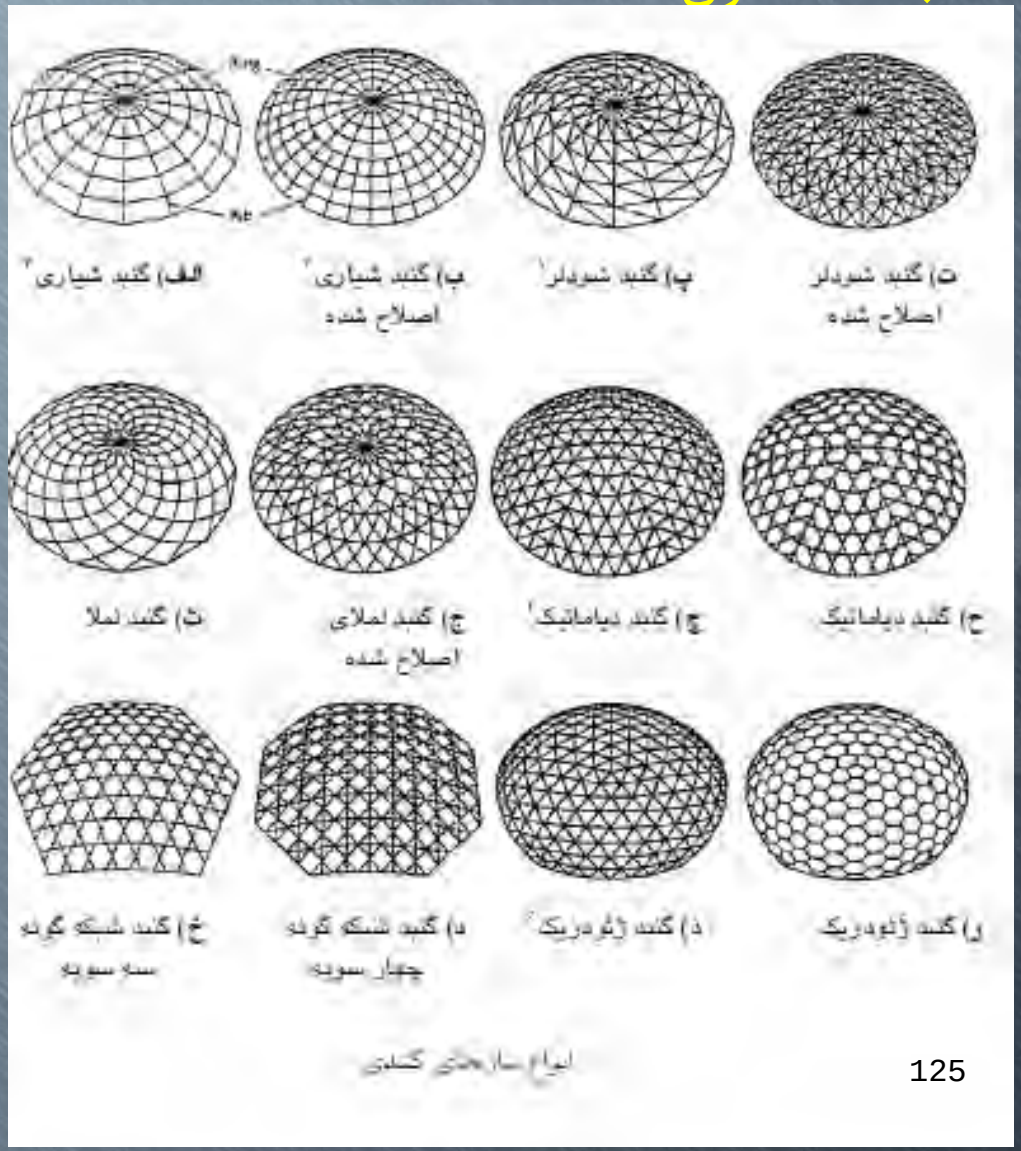
۱- طبقه بندی سیستم های سازه ای

- سیستم های سازه ای فضاکار مشبک متداول
- سیستم های سازه ای فضاکار نوین
- سیستم های سازه ای بلند
- سیستم های سازه ای پیوسته پوسته ای
- سیستم های سازه ای قابی متداول

