نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal(CPJ)
www.cpjournals.com

ارزیابی اقتصادی روشهای رایج مقاوم سازی سازه های بتن آرمه با استفاده از تحلیل پوش آور

احمد رسولی[1*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران-سازه، دانشگاه پیام نور تهران شمال، ایران
پست الکترونیکی:
rasooli_samsum@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶۰/۲۰

چکیده

استفاده از ساختمان های بتن مسلح از چند دهه پیش در کشور ما متداول بوده است. بسیاری از ساختمان های موجود زمانی طراحی و اجرا شده اند، که مبانی طراحی لرزه ای به خوبی شناخته شده نبوده است ، لذا این ساختمان ها دارای مقاومت، سختی و شکل پذیری کافی نیستند. این تحقیق با هدف بررسی فنی و اقتصادی روش های مقاوم سازی به بررسی تاثیرات فنی و اقتصادی دو روش مقاوم سازی با مهاربند کمانش تاب و مقاوم سازی با استفاده از دیوار برشی بتنی پرداخته شد.

نتایج این تحقیق نشان داد با استفاده از مقاوم سازی، مقدار جابجایی هدف در مدلها به شکل چشم گیری کاهش یافته است و مشاهده می شود که دیوار برشی بتنی تاثیر بیشتری از این نظر بر روی سازه گذاشته است. مقدار جابجایی نیز با اعمال مقاوم سازی کاهش یافته و این مقدار با اعمال روش افزودن دیوار برشی بتنی نسبت به حالت افزودن مهاربند کمانش تاب کاهش بیشتری داشته است

روش های مقاوم سازی بکار رفته در این تحقیق تاثیر بسزایی بر بهبود عملکرد فنی سازه ها گذاشته است که این تاثیر در روش مقاوم سازی با دیوار برشی بتنی بیشتر بوده است. همچنین ارزیابی ها نشان داد علی رغم اینکه دیوار برشی بتن آرمه تاثیر بهتری از نظر فنی بر روی عملکرد سازه گذاشته است ولی از لحاظ وزنی مشاهده می شود که استفاده از مهاربند کمانش تاب می تواند اقتصادی تر باشد.

کلمات کلیدی: دیوار برشی بتنی ، مهاربند کمانش تاب ، تحلیل پوش آور،ارزیابی اقتصادی

۱- مقدمه

تنوع فعالیت های اجرایی انسان در طول تاریخ با حوادث گوناگونی مانند سیل، طوفان، زلزله و ... روبرو شده است. زلزله یکی از مهمترین عواملی است که سالانه تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی را بر جای می‌گذارد. جمعیت زیادی از مردم دنیا در مناطقی با احتمال بالای وقوع زلزله، زندگی می‌کنند. کشور ایران نیز با قرار گیری بر روی کمربند آلپ هیمالیا بر روی یکی از زلزله خیزترین این مناطق قرار گرفته است و ما اغلب شاهد تلفات و خسارات سنگین ناشی از زلزله های ویرانگر در کشور هستیم. از این رو مردم در طول تاریخ تلاش نموده اند تا با استفاده از تکنیک های مختلف با این خطر طبیعی مقابله کنند(منصوری و مشکین فام حصاری، ۱۳۹۶).

۲-بیان مساله

استفاده از ساختمان های بتن مسلح از چند دهه پیش در کشور ما متداول بوده است. بسیاری از ساختمان های موجود زمانی طراحی و اجرا شده اند، که مبانی طراحی لرزه ای به خوبی شناخته شده نبوده است. آئین نامه ها، دستورالعمل های مشخص و استاندارد ۲۸۰۰ یا وجود نداشته یا در صورت وجود، به دلیل نو پا بودن به صورت الزام آور اجرا نمی‌شده است، لذا این ساختمان ها دارای مقاومت، سختی و شکل پذیری کافی برای پاسخ به نیازهای لرزه ای نیستند(حسینی، ۱۳۹۱). به طور کلی دلایل مختلفی برای مقاوم سازی سازه ها وجود دارد از جمله آنها می‌توان به ساختمان های آسیب دیده در اثر وقوع زلزله و ساختمان هایی که به دلیل تغییر ضوابط آئین نامه مقاومت کافی ندارند و یا ساختمان هایی که کاربری آنها تغییر داده شده است، اشاره کرد. در این راستا مهندسین و محققین کشور در تلاش هستند تا با استفاده از روش های محاسباتی، بهترین راه حل را با کمترین هزینه و بالاترین ضریب اطمینان بدست آورند(احسان دوست و آریانپور، ۱۳۹۷).

از جمله دلایل اصلی برای بهسازی ساختمان‌ها می‌توان به منطبق ساختن سازه با آیین‌نامه‌های جدید، تغییر کاربری ساختمان، زوال مصالح (استفاده از مصالح نامرغوب هنگام ساخت)، طراحی اشتباه و اجرای غلط، عدم بهسازی فنی یا نگهداری ساختمان، صرفه‌جویی در هزینه‌ها (هزینه ی کمتر بهسازی نسبت به نوسازی)، عدم کفایت مشخصات خاک ناشی از فرسایش، نشست، آب شستگی، فراوانی ساختمان‌های سنتی (بدون مبنای محاسبه) در ایران و لزوم حفظ آثار باستانی، افزایش دانش بشری در زمینه‌ی مهندسی زلزله و پیشرفت روش‌های طراحی لرزه‌ای بر مبنای سطح عملکرد (مشتری مداری) و ... اشاره کرد. مشتری مداری یعنی اینکه مشتری یا کارفرما براساس هزینه‌ها تعیین می‌کند که ساختمان حین وقوع زلزله چه رفتاری داشته باشد. مهم‌ترین عامل در طراحی براساس عملکرد یا مشتری مداری، انتخاب هدف بهسازی می‌باشد(شایانفر و قانونی بقا، ۱۳۹۵).

