



برآورد درصد گیرداری اتصالات بکاررفته در سازه‌های فولادی و بررسی اثر آن در

نیروی Uplift ستون‌های منتهی به بادبند

ناصرالدین شاهبازی^۱، محمدعلی برخوردار^۲، اصغر امانی^۳

۱- مربی، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فنی

۲- دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده عمران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده عمران

Email: Asghar_amani@civileng.iust.ac.ir

خلاصه

یکی از مسائل موجود در طراحی سازه‌های فولادی مهاربندی شده، بحث نیروی Uplift ایجاد شده در ستون‌های منتهی به بادبند می‌باشد که در طی سالیان گذشته راه‌حل‌های گوناگونی برای کاهش اثر این نیرو ارائه شده است. در این مقاله به بررسی اثر گیرداری اتصالات تیر به ستون در مقدار نیروی Uplift پرداخته شده است. برای این منظور، درصد گیرداری اتصالات متداول به صورت آزمایشگاهی تعیین شده و به صورت ورودی به نرم‌افزار داده شده است. نتایج تحلیل نرم‌افزاری نشان می‌دهد که اثر گیرداری اتصالات ساده و نیمه‌صلب در مقدار نیروی Uplift ناچیز بوده ولی نمی‌توان از اثر اتصال گیردار صرف‌نظر کرد.

کلمات کلیدی: اتصال تیر به ستون، گیرداری، نیروی Uplift، سازه فولادی مهاربندی شده

مقدمه

در طراحی سازه‌های فولادی مهاربندی شده دارای پی منفرد، معمولاً مهم‌ترین مسأله‌ای که برای سازه‌ها با ارتفاع متوسط به بالا مطرح است، بحث نیروی Uplift ایجاد شده در ستون‌های منتهی به بادبند می‌باشد. نیروی Uplift معمولاً از اعمال بارهای جانبی مانند زلزله و باد در سازه‌ها بوجود می‌آید و می‌تواند رفتار سازه را تغییر داده و اثرات مهمی بر جای گذارد. نوع شکل بادبند تاثیر آنچنانی بر این مسأله ندارد و مقدار کشش در ستون‌های پای بادبند ربطی به نوع بادبند ندارد. تنها در صورت تغییر شکل بادبند در اثر تغییر سختی ممکن است مقدار نیروهای محوری پای ستون‌ها در یک محل کاهش و در مکانی دیگر افزایش یابند یا بالعکس. در هر صورت شکل بادبند نمی‌تواند عامل مهمی در تعیین نیروهای محوری در ستون‌ها باشد. در طی سالیان گذشته راه‌حل‌های گوناگونی برای کاهش اثر نیروی محوری بوجود آمده در ستون‌ها پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- به جای سیستم بادبندی اساساً از سیستم قاب خمشی و یا سیستم دوگانه استفاده شود. استفاده از سیستم قاب خمشی باعث توزیع متعادل نیروی زلزله در بین تمامی ستون‌ها و تیرها و جلوگیری از تجمع نیرو در نقاط خاص و کاهش نیروی محوری ستون‌ها در اثر زلزله می‌شود. در سیستم‌های دوگانه ضریب رفتار بیشتر است که این خود باعث کاهش نیروهای زلزله می‌شود و از طرف دیگر در این سیستم بخشی از نیروها به قاب‌های خمشی می‌رسد و باعث کاهش نیروهای بادبندها و ستون‌های دهانه بادبندی می‌شود.

۲- تعداد بادبندها تا حد امکان اضافه شوند. افزایش تعداد بادبندها مقدار نیروی زلزله در هر دهانه را کم می‌نماید و باعث کاهش نیروی کششی در ستون‌ها نیز می‌شود.

^۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی

^۲ - عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

^۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران



۳- بادبندها در قاب‌های با دهانه بزرگتر قرار داده شوند. قرار دادن بادبندها در دهانه‌های بزرگتر با توجه به ثابت بودن لنگر وارد بر قاب بادبندی در اثر نیروی زلزله و با توجه به افزایش بازوی لنگر نیروهای تحمل‌کننده این لنگر (ستونهای دو انتهای قاب بادبندی) باعث کاهش نیروی محوری ناشی از زلزله در ستون می‌شود.

