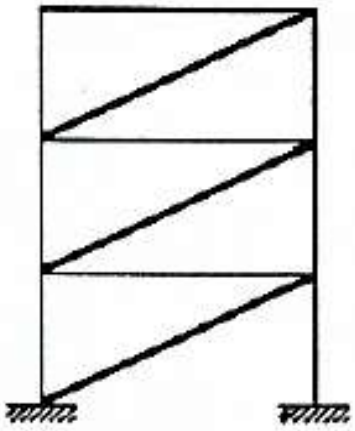
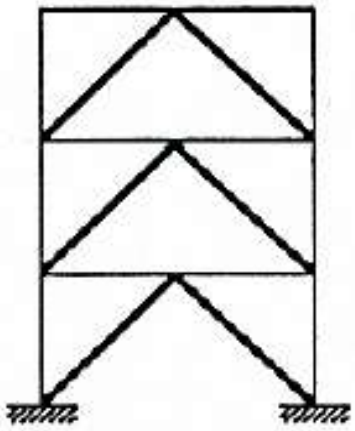
بسم الله الرحمن الرحيم

سیستم های متداول جذب انرژی در سازه های فولادی

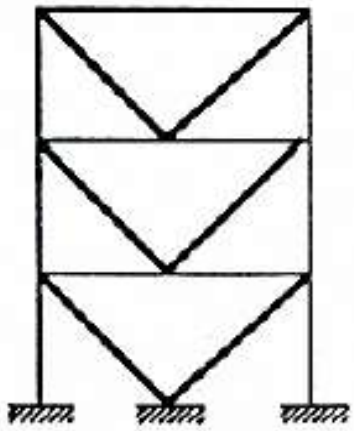
❑ سیستم قاب مهاربندی شده هم مرکز(CBF)



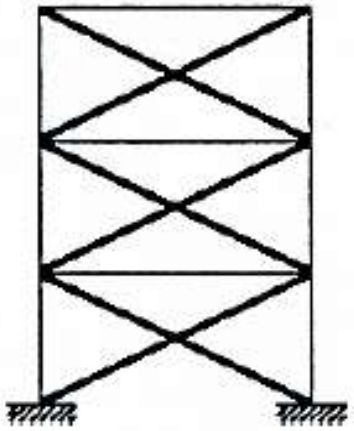
(a) Diagonal Braced CBF



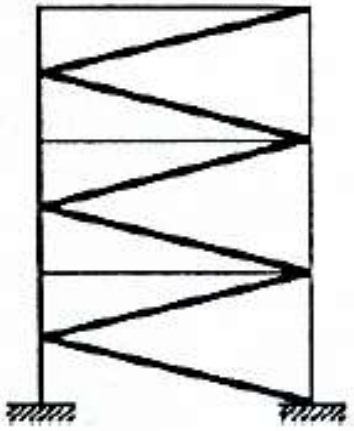
(b) Inverted V-Braced CBF



(c) V-Braced CBF



(d) X-Braced CBF



(e) K-Braced CBF

ویژه گی های مهاربند های هم مرکز

- به خاطر هندسه بادبندهای همگرا ، این نوع سیستم عمل خرپائی را بطور کامل با اعضائیکه در محدوده الاستیک وتحت بارهای محوری هستند، ایجاد کرده و با تأمین سختی و مقاومت جانبی زیاد و عملکرد مناسب آن در زلزله ها، ازمتداولترین سیستم های باربر جانبی است.
- *قابلیت تعمیرپذیری در صدمات شدید ونیز تشکیل یک سیستم باربر جانبی مکمل با عملکرد مناسب بصورت سیستم مختلط .*
- *بادبندهای همگرا باشکل پذیری ویژه می توانند تغییرشکلهای پلاستیک را تحمل نموده و انرژی هیسترزیس را با رفتار پایدار و در طی سیکلهای متوالی با تسلیم کششی و کمانش غیرارتجاعی در فشارجذب نمایند.*
- بادبندها به عنوان عضو کنترل شونده توسط تغییرمکان(displacement controlled) میشوند وسایر اعضای سازه ای و اتصالات به عنوان عضو کنترل شونده توسط نیرو (force controlled) میشوند و در نتیجه رفتار شکل پذیر سازه تأمین میشود.

- *رفتار سیکلی بادبندها شامل پدیده های کمانش غیرارتجاعی ، تسلیم بادبند، کمانش موضعی ، کاهش ظرفیت در رفتارپس از کمانش ، اثرات بوشینگر و سخت شده گی کرنش در کشش می باشد. این پدیده ها تقاضای قابل توجهی در سایراعضاء و اتصالات بادبندها بوجود می آورند.*
- ***زلزله های شدید گذشته نشان داده اند که سیستم بادبندی همگرا، گرچه یک سیستم مناسب در مقابل بار جانبی و زلزله می باشد ولی ممکن است عملکرد خوبی نداشته باشند و رفتار ایده ال آنها که قبلا ذکر شد، حاصل نشود مگر اینکه سایراعضای قاب و اتصالات آنها را مطابق الزامات لرزه ای طرح کرده باشیم و رفتار پایدار و ایمن آنها را در برابر مکانیسمهای شکست طراحی نشده، تثبیت کرده باشیم.***

- *عملکرد غیرالاستیک قابل اطمینان بادبندها، نیازمند ایجاد مسیر مناسب و آزاد برای تغییرشکلهای پس از الاستیک و قابل پیشگوئی بودن رفتار کمانشی است.*
- تغییرشکل غیرارتجاعی پایدار بادبندها، منبع اصلی جذب انرژی زلزله است. برای اینکار وبرای محافظت سایر اعضای غیرشکل پذیر و کنترل شونده به نیرو در سازه مهاربندی شده، باید تخمین واقعی و صحیح از رفتار غیرارتجاعی بادبندها و نیروهای بوجود آمده در آنها هنگام زلزله های شدید، داشته باشیم.
- برای پیش بینی رفتار الاستوپلاستیک بادبندها، باید اطلاع دقیقی از روابط تغییرمکان- باربادبندها تحت بارگذاری سیکلی داشت. هر چند که رفتار غیر الاستیک سیکلی بادبند کاملا پیچیده است.

- ***استفاده از جذب انرژی بادبند فشاری*** در قابهای مهاربندی همگرا، مفهوم جدیدی است که علاوه بر مزیتهای اقتصادی،می تواند عملکرد لرزه ای مطمئن تری را در زلزله های شدید تضمین نماید.
- ***با کمانش بادبند، خمش در آن ایجاد میشود و درنهایت منجر به تشکیل مفصل پلاستیک در محل لنگر ماکزیمم (در وسط عضو) میشود.***
- ***بوجود آمدن کمانش غیرارتجاعی باعث میشود که بادبند فشاری به منبع مهمی برای جذب انرژی لرزه ای تبدیل شود.***
- ***به عبارت دیگر از مهمترین عوامل وپارامترهایی که بر رفتار لرزه ای قابهای مهاربندی شده تأثیر می گذارد، اثر بادبند فشاری است که در بسیاری از موارد نادیده گرفته میشود، ولی تعیین منحنی هیسترزیس بادبند فشاری و مقدار جذب انرژی و نیز تأثیر آن بر عملکرد لرزه ای می تواند درشناخت بهتر و واقعی رفتار هیسترزیس مؤثر باشد.***

- در بیشتر بررسی های صورت گرفته ، تنها اثرات نیروهای محوری در شرایط تسلیم بادبندها در نظر گرفته شده ولی به خمش بوجود آمده و تشکیل مفصل پلاستیک ناشی از تغییرشکل غیرارتجاعی ، توجه نشده است.
- نتایج آنالیزهای عددی دررفتار پس از کمانش بادبندهای فلزی نشان می دهد که تغییر شکل محوری پلاستیک در مفصل تشکیل شده ، نقش اساسی درمشخصات بار- تغییر شکل بادبند دارد و باید اندرکنش پلاستیک برای ترکیب خمش و تغییرشکل محوری را در نظر بگیریم.
- همانطور که ذکر شد ، یک سیستم مقاوم لرزه ای باید دو خصوصیت کلی زیر را داشته باشد :
- ***الف – در زلزله های خفیف و متوسط ، سازه بدون خسارت در محدوده الاستیک باقی بماند .***
- ***ب – در زلزله های شدید سازه با قبول خرابی تا یک سطح مشخص ، نباید به مرز انهدام برسد .***

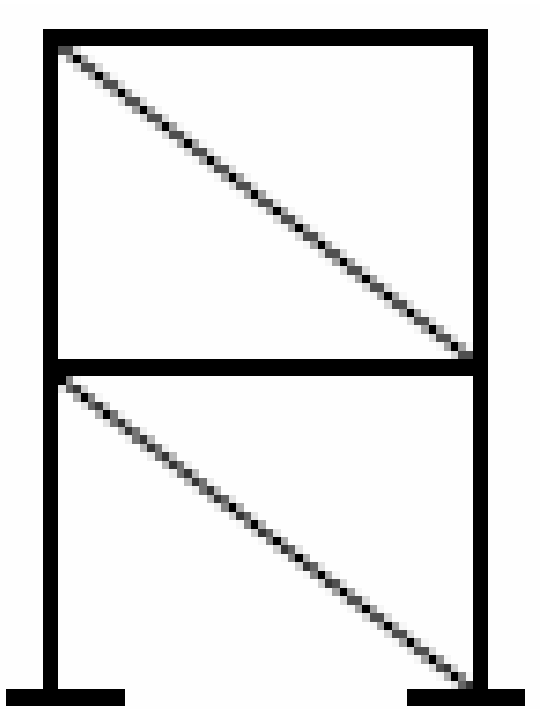
- *برای تأمین خصوصیت اول ، مقاومت و سختی سازه نقش اساسی دارد و برای تأمین خصوصیت دوم ، شکل پذیری و ظرفیت جذب انرژی لازم است تا از انهدام کلی سازه جلوگیری شود . قابهای همگرا**CBF**مقاومت و سختی بالائی دارند که استفاده از آنها هدف اول را به خوبی تأمین می کند.*
- *اما در مورد شکل پذیری و در زلزله های شدید اگر بادبند فشاری ، کمانش غیرارتجاعی نکند یا کمانش غیر ارتجاعی ناپایداری داشته باشد ، در اثر بارهای سیکلی ، با کاهش سریع سختی و زوال مقاومت ،جذب انرژی صورت نگرفته و در نتیجه شکل پذیری سیستم کاهش می یابد .*

- در ارزیابی عملکرد بادبندها ، بیشتر در رفتار بادبند فشاری و ظرفیت جذب انرژی و کمانش پلاستیک آن متمرکزخواهیم شد ، زیرا که بادبندهای ضربدری زمانی عملکرد لرزه ای بهتری دارند که ضمن متحمل شدن تغییرشکلهای پلاستیک ،در تمام سیکلهای متوالی ، تسلیم در کشش و کمانش غیرارتجاعی پایدار در فشار با هم در جذب انرژی لرزه ای و منحنی هیسترزیس شرکت کنند و به غیر از تسلیم ، سایر مکانیسمهای شکست (مانند کمانش موضعی) حاکم بر طرح نبوده و خللی در رفتار غیرارتجاعی آن ایجاد نکند .

- ***قبلا بادبندهای X شکل بر این اساس طراحی می شدند که بادبندها فقط می توانند کشش را تحمل کنند.(Tension only)***
- *در این روش طراحی، فرض میشود که بادبندهای فشاری تحت بارهای خیلی کم کمانش کرده و در نتیجه در آنالیزشرکت نمی کنند و سازه بصورت استاتیکی و معین در می آید و طراحی ساده تر میشود. همچنین این فرضییات اجازه می دهند برای بادبندها از اعضای خیلی لاغر استفاده میشود. مثل : میله، نبشی تکی، تسمه، کابل ...*
- ***گر چه بادبندهای ضربدری از نوع Tension only توسط طراحان رواج یافت ولی در زلزله های گذشته عملکرد خوبی نشان ندادند و آیین نامه های ساختمانی معتبر آنها را بجز برای ساختمانهای کوچک و یا مناطق با خطر زلزله کم، لغوکردند. از طرفی، طراحی لرزه ای ایجاب می کند علاوه بر اینکه بادبند فشاری را باید در نظر گرفت بلکه در ظرفیت جذب انرژی سیستم بادبندی باید سهم قابل توجهی را به کمانش غیرارتجاعی آن تخصیص داد***

بادبندهای قطری Diagonal Braced CBF

- برای یک سطح شکل پذیری مشخص، شکل پذیری این گروه نسبت به سایر گروه های بادبندی همگرا، بیشتر است،زیرا که در طول کمانشی بیشتری، تغییرشکل جانبی در آن اتفاق می افتد و در نتیجه کمانش موضعی کمتری را متحمل میشوند.ولی در کل به علت زود ترک خوردن و شکست بادبندها یا اتصالات آنها طی تغییرشکلهای بزرگ سیکلی در ناحیه پس ازکمانش، شکل پذیری سیستم کم می باشد.



