

京都大学 正会員 ○平野 裕一

京都大学 学生会員 辻岡 章雅, 正会員 服部 篤史, 河野 広隆

## 1. 目的

本研究は、鉄筋腐食膨張を模擬する治具を用いてコンクリート供試体に表面ひび割れを生じさせることで鉄筋腐食膨張開始から表面ひび割れ発生までのコンクリート内部の挙動を把握することを目的とする。

## 2. 実験概要

写真 1 に実験装置を示す。供試体は  $400 \times 100 \times 100$  mm の角柱供試体を使用した。実験要因はかぶり 3 種類 (10, 15, 20 mm), 鉄筋膨張部分長さ 2 種類 (25, 50 mm) とし、各要因に対して 3 体ずつ作製した。例えばかぶり 20 mm, 鉄筋膨張部分長さ 50 mm の供試体は C20-50 と表記した。鉄筋径は  $\phi 20$  mm とした。圧縮強度は  $f'_c = 34.3$  N/mm<sup>2</sup> となった。

供試体に円柱空洞を設け図 1 に示す膨張模擬治具を使用することにより鉄筋腐食膨張を模擬した<sup>1)</sup>。押し込み治具を上から押すことでクサビ効果により膨張部分が横方向に広がり、鉄筋腐食膨張を模擬することができる。鉛直方向変位および載荷荷重を計測することとで膨張部分の半径変化量と膨張圧を算出できる。元半径からの半径変化率を鉄筋膨張率とした。毎秒 0.01 mm で静的に載荷し、鉛直方向変位と載荷荷重を鉛直方向変位 0.1 mm 間隔で自動計測した。

また、コンクリート内部の破壊挙動を検討するため、供試体下側においても載荷荷重を計測した。図 2 に示すように膨張部分周囲のコンクリートが膨張圧に耐えているときは載荷荷重がそのまま供試体下側に伝わるが、膨張圧に耐えられなくなるときは供試体下側に伝わる荷重が減少する。供試体下側の荷重減少回数を膨張部分表面で起こる微小な圧壊回数として数えた。

## 3. 実験結果および考察

図 3 に鉄筋膨張率と載荷荷重の関係の一例を示す。載荷を開始し鉄筋膨張率が大きくなるにつれて載荷荷重は上がっていき、最大値手前でコンクリート表面にひび割れを観察した。その後ひび割れが少し進み載荷荷重が最大となり、表面ひび割れの進展につれて載荷荷重が低下した。

表面ひび割れまでの微小な内部圧壊回数は供試体下側の荷重減少箇所 (図 3 中の赤丸) を数え、コンクリート表面ひび割れ発生時の鉄筋膨張率とともにプロットしたグラフを図 4 に示す。かぶり 10 mm, 膨張部分長さ 50 mm の 2 供試体は載荷直後の計測ができていなかったため除外している。鉄筋膨張長さが 25 mm ではかぶりによる違いがあまり認められなかったが、

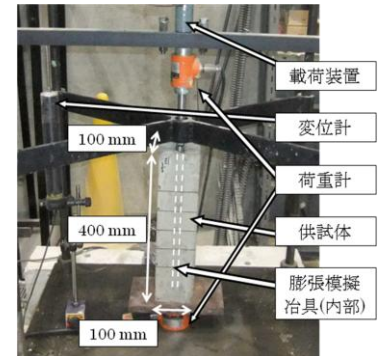


写真 1 実験装置

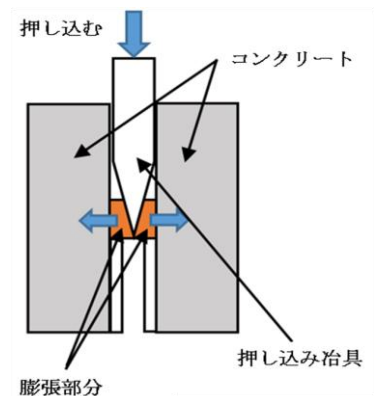


図 1 鉄筋膨張模擬の機構 (縦断面)

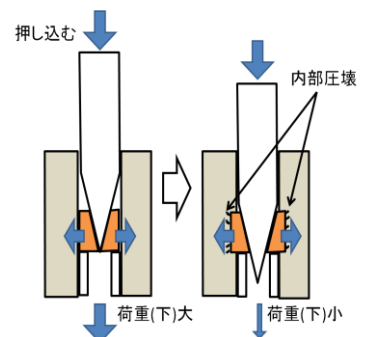


図 2 内部圧壊時の下側載荷荷重の変化

鉄筋膨張長さが 50 mm ではかぶりが大きくなるにつれてコンクリート表面ひび割れ発生時の鉄筋膨張率と表面ひび割れまでの内部圧壊回数ともに大きくなった。ひび割れ発生時の膨張圧を図 5 に示す。鉄筋膨張長さが 25 mm ではかぶりが大きくなるにつれて膨張圧は大きくなった。鉄筋膨張長さが 50 mm では 25 mm と比較して傾きが小さくなった。これより、鉄筋膨張部分が長い場合はかぶりに応じた鉄筋膨張率が、短い場合はかぶりに応じた膨張圧が表面ひび割れ発生を判断する上での目安になると考えられる。

