



بررسی روش های نوین تحلیل دینامیکی در سازه ها در برابر زلزله

* وحید حاتمی دزدارانی

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، گرایش سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

vahid.hatami2019@yahoo.com

دکتر محمد حسین پورمحمدی

گروه دکتری تخصصی سازه های آبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

MH.Pourmohammadi@iau.ac.ir

چکیده

این مقاله به بررسی روش های نوین تحلیل دینامیکی سازه ها در برابر زلزله می پردازد که شامل تحلیل های خطی و غیرخطی، شبیه سازی های کامپیوتری و روش های ترکیبی است. با توجه به اهمیت روزافزون طراحی سازه های مقاوم در

برابر زلزله به منظور کاهش خسارات جانی و مالی، استفاده از روش‌های پیشرفته و دقیق تحلیل دینامیکی امری ضروری در دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه مدل‌سازی رفتار سازه‌ها در برابر زلزله صورت گرفته است. روش‌های سنتی تحلیل، همچون تحلیل خطی و طیفی، علی‌رغم سادگی و کاربردی بودن، به دلیل ناتوانی در مدل‌سازی رفتار غیرخطی سازه‌ها تحت بارهای زلزله، محدودیت‌های زیادی داشتند. در مقابل، روش‌های غیرخطی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری امکان مدل‌سازی دقیق‌تر و پیش‌بینی بهتر پاسخ سازه‌ها را فراهم می‌کنند. در این مقاله، ابتدا به مرور مختصری از روش‌های سنتی تحلیل دینامیکی و نقاط ضعف آن‌ها پرداخته شده است. سپس، روش‌های پیشرفته‌تری مانند تحلیل تاریخچه زمانی، تحلیل غیرخطی افزایشی (Pushover Analysis)، و روش‌های بر پایه شبیه‌سازی کامپیوتری با استفاده از نرم‌افزارهای پیشرفته‌ای چون SAP2000 و ANSYS بررسی می‌شوند. نتایج حاصل از مقایسه این روش‌ها نشان می‌دهد که روش‌های غیرخطی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری دارای دقت بالاتری در پیش‌بینی رفتار سازه‌ها هستند و می‌توانند به طور موثری در کاهش خطرات ناشی از زلزله کمک کنند. همچنین، روش‌های ترکیبی که از مزایای روش‌های مختلف بهره می‌برند، نشان‌دهنده عملکرد بهین‌تری در برخی موارد هستند. این مقاله همچنین به بررسی کاربردهای عملی این روش‌ها در طراحی و ساخت سازه‌های مقاوم در برابر زلزله پرداخته و مزایا و معایب هر یک را مورد بحث قرار می‌دهد. در پایان، توصیه‌هایی برای تحقیقات آینده و استفاده بهینه از این روش‌ها در صنعت ساختمان ارائه می‌شود. امید است که نتایج این پژوهش بتواند به مهندسان و پژوهشگران در بهبود روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها کمک کرده و گامی موثر در جهت کاهش خسارات ناشی از زلزله بردارد. واژگان کلیدی: تحلیل طیفی، تحلیل تاریخچه زمانی، تحلیل پاسخ زلزله، دینامیک سازه‌ای، نرم‌افزارهای مهندسی سازه، مهندسی لرزه‌ای-مقاوم‌سازی لرزه‌ای

مقدمه

زلزله‌ها به عنوان یکی از پدیده‌های طبیعی غیرقابل پیش‌بینی، همواره تهدیدی جدی برای سازه‌ها و زیرساخت‌های جوامع انسانی محسوب می‌شوند. با توجه به وقوع مکرر زلزله‌های شدید در نقاط مختلف جهان و خسارات جبران‌ناپذیری که به همراه دارند، طراحی و ساخت سازه‌های مقاوم در برابر زلزله به یکی از اصلی‌ترین چالش‌های مهندسی عمران تبدیل شده است. از این رو، تحلیل دینامیکی سازه‌ها که به بررسی پاسخ آن‌ها در برابر نیروهای ناشی از زلزله می‌پردازد، اهمیت ویژه‌ای دارد در گذشته، روش‌های سنتی تحلیل دینامیکی بر مبنای فرضیات ساده‌سازی شده و تحلیل‌های خطی بنا نهاده شده بودند. این در این مقاله، به بررسی جامع روش‌های نوین تحلیل دینامیکی سازه‌ها در برابر زلزله پرداخته می‌شود. ابتدا به مرور مختصری از روش‌های سنتی و محدودیت‌های آن‌ها پرداخته و سپس روش‌های پیشرفته‌تر مانند تحلیل‌های غیرخطی، شبیه‌سازی‌های کامپیوتری و روش‌های ترکیبی مورد بررسی قرار می‌گیرند. هدف اصلی این مقاله، ارائه دیدگاهی جامع و به‌روز از پیشرفت‌های اخیر در این حوزه و شناسایی مزایا و معایب هر یک از این روش‌ها برای

استفاده عملی در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله است. امید است که نتایج این پژوهش بتواند به مهندسان و پژوهشگران در بهبود روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها کمک کرده و گامی موثر در جهت کاهش خسارات ناشی از زلزله بردارد.

