



گواهینامه

نویسندگان گرامی:

جناب آقای اسرار خانم: محمدجمال در محمدی طوسی، منصور قلعه نوی، مسعود ریاضی مظلومی
بدین وسیله گواهی می شود مقاله شما با کد ۱۰۵۳۹ و با عنوان:

«بررسی رفتار اتصالات در تراز فونداسیون»

در اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت ها که در تاریخ ۵ و ۶ آبان ۱۳۸۸ در محل دانشکده فنی دانشگاه تهران برگزار شد، توسط کمیته علمی کنفرانس مورد پذیرش واقع شده و ضمن درج در مجموعه مقالات، به صورت پوستری در کنفرانس ارائه شده است.
از درگاه یزدان پاک توفیق روزافزون جنابعالی را در عرصه علمی علم و عمل مسألت می نمایم.

دکتر مسعود تائبش

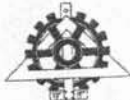
مدیر قطب علمی مهندسی و مدیریت زیرساخت ها - دانشگاه تهران
و رئیس کنفرانس

**THE FIRST NATIONAL CONFERENCE
ON ENGINEERING AND MANAGEMENT OF INFRASTRUCTURES**

WWW.NCEMI.IR

CERTIFICATE

مهری برگزاری، گروه بین المللی راهبران



بررسی رفتار اتصالات در تراز فونداسیون

محمد جمال درمحمدی طوسی

Mjdt.civil@yahoo.com

منصور قلعه نوی

ghalehnovi@yahoo.com

مسعود ریاضی مظلومی

Riyazi_1@yahoo.com

چکیده

در این مقاله به بررسی رفتار لرزه ای اتصالات صفحات بادبندی در تراز فونداسیون پرداخته شده است. رفتار لرزه ای این اتصالات با استفاده از نرم افزار ANSYS به صورت غیرخطی تحلیل و نقاط بحرانی تنش و تغییر مکان و..... در آنها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس با استفاده از نتایج بدست آمده از تحلیل غیرخطی فوق که شامل ظرفیت خمشی، تغییر مکان و اثر اشکالات موجود در جوش اتصال بر روی ظرفیت باربری این اتصالات راهکارهایی جهت بهبود رفتار اتصال پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی

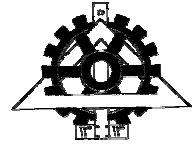
رفتار لرزه ای اتصالات، رفتار غیرخطی، ANSYS، صفحات بادبندی



قطب علمی مهندسی و
مدیریت زیرساختها

مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساختها

دانشکده فنی دانشگاه تهران - آبان ماه ۱۳۸۸



پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی عمران

بررسی رفتار اتصالات در تراز فونداسیون

محمد جمال درمحمدی طوسی

Mjdt.civil@yahoo.com

منصور قلعه نوی^۱

ghalehnovi@yahoo.com

مسعود ریاضی مظلومی^۲

Riyazi_1@yahoo.com

چکیده

در این مقاله به بررسی رفتار لرزه ای اتصالات صفحات بادبندی در تراز فونداسیون پرداخته شده است. رفتار لرزه ای این اتصالات با استفاده از نرم افزار ANSYS به صورت غیرخطی تحلیل و نقاط بحرانی تنش و تغییر مکان و..... در آنها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس با استفاده از نتایج بدست آمده از تحلیل غیرخطی فوق که شامل ظرفیت خمشی، تغییر مکان و اثر اشکالات موجود در جوش اتصال بر روی ظرفیت باربری این اتصالات راهکارهایی جهت بهبود رفتار اتصال پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی:

رفتار لرزه ای اتصالات، رفتار غیرخطی، ANSYS، صفحات بادبندی

۱ - استادیار گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

۲ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۱. مقدمه

بعلت رفتار پیچیده ورق اتصال در قابهای با بادبندهای هم محور (CBF) روشهای طراحی اتصالات در این ورق ها به شکل گسترده ای ساده سازی شده اند. با وجود اینکه کفایت این روش ها به اثبات رسیده است اما به نظر می رسد که ضریب اطمینان مرتبط با مورد استفاده آنها بسیار متغیر است. تاکنون تمرکز اصلی تحقیقات انجام شده در زمینه ورق های اتصال بر روی نحوه توزیع تنش الاستیک یا رفتار غیر الاستیک ورق های اتصال تحت اثر بار های یکنواخت در کشش بوده است. همچنین چندین مطالعه بر روی رفتار قاب ها با بادبندی هم محور تحت اثر بارهای فشاری و چرخه ای انجام گرفته است که در قسمت پیشینه به معرفی آنها پرداخته می شود. با این حال تاکنون در مورد تأثیر طول جوش افقی در ورقهای اتصال بادبند به کف ستون انجام نشده است. در بسیاری موارد بعلت کوچک بودن کف ستون طول جوش افقی ورق اتصال به کف ستون بسیار کوتاه بوده بطوریکه عملاً نقشی در تحمل بارهای وارده نداشته و طراحان با افزایش طول جوش عمودی ورق اتصال به ستون سعی در جبران این نقیصه دارند. در این پژوهش با افزودن یک ورق متناسب با طول جوش افقی مورد نیاز سعی در برطرف کردن این ایراد و بهبود عملکرد ورق اتصال بادبند به کف ستون و در نهایت قاب مهاربندی شده گشته است [۵].

