

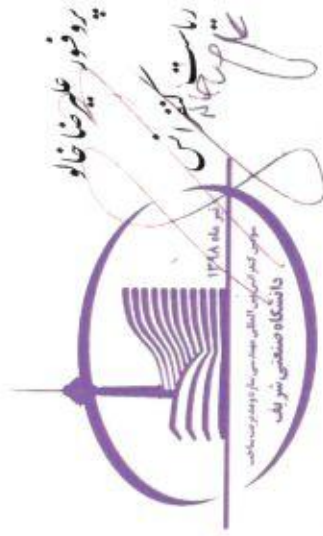


به نام خدا

شماره: ۱۴۴۵/۲۲۰۰

پروفسور محترم

پیشوند کوهی می شود مقال شما با عنوان "بررسی تأثیر صدا ساز لاسکی- سبلی بر کاهش اثرات طبقه نرم سازه" و با نویسندگی "علی صادقی نیا و هشتم شریعتدار" در سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت که توسط دانشگاه صنعتی شریف در پیچم و ششم تیر ماه سال ۱۳۹۸ در این دانشگاه برگزار شد، شرکت نموده، از بوی کسیت داوران مورد پذیرش نهایی قرار گرفته و به صورت "شکافی" ارائه شده است. لازم به ذکر است مقال مذکور در پایگاه مرجع دانش (Civilica) و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) نمایه خواهد شد.



بررسی تاثیر جداساز لاستیکی-سربی بر کاهش اثرات طبقه نرم سازه

علی صادقی نیا^۱، هاشم شریعتمداری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیکی مولف رابط: shariatmadar@um.ac.ir

خلاصه

امروزه در طرح های معماری بسیاری از ساختمان های مدرن به منظور زیباسازی و افزایش کارایی، نه تنها از به کارگیری دیوارهای برشی و مهاربندها در طبقات پایینی جلوگیری شده، بلکه در برخی مواقع ارتفاع این طبقات نسبت به طبقات دیگر، بیشتر در نظر گرفته می شود که این موضوع سبب ایجاد طبقه نرم خواهد شد. در این مقاله یک سازه معیار ۱۱ طبقه در نرم افزار MATLAB مدل سازی شده و تحت چهار زلزله السترو، طبس، کوبه و نورتریج تحلیل شده است. در ابتدا اثرات کاهش سختی جانبی طبقه اول بر تغییر مکان های طبقات بررسی شده و سپس سازه در حالت مجهز به سیستم جداساز لاستیکی-سربی، برای مقادیر مختلف سختی طبقه اول تحلیل شده است. مشاهده شد که در حالت جداسازی شده در مقایسه با پایه ثابت، کاهش سختی طبقه اول تاثیر بسیار کمی بر تغییر مکان های سایر طبقات داشته، به طوری که درصد اختلاف حداکثر تغییر مکان طبقه اول سازه جداسازی شده با سختی معادل با ۳۰٪ سختی اولیه، نسبت به حالتی که سختی طبقه اول بدون تغییر است، کمتر از ۱٪ می باشد.

کلمات کلیدی: اثرات طبقه نرم، تغییر مکان طبقات، جداساز لاستیکی-سربی

۱. مقدمه

با گسترش روز افزون سازه های بلند مرتبه در شهرها و انجام ملاحظات معماری و زیباسازی آنها، به وجود آمدن هرگونه نامنظمی در این گونه سازه ها به طور معمول امری اجتناب ناپذیر می باشد. از طرفی پژوهش های انجام گرفته درباره عملکرد ساختمان ها در زلزله های گذشته بیانگر این است که ساختمان های نامتقارن نسبت به ساختمان های متقارن آسیب پذیرتر بوده و ممکن است در حین زلزله دچار آسیب های شدیدی شوند. حذف دیوارهای پرکننده یا برشی یا مهاربندها در طبقه همکف و یا افزایش ارتفاع این طبقه باعث به وجود آمدن نامنظمی در ارتفاع و ایجاد طبقه نرم، افزایش تغییر مکان طبقات و در نهایت ناپایداری سازه خواهد شد. به همین منظور، پیدا کردن راه حلی مناسب که پاسخگوی تمامی نیازهای معماری باشد، امری ضروری است.

