

مدل سازی اتصالات خورجینی به کمک نرم افزار SAP2000

وحید بهزادی - دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

چکیده

در این تحقیق سعی شده به بررسی روش های مختلف مدل سازی اتصالات خورجینی در نرم افزار SAP2000 پرداخته شود تا علاوه بر در کمک بهتر مهندسین از عملکرد این اتصال در سازه های قدیمی، به ساده سازی بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های موجود نیز کمک شود. به همین منظور سعی شده تا حالات مختلف عملکردی این اتصال شناخته شده و متناسب با هر نوع از عملکرد یک روش ساده جهت مدل سازی اتصال ارائه شود. شایان ذکر است که در سراسر این مقاله سعی بر استفاده از نرم افزار های ساده تر مهندسی همانند SAP2000 شده تا از درگیر شدن مهندسین طراح با نرم افزار های پیچیده از قبیل ANSYS جهت مدل سازی اتصال خورجینی اجتناب شود.

کلید واژه: بررسی آسیب پذیری لرزه ای، اتصال خورجینی، نرم افزار SAP2000

مقدمه

با رشد و توسعه مقاوم سازی در سراسر دنیا به عنوان یک عامل اساسی در جهت جلوگیری از خسارات ناشی از زلزله، هر روزه نیاز به شناخت اجزای ساختمان ها و سازه های قدیمی بیشتر از گذشته احساس می شود. یکی از موارد بسیار مشهور در سازه های قدیمی بخصوص ساختمان های مسکونی با قدمت بالا، وجود اتصالات خورجینی در این سازه ها می باشد که به علت ناشناخته بودن رفتار این سازه مهندسین مقاوم ساز را دچار مشکل کرده است.

مهمترین مشکل موجود در این نوع اتصالات نحوه مدل سازی آنها به نحوی که نشان دهنده رفتار کامل و میزان صلیبت اتصال باشد، بوده زیرا تعیین درجه گیرداری این گونه اتصالات به طور دقیق بسیار سخت و نیازمند مدل سازی های پیچیده توسط نرم افزار های سطح بالا می باشد. در این مقاله سعی شده به بررسی نحوه ساده مدل سازی اتصالات خورجینی پرداخته تا نه تنها باعث اجتناب از مدل سازی های پیچیده و وقت گیر توسط نرم افزار های مشکل شده بلکه مهندسین راحت تر بتوانند مدل رفتاری ساده و ملموسی از این گونه اتصالات را داشته باشند.

در سراسر این مقاله سعی شده است از نرم افزارهای ساده مهندسی همانند SAP2000 که برای تمامی مهندسین عمران و سازه آشنا می باشد استفاده گردد.

حالات مختلف بررسی عملکرد اتصالات خورجینی

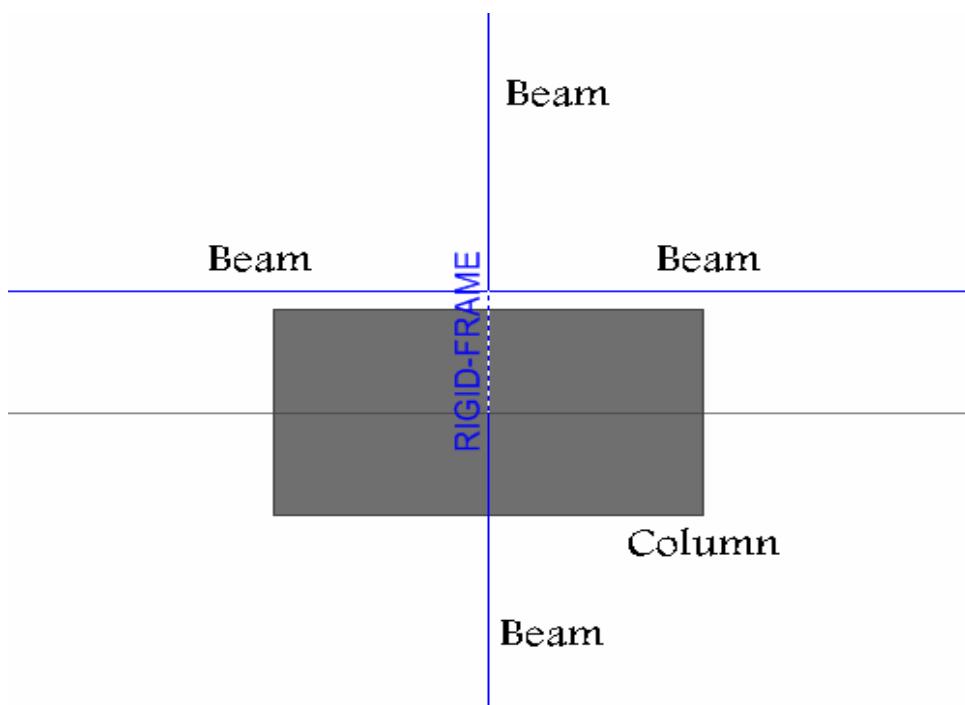
به طور معمول در بررسی آسیب پذیری لردهای ساختمان‌های موجود (قدیمی) با اتصالات خورجینی ابتدا به بررسی عملکرد اتصال تحت بارهای سرویس (ثقیل) پرداخته و کفايت اتصال در این حالت مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر اتصال در این حالت آسیب پذیر باشد نیاز به بررسی تحت اثر بارهای جانبی نمی‌باشد ولی در صورتی که سازه تحت اثر بارگذاری ثقلی جوابگو باشد به دنبال بررسی عملکرد سازه تحت بارهای جانبی رفته و کفايت اتصال به طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بنابر آنچه گفته شد در ادامه به بررسی مدل‌های مختلف اتصالات خورجینی در حالات زیر می‌پردازیم:

۱- مدل سازی جهت بررسی عملکرد سازه تحت بار سرویس (ثقیل)

نکته بسیار مهم در این حالت از بررسی آن است که در این قسمت فقط به سازه اجازه می‌دهیم تا در محدوده خطی مانده و وارد مرحله غیرخطی نشود و فقط به بررسی سازه تحت بارگذاری‌های ثقلی می‌پردازیم.

بهترین روش جهت بررسی عملکرد سازه تحت بارهای ثقلی مدل قیچی می‌باشد که در این روش از یک المان Frame جهت مدل‌سازی اتصال خورجینی استفاده می‌شود. اساس کار در این روش استفاده از یک المان کوتاه با صلیبت زیاد جهت اتصال تیرها به ستون می‌باشد که در «شکل ۱» نمایی از مدل ساخته شده در نرم افزار SAP2000 دیده می‌شود:



شکل ۱ - مدل قیچی اتصال به کمک المان صلب و کوتاه (*Frame-Rigid*)

نکته مهم در این قسمت چگونگی تعریف کردن مشخصات اتصال یا همان المان صلب در نرم افزار SAP2000 می باشد که جهت انجام این کار از مدل رفتاری اتصالات خورجینی یعنی سختی خمش بالا و سختی پیچشی پائین استفاده می شود.

به همین منظور در تعریف مشخصات اتصال در نرم افزار میزان سختی خمشی (I) را بسیار بالا داده و سختی پیچشی (J) را در ۲ حالت زیر بررسی می کنیم :

- ۱ - اتصال خورجینی دارای فقط یک نبیشی در بالا یا پائین باشد که سختی پیچشی این اتصالات بسیار پائین بوده و کافی است این سختی در نرم افزار عدد بسیار کمی تعریف شود.
- ۲ - اتصال خورجینی دارای دو نبیشی (در بالا و پائین) باشد که در این حالت جهت تعیین سختی پیچشی به روش زیر عمل می نمایند :

$$M_t = \int_{(s)} \tau \cdot \rho \cdot ds = \int_{(s)} G \theta \cdot ds$$

$$\int \rho^2 \cdot ds = I_p = J$$

$$M_t = G \theta J \Rightarrow \theta = \frac{M_t}{GJ}$$

$$d\phi = \theta dx \Rightarrow d\phi = \frac{M_t dx}{GJ} \Rightarrow \phi = \int_0^l \frac{M_t}{GJ} dx \Rightarrow \phi = \frac{ML}{GJ}$$