۴- بادبندها در دهانه‌های مجاور هم و به طور متوالی قرار داده شوند. قرار دادن دو دهانه بادبندی در مجاورت همدیگر باعث ایجاد یک دهانه بادبندی ترکیبی بزرگتر و کاهش نیروهای محوری ستون‌ها می‌شود.

۵- برای کاهش اثر پیچش و نیروی کششی حاصل از آن بادبندها به صورت متقارن اجرا شوند

۶- در دهانه‌های بادبندی در زیر ستون‌ها از چاه شمع استفاده شود.

در بند ۵-۱ پیوست ۲۲ این نام ۲۸۰۰ اشاره شده است که در طراحی ستون‌های سازه‌های مقاوم در برابر زلزله باید مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمانی رعایت گردد. به علاوه ستون‌های قاب‌ها باید دارای مقاومت کافی برای تحمل نیروهای محوری ناشی از ترکیبات باربری (الف) و (ب) زیر باشند:

$$P_{DL} + 0.8P_{LL} + 2.8P_E \leq P_{SC} \quad (۱)$$

$$0.85P_{DL} + 2.8P_E \leq P_{ST} \quad (۲)$$

در روابط فوق مقدار نیروهای P_{DL} , P_{LL} , P_E باید با رعایت علامت جبری آنها استفاده شوند.

همچنین مطابق این پیوست P_{DL} , P_{LL} , P_E به ترتیب بارهای محوری ناشی از بارهای زلزله، زنده و مرده در ستون‌ها می‌باشند و P_{SC} , P_{ST} برابر مقادیر زیر می‌باشند:

$$P_{SC} = 1.7F_a.A \quad (۳)$$

$$P_{ST} = F_y.A \quad (۴)$$

که A مساحت مقطع ستون می‌باشد [۱].

این بند آیین‌نامه شامل دو قسمت است؛ قسمت (ب) این بند با توجه به حذف شدن نیروهای محوری حاصل از بارهای زنده، کاهش ضریب بارهای مرده، کششی بودن بار زلزله که در خلاف جهت بار محوری حاصل از بارهای مرده می‌باشد، و بالاخره بالاتر بودن بار مجاز نسبت به حالت الف ($P_{ST} > P_{SC}$) در طراحی حاکم نمی‌گردد و تنها بررسی ترکیب بار (الف) کفایت می‌کند. در سازه‌های با سیستم قاب خمشی به علت آنکه نیروی محوری زلزله مابین تمامی ستون‌ها پخش می‌شود و همچنین اثر پایین نیروی محوری در طراحی ستون‌ها (در مقایسه با لنگر خمشی موجود در ستون‌ها) استفاده از این بند تاثیر زیادی در کلیت سازه ندارد. اما در مورد سازه‌های با سیستم قاب فولادی بادبندی با توجه به آنکه در ستون‌های این سازه‌ها فقط نیروهای محوری وجود دارد و همچنین بالا بودن نیروهای زلزله در ستون‌های دهانه‌های بادبندی، مساله به شکل دیگری روی می‌دهد.

با توجه به آنکه در ستون‌های دهانه‌های بادبندی معمولاً نیروی محوری زلزله خیلی بیشتر از بارهای ثقلی است (گاه چندین برابر)، این مساله باعث می‌شود که ستون‌های پای بادبند تا ۸۰ درصد بزرگتر از ستون‌های طراحی شده با رابطه‌ای که مابین مهندسان رایج است، باشند که این اختلاف غیرقابل چشم‌پوشی و درخور بررسی و توجه جدی می‌باشد. بکارگیری این بند باعث بزرگ شدن ستون‌های دهانه‌های بادبندی به مقدار قابل توجه و در نتیجه بالا رفتن هزینه اسکلت فلزی می‌شود. به همین جهت اکثریت قریب به اتفاق مهندسان محاسب از بکارگیری این بند در طراحی خودداری می‌نمایند. به عقیده برخی از مهندسان، این بند دست بالا و بسیار محافظه‌کارانه می‌باشد که این استدلال غلط بوده و مطمئناً دلایل منطقی برای ارائه این بند در آیین‌نامه وجود دارد.

