بسم الله الرحمن الرحيم

▪ سیستم مهاربندی همگرا با بادبندهای X
(x – braced CBF)

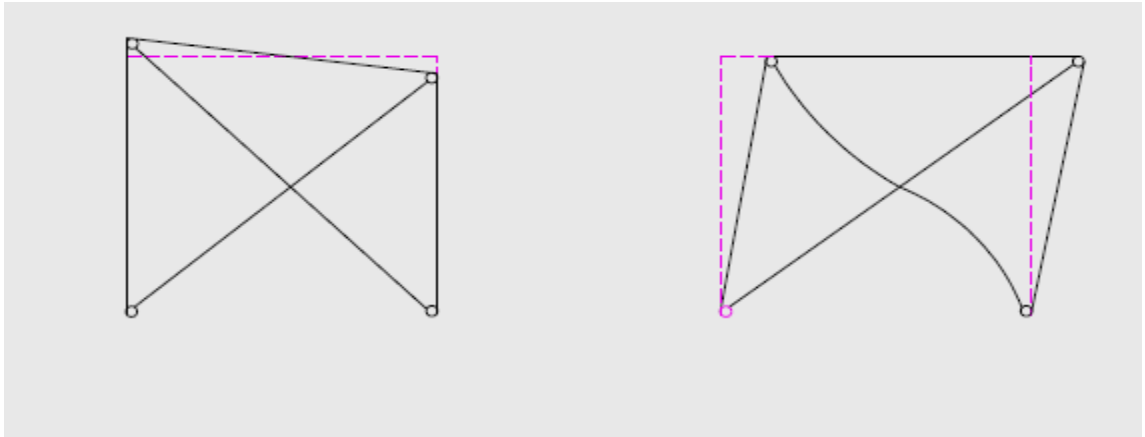
- بادبندهای X شکل تغییرمکان نسبی طبقات را بطور زیاد کاهش می دهد.
- با قیدی که بادبند کششی برای بادبند فشاری در وسط بوجود می آورد باعث کاهش طول کمانشی مهارنشده و افزایش بار کمانشی و تغییر رفتار غیر ارتجاعی کل میشود . در نتیجه توانائی آنها در تحمل تقاضای غیرارتجاعی ناشی از زلزله بهتر میشود.
- این نوع بادبندها به دلیل داشتن مقاومت کمانشی بالاتر مستعد به گسیختگی به علت کمانش موضعی در محل مفصل پلاستیک هستند.
- در محدوده رفتا ر غیر خطی این سیستم شکل پذیری کمتری نسبت به سایر اشکال CBF دارد .
- شکل پذیری کم این سیستم به علت زود ترک خوردن و شکست بادبندها یا اتصالات آن طی تغییر شکلهای بزرگ سیکلی در ناحیه پس از کمانش می باشد .
- بطورکلی ظرفیت استهلاک انرژی این سیستم کمتر از قاب خمشی است.
- اتصالات نیز نقش مهمی در رفتار بادبندهای X شکل دارند و عملکرد نامناسب آنها ، مانع رسیدن بادبندها به تغییرشکلهای غیرارتجاعی می شود .

انواع اتصال وسط در بادبند X

- اتصال دو بادبند در وسط بصورت پیوسته (گیردار) که هم دارای سختی محوری و هم سختی خمشی باشد.
- یکی از بادبندها در وسط قطع شده و به ورق Gusset متصل میشود و دراتصال وسط نقطه سختی محوری داریم.
- هر یک از بادبندها بصورت دوبل پروفیل هستند که در اتصال وسط یکی از پروفیلها ممتد و دیگری منقطع می باشد.
- دو بادبند بدون اتصال به هم و یا با اتصال به هم از روی همدیگر رد می شوند، یعنی صفحه هر کدام فرق می کند و مقداری خروج از صفحه Eccentricityداریم.

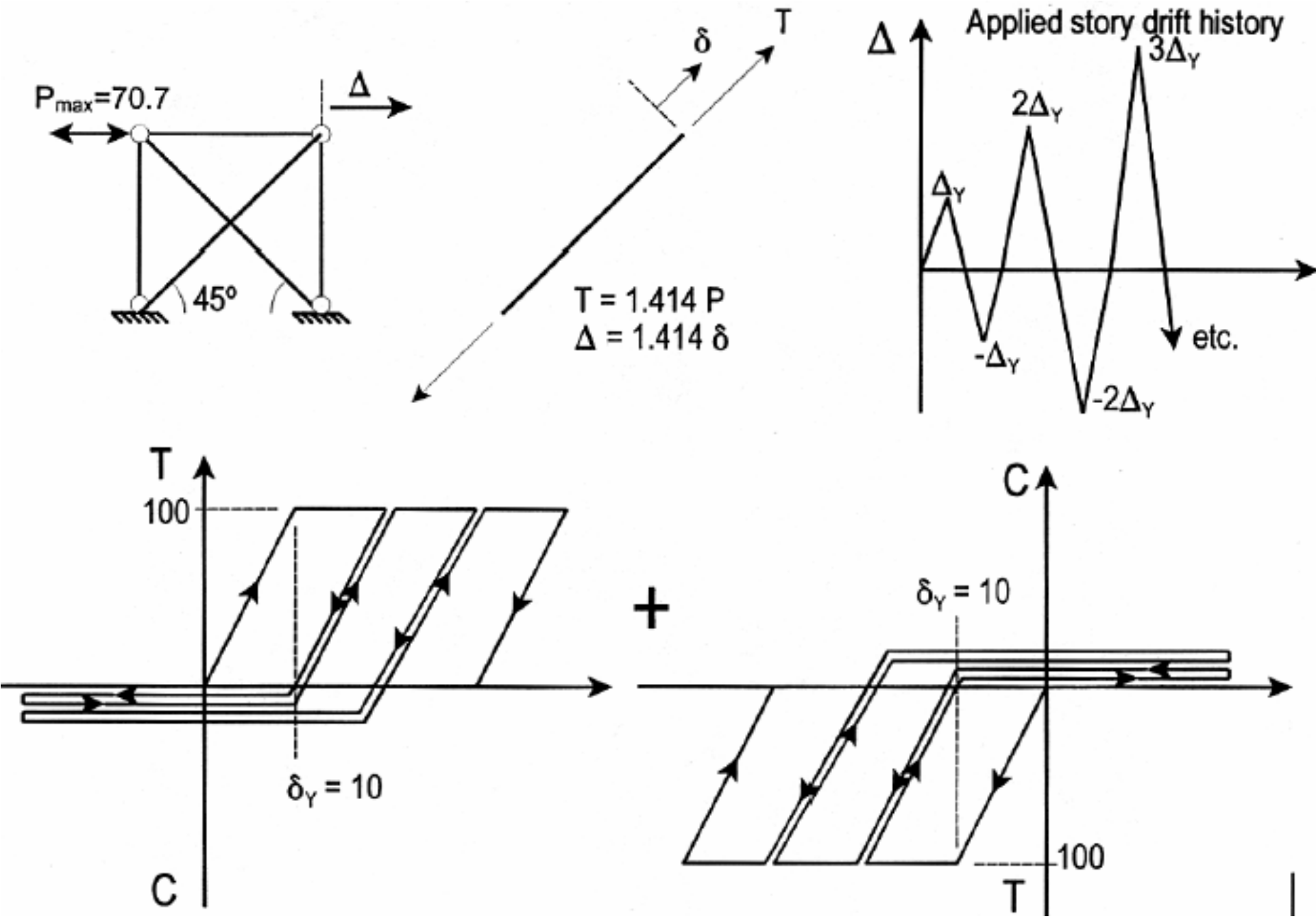
▪ معیارهای طراحی

- سازه را در حد تغییر شکلهای الاستیک طرح می دهند و هیچ گونه خرابی را نمی پذیرند، در نتیجه اعضاء قوی طرح میشوند . این نوع طراحی درCBF باعث می شود که سازه به صورت طره ای تغییر شکل پیدا کند . در این حالت ، بادبندها تغییرشکلهای غیرارتجاعی ندارند و یک ستون کشیده و ستون دیگر فشرده میشود.
- با قبول خرابی تا یک سطح مشخص ، شرایط غیرارتجاعی ر ا ایجاد کرده و سازه را طوری طرح می دهند که یک سری اعضاء وارد تغییرشکلهای غیر الاستیک شده و انرژی لرزه ای تنها در آن ناحیه جذب شود . این نوع طراحی در سازه CBF باعث میشود که ستونها تغییر شکل کمی داشته و در حالت الاستیک باقی بمانند ولی بادبندها جابجایی زیادی داشته و در کشش تسلیم و در فشار کمانش غیرارتجاعی یابند . در نتیجه انرژی لرزه ای را فقط بادبندها جذب مینمایند و اتصالات و تیرها و ستونها در حد الاستیک باقی میمانند.

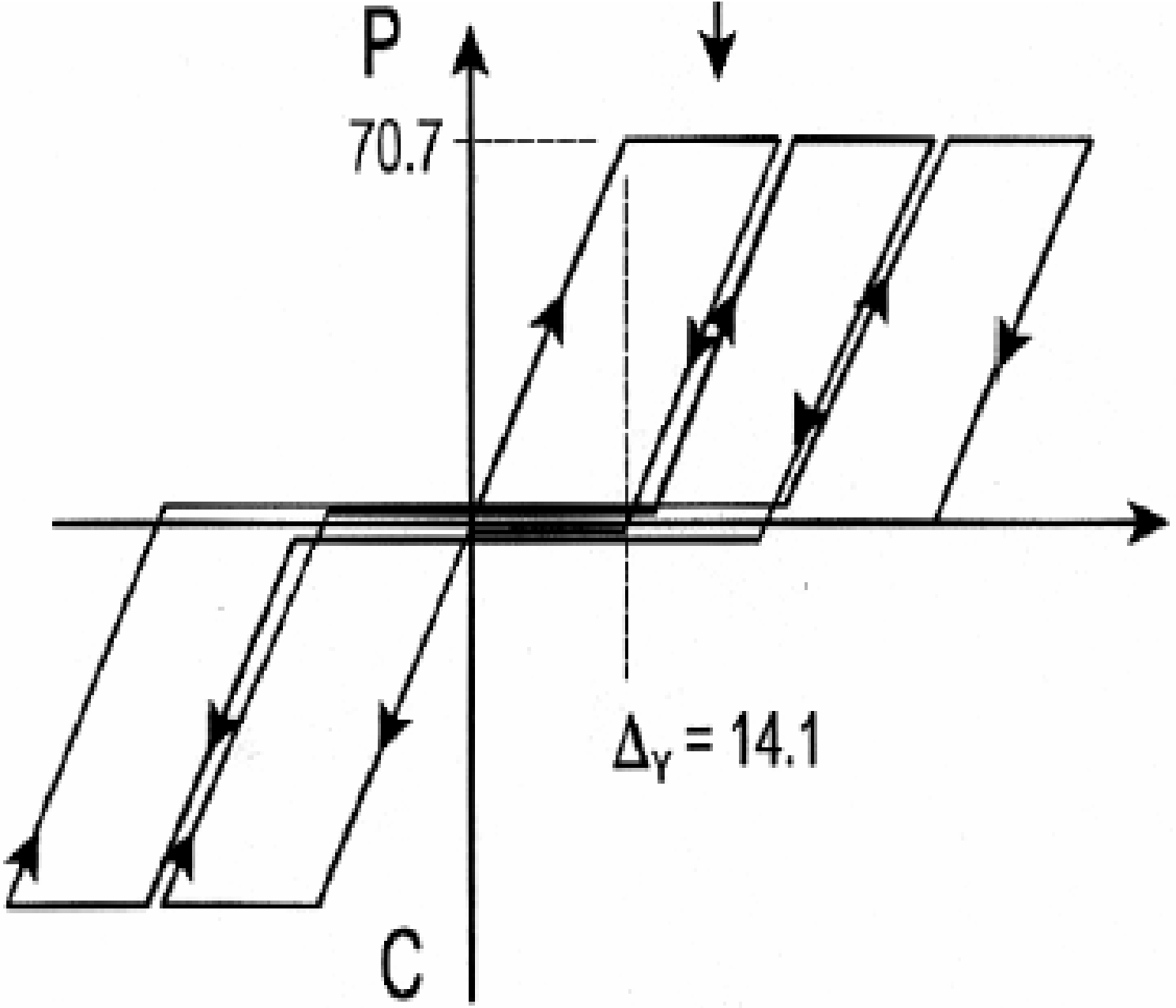


انواع بادبندهای X از نظر مقاوتی

- ***۱ - بادبندها فقط قادر به تحمل کشش هستند.***
- جزئیات این تقسیم بندی مشابه مطالب ذکر شده در فصل بادبندهای قطری میباشد.
- اگرسیستم بادبندی فقط کششی تحت بارهای تکراری با دامنه تغییر مکان ثابت قرار گیرد که منجر به تغییر طول پلاستیک نشود ، اتلاف انرژی هم روی نخواهد داد . این سیستم که لاغری اعضاء در آن زیاد است برای جذب مقدار انرژی مورد نظر ، باید تغییر مکان جانبی زیادی داشته باشد که ممکن است به علت اثرات ثانویه گسیخته شود. (پدیده ضربه)


P_{max}=70.7
Δ
45°
T
δ
T = 1.414 P
Δ = 1.414 δ
Δ
Applied story drift history
$3\Delta_Y$
$2\Delta_Y$
Δ_Y
$-\Delta_Y$
$-2\Delta_Y$
etc.
T
100
C
δ_Y = 10
+
C
δ_Y = 10
100
T

⇓

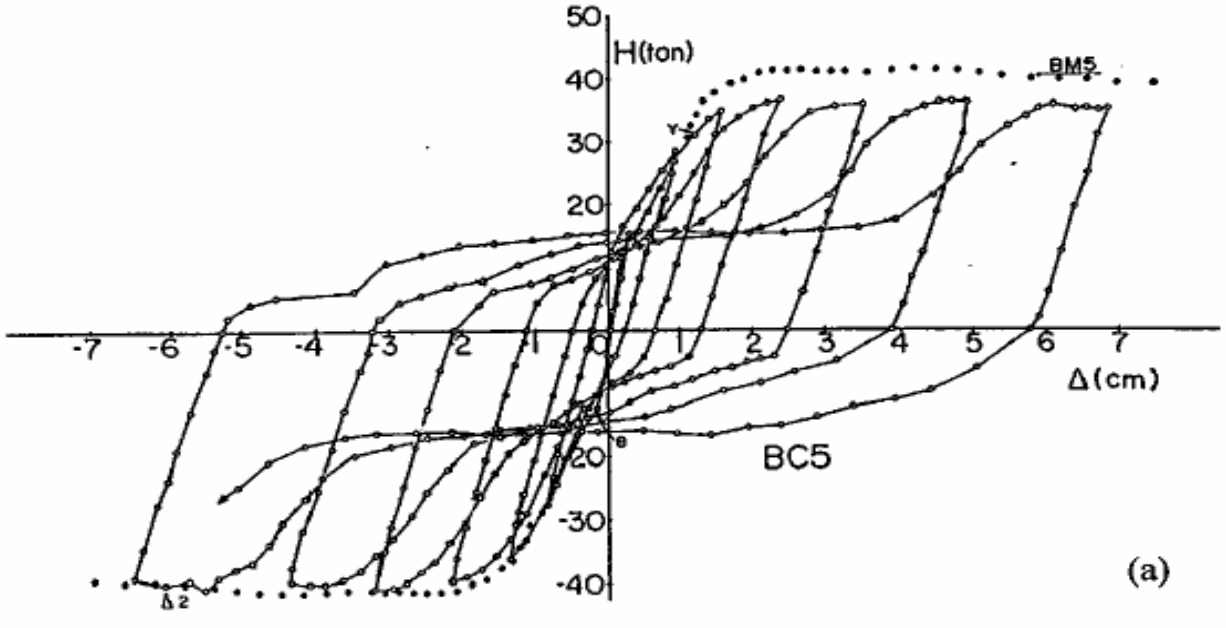


منحني هيسترزيس بادبند Xشكل فقط كششی

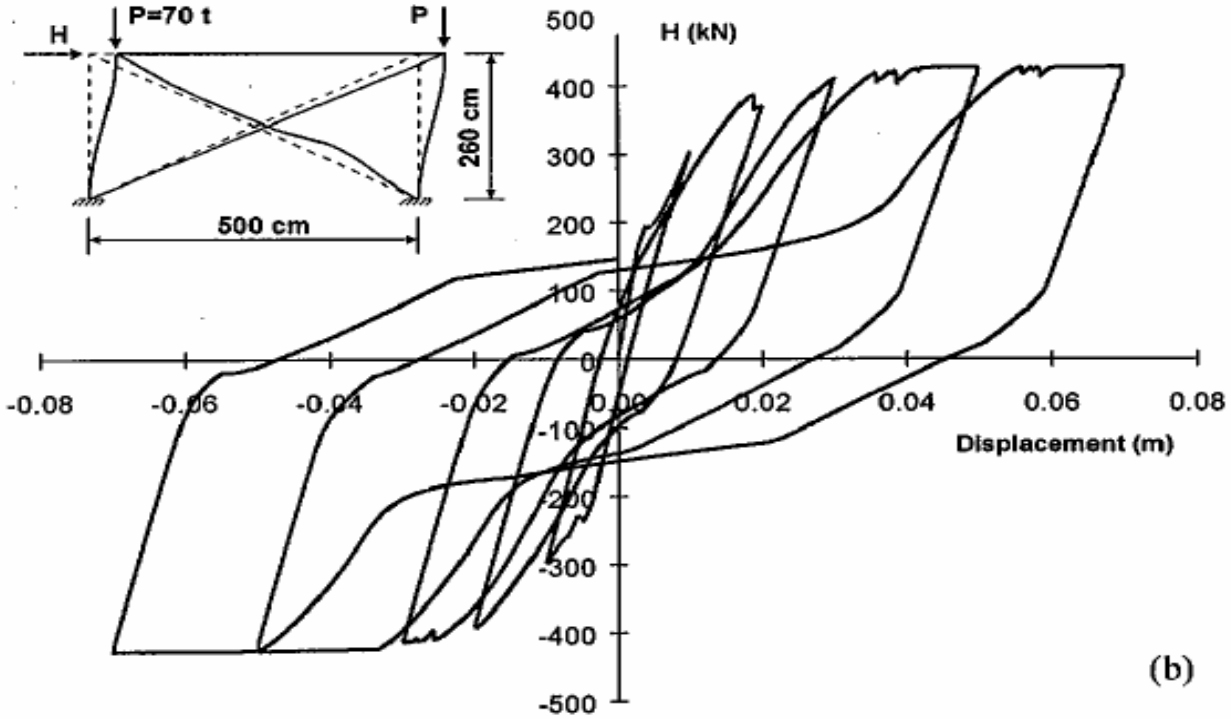
- ***۲ - بادبندها کششی - فشاری هستند .***
- *اگر بادبندهای X شکل کششی – فشاری باشند، برای تامین حداقل لاغری مورد نیاز آیین نامه ها طرح می شوند که در نتیجه اعضای بادبند قطور و کاملا سنگین میشود و بحث طول مؤثر برای طرح بادبند فشاری مطرح می شود .*
- به دلیل کاهش مقاومت در فشار و انباشتگی تغییرمکان ماندگار در کشش ، بادبندهای Xشکل رفتار هسیترزیس نامتقارن و متفاوتی دارند . اگر لاغری بادبندها خیلی زیاد باشد و به اصطلاح بادبندها فقط کششی باشند ، اندرکنش دو بادبند بر هم ناچیز بوده و رفتار مثل بادبندهای قطری فقط کششی می شود .همینطور اگر لاغری بادبندها خیلی کم باشد و تسلیم بادبندها در فشار زودتر از کمانش آنها صورت گیرد، باز هم اندر کنش دوبادبند بر هم و اتصال وسط آنها ، تاثیر خیلی ناچیزی در منحنی هسیترزیس و رفتار آنها میگذارد . ***پس برای استفاده ازظرفیت جذب انرژی بادبند فشاری در کمانش غیر ارتجاعی باید لاغری بادبندها متوسط باشد .***