سیستم های کنترل غیرفعال از نخستین سیستم هایی می باشد که برای کاهش ارتعاش در ساختمان ها پیشنهاد شده است و جداسازی پایه در این گروه قرار می گیرد. در این سیستم با کاهش شتاب افقی وارده به سازه و کاهش فرکانس اصلی سازه، انرژی زلزله مستهلک شده و صدمات وارده به حداقل می رسد. در تحقیق انجام گرفته توسط انجمن سازه های جداسازی شده ژاپن در سال ۲۰۱۲ و پس از وقوع زلزله توهو-کو-اوکي^۱، با بررسی ۳۲۷ سازه جداسازی شده، مشخص شد که در این ساختمان ها آسیبی به روسازه وارد نشده و اجزای غیرسازه ای تقریباً سالم ماندند [۱].

در تحقیقات انجام گرفته در زمینه سیستم های جداسازی مشخص شده است که روسازه در این سیستم ها تقریباً مشابه با یک جسم صلب رفتار می کند و همچنین با افزایش سختی ثانویه جداساز، جابجایی طبقات در زلزله های دور از گسل تقریباً بدون تغییر باقی می ماند اما در زلزله های نزدیک گسل افزایش می یابد. در پژوهش های صورت گرفته در مورد پدیده طبقه نرم در سازه ها، مشاهده شده است که از عوامل اصلی وقوع این پدیده،

^۱. Japan Society of Seismic Isolation

^۲. Tohoku-Oki

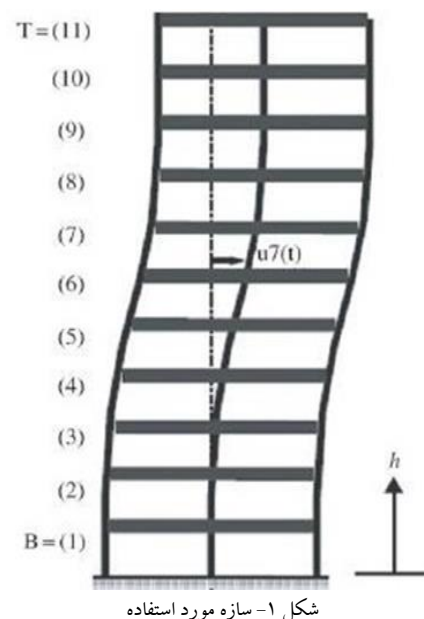
ملاحظات معماری مانند حذف دیوارهای پرکننده یا برشی و یا حذف مهاربندها و همچنین افزایش ارتفاع طبقات پایینی ساختمان می باشد. همچنین مشاهده شده است که عموماً اثرات طبقه نرم زمانی بحرانی خواهد شد که سختی جانبی طبقه مورد نظر حدوداً از ۷۰ درصد سختی طبقه بالاتر و یا از ۸۰ درصد سختی ۳ طبقه بالاتر، کمتر باشد [۲] تا [۵]. به همین منظور، در این مقاله از یک ساختمان معیار ۱۱ طبقه برای تحلیل عددی استفاده شده است. در ابتدا سازه مورد نظر تحت شتاب نگاشت دور از گسل دو زلزله السنترو^۱ (۱۹۴۰) و طیس (۱۹۷۸) و شتاب نگاشت نزدیک گسل دو زلزله نورتریج^۲ (۱۹۹۴) و کوبه^۳ (۱۹۹۵) برای مقادیر مخالف سختی طبقه اول تحلیل شده و اثرات کاهش سختی بر روی تغییر مکان های سازه بررسی می شود. پس از آن، سازه در حالت جداسازی شده برای سختی های مختلف طبقه اول به روش عددی نیومارک-بتا^۴ بررسی خواهد شد. در نهایت، پاسخ های سازه در حالات مختلف نام برده با یکدیگر مقایسه خواهند شد.

۲. مدل سازه ای

در این مقاله از یک سازه معیار ۱۱ طبقه ۲ بعدی حقیقی ارائه شده توسط پورزینعلی و همکاران، استفاده شده است که در شهر رشت واقع می باشد. این ساختمان در نرم افزار MATLAB به عنوان یک سازه برشی با رفتار خطی مدل شده است [۶]. شکل و مشخصات سازه نام برده به ترتیب در شکل (۱) و جدول (۱) آورده شده است:

جدول ۱- مقادیر سختی و جرم طبقات سازه

تراز	جرم (kg)	سختی (N/m)
۱	2.15e5	4.68e8
۲	2.01e5	4.76e8
۳	2.01e5	4.68e8
۴	2.00e5	4.5e8
۵	2.01e5	4.5e8
۶	2.01e5	4.5e8
۷	2.01e5	4.5e8
۸	2.03e5	4.37e8
۹	2.03e5	4.37e8
۱۰	2.03e5	4.37e8
۱۱	1.76e5	3.12e8



معادله حالت یک سازه بلند مرتبه که تحت شتاب زمین در یک تکیه گاه خود قرار می گیرد عبارت است از:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{r\}\ddot{u}_g(t) \quad (1)$$

1. El Centro
2. Northridge
3. Kobe
4. Newmark-beta

که در آن بردار u که $n \times 1$ می باشد (با تعداد درجات آزادی است) بیانگر جابجایی نسبی طبقات، بردار ستونی r بیانگر ضریب تاثیر هر درجه آزادی و ماتریس های $[M]$ و $[C]$ و $[K]$ که $n \times n$ می باشند به ترتیب بیانگر ماتریس جرم و میرایی و سختی سازه می باشند. ماتریس جرم سازه با فرض متمرکز بودن جرم در طبقات، یک ماتریس قطری بوده و به صورت زیر می باشد:

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & m_2 & & 0 \\ 0 & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & m_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

ماتریس سختی سازه نیز به بر اساس رابطه (۳) قابل محاسبه است:

$$[k] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & \cdots & 0 \\ -k_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & k_{ij} & \\ & & \ddots & -k_n \\ 0 & & & k_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

که در آن K_{ij} به صورت زیر محاسبه می شود:

$$K_{ij} = \begin{cases} k_i + k_{i+1} & i = j \neq n \\ k_n & i = j = n \\ -k_i & i - j = 1 \\ -k_{i+1} & j - i = 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

ماتریس میرایی سازه برابر با حاصل ضرب ضرایبی در ماتریس های جرم و سختی به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$[C] = a_0[M] + b_0[K] \quad (4)$$

$$a_0 = \xi_i \times \frac{2\omega_i \times \omega_j}{\omega_i + \omega_j}; b_0 = \xi_j \times \frac{2}{\omega_i + \omega_j} \quad (5)$$

که در این روابط، a_0 و b_0 ضرایب نسبی، ω_i و ω_j فرکانس مود i و j و ξ_i و ξ_j نسبت های میرایی سازه در مودهای i و j می باشند.

۳. همگام سازی جداساز در روش نیومارک-بنا

یکی از روش های معمول تحلیل دینامیکی سازه ها، آنالیز مودال می باشد که به وسیله تشکیل ماتریس های جرم و سختی و میرایی و حل معادله مقادیر مشخصه، شکل هر مد و در نهایت پاسخ ها در هر مد قابل محاسبه است. طریقه تشکیل ماتریس میرایی که یک ماتریس قطری می باشد، برای سازه های با رفتار خطی در رابطه (۵) آمده است. این رابطه بیان کننده میرایی کلاسیک در این سازه ها می باشد، اما در سازه های با میرایی غیر کلاسیک، مانند سازه های جداسازی شده، ماتریس میرایی به صورت غیر قطری خواهد بود و در نتیجه برای تشکیل این ماتریس باید از روش غیر کلاسیک بهره جست. حل معادله تعادل دینامیکی به روش مودال در این سازه های با تعداد درجات آزادی زیاد و میرایی غیر کلاسیک، روشی مشکل، زمان بر و گاهی با درصد خطای بالا خواهد بود. به همین منظور، در این گونه سازه ها از روش های تحلیل عددی استفاده می شود و یکی از روش های کارآمد در این زمینه، روش گام به گام زمانی نیومارک می باشد [۷].

در این روش، $u(t)$ بیان شده در معادله تعادل دینامیکی در رابطه (۱)، با استفاده از روش تبدیل مدها و ترکیب خطی چند مد اولیه سازه بدون میرایی، به صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$u(t) = \sum_{n=1}^J \phi_n q_n(t) = \phi \cdot q(t) \quad (6)$$

که در آن J شماره مد ϕ و q بیانگر جابجایی گرهی در سازه می باشد. در نهایت، معادله تعادل دینامیکی به شکل زیر به صورت زیر خواهد بود:

$$M \ddot{q} + C \dot{q} + K q = P(t) \quad (7)$$

که در آن ماتریس های $[M]$ ، $[C]$ ، $[K]$ و $[P]$ به صورت زیر قابل محاسبه هستند:

$$M = \phi^T m \phi ; C = \phi^T c \phi ; K = \phi^T k \phi ; P(t) = \phi^T p(t) \quad (8)$$