۲. تحقیقات انجام شده

اکثر قاب های مهاربندی شده با بادبند هم محور جهت پخش انرژی از طریق تسلیم یا کمانش اعضای یادبندی طراحی شده اند. این روش ها بر مبنای فلسفه طراحی بر اساس ظرفیت استوار می باشند. اخیراً یکسری مطالعات و آزمایشات در دانشگاه آلبرتا انجام شده است تا رفتار چرخه ای و فشاری اتصالات ورقهای اتصال را بررسی نمایند [۵]. ازجمله تحقیقات اولیه که در رابطه با رفتار ورق های اتصال تحت بارهای یکنوا انجام گرفته اند می توان به کارهایی که در حوزه ارتجاعی بوسیله ویتمور بر روی ورق متداول در پل های خرابی از نوع وارن، ایروان و بر روی اتصال با ورق دویل خرابی پرات و هاردین [۲] و واسارلی [۲] انجام شده اند اشاره کرد. چاکرابارتی و هارداش - ژوهارد به رفتار غیر ارتجاعی اتصالات با ورق تحت بارهای یکنوا پرداخته اند [۲]. از نتایج کارهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی دیگری که انجام دادند یک مدل برش قطعه ای برای تخمین ظرفیت نهایی اتصال با ورق تحت بارگذاری کششی ارائه نموده اند.

تورنتون یک روش کران پائین برای تعیین مقاومت فشاری اتصالات با ورق ارائه نمود [۴]. به صورتی که در این روش فرض می شود نیروی فشاری در ورق اتصال به وسیله ستون فرضی ای تحمل می شود که در بین انتهای بادبند و لبه های تیروستون متقاطع واقع است. روش پیشنهادی تورنتون برای محاسبه ظرفیت کمانش ارتجاعی متعاقباً برای در بر گرفتن اثرات غیر ارتجاعی نیز توسعه داده شد [۲]. این کار با استفاده از ستون فرضی تورنتون و معادلات طراحی ستون انجام شد. بار کمانشی که بدینسان بدست می آید با بار جاری شدگی ای که با استفاده از روش عرض موثر ویتمور بدست می آید محدود می شود.

هو و چنگ یک تحقیق آزمایشگاهی و عددی بر روی رفتار کمانشی اتصالات با ورق که تحت بارهای فشاری یکنوا قرار داده می شدند انجام دادند [۵]. برنامه آزمایشگاهی آنها بر روی اثرات ضخامت ورق، هندسه، شرایط مرزی و خروج از مرکزیت متمرکز بود. کار هو و چنگ نشان داد که کمانش ورق های نازک در باری بسیار پائین تر از بار تسلیمی اتفاق می افتد که با استفاده از روش ویتمور به دست می آید. در حالت کلی بسته به نوع شرایط گیرداری خارج از صفحه ای که مهاربند ایجاد می کرد هم کمانش موضعی و هم کمانش کلی مشاهده شد. تحلیل های عددی بیشتر نشان داد



افزایش سختی وصله بین ورق اتصال و بادبند منجر به افزایش مقاومت کمانشی ورق اتصال می شود. آنها پیشنهاد کردند که اتصالات با ورق از این نوع بایستی به گونه ای طراحی شوند که فاصله بین انتهای ورق وصله و لبه های اعضای افقی و عمودی قاب به حداقل برسد.

یام و چنگ ملاحظه اثرات ضخامت و اندازه ورق اتصال زاویه بادبند شرایط گیرداری خارج از صفحه باد بند ممان های خمشی مود در اعضای قاب و برون محوری خارج از صفحه بار وارده در مهاربند را بر روی رفتار و مقاومت ورق های اتصال تحت بار فشاری مورد بررسی قرار دادند نمونه های آزمایشگاهی ای که آنها استفاده شده توسط هو و چنگ بزرگتر بوده و در نتیجه رفتار غیر ارتجاعی بیشتری داشتند یام و چنگ ملاحظه نمودند که ظرفیت فشاری نمونه های ورق اتصال تقریباً نسبت مستقیم با ضخامتشان دارند ممان خمشی موجود در تیر و ستون مجاور در حوزه مورد مطالعه اثر چندانی بر ظرفیت فشاری ورق نداشتند همچنین نتایج بررسی های آنها نشان داد روش پیشنهادی تورنتون برای تخمین ظرفیت ورق های اتصال محافظه کارانه است [۶].