1. مقدمه‌ای بر تحلیل دینامیکی سازه‌ها

تحلیل دینامیکی سازه‌ها به منظور بررسی رفتار آن‌ها در برابر بارهای دینامیکی همچون زلزله، به یکی از مهمترین مباحث در مهندسی عمران تبدیل شده است. این تحلیل‌ها شامل بررسی پاسخ سازه‌ها به ارتعاشات و نیروهای غیرثابت می‌باشند. در طول دهه‌های گذشته، روش‌های مختلفی برای تحلیل دینامیکی سازه‌ها توسعه یافته است که هر یک دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود می‌باشند

2. تحلیل خطی

تحلیل خطی یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌های تحلیل دینامیکی سازه‌ها است. در این روش، فرض می‌شود که رفتار سازه‌ها تحت بارهای دینامیکی خطی بوده و تغییر شکل‌های کوچک سازه‌ها را مدنظر قرار می‌دهد. تحلیل خطی طیفی یکی از پرکاربردترین روش‌های تحلیل خطی است که در آن پاسخ سازه در فرکانس‌های مختلف بررسی می‌شود. با این حال، این روش‌ها نمی‌توانند رفتار پیچیده و غیرخطی سازه‌ها تحت بارهای زلزله را به خوبی مدل‌سازی کنند.

3. تحلیل غیرخطی

با توجه به محدودیت‌های روش‌های خطی، تحلیل‌های غیرخطی توسعه یافته‌اند که توانایی مدل‌سازی رفتار پیچیده‌تر سازه‌ها را دارند. تحلیل غیرخطی افزایشی (Pushover Analysis) یکی از روش‌های پرکاربرد در این زمینه است. در این روش، بارهای افقی به صورت تدریجی به سازه اعمال می‌شوند تا تغییر شکل‌های بزرگ و رفتار غیرخطی آن مورد بررسی قرار گیرد. تحقیقات نشان داده‌اند که این روش می‌تواند پاسخ دقیق‌تری از رفتار سازه‌ها در برابر زلزله ارائه دهد.

4. تحلیل تاریخچه زمانی

تحلیل تاریخچه زمانی یکی دیگر از روش‌های پیشرفته تحلیل دینامیکی است که در آن پاسخ سازه به یک سری از ارتعاشات زمانی معین مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش با استفاده از داده‌های ثبت شده از زلزله‌های واقعی یا شبیه‌سازی شده، امکان پیش‌بینی دقیق‌تری از رفتار سازه‌ها را فراهم می‌کند. اگرچه این روش به دلیل نیاز به محاسبات پیچیده و زمان‌بر بودن، هزینه‌بر است، اما دقت بالای آن مزیتی غیرقابل انکار به شمار می‌رود.

5. شبیه‌سازی‌های کامپیوتری

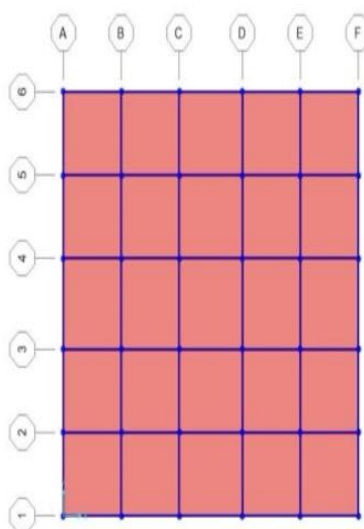
با پیشرفت فناوری و افزایش توان محاسباتی، شبیه‌سازی‌های کامپیوتری به یکی از روش‌های اصلی تحلیل دینامیکی تبدیل

شده‌اند. نرم‌افزارهای پیشرفته‌ای مانند SAP2000 ، ANSYS ، و OpenSees امکان مدل‌سازی دقیق و شبیه‌سازی رفتار

