بررسی ناحیه پلاستیک در ترک‌های موجود در سازه‌های فلزی

مجیدرضا آیت‌اللهی[۱]، کارو صدیقیانی[۲]

دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت، نارمک، تهران

Karo_sedighiani@mecheng.iust.ac.ir

خلاصه

بدلیل تمرکز تنش شدید در نوک ترک و رفتار تغییرفرم‌پذیر فلزات، در اطراف ترک‌های موجود در سازه‌های فلزی یک ناحیه پلاستیک تشکیل می‌گردد که شکل و اندازه آن می‌تواند اثر قابل ملاحظه‌ای روی رفتار شکست قطعه داشته باشد. یکی از پارامترهای مهم و اثرگذار بر رفتار ترک، ترم ثابت تنش، موسوم به تنش T می‌باشد. بنابراین در این مقاله بطور خاص، اثر تنش T بر شکل و اندازه ناحیه پلاستیک در بارگذاری‌های مد I و مد II بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد، که تنش T اثر قابل ملاحظه‌ای روی شکل و اندازه ناحیه پلاستیک دارد.

کلمات کلیدی: ناحیه پلاستیک، تنش T، بی بعدسازی، بارگذاری مد I، بارگذاری مد II

مقدمه

در سازه‌های فلزی بعضاً ترک‌هایی در مرحله ساخت و یا به دلیل عیب‌های موجود، بتدریج در طول دوره کاری سازه ایجاد می‌شود. به عنوان مثال در پل‌های فلزی، پوسته‌های جدار نازک مورد استفاده در مخازن تحت فشار، دکل‌های برق و بسیاری از دیگر سازه‌های مهندسی که تحت بارهای تکرارشونده مانند حرکت وسایل نقلیه، زیاد و کم شدن فشار داخل مخزن و جریان باد قرار می‌گیرند، بر اثر بارهای خستگی ترک‌هایی در نواحی تمرکز تنش تشکیل می‌شود، که سبب کاهش استحکام سازه می‌گردد. گریفیث (Griffith) [۱] اولین کسی بود که برای توضیح تفاوت میان مقادیر تئوری و مشاهده شده استحکام قطعات، فرض کرد در قطعات ترک‌های بسیار ریزی وجود دارد، و این ترک‌ها سبب کاهش استحکام سازه می‌شوند. ارزیابی استحکام سازه‌های ترک‌دار به کمک مکانیک شکست صورت می‌گیرد. بدین منظور لازم است که تنش‌های اطراف ترک استخراج شده و رفتار ماده در اطراف نوک ترک به دقت بررسی شود. به دلیل تمرکز تنش شدید در نوک ترک و رفتار تغییرشکل‌پذیر فلزات، همواره در اطراف ترک‌های موجود در سازه‌های فلزی یک ناحیه پلاستیک تشکیل می‌گردد که شکل و اندازه آن می‌تواند اثر قابل ملاحظه‌ای روی رفتار شکست قطعه و مکانیزم رشد ترک داشته باشد. خان (Khan) و خرایشه (Khraisheh) [۲] معیاری پیشنهاد کردند که در آن با استفاده از شکل ناحیه پلاستیک می‌توان مسیر گسترش ترک را پیش‌بینی کرد. تلاش‌ها همچنین نشان می‌دهد، اگر اندازه ناحیه پلاستیک در مقایسه با دیگر پارامترهای ترک کوچک باشد (مانند طول ترک)، می‌توان از تئوری مکانیک شکست الاستیک خطی برای تحلیل میدان‌های تنش اطراف نوک ترک استفاده کرد، و شرایط SSY (small scale yielding) حاکم خواهد بود.

با استفاده از تئوری مکانیک شکست الاستیک خطی، تنش‌های موجود در اطراف ترک توسط یک بسط با بی‌نهایت ترم نشان داده می‌شود، که به بسط ویلیامز (Williams) شناخته می‌شود [۳]:

$$\sigma_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi r}}\left[K_I \cos\frac{\theta}{2}\left(1-\sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right)-K_{II}\sin\frac{\theta}{2}\left(2+\cos\frac{\theta}{2}\cos\frac{3\theta}{2}\right)\right]+T+o(r^{1/2})$$

$$\sigma_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi r}}\left[K_I \cos\frac{\theta}{2}\left(1+\sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right)+K_{II}\sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}\cos\frac{3\theta}{2}\right]+o(r^{1/2}) \qquad (۱)$$

$$\tau_{xy} = \frac{1}{\sqrt{2\pi r}}\left[K_I \sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}\cos\frac{3\theta}{2}+K_{II}\cos\frac{\theta}{2}\left(1-\sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right)\right]+o(r^{1/2})$$

در روابط فوق r و θ مختصات قطبی بوده و مبدا آن بر نوک ترک واقع شده است (شکل ۱)، K_I و K_{II} ضرایب شدت تنش مد I و مد II و T ترم ثابت تنش می‌باشد. جملات $o(r^{1/2})$ ترم‌های با توان‌های بالاتر r است. ترم اول معادلات بالا سینگولار بوده و در نزدیکی نوک ترک ترم غالب تنش می‌باشد، به همین دلیل معمولا از اثرات ترم‌های بعدی صرفنظر می‌شود. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که ترم ثابت تنش نیز می‌تواند نقش مهمی در رفتار ترک

---

[۱] استاد

[۲] دانشجو کارشناسی ارشد

EMAIL:M.NOEZAD@GMAIL.COM