# 少数のひび割れを有するコンクリートの圧縮破壊エネルギーに関する実験的研究

名古屋大学 学生会員 〇南里 卓洸 名古屋大学大学院 正会員 中村 光,山本 佳士,三浦 泰人

### 1. はじめに

コンクリートの圧縮破壊エネルギーの算定式が中村ら<sup>1)</sup>によって提案されている.非線形有限要素解析に圧 縮破壊エネルギーを用いることで,曲げ破壊する部材の変形性能やせん断圧縮破壊する部材のせん断耐力のよ うな圧縮破壊が支配的な挙動を精度よく求められるようになり,その有用性は,現在では広く認められている. 既往の圧縮破壊エネルギーは,初期ひび割れがないコンクリートを対象としたものであるが,構造物はひび割 れが発生している位置で圧縮破壊が生じることも多く,既存ひび割れが圧縮破壊エネルギーに及ぼす影響の解 明が望まれている.そこで本研究では,柱部材のように比較的少数のひび割れが発生した状態で圧縮破壊が生 じる場合を対象とし,ひび割れが圧縮破壊エネルギーに及ぼす影響を実験的に評価した.

#### 2. 実験方法

本実験では、 φ 100×200mm のコンクリートの円柱供試体を対象とした 実験を行った.3 日間の水中養生の後、一軸圧縮試験による載荷を行っ た.本実験の目的である初期ひび割れは、図-1 に示すように割裂引張 試験方法により導入し、ひび割れの本数が1本の場合(case1)と直行する 2本の場合(case2)、およびひび割れを導入しない場合(case0)の3通りを試 験ケースとした.ひび割れ導入後、図-1 内のひび割れ幅の測定で示す ように、円柱側面の各ひび割れ上の上下面から20mmの位置のおよび側 面中央に導入したひび割れ幅をクラックスケールで計測し、その平均値 を平均ひび割れ幅 w<sub>a</sub>(mm)とした.また、case2 おいて、導入した2本の ひび割れのそれぞれの平均ひび割れ幅の和を合計ひび割れ幅 w<sub>s</sub>(mm)と した.ひび割れ導入後、供試体の上に鋼板を据え置き圧縮試験を行った. 鋼板の4か所に変位計を設置し、その平均値を供試体変位とした.圧縮 試験においては、ポストピーク挙動を精度よく計測するため、図-1 中 の応力変位関係に示すように載荷・除荷を繰り返した.

3. ひび割れ幅および本数の異なるコンクリート供試体の応力 - 平均ひ ずみ関係

各 case の応力ひずみ関係を図-2 に示す. なお, ひずみは得られた平 均変位量を供試体高さ(200mm)で除すことで算出し, 図-1の載荷・除荷 を行った応力ひずみ関係の復元力のピーク値をつなげた包絡線により図 -2 の応力ひずみ関係を得た. ひび割れを導入した供試体もポストポー ク後の荷重変位関係を精度よく測定することができた.



図-2 ひび割れ幅およびひび割れ本数が異なる供試体のと応力ひずみ関係



図-1 本実験の流れ

### 4. ひび割れ幅および本数が圧縮強度に及ぼす影響評価

本実験では、材齢が3日と短いことに対して試験期間が約12時間であった ため、水和反応による強度増進が影響している可能性がある。そこで、各供試 体の圧縮強度は、ひび割れ導入時の割裂引張強度*f*tから式(1)を用いて算出した。

$$f_t = 0.23 f'_{c_c calc}^{\frac{2}{3}} \tag{1}$$

測定した圧縮強度 ( $f'_c$ )を換算した圧縮強度 ( $f'_{c_ccalc}$ )で正規化した値と,平均ひ び割れ幅および合計ひび割れ幅の関係をそれぞれ図-4 および図-5 に示す. なお,ひび割れを導入していない case0 の各供試体は,圧縮試験で測定した圧 縮強度を用いて正規化したため,ひび割れ幅は 0mm,  $f'_c/f'_{c_ccalc}$ は 1 となって いる.

圧縮強度はひび割れ幅が小さい段階で大きく低下し,ひび割れ幅が大きくな るにつれて低下の割合が小さくなることがわかる.また,合計ひび割れ幅がひ び割れ本数の影響を反映した値であることをふまえると,ひび割れ本数の影響 よりもひび割れ幅の方が圧縮強度の低下への影響が大きいことがわかる.な お,壁部材を模擬して多数の平行方向のひび割れを導入した円筒型供試体の 圧縮試験により,圧縮強度とひび割れ幅の関連性を検討した宮原ら<sup>2)</sup>の結果 も同様な傾向を示しており,供試体形状やひび割れ形態によらず,ひび割れ 幅で圧縮強度の低減を表現できる可能性が示されている.



破壊エネルギーの関係

## 5. ひび割れ幅および本数が圧縮破壊エネルギーに及ぼす影響評価

圧縮破壊エネルギーは平井ら<sup>3)</sup>によって提案された方法を参考に,圧縮強 度までの弾性挙動を含む載荷・除荷での消費エネルギー履歴を除き,かつ,

復元力が最大荷重の20%までの荷重変位曲線下の面積の積分値として算出した.図-5に平均ひび割れ幅と圧縮破壊エネルギーの関係を示す.平均ひび割れ幅は圧縮破壊エネルギーへの影響が少なく,今回の実験の範囲では,圧縮破壊エネルギーはひび割れ幅やひび割れ本数にかかわらず決定できるといえる.なお,今回得られた圧縮破壊エネルギーの値は,中村ら<sup>1)</sup>によって提案された式(2)で算定される圧縮破壊エネルギーより低い値となっており,材齢や端部拘束の影響など,今後より詳細に検討をする必要があると考えられる.

$$G_{fc} = 8.8\sqrt{f_c'} \tag{2}$$

#### 6. まとめ

ひび割れを導入した円柱供試体を用いた圧縮試験により,ひび割れ幅と圧縮強度および圧縮破壊エネルギー の関連性を評価したところ,軽微なひび割れ段階で圧縮強度が大きく低下し,ひび割れ幅が大きくなるにつれ て強度低下の勾配は緩やかになった.一方,圧縮破壊エネルギーにおいてはひび割れ幅の大小によらず変化し ないことが示された.

参考文献:

- Hikaru Nakamura, Takeshi higai: Compressive fracture energy and fracture zone length of concrete, Moseling of Inelastic Behavior of RC Structures under Seismic Loads, ASCE, 2001
- 2) 宮原長久,川原泰司,前川宏一:ひび割れを含む鉄筋コンクリート板要素の一軸圧縮応力下における非線 形挙動,土木学会論文集,第378号,土木学会,pp.249~258,1987年2月
- 3) 平井圭,中村光,檜貝勇:コンクリートの圧縮破壊領域の推定に関する実験的研究,コンクリート工学年 次論文報告集 Vol.17, No2, 1995