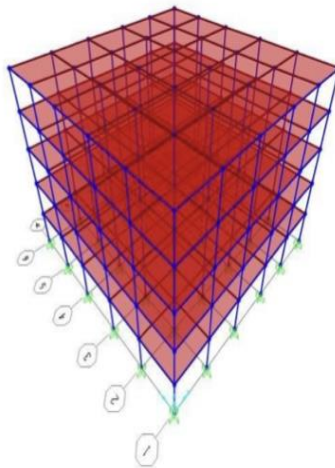
سازه‌ها تحت بارهای دینامیکی را فراهم می‌کنند. این نرم‌افزارها با استفاده از روش‌های عددی پیچیده، می‌توانند رفتار غیرخطی و تغییر شکل‌های بزرگ سازه‌ها را به خوبی مدل‌سازی کنند. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری می‌تواند به طور قابل توجهی دقت و کارایی تحلیل دینامیکی را افزایش دهد.

مواد و روش ها

در این تحقیق یک ساختمان بتنی ۵ طبقه با سیستم قاب خمشی، براساس زلزله طرح ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده (۹). سپس توسط ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و دستورالعمل بهسازی لرزه ای نشریه ۳۶۰ مورد بررسی قرار گرفته است (۱۱)، نوع کاربری ساختمان مسکونی و با اهمیت متوسط فرض شده. براساس استاندارد ۲۸۰۰ این ساختمان در منطقه با خطر لرزه ای زیاد و نوع خاک ۲ در نظر گرفته شده است. ارتفاع طبقات ۴ متر در نظر گرفته شده است و طول دهانه ها و فاصله قاب ها از هم ۵ متر می باشد. بارثقلی مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، صورت گرفته است که در جدول (۱) آورده شده است. پلان مدل و تصویر سه بعدی آن در شکل های (۱) و (۲) آورده شده است. همچنین در ادامه شش روش مقاوم سازی استفاده شده بطور کامل آشرح داده شده است. در جدول (۲) مقاطع تیرها و ستون ها بدست آمده از طراحی با ضریب زلزله ۰.۹۴. نشان داده شده است.



شکل ۱: پلان مدل ساختمانی.



شکل ۲-تصویر سه بعدی مدل ۵ طبقه

جدول ۱ : مقادیر بارهای ثقلی مدل های ساختمانی

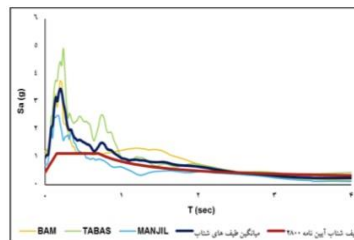
600 kg/m^2	بار مرده
200 kg/m^2	بار زنده
100 kg/m^2	بار تیغه بندی داخلی
900 kg/m	بار دیوار پیرامونی
300 kg/m	بار جانیانه بام

جدول ۲: مقاطع تیرها و ستون های ساختمان ۵ طبقه.

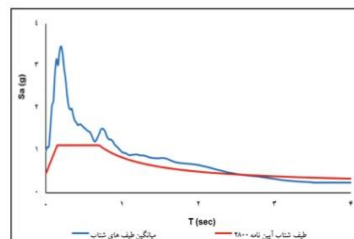
مقاطع تیرها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۴۰×۵۰	۴۰×۴۵	۴۰×۴۵	۴۰×۴۰	۳۵×۳۵
مقاطع ستون ها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۵۰×۵۰-۲۴φ۲۰	۴۵×۴۵-۲۰φ۲۰	۴۵×۴۵-۱۶φ۱۶	۴۰×۴۰-۱۶φ۱۶	۳۵×۳۵-۱۲φ۱۶

۳- تحلیل خطی و غیر خطی

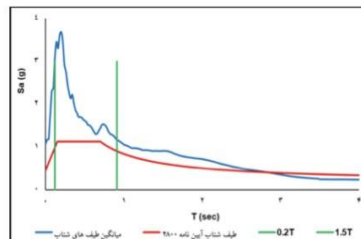
در این بخش از تحلیل های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی برای ارزیابی مدل های ساختمانی استفاده شده است . برای تحلیل استاتیکی غیرخطی از دستورالعمل های بهسازی لرزه ای استفاده گردیده و برای تحلیل دینامیکی غیرخطی از سه زلزله نزدیک گسل معروف ایران به نام های بم ، طیس ، منجیل استفاده شده است . برای همپایه کردن زلزله ها ، مطالب آورده شده در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بکار گرفته شده است . در نمودارهای شکل های (۳) تا (۵) مراحل مقیاس کردن زلزله نشان داده شده است ، همچنین برای تحلیل استاتیکی غیر خطیتیزیع بارهای اول و دوم با ضریب زلزله معادل ۰/۲۹ بکار گرفته شده است .