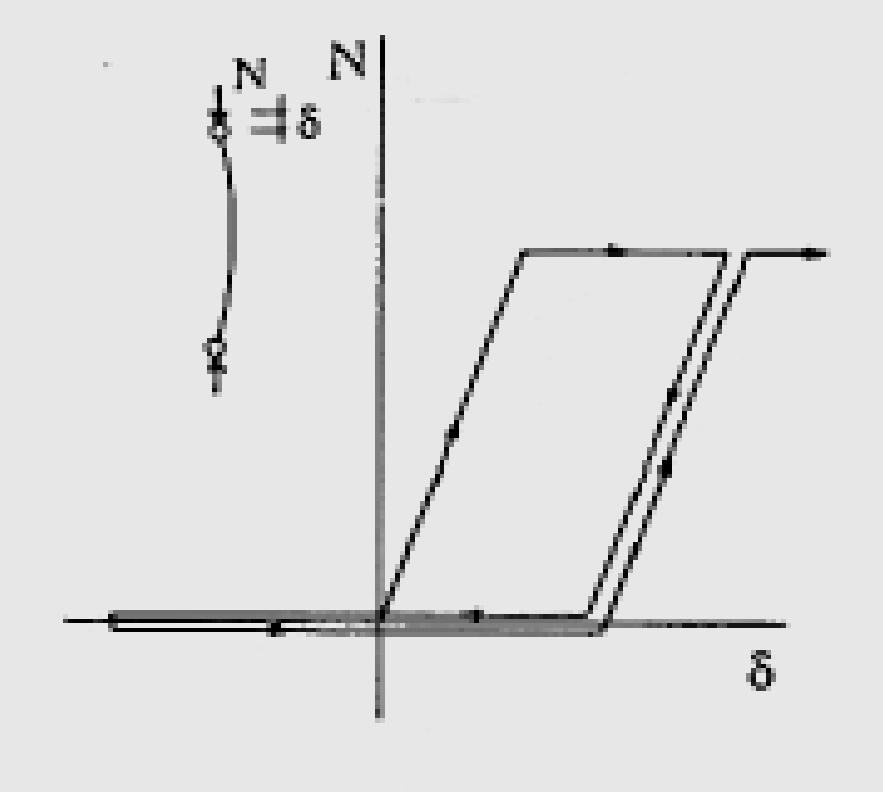
انواع بادبندهاي قطري

- ۱ - از نظر مقاومتی
- الف - بادبندهایکه فقط قادر به تحمل کشش هستند
- ب - بادبندها کششی – فشاری

- ۲ - از نظر شکل پذیری
- با شکل پذیری ویژه SCBF
- با شکل پذیری عادیOCBF

■ الف- بادبندهایکه فقط قادر به تحمل کشش هستند Tension Only

- در این حالت تمام بار جانبی به بادبندکششی اختصاص داده میشود و از مقاومت بادبند فشاری صرف نظر میشود ، چون با واردآمدن بار فشاری کم ، عضو کمانش می کند . بادبندها در این حالت لاغری خیلی زیادی دارند. مثل : میله، نبشی، تسمه، کابل. همانطور که منحنی هیسترزیس نشان می دهد این سیستم نمی تواند انرژی لرزه ای را بصورت فشاری جذب نماید.

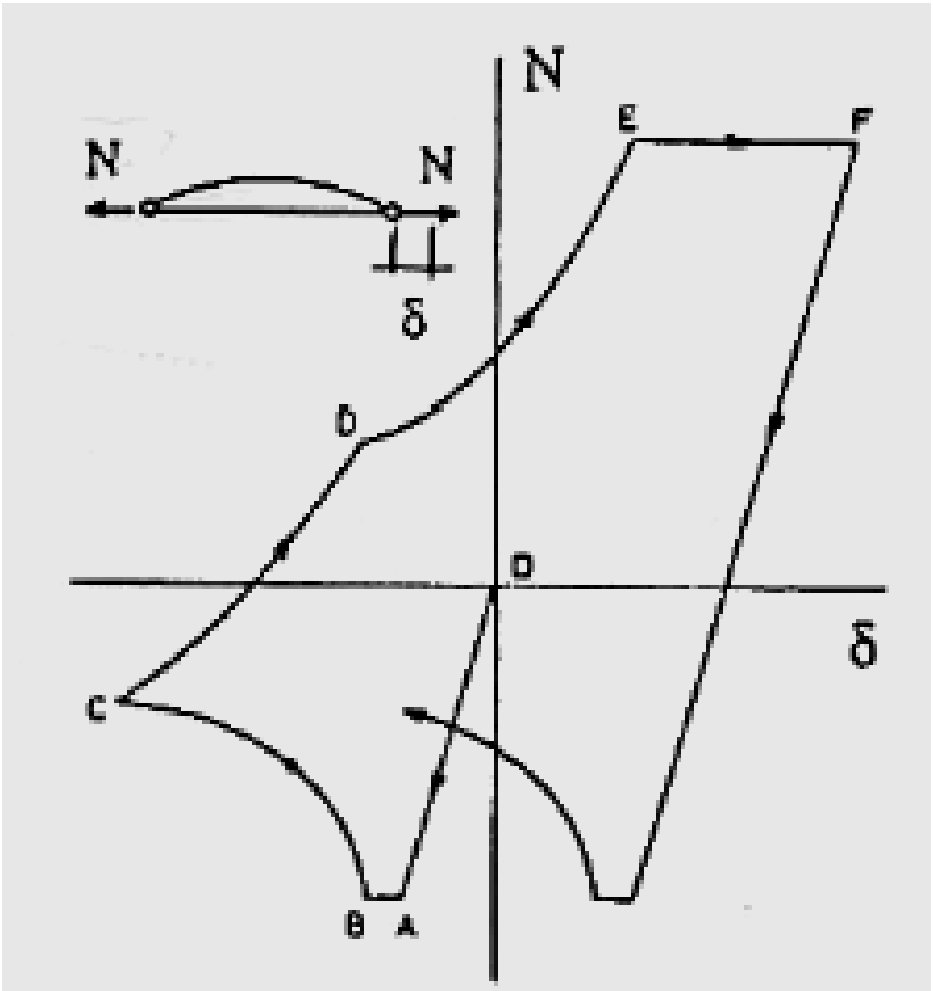


- اگر سیستم بادبندی فقط کششی تحت بارهای تکراری با دامنه تغییرمکان ثابت قرار گیرد که منجر به تغییرطول پلاستیک نشود ، اتلاف انرژی هم روی نخواهد داد.
- *رفتار این سیستم با توجه به لاغری زیاد بادبندها، بین یک حالت کمانش الاستیک (که تقریبا هیچ نیرویی تحمل نمی کنند)، کشش الاستیک بصورت ناگهانی و سرانجام یک کشش غیرخطی در ناحیه جاری شدن متغیر خواهد بود.*
- *از این رو ظرفیت اتلاف انرژی این سیستم اولا کم بوده و ثانیا به شدت نزولی است .*
- *این سیستم برای جذب مقدار انرژی مورد نظر باید تغییرمکان جانبی زیادی داشته باشد که ممکن است به علت اثرات ثانویه گسیخته شود .*

- *با اعمال بارگذاری سیکلی ، ابتدا بادبند کششی، افزایش طول غیرارتجاعی می یابد واین افزایش طول تا زمانیکه مهاربند فشاری کمانش می کند ، ادامه می یابد.*
- *با باربرداری و معکوس شدن جهت نیروی جانبی، بادبندهای فشاری کمانش یافته ، تحت کشش قرار می گیرند ولی همچنان مقدار تغییر شکل محوری زیادی در بادبند کششی باقی میماند.*
- **چون بادبند کششی با باربرداری به طول اولیه خود نرسیده ، بادبند فشاری (قبلی) نیز از حالت کمانش خارج نشده و کار نمی کند و عملا سختی جانبی صفر است و(*time lag*) ناپیوستگی در سختی و مقاومت داریم و در نتیجه افزایش تغییرمکان سازه زیاد میشود تا زمانیکه تغییرطول بادبند کششی قبلی صفر شده و به تبع آن بادبند فشاری (قبلی) به کشش بیافتد .**
- **در این حالت سختی ناگهان از صفر به EA رسیده افزایش تغییر شکل ناگهان کم میشود. در نتیجه این تغییرات نیروی ضربه ای بوجود آمده وامکان گسیختگی بادبند کششی (بادبندی که اکنون کششی شده) بوجود می آید.**

▪ بادبندها کششي – فشاري

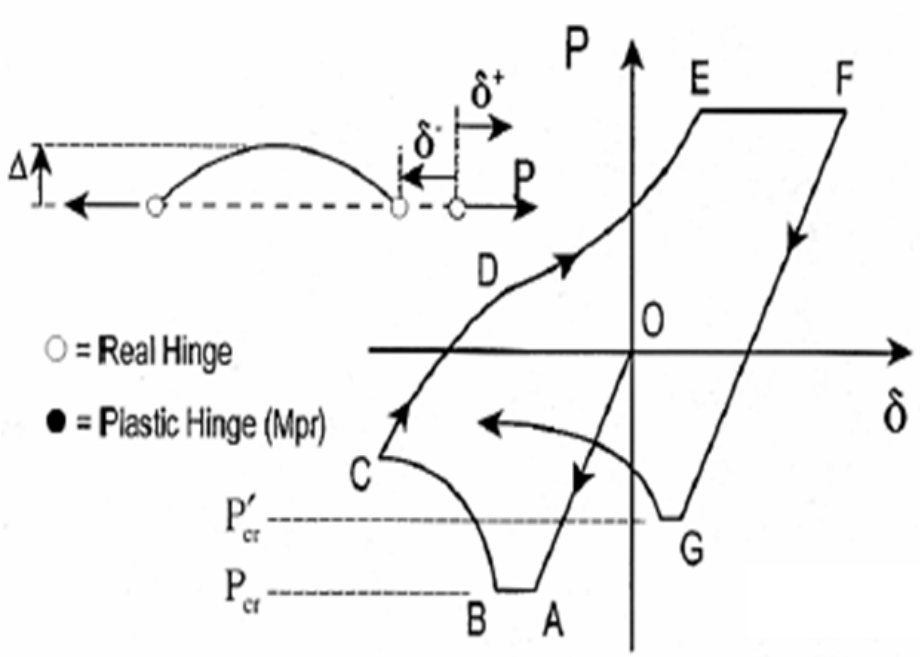
- در حالت بادبند کششي – فشاري رفتار پيچيده تر ولي يکنواخت تر ميشود و بادبند کششي و فشاري با هم در جذب انرژي لرزه اي شرکت مي کنند.

