

بررسی توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT پل‌های خرپائی

رسول باقری

مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمی

محمد علی لطف‌اللهی یقین

دانشیار گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه

حمید احمدی

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

(تاریخ دریافت مقاله: تاریخ پذیرش مقاله:)

چکیده

تاکنون پروژه‌های تحقیقاتی متعددی در مورد محاسبه ضرایب تمرکز تنش (SCF) در انواع مختلف اتصالات لوله‌ای صورت گرفته است. نتایج اکثریت قریب به اتفاق این تحقیقات روی تعیین مقدار SCF در نقاط Crown و Saddle متمرکز بوده و بررسی توزیع تنش در امتداد محل تقاطع اعضای اصلی و مهار و تعیین موقعیت تنش بحرانی (HSS) در امتداد پنجه جوش کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. با این وجود، تعیین توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش برای تخمین محل ایجاد ترک‌های سطحی ناشی از خستگی، تخمین عمر خستگی اتصال و تعیین عمر باقی مانده اتصالات ترک خورده از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقاله، اثر پارامترهای هندسی بی-بعد شامل β ، γ ، τ و θ روی توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT تحت اثر بار متعادل محوری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش و همچنین موقعیت تنش بحرانی (HSS) تابعی از مقادیر این پارامترهای بی‌بعد هستند. گرچه افزایش پارامتر τ و γ مقادیر SCF را به طور قابل ملاحظه‌ای متأثر می‌سازد، ولی بر شکل توزیع تنش حول پنجه جوش تأثیر قابل توجهی ندارد. با افزایش β مقدار SCF در نقاط Crown و Saddle کاهش می‌یابد. علت را می‌توان افزایش سختی اتصال در اثر افزایش β دانست. تغییر در پارامتر θ در اکثر موارد تأثیر کمی بر افزایش یا کاهش مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش داشته و شکل توزیع تنش در امتداد پنجه جوش را چندان متأثر نمی‌سازد. با افزایش پارامتر θ مقدار ضرایب تمرکز تنش در تمام نقاط حول پنجه جوش افزایش می‌یابد.

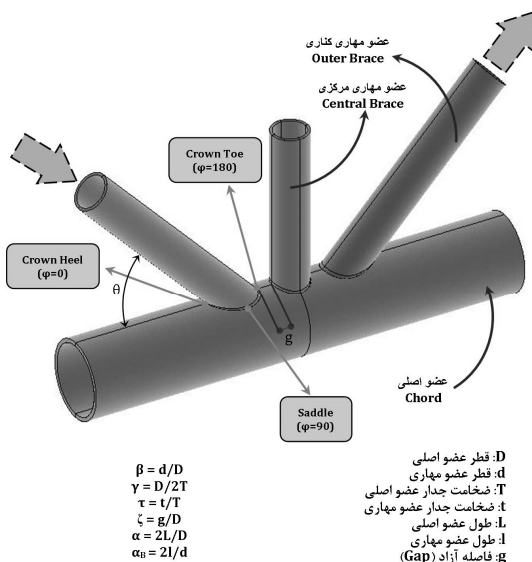
کلمات کلیدی: پل خرپائی متشکل از اعضای لوله‌ای، خستگی، مکانیک شکست، اتصال لوله‌ای KT، ضریب تمرکز تنش (SCF)

۱- مقدمه

تخمین زده می‌شود، محدوده تنش بحرانی با استفاده از پارامتری که ضریب تمرکز تنش (SCF) نامیده می‌شود قابل تعیین است. این ضریب نسبت تنش واقعی در محل اتصال به تنش اسمی در عضو مهار بارگذاری شده است. تاکنون مطالعات و پژوهش‌های زیادی در مورد محاسبه ضرایب تمرکز تنش در انواع مختلف اتصالات لوله‌ای صورت گرفته است و ضرایب تمرکز تنش در محدوده جوش با استفاده از

گسیختگی ناشی از خستگی یکی از مدهای گسیختگی بسیار متداول در اتصالات لوله‌ای مورد استفاده در سازه‌های مهندسی از جمله پل‌های خرپائی متشکل از المان‌های لوله‌ای می‌باشد. جهت ارزیابی عمر خستگی تقریبی این سازه‌ها، معمولاً از منحنی‌های S-N استفاده می‌شود. در این روش، تعداد سیکل‌های بارگذاری قابل تحمل توسط سازه پیش از گسیختگی با توجه به محدوده تنش بحرانی مربوطه

این شکل دیده می‌شود، هر اتصال لوله‌ای از یک عضو اصلی (Chord) و یک یا چند عضو مهاریه (Brace) تشکیل می‌شود. قطر، ضخامت و طول عضو اصلی به ترتیب با D ، T و L نشان داده می‌شوند و قطر، ضخامت و طول عضو مهاریه به ترتیب با d ، t و L نشان داده می‌شوند.



شکل ۱- تعاریف متداول در یک اتصال لوله‌ای KT تک صفحه‌ای تحت بار متعادل محوری

در امتداد محل تقاطع اعضای اصلی و مهاریه در یک اتصال لوله‌ای، سه نقطه وجود دارد که مطالعات مربوط به تعیین ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای، بیشتر روی این نقاط متمرکز می‌شوند. این سه نقطه که Crown toe، Crown heel، و Saddle نام دارند در شکل (۱) نشان داده شده‌اند. به منظور سهولت در برقراری ارتباط بین رفتار اتصالات لوله‌ای و مشخصات هندسی آن‌ها، یک سری پارامترهای هندسی بی‌بعد برای اتصالات لوله‌ای تعریف شده است که عبارتند از α ، β ، γ ، τ و α_B که تعاریف آن‌ها در شکل (۱) ارائه شده است.

در حال حاضر، روش‌های اندکی جهت پیش‌بینی دقیق توزیع تنش در امتداد خط جوش موجود می‌باشد. برای اتصالات لوله‌ای با هندسه پیچیده، تاکنون روشی جهت تعیین موقعیت تنش بحرانی گزارش نشده است. در این مقاله، تأثیر پارامترهای هندسی بر توزیع تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT تحت بارگذاری متعادل محوری مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مرور مطالعات فنی

در این بخش خلاصه‌ای از تحقیقات صورت گرفته در مورد تعیین مقادیر SCF در اتصالات لوله‌ای ارائه می‌شود.

Shao [۱] تأثیر پارامترهای هندسی روی توزیع تنش در طول پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای T و K را تحت بارگذاری محوری

معادلات پارامتری ارائه شده در این گزارشات فنی به سهولت قابل محاسبه می‌باشند. با این وجود، نتایج اکثریت قریب به اتفاق این تحقیقات روی تعیین مقدار SCF در نقاط Crown و Saddle متمرکز بوده و بررسی توزیع این ضرایب در امتداد محل تقاطع اعضای اصلی و مهاریه و همچنین تعیین موقعیت تنش بحرانی (HSS) در امتداد پنجه جوش کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است.

تعیین توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش از چندین لحاظ دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد:

۱- با انجام چنین مطالعه‌ای، می‌توان موقعیت دقیق HSS را تعیین نمود. موقعیت HSS از اهمیت خاصی برخوردار است؛ چرا که ترک‌های سطحی ناشی از خستگی اتصال تحت بارهای تناوبی از موقعیت HSS آغاز می‌شود. در صورت استفاده از معادلاتی که مقادیر SCF را صرفاً در نقاط Saddle و Crown ارائه می‌کنند، امکان تعیین موقعیت HSS وجود ندارد.

۲- ممکن است اختلاف بین ماکزیمم ضریب تمرکز تنش (SCF_{HSS}) و مقادیر SCF در نقاط Saddle و Crown زیاد باشد. در این صورت استفاده از معادلاتی که مقادیر SCF را صرفاً در این نقاط ارائه می‌کنند، منجر به کاهش دقت و پیش‌بینی دست پائین مقدار HSS خواهد شد. از طرفی به علت هزینه بالای بازرسی اعضای لوله‌ای در پل‌های خرپائی، عملاً امکان بازرسی تمام اتصالات وجود ندارد. بنابراین بازرسی صرفاً برای چند اتصال بحرانی صورت می‌گیرد. میزان مستعد بودن یک اتصال نسبت به آسیب‌های ناشی از خستگی، ارتباط مستقیم با محدوده تنش بحرانی آن اتصال دارد. لذا تعیین مقدار دقیق HSS از اهمیت زیادی برخوردار است.

۳- اتصالات پل‌های خرپائی علاوه بر بار محوری، تحت لنگر خمشی داخل صفحه و خارج از صفحه نیز قرار دارند. طبق روش پیشنهادی توسط اکثر آئین‌نامه‌های معتبر، ابتدا باید به طور جداگانه تنش اسمی ناشی از هر کدام از این بارها را در ماکزیمم ضریب تمرکز تنش اتصال تحت آن بار ضرب نموده و سپس سه مقدار حاصل را با هم جمع نمود. واضح است که این روش موقعیت HSS را در نظر نگرفته و عموماً منجر به تخمین بسیار محافظه‌کارانه‌ای از عمر خستگی اتصال خواهد شد. برای حصول مقادیر به مراتب دقیق‌تر برای HSS، می‌توان ابتدا توزیع تنش ناشی از هر کدام از این سه حالت بارگذاری را به طور مجزا بدست آورد و سپس آن‌ها را رویهم گذاری نمود. در نتیجه می‌توان مقادیر واقع بینانه‌تری برای عمر خستگی اتصال بدست آورد.

۴- اطلاعات دقیق در مورد نحوه توزیع تنش در اتصال جهت پیش‌بینی رشد ترک‌های ناشی از خستگی و همچنین تعیین عمر باقی مانده اتصالات ترک خورده با استفاده از روش‌های پیشرفته مکانیک شکست نظیر O-integral، AVS و TPM، ضروری است. لذا تعیین دقیق توزیع تنش در امتداد محل تلاقی اعضای اصلی و مهاریه از اهمیت خاصی برخوردار است.

به منظور آشنائی با تعاریف متداول در اتصالات لوله‌ای، شمایی از یک اتصال لوله‌ای در شکل (۱) نشان داده شده است. همان طور که در

حالی است که با توجه به دلایلی که در بخش قبل ذکر شد، این مسئله از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

۳-۳- مدل‌سازی اجزای محدود اتصالات لوله‌ای KT

یکی از روش‌های مورد استفاده برای مطالعه اتصالات لوله‌ای، مدل‌سازی عددی این اتصالات است. متداول‌ترین روش عددی بکار رفته برای مدل‌سازی اتصالات لوله‌ای روش اجزای محدود می‌باشد. استفاده از یک مدل عددی دقیق و قابل اعتماد به جای مدل آزمایشگاهی منجر به صرفه جویی قابل توجه در هزینه و زمان خواهد شد.

۳-۱- خصوصیات هندسی مدل‌ها

به منظور مطالعه نحوه توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT، ۸۱ اتصال لوله‌ای KT با شرایط هندسی مختلف توسط نرم‌افزار ANSYS مدل‌سازی و تحلیل شده است. بارگذاری اتصال از نوع متعادل محوری است که به اعضای مهارتی کناری اعمال می‌شود. هدف، مطالعه نحوه تأثیر پارامترهای هندسی بی‌بعد شامل β ، γ ، ζ و τ بر توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش می‌باشد. بدین منظور برای هر کدام از این پارامترهای بی‌بعد، ۳ مقدار مختلف در نظر گرفته شده که مقادیر متداول در اتصالات لوله‌ای پل‌های خریائی می‌باشند. مقادیر پارامترهای α و α_B و همچنین مقادیر پارامتر θ برای اعضای مهارتی کناری و مرکزی، در تمام مدل‌ها یکسان می‌باشند. لازم به ذکر است که مقادیر پارامترهای β ، γ و τ در هر مدل، برای هر سه عضو مهارتی یکسان بوده و مقادیر پارامترهای ζ و θ نیز برای دو عضو مهارتی کناری یکسان هستند. مقادیر پارامترهای بی‌بعد در اتصالات لوله‌ای KT مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر پارامترهای بی‌بعد در اتصالات مورد مطالعه

پارامتر بی‌بعد	مقادیر مفروض
β	۰/۳، ۰/۵، ۰/۸
γ	۱۰، ۲۵ و ۴۰
τ	۰/۴، ۰/۷ و ۱/۰
ζ	۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶
α	۱۲
α_B	۸
$\theta_{\text{outer brace}}$	۴۵ درجه
$\theta_{\text{central brace}}$	۹۰ درجه

۳-۲- المان مورد استفاده

به منظور مدل‌سازی اعضای اصلی و مهارتی و همچنین پروفیل جوش توسط نرم افزار ANSYS از المان سه بعدی SOLID 95 استفاده شده است. استفاده از این المان برای مدل‌سازی اجسام نامنظم با دقت بالا بسیار مفید است. این المان ۲۰ گرهی بوده و در هر گره

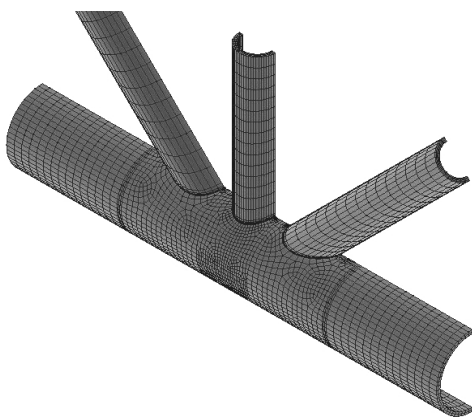
مورد مطالعه قرار داد. Gao و همکاران وی [۲] روابطی برای تعیین ضرایب تمرکز تنش و کرنش در اتصالات لوله‌ای کاملاً همپوشان تحت اثر بارگذاری خمش داخل صفحه روی مهار پوشاننده ارائه نمودند. N'Diaye و همکاران ایشان [۳] ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای از نوع T با جوش شکاف دار را مورد بررسی قرار دادند. Gao و همکاران [۴] تمرکز تنش و کرنش در اتصالات لوله‌ای کاملاً همپوشان تحت اثر بارگذاری خمش خارج از صفحه روی مهار پوشاننده را مورد بررسی قرار داده و روابطی برای محاسبه ضرایب تمرکز تنش ارائه نمودند. Gho و همکاران [۵] ضرایب تمرکز تنش و کرنش در اتصالات لوله‌ای CHS را تحت بارگذاری‌های ساده مورد مطالعه قرار دادند. Gho و همکاران [۶] تأثیرات ترکیبات مختلف بارگذاری را روی تمرکز تنش و کرنش در اتصالات لوله‌ای کاملاً همپوشان نوع N را بررسی نمودند. Lee و همکاران [۷] از روش‌های عددی برای مدل‌سازی اتصالات لوله‌ای ترک خورده از نوع T، Y و K تحت بارگذاری-های ترکیبی استفاده نمودند. Lie و همکاران [۸] نحوه مش بندی و تحلیل اتصالات لوله‌ای تک صفحه‌ای از نوع K را تشریح نمودند. Gao و Gho [۹] معادلات پارامتریکی جهت محاسبه ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای کاملاً همپوشان نوع N ارائه نمودند. Lee و همکاران [۱۰] مدل‌سازی و نحوه تولید مش در اتصالات لوله‌ای ترک خورده از نوع Y را تشریح نمودند. Karamanos و همکاران [۱۱] معادلاتی برای تعیین ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای جوشی چند صفحه‌ای نوع DT تحت اثر بارگذاری خمشی ارائه نمودند.

Chiew و همکاران [۱۲] از شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای جوشی چند صفحه‌ای نوع XT استفاده نمودند. Lie و همکاران [۱۳] مدل‌سازی و نحوه تولید مش در اتصالات لوله‌ای از نوع Y را مورد بررسی قرار دادند. Chiew و همکاران [۱۴] معادلاتی برای تعیین ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای جوشی چند صفحه‌ای نوع XX ارائه نمودند. Karamanos و همکاران [۱۵] ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای از نوع K فاصله دار را به منظور طراحی خستگی مورد مطالعه قرار دادند.

Chang و Dover [۱۶] روابطی برای تعیین ضرایب تمرکز تنش در محل تقاطع در اتصالات لوله‌ای از نوع T و Y ارائه نمودند. Chang و همکاران [۱۷] معادلات پارامتریکی جهت تعیین نحوه توزیع تنش در محل تقاطع در اتصالات لوله‌ای از نوع X و DT ارائه نمودند. Rodriguez و همکاران [۱۸] کمینه نمودن ضرایب تمرکز تنش در ترمیم ترک‌های ناشی از خستگی را مورد مطالعه قرار دادند [۱۸]. Morgan و Lee [۱۹] معادلات پارامتریکی برای بیان نحوه توزیع ضرایب تمرکز تنش در اتصالات نوع K تحت بارگذاری لنگر خارج از صفحه پیشنهاد نمودند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، علی‌رغم متداول بودن اتصال لوله‌ای KT در پل‌های خریائی متشکل از اعضای لوله‌ای، تاکنون تأثیر پارامترهای هندسی بی‌بعد روی توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش در این نوع اتصال مورد بررسی قرار نگرفته است. این در

این شرایط مرزی، از تغییر مکان گره‌های واقع در صفحه تقارن در جهت عمود بر این صفحه جلوگیری خواهد کرد. شرایط مرزی در دو انتهای عضو اصلی و انتهای عضو مهارى مرکزی به صورت کاملاً گیردار در نظر گرفته شده است. به منظور سهولت در تعیین مقادیر ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش، بارگذاری وارد بر اعضای مهارى مایل به صورت تنش واحد (1 MPa) اعمال شد. لذا مقدار تنش در هر نقطه حول پنجه جوش، برابر با ضریب تمرکز تنش در آن نقطه خواهد بود و توزیع تنش در امتداد پنجه جوش معادل با توزیع مقادیر SCF خواهد بود.



شکل ۳- به علت وجود تقارن در هندسه و بارگذاری، صرفاً مدلسازی نیمی از اتصال کافی است.

۳-۶- تحلیل و برداشت نتایج

بنا به توصیه N'Diaye و همکاران ایشان [۳]، تحلیل استاتیکی از نوع ارتجاعی خطی برای تعیین مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش، مناسب می‌باشد. مدول الاستیسیته فولاد برابر 207 GPa و ضریب پواسون برابر ۰/۳ در نظر گرفته شده است. برای تعیین محدوده برون-یابی به منظور برداشت نتایج، از توصیه‌های پیشنهادی توسط کمیته XV-E انستیتوی بین‌المللی جوش (IIW-XV-E) [۲۴] استفاده شده است.

همانطور که در شکل (۴) نشان داده است، حداقل و حداکثر فاصله ناحیه برون‌یابی از پنجه جوش به ترتیب برابر $0.4t_0$ و $1.4t_0$ در نظر گرفته شده است که t_0 ضخامت عضو اصلی می‌باشد. لذا مقدار تنش در هر نقطه حول پنجه جوش از برون‌یابی خطی مقادیر تنش در نقاطی که به ترتیب در فواصل $0.4t_0$ و $1.4t_0$ از پنجه جوش قرار گرفته‌اند بدست می‌آید:

$$\sigma_{\text{Weld Toe}} = 1.4 \sigma_1 - 0.4 \sigma_2 \quad (1)$$

در رابطه فوق، $\sigma_{\text{Weld Toe}}$ مقدار تنش von Mises در پنجه جوش بوده و σ_1 و σ_2 به ترتیب مقادیر تنش von Mises در نقاطی به فاصله $0.4t_0$ و $1.4t_0$ از پنجه جوش می‌باشند.

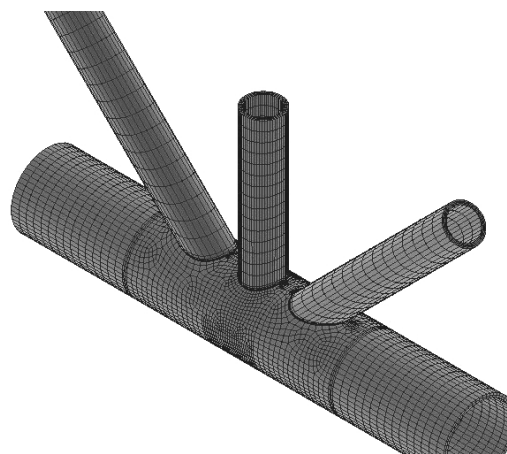
دارای ۳ درجه آزادی می‌باشد. المان مذکور قابلیت هر گونه جانمایی فضایی دلخواه را دارا است. با استفاده از این المان، امکان لحاظ نمودن خصوصیات نظیر پلاستیسیته، خزش، سخت شدگی تنش، تغییر شکل های بزرگ و کرنش های بزرگ وجود دارد [۲۰].

۳-۳- مشخصات هندسی پروفیل جوش

شکل پروفیل جوش بر اساس AWS D1.1 [۲۱] تعیین شده است. یکی از پارامترهای مهم در تعیین ضخامت جوش، زاویه دی-هدرال می‌باشد که به صورت زاویه بین سطوح اعضای اصلی و مهارى در امتداد منحنی محل تقاطع تعریف می‌شود. تقریب‌های بکار رفته توسط Lee [۲۲] و Chiew و همکاران [۲۳] برای مدل‌سازی پروفیل جوش، در این تحقیق نیز بکار گرفته شده است.

۳-۴- روش تولید مش

از آنجا که محل تقاطع اعضای اصلی و مهارى در یک اتصال لوله‌ای، یک منحنی فضائی است و پروفیل جوش در امتداد این منحنی فضائی، تشکیل یک حجم پیچیده را می‌دهد، مشکل ترین مسئله در مدل‌سازی اتصالات لوله‌ای که شبیه‌سازی پروفیل جوش در آن‌ها در نظر گرفته شده است، تولید مش با کیفیت مطلوب می‌باشد. جهت نیل بدین مقصود، اتصال به قسمت‌های مختلف تقسیم شده و پس از چسباندن این قسمت‌ها به هم (با استفاده از دستور Glue)، هر قسمت جداگانه مش زده شده است. در شکل (۲) نمونه‌ای از مش تولید شده توسط این روش نشان داده شده است.



شکل ۲- نمونه‌ای از مش تولید شده برای اتصال KT

۳-۵- شرایط مرزی و بارگذاری

به علت وجود تقارن در هندسه و بارگذاری اتصالات لوله‌ای KT مورد بررسی، همان‌گونه که در شکل (۳) نشان داده شده است، صرفاً مدل‌سازی نیمی از اتصال کافی است. لذا نیمی از اتصال مدل شده و در صفحه تقارن، شرایط مرزی متقارن برای مدل تعریف می‌شود. با تعریف

صورت نگرفته است، لذا برای صحت سنجی مدل اجزای محدود از نتایج آزمایشگاهی موجود برای اتصالات T، Y و K استفاده شده است.