شکل ۳: طیف های سه زلزله و ۲۸۰۰ برای طیف ۲۸۰۰.

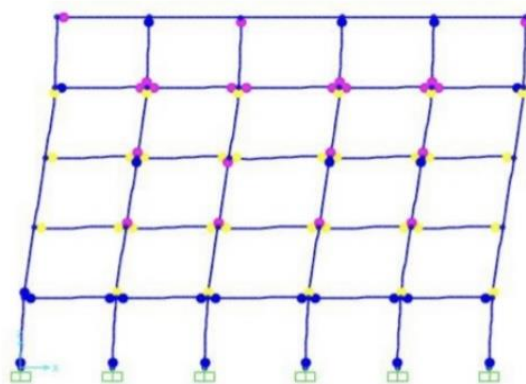


شکل ۴: میانگین طیف های سه زلزله و ۱/۳ برابر طیف ۲۸۰۰.

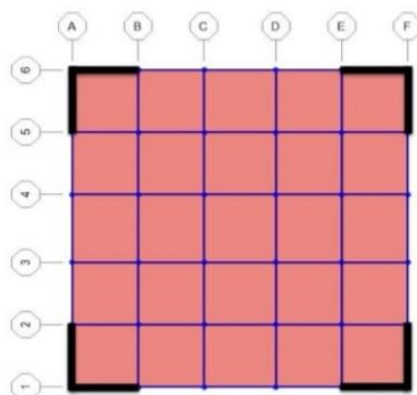


شکل ۵: همپایه کردن زلزله ها برای ساختمان ۵ طبقه.

همانطور که در شکل (۶) ملاحظه می شود ، بعد از انجام تحلیل غیرخطی مشخص شد ساختمان ۵ طبقه بتنی طراحی شده با ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ سطح عملکرد ایمنی جانی را ندارد و تغییر مکان بام آن مقدار ۱۷ سانتی متر میباشد . در شکل (۴) محل قرار گرفتن طرح های مقاوم سازی در پلان ساختمان نشان داده شده است . همچنین در جدول (۳) ضرایب همپایه کردن زلزله ها آورده شده است .



شکل ۶: سطح عملکرد لرزه ای ساختمان بتنی ۵ طبقه.



شکل ۷: محل قرارگیری طرح های مقاوم سازی در پلان.

جدول ۳: ضرایب همپایه کردن رکوردهای زلزله برای ساختمان ۵ طبقه

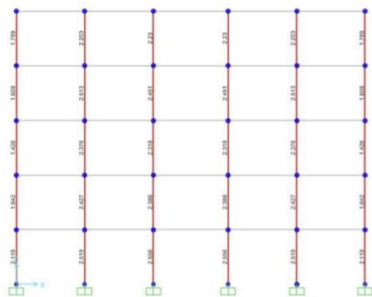
Manjil	Tabas	Bam	تعداد طبقات
۱/۶۲	۱/۱۸	۱/۳۴	ساختمان ۵ طبقه

در شکل (۸) نسبت تنش اعضای طراحی شده بر مبنای زلزله ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ نشان داده شده است و در شکل (۹) تنش اعضا تحت ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بررسی شده است . همانطور که انتظار می رود در شکل (۹) نسبت تنش بسیار بالایی را داریم را که لزوم نیاز به مقاوم سازی دیده می شود . همچنین جدول (۴) مقاطع مورد نیاز

تیرها و ستون ها برای تامین سطح خطر ایمنی جانی بر مبنای زلزله ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ آورده شده است (۱۰).



شکل ۸: نسبت تنش اعضا در ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰.



شکل ۹: نسبت تنش اعضا در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰.

جدول ۴: مقاطع مورد نیاز تیرها و ستون های ساختمان ۵ طبقه در زلزله ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰.

مقاطع تیرها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۵۰×۵۵	۵۰×۵۰	۵۰×۵۰	۴۵×۴۵	۴۰×۴۰
مقاطع ستون ها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۵۵×۵۵-۲۸φ۲۰	۵۰×۵۰-۲۴φ۲۰	۵۰×۵۰-۲۰φ۲۰	۴۵×۴۵-۲۰φ۲۰	۴۰×۴۰-۱۶φ۲۰