جین و همکاران اثرات سختی خمشی ورق اتصال و طول بادبند را بر روی رفتار چرخه ای اعضا باد بند مورد بررسی قرار دادند. اگر چه عملکرد بادبند موضوع اصلی این تحقیق بود لکن سه عدد ورق اتصال مختلف در کنار طور های مختلف بادبند ها مورد آزمایش قرار گرفت از ۱۴ نمونه آزمایش شده هیچ کدام برای حالتی که ورق اتصال مقاومت تسلیم کمتری از بادبند داشته باشد طراحی نسدند جین و همکاران نیجه گرفتند مه افزایش سختی خمشی ورق اتثال به مقداری بزرگتر از بادبند مزیت چندانی ندارد لیکن آنها متوجه شدند که افزایش سختی خمشی ورق اتصال (تا سختی خمشی باد بند) در حالت کلی منجر به کاهش در طول موثر بادبند می شود و این موضوع دقیقاً منجر به بهبود عملکرد چرخه ای عضو مهاری می شود [۵].

آستانه اصل و همکاران رفتار چرخه ای باد بند هایی متشکل از جفت نبشی پشت به پشت متصل به ورق اتصال را مطالعه نمودند. موضوع اصلی کار آنها نیز رفتار بادبند بود کمانش خارج از صفحه و داخل صفحه باد بند ها مورد مطالعه قرار گرفت. کاهش قابل ملاحظه ظرفیت و رفتار ترد ورق های اتصال در برخی از نمونه های آنها ملاحظه شد برای جلوگیری از این رفتار ترد آنها پیشنهاد کردند در بین انتهای بادبند و خطی که انتقال اتصال ورق به اعضای قاب را به هم وصل می کند یک طول کمانش آزاد به اندازه دو برابر ضخامت ورق اتصال ایجاد شود [۲].

والبریچ و همکاران [۵] مطالعه ای عددی بر روی رفتار اتصالات با ورق تحت بارهای چرخه ای با ساخت تعدادی نمونه های عددی در محیط نرم افزار ABAQUS انجام دادند آنها برای صحت سنجی مدل های خود برای حالت بارگذاری یکنوا از نتایج بدست آمده از آزمایشات یام و چنگ و برای حالت بارگذاری چرخه ای از نتایج کار رابینویچ و چنگ استفاده کردند. در این تحقیق عواملی مانند ضخامت ورق، هندسه ورق، اعضای قاب، رفتار غیر خطی مصالح، عیوب اولیه قطعات، لغزش پیچ ها و شرایط مرزی بررسی شدند.

در تحقیقی که توسط دکتر آقا کوچک و آرش قلمی فرد انجام گرفت رفتار ورق های اتصال با استفاده از نرم افزار Ansys تعدادی مدل با لحاظ نمودن اثر سختی اعضای قاب، رفتار غیر خطی مواد و اشکالات اولیه قطعات ساخته شد و مطالعه پارامتریکی جهت بررسی انرکنش ورق اتصال و مهاربند تحت بارهای چرخه ای و تأثیر ضخامت ورق اتصال، سختی مهاربند و اعضای قاب انجام گرفت [۱]. نتایج این تحقیق نشان دادند که مکانیسم خرابی حاکم در کشش در هر دو صورت جاری شدگی ورق و جاری شدگی بادبند تأثیر چندانی بر عملکرد اتصال در بازه تغییر شکل های مطالعه

شده ندارد و کمانش ورق اتصال منجر به کاهش کمی در ظرفیت فشاری اتصال می گردد. همچنین در این حالت اتصال عملکرد پایدار تری دارد.

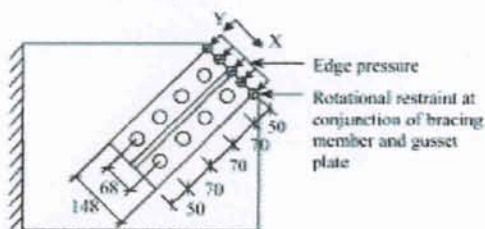
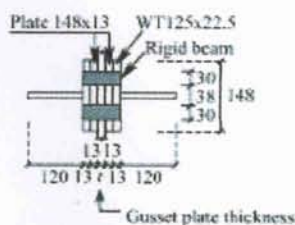
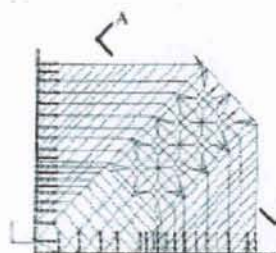
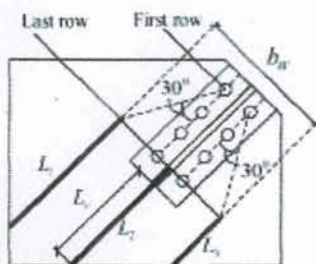
۳. مدل سازی اجزا محدود

جهت مدل سازی و بررسی تأثیر افزایش طول جوش افقی ورق اتصال بابدند به کف ستون، که با استفاده از یک ورق که در کنار کف ستون قرار گرفته و باعث افزایش طول جوش افقی می گردد، نرم افزار Ansys مورد استفاده قرار گرفته است. در ابتدا جهت صحت سنجی مدل سازی انجام شده، مدل ساخته شده توسط یام و چنگ [۷] و شنگ و یام [۳]، در نرم افزار مدل شده و تحت بارگذاری فشاری یکنواخت قرار گرفته است و نتایج حاصله با نتایج مدل یام و چنگ مقایسه گشته است. در ادامه دو مدل که مشخصات آنها در ادامه خواهد آمد مدل سازی، تحلیل و نتایج آنها مورد بررسی قرار گرفته اند.