از آن جایی که جایگزین نمودن سازه های موجود با سازه های جدید در اغلب موارد از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. لذا یافتن راه حل مناسبی جهت ترمیم و تقویت سازه ها اهمیت شایانی پیدا می کند. در مقایسه با ساختن یک سازه‌ی جدید، تقویت سازه‌ی موجود حتی می تواند پیچیده تر باشد؛ زیرا شرایط سازه ای از قبل ثابت شده است. علاوه بر این همواره دسترسی به نواحی که نیاز به تقویت دارند ساده نیست. از سوی دیگر انتخاب غلط یک شیوه‌ی نامناسب تعمیر یا تقویت، حتی می تواند عملکرد سازه را بدتر هم بکند. روش های سنتی استفاده شده به عنوان تکنیک های مقاوم سازی نظیر انواع مختلف پوشش های مسلح، شاتکریت، کابل های پس تنیدگی قرار گرفته در خارج از سازه و استفاده از صفحات فولادی مقید شده به سازه، معمولا نیاز به فضا دارند(Carolin,۲۰۰۳).

امروزه به منظور ارزیابی لرزه ای سازه ها، روشهای تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی به سرعت در حال گسترش است. روش های تحلیل دینامیکی غیرخطی به حجم زیاد محاسبات نیازمند بوده و بیشتر زمان بر هستند. از طرف دیگر برای تعیین تقاضا و ظرفیت لرزه ای سازه ها در طراحی بر اساس عملکرد، دقت و سرعت در انجام محاسبات دو معیار مهم محسوب می‌شوند. این موضوع باعث پدید آمدن انواع

روش های نوین بر اساس مفاهیم مربوط به تحلیلهای استاتیکی و دینامیکی غیرخطی شده است(تحقیقی و طامه، ۱۳۹۶). در طول یک دهه گذشته تحلیل پوش آور به عنوان یک ابزار کاربردی مناسب نقش موثری در توسعه مهندسی زلزله بر مبنای عملکرد ایفا کرده و به طور گسترده ای در آیین نامه ها و دستورالعمل های ارزیابی لرزه ای سازه ها مورد استفاده قرار گرفته است. با رواج یافتن تحلیل پوش آور به صورت حرفه ای در بین مهندسان، مطالعات گسترده ای در خصوص مزایا و معایب این روش صورت گرفته است(نامجویان و همکاران، ۱۳۹۳). لذا در تحقیق پیش رو هدف بررسی اقتصادی روش های رایج مقاوم سازی سازه های بتن آرمه می‌باشد که در این راستا از تحلیل استاتیکی غیرخطی استفاده خواهد شد.

۳-مروری بر تحقیقات انجام شده

نرماشیری و همکاران در سال ۱۳۹۱ در تحقیقی با عنوان بررسی و مقایسه روشهای افزایش مقطع بتنی و ژاکت فولادی برای مقاوم سازی ستونهای بتن مسلح عنوان نمودند عمده ترین ضعف ستونهای بتن آرمه درمقاومت برشی و عدم شکل پذیری مناسب متمرکز است .تاکنون روشهای گوناگونی برای مقاوم سازی ستونهای بتن آرمه دربرابر زلزله پیشنهاد شده است دو روش از رایج ترین و کارآمدترین روشها برای مقاوم سازی ستونهای بتن ارمه دربرابر زلزله استفاده از ژاکت های فولادی و روش افزایش مقطع است. دراین مطالعه با مدلسازی این دو روش با شبیه ساز Section Builder و تحلیل عملکرد آنها درمقاطع مختلف با استفاده از نمودار اندرکنش و لحاظ کردن برخی شرایط اجرایی و اقتصادی امکان مقایسه بین این دو روش فراهم شده است نهایتا روش بهینه بین این دو روش انتخاب و پیشنهادگردید.

میرجلیلی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در تحقیقی با عنوان ارزیابی ظرفیت باربری ستون بتنی مسلح تقویت شده با روکش فولادی عنوان نمودند آسیب ها وعوامل گوناگونی چون کیفیت نامناسب بتن اشتباهات درمحاسبات خوردگی ارماتورها پوسته شدن بتن وهمچنین ضعف درمحاسبات باعث میشوند که عملکرد لرزه ای موردانتظار برای اعضای بتن مسلح مناسب نباشد و ظرفیت باربری اعضای بتن مسلح آسیب دیده را میتوان باراهکارهای مناسبی تا سطح عملکرد مدنظر بازیابی کرد.

اسکندری و همکاران در سال ۱۳۸۵ در تحقیقی با عنوان معرفی و بررسی مشخصات و کاربرد و نحوه عملکرد مصالح کامپوزیت و نوین در مقاوم سازی لرزه ای ساختمانهای بتن مسلح و مصالح بنایی موجود عنوان نمودند در این مطالعه رویکرد کلی جهت کاهش خطر پذیری لرزه ای و مراحل آن و لزوم و ضرورت مقاوم سازی سازه های موجود در کشور مورد بررسی قرار گرفته و انواع سیستم ها و مصالح نوین جهت این امر بطور خلاصه ، به دلیل پوشش دادن کلیه جوانب امر ، معرفی شده و در ادامه به انواع مواد کامپوزیت و مزایا و تاریخچه آن بصورت کلی اشاره گردیده و با توجه به نتایج تحقیقات و آزمایشات صورت گرفته ، مشخصات و نحوه عملکرد و رفتار آنها در مقاوم سازی سازه های بتن مسلح و مصالح بنایی مورد بررسی قرار گرفته است . بطور کلی هدف از این مطالعه بررسی مشخصات و کلیات این مصالح و سیستم نوین (مواد کامپوزیت) و ضرورت و مزایای استفاده از آن جهت مقاوم سازی سازه های موجود و معرفی آن جهت تر غیب و توجه هر چه بیشتر مهندسین ، کارفرمایان ، پیمانکاران و دستگاههای مسئول به استفاده از این مواد در سطح کلان می باشد.

