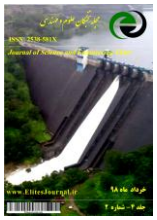
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۴- شماره ۲- سال ۱۳۹۸

www.ElitesJournal.ir



درنظرگیری اثر چشمه اتصال در برآورد دقیق تغییرمکان لرزه ای طبقه برای قاب های فولادی خمشی متوسط با مقاطع I شکل

زیبا دارابی[۱]، مجید محمدی[۲]*

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه علم و فرهنگ

۲- دانشیار، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

*civil_darabi2@yahoo.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۹۸ پذیرش: خرداد ماه ۹۸

چکیده

در آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، بیشینه تغییرمکان نسبی غیرالاستیک سازه، با حاصل‌ضرب تغییرمکان‌های نسبی حاصل از آنالیزهای الاستیک خطی در ضریبی به عنوان ضریب افزایش تغییرمکان، تخمین زده می‌شود. یکی از عواملی که باعث افزایش تغییرمکان‌های جانبی طبقات می شود، اثر چشمه اتصال است که این عامل در برآورد مقدار این ضریب، لحاظ نشده است. هدف اصلی از این مطالعه، در نظرگیری اثر چشمه اتصال در ضریب مذکور برای ساختمان‌های ممان خمشی فولادی متوسط می باشد. برای این منظور، ضریب بزرگنمایی جابجایی، برای یک ساختمان ۴ طبقه، با ستون‌های I شکل، مورد ارزیابی قرار گرفته است. قاب‌های خمشی موردنظر تحت تاثیر ۲۰ رکورد قرار گرفته و از روش دینامیکی غیرخطی برای تحلیل سازه‌های مورد بررسی استفاده شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که صرفنظرکردن از اثر چشمه اتصال، باعث می شود جابجایی طبقات ۲۸٪ کمتر از واقع تخمین زده شود. بنابراین باید ضریب افزایش تغییرمکان موجود در مراجع را، برای این‌گونه مقاطع به همین میزان افزایش داد.

کلمات کلیدی: ضریب افزایش تغییرمکان، چشمه اتصال، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، سازه‌های فولادی.

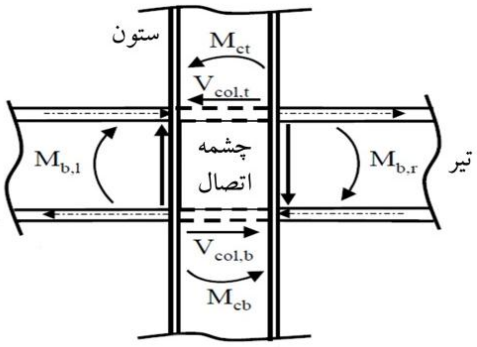
۱- مقدمه

بسیاری از خرابی‌های ایجاد شده در سازه در اثر زمین‌لرزه‌ها، ناشی از تغییرمکان بیش از حد بوجود آمده در طبقات، می‌باشد. بنابراین یکی از اهداف بسیار مهم در طراحی مناسب لرزه‌ای سازه‌ها، تعیین جابجایی‌ها و تغییرمکان‌های نسبی واقعی غیرالاستیک بوجود آمده در سازه تحت اثر زمین‌لرزه‌ها می‌باشد. در آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، بیشینه تغییرمکان نسبی غیرالاستیک سازه، با بزرگنمایی و افزایش تغییرمکان‌های نسبی حاصل از آنالیزهای الاستیک خطی و متناظر با سطح نیروهای طراحی لرزه‌ای، تخمین زده می‌شود.

[۱] کارشناس ارشد، دانشگاه علم و فرهنگ، civil_darabi2@yahoo.com

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، m.mohammadigh@iiees.ac.ir

این بزرگنمایی توسط ضریبی به عنوان ضریب افزایش تغییرمکان[۱] (Cd) انجام می‌شود. مقدار جابجایی واقعی طبقه از ضرب این ضریب، در جابجایی حاصل از تحلیل خطی به‌دست می‌آید که در آن اثر رفتار غیرخطی اعضای سازه منظور شده است. بررسی‌ها نشان می‌هد که تا کنون اثر چشمه اتصال[۲] در این ضریب منظور نشده و لذا جابجایی‌ها کمتر از واقع تخمین زده می‌شود. چشمه اتصال، ناحیه‌ای از جان یا جان‌های ستون است که محصور بین امتداد بال‌های تیر یا ورق‌های پوششی (فاصله‌ی بین ورق‌های پیوستگی) و امتداد بال‌های ستون است. چشمه اتصال به طور هم‌زمان تحت اثر لنگر خمشی، نیروهای محوری و برشی از طرف تیر و ستون قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱- نیروهای برشی و لنگرها در یک اتصال تحت اثر بارهای جانبی[۱]

