

1. まえがき

前報^{1),2)}までに Irwin³⁾により提唱された応力拡大係数(Stress intensity factor, $K(\text{kg cm}^{1.5})$)の概念により、人工切り欠きを有するコンクリートはりの破壊強さ・破壊じん性の検討の結果、次のようなことが明らかとなった。

(1) 荷重とき裂開口変位量との関係は、最大荷重の80～95%程度で塑性流動が顕著になり、その時の開口変位量は0.01～0.03mmであった。また、 a/W (a :切り欠き深さ、 W :供試体の高さ) $=0.5$ のとき荷重とき裂開口変位量曲線の挙動は鋼材に類似した見掛け上の降伏点を示した。

(2) 人工き裂幅と最大荷重($P_{\max}$)との関係は、3種(0.5, 1.5, 4.0 mm)のき裂幅について検討した結果、き裂幅による $P_{\max}$ の値には大きな相違がなかった。

(3) $P_{\max}$ と a/W との関係から、 $a/W \approx 0.05$ 付近以下においては、初期ひびわれの存在⁴⁾およびコンクリートの複合材料としての特性からくる物理的な鈍感さなどにより $P_{\max}$ はほぼ一定となる。

(4) 限界応力拡大係数(K_c)と a/W との関係は $K_c = 20(a/W) + 53.45 \approx 57.1(\text{kg cm}^{-1.5})$ と近以され、 $P_{\max}$ より材料特性値として適当であることがわかった。また、 $K_c = 57.1(\text{kg cm}^{-1.5})$ とした場合の $P_{\max}$ の推定曲線は実測値とほぼ同様な傾向を示しているが、さらに精度向上のため修正を加える必要がある。

(5) A E法により急速ひびわれ伝播開始点を、Counterの急増し始める点とし、その荷重を P_{AE} とすると、 P_{AE} は $P_{\max}$ より約5%早く破壊を予知することが可能であることがわかった。また、 a/W による K 値のばらつきは K_c に比べ K_{AE} の方が小さく、より安定した K 値の決定が可能である。

以上のことをふまえて、ここでは材料特性値としてのさらに適切な K 値の決定、および本実験の範囲内における $P_{\max}$ と K_c との関係について検討した。

2. K_c と a/W との関係

図-1に K_c と a/W との関係を定数、1次関数、2次関数とした場合について示す。また、図-2に K_c を上記3種とした場合の $P_{\max}$ の推定曲線と実測値を最小2乗法により求めた2次曲線を示す。いずれもほぼ同様な傾向を示しているが、 K_c を2次関数とした場合が適当と思われる。

3. $P_{\max}$ と K_c との関係

(1) $P_{\max}/K_c$ と a/W との関係を図-3、図-4に示す。これは実測値 $P_{\max}$ を上記3種に仮定した K_c で除した $P_{\max}/K_c$ と a/W との関係を2次関数(図-3)、指数関数(図-4)として近以させたものである。図-3からは K_c を2次関数とした場合が適当であり、また、図-4は全体的にほぼ実測値と同様な傾向を示し K_c を2次関数とした場合には相関係数(r)0.982の高い相関性を示した。

(2) 純曲げに対する K_c の値は(1)式によって与えられている⁵⁾。

$$K_c = Y \cdot \frac{6M\sqrt{a}}{BW^2} \quad , \quad Y = 1.99 - 2.47(a/W) + 12.19(a/W)^2 - 23.17(a/W)^3 + 24.80(a/W)^4 \quad (1)$$

ここで M :き裂部の曲げモーメント B :供試体の幅 a , W :前述

3等分点載荷法により $M = P_{\max} \cdot l/6$ (l :スパン長)、これを用いて(1)式を次のように変形する。

$$P_{\max} = K_c \cdot \frac{BW^2}{\sqrt{a}l} \cdot \frac{1}{Y} = K_c \cdot \frac{BW^{1.5}}{l} \cdot \frac{1}{Y(a/W)^{0.5}} = K_c \cdot \frac{BW^{1.5}}{l} \cdot \frac{1}{Y'} \quad , \quad Y' = Y \cdot (a/W)^{0.5} \quad (2)$$

ここで $P_{\max}$ を実測値、 K_c を2次関数と仮定し Y' と a/W との関係を1次関数、2次関数として近以させたものが図-5である。実測値とほぼ同様な傾向を示し、とくに1次関数とした場合は

$r = 0.995 \approx 1.0$ と高い直線性を示した。

4. 3で決定した P_{max}/K_c と a/W の関係および Y' と a/W の関係を用いて求めた P_{max} の推定曲線を 図-6, 7, 8 に示す。

これから 本実験の範囲内では 材料特性値としての K_c の値は $K_c = -214.2(a/W)^2 + 126.3(a/W) + 45.7$ と 2次関数として表わし, P_{max} と K_c との関係は (2)式において Y' を 1次関数 ($Y' = 2.82(a/W) + 0.24$) として扱っても十分であろう。

K_c ($kg\text{cm}^{-1.5}$)