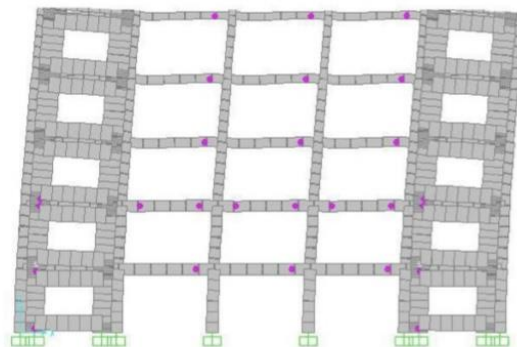
۴- طراحی مقاوم سازی

۴-۱- دیوار برشی بتنی

بعنوان اولین روش برای مقاوم سازی ساختمان مورد بررسی ، دیوار برشی بازشو دار به دهانه های مشخص شده در قسمت قبل اضافه شده . مقاطع دیوار برشی استفاده شده در جدول (۵) نشان داده شده است ، همچنین در شکل (۱۰) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده است با این روش تغییر مکان بام ساختمان ۱۰ سانتی متر بدست آمده است .

جدول ۵ : مقاطع دیوار برشی بتنی.

طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۳۰@۲۰-ضخامت ۳۰	۳۰@۲۰-ضخامت ۳۰	۲۵@۱۶-ضخامت ۲۵	۲۵@۱۶-ضخامت ۲۵	۳۰@۱۲-ضخامت ۲۰



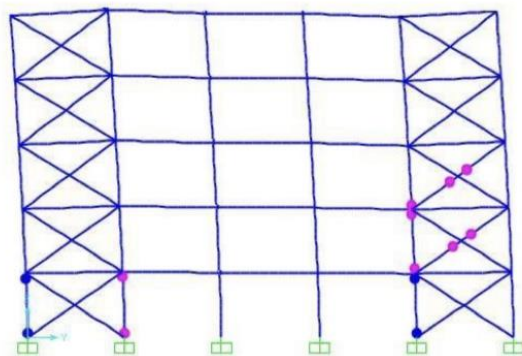
شکل ۱۰: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط دیوار برشی بتنی.

۲-۴- مهاربندی هم محور فولادی

برای دومین روش مقاوم سازی ساختمان مورد بررسی ، از مهاربند هم محور فولادی در دهانه های مشخص شده استفاده شده است . مقاطع مهاربند فولادی هم محور در جدول (۶) نشان داده شده است . همچنین در شکل (۱۱) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی آورده شده است . با این روش تغییر مکان بام ساختمان ۱۱/۵ سانتی متر بدست آمده است .

جدول ۶: مقاطع مهاربند هم محور فولادی.

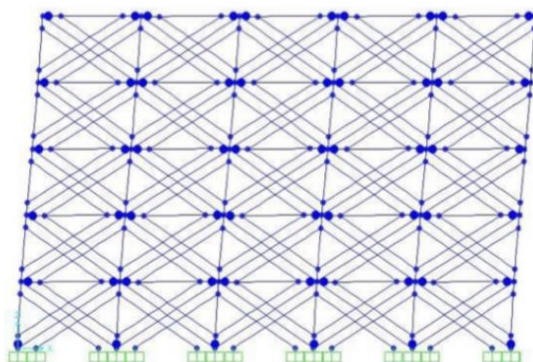
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۲UNP ۲۰۰×۲۰۰×۱۰	۲UNP ۲۰۰×۲۰۰×۱۰	۲UNP ۱۶۰×۱۶۰×۱۰	۲UNP ۱۶۰×۱۶۰×۱۰	۲UNP ۱۲۰×۱۲۰×۸



شکل ۱۱: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط مهاربند هم محور فولادی.

۳-۴ میانقاب بنایی مسلح

روش بعدی مقاوم سازی استفاده از میانقاب بنایی مسلح می باشد که در دهانه های مشخص شده قرار داده شده است برای این کار از میانقاب بنایی با ضخامت ۳۰ سانتی متر که با میلگردهای به قطر ۱۲ میلی متر به فاصله ۲۰ سانتی متر مسلح شده اند استفاده گردیده که به صورت سه دستگی مدل شده اند . در شکل (۱۲) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی آورده شده است . با این روش تغییر مکان بام ۱۴ سانتی متر بدست آمده است .



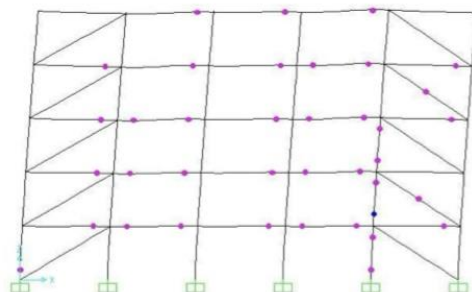
شکل ۱۲: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط میانقاب بنایی مسلح.