قرشی و همکاران در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی با عنوان ژاکت فولادی، راه حل مناسب در مقاوم سازی سازه های بتن آرمه عنوان نمودند امروزه بتن آرمه به عنوان یک گزینه ی قابل اعتماد برای ساخت بسیاری از سازه های کوچک و بزرگ محسوب می گردد، به طوری که می توان ازآن به عنوان مهمترین ماده ی ساختمانی موجود باکاربردی فراگیر، دردنیا نام برد. موفقیت قابل توجه بتن آرمه نسبت به سایر مصالح ساختمانی را می توان مرهون خواص ویژه ی آن دانست. همچنین گذشت زمان، خطاهای محاسباتی، ضعف در اجرا، تغییرکاربری و افزایش بارهای وارد به سازه، تغییر در آیین نامه ها و استانداردهای ساختمانی، ضعف آیین نامه های قدیمی و تاثیرعوامل مخرب محیطی از عوامل تخریب سازه های بتن آرمه می باشد. لذا استفاده از راهکارهای عملی و موثر برای تعمیر و تقویت سازه های بتنی اجتناب ناپذیر است. برای مقاوم سازی لرزه ای این ساختمان ها روش های متفاوتی از جمله: ۱- مقاوم سازی با پوشش بتنی ۲- مقاوم سازی با ژاکت های فولادی ۳- مقاوم سازی با کامپوزیت های FRP برای جلوگیری از تلفات انسانی، روش بهسازی به وسیله ی ژاکت های فولادی، به عنوان یک روش

جهت افزایش مقاومت برشی و شکل پذیری ستون های بتنی با مقطع مربع شکل در ساختمان هـای موجـود بعـد از زلزلـه ی ۱۹۹۱ شـهر هیوگوکن- نانبو واقع در ژاپن به کار گرفته شد. همان طور که در بالا نیز اشاره شد، روش های متنوعی برای مقـاوم سـازی وجـود دارد، کـه هدف در این تحقیق بررسی کامل روش استفاده از ژاکت های فولادی از بین سه روش مذکور می باشد.

پوهوریلیس و همکارن در سال ۲۰۱۶ در تحقیقی با موضوع مقاوم سازی سازه های بتن آرمه عنوان نمودند جهت انجام این تحقیق از روش آزمایشگاهی استفاده شده است. در این تحقیق جزئیات هندسه ی ستون و سقف مورد بررسی ارائه شده است. همچنین نحوه ی اسـتفاده از الیاف جهت مقاوم سازی در این تحقیق تشریح گردید.

سیرجو و شارما در سال ۲۰۰۱ در تحقیقی عنوان نمودند در این تحقیق تکنیک های مختلف مقاوم سازی اعضای بتن آرمـه را تحـت فشـار محوری و خمش را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد در مقایسه با تیر مرجع مقاوم سازی نشده ، تیرهـای مقـاوم سـازی شـده دارای سختی و مقاومت خمشی نهایی بیشتری می باشند.

شهاتا در سال ۲۰۰۹ به بررسی رفتار تیرهای بتن آرمه مقاوم سازی شده با غلاف جزئی با استفاده از پیچ هـایی بـه عنـوان اتصـالات برشـی پرداختند. نتایج نشان داد که روش غلاف جزئی یک تکنیک مقاوم شازی موثر می باشد.

گولت و همکاران در سال ۲۰۰۷ در تحقیقی با محوریت ارزیابی خسارات اقتصادی در ساختمان های بتن مسلح عنوان نمودند عملکرد یـک سازه با پارمترهایی مورد بحث و بررسی قرار می گیرد ، یکی از مهم ترین پارامترها خسارت اقتصادی می باشد. ارزیابی عملکرد سـازه عـلاوه بر پارمتر اقتصاد به پارامترهایی چون رفتار لرزه ای و مشخصات سایت ساختمان نیز بستگی دارد.

۴- معرفی مشخصات مدل های مورد بررسی

منطقه احداث بنا: تهران(منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد)

خاک: تیپ دو

تعداد طبقات: ۴ طبقه

ارتفاع طبقات: ۳ متر

تعداد دهانه ها در جهت x: ۳

تعداد دهانه ها در جهت y: ۳

بارگذاری ثقلی: براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

بارگذاری لرزه ای: براساس ویراش چهارم آئین نامه ۲۸۰۰

کاربری: طبقه اول: سالن ورزشی بیلیارد-سایر طبقات: مسکونی

جدول شماره ۱-مشخصات متریال به کار رفته در این پژوهش

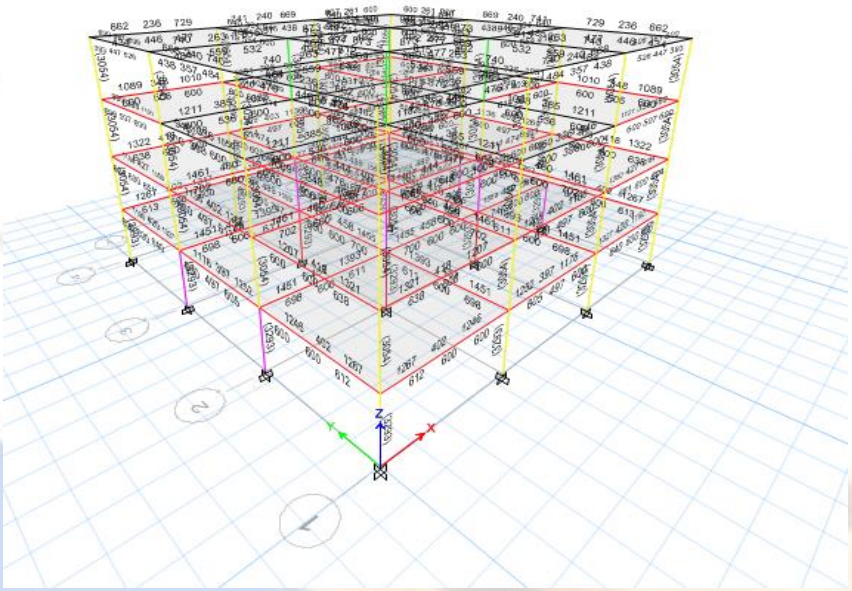
متریال	fc(Mpa)	E(Mpa)	نسبت پوآسون	وزن مخصوص(Kg/m^3)
بتن	۲۷	۲۴۸۵۵.۵۸	۰.۲	۲۴۰۲

