

# جداسازهای لرزه ای ، آنالیز استاتیکی و دینامیکی آنها و اثرات استفاده ی آنها در برخی مناطق ژئوتکنیکی

علیرضا نعیمی - دانشجوی دوره ی کارشناسی دانشکده ی مهندسی عمران دانشگاه سمنان  
Ali\_nmil@yahoo.com

## خلاصه

در این مقاله ابتدا برخی جداسازهای لرزه ای و نیز عملکرد آنها مورد بررسی قرار گرفته است ؛ سپس به آنالیز استاتیکی و دینامیکی و موارد استفاده ی آنها پرداخته شده است و در انتها، اثرات استفاده ی جداسازها در یک سازه در برخی مناطق ژئوتکنیکی بررسی شده است . در این مقاله سعی شده است ، تاثیر بالای استفاده از جداساز لرزه ای در کاهش اثرات نیروهای مخرب مانند زلزله در یک سازه بیان گردد و در انتها با بیان این موضوع ، به خوانندگان توصیه شده است که در صورت وجود شرایط از جداسازها در طراحی لرزه ای سازه بهره گیرند ؛ امری که به سرعت در تمام جهان در حال گسترش می باشد.

کلمات کلیدی: جداساز لرزه ای ، FPS ، LRB ، HDRB ، پرپود

## مقدمه

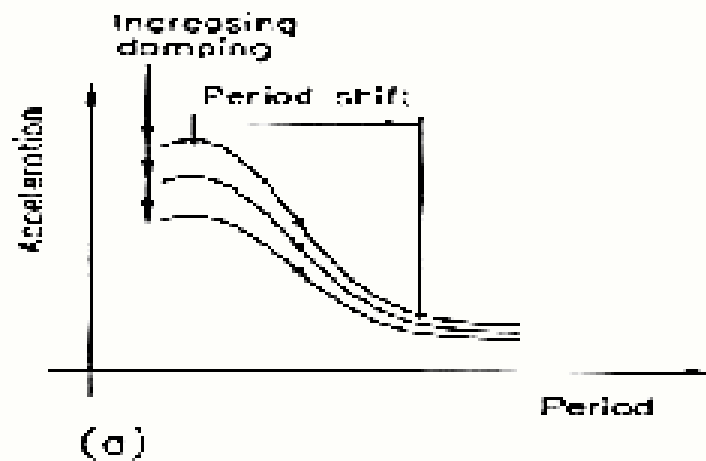
طی دهه های گذشته طراحی لرزه ای ساختمانها بر اساس شکل پذیری در تمام جهان انجام گرفته است . به هر حال این طراحی به طور کلی کم اطمینان و در حقیقت کمتر از حد انتظار است؛ دلیل این ادعا را میتوان به موارد زیر نسبت داد:

- 1- به علت وجود دیوارها ، نظریه ی "ستون قوی- تیر ضعیف" ممکن است در واقع شکل نگیرد.
- 2- شکست برشی ستون ها به علت عدم تناسب هندسی ویا اثر ستون کوتاه
- 3- بتن ریزی دشوار مخصوصاً در گره های تیر و ستون به علت وجود فولاد مسلح کننده ناشی از طراحی شکل پذیری استراتژی طراحی یک جداساز لرزه ای شامل دو مورد است:

1- اثر  $p - \Delta$  در ساختمان ها

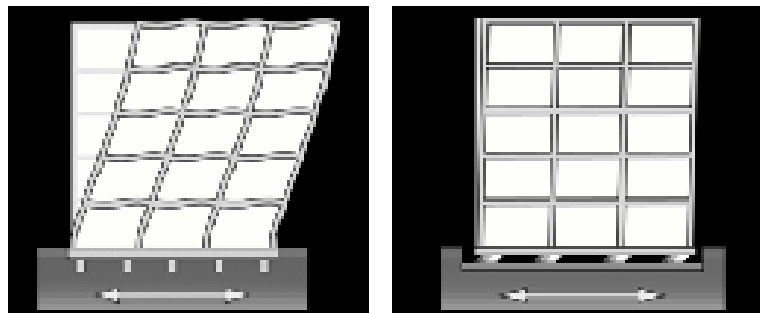
2- مسیر بار بحرانی کوتاه

یک جداساز فنر مانند (spring-like) ، با انعطاف پذیری جانبی قابل توجه ، بدین ترتیب که با تغییر پرپود اصلی سازه از رزونانس ( تشدید ) سازه با فرکانس غالب ناشی از زلزله ، مطابق شکل (1) ، جلوگیری می کند، در کاستن نیروهای زلزله کمک می کند. در حالی که یک جداساز لغزشی (sliding type) ، نیروهای زلزله که به سازه انتقال داده می شوند را ، صرفنظر از شدت زلزله ، بوسیله ی محدودیت توسط اثر مالشی جداساز ، بوسیله ی سطوح لغزشی ناپیوسته ی آن ، تسهیل می کند [1].



