

東京理工専門学校 正会員 森 田 興 司

1. まえがき

複合材料としてのコンクリートの破壊じん性評価において、Mindess らは J 積分法を導入し、その有効性を報告している¹⁾。J 積分は、異方性材料であっても均質等方性材料における場合と同様に定義され、積分路に影響されない量であり、弾性体を対象とする場合には エネルギー解放率の意味を持ち、特に線形弾性である場合には、平面ひずみ状態において次の関係が成立つことが知られている。

$$J_{Ic} = (1 - \nu^2) K_{Ic}^2 / E \quad (\text{ただし, } \nu: \text{ポアソン比, } E: \text{弾性係数, } K_{Ic}: \text{応力拡大係数}) \cdots (1)$$

前報²⁾において、J 値計算に用いた たわみ量と等価な対応を示す き裂開口変位量(δ)を用い、荷重～き裂開口変位量曲線で $\delta = \delta_{max}$ の場合の面積(A_I)の有意性を検討し、 A_I は切り欠き深さ比(a/W)最大荷重(P_{max})などの値にかかわらず、ほぼ一定値を示すことを報告した。また、Tattersall ら³⁾は、き裂材の荷重～開口変位量曲線から、破断に要した全仕事をき裂生成面積で割って 単位面積当りの仕事量(γ_f)を求め、これを Work-of-Fracture と呼び、破壊じん性相当量としている。

本報告は、これらをふまえて γ_f を用いて計算した K_{Ic} 値と金属材料と同様にして求めた⁴⁾ K_{Ic} 値とを比較・検討したものである。

2. 材料および供試体

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は川砂・川砂利を用い 表-1 に示す 6 種類の配合を用いた。練りまぜはアイリッヒ型ミキサを用い、 $10 \times 10 \times 42$ cm の角柱供試体を作製し、7 日間水中養生のあと、さらに 21 日間湿空養生した。使用した人工切り欠き深さは 5, 10, 15 mm の 3 種類とし、岩石切断機(刃幅 1.5 mm)で加工した。また、供試体は 3 等分点載荷法により曲げ載荷を行なった。

3. γ_f と a/W , P_{max} との関係

図-1 に γ_f と a/W との関係を示す。 γ_f を a/W の 1 次関数として近似させると、 $\gamma_f = 0.0446(a/W) + 0.0176$ (相関係数 0.48) となるが、 γ_f および a/W がそれぞれ 0.01, 0.1 程度の値であることを考え、ほぼ一定値とみなすと $\bar{\gamma}_f = 2.208 \times 10^{-2}$ (kgf/cm) (標準偏差 0.389×10^{-2} , 変動係数 17.6%) を得る。また、図-2 に γ_f と P_{max} との関係を示す。相関式は、同様にして $\gamma_f = -0.813 \times 10^{-5} P_{max} + 0.0283$ (相関係数 0.22) となるが、変化率が 0.813×10^{-5} , 相関係数が 0.22 と低く、相関性は弱いといえる。

これらのことから、 γ_f は A_I 値と同様に本実験の範囲内においては、 a/W および P_{max} などにあまり影響されず、 $\bar{\gamma}_f = 2.208 \times 10^{-2}$ (kgf/cm) 程度の値を示す。

4. 水セメント比(w/c)と γ_f との関係

図-3～6 に スランプ 3 cm および 15 cm の場合の γ_f と a/W および P_{max} との関係を示す。スランプ 3 cm の場合 $\bar{\gamma}_f = 2.280 \times 10^{-2}$ (kgf/cm) (標準偏差 0.409×10^{-2} , 変動係数 18.0%) を示し、スランプ 15 cm の場合は $\bar{\gamma}_f = 2.137 \times 10^{-2}$ (kgf/cm) (標準偏差 0.308×10^{-2} , 変動係数 17.7%) と ほぼ同様な値を示し、 γ_f は K_{Ic} 値ほど w/c の影響を受けず、比較的安定した値をとるものと思われる。

5. γ_f による K_{Ic} の推定

破壊仕事 γ_f を単位面積当りのエネルギー解放率と等価なものと考え、(1)式における J_{Ic} 値の代わりに γ_f を用いて求めた K_{Ic} の値を図-7 に示す。図中の実線は、従来の K_{Ic} 値の計算法によるものであり、破線は 弾性係数を $140000 \sim 350000$ kgf/cm² の 5 種類とした場合のそれぞれの K_{Ic} の計算値である。弾性係数の値により K_{Ic} 値は $56.4 \sim 89.2$ kgf/cm^{1.5} と変化するが、従来の方法による K_{Ic} 値よりは大きな値を示すという傾向は、Mindess らの報告とほぼ同様である。