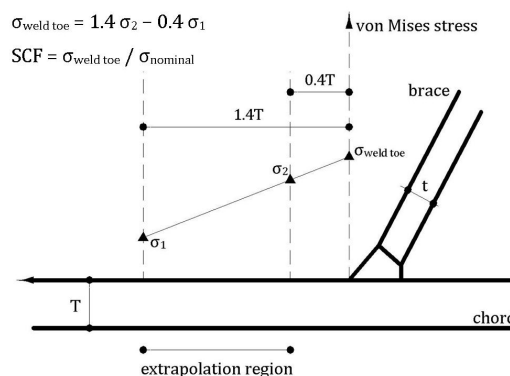
بارگذاری اتصالات T و Y، محوری بوده و بار وارد بر اتصال K از نوع متعادل محوری می‌باشد. در هر حالت، اتصال مورد نظر توسط همان روش های مورد استفاده برای مدل سازی اتصالات KT، مدل سازی شده و نتایج حاصل از تحلیل با نتایج آزمایشگاهی ارائه شده در گزارش HSE OTH 354 [۲۵] و همچنین مقادیر بدست آمده از معادلات پارامتری ارائه شده توسط لوبیز رجیستر (معادلات LR) [۲۵] مقایسه شده است. خلاصه نتایج در جدول (۲) ارائه شده است.

در این جدول، e1 نشان دهنده اختلاف مقادیر بدست آمده از معادلات LR با داده‌های آزمایشگاهی و e2 نشان دهنده اختلاف نتایج تحلیلی با داده‌های آزمایشگاهی است. لذا ستون آخر جدول (۱) نشان دهنده اختلاف دقت مدل تحلیلی و معادلات LR در پیش‌بینی مقادیر آزمایشگاهی می‌باشد. مقایسه نتایج تحلیلی با داده‌های آزمایشگاهی و مقادیر بدست آمده از معادلات LR، نشان دهنده عملکرد مناسب مدل تحلیلی می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه نتایج تحلیلی با داده‌های آزمایشگاهی و مقادیر بدست آمده از معادلات LR

نوع اتصال	D (mm)	θ	α	τ	γ	β	موقعیت	آزمایش	معادلات LR	FE	e1** (%)	e2* (%)	e1 - e2 (%)
T	۵۰۸	۹۰	۶/۲	۰/۹۹	۲۰/۳	۰/۸	Saddle	۱۱/۴	۱۰/۵۴	۱۱/۲۶	۸	۱	+۷
Y	۵۰۸	۴۵	۶/۲	۱/۰۵	۲۰/۳	۰/۸	Saddle	۸/۳	۵/۴۸	۵/۴۶	۳۲	۳۴	-۲
							Crown	۴/۷	۳/۵	۴/۷	۲۵	۰	+۲۵
K***	۵۰۸	۴۵	۱۲/۶	۱/۰	۲۰/۳	۰/۵	Saddle	۶/۸	۴/۸	۶/۷۶	۲۹/۵	۰/۵	+۲۹
							Crown	۴/۶	۴/۵۶	۴/۸	۱	-۴	-۳

* e1 = (Test - LR Eqs.) / Test ** e2 = (Test - FE) / Test *** $\zeta = 0.15$



شکل ۴- ناحیه برون‌یابی پیشنهادی توسط IIW-XV-E (۱۹۹۹)

۳-۷- صحت سنجی مدل اجزای محدود

به منظور حصول اطمینان از صحت روش‌های بکار رفته برای مدل‌سازی از جمله نحوه شبیه‌سازی پروفیل جوش و روش بکار رفته برای تولید مش و در نتیجه حصول اطمینان نسبت به قابل اعتماد بودن نتایج، صحت سنجی مدل اجزای محدود ضروری است. از آنجاکه تاکنون هیچ پژوهش آزمایشگاهی برای تعیین ضرایب تمرکز تنش در اتصالات لوله‌ای KT فولادی

۴- تأثیر پارامترهای هندسی بی‌بعد بر توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش

در این بخش نحوه تأثیر پارامترهای هندسی بی‌بعد شامل β ، γ و τ بر توزیع تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT تحت اثر بار متعادل محوری که به اعضای مهار اصلی (مایل) اعمال شده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱- تأثیر پارامتر τ

بررسی نحوه تأثیر پارامتر τ بر توزیع تنش در امتداد پنجه جوش برای مدل‌های دارای پارامترهای β و γ متفاوت به تفکیک صورت گرفته است و در هر مرحله نقش پارامتر γ در نحوه تأثیرگذاری پارامتر τ بررسی شده است. از آنجا که پارامتر τ برابر نسبت ضخامت عضو مهار به عضو اصلی بوده و پارامتر γ برابر نسبت شعاع به ضخامت

توجهی در نحوه تأثیر پارامتر τ در تغییر مقادیر SCF ندارد و با افزایش γ صرفاً تراز مقادیر SCF افزایش می‌یابد.

۲- موقعیت تنش بحرانی (HSS) در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT تحت بار متعادل محوری، تابعی از مشخصات هندسی اتصال بوده و الزاماً در یکی از نقاط Saddle، Crown toe یا Crown heel قرار ندارد. این مسئله ضعف تحقیقاتی که صرفاً روی بررسی وضعیت SCF در این سه نقطه خاص متمرکز می‌شوند را آشکار می‌سازد و از آنجا که اکثر تحقیقات صورت گرفته در زمینه SCF در اتصالات لوله‌ای صرفاً در مورد تعیین مقادیر SCF در این سه نقطه است، لذا نتیجه بدست آمده ضرورت و اهمیت تحقیق حاضر را که به جای تمرکز روی نقاطی خاص، توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش را مورد بررسی قرار می‌دهد نمایان می‌سازد.

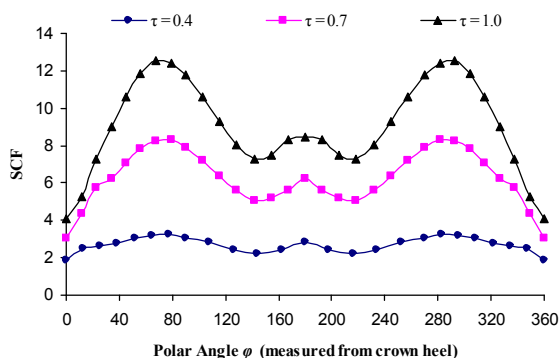
۳- صرفنظر از بی‌نظمی‌های کوچک مشاهده شده، با افزایش پارامتر τ ، اختلاف مقادیر SCF_{saddle} با $SCF_{crown\ toe}$ و $SCF_{crown\ heel}$ با $SCF_{crown\ heel}$ و همچنین $SCF_{crown\ heel}$ با $SCF_{crown\ toe}$ افزایش می‌یابد. مقدار پارامتر γ در این مسئله بی‌تأثیر است.

عضو اصلی می‌باشد لذا پارامتر τ در مدل‌های دارای γ برابر به معنی افزایش ضخامت عضو مهاري است.

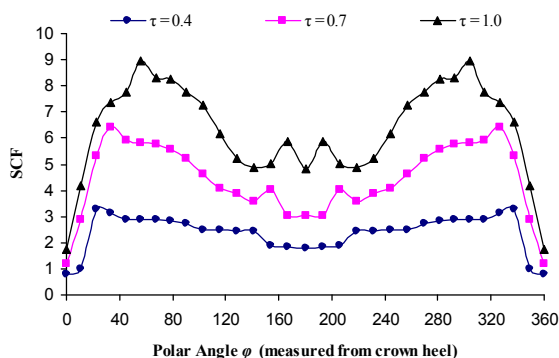
به عنوان مثال، توزیع تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات با شرایط هندسی $\zeta = 0.2$ و $\beta = 0.5$ در شکل‌های (الف-۵) تا (ج-۵) ارائه شده است. در هر کدام از این شکل‌ها، توزیع مقادیر SCF به ازای ۳ مقدار متفاوت از پارامتر τ (۰/۴، ۰/۷ و ۱/۰) ترسیم شده است. مقدار پارامتر γ در شکل‌های (الف-۵) تا (ج-۵) به ترتیب برابر ۱۰، ۲۵ و ۴۰ می‌باشد.