شکل 1- طیف پاسخ کلی شتاب

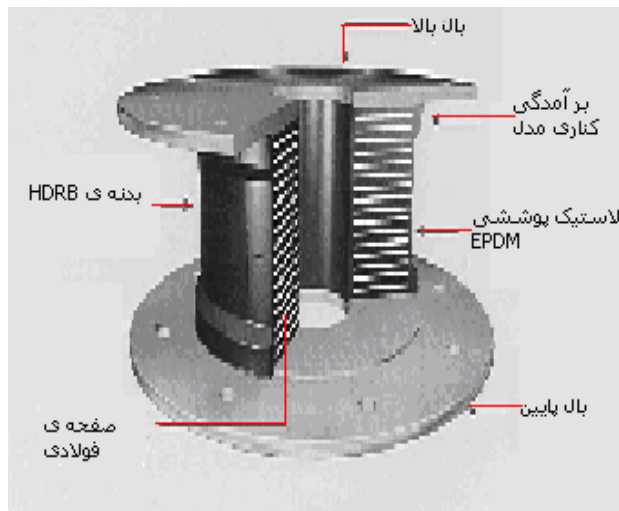
در طول زلزله ها، یک سازه ی معمولی بدون سیستم جداساز لرزه ای، تحت تغییر مکانهای طبقات (drift) قابل توجهی می باشد که ممکن است منجر به صدمه یا حتی فروریختن سازه گردد. از آنجائیکه ارتعاشات سازه ی با جداساز لرزه ای تقریباً "مانند یک جسم صلب با تغییر شکلها یا تغییر مکانهای بزرگ است که توسط سیستم جداساز تحمل می شود، همانطور که در شکل (2) روشن است، در سازه ی دارای جداساز لرزه ای، فقط مقادیر تغییر مکانها کاسته نمی شود بلکه بین طبقات باز توزیع شده و در نتیجه ممان واژگونی سازه نیز کاسته می شود.



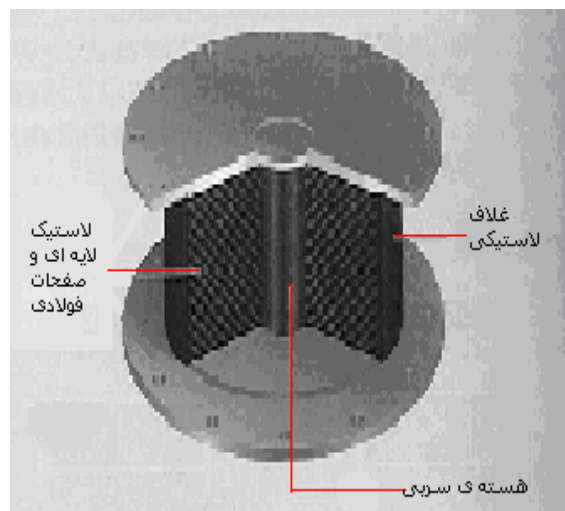
شکل 2- تاثیرات جداساز لرزه ای

معرفی برخی جداسازهای لرزه ای

1- جداساز فنمانند (spring-like)، این نوع جداساز دارای استفاده ی گسترده ای است و شامل انواع لاستیکی با هسته ی سربی (3) و (4)، می باشد. LRB (Lead-Rubber Bearing) و لاستیکی با میرائی بالا (HDRB (High Damping Rubber Bearing)، مطابق شکلهای



شکل 4- ساختار HDRB



شکل 3- ساختار LRB

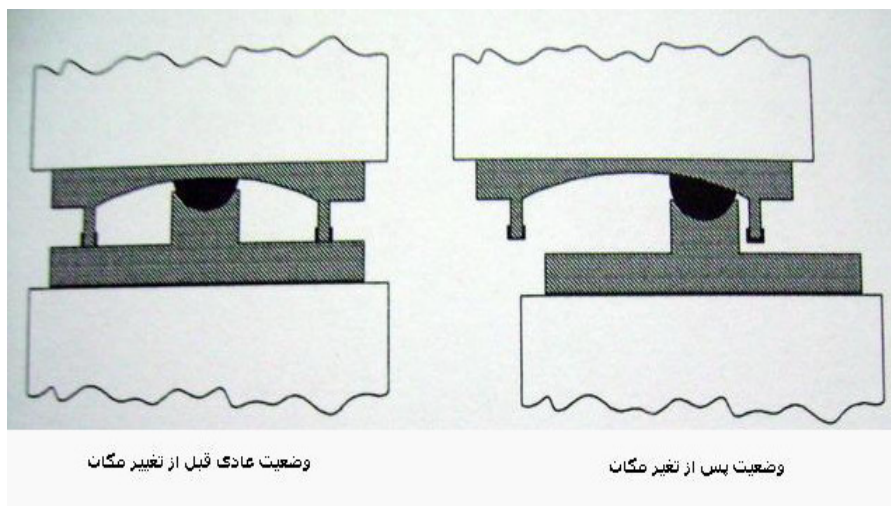
2- جداساز لغزشی (sliding type): این نوع جدا ساز به علت فقدان قابلیت بازگشت پذیری به حالت اولیه ، غیر استفاده شده است برای غلبه به این مشکل، سیستمی به نام آونگ اصطکاکی (FPS (Friction Pendulum System) از نوع جداساز لغزشی ، که از یک سطح لغزشی کروی شکل برای فراهم آوردن سختی قابل بازگشت ، هنگامی که اصطکاک بین سطوح لغزشی در اتلاف انرژی کمک می کنند، بهره گرفته شده است ، مطابق شکل (5) ، طراحی شد. به عبارت دیگر FPS ، از لحاظ وظیفه مانند LRB و HDRB است که وظیفه ی طولانی کردن پررود اصلی سازه را دارا می باشند؛ به انضمام اینکه فوایدی را مانند تغییر ندادن پررود باقیمانده (Period-invariance) ، مقاومت پیچشی، کاهش حساسیت به دما و دوام نیز دارا است.