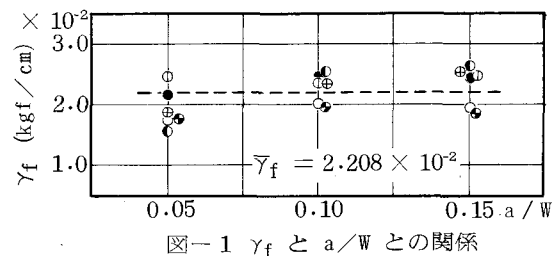
6. むすび

破壊仕事 γ_f より求めた K_{Ic} 値は、従来の方法により求めたものに比べ 大きい値を示すが、本実験

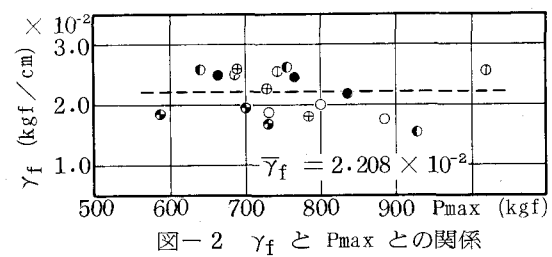
の範囲内では、 γ_f が a/W , P_{max} , w/c などによりあまり影響されず、大きな変動をみせないことから、 γ_f を用いてコンクリートの適切な K_{Ic} 値の決定が可能と思われる。また、この K_{Ic} 値を用い、Kaplan の式⁵⁾などを利用することにより、コンクリートの曲げ強さの推定も可能であろう。

表－1 使用配合

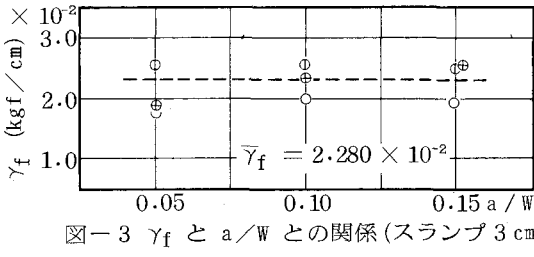
配合 番号	配 合 比			スランプ (cm)	記号
	C	S	G		
1	1	1	2	3	○
2				15	●
3	1	1.5	3	3	⊕
4				15	⊙
5	1	2	4	3	⊗
6				15	⊛



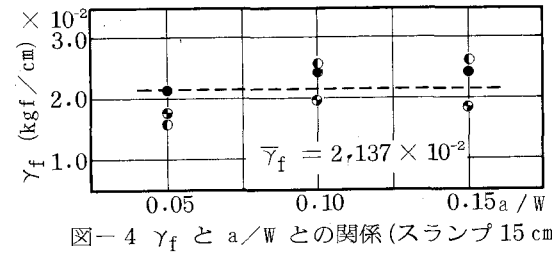
図－1 γ_f と a/W との関係



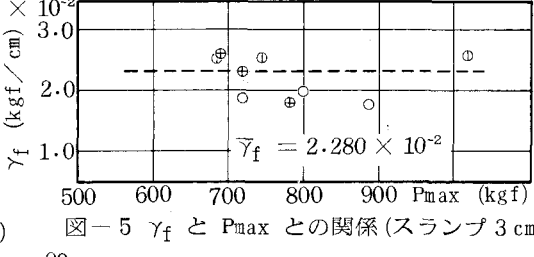
図－2 γ_f と P_{max} との関係



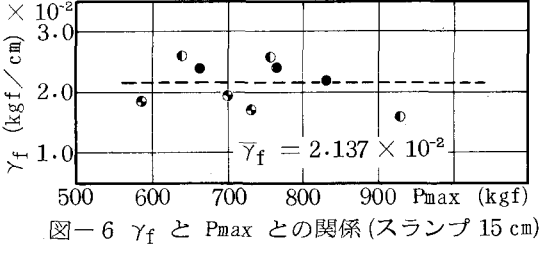
図－3 γ_f と a/W との関係(スランプ 3 cm)



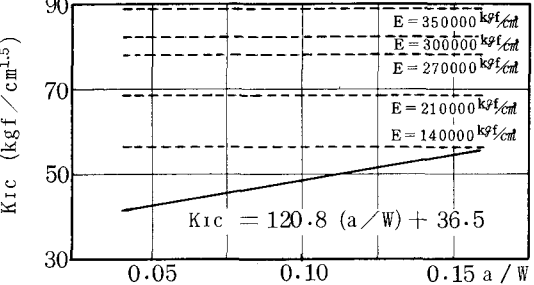
図－4 γ_f と a/W との関係(スランプ 15 cm)



図－5 γ_f と P_{max} との関係(スランプ 3 cm)



図－6 γ_f と P_{max} との関係(スランプ 15 cm)



図－7 K_{Ic} 値の比較

＜参考文献＞

- 1) Mindess, S. et al. : The J-Integral as a Fracture Criterion for Fiber Reinforced Concrete, C & CR, Vol. 7, 1977, pp. 731 ~ 742 .
- 2) 森田・加藤：き裂開口変位量を用いたコンクリートの破壊じん性評価に関する基礎的研究，第 34 回年講 5，昭和 54 年 10 月，pp. 9 ~ 10 .
- 3) Tattersall, H.G. et al. : The Work of Fracture and its Measurement in Metals, Ceramics and other Materials, Journal of Materials Science 1, 1966, pp. 296 ~ 301 .
- 4) Brown, W.F. et al. : Plane Strain Crack Toughness Testing of High Strength Metallic Materials, ASTM STP No. 410, 1966 .
- 5) Kaplan, M.F. : Crack Propagation and the Fracture of Concrete, ACI Journal, Proceedings, V. 58, No. 5, Nov. 1961, pp. 591 ~ 610 .