

鉄筋で拘束された膨張コンクリートの解析によるひずみ挙動の検討

富山県立大学大学院 学生会員 ○佐橋 宗明 正会員 伊藤 始 学生会員 野口 聖矢
北電技術コンサルタント(株) 西野 哲史 水上 隆司

1. はじめに

経年劣化した既存の鉄筋コンクリート構造物(RC構造物)の補修や補強を計画, 施工する場合, RC構造物の保有する構造性能を評価することが求められる. また, RC構造物には様々な外力が作用し, 乾燥収縮や膨張コンクリートの使用などで体積変化が起こるため, 内部ひずみや内部応力が蓄積している. RC構造物が有する力学性能を精度よく評価するためには, このような内部ひずみや内部応力を考慮することが重要である. そのため, 既存のRC構造物に蓄積した内部ひずみや内部応力を測定する手法が提案されており, そのうち微破壊で精度の高い測定手法に応力解放法がある¹⁾.

著者らは, 膨張コンクリートの拘束膨張実験およびコア削孔実験を行うことで, コア削孔による解放ひずみの測定手法を検討し, 埋込みセンサを用いた内部ひずみ測定法で安定した解放ひずみが得られた^{2),3)}. 解放ひずみは, 鉄筋等による拘束ひずみが解放されることで生じる. この拘束ひずみは鉄筋の拘束状態や部材の形状寸法により複雑に変化し, 計算式等での算定が難しく, 応力解析による再現が必要と考えられた.

本研究では, 拘束ひずみの算出精度の向上を目的に, 鉄筋コンクリート供試体を模擬した解析モデルを用いて, 拘束ひずみと鉄筋ひずみの挙動を検討した.

2. 実験方法の概要

拘束膨張実験は, 膨張コンクリートを用いた拘束供試体において, コンクリートが膨張するときの鉄筋ひずみを測定することで行った. 図-1(a)のように鉄筋は曲げ加工を行った正方形型とした. 膨張コンクリートを合板型枠内に打込み, 硬化後に拘束供試体の合板型枠を脱型した. 脱型後の拘束供試体の表面にアルミテープを貼り付け, 恒温恒湿室内に静置した. コア削孔実験では, 膨張した拘束供試体のコンクリート表面中央部にインナーコア削孔し, 埋込みセンサを設置後にアウターコア削孔することで鉄筋ひずみや埋設したセンサの解放ひずみを各深さで測定した^{2),3)}.

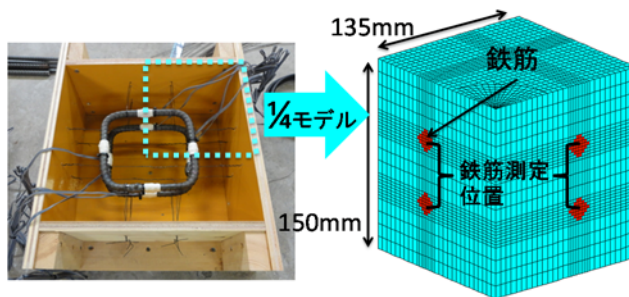
3. 解析方法

表-1には実験ケースに相当する解析ケース一覧を示す. 拘束膨張実験の解析では, 図-1(b)に示す解析モデルのコンクリート要素に膨張ひずみ(一定値 500×10^{-6})を与えることで実験のモデル化をした. モデルは拘束供試体の対称性を考慮して1/4モデルとした. 拘束条件は表面を除く3面について, 面と直角方向への移動を拘束する条件とした. 鉄筋はモデル内部にメッシュを作成し, 各鉄筋径に応じて鉄筋要素のメッシュ数を変えることでモデル化した. 鉄筋はコンクリートと接しており完全に付着するモデルである. 表-2に解析の使用要素と寸法を示す. すべての要素を完全弾性体とした. 鉄筋の高さ方向の位置は1段配筋で上から75mm, 2段配筋で50, 100mmとした.

4. 解析結果

(1) 鉄筋径の影響

図-2に鉄筋径ごとの鉄筋ひずみと拘束ひずみの実験値と解析値を示す. 鉄筋ひずみは図-1に示す位置の鉄筋要素における平均値を用いた. 拘束ひずみは中央部のコンクリート要素の値を用いた. 解析において,



(a) 拘束供試体型枠 (b) 応力解析モデル

図-1 解析モデル(ケース2)

表-1 解析ケース

ケース	解析条件			
	鉄筋径	鉄筋断面積	配筋方法	鉄筋間隔
	(mm)	(mm ²)	段数	(mm)
1	10	75	2	150
2	13	131.25		200
3	16	200		150
4			1	
5				

表-2 解析要素

部位	使用要素	要素寸法
膨張コンクリート	8節点ソリッド要素	5.0 × 10 mm
内部鉄筋	8節点ソリッド要素	2.5 × 2.5 mm

キーワード 膨張コンクリート, 内部ひずみ, 3次元応力解析, 拘束ひずみ, 解放ひずみ

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 TEL 0766-56-7500

鉄筋比が大きくなるにつれて鉄筋ひずみが小さくなっている。拘束ひずみは反対に鉄筋比が大きくなるにつれて大きくなっている。この傾向は、実験値の結果も同様の傾向である。これらの傾向の要因は、鉄筋径が大きくなると鉄筋の断面積が大きくなり、コンクリートが膨張したときの作用力に対して鉄筋の抵抗力が大きくなったためと考える。

