

## مقایسه رفتار لرزه‌ای دیوار برشی بتنی با میلگرد FRP و میلگرد فولادی S۴۰۰ تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی پوش‌آور (NSP)

سید علی موسوی داودی<sup>۱</sup>

۱- فارغ التحصیل کارشناس ارشد سازه - دانشکده فنی و مهندسی، مرکز آموزش عالی طبری

آدرس پست الکترونیکی نویسنده رابط (Ali\_mousavii@yahoo.com)

### چکیده

امروزه استفاده از میلگردهای ساخته شده با مواد پلیمری FRP در صنعت ساختمان‌سازی رو به افزایش است، میلگردهای FRP به دلیل اینکه دارای یک رفتار غیرشکل‌پذیر می‌باشند از عملکرد مناسبی نسبت به میلگردهای معمولی برخوردار می‌باشند، کاربرد بیشتر این میلگردها در سازه‌هایی خواهد بود، که مهمترین مشکل آنها خوردگی یا مشکلات الکترومغناطیسی باشد. رفتار مکانیکی میلگردهای FRP با میلگردهای فولادی تفاوت دارد؛ لذا نحوه طراحی سازه‌های بتنی با استفاده از میلگردهای FRP دارای تغییرات گسترده‌ایی نسبت به میلگردهای فولادی می‌باشد. میلگردهای فولادی دارای رفتار تقریباً همسانگرد می‌باشند ولی میلگردهای FRP دارای رفتار ناهمسانگرد هستند. این رفتار ناهمسانگرد در مقاومت برشی و رفتار چسبندگی میلگردهای FRP به بتن تاثیر می‌گذارد. مصالح FRP بر خلاف مصالح فولادی، رفتار الاستیک خطی از خود نشان می‌دهند، با توجه به اهمیت این موضوع و تفاوت رفتاری عملکرد این دو مصالح در این مقاله سعی گردید که ابتدا به مواد تشکیل دهنده FRP و خصوصیات آن پرداخته شود، مدل نرم افزاری که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت، یک ساختمان ۶ طبقه با سیستم جانبی دارای دیوار برشی بتنی می‌باشد، مدل مذکور یکبار با میلگرد معمولی و بار دیگر با میلگرد FRP در برنامه ETABS ۲۰۱۵ مدل‌سازی میگردد، در ادامه این دو سازه از لحاظ رفتار لرزه‌ای از جمله شکل‌پذیری، سختی، مقاومت و جابه‌جایی و تغییر مکان مورد مطالعه قرار گرفت، در انتها نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سازه مقاومسازی شده با میلگردهای FRP از لحاظ رفتار لرزه‌ای عملکرد بهتری نسبت به سیستم دیوار برشی با میلگرد معمولی خواهد داشت.

کلمات کلیدی: رفتار لرزه‌ای، دیوار برشی بتنی، میلگرد FRP، تحلیل استاتیکی غیر خطی.

### ۱- مقدمه

دیوار برشی بتنی به دلیل سختی زیاد درون صفحه‌ای خود یکی از اعضای کلیدی برای مقابله با بارهای جانبی در سازه‌های بلند مرتبه به شمار می‌آید. علاوه بر زلزله، اشتباهات در طراحی و ساخت، گذشت زمان، تخریب‌های محیطی و در بسیاری از موارد ایجاد بازشو در دیوار برشی از جمله عوامل ضعف این عضو سازه‌ای در سالیان اخیر می‌باشند، که تقویت آن را به امری اجتناب ناپذیر تبدیل گردانده است. به دلیل قابلیت خوب دیوارهای برشی بتنی در باز توزیع تنش‌ها، ایجاد بازشوه‌های کوچک تاثیر بسزائی در رفتار دیوار نخواهد داشت، ولی ایجاد بازشوه‌های بزرگ با کاهش سختی و مقاومت عضو همراه است. [۱]

پارامتر بسیار مهم در دیوارهای برشی دارای بازشو نسبت سختی تیر همبند به دیوارهای ایجاد شده طرفین است. در صورتیکه سختی تیر همبند کم باشد رفتار مجموعه به دو دیوار برشی مجزا نزدیکتر می‌شود، و در صورتیکه سختی تیر همبند زیاد باشد رفتار مجموعه به دیوار برشی یکپارچه نزدیکتر می‌گردد، یکی از بهترین روش‌ها برای مقابله با این کاهش ظرفیت استفاده از ورق‌های کامپوزیتی FRP است. در دهه گذشته استفاده از ورق‌های کامپوزیتی FRP به دلیل مقاومت بالا، دوام در برابر خوردگی، نصب سریع و آسان و وزن کم آنها نسبت به مصالح مقاومسازی سنتی، بسیار افزایش یافته است. [6]

