

1. まえがき

線形破壊力学は、クラックあるいは鋭い切り欠きをもつ部材や構造物の強度や変形を、線形弾性論から得られた結果を基礎として取扱う分野である。クラックおよびそれ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、応力やひずみではなく 応力拡大係数 (K_{Ic}) あるいはこれと一対一対応のある エネルギー解放率 (G_c) というパラメータを用いる。しかし、実在の材料においては、クラック先端付近で応力とひずみの関係は線形ではなくなり、降伏などによる非線形変形をした領域が出現する。この領域の大きさが、クラックの長さや残り断面の寸法などに比べて十分小さい場合は、弾性論を基にした線形破壊力学が、若干の補正を加えたうえで適用可能であるとされている¹⁾。

本報告は、コンクリート材料のひびわれモード I (開口形) における、クラック先端付近の塑性域に関して基礎的な実験を行なったものである。

2. 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・川砂(最大寸法 5 mm, 2.5 mm の2種類)を用い、表-1に代表的な使用配合を示す。供試体は $4 \times 4 \times 16$ cm と $10 \times 10 \times 40$ cm の2種類を用いた。切り欠きは、打ち込み時に硬質ビニール製仕切り板(厚さ 0.5 mm)を用い、脱型時にはずして所定の切り欠きを導入した。供試体は 28日間標準養生を行なったのち、三等分点載荷法により曲げ載荷を行なった。

3. 実験結果および考察

1) K_{Ic} と a/W との関係

線形破壊力学により得られた K_{Ic} と a/W との関係の一例を図-1に示す。切り欠き深さ比 (a/W) が 0.15 付近以下の小さな切り欠きに対し、 K_{Ic} は図のように低下する傾向を、本実験のすべての配合において示した。

また、 a/W が 0.15 付近以上の大きな切り欠きに対しては、比較的安定した値を示し、これより求めた K_{Ic} の平均値を表-1に併記した。

2) a_0/W と a/W との関係

前報^{2),3)}において、コンクリート材料特有の潜在欠陥群のうち、上記 K_{Ic} 値を得るために必要な a/W の増分を実効き裂長さ (a_0) として求めた⁴⁾。 a_0/W と a/W との関係の一例を図-2に示す。標準砂モルタルおよび川砂モルタルの a_0 は、セメントペーストに比べ、約 3~4 倍程度大きな値を示した。

3) a_0 と塑性域補正寸法 (r_p) との関係

破壊モード I (開口形) におけるクラック先端に形成される塑性域の寸法の目安となる塑性域補正寸法 (r_p) は、便宜的に Irwin により報告された (1) 式により求められる。

$$r_p = (K_{Ic})^2 / 4\sqrt{2} \pi (\sigma_{ys})^2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

切り欠き先端の応力とひずみとの関係を図-3に示す。図より $a/W = 0.05$ の時、第1折点の応力は 22.5 kgf/cm^2 、 $a/W = 0.15$ の時、 20.0 kgf/cm^2 程度の値を示した。いま便宜的に、この第1折点をコンクリートの降伏応力として、(1) 式により算定した r_p の値は、 $a/W = 0.05$ のとき 0.272 cm 程度の値を示した。

また、近似的に a_0 を r_p と等価と仮定して、(1) 式より算定した降伏応力と a/W との関係を図-4に示す。多少のばらつきはあるが、図-3と比べてほぼ第1折点近傍の値を示すことがわ

かる。また、 a_o と r_p との関係を 図-5 に示す。 a_o と r_p は良い相関を示し、相関式は (2) 式で与えられる。

$$r_p / W = 0.325 (a_o / W) + 0.033 \text{ (相関係数} = 0.98) \cdots \cdots (2)$$

4. あとがき

切り欠き先端に発生する塑性域に関して、本実験の範囲内においては、便宜的に降伏応力として、応力ひずみ図の第1折点を用いて算定した r_p と、 K_{Ic} 値より求めた a_o との間に良い相関性があることが認められた。

また、これらのことから、さらに適切な降伏応力や K_{Ic} 値を採用することにより、 a_o による塑性域寸法の評価も可能と思われる。

表 - 1 使用配合(重量配合比)

