



Investigating the Static Behavior of Columns with Steel Sections Filled with Concrete

ARTICLE INFO

Authors

Sadat kholerdi S.E.^{1*},
Poloye Amirabad H.¹

¹ Department of Civil Engineering,
University of Torbat-e Jam, Torbat-e
Jam, Iran.

* Correspondence

Address:
s.e.sadatkholerdi@tjam.caas.ac.ir

How to cite this article

Sadat kholerdi S.E., Poloye Amirabad H.
Investigating the Static Behavior of
Columns with Steel Sections Filled with
Concrete. *Proceedings of the 6th
National Conference on Mechanical-Civil
Engineering and Advanced Technologies.*
2024; 24(11):121-127.

ABSTRACT

The Concrete-filled Steel tube columns known as CFT are also called composite columns. These columns consist of steel tube which is filled with concrete. Their advantages in comparison with reinforced concrete and steel columns have made their usage more prevalent in high rise buildings. In order to analyze the static behavior of concrete-filled Steel tube columns, the ABAQUS was used. For studying the stiffener effect, reinforced and non-reinforced concrete usage, and cohesion ratio between steel and concrete, 16 columns were modeled. They were three meters in length with a pinned support at each extreme end. The results indicated that using stiffener increases the load-bearing capacity of the filled columns to about 8 to 10 percent more than the hollow ones. Comparing the eight other models, the columns using reinforced concrete have a 10 to 28 percent load-bearing capacity more than columns filled with non-reinforced concrete. Furthermore, the columns with 100 percent cohesion ratio had an 8 to 16 percent load-bearing capacity more than the columns with 20 percent cohesion ratio.

Keywords CFT Columns, Cohesion Between Concrete and Steel, Reinforced Concrete, Stiffener

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه نامه مجموعه مقالات ششمین کنفرانس ملی مهندسی مکانیک، عمران و فناوری های پیشرفته



بررسی رفتار استاتیکی ستون ها با مقاطع فولادی پر شده با بتن



چکیده

ستون های فولادی پر شده با بتن با نام ستون های مختلط نیز شناخته می شوند. ستون های مختلط از دیواره فولادی تشکیل شده اند که داخل آن را با بتن پر می کنند. کاربرد این ستون ها در سال های اخیر در ساختمان های بلند مرتبه به دلیل مزایایی که نسبت به ستون های بتنی مسلح و فولادی دارند؛ گسترش یافته است. در این مقاله، برای ارزیابی رفتار استاتیکی ستون های فولادی پر شده با بتن از نرم افزار اجزاء محدود آباکوس استفاده شده است. برای رسیدن به این هدف، پارامترهایی همچون اثر سخت کننده، استفاده از بتن غیرمسلح و مسلح و همچنین میزان چسبندگی بین فولاد و بتن در نظر گرفته شده است. بدین منظور، ۱۶ ستون با شرایط تکیه گاهی دو سرفصل با طول ۳ متر طراحی شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر سخت کننده بر ظرفیت باربری مقاطع توپر بین ۸ تا ۱۰ درصد بیشتر از مقاطع توخالی است. همچنین، در مقایسه ۸ مدل از این پژوهش، ستون های پر شده با بتن مسلح نسبت به ستون های پر شده با بتن غیرمسلح دارای ظرفیت باربری بیشتری به میزان ۱۰ تا ۲۸ درصد هستند. افزون بر این، در ستون هایی که چسبندگی بین فولاد و بتن ۱۰۰ درصد مدل شده است نسبت به ستون هایی با چسبندگی ۲۰ درصد، افزایش ظرفیت باربری مقاطع بین ۸ تا ۱۶ درصد مشاهده شده است.

مشخصات مقاله

نویسنده ها

سیدابراهیم سادات خلردی^{۱*}
حامد پولوی امیرآباد^۱

^۱ گروه مهندسی عمران، مجتمع آموزش عالی
تربت جام، تربت جام، ایران

* نویسنده مسئول

آدرس:
s.e.sadatkholerdi@tjamcaas.ac.ir

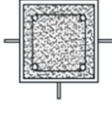
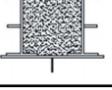
کلیدواژه ها رفتار استاتیکی، چسبندگی، ستون های فولادی پر شده با بتن، سخت کننده