در طراحی لرزه‌ای، تعیین صحیح بیشینه تغییرمکان غیرالاستیک در طبقات و بام یک سازه، به دلایل زیر از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد:

۱. تعیین حداقل درز انقطاع مورد نیاز بین دو ساختمان مجاور، برای جلوگیری از ضربه در طی زلزله‌ها.
۲. تعیین بیشینه تغییر مکان‌های نسبی غیر الاستیک طبقات.
۳. کنترل ظرفیت تغییرشکل المان‌های بحرانی یک سازه (نظیر تیرهای پیوند در مهاربندهای واگرا و ...).
۴. کنترل اثرات P- Δ
۵. تعیین جزییات مناسب برای اعضای غیر سازه‌ای[۲]

این مطالعه، به دنبال ارایه‌ی یک ضریب تصحیح برای ضریب افزایش تغییرمکان،(Cd) ، در سازه‌های فولادی با سیستم قاب خمشی متوسط، با درنظرگیری اثر چشمه اتصال می‌باشد. این امر منجر به تعیین هر چه دقیق‌تر جابجایی‌ها و تغییرمکان‌های نسبی واقعی غیرالاستیک به‌وجود آمده در سازه تحت اثر زمین‌لرزه می‌شود.

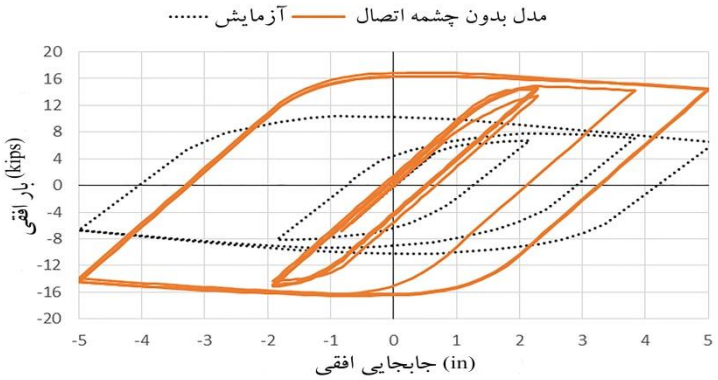
۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بررسی رفتار لرزه‌ای چشمه اتصال از دیرباز مورد توجه محققان بی‌شماری بوده است. تحقیقات از اواخر دهه‌ی ۶۰ و اوایل دهه‌ی ۷۰ میلادی آغاز شده است. آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها در طول سالیان متمادی تحت تغییرات بسیاری در مورد چشمه اتصال قرار گرفتند. تحقیقات عموما بر روی رفتار لرزه‌ای چشمه اتصال و کنترل مکانیسم تسلیم برشی بوده است.

باتوجه به دشواری مدلسازی چشمه اتصال، معمولاً المان‌های قاب به‌صورت مرکز تا مرکز بدون درنظر گیری چشمه اتصال مدل می‌شوند. از این‌رو، کردباغ (۱۳۹۴)[۳]، برای بررسی اثر چشمه اتصال بر رفتار قاب، مدل آزمایشگاهی کراوینکلر[۳] را با همان

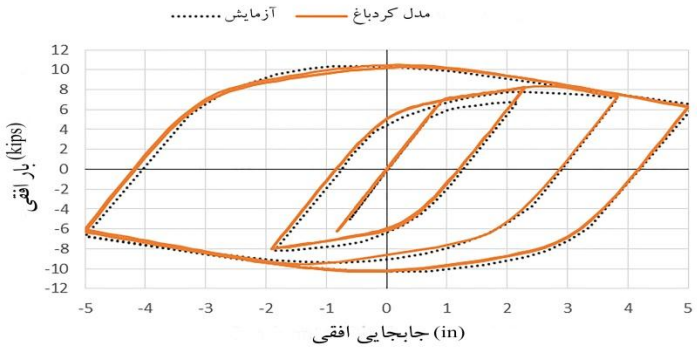
[۱] Deflection Amplification Factor
[۲] Panel Zone
[۳] Krawinkler