(2) 鉄筋段数の影響

図-3に鉄筋段数ごとの結果を示す。ケース1とケース5はD10(2段)とD16(1段)で、鉄筋比が0.78, 0.99と近い値である。解析におけるケース5の鉄筋ひずみがケース1の値より約 130×10^{-6} 小さかった。鉄筋の段数を変えることでケース1の鉄筋ひずみがケース5の値より大きくなった。ケース5の拘束ひずみはケース1の値よりわずかに大きい値を示した。

図-4にケース1とケース5の拘束ひずみ分布を示す。拘束ひずみの測定位置ではケース5の拘束ひずみがケース1の値より約 20×10^{-6} 小さかった。表面部の場合、ケース5の拘束ひずみがケース1の値より約 15×10^{-6} 大きくなった。この表面部の差異は、鉄筋がコンクリートに対する支圧面積が大きいためである。拘束ひずみを測定する際は、表面ひずみ部で測定よりも鉄筋位置で測定することが精度の向上につながる。

(3) 鉄筋間隔の影響

図-5に鉄筋間隔ごとの結果を示す。ケースは配筋間隔が150mm, 200mmと異なるケース2とケース3である。解析のケース2の鉄筋ひずみはケース3の値より小さくなった。またケース2の拘束ひずみは、ケース3の値より大きくなった。図-5の実験値では、ケース3がケース2の鉄筋ひずみより小さくなった。拘束ひずみは実験と同じ傾向が見られる。この結果から鉄筋の配筋間隔が大きくなると拘束ひずみが小さくなるのが分かる。この原因は鉄筋の支圧力が距離に起因していると考えられる。

5. まとめ

- ①解析において鉄筋径が大きくなることにより、鉄筋ひずみは小さくなり、拘束ひずみは大きくなった。
- ②拘束ひずみの測定は表面ひずみ部よりも鉄筋位置で行うことが精度の向上につながる事が確認できた。
- ③鉄筋間隔が大きくなることにより、拘束ひずみが小さくなる。

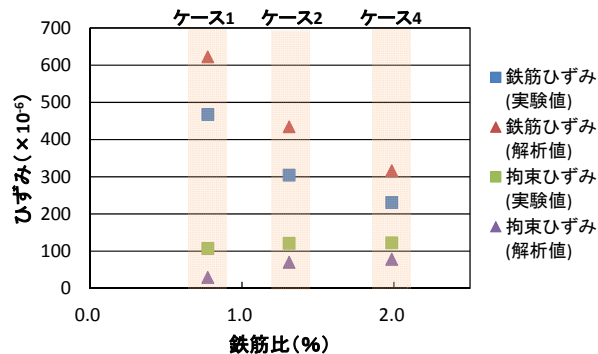


図-2 鉄筋径とひずみの関係

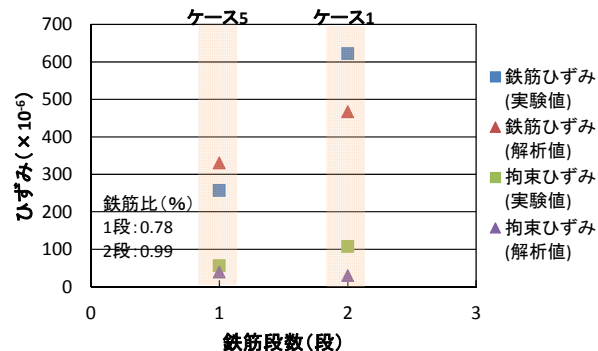


図-3 段数とひずみの関係

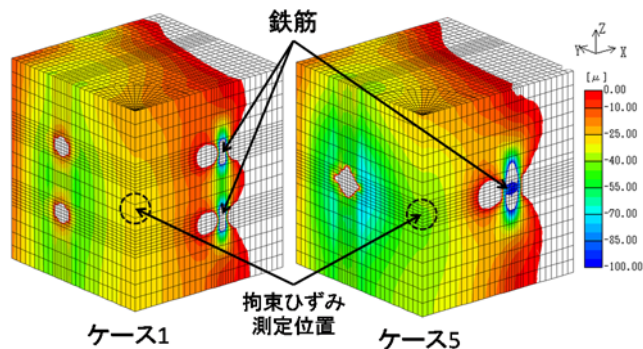


図-4 段数ごとの拘束ひずみ分布 (X 方向)

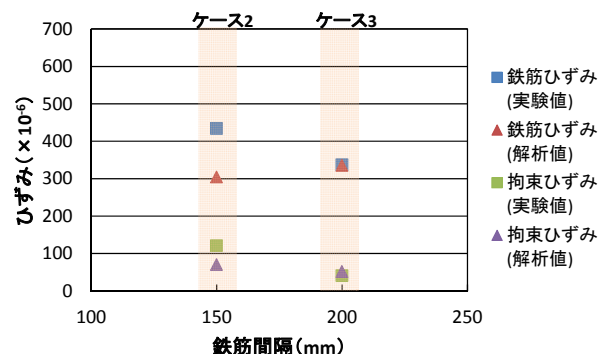


図-5 鉄筋間隔とひずみの関係

謝辞：本研究の一部は科学技術費補助金（若手研究（B）23760409）により行った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 樋口, 神田, 三木：コンクリート部材中の応力推定法, 土木学会論文集, No.585/V-38, pp.11-18, 1998
- 2) 若井, 伊藤, 西野, 高畠：埋込みセンサを用いた膨張コンクリートの解放ひずみ測定に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, 2013
- 3) 野口, 佐橋, 伊藤, 西野, 高畠：鉄筋で拘束されたコンクリートのコア削孔によるひずみ測定に関する実験的研究, 土木学会中部支部講演概要集 V-39, pp.437-438, 2014