متریال	Fu(Mpa)	Fy(Mpa)	E(Mpa)	نسبت پوآسون	وزن مخصوص(Kg/m^3)
فولاد(آرماتور)	۶۲۰	۴۱۳	۱۹۹۹۴۷	۰.۳	۷۸۵۰

مقاطع به کار جهت تیرها و ستون ها نیز مقاطع مربعی با ابعاد ۰.۵ در ۰.۵ و ۰.۴ در ۰.۴ متر می‌باشد.

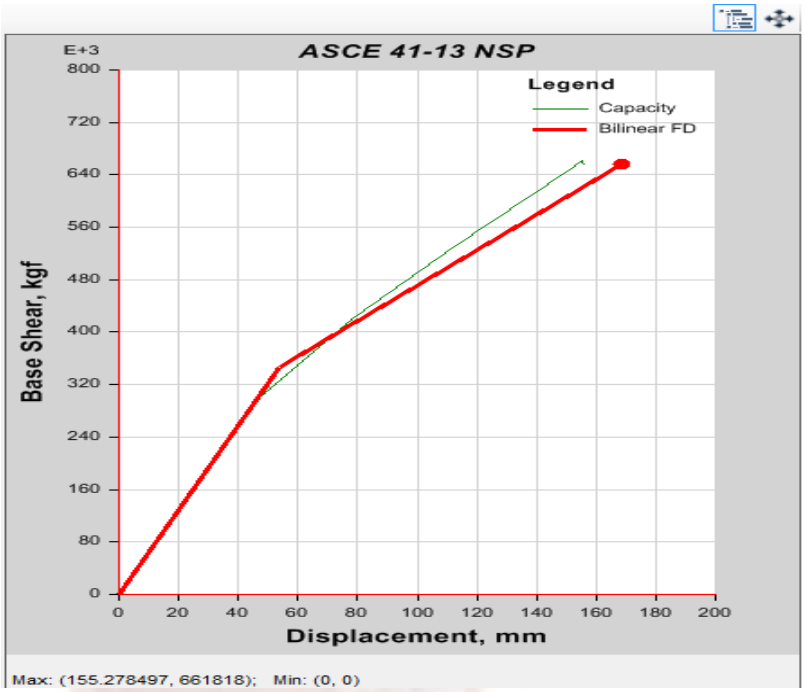
۱-۴-مدل اول: حالت سازه قاب خمشی متوسط بتنی بدون مقاوم سازی

همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود پس از طراحی سازه مشخص می‌شود که برخی از المان های تیر و ستون سازه جواب نداده و برخی نیز بصورت مرزی جواب داده اند که نیاز سازه به مقاوم سازی را کاملا مشهود می‌نماید.



شکل شماره۱-نمای کلی از سازه مدل اول پس از طراحی

پس از انجام تحلیل استاتیکی معادل و مشاهده وضعیت طراحی سازه به بررسی تحلیل استاتیکی غیرخطی در این سازه پرداخته شد. بدین منظور پس از اعمال بارگذاری های موردنظر در این روش تحلیل، می‌توان نتایج حاصل از این تحلیل را در شکل شماره ۲ برای حالت بارگذاری یکنواخت مشاهده نمود:

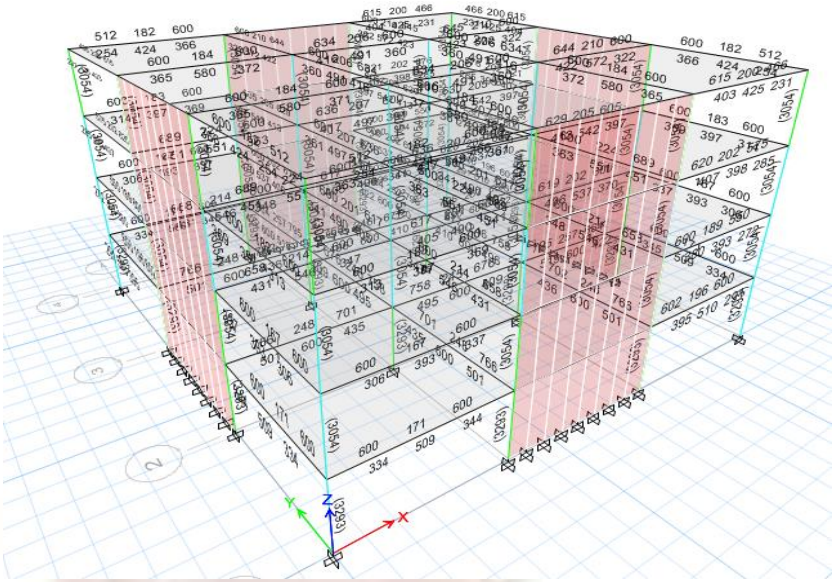


شکل شماره ۲-نمودار نیرو-جابجایی سازه مدل اول در حالت بارگذاری یکنواخت

همانگونه که در شکل فوق مشاهده می‌شود مقادیر حداکثر جابجایی هدف در این مدل ۱۵۵.۲۷ میلیمتر حاصل گردیده است. همچنین برای ارزیابی مودال سازه می‌توان دوره تناوب مد اول این سازه را به صورت شکل بعد ملاحظه کرد که مقدار آن ۰.۹۱۳ ثانیه حاصل شده است.

