

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、ポール状の部材など多数存在する。そのような部材が地盤に埋め込まれた場合に土圧などの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。

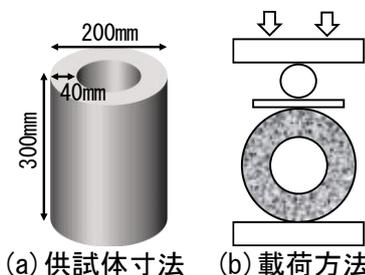
そこで本研究では、円筒断面を有する部材が、横方向から力を受ける場合の縦ひび割れの進展過程、ならびに縦ひび割れが圧縮強度に及ぼす影響を実験ならびに数値解析を用いて検討した。

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、10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、ひび割れ幅を計測した。荷重-変位関係およびひび割れ幅-変位関係の一例を図-2に実線で、黒実線で示した荷重変位関係のAからD点でのDICMで得られた引張主ひずみ分布を図-3に示す。また、図-3中の①(内側上部)と②(外側側面)の位置のひび割れ幅の変化を、図-2中の赤実線と青実線で示す。荷重変位関係のA点で、主ひずみ分布に示すように円筒内側の上部および下部にひび割れが発生した。B点で最大荷重を迎えると同時に、円筒外側側面の位置に水平方向のひび割れが発生した。その後荷重低下とともにひび割れ幅は急激に拡大、進展していった(C点、D点)。この供試体の荷重終了後の表面外側で観察されたひび割れ幅は0.15mm程度であった。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内部に外側よりも大きな幅の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

2体の健全供試体ならびに縦ひび割れを導入した供試体10体を用いて圧縮試験を行い、初期縦ひび割れが圧縮強度に及ぼす影響を調べた。ひび割れ供試体の初期ひび割れ幅は最大で約1.0mmとした。実験で得られた圧縮応力-ひずみ関係の例を図-4に実線で示す。黒線は健全供試体、赤線は初期縦ひび割れ幅0.96mmの供試体である。健全供試体の平均圧縮強度は 69.7N/mm^2 であったのに対し、幅0.96mmの縦ひび割れを有する供試体の圧縮強度は 55.2N/mm^2 で、健全時から約80%低下した。一方、剛性については、健全供試体とひび割れ供試体でほとんど変化がなかった。図-5に圧縮強度-初期縦ひび割れ幅関係を●



