

弾性体を用いた鉄筋腐食膨張圧モデル化の実験的検証

京都大学 学生会員 ○高谷 哲 JR 西日本 施設部 正会員 荒木 弘祐
京都大学 正会員 服部 篤史 京都大学 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

鉄筋腐食膨張圧をモデル化する手法^[1]が提案されている。本研究では、この手法を用いてあらかじめコンクリート供試体に設けた円柱空洞部へ膨張圧（内圧）を人為的に発生させ、腐食による膨張圧（内圧）と腐食による半径変化量の関係について実験的に検証した。

2. 実験方法

実験供試体は図-1 に示すような 150×150×400mm の角柱とし、内部にφ26×300mm の円柱空洞を設置した。かぶりは 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45mm それぞれ 4 体ずつ作成した。円柱空洞内に図-2 に示すφ26×200mm 円柱弾性体を挿入し、弾性体に鉛直変位を与え変形させることで内圧を発生させた。実験の様子を図-3 に示す。測定項目は鉛直荷重、鉛直変位、正面（かぶり面）変位、正面ひずみ（7@50mm）、ひび割れ観察とした。载荷速度は鉛直変位の変化量で制御し、0.20mm/20 秒とした。計測は鉛直変位が 0.20mm 変化する毎に行った。計測の終了は、鉛直荷重が概ね 0.5kN 程度になり、かつほぼ一定値となった時点とした。終局時の破壊例を図-4 に示す。

3. 半径変化量と内圧の算出

荒木らの論文^[1]で誘導されている式に弾性体の諸元、 $\nu=0.49$, $E=3.125\text{N/mm}^2$, $r_0=13\text{mm}$ を代入すると、半径変化量 dr と内圧 p_i は下記の式により算出できる。

$$dr=3.84 \times P - 2.12 \times p_i \quad (\text{mm}) \quad (\text{式-1})$$

$$p_i=1.81P - 0.0150dL \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式-2})$$

ここで、 P ：鉛直荷重（kN）、 dL ：鉛直変位（mm）。

4. 実験結果と考察

4.1 ひび割れ観察結果

図-5、図-6 に剥落破壊、曲げ破壊のスケッチの代表例を示す。ひび割れ観察の結果、鉛直荷重が概ね最大時（式-2 より最大内圧時）に、かぶり面の円柱空洞の直上に弾性体に沿ってひび割れが生じることが確認され、その時のひずみは約 1500 μ であった。その後、鉛直変位の増加につれてひび割れはかぶり面側に進展するとともに、剥落形式で破壊するもの（剥落破壊）や、左右側面にひび割れが生じ、かぶり面を押し出すように破壊するもの（曲げ破壊）が見られた。また、一部であるが供試体を割裂するようにかぶり面のひび割れが進展し、背面に到達するもの（割裂破壊）が見られた。剥落破壊は主にかぶり 10, 15mm で見られ、20mm 以降は曲げ破壊、かぶり 40mm, 45mm の一部で割裂破壊が見られた。

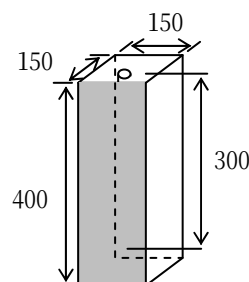


図-1 供試体寸法



図-2 弾性体

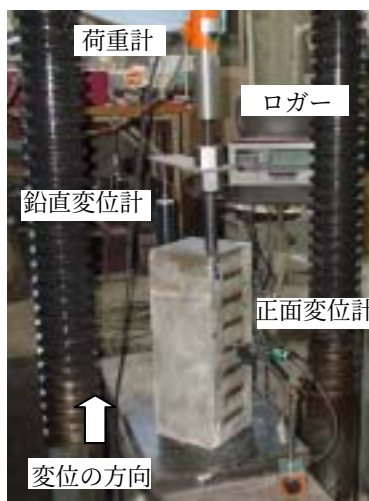


図-3 実験の様子



図-4 終局時の様子

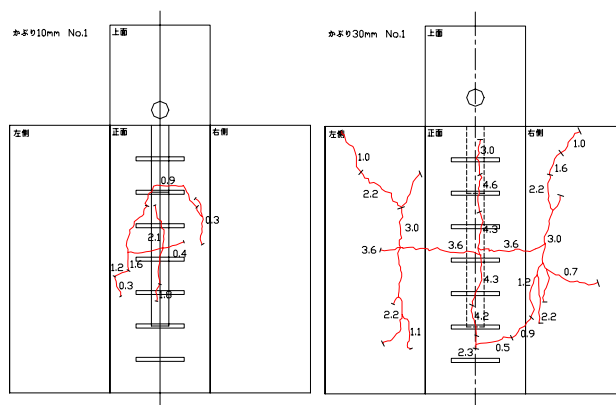


図-5 剥落破壊 (10mm)

図-6 曲げ破壊 (30mm)

キーワード 鉄筋腐食、膨張圧、厚肉円筒理論、引張強度、弾性体

連絡先 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町京都大学 5 号館 4F410 TEL 075-753-5102