## ۲- تعریف FRP

فیبرهای پلیمری تقویت شده FRP یا همان Fiber Reinforced Polymer/Plastic ها را می‌توان برای ترمیم یا تقویت و بهسازی انواع سازه‌های بتنی با نصب بر روی سطح (دالها و تیرها، ستون‌ها، دیوارهای حمال، شناژها و فونداسیون) و در ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری، ساختمان‌های صنعتی، تکیه‌گاه‌های ماشین‌الات و تأسیسات سنگین، سازه‌های آبی از قبیل سد، کانال، کالورت و غیره، پل‌های جاده‌ای و ریلی، مخازن و منابع آب و مایعات، سیلوها و برج‌های خنک‌کننده به کار برد. با پیشرفت‌های علم و فناوری، امروزه متخصصین امر ساخت و ساز سعی می‌کنند به تکنولوژی ساخت مواد جدیدی دست یابند که علاوه بر انجام وظیفه‌های در نظر گرفته شده از جنبه‌های دیگر مؤثر بر سازه مانند وزن، مقاومت، راحتی کاربرد و طول عمر نیز برتری‌هایی داشته باشند. یکی از این مواد که دارای مزیت‌های شمرده شده می‌باشند، کامپوزیت‌های پلیمری است. این مواد قابلیت استفاده به صورت‌های مختلف و در قسمت‌های مختلف سازه را دارند. [۲]

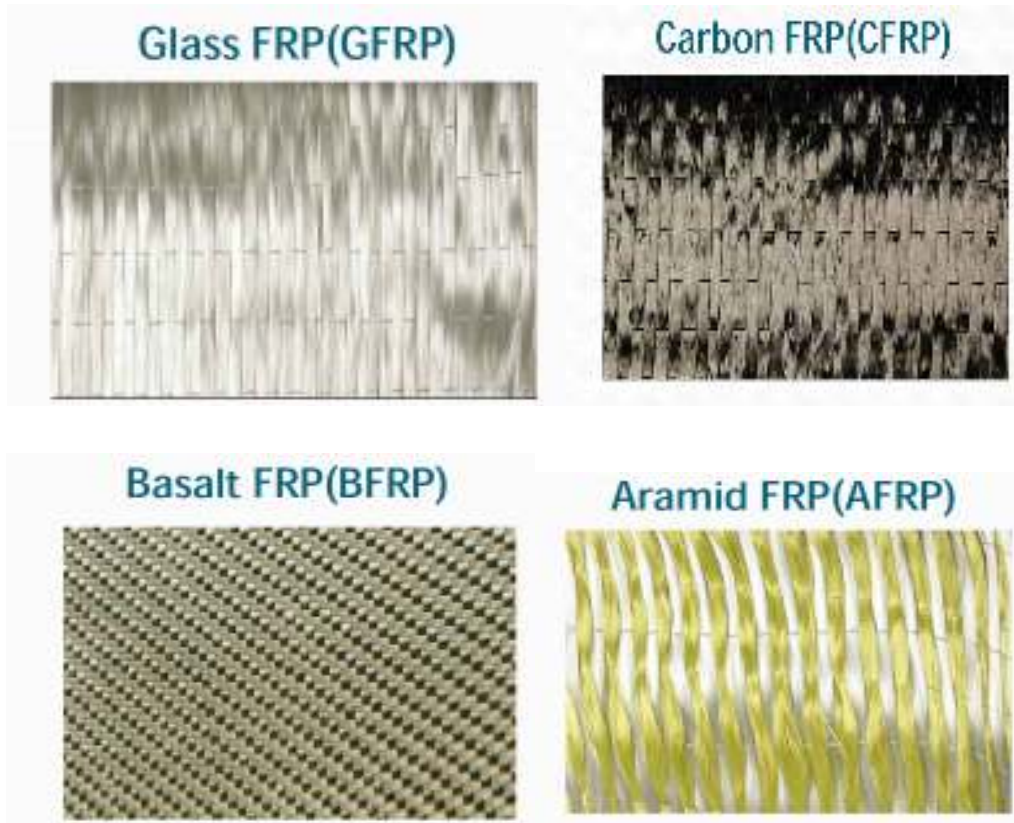


شکل ۱- جزئیات ساختار FRP [۲]

## ۲-۱ انواع الیاف بافته شده FRP

الیاف بافته شده کامپوزیتی FRP، پارچه‌هایی با ضخامت کمتر از یک میلی‌متر هستند که با ترکیب رزین تولید ورق‌هایی می‌کنند که به ورق FRP (با ضخامت چند میلی‌متر) معروف هستند. مصالح الیاف FRP بر اساس فیبرهای تشکیل دهنده به چندین دسته تقسیم می‌شوند که چهار نوع آن کاربرد بیشتری دارند و عبارتند از: [۲]