(a) 供試体寸法 (b) 荷重方法
図-1 円筒供試体の寸法および概略図

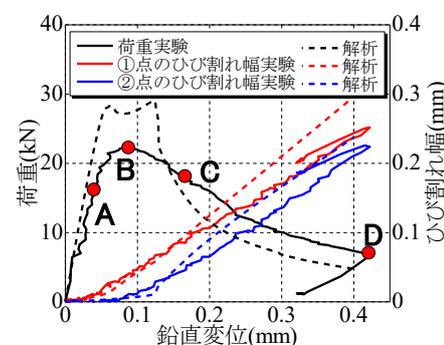


図-2 荷重・ひび割れ幅-鉛直変位関係

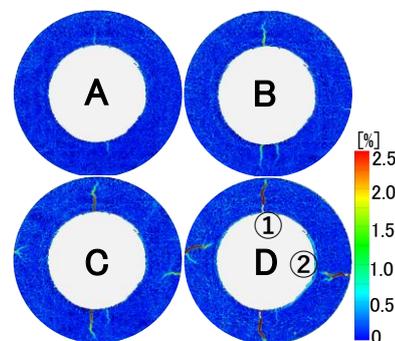


図-3 ひび割れ進展の様子

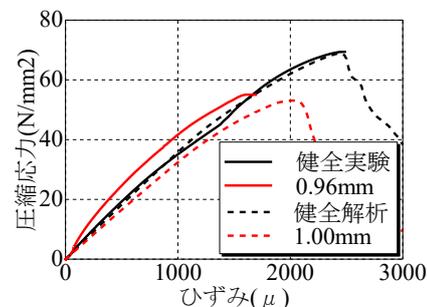


図-4 圧縮応力-ひずみ関係

で示す。圧縮強度は、初期縦ひび割れ幅の増加に伴い概ね線型的に低下することが示された。図-6 に縦ひび割れを有する供試体の破壊状況の例を示すが、縦ひび割れによって分割されるような破壊挙動であり、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ボロノイ分割し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⁾。解析の特徴としては、ひび割れ幅の影響を構成則に導入しなくても、初期ひび割れによる破壊挙動の変化を自動的にとらえられることである。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-7(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-7(b)に示すように縦ひび割れを導入し、その後圧縮载荷を行った。縦ひび割れ導入時の荷重変位関係およびひび割れ幅変位関係を図-2 に破線で示す。荷重変位関係は、解析の最大荷重が実験と比べ若干大きくなっているが、全体の挙動は概ね一致している。また断面内の縦ひび割れの進展過程も実験時の挙動と一致し、図-2 に示すようにひび割れ幅の変化も適切に評価している。

4.2 ひび割れ幅と圧縮強度の低下の関係

解析より得られた応力ひずみ関係を図-4 に破線で示す。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、圧縮強度が低下することが再現された。ただし、圧縮強度の半分程度の応力までは、応力-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-5 中に、圧縮強度-初期縦ひび割れ幅関係の解析値を実線で示す。実験同様にひび割れ幅に従って圧縮強度が低下することが示され、低下する程度も一致した。ただし圧縮強度は、ひび割れ幅が0.2mm程度までは急激に低下し、ある程度以上になると一定となる結果となった。

図-8 に鉛直変位3000 μ の時点の健全供試体と初期ひび割れ幅1.0mmのひび割れ供試体の変形図(倍率8倍)を示す。健全供試体の破壊挙動はある領域が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、縦ひび割れの存在は、圧縮破壊挙動に影響を与えて、圧縮強度を低下させることが実験・解析の両面から確認された。

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。また圧縮強度は、縦ひび割れに影響され、ひび割れ幅にしたがい低下し、1.0mm程度のひび割れ幅で健全時に対して80%程度となることが確認された。なお、1.0mm以上のひび割れ幅の圧縮強度への影響は、さらに検討する必要がある。

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.

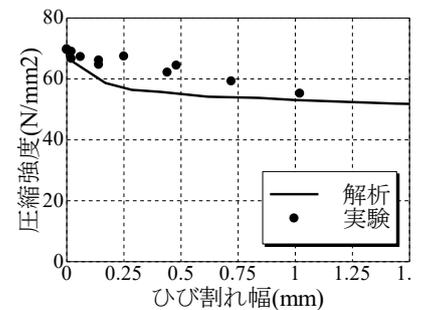


図-5 圧縮強度-初期縦ひび割れ幅関係



図-6 破壊状況の例

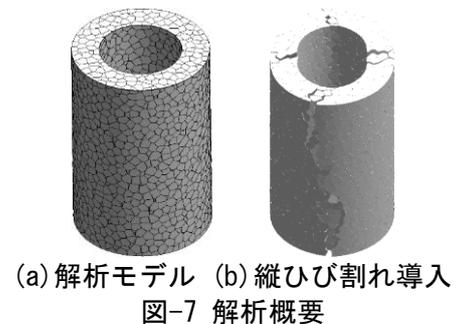


図-7 解析概要

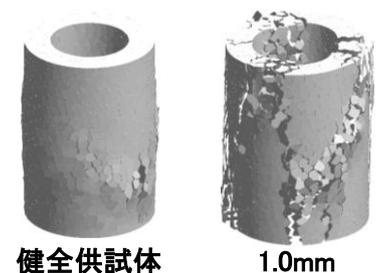


図-8 変形図