روش نوین توزیع بهینه میراگرها بر اساس توزیع یکنواخت جابجایی وخرابی در طبقات

طه کنعانی مقدم[1] ، ایمان حاجی رسولیها [2،3]

1-کارشناس ارشد مهندسی عمران،گرایش مهندسی زلزله ، دانشکده عمران دانشگاه علم و فرهنگ تهران
Tahakanani@Gmail.com
2- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و فرهنگ تهران
3-استادیار دانشکده مهندسی عمران ،دانشگاه شفیلد انگلستان
I.hajirasouliha@sheffield.ac.uk

چکیده

استفاده از میراگر ها یکی از روش های موثر در بهبود عملکرد لرزه ای سازه ها می باشد و از این رو تعیین چینش بهینه میراگرها از اهمیت زیادی برخوردار می باشد.دراین مقاله یک روش نوین جهت توزیع بهینه میراگر ها بر اساس توزیع یکنواخت خرابی معرفی می گردد که می تواند منجر به کاهش خرابی سازه ها در حدود 70٪ بیشتر از روش های رایج توزیع میرایی گردد .نتایج بررسی سه مدل 5 و 10 و 15 طبقه بتنی در نرم افزار IDARC v7 بیانگر سرعت وکارایی بالای این روش در چینش بهینه میرایی در سازه ها می باشد.

کلمات کلیدی: 1-توزیع بهینه میراگرها 2- تئوری توزیع یکنواخت خرابی3 - میراگر های ویسکوز 4 - اندیس خرابی 5- تحلیل دینامیکی غیر خطی

1-مقدمه

استفاده از انواع میراگر ها امروزه یک از روش های رایج در کنترل سازه ها می باشد .این سیستمها به منظور بهبود عملکرد لرزه ای سازه و کاهش خرابی در هنگام زلزله به کار برده میشوند . در عین حال هزینه ساخت همواره یکی از عوامل تاثیرگذار در طراحی و مقاوم سازی سازه ها میباشد . از این رو لازم است طراحی انجام شود به گونه ای که با هزینه یکسان ساخت، سازه بهترین عملکرد و کمترین خرابی را در مقابل زلزله از خود نشان دهد .با توجه به اثراتی که میراگر ها در کاهش پاسخ سازه در زلزله دارند و با توجه به قیمت نسبتاً زیاد آنها، جانمایی بهینه آنها در انواع سازه ها از اهمیت بسیار بالایی برخورداراست بدین منظور لازم است تا با کمترین تعداد دمپرها و بهینه ترین چیدمان، بهترین کارایی از آنها گرفته شود. تاکنون روش های زیادی برای جانمایی دمپرها در پلان و ارتفاع سازه ها ارائه شده است. در بعضی مطالعات نیز کوشش شده است تا با یافتن روابط ریاضی بین پارامترهای مختلف و با انجام فرضیاتی حل بسته مساله بهینه سازی بدون نیاز به انجام تکرار بدست آورده شود[**1**]

Archive of SID
www.SID.ir

در روش های طراحی لرزه ای متداول، الگوی توزیع نیروی طراحی زلزله و به تبع آن توزیع عناصر مقاوم سازه ای بر این پیش فرض قرار گرفته است که سازه در محدوده رفتار ارتجاعی خود ارتعاش خواهد کرد. این در حالی است که سازه های متعارف عموما در زلزله های شدید وارد محدوده رفتار غیرارتجاعی شده و بنابراین استفاده از نیروهای اینرسی که بر پایه مدهای ارتجاعی سازه توزیع شده اند، به استفاده بهینه از تمام ظرفیت عناصر مقاوم سازه ای منتهی نخواهد شد. مطالعات انجام شده بیانگر آن است که تغییر شکل نیاز در سازه ها در هنگام زلزله های شدید به صورت یکنواخت توزیع نخواهد شد. [**2**] بنابراین اگر حداکثر جابه جایی نسبی طبقات به عنوان معیار خرابی سازه در نظر گرفته شود، می توان به این نتیجه رسید که تغییر شکل نیاز تنها در بخش هایی از سازه به حداکثر مقدار مجاز خود رسیده و بنابراین در چنین شرایطی از حداکثر ظرفیت سازه استفاده نشده است. بر اساس فرضیه تغییر شکل ها و خرابی یکنواخت و در یک سطح عملکرد ثابت، سازه ای که ضرایب شکل پذیری در سطح آن به طور یکنواخت توزیع شده و تغییر شکل همه اعضا به ضریب شکل پذیری هدف رسیده باشد بهینه تر از سازه ای است که ضریب شکل پذیری به صورت غیر یکنواخت پخش شده است و فقط بعضی از اعضا به حد ضریب شکل پذیری هدف رسیده اند. بر اساس این تئوری باید توزیع سختی و مقاومت و میرایی در سازه به گونه ای اختیار گردد که توزیع تغییر شکل در سازه به صورت یکنواخت تر انجام پذیرد [**3**]. در این صورت انتظار می رود که چنین سازه ای در عین برآورده نمودن شرایط عملکرد موردنظر سازه، دارای کمترین وزن سازه ای موردنیاز باشد.