تشریح رفتار سیکلي غیرارتجاعي

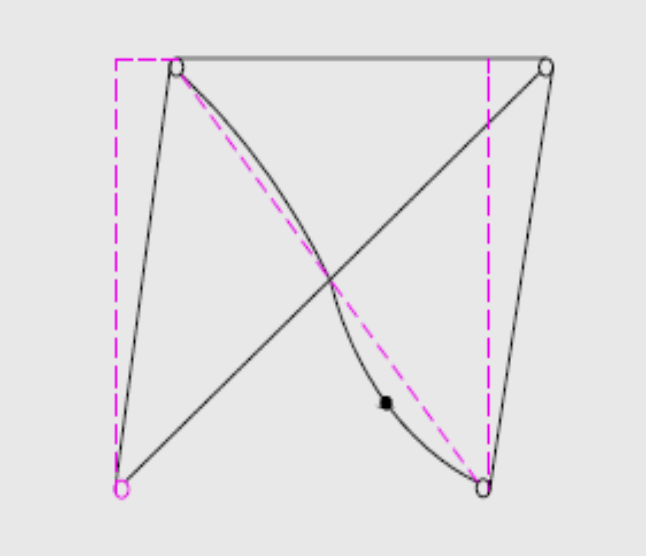
a - براساس مدل تجربي



b - براساس مدل عددي و تئوریکي



- آزمایشات مختلف بادبندهای X شکل نشان داده است که بعد از چند سیکل متوالی ، تغییرشکل اعضای بادبندی نامتقارن می شود ، زیرا که در اثر بارگذاری متناوب و تکراری به جای هر دو قطعه فشاری ، تغییرشکل خمشی تنها در یک قطعه آن متمرکز می شود. اگر لاغری بادبند نیز زیاد باشد ، نامتقارنی تغییرشکلها بیشتر از قبل می شود، بنابراین در مدلسازی غیرارتجاعی بادبندهای Xشکل فقط نصف طول بادبند اعمال میشود.



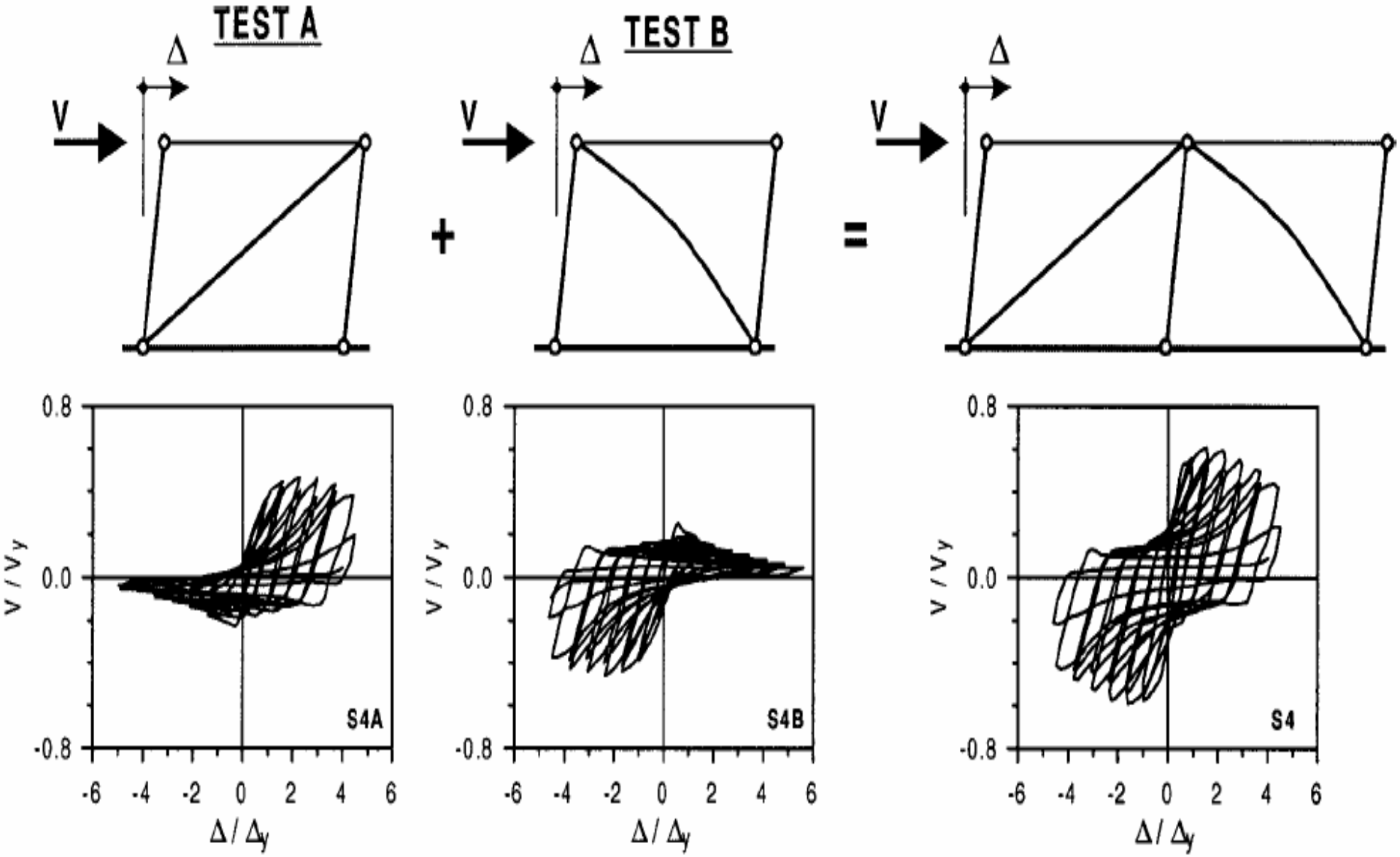
- رفتار پس ازکمانش بادبند فشاری و نیز رفتار خمشی بادبند کششی ، حلقه های هستیرزیس را به شکل S خوابیده در می آورد . وقتی که بادبندها تحت تسلیم کششی و کمانش غیرالاستیک متوالی قرار می گیرند ، در تمامی آنها کمانش خارج از صفحه بوجود آ مده و به تبع آن با افزایش دامنه تغییرمکان ، مفصل پلاستیک در ورقهای اتصال انتهایی در فاصله 2t و در طول بادبند تشکیل میشود .

- تغییرشکل بادبندهای تکی متقارن بوده و مفصل پلاستیک در وسط آن تشکیل میشود ولی برای بادبندهای X همانطور که ا شاره شد ، مفصل پلاستیک تنها در یک قطعه آن تشکیل میشود . اعمال کشش با دامنه مشخص در اولین سیکل افزایش طول دائمی در بادبندها بوجود می آورد که در سیکلهای بعدی نیز این افزایش طول دائمی کم کم (با سرعت کم) زیاد میشود . افزایش طول دائمی بادبندها (بصورت ماندگار) اتکای جانبی که بادبند کششی در کمانش خارج از صفحه برای بادبند فشاری در اتصال وسط فراهم مینماید را کاهش میدهد همینطور مقاومت کششی نیز با افزایش تعداد سیکلها کاهش مییابد.
- وقتی کوتاه شدگی بادبند به حد کافی بزرگ میشود که می تواند چرخش بزرگی را در ناحیه تشکیل مفصل پلاستیک ایجاد کند، کمانش موضعی اتفاق می افتد و با باربرداری و اعمال کشش در ناحیه ای که کمانش موضعی رخ داده بود ، ترکها تشکیل شده و عضو گسیخته میشود . یعنی در صورت رعایت الزامات طراحی لرزه ای ، با افزایش تغییر مکان اعمالی گسیختگی فقط در مفصل پلاستیک بادبندها و در سطح شکل پذیری پیش بینی شده صورت خواهد گرفت .

- کمانش خارج از صفحه ، بادبند تقاضای زیادی در اتصال بادبند بوجود می آورد و لازم است که براساس نتایج آزمایشگاهی و تئوریکی این تغییر شکلها راپیش بینی کنیم . از طرف دیگر در بادبند های X به علت کاهش طول کمانشی ، تقاضای کمانش موضعی بیشتر شده و باعث افت مقاومت و سختی بادبندها در حلقه های هسیترزیس می شود .
- از جمله اثرات منفی اندرکنش دوبادبند کششی و فشاری در سیستم X این است که با افزایش تغییرشکل جانبی در بادبند فشاری ، تنشهای خمشی دربادبند کششی تشکیل میشود که نتیجتاً بیشترین باربری آن در کشش کمتر از Py میشود.

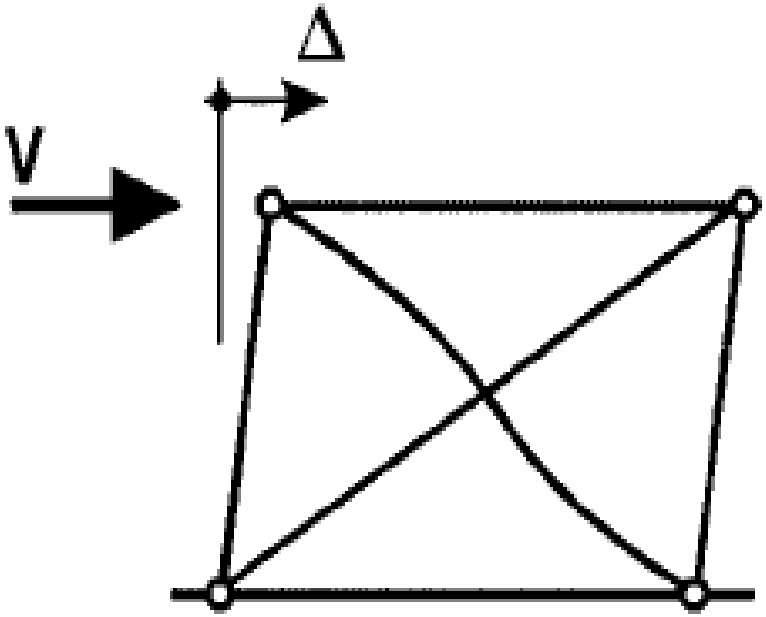
مقایسه رفتار بادبندهای X با سایر سیستمهای CBF

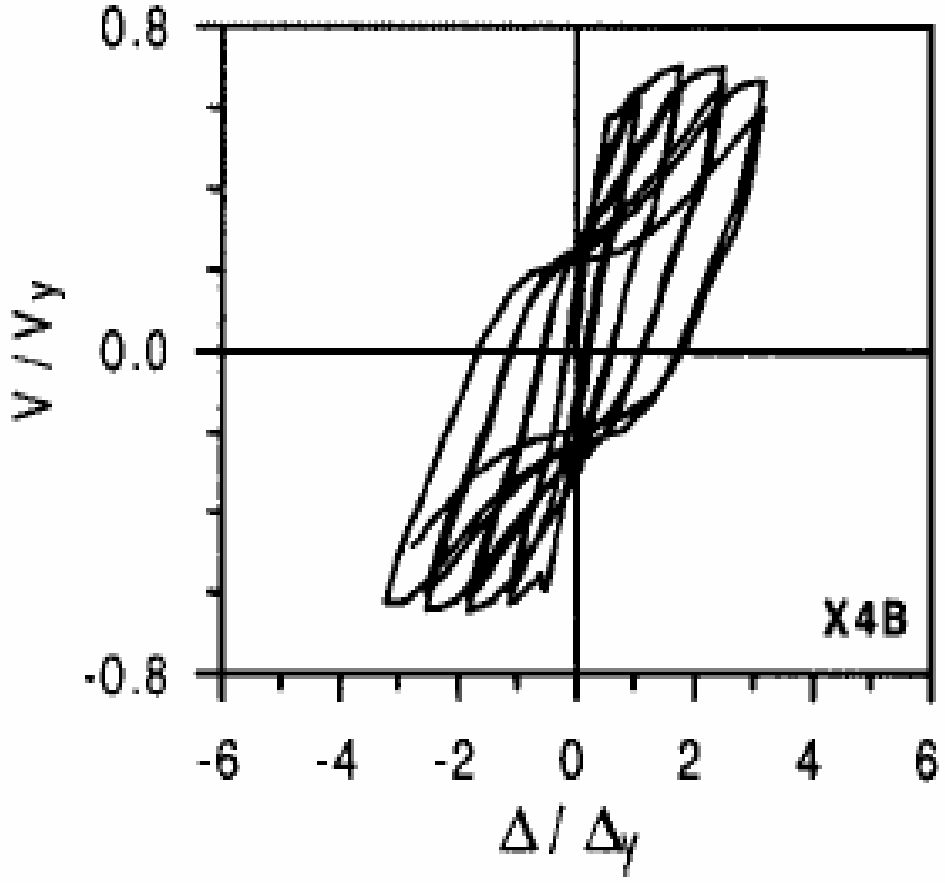
- سیستم بادبندی X از نظر رفتاری شباهت زیادی به بادبندهای قطری دارد ولی از آنجائیکه اعضای فولادی متحمل افت مقاومت قابل توجه پس از کمانش می شوند ، این سیستم پاسخ سیکلی غیر الاستیک بهتری نسبت به سیستم بادبندی قطری نشان می دهد .
- در سیستم مهاربندی X به علت اینکه بادبند کششی هم در داخل صفحه و هم در خارج صفحه قید و اتکای موثری برای بادبند فشاری تامین میکند طول موثر بادبند X در مقایسه با بادبندهای قطری کمتر شده و تقریباً نصف آنها میشود .
- به علاوه اگر اتصال انتهایی سختی چرخشی مناسبی داشته باشد ، بویژه در کمانش داخل صفحه ضریب طول موثر کمتر از قبل میشود .



منحني هسيترزيس براي بادبندهاي قطري (با لاغري متوسط)

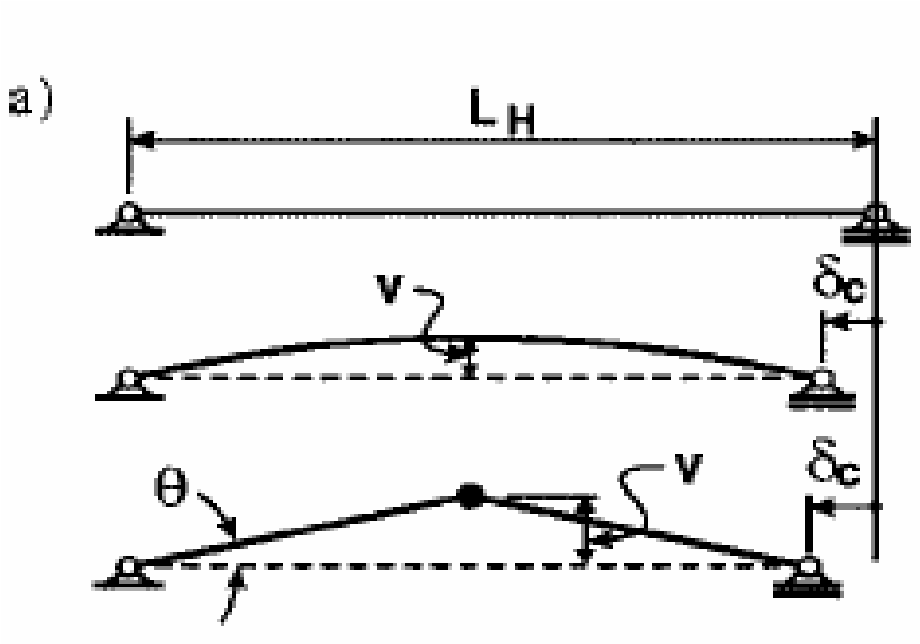
برحسب تغييرمكان نسبی طبقه Δ وبرش طبقه V



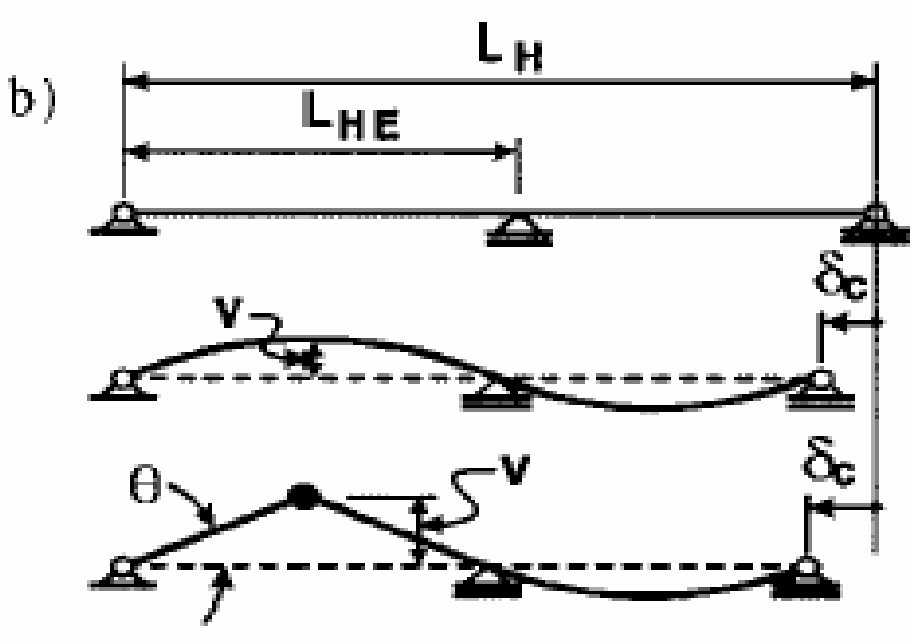


منحني هسيترزيس بادبندهاي X تحت همان تغييرمكان نسبى وبرش طبقه

- سطح مقاومت سیستم بادبندی X نسبت به سیستم بادبندی قطری افزایش می یابد.
- همچنین افزایش طول دائمی بادبند که با افزایش تعداد سیکلها باعث کاهش مقاومت کششی میشود ، در بادبندهای قطری شدیدتر است وافت مقاومت بیشتری را شاهد هستیم.
- افت منحنی هسیترزیس (**پدیده pinching**) در سیستم قطری بیشتر است ولی در عوض شکل پذیری سیستم بادبندی قطری بیشتر از سیستم X است و تغییرمکان نسبی زیادی را بدون گسیختگی تحمل می کنند.
- به عبارت دیگر ، برای یک سطح شکل پذیری مشخص (مثلاً تغییر مکان جانبی نسبی طبقه Δ) به محض کمانش غیرالاستیک ، تغییرشکل خارج از صفحه بادبندهایX بیشتر از مقدار معادل در بادبندهای قطری می شود . زیرا که در بادبندهای X منحنی تغییرشکل دو ا نحنایی می شود و چنین تغییرشکل جانبی بزرگی در طول کمتری تشکیل می شود ، در نتیجه چرخش مفصل پلاستیک به علت تقاضای انحنائی بیشتری که بر بادبند های X تحمیل میشود ، کمانش موضعی وگسیختگی آنها در سطح شکل پذیری کمتری (زود هنگام) نسبت به بادبندهای قطری اتفاق می افتد .