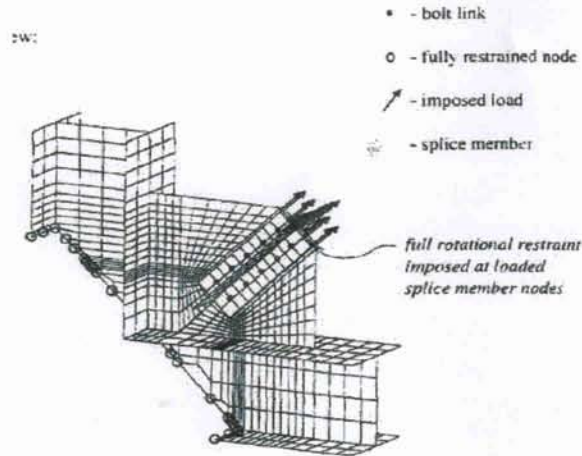
۳.۱. صحت سنجی مدل اجزا محدود

جهت اطمینان از نحوه مدل سازی و نتایج بدست آمده از مدل آزمایشگاهی یام و چنگ GP۱ (شکل ۱) با مشخصات زیر و مدل سازی آنها (شکل ۲) استفاده گردیده است.

مدل	اندازه ورق اتصال (mm)	ضخامت ورق (mm)	زاویه بابدند (درجه)	بار نهایی (KN)
GP۱	۵۰۰×۴۰۰	۱۳/۳	۴۵	۱۹۵۶

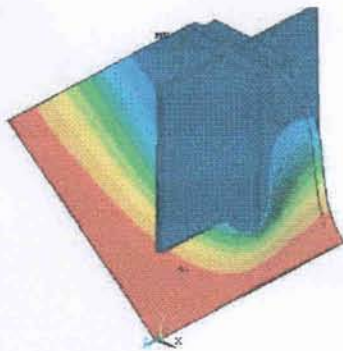


شکل ۱: مدل آزمایشگاهی انجام شده توسط یام و شنگ [۳]

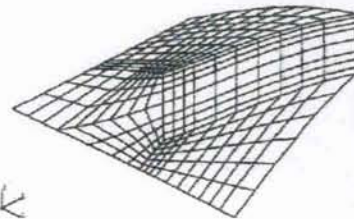


شکل ۲: مدل انجام شده در ABAQUS توسط یام و شنگ [۳]

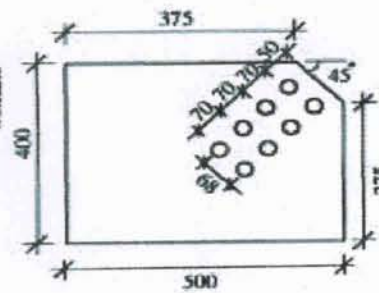
جهت مدلسازی مدل GP۱ در نرم افزار ANSYS از المان SHELL۴۳ استفاده شده است (شکل ۳). در شکل ۴ نتیجه بدست آمده از آنالیز با نتیجه بدست آمده از مدل شنگ و یام مقایسه گردیده است.



ج

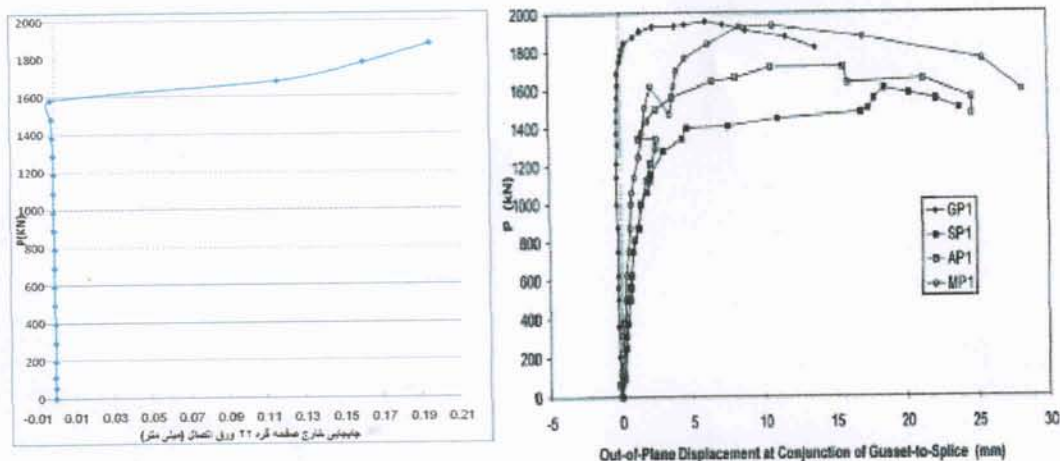
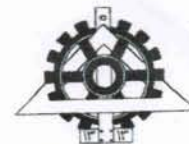


ب



الف

شکل ۳: الف - مدل GP۱ انجام شده در ANSYS در این مقاله، ب - تغییر شکل مدل نرم افزاری یام و شنگ [۳].
ج - تغییر شکل مدل تحلیل شده در این مقاله