تاکنون در هیچ کدام از آئین نامه های معتبر روش ثابتی برای جانمایی بهینه ها استفاده نشده است. روش های ریاضی زیادی برای پیدا کردن توزیع بهینه دمپرها ارائه گردیده است که یکی از این روش ها متد SSSA (2001)می باشد که در بر اساس توابع ریاضی با دو متغیر افزایش تاثیرات میراگر و کاهش پاسخ لرزه ای سازه و بدون در نظر گرفتن سطح عملکرد ارائه شده است [5].

روش تاکی واکی(1997) روشی است که با استفاده از تئوری توابع انتقال به چیدمان بهینه میرایی می پردازد. اساس روش تاکی واکی برای پیداکردن توزیع بهینه میرایی بر مینمم کردن جمع کل جابجایی طبقات طبق تابع انتقال می باشد که این تابع بر اساس فرکانس طبیعی سازه غیر میرا شده می باشد [6] [7] .روش دیگر بر اساس روش آنالیز و طراحی بر اساس حداکثر تنش مجاز بیان شده است (توسط لاوان و لوی) [8] که به روش A/R معروف می باشد .در سال 2002 روش های جدیدتری ارائه شده است که بر اساس الگوریتم ژنتیک می باشد [9]. روش های استاندارد و کلاسیک دیگری هم وجود دارند، مانند روش توزیع یکنواخت میرایی در ارتفاع یا توزیع بر اساس توزیع سختی در سازه که روش های سریع ولی کم دقت می باشند و برای حدس اولیه توزیع مورد استفاده قرار میگیرد [1].

دکتر حاجی رسولیها و همکاران در مقالات متعدد مبانی بهینه سازی لرزه ای سازه ها را بر اساس یکنواخت سازی خرابی و جابجایی های نسبی بیان نموده اند[2،3،4] که در این مقاله با استفاده از این مبانی یک روش موثر برای تعیین جانمایی بهینه میراگرها معرفی میگردد.

Archive of SID

www.SID.ir

2- تئوری تغییر شکل ها و خرابی های یکنواخت در طبقات سازه

تئوری تغییر شکل ها و خرابی یکنواخت در سازه می تواند به صورت موثری در تعیین الگوی بهینه توزیع میرایی در سازه های میرا شده با رفتار غیر ارتجاعی به کار رود به نحوی که این سازه ها در برابر بارهای دینامیکی بهترین رفتار را از خود نشان دهند. این در حالی است که تقریبا همه روش های متداول در طراحی بهینه سازه ها در برابر بارهای دینامیکی و در محدوده رفتار غیر ارتجاعی کارایی خود را از دست داده و یا نیاز به انجام تحلیل های دینامیکی غیرخطی بسیار زیادی داشته که استفاده آنها را از لحاظ عملی غیرممکن می نماید. در این مرحله برخی از اعضا هنوز به شکل پذیری مجاز نرسیده اند و این بدین معنی است که از این تجهیزات میراگر حداکثر استفاده به عمل نیامده است. بر اساس ایده بهینه سازی به روش یکنواختی تغییر شکل ها و خرابی ، برای رسیدن به یک سازه بهینه باید خرابی اعضا وطبقات به صورت یکنواخت در آید. بدین منظور لازم است نواحی که خرابی آنها کمتر از مقدار متوسط می باشد تشخیص داده شده و میرایی در آن نواحی کاهش یابد. برای رسیدن به همگرایی مناسب، لازم است این تغییرات به صورت تدریجی اعمال گردد [4] . این حقیقت نشان دهنده این می باشد که دو سازه با میرایی ها مساوی و جابجایی های یکسان ممکن است فقط به علت نحوه توزیع میرایی دارای خرابی ها بسیار متفاوتی باشند .در این مقاله یکنواخت سازی خرابی و جابجایی ها در سازه به عنوان یک ابزار موثر در تعیین توزیع بهینه میرایی در سازه ها بکار می رود .نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که یکسان سازی خرابی و جابجایی نسبی در طبقات به کاهش خرابی کلی سازه منجر می گردد.

