

## 電食で模擬した鉄筋腐食に伴う腐食膨張倍率に関する研究

京都大学 学生員 石飛 泰将 西日本旅客鉄道(株) 正会員 荒木 弘祐  
 京都大学 正会員 山本 貴士 正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

## 1. 研究目的

コンクリート中の鉄筋は様々な要因で腐食することが知られている。腐食生成物は元体積より大きく、かぶりコンクリートにひび割れを生じさせる。この時、腐食膨張倍率は一般に2.5倍程度とされているが、腐食膨張倍率に関する研究は多くない。そこで本研究では、電食で鉄筋腐食を模擬し、錆層厚の測定、腐食膨張倍率の算出を行い、劣化時間を表す指標としての半径減少量と腐食膨張倍率の関係を求めることを目的とした。また、実験の過程において、表面に発生したひび割れ幅と腐食膨張倍率の関係も得た。

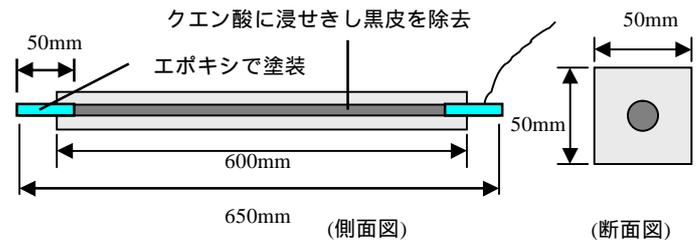


図1 供試体概要

## 2. 実験概要

## (1) 供試体

電食用に供試体を15体作成した。供試体寸法を図

1に示す。鉄筋は19mm丸鋼を用いた。打設前に60

10%クエン酸水素二アンモニウム水溶液に24時間浸せきして、黒皮を除去し、直径を端部より80, 200, 320, 440mmの位置の3方向でノギス(1/20mmまで)を用い測定した。

## (2) 電食方法

電源に直流電源装置を用い、電解質溶液は5%塩化ナトリウム水溶液を使用した。陰極としての銅板を供試体に巻き付け、陽極を丸鋼に接続し通電を行った。本実験の前に予備実験を行い、印加時間と丸鋼・銅板間の電圧変化を測定した。この時間と電圧変化の関係<sup>1)</sup>を参照し、通電時間を設定した。電流密度、通電時間を表1に示す。本研究では、迷走電流を低減するため、端部露出丸鋼を外部に突出させた電食槽をベニヤ板で作成した<sup>1)</sup>。電食処理後、長手方向100mm毎にコンクリート表面のひび割れ幅をルーペ(5/1000mmまで)で計測した。

## (3) 錆層厚さ測定

供試体を乾式高速切断機で長さ100mm毎、6体に切断し、断面を整形するため、#80、#220の紙ヤスリを用いて端面研磨機で研磨を行った。錆層厚さの測定は、中央4体の両切断面、すなわち8断面で行った。測定は断面を対角線で4分割し、それぞれの領域で5点を任意に抽出し、ルーペ(既出)、または、マイクロSCOPE(1/1000mmまで)で測定を行った。マイクロSCOPEでの撮影断面の一例を写真1に示す。

## (4) 腐食膨張倍率の算出

錆層厚さ測定後、コンクリートを取り除き、60、10%クエン酸水素二アンモニウム水溶液に24時間浸せきし、腐食生成物を除去した。質量を測定し、密度、丸鋼長さで除し腐食後の健全丸鋼の半径を算出した。既報<sup>1)</sup>で示したように円断面の幾何学的関係を用いて腐食前の丸鋼半径、錆層厚さ、腐食後の健全丸鋼の半径から腐食膨張倍率を算出した。

## 3. 実験結果および考察

## (1) ひび割れ幅と腐食膨張倍率の関係

表面に発生したひび割れ幅と腐食膨張倍率の関係を印加電流密度毎に図2に示す。なお、図2には実験で得ら

キーワード 電食、ひび割れ幅、半径減少量、腐食膨張倍率

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 構造材料学講座 075-753-5102

れたひび割れ幅と腐食減量,および実験諸元を  $Q_i$  式<sup>2)</sup>の式に代入し,逆算した腐食膨張倍率もあわせて示す. 図2を見ると,電流量が同一の場合,総じてひび割れ幅が大きくなるにつれ腐食膨張倍率が大きくなる傾向にある.これは膨張圧の反力として発生するコンクリートの拘束圧が減少するため,腐食生成物が膨張しやすくなったためと考えられる.また,実験値と  $Q_i$  式の逆算値を比較すると実験値の方が小さくなっている.これは,電食処理中にひび割れから流出した腐食生成物があり,この分だけ半径減少量が小さく見積もられ,実験から算出した腐食膨張倍率が小さくなったためと考えられる.なお,実験で得られた腐食膨張倍率は1~12倍となっており,この倍率は吉岡ら<sup>3)</sup>の研究結果とほぼ一致する.

