

持続荷重と塩害を受ける RC 梁の腐食劣化の進展状況

大成建設（株）土木技術研究所 正会員 ○鈴木 三馨，正会員 福浦 尚之，フェロー会員 丸屋 剛

1. はじめに

近年，腐食ひび割れの発生を限界状態とした塩害に関する耐久性照査が提案されている¹⁾．腐食ひび割れの発生を限界状態とした場合，腐食ひび割れの進展と腐食ひび割れ発生以降の鉄筋コンクリート（以下，RC）構造物の構造性能の低下を時間軸で把握することは RC 構造物を維持管理する上で益々重要になる．本報では，持続荷重と塩害を受ける RC 梁の鉄筋の腐食性状を検討した前報²⁾の RC 梁を用いた持続荷重下における塩水乾湿繰返し実験と追加実験により，腐食劣化に伴う腐食ひび割れ幅，変形および主鉄筋のひずみの進展状況，構造性能の変化に着目した検討を行った．

2. 持続荷重と塩害を受ける RC 梁の実験

(1) 実験概要

実験には長さ 4,200mm，幅 300mm，高さ 200mm の RC 梁試験体を用いた．主鉄筋は引張側，圧縮側ともにかぶり 20mm で SD295 の異形鉄筋 D16 が 3 本ずつ配置されており，引張鉄筋比は 1.14% である．また，せん断補強鉄筋には異形鉄筋 D6 が 100mm ピッチで配筋されている．コンクリートの W/C は 55% とした．試験体は，持続荷重を作用させ曲げひび割れを導入した条件下で，塩水噴霧により劣化させるケース（塩水噴霧あり）と比較対象として持続荷重を作用させるのみのケース（塩水噴霧なし）の計 2 体作製した．図-1 に示すように各試験体に降伏荷重（41kN）の約 50% の持続荷重 P（21kN）を載荷し，曲げひび割れを導入した．塩水噴霧ありでは，図-1 に示す試験体中央底面の 1800mm の区間に 3%NaCl 水溶液を噴霧し，以降，塩水噴霧 1 日，乾燥 13 日を 1 サイクルとして，約 260 日間乾湿繰返し実験を行った．

(2) 実験結果

a) ひび割れ進展状況

図-2 中に示すひび割れ幅の計測位置における腐食ひび割れ幅の経時変化を図-3 に示す．乾湿繰返し開始から約 100 日後に錆汁が発生し，ひび割れ幅は腐食ひび割れが発生した約 130 日後から比較的短期間（約 50 日）に 0.15～0.25mm まで拡大した．その後，ひび割れ幅はそれ

以上拡大しなかった．なお，ひび割れ幅計測位置の直上の鉄筋の試験終了時の腐食量は平均で $30\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度，最大で $90\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度であった²⁾．

本実験を終了した時点は，鉄筋から側面への内部ひび割れが進展している段階であったため，底面表面の腐食ひび割れ幅が拡大しなかった可能性がある．そのため，さらに鉄筋が腐食すると底面表面の腐食ひび割れ幅が拡大した可能性も考えられる．また，本実験ケースでは，せん断補強鉄筋による拘束効果によってひび割れ幅の拡大が抑制された可能性も考えられる．

b) 変形・ひずみの進展状況

試験体中央における鉛直変位の経時変化を図-4 に，試験体中央における引張側の主鉄筋ひずみの経時変化を

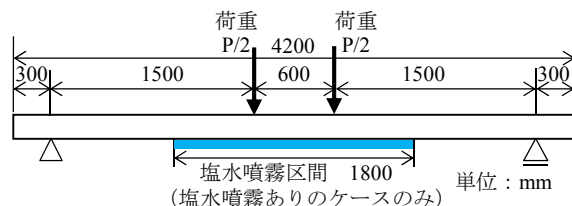


図-1 持続荷重と塩害を受ける RC 梁の実験概要

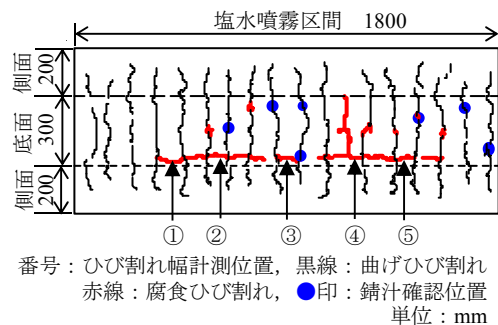


図-2 ひび割れ幅の測定位置

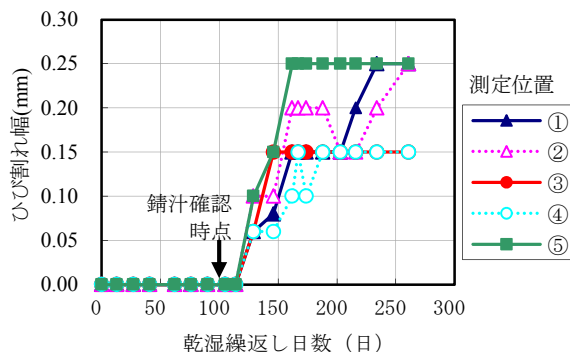


図-3 腐食ひび割れ幅の経時変化

キーワード 塩害，持続荷重，構造性能，鉄筋腐食，ひび割れ幅

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 045-814-7230

図-5に示す。試験体中央における鉛直変位の経時変化は塩水噴霧の有無によらず、約11mmから約15mmに増加した。よって、本実験での腐食レベルでは、主鉄筋の腐食が持続荷重載荷時における試験体の変形挙動に及ぼす影響はないと言える。

塩水噴霧ありのケースの試験体中央における引張側主鉄筋ひずみは、乾湿繰返し開始から約50日後から低下し始めた。鉄筋腐食により腐食電流が生じたために、ひずみゲージで計測された値に変化が表れたことが推察され、この時点で主鉄筋の腐食が始まったと考えられる。

3. 鉄筋腐食したRC梁の繰返し載荷実験

(1) 繰返し載荷実験概要

繰返し荷重が作用した時の、鉄筋腐食の有無による変形挙動の違いを確認するため、乾湿繰返し実験を行った後、塩水噴霧ありの試験体、塩水噴霧なしの試験体ともに繰返し載荷実験を行った。繰返し載荷は、図-6に示すとおり、全荷重21kNを10サイクル繰返し載荷した後、全荷重21kNを載荷した状態で、さらに荷重7kN（全荷重28kN）を10サイクル繰返し載荷して、変形を測定した。

(2) 変形挙動

繰返し載荷を行った時の荷重とRC梁試験体のスパン中央における鉛直変位の関係を図-6に示す。

持続載荷終了時点では、図-4に示すように、塩水噴霧の有無に関わらず鉛直変位はほぼ同じであった。しかし、除荷時の残留変位は塩水噴霧ありのケースの方が約4mm大きくなった。これは鉄筋腐食により鉄筋とコンクリートの付着に変化が生じ、ひび割れが閉じにくくなったものと考えられる。全荷重21kNでの繰返し載荷とさらに荷重を加えた全荷重28kNの繰返し載荷の荷重範囲では、塩水噴霧の有無に関わらず繰返しによる変形の進展はほとんどなかった。よって、本実験での腐食レベルでは、降伏荷重の70%程度までの荷重範囲では繰返し荷重の影響はほとんどないものと考えられる。

4. まとめ

(1) 塩水による乾湿繰返し開始から、約130日後で表面に腐食ひび割れが確認でき、約260日後の乾湿繰返し終了時点では、腐食ひび割れ幅は0.15~0.25mmであった。

(2) RC梁の鉛直変位の経時変化に塩水噴霧の有無による違いはなかった。平均腐食量が30mg/cm²程度の腐食レベルでは、主鉄筋の腐食が持続荷重載荷時におけるRC梁試験体の変形挙動に及ぼす影響はないものと言える。

(3) 乾湿繰返し実験後、塩水噴霧あり、なしの試験体ともに繰返し載荷実験を行ったところ、塩水噴霧ありの除荷後の残留変位が大きくなった。これは鉄筋腐食により鉄筋とコンクリートとの付着の変化が生じ、ひび割れが閉じにくくなったものと考えられる。また、本実験での腐食レベルでは、繰返し荷重による変形の進展はなかった。

今後、構造・鋼材腐食連成解析手法³⁾を用いて、本試験をシミュレートし、鋼材腐食による付着性状の変化などの機構をモデル化していく予定である。

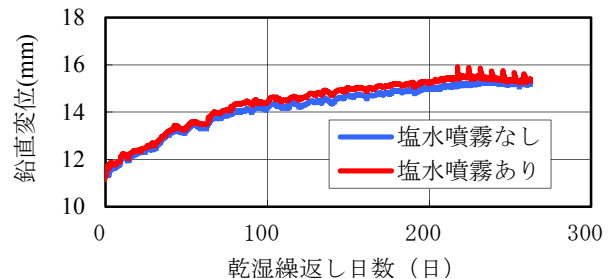


図-4 試験体中央における鉛直変位の経時変化

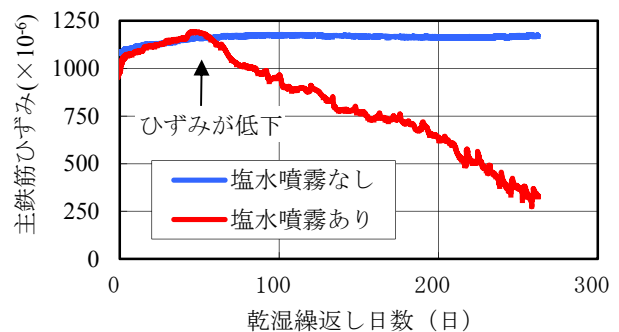


図-5 試験体中央における主鉄筋ひずみの経時変化

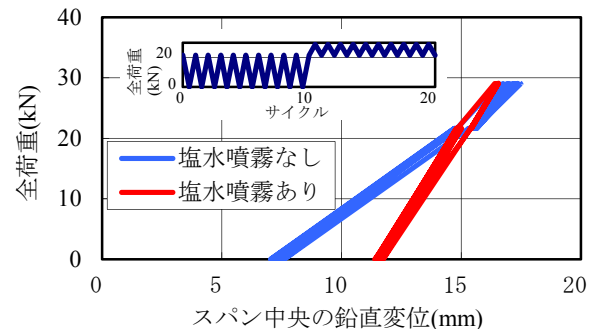


図-6 荷重-鉛直変位の関係

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小委員会（338委員会）成果報告書（その2）およびシンポジウム論文集，コンクリート技術シリーズ99，2012.10.
- 2) 鈴木三馨，河村圭亮，福浦尚之，丸屋剛：持続荷重下におけるRC構造物の鉄筋腐食性状に関する研究，土木学会第67回年次学術講演会，V-098，pp.195-196，2012.9.
- 3) 福浦尚之，丸屋剛，武田均，小山哲：鉄筋腐食による材料劣化と荷重作用の連成解析システムの構築に関する一検討，土木学会第62回年次学術講演会，V-073，pp.145-146，2007.9.