روش نیومارک شامل دو حالت می باشد که بیشترین کاربرد را در تحلیل های دینامیکی دارند. این دو حالت عبارتند از: میانگین شتاب^۱ و شتاب خطی^۲؛

که حالت شتاب خطی مناسب برای سیستم های خطی می باشد. ضرایب ثابت این روش برای دو حالت نام برده به قرار زیر می باشند:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{2} & \beta &= \frac{1}{4} & \text{حالت شتاب میانگین} \\ \gamma &= \frac{1}{2} & \beta &= \frac{1}{6} & \text{حالت شتاب خطی} \end{aligned}$$

روند گام به گام روش نیومارک - بتا به شرح زیر می باشد:

(۹) محاسبات اولیه لازم عبارتند از:

$$(q_n)_0 = \frac{\phi_n^T \cdot m \cdot u_0}{\phi_n^T \cdot m \cdot \phi_n} ; (\dot{q}_n)_0 = \frac{\phi_n^T \cdot m \cdot \dot{u}_0}{\phi_n^T \cdot m \cdot \phi_n} \quad (1-9)$$

$$q_0^T = \langle (q_1)_0, \dots, (q_J)_0 \rangle ; \dot{q}_0^T = \langle (\dot{q}_1)_0, \dots, (\dot{q}_J)_0 \rangle \quad (2-9)$$

$$P_0 = \phi^T p_0 \quad (3-9)$$

حال پس از انتخاب Δt خواهیم داشت:

$$a_1 = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} M + \frac{\gamma}{\beta \Delta t} C ; a_2 = \frac{1}{\beta \Delta t} M + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) C ; a_3 = \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) M + \Delta t \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) C \quad (4-9)$$

$$\hat{K} = K + a_1 \quad (5-9)$$

K ماتریس سختی سازه جداسازی شده بوده و مشابه با رابطه (۳) به صورت زیر تشکیل می شود:

$$[k] = \begin{bmatrix} k_{base} + k_1 & \dots & 0 \\ -k_1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & & k_{ij} \\ & & \ddots & -k_n \\ 0 & & & k_n \end{bmatrix} \quad (6-9)$$

که در آن k_{ij} مطابق با رابطه (۳) و k_{base} نیز که سختی جداساز لاستیکی - سربی می باشد به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\begin{cases} k_{base} = k_{eff} \\ k_{base} = k_y \end{cases} \quad \begin{cases} u_{base} \leq u_y \\ u_{base} > u_y \end{cases}$$

¹. Average acceleration method

². Linear acceleration method

k_{eff} سختی اولیه جداساز، k_y سختی پس از تسلیم، u_{base} حداکثر تغییر مکان و u_y تغییر مکان تسلیم جداساز می باشد که در [۸] و [۹] آمده است. سپس محاسبات زیر برای هر گام زمانی $i=1,2,3,\dots$ انجام می شود:

$$\hat{P}_{i+1} = \phi^T p_{i+1} + a_1 q_i + a_2 \dot{q}_i + a_3 \ddot{q}_i \quad (1-10)$$

پس از رابطه (۱-۱۰)، معادله زیر حل شده و داریم:

$$\hat{k}.q_{i+1} = \hat{P}_{i+1} \rightarrow q_{i+1} \quad (2-10)$$

$$\dot{q}_{i+1} = \frac{\gamma}{\beta \Delta t} (q_{i+1} - q_i) + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta}\right) \dot{q}_i + \Delta t \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right) \ddot{q}_i \quad (3-10)$$

$$\ddot{q}_{i+1} = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} (q_{i+1} - q_i) - \frac{1}{\beta \Delta t} \dot{q}_i - \left(\frac{1}{2\beta} - 1\right) \ddot{q}_i \quad (4-10)$$

$$u_{i+1} = \phi.q_{i+1} \quad (5-10)$$

سپس برای گام بعدی، کافیت تا به جای i ، $i+1$ قرار داده و روابط (۱-۱۰) تا (۵-۱۰) دوباره تکرار شوند.

۳. ایجاد طبقه نرم و بررسی پاسخ های طبقه اول

در این بخش، سختی طبقه اول سازه با توجه به جداول (۲)، (۳)، (۴) و (۵) در ابتدا به میزان ۳۰٪، سپس ۵۰٪ و در نهایت ۷۰٪ کاهش داده شده و میزان حداکثر تغییر مکان طبقات برای چهار زلزله نام برده برداشت شده اند. مشاهده می شود که با کاهش سختی جانبی طبقه اول به ۳۰٪ مقدار اولیه، تغییر مکان طبقه اول تا ۴۹٪ در زلزله السنترو، ۴۰٪ در زلزله طبس، ۵۶٪ در زلزله کوبه و ۶۰٪ در زلزله نوتریج افزایش می یابد.