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

۲- سیستم های سازه ای فضاکار مشبک متداول

الف) گنبد های تک لایه

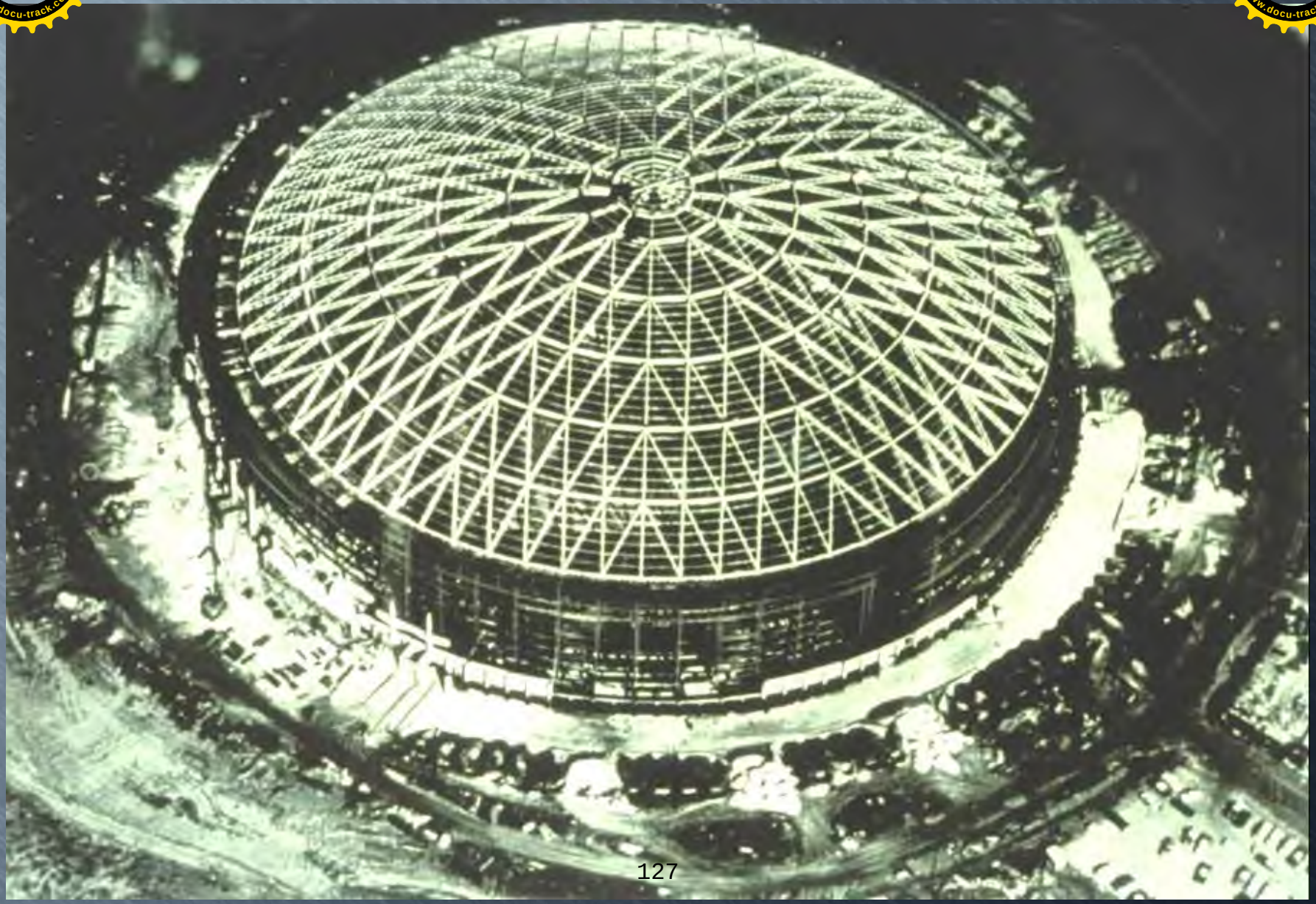


PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای



PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

(۱)

- The designer should select rigidly-jointed connections for the domes. Providing fully rigidity for the connections is very important in preventing the propagation phenomenon occurring. However, if providing fully rigidity for the connections is not possible, the designer should appraise the rigidity of the connections and make a suitable allowance for the increased likelihood of the propagation of a local snap-through occurring.

(۲)

- If architectural considerations permit, the designer should select single-layer braced domes whose pin-jointed cases are statically stable such as Schwedler domes and three-way grid domes, in preference to the domes whose pin-jointed cases are statically unstable.

(۳)

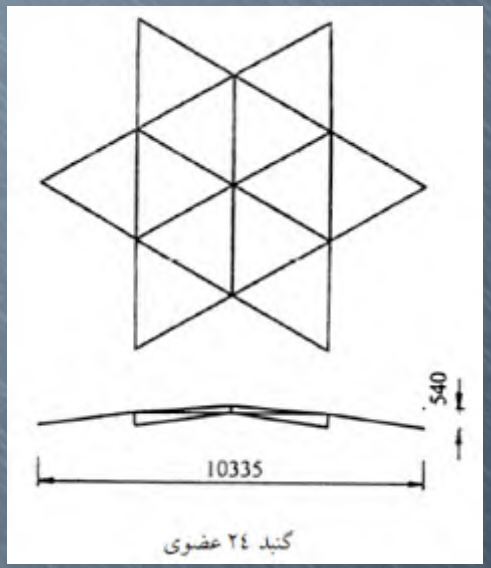
- The designer should appreciate that the load carrying capacity of the domes with a low rise to span ratio is low and these structures usually show local nodal snap-through at earlier stages of loading. However, the amount of the kinetic energy released in these domes during the snap-through phenomenon is usually small. Consequently, there is a lower possibility of the propagation of local snap-through in single-layer braced domes with low rise to span ratio.

(۴)

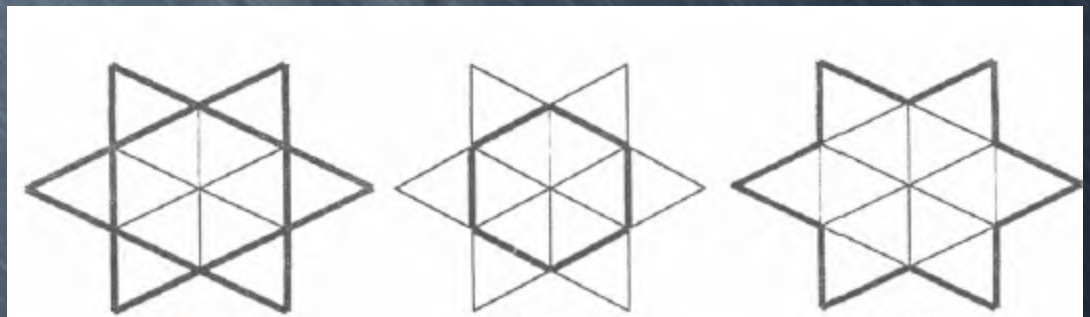
- If the designer is able to select the type of boundary conditions applied to the dome structure, preference should be given to supporting the dome structure at all the peripheral nodes on fixed supports.

روش طراحی دست بالای اعضای بحرانی برای مقابله با انتشار فروجهش دینامیکی در پوسته‌های مشبک تک‌لایه

مطمئناً انتشار دینامیکی فروجهش گرهی موضعی یک پدیدهٔ خطرناک برای پوسته‌های مشبک تک‌لایه و نیازمند توجه دقیق است. در این سازه‌ها، تحت شرایطی ممکن است فروجهش موضعی منجر به انتشار نسبی فروجهش یا خرابی پیشرونده در کل سازه شود. با تقویت برخی از اعضای بحرانی می‌توان از انتشار فروجهش موضعی جلوگیری نمود.



گنبد ۲۴ عضوی

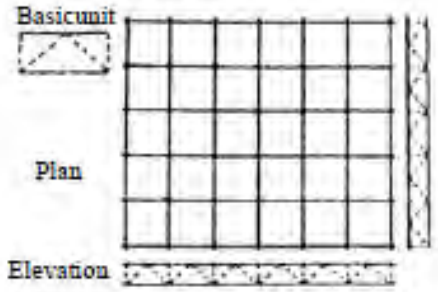


سه طرح تقویت مورد بررسی در سازهٔ گنبدی ۲۴ عضوی

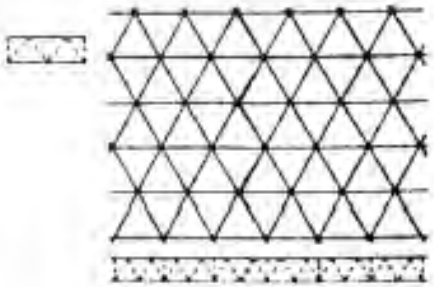
PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

