

1. はじめに

本研究は、コンクリートの応力を推定する新しい方法を提案することを目的とする。この方法は、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用いることを目指す。実験では、円孔を有する供試体に対して圧縮荷重試験と新たに開発した小型円筒形のジャッキ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理論および厚肉円筒理論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、圧縮応力を評価することを試みる。

2. 実験概要

供試体は1辺100 mmの立方体のモルタルであり、その中心に直径10 mmの円孔を設けた。また、**図-1**に示すように供試体の表面のX軸とY軸に20 mmのゲージを貼り付けた。実験方法は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かけた条件を設定した。なお、ケース1では供試体にモルタルの圧縮強度の1/3程度である10 MPaまで荷重を行った。また、ケース2では荷重試験をせずに供試体の中心にある孔にジャッキの加力部を挿入し、膨張圧を作用させた。さらに、ケース3では、**図-2**に示すように、ケース1とケース2を同時に行ってひずみを測定した。

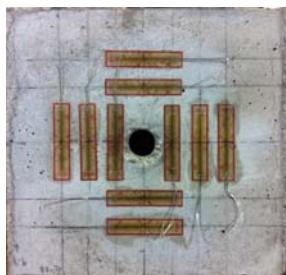


図-1 供試体の表面のひずみゲージ



図-2 実験の様子 (ケース3)

3. 実験結果

圧縮応力を評価するため、応力集中係数の差が大きいX軸上に設置したゲージの結果を利用した。ケース1において、外圧5 MPaを作用させたときの実験結果を**図-3**に示す。孔の中心からの距離 $r = 8$ mmと18 mmの位置において、実験値と理論値がほぼ一致していることがわかる。しかし、 $r = 28$ mmでは、端部の影響により、実験値は理論値より小さくなった。

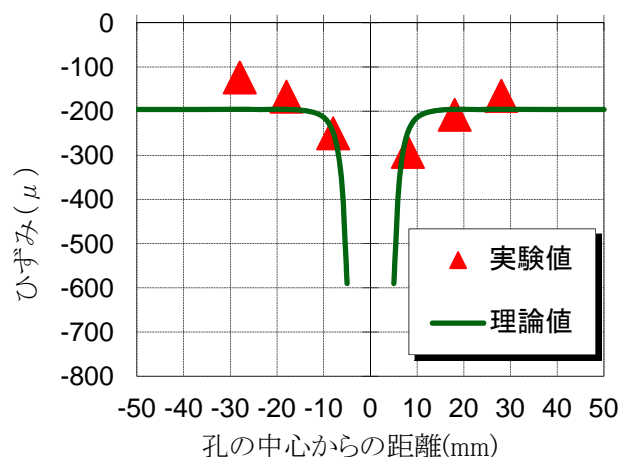


図-3 ケース1 (外圧=5MPa)

次に、ケース2において内圧が5 MPaのときの結果を**図-4**で示す。ほぼ全ての点では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

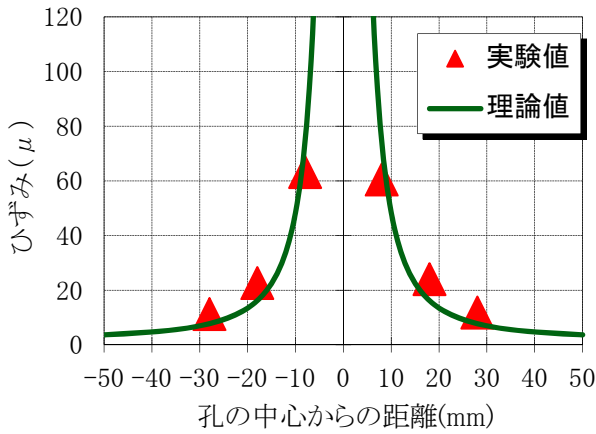


図-4 ケース 2 (内圧=5MPa)

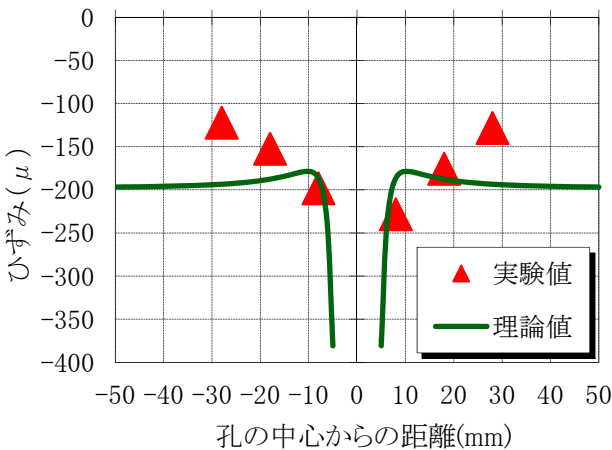


図-5 ケース 3 (外圧=5MPa, 内圧=5MPa)

る。したがって、以後の検討では、外圧を予測するとき、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 5 MPa と内圧 5 MPa を同時に作用したときの結果を図-5 に示す。 $r = 28 \text{ mm}$ の点に端部の影響があることから、この点を除いて考えると、他の点では実験値は理論値と近いことがわかる。

4. 外圧の評価

ここでは、 $r = 8 \text{ mm}$ と 18 mm の位置の実験値を利用して、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分布と、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、外圧のみに影響するひずみを推定する。

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

また、そ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。

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

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権値 25,000 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)

表-1 予測された外圧 p の一例

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

(%) : 実際の外圧に対する誤差

を用いて、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、 $r = 8 \text{ mm}$ での k は 1.42 であり、 $r = 18 \text{ mm}$ での 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った。これは、 $r = 18 \text{ mm}$ のときの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、今後の計測に関する改良が必要である。

5. 結論

外圧のみと内圧のみの場合は、端部の影響が小さい位置では理論値と実験値がほぼ合っ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、誤差を 20% 程度におさめることができるが、2 つの点での応力差を利用するときは誤差が大きくなることがわかった。

参考文献

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