- الیاف GFRP که با آنها پلیمرهای کامپوزیت FRP مسلح شده با الیاف شیشه تولید می‌گردند.
- الیاف CFRP که کامپوزیت‌های FRP مسلح شده با الیاف کربن از آنها تولید می‌گردند.
- الیاف AFRP آرامید
- الیاف BFRP بازالت



شکل ۱- انواع الیاف بافته شده FRP [۲]

## ۲-۳ کاربرد الیاف FRP

از مهمترین مواردی که توسط مصالح FRP اصلاح و مقاومسازی می‌شوند عبارتند از: [۳]

- خوردگی و فرسایش سازه‌های در سیستم‌های صنعتی، پالایشگاه‌ها و پتروشیمی
- ترک خوردگی و کنده‌شدگی بتن ناشی از خوردگی
- کاهش ظرفیت سازه‌های
- نفوذ کلریدها
- کربناته شدن
- خوردگی فولادهای پس کشیدگی
- تابیدگی دال‌های ریخته شده روی سطوح بستر
- اشتباهات طراحی
- میلگردگذاری نادرست بتن
- اجرای اشتباه خاموت‌ها
- جداشدگی سنگدانه‌های بتن
- خیز غیرمجاز دال و سقف بتن‌آرمه
- کرموشدگی سطح بتن و تجمع سنگدانه‌ها
- تغییر در کاربری سازه‌ها و بارگذاری‌های اضافی ثقلی و جانبی
- خوردگی میلگرد در بتن

ظرفیت خمشی ناکافی بتن  
افزایش تعداد طبقات ساختمان‌های بتنی  
افزایش ظرفیت برشی ترک در تیر بتنی و عرشه پل  
ضعف اتصالات بتن  
ترک در ستون‌های ساختمان‌ها و پل‌ها  
نیاز به کاهش زمان ایجاد وقفه در حین ترمیم و مقاومسازی [۳]

## ۲-۴ مزایای الیاف FRP

مهمترین مزایای مقاومسازی با استفاده از FRP نسبت به سایر روش‌های مقاومسازی به شرح زیر هستند: [۴]

- مقاومسازی با FRP بسیار سریع تر از سایر روش‌های مقاومسازی می باشد.
- مقاومسازی با FRP در بیشتر موارد ارزان تر از سایر روش‌های مقاومسازی است.
- مقاومسازی با FRP نیاز به تخریب بخش‌هایی از سازه در مقایسه با سایر روش‌های مقاومسازی ندارد.
- پس از اجرای مقاومسازی با FRP، نیاز به بازسازی بخش‌هایی از سازه در مقایسه با سایر روش‌های مقاومسازی ندارد.
- مقاومسازی با FRP به مرور زمان دچار خوردگی نمی‌شود. (در مقایسه با بعضی روش‌های مقاومسازی سنتی مانند ژاکت فولادی)
- مقاومسازی با FRP در مجاورت مصالح ساختمانی (مانند گچ و خاک) دچار خوردگی نمی‌شود (در مقایسه با برخی روش‌های مقاومسازی سنتی مانند ژاکت فولادی).
- مقاومسازی با FRP مبتنی بر فن آوری‌های نوین است (در مقایسه با سایر روش‌های مقاومسازی سنتی) و بنابراین روش‌های مقاومسازی با FRP هر روز در حال تکامل و پیشرفت می‌باشد.
- مقاومسازی با FRP دارای کدها و آیین‌نامه‌های خاص برای مقاومسازی با FRP می‌باشد در حالیکه بیشتر روش‌های مقاومسازی سنتی مبتنی آیین‌نامه‌های عمومی هستند (مانند مقاومسازی به روش ژاکت بتنی و مقاومسازی به روش ژاکت فولادی).
- برای کنترل کیفیت مقاومسازی با FRP روش‌های مشخصی مانند تست Pull Off وجود دارد که برای اطمینان از عملکرد صحیح سیستم مقاومسازی با FRP باید پس از اجرای عملیات مقاومسازی با FRP انجام شود.
- اجرای عملیات مقاومسازی با FRP نیاز به تجهیزات خاصی در مقایسه با سایر روش‌های مقاومسازی ندارد.
- اجرای عملیات مقاومسازی با FRP نیاز به افراد مختلف با مهارت‌های متعدد در مقایسه با سایر روش‌های مقاوم سازی ندارد. [۴]

## ۲-۵ معایب الیاف FRP

- امکان وقوع شکست ترد افزایش می‌یابد.
- جدا شدن کامپوزیت از بستر بتنی خود.
- آسیب‌پذیری در مقابل آتش‌سوزی.
- استفاده از الیاف FRP در سطوح ناصاف امکان‌پذیر نیست. [۵]

## ۲-۶ انواع محصولات FRP

از الیاف FRP در صنعت ساختمان سازی و در زمینه های مختلف از جمله مقاوم سازی و بهسازی لرزه ایی ساختمان ها استفاده می شود. محصولات FRP که در صنعت ساختمان سازی استفاده می شود. در شکل های گوناگونی به بازار عرضه می شود. در زیر به چند مورد از این محصولات که در گستره وسیعی در صنعت ساختمان و همچنین در مقاوم سازی و بهسازی لرزه ایی از آن استفاده می شود اشاره می گردد و به معرفی هر یک از آنها خواهیم پرداخت [۶].