در این تحقیق قاب هاب بتنی 5و10 و 15 طبقه بر اساس بار ثقلی و زلزله طراحی شده و توزیع بهینه میراگر های غیرخطی ویسکوز بر اساس ایده یکسان سازی خرابی تعیین گشته است. مدل سازی قاب ها جهت آنالیز دینامیکی غیر خطی و تعیین خرابی ها در برنامه IDARC [10] انجام گردیده که از یک زلزله شبیه سازی شده منطبق بر طیف IBC به عنوان زلزله طراحی استفاده گردیده است.

3- اندیس خرابی در سازه

ارزیابی خسارت اعضای سازه ای قبل و بعد از مقاوم سازی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی ازمهم ترین شاخص های خسارت اعضا بتن آرمه ، مدل پارک-آنگ است. [10،11] این مدل با استفاده از نتایج آزمایشگاهی روی تیرها و ستون های بتن آرمه با شکل های مختلف انهدام تدوین شده است. مزیت اصلی این شاخص در انطباق آن با نتایج تجربی و همچنین سادگی و تناسب درجه بندی آن با خسارت مشاهده شده میباشدبا استفاده از این مدل سه نوع شاخص خسارت قابل محاسبه است: شاخص خسارت عضو : ستون، تیر، دیوار برشی، شاخص خسارت طبقه و شاخص خسارت تمامی ساختمان. نشانه خسارت پارک-آنگ به شکل ترکیبی از

Archive of SID

www.SID.ir

بیشینه تغییرشکل غیرتجمعی و انرژی هیسترتیک بیان می شود. در این تحقیق از مدل خرابی اصلاح شده پارک – انگ مطابق رابطه (1) استفاده گردیده است. [11]

$$DI_m = \frac{(\theta_m - \theta_r)}{(\theta_u - \theta_r)} + \frac{\beta E_h}{M_y \theta_u} \qquad (1)$$

در رابطه فوق Θr چرخش بازیافتی پس از باربرداری ، Θm بیشترین ظرفیت چرخش مقطع، Θu بیشترین چرخش ایجاد شده در عضو در تاریخچه بارگذاری، Ehانرژی تلف شده در مقطع و My ممان تسلیم عضو میباشند .در جدول (1) معیار و شاخص های بررسی خسارت سازه مشخص شده است .

جدول 1- تعیین سطح عملکرد سازه بر اساس شاخص خرابی پارک

حالات خسارت	بدون خسارت	خسارت کم	قابل تعمیر	غیر قابل تعمیر	انهدام کامل
شاخص خسارت	DI< 0.1	0.1<DI<0.25	0.25=<DI<0.4	0.4=<DI<1	1≤DI