また、内部圧壊 1 回当たりの鉄筋膨張率を図 6 に示す。要因によらずほぼ一定であり、今回の供試体での平均は内部圧壊 1 回当たり 0.17 % となった。このことと、内部圧壊がほぼ一定の間隔で発生することから、表面ひび割れ発生までのコンクリート内部挙動を次のように考える。

表面ひび割れ発生までのコンクリート内部挙動のイメージを図 7 に示す。鉄筋周囲のコンクリートが引張を受ける範囲を引張影響範囲とし、その引張に対抗する力と内部圧壊に対抗する力を考える。まず、鉄筋が膨張するとき、最初の引張影響範囲における引張に対抗する力と最初の内部圧壊に対抗する力を比べ、引張に対抗する力が大きければ内部圧壊が発生する。これを繰り返し、引張影響範囲がコンクリートのかぶりより大きくなり、内部圧壊に対抗する力より引張に対抗する力が小さくなったとき、コンクリート表面にひび割れが観察できると考えられる。引張影響範囲は、図 4、図 5 より膨張長さが短い場合にかぶりが大きいほど広がる幅が大きくなると考えられる。

#### 4. 結論

- 1) 鉄筋膨張長さが 50 mm ではかぶりに応じた鉄筋膨張率が、25 mm ではかぶりに応じた膨張圧が表面ひび割れ発生を判断する上での目安になると考えられる。
- 2) 鉄筋膨張に伴いコンクリート内部で起こる微小な圧壊は一定の間隔で発生すると考えられる。今回の実験では内部圧壊 1 回当たりの鉄筋膨張率の平均は 0.17 % となった。
- 3) 鉄筋周囲のコンクリートが引張を受ける範囲を引張影響範囲とし、引張影響範囲における引張に対抗する力と内部圧壊に対抗する力の大小関係により表面ひび割れ発生までの内部挙動を説明できる可能性がある。

#### 参考文献

- 1) 平野裕一：コンクリート構造物中の鉄筋膨張模擬装置の技術開発，平成 26 年度北海道大学総合技術研究会報告集，10-01，2014

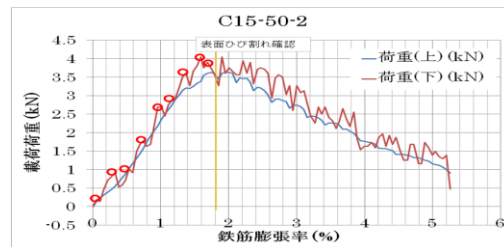


図 3 鉄筋腐食膨張率と載荷荷重の関係の一例

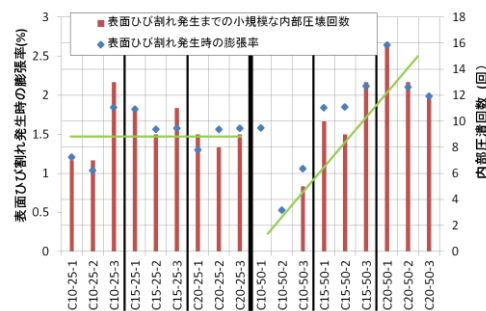


図 4 表面ひび割れ発生までの内部圧壊回数とひび割れ発生時の鉄筋膨張率

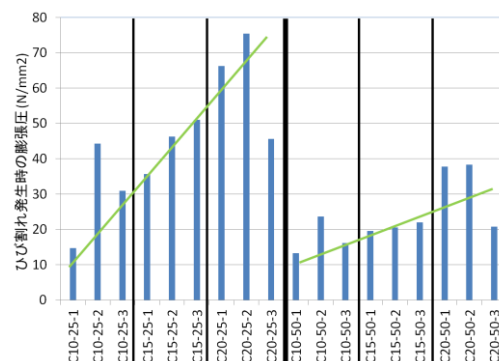


図 5 ひび割れ発生時の膨張圧

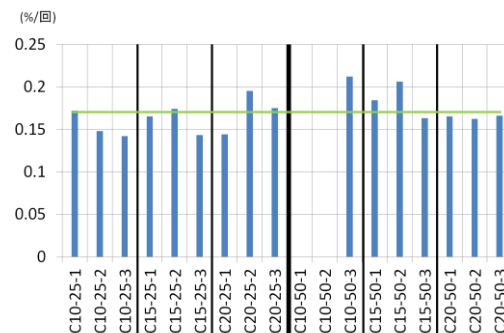


図 6 内部圧壊 1 回当たりの鉄筋膨張率

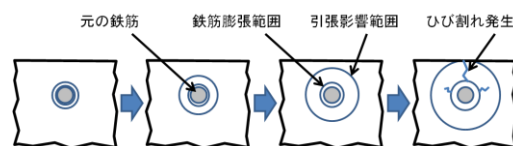


図 7 表面ひび割れ発生までの内部挙動