## ۲-۷ ورقه های FRP

تسمه های FRP، ورقه های با ضخامت چند میلی متر از جنس FRP هستند. این ورقه ها با چسب های مستحکم و مناسب به سطح بتن چسبانده می شوند. از تسمه های FRP جهت تعمیر و تقویت سازه های آسیب دیده یا غیرمقاوم (عوامل مختلف از جمله خطر زلزله و یا خوردگی در آب های یون دار) استفاده می شود. در مقابل تسمه های FRP پارچه های FRP قرار دارند که بسیار شکل پذیرند و می توانند به هر شکلی در بیایند. این پارچه ها می توانند دارای الیاف در یک یا دو جهت باشند. تسمه ها بر خلاف الیاف پارچه ای، شکل پذیر نیستند و در ضخامت و عرض های مختلف یافت می شوند. [۷]



شکل ۳- نمای تسمه های FRP [۷]

## ۲-۸ کابل، نوار و تاندن های پیش تنیدگی

محصولاتی شبیه میله های FRP ولی به صورت انعطاف پذیر هستند که در سازه های کابلی و بتن پیش تنیده در محیط های دریایی و خورنده کاربرد دارند. این محصولات در اجزاء پیش تنیده در مجاورت آب نیز بکار گرفته می شوند. [۷]



شکل ۴- نمای کابل و نوار و تاندن FRP [۷]

## ۹-۲ میلگردهای FRP

میلگردهای FRP در شکل و الگوی ظاهری شبیه میلگردهای فولادی می‌باشند. این میلگردها تا اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ به صورت تجاری در دسترس نبودند. میلگردهای موجود در بازار دارای انواع مختلفی از سطح مقطع‌ها مانند مربعی، حلقه‌ای، دایره‌ی توپر، استخوانی و توخالی می‌باشند. [۸]



شکل ۵- اشکال مختلف میلگردهای دایره‌ای از جنس FRP [۸]

FRP به کار رفته در این میلگردها را به روش‌های گوناگون و با تکنیک‌های مختلفی مانند کششی پیچشی، نواری و موج‌دهی می‌سازند و برای تبدیل به میلگرد به طرق مختلف شکل‌دهی می‌شوند. [۸]