برخی دیگر از مهندسان استفاده از این بند در طراحی را درست می‌دانند، اما معتقدند که مقدار F_a در این بند باید طبق مبحث دهم ۳۳ درصد افزایش یابد. در جواب بایستی گفت که طبق منطق مقدار تنش مجاز برای تنش‌های فشاری باید کمتر از تنش‌های کششی باشد؛ اما در بند (ب) این قسمت برای حالت کششی مقدار تنش مجاز F_y در نظر گرفته شده است. این در حالی است که اگر مقدار F_a ، 33 درصد افزایش یابد، ممکن است مقدار تنش مجاز فشاری به مقداری بیش از F_y برسد که قابل قبول نمی‌باشد. ضمن آنکه باید توجه داشت که هدف از این بند آن است که در هنگام زلزله تنش موجود در ستون‌ها در اثر بارهای محوری در هیچ حالت از مقدار F_y (حد جاری شدن) بالاتر نرود.

عده‌ای از مهندسان نیز معتقدند که می‌توان به اندازه نسبتی از درصد‌گیری اتصالات بکار رفته در سازه از مقدار نیروی Uplift در نظر گرفته شده در طراحی کاست. در این مقاله به بررسی همین موضوع پرداخته شده و در مورد تاثیر درصد‌گیری اتصالات تیر به ستون در مقدار نیروی Uplift طراحی بحث شده است. در این راستا لازم است که درصد‌گیری اتصالات متداول فولادی برآورد گردد. بنابراین ابتدا با روش آزمایشگاهی درصد‌گیری اتصالات تعیین شده و به عنوان ورودی به نرم‌افزار داده شده است.

برآورد درصد‌گیری اتصالات

برحسب درجه صلبیت، اتصالات تیر به ستون به سه رده زیر تقسیم می‌شوند [۲]:

۱- اتصالات صلب با درجه صلبیت بیشتر از ۹۰ درصد

۲- اتصالات ساده با درجه صلبیت کمتر از ۲۰ درصد

۳- اتصالات نیمه صلب با درجه صلبیت بین ۲۰ تا ۹۰ درصد



درجه صلبیت R ، نسبت لنگر انتهایی قابل تأمین توسط اتصال به لنگر گیرداری انتهایی در حالت کاملاً گیردار است. درجه صلبیت با رسم نمودار لنگر-چرخش $(M-\theta)$ برای اتصال و رسم خط تیر بر روی آن به دست می‌آید. مشخصه هر اتصال نمودار لنگر-چرخش $(M-\theta)$ است. نمودار لنگر-چرخش $(M-\theta)$ در دستگاهی رسم می‌شود که محور قائم آن نشان دهنده‌ی لنگر نهایی و محور افقی آن نشان دهنده‌ی تغییر زاویه بین تیر و ستون در اتصال می‌باشد.

اتصالات ساده [۲]

انواع اتصالات ساده عبارتند از :

-اتصال ساده با نبشی انعطاف پذیر^۴: اتصالات ساده با نبشی نشیمن از جزییات متداول برای اتصال ساده تیر به ستون تکیه‌گاهی می‌باشند. در این نوع اتصالات تیر بر روی یک نشیمن تقویت نشده (انعطاف پذیر) قرار می‌گیرد. این اتصال متشکل از یک نبشی نشیمن می‌باشد که به کمک جوش یا پیچ به ستون متصل است. برای جلوگیری از چپ شدن تیر، لازم است حداقل یک نبشی در بال فوقانی و یا جان تیر، برای اتصال به ستون در نظر گرفته شود. این نبشی باید انعطاف پذیر باشد تا از چرخش تکیه‌گاهی تیر جلوگیری نماید. تیر باید به کمک پیچ و یا جوش به نبشی نشیمن متصل گردد.

-اتصال با نبشی جان

-نبشی‌های جان یک‌طرفه: در صورتی که واکنش تکیه‌گاهی کوچک باشد، برای اتصال ساده تیر به شاهتیر از نبشی جان یک‌طرفه استفاده می‌شود. این اتصال می‌تواند توسط پیچ، جوش، و یا ترکیبی از پیچ و جوش برقرار گردد.