۱- مقدمه

هنگامی که بحث اقتصاد مهندسی مطرح می‌شود یکی از حساس‌ترین تصمیماتی که طراح سازه بایستی مدنظر قرار دهد انتخاب نوع مصالح مصرفی در سازه است. این کار باید به‌گونه‌ای صورت پذیرد که افزون بر اقتصادی بودن، کارکرد مطلوبی هم فراهم آورد. بتن و فولاد مصالحی هستند که به صورت گسترده‌ای در سازه‌ها بکار گرفته می‌شوند. مزایای هر دو به خوبی شناخته شده است. درهم‌آمیختن هوشمندانه این دو ماده یک ساختار کارا با کارکرد بهتری را نسبت به هر کدام از مواد به تنهایی فراهم می‌آورد. این ساختار را ساختار دوگانه می‌نامند. امروزه، ساختارهای دوگانه به‌صورت کارآمدی در ستون‌ها، تیرها و دال‌ها با دهانه‌های متوسط و بزرگ در ساختمان‌ها و همچنین در پایه و تیرهای پل‌ها بکارگرفته می‌شود [1]. یکی از نمونه‌های پرکاربرد این ساختار، ستون‌های مختلط (CFT) است که از مقاطع مختلفی ساخته می‌شوند و دارای تنوع ساختاری فراوانی هستند. از دیدگاه اقتصادی، مقایسه ستون‌های مختلط و ستون‌های سراسر فلزی نشان می‌دهد که ستون‌های مختلط حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد، فولاد مصرفی کمتری دارند. همچنین، از مقایسه ستون‌های مختلط و ستون‌های بتنی دیده می‌شود که در ستون‌های مختلط حدود ۶۵ تا ۸۰ درصد بتن کمتری مصرف شده است ولی مصرف فولاد ۱۰ درصد بیشتر خواهد شد [2]. همچنین، اگر داخل ستون‌های فولادی با بتن مسلح یا غیرمسلح پر شود، مزایایی همچون افزایش ظرفیت تحمل بار محوری، توانایی جذب انرژی، خاصیت شکل‌پذیری، افزایش بار بحرانی در هنگام کمانش و استفاده از خود مقطع فولادی به عنوان قالب برای هسته بتنی را فراهم خواهد آورد [3]. نخستین پژوهش‌ها بر روی ستون‌های مرکب در سال ۱۹۱۲ انجام شد. پس از آن نیز آزمایش‌های دیگری صورت گرفت که دانسته‌های بیشتری را در اختیار طراحان و پژوهشگران قرار داد. نخستین کاربردها، محصورکردن ستون‌های فولادی در داخل بتن برای محافظت در برابر آتش‌سوزی بود. در بیشتر این موارد، از مقاومت بتن در باربری ستون صرف‌نظر می‌شد. این کار تا سال ۱۹۶۰ تا زمانی که پژوهشگران در مورد لوله‌های فلزی پر شده با بتن کار نکرده بودند، همچنان مطرح نشده بود [4]. فورلنگ و همکاران در زمینه رفتار بار محوری این ستون‌ها مطالعات آزمایشگاهی و تحلیلی انجام دادند. آن‌ها در پژوهش‌های خود اثر پهنا به ضخامت و ارتفاع به پهنای این ستون‌ها را با نسبت مقاومت فولاد به بتن مقایسه کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که میان این نسبت‌ها اثر چشمگیری وجود دارد [5]. در پژوهشی دیگر، همین مقاطع توسط اشنایدر به صورت تجربی بررسی شد. در این پژوهش، اثر فشار محدودکننده بتن و خواص هندسی ستون‌ها در خصوصیات غیر محوری ستون‌های فلزی پر شده با بتن ارزیابی گردید و نتیجه