۲- سیستم های سازه ای فضاکار مشبک متداول

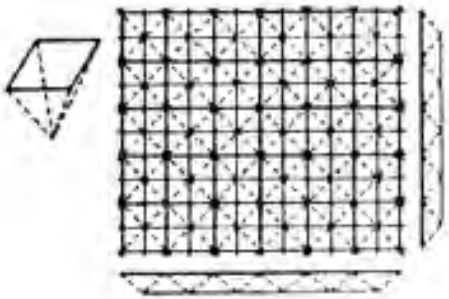
الف) شبکه های دولایه



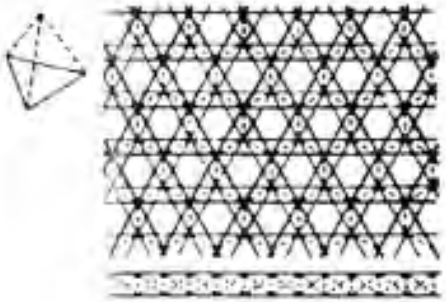
الف) شبکهٔ مستقیم دو سویه



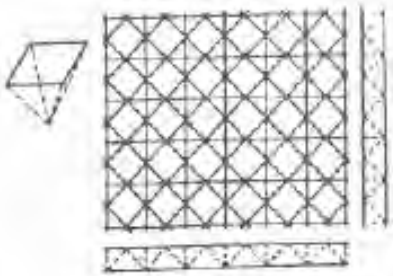
ب) شبکهٔ مستقیم سه سویه



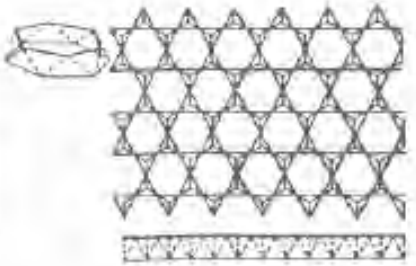
پ) شبکهٔ فضاکار واقعی دوسویه
متشکل از واحدهای هرمی
با قاعدهٔ مربعی



ت) شبکهٔ فضاکار واقعی متشکل
از واحدهای هرمی با قاعدهٔ
مثلثی سه‌سویه



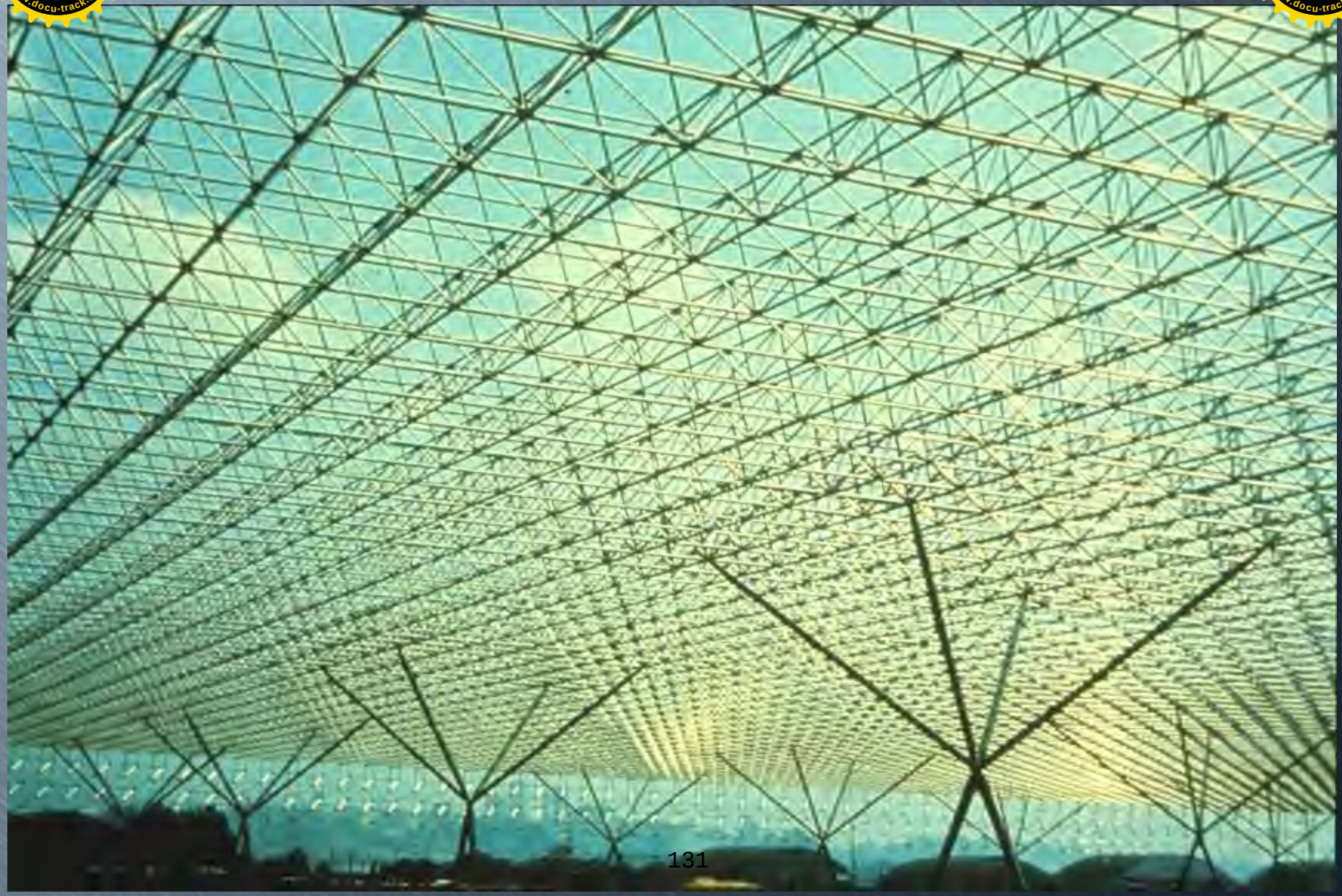
ث) شبکهٔ فضاکار واقعی دوسویه
متشکل از هرم‌هایی با قاعدهٔ مربعی



ج) شبکهٔ فضاکار واقعی سه‌سویه
متشکل از واحدهای چند وجهی

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

تکنیک هایی برای اطمینان از پایداری شبکه های دولایه

- مدیریت شکل‌پذیری Ductility management
- مدیریت نیرو Force management
- تکنیک‌های مرکب Hybrid techniques

مدیریت شکل‌پذیری سعی می‌کند در سازه، مود خرابی شکل‌پذیر حاکم باشد. چنین مود خرابی با افزایش ظرفیت باربری نیز توام است. به عبارت دیگر، در مدیریت شکل-پذیری، هدف تبدیل نامعینی ایستایی به نامعینی سازه‌ای می‌باشد. هدف از مدیریت نیرو افزایش ظرفیت باربری (یا کاهش وزن سازه‌ای) از طریق به کارگیری اعضای تحت تنش کم است. این تکنیک بر مبنای این فرض استوار می‌باشد که طراحی تحت تنش کامل، غیرعملی و غیرمطلوب است. تعداد سطوح مقاطع مختلف در سازه محدودند؛ از این‌رو تعداد زیادی اعضای تحت تنش کم وجود دارند. بسیاری از تکنیک‌های افزایش کارایی، مدیریت شکل‌پذیری و مدیریت نیرو ترکیب شده و بسته به هدف اصلی تکنیک خاص، طبقه‌بندی می‌شوند. هرکدام از این طبقه‌بندی مدیریت‌ها شامل روش-های غیرفعال[1] و فعال[2] می‌باشند. روش غیرفعال روشی است که تنها شامل روش طراحی بر مبنای طراحی متداول است. اما روش فعال شامل ابزار خاص یا روش ساختی است که رفتار سازه یا اجزای[3] سازه‌ای را تغییر می‌دهد.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

مدیریت شکل‌پذیری

تکنیک‌های غیرفعال

تکنیک‌های غیرفعال مدیریت شکل‌پذیری شامل روش‌های زیر می‌باشند:

طراحی دست پایین اعضای کششی

این روش به روش فیوز سازه‌ای نیز موسوم است. در این روش، شکل‌پذیری سازه در ناحیهٔ پس‌الاستیک افزایش می‌یابد. هدف از این روش افزایش ظرفیت باربری نیست، بلکه پیشگیری از خرابی پیشرونده از طریق افزایش شکل‌پذیری سازه‌ای است. با این تدبیر می‌توان ترتیبی قائل شد که خرابی شکل‌پذیر اعضای کششی پیش از خرابی ترد اعضای فشاری اتفاق بیفتد.