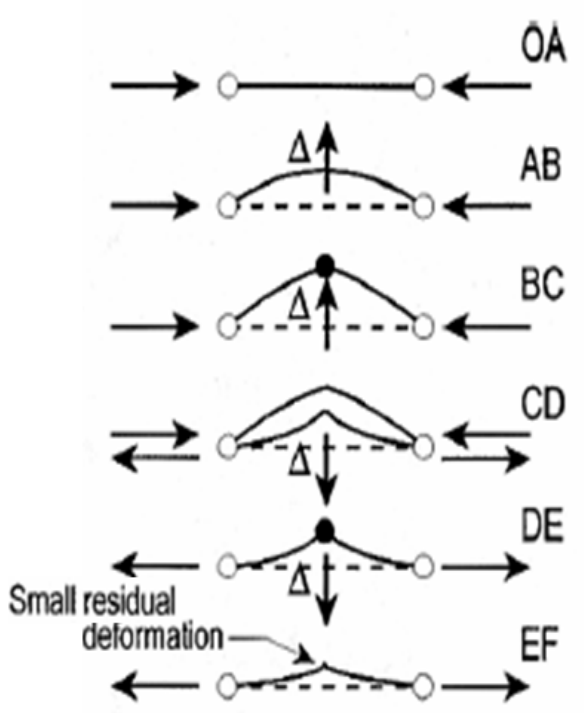


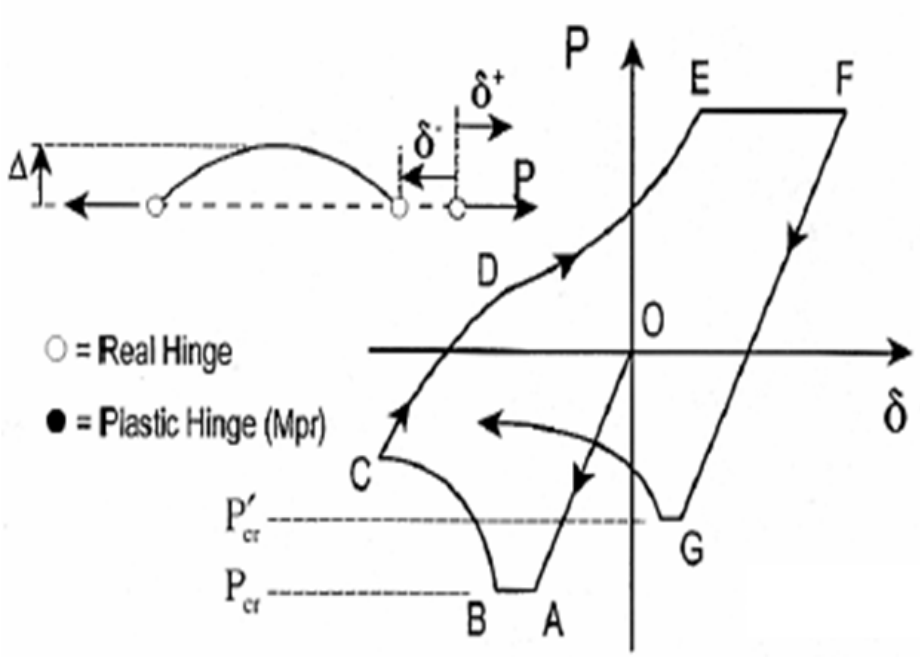
▪ رفتار هیسترزیس بادبندهای قطری

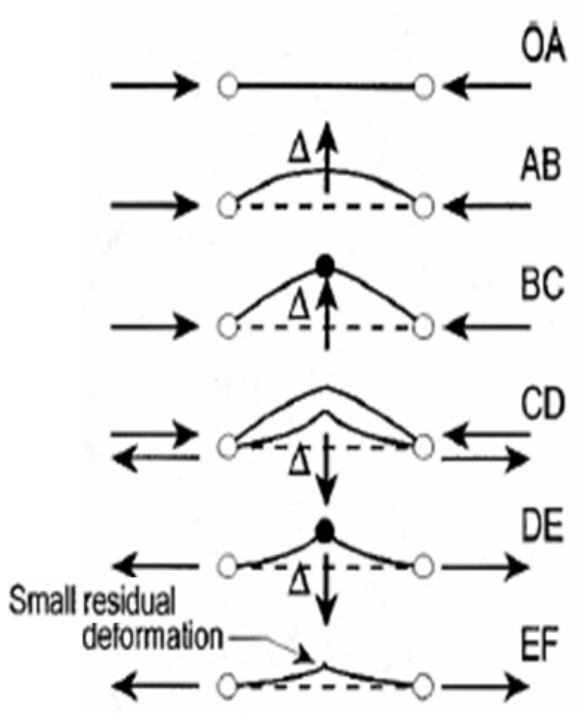
- رفتار بادبند در بارگذاری سیکلی را می توان به ۴ بخش تقسیم کرد .
- ۱- ناحیه الاستیک
- ۲- ناحیه پلاستیک (کمانش غیرارتجاعی)
- ۳- ناحیه تسلیم
- ۴- ناحیه کمانش الاستیک
- وبه تبع آن تغییرمکان محوری δ بادبند را نیز می توان به چند بخش تقسیم کرد :
- ۱- تغییرطول الاستیک
- ۲- تغییرطول هندسی (ناشی از کمانش بادبند)
- ۳- تغییرمکان ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک (در خود مفصل)
- ۴- تغییرمکان ناشی از تسلیم در کشش
- ۵- تغییرمکان باقی مانده ناشی از غیرخطی بودن مصالح

- ابتدا عضو تحت بار فشاری قرار می گیرد و رفتار تا نقطه A الاستیک می باشد.
- OA ناحیه کوتاه شدگی الاستیک در فشار است و رفتار عضو در این منطقه به درستی قابل پیش بینی است و تخمین درستی از بار کمانشی داریم.
- در این مرحله افزایش جابجایی خیلی کم است . اگر در این مرحله باربرداری کنیم ، با فرض شرایط ایده ال مطابق منحنی OAB تغییر شکلها به صفر می رسد .

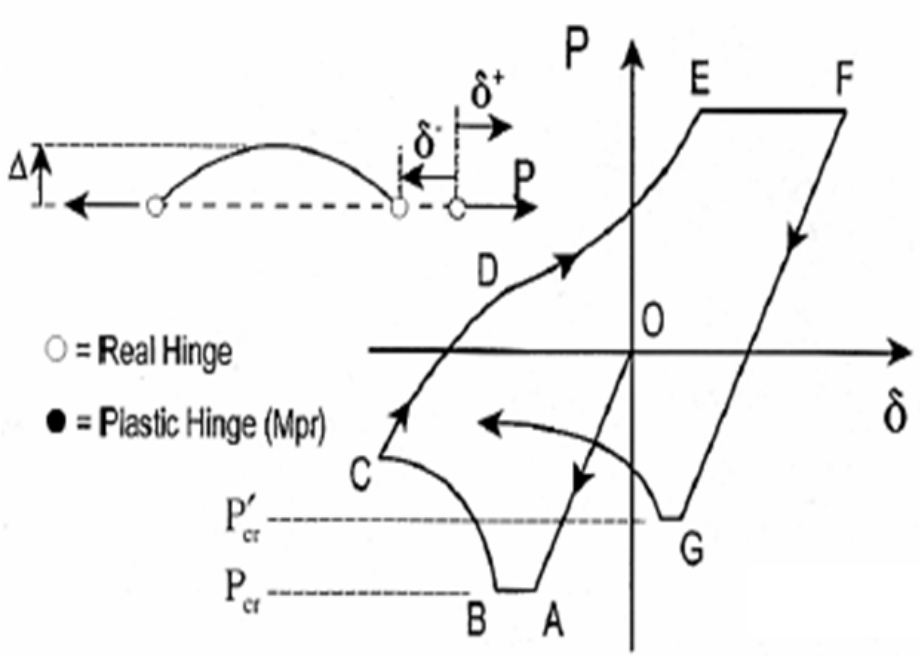


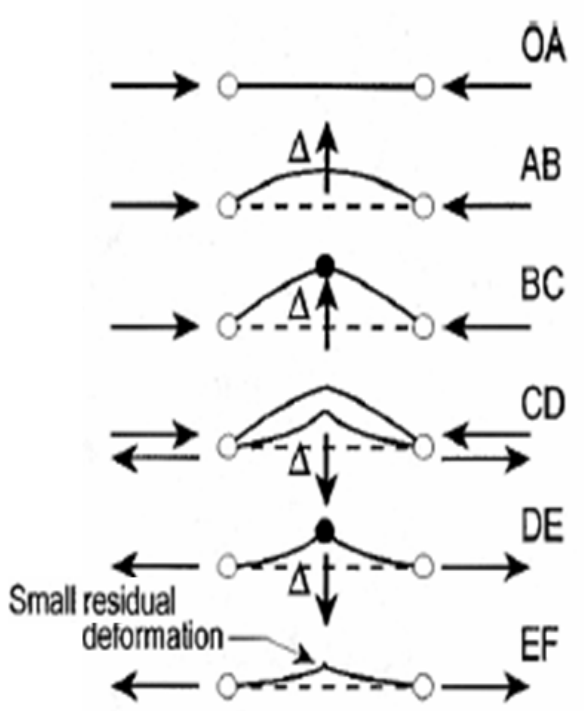




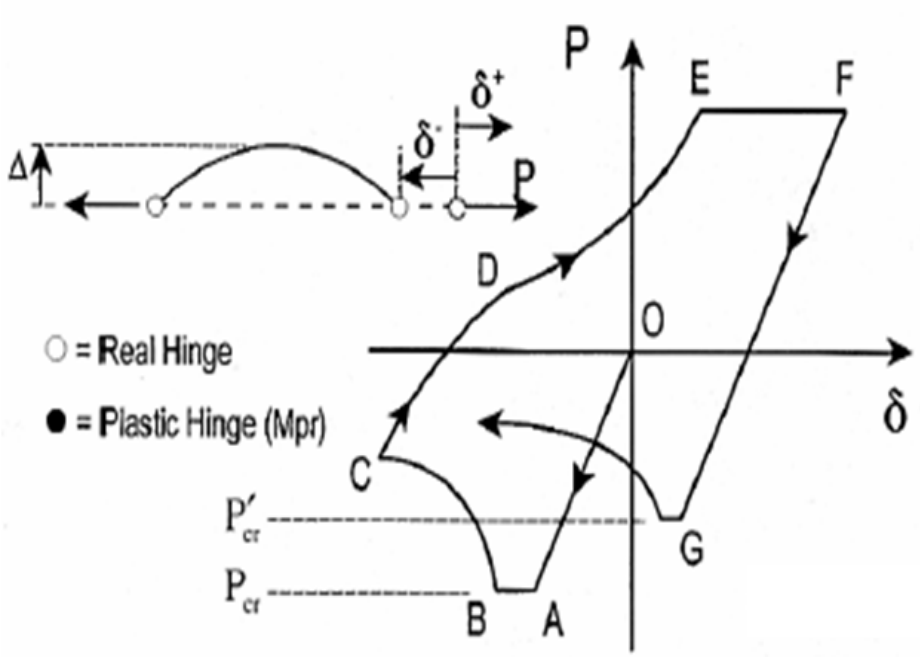


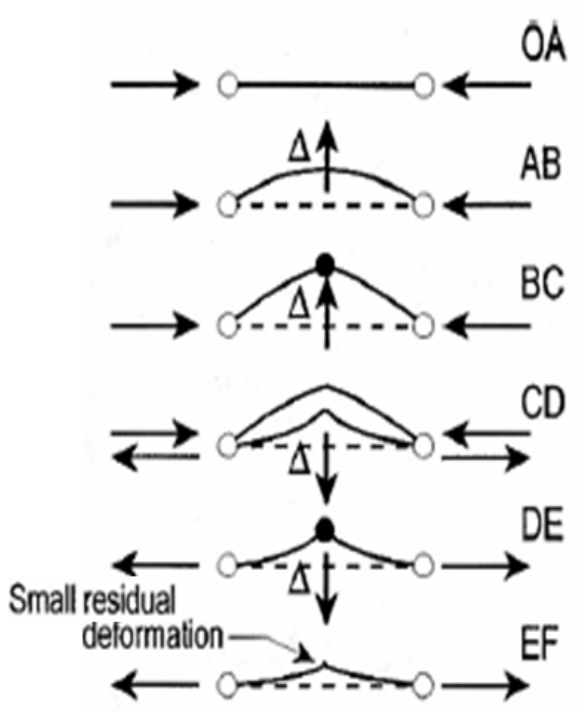
- در طول کمانش طولی عضو، ممان خمشی معادل نیروی محوری در تغییرمکان جانبی که حداکثر آن در Δ_{max} وسط دهانه است ، بوجود می آید .
- در نقطه B مفصل پلاستیک در وسط عضو تشکیل می شود .
- در قطعه BC با افزایش Δ که ناشی از افزایش از دوران پلاستیک در وسط عضو است و بوجود آمدن پدیده P-Δ در اندرکنش خمش و نیروی فشاری ، افت مقاومت محوری را مشاهده می کنیم



