

小型加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基礎的研究

神戸大学 正会員 ○三木 朋広

神戸大学 Nur Izyan Syazwani binti Julkifli

1. はじめに

本研究では、コンクリートに作用する圧縮応力を推定する新しい微破壊試験法を提案する。将来的には、コンクリート構造物の点検時などに内在応力を測定し、その値の経時変化を構造物の維持管理に適用することを目指す。実験では、円孔を有する供試体に対して圧縮載荷試験と新たに開発した小型円筒形の加力装置（ジャッキ、**図-1**）を用いた膨張圧測定試験を行い、モルタル中に生じるひずみ分布を測定した。さらに、実験で得られたひずみ分布と弾性厚肉円筒理論¹⁾から求めたひずみ分布を比較し、実験結果の妥当性を検証した。最終的には、実験から得られたひずみ分布と応力集中係数の理論値を利用して、圧縮応力を推定することを試みた。

2. 実験の概要

供試体は1辺100mmのモルタル立方体であり、その中心に直径10mmの円孔を設けた。また、**図-2**に示すように供試体の表面にX軸、Y軸方向に20mmのゲージを貼り付けた。実験では3つのケース、つまり、ケース1は外圧のみ、ケース2は内圧のみ、そしてケース3は外圧と内圧同時に作用させた条件を設定した。なお、ケース1では供試体にモルタル圧縮強度の1/3程度である10MPaまで載荷を行った。また、ケース2では載荷せずに、供試体中心の円孔にジャッキ加力部を挿入し、膨張圧を作用させた。さらに、ケース3では、ケース1とケース2を同時に行い、円孔周辺のひずみを測定した。

3. 実験結果と考察

圧縮応力を評価するため、円孔中心からの距離に伴う



図-1 小型円筒形加力装置（ジャッキ）の外観

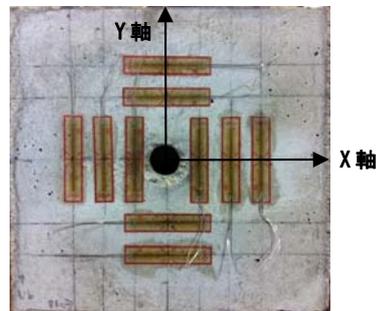


図-2 モルタル供試体の表面のひずみゲージ

応力集中係数の違いが大きい、X軸上に設置したゲージによる測定結果を利用した。ここで、ケース1において、外圧5MPaを作用させたときの各位置におけるひずみの実験値、ならびに理論値を**図-3**に示す。この図から、円孔中心からの距離 $r=8\text{ mm}$ 、 18 mm において、実験値と理論値がほぼ一致していることがわかる。一方、 $r=28\text{ mm}$ では、実験値は理論値より小さくなった。これは、供試体端部の影響によるものと考えられる。

次に、ケース2において、内圧が5MPaのときの結果を**図-4**で示す。ほぼ全ての点で理論値と実験値が一致していることがわかる。これにより、厚肉円筒理論から求めたひずみ分布の理論値が妥当であるといえる。したがって、以後の検討では、外圧を予測するときに、厚肉円筒理論を用いることにする。

ケース3において、外圧5MPaと内圧5MPaを同時に

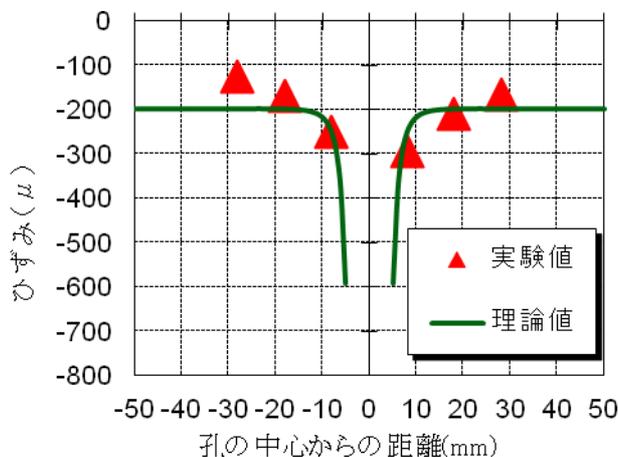


図-3 ケース1（外圧=5MPa）

キーワード 応力測定, 内部応力, 小型円筒形ジャッキ, 微破壊, 応力集中係数

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL : 078-803-6094 E-mail : mikitomo@port.kobe-u.ac.jp

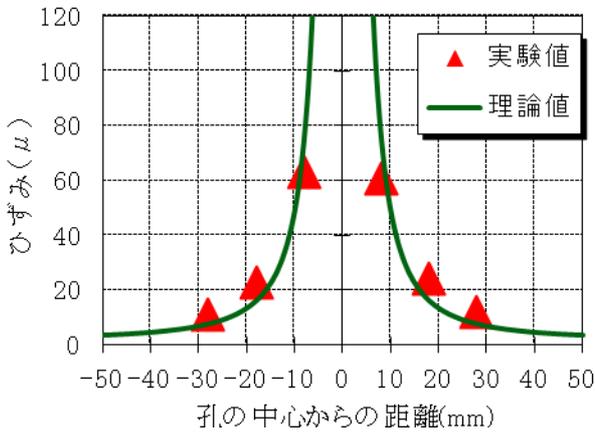


図-4 ケース 2 (内圧=5MPa)