پس از بررسی اتصالات با شرایط هندسی مختلف که به علت محدودیت حجم مقاله از ارائه نمودارهای آن‌ها خودداری شده است، نتایج زیر را در مورد نحوه تأثیر پارامتر τ بر توزیع تنش در امتداد پنجه جوش می‌توان استنباط نمود:

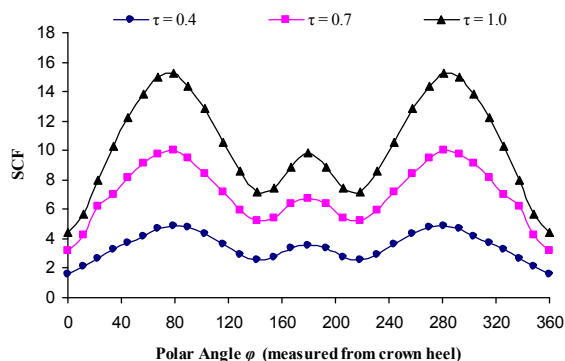
۱- صرفنظر از بی‌نظمی‌های کوچک مشاهده شده، با افزایش پارامتر τ ، مقادیر ضرایب تمرکز تنش (SCF) در تمام نقاط حول پنجه جوش افزایش می‌یابد. گرچه افزایش پارامتر τ ، مقادیر SCF را به طور قابل ملاحظه‌ای متأثر می‌سازد ولی بر شکل توزیع تنش حول پنجه جوش تأثیر قابل توجهی ندارد. ضمناً مقدار پارامتر γ ، نقش قابل



$\theta = 45^\circ$, $\alpha = 12$, $\zeta = 0.2$, $\beta = 0.5$, $\gamma = 25$ (ب)



$\theta = 45^\circ$, $\alpha = 12$, $\zeta = 0.2$, $\beta = 0.5$, $\gamma = 10$ (الف)



$\theta = 45^\circ$, $\alpha = 12$, $\zeta = 0.2$, $\beta = 0.5$, $\gamma = 40$ (ج)

شکل ۵- توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش به ازای مقادیر مختلف پارامتر τ ($\zeta = 0.2$, $\beta = 0.5$, $\gamma = 10, 25, 40$)

۴-۲- تأثیر پارامتر γ

از آنجا که پارامتر γ برابر نسبت شعاع به ضخامت عضو اصلی بوده و قطر عضو اصلی در تمام مدل‌ها یکسان است، لذا افزایش γ به معنی کاهش ضخامت عضو اصلی می‌باشد. در این بخش، نحوه تأثیر پارامتر γ روی توزیع تنش در امتداد پنجه جوش مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی برای مدل‌های دارای پارامترهای ζ و β متفاوت به تفکیک صورت گرفته است و در هر مرحله نقش پارامتر τ در نحوه تأثیرگذاری پارامتر γ بررسی شده است.

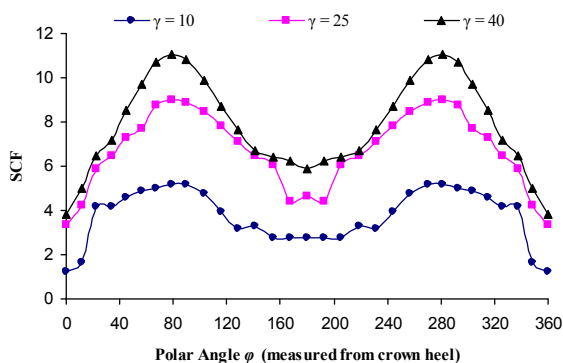
به عنوان مثال، توزیع تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات با شرایط هندسی $\zeta = 0.2$ و $\beta = 0.3$ در شکل‌های (۶-الف) تا (۶-ج) ارائه شده است. در هر کدام از این شکل‌ها، توزیع تنش به ازای ۳ مقدار متفاوت از پارامتر γ (۱۰، ۲۵ و ۴۰) ترسیم شده است. مقدار پارامتر τ در شکل‌های (۶-الف) تا (۶-ج) به ترتیب برابر 0.4 ، 0.7 و 1.0 می‌باشد.

پس از بررسی اتصالات با شرایط هندسی مختلف که به علت محدودیت حجم مقاله از ارائه نمودارهای آن‌ها خودداری شده است،

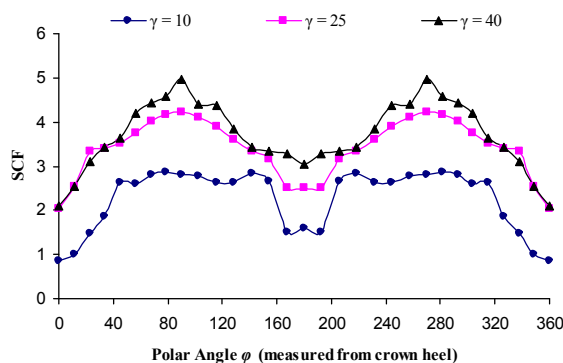
نتایج زیر را در مورد نحوه تأثیر پارامتر γ بر توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش می‌توان استنباط نمود:

۱- صرفنظر از بی‌نظمی‌های جزئی مشاهده شده در برخی نقاط، مشاهده می‌شود که با افزایش γ مقادیر SCF در تمام نقاط حول پنجه جوش افزایش می‌یابد. این نتیجه مستقل از مقدار پارامتر τ می‌باشد. گرچه افزایش پارامتر γ ، مقادیر SCF را بطور قابل ملاحظه‌ای متأثر می‌سازد، ولی بر شکل توزیع تنش حول پنجه جوش تأثیر قابل توجهی ندارد. ضمناً مقدار پارامتر τ ، نقش قابل توجهی در نحوه تأثیر پارامتر γ در تغییر مقادیر SCF ندارد و با افزایش τ صرفاً تراز مقادیر SCF افزایش می‌یابد.

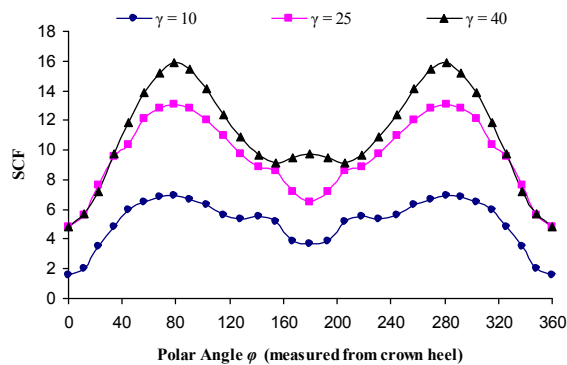
۲- در اکثر موارد مشاهده می‌شود که با افزایش پارامتر γ ، اختلاف مقادیر SCF_{saddle} با $SCF_{crown toe}$ ، $SCF_{crown toe}$ با $SCF_{crown heel}$ و همچنین $SCF_{crown heel}$ با $SCF_{crown toe}$ افزایش می‌یابد. مقدار پارامتر τ در این مسئله بی‌تأثیر است.