-اتصال ساده با نشیمن سخت‌شده (براکت): وقتی که واکنش تکیه‌گاهی از حد قابل قبول برای نشیمن‌های ساده تجاوز نماید، استفاده از نشیمن‌های تقویت شده مورد توجه قرار می‌گیرد. کاربرد این نوع اتصال برای حمل واکنش‌های سنگین مثلاً براکت‌ها (دستک‌ها) تکیه‌گاهی تیرهای زیرسری جرتقیل-های سقفی است.

-اتصال خورجینی (اتصال قیچی): اتصال خورجینی نوعی از اتصالات با نشیمن انعطاف پذیر و یا سخت‌شده می‌باشد که در آن تیرها به صورت سراسری از بر خارجی ستون عبور نموده‌اند. طبق آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله (آیین‌نامه ۲۸۰۰)، عملکرد اتصال به صورت ساده بوده و لنگری بین تیر و ستون انتقال پیدا نمی‌کند.

اتصالات نیمه‌صلب تیر به ستون [۲]

اتصالات نیمه‌صلب تیر به ستون، آن دسته از اتصالات می‌باشند که تحت تأثیر بارهای وارده، در آنها مقداری دوران انتهایی رخ داده و در نتیجه لنگر انتهایی کوچک‌تر از لنگر انتهایی در حالت صلب بدست می‌آید. چنین رفتاری باعث ایجاد توازن بین لنگر منفی و مثبت دهانه شده و در نتیجه اقتصاد طرح بهبود می‌یابد.

موارد مطرح شده در این بخش محدود به بارهای قائم می‌باشد و استفاده از این نوع اتصالات برای حمل بارهای جانبی توصیه نمی‌شود. بنابراین کاربرد این اتصالات محدود به سازه‌هایی می‌شود که سیستم مقاوم آنها در مقابل بارهای جانبی، بادبند و یا دیواربرشی است. لازم به ذکر است که تغییرات کوچک در طراحی و اجرا می‌تواند باعث تغییر قابل توجه درجه صلبیت گردد. کاهش درجه صلبیت می‌تواند خطر افزایش لنگر وسط دهانه را داشته باشد. لذا مقرر می‌گردد که طراحی تیر براساس درجه‌ی صلبیت $R=50$ درصد و طراحی اتصال براساس درجه‌ی صلبیت $R=75$ درصد انجام شود.

اتصالات صلب تیر به ستون [۲]

اتصالات صلب تیر به ستون شامل آن دسته از اتصالات می‌شوند که قابلیت انتقال لنگر بین تیر و ستون را دارا می‌باشند و در حین انتقال لنگر، زاویه‌ی نسبی بین تیر و ستون تغییر نمی‌کند. اتصالات صلب در قاب‌های خمشی به کار می‌روند و قاب‌های خمشی از سیستم‌های مقاوم در مقابل نیروهای زلزله هستند. رفتار زلزله‌ای سیستم‌های سازه‌ای هنوز به طور دقیق برای مهندسیین شناخته شده نیست و در مورد رفتار لرزه‌ای اتصالات صلب هنوز ابهاماتی وجود دارد و سوالات زیادی بدون پاسخ مانده است. لذا مطالب قابل ارایه برای اتصالات صلب به دو بخش تقسیم می‌شود. اتصالات معرفی شده در این بخش قادر به حمل نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله در حد قاب‌های صلب معمولی (با شکل پذیری کم) می‌باشند. از این نوع اتصالات در قاب‌های خمشی ویژه (با شکل‌پذیری زیاد) در ارتباط با افزایش شکل‌پذیری این نوع اتصالات استفاده می‌گردد.