داریم:

$$G = \frac{E}{2(1+\vartheta)} = \frac{E}{2.6}$$

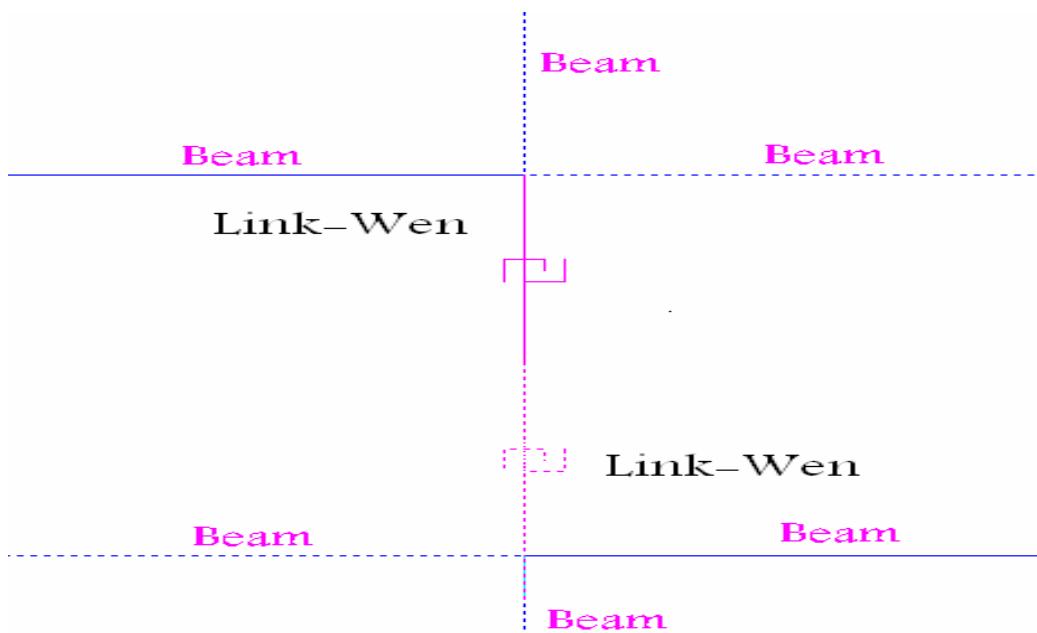
$$\Rightarrow \phi = \frac{ML}{\frac{E}{2.6} \times J} \Rightarrow \frac{M_t}{\phi} = \frac{EJ}{2.6 \times L}$$

$$J = \frac{(m/\phi) \times 2.6 \times L}{E} = \frac{M_t \cdot L}{807700\phi} \quad \text{سختی پیچشی}$$

۲- بررسی سازه تحت اثر بارهای جانبی

در این حالت سازه علاوه بر بارهای ثقلی تحت اثر بارهای جانبی نیز قرار می‌گیرد و به سازه اجازه داده می‌شود تا وارد مرحله غیرخطی شود و این نیاز به مدل‌سازی عملکرد اتصال به طور کامل می‌باشد.

بهترین روش جهت مدل‌کردن اتصال در این حالت استفاده از المان Link جهت اتصال تیر به ستون می‌باشد که نکته قابل توجه در استفاده از این المان تعیین نوع Link مورد استفاده در نرم‌افزار SAP2000 است. با توجه به خصوصیات ذکر شده در مورد اتصال خورجینی بهترین مورد جهت تعریف خصوصیات Link در نرم‌افزار استفاده از مشخصه Plastic (Wen) می‌باشد که در شکل ۲ شمایی از این مدل‌سازی نشان داده شده است:



شکل ۲- مدل غیرخطی اتصال به کمک المان Link

در مرحله بعد نیاز به تعریف کردن خصوصیات اتصال در المان Link-Wen می‌باشد که به ۲ روش قابل محاسبه است:

۱- استفاده از نرم‌افزار ANSYS که در این حالت اتصال به طور کامل در نرم‌افزار مدل شده سپس خصوصیات مدل غیرخطی ساخته شده در ANSYS شامل سختی خمشی، پیچشی و ... از نرم‌افزار بدست آمده و در خصوصیات مربوط به Link-Wen تعریف می‌شود که استفاده از این روش علاوه بر نیاز به مسلط بودن به نرم‌افزار ANSYS، وقت‌گیر و پیچیده نیز می‌باشد.

۲- استفاده از نتایج آزمایشگاهی و تجربی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن می‌باشد. در آزمایش فوق الذکر اتصالات خورجینی با جزئیات کامل ساخته شده و سپس تحت بارگذاری‌های مختلفی قرار گرفته‌اند که در

نمایش درصد گیرداری (صلبیت) اتصال در آن مورد خاص تعیین شده است که می توان با استفاده از روابط بین خصوصیات اتصال این آزمایش خاص را در موارد دیگر نیز بسط داد.