گرفتند که استفاده از بتن در مقاطع فولادی، مقاومت نهایی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد [6]. هیبیت و همکاران با استفاده از نرم‌افزار آباکوس، این ستون‌ها را تحت بارهای محوری و فشاری به صورت عددی همانندسازی کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از بتن فولادی منجر به افزایش تحمل بار فشاری ستون‌ها می‌گردد و این افزایش بسیار چشمگیر است [7]. ملکر و کارمازینوف به مطالعه ستون‌های مختلط پر شده با بتن پرمقاومت پرداختند و تأثیر بتن معمولی و بتن پر مقاومت را در ستون‌های مختلط مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بتن‌های پر مقاومت با توجه به ظرفیت مقاومتی بالایی که دارند در مجموع باعث افزایش ظرفیت فشاری ستون‌ها می‌گردد [8]. سکینا و همکاران، ۱۱۴ نمونه آزمایشگاهی را برای ارزیابی رفتار ستون‌های مختلط کوتاه تحت بارگذاری محوری مورد بررسی قرار دادند. حاصل کار آن‌ها رابطه‌ای بود که ظرفیت نهایی فشار محوری این ستون‌ها را برآورد می‌کرد [9]. لیو و همکاران به بررسی ضوابط آیین‌نامه‌های معتبر و رویکردهای طراحی طراحی پرداختند و نتیجه گرفتند که استفاده از ستون‌های مختلط باعث افزایش ظرفیت فشاری ستون‌ها می‌گردد و بایستی به طور ویژه از این مقاطع در سازه‌ها استفاده کرد [10-12]. میرقادی و همکاران به مقایسه عملکرد ستون‌های فولادی، بتن-آرمه و مختلط در برابر حریق پرداختند و نتیجه گرفتند که ستون‌های مختلط محاط در بتن عملکرد بسیار خوبی در برابر حریق دارند؛ زیرا هسته فولادی داخل بتن، درجه حرارت‌های نسبتاً پایینی را تجربه نموده و سختی و مقاومت ستون را حفظ می‌نماید [13]. نوروزی و همکاران به مقایسه عددی رفتار لرزه‌ای سیستم دیوار برشی فولادی همراه ستون با مقطع فولادی پر شده با بتن با مهاربندی ضربدری پرداختند و نتیجه گرفتند که رفتار سیستم دیوار برشی فولادی به همراه ستون با مقطع فولادی پر شده با بتن نسبت به سیستم‌های مهاربند واگرا و همگرا مطلوب‌تر می‌باشد و در مطالعه‌ای دیگر به بررسی عملکرد لرزه‌ای سیستم دوگانه به همراه دیوار برشی فولادی همراه ستون با مقطع فولادی پر شده با بتن نسبت به سیستم دوگانه به همراه مهاربند برون محور پرداختند. آن‌ها در این مطالعه نیز نتیجه گرفتند که استفاده از ستون با مقطع فولادی پر شده با بتن، عملکرد لرزه‌ای سیستم را افزایش می‌دهد [14-15].

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته توسط محققین در رابطه با ستون‌های با مقاطع فولادی پر شده با بتن، استفاده از سخت‌کننده‌ها در این مقاطع، تفاوت کاربرد بتن مسلح و غیرمسلح بر ظرفیت باربری، میزان شکل‌پذیری و مقاومت این ستون‌ها و همچنین میزان و اثر چسبندگی بین بتن و فولاد بر ظرفیت باربری این ستون‌ها، چندان مورد مطالعه قرار نگرفته است و در این مقاله سعی شده است تا موارد فوق‌الذکر مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

	۳- جعبه‌ای	۹
	۴- جعبه‌ای	۱۰
	۵- جعبه‌ای	۱۱
	۶- جعبه‌ای	۱۲
	122-3-1	۱۳
	۳-۱- جعبه‌ای	۱۴
	۴-۱- جعبه‌ای	۱۵
	122-4-1	۱۶

۳- مدل‌سازی و صحت‌سنجی

در مدل تعریف شده از تحلیل‌های استاتیک و ریکس (Riks) استفاده شد. این تحلیل‌ها به صورت مستقل از زمان و براساس پایداری تحلیل پیش می‌روند. بنابراین می‌توانند تحلیل‌های مناسبی را براساس رفتارهای نیرو و جابجایی فراهم آورند. این تحلیل‌ها از زیرمجموعه تحلیل‌های عمومی در نرم‌افزار آباکوس هستند و براساس تغییر شکل‌های زیاد و کم، مدل‌ها را تحلیل می‌کنند [7]. در تحلیل‌های ریکس، از آنجا که سختی‌ها، معیار تحلیل هستند، تعریف بارگذاری تنها به عنوان معیار پیش برنده تحلیل در نظر گرفته می‌شود و رفتار بین نیرو و جابه‌جایی را نشان می‌دهد. به این دلیل، میزان بارگذاری مهم نیست. با این وجود، لازم است این مقدار آن چنان بزرگ باشد تا مسیر منحنی نیرو و جابجایی تا رسیدن به نقطه نهایی بدست آید. بر این اساس، در این تحلیل از مقدار بار فشاری برابر ۱۰۰ مگاپاسکال استفاده و محل آن بر روی سطح بالایی در نظر گرفته شد [7].