الگوی بارگذاری، بدون شبیه سازی چشمه اتصال و به صورت مرکز تا مرکز ، مدل کرده است و یک مقایسه بین پاسخ این قاب مدلسازی شده به صورت مرکز تا مرکز و نتایج آزمایشگاهی نمونه ی A1 کراوینکلر را مطابق شکل (۲) ارایه کرده است. نتایج به دست آمده از شکل (۲)، بیانگر آن است که چشمه اتصال می‌تواند اثر قابل توجهی در رفتار یک قاب داشته باشد. بنابراین، برای پیش‌بینی تا حد امکان دقیق رفتار قاب، باید تأثیر چشمه اتصال درنظرگرفته شود و از مدلسازی المان‌های قاب به صورت مرکز تا مرکز و بدون درنظرگیری اثر چشمه اتصال اجتناب شود.



شکل۲- مقایسه‌ی بین نتیجه ی آزمایشگاهی و نتیجه ی تحلیلی به‌دست آمده از مدلسازی مرکز تا مرکز المان‌ها [۳]

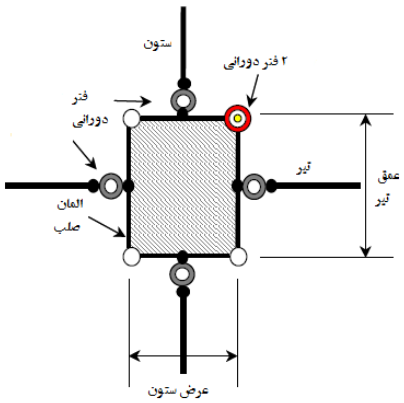
کردباغ [۳]، برای بررسی تطابق مدل تحلیلی کراوینکلر با نتایج آزمایشگاهی، این مدل تحلیلی با فرض $\gamma_x \leq 4\gamma$ $\gamma < \gamma_r$ ، برای محدوده‌ی سختی غیرالاستیک را، در نرم‌افزار اپنسیس[۱] مدل کرده است و مقایسه‌ی بین نتایج حاصل از این مدل و نتایج حاصل از آزمایش انجام شده توسط کراوینکلر و همکاران روی نمونه‌ی A1 ، در شکل (۳) نشان داده شده است. در این مدل از مصالح "فولاد ۰۱" [۲] به منظور مدلسازی تیر و ستون و از مصالح "فولاد۰۲"[۳] ،برای مدلسازی چشمه اتصال استفاده شده است. در شکل (۳)، می‌توان صحت مدلسازی کردباغ را، از طریق مقایسه‌ی بین مدل شبیه‌سازی شده و نتایج آزمایشگاهی کراوینکلر و همکاران مورد ارزیابی قرار داد. اگرچه مدل‌سازی چشمه اتصال توسط تعدادی از محققان از جمله عسگریان و همکاران [۴] در نرم‌افزار اپنسیس انجام شده است، ولی این مدل‌ها توانایی شبیه‌سازی رفتار دقیق چشمه‌ی اتصال را نداشته‌اند.



شکل۳- مقایسه‌ی بین نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی با استفاده از مدل چشمه‌ی اتصال کراوینکلر برای نمونه‌ی آزمایشگاهیA1 کراوینکلر توسط کردباغ [۳]

[۱] Opensees
[۲] Steel 01
[۳] Steel 02

در این مطالعه، از مدلی که کردباغ، برای بررسی تطابق مدل تحلیلی کراوینکلر با نتایج آزمایشگاهی، برای نمونه A1 کراوینکلر، در اپنسیس مدل کرده است، استفاده می‌شود. در این مدل، چشمه اتصال با مرزهای صلب[۱]، مطابق شکل (۴) مدل شده است. تغییر شکل چشمه اتصال با استفاده از دو فنر دوخطی که در یکی از گوشه‌های چشمه اتصال قرار گرفته‌اند، کنترل می‌شود.