انواع اتصالات صلبی که در این بخش مورد توجه قرار می‌گیرند، عبارتند از:

-اتصالات صلب جوشی با ورق زیرسری و روسری: به منظور فراهم آوردن امکان جوشکاری در حالت تخت در کارگاه، عرض ورق روسری کوچک‌تر از عرض بال فوقانی تیر و عرض ورق زیرسری بزرگ‌تر از عرض ورق بال تحتانی انتخاب می‌شود. در طراحی اتصالات صلب فرض می‌شود لنگر اتصال به صورت زوج نیرو از طریق بال توسط ورق‌های زیرسری و روسری، و نیروی برشی تکیه‌گاهی توسط ورق برشگیرجان منتقل می‌گردد. ورق‌های زیرسری و روسری باید با جوش شیباری تمام نفوذی به بال ستون جوش شوند. ورق زیرسری در کارخانه به ستون جوش می‌شود و امکان حصول جوش شیباری با $\phi = 1$ برای آن قابل انتظار است. لیکن ورق روسری در کارگاه به ستون جوش می‌شود و بهتر است برای این جوش از ضریب کیفیت 0.75 یا 0.85

⁴ - seated beam connections-unstiffened

استفاده نمود. در نتیجه عرض ورق روسری لازم است در محل اتصال به ستون افزایش یابد و در نتیجه ورق روسری به صورت کله گاوی درآید. ورق های مضاعف به منظور کاهش تنش برشی در چشمه اتصال و یا کاهش نسبت ارتفاع به ضخامت جان به کار گرفته می شود. فاصله این ورق نباید بیش از ۱/۵ میلی متر از جان ستون باشد و باید در طول لبه فوقانی و لبه تحتانی ورق با جوش گوشه با بعد حداقل مساوی ۵ میلی متر جوش شوند. این ورق ها باید با استفاده از جوش شیاری یا گوشه به منظور حصول مقاومت برشی ورق های مضاعف به بال ستون جوش شوند. در مقابل ورق های اتصال روسری و زیرسری باید ورق های پیوستگی که سطح مقطع آن ها کمتر از سطح مقطع بال های فوقانی و تحتانی تیر نباشد، نصب نمود. جوش ورق های پیوستگی باید قادر به انتقال نیروی بال از طریق ورق ها به طرف مقابل باشد. اگر شرایط زیر اقناع گردد، طبق آیین نامه نیاز به استفاده از سخت کننده (ورق های پیوستگی) در مقابل بارهای فشاری و کششی نیست، ولی به لحاظ رفتار لرزه ای، نصب ورق های پیوستگی در هر حال توصیه می شود.

-اتصالات صلب با جوش مستقیم تیر به ستون: یکی از روش های ایجاد اتصال صلب، جوش مستقیم تیر به ستون می باشد. این نوع اتصال نیاز به دقت خاصی در ساخت دارد و لازم است تیرها با اندازه ی بسیار دقیق در حد فاصل دو ستون بریده شده و لبه های بال های آنها به درستی یخ زده شده باشند و این اتصالات با اینکه صرفه جویی قابل ملاحظه ای در ساخت اتصالات به وجود می آورند، لیکن تجارب زلزله ای اخیر بیانگر رفتار نامناسب آنهاست. اتصال هر دو بال فوقانی و تحتانی تیر به ستون، به کمک جوش شیاری با نفوذ کامل انجام می شود، بنابراین نیازی به محاسبه ای خاص برای اتصال آنها نیست. جوش باید در تمام عرض بال با ضخامت کامل انجام شود. در انجام جوش شیاری بال تحتانی، در محل جان ناپیوستگی در انجام جوشکاری به وجود می آید و در نتیجه یک نقطه برای وجود عدم پیوستگی در جوش است. در صورت استفاده از این اتصال، توصیه می شود ضخامت بال در محل شیار به مقدار حدود ۳۵ درصد افزایش یابد.

-اتصالات صلب با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی: ترتیب اتصال بدین قرار است که ورق های زیرسری و روسری در کارخانه با استفاده از جوش شیاری تمام نفوذی به ستون جوش می شوند. در کارگاه در موقع نصب، تیر در حد فاصل ورق های زیرسری و روسری قرار گرفته و پیچ های اتصالی بسته می شوند.