بادبند قطری

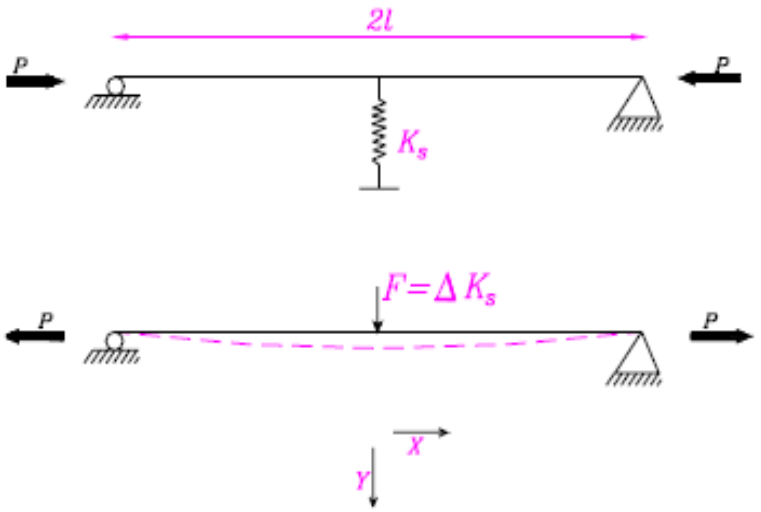


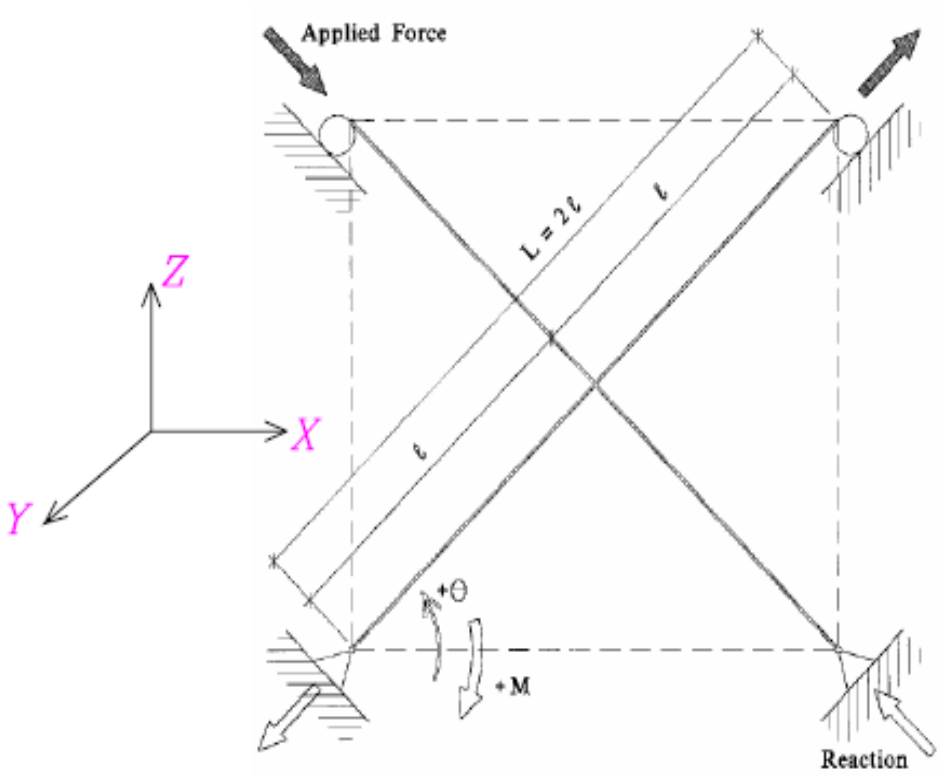
بادبند X شکل

- *مطالعاتی که Stephan A.Mahin در رفتار لرزه ای بادبندهای همگرا انجام داد به این نتیجه رسید که بادبندهای X برای مولفه قائم زلزله حساس تر و بحرانی تر از بادبندهای chevron می باشد . ولی برای بار افقی عملکرد بهتری نسبت به آنها دارند. در کل و برای ترکیب مولفه قائم وافقی ، بادبندهای X تقاضای شکل پذیری ستونها را نسبت به بادبندهای chevron افزایش میدهد .*

▪ کمانش بادبندهاي X و تاثير اتصال وسط

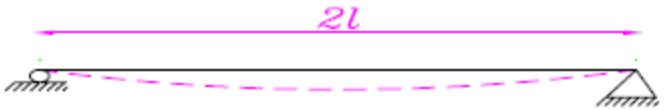
- در بادبندهای X با توجه به ماهیت اتصال دوبادبند به هم (در اتصال وسط) بادبند کششی نوعی اتکای جانبی برای بادبند فشاری تامین می کند .(اتکای جانبی می تواند شامل سختی چرخشی و سختی انتقالی باشد) حتی اگر هر دو بادبند در فشار باشند بادبند با نیروی فشاری کمتر، اتکای جانبی قابل توجهی برای بادبند با نیروی فشاری بزرگتر ایجاد می کند .



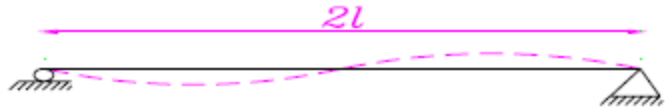


- در بادبندهای X بادبندکششی به عنوا ن تکیه گاه الاستیک برای بادبند فشاری عمل می کند یعنی می توان دراتصال وسط اتکای جانبی که بادبند کششی برای بادبند فشاری تامین می کند را به عنوان تکیه گاه فنری در نظر گرفت باید به این نکته توجه کرد که سختی فنر معادل ثابت نیست ، در ابتدا مقدار سختی کم می باشد و با افزایش نیروی کششی در بادبند کششی و افزایش تغییر مکان جانبی بیشتر میشود.

- اگر سختی خمشی بادبند کششی کم باشد و یا سختی اتصال وسط دو بادبند تا حدی کم باشدکه اندرکنش دوبادبند، اتکای جانبی لازم برای کاهش تغییر مکان جانبی اتصال وسط را فراهم ننماید ، بادبند فشاری بصورت کمانش کلی تغییر شکل پیدا می کند که اصطلاحاً کمانش مود اول می نماید.



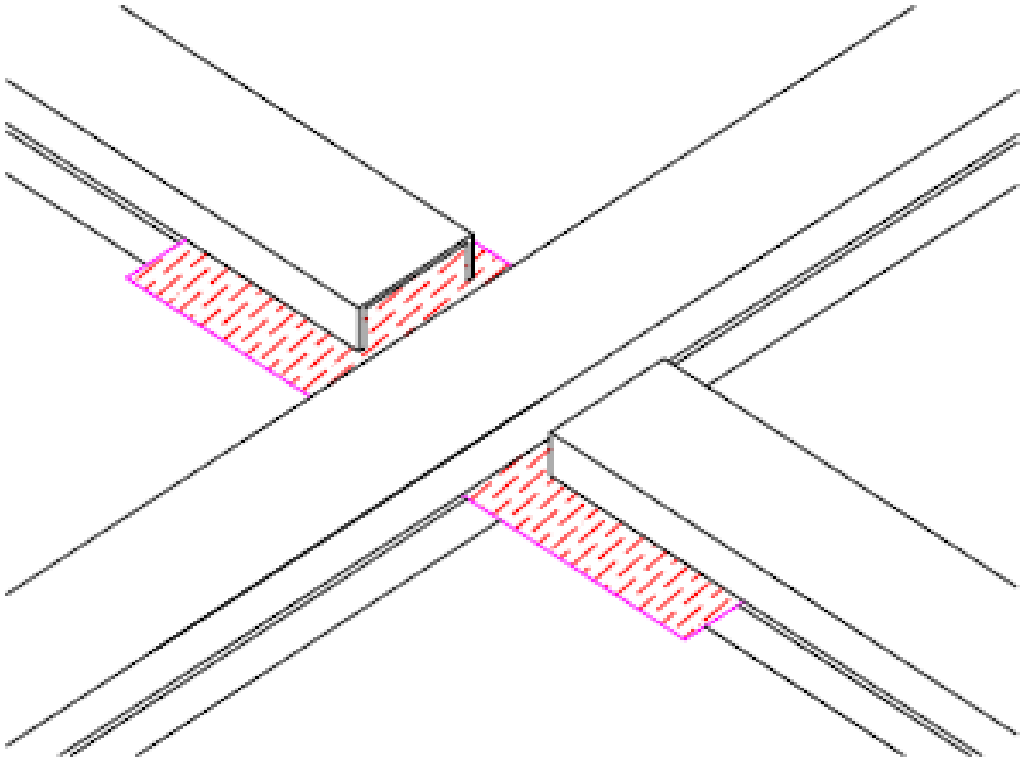
- همینطور اگر بادبندها در وسط به هم اتصال نیابند ، هر بادبند بطور مستقل از همدیگر رفتار نموده و بادبند فشاری در مود اول کمانش خواهد کرد.
- اگر سختی بادبند کششی قابل توجه باشد و اتصال وسط نیز بتواند اندرکنش د و با دبند را فراهم نماید (اتصال وسط پیوستگی لازم را داشته باشد) کمانش بادبند فشاری در مود دوم خواهد بود.



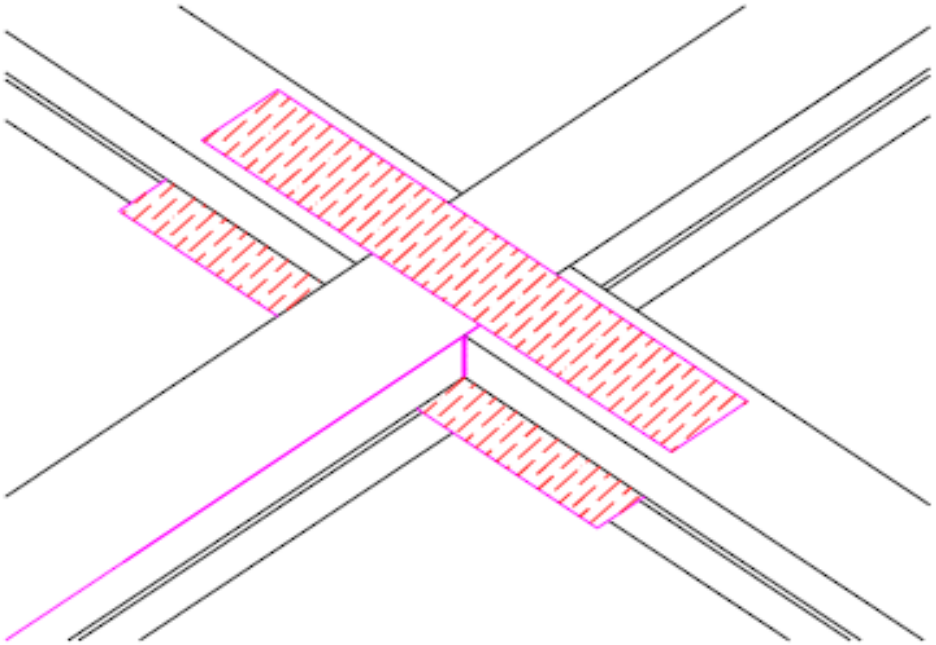
- در این حالت اتصال وسط پس از اینکه مقدار کمی تغییر مکان جانبی پیدا کرد ، متوقف شده و تغییر شکل بادبند فشاری بصورت دو انحنائی می شود . (در حالت اید ه ال، تغییر مکان جانبی اتصال وسط را صفر در نظر میگیرند)

▪ انواع اتصال وسط

- ۱. اتصال در وسط طوری است که در کمانش بادبند فشا ری ، اثر بادبندکششی ، بصورت مفصلی است . در این حالت یکی از بادبندها پیوسته و دیگری در وسط منقطع شده و به ورق Gusset متصل می شود . این نوع اتصال نقطه سختی محوری را تامین میکند .

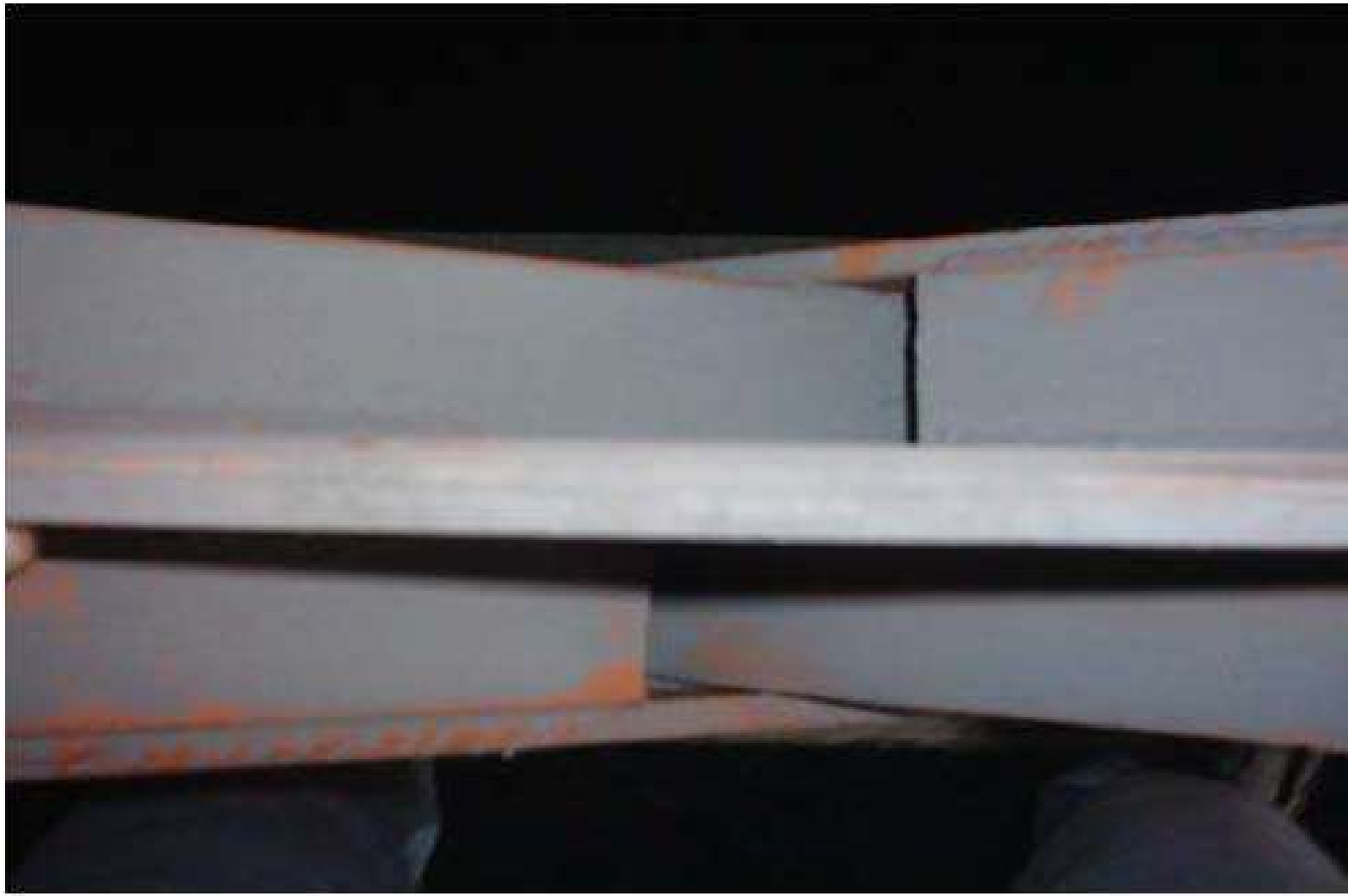


- ۲. اتصال وسط، شرایط گیرداری را در کمانش بادبند فشاری تامین می کند بدین صورت که پیوستگی کامل دراتصال وسط طوری فراهم می شود که سختی خمشی و محوری برای بادبند فشاری بوجود آید.



- برای تأمین پیوستگی کامل در وسط به دو صورت عملی می کنند . در حالت اول یکی از بادبندها منقطع و با جزئیات مناسب به ورق متصل می شود.

- در حالت دوم یکی از پروفیلهای هر بادبند پیوسته و دیگری منقطع است . بدین ترتیب سختی مناسب در هر دو بادبند نسبتاً تامین می شود و وضع بهتری نسبت به قبل دارد .