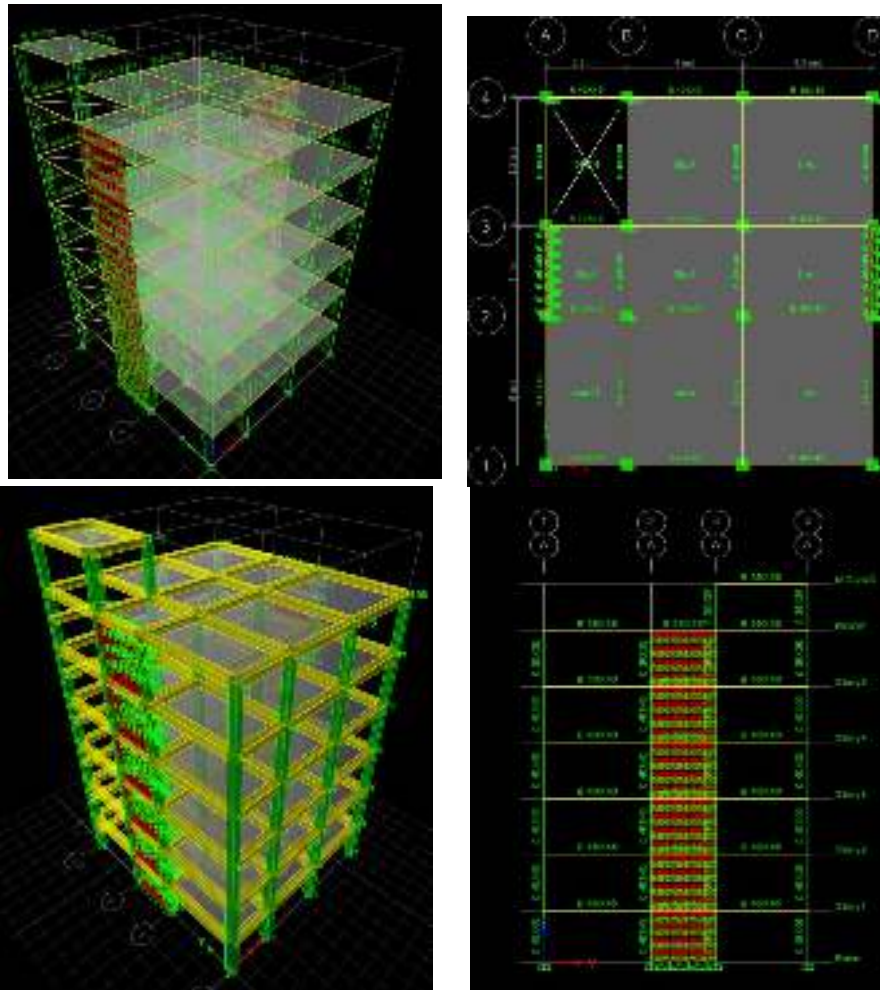


شکل ۶- میلگردهای FRP فرم‌دهی شده با روش‌های گوناگون [۸]

## ۳- روش تحقیق

در این تحقیق بمنظور مطالعه مقایسه رفتار لرزه‌ای دیوار برشی بتنی با میلگرد FRP و میلگرد فولادی S400 تحت تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌اور (NSP) از دو مدل مطالعاتی با نام‌های مدل A و B استفاده شده است، مشخصات این دو مدل به شرح ذیل می‌باشد. مدل A یک سازه ۶ طبقه با سیستم (قاب خمشی متوسط+دیوار برشی با میلگرد معمولی) و مدل B یک سازه ۶ طبقه با سیستم (قاب خمشی متوسط+دیوار برشی با میلگرد FRP) می‌باشد. تفاوت این دو سازه در نوع میلگرد مصرفی و به کار رفته در طراحی دیوار برشی بتنی می‌باشد.





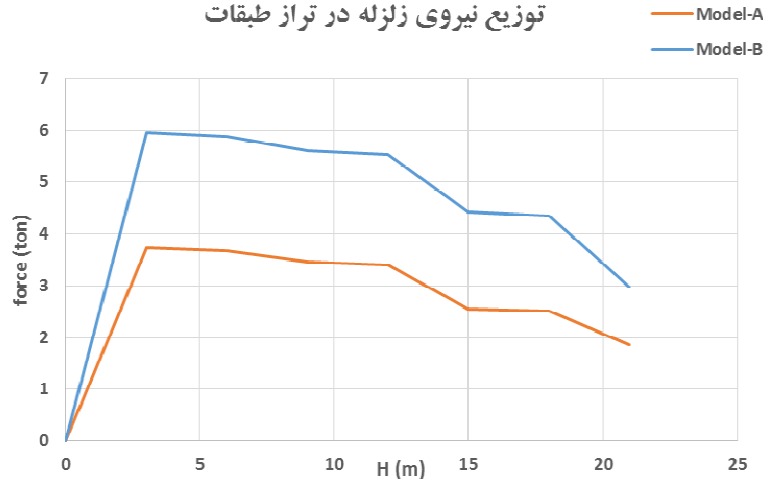
شکل ۷- جزئیات هندسی مدل A, B

#### ۴- نتایج تحلیل

##### ۴-۱ نتایج تحلیل استاتیکی خطی نمونه A و B

بعد از انجام تحلیل مدل مطالعاتی نمونه A (سازه ۶ طبقه قاب خمشی متوسط + دیوار برشی بتنی با میلگرد فولادی S400) و مدل B (سازه ۶ طبقه قاب خمشی متوسط + دیوار برشی بتنی با میلگرد FRP). نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی خطی در زیر ارائه شده‌اند، در شکل (۹) می‌توان توزیع نیروی زلزله از تراز پایه در مدل A و مدل B را در ارتفاع طبقات مشاهده کرد.