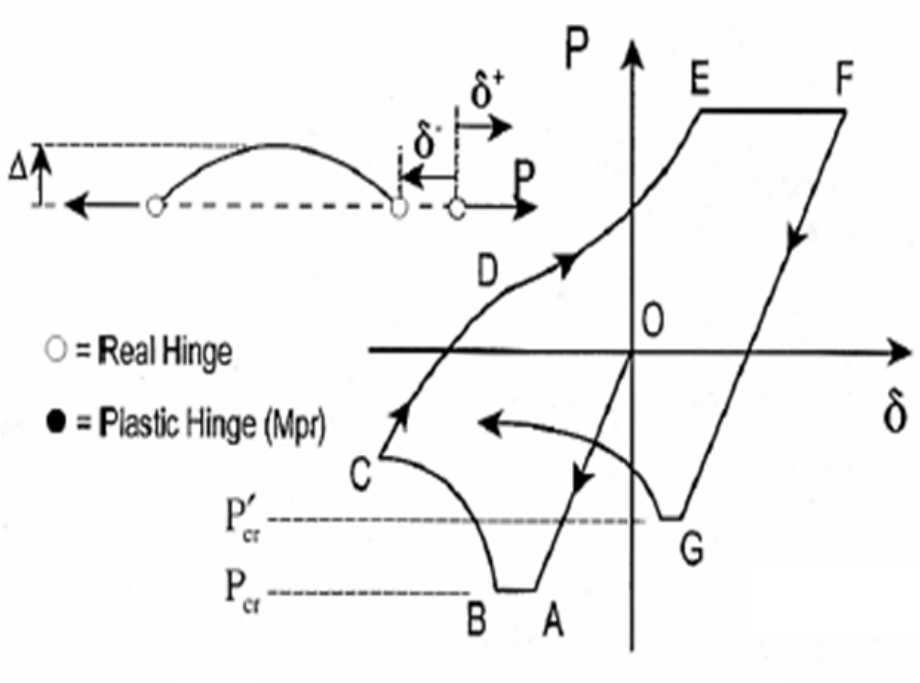


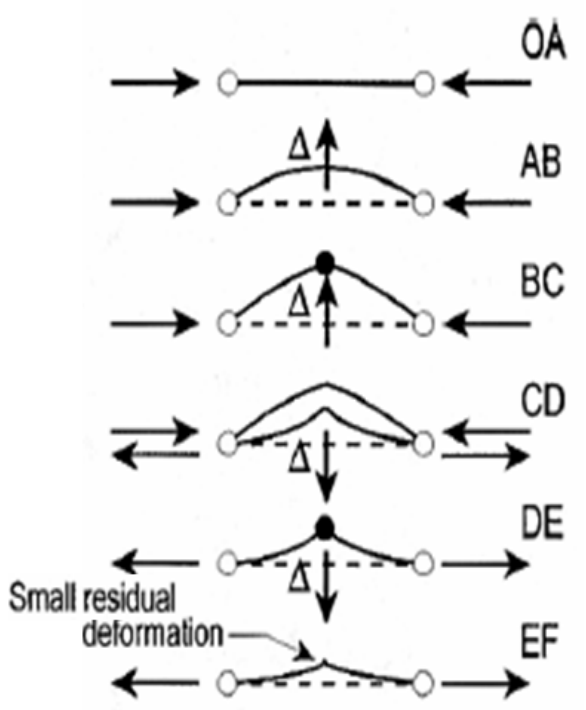
- غیرخطی بودن منحنی P-δ در این ناحیه نیز ناشی از این پدیده است .
- در نقطه C لنگر خمشی حداکثر است . باربرداری از نقطه C شروع میشود و افزایش طول عضو را در پی دارد .
- در نقطه D بار محوری در عضو از بین میرود ولی همچنان تغییرمکان محوری نسبتا بزرگی باقی می ماند و عضو به طول اولیه خود نمی رسد.
- همچنین در این نقطه جهت انحناء کمانش عضو و علامت ممان خمشی عوض میشود . (مقدار ممان خمش یک لحظه صفر است)





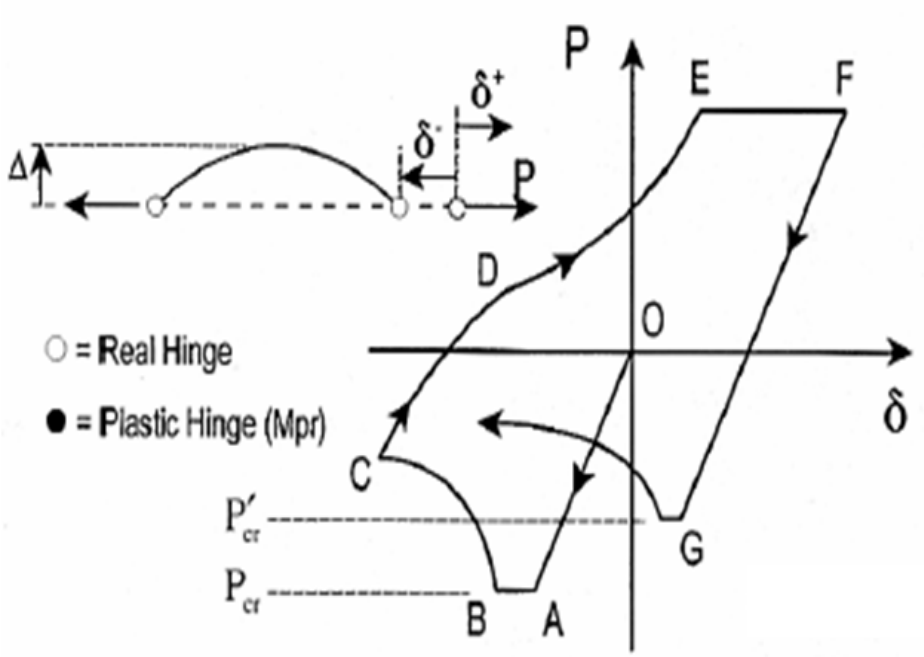
- از نقطه D تا E بار محوری کششی اعمال می شود و افزایش طول عضو ادامه می یابد .
- در ناحیه الاستیک CE مقدار چرخش پلاستیک θ تقریبا ثابت است و مقدار کاهش آن خیلی کم است .
- شیب ناحیه CE کمتر از OA است و سختی آن به علت کمانه کردن کمتر شده است .
- از نقطه E به بعد با افزایش بار محوری کششی ، دوباره مفصل پلاستیک در وسط دهانه تشکیل میشود .

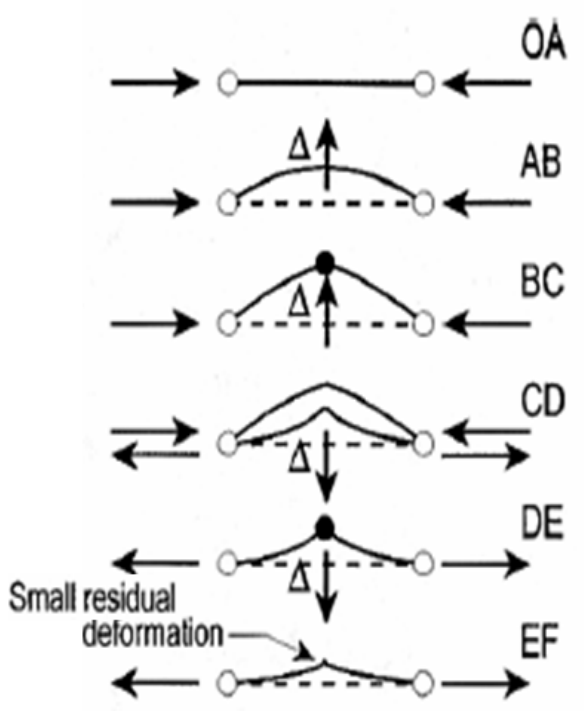


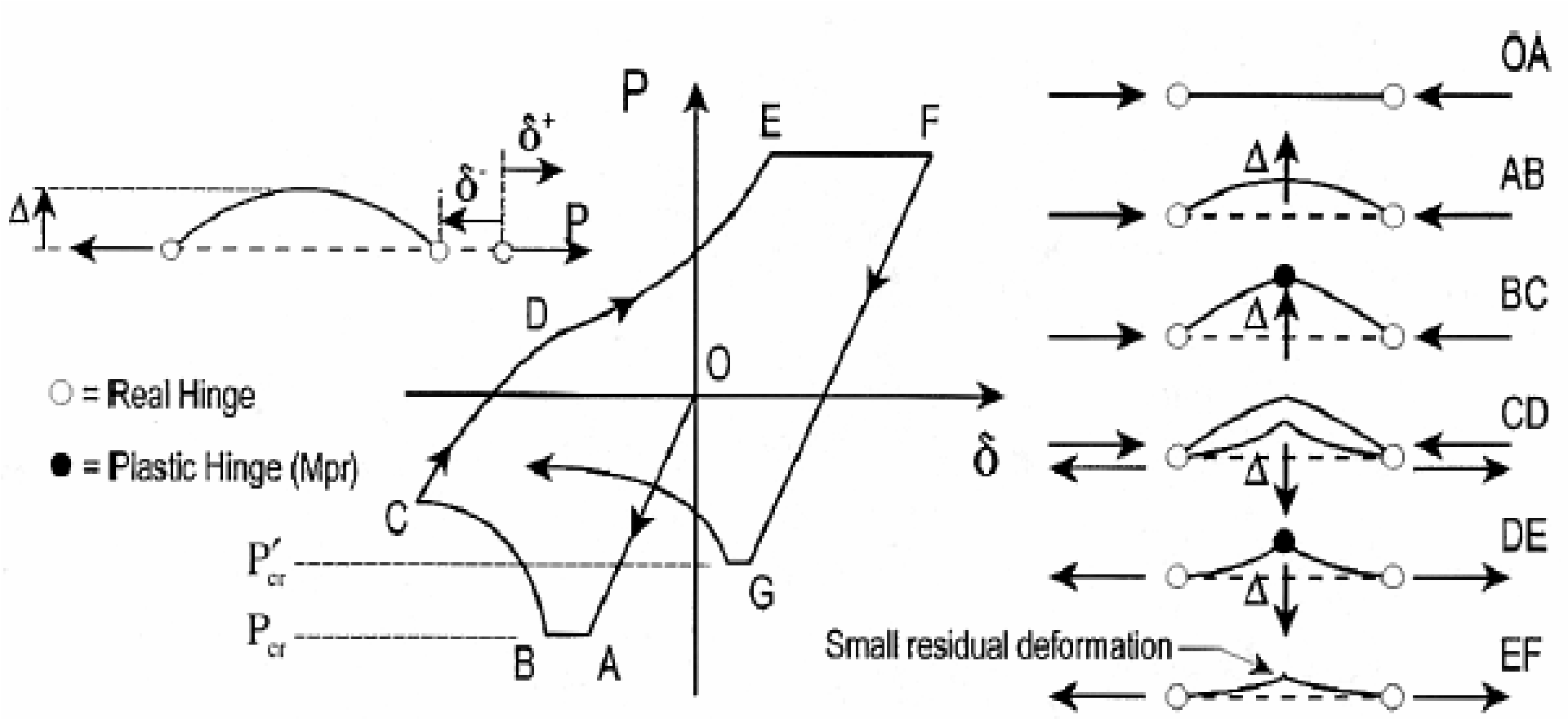


- در ناحیه EF اندرکنش میان بار محوری و ممان خمشی را داریم و مفصل پلاستیک در جهت عکس حالت قبلی (قسمت BC) دوران کرده و باعث کاهش Δ (تغییرشکل وسط دهانه) میشود.
- با افزایش بار بعد از نقطه E میله به حالت مستقیم قبلی در نمی آید مگر اینکه در کشش تسلیم شود و افزایش طول پلاستیک زیادی را متحمل شود . در حقیقت به طور کامل مستقیم نشدن و داشتن انحناء باقی مانده ، در سیکل بعدی باعث کاهش مقاومت کمانش عضو میشود که مقدار این کمانش به نسبت لاغری عضو وابسته است .