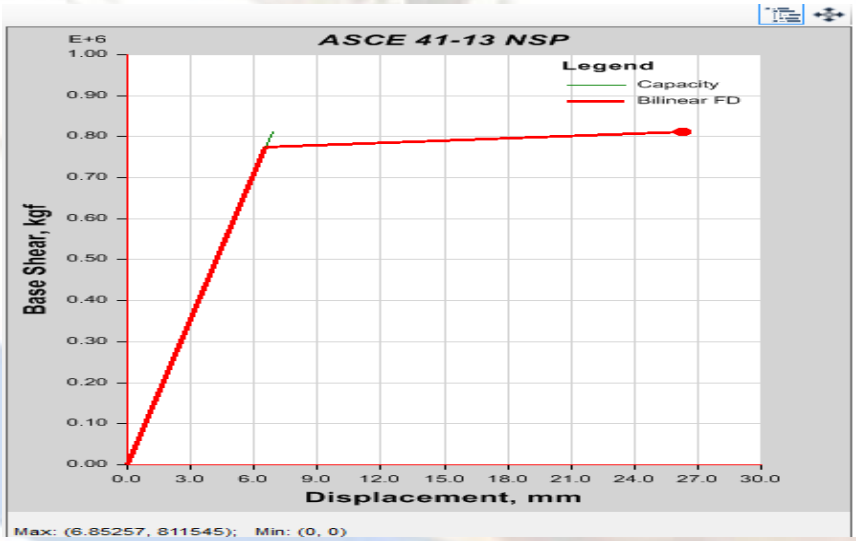
۲-۴-مدل دوم: حالت سازه مقاوم سازی شده با دیوار برشی بتن آرمه

همانگونه که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود پس از طراحی سازه با اعمال این روش مقاوم سازی مشخص می‌شود که تمامی المان های تیر و ستون در این سازه جواب داده اند.



شکل شماره ۳-نمای کلی از سازه مدل دوم پس از طراحی

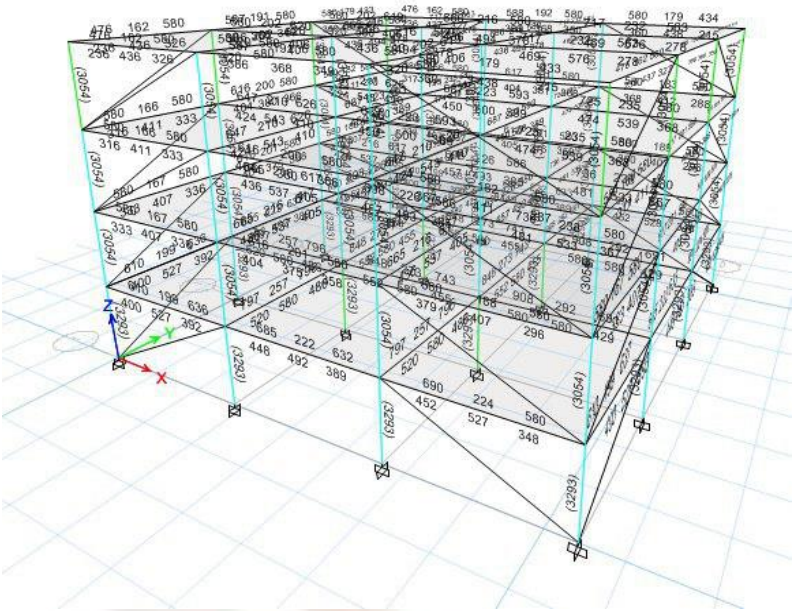
پس از انجام تحلیل استاتیکی معادل و مشاهده وضعیت طراحی سازه به بررسی تحلیل استاتیکی غیرخطی در این سازه پرداخته شد. بدین منظور پس از اعمال بارگذاری های موردنظر در این روش تحلیل، می‌توان نتایج حاصل از این تحلیل را در شکل شماره ۴ برای حالت بارگذاری یکنواخت مشاهده نمود:



شکل شماره ۴-نمودار نیرو-جابجایی سازه مدل دوم در حالت بارگذاری یکنواخت

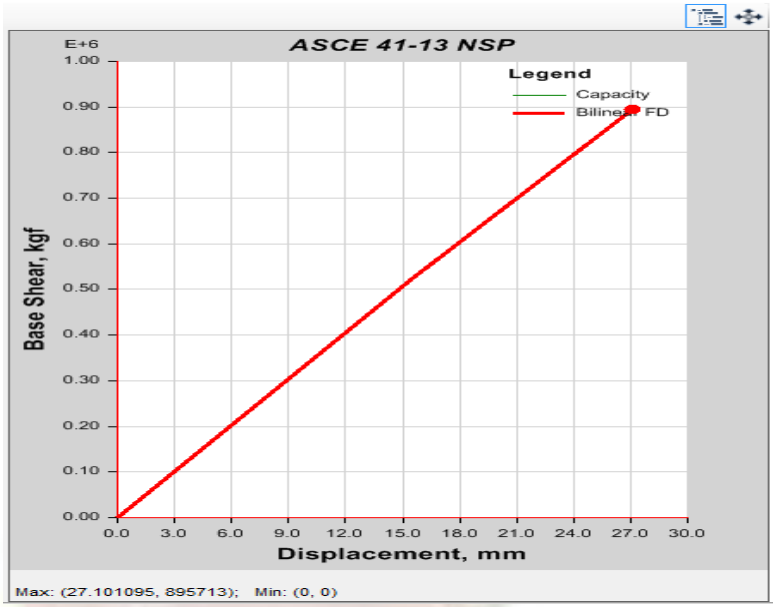
۳-۴-مدل سوم: حالت سازه مقاوم سازی شده با مهاربند کمانش تاب

همانگونه که در شکل شماره ۵ مشاهده می‌شود پس از طراحی سازه با اعمال این روش مقاوم سازی مشخص می‌شود که تمامی المان های تیر و ستون در این سازه بطور کامل جواب داده اند.