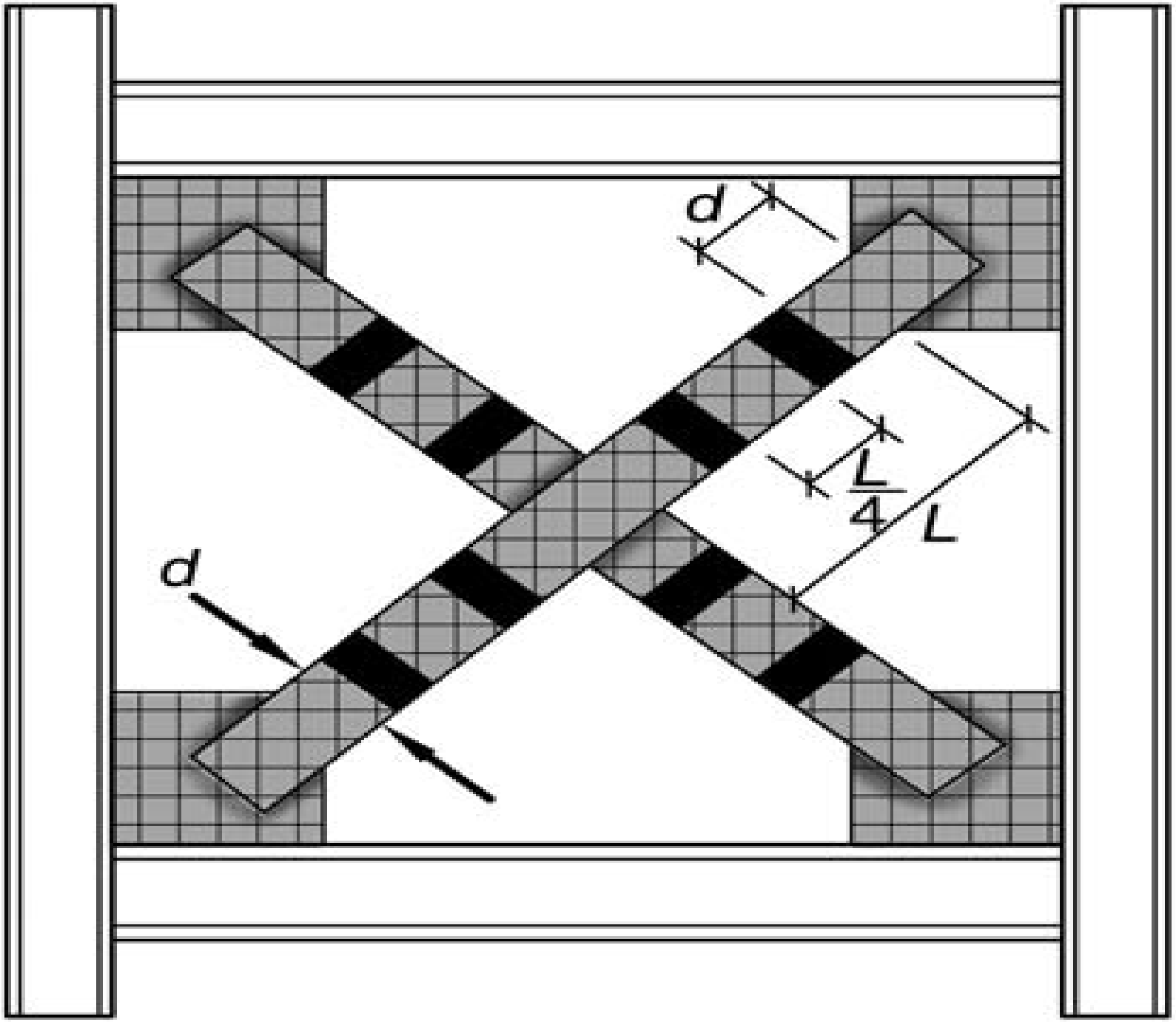


▪ مراحل کمانش غیر ارتجاعی

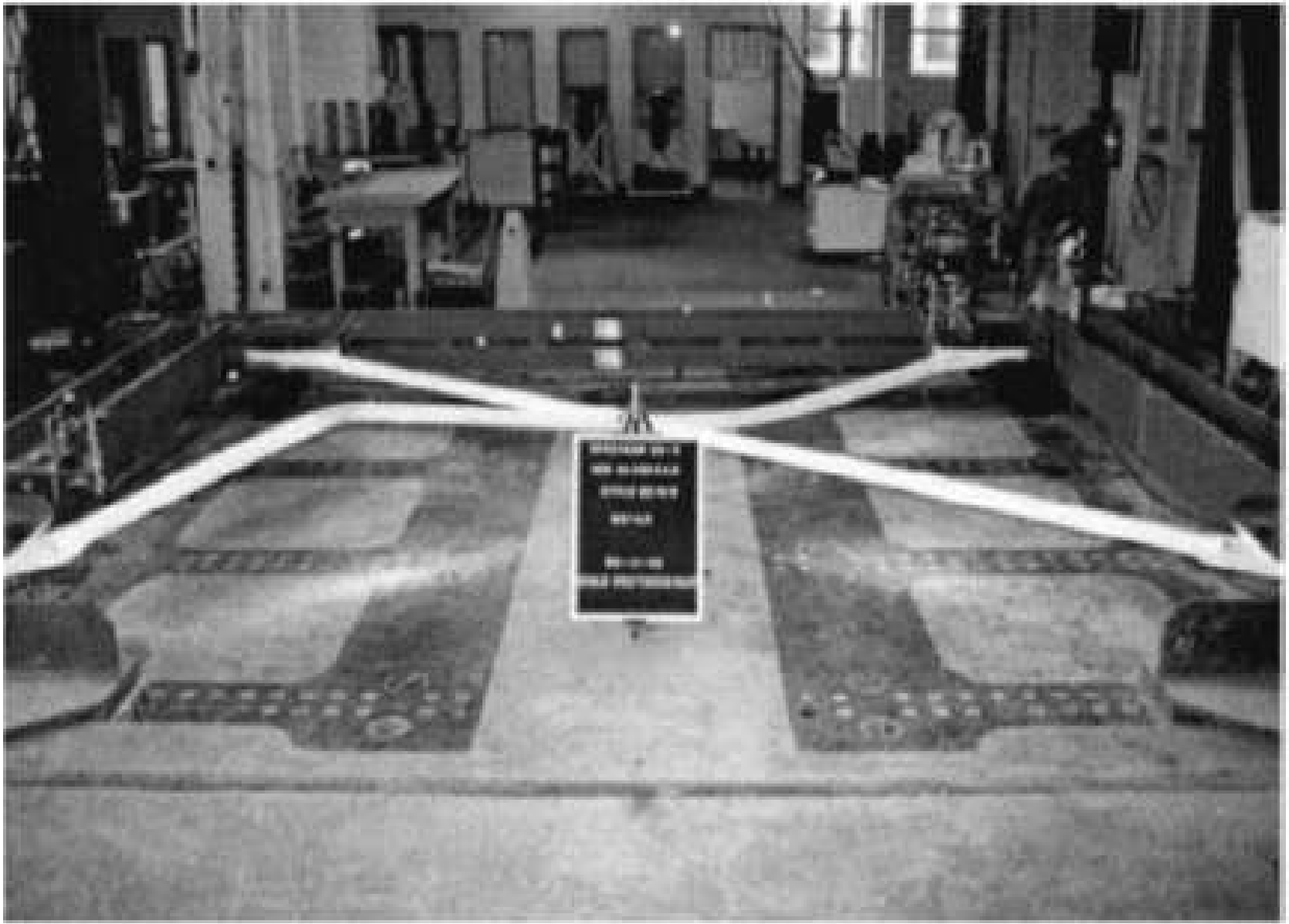
- بارسیدن بار فشاری در بادبند فشاری به بار بحرانی ، کمانش کلی خارج از صفحه در بادبندها اتفاق می افتد و تغییرمکان جانبی اتصال وسط افزایش می یابد (مود اول کمانش) در این حالت بادبند کششی با تأمین سختی جانبی و پیچشی درمحل اتصال وسط ، تا حدودی کمانش بادبند فشاری را محدود می نماید .
- (به عبارت دیگر کمانش مود اول را کمانش محدودشده می نامند) در این مود و در صورت رعایت ضوابط لرزه ای در ورق اتصال انتهایی ، مفصل پلاستیک در دو انتهای بادبند ودر فاصله ۲t ورق Gusset تشکیل شده ولی به علت بالا بودن سختی در اتصال وسط نسبت به سایر قسمتهای بادبند ، در این مود مفصل پلاستیک تشکیل نمیشود.
- در طول این کمانش محدود شده ، مقاومت و سختی زیادی توسط بادبندکششی تامین میشود تا بادبند فشاری بتواند به کمانش خود اد امه دهد .
- با افزایش تغییر مکان جانبی و همچنین افزایش نیروی کششی در بادبند کششی ، اتکای جانبی (سختی فنر معادل) در وسط نیز افزایش می یابد . این محدودیت جانبی که بادبند کششی بوجود می آورد به حدی بزرگ می شود که کمانش بادبند را در کل طول آن متوقف می کند .

- دراین حالت تغییرمکان اتصال وسط متوقف شده وکمانش محدود نشده حول محور ضعیف (داخل صفحه یا خارج صفحه) فقط در یک نیمه بادبند فشاری رخ می دهد . یعنی کمانش بادبند فشاری دوانحنائی شده و در مود دوم است (کمانش محدود نشده) . در این مود با افزایش بار محوری و اندرکنش آن با خمش ، مفصل پلاستیک فقط در وسط یک نصفه بادبند تشکیل میشود .
- ظرفیت جذب انرژی مود دوم بیشتر از مود اول می باشد ، ولی برای رسیدن به مود دوم باید الزامات طراحی لرزه ای طوری باشد که در مود اول ، سازه آسیب ندیده و نیز سازه بتواند تغییرشکلهای غیرارتجاعی و تشکیل مفصل پلاستیک در مود دوم را تحمل نماید . زیرا که تقاضای نیرویی و تغییرشکلی بیشتری در مود دوم به سازه تحمیل میشود و سایر قسمتهای سازه (اتصالات ، تیرها و ستونها و ...) نباید در مسیرتغییرشکلهای غیرارتجاعی بادبندها، آسیب ببینید .
- با وجود اینکه کمانش محدود شدۀ بادبند فشاری در کل طول خود (خارج از صفحه) در سطح تغییرمکانی کوچکی انجام می گیرد ولی ظرفیت باربری سیستم زمانی به حداکثر مقدار خود میرسد که کمانش محدود نشده در یک نصفه بادبند فشاری اتفاق بیافتد . ولی به علت کاهش کلی در سختی جانبی که بادبند کششی برای بادبند فشاری تامین میکند ، ممکن است بادبند فشاری در مودهای پایینی گسیخته شود .

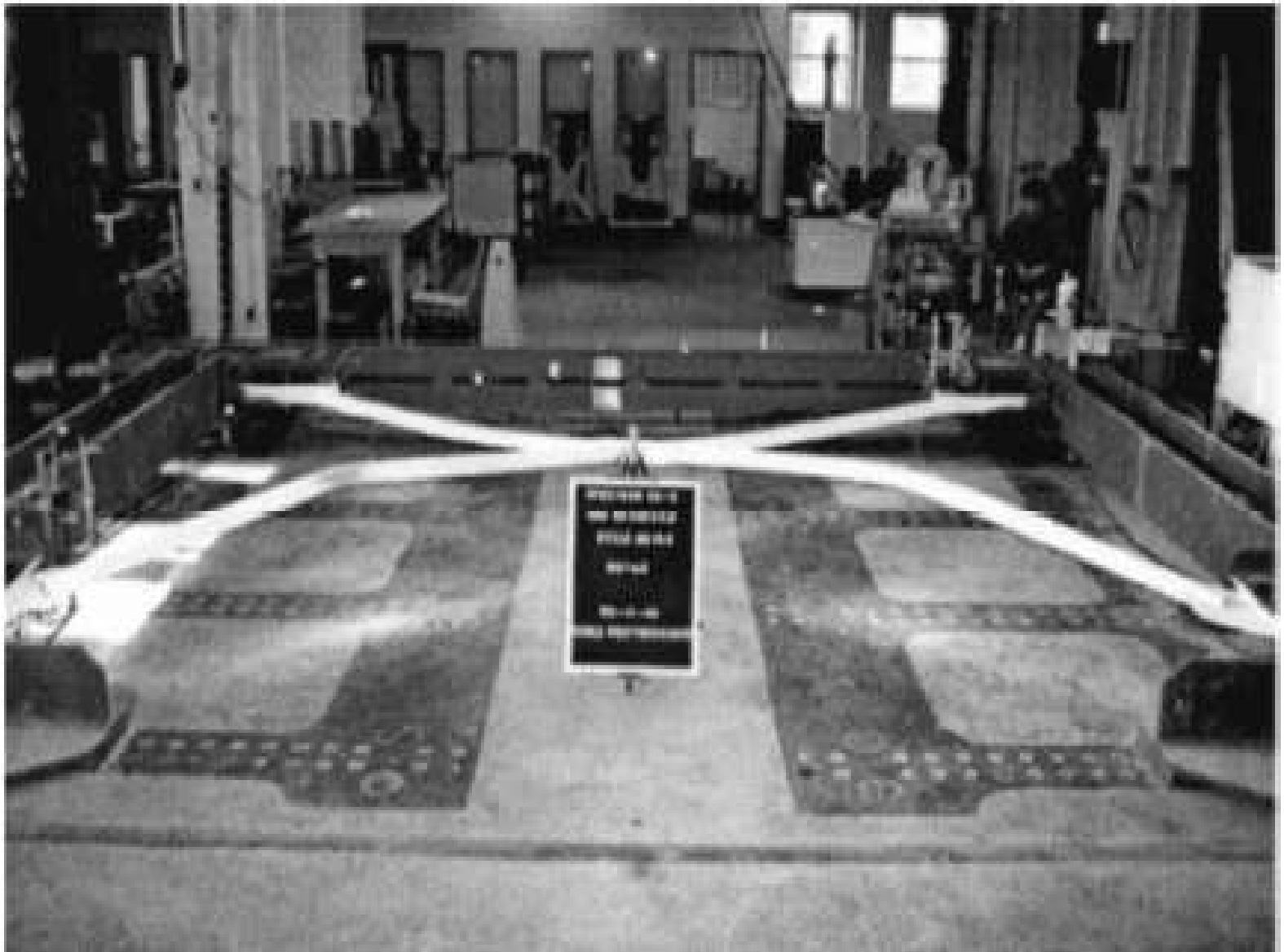
- *اتصال نوع ۱ که در همین بخش بدان اشاره شد ، نمی تواند شرایط کمانش مود دوم را برآ ورده نماید و تنها در مود اول ،انرژی لرزه ای را جذب می نماید . گرچه تا حدودی واردکمانش مود دوم می شود ولی نمی تواند تغییرشکلهای غیرارتجاعی تشکیل مفصل در وسط نصفهٔ بادبند را تحمل نماید . بنابراین جذب انرژی آن کمتر از اتصال نوع ۲ می باشد .*
- ***باید توجه شود که مطالب ذکر شده ، فقط برای سیستم بادبندی X متقارن که بااعمال بار جانبی در بادبند مکمل ، کششی ایجاد می شود ارزش دارد. پس باید سیستم طوری ساخته شودکه بار فشاری کمتری ناشی از بار ثقلی سازه دربادبندها تشکیل شود و یا اینکه حدالمکان نصب بادبندها را به تعویق انداخت و پس از اتمام اسکلت سازه این کار را انجام داد.***


d
L/4
L
d

- کمانش خارج از صفحه بادبندهای X زمانی که جهت بار جانبی به طرف چپ میباشدتغییر شکل بادبند به مود دوم کمانش رسیده و در وسط قطعه پایینی مفصل پلاستیک تشکیل شده است.



- در طی تسلیم کششی و کمانش غیر الاستیکی بادبندها ، افزایش طول دائمی و نیز انحناء ماندگار در بادبندهابوجود می آید که باعث بوجود آمدن تغییر شکل خارج از صفحه باقی مانده در تغییر مکان نسبی خیلی کم و نزدیک صفر میشود.

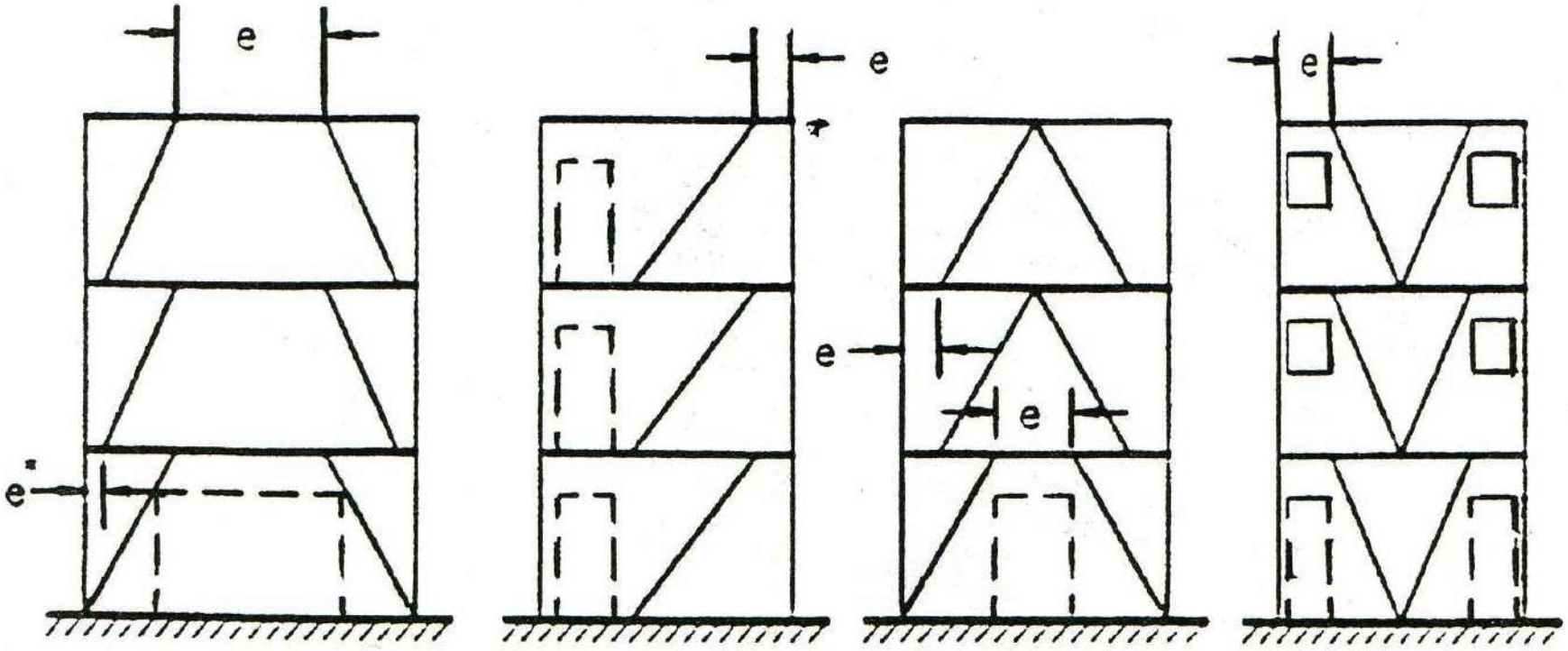


- با عوض شدن جهت بارجانبی این بار در مود دوم کمانشی ، کمانش محدوده نشده در قطعه پایینی بادبند دیگر رخ داده ومفصل پلاستیک نیز در آن تشکیل میشود.