-اتصال صلب با ورق سر(اتصال فلنجی): دو نوع از اتصالات فلنجی تیر به ستون با نام های چهارپیچه و هشت پیچه وجود دارد. اتصال چهارپیچه برای مقادیر کم لنگر خمشی و اتصال هشت پیچه برای مقادیر بزرگ لنگر خمشی مورد استفاده قرار می گیرند. اتصال تیر به ورق سر باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل در بال ها و جوش گوشه دوطرفه در جان به صورت تمام مقاومت انجام شود. استفاده از ورق تقویتی در بال و یا سخت کننده ی مثلی، قابل توصیه است. در این نوع اتصال پیچ ها باید از نوع پرمقاومت بوده و کاملاً سفت شوند. از هر دو نوع پیچ اتکایی و اصطکاکی می توان برای این نوع اتصال استفاده نمود. پیچ ها باید تحت اثر همزمان نیروی برشی و لنگر خمشی کنترل شوند. ورق سر ارجح است از فولاد ST37 باشد. تحت اثر زلزله، ممکن است حالت لنگر معکوس در اتصال به وجود آید که اتصال باید برای آن کنترل گردد. فاصله قائم پیچ ها از هم نیز نباید از سه برابر قطر اسمی تجاوز نماید که مقدار توصیه شده برای این فاصله نیز ۷۵ میلی متر است.

-اتصالات فلنجی در تیرهای مرتفع: در اتصال تیرهای با ارتفاع زیاد (تیرهای عمیق) به ستون ها (مثلاً در قاب های شیب دار - سوله) اغلب از اتصالات فلنجی استفاده می شود. با توجه به تعدد پیچ ها و ارتفاع قابل توجه ورق فلنج، استفاده از روابط مقاومت مصالح برای طراحی قابل قبول می باشد.

کار آزمایشگاهی

برای برآورد درصد گیرداری اتصالات جوشی متداول، انواع اتصالات در آزمایشگاه ساخته شد. برای ایجاد اتصال صلب پای ستون ها، دقیقاً مانند پی یک ساختمان، بتن ریزی انجام گرفت و با بکارگیری صفحه زیرستون و سخت کننده، این کار انجام شد. به دلیل اینکه دستگاه وارد کننده نیرو (جک هیدرولیکی)، نیرو را از پایین به تیر وارد می کرد، اتصالات به صورت برعکس زده شدند. به عنوان مثال به جای زدن لچکی در زیر تیرها، لچکی ها در بالا زده شدند. در مجموع ۶ نوع اتصال مختلف مدل شده و مورد آزمایش قرار گرفتند و درصد گیرداری اتصالات برآورد شدند که در اشکال ۱ تا ۴ مراحل کار آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۲- دستگاه جک هیدرولیکی مورد استفاده برای اعمال نیرو



شکل ۱- نمونه ای از اتصالات ساخته شده



شکل ۴-جوش ترک خورده بعد از اعمال بار



شکل ۳-چگونگی اعمال بار به نمونه‌ها

بررسی اثر گیرداری در نیروی uplift ستون‌های منتهی به بادبند

کار تحلیلی مورد نیاز در این مرحله توسط نرم افزار Etabs9 انجام شد. به منظور بدست آوردن نتایج در حالت کلی، ۳ قاب با پروفیل‌های تیر و ستون مختلف مدل شده و در هر کدام گیرداری اتصال تغییر داده شد تا اثر گیرداری در نیروی uplift برآورد شود. در برنامه Etabs، گیرداری اتصال با تعریف سختی فنر دورانی انجام می‌گیرد. سختی فنر در نظر گرفته شده برای هر اتصال نسبت به سختی فنر در حالت صلب به برنامه داده شده است. قاب‌ها تحت تاثیر نیروی جانبی قرار داده شدند و با تغییر گیرداری اتصال در هر مرحله، تحلیل صورت گرفته و نیروی Uplift تعیین شد. بعد از انجام تحلیل نتایج جدول زیر بدست آمد.