خروج از مرکزیت اتصالات

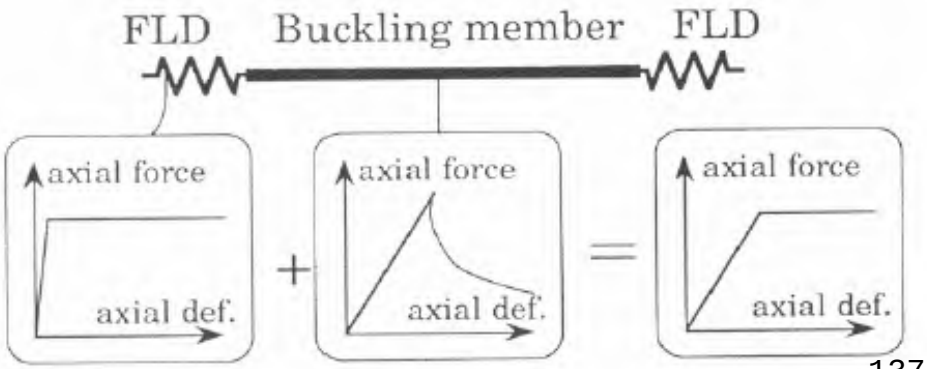
خروج از مرکزیت اتصالات را می‌توان به عنوان پارامتر تعمدی طراحی برای کنترل شکل‌پذیری یا توزیع نیرو به کار برد. اعضای فشاری دارای خروج از مرکزیت، بسیار شکل‌پذیرتر از اعضای هم‌مرکز کمانش می‌کنند، البته دارای بار کمانشی کمتری نسبت به آنها می‌باشند. اگرچه ظرفیت باربری کلی سازه به سبب خروج از مرکزیت‌ها کاهش خواهد یافت، کارایی سازه‌ای از جهت شکل‌پذیری افزایش خواهد یافت.

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

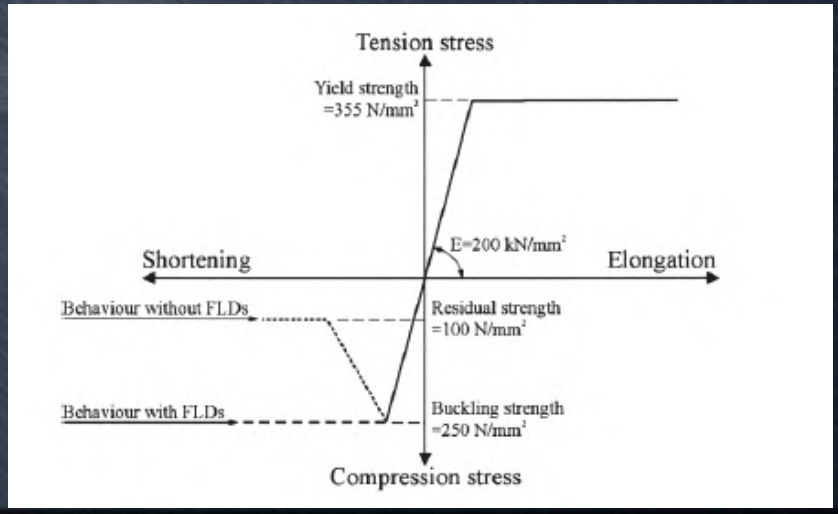
تکنیک فعال

تکنیک فعال مدیریت شکل‌پذیری شامل ابزارهای محدودگر نیرو می‌باشد.

ابزارهای محدودگر نیرو Force-limiting devices یک ابزار محدودگر نیرو به طور ایده‌آل دارای یک مشخصه نیرو ـ تغییرشکل صلب ـ پلاستیک است. هنگامی که چنین ابزاری به یک عضو فشاری اعمال می‌شود، اگر نیروی حدی ابزار اندکی کمتر از بار کمانشی عضو باشد، در این صورت این عضو به طریقه‌ای الاستوپلاستیک رفتار خواهد کرد. این ابزار، نیروی فشاری را در عضو به مقدار پیش‌تعیین شده محدود می‌کند که در حالت ایده‌آل با افزایش تغییرشکل، این نیرو ثابت می‌ماند؛ در نتیجه یک عضو فشاری، که با ابزار محدودگر نیرو حفاظت شده است، مطابق شکل به جای رفتار پس‌کمانشی شکننده، مشخصات بار ـ تغییرشکل الاستوپلاستیک را به نمایش خواهد گذاشت. ابزار محدودگر نیرو فقط به اعضای تحت تنش‌های بسیار بزرگ (اعضای بحرانی) اعمال می‌شود.

