

شکست و ترک خوردگی (مطالعه موردی)

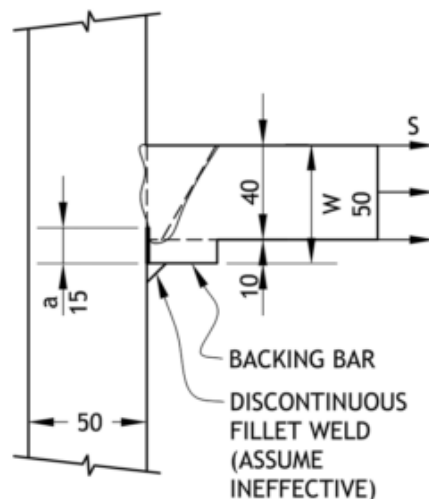
در ۲ یادداشت علمی پیشین مجله سازه (STRUCTURE) قواعد و اصول اساسی ترک خوردگی و چگونگی طراحی در مواجهه با خستگی و گسیختگی بررسی شد. در این مقاله ۳ مطالعه موردی درباره چگونگی کاربرد این اصول و کنترل چالش‌های پروژه بررسی خواهد شد.

زلزله نورتریج

در طی ۲۰ سال گذشته، زلزله ۱۹۹۴ نورتریج تأثیر زیادی بر آیین نامه‌ها و استانداردهای سازه‌های فولادی آمریکا (AISC) در پی داشته است. پس از زلزله ۶٫۷ (MW) ریشتری، بازرسان ۱۳۰۰ اتصال شکسته شده در قاب‌های خمشی ۷۲ ساختمان پیدا کردند که سبب نگرانی بسیاری از مردم شد.

برای رسیدگی به مسائل شکستگی، پروژه SAC Steel، رفتار ماده، هندسه اتصال و شیوه‌های ساخت و ساز را مورد مطالعه قرار داد تا مشخص شود که چرا این اتفاق افتاده است. نتایج این پروژه به طور گسترده‌ای منتشر و در تمام الزامات لرزه‌ای فعلی AISC گنجانده شد.

یکی از سؤالاتی که در طول مطالعات به وجود آمد، بررسی اثر نوار ثانویه جوش بود. این در حالی است که یک شکاف طبیعی در اتصال ایجاد می‌شود. در این بخش با استفاده از مکانیک شکست به مطالعه تأثیر ترک میله در محل، بر رفتار اتصال و هنگامی که جوش بال به پشتبند کاملاً انجام شده باشد، پرداخته می‌شود.

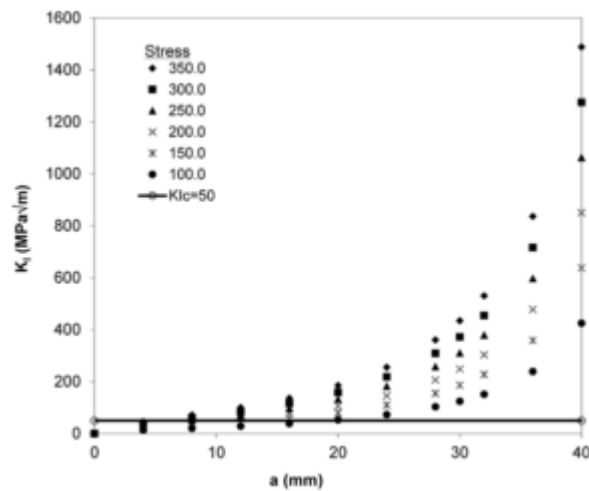


شکل ۱. جوش بال ستون به تیر در اتصالات خمشی قبل نورتریج

در حالت اول، نوار پشتبند جوش به بال ستون جوش داده شده و به تیر به صورت نشان داده شده در شکل ۱ متصل شده است.

