



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰

## تقویت ستون‌های بتن آرمه دایره‌ای به روش FRP در سازه‌های بتن آرمه

فرشاد قاسمی نیا<sup>۱</sup>، مصیب افتخاری<sup>۲</sup>

۱- گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران

۲- استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران

### چکیده

نیاز گسترده و روز افزون جامعه به ساختمان و مسکن و ضرورت استفاده از روش‌ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک‌سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و سازه‌های بتنی و فولادی در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. مقاوم‌سازی به مجموعه تمهیداتی گفته می‌شود که قابلیت انجام وظیفه یا وظایفی در سازه ایجاد می‌کنند که سازه قبل از انجام مقاوم‌سازی قادر به انجام آنها به طور کامل نبوده است. در این تحقیق به مقاوم‌سازی ستون‌های بتن آرمه دایره‌ای با FRP در قاب‌های خمشی بتن آرمه با مقطع و ارتفاع ستون متغیر به روش استاتیکی غیرخطی در نرم‌افزار آباکوس پرداخته شده است. لازم به ذکر است قابهای مورد نظر در نرم‌افزار ایتبس طراحی شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** مقاوم‌سازی، ستون دایره‌ای، تقویت با FRP

### ۱- مقدمه

امروزه بحث مقاوم‌سازی لرزه‌ای سازه‌های بتنی و فولادی موجود یکی از محوری‌ترین موضوعات مطرح در مهندسی سازه و زلزله می‌باشد. از جمله دلایل این مقاوم‌سازی‌ها می‌توان به تعبیر در کاربری سازه و بارهای بهره‌برداری وارد به آن، خطاهای محاسباتی، اشتباه در ساخت و اجرا، ضعف آیین‌نامه‌های قدیمی، افزایش تعداد طبقات و تأثیر عوامل مخرب محیطی اشاره نمود. برای مقاوم‌سازی تیرهای بتنی مسلح به آرماتورهای فولادی (به عنوان یکی از اجزای اصلی سازه‌های بتنی) در برابر خمش و همچنین تأمین شکل‌پذیری مورد نیاز، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. در پژوهش پیش رو، به بررسی تأثیر سیستم مقاوم‌سازی FRP روی رفتار ستون‌های بتنی پرداخته خواهد شد. در ادامه به معرفی برخی از تحقیقات انجام گرفته در این حوزه پرداخته می‌شود. دایمی و خالو (۱۳۹۵) در تحقیق خود به مقایسه تأثیر مقاوم‌سازی لرزه‌ای ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی، ژاکت فولادی و FRP به وسیله مدل‌سازی عددی پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که نمونه ژاکت فولادی و بتنی شکل‌پذیری بهتری نسبت به نمونه تقویت شده با FRP نشان می‌دهند. همچنین نمونه تقویت شده با ژاکت فولادی بیشترین جذب انرژی را دارد [۱]. امیدعلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی عملکرد لرزه‌ای قاب‌های بتن مسلح مقاوم‌سازی شده با استفاده از سیستم ژاکت بتنی پرداختند. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش ظرفیت باربری سیستم تقویتی بود [۲]. رهبری و ایزدی‌فرد (۱۳۹۸) شبیه‌سازی عددی اثر نیروی محوری بر تغییر شکل جانبی ستون بتنی با غلاف فولادی دوپوسته زیر بار