(2)半径減少量と腐食膨張倍率の関係

ある一定のひび割れ幅において,半径減少量と腐食膨張倍率の関係を整理した.その結果,全てのひび割れ幅において半径減少量が大きくなると腐食膨張倍率は小さくなる傾向が見られた.例として図3にひび割れ幅が0.40mmの時の半径減少量と腐食膨張倍率の関係を示す.ここで,鉄筋中心からコンクリート界面までの半径を  $r_A$ ,腐食前の鉄筋半径  $r$ を,半径減少量を  $\Delta r$ とし,腐食膨張倍率を  $\gamma$ とすると,図4を参照して幾何学的に以下の式が成り立つ.

$$\gamma = 1 + \frac{r_A^2 - r^2}{2r \cdot \Delta r - \Delta r^2}$$

ひび割れ幅は  $r_A$ によって定まると考えられる.ひび割れ幅を一定とすれば  $r_A$ は一定であり, $\Delta r$ が  $\gamma$ の算出値に影響を与えることがわかる.すなわち, $\Delta r$ が大きくなると  $\gamma$ が小さくなり,図3の傾向と一致する.

4. 結論

- (1)供試体表面のひび割れ幅が大きくなるにつれ,腐食膨張倍率が大きくなる.
- (2)電食を行った供試体の腐食膨張倍率は1~12倍となる.
- (3)ひび割れ幅が一定,すなわち  $r_A$ が一定である時,半径減少量が大きくなるにつれ,腐食膨張倍率が小さくなる.

参考文献

1) 石飛 泰将ら:電食によって鉄筋腐食を模擬した供試体の腐食膨張倍率に関する研究 土木学会 関西支部年次学術講演会概要集 2006年 2) 千 路寛ら:鉄筋腐食によるコンクリートのひび割れ幅発生状況及びひび割れ幅に関する研究 土木学会論文集 V 巻 669 巻 50号 pp.161-171 2001年 3) 吉岡 保彦ら:鉄筋の腐食生成物の力学的特性に関する基礎的な検討 土木学会 第37回年次学術講演会講演概要集第5部 Vol.37 巻 V-136 pp.271-272 1982年

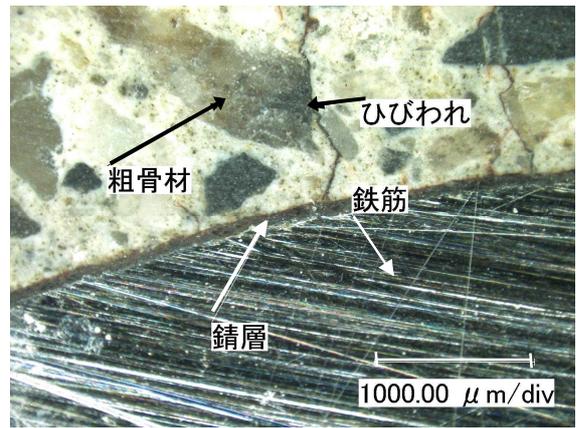


写真1 断面写真

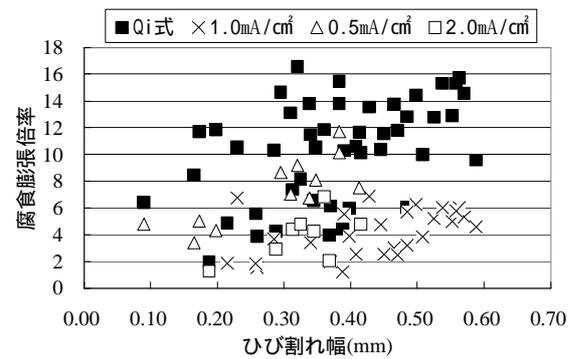


図2 ひび割れ幅と腐食膨張倍率の関係

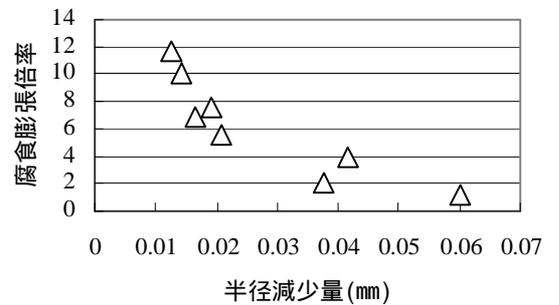


図3 半径減少量と腐食膨張倍率の関係

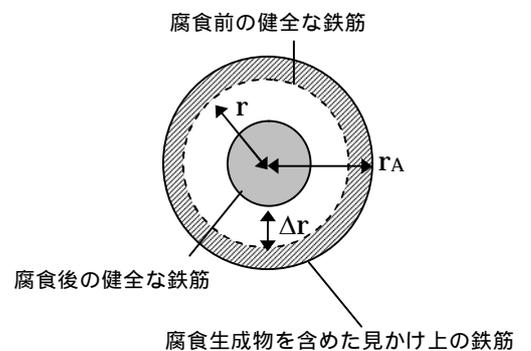


図4 断面模式図