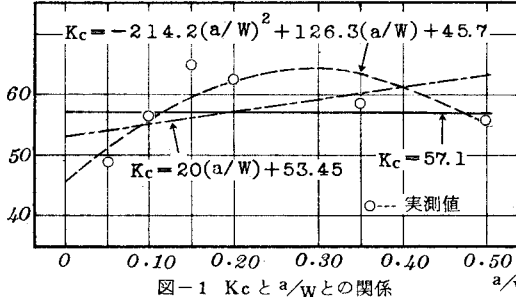


図-1 K_c と a/W の関係

P_{max} (kg)

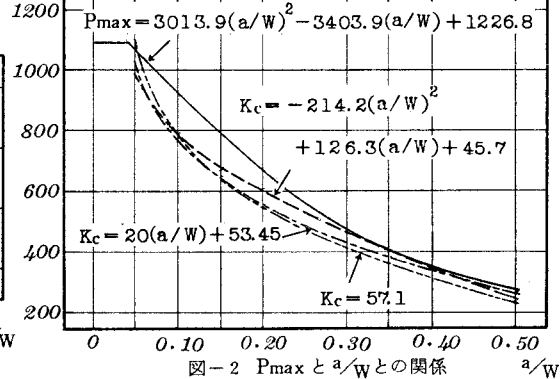


図-2 P_{max} と a/W の関係

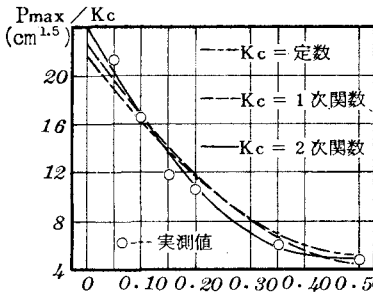


図-3 P_{max}/K_c と a/W の関係

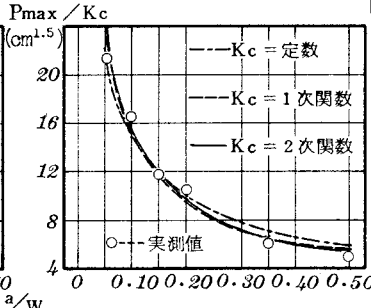


図-4 P_{max}/K_c と a/W の関係

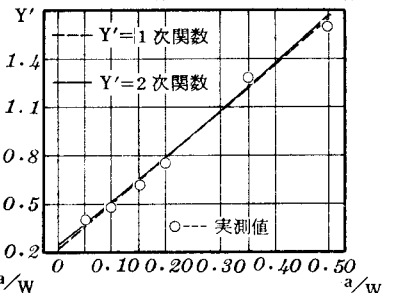


図-5 Y' と a/W の関係

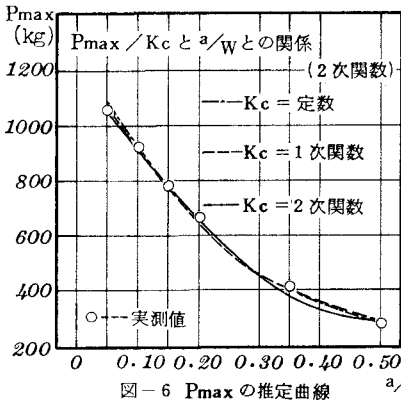


図-6 P_{max} の推定曲線

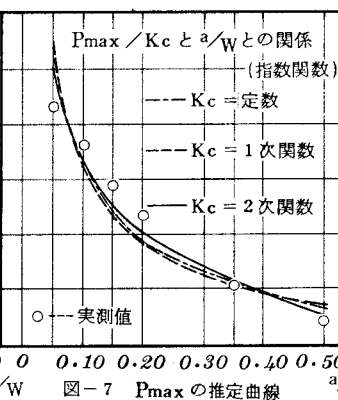


図-7 P_{max} の推定曲線

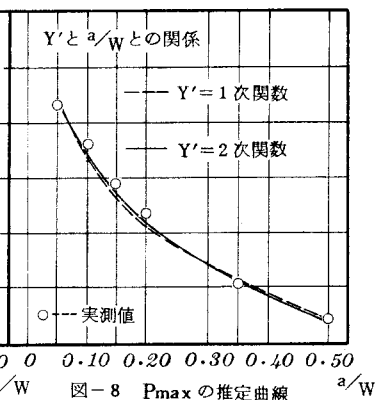


図-8 P_{max} の推定曲線

5. あとがき

本研究には 防大 堀越技官・同 鶴田非常勤職員などの助力を受けた。付記して謝意を表する。

6. 参考文献

- 1) 森田・加藤：コンクリートの破壊じん性と A E 評価に関する基礎的研究(第1報), 32回年講5, s.52.10, pp.9~10
- 2) 森田・加藤：コンクリートの破壊じん性と A E 評価に関する基礎的研究(第2報), 5回関支年講, s.53.1, pp.217~218.
- 3) Irwin, G.R.: Fracture Dynamics, Fracturing of Metals, ASM, 1948.
- 4) 加藤：プレーンコンクリートはりの曲げ疲労ひびわれの発生と伝播, 防大理工学研究報告, V.10 No.1, s.47.3, pp.47~56.
- 5) Brown, W.F. et al.: Plane Strain Crack Toughness Testing of High Strength Metallic Materials, ASTM STP No.410, 1966.