

コンクリート供試体の一軸圧縮挙動に関する一考察

京都大学工学部 学生員 ○佐藤 芳樹
 京都大学防災研究所 正会員 高橋 良和
 京都大学防災研究所 正会員 後藤 浩之

1. はじめに

コンクリート構造物を設計するに際し、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編¹⁾のコンクリートの応力度—ひずみ曲線が広く用いられている。しかし、この式は帯鉄筋体積比をパラメータとして含んでいることから分かるように、コンクリートの構成式ではなく横拘束されたコンクリート柱の一軸圧縮挙動に関する公称応力—公称ひずみ関係である。本研究ではこのことに留意しながら、コンクリート供試体の一軸圧縮挙動について検討する。

2. 三次元有限要素解析

コンクリートの一軸圧縮挙動について弾塑性理論に基づき 3次元非線形有限要素法を用いて解析した。コンクリート供試体を図1のように3次元8節点立方体有限要素に分解し、対称性を考慮して全体の1/8の部分モデル化した。境界条件は対称面においては直角方向に変位を拘束し、載荷面における横拘束、すなわち x , y 方向の変位の拘束はないものとした。本解析を行うに際して圧縮を負として定義することにした。降伏関数には Drucker-Prager 型降伏関数を用い、また関連流れ則を採用した。

最初に、コンクリート供試体上面に摩擦を考慮しない場合（理想的条件）について解析を行うと図2のように $I_1 - J_2$ 応力空間で全ての要素において I_1 が負の領域で降伏関数に重なり、圧縮応力によるせん断破壊しか見られなかった。コンクリートは引張応力によって損傷すると考えられるため、この理想的条件による解析結果は実際の挙動を表現し得ていないことを意味している。

実験結果等を見ると、載荷面における摩擦は無視し得ないと考えられ、摩擦を考慮するために極端な例として天面にある1個の節点（解析結果を示す要素の1個の節点とした）の変位の x , y 成分を固定する条件を加えて解析を行った。本研究では、応力空間において図3のように I_1 が正の領域で降伏関数に重なる要素が存在し、引張応力による破壊が発生していることを示している。

コンクリート圧縮試験体の解析において、その挙動や破壊性状がたった1点の拘束などのわずかな要因によって巨視的な耐力が大きく左右されてしまうことが分かった。

3. 一軸圧縮載荷試験

高さ 200mm、直径 100mm の円形断面で、端部の摩擦を小さくするためにグリースを塗った主筋の入っていないコンクリート実験供試体を対象に変位制御による一軸圧縮載荷試験を行った。実験ケースは以下に示す5種類とした。ケース0ではプレーンコンクリート、ケース1では中央に1本横拘束筋を巻いた場合、ケース2では上下面に横拘束筋を巻いた場合、ケース3ではケース1とケース2を組み合わせた場合、ケース4では中央に3本横拘束筋を巻いた場合の一軸圧縮挙動について検討するために製作した。

キーワード 構成則、摩擦、公称応力—公称ひずみ関係

連絡先 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 地震災害部門 耐震基礎研究室 TEL0774-38-4069

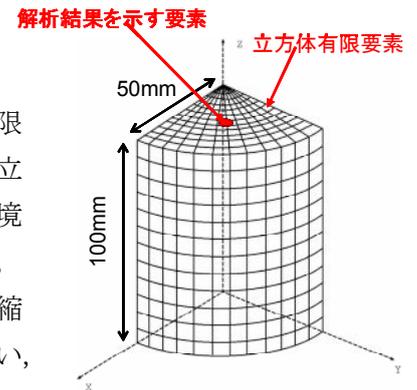


図1 有限要素解析モデル

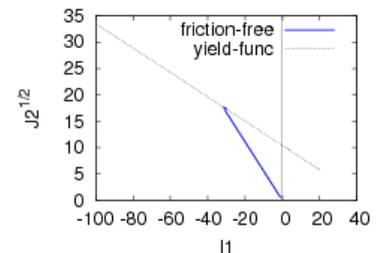


図2 理想的条件

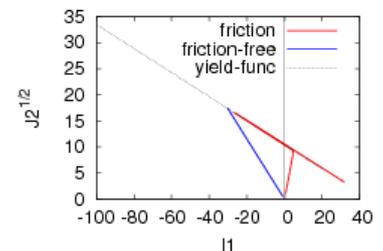


図3 摩擦

実験結果を圧縮荷重を載荷前の供試体断面積で割ったものを最大値で正規化した正規化公称応力と変位を載荷前の供試体長さで割った公称ひずみを用いて図5に示す。横拘束筋が少ない場合には結果がばらつくと考えられるため、ケース0～2については実験の再現性を考慮するために2組ずつ行っている。

例えばケース1について実験結果を考察すると、図6のようにひび割れの様子は大きく異なっている。実際に、図7に示すように横拘束筋の対称の位置にある2つの場所のひずみを見ても、一方の実験では2点のひずみはほぼ同様の変化をしていたが、もう一方の実験では2点のひずみは大きく異なっている。しかし正規化公称応力-公称ひずみ関係では2組の差はそれほど大きな違いとして表れなかった。同様の結果は横拘束筋がないケース0でも得られており、最大点以降の軟化域の差は大きくない。このことからマイクロクラックなどを原因として大きなひび割れ等が発生して表面的に大きな違いが表れているように見えても、コンクリート供試体の構成関係、すなわち公称応力-公称ひずみ関係にとっては微小な影響でしかないことが分かる。