(ب) $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 12$, $\zeta = 0.2$, $\beta = 0.3$, $\tau = 0.7$



(الف) $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 12$, $\zeta = 0.2$, $\beta = 0.3$, $\tau = 0.4$



(ج) $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 12$, $\zeta = 0.2$, $\beta = 0.3$, $\tau = 1.0$

شکل ۶- توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش به ازای مقادیر مختلف پارامتر γ ($\zeta = 0.2$, $\beta = 0.3$, $\tau = 0.4, 0.7, 1.0$)

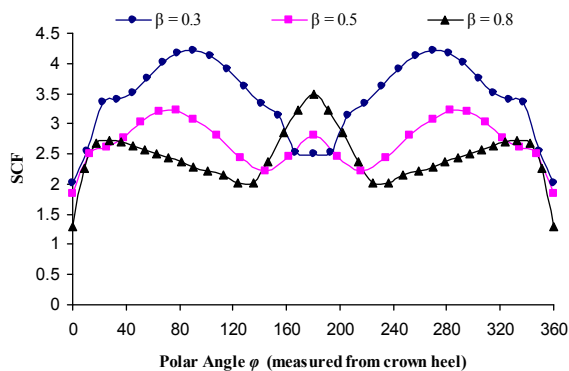
۳-۴- تأثیر پارامتر β

شکل‌های (۷-الف) تا (۷-ج) ارائه شده است. در هر کدام از این شکل‌ها، توزیع تنش به ازای ۳ مقدار متفاوت از پارامتر β (۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸) ترسیم شده است. مقادیر پارامترهای τ و γ در عناوین اشکال مشخص شده است.

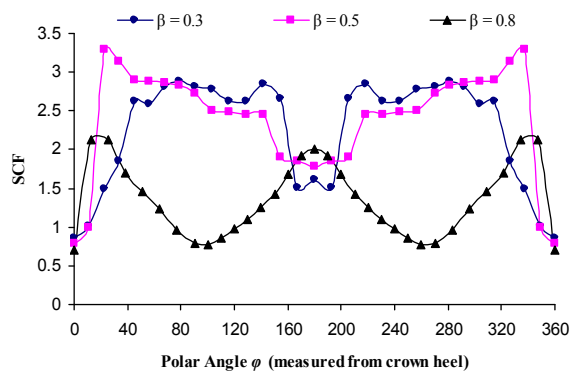
پس از بررسی اتصالات با شرایط هندسی مختلف که به علت محدودیت حجم مقاله از ارائه نمودارهای آن‌ها خودداری شده است، مشاهده می‌شود که صرفنظر از بی‌نظمی‌های جزئی مشاهده شده، به ازای تمام مقادیر γ و τ ، با افزایش β مقدار SCF در نقطه Saddle و Crown heel کاهش می‌یابد. علت را می‌توان افزایش سختی اتصال در اثر افزایش β دانست.

در این بخش، نحوه تأثیر پارامتر β روی توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی برای مدل‌های دارای پارامترهای ζ متفاوت به تفکیک صورت گرفته است و در هر مرحله نقش پارامترهای γ و τ در نحوه تأثیرگذاری پارامتر β بررسی شده است. از آنجا که پارامتر β برابر نسبت قطر عضو مهارى به عضو اصلی می‌باشد، لذا با توجه به این که قطر عضو اصلی در تمام مدل‌ها ثابت است، افزایش پارامتر β به معنی افزایش قطر عضو مهارى می‌باشد.

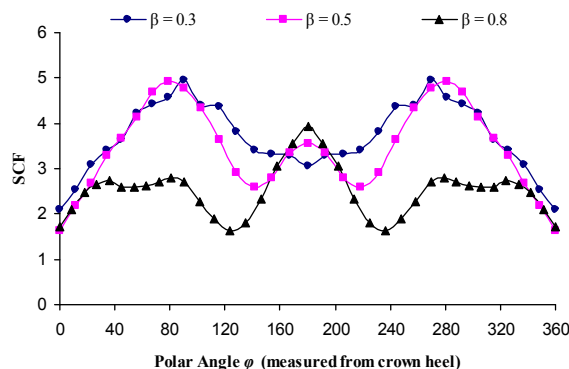
به عنوان مثال، توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT با شرایط هندسی $\zeta=0.2$ در



(ب) $\gamma = 25, \alpha = 12, \theta = 45^\circ, \zeta = 0.2, \tau = 0.4$



(الف) $\gamma = 10, \alpha = 12, \theta = 45^\circ, \zeta = 0.2, \tau = 0.4$



(ج) $\gamma = 40, \alpha = 12, \theta = 45^\circ, \zeta = 0.2, \tau = 0.4$

شکل ۷- توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش به ازای مقادیر مختلف پارامتر β ($\zeta = 0.2, \tau = 0.4, \gamma = 10, 25, 40$)

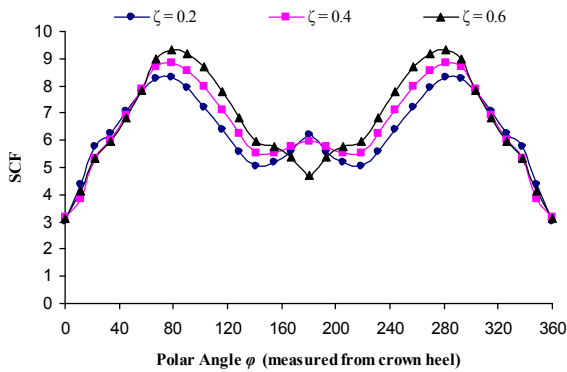
۴-۴- تأثیر پارامتر ζ

در این بخش نحوه تأثیر پارامتر ζ روی توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که پارامتر ζ برابر نسبت فاصله آزاد (گپ) به قطر عضو اصلی می‌باشد، لذا با توجه به این که قطر عضو اصلی در تمام مدل‌ها ثابت است، افزایش پارامتر ζ به معنی افزایش گپ می‌باشد. توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش در اتصالات با شرایط هندسی مختلف در شکل‌های (۸-الف) تا (۸-ج) ارائه شده است. در هر کدام از این شکل‌ها، توزیع تنش به ازای ۳ مقدار متفاوت از پارامتر ζ (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶) ترسیم شده است. مقادیر پارامترهای τ ، β و γ در عناوین اشکال مشخص شده است. پس از بررسی اتصالات با شرایط هندسی مختلف که به علت محدودیت حجم مقاله از ارائه نمودارهای آن‌ها خودداری شده است، نتایج زیر را در مورد نحوه تأثیر پارامتر ζ بر توزیع ضرایب تمرکز تنش

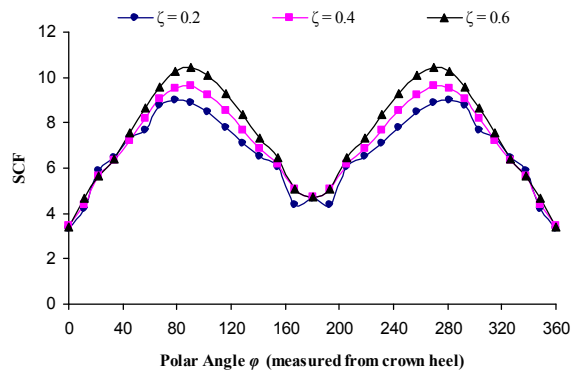
در امتداد پنجه جوش می‌توان استنباط نمود:

۱- تغییر در پارامتر ζ در اکثر موارد تأثیر کمی بر افزایش یا کاهش مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش داشته و شکل توزیع تنش در امتداد پنجه جوش را چندان متأثر نمی‌سازد.