شکل ۴- مدل‌سازی چشمه اتصال با مرزهای صلب[۱]

۳- مدلسازی سازه

۳-۱- طراحی سازه

در این تحقیق، برای بررسی ضریب افزایش تغییر مکان(Cd)، سازه‌ای با ستون‌های IPE طراحی شده است. همه‌ی تحلیل‌ها بر روی ساختمان ۴ طبقه انجام شده است زیرا بر اساس آیین نامه‌ها و از جمله استاندارد ۲۸۰۰ [۵] ، مقدار ضریب Cd به تعداد طبقه وابسته نیست و تنها تابعی از نوع سیستم باربر جانبی می باشد. بنابراین ساختمان در نظر گرفته شده، یک ساختمان فولادی چهارطبقه دارای سیستم قاب خمشی متوسط است. محل احداث این ساختمان، شهر تهران با خطر نسبی خیلی زیاد، با شتاب طراحی ۰/۳۵ g است، که g شتاب ثقلی می‌باشد. خاک منطقه محل احداث پروژه، تیپ III می‌باشد. در بارگذاری ثقلی و جانبی از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش سوم (۱۳۹۲) [۶] و ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۳)[۵] استفاده شده است. ساختمان برای حالت ایمنی جانی در مقابل زلزله‌ای که دارای دوره‌ی بازگشت ۴۷۵ ساله می‌باشد، و به روش استاتیکی معادل در نرم‌افزار ایتبس ۲۰۱۳ [۲] تحلیل و طراحی شده است. طراحی اعضای سازه بر اساس آیین نامه‌ی فولاد آمریکا (AISC) ویرایش سال ۲۰۱۰ [۷] و هم‌چنین با در نظر گرفتن ضوابط ارایه شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۲)[۸] انجام شده است. پروژه دارای کاربری مسکونی می‌باشد، بنابراین در دسته ساختمان‌های با اهمیت متوسط با ضریب ۱ قرار می‌گیرد. سازه‌ی طراحی شده، در جهت طولی دارای سیستم قاب خمشی متوسط و در جهت عرضی دارای سیستم مهاربندی همگرا با شکل پذیری معمولی می باشد.

ضریب رفتار ساختمان (Ru) و ضریب افزایش تغییرمکان (Cd)، مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران[۵]، برای قاب‌های خمشی، به ترتیب برابر۵ و ۴ و برای قاب‌های مهاربندی همگرای معمولی، به ترتیب برابر ۳/۵ و ۳/۵ در نظر گرفته شده است. ارتفاع هر طبقه برابر ۳/۳ متر (با در نظرگیری ضخامت سقف وکف‌سازی) و طول دهانه‌ها در هر راستا برابر ۵ متر در نظر گرفته شده است. مقاطع اعضای طراحی شده برای قاب مورد بررسی، در جدول (۱) آورده شده‌اند.

---

[۱] Rigid Element

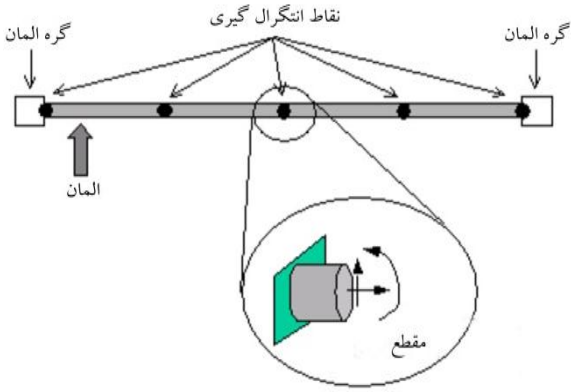
[۲] Etabs

جدول ۱- مقاطع اعضای طراحی شده برای قاب مورد بررسی

طبقه	تیرها	ستون‌ها
۱	۳۳۰IPE	۶۰۰IPE
۲	۴۵۰IPE	۵۵۰IPE
۳	۳۳۰IPE	۴۵۰IPE
۴	۳۰۰IPE	۳۶۰IPE