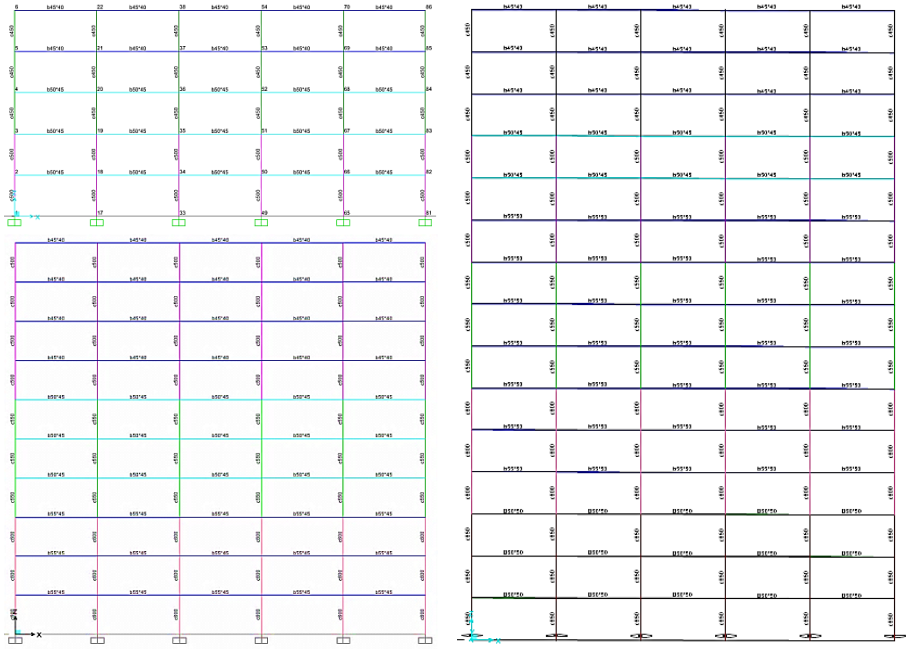
4- مدل سازی

مدل ها برای توصیف رفتار دقیق تری از رفتار سازه های مختلف در سه مدل 5و 10 و 15 طبقه ساخته شده اند که به شرح ذیل طراحی شده اند (شکل 1) :

- قاب 5 طبقه- عرض دهانه ها 6 متر- ارتفاع طبقات 3 متر- ارتفاع کل 15 متر
- قاب 10 طبقه- عرض دهانه ها 6 متر- ارتفاع طبقات 3 متر- ارتفاع کل 30 متر
- قاب 15 طبقه- عرض دهانه ها 6 متر- ارتفاع طبقات 3 متر- ارتفاع کل 45 متر
- محل ساختمان تهران – نوع زمین نوع C آیین نامه IBC2009 مطابق نوع 2 آیین نامه 2800
- مقاومت تسلیم میلگرد 4000 کیلوگرم بر سانتی متر مربع ومقاومت فشاری بتن 280 کیلوگرم بر سانتی متر مربع ومیرایی ذاتی سازه 5٪ لحاظ شده است.
- آیین نامه طراحی سازه منطبق بر ACI-318-08 می باشد.مطابق آیین نامه IB2009 شکل پذیری سازه متوسط لحاظ شده است.
- بار زنده طبقات 200 کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده بام100 1 کیلوگرم بر متر مربع لحاظ شده است.
- بار مرده طبقات 440 کیلوگرم بر متر مربع و بار مرده بام 500 کیلوگرم بر متر مربع لحاظ شده است.
- بار مرده دیوار های طبقات 300 کیلوگرم بر متر مربع لحاظ شده است.
- با توجه به پهنه بندی لرزه ای تهران با حداکثر شتاب 0.35 g ، ماکزیمم طیف شتاب طراحی در پریود کوتاه: SDS= =0.866 g وماکزیمم طیف شتاب طراحی در پریود1 ثانیه: SD1 =0.546 g محاسبه گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 1- مدل قاب های 5و10و 15 طبقه طراحی شده جهت بهینه سازی چیدمان میراگر ها

- برای بدست آوردن پاسخ دقیق لرزه ای قاب ها ی بتنی در برنامه IDARC تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی با قابلیت پلاستیک شدگی گسترده انجام گرفته و اثرات P-delta لحاظ گردیده است.
- کرنش نهایی بتن 0.35 درصد و کرنش بتن در مقاومت نهایی بتن 0.2درصد و تنش ترک خوردگی بتن معادل 12 درصد حداکثرمقاومت بتن لحاظ شده است و نوع پارامتر های هیستیریتیک بر اساس مدل چند خطی Multi-linear Hysteretic Model در نظر گرفته شده است.
- برای مدل کردن میراگر های ویسکوز ار المان های مورب با مدل رفتاری ماکسول استفاده شده است. میراگر ها بصورت سری به المانهای بادبند متصل شده و به علت تقارن سازه در دهانه وسط جانمایی گردیده اند. میراگر ها دارای رفتار غیر خطی بوده و در محاسبات تعیین اندازه میرایی هر میراگر از توان سرعت 0.9 استفاده گردیده است.

5- روش طراحی و توزیع میراگر ها

نحوه توزیع میرایی در سازه ها متاثر از نحوه توزیع بار طراحی می باشد و بنابراین امکان آن وجود دارد تا با انتخاب یک الگوی صحیح برای توزیع میراگرها ، عملکرد لرزه ای سازه افزایش داده شود. یکی از معیارهایی که

Archive of SID

www.SID.ir

می تواند در طراحی بهینه سازه ها مطرح شود آن است که سازه به نحوی طراحی گردد که برای رسیدن به یک سطح عملکرد خاص در هنگام زلزله، ازکمترین میرایی کل C_t استفاده گردد.