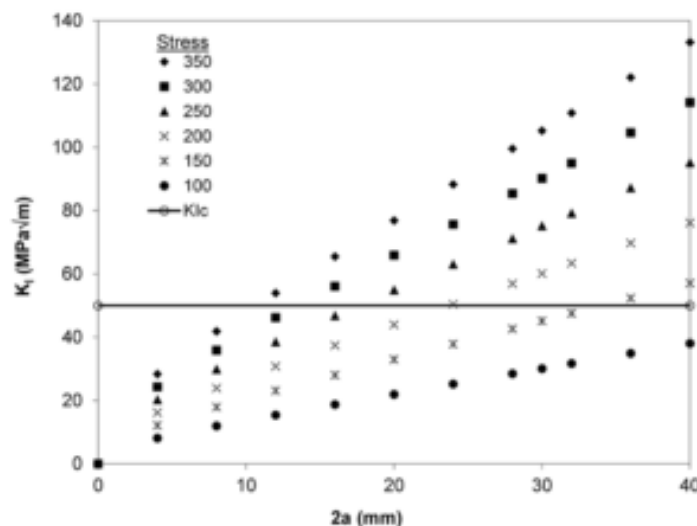
توجه داشته باشید که هر گونه کمبود در نوار پشتبند و جوش، موجب ایجاد ترک می‌شود. با استفاده از مکانیک شکست، می‌توان نمودار شدت تنش KI را که تابع عمق ترک و تنش، به صورت نشان داده شده در شکل ۲ است، ترسیم کرد. با در نظر

داشتن چقرمگی ۵۰ مگا پاسکالی ($m^{1/2}$) خستگی، مشاهده شد که بسیاری از تنش‌ها بیش از تنش تسلیم هستند. حتی با دو برابر شدن چقرمگی، هنوز هم انتخاب ضعیفی برای این نوار به نظر می‌آید.



شکل ۲. راه حل شدت تنش قطعه جوش ناقص به عنوان تابعی از عمق ترک

وقتی که یک جوش نواری در امتداد نوار قرار می‌گیرد، چه اتفاقی می‌افتد؟ برای حل مسئله چه باید کرد؟ در حال حاضر یک ترک عجیب و غریب وجود دارد. با توجه به شکل ۳، توجه کنید که حدود نیمی از مقادیر تنش، بالاتر از چقرمگی فرض شده می‌باشد. ممکن است آیین نامه این اجازه را بدهد. با این حال، با توجه به امکان چقرمگی پایین‌تر، در نزدیکی تقاطع جان و امکان بالقوه برای رشد ترک به دلیل چرخه کم خستگی، خارج کردن آن نیز بی‌احتیاطی است.



شکل ۳. راه حل شدت تنش جوش کامل به عنوان تابعی از عمق ترک

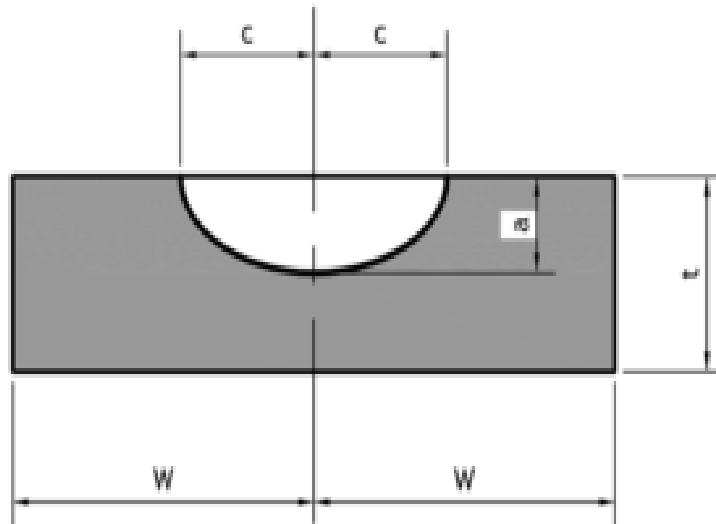
در پایان، اتصالاتی که در آن‌ها نوار پشتبند حذف شده و ریشه جوش خارج و دوباره جوش داده شده است، می‌تواند مقاوم‌تر از ترک ناشی از عدم وجود فیوژن در نوار پشتبند باشد