۲-۳-مدل‌سازی اعضای سازه‌ای در نرم‌افزار اپنسیس

در مدل تحلیلی، جزییاتی از جمله چشمه اتصال و تیر و ستون با رفتار غیرخطی، برای شبیه سازی رفتار هرچه واقعی‌تر قاب، مدل شده‌اند. در این مطالعه، برای مدل‌سازی قاب خمشی فولادی ۴ طبقه در نرم‌افزار اپنسیس، تیر و ستون قاب، به‌وسیله‌ی المان غیرخطی تیر- ستون[۱]، که توزیع گسترده پلاستیسیته را در طول المان درنظر می گیرد، مدل شده‌اند. برای مدل‌سازی هریک از المان‌ها، ۵ نقطه‌ی انتگرال‌گیری در طول آن‌ها، مطابق شکل۵ تعریف شده است. هم‌چنین در این مطالعه، از مقاطع فایبر[۲] استفاده شده است. در مقاطع فایبر، مقاطع به نواحی کوچک‌تر تقسیم شده و رفتار کل از جمع پاسخ تنش–کرنش مصالح هریک از این نواحی به دست می‌آید. به علت آن‌که مقاطع فایبر فقط توانایی مدل‌سازی رفتار نیرو - تغییرشکل محوری و رفتار لنگر - انحناء را دارند، از این رو مطابق شکل ۵، برای تعریف رفتار نیرو - تغییرشکل برشی، از مقطع ترکیبی[۳] استفاده شده و به عبارت دیگر کنترلی برای رفتار برشی هر یک از مقاطع نیز در نظر گرفته شده است. تیرها و ستون‌ها ، به ۱۶ فایبر در طول جان ستون و عرض بال و به ترتیب ۲ و ۴ فایبر در عرض جان ستون و عرض بال، تقسیم شده‌اند.



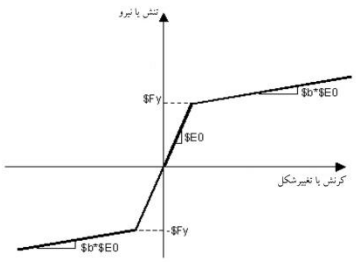
شکل ۵- نحوه قرارگیری مقطع در نقاط انتگرال‌گیری[۹]

مشابه صحت سنجی کردباغ[۳]، برای مدل‌سازی تیرها و ستون‌ها از مصالح "فولاد ۰۱" که در آن سختی ثانویه ۲٪ سختی اولیه فرض شده، و از مصالح"فولاد ۰۲" برای مدل‌سازی هریک از فنرهای چشمه اتصال استفاده شده است. رابطه‌ی بار – جابجایی دو خطی ماده‌های "فولاد ۰۱" و "فولاد ۰۲" در شکل‌های (۶- الف) و (۶- ب) نمایش داده شده است.

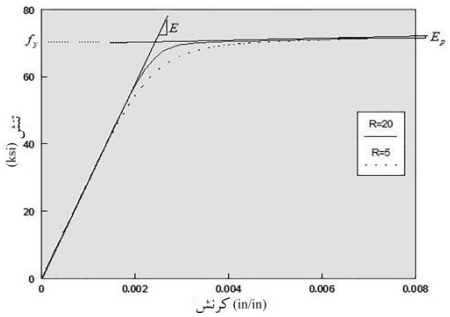
[۱] NonLinear Beam-Column

[۲] Fiber Sections

[۳] Section Aggregator



شکل (۶- الف) - مصالح فولاد ۰۱



شکل (۶- ب) - مصالح فولاد ۰۲

شکل ۶- رابطه بار – جابجایی دو خطی ماده‌های "فولاد ۰۱" و "فولاد ۰۲" [۱۰]

هندسه‌ی غیرخطی، در تمام تحلیل با استفاده از دستور P-Delta Transformation برای تیر و Corotational برای ستون، در نظر گرفته شده است. در این مدل‌ها از میرایی رایلی[۱] استفاده شده که ماتریس میرایی به عنوان یک ترکیب خطی از ماتریس جرم و ماتریس سختی تعریف می گردد. نسبت میرایی ۵٪ برای سه مد اول سازه اختصاص داده شده است. سازه‌ها قبل از تحلیل دینامیکی، تحت بارهای ثقلی، آنالیز شده‌اند. بارهای ثقلی، با۱۰گام، با استفاده از تحلیل استاتیکی "نیرو کنترل"[۲] اعمال شده‌اند. برای تحلیل سازه‌ها، یک قاب دو بعدی، انتخاب شده است. این قاب، به‌منظور تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی[۳] در نرم‌افزار اپنسیس، تحت ۲۰ رکورد که در قسمت بعد این مطالعه اشاره خواهد شد، قرار می‌گیرد. هر رکورد زلزله، تحت تحلیل دینامیکی غیرخطی افزایشی[۴]، به سطوح شدت مختلفی برای ایجاد سطوح مختلفی از پاسخ غیرالاستیک در سازه‌ها و یافتن بیشینه دریفت طبقات مقیاس شده است که توضیحات بیشتر آن در بخش‌های بعد ارائه می‌گردد.