شکل 5- ساختار FPS

### خصوصیات مکانیکی FPS

FPS ، جداساز لرزه ای فولادی مقاوم در برابر خوردگی است که شامل یک سطح مقعر (گود) ، یک لغزنده ی مفصلی و یک صفحه ی پوششی می باشد. لغزنده ، بوسیله ی ی ککامپوزیت خود چرب شونده ، مانند تفلون پوشیده شده است. در طول زلزله ، لغزنده ی مفصلی به تناسب ظرفیت لغزش ، همراه سطح مقعر ، منجر به حرکت سازه ی مورد نظر بصورت حرکت های نوسانی آرام می شود. حرکت FPS در شکل (6) دیده می شود.



شکل 6- حرکات FPS

T، دوره ی تناوب آونگ اصطکاکی بر اساس شعاع انحنای سطح مقعر (R) انتخاب می شود که برابر است با:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (1)$$

که در آن g، شتاب ثقل می باشد. این شتاب مستقل از جرم سطح مورد نظر است.

سختی جانبی سیستم،  $k_b$ ، شمول بر قابلیت بازگشت پذیری سیستم، برابر است با:

$$k_b = \frac{W}{R} \quad (2)$$

که W، وزن سازه می باشد.

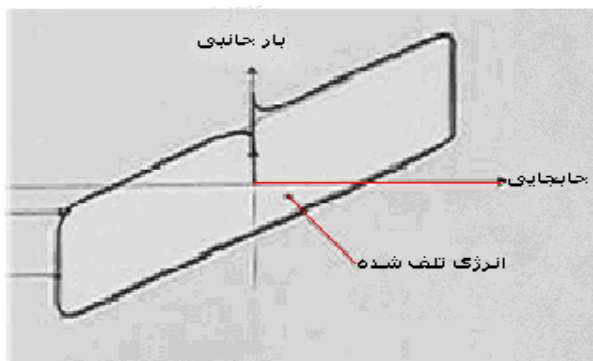
حرکت لغزنده، یک نیروی اصطکاکی دینامیکی تولید می کند که میرائی لازم برای جذب انرژی زلزله را فراهم می آورد. بارهای جانبی

مانند برش پایه V، که توسط لغزشها نسبت به هم به عنوان جابجایی u نسبت به موقعیت اولیه که شامل نیروهای بازگشت پذیر و

نیروهای اصطکاکی است و به سازه منتقل می شود، عبارتست از:

$$V = \left( \mu + \frac{u}{R} \right) W \quad (3)$$

که  $\mu$ ، ضریب اصطکاکی می باشد. تیپ منحنی های هیستریزس نیروی جانبی FPS، در حرکت پریودیک (دوار) در شکل (7) نشان داده شده است.



شکل 7- منحنی های هیستریزس بار جانبی

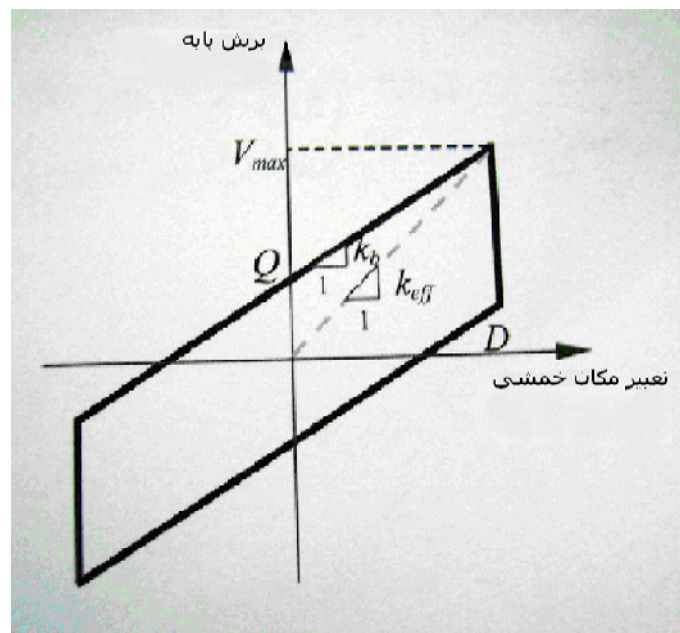
انرژی تلف شده برای یک سیکل لغزش ( $E_D$ ) ، با دامنه ی  $D$  ، برابر با مقدار زیر تخمین زده می شود:

$$E_D = 4 \mu W D \quad (4)$$

ضریب اصطکاکی ، وابسته به فشار تماسی بین لغزنده و سطح مقعر می باشد. هنگامی که فشار زیاد می شود، ضریب کاهش می یابد . برای آنکه FPS مؤثر واقع شود ، مقدار  $\mu$  بین 3% تا 10% مورد نظر قرار گرفته است.

روش طراحی بر پایه ی آنالیز استاتیکی

طراحی سیستم جداساز لرزه ای شامل تعیین برش پایه ، جابجایی نسبی و ... بر طبق شرایط سایت به همراه شرایط آیین نامه ، در مشخصات نسبی مورد نظر (مانند ضریب اصطکاکی  $\mu$  و شعاع انحنای سطح مقعر،  $R$  ، برای FPS) می باشد. در این قسمت یک روش طراحی ساده بر پایه ی آنالیز استاتیکی برای طراحی اولیه و مقدماتی سیستمهای جداساز ، معرفی شده است پس ماند (هیستریزیس) برش پایه ، در مقابل تغییر مکان لغزش ناشی از یک FPS ، می تواند بوسیله ی یک مدل لاستیکی صلب و با سختی خطی ، مطابق شکل (8) ، ایده آل سازی شود.