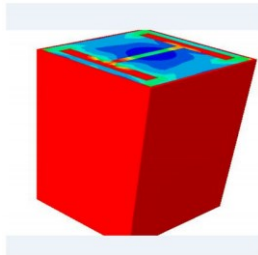
برای اجزا با ساختار تغییرپذیر، همچون هسته بتن، فولاد IPE، و ورق از المان C3D8R استفاده شد. این المان جزء المان‌هایی با کمترین حجم محاسباتی است. دلیل این ویژگی

۲- روش تحقیق

در این مقاله، برای ارزیابی رفتار ستون‌های فولادی پر شده با بتن، از يك مقطع ویژه فولادی استفاده شده است. این مقطع فولادی (2I22C22FB2) نامگذاری شده که از دو ستون I شکل (2IPE22) به صورت نردبانی ولی با ورق‌های سرتاسری تشکیل شده است. علت انتخاب این مقطع را می‌توان بکارگیری گسترده آن در ساختمان‌های کمتر از شش یا هفت طبقه دانست. افزون بر این، این مقطع با مقطع مربعی (Box) هم‌وزن خود نیز مقایسه شد. برای رسیدن به اهداف مورد نظر، ۱۶ ستون فولادی که در برگرنده هشت ستون با مقطع (2I22C22FB2) و هشت ستون با مقطع (BOX250×13.5) به صورت دو سر مفصل ساخته شد. برای بررسی رفتار و مقایسه دو مقطع بالا در هر يك از این هشت مدل، دو ستون به صورت تو خالی یکی با سخت‌کننده و دیگری بدون سخت‌کننده، دو ستون پر شده با بتن غیرمسلح یکی با سخت‌کننده و دیگری بدون سخت‌کننده و دو ستون با بتن مسلح پر شده دارای سخت‌کننده و دیگری بدون سخت‌کننده در نظر گرفته شد. در این میان، يك ستون با چسبندگی متفاوت نیز وجود داشت که برای بررسی اثر چسبندگی بین فولاد و بتن، مدل شده است. در مدل آخر نیز سخت‌کننده یکی از ستون‌ها در خارج مقطع مدل شد تا اثر سخت‌کننده در داخل و خارج مقطع بررسی گردد. در جدول ۱، نام و شکل مقطع ستون‌ها آورده شده است.

جدول ۱) نام و شکل مقاطع نمونه‌های مورد بررسی

نام مقطع	شکل مقطع	
122-1		۱
122-2		۲
122-3		۳
122-4		۴
122-5		۵
122-6		۶
۱- جعبه‌ای		۷
۲- جعبه‌ای		۸



شکل ۳) مقطع مقایسه شده مدل حاضر، پژوهش بهشت‌آیین و نتایج آزمایشگاهی [12]

۴- تحلیل نتایج

در این بخش، جداول و نمودارهای بار-جابجایی و درصد افزایش باربری مدل‌ها ارائه شده است. بدین منظور، نتایج حاصل از بکارگیری سخت‌کننده، نتایج حاصل از استفاده از بتن، اثر بتن مسلح با بتن غیرمسلح، اثر چسبندگی بین بتن و دیواره فولادی و اثر سخت‌کننده در داخل و خارج مقطع و نهایتاً نوع مقطع نمونه‌ها با هم مقایسه شدند.

۴-۱- مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری سخت‌کننده

این مقایسه برای ستون‌های دارای سخت‌کننده و بدون سخت‌کننده انجام شد. نتایج نشان می‌دهند که وجود سخت‌کننده در ستون‌ها باعث جلوگیری از کماتش موضعی می‌شود یا کماتش موضعی را به تعویق می‌اندازد. نتیجه نهایی استفاده از سخت‌کننده، افزایش ظرفیت باربری مقاطع است. لازم به ذکر است که اثر سخت‌کننده برای مقاطع با ضخامت کمتر، بیشتر از مقاطعی با ضخامت بیشتر می‌باشد. درصد افزایش ظرفیت باربری نمونه‌های تحلیل شده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲) درصد افزایش باربری نمونه‌های دارای سخت‌کننده نسبت به نمونه‌های بدون سخت‌کننده