۴- مشخصات رکوردهای مطالعه شده

در هنگام وقوع زلزله، سازه تحت تاثیر شش مولفه‌ی زلزله، شامل سه مولفه‌ی انتقالی و سه مولفه‌ی پیچشی قرار می گیرد. سه مولفه‌ی انتقالی شامل دو حرکت افقی و یک حرکت قائم می باشد. در این مطالعه از رکوردهای شامل دو حرکت افقی زلزله استفاده شده است.

برای اخذ رکوردهای منطبق بر استاندارد ۲۸۰۰ [۵]، طیف طرح پیشنهادی این استاندارد ، نمودار الف، مربوط به پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد و نوع خاک III، برای ساختمان‌های مسکونی با ضریب اهمیت ۱ و دارای سیستم قاب خمشی متوسط، به سایت PEER[۵] [۱۱] معرفی و ۲۰ رکورد افقی از ۱۰ زلزله‌ی مختلف، دریافت شد. این زلزله‌ها بزرگای بین ۵ تا ۷ ریشتر دارند، در فاصله‌ی بین ۱۵ تا ۵۰۰ کیلومتر قرار دارند-که در محدوده‌ی زلزله‌های با حوزه‌ی دور هستند- و دارای شعاع شکست ۱۵ تا ۵۰۰ کیلومتر و فاقد پالس می‌باشند. نمایی از طیف زلزله‌های مذکور و میانگین آن‌ها، نمودار ب، در مقایسه با طیف طرح، نمودار الف، در شکل (۷) مشاهده می گردد.

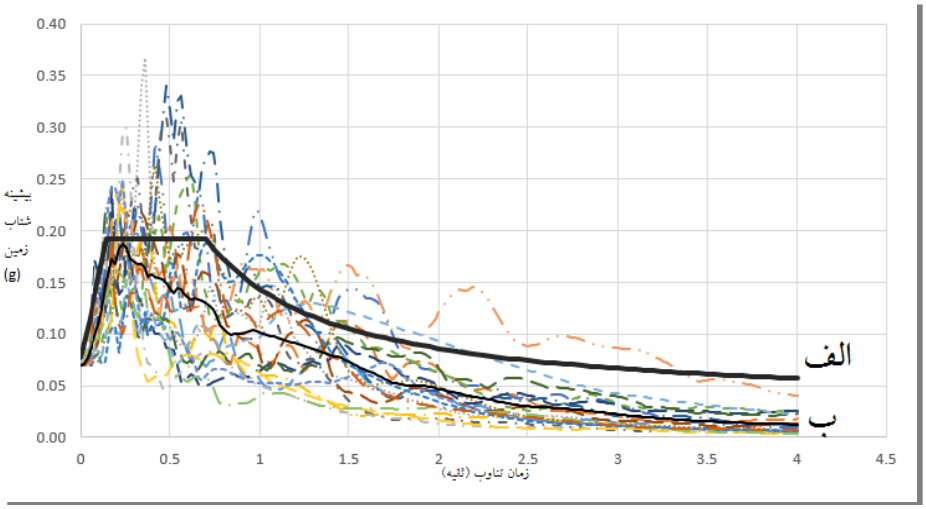
[۱] Rayleigh damping

[۲] Load Control

[۳] Nonlinear Time History Analysis

[۴] Incremental Dynamic Analysis

[۵] Pacific Earthquake Engineering Research Center



شکل۷- طیف زلزله‌های اخذ شده از سایتPEER

این زلزله‌ها که همگی اصلاح شده هستند باید به گونه‌ای نرمالایز شوند که بیشینه شتاب آنها برابر ۰/۳۵g، یعنی شتاب مبنای طرح برای مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد، شود. سپس رکوردهای مقیاس شده، در نرم‌افزار اپنسیس، برای تحلیل دینامیکی غیرخطی مورد استفاده قرار می گیرند.

۵- تحلیل دینامیکی غیرخطی

در این مطالعه، برای در نظرگیری اثر چشمه اتصال بر ضریب افزایش تغییر مکان ، قاب شماره ۱ متعلق به سازه موردنظر، در نرم‌افزار اپنسیس، یک‌بار با در نظرگیری چشمه اتصال و بار دیگر، بدون در نظرگیری چشمه اتصال (مدلسازی به صورت مرکز تا مرکز المان‌ها) مدل شده است. پس از انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، روی ۲۰ رکورد، تحت شتاب‌های مختلف ۰/۱ g، ۰/۲ g، ۰/۲۵ g، ۰/۳ g، ۰/۳۵ g ، در هر دو حالت بدون چشمه اتصال و با چشمه اتصال، برای قاب مذکور، بیشینه دریفت[۱] در تمام طبقات به دست آمد.