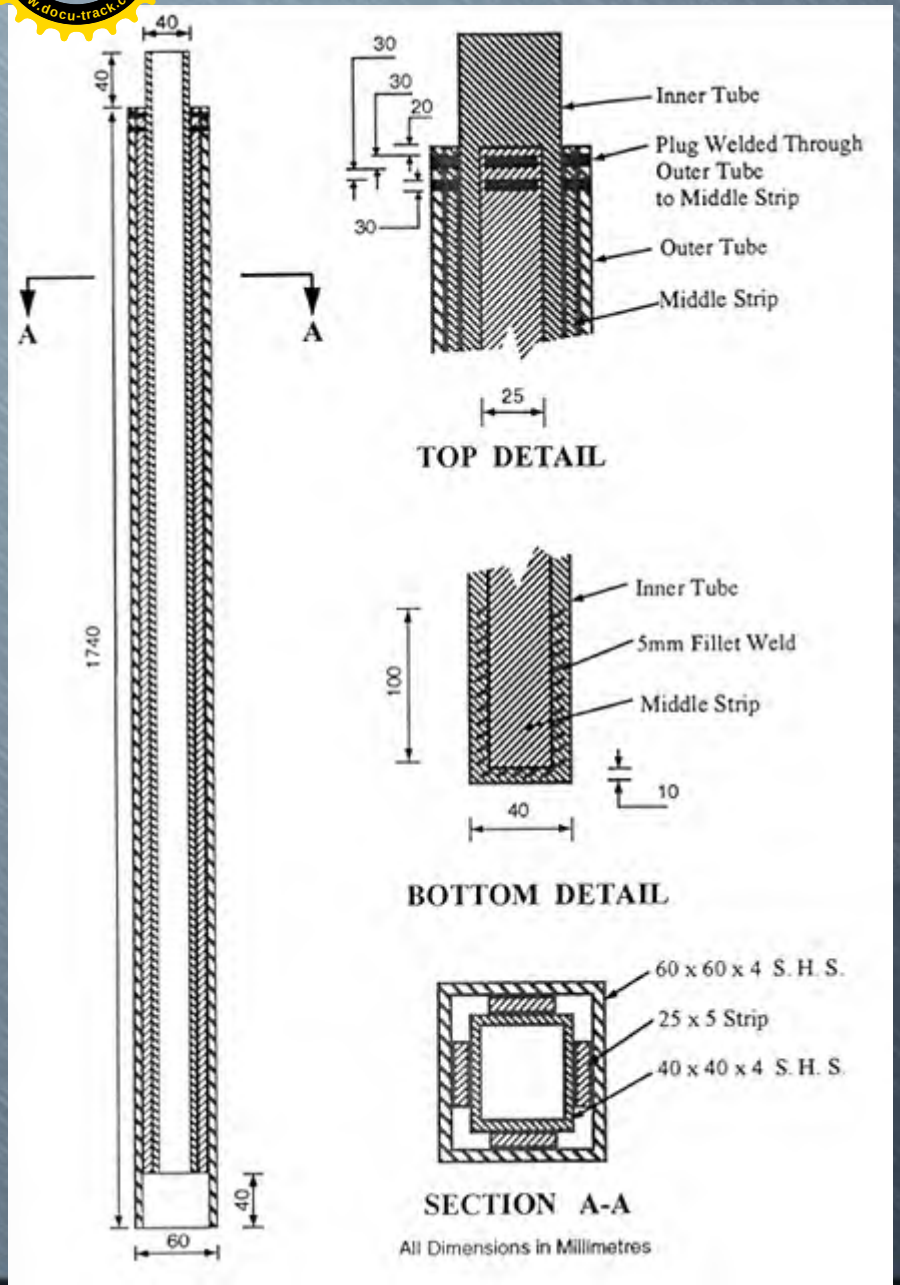


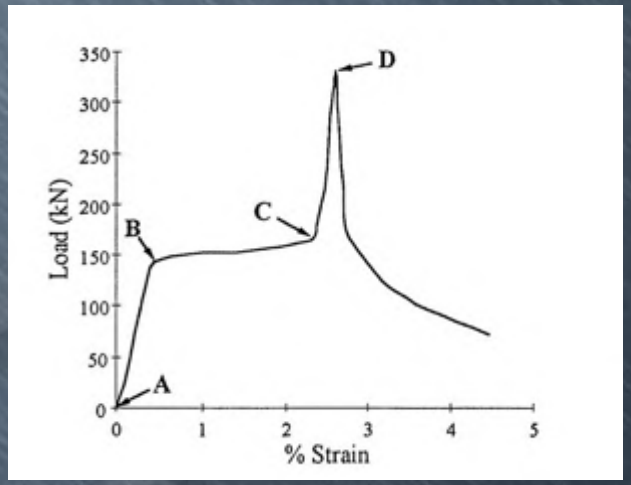
نمایش شماتیک ابزار محدودگر نیرو

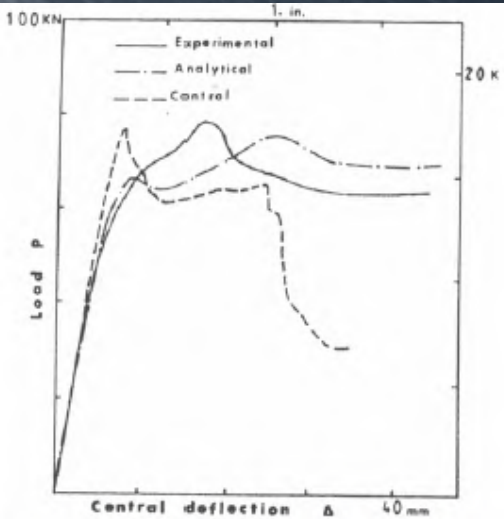


PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای







منحنی‌های پاسخ تئوریکی و آزمایشگاهی خرپای فضاکار در حالت با و بدون استفاده از ابزارهای محدودگر نیرو

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

مدیریت نیرو

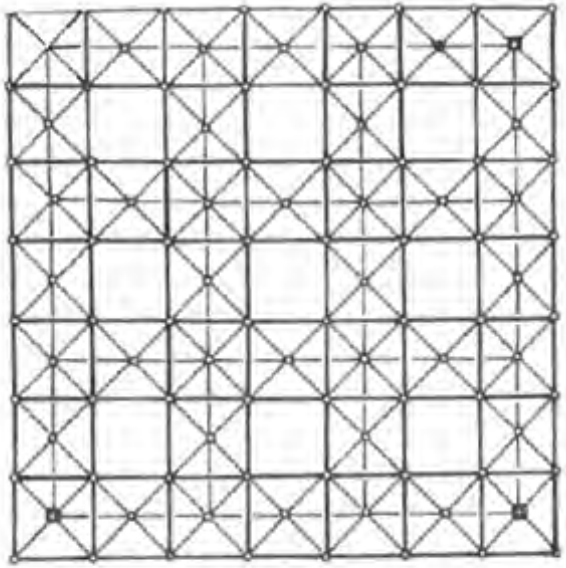
تکنیک‌های غیرفعال

مدیریت غیرفعال نیرو به کنترل توزیع نیروی عضو از طریق طراحی مناسب تاشهٔ هندسی اعضا یا خود اعضا مربوط می‌شود. دستکاری هندسی شامل حذف اعضای قطری معینی به منظور کنترل توزیع نیرو در یال‌های فشاری است و طراحی اعضا شامل خروج از مرکزیت اعضای قطری می‌شود.

حذف اعضای قطری

بارها از طریق نیروهای برشیِ حمل شده توسط اعضای قطری، به یال‌ها انتقال داده می‌شوند. مسیرهایی را که نیروهای برشی انتقال داده می‌شوند می‌توان با حذف برخی از اعضای قطری اصلاح نمود؛ به گونه‌ای که مسیر نیروها از یال‌هایی که معمولاً تحت بیشترین بارها قرار می‌گیرند، به سمت یال‌های تحت تنشِ کم سوق یابد و در نتیجه یک توزیع یکنواخت نیرو بین یال‌ها ایجاد شده، ظرفیت باربری افزایش می‌یابد. الگوی حذف اعضای قطری و مقدار افزایش در ظرفیت باربری به عوامل زیر بستگی دارد:

- توزیع اندازهٔ اعضا (اینکه همهٔ اعضا دارای سطح مقطع یکسانی باشند یا دارای سطوح مقاطع مختلفی باشند)؛
- شرایط تکیه‌گاهی (حالات با تکیه‌گاه‌های گوشه یا تکیه‌گاه‌های پیرامونی)؛
- الگوی بارگذاری (متقارن یا غیرمتقارن)؛
- هندسهٔ (مربع، مستطیل یا غیره).