جدول ۳ - تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

پایه ثابت بر حسب متر در زلزله طبس

تراز	k1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
1	0.039	0.043	0.050	0.059
2	0.077	0.072	0.074	0.080
3	0.113	0.101	0.098	0.102
4	0.149	0.129	0.122	0.123
5	0.182	0.155	0.144	0.143
6	0.213	0.177	0.164	0.161
7	0.239	0.197	0.182	0.176
8	0.261	0.213	0.196	0.189
9	0.277	0.225	0.207	0.199
10	0.288	0.233	0.215	0.206
11	0.295	0.239	0.219	0.210

جدول ۲ - تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

پایه ثابت بر حسب متر در زلزله السنترو

تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
1	0.019	0.027	0.034	0.037
2	0.038	0.045	0.050	0.051
3	0.056	0.061	0.066	0.064
4	0.073	0.078	0.081	0.077
5	0.089	0.093	0.094	0.089
6	0.104	0.107	0.107	0.100
7	0.118	0.119	0.117	0.110
8	0.129	0.129	0.126	0.119
9	0.138	0.138	0.133	0.126
10	0.144	0.143	0.138	0.131
11	0.147	0.147	0.141	0.134

جدول ۵ - تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

پایه ثابت بر حسب متر در زلزله نورثریج

تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
1	0.046	0.066	0.092	0.117
2	0.087	0.106	0.132	0.157
3	0.123	0.142	0.168	0.192
4	0.153	0.173	0.198	0.223
5	0.177	0.197	0.222	0.248
6	0.193	0.214	0.241	0.268
7	0.203	0.226	0.256	0.286
8	0.210	0.235	0.269	0.303
9	0.214	0.244	0.282	0.317
10	0.225	0.253	0.292	0.328
11	0.233	0.260	0.299	0.336

جدول ۴ - تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

پایه ثابت بر حسب متر در زلزله کوبه

تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
1	0.067	0.091	0.110	0.154
2	0.131	0.152	0.161	0.210
3	0.195	0.211	0.210	0.262
4	0.258	0.269	0.258	0.312
5	0.317	0.322	0.301	0.356
6	0.370	0.369	0.339	0.395
7	0.415	0.410	0.371	0.427
8	0.453	0.444	0.398	0.454
9	0.482	0.470	0.419	0.475
10	0.501	0.487	0.432	0.490
11	0.513	0.499	0.441	0.499

۴. سازه جداسازی شده دارای طبقه نرم

در این بخش، سازه مورد نظر مجهز شده به جداساز لاستیکی-سربی، مجدداً مشابه بخش قبلی برای چهار زلزله نام برده تحلیل شده است. مقادیر حداکثر جابجایی طبقات و جابجایی پایه در جداول (۶)، (۷)، (۸) و (۹) آمده است. نمودار تاریخیچه تغییر مکان طبقه اول در دو حالت پایه ثابت و جداسازی شده نیز برای حالتی که سختی طبقه اول برابر ۳۰٪ مقدار اولیه خود می باشد در شکل های (۲)، (۳)، (۴) و (۵) آورده شده است. همچنین نمودار میله ای تغییر مکان طبقه اول برای چهار حالت مختلف سختی این طبقه در دو حالت پایه ثابت و جداسازی شده در شکل های (۶) و (۷) و (۸) و (۹) ارائه شده است.

جدول ۷ - تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

جداسازی شده بر حسب متر در زلزله طیس

تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
پایه	0.623	0.617	0.609	0.601
1	0.634	0.633	0.631	0.629
2	0.644	0.643	0.640	0.638
3	0.653	0.652	0.649	0.647
4	0.662	0.660	0.658	0.655
5	0.669	0.667	0.665	0.662
6	0.676	0.674	0.671	0.668
7	0.681	0.679	0.676	0.673
8	0.685	0.683	0.680	0.678
9	0.689	0.687	0.684	0.681
10	0.691	0.689	0.686	0.683
11	0.692	0.690	0.687	0.684