اثر لاغری بر منحنی هسیترزیس بادبندهای X

- مطالعات نشان داده اند که با کاهش لاغری بادبندها ، ظرفیت جذب انرژی آنها بیشتر می شود.
- با دبندهایی که نسبت لاغری آنها کمتراست ، تغییرشکلهای شدید پلاستیک پس از کمانش را متحمل میشو ند و در نتیجهٔ انحنای ناشی از بخش غیرارتجاعی ، کمانش موضعی بزرگی بوجود می آید که منجر به گسیختگی بادبندها میشود .
- درتستهای انجام گرفته، نشان داده شده است که مفهوم طول موثر که از تئوری الاستیک توسعه یافته است در محدوده غیرالاستیک نیز برای تعیین توانایی بادبندها در جذب انرژی ورودی لرزه ای می تواند استفاده شود .
- مطالعات تحلیلی که Hohbach & Stoman انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بادبند کششی می تواند اتکای موثری در نقطه اتصال وسط برای بادبند فشاری تامین نماید .

❑ سیستم قاب مهاربندی شده واگرا (EBF)



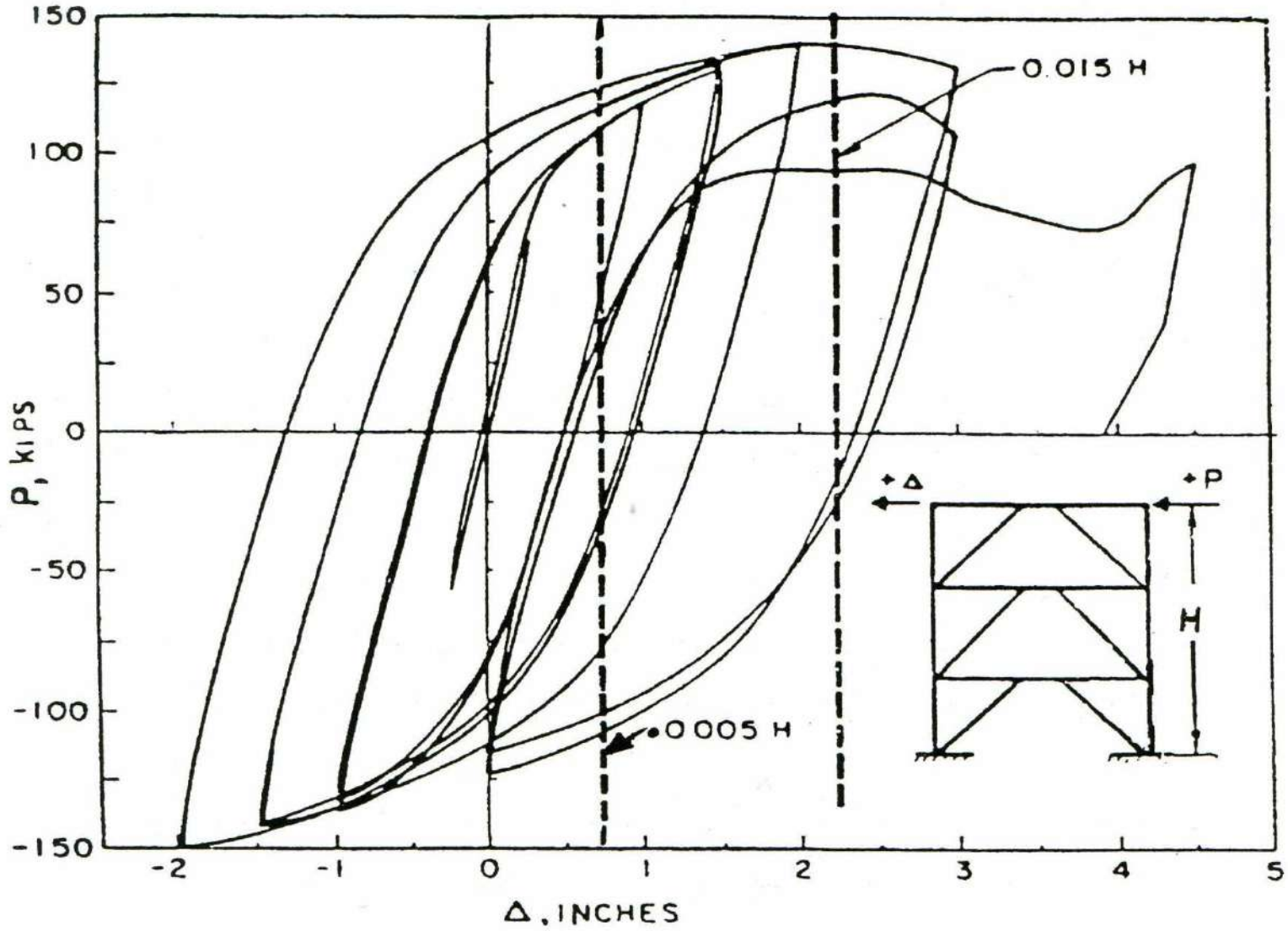
- نمونه هایی از سیستمهای مهاربند واگرا

- روش مهاربند واگرا ترکیبی از مقاومت وسختی قاب مهاربندی شده هم مرکز ورفتار غیر ارتجاعی وقدرت جذب انرژی قاب خمشی است.
- این سیستم که بوسیله Popov وهمکاران در دانشگاه کالیفرنیا ابداع شده،بین اتصال مهار بند وتیر تعمداً خروج از مرکزیت ایجاد می گردد.طول این جزء کوچک تیر(قسمتی از تیر که بین مهار وستون یا بین دو مهار قرار می گیرد) با کلمه e نشان داده شده ودارای این مزیت می باشد که می تواند نیروهای بادبندی را از طریق خود به ستون یا بادبندی های دیگر انتقال دهد ونهایتاً نیروهای متعادلی را به بادبند وارد سازد.
- در این سیستم جزء کوچک تیر مانند فیوز شکل پذیری عمل می کند ودر حالیکه از کمانش مهار جلوگیری می نماید مقدار زیادی انرژی وارده ناشی از زلزله را نیز جذب می کند.

- ***شکل پذیری بالا در قابهای EBF را می توان ناشی از دو عامل دانست :***

- *۱- هنگام وقوع یک زلزله شدید تغییر شکل غیر ارتجاعی محدود به تیر پیوند شده و نهایتاً این جزء تیر باید طوری طراحی شود که بتواند تغییر شکلهای بزرگ غیر ارتجاعی را بدون از دست دادن مقاومت تحمل نماید.*
- *۲- مهاربندی ها طوری طراحی می شوند که حتی در مقابل بارهای جانبی شدید هم کمانه نکنند.*

- از نکات مهم در طراحی این قابها تعیین طول پیوند e وفراهم آوردن سخت کننده های مناسب برای جان تیر می باشد. هر قدر طول پیوند بلندتر باشد رفتارپیوند به پیوند خمشی نزدیکتر می شود.
- برابر آزمایشات انجام شده جذب واستهلاک انرژی تسلیم برشی بمراتب بیشتر از تسلیم خمشی در تیر پیوند می باشد.

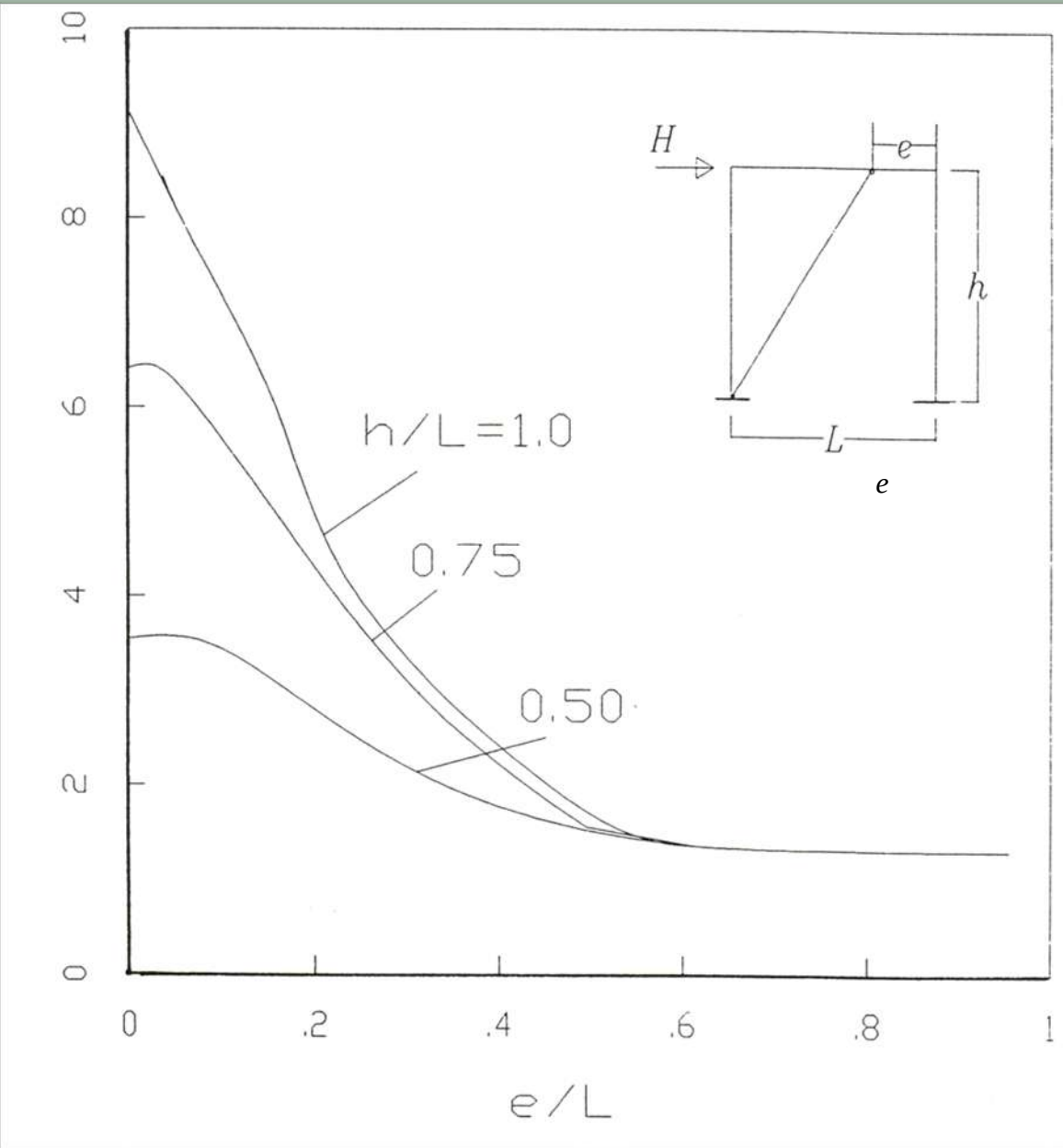


- *حلقه های پس ماند این قاب شبیه به قاب MRF پایدار بوده واین امر بخاطر جلوگیری از کمانش بادبندها وعدم کاهش مقاومت قاب در تغییر شکلهای غیر ارتجاعی تیر پیوند می باشد.*

▪ مزایای دیگر قابهای واگرا :

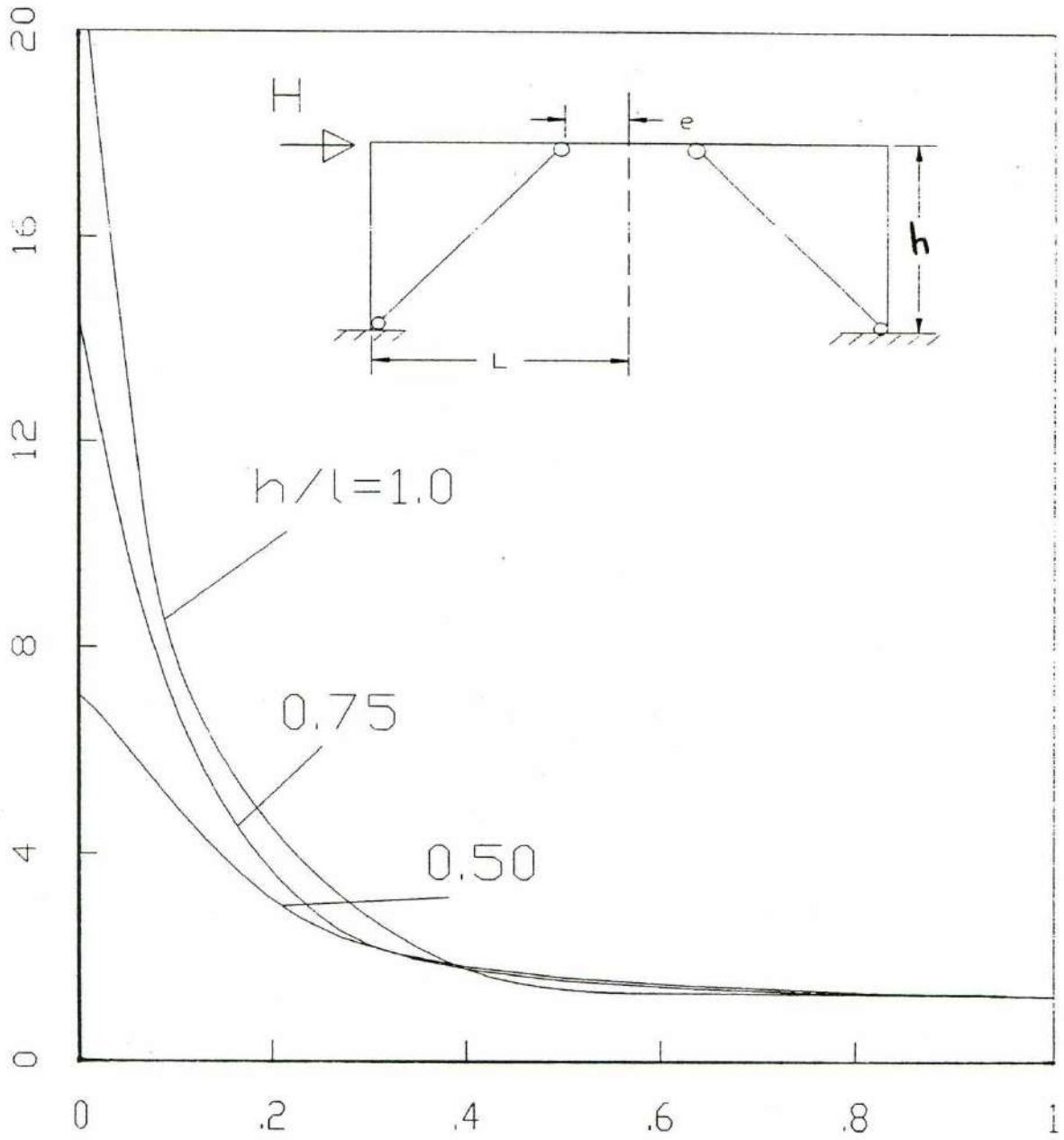
- کاهش تغییر مکان جانبی در مقایسه با قابهای خمشی
- قابل استفاده در ساختمانهای بلند
- کاهش نیروهای تکیه گاهی ولنگر به منظور کاهش ابعاد پی
- امکان تغییر سختی سازه در ارتفاع برای جبران نامنظمی سازه با تغییر اندازه اعضاء وطول تیر پیوند
- کاهش اثر P-Δ در مقایسه با سیستم قاب خمشی
- امکان تعبیه بازشو در مقایسه با قاب مهاربند همگرا

خصوصیات مهاربندهای واگرا



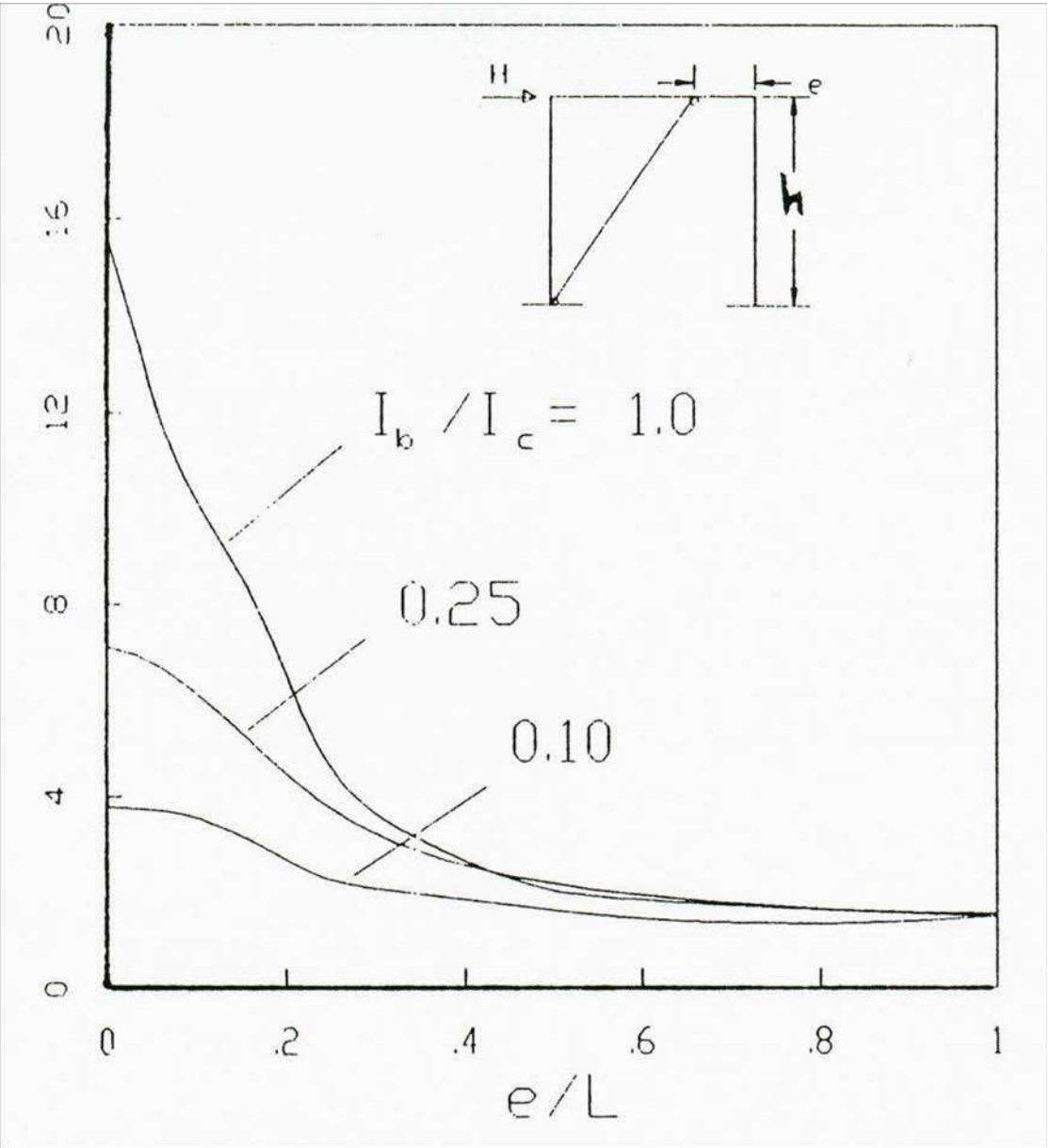
- ۱- سختی قاب
- - اثرتغییر طول پیوند

- برای نسبت $e/L>0.5$ سختی قابل ملاحظه ای ایجاد نمی شود .افزایش سختی به وضوح از نسبت $e/L\leq0.5$ آغاز میشود.