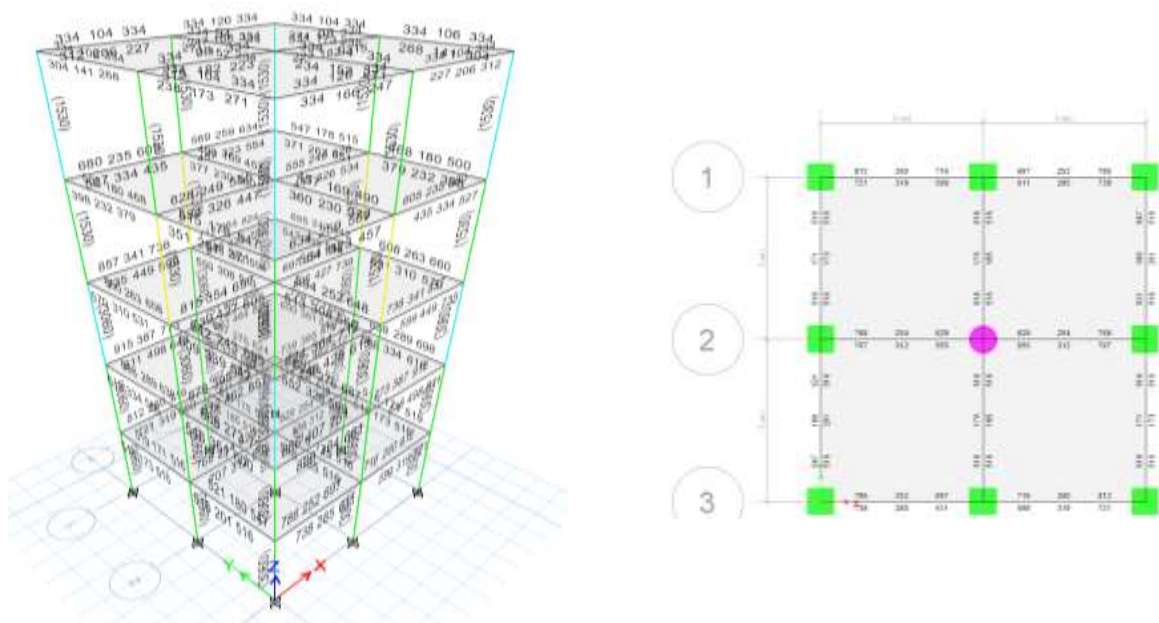
زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

شماره مجوز مجلد: ۸۰۴۰۰

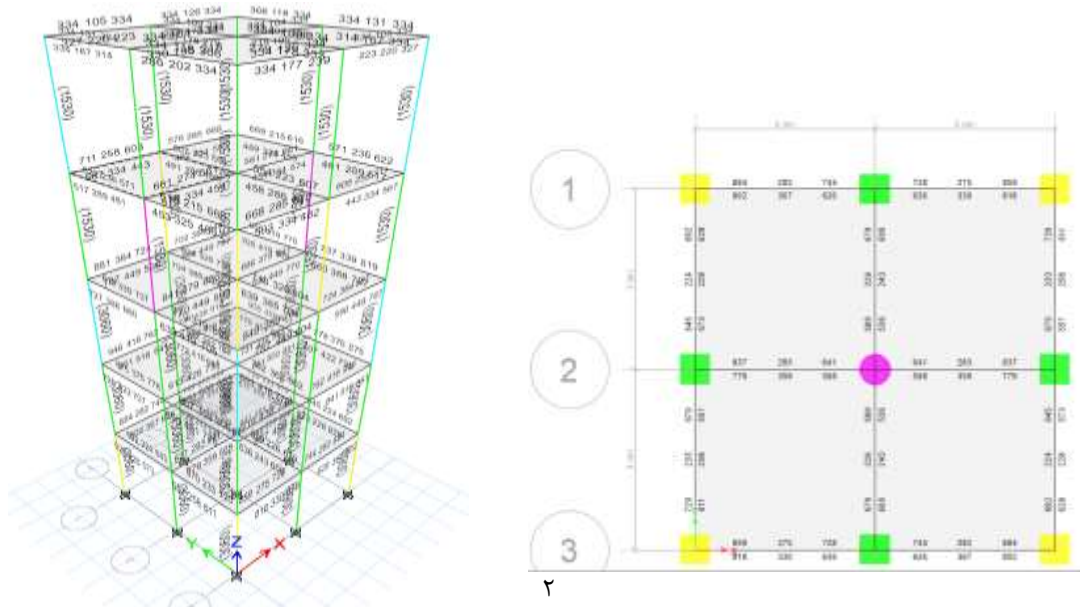
انفجار را مورد بررسی قرار دادند [۳]. ساجدی و شفیع‌نیا (۱۳۹۸) ارزیابی و مقایسه کاربرد غلاف GRP و دورپیچ CFRP بر رفتار ستون‌های استوانه‌ای بتن مسلح ساخته شده از بتن‌های معمولی و پرمقاومت را مورد مطالعه قرار دادند [۴].

