

骨材の位置や分布を考慮したコンクリートの内部応力の推定に関する解析的検討

神戸大学 学生会員 ○中村 駿哉
神戸大学 正会員 三木 朋広

1. はじめに

プレストレストコンクリート構造物の適切な維持管理を行うためには、部材に作用しているプレストレスを精度よく把握する必要がある。プレストレスの測定方法はこれまでもいくつか提案されており、その一つにひずみゲージを利用した応力開放法がある。このひずみゲージを用いた手法は、測定が比較的容易ではあるが、コンクリート中の骨材の寸法に比べて短いひずみゲージ長を用いた場合に骨材の影響を受けて測定結果に大きな誤差が生じる。そこで本研究では、骨材の位置や分布の影響を考慮したコンクリートの内部応力の推定について、解析的な検討を行った。

2. 解析対象とした実験

対象とした実験¹⁾では、モルタル供試体にコア削孔することでコア周辺に応力集中を発生させるとともに、小型円筒形の加力装置（以下、ジャッキとする）を挿入し、円孔内部から膨張圧を加えることによって、膨張圧載荷前のひずみと膨張圧載荷後の円孔周辺のひずみをひずみゲージを用いて計測し、そこから応力を算出することを試みている。用いた供試体は図-1に示すように、中心に円孔を有するモルタル製立方体である。供試体には、図-2のように両面にひずみゲージを貼り付けた。実験ケースは表-1に示す3ケースであり、それぞれにおいて、計測したひずみ値と厚肉円筒理論によって求めた理論値を比較している。

実験結果の一例を図-3に示す。特にケース1とケース3の場合に実験値に誤差が生じていることがわかる。この一要因として骨材の影響も考えられるが、骨材寸法が小さいために解析上での再現が困難である。そこで本論文では、まず要素寸法の大きい簡易解析モデルを作成しその中で骨材の位置や分布を変化させ、その影響について解析的な検討を行った。

3. 解析概要

本解析では応力レベルの小さい段階（圧縮応力の4分の1程度）の挙動を扱うためコンクリートは弾性挙動を示すと仮定し、簡易的な2次元解析を行った。そのため、ここでは骨材の形状、粒度分布、3次元分布や骨材界面の性状等については考慮していない。

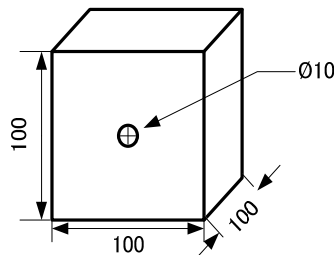


図-1 供試体概要

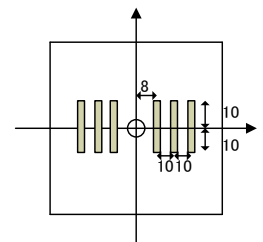
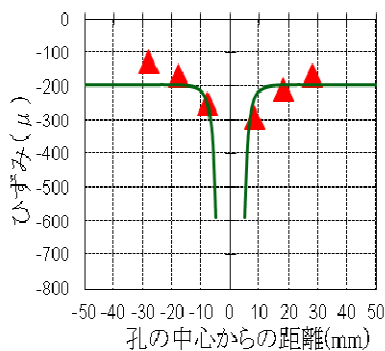


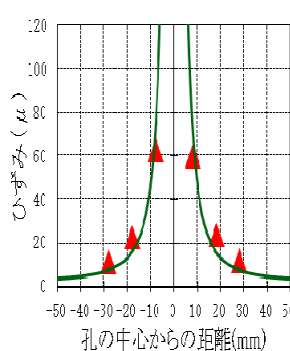
図-2 ゲージ位置

表-1 実験ケース

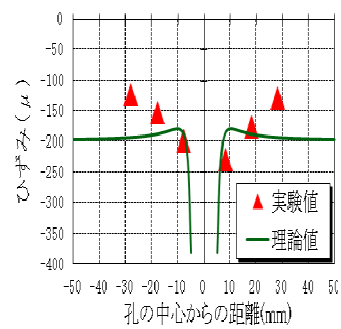
ケース	実験条件	方法
1	外力のみ	供試体上面に10MPaまで載荷
2	膨張圧のみ	円孔内部から10MPaまで載荷
3	外力+膨張圧	上面に1MPa, 2MPa, 3MPa, 4MPa, 5MPa載荷した状態で円孔内部から10MPaまで載荷



(a) ケース 1



(b) ケース 2



(c) ケース 3

図-3 実験結果

キーワード 内部応力, ひずみゲージ, 骨材, セメントペースト

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL 078-803-6094

表-2 材料係数

材料	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	容積含有率
細骨材	40000	0.2	0.4
セメント	15000	0.2	0.6

