

東京理工専門学校 正倉 森 田 興 司

1. まえがき

稜形破壊力学は、クラックおよび鋭い切り欠きとと部分材構造物の強度と変形を、稜形弾性論から導かれた結果を基礎として取扱う分野である。それはクラックおよび鋭い切り欠きに類似な欠陥を対象とし、クラック先端の力学的環境条件として、応力集中係数(または応力拡大係数(K))、およびこれと一対一の対応した応力集中エネルギー解放率(G)というパラメータを用いる。また、クラック先端の塑性域の大きさがクラックの長さに対して十分小さく、クラック先端近傍に限りでは弾性変形としていえるものとすべきとき、これを小規模破壊状態とよび、材料の応力-ひずみ曲線が稜形であるという弾性材料にたつことも、上記パラメータの K および G は、塑性域の寸法を加味することにより適用が可能であるとされてい^{1),2)}。

本報告は、これをさへふえてコンクリート構造物の角部詳細における破壊力学の適用性を検討するための基礎的資料と得るために、セメントモルタルにおける応力拡大係数の適用性をあつち切り欠き先端の塑性域寸法の評価に関して実験研究したことをまとめたものである。

2. 実験条件および実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は標準砂を用いた。セメント比は65%で、フロー値は224mmであった。養生は28日間標準養生をとり、三等分点荷法により四点荷重した。使用した切り欠き深さ比(a/W)は、0.05~0.50の6種を用い、硬質ビニル製仕切(厚さ0.5mm)を用いて作製した。

また、実験体の28日圧縮強度は33.6 kgf/cm²、弾性係数は 20.1×10^4 kgf/cm²であった。

3. 実験結果および考察

1) 切り欠き先端の応力とひずみとの関係

図-1に切り欠き先端の応力とひずみとの関係の一例を示す。図より求めた第1荷点および第2荷点の応力とひずみそれぞれ σ_1, σ_2 とし、 σ および a/W との関係を図-2に示す。図よりそれぞれ平均値は $\sigma_1 = 22.7$ kgf/cm²(標準偏差3.61)、 $\sigma_2 = 36.3$ kgf/cm²(標準偏差5.24)程度の値を示し、前報³⁾の川砂モルタルの場合とほぼ同程度の値を示すことがわかった。

2) 塑性域補正法(r_p)の算定

平面ひずみ状態の場合、破壊モードIの切り欠き先端に生ずる塑性域の大きさを評価するための塑性域補正法は(1)式により与えられる。

$$r_p = (K_{IC}/\sigma_{ys})^2 / 4\pi E \quad (\sigma_{ys}: \text{降伏応力}) \quad \dots (1)$$

しかし(1)式における降伏応力(σ_{ys})を便宜的に上記の σ_1, σ_2 を用い、 K_{IC} 値は比較的安定した値を示す $a/W \approx 0.3 \sim 0.5$ より求めた $K_{IC} = 51.0$ kgf/cm^{3/2}として、(1)式より求めた r_{p1}/W (σ_1 使用)、 r_{p2}/W (σ_2 使用)と a/W との関係を図-3に示す。図よりそれぞれ平均値は $r_{p1}/W = 0.073$ (標準偏差0.023)、 $r_{p2}/W = 0.026$ (標準偏差0.003)程度の値を示すことがわかった。

3) 有効き裂長さ(a_e)の算定

K_{IC} 値は本来、切り欠き深さ比などに影響をうけず一定値とすることからである。しかし、実際には図-4に示すように $a/W \approx 0.15$ 付近以下範囲において、 K_{IC} 値が低下する傾向を示す。そこで、各 a/W において $K_{IC} = 51.0$ kgf/cm^{3/2}を示すための切り欠き長さ(a)の増分(Δa)を求め、 a/W と $\Delta a/W$ との関係を図-5に示す。図から a/W と $\Delta a/W$ を1次関数として近似すると(2)式が得られる。

$$\Delta a/W = 0.132 - 0.505 (a/W) \quad (\text{相関係数 } 0.75) \quad \dots (2)$$

4) r_p と a_e との関係

塑性域補正法と有効き裂長さとの関係を図-6に示す。図より明らかなように、 r_p/W と a_e/W は等価と

は認めにくい。が、 a_c/w に比べ r_p/w の方が比較的安定した値を示すことがわかる。また、本報告に示すのはコンクリートの降伏応力として、便宜的に第1析出応力および第2析出応力と採用したが、さらに適切な降伏応力を用いることにより、 a_c/w とすく一致した r_p/w の決定も可能であろう。