حذف برخی از اعضای تحتانی و قطری
(آرایش مربعی ـ روی ـ مربعی بزرگ)

PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

خروج از مرکزیت اعضای قطری

به خروج از مرکزیت اعضای قطری به عنوان یک تکنیک برای افزایش شکل‌پذیری سازه پیش از این اشاره شد. با استفاده از این تکنیک می‌توان ظرفیت باربری را نیز افزایش داد. اعضای قطری خارج از مرکز، به طور الاستیک و شکل‌پذیر کمانش می‌کنند. با توجه به رابطهٔ غیرخطی نیرو ـ کوتاه شدگی این اعضا، به محض اینکه یک عضو قطری به بار حدی خود می‌رسد، سختی آن کاهش یافته و میزان افزایش نیرو نسبت به تغییرشکل در عضو کاهش می‌یابد. در نتیجه، توزیع نیروی اعضا چنان تغییر می‌کند که نیرو در اعضای فشاری بحرانی خیلی کمتر از نیرو در سایر اعضا افزایش می‌یابد. بنابراین یک توزیع یکنواخت و موثر نیرو در سازه ایجاد می‌شود که در حالت کلی باعث افزایش شکل‌پذیری نیز می‌گردد.

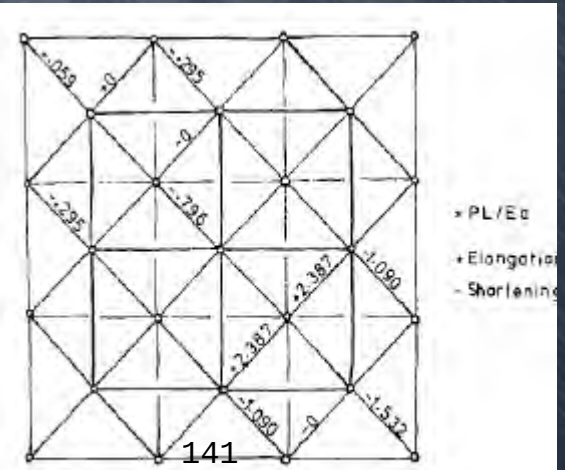
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

تکنیک‌های فعال

تکنیک فعال مدیریت نیرو شامل پیش‌تنیدگی از طریق عدم انطباق تحمیلی است.

پیش‌تنیدگی از طریق عدم انطباق تحمیلی

عدم انطباق‌های تصادفی اعضا و دیگر ناکاملی‌ها، عامل اصلی کاهش ظرفیت باربری سازه‌های فضاکار دولایه هستند. اما می‌توان با تحمیل عدم انطباق‌ها به برخی از اعضای سازه، سازه را پیش‌تنیده نمود و رفتار سازه (بر حسب نسبت باربری به وزن) را بهبود بخشید. حتی می‌توان از این طریق، توزیع‌های نامطلوب نیرو ناشی از عدم انطباق‌های تصادفی را جبران نمود. در این روش، به اعضای فشاری بحرانی نیروهای کششی تحمیل می‌شود و از این طریق ظرفیت باربری آنها افزایش می‌یابد.