解析モデルは、100mm×100mm×100mm のモルタル性立方体とする。円孔を有する場合（直径 10mm）とない場合の 2 種類のモデルを作成した。いずれもハーフモデルとし、要素数は 360, 1 要素の大きさは 2.5 mm~7.0mm 程度である。モルタルを骨材とセメントペーストの 2 種類の材料から構成されるものとし、各要素に表-2 に示すようにそれぞれの材料特性を入力した。その際、図-5 のように、骨材配置の影響を検討するため、完全に不規則に骨材要素を分散させたモデルと、モデル上部、中部、下部に骨材を集中させたモデルを作成した。これらに対して、円孔のない供試体については上面からの圧縮力、円孔を有する供試体については上面からの圧縮力作用させるとともに、円孔内側からの膨張圧を載荷させ、ひずみを算出した。

4. 解析結果と考察

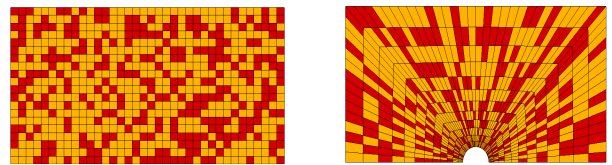
円孔がない場合について、円孔中心を通る水平軸上の各要素における y 方向ひずみを図-6 に示す。図-6 (a)をみると、骨材位置を考慮せずに均一材料としてモデル化した場合（図中、緑線）と比べると、ひずみ算出位置がセメントペーストであるとき、y 方向ひずみは 150 μ ほど大きくなり、骨材のときは 50 μ ほど小さくなっていることがわかる。また、図-6 (a) と図-6 (b) を比較すると、(b) の方が各要素におけるひずみの平均値は 40 μ ほど小さくなっており、モデル下部への骨材の集中による影響が確認できる。

図-6 (c)のように、円孔がある供試体において内部から膨張圧を加えた場合、骨材の影響は無視して均質材料と仮定している理論値との比較から、ひずみ測定の結果に与える骨材の存在の影響が比較的小さいことがわかる。

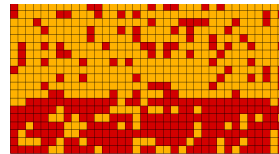
また、ひずみの算出範囲を実際のゲージ長と同じ 10mm (20mm の半分) にして解析を行った結果を図-6 (d)に示す。この結果から、ひずみの測定長を大きくすることでひずみは平均化され、骨材の影響は比較的小さくなることを確認できる。

5. 結論

本解析では簡易的ではあるが、実験に則して骨材の位置や分布を変化させた解析により、それらがゲージ



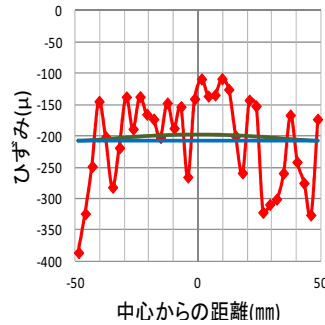
(a) 分散型（円孔なし） (b) 分散型（円孔あり）



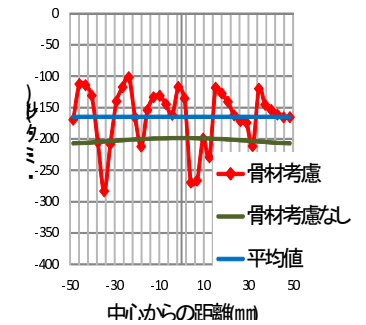
(c) 下部集中型

■ 骨材
■ セメントペースト

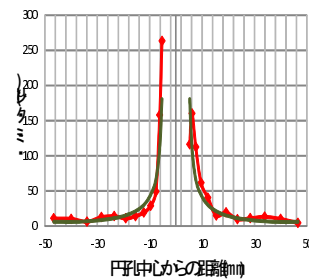
図-5 解析モデル



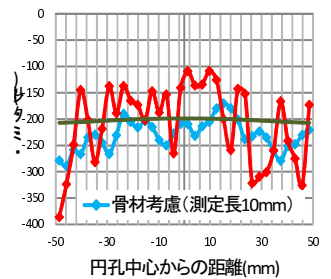
(a) 分散型（円孔なし）
外圧 5MPa



(b) 下部集中型
外圧 5MPa



(c) 分散型（円孔あり）
膨張圧 5MPa



(d) 測定長変化 (5MPa)
分散型（円孔なし）

図-6 解析結果

位置で求めたひずみ値に与える影響について検討を行った。その結果、圧縮荷重下では、骨材の位置や分布によって結果が左右されるのに対して、円孔内側から膨張圧を加えた場合には骨材の影響は小さいことがわかった。また、ひずみ測定長を骨材の最大寸法より大きくすることで、ひずみの値は平均化され、骨材の影響は小さくなることを確認した。

参考文献

1) 三木朋広, Nur Izyan Syazwani Binti Julkifli : 小型荷力装置によるコンクリートに作用する圧縮応力の測定に関する実験研究, 第 22 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.22, pp.323-328, 2013.10.