討14-4 疲労き裂伝播式における材料常数Cとmの関係

金属材料技術研究所 ○田中紘一，松岡三郎

疲れき裂伝播のParisの式における２つの常数Cとmは全く独立でなく経験的に関数関係が成り立つ事が北川[1]，越賀ら[2]，横堀ら[3]などによって見出された。図1はその例で片振り試験をした種々の鋼のCとmを片対数でプロットしたものであるが，これらのデータは $C=A/\Delta K_0^m$ という関係が極めて良く成り立っている。この事はParisの式は

$$da/dN = C\Delta K^m = A(\Delta K/\Delta K_0)^m \quad (1)$$

という形で表わされる事を示す。これは鋼の場合，図2に模型的に示したようにすべてのデータは $\Delta K=\Delta K_0$ 近辺で伝播速度 $da/dN=A$ をもつ事を示し，この事実はHahnら[4]によっても指摘された。

小規模降伏のときき裂先端のくり返し塑性域はΔK^2に比例する。その塑性域中の損傷度が一定となるとき裂が進展すると仮定するか[4,5]伝播速度がCODに比例すると仮定すると[6]，$da/dN \propto \Delta K^2$とならなければならない。事実，破面上のストライエイション間隔はΔK^2に比例することが確められている[7]。一方，Elber[8]はき裂の開閉挙動を調べて，伝播に有効なΔK, ΔK_{eff}, はき裂開口係数$U(\Delta K)$を使って，

$$\Delta K_{eff}=U(\Delta K)\Delta K \quad (2)$$

と表わせる事を示した。このΔK_{eff}はda/dNと２乗則で結ばれると仮定するのが最も合理的である。すなはち $da/dN = C_{eff}\Delta K_{eff}^2$. (3)
$\Delta K=\Delta K_0$のときのUをU_0とすると(1)(2)(3)式より $C_{eff}=A/(U_0\Delta K_0)^2$ となる。この関係を(3)式に代入し，(1)式と比較すると開口係数はΔKに依存して

$$U(\Delta K)=U_0(\Delta K/\Delta K_0)^{m-2/2} \quad (4)$$

という関係で与えられる。(4)式はいわゆる４乗則($m=4$)はUがΔKとともに直線的に比例して増加する事を示し，２乗則($m=2$)ならば勿論，UはΔKに依存しない事を示す。

(3)式の係数C_{eff}は低サイクルひずみ制御試験結果を基に適当な仮定を使って推測する事ができる[9]。図1に黒印で示した4種類の鋼のC_{eff}を求めてみるとそれらの値は50 %以内のばらつきで一致していた。この事は図2に示すようにUは鋼の種類やΔKに依存して変動するが，da/dNとΔK_{eff}の関係はそれらに依存せず，ほぼ一定の関係を保ち，また$\Delta K=\Delta K_0$近辺では鋼の種類に依らずUの値は一定となる事を示唆する。

上記の4種の鋼につき，求めたC_{eff}値とき裂伝播測定結果（R＝０）を比較してUのΔK依存性を計算した結果を図3に示した。HT80鋼の場合は太田[9]のU値の直接測定結果と計算は極めて良く一致している。S10C鋼は菊川ら[10]の測定結果であるがこの鋼は $m\simeq 4$ であったが，ほぼ$U\propto\Delta K$となっている。[文献省略]

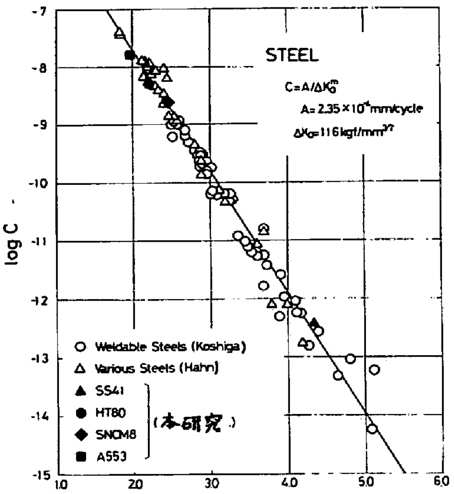

図1．種々の鋼のCとmの関係

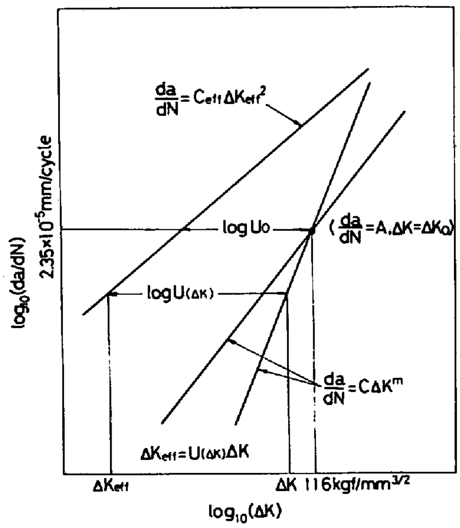

図2．da/dNとΔK，ΔK_{eff}との関係

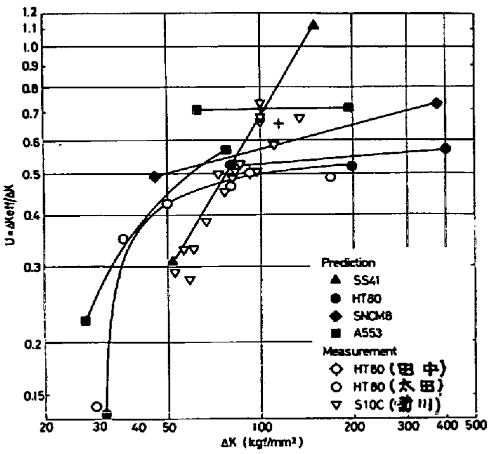

図3．U値の実測値と計算値