

応力集中係数を用いたコンクリートに作用するプレストレスの評価に関する研究

市民工学専攻：三木 大地

指導教員：三木 朋広

1. はじめに

近年、PC 構造物において塩害、アルカリ骨材反応などに伴うひび割れの発生などが報告されるようになってきた。ひび割れが生じた PC 構造物では、設計時のプレストレスを満足していない場合が多く、性能評価や補修計画の際にも、残存プレストレスを適切に把握する技術が必要である。そのための手法がいくつか提案されている^{1),2)}。本研究では、円孔周辺の応力集中係数を用いた、新しい応力測定方法を提案する。そこで、円孔の寸法、材料特性、ならびに応力場が応力測定に与える影響を検討するとともに、適切な円孔寸法とひずみ測定法の選定を行うことを目的とした。具体的には、骨材の最大寸法が異なるモルタル供試体と超高強度モルタル供試体に、それぞれ異なる寸法の円孔を設け、一軸圧縮試験を行い、応力を測定した。また、異なる寸法の円孔を設けたコンクリート供試体に対しては、一様なプレストレス力導入試験と偏心させたプレストレス力導入試験を行った。これらの試験結果より、材料特性、応力場の影響はほとんどなく、ひずみゲージによる測定誤差は8%以下の結果となった。また、画像解析によるひずみ測定においても、応力集中によるひずみ分布を測定でき、測定誤差は 100 μ 程度となった。本概要では、円孔を設けていないコンクリート供試体に対して、実構造物を想定し、行ったコア削孔試験について検討する。

2. 実験概要

実験には断面が 80mm \times 250mm で長さが 700mm の供試体を 2 体用いた。供試体概要を図-1 に示す。

一つの供試体には外径 19mm のコアドリルを、もう一方の供試体には外径 32mm のコアドリルを用いた。

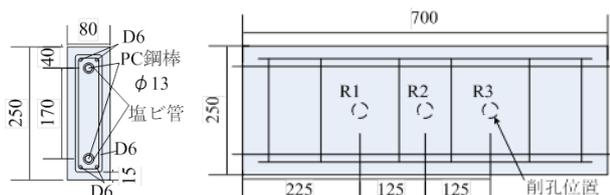


図-1 供試体概要図 単位 (mm)

それぞれを C19, C32 と称す。図-1 に示している R1 の位置には削孔開始面にひずみゲージを、R2, R3 の位置には画像解析を行うために削孔開始面の裏面にひずみゲージをそれぞれ 4 枚ずつ貼り付けた。R1, R2 を削孔する際のコンクリートに加える目標応力は 9MPa と設定し、PC 鋼棒一本辺りの緊張力は 90kN とした。R3 を削孔する際には偏心载荷を行うため、上部の PC 鋼棒の緊張力を 80kN、下部では 40kN とした。

3. 実験結果

円孔寸法の影響を確認するために、一様な応力場の結果の一例として、供試体 C19 の R1 の結果を図-2 に、供試体 C32 の R1 の結果を図-3 にそれぞれ示す。両供試体で応力集中によるひずみが確認された。また、供試体 C19 に関しては、応力集中によるひずみ分布の理論値とほとんど一致している。円孔寸法の違いとして、理論値からもわかるように、円孔が大きい程、円孔際から比較的離れた位置でも応力集中が確認できる。

次に応力場の影響を確認するために、偏心した応力場の結果の一例として、供試体 C19 の R3 のひずみゲ

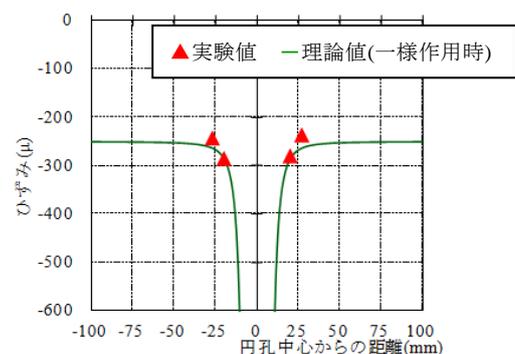


図-2 供試体 C19 結果 (9MPa 一様载荷時)

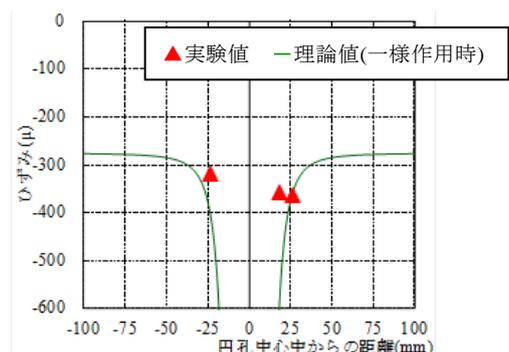


図-3 供試体 C32 結果 (9MPa 一様载荷時)

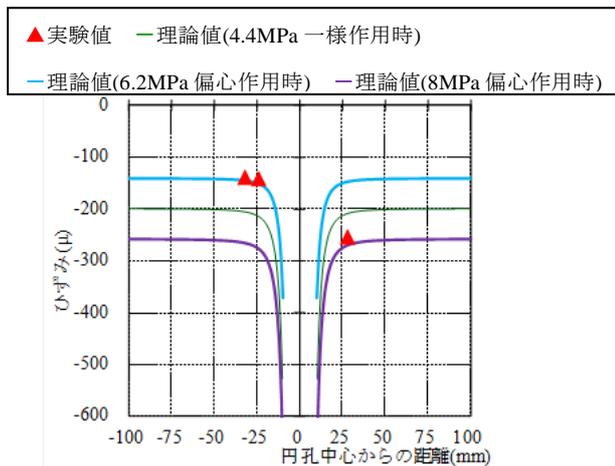


図-4 供試体 C19 結果 (偏心载荷時)

ージによる結果を図-4に示す。図-4には比較のために、4.4MPa、6.2MPa、ならびに8MPaが作用したときのひずみ分布の理論値を示している。8MPaに相当するプレストレスを導入した、 r が正の領域でのひずみ値は、8MPaが作用したときの応力集中のひずみ分布に、4.4MPaに相当するプレストレスを導入した、 r が正の領域でのひずみ値は、4.4MPaが作用したときの応力集中のひずみ分布に概ね一致している。

4. 応力測定の評価

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 を乗ずることにより、その点での応力を求める。

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

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

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

ただし実構造物における応力測定は、コア削孔に伴う応力集中による応力変化を測定するので、実験によって得られた応力を、応力集中係数の理論値から1引いたもので除することによって行う。実験で得られた応力測定の誤差の結果を図-5に示す。全ての供試体および応力場で15%以下の測定誤差となっている。既往の研究¹⁾²⁾に比べ精度は落ちるが、構造物に与える影響が小さいことを加味すると、妥当な測定精度であると考えられる。今回行った実験では、コア削孔時の水によって円孔周辺のひずみゲージがショートすることはなかったため、ひずみゲージに対して、表面に防水処理を施すことにより、本手法でのひずみ測定にひずみゲージを用いることは可能である。

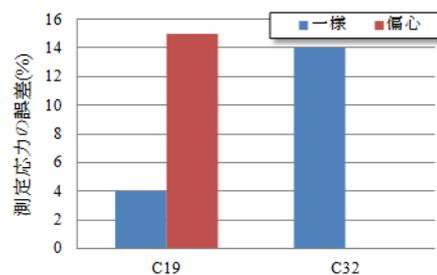


図-5 応力測定の誤差

5. 本手法を実構造物に適用する際の課題

応力が集中する範囲は円孔の大きさに依存し、円孔の直径が大きくなるほど応力集中が生じる範囲も広くなる。実際に作用している応力の2割までの応力に相当するひずみをひずみゲージで測定する場合、外径19mmのコアを用いた際には測定点が2点、外径32mmのコアを用いた際には測定点が4点設けることから、本手法において、円孔の直径は32mmとする。

ひずみ測定方法に関しては、ひずみゲージおよび画像解析の利点・問題点を考慮した上で、本手法を実構造物(橋桁)に適用する際には、応力の方向がある程度予測できるスパン中央においては、測定精度の良いひずみゲージを用いて、複雑な応力状態である、PC鋼線曲げ上げ部および定着部付近においては、応力の方向に関係なくひずみを測定できる画像解析を用いてひずみを測定することとする。

6. まとめ

応力測定は、構造物に与える影響が少ないことを加味すると、妥当な精度であった。また本手法では円孔の直径は32mmのものを使用し、ひずみの測定方法は条件に則した方法で行うこととする。

参考文献

- 1) 横山和昭, 長田光司, 室井智文, 加藤卓也: 鉄筋切断法による実PC橋の残存プレストレス測定に関する検討, 第13回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム, pp.501-504, 2004.10
- 2) 浅井洋, 藤田学, Thomas Le Diouron, 宮本則幸: フラットジャッキを併用した応力解放法によるコンクリート部材の現有応力測定, コンクリート工学, Vol.42, No.4, pp.26-32, 2004
- 3) 三木大地, 三木朋広: 応力集中係数を用いたコンクリートの内部応力測定に関する基礎的研究, 第23回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.23, pp.435-440, 2014.1