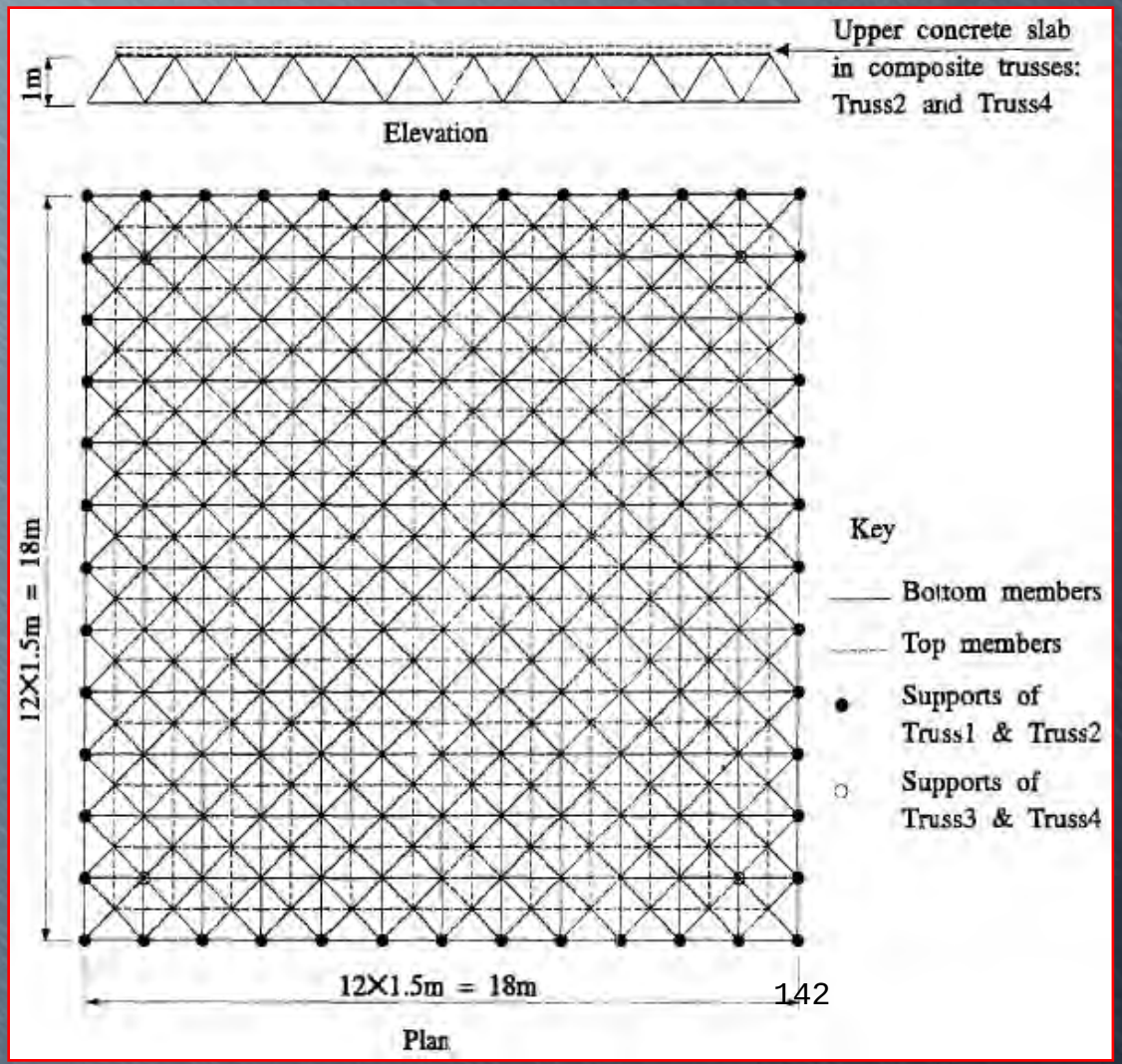


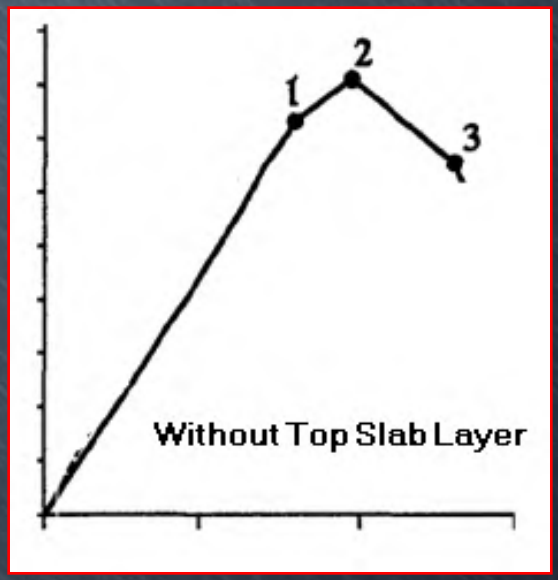
پیش‌تنیدگی ناشی از عدم انطباق

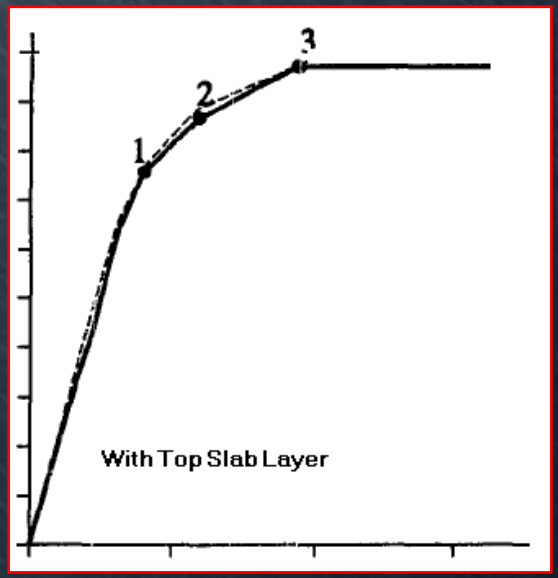
PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

نمونه ای دیگر از تکنیک فعال مدیریت نیرو در شبکه های دولایه: استفاده از دال های فولادی یا بتنی در لایه بالایی





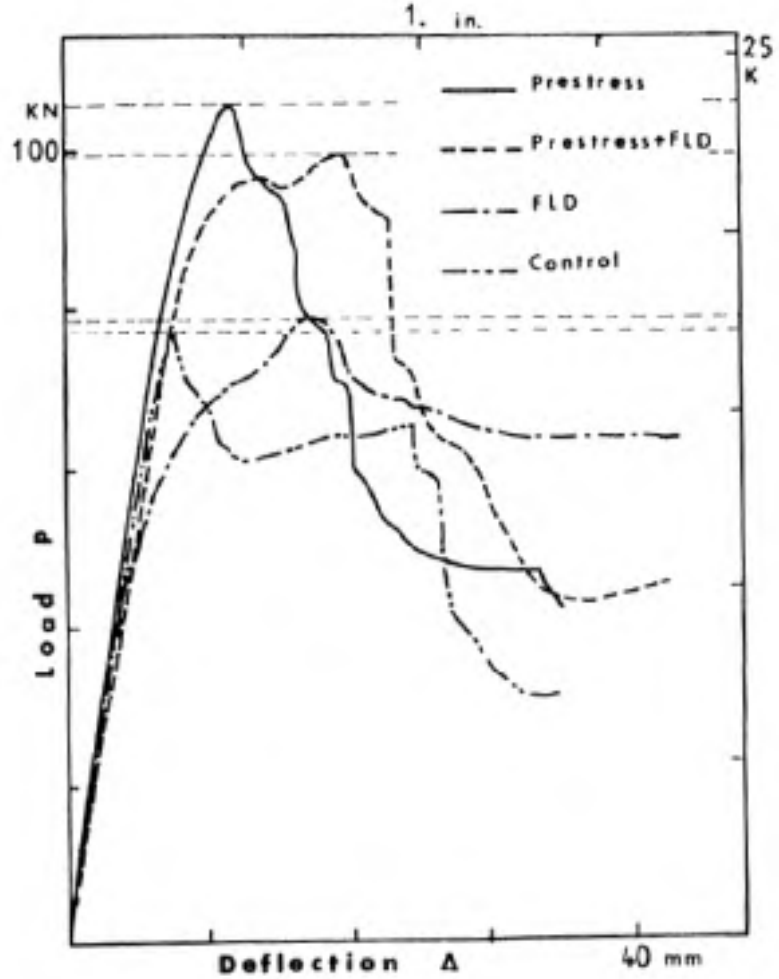


PDF-XChange Viewer Click to buy NOW! www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

های مرکب

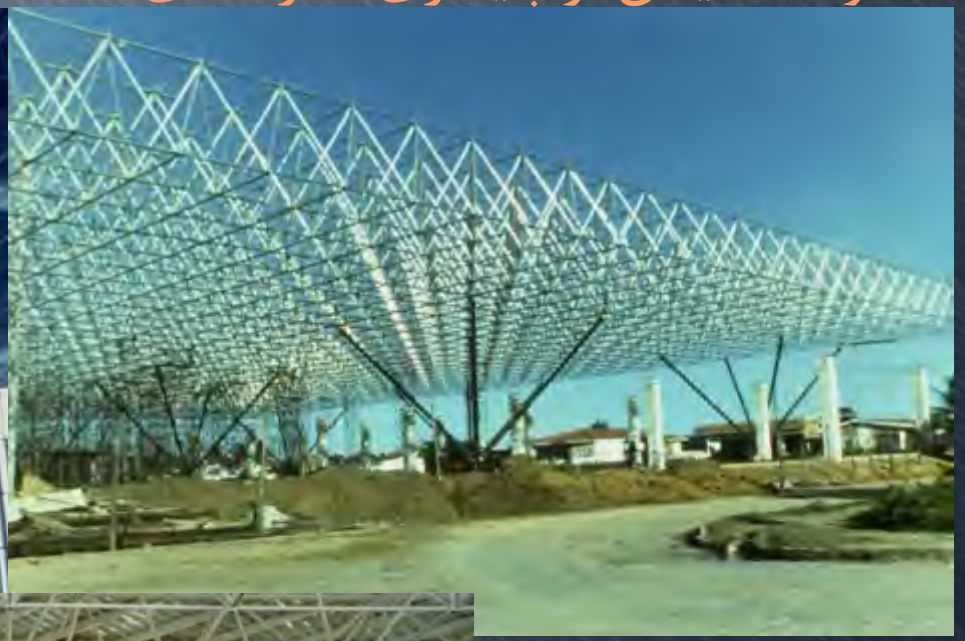
مسلم است که می‌توان چندین روش را که پیش از این بررسی شد، ترکیب نمود. همان‌طور که در مثال قبلی نشان داده شد، اساساً پیش‌تنیدگی هم تکنیک مدیریت نیرو و هم تکنیک مدیریت شکل‌پذیری است اما ترکیب تکنیک‌های مدیریت نیرو و شکل-پذیری از جهت نظری امکان‌پذیر و در بعضی شرایط توجیه‌پذیر است.



