

三次元的腐食膨張圧が作用する場合の半径変化量と内圧の関係

西日本旅客鉄道株式会社 施設部
 京都大学大学院 社会基盤工学科
 京都大学大学院 社会基盤工学科

正会員 荒木 弘祐
 正会員 服部 篤史
 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋は種々の劣化要因により発錆し、腐食膨張圧によりかぶりコンクリートにひび割れを生じる。鉄筋腐食量や膨張圧の研究が多くなされている¹⁾が、主に二次元の解析で、三次元的腐食膨張圧が作用した場合の関係は必ずしも明らかとなっていない。本論では、鉄筋を模した空洞に三次元的な膨張圧を作用させ、空洞の半径の変化量（以下半径変化量と呼ぶ）と膨張圧（以下内圧と呼ぶ）の関係について、FEM 解析で検討を行った。

2. 解析

解析は三次元 FEM 解析ソフトを使用した。解析フレームを図-1 に示す。フレームは 150mm ピッチで格子状に D19 の鉄筋が設置されている鉄道高架橋の床版部を模擬し、400mm 角で切り出してきた際の 1/4 モデルとした。外形は 200×200×150mm とし、D19 を模擬し、20mm の半円柱空洞を設けている。境界条件は、背面側で方向 3 を固定、右側面側で方向 1 を固定、正面側をピン固定とした。解析パターンを表-1 に示す。内圧は半円柱空洞の内壁に Max=100MPa の圧力として導入した。鉄筋は SD295A とし、 σ - ϵ 関係はバイリニアモデルとした。コンクリートは CEB モデル²⁾とした。なお、本モデルは 1/4 モデルであるため、以下、内圧範囲は解析で使用した内圧範囲の 2 倍（50～100mm）と呼ぶ。

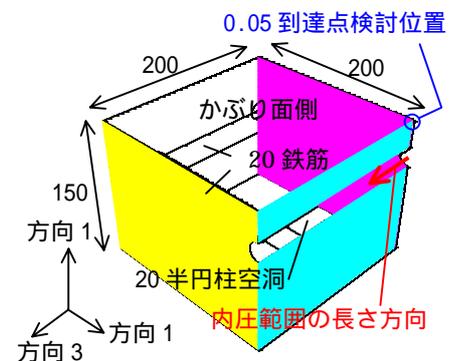


図-1 解析フレーム
 （黄色：正面側，水色：右側面側，
 桃色：背面側，単位 mm）

3. 半径変化量への換算方法

解析後、背面側の半円柱空洞の変位量を半径変化量へ換算した。図-2 に示すように、半円柱空洞の節点（0～5）がある内圧を受けて節点（0'～5'）に移動したと仮定する。まず、節点（0'～5'）の座標点を出力、平均値を算出し、移動後の半円の中心座標点を算出する。移動後の中心点と各節点（0'～5'）の距離を算出し、これから元半径（10mm）を引くこと（例えば、 $r_1' - r_1$ ）で各節点の半径変化量とする。この半径変化量の平均値を算出し、その時点の半径変化量とした。

表-1 解析パターン

| かぶり | 内圧範囲の長さ |
|------|-------------------------|
| 10mm | 25mm, 50mm, 75mm, 100mm |
| 20mm | 25mm, 50mm, 75mm, 100mm |
| 30mm | 25mm, 50mm, 75mm, 100mm |
| 40mm | 25mm, 50mm, 75mm, 100mm |

