

円筒断面を有するコンクリート部材の縦ひび割れ進展過程と圧縮強度への影響評価

名古屋大学 学生会員 ○田口 温也

名古屋大学大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

名古屋大学減災連携研究センター 蛭川 理紗, 中部電力株式会社 杉下 裕司

1. はじめに

円筒断面を有するコンクリート部材は、ポール状の構造物など多数存在する。そのような構造物は円筒断面の特性上何らかの影響で横方向から力が作用する、あるいは軸方向に配置した鉄筋が腐食した場合などでは、軸方向に縦ひび割れが発生する可能性が高い。しかしながら、現状では、縦ひび割れが発生することで圧縮強度等の力学特性がどの程度影響するのか明らかとなっていない。

そこで本研究では、円筒断面を有する部材が、横方向から力を受ける場合の縦ひび割れの進展過程、ならびに縦ひび割れが圧縮強度に及ぼす影響を実験ならびに数値解析を用いて検討した。

2. 半径方向に力を受ける円筒供試体の縦ひび割れ進展過程の実験的評価

図-1(a)に示す高さ300mm、直径200mm、厚さ40mmの円筒供試体を対象に実験を行った。なお供試体は遠心成形にて作製し、3体を試験した。

図-1(b)に示すように、荷重は通常の割裂試験と同様の方法で行うことで半径方向の対称荷重を模擬した。また荷重時に片側の円筒断面を画像相関法(DICM)によって計測した。DICMの結果から、荷重位置の鉛直変位を求めるとともに、ひび割れの進展状況を確認した。一体の供試体の荷重-鉛直変位関係を図-2に黒線で示す。また、荷重変位関係のD点でのDICMで得られた主ひずみ分布、ならびにひび割れ進展の概略図を図-3に示す。荷重変位関係のA点で概略図に示す②の位置に鉛直下方向に内側からひび割れが発生し、B点で①の位置に鉛直上方向に内側からひび割れが発生した。その後荷重の増加率が急激に低下した。そしてC点で③④の位置に同時に外側から水平方向にひび割れが発生し、このひび割れの進展とともに荷重低下が起きた。今回のような半径方向の対称荷重により外部から観察できるひび割れが発生している場合は、①内部にひび割れが発生している可能性があること、②半径方向の力に対して抵抗力が低下し始めている可能性があること、が示された。

3. 縦ひび割れが発生した円筒供試体の圧縮強度の実験的評価

3体の健全供試体ならびに2章で説明した縦ひび割れを導入した供試体のうち2体を用いて、圧縮試験を行った。ひび割れ供試体の初期ひび割れ幅は、2体とも内側に発生するひび割れの内表面で約0.6mm、外側から発生するひび割れの外表面で約0.6mmであった。実験で得られた圧縮応力-鉛直ひずみ関係を図-4(a)に示す。健全供試体の平均圧縮強度は71.1N/mm²であったのに対し、縦ひび割れを有する供試体は45.0N/mm²と41.7N/mm²

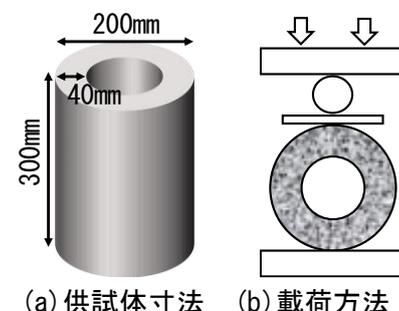


図-1 円筒供試体の寸法および概略

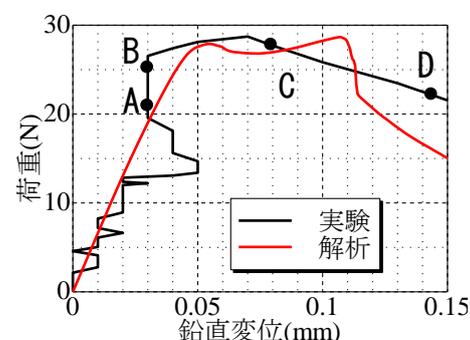


図-2 荷重-変位関係

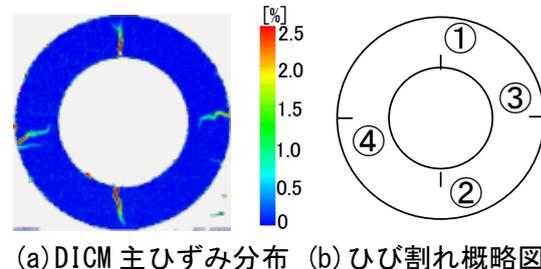


図-3 ひび割れ進展の様子

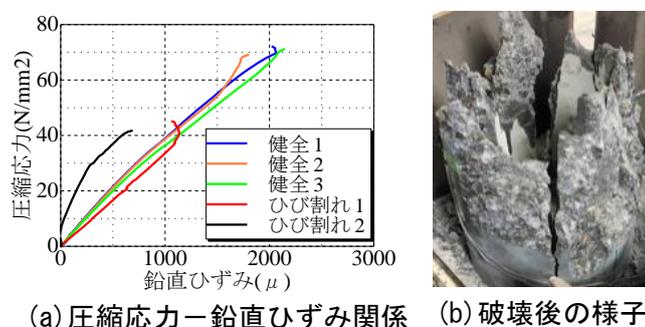


図-4 応力-ひずみ関係および破壊後の様子

mm²であった。縦ひび割れの存在により、圧縮強度が約 60%に低下することが示された。一方、剛性については、偏心の影響を除けば、健全供試体とひび割れ供試体で同一であった。図-4 (b)に破壊状況を示すが、破壊は縦ひび割れによって分割されるような挙動であり、このような分割挙動が圧縮強度低下に影響したことが推測される。

4. 剛体ばねモデルによる圧縮強度低下の解析的評価

4.1 解析概要

解析手法は、当研究室で開発を進めてきた剛体要素をバネで結んだモデルで構造解析を行う剛体バネモデルを用いた¹⁾。解析モデルは実験と同一の寸法・形状とし、平均要素寸法は10mmとした。図-5 (a)に解析モデルを示す。実験と同様に、半径方向に荷重を作用させて、図-5 (b)に示すように縦ひび割れを導入し、その後圧縮試験を行った。縦ひび割れ導入時の荷重変位関係を図-2の赤線で示すが実験と概ね一致している。また断面内の縦ひび割れの進展過程も2章で説明した実験時の挙動と一致することを確認している。

4.2 ひび割れ幅と圧縮強度の低下の関係

載荷前の縦ひび割れ幅が0.001mm、0.16mm、0.50mmの供試体と、健全供試体の圧縮応力-鉛直ひずみ関係を図-6に示す。健全供試体の結果は実験結果とほぼ一致している。一方、初期縦ひび割れが存在することで、ひび割れ幅の大きさに応じて圧縮強度が低下することが示された。ただし、圧縮強度の半分程度の応力までは、応力-鉛直ひずみ関係にひび割れ幅の影響はほとんど見られず、剛性への影響は実験同様小さい結果となった。図-7に圧縮強度-初期縦ひび割れ幅関係を示す。図中に、実験で得られた健全ならびにひび割れ供試体の結果を■▲で示す。ひび割れ供試体の解析結果は実験値より若干大きい、強度低下の傾向を適切にとらえている。図より、圧縮強度は、ひび割れ幅が0.2mmから0.3mm程度までは急激に低下し、ある程度以上になると70%程度で一定となる結果となった。

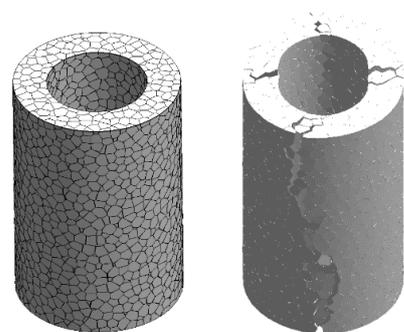
図-8に鉛直変位3000 μ の時点の変形図(倍率8倍)を示す。健全供試体の破壊挙動は膨張するように壊れるのに対し、ひび割れ供試体では実験と同様に縦ひび割れによって分割される挙動を示した。このことより解析から縦ひび割れによる分割挙動が圧縮強度低下に影響していることが確認された。

5. まとめ

円筒断面を有するコンクリート部材を想定し、縦ひび割れの進展過程ならびに縦ひび割れが圧縮強度に及ぼす影響を検討した。その結果、今回のような半径方向の対称荷重により外部から観察されるひび割れが発生している状態では内部にもひび割れが発生している可能性があることが示された。また縦ひび割れは圧縮強度に影響を与え、0.2mmから0.3mm程度でも圧縮強度が大きく低下することと、ひび割れ幅が大きくても強度は比例して低下しない可能性が示唆された。

6. 参考文献

1)山本佳士ら：3次元剛体バネモデルによるコンクリート供試体の圧縮破壊解析, 土木学会論文集 E, Vol.64, No.4, pp.612-630, 2008.



(a) 解析モデル (b) 縦ひび割れ導入

図-5 解析概要

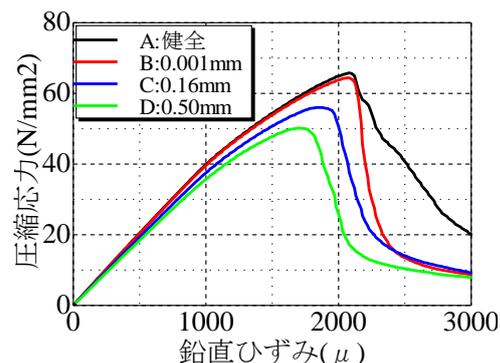


図-6 圧縮応力-鉛直ひずみ関係

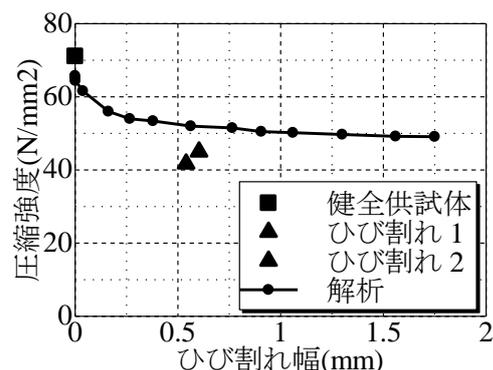


図-7 圧縮強度-縦ひび割れ幅関係

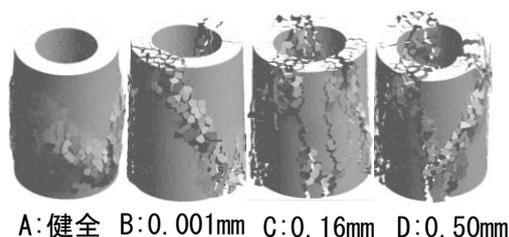


図-8 変形図