شکل 8- هیستریزیس ایده آل شده ی FPS

ثابت مشخصه ی سیستم جداساز،  $Q$  که ماکزیمم نیروی اصطکاکی تعریف شده می باشد، عبارتست از:

$$Q = \mu W \quad (5)$$

اگر سختی مؤثر،  $K_{EFF}$  ، در سیستم جداساز به عنوان تابعی از بیشترین تغییر مکان نسبی موجود ،  $D$  ، به همراه  $\mu$  و  $R$  موجود، به صورت زیر تعریف شود:

$$K_{EFF} = \left( \frac{1}{R} + \frac{\mu}{D} \right) W \quad (6)$$

به عنوان نتیجه ، پیروید طبیعی معادل ،  $T_e$  ، برای سازه ی با جداساز تقریباً " برابر است با:

$$T_e = 2 \pi \sqrt{\frac{W}{g K_{eff}}} \quad (7)$$

با فرض وجود سازه به عنوان ی کجسم صلب و این پیروید طبیعی معادل ، دوباره به  $D$  وابستگی خواهیم داشت.

به عبارت دیگر ماکزیمم برش پایه ی سیستم جداساز (  $V_{max}$  ) ، که با استفاده از طیف الاستیک بوسیله ی آنالیز طیفی بدست می آید ، عبارتست از:

$$V_{max} = Z I C C_d W \quad (8)$$

که در آن ،  $Z$  میزان خطر وابسته به زمینلرزه بر پایه ی  $PGA$  در زلزله ی طرح ،  $I$  ضریب اهمیت سازه ،  $C$  میزان ضریب مربوط به خصوصیات سایت بصورت نرمال شده (  $PGA=1g$  ) در 5% از طیف پاسخ شتاب الاستیک تعیین شده در آیین نامه و  $C_d$  ضریب اصلاحی سازه با میزان میرائی متفاوت با 5% می باشد. این ضریب برابر است با:

$$C_d = \frac{1.5}{40 \xi_e + 1} + 0.5 \quad (9)$$

که ضریب میرائی معادل ،  $\xi_e$  ، برابر است با:

$$\xi_e = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{E_D}{D^2 K_{eff}} \right] \quad (10)$$

که  $E_D$  همان انرژی تلف شده که در معادله ی (4) تعیین شد ، می باشد. ماکزیمم برش پایه برابر جرم سازه در شتاب طیفی (  $S_a$  ) می باشد ؛ بنابراین :

$$S_a = Z I C C_d g \quad (11)$$

از طرف دیگر داریم:

$$S_a = \omega^2 D = \left( \frac{2\pi}{T_e} \right)^2 D \quad (12)$$

با داشتن ضریب اهمیت واحد (  $I=1$  ) ، برای ساختمانهای با جداساز لرزه ای ، تغییر مکان طیفی  $D$  برابر خواهد بود با:

$$D = \frac{Z C C_d T_e^2 g}{4\pi^2} \quad (13)$$

رابطه ی فوق بیان می دارد که  $D$  تابعی از  $T_e$  و  $C_d$  که خود نیز تابعی از  $D$  می باشند ، است ، پس یک پروسه ی تکراری لازم است تا یک همگرایی برای  $D$  بدست آید. پس از آن برش پایه بصورت زیر تخمین زده می شود:

$$V = K_{EFF} D \quad (14)$$

توزیع نیروی جانبی در طبقه ی  $i$  ام برابر است با:

$$F_i = V \frac{W_i u_i}{\sum_{K=0}^N W_k u_k} \quad (15)$$

که  $W_k$  ، وزن طبقه ی  $K$  ام از  $N$  طبقه ساختمان است.  $u_k$  نیز تغییر مکان طبقه ی  $K$  ام به علت نیروهای جانبی در هر طبقه به نسبت وزن آن می باشد که این نیرو برابر است با:

$$f_k = \frac{W_k}{\sum_{j=0}^N W_j} ; \quad K=0, \dots, N \quad (16)$$

پس از تعیین نیروی جانبی سازه ، به روش مشابه ، سازه های مرسوم بر طبق آیین نامه های ساختمانی طراحی می شود. توجه شود که اثر پیچش به علت خروج از مرکزیت تصادفی بر روی تغییر مکان نسبی باید محاسبه شود . مخصوصاً " برای تغییر مکانها در کنج های ساختمان . به علاوه برای اطمینان از پایداری نسبی در شرایط بحرانی ، یک ضریب ایمنی به مقدار 1.5 قرار داده می شود. تأیید پایداری پیوند نسبی اولیه در عمل وابسته به این مقدار ضیب دارد.

با توجه به بحث فوق در مورد اهمیت FPS، پروسه ی طراحی شرح داده شده در این قسمت در حقیقت برای سازه های جداسازی شده با هر نوع جداساز لرزه ای صرفنظر از FPS، LRB یا HDRB، مشترک است.