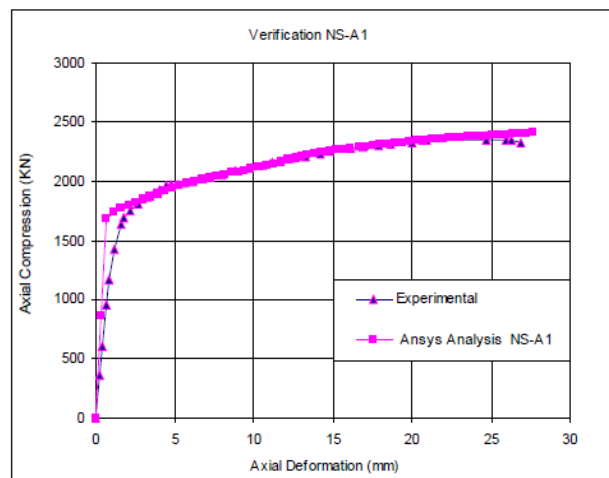
نمونه‌های دارای سخت‌کننده و نمونه‌های بدون سخت‌کننده		(122-1) و (122-2)	(122-3) و (122-4)	122-5 و (122-6)	(BOX-1) و (BOX-2)	(BOX-3) و (BOX-4)	(BOX-5) و (BOX-6)
درصد افزایش باربری		۱۲	۲۱	۵	۱۰	۱۹	۱۰

۴-۲- مقایسه نتایج حاصل از استفاده از بتن

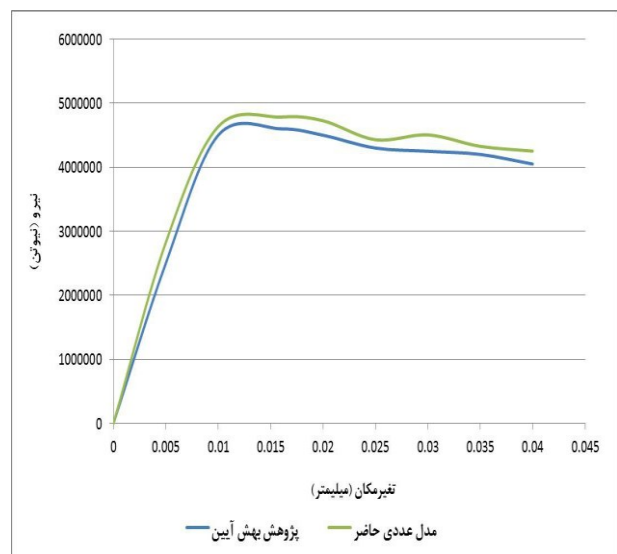
این مقایسه برای ستون‌های دارای بتن و ستون‌های بدون بتن انجام شد. این مقایسه نشان داد که وجود بتن در داخل مقاطع فولادی توخالی باعث افزایش مقاومت مقطع خواهد شد. در اثر محبوس شدن بتن در مقطع فولادی، بتن تحت تنش سه‌محوره قرار می‌گیرد و مقاومت بالاتری از خود نشان می‌دهد. در این حالت، مقاومت دیواره فولادی در اثر این تنش‌های سه محوری کاهش

بهره‌گیری این المان از مرتبه هندسه خطی، محاسبات گره‌ای سبک‌تر نسبت به انواع مشابه خود و وجود تنها یک نقطه انتگرال‌گیری گاوسی است. همچنین، در این المان از میان‌یابی خطی بهره گرفته می‌شود.

به منظور اطمینان از مدل‌سازی و بررسی توانایی تعمیم‌پذیری آن به دیگر اشکال و خصوصیات مقاطع، مدل بررسی شده توسط بهشت‌آیین [12]، که با استفاده از نرم‌افزار انسیس (ANSYS) مدل‌سازی و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است با استفاده از نرم‌افزار آباکوس، مدل‌سازی شده است. همانطور که از شکل‌های ۱ و ۲ پیداست، سازگاری بسیار مناسبی بین نتایج بدست آمده برقرار است. شکل ۳ مقطع مقایسه شده مدل حاضر، پژوهش بهشت‌آیین و نتایج آزمایشگاهی [12] را نشان می‌دهد.



شکل ۱) مقایسه مدل بهشت‌آیین با نتایج آزمایشگاهی [12]



شکل ۲) مقایسه مدل عددی حاضر با پژوهش بهشت‌آیین [12]