## ۲- معرفی مدل و روش کار

در ابتدا مدل‌های مورد نظر در نرم‌افزار ایتبس مطابق شکل‌های زیر طراحی شده‌اند:



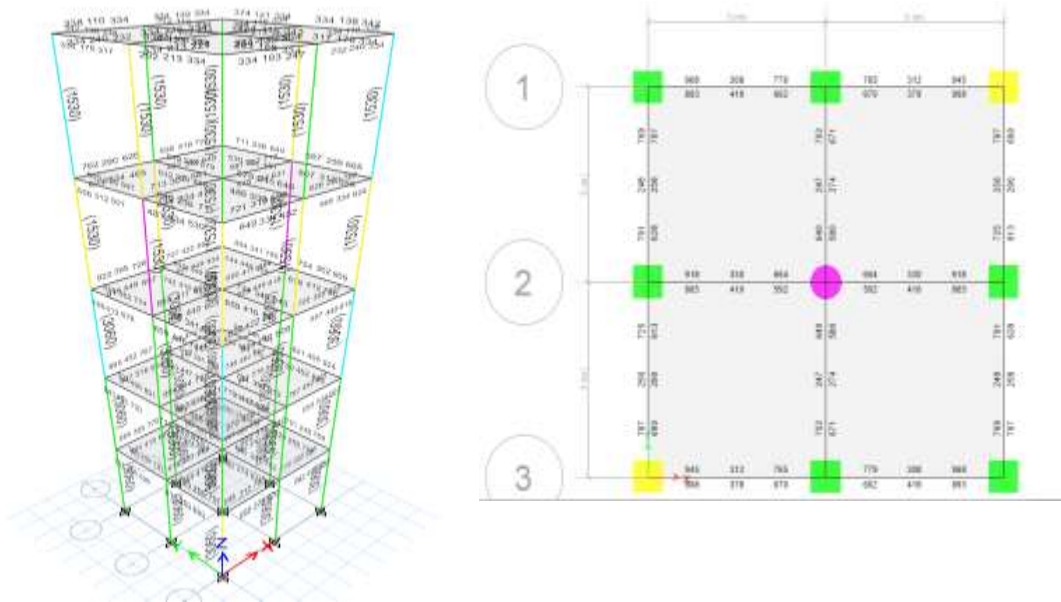
شکل شماره (۱): تحلیل سازه ۵ طبقه با ارتفاع ستون ۳ متری و ستون دایره ای میانی بقطر ۵۰ سانتی متری



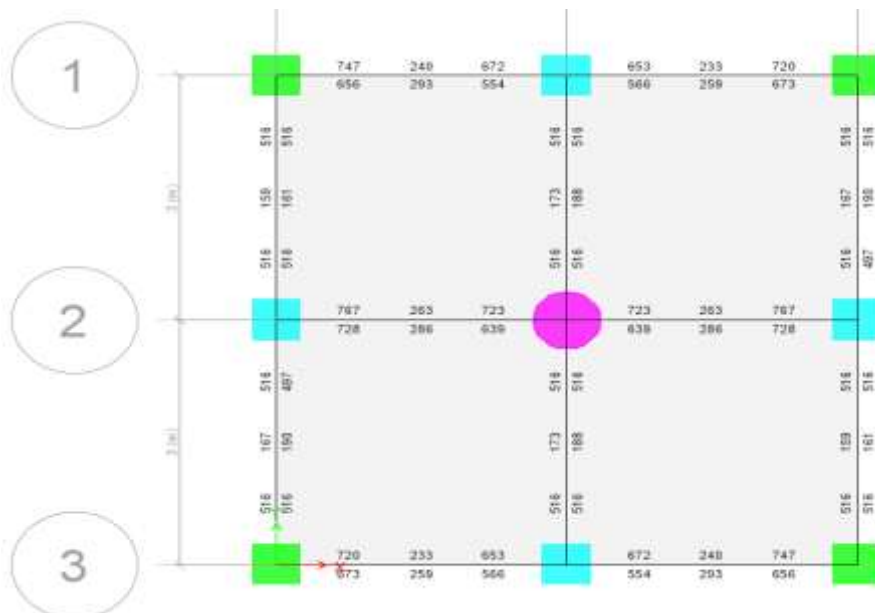
زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