شکل شماره ۵-نمای کلی از سازه مدل سوم پس از طراحی

پس از انجام تحلیل استاتیکی معادل و مشاهده وضعیت طراحی سازه به بررسی تحلیل استاتیکی غیرخطی در این سازه پرداخته شد. بدین منظور پس از اعمال بارگذاری های موردنظر در این روش تحلیل، می‌توان نتایج حاصل از این تحلیل را در شکل شماره ۶ برای حالت بارگذاری یکنواخت مشاهده نمود:



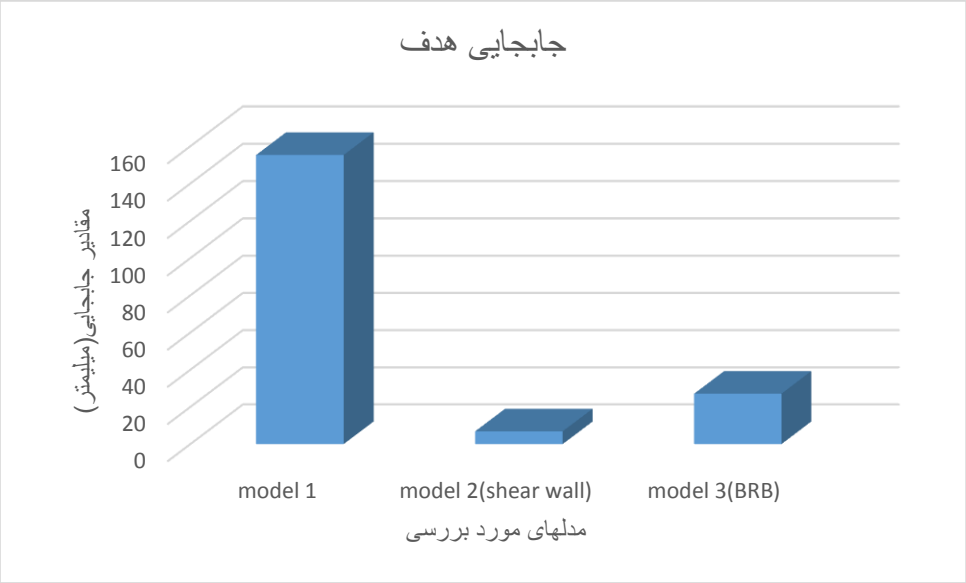
شکل شماره ۶-نمودار نیرو-جابجایی سازه مدل سوم در حالت بارگذاری یکنواخت

همانگونه که در شکل شماره ۶ مشاهده می‌شود مقادیر حداکثر جابجایی هدف در این مدل ۲۷.۱۰۱ میلیمتر حاصل گردیده است. همچنین برای ارزیابی مودال سازه می‌توان دوره تناوب مد اول این سازه را به صورت شکل بعد ملاحظه کرد که مقدار آن ۰.۴۰۴ ثانیه حاصل شده است.

۵-بحث و نتیجه گیری

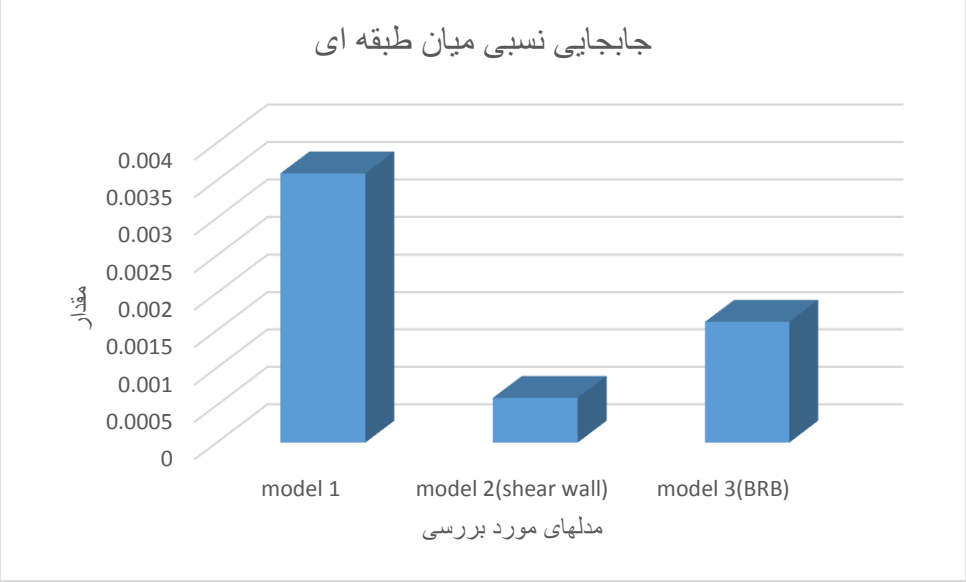
همانطور مشاهده شد در این تحقیق با هدف بررسی فنی و اقتصادی روش های مقاوم سازی به بررسی تاثیرات فنی و اقتصادی دو روش مقاوم سازی با مهاربند کمانش تاب و مقاوم سازی با استفاده از دیوار برشی بتنی پرداخته شد. با توجه به شاخص ها و معیارهای لازم و نیز برآورد مالی هر یک از روش های اجرایی بر مبنای عناصر مصالح، نیروی انسانی، ماشین آلات و ابزار کار و بر مبنای قیمت روز در سال ۱۳۹۸ و فهرست بهای ابنیه سال ۱۳۹۷ در کنار تحلیل پوش آور مطالعات و ارزیابی اقتصادی نیز صورت پذیرفت. در این بخش و به عنوان جمع بندی به مرور کلی نتایج در قالب نمودارهایی پرداخته خواهد شد.