4.2 実測最大内圧と理論最大内圧の比較

本実験供試体の諸元，コンクリート引張（割裂）強度 $f_t=3.39\text{N/mm}^2$ ， $a=13\text{mm}$ を代入すると，厚肉円筒理論^[1]により理論最大内圧は式-3 により算出できる．

$$p_{il}=0.0100 \times b^2 - 1.695 \quad (\text{式-3})$$

ここで， b ：かぶり＋円柱空洞半径（13mm）．

また，実測最大内圧は式-2 により算出できる．算出したかぶり毎の実測最大内圧，理論最大内圧，理論最大内圧に減じる低減係数を図-7 に示す．このことから，本実験においては，実測最大内圧は式-4 に示す低減係数を理論最大内圧に乘じることで表現できることが分かった．

$$\text{低減係数} = -0.021 \times (\text{かぶり mm}) + 1.19 \quad (\text{式-4})$$

4.3 半径変化量と内圧の関係

測定された鉛直荷重，鉛直変位を式-1 および式-2 を用いて半径変化量，内圧に変換したものを図-8 に示す．代表例として，かぶり 10，20，30 の換算値の関係を示す．図から，概ね半径変化量 0.05～0.1mm で最初のピークを迎え，0.2mm 程度まで乱高下を繰り返し，0.2mm から内圧が減衰していることが分かる．この経過の原因は次のように考えられる．

- ① 半径変化量が 0.05～0.1mm 程度で円柱空洞の内径に最初のひび割れが生じる．
- ② 半径変化量が 0.2mm 程度までは，最初のひび割れがコンクリート内部で進展する．
- ③ 半径変化量が 0.2mm 程度で圧力が最大となり，このときひび割れがコンクリート表面に貫通する．その結果内圧の解放が生じ，内圧が減少する．

実際の腐食ひび割れ発生の半径変化量は過去に報告された手法^[2]で算出すると 0.14mm となり，本実験の結果と概ね一致した．

5. まとめ

- ① 低減係数を用いて理論最大内圧を実測最大内圧に変換することが可能である．
- ② 本実験で得られた腐食ひび割れ発生の半径変化量は過去の報告と概ね一致した．

6. 今後の課題

本実験は鉄筋腐食膨張圧と半径変化量の関係を実験的に求めることを試み，手法として確立することができた．今後は，円柱空洞の変化や，補強鉄筋の有無，供試体サイズを変化させ，さらに深度化を図る予定である．

参考文献

[1]コンクリート中の鉄筋腐食膨張圧のモデル化： 荒木弘祐・高谷哲ら 2004 土木学会年次講演会（投稿中）

[2]Design for avoiding damage due to carbonation induced corrosion： Parrotte,P.J 1994 Durability of Concrete ACI SP-145 283-298

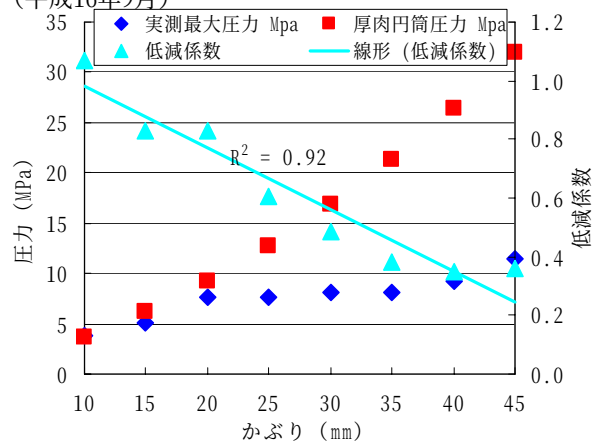


図-7 実測最大内圧と理論最大内圧

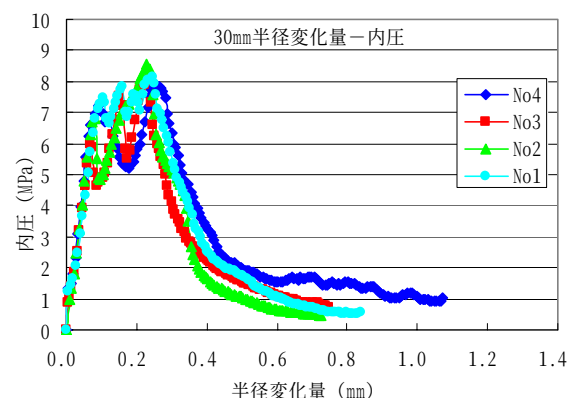
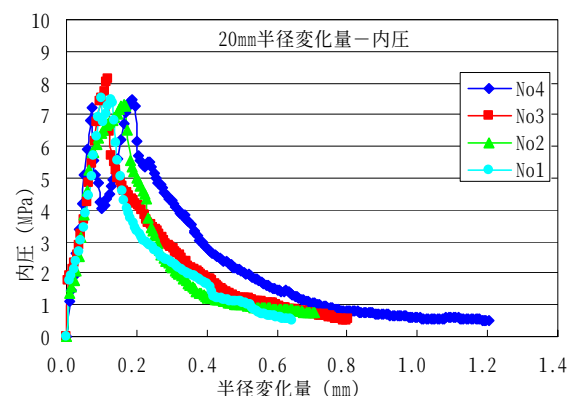
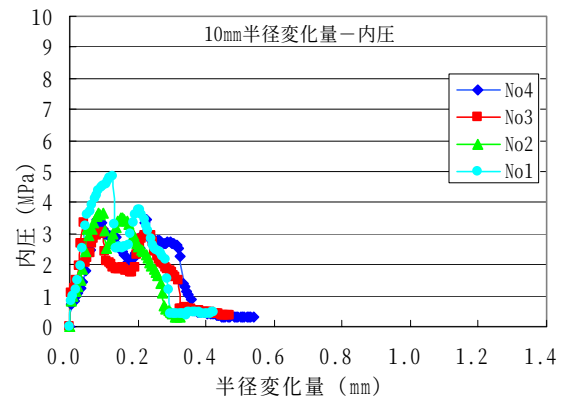


図-8 内圧と半径変化量の関係