شماره مجوزمجله: ۸۰۴۰۰

شکل شماره (۲): تحلیل سازه ۵ طبقه با ارتفاع ستون ۴ متری و ستون دایره ای میانی بقطر ۵۰ سانتی متری



شکل شماره (۳): تحلیل سازه ۵ طبقه با ارتفاع ستون ۵ متری و ستون دایره ای میانی بقطر ۵۰ سانتی متری





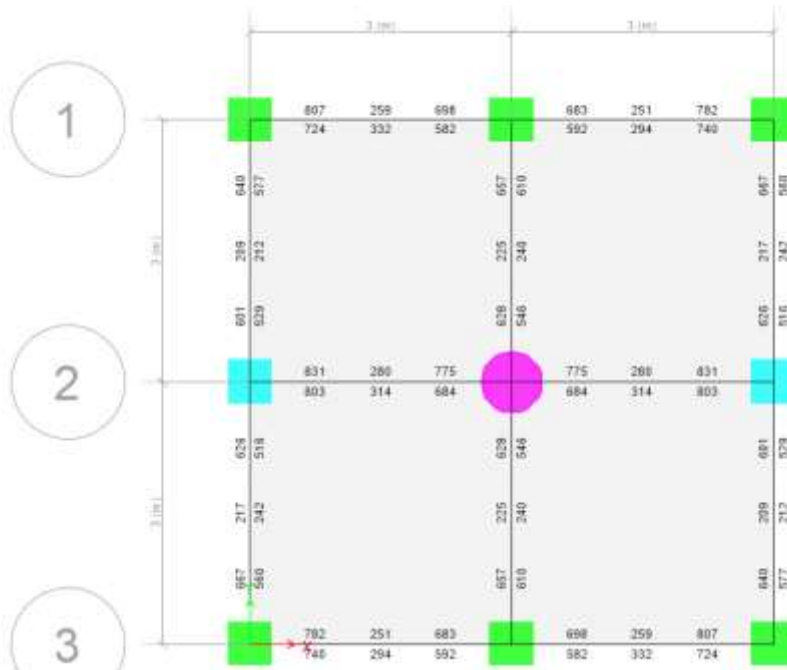
# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



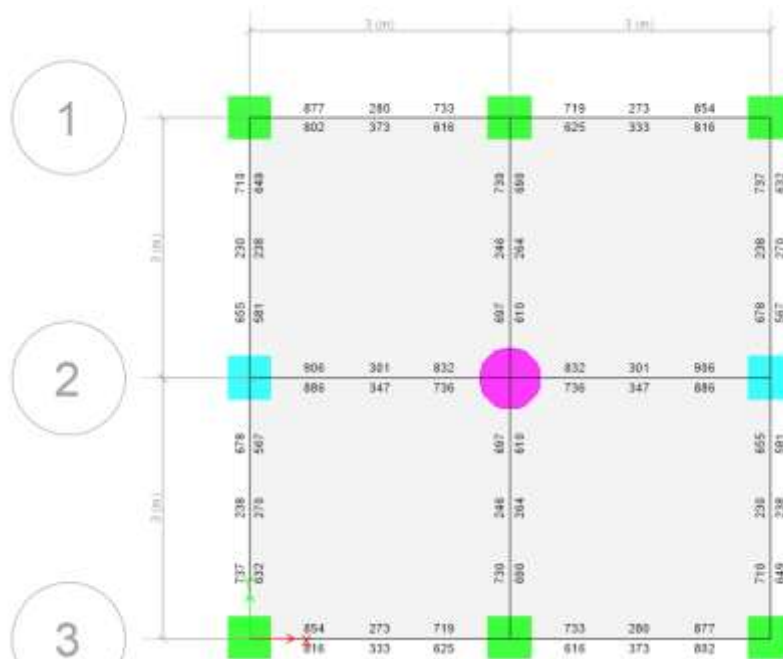
زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

شماره مجوز مجلد: ۸۰۴۰۰

شکل شماره (۴): تحلیل سازه ۵ طبقه با ارتفاع ستون ۳ متری و ستون دایره ای میانی بقطر ۷۰ سانتی متری