مخزن آمونیاک

اندازه مخزن آمونیاک، با توجه به ترک‌های ناشی از خوردگی که نیاز به تعمیر دارند و همچنین آن‌هایی را که می‌توان از تعمیر آن صرف نظر کرد، تعیین می‌شود. هنگامی که فولاد در تماس با آمونیاک با میزان کم اکسیژن قرار می‌گیرد، ترک رشد نمی‌کند. با این حال زمانی که مخازن آمونیاک در تماس با آب و هوا قرار می‌گیرند، ترک رشد می‌کند.

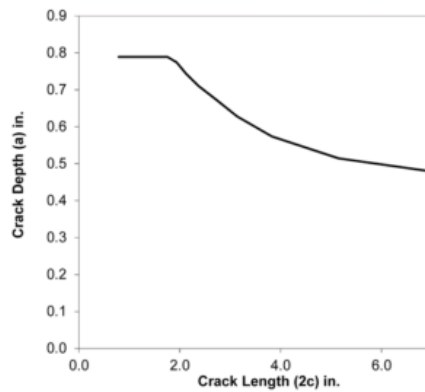
با استفاده از API RP 579 مهندسان پروژه نمودار ترک نسبی را رسم می‌کنند تا افراد بدانند کدام ترک نیاز به تعمیر دارد. ترک‌هایی با اندازه خاص و ابعاد مشخصی را می‌توان بدو تعمیر رها کرد.

این اقدامات با استفاده از داده‌های مربوط به چقرمگی که از آزمایش ضربه شاریپی حاصل شده‌اند، شروع شد. با استفاده از منحنی اصلی، مهندسیین مقادیر به دست آمده از آزمایش شاریپی را به مقادیر چقرمگی شکست ($K1$) مرتبط می‌سازند. این ارتباط تابع مقادیر ضخامت و انرژی شاریپی است. این ارتباط یک طرف معادله را تشکیل می‌دهد (طرف دیگر را عامل شدت تنش شکل می‌دهد).

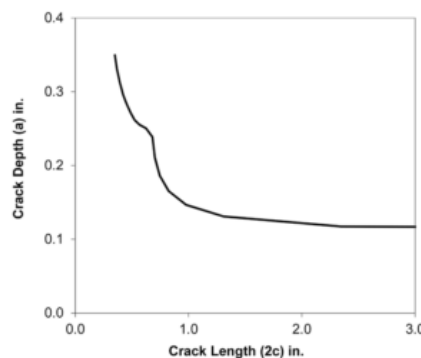


شکل ۴. هندسه فرضی ترک در دیواره تانکر

با استفاده از این داده‌ها، مهندس راه‌حلی برای شدت تنش بر اساس هندسه ترک که در شکل ۴ نشان داده شده است، ارائه می‌کند. این راه‌حل‌ها از API 579 به دست می‌آیند. با انتخاب طول ترک به اندازه $2C$ ، عمق ترک محاسبه می‌شود. با انجام این کار برای طول ترک‌های متعدد، نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های ۵ و ۶ رسم می‌شوند. در شرایطی که عمق ترک از ضخامت دیواره تانکر بیشتر باشد (شکل ۵)، نشت قبل از شکست اتفاق می‌افتد. در نقاطی از تانکر که جنس آن چقرمگی کمتری دارد، مانند ناحیه جوش شده و یا تحت تأثیر گرما؛ قبل از نشت مواد تانکر دچار شکست می‌شود. این شرایط به شدت نگران کننده است چرا که تا قبل از شکست هیچ علامت هشدار دهنده‌ای ظاهر نمی‌شود.



