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

名古屋大学大学院 学生会員 ○南里 卓洸 名古屋大学大学院 フェロー会員 中村 光

名古屋大学大学院 正会員 三浦 泰人 山本 佳士

#### 1. はじめに

コンクリートの圧縮強度・圧縮破壊エネルギーなどの力学パラメータは、既存ひび割れの影響を受けることが想定される。圧縮強度については、宮原ら<sup>1)</sup>によって板部材を用いてその影響が明確にされているが、棒部材のようにある程度断面積があり、ひび割れが規則的に分布しないような場合についての検討はされていない。一方、コンクリートの圧縮破壊エネルギーについては、中村ら<sup>2)</sup>によって算定式が提案され、その有用性が現在では広く認められているが、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。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、ひび割れが圧縮強度・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、 φ100×200mm のコンクリート円柱供試 体を対象とした実験を行った. 14 日間の水中養生の後, 一軸圧縮試験による載荷を行った. 今回作製した, 損 傷のない供試体の平均圧縮強度は 40MPa であり、供試 体間の誤差もわずかであった. 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法によ り導入し、ひび割れの本数が 1 本の場合、互いに直行 する2本の場合、およびひび割れを導入しない場合の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, 円柱側面に導入した 各ひび割れ上の、上下各底面から 20mm の位置および 側面中央部において, 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 行い、図-1内の圧縮試験で示すように、上下各2点ず つ測定した変位計の値から算出した相対変位を供試体 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 内の応力変位関係に示

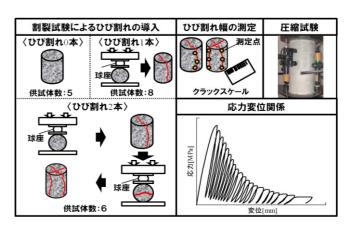


図-1 実験フロー

すように載荷・除荷を繰り返し行った.

# 3. ひび割れが圧縮強度に及ぼす影響評価

平均ひび割れ幅と圧縮強度の低下度の関係を図-2に 示す. 図の縦軸は、各供試体の圧縮強度(f, )を、ひび割 れ本数 0 本の供試体の圧縮強度の平均値(fco)で正規化 したものであり、図中の○印、○印、○印はそれぞれ ひび割れ本数が0本,1本,2本の供試体の結果を示し ている. これによると、平均ひび割れ幅が 0.5mm 程度 までは圧縮強度が低下するものの、それを超えると、 平均ひび割れ幅によらず圧縮強度は低下傾向を示さな くなることがわかる.また、ひび割れ本数の異なる○ 印と○印において同様な傾向があることから、圧縮強 度の低下はひび割れ本数の影響が少ないことがわかる. 宮原らや Collins ら 3)は、多数のひび割れを導入した板 状部材を対象とした実験から, ひび割れを含む平均ひ ずみにより圧縮強度の低減を表す式を提案している. しかし, 今回対象とした供試体はひび割れ幅から平均 ひずみへの変換が困難なものであり、 平均ひずみの概 念を適用できない、そこで、図-2に■印で、宮原らの 実験で得られた平均ひび割れ幅と圧縮強度の関係を併 せて示す. 宮原らの実験結果と本実験の結果は同様の 傾向を示すことが分かる. このことは、圧縮強度の低 減は、既往の評価式で用いられるひび割れを含む平均

キーワード:圧縮破壊エネルギー、圧縮軟化、ポストピーク、圧縮強度

連絡先〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 (052)789-3735/4637

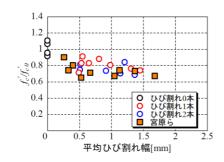


図-2 平均ひび割れ幅と圧縮強度

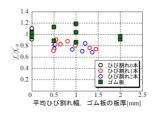
ひずみではなく, 平均ひび割れ幅で評価した方が妥当 である可能性を示す結果といえる.

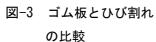
#### 4. 圧縮強度の低下要因の評価

今回対象とした供試体は、割裂試験によりひび割れ を導入したものであり、圧縮強度の低下は、ひび割れ で分割した部分の形状変化により供試体がスレンダー になったためとの推測も成り立つ. そこで, ゴム板に よってコンクリート供試体を分割し、ひび割れではな く平滑な面で形状を変化させた供試体を用いて、圧縮 強度の低下が, ひび割れの影響と形状変化の影響のど ちらが支配的であるかを検討した. 供試体の作製は, φ100×200mm のシリンダーに、断面を2分するように 100×200mm の長方形のゴム板を挿入し、両側からコン クリートを打設する方法で行った. ゴム板の板厚は, ひび割れ幅と近い値にするため, 0.5mm, 1mm, 2mm の 3 ケースとし、ひび割れを導入した供試体と同様に圧縮 載荷を行った. ひび割れと圧縮強度の関係およびゴム 板の板厚と圧縮強度の関係を図-3 に併せて示す. これ によると、図中■印で示す、ゴム板を導入しスレンダ ーになった供試体は, ゴム板の厚さによらず圧縮強度 が一定であることが分かる. このことから, 圧縮強度 の低下はひび割れの影響が支配的であるといえる.

# 5. ひび割れ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、弾性挙動を含む 1 回目の載荷・除荷履歴を除き、かつ、復元力が最大荷重の 20%までの応力変位曲線下の面積の積分値、すなわち図-4の灰色部の面積として算出した。本実験で得た、平均ひび割れ幅と圧縮破壊エネルギーの関係を図-5 に示す。図中の○印、○印、○印はそれぞれひび割れ本数が 0本、1本、2本の供試体の結果を示している。これより、圧縮破壊エネルギーは、ばらつきは大きいものの、ひび割れ幅によらず概ね一定であるといえる。ひび割れ本数 0 本および 1本(平均ひび割れ幅 0.98mm)の供試





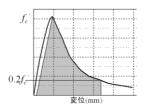
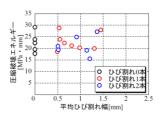


図-4 圧縮破壊 エネルギー



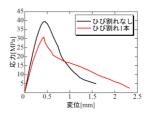


図-5 平均ひび割れ幅と 圧縮破壊エネルギー

図-6 応力変位関係

体の応力変位関係を図-6に1例として示す.赤で示す ひび割れを1本導入した供試体は、黒で示すひび割れ を導入していない供試体に比べ、圧縮強度は低下して いるものの、軟化域での変位の伸びが大きく、結果的 に圧縮破壊エネルギーに大きな差が生じなかったと考 えられる.

## 6. 結論

- 1) 初期ひび割れを有するコンクリートの圧縮強度は、 平均ひび割れ幅が 0.5mm 程度までは平均ひび割れ幅に 応じて低下し、その後は低下傾向を示さなくなること を示した. また、圧縮強度の低減は平均ひずみより平 均ひび割れ幅を用いる方がより妥当である可能性を示 した.
- 2) 初期ひび割れを有するコンクリートの圧縮破壊エネルギーは、ひび割れ幅やひび割れ本数によらず一定であることを明らかにした.

#### 参考文献

- 1) 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,pp.249-258,1987
- 2) Hikaru Nakamura, Takeshi higai: Compressive fracture energy and fracture zone length of concrete, Modeling of Inelastic Behavior of RC Structures under Seismic Loads, ASCE, 2001.
- Collins, M.P. and Vecchio, F.: An International Competition to Predict the Response of Reinforced Concrete Panels, Festschrift Prof. Dr. Bruno Thurli-mann zum 60. Geburtstag, pp.471-491, 1983