ابتدا با توجه به آیین نامه های معتبر میرایی هدف سازه را برای رسیدن به سطح عملکرد مورد نیاز بدست می آوریم.بدین منظور یک توزیع دلخواه برای میرایی انتخاب گردیده (به روش کلاسیک بر اساس سختی طبقات یا بصورت یکنواخت) و سازه در معرض تحریک زلزله قرار می گیرد . خرابی سازه و جابجایی های نسبی طبقات بدست می آید وسپس با توجه به متوسط خرابی ویا جابجایی نسبی طبقات و مفهوم انتقال میرایی از طبقاتی با خرابی کمتر به خرابی بیشتر میرایی جدید طبقات تعیین می گردد.در این گام لازم است نحوه توزیع میراگر ها برای حداکثر استفاده از آنها اصلاح گردد. بدین منظور بر اساس تئوری تغییر شکل های یکنواخت و خرابی، نواحی که جابه جایی نسبی ویا خرابی آنها کمتر از مقدار متوسط می باشد تشخیص داده شده و میرایی آن طبقات در آن نواحی کاهش یابد. نتایج بررسی های انجام شده در این تحقیق بیانگر آن است که برای رسیدن به همگرایی مناسب، لازم است این تغییرات به صورت تدریجی اعمال گردد. سپس با حفظ نحوه توزیع میرایی، میرایی کلی سازه به نحوی مقیاس می گردد که از میرایی هدف سازه کمتر نشود .در هر گام با بدست آمدن یک جواب قابل قبول، ضریب تغییرات(Cov) برای مقادیر خرابی طبقات محاسبه می گردد. اگر مقدار Cov به اندازه کافی کوچک باشد، نحوه توزیع بهینه بوده و روند بهینه سازی متوقف گردد. در غیر این صورت از حداکثر میرایی تجهیزات استفاده نشده است و لازم است روند محاسبات ادامه یابد.

روش طراحی بهینه معرفی شده در هفت مرحله کلی زیر خلاصه می گردد:

1- طراحی و مدل سازی سازه اولیه توسط بارهای ثقلی و بار های لرزه ای طبق آیین نامه IBC2009 و بدست آوردن خرابی المان ها و سطح عملکردآن (PGA=0.35g).

2- اعمال تحریک زلزله قویتر در سازه مدل سازی شده (PGA=0.45g) و انجام تحلیل دینامیکی غیر خطی توسط نرم افزار IDARC و بدست آوردن خرابی المان ها و سطح عملکردآن سازه.

3- محاسبه میزان میرایی لازم برای رسیدن مجموع درصد میرایی سازه به میرایی هدف C_t (در این تحقیق 20٪) با توزیع یکنواخت میراگر ها در ارتفاع .

4- انجام تحلیل دینامیکی غیر خطی توسط نرم افزار IDARC و بدست آوردن خرابی المان ها و سطح عملکردکلی سازه.

5- انجام عملیات بهینه سازی توزیع میراگر ها بر اساس رابطه 3 و انتقال میرایی بخش از سازه که خرابی آن طبقه از خرابی متوسط طبقات (DI average) کمتر است به بخش از سازه که خرابی آن طبقه از خرابی متوسط طبقات (DI average) بیشتر می باشد . این عملیات تا کوچک شدن ضریب تغییرات COV و قطع عملیات ادامه دارد.

$$[\,(C)i]n = [(C)i]_{n+1} * [\frac{DI_i}{DI_{av}}]^{\alpha} \qquad (3)$$

Archive of SID

www.SID.ir

(C)i بیانگر میرایی طبقه i ام می باشد. n معرف شماره گام و ضریب α توان همگرایی نامیده می شود که بین صفر تا یک در تغییر است. DI_i خرابی طبقه در مرحله i و DI_{av} خرابی متوسط طبقات می باشد.

6- به منظور همگرایی مناسب تر و ثابت نگه داشتن میرایی کل سازه قبل و بعد از هر مرحله ، دو ضریب اصلاح استفاده زیر برای توزیع یکنواخت خرابی پارک و انگ میرایی کل استفاده شده است.

$$k1 = \left(\frac{DI}{DI_{average}}\right)^{\alpha} \quad (4)$$

$$k2 = \left(\frac{C_{initial}}{C_{final}}\right) \quad (5)$$

α ضریب همگرایی خرابی موضعی می باشد که می تواند بین صفر تا یک باشد و در این پژوهش 0.5 درنظر گرفته شده است. ضریب K1 ضریب اصلاح جابجایی و K2 ضریبی به منظور ثابت نگه داشتن میرایی کل سازه به میزان C final می باشد.

7- ضریب تغییرات اندیس خرابی برای هر طبقه محاسبه گردیده و اگر COV بسیار کوچک باشد همگرایی لازم حاصل شده است (سازه بهینه) در غیر این صورت الگوریتم از گام چهارم تکرار می گردد.

نتایج این تحقیق نشان می دهد الگوی توزیع بهینه میرایی منحصر به فرد است و انتخاب الگوی توزیع اولیه هیچ تاثیری در جواب بهینه نهایی نخواهد داشت و تنها ممکن است در سرعت همگرایی مسئله تاثیرگذار باشد.

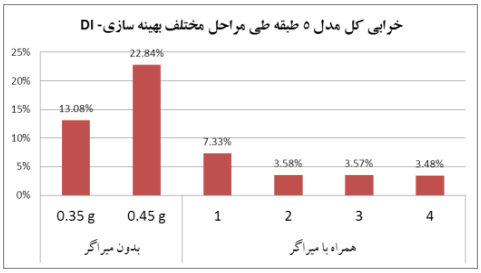
6- نتایج توزیع بهینه میراگرها در ارتفاع سازه

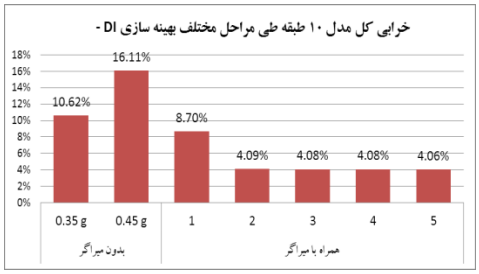
نتایج خرابی کلی سازه های 5 ، 10 و 15 طبقه در شکل (2) قبل و بعد از بهینه سازی مقایسه شده است. نتایج ارائه شده بیانگر این است که تنها با بهینه سازی توزیع دمپرها،خرابی کلی سازه ها به طور متوسط 72 درصد نسبت به سازه های با طراحی متعارف کاهش یافته است.شکل شماره (3) نحوه توزیع خرابی در طبقات مختلف سازه ها را قبل و بعد از بهینه سازی نشان می دهد که روش بهینه سازی پیشنهاد شده توانسته توزیع خرابی در طبقات سازه ها را به طور چشمگیر (نزدیک به 95٪) یکنواخت سازد. این امر ایده بهینه سازی بر اساس توزیع یکنواخت خرابی را مورد تایید قرار می دهد.

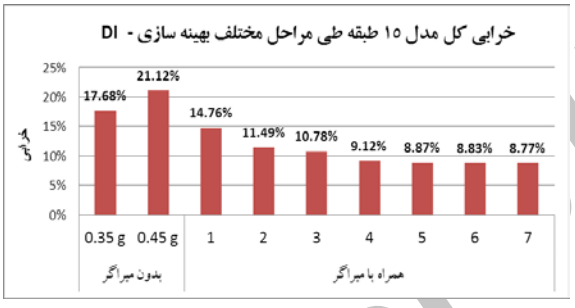
همانطور که در شکل های شماره (3) که مربوط به توزیع خرابی در طبقات مختلف می باشد مشاهده می گردد بیشتر خرابی ها قبل از عملیات بهینه سازی در طبقات پایین اتفاق افتاده در صورتی که بعد از عملیات بهینه سازی خرابی در همه طبقات نسبتا مساوی گشته و از تمامی شکل پذیری و ظرفیت سازه در برابر بار لرزه ای استفاده گردیده است در نتیجه میراگرها در همه طبقات بعد از عملیات بهینه سازی بصورت مفید وبهینه جانمایی و طرح گشته اند علاوه بر این خرابی کل سازه نیز حدود 70 ٪ کاهش پیدا کرده است.

Archive of SID

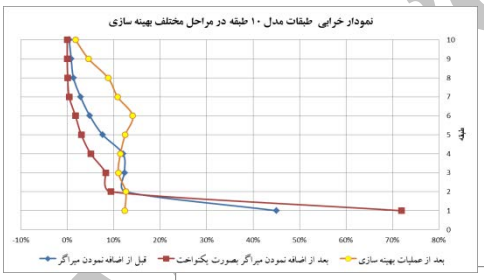
www.SID.ir

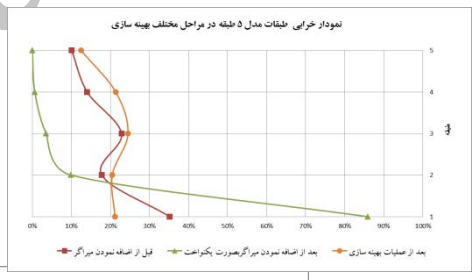


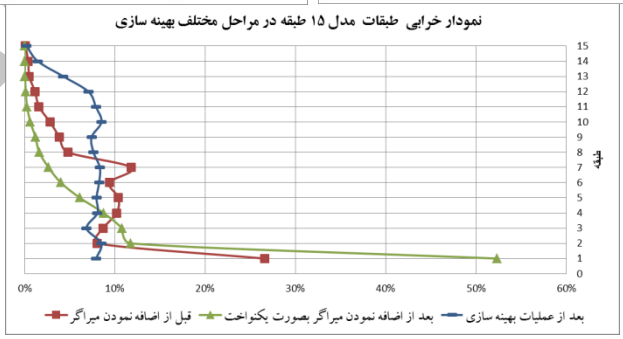




شکل 2 – نتایج عملیات بهینه سازی توزیع میرایی–مقایسه خرابی کل قبل و بعد از عملیات بهینه سازی







شکل 3 – مقایسه خرابی ها سازه قبل و بعد از عملیات بهینه سازی در طبقات مختلف قاب ها

Archive of SID
www.SID.ir

جدول (2) مقایسه توزیع میراگر ها قبل و بعد از عملیات بهینه سازی در طبقات مختلف قاب ها را نشان میدهد. همانطورکه مشخص می باشد در طبقاتی که نیاز چندانی به میراگر ندارد ،میرایی حذف وبه طبقات دیگر منتقل شده است. جدول (3) نتایج مقایسه خرابی و توزیع خرابی در طبقات و جابجایی نسبی و جابجایی بام در قبل از انجام عملیات بهینه سازی و بعد از بهینه سازی توزیع میراگر ها می باشد.نتایج ارائه شده نشان دهنده کاهش ماکزیمم جابجایی نسبی و یکنواخت سازی جابجایی های نسبی در طبقات در حدود 85 ٪ می باشد .همانطور که به وضوح مشخص می باشد با انجام عملیات بهینه سازی توزیع میراگر ها در طبقات مختلف با حفظ میرایی کل سازه ، خرابی ها وجابجایی ها بسیار کاهش پیداکرده اند و همچنین خرابی ها و جابجایی ها در ارتفاع سازه یکنواخت گردیده اند. نتایج ارائه شده همچنان بیانگر آن است که جابجایی ماکزیمم بام بطور متوسط 60 درصد کاهش یافته است که در طراحی نوین سازه ها بر اساس سطح عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار است.
همچنین با اعمال زلزله 30 در صد قویتر از زلزله طراحی تمامی سازه ها در سطح عملکرد CPواقع شده اند که با بهینه سازی میراگر ها به سطح LS بهبود پیدا می کنند.

جدول 2 – مقایسه توزیع میراگر ها قبل و بعد از عملیات بهینه سازی در طبقات مختلف قاب ها

توزیع میراگر های ویسکوز در طبقات برای درصد میرایی ۲۰ ٪–(KN.S/mm)								
مدل ۱۵ طبقه			مدل ۱۰ طبقه			مدل ۵ طبقه		
بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	طبقه	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	طبقه	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	طبقه
۰	۳۷	۱۵	۰	۲۸	۱۰	۱	۲۱	۵
۰	۳۷	۱۴	۰	۲۸	۹	۶	۲۱	۴
۰	۳۷	۱۳	۱	۲۸	۸	۱۶	۲۱	۳
۴	۳۷	۱۲	۵	۲۸	۷	۲۱	۲۱	۲
۱۰	۳۷	۱۱	۲۱	۲۸	۶	۶۲	۲۱	۱
۲۳	۳۷	۱۰	۲۷	۲۸	۵			
۲۳	۳۷	۹	۳۰	۲۸	۴			
۲۴	۳۷	۸	۳۲	۲۸	۳			
۲۳	۳۷	۷	۳۸	۲۸	۲			
۳۴	۳۷	۶	۱۲۵	۲۸	۱			
۳۷	۳۷	۵						
۸۱	۳۷	۴						
۴۱	۳۷	۳						
۵۷	۳۷	۲						
۱۸۸	۳۷	۱						
۵۵۵	۵۵۵	جمع	۲۸۰	۲۸۰	جمع	۱۰۵	۱۰۵	جمع