شکل ۴: مقایسه نمودار جابجایی خارج از صفحه مدل شنگ و بام [۳] و مدل انجام شده در این مقاله

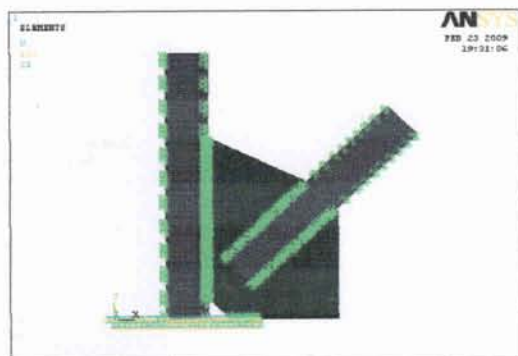
همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می گردد با توجه به دو نمودار نشان داده شده ، بار نهایی وارده به ورق اتصال در هر دو مدل بسیار نزدیک به یکدیگر و حدود ۱۸۷۰ کیلو نیوتن بوده و بدین ترتیب صحت مدلسازی و تحلیل مشخص می گردد.

۲,۳. مدلسازی و تحلیل مدل های با کف ستون اصلاح شده

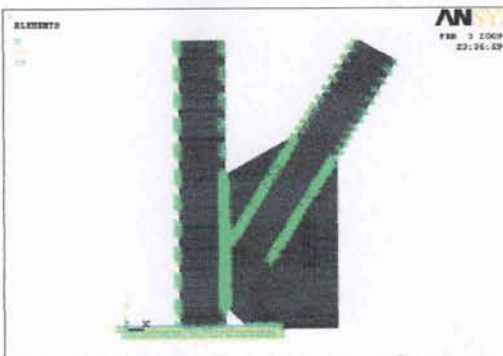
جهت بررسی نقش ورق کمکی بعنوان افزاینده طول جوش افقی ورق اتصال به کف ستون دو مدل بدون افزودن ورق کمکی با زوایای بادبند ۴۵ درجه و ۶۰ درجه و دو مدل با افزودن ورق کمکی با زوایای ۴۵ درجه و ۶۰ درجه در نرم افزار ANSYS مدل و تحلیل شده اند. مشخصات مشترک مدل ها به صورت زیر می باشد.

مدل	ستون	بادبند	زاویه بادبند با افق	کف ستون (cm)	ضخامت ورق اتصال بادبند (cm)
۶۰d و ۴۵d	۳IPE۱۴۰	۲UNP۱۴۰	۴۵ و ۶۰ درجه	۵۰×۵۰×۲/۵	۱/۶

در مدل های اصلاح شده ۴۵dm و ۶۰dm یک ورق کمکی جهت تأمین طول جوش افقی در کنار کف ستون قرار گرفته است که باعث امتداد جوش افقی ورق اتصال به کف ستون به اندازه مورد نیاز می شود. جهت مدلسازی و تحلیل مدل های فوق از المان SHELL۴۳ برای ورق ها و اعضای بادبندی و ستون و از المان SOLID۹۵ (Prism case) برای مدل کردن جوش ورق اتصال به کف ستون و ستون استفاده شده است. در شکل های ۵ و ۶ مدل های مذکور نشان داده شده اند.

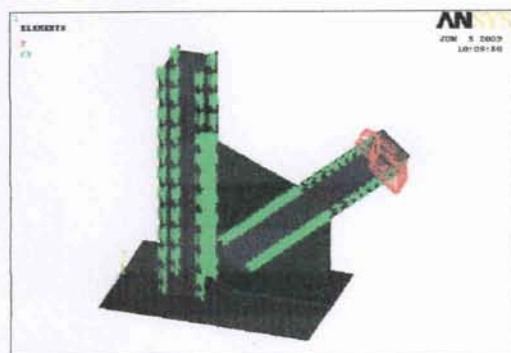


ب

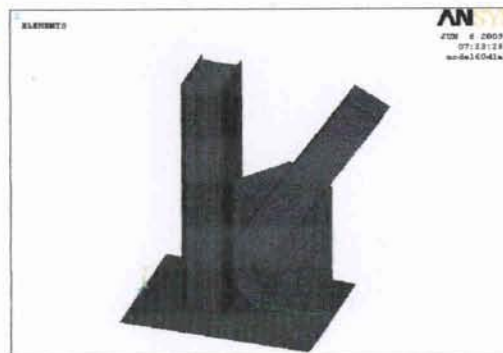


الف

شکل ۵: الف - مدل ۶۰d بادبند با زاویه ۶۰ درجه، ب - مدل ۴۵d بادبند با زاویه ۴۵ درجه