4) r_p にする K_{Ic} 値の修正

切り欠き深さ比 a/w と r_p とを加味することにより $(a+r_p)/w$ としたときの K_{Ic} 値と a/w との関係を図-7に示す。また、塑性域修正法 (r_p) の切り欠き深さ (a) に対する比と a/w との関係を図-7に併記した。図から明らかなように、本実験の範囲内においては、 $a/w \approx 0.10 \sim 0.15$ 付近以上の切り欠きに対しては、適する大きさの値があるが、 r_p の有無性がわかる。また、 r_{p2} にすれば、図より塑性域修正法の大きさ、人工切り欠き長さの約 $1/4 \sim 1/5$ 程度以下の場合に有効であることがわかる。

4.まとめ

コンクリートの降伏応力として、第1析出応力および第2析出応力を用いて、塑性域修正法 (r_p) を算出し、その有無性および適用範囲を検討した。本実験の範囲内においては、ほぼ $a/w \approx 0.15$ 付近以上の切り欠きに対し、小規模降伏状態が満たされようであるが、さらに検討を重ねる必要がある。

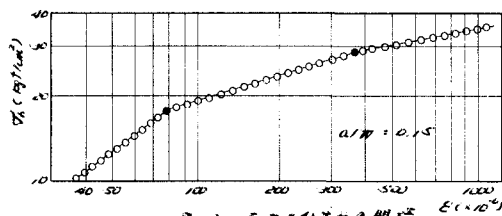


図-1 a/w と r_p/w の関係

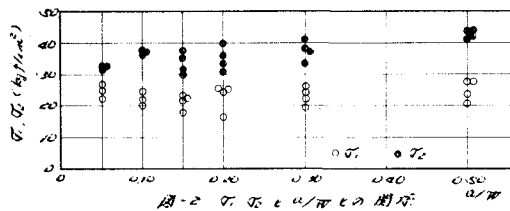


図-2 a/w と r_p/w との関係

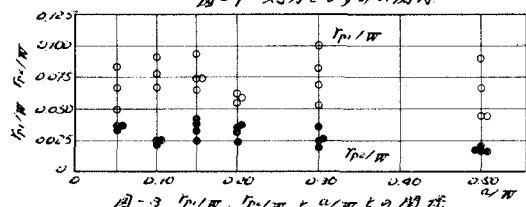


図-3 r_{p1}/w , r_{p2}/w と a/w との関係

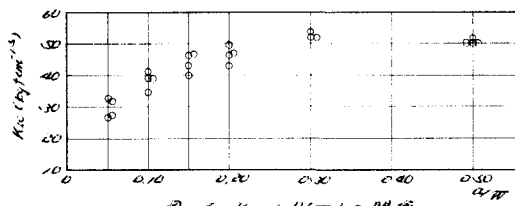


図-4 K_{Ic} と a/w との関係

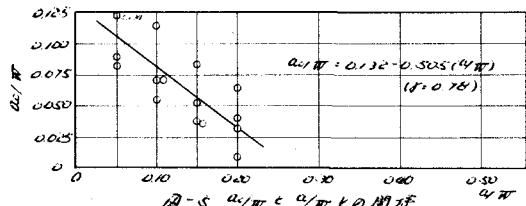


図-5 a/w と r_p/w との関係

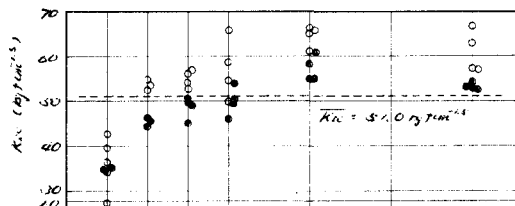


図-6 K_{Ic} , r_{p1}/a , r_{p2}/a と a/w との関係

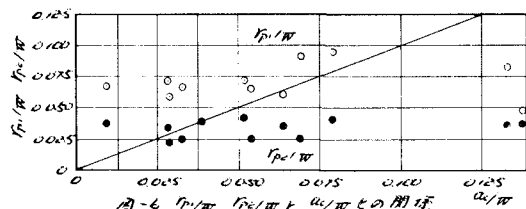


図-7 r_{p1}/w , r_{p2}/w と a/w との関係

5.参考文献

- 1) Irwin, G. R.: Fracture Dynamics, Fracturing of Metals, ASM, 1998.
- 2) 平澤 博: 破壊力学と材料力学講座, 培風館, 昭和57年9月.
- 3) 森田 明司: セメント・コンクリートの破壊じん性試験における破壊力学の適用性に関する基礎的研究, セメント研究所年報 36, 昭和57年, pp. 203~206.