جدول ۶ - تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

جداسازی شده بر حسب متر در زلزله السنترو

تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
پایه	0.266	0.264	0.263	0.261
1	0.270	0.271	0.272	0.273
2	0.275	0.275	0.276	0.277
3	0.278	0.279	0.280	0.281
4	0.282	0.283	0.283	0.284
5	0.285	0.286	0.286	0.287
6	0.288	0.288	0.289	0.290
7	0.290	0.290	0.291	0.292
8	0.291	0.292	0.293	0.294
9	0.293	0.293	0.294	0.295
10	0.293	0.294	0.295	0.296
11	0.294	0.295	0.296	0.297

جدول ۹- تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

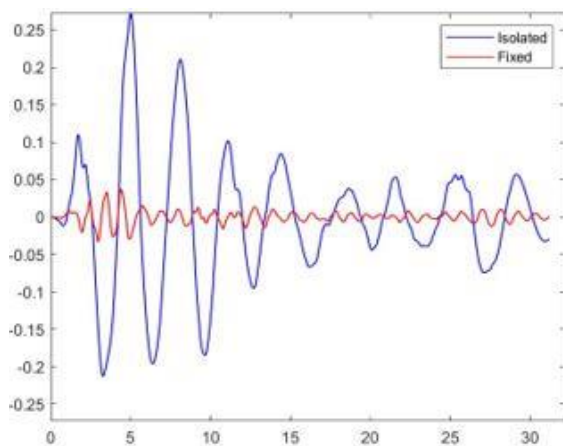
جداسازی شده بر حسب متر در زلزله نورثریج

تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
پایه	0.574	0.569	0.563	0.557
1	0.584	0.584	0.583	0.583
2	0.593	0.593	0.592	0.592
3	0.602	0.601	0.601	0.601
4	0.609	0.609	0.609	0.608
5	0.616	0.616	0.616	0.615
6	0.623	0.622	0.622	0.621
7	0.628	0.627	0.627	0.627
8	0.632	0.632	0.631	0.631
9	0.635	0.635	0.634	0.634
10	0.637	0.637	0.636	0.636
11	0.638	0.638	0.638	0.637

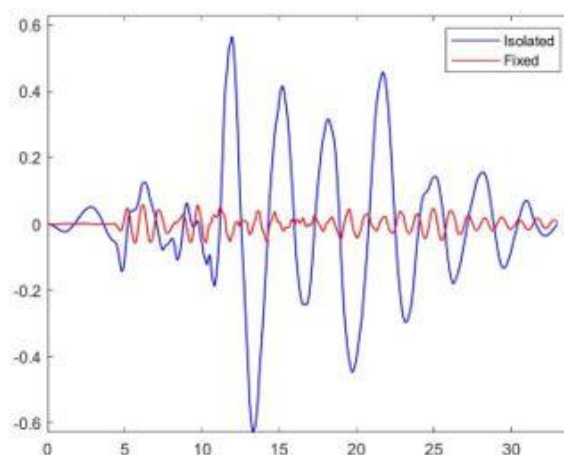
جدول ۸- تغییر مکان ها در حالات مختلف سختی طبقه اول در سازه

جداسازی شده بر حسب متر در زلزله کوبه

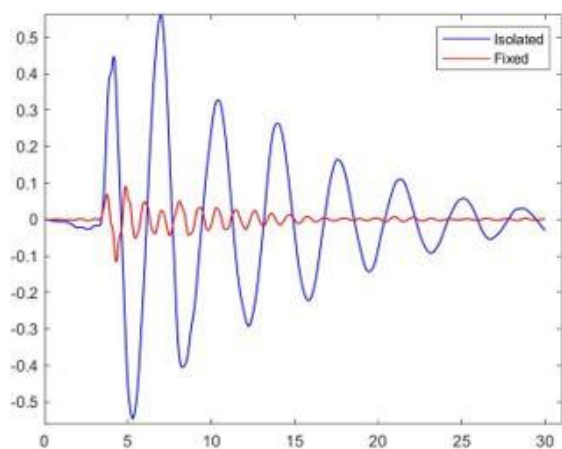
تراز	K1	0.7k1	0.5k1	0.3k1
پایه	0.557	0.553	0.548	0.542
1	0.567	0.567	0.567	0.567
2	0.576	0.576	0.576	0.575
3	0.584	0.584	0.584	0.583
4	0.591	0.591	0.591	0.590
5	0.598	0.598	0.597	0.597
6	0.604	0.603	0.603	0.602
7	0.608	0.608	0.608	0.607
8	0.612	0.612	0.611	0.611
9	0.615	0.615	0.614	0.613
10	0.617	0.617	0.616	0.615
11	0.618	0.618	0.617	0.616