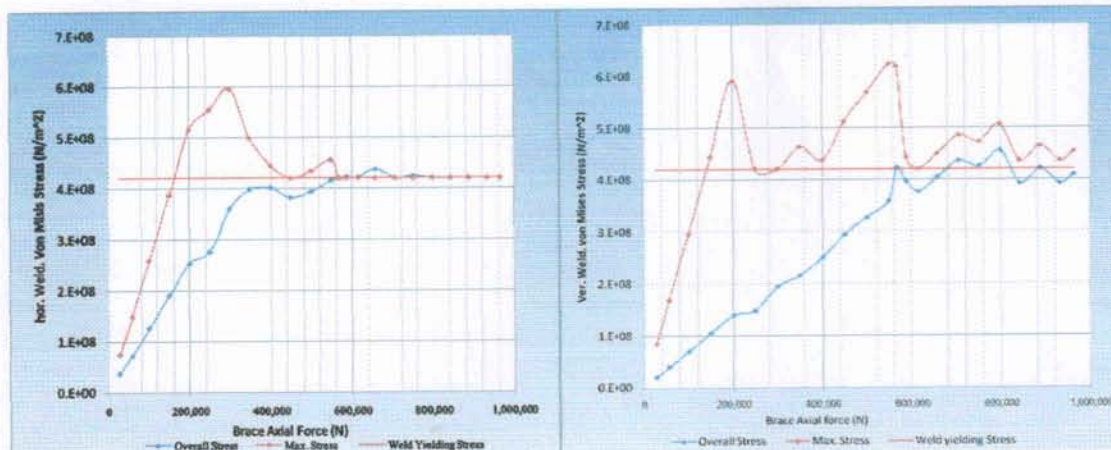
ب



الف

شکل ۶: الف - مدل ۶۰dm بادبند با زاویه ۶۰ درجه و ورق کمکی کف ستون، ب - مدل ۴۵dm بادبند با زاویه ۴۵ درجه و ورق کمکی کف ستون

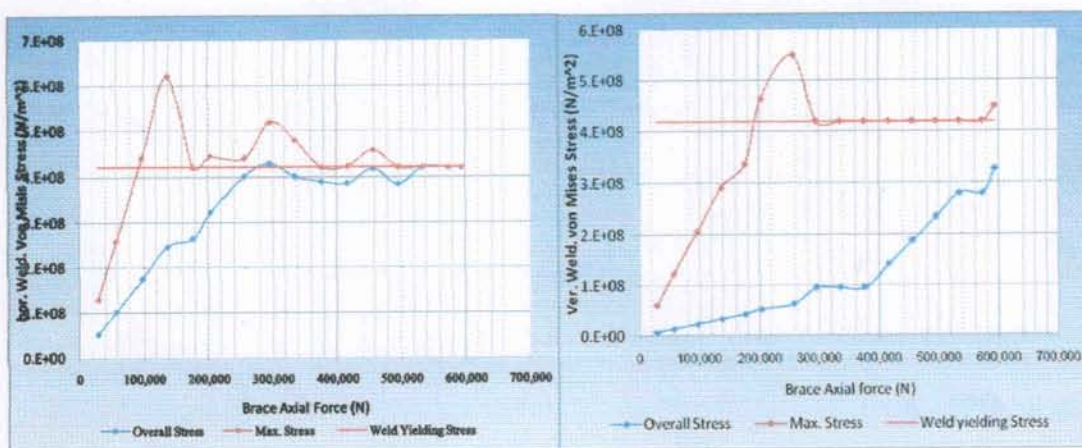
پس از مدل سازی، چهار مدل فوق تحت بارگذاری فشاری یکنواخت قرار گرفته و نتایج آن در شکل های ۷ الی ۱۰ ارائه شده است. این نتایج شامل تنش های فون مایسز در جوش های افقی و قائم هر چهار مدل می باشد. تنش ها به دو صورت کلی و ماکزیموم نشان داده شده اند که تنش کلی بیانگر تنش حاکم در جوش و تنش ماکزیموم نشان دهنده تنش موضعی ماکزیموم می باشد.



ب

الف

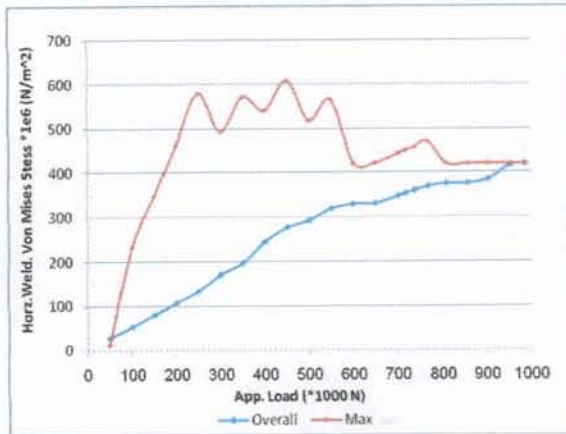
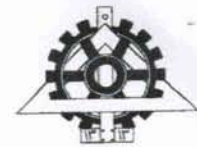
شکل ۷: الف - نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در جوش قائم ورق اتصال مدل ۶۰d، ب - نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در افقی ورق اتصال مدل ۶۰d.