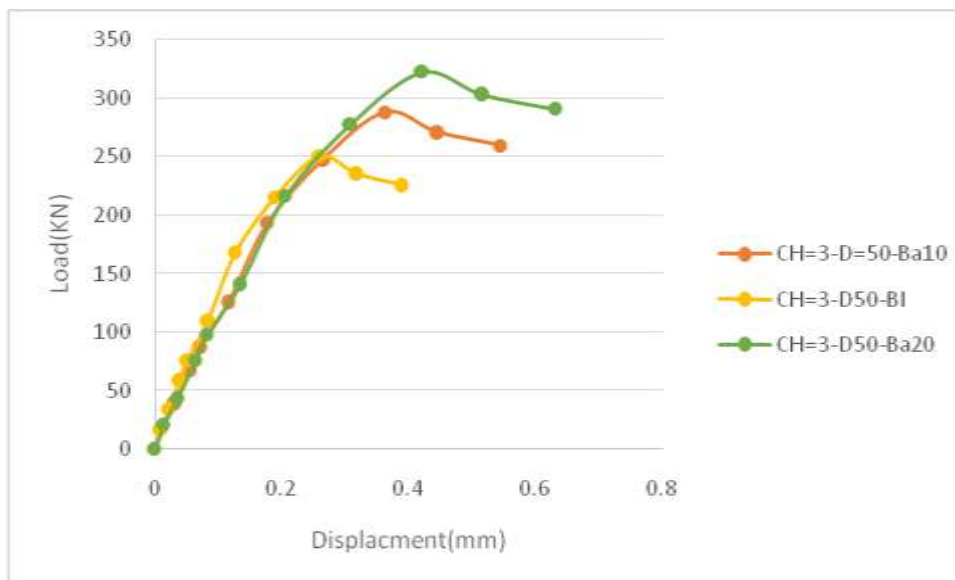
شکل شماره (۵): تحلیل سازه ۵ طبقه با ارتفاع ستون ۴ متری و ستون دایره ای میانی بقطر ۷۰ سانتی متری



شکل شماره (۶): تحلیل سازه ۵ طبقه با ارتفاع ستون ۵ متری و ستون دایره ای میانی بقطر ۷۰ سانتی متری پس از تحلیل مدل در ایتبس، بارگذاری‌های وارد بر ستون C5 برداشت شده و به آباکوس منتقل شده است.

### ۳- آنالیز مدل‌ها

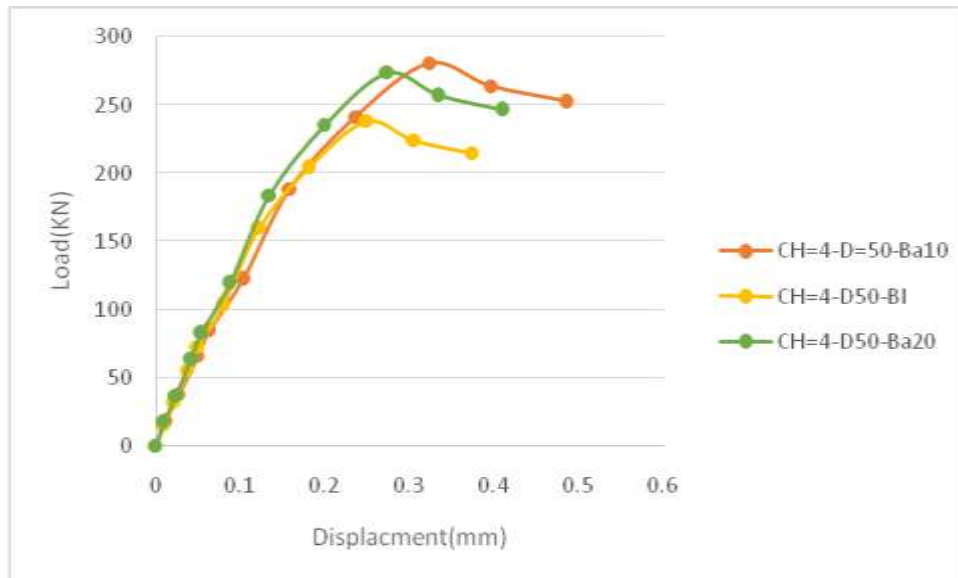
در این بخش برخی از نتایج تحلیل با نرم افزار آباکوس نمایش داده شده است.