آنالیز غیرخطی دینامیکی سه بعدی

در اینجا سازه مورد نظر با یک سیستم الاستیک خطی با افتار غیر خطی محدود در سیستم جداساز، مدل می شود و شالوده و طبقات در صفحه هایشان صلب فرض میگردند. همچنین شالوده و سازه در مرکز جرمشان با 3 درجه ی آزادی (DOF) در هر طبقه مدل می شود و رفتار جداساز لرزه ای با استفاده از مدل Bouc-Wen، مدل می شود [2]. معادله ی حرکتساز هوشالوده به صورت زیر است:

$$M \ddot{u} + C \dot{u} + ku = -MR(\ddot{u}_g + \ddot{u}_b) \quad (17)$$

$$R^T M [\ddot{u} + R(\ddot{u}_g + \ddot{u}_b)] + M_b (\ddot{u}_g + \ddot{u}_b) + C_b \dot{u}_b + k_b u_b + f + f_c = 0 \quad (18)$$

که  $M$ ،  $C$  و  $k$ ، به ترتیب ماتریس های جرم سازه، میرایی و سختی می باشند.  $R$ ، ماتریس تأثیر و  $\ddot{u}$ ،  $\dot{u}$  و  $u$ ، بردارهای شتاب، سرعت و جابجایی طبقه می باشند؛ در مورد شالوده،  $\ddot{u}_b$ ، بردار شتاب شالوده، در مورد زمین،  $\ddot{u}_g$  بردار شتاب مطلق زمین،  $M_b$  ماتریس قطری جرم شالوده،  $C_b$  ماتریس میرایی برآیند عناصر جداساز ویسکوز،  $k_b$ ، ماتریس سختی برآیند عناصر جداساز الاستیک،  $f$  برداری شامل نیروهای موجب حرکت در نشیمن جداساز و  $f_c$  نیروهای کنترل (بردار تهی جهت کنترل *passive*) می باشند. نیروهای  $f$  را که موجب حرکت در LRB می شوند، می توان بوسیله ی مدل ویسکو-پلاستیک، مطابق زیر مدل کرد:

$$f_x = k_p u_x + (k_e - k_p) u^y z_x \quad (19)$$

$$f_y = k_p u_y + (k_e - k_p) u^y z_y \quad (20)$$

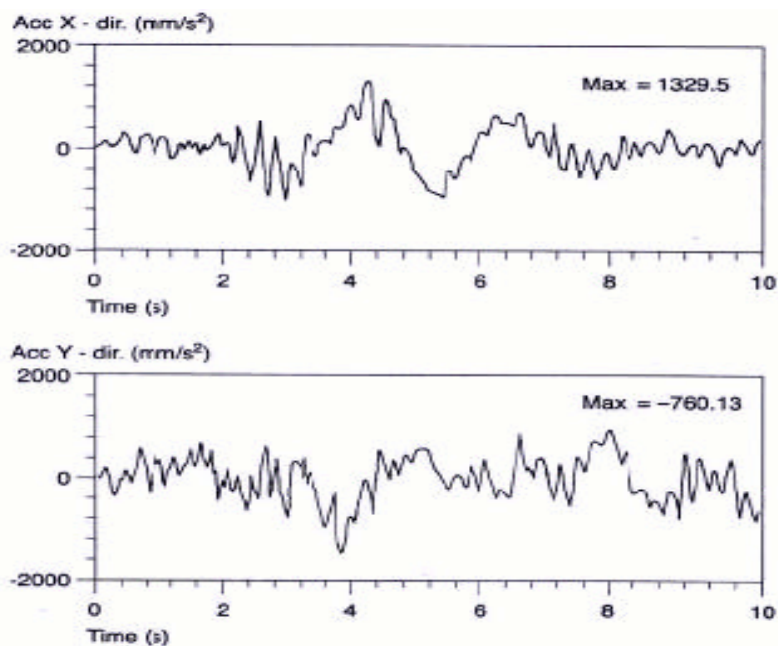
که  $k_e$ ، سختی پیش از تسلیم،  $k_p$  سختی پس از تسلیم،  $u^y$ ، تغییر مکان در موقع تسلیم و  $z_x$  و  $z_y$ ، متغیرهای هیستریز بدون بعد تعیین شده توسط Park et.al [2]. نیروهای  $f$  موجب حرکت در نشیمن های لغزشی را می توان بوسیله ی مدل های ویسکو-پلاستیک به شکل زیر مدل کرد:

$$f_k = k_p u_x + \mu Nz_x \quad (21)$$

$$f_y = k_p u_y + \mu Nz_y \quad (22)$$

که  $\mu$  ضریب اصطکاک و  $N$ ، میانگین نیروهای قائم در محل وارد شدن بار است.