H
e
h
L
h/l=1.0
0.75
0.50
0
4
8
12
16
20
0
.2
.4
.6
.8
1
e/L

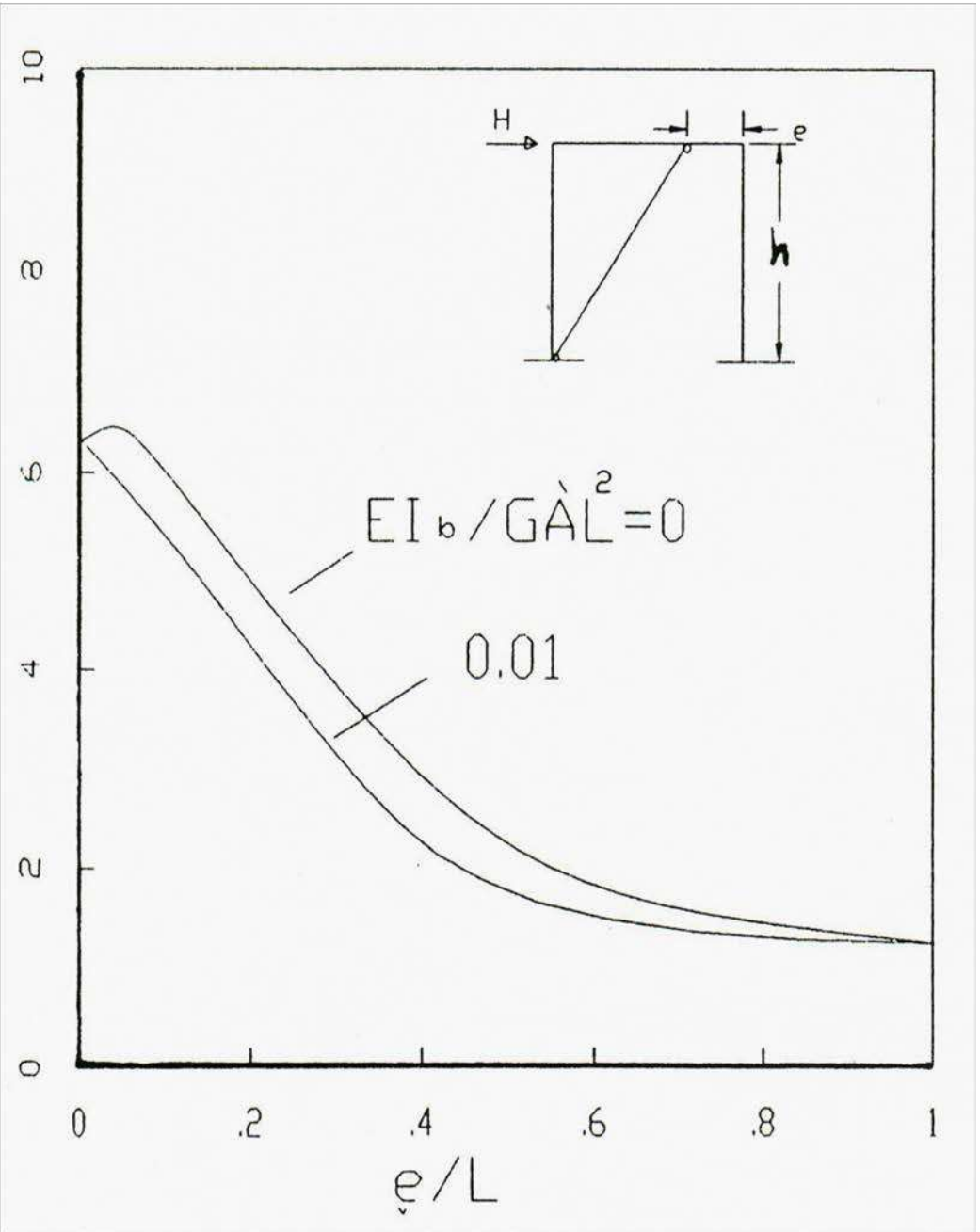
- ***اثر اندازه مقطع تیر وستون***

- بیشترین سختی در حالتیکه است که مقاطع تیر وستون دارای اندازه های یکسانی باشند.

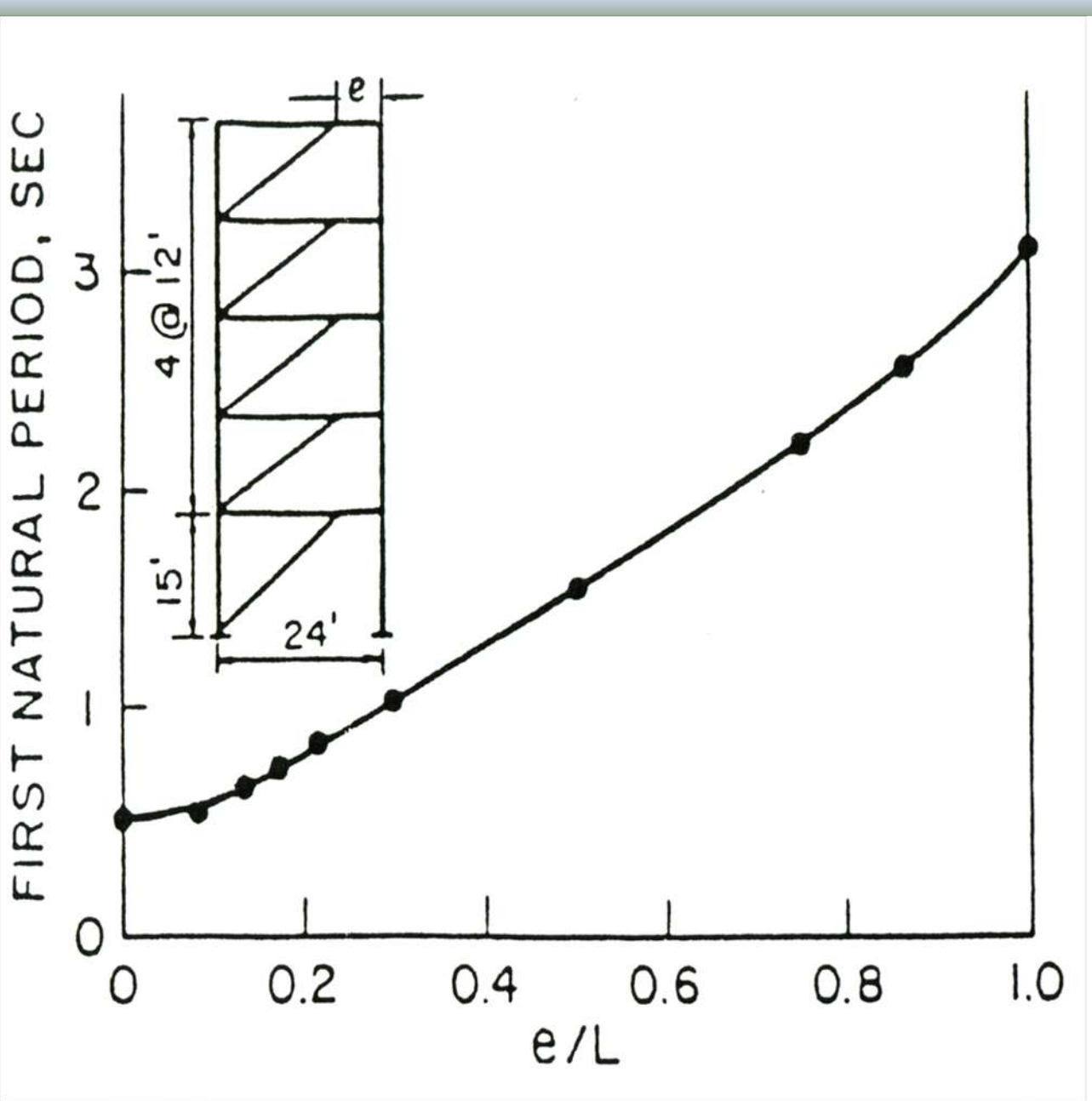


- ***- اثر تغییر شکل برشی تیر پیوند***

- هرچه سختی برشی بیشتر باشد، سختی نسبی قاب برای حالت $e/L<0.5$ نیز بیشتر می باشد.



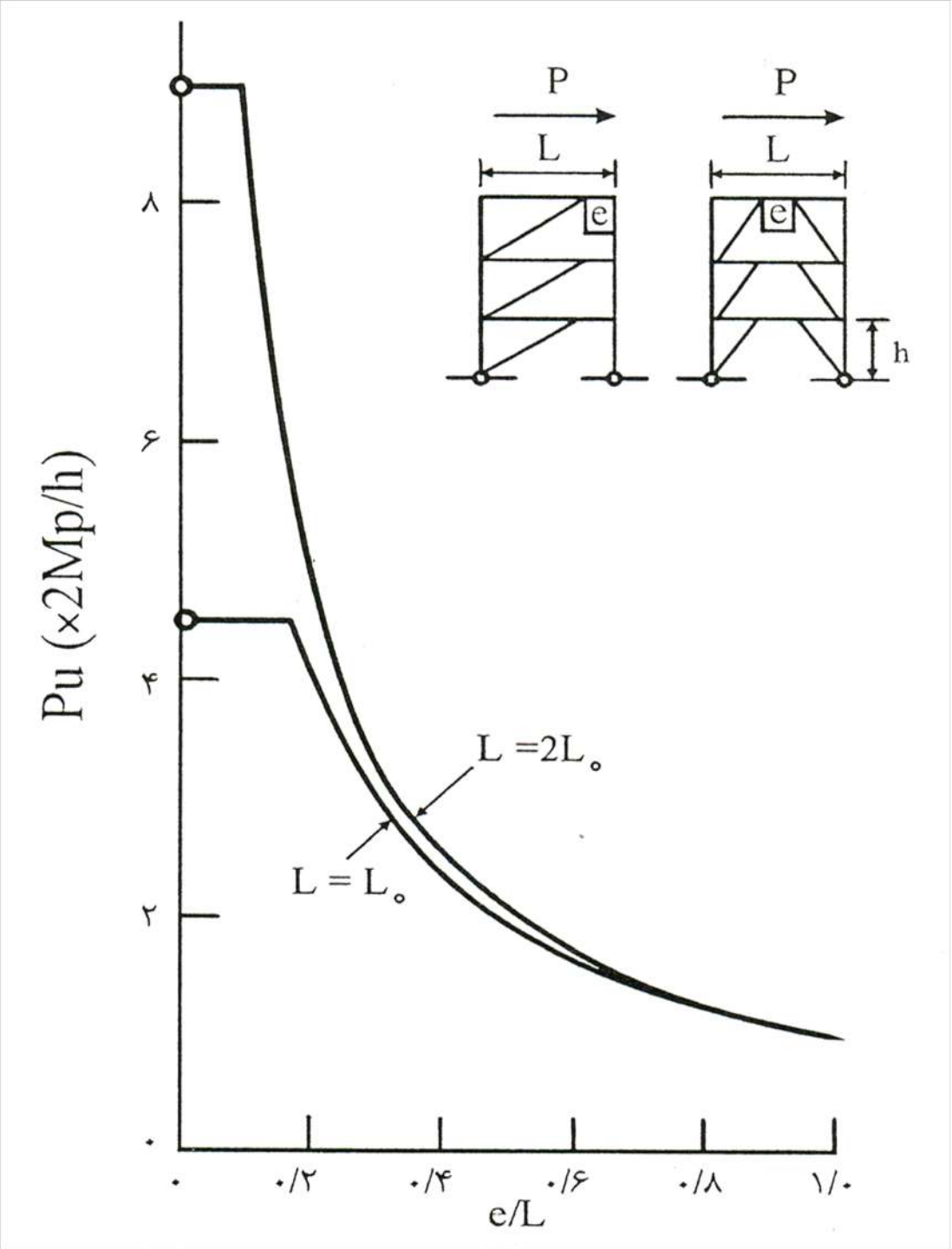
زمان تناوب قاب



- زمان تناوب نیز تابع طول تیر پیوند می باشد.
- با کاهش طول تیر پیوند ،سختی قاب افزایش، و زمان تناوب آن کاهش می یابد.

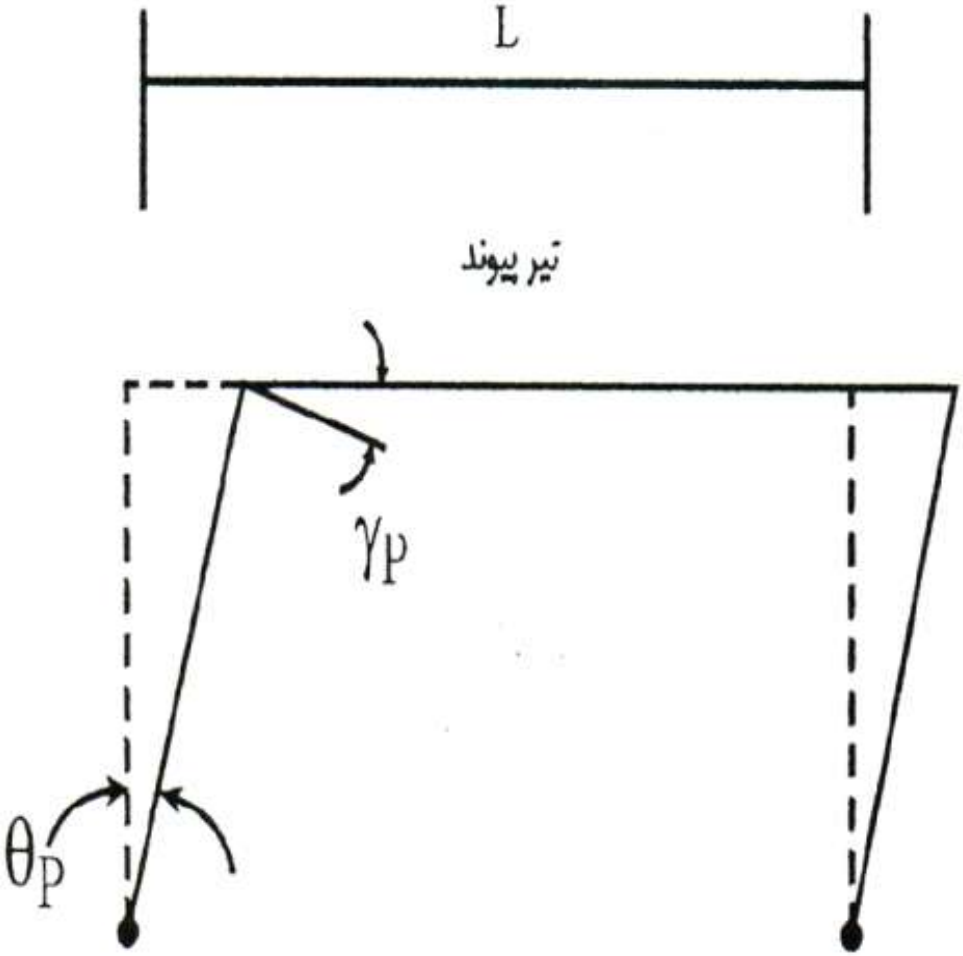
مقاومت نهائی قاب

- مقاوت نهائی قاب با کاهش نسبت e/L به سرعت افزایش می یابد.
- با کاهش نسبت e/L ظرفیت برشی تیر پیوند تعیین کننده مقاومت نهائی قاب خواهد بود.
- مقاومت نهائی یک قاب تابعی از نسبت Mp/LVp می باشد.
- نسبت e/L=2Mp/Vp حد بین تسلیم برشی وخمشی تیر پیوند است.



▪ مکانیسم جذب انرژی

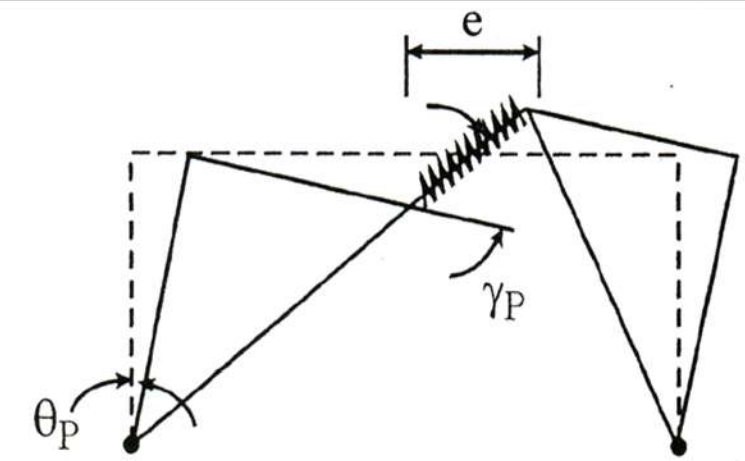
- در طراحی قابهای واگرا باید دوران پلاستیک مورد نیاز تخمین زده شود.سپس این عدد با دوران پلاستیکی که تیر پیوند می تواند تأ مین کند مقایسه شود.
- روش مناسب برای تخمین دوران مورد نیاز استفاده از مکانیسم جذب انرژی EDMS (Energy Dissipation Mechanism) است که براساس فرض رفتار پلاستیک اعضای قاب بنا نهاده شده است.
- هدف کنترل محل تشکیل مفصل پلاستیک در مکانیسم واطمینان از مناسب بودن دوران پلاستیک مورد نیاز در مقایسه با دوران پلاستیک موجود در سیستم می باشد.
- براساس مفهوم مکانیسم جذب انرژی دوران پلاستیک مورد نیاز تیر پیوند تنها به هندسه قاب بستگی دارد وبا نحوه تسلیم تیر پیوند در برش یا خمش ارتباطی ندارد.