آزمایش انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بر روی تیر IPE140 با نسبت زیرسروی 8×80 L80×80 با نسبت 6×60 L60×60 انجام شده است که نتایج آزمایش به شرح جداول ۱ و ۲ است:

$\Delta(\mathbf{m})$	$P(\mathbf{t})$	۰	۴	۱۰	۱۴	۱۸	۱۱	۱/۴	۲۲	۲۶	۳۰/۵	۴/۴	۲/۲	۴/۴	۵/۸
۰	۴	۱۰	۱۴	۱۸	۲۲	۲۶	۲۸	۳۰	۳۰/۵	۴/۴	۵/۸	۴/۴	۲/۲	۴/۴	۰

جدول ۱ - نتایج آزمایش مقادیر تغییر مکان در مقابل نیروی قائم

$\theta(\text{rad})$	M	۰	۴	۱۰	۱۴	۱۸	۲۲	۱/۸۲
۰	۴	۱۰	۱۴	۱۸	۲۲	۲۶	۲۸	۳۰/۵

جدول ۲ - نتایج آزمایش مقادیر چرخش در مقابل پیچش

حال جهت بدست آوردن مقادیر P , Δ , M و θ با استفاده از نتایج آزمایش فوق الذکر از روابط زیر استفاده می کنیم:

$$P \propto t_{ave}^2 \Rightarrow \frac{P'}{P} = \left(\frac{t'_{ave}}{t_{ave}} \right)^2$$

$$\Delta \propto \left(\frac{b}{t^3} \right) \Rightarrow \frac{\Delta'}{\Delta} = \left(\frac{b'}{b} \right) \times \left(\frac{t_{ave}}{t'_{ave}} \right)^3$$

$$M \propto (t^3_{ave}, L) \Rightarrow \frac{M'}{M} = \left(\frac{t'}{t} \right)^3 \times \left(\frac{L'}{L} \right)$$

$$\theta \propto \left(\frac{b}{t^3 L} \right) \Rightarrow \frac{\theta'}{\theta} = \left(\frac{t}{t'} \right)^3 \times \left(\frac{L}{L'} \right) \times \left(\frac{b'}{b} \right)$$

شايان ذكر است مقدار t_{ave} برابر مجموع ضخامت نبشی های بالا و پایین و ضخامت ۲ بال تیر آهن تقسیم بر ۴ می باشد.

حال جهت تعریف کردن مقادیر سختی پیچشی و سختی خمینی از مقادیر بدست آمده از روابط بالا استفاده می‌کنیم.

خلاصه نتایج

جهت بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سازه‌های با اتصالات خورجینی ابتدا با قضاوت مهندسی صحیح و ارزیابی کیفی سریع تخمینی از میزان آسیب‌پذیر بودن سازه به عمل آید. اگر سازه بسیار آسیب‌پذیر بود به کمک روش‌های ذکر شده در بند ۱ (سازه تحت اثر بار ثقلی صرف) اتصال خورجینی مدل شود و در صورتی که میزان آسیب‌پذیر بودن کم پیش‌بینی گردد باید اتصال خورجینی به طور کامل به کمک بند ۲ مدل شود و کفايت اتصال در حالات غیر خطی بررسی شود.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد که روابط آزمایشگاهی مرکز تحقیقات و مسکن از سایر موارد قابل اعتمادتر می‌باشد.

مراجع

۱. دکتر علی مژروعی و حسین مصطفایی، «بررسی روش‌های نوین اتصالات خورجینی تحت اثر بارگذاری چرخه‌ای»، تازه‌های ساختمان مسکن - پاییز ۱۳۷۸ - شماره ۱۴
۲. دکتر علی مژروعی و حسین مصطفایی، «بررسی تجربی رفتار برشی اتصالات خورجینی متداول و تقویت شده»، اولین کنفرانس علمی - تخصصی انجمن مهندسان راه و ساختمان ایران - ۱۳۷۸
۳. مهندس عباس قاسمی، «بررسی رفتار اتصالات خورجینی» پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر آفакوچک - دانشگاه تربیت مدرس ۱۳۸۱
۴. مهندس پدرام صادقیان ، «بررسی صلابت و مقاومت اتصالات خورجینی»، اولین کنفرانس ایمن‌سازی و بهسازی سازه‌ها - ۱۳۸۱