شکل ۵. اندازه بحرانی ترک، در شرایط نشت قبل از شکست دیواره تانکر



شکل ۶. اندازه بحرانی ترک، شرایط شکست قبل از نشت در دیواره تانکر

این تجزیه و تحلیل دو چیز را نشان می‌دهد. در فلز پایه، ترک‌های کم عمق و طولانی نیاز به تعمیر دارند. در شرایطی که امکان شکست قبل از نشت وجود دارد، باید نسبت ابعاد $(a/2c)$ کمتر از ۰.۵، باشد. در فلز پایه جوش، همه ترک‌ها با ابعاد مشخص نیاز به تعمیر دارند. به این صورت مهندس می‌تواند تصمیم بگیرد که چه اندازه‌ای از ترک با نسبت ابعاد مشخص نیاز به تعمیر با انتخاب یک ضریب ایمنی قابل قبول دارد.

در نهایت، باید این‌گونه گفت که هر ترکی مشکل محسوب نمی‌شود و نیاز به تعمیر ندارد.

جرثقیل سقفی

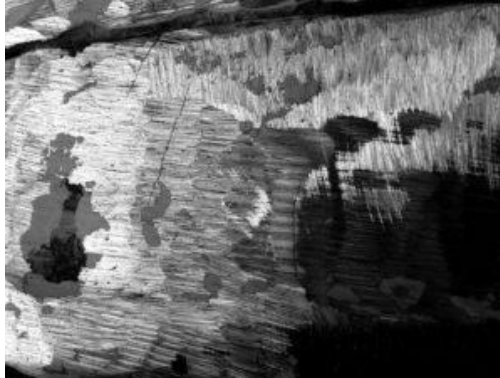
جرثقیل سقفی نشان داده شده در شکل ۷، یکی از ده‌ها موردی است که در طول سال‌ها از رده خارج شده است. بیش از صد سال از عمر این جرثقیل می‌گذرد و در این بازه زمانی بین ۵ تا ۱۰ میلیون چرخه خستگی را تجربه کرده است.



شکل ۷. جرثقیل پلی با اعضای قطری و پخش کننده‌های بار در پایین

در این مطالعه به بررسی نیروهای اعضا، الزامات خستگی AISC و آزمایش‌های غیر مخرب توجه شده است.

در تجزیه و تحلیل نیروها هیچ مشکلی شناسایی نشد. نتایج مدل سبب تطابق نمودار ماکسول در نقشه‌های اصلی شد. تجزیه و تحلیل تنش خستگی نشان دهنده این بود که اغلب اعضا دارای مقادیری کمتر از مقادیر آستانه در ۴,۵ KSI AISC بودند. چند عضو نزدیک به وسط خرپا تنشی برابر با ۱۰ KSI داشتند. آن‌ها در یک نقطه شکست شده‌اند، به دلیل اینکه خرپا بیش از یک پای خمیده را از دست می‌دهد. تا این نقطه، هیچ نگرانی عمده‌ای وجود ندارد. با این حال، آزمایش‌های غیر مخرب (NDT) انجام می‌شود.



شکل ۸. ترک خوردگی EYEBAR

قبل از هر گونه تست NDT، آهنگرها برخی از مفاصل کلیدی و ترک‌های مشخص شده را رنگ زده تا با چشم غیرمسلح به صورت نشان داده شده در شکل ۸، قابل مشاهده باشند. از طریق تست مرحله به مرحله‌ای مافوق صوت و قطعات مغناطیسی، ترک در داخل و در سطح به تعداد قابل توجهی از مفاصل مشخص می‌شود. محدوده اندازه ترک در بازه ۱/۸ تا ۵/۲ اینچ طول و ۱/۶۴ تا ۱/۳۲ اینچ عرض می‌باشد.

پس از بحث‌های طولانی مالک تصمیم گرفت که خرپا را از رده خارج کند. با توجه به اندازه و وسعت ترک و سختی تعمیر، این تنها تصمیم منطقی بود.

نکته مهمی که از این نمونه دریافت می‌شود، اهمیت بازرسی کامل است. تجزیه و تحلیل تنش و خستگی نشان داد که پل در شرایط خوبی بوده است. با این حال، واقعیت یک تصویر بسیار متفاوت را نشان داد.

مترجم: نیما اصغری

منبع:

<http://www.structuremag.org/?p=۱۱۰۳۱>