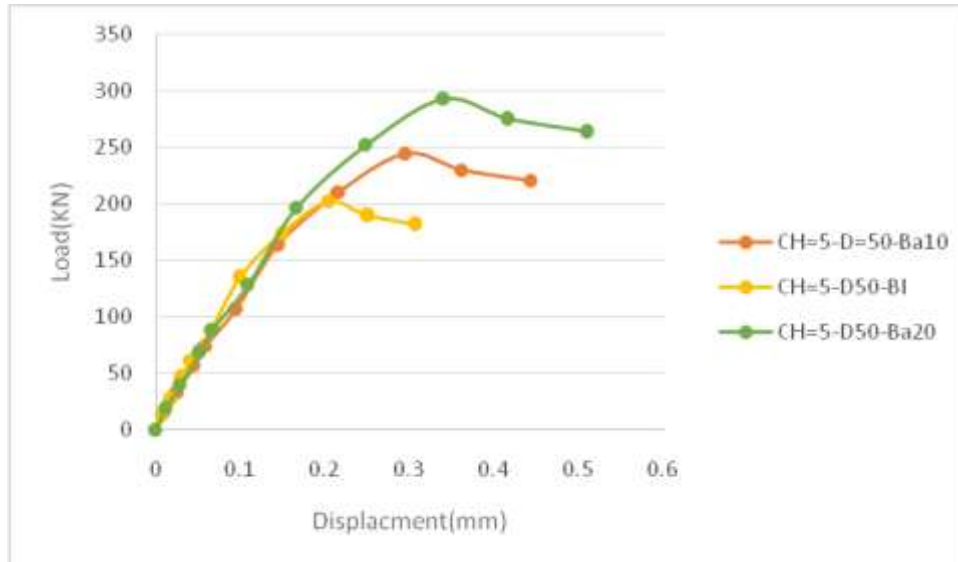
شکل شماره (۷): مقایسه ظرفیت باربری ستون با ارتفاع ۳ متر و قطر ۵۰ سانتی متر در حالت تقویت با FRP نمره ۱۰ و ۲۰ و بدون تقویت