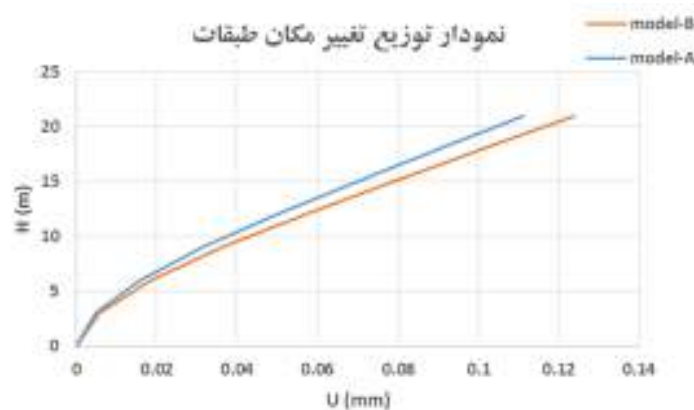
توزیع نیروی زلزله در تراز طبقات



شکل ۸- نمودار توزیع نیروی زلزله در تراز طبقات

در شکل (۸) می‌توان توزیع نیروی زلزله در ارتفاع طبقات را مشاهده کرد، با توجه به این که مقدار نیروی برش پایه برای مدل A و مدل B برابر بود با توجه به وزن سازه، اما با مشاهده میانگین نیروی توزیع شده در ارتفاع طبقات مشاهده گردید که به طور متوسط در مدل B (با میلگرد FRP) مقدار نیروی توزیع شده  $59/35\%$  درصد کمتر از مدل A (با میلگرد فولادی معمولی) می‌باشد.

بعد از انجام تحلیل استاتیکی خطی معادل در شکل زیر می‌توان توزیع تغییر مکان طبقات را در مدل A و مدل B مشاهده کرد.



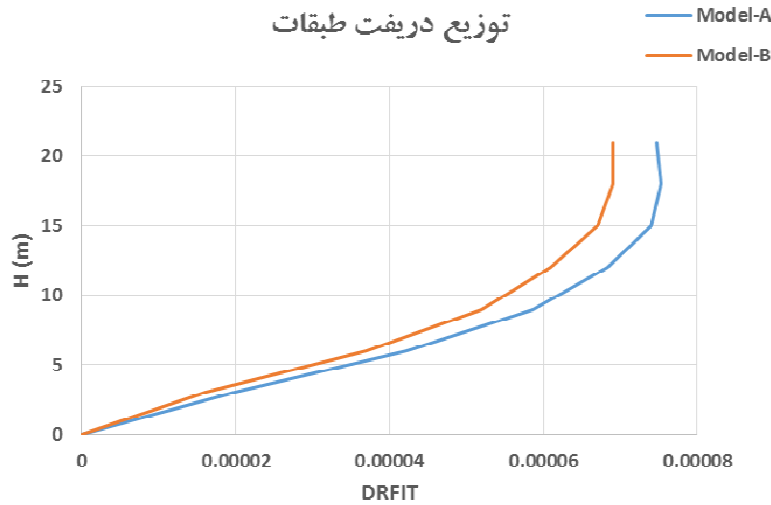
شکل ۹- نمودار توزیع تغییر مکان طبقات

با مشاهده شکل (۹) نمودار توزیع تغییر مکان طبقات مشاهده می‌گردد که مقدار تغییر مکان طبقات در مدل B (با میلگرد FRP) به مقدار  $8/4\%$  درصد کمتر از مدل A (با میلگرد معمولی) می‌باشد.

در شکل (۱۰) می‌توان دریافت (جابجایی نسبی بین طبقات) را در مدل A و مدل B ناشی از تحلیل استاتیکی خطی معادل مشاهده کرد.



توزیع دررفت طبقات



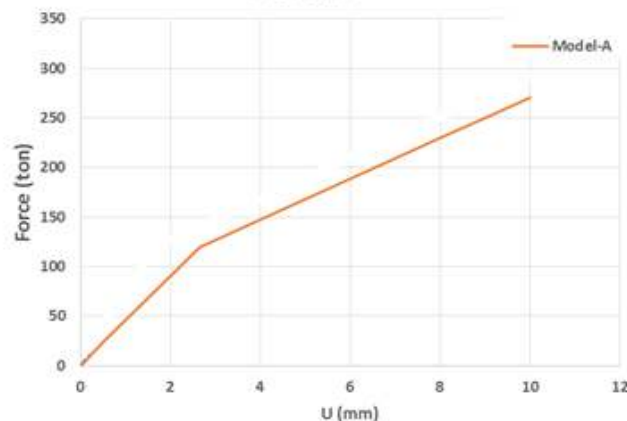
نمودار ۱۰- نمودار توزیع دررفت (جابجایی نسبی بین طبقات) در تراز طبقات

با مشاهده نمودار توزیع دررفت (جابجایی نسبی بین طبقات) مشاهده گردید، که مقدار دررفت (جابجایی نسبی) سازه در مدل B (با میلگرد FRP) به طور میانگین ۸/۲٪ نسبت به مدل A (با میلگرد معمولی) کاهش داشته است.