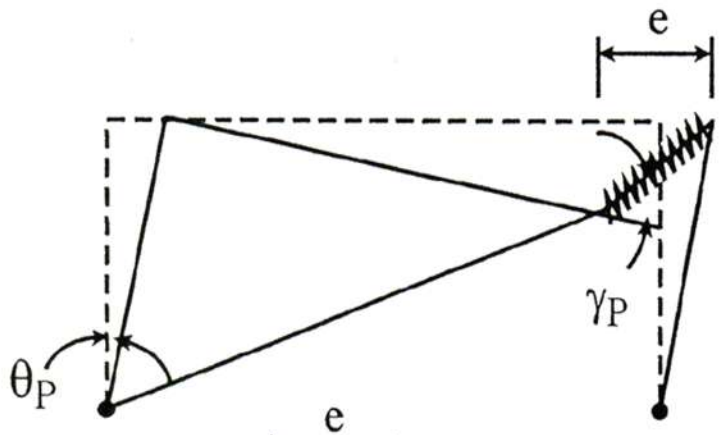
$\gamma_P = \theta_P$

- *دوران مورد نیاز در مفصل پلاستیک*

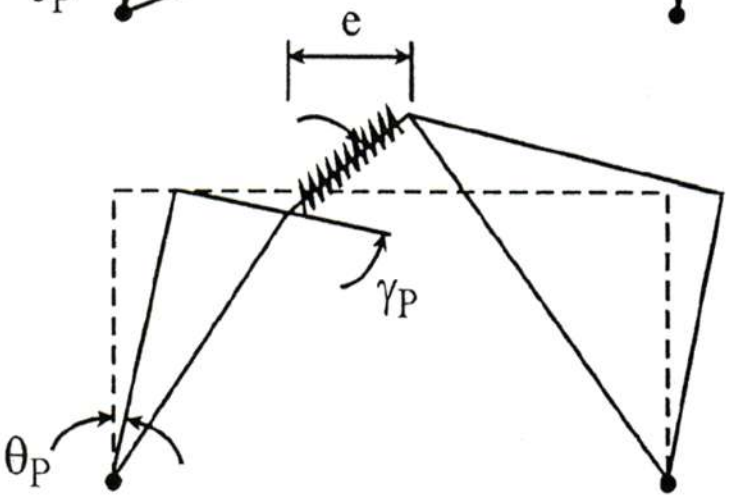
- دوران پلاستیک در تیر پیوند مهاربند واگرا
- در هر تراز یک تیر پیوند



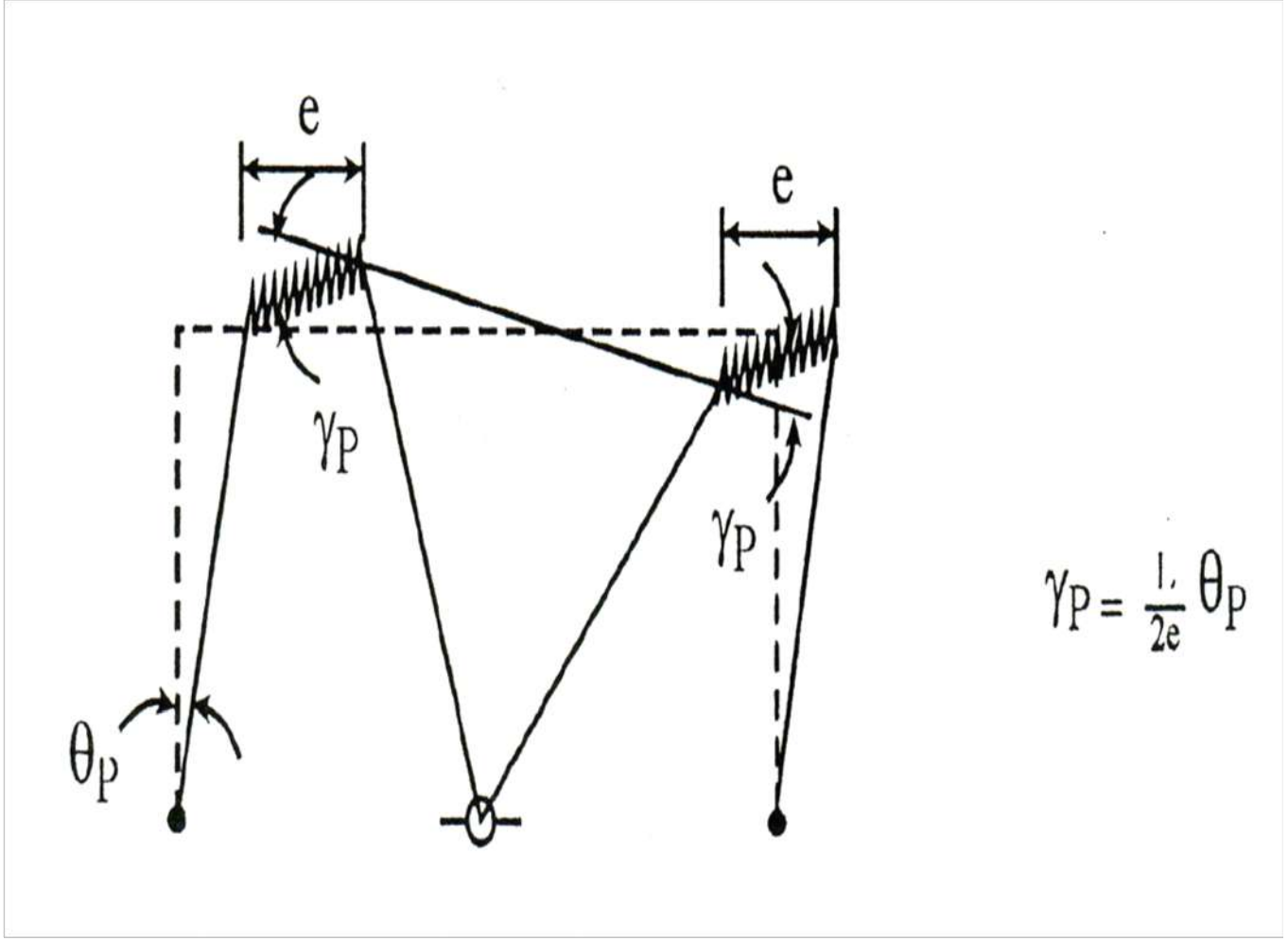
$$\gamma_P = \frac{L}{e}\theta_P$$



$$\gamma_P = \frac{L}{e}\theta_P$$

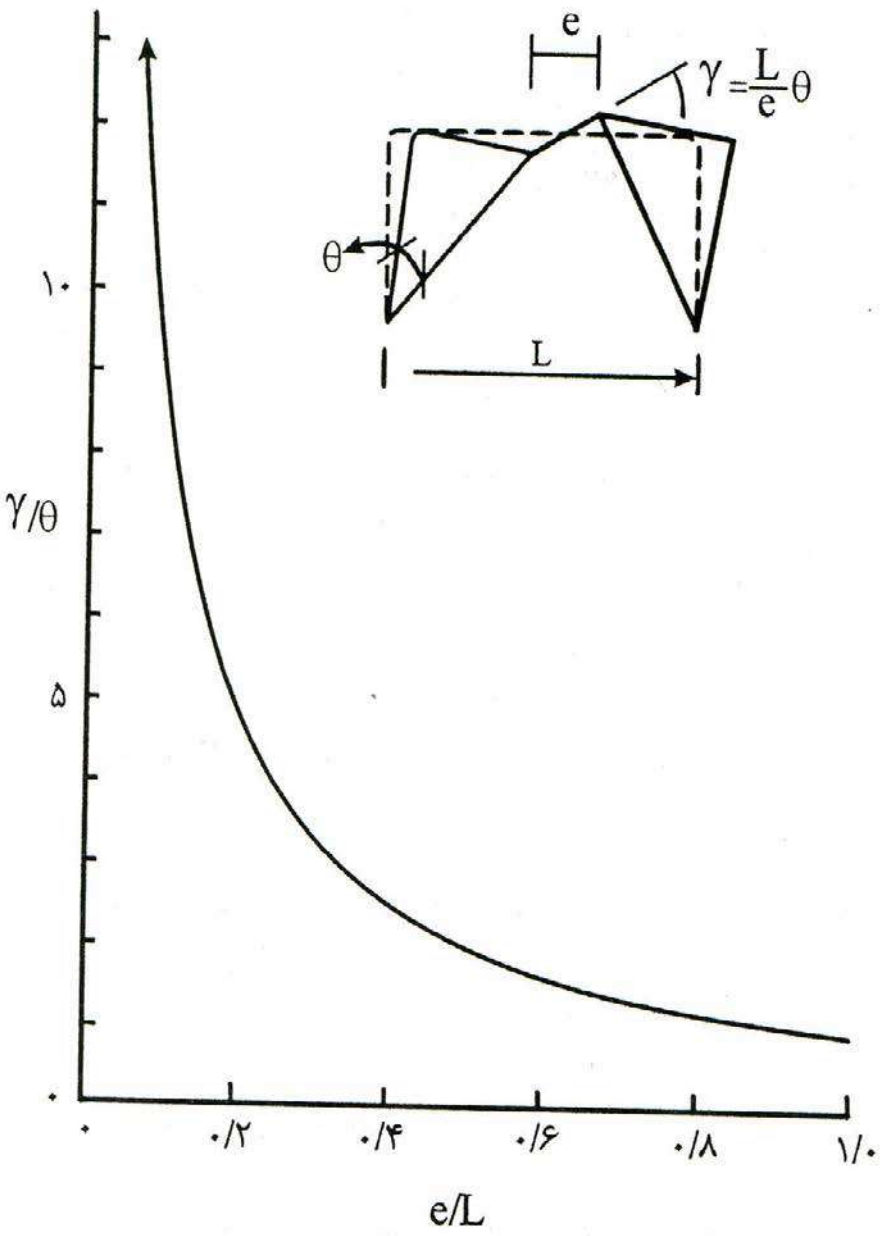


$$\gamma_P = \frac{L}{e}\theta_P$$



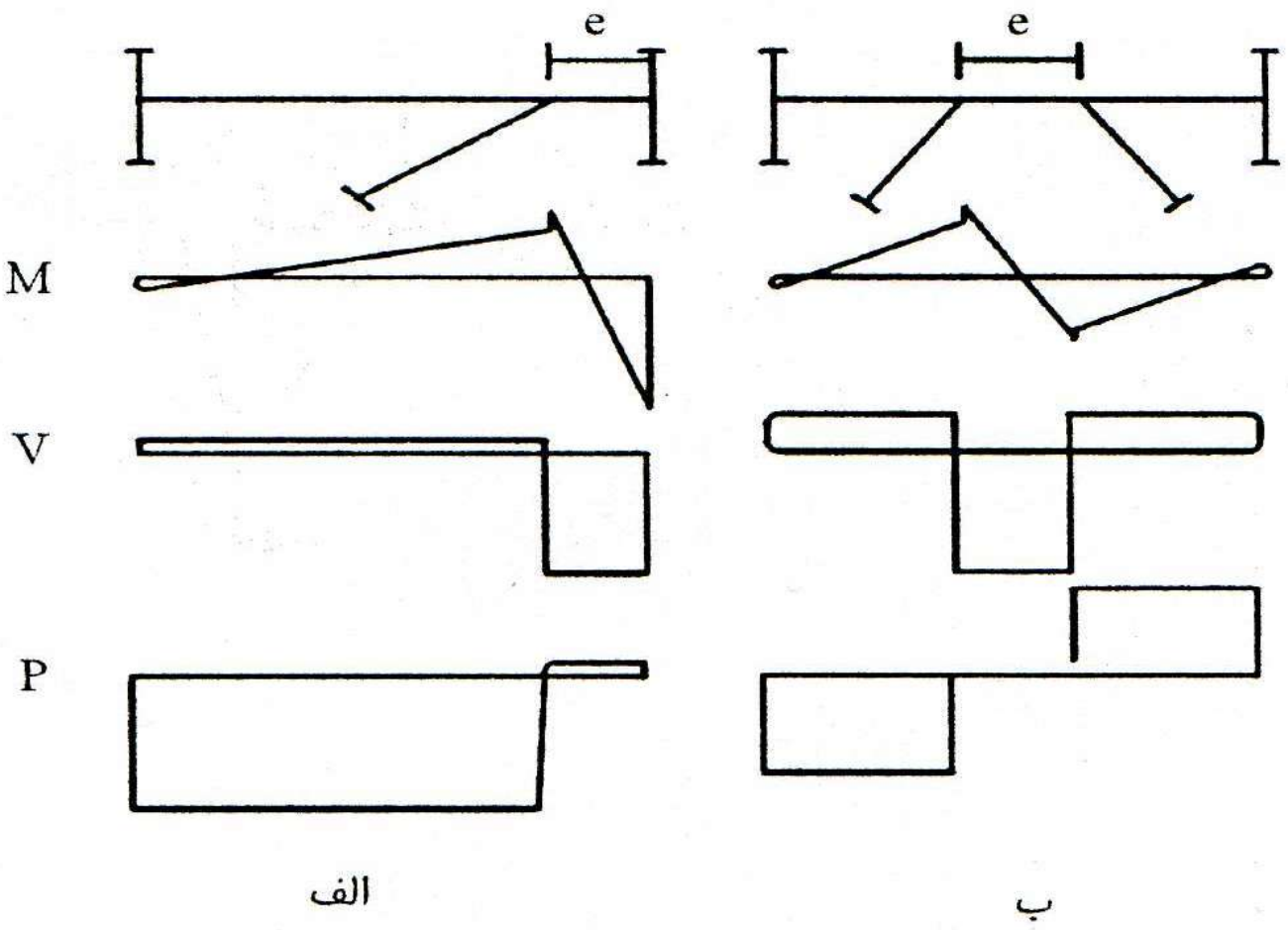
- *دوران پلاستیک در تیر پیوند مهاربند واگرا*
- *در یک تراز دو تیر پیوند*

تغییرات دوران مورد نیاز تیر پیوند در مقابل نسبت e/L



- دوران مورد نیاز با کاهش نسبت e/L به سرعت افزایش می یابد.
- دوران های بزرگ پلاستیک با تسلیم برشی پیوند ها ی کوتاه حاصل می شوند.
- اگرچه پیوندهای خمشی بلند توانائی دورانهای پلاستیک را ندارند،دوران مورد نیاز آنها نیز خیلی کمتر است.
- به عنوان مثال افزایش نسبت e/L از ۰/۱ به ۰/۲ دوران مورد نیاز تیر پیوند را نصف میکند.

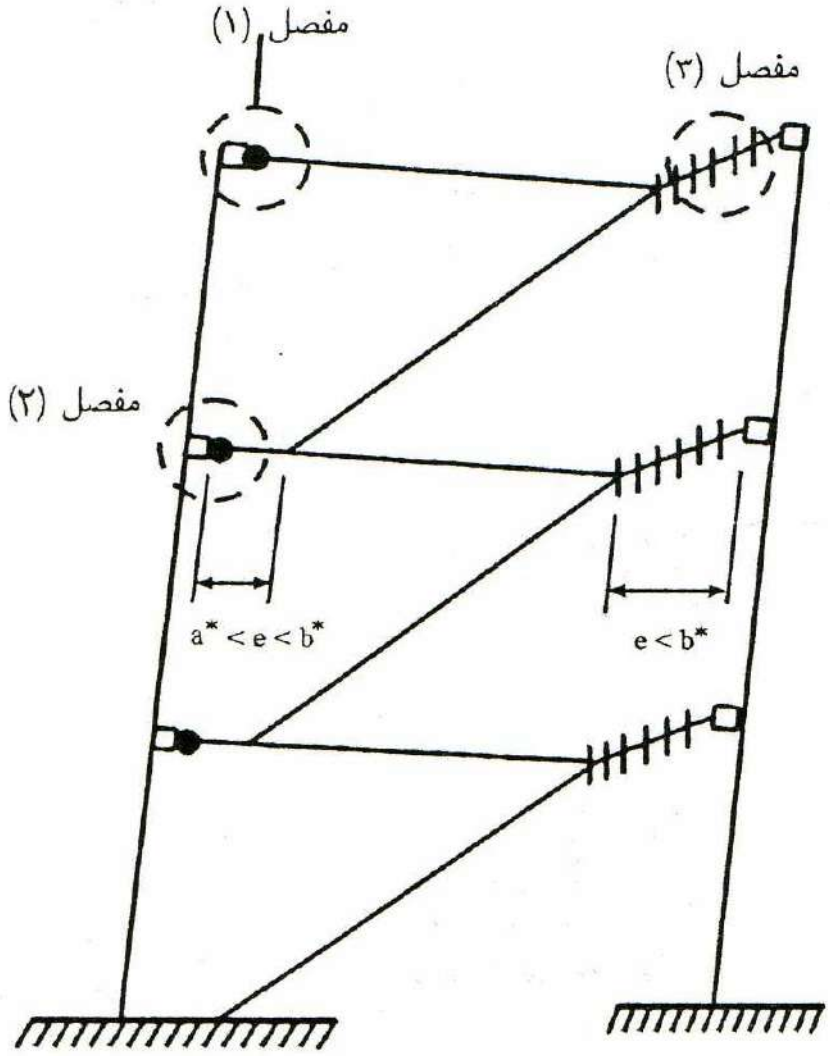
■ نیروهای داخلی در تیرها وتیر پیوند

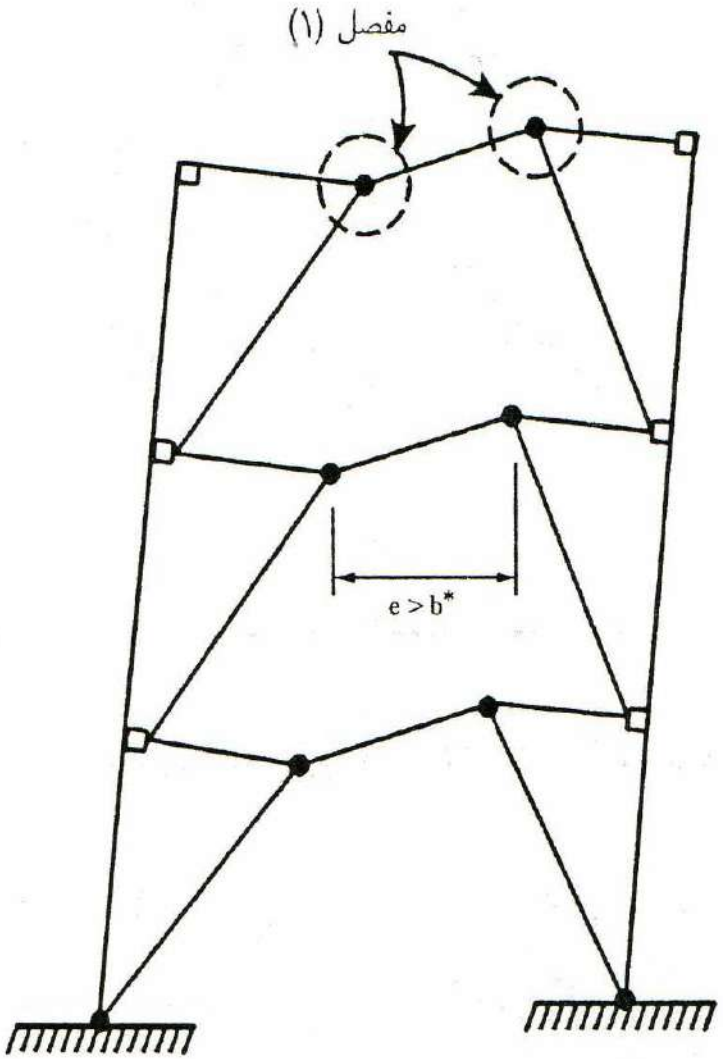


- تیر پیوند در کل طولش تحت برش ولنگر انتهایی قابل توجه ونیروی محوری نسبتاً کمی است.
- قسمت خارج از تیر پیوند تحت بار محوری زیاد ولنگر خمشی انتهایی قابل توجهی است.
- با کوتاه شدن تیر پیوند نیروی برشی به طور قابل توجهی افزایش وسیستم واگرا نیز سخت تر میشود.