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

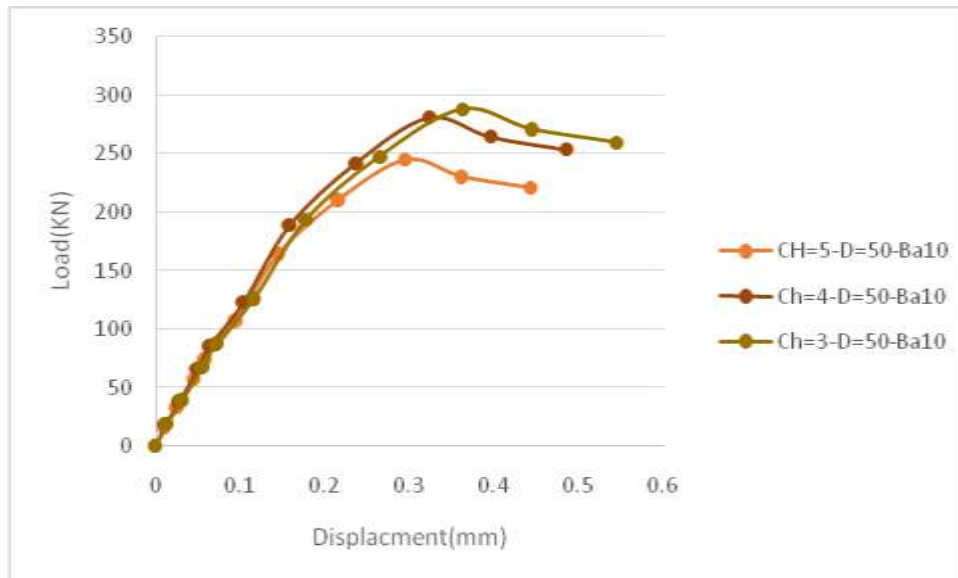
شماره مجوزمجله: ۸۰۴۰۰



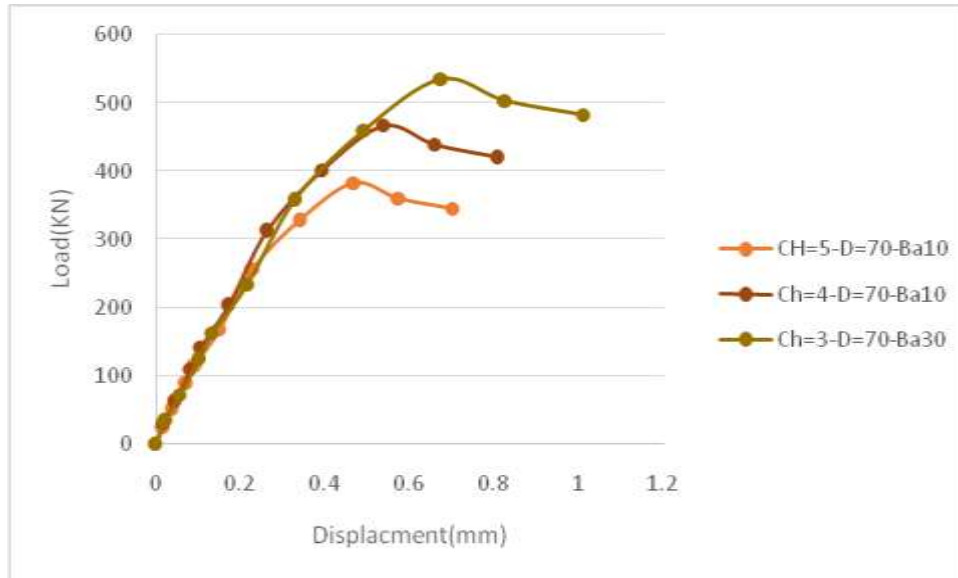
شکل شماره (۸) : مقایسه ظرفیت باربری ستون با ارتفاع ۴ متر و قطر ۵۰ سانتی متر در حالت تقویت با FRP نمره ۱۰ و ۲۰ و بدون تقویت



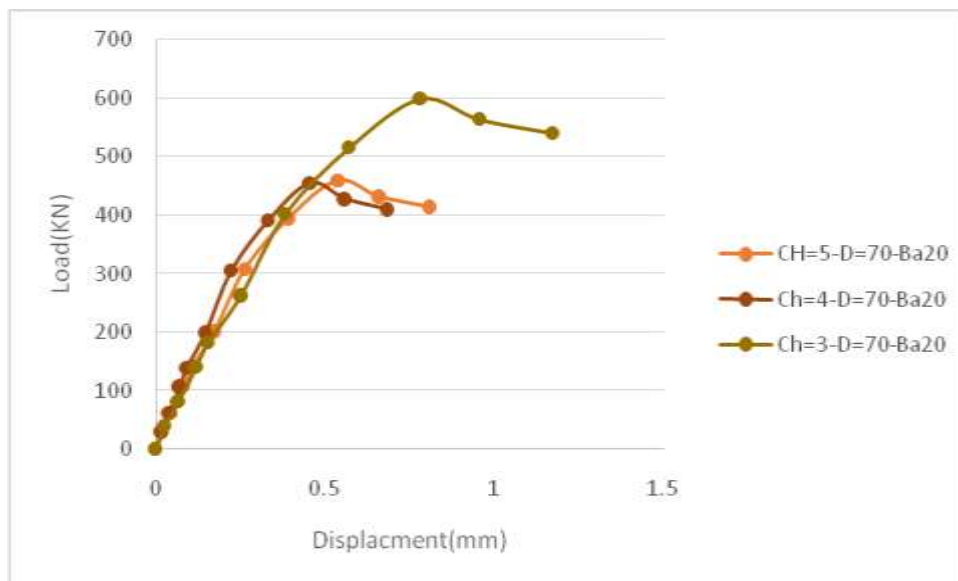
شکل شماره (۹) : مقایسه ظرفیت باربری ستون با ارتفاع ۵ متر و قطر ۵۰ سانتی متر در حالت تقویت با FRP نمره ۱۰ و ۲۰ و بدون تقویت



شکل شماره (۱۰): مقایسه ظرفیت باربری ستون با ارتفاع ۴،۳ و ۵ متر و قطر ۵۰ سانتی متر در حالت تقویت با FRP نمره ۱۰