در شکل های صفحه بعد مقایسه جابجایی هدف در مدلهایی مورد بررسی قابل مشاهده است.



شکل شماره ۷-مقایسه مقادیر جابجایی هدف در مدلها

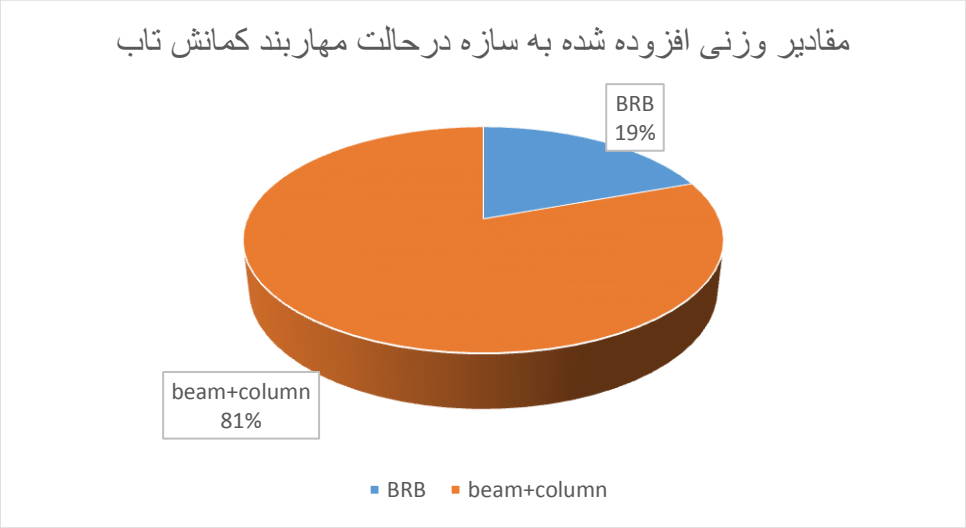
همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می‌شود با استفاده از مقاوم سازی مقدار جابجایی هدف در مدلها به شکل چشمگیری کاهش یافته است و مشاهده می‌شود که دیوار برشی بتنی تاثیر بیشتری از این نظر بر روی سازه گذاشته است. در شکل زیر مقایسه مقادیر جابجایی نسبی میان طبقه ای را می‌توان ملاحظه نمود.



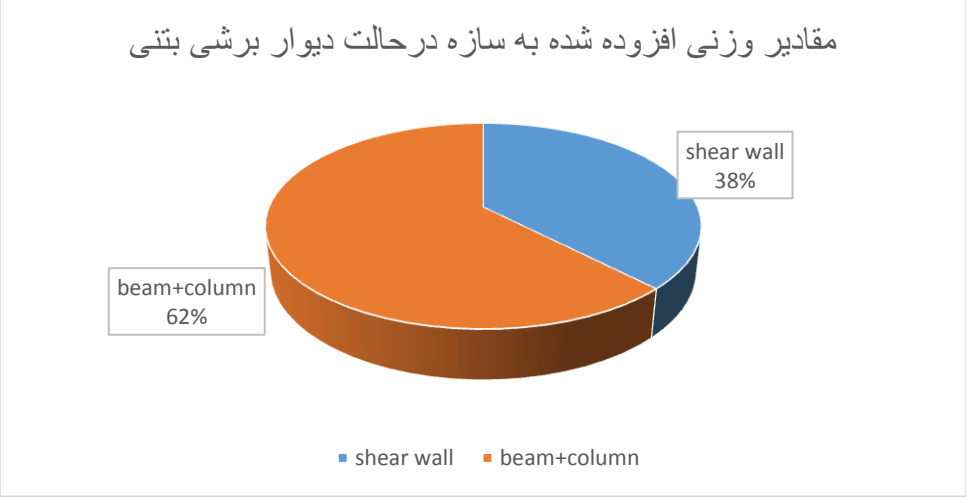
شکل شماره ۸-مقایسه مقادیر جابجایی نسبی میان طبقه ای(دریفت) در مدلها

همانطور که شکل فوق نشان می‌دهد مقدار دریفت نیز با اعمال مقاوم سازی کاهش یافته و این مقدار با اعمال روش افزودن دیوار برشی بتنی نسبت به حالت افزودن مهاربند کمانش تاب کاهش بیشتری داشته است.

با مشاهده این نتایج می‌توان این نتیجه گیری را حاصل نمود که روش های مقاوم سازی بکار رفته در این تحقیق تاثیر بسزایی بر بهبود عملکرد فنی سازه ها گذاشته است که این تاثیر در روش مقاوم سازی با دیوار برشی بتنی بیشتر بوده است. حال جهت بررسی اقتصادی با توجه به اهداف تحقیق به مقایسه نتایج حاصل از مقادیر وزنی افزوده شده در هر یک از حالات پرداخته می‌شود.