したがって、解析からコンクリートはその挙動や破壊性状が初期不整などのわずかな要因によって巨視的な耐力が大きく左右されてしまうことが分かっているため、コンクリートの一軸圧縮挙動を解析により追跡する場合、条件をどの程度のレベルまで設定しなければならないかを検討する必要があることが分かる。

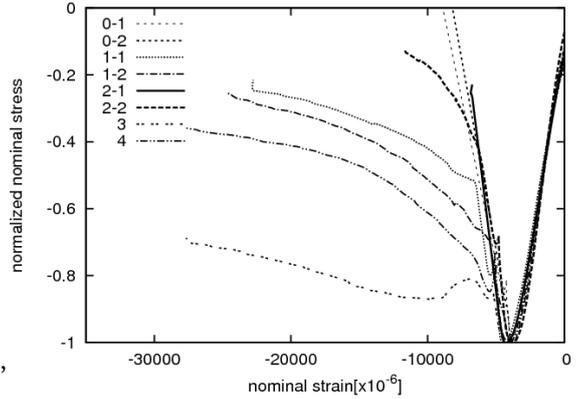
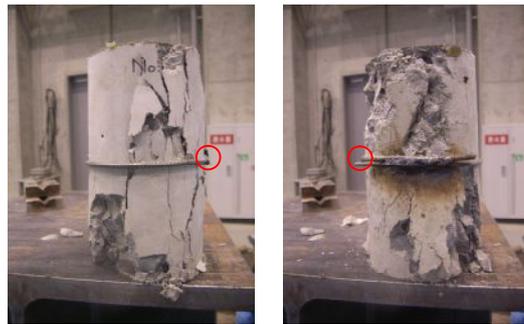
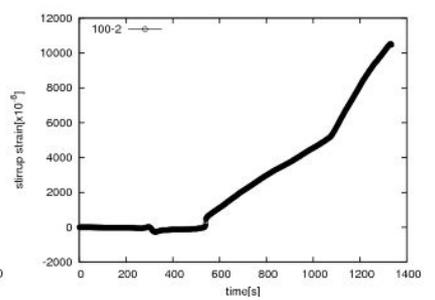
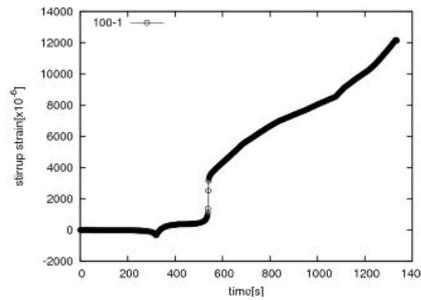


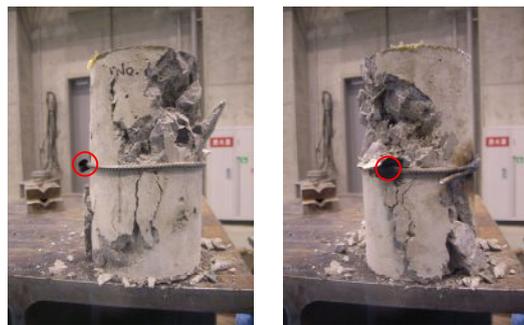
図5 正規化公称応力-公称ひずみ関係



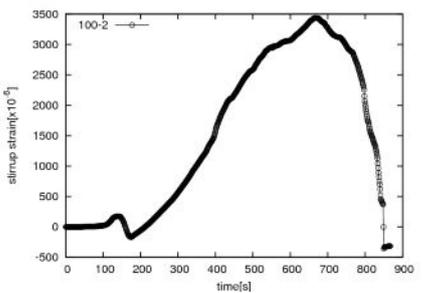
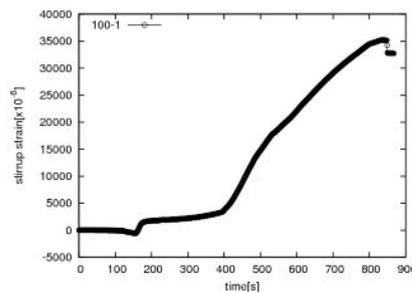
ケース1-1



ケース1-1



ケース1-2



ケース1-2

図6 ひび割れの様子

図7 横拘束筋の真ひずみ

4. まとめ

解析からコンクリートがわずかな要因でその挙動や破壊のメカニズムが大きく左右されてしまうことが分かった。また、実験からひび割れなどの破壊性状がコンクリートの公称応力-公称ひずみ関係にはあまり影響を与えないことが示された。したがって、コンクリートの一軸圧縮挙動を解析を用いて追跡する場合、どの程度のレベルの条件まで設定する必要があるか検討しなければならない。

参考文献

1)日本道路協会, 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002年