

## محاسبه ضریب اندرکنش خمشی ستون‌های بتنی توخالی تحت بارهای هم زمان محوری و لنگر خمشی دو محوره

آرش نوروزی\*، آریا نوروزی ، مسعود فرزام

- ۱- کارشناس ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرند، گروه عمران، مرند، ایران [arash.norouzi@yahoo.com](mailto:arash.norouzi@yahoo.com)
- ۲- کارشناس ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آذرشهر، گروه عمران، آذرشهر، ایران [aria.norouzi@gmail.com](mailto:aria.norouzi@gmail.com)
- ۳- استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه تبریز، [mafarzam@tabrizu.ac.ir](mailto:mafarzam@tabrizu.ac.ir)

### چکیده

ستون‌های بتن‌آرمه توخالی که عمدتاً استفاده آن‌ها در پایه پل‌های بلند می‌باشد، در عمل بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت این نوع پایه‌ها، مقطع کاهش یافته آن‌ها می‌باشد. این امر منجر به کاهش پاسخ اینرسی سازه و کاهش تمایل به ترک‌خوردگی در سنین اولیه، ناشی از تغییرات دمایی هیدراتاسیون می‌شود. ستون‌های با مقطع توخالی برای نسبت مقاومت و سختی به وزن، مقدار بهینه‌ای را برای مناطق لرزه‌ای ارائه داده و مشارکت جرم ستون در پاسخ لرزه‌ای را کاهش می‌دهد. ستون‌های سنگین بلند منجر به ایجاد لنگرهای لرزه‌ای قابل توجه ناشی از پاسخ اینرسی وزن خود سازه می‌شوند. تعدادی از ستون‌های پل‌های بتن‌آرمه به شدت در زلزله ونچووان چین در سال ۲۰۰۸ آسیب دیدند. تأمین آرماتورگذاری مؤثر در مقاطع توخالی نیازمند تأمین مقاومت جانبی بوده که متأثر از آرماتور عرضی بوده و بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در کد طراحی لرزه‌ای چین برای پایه پل‌ها در حال حاضر، عملکرد لرزه‌ای ستون‌ها براساس آزمایش بارگذاری چرخه‌ای یک طرفه تعیین شده و به طور مستقل در دو جهت طراحی می‌شوند. وقتی پل‌ها تحت تحریک زمین‌لرزه قرار می‌گیرند، اکثر ستون‌ها که عمدتاً آن‌ها ستون‌های با ارتفاع متوسط و بلند می‌باشند، تحت نیروی محوری و خمش دو محوره قرار می‌گیرند. این امر منجر به خرابی‌های غیر قابل پیش‌بینی در عمل می‌شود. در این مقاله یک ستون بتن‌آرمه با مقطع توخالی در نرم‌افزار اجزای محدود ATENA تحت خمش دو محوره ابتدا صحت‌سنجی شده سپس با اعمال سطوح مختلف نیروی محوری، دیاگرام اندرکنش حول محورهای اصلی ترسیم و مقدار ضریب آلفا تحت خمش دو محوره محاسبه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** ستون‌های بتن‌آرمه توخالی، خمش دو محوره، پاسخ لرزه‌ای، ضریب اندرکنش خمش دو محوره

### ۱- مقدمه

مقاطع تو خالی مستطیلی مورد استفاده در پل‌ها مخصوصاً در پل‌های با ستون‌های بلند در عمل به طور گسترده استفاده می‌شود. از مزیت این ستون‌ها می‌توان به وزن کم آن‌ها که منجر به کاهش پاسخ اینرسی می‌شود اشاره کرد. این ستون‌ها به صورت تیرهای قائم‌فونداسیون را به دو سازه وصل می‌کنند همچنین این ستون‌ها تمایل کمتری به ترک خوردگی در سنین اولیه ناشی از تغییرات حرارتی هیدراتاسیون دارند. مقاطع توخالی مستطیلی نسبت بهینه‌ای از مقاومت به جرم و سختی به جرم را برای پایه پل‌ها در مناطق لرزه خیز پیشنهاد داده و میزان مشارکت جرمی ستون‌ها را به پاسخ لرزه‌ای کاهش می‌دهند. ستون‌های بلند سنگین ممکن است تحت اثر وزن خود لنگر لرزه‌ای قابل توجهی را ایجاد کنند. استفاده از این نوع ستون‌ها با