配合 番号	セメント	標準砂 (5mm)	川砂 (2.5mm)	水セメント比	フロー値 (mm)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	K_{Ic} (kgfcm ^{1.5})
1	1	—	—	30	164	654	53.1
2	1	—	—	40	230	504	43.4
3	1	2	—	65	225	325	50.1
4	1	—	2	65	268	249	45.7
5	1	—	—	2	258	247	44.9

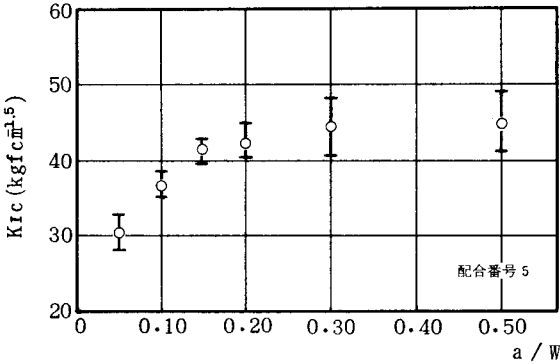


図 - 1 K_{Ic} と a/W との関係

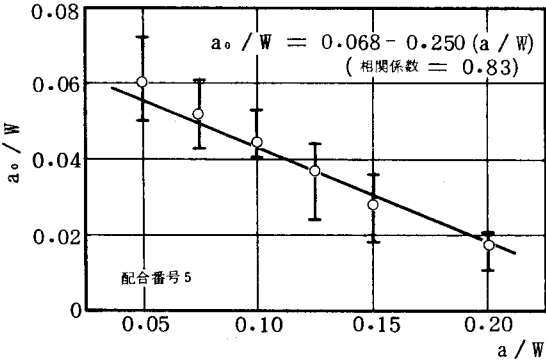


図 - 2 a_o/W と a/W との関係

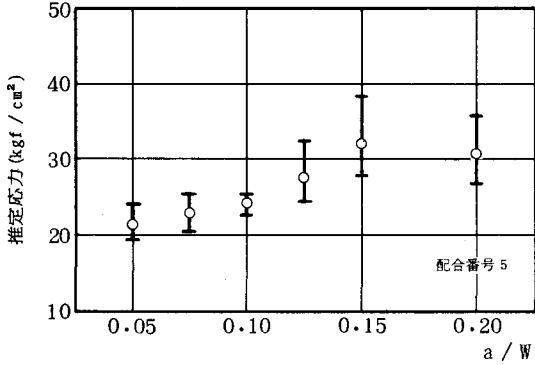


図 - 4 推定応力と a/W との関係

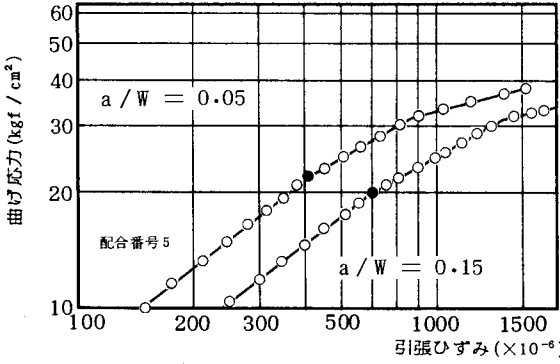


図 - 3 曲げ応力とひずみとの関係

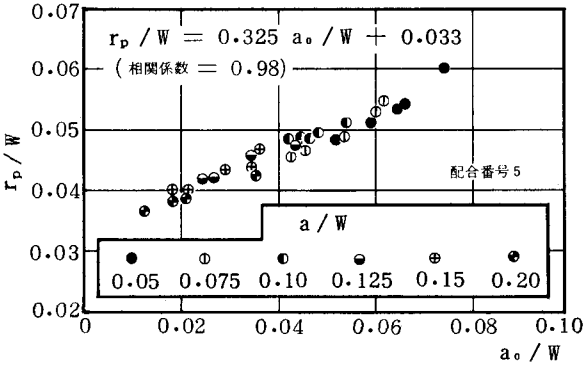


図 - 5 r_p/W と a_o/W との関係

〈参考文献〉 1) 木原：破壊力学と材料強度講座，培風館，S.52.9. 2) 森田：36回年講 5，S.56. 10. pp. 131～132. 3) 小畑・森田：9 回関支年研，S.57. 1.，pp. 187～188. 4) Waddoups, M.E. et al.: J.Comp. Mat., 5, 1971, pp. 446～456.