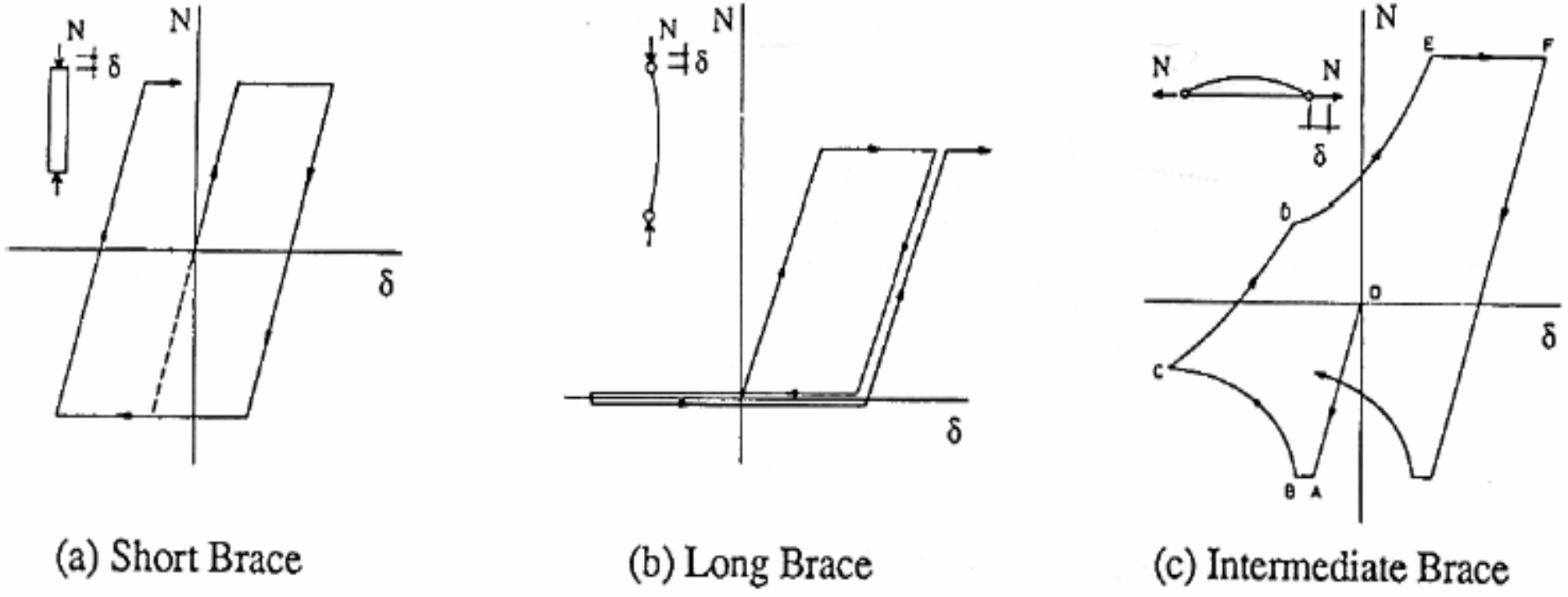
- در ناحیهFG به علت سخت شدگی کرنش ، تا حدودی افزایش بار را شاهد هستیم ولی افزایش طول پلاستیک میله خیلی بیشتر است.







منحني **هيسترزيس** بادبند تحت بارگذاري سيكلي



رفتار هيسترزيس بادبندهاي كوتاه ، دراز ، متوسط

ناحیه کوتاه شدگی الاستیک در فشار : **ES1**

ناحیه کمانش : **BU**

ناحیه پلاستیک در فشار : **P1**

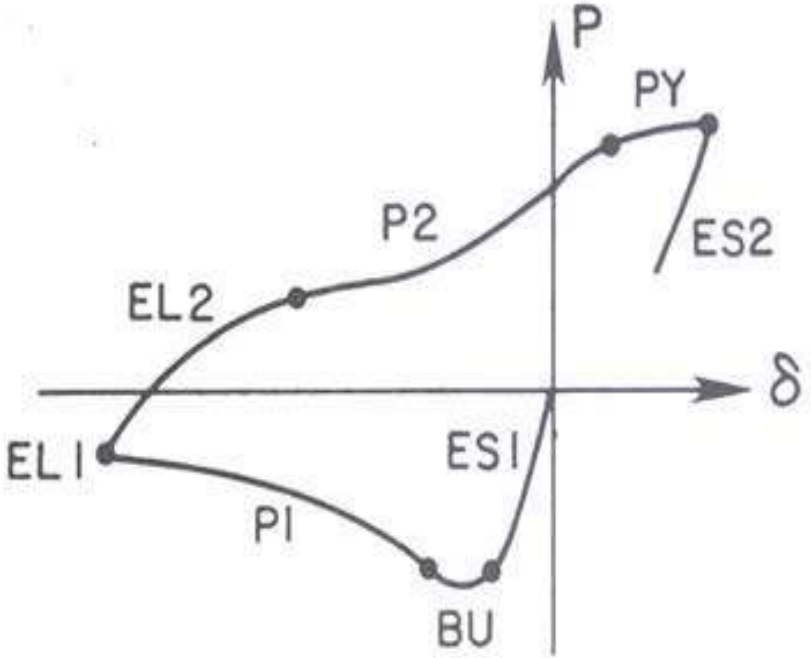
ناحیه افزایش طول در فشار : **EL1**

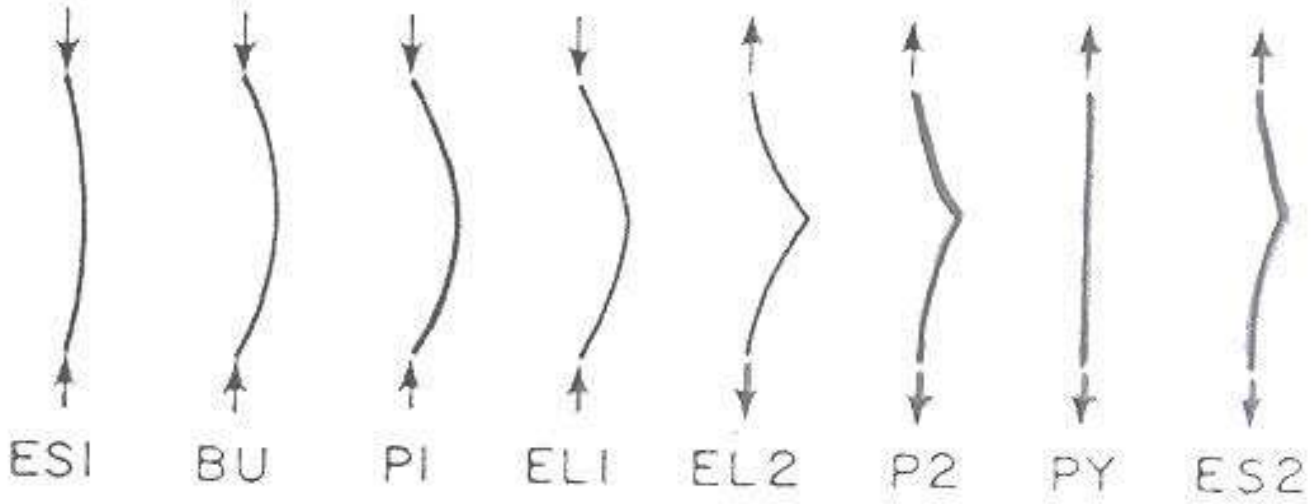
ناحیه افزایش طول در کشش : **EL2**

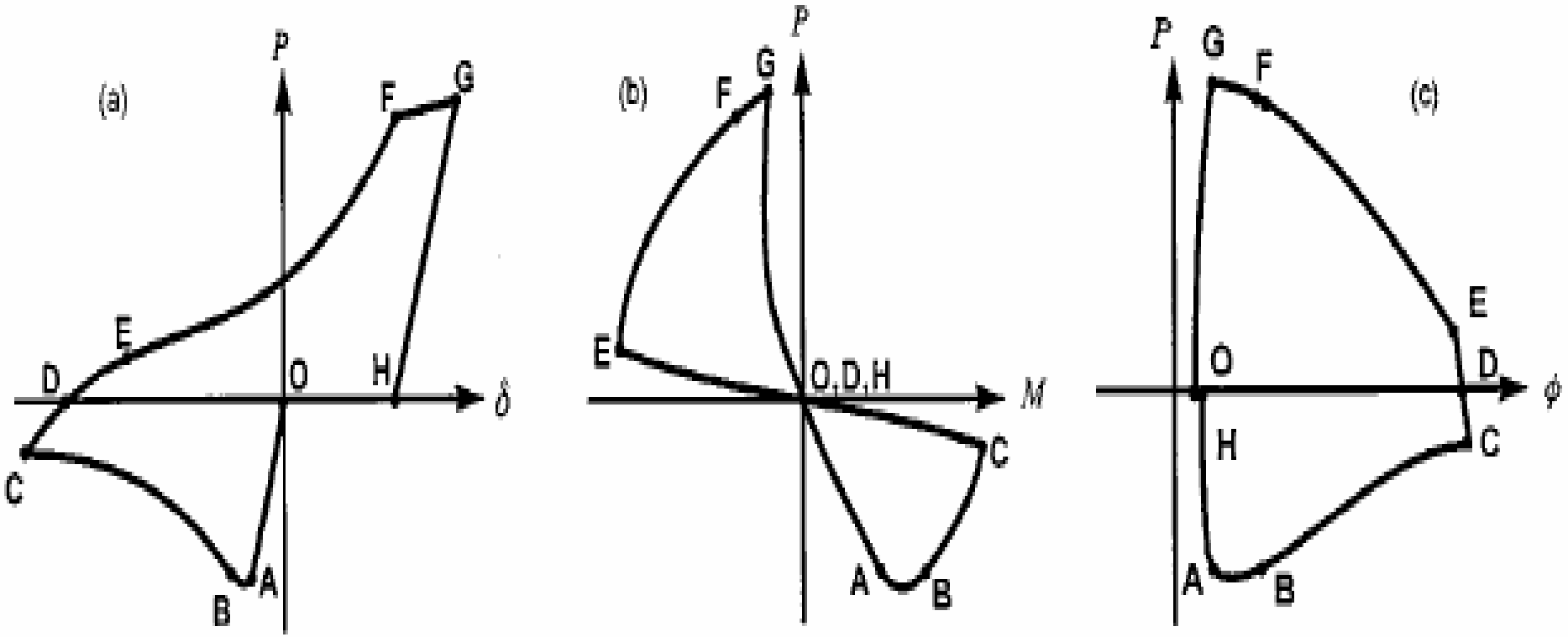
ناحیه پلاستیک در کشش : **P2**

ناحیه تسلیم : **PY**

ناحیه کوتاه شدگی الاستیک در کشش : **ES2**






(a)
P
F
G
E
D
O
H
δ
C
B
A
(b)
P
G
F
E
O,D,H
M
C
A
B
P
G
F
(c)
E
O
D
ϕ
H
C
A
B

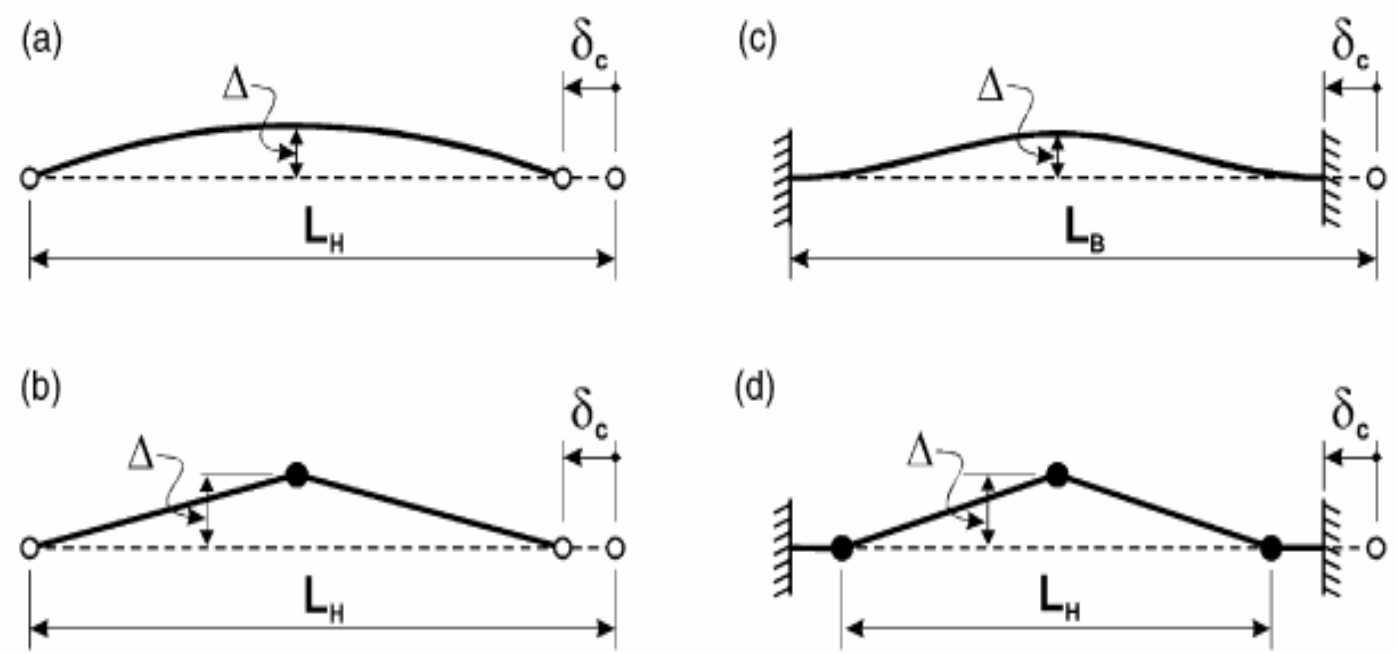
ویژگیهای رفتار هیسترزیس بادبند تحت بار محوری