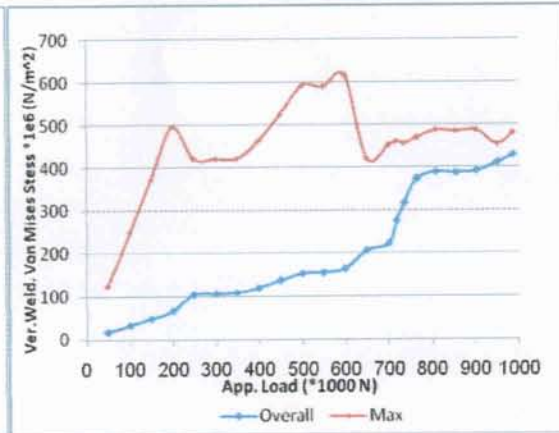
ب

الف

شکل ۸: الف - نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در جوش قائم ورق اتصال مدل ۴۵d، ب - نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در افقی ورق اتصال مدل ۴۵d.

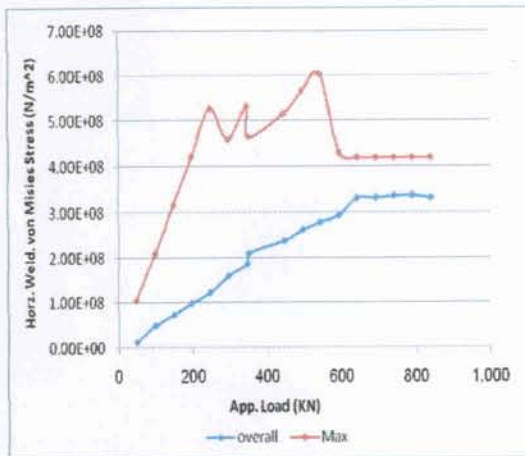


ب

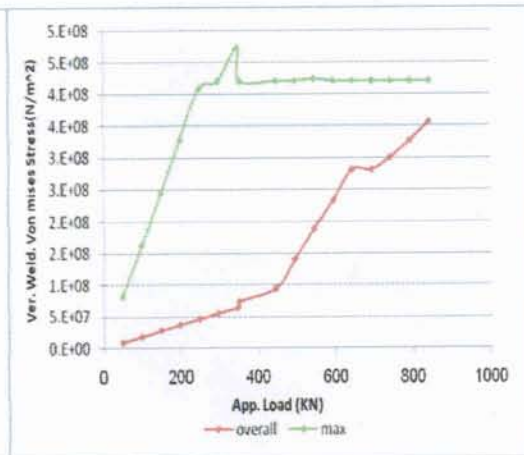


الف

شکل ۹: الف - نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در جوش قائم ورق اتصال مدل ۶۰dm، ب- نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در افقی ورق اتصال مدل ۶۰dm



ب



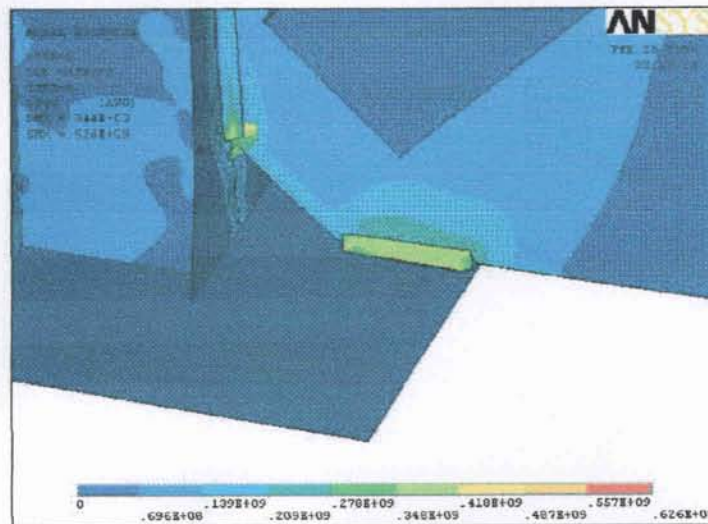
الف

شکل ۱۰: الف - نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در جوش قائم ورق اتصال مدل ۴۵dm، ب- نمودار تنش فون مایسز کلی و ماکزیموم در افقی ورق اتصال مدل ۴۵dm

۴. بررسی نتایج

همانگونه که از نمودار های شکل ۷ که مربوط به مدل با زاویه بادبند ۶۰ درجه و بدون ورق کمکی می باشد مشاهده می گردد در حالیکه بار نهایی که مدل ها برای آن بار طراحی گشته اند حدود ۱۰۰۰ کیلو نیوتن می باشد اما تنش کلی در جوش افقی در بار حدود ۶۰۰ کیلو نیوتن به حد تسلیم رسیده ولی جوش قائم تا حدودی قادر به تحمل بار وارده می باشد اما پس از تسلیم کامل جوش افقی جوش قائم نیز ظرفیت لازم جهت تحمل بارهای وارده را ندارد.