جدول ۱- نتایج تحلیل قاب‌ها

درصد کاهش نیروی uplift	نیروی uplift	میانگین گیرداری	گیرداری در مدل ۳	گیرداری در مدل ۲	گیرداری در مدل ۱	سختی فنر
صفر	۷۱۸۱/۳۳	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
۰/۰۵۴۶	۷۱۷۷/۴۱	۱/۷۳۳۳۳۳۳۳۳	۲/۱۰۴	۱/۷۹۵	۱/۳۰۱	۱۰۰۰
۰/۱۰۹	۷۱۷۳/۵	۳/۴۰۵	۴/۱۲۴	۳/۵۲۲	۲/۵۶۹	۲۰۰۰
۰/۴۳۴	۷۱۵۰/۱۳	۱۲/۳۳۰۶۶۶۶۷	۱۴/۶۷۸	۱۲/۷۴۳	۹/۵۴۱	۸۰۰۰
۱/۷۱۲	۷۰۵۸/۳۶	۳۵/۷۷۰۳۳۳۳۳	۴۰/۷۶۲	۳۶/۸۷۶	۲۹/۶۷۳	۳۲۰۰۰
۳/۳۶	۶۹۴۰/۰۷	۵۲/۸۰۵	۵۸/۷۶۴	۵۳/۸۸۵	۴۵/۷۶۶	۶۴۰۰۰
۶/۴۶۹	۶۷۱۶/۷۴	۶۸/۷۲۶	۷۳/۳۵۳	۷۰/۰۳۲	۶۲/۷۹۳	۱۲۸۰۰۰
۱۱/۹۹۷	۶۳۱۹/۸۱	۸۱/۳۸۲	۸۴/۶۲۷	۸۲/۳۷۴	۷۷/۱۴۵	۲۵۶۰۰۰
۲۰/۷۵۳	۵۶۹۰/۹۶	۸۹/۷۰۲۳۳۳۳۳	۹۱/۶۷۲	۹۰/۳۳۷	۸۷/۰۹۸	۵۱۴۰۰۰
۲۷/۲۹	۵۲۲۱/۵۷	۹۲/۸۸۰۳۳۳۳۳	۹۴/۲۸۹	۹۳/۳۴	۹۱/۰۱۲	۷۶۸۰۰۰
۳۹/۵۷۱	۴۳۳۹/۶۴	۹۶/۳۰۴	۹۷/۰۶۲	۹۶/۵۵۵	۹۵/۲۹۵	۱۵۳۶۰۰۰
۵۰/۸۵۳	۳۵۲۹/۴	۹۸/۱۱۴	۹۸/۵۰۶	۹۸/۲۴۶	۹۷/۵۹	۳۰۷۲۰۰۰
۵۹/۲۴۸	۲۹۲۶/۵۶	۹۹/۰۴۷۳۳۳۳۳	۹۹/۲۴۶	۹۹/۱۱۶	۹۸/۷۸	۶۱۴۴۰۰۰
۶۴/۵۷	۲۵۴۴/۳۲	۹۹/۵۲۱	۹۹/۶۲۳	۹۹/۵۵۴	۹۹/۳۸۶	۱۲۲۸۸۰۰۰
۶۷/۶۰۹	۲۳۲۶/۱۴	۹۹/۷۵۸۶۶۶۶۷	۹۹/۸۰۹	۹۹/۷۷۵	۹۹/۶۹۲	۲۴۵۷۶۰۰۰



همانطور که در جدول بالا دیده می‌شود برای درصد گیرداری زیر ۸۵٪، میزان تاثیر گیرداری اتصال در کاهش نیروی uplift ستون‌ها کم بوده و قابل چشم‌پوشی است. در حالی که برای گیرداری بالا ۸۵٪، نیروی uplift تا یک سوم مقدار آن در قاب با اتصال ساده نیز کاهش می‌یابد. بنابراین در سازه‌هایی که از اتصال گیردار استفاده شده است، می‌توان نیروی uplift را به اندازه نیم تا دوسوم نیروی uplift بوجود آمده در سازه با اتصال ساده کاهش داد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله با انجام مطالعات آزمایشگاهی و تحلیلی بر روی اتصالات به کار رفته در سازه‌های فولادی نهایتاً به این نتیجه رسیده شد که اثر گیرداری اتصالات ساده و نیمه صلب در روی نیروی uplift قابل چشم‌پوشی است ولی در سازه‌ها با اتصالات گیردار، نیروی uplift ایجاد شده در ستون‌های منتهی به بادبند به اندازه ۵۰٪ تا ۶۷٪ نسبت به سازه با اتصال ساده کاهش می‌یابد و نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

مراجع

۱. "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله"، ۱۳۸۴، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم
۲. "آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی"، ۱۳۸۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور