

## 海水練り自己充填型コンクリート中の鋼材腐食と鋼材配置方向による影響

東亜建設工業 正会員 ○田中 亮一 港湾空港技術研究所 正会員 与那嶺一秀  
 五洋建設 正会員 谷口 修 東洋建設 正会員 竹中 寛  
 早稲田大学名誉教授 清宮 理

## 1. はじめに

遠隔離島や緊急復旧工事においては、真水やコンクリート用骨材の入手が困難な場合や、工事に従事する人手の確保もままならないことも想定される。筆者らは、このような場合における RC 構造物の構築を想定し、これまでに海水や現地骨材を用いた自己充填型コンクリートを開発し、その諸特性を確認するほか<sup>例えば、<sup>1)</sup></sup>、本コンクリート中に埋設した鋼材の腐食特性についても検討している<sup>2)</sup>。本稿では、鋼材を埋設したコンクリート供試体の暴露後の解体結果を報告する。

## 2. 実験概要

実験で用いたコンクリートの配合を表-1に示す。コンクリート材料として海水および未洗浄の海砂を用いて、フレッシュな状態から塩化物イオンが内在したコンクリートとした。

暴露実験は、海水が1日2回散布（1回あたり約3時間）される屋外環境下（実験①）と、温度30～40℃、相対湿度95%程度の室内湿空環境下（実験②）の2シリーズで行った。

供試体の概要を表-2および図-1に示す。実験①は、ひび割れの有無の2水準で検討を行った。埋設鋼材は水平方向に配置してコンクリートを打込み、翌日に型枠を取り外して、材齢28日に暴露を開始するまでに暴露面以外

はエポキシ樹脂によって被覆し、その作業時以外は封緘養生した。なお、ひび割れ有り供試体は曲げ載荷によってひび割れを導入し、除荷後のコンクリート表面のひび割れ幅を約0.1mm、約0.3mmの2水準とした。

暴露時は、暴露面（コンクリート打込み時の底面）を上向きにして供試体を設置した。実験②は、みがき丸鋼を供試体中央に水平方向と鉛直方向の2水準で埋設して作製した。コンクリート打込み翌日に型枠を取り外し、鋼材端部となるコンクリート面をエポキシ樹脂によって被覆して、材齢4日に暴露を開始した。

暴露後の試験項目を表-3に示す。実験①では、埋設鋼材の腐食

表-1 コンクリートの配合

| W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      | SF (mm) | 充填高さ (mm) | 空気量 (%) | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|------|---------|-----------|---------|---------------------------|
|         |         | W                       | C   | S   | G   | Ad   |         |           |         |                           |
| 45.0    | 48.4    | 185                     | 411 | 810 | 878 | 5.96 | 620     | 348       | 4.5     | 55.9                      |

W：海水，C：高炉セメントB種，S：未除塩海砂，G：碎石，Ad：特殊混和剤  
 SF：スランプフロー，充填高さ：JSCE-F511（障害R2）

表-2 供試体概要

| 実験 | ひび割れ (幅(mm))   | 埋設鋼材種類 (径(mm))                     | 打込み時鋼材配置方向 | かぶり (mm)        |
|----|----------------|------------------------------------|------------|-----------------|
| ①  | なし             | みがき丸鋼(φ13)<br>SUS410 鉄筋(D13)       | 水平         | 30, 50, 70, 100 |
|    | 有り (約0.1, 0.3) | 普通鉄筋(D13) (黒皮除去)<br>SUS410 鉄筋(D13) | 水平         | 70              |
| ②  | なし             | みがき丸鋼(φ13)                         | 水平<br>鉛直   | 68.5            |

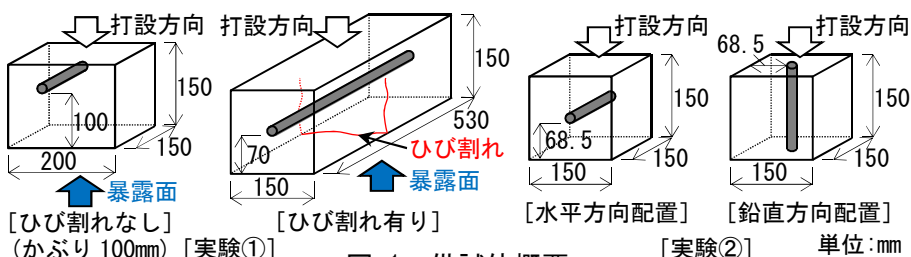


図-1 供試体概要

表-3 暴露後の試験項目

| 実験 | 確認項目                | 試験方法       |
|----|---------------------|------------|
| ①  | 鋼材腐食面積率             | JCI-SC1    |
|    | 塩化物イオン濃度分布          | JSCE-G574  |
|    | ひび割れ部鋼材位置の全塩化物イオン濃度 | JIS A 1154 |
| ②  | 鋼材腐食状況              | 外観目視       |

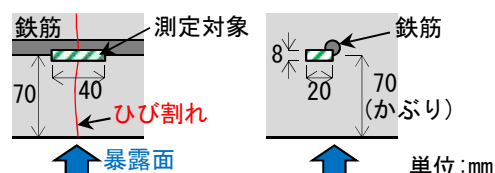


図-2 ひび割れ部鋼材位置の全塩化物イオン濃度測定概要（実験①）

キーワード 海水練り，自己充填型コンクリート，鋼材腐食，鋼材配置方向，SUS410 鉄筋

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1-3 東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL:045-503-3741