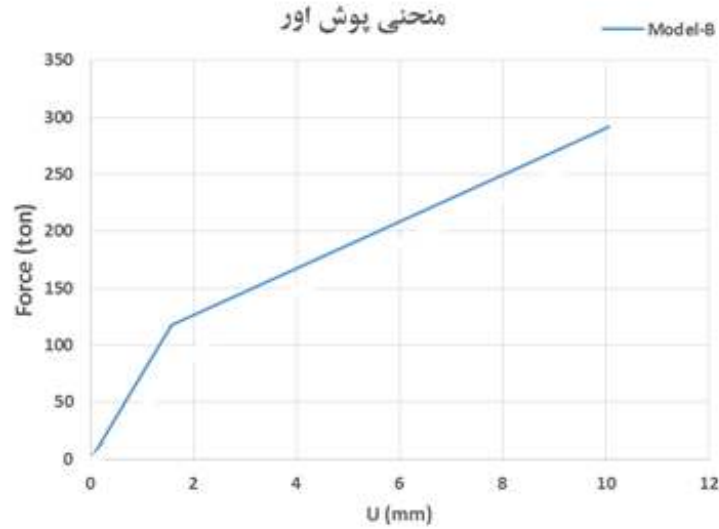
#### ۲-۴ نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش اور (NSP)

بعد از انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی (NSP) منحنی پوش اور (نمودار نیرو-تغییر مکان) مدل A (دیوار برشی بتنی با میلگرد معمولی) ترسیم شد، مقدار تغییر مکان هدف محاسبه شده در مدل A برابر ۱۰/۰۱ سانتی متر بود. مقدار ضریب شکل پذیری که از رابطه فوق محاسبه گردید ( $\mu = \frac{\Delta m}{\Delta y}$ ) برابر با  $\mu = 8/7$  بود، همچنین مقدار سختی موثر ( $ke$ ) محاسبه شده مطابق آیین نامه ۱۴ ASCE برابر  $Ke = 44,98$  می باشد.

منحنی پوش اور



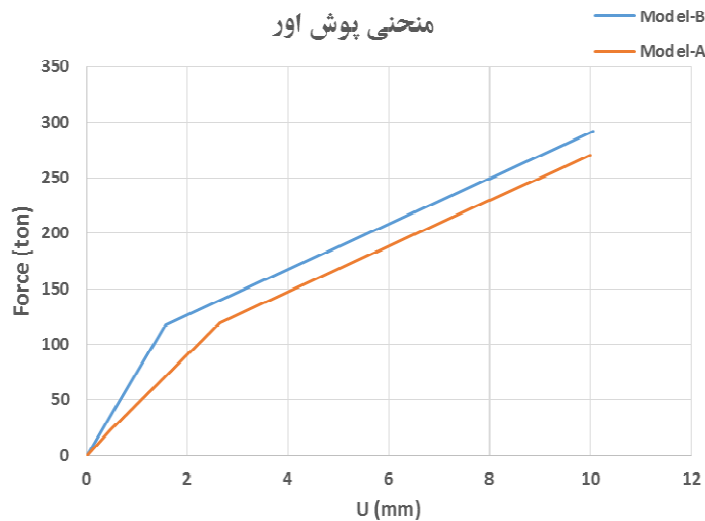
شکل ۱۱- منحنی پوش اور قاب خمشی بتنی مدل A (با میلگرد معمولی)



شکل ۱۲- منحنی پوش اور مدل B (با میلگرد FRP)

بعد از انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی (NSP) منحنی پوش اور یا نمودار نیرو-تغییرمکان مدل B (دیوار برشی بتنی با میلگرد FRP) ترسیم شد، مقدار تغییرمکان هدف محاسبه شده در مدل B برابر ۱۰/۰۱ سانتی‌متر بود. مقدار ضریب شکل-پذیری که از رابطه فوق محاسبه گردید  $(\mu = \frac{\Delta m_i}{\Delta y})$  برابر با  $\mu = 3/66$  بود، همچنین مقدار سختی موثر (ke) محاسبه شده مطابق آیین‌نامه ۱۴ ASCE برابر ۵۲/۶ می‌باشد.

در شکل (۱۴) می‌توان مقایسه نتایج حاصل از منحنی پوش اور (نیرو-تغییرمکان) ناشی از تحلیل استاتیکی غیرخطی (NSP) را در مدل‌های A (با میلگرد معمولی) و مدل B (با میلگرد FRP) مشاهده کرد.



شکل ۱۳- منحنی پوش اور قاب مدل A, B

همانطور که از شکل (۱۳) مشخص است مدل B (قاب خمشی بتنی متوسط+دیوار برشی بتنی با میلگرد FRP) از لحاظ مقاومت سازه‌ای به طور میانگین ۳,۴۴٪ درصد مقاومت بیشتری نسبت به مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط+دیوار برشی بتنی با میلگرد معمولی) داراست همچنین شکل پذیری مدل B نسبت به مدل A بیشتر می‌باشد، مدل B نیز نسبت به مدل A دارای سختی بیشتری می‌باشد. در نتیجه از منحنی پوش اور مدل A و مدل B می‌توان به این نتیجه دست یافت که مدل B عملکرد بهتری نسبت به مدل A دارد.