- سیکل های متوالی کششی سبب افزایش طول تدریجی بادبند میشوند
- بعد از تسلیم بادبند و افزایش طول پلاستیک آن افزایش طولی بصورت ماندگار در عضو می ماند که کاهش مقاومت کششی در سیکل های بعدی میشود .
- یعنی مقاومت تسلیم بادبند ، بعد از تغییر شکل محوری بزرگ در کشش احراز میشود .
- با وجود اینکه اگر در سیکل های بارگذاری نیروی کششی را ثابت نگه داریم (کمتر از حد تسلیم) تغییرمکان محوری باز هم افزایش می یابد که به مقدار کوتاه شدگی سیکل قبل وابسته است .

- ناحیه الاستیک به دو قسمت کوتاه شدگی الاستیک (طول عضو کاهش و بار محوری زیاد می شود) و افزایش طول الاستیک (طول عضو و نیروی محوری افزایش می یابد) تقسیم میشود.
- یکی از خصوصیات منحنی تغییر شکل– بار (حلقه های هیسترزیس) برگشت ناپذیر بودن مناطق الاستیک به دلیل ناپیوستگی مدول مماسی در تاریخچهٔ بارهای برگشت پذیر می باشد.
- یکی دیگر از مهمترین نکات در پیش بینی دقیق رفتار هیسترزیس بادبندها ، تاریخچهء مدول مماسی در رفتار غیر لاستیک سیکلی است. بنا به نتایج تجربی ،در اثر معکوس شدن بار مقطع تنشهای بزرگی را تجربه میکند واثرات بوشینگر باعث کاهش قابل توجه مدول مماس فولاد در طول مرحلهٔ برگشتی (بازیابی) الاستیک میشود.

- با افزایش سیکلها، پیکهای متوالی نیروهای فشاری کاهش میابد. عامل اصلی این کاهش ،اثرات بوشینگر ناشی از رفتار غیرارتجاعی سیکلهای قبلی وانحناء باقی مانده در عضو در شروع سیکل جدید فشاری میباشد.
- انحناء ماندگاری که در عضو بوجودمیاید ، حتی با تسلیم کششی نیز بطور کامل از بین نمی رود.
- طبق تحقیقات پوپوف در مورد تأثیر شکل مقطع بر منحنی هیسترزیس، هر مقطعی که قابلیت کمانش موضعی آن کمتر باشد،حلقه های هیسترزیس پایدارتری دارد. مقاطع بسته تمایل کمتری به کمانش پیچشی دارند، اما مقاومت آنها در سیکلها به خاطراعوجاج مقطع سریعتر کاهش میابد.
- اثر نوع مقطع بادبند بر مشخصات هیسترزیس زمانی مهمتر است که لاغری بادبندکم باشدزیرا که لاغری کم احتمال کمانش موضعی بیشتر است.

- **رفتار کمانشی و جذب انرژی عضو فشاری**
- با اعمال بار جانبی به سازه بادبندی شده ، بادبندهای فشاری ، تحت بار اولر کمانش می کنند .
- با افزایش بار در مقطع بحرانی بادبند به جهت افزایش ممان خمشی ، مفصل پلاستیک تشکیل می شود . با طی این مراحل انرژی لرزه ای بصورت غیرارتجاعی جذب می شود.

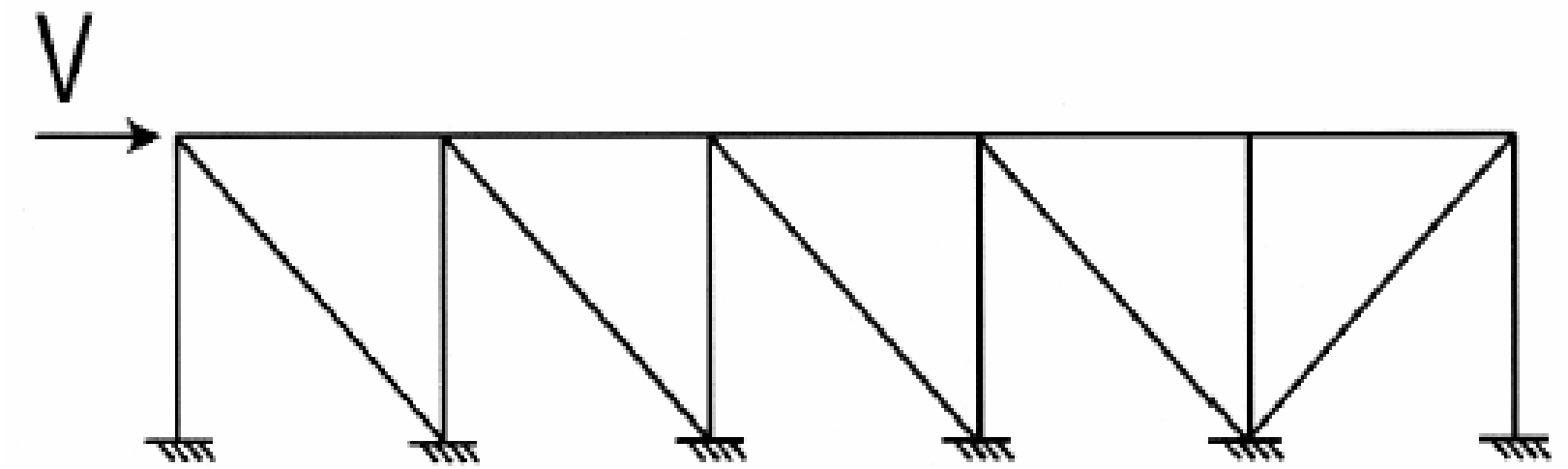


a) الاستيك با دو سر مفصلي b) غير الاستيک بادوسرمفصلی

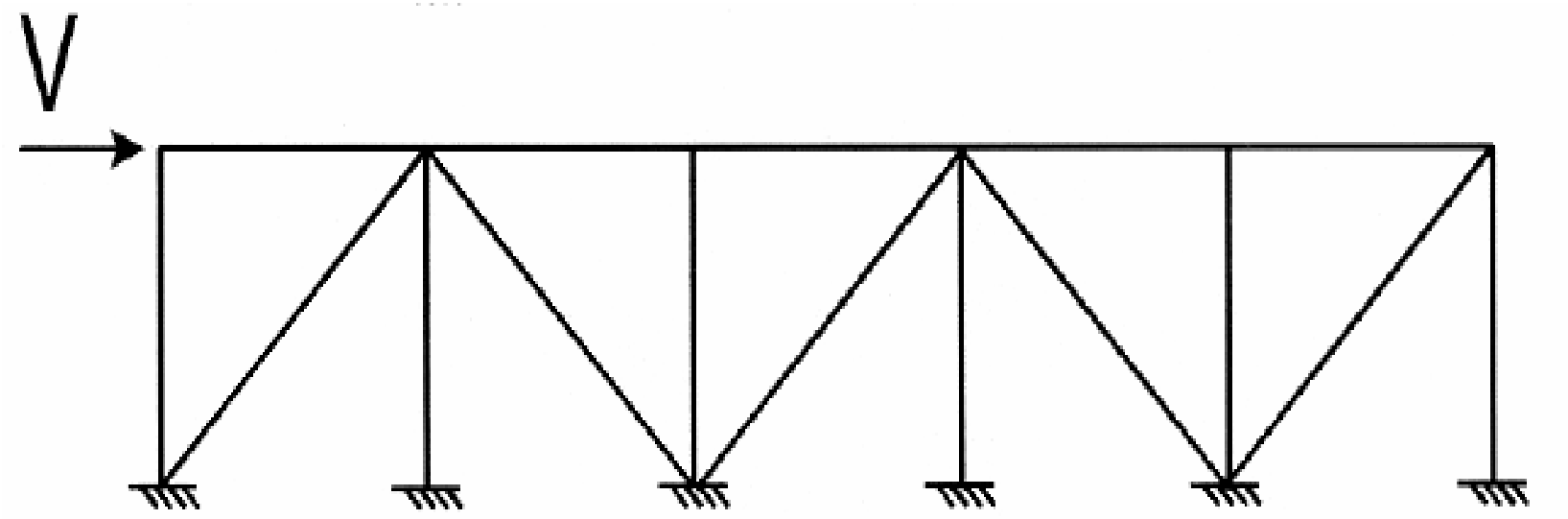
c) الاستيک با دوسر گيردار d) غير الاستيک با دو سر گيردار

تناسب بندی بادبندها در سازه

- اگر از سازه انتظار رفتار غیرارتجاعی داشته باشیم ، مسلم است که جذب انرژی در تسلیم کششی قابل اطمینان تر ازجذب انرژی در کمانش فشاری بادبند است و در پیکره بندی سازه نباید مقاومت سازه بطور برجسته بر پایه مقاومت فشاری باشد . ولی قابهای مهاربندی همگرا زمانی رفتار لرزه ای بهتری خواهند داشت که تسلیم در کشش و کمانش غیرارتجاعی درفشار با هم در جذب انرژی لرزه ای و منحنی هیسترزیس شرکت کنند.
- در بادبندهای همگرا و در هر امتداد مهاربندی حداقل ۳۰٪ وحداکثر ۷۰٪ مقاومت جانبی توسط بادبند کششی وفشاری تأمین شود و سعی شود سهم کشش بیشتر از فشار باشد یا در بهترین حالت ، بطور مساوی از بار جانبی سهم ببرند

