

(345) タフタイル鋳鉄管の曲げ疲れ強さの破壊力学的解析

金属材料技術研究所

田中 絃一, 松岡三郎

1. 緒言; 前報¹⁾でタフタイル鋳鉄管(FCD40)の曲げ疲れ試験結果を報告し, それと圧延H型鋼(SM50)の試験結果を比較検討した(図1)。鋳鉄管の疲れ破壊はその内壁の2.5mm程度のガス穴に起因し, それは管壁から採取した2種類の平滑試験片(PP およびSP) による試験により確認できた。それらのSN曲線の傾向は鋼とは異なり, 後者ではH型鋼の強度は平滑試験片のそれに比べると高寿命側で急激に低下するのに対し, 前者では強度差は寿命によらない。これは鋼では切欠に対して敏感で深さ0.5mm程度の切欠によって強さが減少するが, 鋳鉄はそれほど切欠に対して敏感でないためと推測された。本報ではこの推測を確認するため, 鋳鉄板と鋼板に同様形状(深さ1mm以上)の切欠を付けて試験し, それらの挙動の相違を調べ, さらにそれらの結果に対して破壊力学的な解析を試みた。

2. 試験結果の解析および考察; タフタイル鋳鉄の疲れき裂伝は挙動を調べるために7φの丸穴に4mmの両側スリットを付けた中央切欠試験片(CP)を使った。その試験片によるSN曲線は図2に示し, それより求められたき裂伝は速度 da/dN は次のようになった。

$$da/dN = 4.8 \times 10^{-13} \Delta K^4 \quad (a: m, \Delta K: MPa\sqrt{m}) \quad (1)$$

切欠の影響については鋳鉄およびSM50鋼の平滑試験片にルート半至0.3mmの同様形状の両側切欠をつけて調べた。それらの結果は図2に示したな, 鋳鉄に深さ2mmの切欠を付けた場合は鋼に5mmの切欠を付けた場合に相当することになる。(1)式を積分して $\Delta\sigma$ と N_f の関係を求めると次のようになる(指数 $m=4$)。

$$N_f = (1 - a_i/a_f) / C [(\Delta\sigma)^4 a_i] \quad (2)$$

a_i : 切欠深さ, a_f : 板中の $1/4$, f : 切欠の形状係数, C : Parisの式の常数。鋳鉄の2mm切欠の場合のSN曲線を(2)式より計算して図示すると実線のようになり, 実験値と良く一致する。鋼の場合について, 逆に(2)式の関係を使って実験値か理論式と良く一致するように C を定めると 1.6×10^{-13} となった。この値と(1)式の C 値を比べると鋳鉄の場合のき裂伝は速度は鋼の3倍速くなっている。鋳鉄管の場合につき, 直至2.5mmの穴を仮定し, (1)(2)式より N_f を推定すると図2の実線の結果となり実験の傾向と一致する。ここで疲れ限度は ΔK 値で定まり, 鋳鉄の ΔK は鋼の場合に準じ³⁾ $da/dN = 10^{-9} m$ に対応する ΔK 値として定まると仮定して計算した。これらの解析より, 図1では鋳鉄の方が切欠に対して鈍感に見えたが, これは大きな内部欠陥に起因した破壊が優先したための見かけ上のことで, 切欠が大きくなるとやはり鋳鉄の方が鋼に比べて寿命ははるかに短くなることになった。[参考文献] 田中ほか。1). 鉄と鋼, 63(1977)S753. 2) Engng. Fract. Mech., 2(1975)79. 3) 投稿中(Int.J. Fract.)

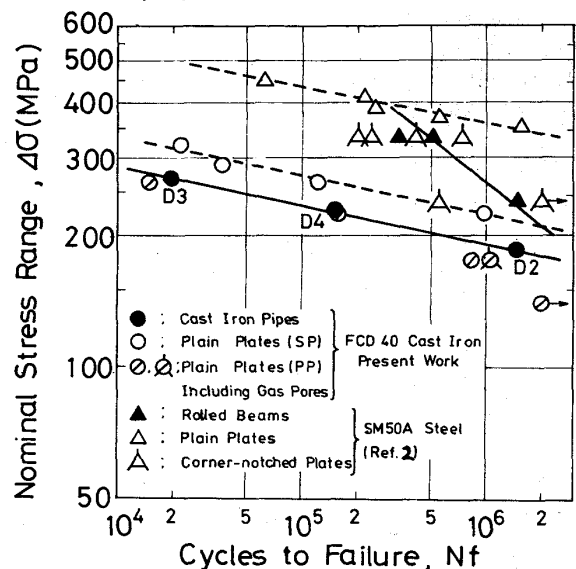


図1. 鋳鉄管およびH型鋼の疲れ試験結果

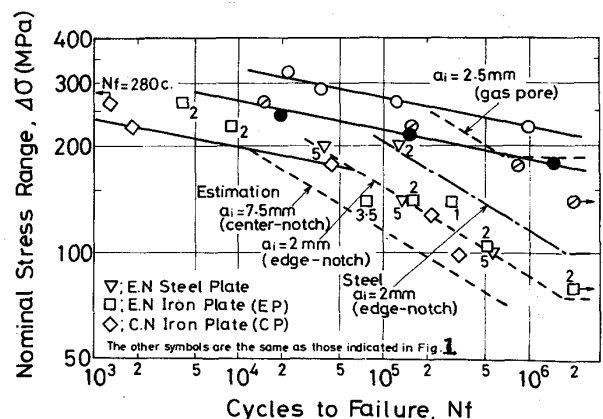


図2. 切欠試験片の疲れ試験結果