۴-۴ مهاربند کمانش تاب فولادی

در چارمین روش مقاوم سازی از مهاربند های فولادی کمانش تاب شرکت استفاده شده است . مقاطع مهاربند های فولادی کمانش تاب در جدول (۷) نشان داده شده است . همچنین در شکل (۱۳) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده است با این روش تغییر مکان بام ساختمان به اندازه ۷ سانتی متر کاهش یافته است .

جدول ۷: مقاطع مهاربند فولادی کمانش تاب.

طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
StarBRB-30	StarBRB-30	StarBRB-25	StarBRB-25	StarBRB-20



شکل ۱۳: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط مهاربند فولادی کمانش تاب.

۴-۵ میراگر ویسکوزیته

بعنوان پنجمین روش مقاوم سازی از میراگر ویسکوز استفاده گردیده . برای طراحی میراگر ویسکوز از آیین نامه بارگذاری لرزه ای آمریکا استفاده شده است (۱۲) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده است . با این روش تغییر مکان بام ساختمان به اندازه ۵,۶ سانتی متر کاهش یافته است در جدول (۸) مشخصات طراحی ویسکوز آورده شده است .

جدول ۸: مشخصات طراحی میراگر ویسکوز.

جرم لرزه‌های طبقه m	۱۲۰۰۰۰۰
دوره تناوب تحلیلی مود اول T	۰/۸۷
کسینوس زاویه میراگر با افق $\cos \theta$	۰/۸۴۲۳
نسبت میرایی میراگر ξ	۰/۱۵
تعداد میراگر نصب شده در هر طبقه n	۴
ضریب میرایی میراگر C	۸۸۶۸۲۲۴
سختی میراگر K	۶۲۶۰۵۶۷۵۹۰۸
مجموع حاصلضرب جرم لرزه ای در مجذور تغییر مکان طبقات $\sum m \cdot (\Delta)^2$	۲۵۰۴۱۳۲/۲۳
مجموع مجذور حاصلضرب در یفت طبقات در کسینوس زاویه میراگر با افق	۰/۱۴۹۵۰۶۱۰۲

جدول ۹: مشخصات طراحی میراگر جرمی.

c-TMD	k-TMD	m-TMD (kg)	μ -TMD	ξ_d -TMD	تعداد طبقات
۱۵۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	٪۱	٪ ۲۰	ساختمان ۵ طبقه

در جدول (۱۰) خلاصه نتایج روش های استفاده شده برای مقاوم سازی ساختمان بتنی ۵ طبقه از نظر کاهش در تغییر مکان بام آورده شده است . همانطور که مشاهده می شود میراگر ویسکوز یکی از بهترین عملکرد را دارا می باشد .

جدول ۱۰: مقایسه تغییر مکان بام همه روش های مقاوم سازی.

روش مقاوم سازی	تغییر مکان بام	درصد کاهش
مدل اولیه	۱۷	-
دیوار برشی بتنی	۱۰	۷۰ درصد
مهاربند هم محور فولادی	۱۱/۵	۴۸ درصد
میانقاب بنایی مسلح	۱۴	۲۱ درصد
مهاربند کمانش فولادی کمانش تاب	۷	۲۴۳ درصد
میراگر ویسکوز	۶/۵	۲۶۲ درصد
میراگر جرمی	۸	۲۱۲ درصد

نتایج کار

تحلیل و مقایسه روش های نوین

-روش های نوین تحلیل دینامیکی شامل مدل های تحلیلی، عددی و تجربی است.

-مدل های تحلیلی معمولاً دقیق تر ولی زمان بر هستند، در حالی که روش های عددی و تجربی معمولاً سریعتر ولی با دقت کمتری ارائه می شوند.

مزایا و معایب هر روش

-مدل های تحلیلی دارای دقت بالا و قابلیت تشخیص اثرات دینامیکی دقیق تری بر روی سازه ها هستند، اما نیازمند داده های دقیق و پیچیده و همچنین محاسبات زمان بر هستند.

-روش های عددی معمولاً سریعتر هستند و می توانند با استفاده از رایانه های قدرتمند به مقیاس بزرگتری اعمال شوند، اما دقت آن ها در مقایسه با مدل های تحلیلی کمتر است.

-روش های تجربی، اغلب برای اعتبارسنجی و تعیین دقت روش های تحلیلی و عددی استفاده می شوند، اما نیازمند هزینه و زمان بیشتری برای انجام آزمایش های فیزیکی هستند.