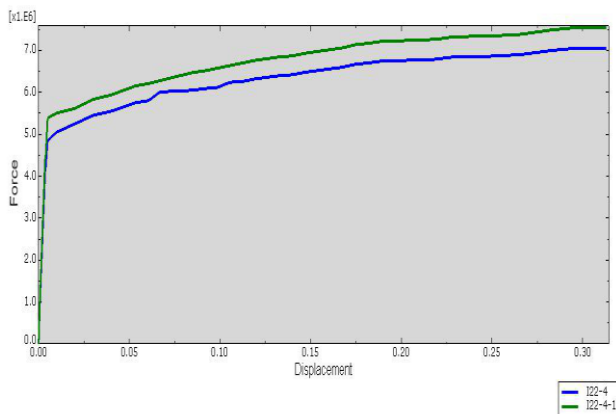
می‌یابد. زیرا تنش تسلیم مؤثر فولاد به دلیل وجود تنش سه محوره کاهش یافته است. این پدیده باعث کماتش موضعی در دیواره فولادی می‌شود. برای جبران این کاهش مقاومت دیواره فولادی، بهتر است که از سخت‌کننده‌های طولی استفاده شود. می‌توان گفت که جابه‌جایی نمونه‌های مقاطع پر شده با بتن نسبت به مقاطع توخالی کمتر است. با این وجود، شکل‌پذیری بهتری نسبت به مقاطع توخالی از خود نشان می‌دهند و در نهایت ظرفیت باربری بیشتری نیز دارند. درصد افزایش باربری نمونه‌های تحلیل شده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۵ درصد افزایش باربری نمونه‌هایی با چسبندگی کامل نسبت به نمونه‌هایی با چسبندگی ۲۰ درصد

نمونه‌های با چسبندگی کامل و چسبندگی ۲۰٪	(I22-3) و (I22-3-1)	(BOX-3) و (BOX-3-1)	(BOX-4) و (BOX-4-1)
درصد افزایش باربری	۱۲	۸	۱۶

۴-۵- مقایسه اثر سخت‌کننده در داخل و خارج مقطع

مقایسه نمودار بار-جابجایی دو نمونه با سخت‌کننده در داخل و خارج مقطع در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۴ مشخص است ستونی که سخت‌کننده‌های آن خارج از مقطع قرار دارند به دلیل افزایش مساحت مقطع، ظرفیت باربری بیشتری دارد در صورتیکه انتظار می‌رفت به دلیل کاهش سطح تماس بین بتن و دیواره فولادی، ظرفیت باربری ستونی که سخت‌کننده‌های آن داخل مقطع قرار دارد، بیشتر باشد.



شکل ۴ مقایسه نمودار بار-جابجایی دو مقطع (I22-4 و I22-4-1)

۴-۶- مقایسه مدل‌های مربوط به مقاطع BOX و IPE

با بررسی نتایج مقایسه ظرفیت باربری مقاطع BOX و IPE به عنوان دیواره خارجی در اینگونه از ستون‌ها، مشاهده می‌گردد که در اکثر مدل‌ها، حد تسلیم نمونه‌های مدل شده از مقطع IPE بالاتر است. افزون بر این، مقاطع IPE با سخت‌کننده، ظرفیت نهایی بیشتری دارند. برای جمع‌بندی می‌توان اثر عوامل مختلفی همچون سخت‌کننده، بتن، بتن مسلح و میزان چسبندگی بین بتن و دیواره

می‌یابد. زیرا تنش تسلیم مؤثر فولاد به دلیل وجود تنش سه محوره کاهش یافته است. این پدیده باعث کماتش موضعی در دیواره فولادی می‌شود. برای جبران این کاهش مقاومت دیواره فولادی، بهتر است که از سخت‌کننده‌های طولی استفاده شود. می‌توان گفت که جابه‌جایی نمونه‌های مقاطع پر شده با بتن نسبت به مقاطع توخالی کمتر است. با این وجود، شکل‌پذیری بهتری نسبت به مقاطع توخالی از خود نشان می‌دهند و در نهایت ظرفیت باربری بیشتری نیز دارند. درصد افزایش باربری نمونه‌های تحلیل شده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳ درصد افزایش باربری نمونه‌های دارای بتن نسبت به نمونه‌های بدون بتن

نمونه‌های دارای بتن و نمونه‌های بدون بتن	(I22-1) و (I22-2)	(I22-4) و (I22-6)	(BOX-1) و (BOX-3)	(BOX-2) و (BOX-4)
درصد افزایش باربری	۱۹	۲۸	۲۰	۳۰