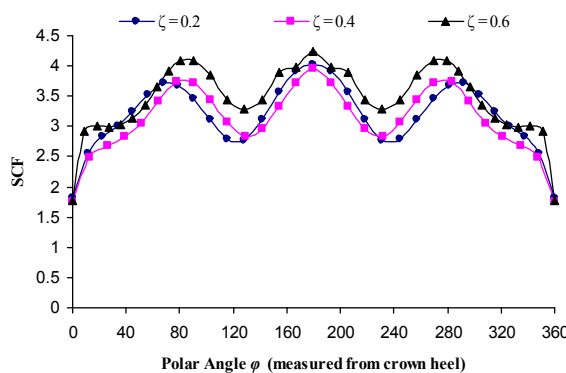
۲- صرفنظر از یک بی‌نظمی بسیار جزئی، مشاهده می‌شود که با افزایش ζ ، مقدار SCF در نقطه Crown heel کاهش می‌یابد. البته مقدار این کاهش در اکثر موارد بسیار اندک است. ضمناً صرفنظر از یک بی‌نظمی بسیار جزئی، مشاهده می‌شود که به ازای مقادیر بزرگ γ و برای تمام مقادیر τ و β ، با افزایش ζ ، مقدار SCF در نقطه Saddle افزایش می‌یابد که البته مقدار این کاهش نیز در اکثر موارد اندک است.



(ب) $\gamma = 25, \alpha = 12, \theta = 45^\circ, \beta = 0.5, \tau = 0.7$



(الف) $\gamma = 25, \alpha = 12, \theta = 45^\circ, \beta = 0.3, \tau = 0.7$



(ج) $\gamma = 25, \alpha = 12, \theta = 45^\circ, \beta = 0.8, \tau = 0.7$

شکل ۸- توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش به ازای مقادیر مختلف پارامتر ζ ($\gamma = 25, \tau = 0.7, \beta = 0.3, 0.5, 0.8$)

۵-۴- بررسی تأثیر پارامتر θ

به منظور مطالعه تأثیر زاویه تمایل عضو مهاری اصلی (θ) بر توزیع ضرایب تمرکز تنش و بررسی اندرکنش بین θ و پارامترهای هندسی بی‌بعد اتصال، سه مقدار مختلف برای θ در نظر گرفته شد (۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه).

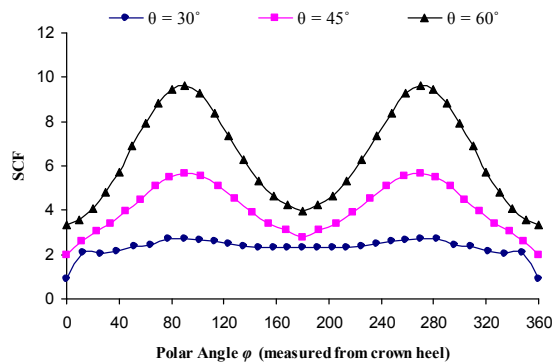
شکل (۹) تأثیر پارامتر θ را بر توزیع مقادیر SCF به ازای مقادیر مختلف γ و τ نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده در مورد نحوه تأثیر پارامتر θ بر توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش را می‌توان به شکل زیر خلاصه نمود:

۱- به ازای مقادیر کوچک γ و β (به عنوان مثال، $\gamma = 10$ و $\beta = 0.3$)، موقعیت HSS تابعی از مقدار θ است؛ در حالی که به

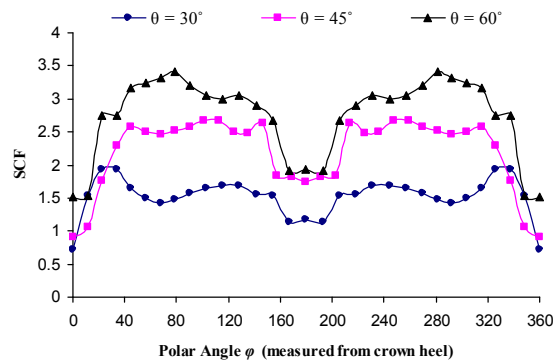
ازای مقادیر بزرگ γ (به عنوان مثال، $\gamma = 40$)، مقدار θ تأثیری روی الگوی توزیع تنش نداشته و HSS همواره در نقطه Saddle رخ می‌دهد.

۲- با افزایش پارامتر θ ، مقدار ضرایب تمرکز تنش در تمام نقاط حول پنجه جوش افزایش می‌یابد.

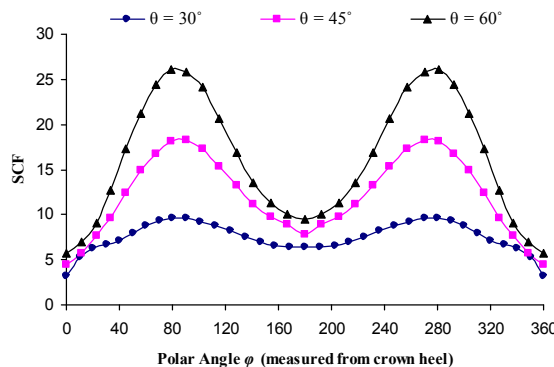
۳- با افزایش پارامتر θ ، اختلاف مقادیر SCF_{crown} با SCF_{saddle} toe و همچنین SCF_{saddle} با SCF_{crown} heel افزایش می‌یابد.



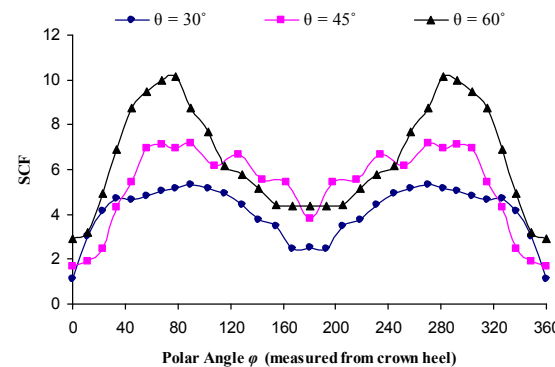
(ب) $\gamma = 40, \alpha = 12, \zeta = 0.4, \beta = 0.3, \tau = 0.4$