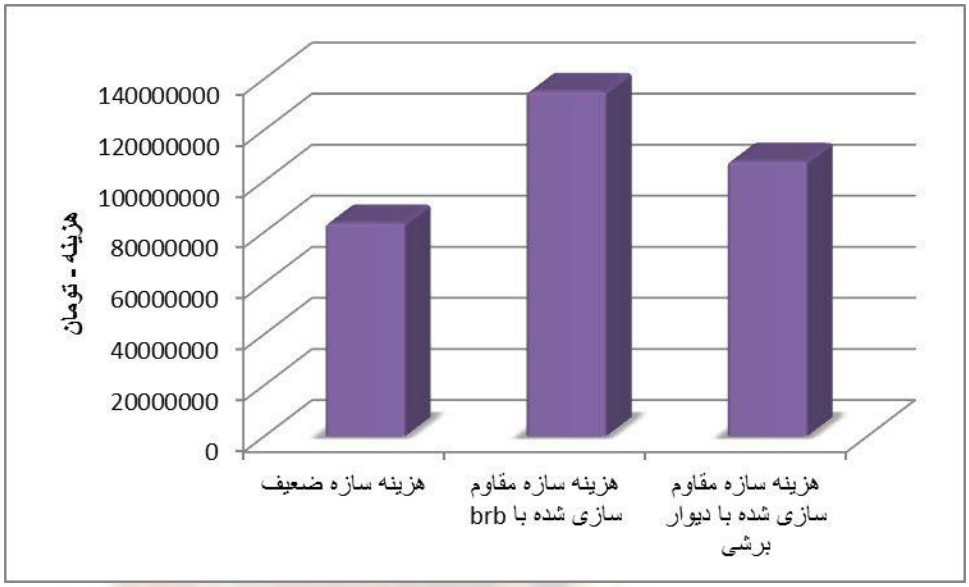


شکل شماره ۹-مقایسه مقادیر وزنی در حالت افزودن مهاربند کمانش تاب به سازه



شکل شماره ۱۰-مقایسه مقادیر وزنی در حالت افزودن دیوار برشی بتن آرمه به سازه

همانطور که در اشکال فوق مشاهده می‌شود علی رغم اینکه دیوار برشی بتن آرمه تاثیر بهتری از نظر فنی بر روی عملکرد سازه گذاشته است ولی از لحاظ وزنی مشاهده می‌شود که استفاده از مهاربند کمانش تاب می‌تواند مناسب تر باشد حال می توان ارزیابی اقتصادی و هزینه های متریال هر سازه را به تفکیک در شکل شماره ۱۱ مشاهده نمود.



شکل شماره ۱۱-مقایسه هزینه های متریال سازه ها در حالت های مختلف

منابع

Carolin, A., ۲۰۰۳, "Carbon Fiber Reinforced Polymers for Strengthening of Structural Elements,"Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Sweden, p. ۲۴۷.

Goulet, C. A., Haselton, C. B., Mitrani-Reiser, J., Beck, J. L., Deierlein, G. G., Porter, K. A., & Stewart, J. P. (۲۰۰۷). Evaluation of the seismic performance of a code-conforming reinforced-concrete frame building—from seismic hazard to collapse safety and economic losses. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, *۳۶*(۱۳), ۱۹۷۳-۱۹۹۷.

Pohoryles, D. A., Rossetto, T., Melo, J., & Varum, H. (۲۰۱۶). A combined FRP and selective weakening retrofit for realistic pre-۱۹۷۰'s RC structures. In ICONHIC ۲۰۱۶-۱st International Conference on Natural Hazards & Infrastructure.

Shehata, I. A. E. M., Shehata, L. D. C. D., Santos, E. W. F., & de Faria Simões, M. L. (۲۰۰۹). Strengthening of reinforced concrete beams in flexure by partial jacketing. Materials and structures, ۴۲(۴), ۴۹۵-۵۰۴.

Sirju, K., & Sharma, A. K. (۲۰۰۱). Strengthening of reinforced concrete members under compression and bending. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings, ۱۴۶(۲), ۲۲۷-۲۳۱.

احسان دوست، محمدرضا و آریانپور، یاسر. ۱۳۹۷. مطالعه روش های مقاوم سازی لرزه ای ساختمان های بتن مسلح واقع در شهرستان با استفاده از روش TOPSIS. نشریه علمی و ترویجی مصالح و سازه های بتنی، ۳(۱).

اسکندری, آرلن، ۱۳۸۵، معرفی و بررسی مشخصات و کاربرد و نحوه عملکرد مصالح کامپوزیت و نوین در مقاوم سازی لرزه ای ساختمانهای بتن مسلح و مصالح بنایی موجود، *اولین همایش بین المللی مقاوم سازی لرزه ای*

تحقیقی, حسین, طامه, محمدرضا. (۱۳۹۶). ارزیابی لرزه‌ای غیرخطی ساختمان‌ها توسط روش‌های تحلیل تقریبی استاتیکی و دینامیکی و مقایسه با تحلیل‌های دقیق .*مهندسی عمران مدرس*.

حسینی، هادی. ۱۳۹۱. بهسازی ساختمان های بتنی با استفاده از پانل های سه بعدی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه صنعتی شریف.

شایانفر، محسنعلی و قانونی بقا، محمد. ۱۳۹۵. آموزش کاربردی روش های مقاوم سازی ساختمان ها. تهران: انتشارات فدک ایساتیس، چاپ دوم.

قرشی بندرآبادی, محمد علی و محمد علی دشتی، ۱۳۹۵، ژاکت فولادی، راه حل مناسب در مقاوم سازی سازه های بتن آرمه، *دومین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری*، تهران، موسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی

منصوری علی، مشکین فام حصاری فرزاد. ۱۳۹۶. ارزیابی رفتار سازه‌های فولادی مهاربندی نامتقارن با سیستم جداساز لرزه‌ای. نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد. (۲۲) :۲۵-۳۸.

میرجلیلی, علیرضا و مجتبی دهقانی، ۱۳۹۴، ارزیابی ظرفیت باربری ستون بتنی مسلح تقویت شده با روکش فولادی، کنفرانس ملی مهندسی عمران و محیط زیست، قزوین، معاونت پژوهشی دانشکده مهندسی عمران و نقشه برداری دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

نامجویان، محمد علی؛ کریمیان، محمدرضا؛ جبارزاده، سینا و رهگذر، رضا. ۱۳۹۳. بررسی آنالیز غیرخطی استاتیکی قاب های بتنی نامنظم در ارتفاع. *پنجمین کنفرانس ملی زلزله و سازه، جهاد دانشگاهی استان کرمان*.

نرماشیری, کامبیز؛ علیرضا صادقی و سیدمحمدمرتضی هاشمی، ۱۳۹۱، بررسی و مقایسه روشهای افزایش مقطع بتنی و ژاکت فولادی برای مقاوم سازی ستونهای بتن مسلح، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن، کرمان، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی