



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

تحلیل تناوبی قاب های بتن مسلح در مورد به کارگیری روش های مختلف در

مدل تار جهت در نظرگیری اثر چسبندگی-لغزش

چکیده

در این تحقیق، براساس تحلیل غیرخطی قاب‌های خمشی بتن مسلح، اثر چسبندگی-لغزش بین بتن و آرماتورها در امتداد طول تیر، ستون و المان‌های اتصالی برای معادلات عددی اعمال گردید. نظریه حاکم در این معادلات مشابه نظریه مدل تار بود، اما فرض چسبندگی کامل بین بتن و آرماتور حذف گردید. دقت روش پیشنهادی در در نظرگیری رفتار غیرخطی واقعی قاب‌های بتن مسلح با دقت سایر روش‌های پیشنهادی برای در نظرگیری اثر چسبندگی-لغزش در تحلیل مدل تار مقایسه شد. توانایی در مدلسازی طول مدفون آرماتورها در اتصالات و مدلسازی غیرخطی چسبندگی-لغزش از جمله قابلیت‌های این روش است. دقت نتایج تحلیلی با نتایج آزمایشگاهی حاصل از دو نمونه تحت بار تناوبی مقایسه گردید. مقایسه نشان داد که روش پیشنهادی می‌تواند رفتار غیرخطی قاب‌های بتن مسلح را با دقت بسیار خوبی مدل کند.

کلیدواژه‌ها: اثر چسبندگی-لغزش، اثر بیرون کشیدگی، تحلیل تناوبی، قاب‌های بتن مسلح

مقدمه

بسیاری از مدل‌های تحلیلی برای تحلیل غیرخطی قاب‌های بتن مسلح (RC) طراحی شده‌اند. هرچند مدلسازی دوبعدی و سه بعدی در یک روش المان محدود می‌تواند تحلیل دقیق‌تری حاصل کند، اما زمان تحلیل را بسیار افزایش می‌دهد. بنابراین، چنین روش‌هایی معمولاً برای مدل سازی قطعات سازه‌ای بکار می‌روند، در حالی که روش‌های راحت‌تر برای مدلسازی کل سازه استفاده می‌شوند. مدل یک قطعه‌ای کلاف و همکارانش یکی از مدل‌های ساده‌ای است که برای تحلیل غیرخطی قاب‌های بتن مسلح بکار می‌رود. مدل‌های مختلف دارای خصوصیت پلاستیسیته متمرکز (برانکالونی و همکاران 1983) بعدها معرفی گردید و توضیح دقیق‌تری از رفتار غیرخطی المان‌های قاب‌های بتن مسلح به واسطه مدل‌های با پلاستیسیته توزیع یافته (مدل سلیمانی و همکاران 1979) ارائه گردید. سایر مدل‌ها (مدل فیلیپو و همکاران 1992) از جمله مدل‌های چندفیزیکی که از المان‌های فرعی بهره

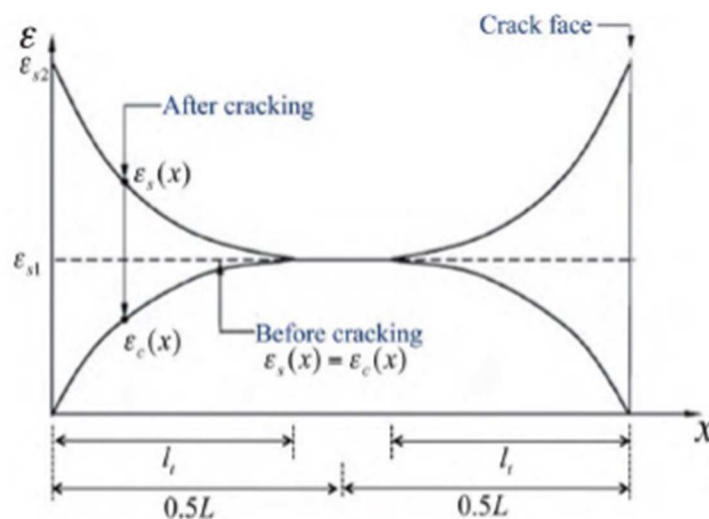
می‌گیرند نیز طراحی شدند. یکی از پرکاربردترین مدل‌ها مدل تار است. در این روش، هر المان به تعدادی قطعه بتنی و تار فولادی تقسیم می‌شود و مشخصات مقطع المان با لحاظ کردن اثرات رفتار تارها ایجاد می‌شوند. این روش چسبندگی کاملی بین بتن و آرماتور فرض می‌کند، اما این فرضیه چندان مناسب یا واقع بینانه نیست و سبب ایجاد اختلافی قابل توجه بین نتایج تجربی و آزمایشگاهی می‌شود. بلابری و هسو و نیز کواک و کیم از روش تار استفاده می‌کنند اما برای اصلاح و کاهش خطای تحلیل حاصل از فرضیه مذکور، رفتار تنش-کرنش آرماتورها را اصلاح کردند. بدین صورت، آن‌ها از روشی معادل بهره گرفتند. لیم کاتانانیو و اسپاسون (2002) از روش تار بهره گرفتند اما فرضیه چسبندگی کامل را حذف نمودند. جهت انجام این کار، آن‌ها بین درجات آزادی بتن و آرماتورها در المان‌های تیر-ستون تمایز ایجاد کردند. این روش اصلاح شده برای المان‌های تیر-ستون در مطالعه حاضر بکار رفته است، اما برای مدلسازی قاب‌های بتن مسلح، یک المان اتصالی نیز نیاز است. آنچه مهم است مطابقت و شباهت المان‌های اتصالی با المان‌های تیر-ستون است. در روش‌های اولیه تحلیل غیرخطی قاب‌های بتن مسلح، اثر غیرخطی اتصالات تیر-ستون با استفاده از کالیبراسیون مفصل‌های پلاستیک در المان‌های تیر-ستون مجاور در نظر گرفته می‌شوند. در چنین شرایطی، المان اتصالی جداگانه مدل نمی‌شود، بلکه اثرش بر المان‌های مجاور لحاظ می‌گردد. براساس این، اتصالات قاب‌های بتن مسلح در نواحی بحرانی تعیین می‌شوند و تحت تأثیر اثرات مختلفی همانند نیروی برشی زیاد و اثر چسبندگی-لغزش قرار می‌گیرند، از این رو این اتصالات به مدلسازی دقیق‌تر نیاز دارند. براساس روشی دیگر، رفتارهای هر کدام از المان‌های اتصالی، تیر و ستون تفکیک می‌شوند. فنر دورانی با طول صفر یک چنین المان اتصالی است. در این نوع مدلسازی، اثر تغییرشکل برشی با استفاده از یک فنر در نظر گرفته می‌شود که رفتار حاکم آن خمشی-دورانی است. در نوعی دیگر، همانند روش قبلی، 2 فنر در مدلسازی اتصال بکار می‌روند. در یک فنر، اثر تغییرشکل برشی لحاظ می‌شود و در دیگری اثر تغییرشکل برشی ناشی از لغزش آرماتور منظور می‌گردد. به منظور کالیبره کردن چنین المان‌های اتصالی، نتایج آزمایشگاهی یا روابط تخمینی نیرو-تغییرشکل در اتصالات باید بکار روند، اما محاسبه‌ی دقیق چنین روابطی آسان نیست به ویژه در سازه‌هایی که از تعداد زیادی از انواع المان‌های اتصالی برخوردارند. افزون بر این، در چنین مواردی، فاکتورهای مختلف مؤثر بر رفتار غیرخطی اتصالات تفکیک نمی‌شوند اما بطور کلی در این مدل‌ها بکار گرفته می‌شوند. در برخی روش‌های جدیدتر، المان‌های اتصالی به صورت صفحات دوبعدی مدلسازی می‌شوند، اما برای بکارگیری چنین المان‌هایی در

امتداد المان‌های تیر-ستون مجاور در مونتاژ کردن کل قاب بتن مسلح، المان‌های موقتی نیز استفاده می‌شوند تا ارتباطی بین درجات آزادی صفحه اتصال و المان‌های خطی مجاورش بوجود آید. چنین المان‌هایی معمولاً روابط دوبعدی داشته و توانایی مدلسازی جداگانه‌ی رفتار بتن و آرماتورها و اندرکنش بین آنها را دارند. این المان‌ها با این حال همانند روش‌های المان محدود زمان مدلسازی و محاسبات را افزایش می‌دهند. علاوه براین، زمانی که لازم است به درجات آزادی بتن و آرماتورها در المان اتصالی با درجات آزادی متناظر در المان‌های تیر-ستون خطی مجاور مطابقت داشته باشند، این نوع مدلسازی محدودیت‌های خودش را دارد. نوع دیگر المان اتصالی با کردآوری یک سری قطعات یک بعدی ساخته می‌شود که برای مدل سازی رفتار غالب در اتصالات المان بکار می‌روند و کالیبراسیون آنها از طریق نتایج آزمایشگاهی انجام می‌گیرد. این نوع مدلسازی به رفتار نیرو-تغییرشکل هر قطعه مؤثر متکی است و چون روابط نیرو-تغییرشکل بطور تقریبی محاسبه می‌شوند، چنین مدلسازی دقتی کامل نخواهد شد و به فرآیند کالیبراسیون قوی‌ای نیاز خواهد شد. لیمکاتانیو (2000) یک المان اتصالی داخلی را براساس تفکیک درجات آزادی آرماتورهایی که از داخل اتصالات عبور می‌کردند و بتن معرفی کرد. هرچند این المان می‌تواند اندرکنش بین بتن و آرماتورها را به شکل بسیار خوبی مدل کند، اما دقت ندارد زیرا از پیش درجات آزادی مشابهی برای هر 4 وجه پیرامون المان اتصالی فرض می‌گیرد و تغییرشکل برشی صفحات اتصال را نادیده می‌گیرد. نکته مهم دیگر در مورد انواع مدل‌های موجود این است که اغلب آنها برای مطالعه‌ی اتصالات در محل‌های مختلف قاب قابل استفاده نیستند. بنابراین، اغلب آنها برای تنها یکی از محل‌های داخلی، خارجی یا کنج مفیدند. در مطالعه حاضر، المان تیر-ستون با لیمکاتانیو و اسپاسون برای مدلسازی المان‌های تیر و ستون بکار گرفته شد زیرا المان از دقت خوبی برخوردار است و اندرکنش بین بتن و آرماتورها را در نظر می‌گیرد. یک المان اتصالی نیز تعریف و استفاده می‌شود که علاوه بر انعطاف پذیری‌اش در مدلسازی انواع مختلف المان‌های اتصالی مانند شالوده داخلی، خارجی و کنج می‌تواند با المان تیر-ستون فوقانی مونتاژ شود. علاوه براین، این مدلسازی فاکتورهایی همچون اثر چسبندگی-لغزش بین آرماتورهایی که از اتصالات عبور می‌کنند، اثر بیرون کشیدگی آرماتورهایی که در داخل اتصالات مقید می‌شوند، رفتار غیرخطی مصالح و اثر برش-تغییرشکل املان های مختلف تیر-ستون را در نظر می‌گیرد. مدلسازی معرفی شده به راحتی قابل استفاده است. برای مدل کردن المان‌های اتصالی، یک سازوکار بیرون کشیدگی، یک المان فرعی بتن مسلح و یک المان فرعی بتنی ابتدا به عنوان بخش‌های تشکیل دهنده‌ی

المان اتصال بتن مسلح تعریف می‌شوند. این بخش‌ها سپس مونتاژ می‌شوند تا 4 نوع المان اتصال را بوجود آورند تا در کنار المان‌های تیر-ستون در مدل‌سازی قاب‌های قاب خمشی بتن مسلح بکار گرفته شوند. جهت سادگی، RCF، RCMRF، BCE، JE، RSCE و CSE در متن بجای قاب بتن مسلح، قاب خمشی بتن مسلح، المان تیر-ستون، المان اتصالی، المان فرعی بتن مسلح و المان فرعی بتنی به ترتیب بکار می‌روند.

اثر لغزش در بتن مسلح

اثر چسبندگی عامل مهمی در توضیح تسلیم‌های موضعی و نیز میزان جذب انرژی زائد مؤلفه‌های نیروی داخلی در اعضای بتن مسلح است. کاهش تنش چسبندگی سبب باز توزیع نیروهای داخلی می‌شود. زمانیکه تحت اثر نیروهای اعمالی، ترکی در عضو بتن مسلح ایجاد می‌شود (شکل 1)، ترک‌ها در امتداد کرنش ϵ_{s2} در دو وجه عضو ظاهر می‌شوند. در بخش‌های دیگر به جز وجوه ترک خورده، نیروی محوری آرماتور با کمک تنش چسبندگی به بتن منتقل می‌شود. مقدار تنش چسبندگی در بخش‌های داخلی طول انتقال (l_t) صفر و در وجوه ترک خورده بیشینه است. این یعنی هیچ لغزشی در بخش‌های میانی یا مرکزی وجود ندارد که فاصله‌ی بین 2 طول انتقال در دو وجه $(L-2t)$ را بپوشاند.



شکل 1. توزیع کرنش در بتن مسلح ترک خورده

فرض می‌شود که پس از ترک خوردگی، مقادیر کرنش بتن و آرماتور در نقطه $x=l_t$ یکسان و هر دو برابر ϵ_{s2} هستند. براساس توزیع کرنش، می‌توانیم لغزش موضعی را با محاسبه تفاوت بین تغییر طول های آرماتور و بتن در

فاصله x از وجه ترک خورده و نقطه میانی عضو ترک خورده ($x=L/2$) محاسبه کنیم که در معادله 1 نشان داده شده است.

$$s(x) = \int_x^{L/2} (\varepsilon_s(x) - \varepsilon_c(x)) dx \quad (1)$$

در معادله فوق، L طول مسافت بین ترک‌های مجاور است که فاصله ترک نام دارد. $\varepsilon_s(x)$ و $\varepsilon_c(x)$ به ترتیب توزیع کرنش آرماتور و بتن هستند. با در نظر گیری اثر چسبندگی و دیگرام جسم آزاد قطعه طول بین دو ترک و نیز فرض خطی بودن معادله تنش چسبندگی و لغزش بصورت $\tau b = E_b * s(x)$ ، تابع توزیع لغزش $s(x)$ به صورت معادله 2 حاصل خواهد شد.

$$\frac{d^2 s(x)}{dx^2} - k^2 s(x) = 0, \quad k^2 = m \sum_0 E_b (1 + n\rho) / A_s E_s, \quad n = \frac{E_s}{E_c}, \quad \rho = \frac{A_s}{A_c} \quad (2)$$

E_b مدول لغزش است و توسط کواک و کیم برابر $1.826 \times 10^4 \text{ MN-m}^3$ شده است. M نیز تعداد آرماتورهای کششی است. $\bar{0}$ محیط مقطع آرماتور است. جواب عمومی معادله دیفرانسیلی 2 بصورت معادله 3 خواهد بود:

$$s(x) = C_1 \sinh(x) + C_2 \cosh(x) \quad (3)$$

در معادله فوق، ثابت‌های C_1 و C_2 براساس شرایط مرزی محاسبه می‌شوند. در شرایط مرزی، لغزش در $x=lt$ و در $x=0$ که وجه ترک خورده است، مقدار بیشینه (S_0) است. محققین معادلاتی برای محاسبه عرض ترک پیشنهاد کرده‌اند. برای محاسبه‌ی طول موقتی، معادلات تجربی یا تحلیلی برای نیروی معادل المان بتن مسلح بین دو ترک قابل استفاده است. پس از بدست آوردن مشخصات چسبندگی در امتداد طول عضو، می‌توان توزیع‌های لغزش و تنش در فاصله بین 2 ترک مجاور را ارزیابی کرد.

تحقیق عددی

در اولین نمونه، یک قاب تک دهانه‌ای یک طبقه تحت عنوان نمونه 1 بررسی شد و نتایج تحلیلی با نتایج آزمایشگاهی متناظر مقایسه شدند. در مدلسازی عددی، تیرها و ستون‌ها به تعدادی کافی از BCE ها تقسیم می‌شوند. ذچون فردمولاسیون مبتنی بر جابجایی است و عکس العملها به اندازه‌ی المان وابسته‌اند، طول BCE باید به قدر کافی کوتاه باشد. به عنوان پیشنهادی ساده، طول BCE را می‌توان برابر یا کمتر از میانگین فاصله

ترک در تیر یا ستون انتخاب نمود. در این موارد، همگرایی در نتایج عددی حاصل خواهد شد. معادله‌ای که CEB-FIP (1978) ارائه کرده است، برای محاسبه فاصله ترک میانگین انتخاب گردید. آلیم و آتین نمونه 1 را آزمایش کردند و نمونه را بصورت ترکیبی از BCE ها، JE نوع 1 و JE نوع 2 مدل کردند. برخی نتایج این مدلسازی در جدول 2 و شکل 11 آمده‌اند. ستون‌ها هیچ بار محوری ثابتی ندارند و بارگذاری تنها بصورت جانبی انجام می‌شود. برای حل غیرخطی این مدل، روش نیوتن-رافسون که شامل کنترل جابجایی است استفاده شد. در شکل 12، نتایج آزمایشگاهی با نتایج عددی حاصل شده در تحلیل‌های 1 تا 4 در یک وضعیت بارافزون برای نمونه 1 مقایسه شدند. در شکل 13، نتایج در یک وضعیت تناوبی مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهند که در تحلیل 1 که اثر چسبندگی-لغزش و رفتار غیرخطی اتصال لحاظ نشده است، نتایج آزمایشگاهی نسبت به نتایج عددی تفاوت زیادی دارند. این تفاوت برای سختی زیاد است. با لحاظ کردن اثر چسبندگی-لغزش در تحلیل 2، نتایج در مورد مقاومت دقیق‌تر می‌شوند اما در مورد سختی به ویژه سختی مسیرهای باربرداری و بارگذاری مجدد تغییر چندانی نمی‌کنند. در تحلیل 3، دقت تحلیلی مقاومت و سختی محاسبه شده بهتر می‌شوند، حال آنکه هیچ همخوانی در عین حال بین مسیرهای باربرداری و بارگذاری مجدد به ویژه در سیکل‌های پایانی دیده نمی‌شود. تحلیل 4 بهبود چشمگیری در نتایج ایجاد کرده و مسیرهای باربرداری و بارگذاری مجدد با دقت خوبی تخمین زده شده‌اند. بنابراین، می‌توان گفت که این روش در مدل کردن مقاومت، سختی و رفتار غیرخطی واقعی اعضا دقت خوبی دارد. به عنوان نمونه 2، ستونی تحت بار تناوبی جانبی بررسی شد. این نمونه دارای بار محوری ثابتی با مقدار 350 کیلونیوتن بود و توسط کیو و همکارانش آزمایش شد. جزئیاتی از این آزمایش در جدول 3 و شکل 14 آمده است. در مدلسازی عددی، این نمونه بصورت ترکیبی از BCE 10 و JE 1 ها مدل شد. شکل 15 نتیجه تحلیل 4 و پاسخ‌های آزمایشگاهی بار-جابجایی را با شباهت و دقت خوبی برای نمونه 2 نشان می‌دهد. از این رو، تحلیل 4 در مدل کردن مقاومت و سختی اعضا و در بارگذاری تناوبی از دقت خوبی برخوردار است. علاوه بر این، به سبب قابلیت‌های مدلسازی غیرخطی JE، استفاده از تحلیل 4 و پیاده سازی مستقیم اثر چسبندگی-لغزش در محاسبات، می‌توانیم رفتار تحلیلی المان‌ها را که ناشی از کاهش طول مدفون یا کاهش اثر چسبندگی-لغزش در آرماتورهای طولی است مورد مطالعه قرار دهیم. در شکل 16 الف، نتایج تحلیلی نمونه 1 ارائه شده‌اند با این فرض که آرماتورهای طولی ستون‌ها 5 سانتی متر در داخل پی مقید شوند. لازم به ذکر است که در این مدل اصلی آزمایش شده، آرماتورهای طولی ستون‌ها 45

سانتی متر به داخل پی ادامه داده شدند و از پی خارج نشدند. نتایج نشان می‌دهند که با کاهش طول مدفون شده در پی یک ستون، آرماتورها بطور فزاینده‌ای از پی خارج می‌شوند و در نتیجه، ظرفیت جانبی قاب کمتر می‌شود. شکل 16 ب مقایسه‌ای بین نتایج آزمایشگاهی واقعی با نتایج تحلیلی نمونه 1 را نشان می‌دهد، با این فرض که اثر چسبندگی-لغزش آرماتور و بتن حول اتصال و BCE ها ضعیف شده باشند. رابطه چسبندگی-لغزش تنش بصورت خطی با شیب 5MPa/mm در نظر گرفته شده است. این شیب نشان دهنده چسبندگی ضعیف است. براساس نتایج، به سبب ناکافی بودن چسبندگی بین بتن و آرماتورها، سختی المان‌های بتن مسلح کاهش می‌یابد. این نتیجه در مسیرهای باربرداری و بارگذاری نیز نشان داده شده است.

نتیجه گیری

مطابق نتایج، وجود یا نبود اثر چسبندگی در مدلسازی و تحلیل عددی نتایج بسیار متفاوتی از جمله نتایج تغییرشکل و نیروها را بدنبال خواهد داشت. هرگاه اثر چسبندگی-لغزش نادیده گرفته شود، مقادیر سختی المان‌ها و نیروهای خارجی نسبت به مقادیر واقعی شان بیشتر خواهند شد. در نتیجه، مقادیر حاصل شده برای تغییرشکل و اتلاف انرژی در مدارهای هیستریزیس نسبت به مقادیر واقعی کمتر می‌شوند. کلیه روش‌های بررسی شده جهت منظور کردن اثر چسبندگی-لغزش در مدل تار می‌توانند دقت نتایج تحلیلی را نسبت به نتایج آزمایشگاهی به نسبت بهبود بخشند. این موضوع ثابت شد که روش پیشنهادی در این مطالعه از دقت بالایی در مورد تحلیل تناوبی برخوردار است. در بین ویژگی این روش، ما به توانایی‌اش در مدلسازی جداگانه رفتار خطی المان تیر-ستون و JE اشاره کردیم. افزون بر اینها، بسته به محل JE و RCF و ویژگی رفتاری حاکم آنها، انواع گوناگونی از اتصالات را می‌توان بکار گرفت. هرچند نسبت به روش‌های مطالعه شده‌ی دیگر روش پیشنهادی محاسبات عددی و درجات آزادی بیشتری در مدلسازی دارد، با این حال از سرعت بالای مدلسازی برخوردار است و در قیاس با روش‌هایی همچون مدلسازی المان محدود به محاسبات کمتری نیاز دارد و اثر چسبندگی-لغزش با استفاده از المان‌های تماسی (پیوند) را پیاده سازی می‌کند. در پایان، مؤلفین این مقاله اظهار می‌کنند که این روش برای تحلیل تناوبی غیرخطی RCMRF مفید و بسیار دقیق خواهد بود.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی