

円孔周辺の応力集中係数を用いたプレストレス力の推定に関する基礎的研究

神戸大学 学生会員 ○三木大地

神戸大学 正会員 三木朋広

1. はじめに

既存 PC 構造物の性能評価のためには、残存プレストレス力を適切に把握する技術が必要である。本研究は、プレストレス力を推定する新しい方法を検討することを目的とする。円孔を有する普通強度モルタル供試体と超高強度モルタル供試体に対して、まず一様な応力が想定できる一軸圧縮試験を行い、次に、円孔を有するコンクリート供試体に対し、より実構造物に近い状況であるプレストレス導入試験を行い、円孔の大きさ、材料特性が与える影響を確認した。さらに、実験により求めたひずみ分布と応力集中の理論値から求めたひずみ分布を比較し、実験の妥当性を検討した。

2. 実験概要

供試体は $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}$ の立方体であり、普通強度モルタルと超高強度モルタルを用いてそれぞれ 3 体ずつ作製した。その中心に直径 5mm, 10mm, 20mm の円孔を設けた。図-1 に示すように、供試体の表面にモルタルには 20mm のゲージを、超高強度モルタルには 10mm のゲージをはりつける。これらの供試体を対象に一様な圧縮応力が作用すると想定した一軸圧縮試験

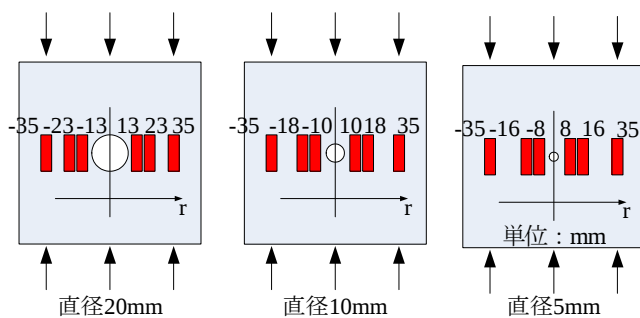


図-1 ゲージ位置(モルタル供試体) 単位(mm)

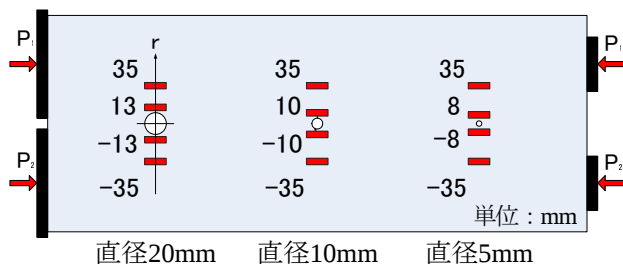


図-2 ゲージ位置(コンクリート供試体) 単位(mm)

験を行い、モルタル供試体の圧縮強度の約 $1/4$ の 10MPa まで載荷した。

また、 $75 \times 200 \times 500 \text{ mm}$ のコンクリート供試体を用意し、 $200 \times 500 \text{ mm}$ の側面に 5mm, 10mm, 20mm の円孔を設けた。図-2 に示すように、供試体表面に 20mm のゲージをはりつけた。この供試体を対象により実構造物に近い状況である、5MPa に相当するプレストレス力を供試体端部の二か所で導入した。

3. 実験結果

まず、円孔の大きさの影響を確認するために、超高強度モルタル供試体において、図-3 に直径 5mm の場合の結果を、また図-4 に円孔の直径 20mm の場合の結果をそれぞれ示す。円孔直径 5mm の供試体においては、応力集中による影響が小さいひずみ分布となり、直径 20mm の供試体においては、応力集中による影響が大きいひずみ分布となった。また理論値との比較からもわかるように、円孔直径 20mm の供試体は円孔直

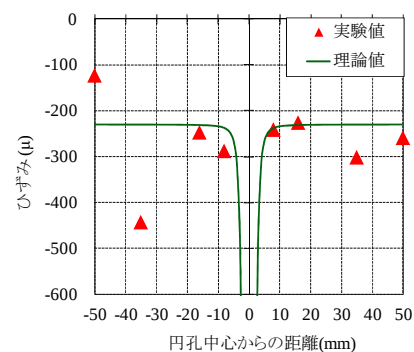


図-3 直径 5mm(超高強度モルタル)の結果

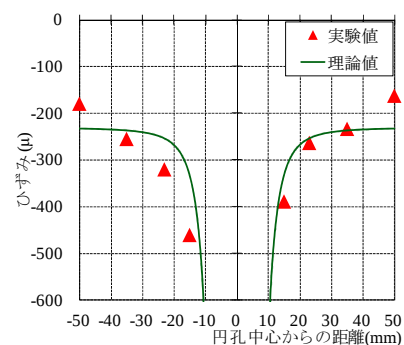


図-4 直径 20mm(超高強度モルタル)の結果

キーワード 応力集中, 応力集中係数, プレストレス

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

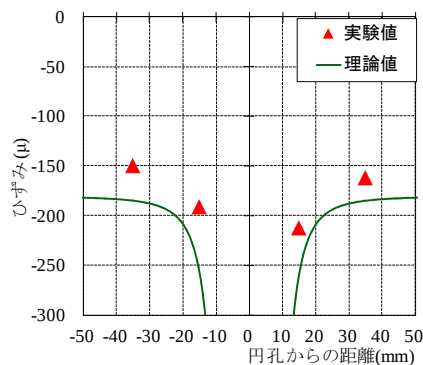


図-5 直径 20mm(コンクリート)の結果

径 5mm の供試体に比べ、比較的離れた位置で応力集中が確認できるひずみ分布となった。

次に材料特性の影響を確認するために、一例としてコンクリート供試体における、円孔直径 20mm 付近の結果を図-5 に示す。コンクリート供試体のひずみ分布は超高強度モルタル供試体の結果よりも理論値との差が大きい結果となった。これは超高強度モルタルの骨材の最大寸法に対するゲージ長が 5 倍以上であるのに対し、粗骨材の最大寸法に対してゲージ長がほとんど同じ長さであり、ひずみ測定の結果に与える骨材の影響が大きくなっていると考ええる。

4. 応力推定の評価

外圧として作用している応力 p を推定するために、まず実験によって得られたひずみ ε に、円柱供試体を用いて求めた静弾性係数 E をかけることにより、その点での応力を求める。

$$\sigma = \varepsilon \times E \quad (1)$$

そして求めた応力を応力集中係数の理論値 k で除することにより、外圧として作用している応力を求める。

$$p = \frac{\sigma}{k} \quad (2)$$

ただし実構造物においては p の初期値は未知の値なので、2 点の応力の差をそれぞれの応力集中係数の差で除することによって求める。

この手法により、それぞれの点で推定した応力の平均値を出し、作用している外圧との誤差を図-6 に示す。ただし、モルタル供試体と超高強度モルタル供試体においては気泡などにより理論値のひずみ値と 20% 以上誤差がある点は棄却している。またコンクリート供試体の円孔直径 5mm と 20mm 付近の結果においては、プレストレス導入作業上、端部のプレストレス力が小さくなっているため、誤差が 30% 程度になっているた

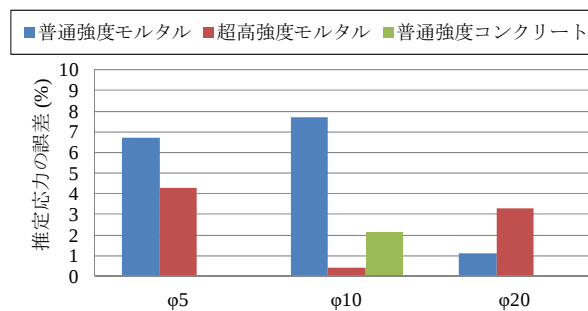


図-6 応力推定の誤差

め、今回は図には載せていない。コンクリート供試体の $\phi 5$, $\phi 20$ の結果を除く、全ての供試体で応力推定誤差は 8% 以下になっており、さらに超高強度モルタルでは、0.5~4% の誤差となっていることがわかる。また、 $\phi 20$ では相対的に小さい誤差であることもわかる。

5. 実構造物に本手法を適用する際の課題

実構造物においては円孔を設ける際、コア削孔することを想定している。そのとき、①円孔周辺が欠け、円孔直近のひずみ値の測定が困難になることが想定される。測定精度から考えると、比較的離れた位置でも応力集中が生じるように、②円孔を大きくする必要がある。一方、③計測に伴う構造物に与える影響は少ない方がよい。これらのトレードオフの関係にある条件の中で、構造物に与える影響をできるだけ小さくして、さらに今回の基礎的検討の結果を鑑みると、円孔直径 20mm が妥当であると考ええる。

6. 結論

ゲージ長 10mm もしくは 20mm のひずみゲージを用いた計測では、応力集中をひずみ分布として計測できたのは $\phi 10$ mm, 20mm であった。また、応力推定を行う際、それらの誤差は 8% 以下に収めることができた。実構造物においては、円孔を設ける際に周辺が欠けることが想定されるので、円孔から比較的離れた位置でも応力集中が生じる、直径 20mm の円孔を用いることが可能となるものと考ええる。

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.