در این مطالعه، برای در نظرگیری اثر چشمه اتصال بر ضریب افزایش تغییر مکان ، قاب شماره‌ی ۱ متعلق به سازه موردنظر، در نرم‌افزار اپنسیس، یک‌بار با در نظرگیری چشمه اتصال و بار دیگر، بدون در نظرگیری چشمه اتصال (مدلسازی به صورت مرکز تا مرکز المان‌ها) مدل شده است. پس از انجام تحلیل تاریخچه‌ی زمانی غیرخطی، روی ۲۰ رکورد، تحت شتاب‌های مختلف ۰/۱ g، ۰/۲ g، ۰/۲۵ g، ۰/۳ g، ۰/۳۵ g ، در هر دو حالت بدون چشمه اتصال و با چشمه اتصال، برای قاب مذکور، بیشینه دریفت[۲] در تمام طبقات به دست آمد.

سپس برای همه‌ی شتاب‌های ذکر شده و تمام طبقات، نسبت دریفت در حالت با چشمه اتصال به حالت بدون چشمه اتصال، محاسبه شد. به این علت که مقدار بیشینه لزوما برای بام یا برای بیشترین شدت نمی‌باشد، این بررسی برای تمام طبقات و شدت‌ها انجام گرفت. هر چند که، ضریب افزایش تغییرمکان از روش تحلیل دینامیکی افزایشی، با گام‌های کوچک و از روی تعداد زیادی ساختمان به‌دست آمده است، اما با توجه به تعداد بالای رکوردها، در این مطالعه، از این نوع تحلیل استفاده نشده و دریفت‌ها فقط برای مقادیر ۰/۱ g، ۰/۲ g، ۰/۲۵ g، ۰/۳ g و ۰/۳۵ g به‌دست آمده است.

مطابق آیین‌نامه‌ی طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ [۵]، ضریب افزایش تغییرمکان، از نسبت تغییرمکان جانبی نسبی غیرخطی (تغییرمکان نسبی واقعی طبقه)، به تغییرمکان جانبی نسبی طبقه، زیر اثر زلزله‌ی طرح، به‌دست می‌آید، ولی با توجه به این موضوع که هدف از این مطالعه تبیین یک ضریب اصلاح برای ضریب افزایش تغییرمکان با درنظرگیری اثر چشمه اتصال می‌باشد،

[۱] Drift
[۲] Drift

مطابق رابطه‌ی (۱)، این ضریب از نسبت بیشینه‌ی دریفت با در نظرگیری چشمه اتصال در حالت غیرخطی به بیشینه‌ی دریفت بدون در نظرگیری چشمه اتصال در حالت غیرخطی، به ازای هر زلزله به‌دست آمده است.

$$\text{C.R.E} = Max\ \frac{Drift\ with\ Panel\ Zone\ effect\ in\ inelastic\ station}{Drift\ with\ out\ \ Panel\ Zone\ effect\ in\ inelastic\ station} \quad (۱)$$

C.R.E، ضریب اصلاح با درنظرگیری چشمه اتصال، به ازای هر زلزله‌ی ورودی می‌باشد. طبق رابطه (۲)، ضریب اصلاح نهایی، CR، از میانگین $C.R.E_i$ ها به علاوه‌ی انحراف استاندارد[۱]، به‌دست آمده است. علت اضافه کردن مقدار انحراف استاندارد به میانگین داده‌ها، حصول دقت بالاتر در تخمین ضریب مربوطه می‌باشد.