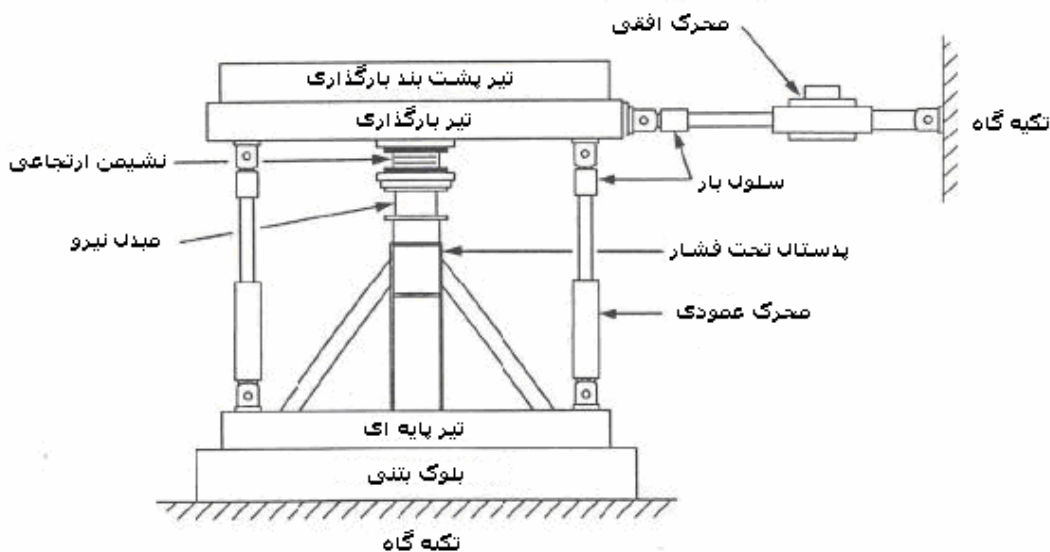
پاسخ لرزه ای ساختمانهای با جداساز لرزه ای را می توان با حل معادلات حرکت (معادلات 17 و 18)، با روش نیومارک (implicit-implicit partitioned)، در حالت *predirect-corrector* به جای انتگرال گیری مستقیم از معادلات حرکت به طور متناوب، بدست آورد. پاسخ یک ساختمان 3 طبقه با جداساز LRB تحت شتاب دوجبهته ی زلزله ی Koyna (1967) (مقادیر شتاب طولی و عرضی در جهات X و Y ساختمان)، در شکل (9) نشان داده شده است [3].



شکل 9- نگاشت شتاب مطلق بام ساختمان 3 طبقه با جداساز لرزه ای تحت زلزله ی *Koyna* ملاحظه می شود که مقدار شتاب ماکزیمم بام در جهت طولی برابر  $1329.5 \text{ mm/sec}^2$  در برابر  $\text{PGA} = 0.63 \text{ g}$  می باشد. آنالیز غیر خطی فوق ، یک راهکار برای روشهای معادل خطی مورد استفاده در آیین نامه های ایالات متحده به منظور تخمین تغییر مکانها و نیروهای جداساز ، تحت یک طیف داده شده ی مشخص ، پیشنهاد می کند [ 4 ]. در اینجا می توان گفت اگر چه دقت و اهمیت استفاده از آنالیز غیر خطی برای بدست آوردن پاسخهای یک سازه بر کسی پوشیده نیست ، ولی . به هر حال، آنالیز دینامیکی غیر خطی پیچیده تر، برای اشکال با هندسه ی پیچیده مطلوب هستند .

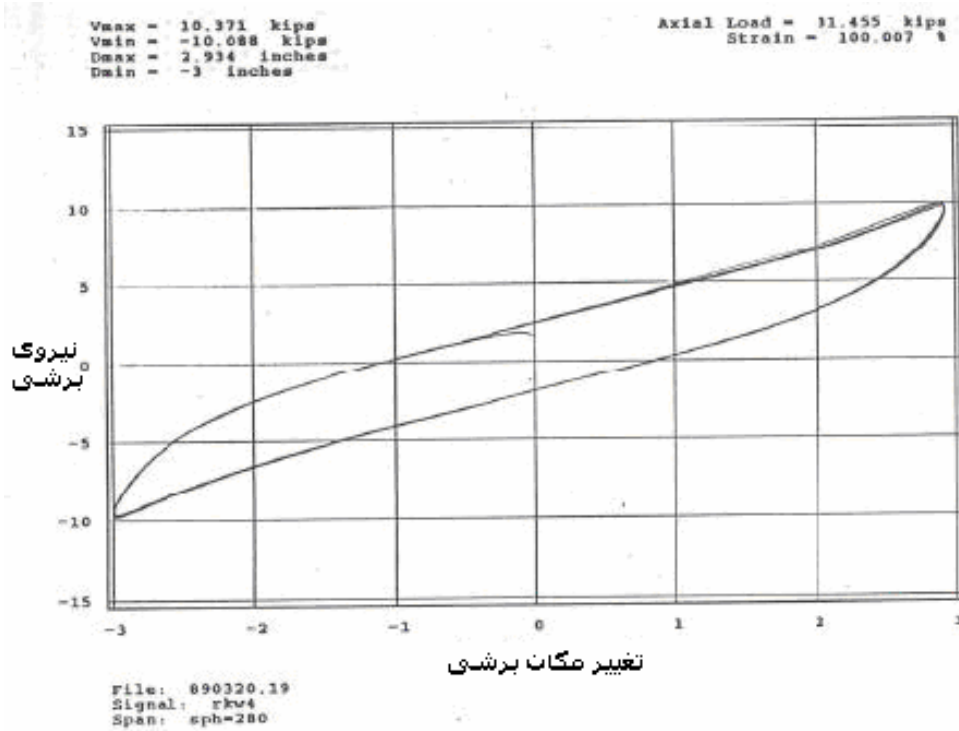
### عملیات تست برش برای LRB

*Aiken et.al* ، تست گسترده ای را برای LRB های با میرائی بالا ، مطابق شکل (10) برای تست برش انجام داده است. بر پایه ی نتایج تست ، تشابهی میان برخی نشیمن ها با خصوصیات مختلف بدست آمد. اثر بار محوری و کرنش برشی روی خصوصیات نشیمن ها از جمله سختی برشی و سختی قائم بدست آمده است [ 5 ].



شکل 10- شکل کلی بارگذاری برای تست برش در LRB

شکل (11) ، یک منحنی هیستریزس نیرو-جابجایی را برای LRB با میرائی بالا در طول انجام تست برش، نشان می دهد. آزمایشات برش ثابت کرد که LRB ها دارای سختی و میرائی پایداری می باشند.



شکل 11- حلقه ی هیستریزس نیرو-جابجایی کلی برای LRB

استفاده ی جداسازها در یک سازه در برخی مناطق ژئوتیکنیکی

- جداساز روی خاک نرم

اگرچه جداسازها در کل دنیا پذیرفته شده اند ، سوالی در مورد اجرای جداسازهای لرزه ای در خاکهای نرم ، با توجه به اثر فرکانسهای طبیعی پایین محل بر روی سازه ، پیش می آید. برای نشان دادن این موضوع یک مطالعه ی آزمایشگاهی بر روی میز لرزان ، انجام گرفته است (EERC, University of California at Berkeley) ، دو سیستم مختلف جداساز در این آزمایش استفاده شد [6]. اولین سیستم برای مدل کردن پیوند طبیعی برابر با یک ساختمان هسته ای پیشنهادی و سیستم دومی با استفاده از لاستیک با میرائی بالا که به تازگی پیشرفت داده شده بود، با مدلهای برشی پایین که فرکانسی حدود 25% کمتر از سیستم اول داشت ، طراحی شدند. این کار موجب شد تا عوامل زیر مورد ارزشیابی قرار بگیرند:

1- فواید طولانی شدن پیوند سیستم جداساز ، مخصوصاً در مکانهای با خاک نرم

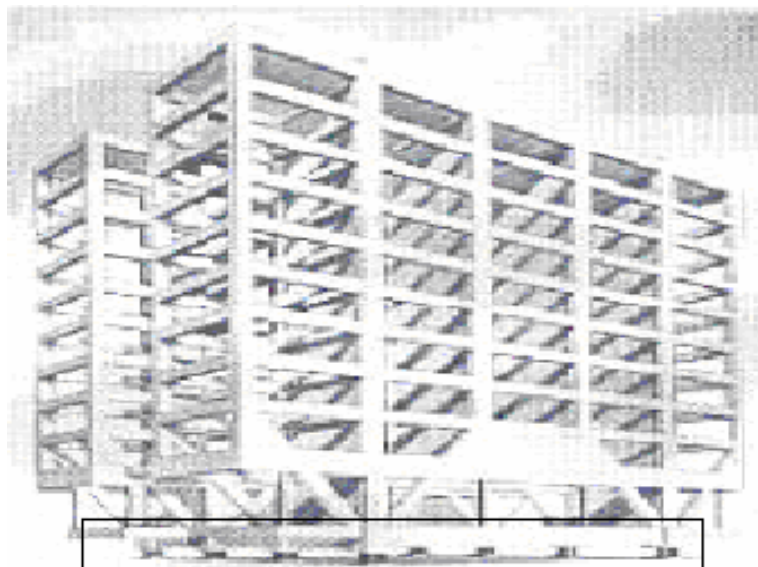
2- عملکرد سیستمهای جداساز با پیوند بالا بر پایه ی اجزای کشسان

انجام آزمایشات نشان داده اند که سیستمهای جداساز لرزه ای را می توان در مکانهای با خاک نرم بر اساس چگونگی توزیع بارها روی سیستم جداساز، بکار برد و در نتیجه ابعاد سیستمهای جداساز به قدر کافی برای تحمل تغییر مکانهای بزرگ ، بزرگ است.

- جداساز برای حرکات نزدیک گسل

کمی قبل از این ، تعدادی از شتابنگاشتها از سایتهای نزدیک منبع زلزله ، مقادیری را ثبت کردند. پاسخ لرزه ای با سیستم جداساز تحت چنین شتابنگاشتهایی ، مناسب بودن سیستم جداساز را در محلهای نزدیک گسل را تأیید کردند. دو نوع حرکت زمین در نزدیکی گسل وجود دارد که بر روی سازه های با سیستم جداساز اثر می گذارد [7]. اول، حرکت زمین عمود بر گسل می باشد که در مقایسه با حرکتی موازی با گسل ، در مقادیر طیفی با پیوند بالا ، قویتر است. حرکتی موازی با گسل ، کمابیش مستقل هستند و گسلهای موازی با حرکت ، اغلب مقادیر شتاب طیفی بیشتری را ارائه می دهند. تغییر مکان نسبی حداکثر اساساً "به علت عمودی حرکات نزدیک گسل می باشد. سهم تغییر مکان برآیند ناشی از مقادیر موازی ممکن است نادیده گرفته شود. اما نوع دوم حرکت زمین در نزدیکی گسل که قویاً به سیستمهای جداساز فشار وارد می کند ، وجود پالسهای با مدت طولانی است . حرکات زمین ممکن است

یک یا چند پالس جابجایی ، با سرعت‌های ضعیف به میزان  $0.5 \text{ m/sec}$  و مدت زمانی به میزان 1-3 ثانیه داشته باشد. این پالسها فشار زیادی را روی سیستم جداساز با پریودی به میزان فوق وارد می کند و می تواند باعث تغییر مکان های بزرگی شود. این تغییر مکانهای بزرگ را می توان با استفاده از جداسازهای بزرگ ، مهار کرد. شکل (12) بیان می کند که چگونه یک سیستم انتقال خرابایی در بخش پایینی یک قاب برای رساندن بار از 24 ستون به تنها 8 گره ، بکار می رود



تنها 8 گره در انتقال بارها به زمین دخالت دارند

شکل 12- انتقال خرابایی در طبقات پایین سازه با جداساز لرزه ای

خاطر نشان می سازد که این راهکار برای ساختمانهای وسیعی در ژاپن برای جلوگیری از تغییر مکانهای بزرگ در سیستم جداساز استفاده شده است.

- ساختمانهای با سیستم جداساز از نظر برهم کنش سازه - خاک (SSI)

اثر برهم کنش سازه - خاک (SSI) و اثرات محتمل تکان ساختمان و شالوده ، بوسیله ی تحقیق در مورد خصوصیات مدل سیستم جداساز ، آزمایش شد [8] .

اثر SSI روی خصوصیات مدل و نیروهای لرزه ای ، زمانی که جداسازها انعطاف پذیری زیادی دارند، نسبت به خاک کوچک است . وقتی که انعطاف پذیری جداسازها با خاک برابر باشد ، خاک ممکن است در رفتار ساختمان اثر بگذارد و همکاری کند. مشخص شده است که عکس العمل متقابل بین پای ستونها ، عامل مهمی برای پاسخ در مد اصلی نیست و می تواند اثر مشخصی روی مدهای بالاتر داشته باشد.

#### نتیجه گیری

از مطالعات انجام شده در تحقیقات حاضر و با توجه به فرضیات موجود می توان نتیجه گرفت:

- جداسازها با توزیع تغییر مکان نسبی بین طبقات باعث کاهش ممان واژگونی می گردند.
- اگر چه دقت و اهمیت استفاده از آنالیز غیر خطی برای بدست آوردن پاسخهای یک سازه بر کسی پوشیده نیست ، ولی . به هر حال، آنالیز دینامیکی غیر خطی پیچیده تر، برای اشکال با هندسه ی پیچیده مطلوب هستند .
- بر طبق نتایج تست برش در این مقاله ، جداسازهای LRB ، دارای میرائی و سختی پایداری در تحمل برش پایه دارند.
- سیستمهای جداساز با پریود بالا در مکانهای با خاک نرم عملکرد بهتری نسبت به دیگر سیستمها دارند.
- برای مهار تغییر مکانها در مناطق نزدیک گسلها ، از جداسازهای با ابعاد بالا باید استفاده کرد مانند سیستم جداساز با انتقال بار خرابایی
- بر هم کنش سازه و خاک با استفاده از جداسازهای با انعطاف پذیری بالا کم و در نتیجه نقش خاک در پاسخهای مد اصلی سازه نیز کم خواهد شد.

- ودر پایان ، در این دوران انقلاب تکنولوژی ، جهان مهندسی زلزله ، نیاز به فکر خلاق و تکنولوژی پیشرفته ای وروی راه حل های متعارف است. جداسازی لرزه ای یک تکنولوژی مناسب برای حفاظت از تنوع ساختمانهایی است که خصوصیات دینامیکی لازم را دارند ، می باشد. تکنولوژی جداسازی در سالهای اخیر به قابلیت اطمینان و اتکای بالایی رسیده است. تحقیقات آکادمیک روی این موضوع به خوبی پیشرفته است و استفاده ی مفید آن به طور گسترده ای در سراسر جهان مورد تقاضا می باشد.

#### قدردانی و سیاس

در پایان از راهنماییها و آموزشهای کلیه ی اساتید خود به خصوص جناب دکتر رضایی فر در تهیه ی این مقاله کمال سپاسگذاری را دارا هستم.

#### مراجع

- 1- Buckle, I. G., and Mayes, R. L. Seismic isolation history: application and performance world review. \_ Earthquake Spectra, 6, 161-201, (1990).
- 2-Park, Y. J., Wen, Y. K. and Ang, A. H. S., Random vibration of hysteretic systems under bi-directional ground motions. Earthquake
- 3- Deb, S. K., Paul, D. K. and Thakkar, S. K., Simplified nonlinear analysis of base isolated buildings subjected to general plane motion. Eng. Comput., 1997, 14, 542-557
- 4- Ryan, K. L. and Chopra, A. K., Estimation of seismic demands on isolators based on nonlinear analysis. J. Struct. Eng., ASCE, 2004, 130, 392-402.
- 5- Aiken, I. D., Kelly, J. M. and Tajrican, F. F., Mechanics of low shape factor elastomeric seismic isolation bearings. Report No. UCB/EERC 89/13, University of California at Berkeley, 1989.
- 6- Kelly, J. M., Shake table tests of long period isolation system for nuclear facilities at soft soil sites. Report No. UCB/EERC-91/03, University of California at Berkeley, 1991.
- 7- Jangid, R. S. and Kelly, J. M., Base isolation for near-fault motions. Earthquake Eng. Struct. Dyn., 2001, 30, 691-707.
- 8- Novak, M. and Henderson, P., Base-isolated buildings with soil- structure interaction. Earthquake Eng. Struct. Dyn., 1989, 18, 751-765.