این امر نشانگر این امر است که عملاً افزایش طول جوش قائم بعلت کوتاهی طول جوش افقی نمی تواند باعث افزایش باربری سیستم گردد. با کاهش زاویه بادبند از ۶۰ درجه به ۴۵ درجه و افزایش مولفه افقی بار وارده ، مشاهده می گردد که جوش افقی به سرعت در بار حدود ۳۰۰ کیلو نیوتن به حد تسلیم رسیدها ما مشاهده می گردد که تنش در جوش قائم بسیار کمتر از حد تسلیم می باشد (شکل ۸). این امر بعلت طرح صحیح جوش قائم نمی باشد بلکه ناشی ترکیب تنشهای برشی جوش قائم با تنش نرمال در آن، که ناشی از مولفه افقی بار وارده به سیستم می باشد، بوده که این امر باعث اعمال بار فشاری غیر منتظره به بال و جان ستون در پایین ترین نقطه اتصال ورق بادبند به ستون و در نتیجه تسلیم آن گشته است (شکل ۱۱). اما با افزودن ورق کمکی به ورق کف ستون و افزایش طول جوش افقی مورق اتصال به کف ستون همانگونه که انتظار می رفت توزیع تنشها در جوش ها به شکل منطقی انجام شده و باعث افزایش ظرفیت باربری سیستم گشته است. همانطور که در شکل ۹ مشاهده می گردد جوش افقی در نزدیکی بار نهایی در بار حدود ۹۳۰ کیلو نیوتن به حد تسلیم رسیده در عین حال تنش در جوش قائم نیز به شکل منطقی تا همان بار حدود ۹۳۰ کیلو نیوتن قابلیت باربری خود را حفظ نموده است که نشانگر بهبود چشمگیر عملکرد جوش افقی و در نتیجه کل سیستم شده است. در شکل ۱۰ نیز همین بهبود عملکرد مشاهده می گردد با این تفاوت که قبل از رسیدن به بار نهایی جان ستون بر اثر بار وارده تسلیم گشته که این امر بر اثر تمرکز تنش در نقطه پائینی محل اتصال ورق اتصال به ستون رخ داده است. این مشکل در هر دو مدل با زاویه ۴۵ درجه قابل مشاهده است که علت آن برش گوشه ورق اتصال جهت اجرای اتصال نیشی پای ستون به کف ستون و در نتیجه تمرکز تنش در پایین ترین نقطه اتصال ورق اتصال به ستون می باشد. بدین ترتیب می توان نتیجه گرفت در صورت رفع این برش با در نظر گرفت تمهیدات خاص می توان از تمرکز تنش در این محل جلوگیری کرده و امکان عملکرد مناسب به سیستم داده شود.



شکل ۱۱- خرابی جان و بال ستون در محل اتصال به ورق اتصال در مدل Fsd



۵. نتیجه گیری

با توجه به موارد ذکر شده در قسمت های قبل می توان نتیجه گیری کرد:
در قاب هایی که بعلت کوچکی کف ستون امکان تأمین طول جوش افقی ورق اتصال بادبند به کف ستون وجود ندارد افزایش طول قائم به تنهایی نمی تواند کاهش طول جوش افقی را جبران نماید
با افزودن ورق کمکی به کف ستون جهت تأمین طول جوش افقی کافی جهت اتصال ورق اتصال بادبند له کف ستون می توان بهبود چشمگیری در رفتار قاب در مقابل بار وارده مشاهده کرد که این امر ناشی از توزیع مناسب تنش ها در جوش های افقی و قائم می باشد.
ایجاد برش در گوشه ورق اتصال جهت اجرای اتصالات پای ستون باعث افزایش تمرکز تنش در محل اتصال ورق اتصال بادبند به ستون گشته در نتیجه باعث تسلیم پیش از موعد بال و جان ستون می گردد که باعث نقص در عملکرد کلی قاب می گردد.

منابع و مراجع

- [۱] آقا کوچک، علی اکبر و قلمی فرد، آرش؛ بررسی رفتار ورق های اتصال و مهاربندی فولادی همگرا تحت اثر بارهای یکنوا و چرخه ای، مجموعه مقالات چهارمین کنگره ملی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ماه ۱۳۸۷.
- [۲] Astaneh-Asl, A., *Seismic behavior and design of gusset plates in steel technical information and product services (Steel TIPS) report*. Moraga, CA: Structural Steel Educational Council, ۱۹۹۸
- [۳] Sheng, N., Yam, C.H. and lu, V.P., *Analytical investigation and design of the compression strength of steel gusset plate connections*, *Journal of construction steel research*, Vol. ۵۸ Issue ۱۱, ۲۰۰۲, pp. ۱۴۳۷-۱۴۹۳.
- [۴] Thornton, W.A., *Bracing connection for heavy construction*, *AISC Engineering Journal*, Vol. ۲۱, Issue ۳, ۱۹۸۴, pp. ۱۳۶-۱۴۸
- [۵] Walbridge, S.S., Grondin, G.Y. and Cheng, J.J.R., *An analysis of the cyclic behavior of steel gusset plate connections*, *Structural Engineering Report No. ۲۲۵ Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alta, ۱۹۹۸*
- [۶] Yam, C.H. and Cheng, J.J.R., *Experimental investigation of the compressive behavior of gusset plate connections*, *Structural Engineering Report No. ۱۹۷, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alta, ۱۹۹۳*.
- [۷] Yam, C.H. and Cheng, J.J.R., *behavior and design of gusset plate connections*, *Journal of construction steel research*, Vol. ۵۸ Issue ۵-۸, ۲۰۰۲, pp. ۱۱۴۴-۱۱۵۹