$$C.R = Average(C.R.E_i) + STD_i \quad (۲)$$

از تحلیل ۲۰ رکورد زلزله‌ی منطبق بر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ [۵]، برای سازه‌ی موردنظر، ضریب اصلاح ۱/۲۸ به‌دست آمده که حاکی از تاثیر زیاد چشمه اتصال بر روی ضریب افزایش تغییر مکان می‌باشد. تحلیل‌های انجام شده، نشان‌دهنده‌ی این موضوع می‌باشد که در حالت کلی، در نظرگیری تاثیر چشمه اتصال در مدل تحلیلی، به افزایش مقدار عددی دریفت بیشینه منتهی می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، ارایه‌ی یک ضریب تصحیح برای تدقیق ضریب افزایش تغییرمکان (Cd)، در قاب خمشی فولادی متوسط به منظور در نظر گیری اثر چشمه اتصال می‌باشد. در این راستا، ساختمانی مطابق با AISC-360 که تطابق زیادی با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران دارد، و با اعمال بارگذاری لرزه‌ای مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران، با برنامه‌ی ایتبس ۲۰۱۳ طراحی شده است. سازه در راستای شرقی – غربی، دارای قاب‌های خمشی و در راستای شمالی – جنوبی دارای قاب‌های مهاربندی شده است. پس از طراحی سازه‌ها، یک قاب خمشی منتخب از سازه در برنامه‌ی اپنسیس برای هر دو حالت با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال مدل‌سازی شد. سپس با وارد کردن رکوردهای مورد مطالعه، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، روی این مدل‌ها، انجام پذیرفت. برای شدت‌های مختلف هر رکورد و تمام طبقات، نسبت دریفت بیشینه در حالت با چشمه اتصال به حالت بدون چشمه اتصال به‌دست آمد و بعد از میانگین‌گیری، ضریب اصلاح موردنظر حاصل شد. این تحلیل‌ها با ۲۰ رکورد منطبق با طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰، برای خاک تیپ III ، انجام شد و به ضریب اصلاح ۱/۲۸ منتج شد. می‌توان نتیجه گرفت که ضریب اصلاح به‌دست آمده با در نظرگیری چشمه اتصال، مقدار قابل توجهی داشته که بدون در نظرگیری این ضریب اصلاح برای سازه‌های با قاب خمشی متوسط، مطمینا مقدار جابجایی غیرخطی محاسبه شده، طبق استاندارد ۲۸۰۰، منجر به تخمین نادرست و غیرمحافظه‌کارانه می‌گردد.

بنابراین پیشنهاد می‌گردد، در طراحی سازه دارای قاب خمشی متوسط، ضریب Cd موجود در استاندارد ۲۸۰۰ برای هنگامی که ستون‌ها IPE هستند در ضریب تصحیح ۱/۲۸ ضرب شوند و سپس تخمین تغییرمکان طبقات از روی تغییرمکان‌های حاصل از تحلیل خطی با استفاده از این ضریب جدید انجام شود. هم‌چنین پیشنهاد می‌گردد که روند مشابه‌ای برای رکوردهای بیشتر، انواع دیگر خاک، ساختمان‌های فولادی با سیستم‌های متفاوت از این مطالعه و یا برای سازه‌های بتنی، انجام پذیرد.

۷- مراجع

1. PACIFIC EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH CENTER (PEER). Modeling and Acceptance Criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Buildings, PEER 2010/111 (PEER/ATC -72-1), OCTOBER 2010.

[۱] Standard Deviation

۲. جعفرزاده، ر. و آقاکوچک، ع. ا. (۱۳۸۷)، "ضریب افزایش تغییرمکان در سازه‌های فولادی با سیستم قاب خمشی معمولی و قاب ساده با مهاربندهای هم‌محور،" نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۲، جلد ۱۹، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، تابستان ۱۳۸۷، ۱۴- ۱.

3. Kordbaq, B., M. Mohammadi, Quantifying Panel Zone Effect on Deflection Amplification Factor. Journal of The Structural Design of Tall and Special Buildings, 2017.

4. Asgarian, B., A. Sadrinezhad, and P. Alanjari, Seismic performance evaluation of steel moment Resisting frames through incremental dynamic analysis. Journal of Constructional Steel Research, 2010.66(2): p. 178-190.

۵. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۴. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.

۶. مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش سوم، ۱۳۹۲.

7. AISC, ANSI/AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Construction, Chicago-Illinois, 2010.

۸. مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث دهم، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش چهارم، ۱۳۹۲.

۹.کردباغ، ب. (۱۳۹۴)، "بررسی تاثیر چشمه اتصال، ارتفاع ستون و لرزه‌خیزی منطقه در برابر خرابی پیش‌رونده قاب خمشی فولادی ویژه،" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران.

10. Mazzoni, S., et al, OpenSees Command Language Manual. July 2007.

11. PACIFIC EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH CENTER (PEER). NGA-West2 on-line ground-motion database tool, Peer ground motion database, Berkeley, USA.