

自然腐食状態において劣化した材齢44年鉄筋コンクリートの非破壊試験について

九州大学 学生会員 ○Khalilah binti Kamarulzaman

九州大学大学院 非会員 Pinta Astuti

九州大学大学院 フェロー会員 濱田秀則 正会員 佐川康貴 正会員 山本大介

(株)ピーエス三菱 正会員 Rahmita Sari Rafdinal

1. はじめに

鉄筋コンクリート内の鋼材腐食は構造物の劣化の主な原因となる。鋼材腐食の生じた構造物は経年に伴い性能が低下するため、維持管理の一環として補修をする必要がある。構造物の適切な補修方法を選定するためには、まず構造物の状態を確認するための試験を行う必要があるが、形状や性能等を保つために、コンクリートの部分的な破壊が不要である非破壊試験が望ましい。本研究では、構造物の劣化抑止と寿命の延長を目的として、劣化した材齢44年鉄筋コンクリート梁の非破壊試験を行い、その結果に基づいた適切な補修工法の選定について考察したものである。

2. 実験概要

かぶり厚 30mm の 150×300×2400mm 鉄筋コンクリート梁供試体(図-1)を非破壊試験の対象とした。この供試体は、1974年に打設され、酒田港の海洋環境干満滞で20年、港湾空港技術研究所(PARI)の実験棟の大気環境で15年、九州大学の屋外の大気環境で9年間暴露されたものである。

2.1 梁の外観観察

近接目視による供試体全面の外観観察を行い、表面に生じたひび割れの状態や錆汁の有無を確認し、ひび割れの幅と深さを計測した。ひび割れ深さは、ひび割れ先端を回折して到達した超音波の伝播時間によって計



写真-1 供試体の状況

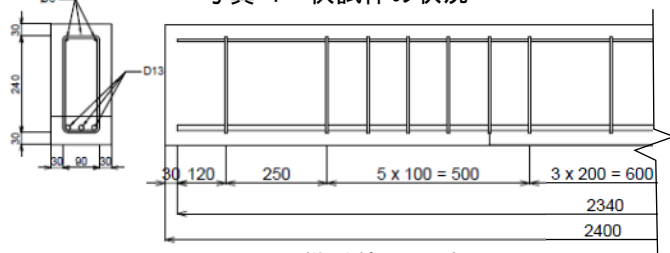


図-1 供試体の設計図

測した。

2.2 自然電位測定

コンクリート表面に沿って照合電極を移動させ、50mm間隔で鉄筋の電位を測定した。本研究では飽和銅硫酸銅照合電極(CSE)を用い、表-1に示す鉄筋腐食判定基準を参考にデータの整理を行った(図-2)。

3. 結果及び考察

コンクリート表面のひび割れの状況と自然電位の測定結果を図-2に示す。供試体の下表面(引張周辺)にひび割れが縦方向に生じ、その中央部分で特に集中しており、最大幅5.5mmのひび割れが観察された。一方、上表面(圧縮周辺)にも同様なひび割れが生じていたが、ひび割れ幅は、最大2.2mmであり下表面より小さかった。また、横方向のひび割れが縦方向のひび割れに比べてひび割れ幅は小さかった。鉄筋表面の腐食生成物の発生による膨張圧のためにこれらのひび割れが発生したことは明らかであり、縦方向のひび割れは主鉄筋、横方向のひび割れはスターラップに沿って発生していた。主鉄筋はスターラップより直径が大きく、単位長さの表面積が大きかったため、腐食生成物の生じる量がより多く、その発生による膨張のためのひび割れ幅が大きくなったと考えられる。なお、錆汁の位置とひび割れ深さの関連より、ひび割れが鉄筋まで到達していることが確認できた。

表-1 TM C-876による腐食判定基準[1]

| 自然電位 (mV,CSE) | 鉄筋腐食の可能性 | 色指標 (図-2) |
|-------------------|---------------|-----------|
| $-200 \leq E$ | 90%以上の確率で腐食なし | |
| $-350 < E < -200$ | 不確定 | |
| $E \leq -350$ | 90%以上の確率で腐食あり | |

自然電位の結果を表-1に基づいて判断すると、供試体の大部分が腐食領域であると判定された。発生した

ひび割れの周辺は自然電位が概ね低い値を示しているが、一部電位が高い部分も存在した。しかし、この部分でも錆汁が存在することから、現時点では、腐食電池のカソードになっているものと想定される。

表-2 梁の劣化度判定表[2]

| 劣化度 | 0 | I | II | III | IV | V |
|---------|--------|-----------------|----------------|----------------|------------------|-------------|
| 鉄筋の腐食 | なし | 表面に点錆がみられる | 一部に錆汁がみられる | 錆汁多し | 浮き錆多し | 浮き錆著しい |
| ひび割れ | なし | 小さなひび割れ(幅1mm以下) | ひび割れやや多し | ひび割れ多し(幅3mm以上) | ひび割れが全域に亘り多数見られる | — |
| 剥離・剥落 | なし | なし | 一部に浮きが見られる | 浮き多し | 剥離・剥落が数か所みられる | 剥離・剥落多数 |
| 補修の要否判定 | 補修の要なし | | 補修の要なし、場合により補修 | 要補修 | | 要補修、場合により補強 |

表-2 に示す劣化度判定基準によると、この供試体は劣化度 IV と判定され、すでに補修が必要であると判断される。Amry 等[3]は同様の供試体の曲げ耐力試験を実施し、曲げ耐力評価しているが、このような劣化状況でも初期の耐力の約 85%の耐力が残存していることを確認しており、鉄筋の腐食進行を抑制することによって供試体の寿命を延長することができるものと考えられる。

土木学会のコンクリート標準示方書[維持管理編][4]によると、この供試体はグレード III-1 と判定され、鋼材防食対策として断面修復や電気防食による補修で鋼材の腐食停止または腐食速度の抑制が推奨されている。なお、この供試体と同種の供試体に対する断面修復と電気防食の適用に関してすでに試験を開始していることを付記する[5][6]。

4. まとめ

梁の非破壊試験の結果を以下にまとめる。

- 1) コンクリート構造物を破壊せず、非破壊試験によってその劣化状況を確認する一手法として、自然電位の計測は有効であった。
- 2) 外観観察の結果と非破壊試験の結果に基づいて、本検討で対象とした供試体の場合、適切な補修方法として断面修復工法と電気防食工法の併用を選定した。それにより、ライフサイクルの延長が可能であると判断した。

参考文献

- [1] 土木学会：鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向—コンクリート委員会腐食

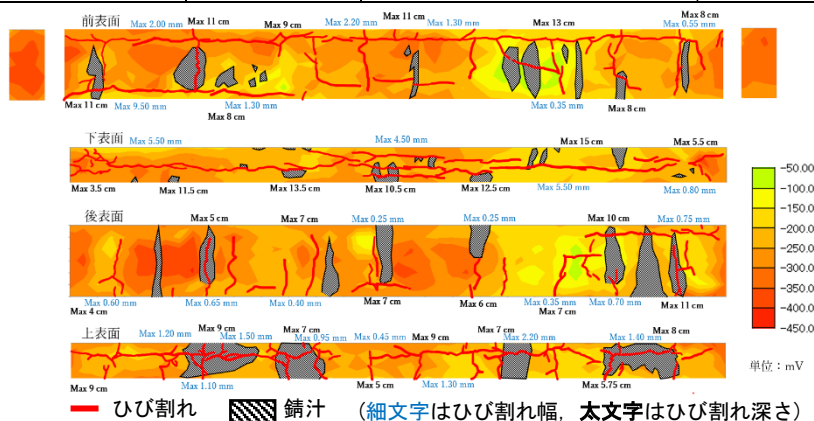


図-2 自然電位電位と外観観察の結果

防食小委員会報告一, pp.123, 1997

- [2] 横田弘, 秋山哲治, 濱田秀則, 三上晃, 福手勤: 海洋環境(酒田港 20 年)に暴露したコンクリート梁の材料劣化が梁の力学性能に及ぼす影響, 港湾技術研究所報告 38(2), 1999
- [3] A. Dasar, H. Hamada, Y. Sagawa, D. Yamamoto: Deterioration Progress and Performance Reduction of 40-year-old Reinforced Concrete Beams in Natural Corrosion Environments, Construction and Building Materials 149, 2017
- [4] 土木学会: 2013 年制定 コンクリート標準示方書 [維持管理編] pp.166-182, 2013
- [5] Rahmita Sari Rafdinal: Life-Extension of RC Structure by Cathodic Protection Using Zinc Sacrificial Anode Embedded in Concrete, 九州大学博士論文, 2016
- [6] 香田真生: RC 構造物に適用する犠牲陽極方式電気防食の性能および防食評価に関する研究, 九州大学博士論文, 2018