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

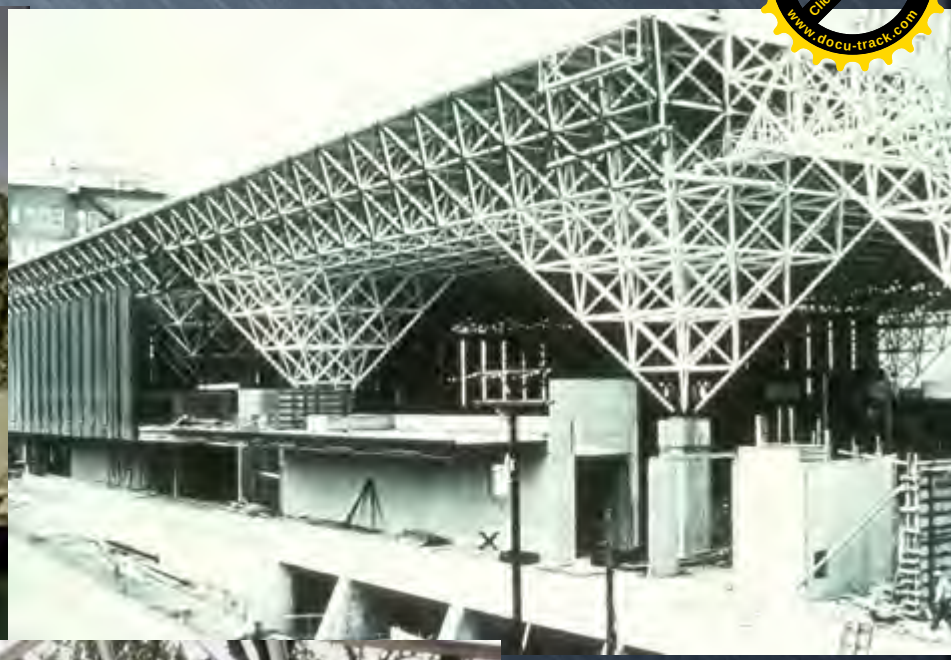
نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

نحوه اطمینان از پایداری سازه های فضاکار در محل ستون ها



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

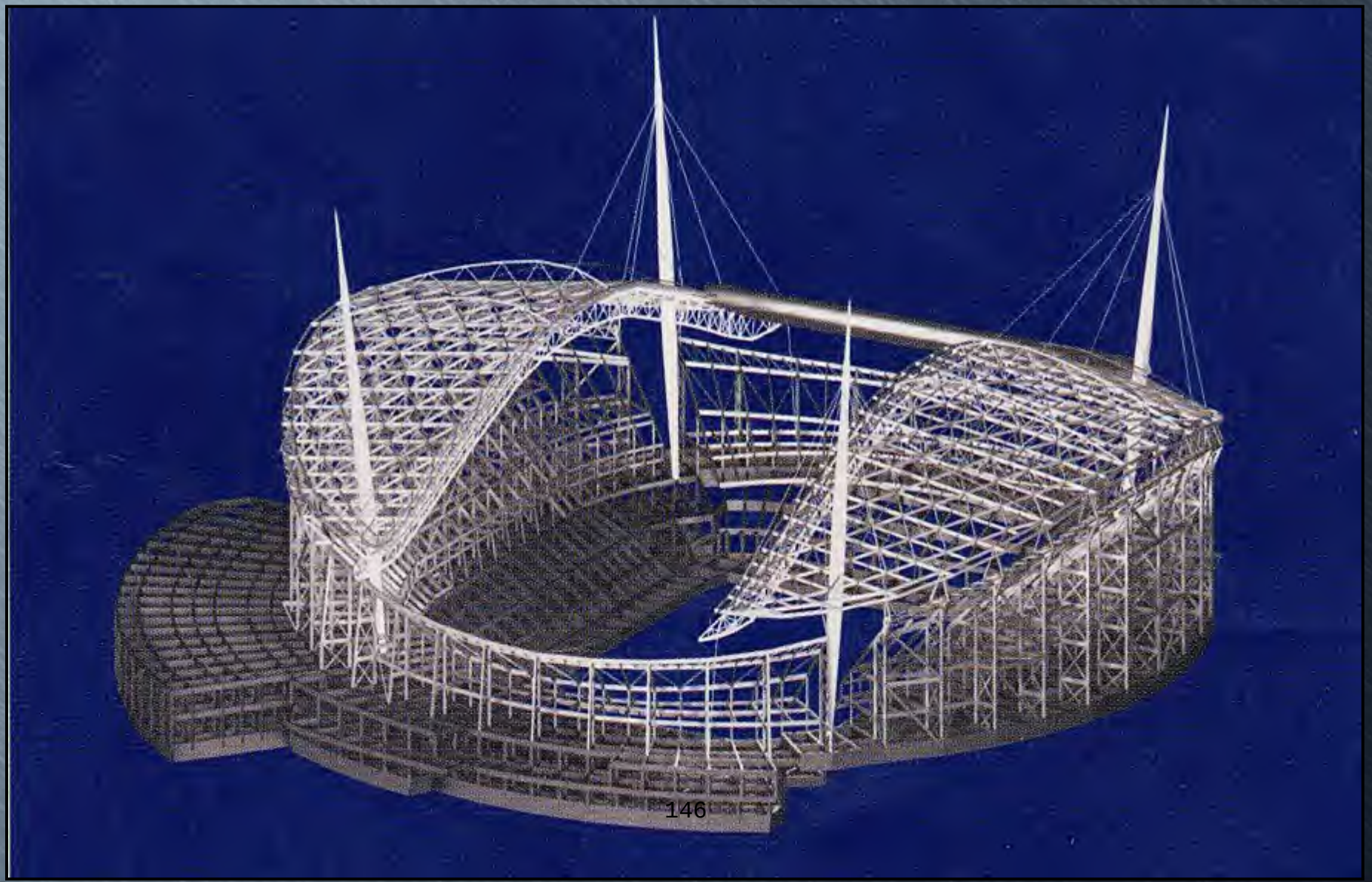
نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

استفاده از کابل ها برای مدیریت نیرو در سازه های فضاکار



PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای

PDF-XChange Viewer
Click to buy NOW!
www.docu-track.com

نحوه اطمینان از پایداری سیستم های سازه ای