4. 半径変化量と内圧の関係

各かぶりにおける半径変化量と内圧の関係を図-3(a)～(d)に示す。図から、かぶり 10mm ではすべての内圧範囲でほぼ同じような相関性で、かぶり 20, 30mm では導入範囲 100mm 以上はほぼ同じ相関性になっていることがわかる。これは、かぶりが小さい場合、半径変化量と内圧の関係は内圧範囲による影響が小さく、かぶりが大きくなるにつれてその影響が増大することを示している。また、図を見るとある半径変化量の後には、半径変化量と内圧の関係は傾きがほぼ 0 の直線で表されることがわかる。コンクリートが弾性域においては、半径変化量の増進に伴いかぶりの引張応力が増大し、内圧に対する反力としての拘束力は増加する。しかし、コンクリートが引張軟化領域に到達すると、応力は低下し、拘束力も低下する。拘束力が低下すると、内圧の微増に対して半径変化量は大きく増大すると考えられる。この結果、内圧の増加がほとんど 0 であるにもかかわらず、

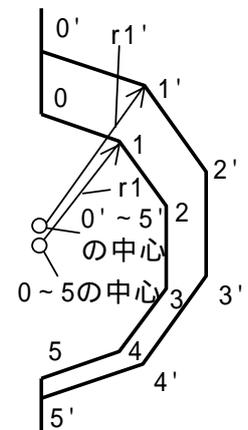


図-2 半径変化量換算

キーワード 鉄筋腐食，腐食膨張圧，半径変化量，三次元解析

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号 JR 西日本施設部

06-6375-8841

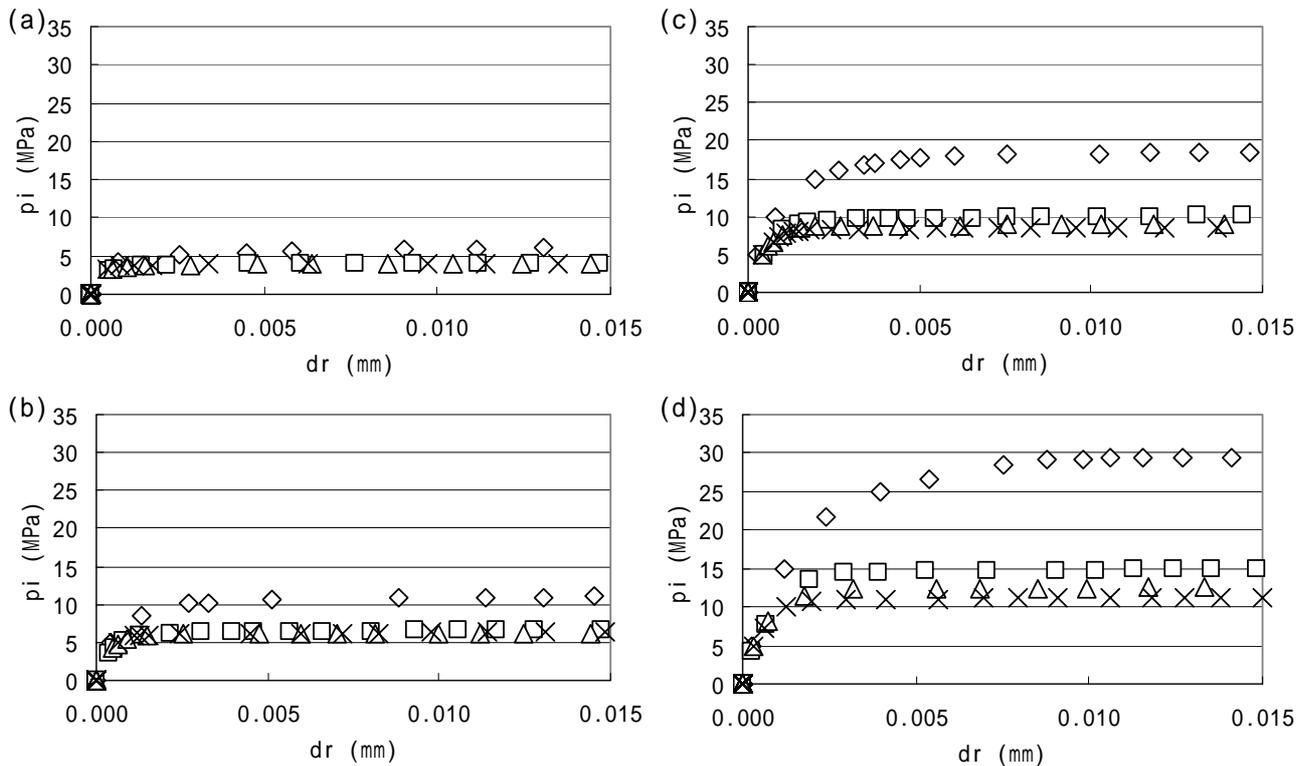


図-3 半径変化量と内圧の関係

(a)かぶり 10mm, (b)かぶり 20mm, (c)かぶり 30mm, (d)かぶり 40mm

内圧導入長さ 50mm, 内圧導入長さ 100mm, 内圧導入長さ 150mm, ×内圧導入長さ 200mm

半径変化量が大きく増加し、傾きがほぼ0である直線関係となったと考えられる。

5. 0.05 到達点の内圧