(الف) $\gamma = 10, \alpha = 12, \zeta = 0.4, \beta = 0.3, \tau = 0.4$



(د) $\gamma = 40, \alpha = 12, \zeta = 0.4, \beta = 0.3, \tau = 1.0$



(ج) $\gamma = 10, \alpha = 12, \zeta = 0.4, \beta = 0.3, \tau = 1.0$

شکل ۹- توزیع ضرایب تمرکز تنش در امتداد پنجه جوش به ازای مقادیر مختلف پارامتر θ

- 5- Gho, W. M., Gao, F., and Yang, Y., Stress and strain concentration of completely overlapped CHS joints under basic loadings, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 62: 656-674. (2006).
- 6- Gho, W. M., Gao, F., and Yang, Y., Load combination effects on Stress and strain concentration of completely overlapped tubular K (N) joints, *Thin-Walled Structures*, Vol. 43: 1243-1263. (2005).
- 7- Lee, C. K., Tjhen, L. S., Ping, C. S., and Yong Bo, S., Numerical models verification of cracked tubular T, Y and K- joints under combined loads, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 72: 983-1009. (2005).
- 8- Lie, S. T., Lee, C. K., Chiew, S., and Shao, Y. B., Mesh modeling and analysis of cracked uni-planar tubular K- joints, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 61: 235-264. (2005).
- 9- Gho, W. M., Gao, F., Parametric equations for stress concentration factors in completely overlapped tubular K (N) joints, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 60: 1761-1782. (2004).
- 10- Lie, S. T., Lee, C. K., and Wong, S. M., Model and mesh generation of cracked tubular Y- joints, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 70: 161-184. (2003).
- 11- Karamanos, S. A., Romeijn, A., and Wardnier, J., SCF equations in multi-planar welded tubular DT- joints including bending effects, *Marine Structures*, Vol. 15: 157-173. (2002)
- 12- Chiew, S. P., Gupta, A., and Wu, N. W., 2001, Neural network-based estimation of stress concentration factors for steel multi-planar tubular XT- joints, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 57: 97-112.
- 13- Lie, S. T., Lee, C. K., and Wong, S. M., Modeling and mesh generation of weld profile in tubular Y- joints, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 57: 547-567. (2001).
- 14- Chiew, S. P., Soh, C. K., and Wu, N. W., General SCF design equations for steel multi-planar tubular XX- joints, *International Journal of Fatigue*, Vol. 22: 283-293. (2000).
- 15- Karamanos, S. A., Romeijn, A., and Wardnier, J., stress concentrations in tubular gap K- joints: mechanics and fatigue design, *Engineering Structures*, Vol. 22: 4-14. (2000).
- 16- Chang, E., Dover, W. D., Prediction of stress distribution along the intersection of tubular Y and T- joints, *International Journal of Fatigue*, Vol. 21: 361-381. (1999).
- 17- Chang, E., Dover, W. D., Parametric equations to predict stress distributions along the intersection of tubular X and DT- joints, *International Journal of Fatigue*, Vol. 21: 619-635. (1999).

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، اثر پارامترهای هندسی بی‌بعد شامل β ، γ ، ζ و τ و همچنین زوایه تمایل عضو مهارى بارگذاری شده (θ) روی توزیع ضرایب تمرکز تنش (SCFs) در امتداد پنجه جوش در اتصالات لوله‌ای KT تحت اثر بار متعادل محوری مورد بررسی قرار گرفت. تعیین توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش برای تخمین محل ایجاد ترک های سطحی ناشی از خستگی، تخمین عمر خستگی اتصال و تعیین عمر باقی مانده اتصالات ترک‌خورده از اهمیت خاصی برخوردار است.

نتایج نشان داد که توزیع مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش و همچنین موقعیت تنش بحرانی (HSS) تابعی از مقادیر این پارامترهای بی‌بعد هستند. این نتیجه ضعف تحقیقاتی که صرفاً روی تعیین مقادیر SCF در نقاط Saddle، Crown toe و Crown heel متمرکز بوده‌اند را آشکار ساخت. با افزایش پارامتر τ و γ ، مقادیر ضرایب تمرکز تنش در تمام نقاط حول پنجه جوش افزایش می‌یابد. گرچه افزایش پارامتر τ یا γ ، مقادیر SCF را به طور قابل ملاحظه‌ای متأثر می‌سازد، ولی بر شکل توزیع تنش حول پنجه جوش تأثیر قابل توجهی ندارد. ضمناً مقدار پارامتر τ/γ نقش قابل توجهی در نحوه تأثیر پارامتر τ/γ در تغییر مقادیر SCF ندارد و با افزایش τ/γ صرفاً تراز مقادیر SCF افزایش می‌یابد. با افزایش β مقدار SCF در نقطه Crown heel و Saddle کاهش می‌یابد. علت را می‌توان افزایش سختی اتصال در اثر افزایش β دانست. تغییر در پارامتر ζ در اکثر موارد تأثیر کمی بر افزایش یا کاهش مقادیر SCF در امتداد پنجه جوش داشته و شکل توزیع تنش در امتداد پنجه جوش را چندان متأثر نمی‌سازد. با افزایش پارامتر θ ، مقدار ضرایب تمرکز تنش در تمام نقاط حول پنجه جوش افزایش می‌یابد. به ازای مقادیر بخصوصی از پارامترهای هندسی بی‌بعد، خصوصیات جالب توجهی در توزیع مقادیر SCF مشاهده گردید که در بخش (۴) به تفصیل مورد بحث قرار گرفتند و از تکرار آن‌ها در این بخش خودداری می‌شود.

۶- مراجع

- 1- Shao, Y. B. Geometrical effect on the stress distribution along weld toe for tubular T- and K- joints under axial loading, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 63: 1351-1360. (2007).
- 2- Gao, F., Shao, Y. B., and Gho, W. M., Stress and strain concentration factors of completely overlapped tubular joints under lap brace IPB load, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 63: 305-316. (2007).
- 3- N'Diaye, A., Hariri, S., Pluvinage, G., and Azari, Z., Stress concentration factor analysis for notched welded tubular T- joints, *International Journal of Fatigue*, Vol. 29: 1554-1570. (2007).
- 4- Gao, F., Stress and strain concentration factors of completely overlapped tubular joints under lap brace OPB load, *Thin-Walled Structures*, Vol. 44: 861-871. (2006).

- 18- Rodriguez, J. E., Brennan, F. P., and Dover, W. D., Minimization of stress concentration factors in fatigue crack repairs, *International Journal of Fatigue*, Vol. 20: 719-725. (1998).
- 19- Morgan, M. R., and Lee, M. M. K., Parametric equations for distribution of stress concentration factors in tubular K- joints under out-of-plane moment loading, *International Journal of Fatigue*, Vol. 20: 449-461. (1998).
- 20- ANSYS user's manual, Version 11, 2007, Swanson Analysis Systems Inc.
- 21- American Welding Society, Structural welding code: AWS D 1.1, Miami, USA. (2002).
- 22- Lee, M. M. K., Estimation of stress concentrations in single-sided welds in offshore tubular joints, *International Journal of Fatigue*, Vol. 21: 895-908. (1999).
- 23- Chiew, S. P., Soh, C. K., Fung, T. C. and Soh, A. K., Numerical study of multiplanar tubular DX-joints subject to axial loads, *Computers and Structures*, Vol. 72: 746-761. (1999).
- 24- IIW-XV-E, Recommended fatigue design procedure for welded hollow section joints, International Institute of Welding, Paris, France. (1999).
- 25- UK Health and Safety Executive, OTH 354: Stress concentration factors for simple tubular joints - assessment of existing and development of new parametric formulae, Prepared by Lloyd's Register of Shipping, UK. (1997).

Distribution of Stress Concentration Factors along the Weld Toe of Tubular KT-joints in Truss Bridges

R. Bagheri

Department of Civil Engineering, Germe Branch, Islamic Azad University, Germe, Iran

M.A. Lotfollahi Yaghin

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

H. Ahmadi

Department of Civil Engineering, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran

Abstract

Many research works have been accomplished so far on the computation of stress concentration factors (SCFs) for various types of tubular joints. Almost all these studies have focused on values of the SCF at the saddle and crown positions, and they have ignored the HSS at other locations along the weld toe. However, SCF distribution information is very important for predicting the fatigue crack growth, determining the fatigue life of intact joints and estimating the remaining life for in-service cracked joints. In this paper, the effect of normalized geometrical parameters (τ , γ , β and ζ) and the brace-to-chord inclination angle (θ) on the distribution of stress concentration factors (SCFs) along the weld toe of tubular KT-joints under the balanced axial loads is studied. The results of the parametric study showed that both the distribution of SCFs along the weld toe and the location of HSS are dependent on the values of geometrical parameters. Hence, the HSS may not be always located at either saddle or crown location. It was also concluded in the global scale that the increase of τ and/or γ results in the increase of SCFs in all positions along the weld toe, and the increase of β leads to decrease of SCFs in saddle and crown heel locations. The reason may be the increase of the stiffness of the joint due to the increase of β . The change of ζ has generally no considerable effect on both the values and distribution pattern of SCFs along the weld toe, and the increase of θ leads to the increase of SCFs in all positions along the brace-chord intersection.

Keywords:

tubular truss bridge, fatigue, fracture mechanics, tubular KT-joint, stress concentration factor (SCF)