## ۵- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی و مقایسه قاب مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) و مدل B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP) و بررسی تحلیل‌های استاتیکی خطی و غیرخطی نتایج زیر حاصل شدند:

- گرچه مقدار نیروی برش پایه برای مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) و مدل B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP) با یکدیگر برابر هستند اما میانگین نیروی توزیع شده در ارتفاع طبقات به طور متوسط در مدل B  $59/35\%$  درصد کمتر از مدل A می‌باشد، و نشان دهنده این نکته هست که مدل B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP) دارای عملکرد لرزه‌ای بهتری نسبت به مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) می‌باشد.
- گرچه مقدار نیروی زلزله در مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) و B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP) یکسان می‌باشد، اما مشاهده گردید، که مقدار دررفت ایجاد شده به طور میانگین در مدل B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP)  $8/2\%$  نسبت به مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) کاهش داشته است.
- بعد از انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش اور (NSP) و ترسیم منحنی نیرو-تغییر مکان (پوش اور) مشاهده گردید که مدل B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP) از لحاظ مقاومت سازه‌ای معادل  $3/44\%$  درصد مقاومت بیشتری نسبت به مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) داراست یعنی مدل B از لحاظ پارامتر موثر مقاومت، مقاومت بیشتری را نسبت به مدل A دارا می‌باشد، همچنین با توجه به محاسبه مقدار شکل پذیری مشاهده گردید، که مقدار شکل پذیری مدل B (قاب خمشی بتنی با دیوار برشی بتنی متوسط با میلگرد FRP) در حدود  $30/57\%$  درصد نسبت به مدل A (قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار برشی با میلگرد معمولی) بیشتر می‌باشد، در مقایسه پارامتر سختی دو قاب با توجه به منحنی پوش اور مشاهده گردید، که سختی مدل B در حدود  $24/35\%$  نسبت به مدل A بیشتر می‌باشد.

## ۶- مراجع

- [۱]. بهفرنیا، کیاچهر و علیرضا سیاح، ۱۳۸۹، بررسی اثر تقویتی ورق‌های FRP بر ظرفیت نهایی دیوار برشی بتنی دارای بازشو با استفاده از روش اجزاء محدود، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد
- [۲] علی. خیرالدین، و ح سین. نادرپور، " بررسی رفتار لرزه ای دیوارهای برشی مرکب "، نشریه انجمن بتن ایران، سال چهارم، شماره 16، زمستان 1383
- [۳] ح سین. نادرپور، " بررسی عملکرد لرزه ای دیوارهای برشی مرکب "، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی، ۱۳۸۴

- [۴]. پناهی بروجنی، مینو، ۱۳۹۲، معرفی روش نوین مقاوم سازی تیربتنی با استفاده از الیاف پلیمری FRP به روش نزدیک به سطح NSM، اولین کنفرانس ملی بنای ماندگار، مشهد، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری مشهد
- [۵]. کریمی، جمال الدین و امید کهنه پوشی، ۱۳۹۴، ارزیابی و مقاوم سازی دیوار برشی بتنی با استفاده از ورقهای پلیمری کربنی مسلح شده به الیاف CFRP، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس
- [۶]. شاکری بروجنی، رضا؛ حامد صفاری و هومن ابراهیم پور کومله، ۱۳۹۴، بررسی تحلیلی تاثیر جنس FRP ها بر روی مقاوم سازی تیرهای بتنی به روش NSM، کنفرانس بین المللی یافته های نوین پژوهشی در علوم، مهندسی و فناوری با محوریت پژوهش های نیاز محور، مشهد، مؤسسه فراز اندیشان دانش بین الملل
- [۷]. Ehsani, M.M and saadatmanesh, H., (۱۹۹۷), "Fiber composites: An economical alternative for retrofitting earthquake-damaged precast-concrete walls", Earthquake Spectra, Vol. ۱۳, No. ۲, ۲۲۵-۲۴۱.
- [۸]. Lombard, J and Lau, D.T and Humar, J.L and Foo, S and Cheung, M.S., (۲۰۰۰), "Seismic strengthening and repair of reinforced concrete shear walls", Proceedings, Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand Society for Earthquake Engineering, Silverstream, New Zealand, Paper No ۲۰۳۲
- [۹]. Sugiyama, T and Uemura, M and Fukuyama, H and Nakano, K and Matsuzaki, Y., (۲۰۰۰), "Experimental study on the performance of the RC frame in filled cast-in place non-structural RC walls retrofitted by using carbon fiber sheets", proceedings, Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand Society for Earthquake Engineering, Silverstream, New Zealand, Paper No. ۲۱۵۳.