7- خلاصه نتایج

در این مقاله یک روش جدید و کاربردی به منظورطراحی و چینش بهینه میراگرها در ارتفاع سازه معرفی گردیده است. روش بهینه سازی ارائه شده از همگرایی بسیار بالایی برخوردار بوده و می تواند به صورت موثر در طراحی عملکردی سازه ها مختلف بکار گرفته شود.نتایج ارائه شده بیانگر آن است که تنها با بهینه سازی توزیع میراگر ها در ارتفاع قاب های 5 ، 10 و 15 طبقه ،عملکرد لرزه ای آنها به صورت زیر بهبود می یابد:

1- کاهش خرابی طبقات و کل سازه به میزان 70 ٪

2-کاهش جابجایی حداکثر بام به میزان 60٪

3- کاهش و یکنواخت سازی جابجایی نسبی طبقات به میزان 85٪

Archive of SID
www.SID.ir

4- کاهش و یکنواخت سازی خرابی در طبقات به میزان 95٪

جدول 3- نتایج عملیات بهینه سازی توزیع بهینه میرایی در قاب ها ی 5، 10 و 15 طبقه

مدل 5 طبقه		مدل 10 طبقه		مدل 15 طبقه	
خرابی					
قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی
22.84	3.48	16.11	4.06	21.12	8.77
درصد کاهش خرابی		درصد کاهش خرابی		درصد کاهش خرابی	
٪85		٪75		٪58	

مدل 5 طبقه		مدل 10 طبقه		مدل 15 طبقه	
انحراف از میانگین خرابی طبقات					
قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی
4.2	0.16	5.65	0.17	3.47	0.16
درصد کاهش انحراف		درصد کاهش انحراف		درصد کاهش انحراف	
٪96		٪97		٪95	

مدل 5 طبقه		مدل 10 طبقه		مدل 15 طبقه	
انحراف از میانگین جابجایی نسبی طبقات					
قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی
0.51	0.11	0.81	0.12	0.90	0.10
درصد کاهش انحراف		درصد کاهش انحراف		درصد کاهش انحراف	
٪78		٪85		٪89	

مدل 5 طبقه		مدل 10 طبقه		مدل 15 طبقه	
ماکزیمم جابجایی بام-سیلیشر					
قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی
20	65.19	380	145	321	178
درصد کاهش جابجایی بام		درصد کاهش جابجایی بام		درصد کاهش جابجایی بام	
٪67		٪62		٪45	

7- مراجع

1. Whittle J. K. , Williams M. S. Karavasilis T. L. & Blakeborough A. (2012): A Comparison of Viscous Damper Placement Methods for Improving Seismic Building Design, Journal of Earthquake Engineering, 16:4, 540-560
2. Hajirasouliha I, Pilakoutas K, Moghaddam H. (2011): Topology optimization for the seismic design of truss like structures.Computers and Structures; 89:702–711.
3. Hajirasouliha I, Payam Asadi and Kypros Pilakoutas (2012):An efficient performance based seismic design method for reinforced concrete frames earthquake engineering and structural dynamics Earthquake Engng Struct. Dyn.; 41:663–679
4. Hajirasouliha I & Pilakoutas K (2012): General Seismic Load Distribution for Optimum Performance-Based Design of Shear-Buildings, Journal of Earthquake Engineering
5. Lopez-Garcia, D. [2001] :A simple method for the design of optimal damper configurations in MDOF structures," Earthquake Spectra 17(3), 387–398.
6. Takewaki I., (2009): Building Control with Passive Dampers -Optimal Performance-based Design for Earthquakes-, John Wiley & Sons Ltd. (Asia) .
7. Takewaki, I. [2009]: Building Control with Passive Dampers – Optimal Performance-based Design for Earthquakes, John Wiley & Sons, London, U.K.
8. Lavan, O. and Dargush, G. F. [2009]: "Multi-objective evolutionary seismic design with passive energy dissipation systems," Journal of Earthquake Engineering 13(6), 758–790.
9. Singh, M. P. and Moreschi, L. M. [2002] :"Optimal placement of dampers for passive response control," Earthquake Engineering and Structural Dynamics 31, 955–976.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Park YJ, Ang AH-S, Wen Y-K. (1984):Seismic damage analysis and damage-limiting design of R/C buildings. Structural research series report no. 516. Urbana (IL, USA): University of Illinois.
11. Park YJ, Ang AHS. (1985):Mechanistic seismic damage model for RC. Journal of Structural Engineering, ASCE.

Archive of SID

www.SID.ir