پیشنهادهای

-بر اساس نتایج بدست آمده، می توان استفاده از ترکیبی از روش های تحلیلی، عددی و تجربی را برای تحلیل دینامیکی

سازه‌ها در برابر زلزله پیشنهاد کرد.

-اهمیت استفاده از روش‌های نوین با توجه به پیشرفت تکنولوژی و افزایش دقت و کارایی آن‌ها در تشخیص و پیش‌بینی رفتار سازه‌ها در مواجهه با زلزله مورد تأکید قرار می‌گیرد.

بحث

پیشرفت‌های فناوری و روش‌های تحلیلی

استفاده از پیشرفت‌های فناوری مانند هوش مصنوعی، یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی، به عنوان روش‌های نوین در تحلیل دینامیکی سازه‌ها در برابر زلزله، به تغییرات قابل توجهی در این حوزه منجر شده است. این پیشرفت‌ها به مهندسان امکان می‌دهد تا روش‌های تحلیلی پیشرفته‌تر و دقیق‌تری را برای بررسی رفتار سازه‌ها در شرایط زلزله ارائه دهند. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی رفتار سازه‌ها، بهبود الگوریتم‌های بهینه‌سازی جهت کاهش زمان محاسبات، و استفاده از تکنیک‌های یادگیری عمیق برای تشخیص الگوهای پیچیده در داده‌های زلزله اشاره کرد.

مقایسه با روش‌های سنتی

مقایسه روش‌های نوین با روش‌های سنتی تحلیل دینامیکی می‌تواند نقاط قوت و ضعف هر یک از این روش‌ها را برجسته کند. روش‌های نوین معمولاً دقت و کارایی بالاتری را نسبت به روش‌های سنتی ارائه می‌دهند، اما در عین حال ممکن است نیازمند منابع و زمان بیشتری باشند. برای مثال، استفاده از مدل‌های تحلیلی پیشرفته می‌تواند نتایج دقیق‌تری را نسبت به روش‌های سنتی مانند طیف پاسخ دینامیکی ارائه دهد، اما این روش‌ها ممکن است زمان بیشتری برای تهیه و حل معادلات مورد نیاز داشته باشند.

کاربردها و امکانات

روش‌های نوین تحلیل دینامیکی در سازه‌ها در برابر زلزله می‌توانند در مواجهه با شرایط مختلف زلزله و سازه‌های متنوع مورد استفاده قرار گیرند. از جمله کاربردهای این روش‌ها می‌توان به ارزیابی و تقویت ایمنی سازه‌ها، طراحی سازه‌های جدید با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر، و تعیین رفتار واقعی سازه‌ها در زلزله اشاره کرد. با این حال، برای استفاده موثر از این روش‌ها، لازم است که توانایی اعمال آن‌ها در شرایط واقعی را بررسی و ارزیابی کرد و از این جهت، پژوهش‌های بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

با بررسی شش روش مقاوم سازی استفاده شده برای افزایش و بهبود سطح عملکرد لرزه ای ساختمان بتنی ۵ طبقه به نتایج بدست آمده است :

الف -تمامی روش های استفاده شده توانستند سطح عملکرد ساختمان را به سطح ایمنی جانی افزایش داده تا سازه بتواند در زلزله های با شتاب بیشینه $0.3g$ گرم (سطح خطر زیاد)ایمن بماند .

ب-روش های مقاوم سازی توسط افزودن میراگر ویسکوز و مهاربند فولادی کمانش تاب ، بهترین عملکرد را دارا می باشند و توانستند تا $2/5$ برابر از تغییر مکان بام کم کنند .

ج- از لحاظ راحتی اجرا و هزینه های انجام مقاوم سازی ، روش های دیوار برشی بتنی و مهاربند هم محور فولادی از کاربری بیشتری برخوردارند که توانستند مقدار قابل توجهی از تغییر مکان بام را کاهش دهند و به دلیل مزایای ذکر شده نسبت به روش های کنترل لرزه ای ، از کاربری بیشتری برخوردارند .

با پیشرفت تکنولوژی و روش های تحلیلی، می توان ادعا کرد که روش های نوین تحلیل دینامیکی در سازه ها در برابر زلزله امکانات بیشتری را برای مهندسان فراهم می کنند. با توجه به مقایسه با روش های سنتی و مقایسه نتایج، روش های نوین معمولاً دقت و کارایی بالاتری را نسبت به روش های سنتی ارائه می دهند، اما باید توجه داشت که این دقت و کارایی ممکن است با هزینه های بیشتری همراه باشد .

منابع

1. کتاب "دینامیک سازه ها" نوشته دکتر شاپور طاحونی (1397)
2. مقاله "تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه های فولادی با استفاده از روش های شبیه سازی پیشرفته" نوشته دکتر علی صادقی، مجله مهندسی عمران، دانشگاه تهران، شماره 45 (1398)
3. مقاله "روش های نوین تحلیل دینامیکی در طراحی لرزه ای سازه ها" نوشته دکتر ناصر کریمی، مجله علمی پژوهشی مهندسی سازه، شماره 30 (1399)
4. پایان نامه "ارزیابی عملکردی سازه های بتنی با استفاده از تحلیل تاریخیچه زمانی غیرخطی" نوشته محمد عباسی، دانشگاه صنعتی شریف (1397)

1. Chopra, Anil K. "Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering." Prentice Hall, New Jersey (2001).

2. Chronicker, Helmut. "State of the art in earthquake-resistant design." Proceedings of the International Workshop on Earthquake-Resistant Design and Sustainable Development, Istanbul, Turkey. 2003.
3. ASCE 7-16 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 2016.
4. Priestley, M.J.N., Seizable, F. and Calvi, G.M., "Seismic Design and Retrofit of Bridges," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.
5. FEMA P-695, "Quantification of Building Seismic Performance Factors," Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2009.
6. FEMA P-58, "Seismic Performance Assessment of Buildings," Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2012.
7. Moehle, J.P., and Mahin, S.A., "A Framework for Performance-Based Earthquake Engineering," Earthquake Spectra, Vol. 19, No. 3, pp. 451-478, 2003.
8. Vamvatsikos, D., and Cornell, C.A., "Applied Incremental Dynamic Analysis," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 33, No. 10, pp. 1247-1272, 2004.
9. Mazzoni, S., McKenna, F., Scott, M.H., and Fenves, G.L., "OpenSees: A framework for earthquake simulation," Computing in Civil Engineering Conference Proceedings, ASCE, 2006.
10. ATC-58, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings," Applied Technology Council, Redwood City, CA, 2012.
11. Naeem, F., and Kelly, J.M., "Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice," John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 1999.
12. Gantenbein, F., Moser, M., and Pestalozzi, P., "Performance-Based Seismic Design of Structures," IABSE Report, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, Switzerland, 2012.
13. Filiatrault, A., and Sullivan, T.J., "Seismic Isolation for Architects: A Primer," National Information Service for Earthquake Engineering, University of California, Berkeley, CA, 1997.

Investigating new methods of dynamic analysis in structures against earthquakes

***Vahid Hatami Dezdarani**

Dept. of Civil Engineering Shoushtar Azad University

vahid.hatami2019@yahoo.com

Dr. Mohammad Hossein Pour Mohammadi

Dept. Specialized doctorate in water structures of Shoushtar Azad University

MH.Pourmohammadi@iau.ac.ir

Abstract

This article examines the new methods of dynamic analysis of structures against earthquakes, which include linear and

Nonlinear, computer simulations and hybrid methods. Considering the increasing importance of designing resistant structures in

Against earthquakes, in order to reduce human and financial losses, it is necessary to use advanced and accurate methods of dynamic analysis

In recent decades, significant progress has been made in the field of modelling the behaviour of structures against earthquakes.

Traditional methods of analysis, such as linear and spectral analysis, despite being simple and practical, due to the inability to model

The nonlinear behaviour of structures under earthquake loads had many limitations. In contrast, nonlinear methods and simulations

Computers provide the possibility of more accurate modeling and better prediction of the response of structures

In this article, a brief overview of the traditional methods of dynamic analysis and their weaknesses has been discussed. Then,

More advanced methods such as time history analysis, incremental nonlinear analysis (Pushover Analysis), and other methods

The basis of computer simulation is checked using advanced software such as SAP2000 and ANSYS.

The results of comparing these methods show that nonlinear methods and computer simulations have higher accuracy.

They are in predicting the behaviour of structures and can effectively help in reducing the risks caused by earthquakes. also,

Combined methods that take advantage of different methods show more optimal performance in some cases.

This article also examines the practical applications of these methods in the design and construction of earthquake-resistant structures

Discusses the advantages and disadvantages of each. Finally, recommendations for future research and optimal use of this

Methods are presented in the construction industry. It is hoped that the results of this research can improve engineers and researchers

The methods of analysis and design of structures have helped and taken an effective step towards reducing the damages caused by earthquakes.

Keywords: spectral analysis, time history analysis, earthquake response analysis, structural dynamics, structural engineering software

Seismic engineering - seismic strengthening