コンクリートの発生引張応力と変位の関係を整理すると、応力がピークを迎えて以降、約 0.44N/mm^2 となったときに、 0.025mm の変位が生じる。そこで、かぶり面に 0.05mm のひび割れが発生する時点（0.05 到達点と呼ぶ）の内圧を整理した。図-2 に示す

印の位置の引張応力が 0.44N/mm^2 となった時点の内圧を出力し、0.05 到達点の内圧とした。図-4 に内圧範囲およびかぶりでの 0.05 到達点の内圧を整理して示す。図-4(a) を見ると、内圧範囲と 0.05 到達点の内圧は指数関数的関係を持っていること、かぶりが小さくなるにつれて内圧範囲の影響は小さくなり、かぶり 10mm ではほとんど差がないことがわかる。図-4(b) からは、かぶり と 0.05 到達点の内圧は直線関係を持っていること、かぶり 10mm では内圧は範囲によらずほぼ同一、20, 30mm では内圧範囲 100mm 以上でほぼ同一であることがわかる。ここから、4. と同様に、かぶりが小さい場合は内圧範囲の影響は小さいこと、また、かぶり 30mm までの場合、内圧範囲が 100mm 以上であれば三次元の影響（方向 3 の長さの影響）は比較的小さい可能性がある。

6. まとめ

本解析結果から、かぶりが小さい場合は内圧範囲の三次元の影響は小さいこと、0.05 到達点の内圧は、かぶり 30mm 以下では内圧範囲 100mm 以上でほぼ同一になる可能性があることが明らかとなった。

7. 参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の長期性能照査支援モデルに関するシンポジウム，2004．10
- 2) CEB-FIP MODEL CODE 1990：COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON，Thomas Telford Services Ltd 1993

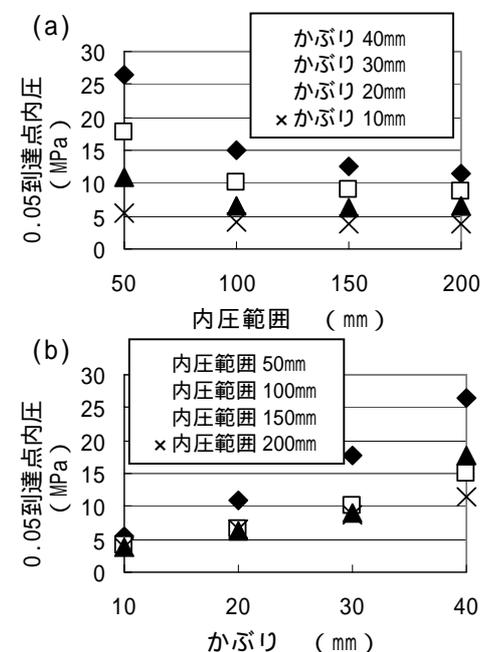


図-4 0.05 到達点の内圧

(a)内圧範囲で整理 (b)かぶり整理