面積率、暴露面から深さ方向の塩化物イオン濃度分布 (EPMA による面分析結果を用いて) を確認した。また、ひび割れ有り供試体のひび割れ部における鋼材位置からコンクリート片を切り出し、全塩化物イオン濃度を測定した (図-2)。実験②では、埋設鋼材の腐食状況を目視観察した。

### 3. 実験結果

実験①における鋼材腐食面積率を図-3 に、塩化物イオン濃度分布を図-4 に示す。ひび割れなし供試体において、SUS410 鉄筋は腐食しておらず、みがき丸鋼では腐食が確認された。なお、鋼材下面側が腐食していた。また、みがき丸鋼の腐食面積率は、かぶりによる差は明確ではなかった。一方、ひび割れ有り供試体においても SUS410 鉄筋では腐食は見られなかったが、普通鉄筋では腐食が確認された。ここで図-4 を見ると、ひび割れ部の鉄筋位置における塩化物イオン濃度はひび割れなしの同位置の濃度に比べて大きく、ひび割れに沿って塩化物イオンが侵入していることが確認できる。しかし、ひび割れ部で集中的に腐食していたわけではなく、暴露 5 年では腐食の進行は小さいと考えられる。

実験②における鋼材の腐食状況を図-5~6 に示す。鉛直方向に配置したみがき丸鋼はほとんど腐食していないが、水平方向に配置したみがき丸鋼の下面側において腐食が確認された。また、水平方向配置鋼材の下面側は、暴露の初期段階から腐食しており、徐々に進行している状況が確認された。なお、供試体解体時に水平方向に配置した鋼材界面のコンクリート表面を確認したところ、鋼材下面側にあたる箇所で多数の気泡跡が確認された。打込み時に鉄筋下面には気泡が溜まりやすいため、これが初期段階からの腐食の要因と考えられる。

### 4. まとめ

本稿では、海水由来の塩分が初期から内在する自己充填型コンクリート中の鋼材腐食に、鋼材配置方向が及ぼす影響について確認した結果を紹介した。なお、構造物の長期耐久性を担保するためには、耐食性に優れた鋼材を使用することが望ましい。今後、長期暴露による腐食特性を確認していく予定である。

### 参考文献

- 1) 竹中ら：海水および海砂を用いた高流動コンクリートの諸特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.1792-1797，2014
- 2) 田中ら：海水・海砂を用いた自己充填型コンクリート中の鋼材の腐食特性に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.1216-1221，2014

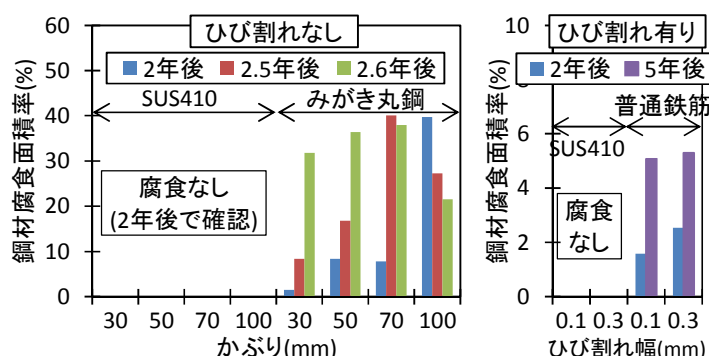


図-3 鋼材腐食面積率 (実験①)

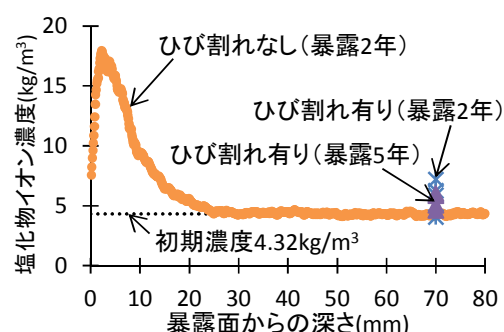


図-4 塩化物イオン濃度分布 (実験①)

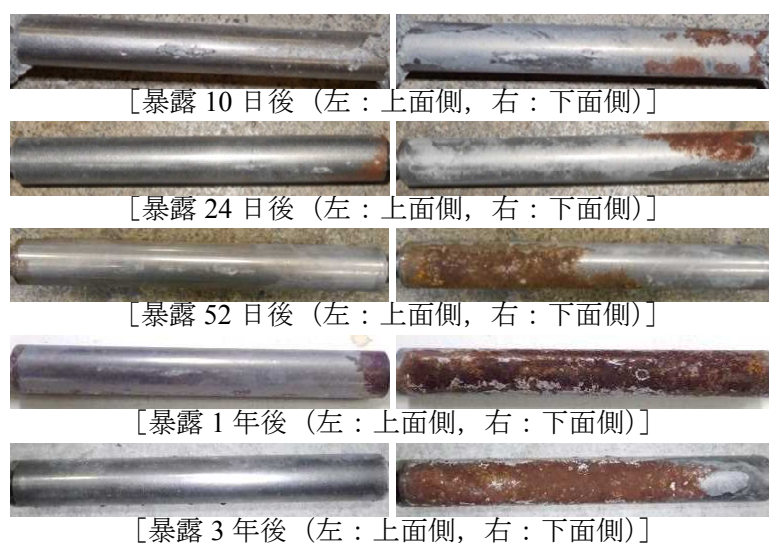


図-5 水平方向配置鋼材の腐食状況 (実験②)



図-6 鉛直方向配置鋼材の腐食状況 (実験②)