

浅野工学専門学校 正会員 ○中 村 正 明
防 衛 大 学 校 正会員 加 藤 清 志

1. まえがき

コンクリートのひびわれに関し、とくに、ひびわれの原因・防止・補修等の研究が行なわれている。

コンクリート構造物の致命的なアキレス腱はひびわれが発生した場合である。したがって、ひびわれに対し補修を行ない活性化を図った場合、どのような強度回復が期待できるかが重要な関心事となる。

本研究では、人工き裂を入れた供試体の曲げ破断面を接着剤で接着しひびわれ補修のモデル化を行なうことにより曲げ強度の回復性と破壊じん性の検討をすることを目的とした。

2. 実験方法

2-1 実験装置 ①曲げ載荷法 ミハエリス曲げ試験機によった。なお、曲げ試験切片について圧縮強度試験を行なった。

供試体寸法は $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ でスパンは $5 \text{ cm} \times 2 = 10 \text{ cm}$ である。

②主要測定機器 ひずみ測定はT社製自動デジタルひずみ測定器を使用した。

2-2 使用材料 セメント：比重3.16の普通ポルト、 細骨材：標準砂、 接着剤：A社製エポキシ樹脂系低粘度型注入接着剤で、粘度は20℃で約600cpsである。

2-3 供試体の作製 セメントモルタルは JIS R 5201 にもとづき作製し、材令28日で試験を行なった。人工き裂は曲げ供試体の打ち込み面の直交面に、岩石切断機（ダイヤモンドブレード、刃幅4mmで切欠きを入れたものである。切欠き深さ比は0、2.5、5、7.5、10、20、30、40、50、60、70%とし、24時間後曲げ試験を行なった。その後、7日間自然乾燥させ、両切片の破断面を接着剤で接着し、さらに、7日間おいたのち再び曲げ試験を行なった。この供試体は接着後の曲げ試験終了後圧縮試験用供試体として試験した。なお、弾性係数とポアソン比も測定した。供試体数は1実験項目につき3本ずつとした。

2-4 特性値算定式¹⁾ 限界ひずみエネルギー解放率

$$G_c = \frac{(1-\mu^2) \cdot \sigma_n^2 \cdot h}{E} \cdot f(\lambda)$$

ここに、E：弾性係数、

限界応力拡大係数

$$K_c = (E \cdot G_c / \pi)^{0.5}$$

μ ：ポアソン比、d：供試

体高さ、c：切欠き深さ、 切欠き先端部の曲げ応力度

$$M_b = M_B / w \text{ (単位幅当たりの曲げモーメント)}$$

$h = d - c$ 、 λ ： c/d 、 $f(\lambda)$ ： λ の関数で図-1参照。

$$\sigma_n = M_b / \{ (1 \times h^2) / 6 \}$$

3. 実験結果と考察

図-2に、接着剤使用前後の供試体の切欠き先端部曲げ応力度 σ_n とひびわれ深さ比 λ との関係を示す。この曲線を比較すると全般に接着剤使用後の強度が約35%ほど高い。

図-3.1に、限界ひずみエネルギー解放率 G_c と切欠き深さ比 λ との関係を、図-3.2は限界応力拡大係数 K_c と切欠き深さ比 λ との関係をそれぞれ片対数で示した。

G_c 値は λ 18~21%までは対数的に比例して増大するが、それ以上では目立った増加はせずほぼ一定値に近い。 K_c 値も同様に 18~21%までは対数的に比例して増大するが、それ以上では、やはりほぼ一定値を示す。

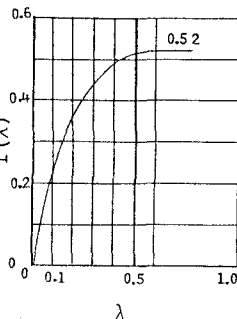


図-1 $f(\lambda)$ と λ との関係

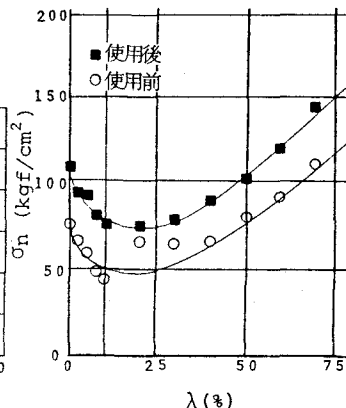


図-2 σ_n と λ との関係

したがって、切欠き深さ比 18 ~ 21%すなわち切欠き深さ 7 ~ 8 mmまでは切欠き部に大きく影響され、それ以上の切欠き深さでは破壊に比較的鈍感といえる。

図-4.1に境界ひずみエネルギー解放率 G_c と切欠き深さ比 λ との関係、図-4.2に境界応力拡大係数 K_c と切欠き深さ比 λ との関係をそれぞれ両対数で示した。これらの関係を近似式で表すと次のように示される。

$$\begin{aligned} \text{接着剤使用前: } G_c &= \sqrt[3]{\lambda^2} / 600 \\ &= K_c^2 / 135000 \quad (\text{cm} \cdot \text{kgf} / \text{cm}^2) \\ K_c &= 15 \sqrt[3]{\lambda} \quad (\text{kgf} / \text{cm}^{1.5}) \\ \text{接着剤使用后: } G_c &= \sqrt[3]{\lambda^2} / 250 \\ &= K_c^2 / 100000 \quad (\text{cm} \cdot \text{kgf} / \text{cm}^2) \\ K_c &= 20 \sqrt[3]{\lambda} \quad (\text{kgf} / \text{cm}^{1.5}) \end{aligned}$$