شکل شماره (۱۱): مقایسه ظرفیت باربری ستون با ارتفاع ۴،۳ و ۵ متر و قطر ۷۰ سانتی متر در حالت تقویت با FRP نمره ۱۰



شکل شماره (۱۲): مقایسه ظرفیت باربری ستون با ارتفاع ۳، ۴ و ۵ متر و قطر ۷۰ سانتی متر در حالت تقویت با FRP نمره ۲۰

#### ۴- نتیجه گیری

با بررسی نتایج عددی تحلیل مدل در نرم افزار آباکوس به موارد اشاره شده در ذیل دست یافتیم:

- ۱- با مشاهده نتایج مربوط به تغییرمکان بیشینه در دو مدل با و بدون FRP مشاهده شد که با وجود همسان بودن ابعاد و آرایش و نوع میلگردهای مصرفی در ستون‌ها، دررفت ستون دارای FRP به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است که بیانگر تأثیر زیاد وجود FRP در بهبود رفتار لرزه‌ای ستون‌های دایره‌ای می‌باشد.
- ۲- با مشاهده نتایج مربوط به توزیع تنش در ستون‌ها نیز با توجه به کاهش چشمگیر میزان تنش در پای ستون دارای FRP، اینگونه برداشت می‌شود که وجود FRP نمره ۱۰ باعث افزایش ظرفیت باربری ستون شده و تنش‌های ایجاد شده در پای ستون و نزدیک به تکیه‌گاه را به حداقل می‌رساند که این امر باعث بهبود عملکرد ثقلی ستون، افزایش میزان باربری و کاهش خرابی ستون می‌شود.
- ۳- نتایج بدست آمده از آنالیز ستون‌ها حاکی از این می‌باشد که با اضافه شدن FRP ظرفیت ستون نسبت به حالت بدون FRP به اندازه ۱۵٪ افزایش می‌یابد و با افزایش نمره FRP از ۱۰ تا ۲۰ ظرفیت باربری ستون‌ها نیز ۱۲٪ افزایش می‌یابد.
- ۴- نتایج بدست آمده از آنالیز ستون‌ها حاکی از این می‌باشد که با اضافه شدن FRP ظرفیت ستون نسبت به حالت بدون FRP به اندازه ۱۸٪ افزایش می‌یابد و با افزایش نمره FRP از ۱۰ تا ۲۰ ظرفیت باربری ستون‌ها نیز ۱۵٪ افزایش می‌یابد. این بدان معنی است که با افزایش ارتفاع ستون عملکرد FRP در بهبود رفتار ستون مطلوب‌تر می‌باشد.
- ۵- با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه‌ها این موضوع استنباط می‌شود که با افزایش قطر ستون عملکرد FRP در افزایش ظرفیت باربری ستون‌ها کمتر موثر می‌باشد.





# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰

## مراجع

۱. دایمی، عطیه؛ خالو علیرضا، ۱۳۹۵. مقایسه تاثیر مقاومتسازي لرزه‌ای ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی، ژاکت فولادی و FRP به وسیله مدل‌سازی عددی. نشریه مصالح و سازه‌های بتنی، انجمن علمی بتن ایران، (۱): ۲۲-۴.
۲. امیدعلیزاده میثم؛ شایان فر جواد؛ نعمت‌زاده مهدی، ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد لرزه‌ای قاب‌های بتن مسلح مقاوم‌سازی شده با استفاده از سیستم ژاکت بتنی. مجله مهندسی عمران مدرس، (۳): ۳۵-۲۵.
۳. ایزدیفرد، رمضانعلی؛ رهبری زهرا، ۱۳۹۸. شبیه‌سازی عددی اثر نیروی محوری بر تغییر شکل جانبی ستون بتنی با غلاف فولادی دو پوسته زیر بار انفجار. مجله علوم و فناوری‌های پدافند نوین، (۳): ۲۱۹-۲۱۱.
۴. ساجدی سیدفتح‌اله؛ شفیعی‌نیا محسن، ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسه کاربرد غلاف GRP و دورپیچ CFRP بر رفتار ستون‌های استوانه‌ای بتن مسلح ساخته‌شده از بتن‌های معمولی و پرمقاومت. تحقیقات بتن، (۲): ۷۶-۶۱.