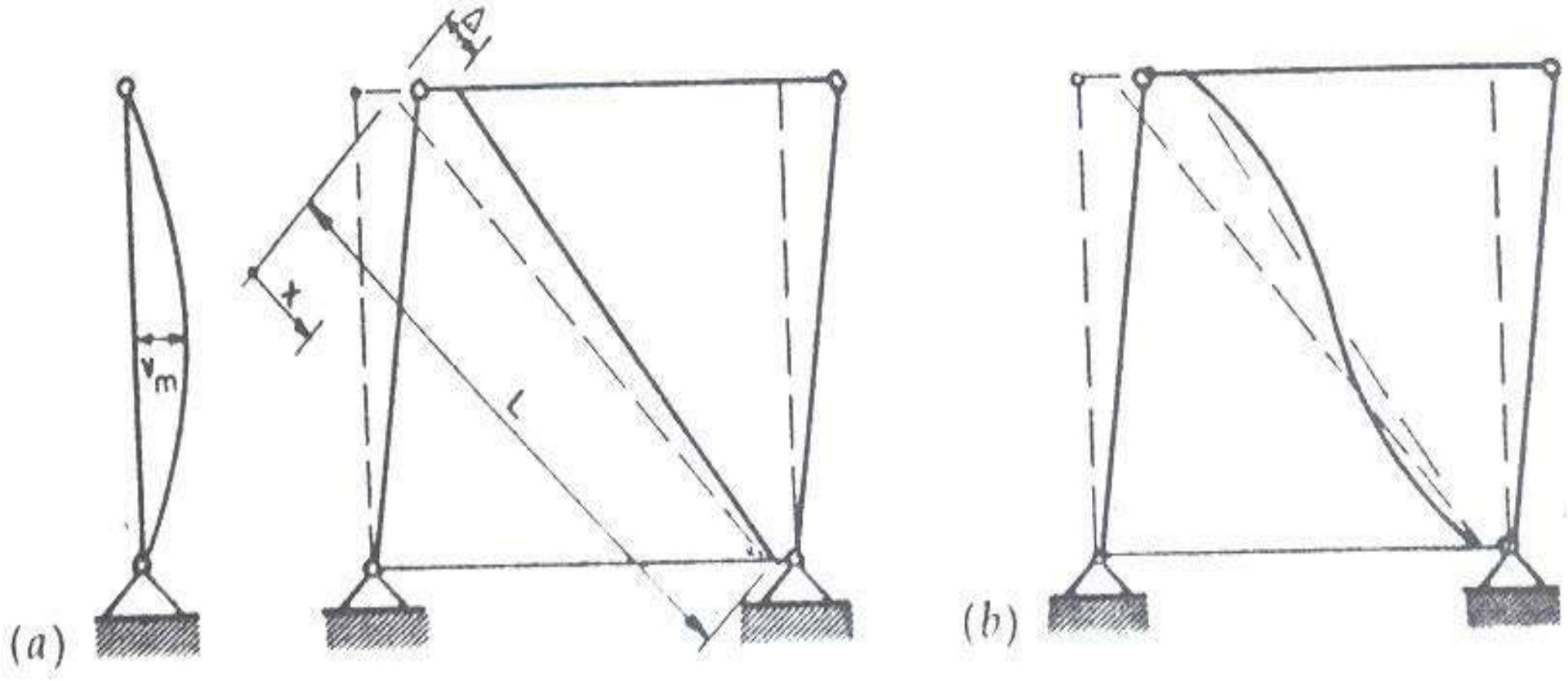


تناسب بندي نامناسب سازه (عمده مقاومت جانبي با بادبندهاي فشاري تأمين شده)

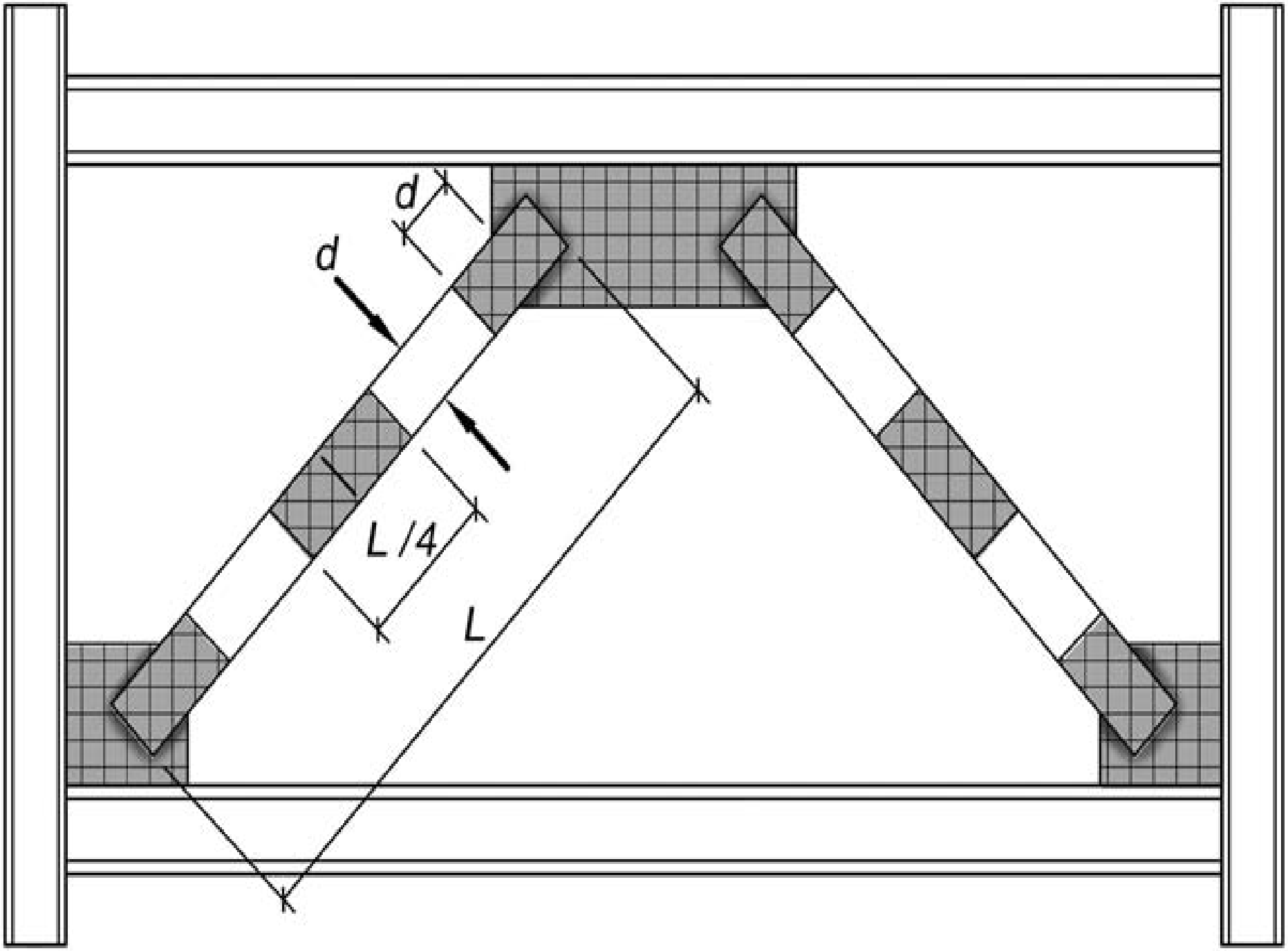


تناسب بندي مناسب بادبندها در سازه

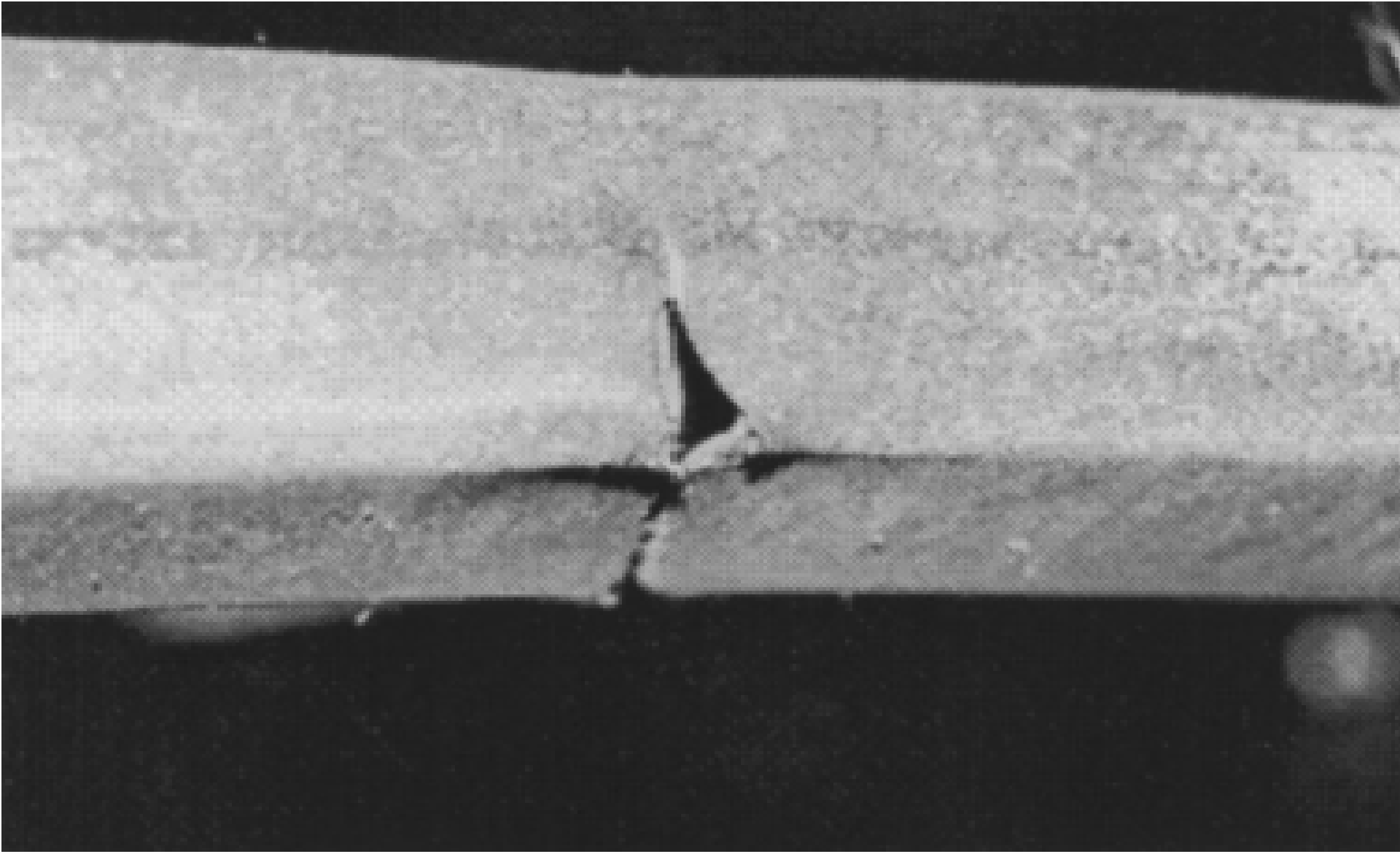
▪ نوع صفحه کمانش بادبندهای قطری



• جهت کمانش بادبند قطری بستگی به شرایط انتهایی و جهت قرارگیری مقطع دارد. (البته شرایط انتهایی بادبند در واقع به عوامل مختلف مانند پیکره بندی قاب ، شرایط بارگذاری ، نسبت لاغری عضو، شکل پذیری اتصال و رفتار غیرالاستیک اعضای مجاور وابسته است.)