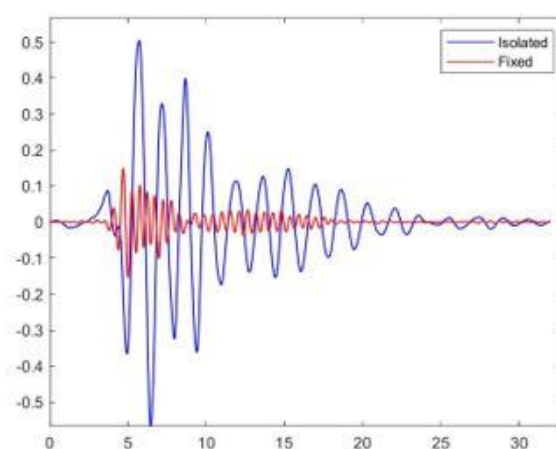
شکل ۳- تاریخچه تغییر مکان طبقه اول با سختی برابر با ۳۰٪ سختی اولیه در دو حالت پایه ثابت و جداسازی شده بر حسب متر در زلزله سنترو



شکل ۲- تاریخچه تغییر مکان طبقه اول با سختی برابر با ۳۰٪ سختی اولیه در دو حالت پایه ثابت و جداسازی شده بر حسب متر در زلزله طیس



شکل ۵- تاریخچه تغییر مکان طبقه اول با سختی برابر با ۳۰٪ سختی اولیه در دو حالت پایه ثابت و جداسازی شده بر حسب متر در زلزله نورثریج



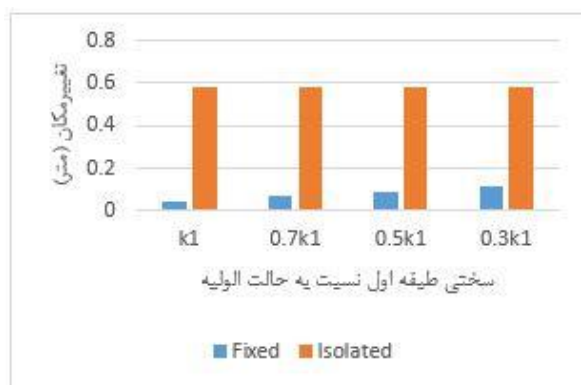
شکل ۴- تاریخچه تغییر مکان طبقه اول با سختی برابر با ۳۰٪ سختی اولیه در دو حالت پایه ثابت و جداسازی شده بر حسب متر در زلزله کوبه



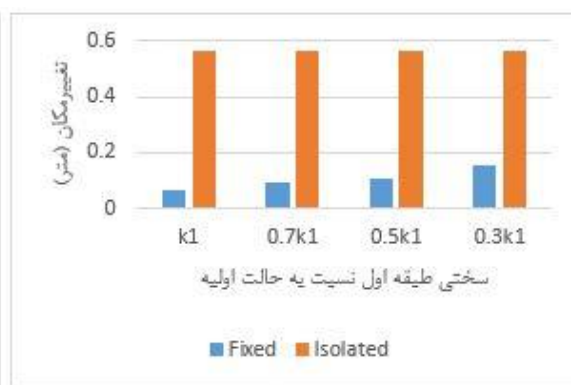
شکل ۷- نمودار میله ای تغییر مکان طبقه اول در حالات مختلف سختی برای سازه پایه ثابت و جداسازی شده در زلزله طیس



شکل ۶- نمودار میله ای تغییر مکان طبقه اول در حالات مختلف سختی برای سازه پایه ثابت و جداسازی شده در زلزله السسترو



شکل ۹- نمودار میله ای تغییر مکان طبقه اول در حالات مختلف سختی برای سازه پایه ثابت و جداسازی شده در زلزله نورث ریج



شکل ۸- نمودار میله ای تغییر مکان طبقه اول در حالات مختلف سختی برای سازه پایه ثابت و جداسازی شده در زلزله کوبه