▪ مرز بین پیوندهای برشی وخمشی

- تحت یک زلزله شدید مفصل های خمیری در سیستم ایجاد می شوند که نوع این مفصل ها بیانگر رفتار خمشی یا برشی می باشند.احتمال تشکیل سه مفصل در این سیستم وجود دارد.
- *الف – مفصل پلاستیک ایجاد کننده لنگر Mp (مفصل ۱)*
- *ب - مفصل پلاستیک ایجاد کننده لنگری بیش از M^*p وکمترازMp که به طور همزمان تحت نیروی برشی زیادی قرار می گیرد (مفصل ۲)*
- *ج - مفصل پلاستیک با لنگری مساوی یا کمتر از M^*p که همزمان با جاری شدن جان در برش همراه می شود(مفصل ۳)*
- ***Mp=Z Fy***
- ***M^*p=Fy (d-tf)(bf-tw) tf***
- ***Vp=0.55 d tw Fy***


مفصل (۱)
مفصل (۳)
مفصل (۲)
a* < e < b*
e < b*


مفصل (۱)
e > b*

- هنگامی که لنگرهای انتهائی مساوی باشند، Ma=Mb=M
- در این صورت معادله استاتیکی تیر پیوند

- $V_p e^* = 2M^*_p$
- $e^* = 2M^*_p / V_p$

- که نشان دهنده مرز تئوری تقسیم بین پیوندهای برشی وخمشی است.بنابراین :
- اگر $e<e^*$ باشد، برش پیوند قبل از آنکه لنگر دو انتهایش به Mp برسد به Vp میرسد وپیوند تحت اثر برش تسلیم میشود.
- اگر $e>e^*$ باشد، قبل از آنکه برش تیر پیوند به Vp برسد لنگرهای انتهائی تیرپیوند به Mp میرسند ومفصل های خمشی در دو انتهای تیرپیوند تشکیل می گردند.
- اگر لنگرهای انتهایی تیر پیوند به 1.2Mp(جهت جلوگیری از کرنشهای خمشی مخرب یا خرابی بال پیوند در نقطه اتصال به ستون) محدود شوند، وبرش تیر پیوند به 1.5Vp(با در نظر گرفتن سخت شدگی مجدد فولاد) برسد، در این صورت مرز تقسیم بندی برابر میشود با:

$$e = \frac{2 \times (1.2M_p)}{1.5V_p} = 1.6\frac{M_p}{V_p}$$

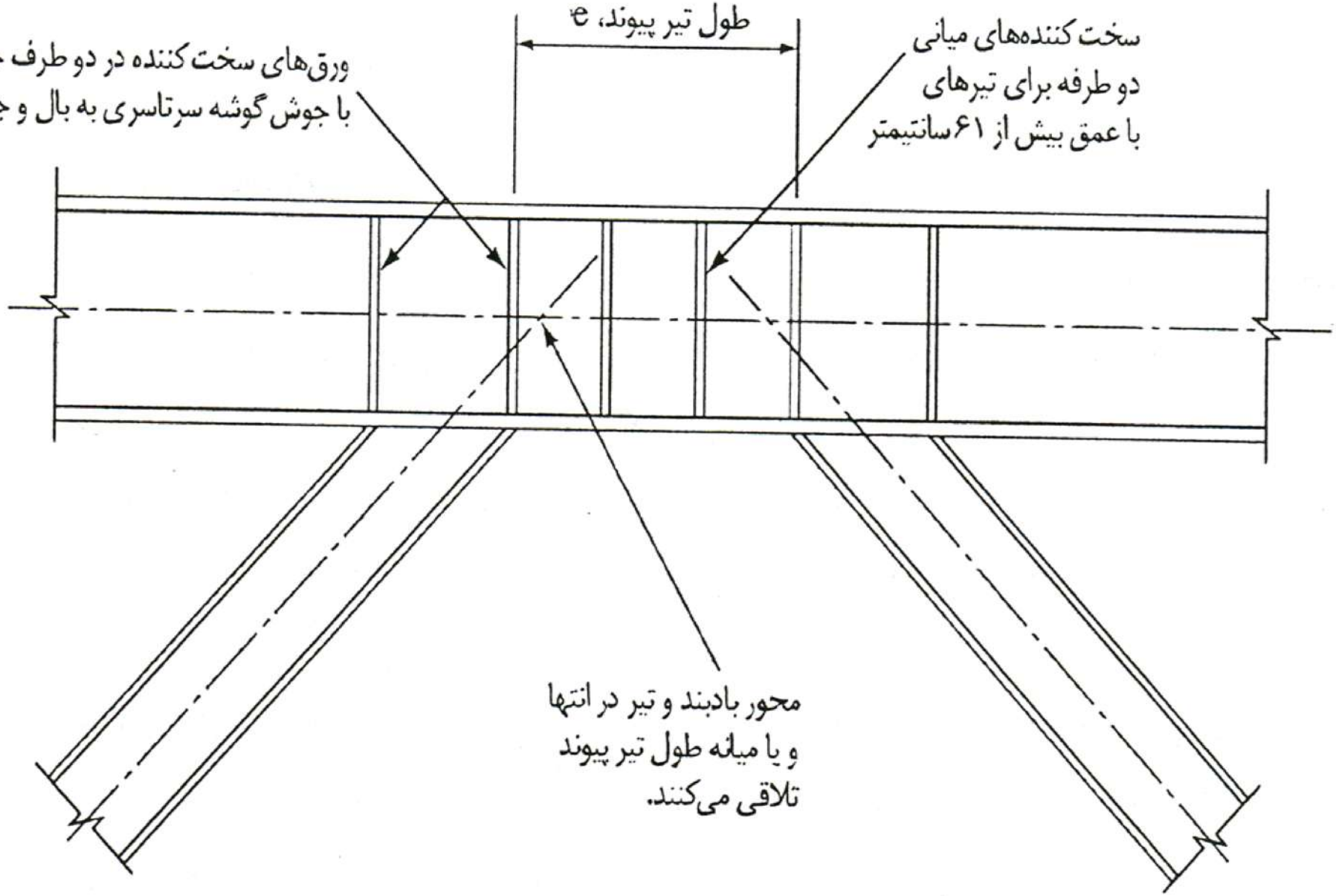
- بنابراین :
- $e < \frac{1.6M_p}{V_P}$ تسلیم تیر پیوند برشی است.
- $\frac{1.6M_p}{V_p} < e < \frac{2.5M_p}{V_p}$ تسلیم توأم خمشی وبرشی در تیر پیوند.
- $e > \frac{2.5M_p}{V_p}$ تسلیم تیر پیوند خمشی است.

- تیرهای پیوند کوتاه ، سختی ومقاومت بالایی برای قاب نتیجه می دهند.دوران زیادی را متحمل میشوند وتوانائی زیادی در فراهم آوردن دوران های پلاستیک با تسلیم برشی دارند.
- در تیرهای پیوند کوتاه، کمانش برشی غیر ارتجاعی جان کنترل کننده حالت خرابی میباشد که میتوان با تقویت کننده های جان کنترل نمود.

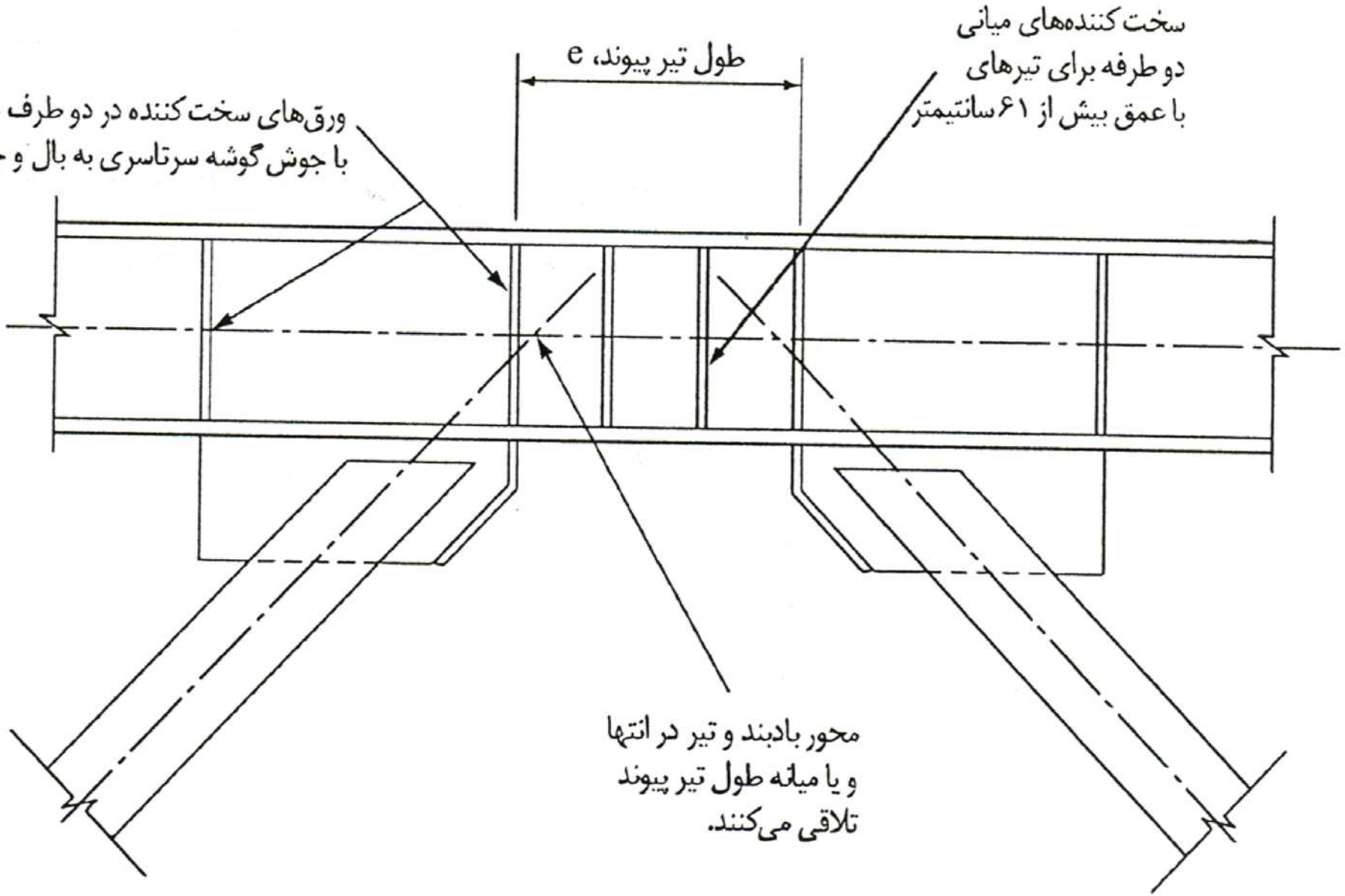
- پیوندهای بلند، ضمن آنکه مقاومت وسختی کمتری دارند ،نیاز دورانی کمتری را نیز دارا می باشند.
- در تیرهای پیوند بلند، مکانیسم خرابی با تغببرشکل خمشی بزرگی توأم است.در این حالت ترکیبی از کمانش بال،کمانش فشاری جان ویا کمانش جانبی پیچشی مورد انتظار است.همچنین به علت اثر کرنش خمشی بزرگ در انتهای تیر پیوند، امکان شکست اتصالات جوشی می تواند یک مد خرابی باشد.

ظرفیت دورانی پلاستیک تیرهای پیوند

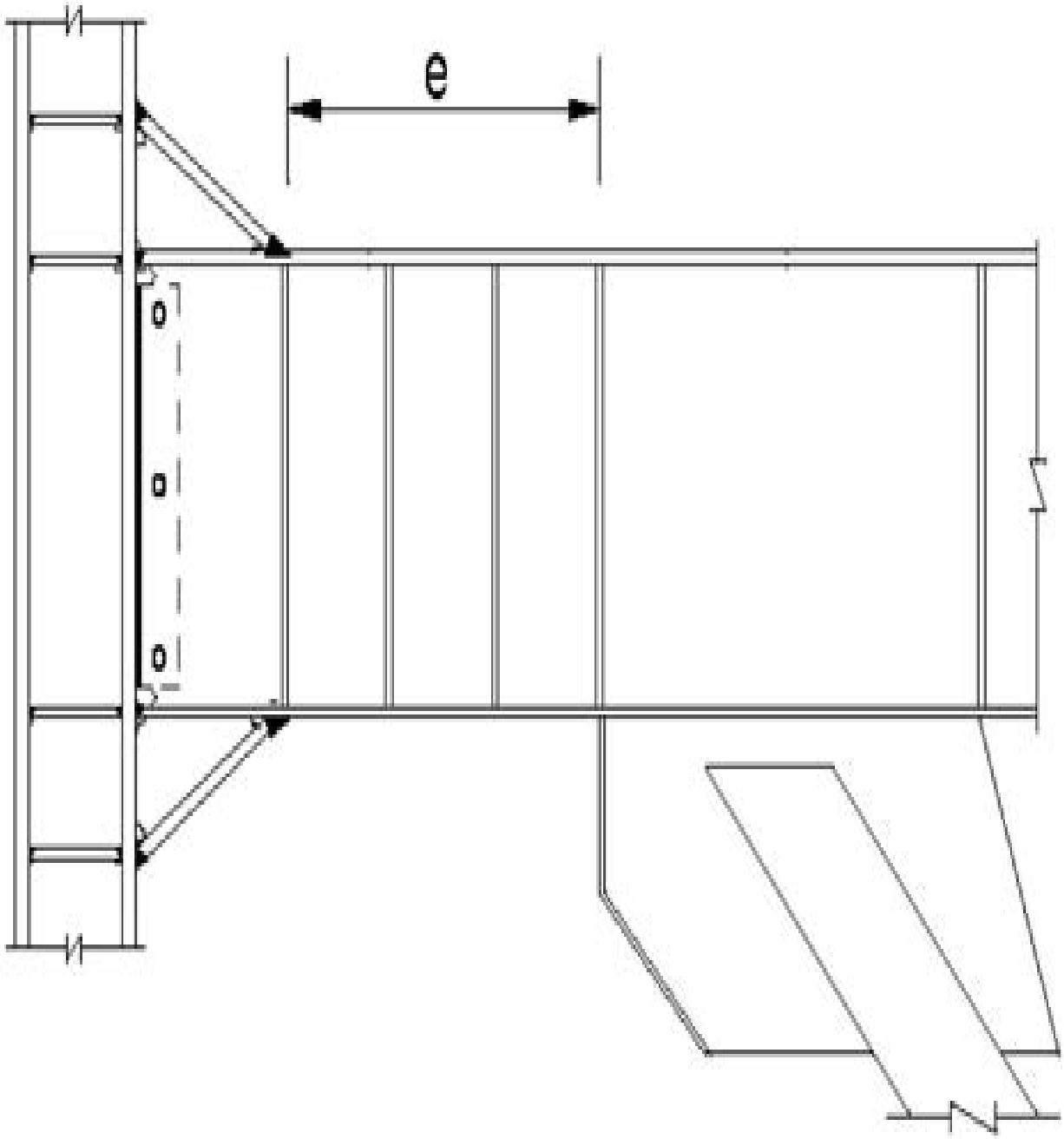
- توانائی تیر پیوند برای تحمل دوران پلاستیک بدون از دست دادن مقاومت،ضابطه اصلی طراحی قاب های واگرا است.
- نیاز دوران پلاستیک تیرهای پیوند با استفاده از مکانیسم های جذب انرژی تخمین زده میشود وممکن است ۵ تا ۱۰ برابر بزرگتر از دوران پلاستیک یک تیر قاب خمشی باشد.
- تیرهای پیوند کوتاه که به خوبی تقویت شده اند می توانند دوران پلاستیک تا $\gamma p=0.1\ rad$ را تحت بارهای تکراری تحمل نمایند.
- در تیرهای پیوند بلند دوران نهایی حداکثر $\gamma p=0.03\ rad$ انتظار میرود.



سیستم واگرا با مقطع بادبندی I شکل



سیستم واگرا با مقطع بادبندی غیر I شکل


e