

(548) 疲労破壊したドリルパイプの負荷応力および寿命の推定法

(ドリルパイプの実管疲労特性に関する研究 第1報)

新日本製鐵(株) 八幡技術研究部 ○塚野保嗣 西 俊二
十河泰雄

1. 緒 言

掘削中に疲労破壊したドリルパイプの負荷応力や寿命を知ることは、事故解析を行なう上で極めて重要である。しかしながら、現在のところ、それらの推定法に関する報告はあまりなされていない。これは実管回転曲げ疲労試験機¹⁾のような実管による評価設備が少なく、解析法の精度確認や再現実験等が困難なためであろう。そこで本報では、破面解析と破壊力学による推定法を検討し、その精度を実管回転曲げ疲労試験材により確認することにした。

2. 推定方法

$$\Delta S = d\ell/dN \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$d\ell/dN = C(\Delta K)^m \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta K = \Delta\sigma\sqrt{\pi a/Q} F(a/c, a/t, \phi) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$N_f = \int_{a_i}^{a_{cr}} da / C \{ \Delta\sigma\sqrt{\pi a/Q} F(a/c, a/t, \pi/2) \}^m \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 ΔS ：ストライエーション間隔， $d\ell/dN$ ：き裂進展速度
 C, m ：材料定数， ΔK ：応力拡大係数の範囲， $\Delta\sigma$ ：応力の範囲，

Q ：第二種完全だ円積分の二乗， $F(a/c, a/t, \phi)$ ：部材とき裂形状に関する補正項²⁾， N_f ：寿命， a_i ：初期き裂長さ， a_{cr} ：破断時のき裂長さ，である。(1)~(4)式を用いることにより、き裂任意位置のストライエーション間隔から、疲労破壊したドリルパイプの $\Delta\sigma$ および N_f を求めることができる。なお、(3)式の各パラメータは Fig. 1に示すようにパイプを平板に置き換えることにより求めるものとする。³⁾

3. 実管回転曲げ疲労試験材への適用

実管回転曲げ疲労試験において、負荷応力 29.3 kg/mm²、寿命 10.9 × 10⁴ 回で破断したドリルパイプ (E-75, 5" × 19.50 #, Photo. 1, 2) に前述の推定法を適用したところ、その推定値は、それぞれ 30.5 kg/mm²、17.9 × 10⁴ 回となり (Table. 1)，この推定法が、事故解析に対し十分活用できる精度をもつことがわかった。なお計算に際し、 $C=1.26 \times 10^{-10}$ 、 $m=2.93$ ⁴⁾ とした。また、 a_i は破面からの実測が不可能であるため、0.8 mmと仮定した。一方、(4)式で得られる N_f には、 a_i に至るまでの繰り返し数が含まれていない。そこで N_f を2倍することにより実際寿命を求めた。⁵⁾

Table. 1 Comparison of estimated results and experimental results

values of parameters					estimated results			experimental results	
striation spacing (μ)	a/c	2 ϕ/π	a/t	a _{cr} (mm)	ΔK (kgf/mm ²)	$\Delta\sigma$ (kgf/mm ²)	N _f (cycles)	applied stress (kgf/mm ²)	N _f (cycles)
0.55	0.5	0.76	0.88	7.5	184.6	30.5	17.2 × 10 ⁴	29.3	10.9 × 10 ⁴

参考文献 1) 西ら：鉄と鋼，Vol. 71(1985)P253, 2) I.S.Raju: Engineering Fracture Mechanics, Vol. 11(1979)P817, 3) Edward Kralら：Oil & Gas Journal Aug 13 (1984) P15, 4) Stephens: ASTM, Journal of Testing and Evaluation, Vol. 7 (1979)P68, 5) 西谷ら：機械学会第46期全国大会講演会No. 198 (1968-9) P 83

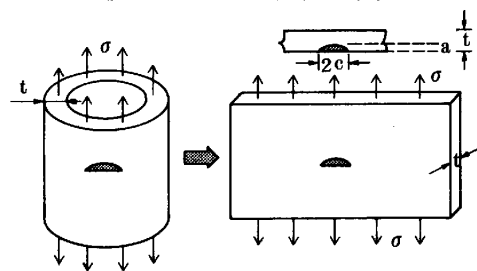


Fig. 1 Surface cracks in cylinder and flat plate

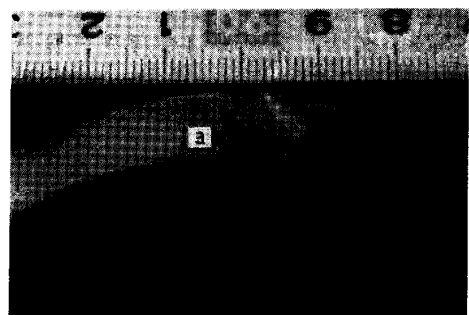


Photo. 1 Macrofractograph

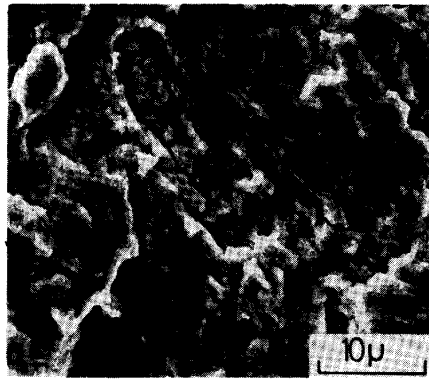


Photo. 2 Striation point observed at the point a