۴-۳- مقایسه اثر بتن مسلح با بتن غیرمسلح

این مقایسه برای تعیین تفاوت بتن مسلح و بتن غیرمسلح در ستون‌های با مقاطع فولادی پر شده با بتن انجام شد. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می‌دهد که بتن، نیروهای فشاری را به خوبی تحمل می‌کند اما در برابر نیروهای کششی ضعیف است. پس با مسلح کردن بتن، می‌توان مقاومت کششی آن را افزایش داد. با توجه به اینکه کرنش شکست بتن در کشش بسیار پایین است با مسلح نمودن آن می‌توان دو لبه بتن ترک خورده را به هم نزدیک کرد. در نتیجه، ظرفیت باربری مقطع مورد نظر افزایش می‌یابد. در این مقاله، ستون‌های مدل شده با بتن مسلح دارای ظرفیت بار تسلیم و ظرفیت بار نهایی بیشتری نسبت به ستون‌های مدل شده با بتن غیرمسلح هستند. درصد افزایش ظرفیت باربری نمونه‌های تحلیل شده در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴ درصد افزایش باربری نمونه‌های دارای بتن مسلح نسبت به نمونه‌های پر شده با بتن غیرمسلح

نمونه‌های دارای بتن مسلح و بتن غیرمسلح	(I22-3) و (I22-5)	(I22-4) و (I22-6)	(BOX-3) و (BOX-5)	(BOX-4) و (BOX-6)
درصد افزایش باربری	۲۱	۵	۲۸	۱۸

۴-۴- مقایسه اثر چسبندگی بین بتن و دیواره فولادی

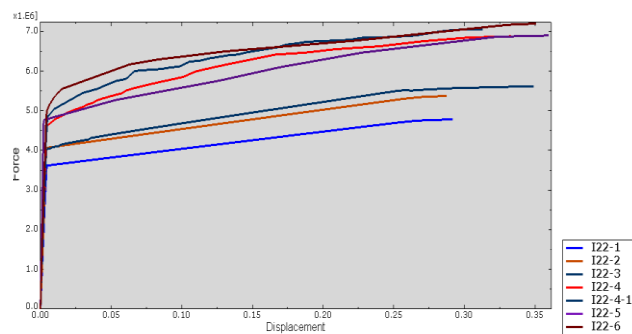
در این بخش، میزان چسبندگی بتن و دیواره فولادی در مقاطع I22-3-1 و BOX3-1 و BOX4-1، ۲۰ درصد، و در مقاطع I22-۳ و ۳-

- در ستون‌هایی با مدل‌سازی ۱۰۰ درصد چسبندگی بین فولاد و بتن نسبت به ستون‌هایی با میزان چسبندگی ۲۰ درصدی، ظرفیت باربری مقاطع بین ۸ تا ۱۶ درصد افزایش داشته است.