この式より境界ひずみエネルギー解放率 G_c は境界応力拡大係数 K_c の自乗に比例する。また境界応力拡大係数 K_c は切欠き

深さ比 λ の立方根に比例する。接着剤使用後についても同様のことがいえる。また、接着剤使用前後の境界ひずみエネルギー解放率 G_c および境界応力拡大係数 K_c は約1.3倍大きくなることがわかった。

この原因については、接着剤使用によりひびわれが補修された場合、見掛け上母材コンクリート曲げ強度が上がったといえる。しかし、その要因を考察すれば一つには、材令による強度増加が考えられ、コンクリートの養生と強度に関しては、供試体を水中養生より取り出した段階で材令による強度成長はないといわれているが、我が国の気候条件は高湿度であるので、供試体は気乾状態で強度が上がることになる。今一つは、供試体接着後の破断位置が接着前の破断位置と異なった箇所破断したケースがほとんどといってよく、この状況は弱点部が接着剤で補修されたため、最弱リンク理論に従いがい、他の弱点部に応力集中し破壊に至ったと考えられる。したがって、本研究の場合のひびわれ補修されたコンクリートでは以上の二つの複合的要因により、強度増および破壊じん性も向上したものと考えられる。

写真-1は接着剤使用後の破断面の顕微鏡写真であり、接着剤が破断面よりモルタル母材に含浸し新たな破断面できのこ状に露出した状況を示す。

なお、本研究に関連し、切欠き幅、コンクリートの種類、供試体寸法等について実験、研究を進めたい。

<参考文献> 1) Kaplan, M.F.: Crack Propagation and the Fracture of Concrete, ACI Jour. Proceedings, V. 58, No. 5, Nov. 1961, pp. 591-610.

<謝辞> 本研究に関して、ご支援いただいた浅野工学専門学校 福岡季吉校長、湯沢敏雄教授に心から感謝いたします。

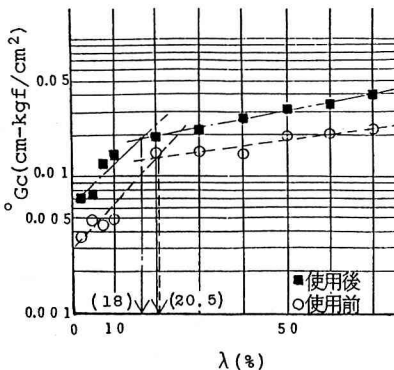


図-3.1 G_c と λ との関係

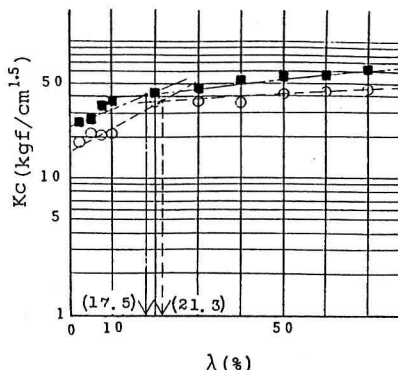


図-3.2 K_c と λ との関係

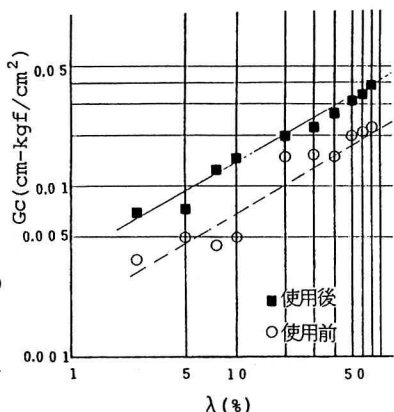


図-4.1 G_c と λ との関係

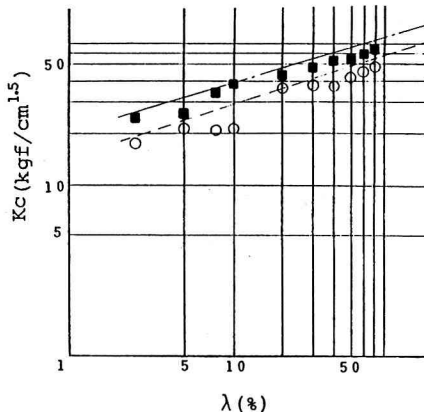


図-4.2 K_c と λ との関係

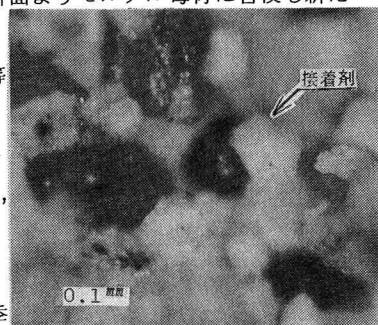


写真-1 接着剤の含浸状況