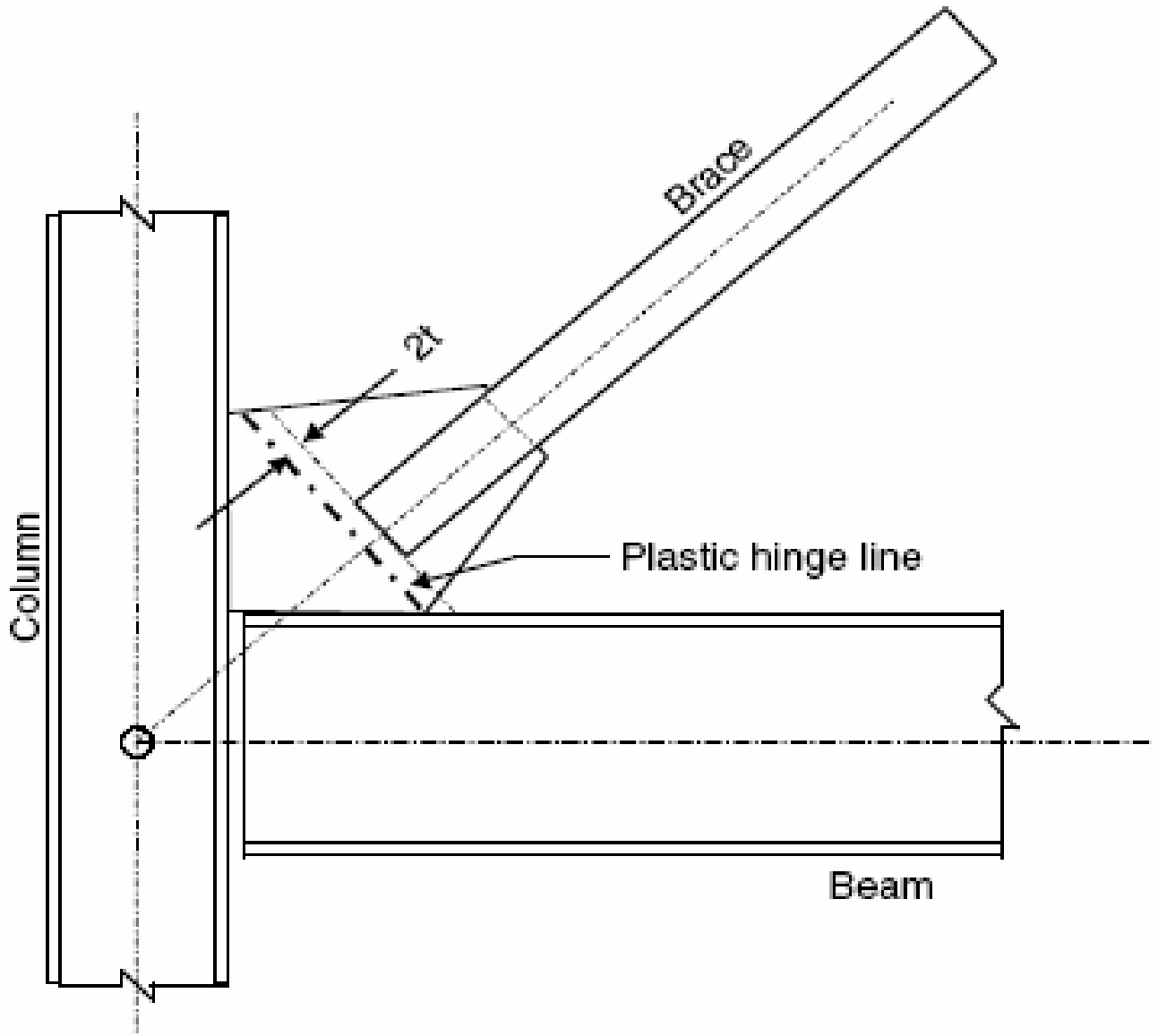

d
d
L/4
L

- در کمانش داخل صفحه به لحاظ نوع قرارگیری ورق اتصال Gusset، در اثر تشکیل مفصل در خود بادبند ویا ورق اتصال ، تقاضا (demand) زیادی به سایر اعضای سازه (اتصالات بادبند ، ورق Gusset تیرها، ستونها و ...) تحمیل شده و امکان گسیختگی ترد سازه بوجود می آید .
- از طرف دیگر وجود اعضای غیرسازه ای در صفحه مهاربندی سختی کاذبی به بادبندها اعمال کرده و مانع کمانش بادبند شده ودر نتیجه انرژی لرزه ای در نقاط کنترل نشده سازه جذب خواهد شد و گسیختگی بازهم ترد خواهد بود .
- تشکیل مفصل پلاستیک و دوران های پلاستیک بزرگ در میانه بادبند کمانش یافته ، باعث کمانش موضعی بادبند دراین ناحیه میشود.
- ***کمانش موضعی کاهش ظرفیت فشاری و کاهش جذب انرژی و گسیختگی ترد بادبند را درمدت اعمال بار دوره ای در پی دارد . این پدیده در کمانش خارج از صفحه به جهت سختی کمتر ، متحمل تر از کمانش داخل صفحه است . همچنین ایجاد فضای مناسب برای تغییرشکل خارج صفحه بادبند (فاصله کافی بین بادبندها و دیوارهای خارجی) باید رعایت شود ، در غیر اینصورت خسارت غیرسازه ای ، ایمنی جانی را تهدید خواهد کرد .***



- شکست بادبند در مفصل پلاستیك بعد از کمانش موضعی

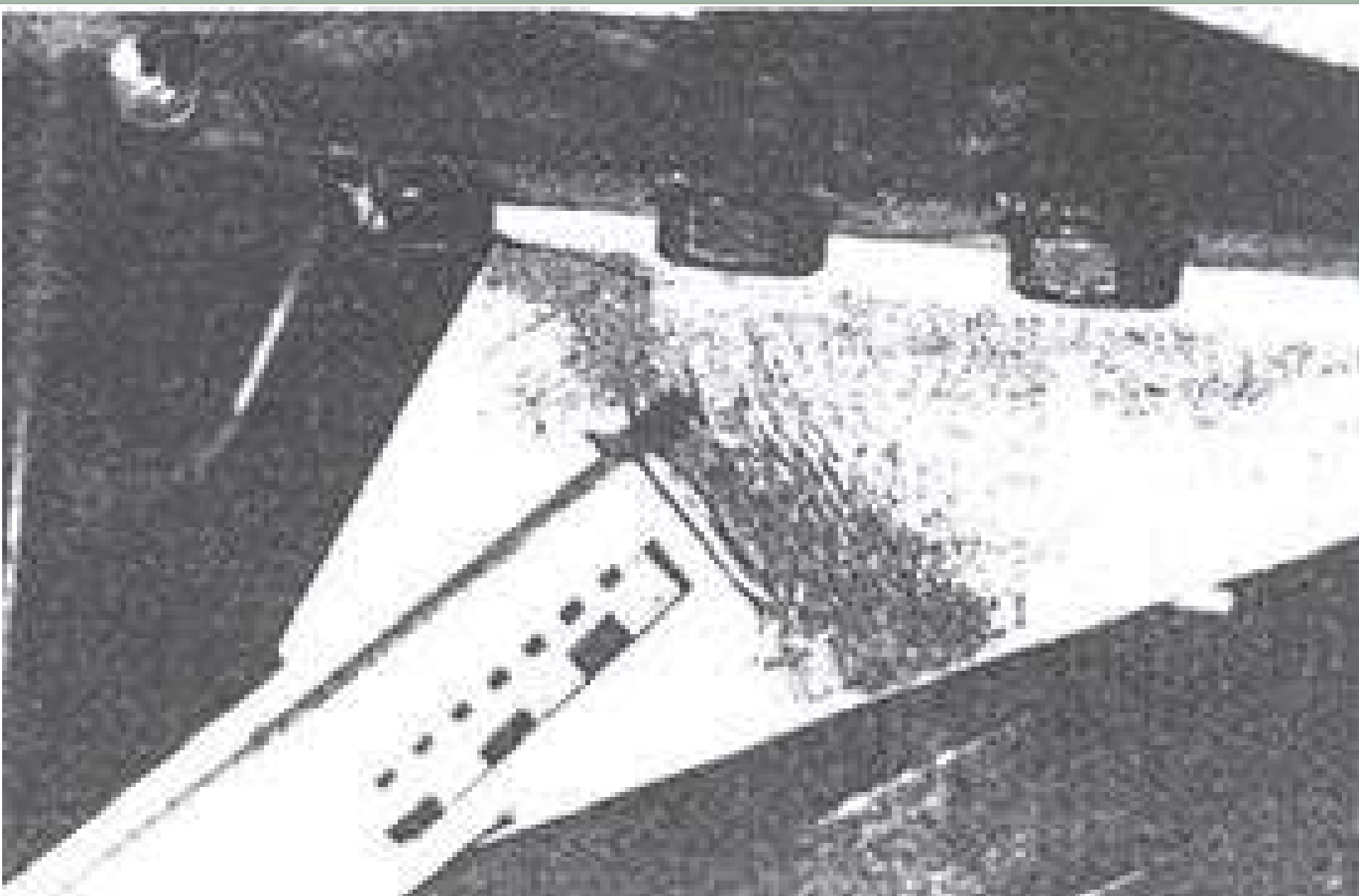
- اعضای بادبندی معمولا طوری نصب میشوندکه محور قوی مقطع، عمود بر صفحه مهاربندی باشد، با این حساب مقاومت کمانش خارج از صفحه کمتر میشود. در شرایط انتهایی نیز ضوابط لرزه ای اتصال بادبند ملزم می کندکه در ورق Gusset فاصله 2t را رعایت کنیم. در فاصله 2t به جهت اینکه مقاومت خمشی حول هر دو محور کمتر از سایر نقاط ورق Gusset است ، محل تشکیل مفصل در کمانش داخل صفحه و خارج صفحه میشود وچون در جهت خارج از صفحه مقاومت خمشی کمتری دارد ، پس با این شرایط ، کمانش خارج از صفحه بادبند محتمل ترمیشود.



جزئیات ورق اتصال در ***SCBF***

- طبق طراحی لرزه ای ، ورق اتصال Gusset plate بایدبدون اینکه دچار کمانش موضعی و یا سایر مودهای گسیختگی باشد، شرایط کمانش غیر ارتجاعی بادبند و تشکیل مفصل پلاستیک را برای بادبند فراهم نماید.
- براساس تحقیقات آستانه اصل باید بین انتهای بادبند و خط فرضی، *(عمود بر محور بادبند که از نقطه تقاطع ورق Gusset با تیر یا ستون می گذرد) فاصله ای به اندازه 2t حفظ شود.*
- در غیر اینصورت به جهت سختی زیاد، تقاضای بیشتری نیز بر اتصال بادبند و ورق *Gusset* بوجود آمده که باعث گسیختگی جوشهای اتصال یا کمانش موضعی ورق یا خود بادبند می شود.
- با رعایت این فاصله *2t*ودر صورت لزوم سخت کردن سایر قسمتهای ورق در رفتارغیر ارتجاعی، مفصل پلاستیک در این ناحیه تشکیل می شودو بدین ترتیب محدوده اتصال از طراحی لرزه ای به مقاومت مورد انتظار بادبند ، معاف میشود و به مقاومت مورد انتظار این ناحیه از ورق که خیلی کمتر است، طراحی می شود.

- تشکیل مفصل پلاستیک در ورق اتصال



▪ اثر لاغری بر منحنی هیسترزیس بادبند

- لاغری موثر بادبند، تنها پارامتر مهمی است که در شکل هیسترزیس بادبند و به تبع آن در ظرفیت جذب انرژی آن تاثیر می گذارد.
- لاغری کم سهیم بودن بادبند فشاری در جذب انرژی را تضمین می کند.
- منظور از لاغری کم یعنی لاغری در حدی است که بار کمانشی کمتر از بار تسلیم است.
- *بطور کلی اعضای ضخیمتر و کلفتتر ،حلقه های هیسترزیس پرتری نسبت به اعضای خیلی لاغر دارند. حلقه های هیسترزیس بادبندهای لاغر، دارای پدیده Pinching (لاغر شدن حلقه ها) می باشند، ولی لاغری کمتر بادبندها، ظرفیت شکل پذیری سازه را افزایش می دهد. بادبندهای قوی و ضخیم (لاغری کمتر) تقاضای شکل پذیری بالائی را در تیرها و ستونها میطلبند و اثر کمانش موضعی شدیدتر و تعیین کننده تر میشود . در این حالت ، با تسلیم یا کمانش موضعی مقطع تغییرمکان جانبی بزرگی بوجود می آید .*

- با افزایش لاغری ، چرخش پلاستیک ماندگار در عضو بیشتر شده در نتیجه کاهش پیک های فشاری در سیکل های متوالی بیشتر میشود . در این حالت بیشترین تغییرمکان جانبی طبقات افزایش می یابد . زیرا که با افزایش لاغری ، نیروی فشاری ستونها افزایش یافته و مود تغییرشکل قاب با مود خمشی کنسولی انجام می گیرد.
- در حالت کلی سیستم مهاربندی با بادبندهای ضعیف تر وتیر و ستون قوی تر، توزیع بهتر نیروی لرزه ای و تسلیم را در ارتفاع بالاتر سازه ناشی میشود .
- لاغری بزرگ $\lambda > ۱۳۰$ تنشهای کمانشی الاستیک کمتر از نصف تنش تسلیم
- لاغری کوچک $\lambda < ۶۰$ بسته به نسبت عرض به ضخامت مقطع، تسلیم بادبند و کمانش موضعی حاکم بر طرح
- لاغری متوسط $۶۰ < \lambda < ۱۳۰$ کمانش غیرارتجاعی بحرانی تر از کمانش موضعی و حاکم بر طرح