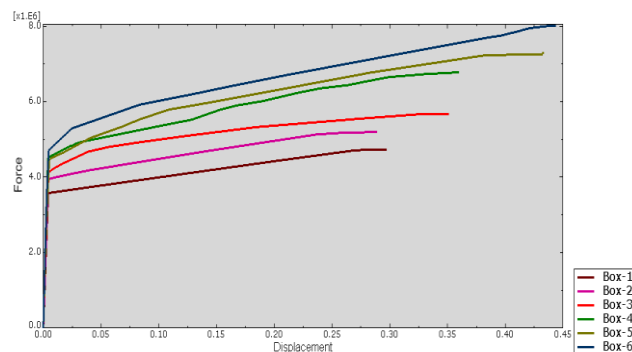
مراجع

- 1- Z. Lue. "Cyclic Load Behavior of Concrete-Filled Tubular Braces". Journal of Structural Engineering, Vol.33, PP.1488-1506. 1988.
- 2- H. Long H, D. Jean-François, L. Lam, R. Barbara R. "Field of application of high strength steel circular tubes for steel and composite columns from an economic point of view". Journal of Constructional Steel Research. 2011;67(6):1001-1021.
- 3- De Oliveira W, De Nardin S, de Cresce El Debs A, El Debs M. "Influence of concrete strength and engh/diameter on the axial capacity of CFT columns". Journal of Constructional Steel Research. 2009;65(12):2103-2110.
- ۴- م. احمدی، ع. خیرالدین، ح. نادرپور. "بررسی رفتار و مقایسه آیین‌نامه‌های معتبر دنیا در زمینه ستون‌های مرکب بتنی و فولادی". مجله مدل‌سازی در مهندسی. ۲۰۱۰؛ ۳۷(۲۲): ۸/۴۹.
- 5- Furlong RW. "AISC Column Design Logic Makes Sense for Composite Columns, too". ENGINEERING JOURNAL AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION INC. 1976 Jan 1;13(1):1-7.
- 6- Schneider SP. "Axially loaded concrete-filled steel tubes. Journal of structural Engineering". 1998 ct;124(10):1125-38.
- 7- ABAQUS US, Manual T. Version 6.2, Hibbit, Karlson, and Sorenson. Inc.: Pawtucket, RI. 2000.
- 8- Melcher J, Karmazínová M. "The analysis of composite steel-and concrete compression members with high strength concrete". In Proceedings of 2004 SSRC Annual Technical Session and Meeting held in Long Beach 2004 (pp. 223-237).
- 9- Sakino K, Nakahara H, Morino S, Nishiyama I. "Behavior of centrally loaded concrete-filled steel-tube short columns". Journal of Structural Engineering. 2004 Feb;130(2):180-8.
- 10-Liu D. "Tests on high-strength rectangular concrete-filled steel hollow section stub columns". Journal of Constructional Steel Research. 2005 Jul 31;61(7):902-11.
- 11-Lue DM, Liu JL, Yen T. "Experimental study on rectangular CFT columns with high-strength concrete". Journal of Constructional Steel Research. 2007 Jan 31;63(1):37-44.
- ۱۲- ا. بهشت‌آیین. "تقویت ستون‌های فولادی با استفاده از مقاطع CFT". نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه اصفهان. ۲۰۱۰.
- ۱۳- س. ر. میرقادر، س. ع. رضوی، م. محسنی. "مقایسه عملکرد ستون‌های فولادی، بتن‌آرمه و مختلط در برابر حریق". هفتمین کنگره سالانه بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، ۱۴۰۰.
- ۱۴- ا. نوروزی انگنایی، ع. باقری روشنی، ح. هاشمی‌فرد، ط. سعیدی. "مقایسه عددی رفتار لرزه‌ای سیستم دیوار برشی

فولادی بر ظرفیت باربری ستون‌های پرشده با بتن را در شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده کرد.



شکل ۵) نمودار بار-جابجایی نمونه‌ها با مقطع IPE



شکل ۶) نمودار بار-جابجایی نمونه‌ها با مقطع BOX

۵- نتیجه‌گیری

ستون‌های پرشده با بتن از ویژگی‌هایی همچون مقاومت و شکل‌پذیری بالا برخوردارند. این ویژگی‌ها کاربرد آن‌ها را در مناطق زلزله‌خیز توجیه می‌کند. با وجود مشخصات سازه‌ای بسیار خوب این مقاطع، استفاده از آن‌ها به دلیل نبود شناخت کافی و ضوابط ویژه برای تحلیل و طراحی، محدود به پروژه‌های خاص شده است. با این همه، این ستون‌ها در این مقاله بررسی شدند تا یافته‌های آن بتواند به گسترش کاربرد آن‌ها و دانسته‌ها در این زمینه یاری رساند. نتایج حاصل از مدل‌سازی و تحلیل اجزاءمحدود در این مقاله به شرح زیر است:

- پرکردن مقاطع توخالی فولادی باعث افزایش ظرفیت باربری، سختی و شکل‌پذیری بیشتر این مقاطع می‌شود.
- ظرفیت باربری مقاطع I شکل با سخت‌کننده نسبت به مقاطع جعبه‌ای با سخت‌کننده، بیشتر است.
- در مقایسه ستون‌های با مقاطع فولادی پر شده با بتن نسبت به ستون‌های بتن مسلح، می‌توان گفت که برای یک نیروی مشخص، ابعاد ستون‌های با مقاطع فولادی پر شده با بتن از ابعاد ستون‌های بتن مسلح، کمتر است.
- استفاده از سخت‌کننده نه تنها باعث جلوگیری از کماتش موضعی می‌شود بلکه می‌تواند نقش برشگیر را بین فولاد و بتن بجا آورد.
- افزون بر این، بکارگیری سخت‌کننده می‌تواند سبب افزایش سطح تماس بین بتن و فولاد شود.

فولادی همراه ستون CFT با مهاربندی ضربدری". ششمین همایش بین‌المللی مهندسی سازه، تهران، ۱۴۰۱.

۱۵- ا. نوروزی انگنایی، ع. باقری روشتی، ح. هاشمی‌فرد، م. خلفی خطب‌سرا. "عملکرد لرزه‌ای سیستم دوگانه به همراه دیوار برشی فولادی همراه ستون CFT نسبت به سیستم دوگانه به همراه مهاربند برون محور برشی هشتی". هشتمین کنگره سالانه بین‌المللی عمران، معماری و توسعه، ۱۴۰۱.