۵. تحلیل نتایج

با کاهش سختی طبقه اول، تغییر مکان این طبقه به تدریج افزایش یافته و همانطور که در بخش ۳ نیز اشاره شد، با کاهش ۷۰ درصدی سختی، حداکثر تغییر مکان تا ۴۹٪ در زلزله السسترو، ۴۰٪ در زلزله طیس، ۵۶٪ در زلزله کوبه و ۶۰٪ در زلزله نورث ریج افزایش می یابد. در مورد افزایش تغییر مکان سایر طبقات نیز مشاهده شد که با کاهش سختی طبقه اول به میزان ۷۰٪، در زلزله میدان دور السسترو تغییر مکان طبقات دوم تا چهارم به ترتیب به میزان حداکثر ۲۵٪، ۱۲٪، ۵٪ و در زلزله میدان دور طیس فقط تغییر مکان طبقه دوم به میزان حداکثر ۴٪ افزایش پیدا کرد. در زلزله میدان نزدیک کوبه مشاهده شد که طبقات دوم تا هفتم به ترتیب دچار افزایش تغییر مکان به میزان ۳۷٪، ۲۵٪، ۱۷٪، ۱۱٪، ۶٪ و ۳٪ و در زلزله میدان نزدیک نورث ریج تمامی طبقات دچار افزایش تغییر مکان شده به طوری که این افزایش به صورت میانگین بین تمامی طبقات به میزان ۳۴٪ و در طبقه پازدهم به میزان ۳۰٪ می باشد.

با تجهیز سازه به جداساز لاستیکی-سربی، مشاهده شد که کاهش سختی طبقه اول تقریباً هیچ گونه تاثیری در حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات نداشته به طوری که با کاهش ۷۰ درصدی سختی این طبقه، تغییر مکان سایر طبقات ثابت مانده و یا حداکثر ۱٪ نسبت به حالت اولیه افزایش داشته است. همچنین با وجود کاهش سختی طبقه اول به میزان ۷۰٪، حداکثر تغییر مکان این طبقه کاهش داشته به طوری که این میزان در زلزله السسترو ۲٪ و در بقیه ۳٪ بوده است.



سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت دانشگاه صنعتی شریف - تیر ۱۳۹۸



۶. نتیجه گیری

کاهش سختی طبقه اول در سازه باعث افزایش شدید تغییر مکان در این طبقه و همچنین طبقات بالاتر خواهد شد به طوری که این افزایش تغییر مکان در زلزله های میدان دور محدود به نیمه پایینی سازه شده و عموماً به نیمه بالاتر سرایت نمی کند. اما در زلزله های میدان نزدیک افزایش تغییر مکان شامل نیمه بالایی سازه نیز شده و بسته به محتوای فرکانسی زلزله ممکن است تمامی طبقات را به میزان زیادی در بر بگیرد. با تجهیز سازه به جداساز لاستیکی - سربی، اثرات طبقه نرم در سازه خنثی شده و کاهش سختی طبقه اول تقریباً تاثیری در افزایش تغییر مکان سایر طبقات نخواهد داشت و سازه همچنان به مانند یک جسم صلب رفتار خواهد کرد، اما تغییر مکان پای سازه و به طبع آن تغییر مکان کلیه طبقات نسبت به سازه پایه ثابت افزایش پیدا می کند.

۷. مراجع

1. Kazuhiko Kasai, Akira Mita, Haruyuki Kitamura, Kazuhiro Matsuda, Troy A.Morgan, Andrew W. Taylor, (2013). "Performance of Seismic Protection Technologies during the 2011 Tohoku-Oki Earthquake." Earthquake Engineering Research Institute, 29(1), 265-293, 2013.
2. Providakis. "Effect of the Supplemental Damping on LRB and FPS Seismic Isolators Under Near-Fault Ground Motion." Soil Dynamics and Earthquake Engineering (1187-1198), C., P.(2008).
۳. اقصه ائی، غ، "ارزیابی عملکرد لرزه های سازه های جداسازی شده". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶.
۴. فرزاد محمدزاده، "بررسی اثر طبقه نرم بر سطح عملکرد به روش ضرایب"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۳.
5. Teresa Guevara-Perez, "Soft Story and Weak Story in Earthquake Resistant Design: A Multidisciplinary Approach." Faculty of Architecture, Central University of Venezuela, 2012.
6. S.Pourzeynali, H.H. Lavasani, A.H. Modarayi. "Active control of high rise building structures using fuzzy logic and genetic algorithms." Engineering Structures, 29, 346-357, 2006.
7. Anil K. Chopra, Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, 4th edition, California: Pearson Education, 2012.
۸. راهنمای طراحی و اجرای سیستم های جداساز لرزه ای در ساختمان ها، نشریه شماره ۵۲۳، معاونت نظارت راهبردی: دفتر فنی و اجرایی، ۱۳۸۹.
9. T E Kelly, R I Skinner, B W.H. Robinson Seismic Isolation for Des, Seismic Isolation for Designers and Structural Engineers, 2010.