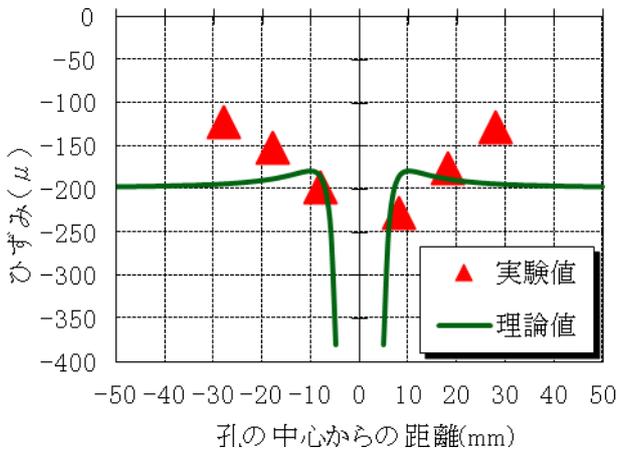


図-5 ケース 3 (外圧=5MPa, 内圧=5MPa)

作用させたときの結果を図-5 に示す。外圧のみを作用させたときの実験結果に見られた、 $r=28\text{ mm}$ における実験結果に端部の影響があることが考えられるため、この点を除いてみると、円孔中心に近い点においては、実験値は理論値と比較的近いことがわかる。

4. 外圧の推測

ここでは、 $r=8\text{ mm}$ と 18 mm の位置の実験値を利用して、作用外圧を推測していく。コンクリートに作用する圧縮応力を予測するとき、ケース 3 で測定されたひずみと、厚肉円筒理論によって求めた膨張圧のひずみの差分から、外圧のみの作用により生じたひずみを推定する。

$$\epsilon_{\text{外圧}} = \epsilon_{\text{実験}} - \epsilon_{\text{内圧の理論}} \quad (1)$$

また、このひずみに弾性係数を乗ずることによって、その点での応力を求めることができる。

$$\sigma = \epsilon_{\text{外圧}} \times E_m \quad (2)$$

ここで、 E_m はモルタルの弾性係数である。本実験では、円柱供試体から得た実験値 $25,000\text{ MPa}$ とした。

外から作用した圧縮応力 p を予測するために、式(3)を

表-1 予測された外圧の一例

実際の 外圧 MPa	内圧 MPa	予測された外圧 p MPa		
		r_8	r_{18}	$\Delta r_8 - r_{18}$
3	5	2.62(8%)	2.05(20%)	4.22(25%)
4	5	3.89(2%)	3.25(15%)	5.68(34%)
5	5	5.08(1%)	4.29(13%)	7.25(43%)

(%) : 実際の外圧に対する誤差

用いて、その点の応力を着目点での応力集中係数 k で除して求める。ここで、 $r=8\text{ mm}$ における k は 1.42 であり、 $r=18\text{ mm}$ における k は 1.05 である。

$$p = \frac{\sigma}{k} \quad (3)$$

ただし、実際の構造物では、 p の初期値は未知であるため、 p を予測するとき $r=8\text{ mm}$ と 18 mm におけるひずみの差を、両点での応力集中係数の差で除する必要がある。このとき、 $r=8\text{ mm}$ と 18 mm での応力集中係数の差は 0.37 である。

この方法で予測された p の一例を表-1 にまとめる。各点でのひずみの結果を用いて p を予測すると、その誤差は 20% 以下であることがわかる。一方、2 つの点での応力差を利用すると、大きい p の値が算出されるとともに、その推定誤差も大きくなることがわかる。これは、 $r=18\text{ mm}$ における理論値との誤差によるためと考える。

本手法の実用化に向けては、外圧を予測するとき、2 つの点でのひずみ差を利用することはもう一つの点で内圧の影響がないことが利点である。そのために、例えばこの実験では $r=28\text{ mm}$ の実験結果を用いると良いが、端部の影響がみられたため、今後は計測に関する改良が必要である。

5. 結論

外圧のみ、もしくは内圧のみを作用させた場合、端部の影響が小さい比較的円孔中心に近い位置では、理論値と実験値がほぼ一致していることが確認できた。また、ひずみを妥当な精度で測定できることがわかった。

さらに、各点での実験結果を利用して、外圧 p を推定するとき、測定誤差は 20% 程度以内であった。ただし、実構造のように、外圧の初期値が不明な場合、2 つの点での応力差を利用して外圧を推測する際には、測定誤差が大きくなることがわかった。

参考文献

1) S. Timoshenko (1951), Theory of Elasticity