

長期間海洋環境に暴露された鉄筋コンクリートの鉄筋腐食に及ぼす初期欠陥の影響

東京工業大学(現 鹿島建設(株))      正会員    ○水尻    大輔

東京工業大学                              正会員        岩波    光保

千代田化工建設(株)                      正会員        松川    圭輔

1. 目的

日本は島国であり国土が海に囲まれていることから、海洋環境で供用される鉄筋コンクリート構造物が多く存在する。そのため、海洋環境下で供用される鉄筋コンクリート構造物においては塩害による劣化が大きな社会問題となっている。本研究では、既存の研究例がほとんどない長期間実海洋環境に暴露された初期欠陥を有する鉄筋コンクリート供試体を用いて、初期ひび割れ、打継目といった初期欠陥が鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

本研究では、長期間海洋環境に暴露された初期ひび割れまたは打継目を有するコンクリート供試体の2種類を用いた。初期ひび割れを有する供試体の種類を表-1に示す。角柱供試体を用い、初期ひび割れとして、3点載荷曲げ試験によって、初期ひび割れ幅が0.1、0.2、0.3mmとなるような曲げひび割れを供試体中央部に導入した。曲げひび割れ導入後の供試体は、海水循環水槽内の干満部に32年間暴露された。海水循環水槽では、6時間ごとに水位を変化させることによって干満部を再現している。

打継目を有する供試体は、φ150×300mmの円柱供試体とし、その内部には、かぶりが20、40、70mmの位置に直径9mm、長さ180mmの丸鋼が1本ずつ設置されている。供試体には底面から150mmの位置に打継目が施されている。打継ぎ処理の方法としては、旧コンクリート表面のレイトンスが打継目劣化の原因とされることや打継目に樹脂を用いる例も多いことを考慮し、表-2に示す7種類について検討を行った。作製された供試体は、海水循環水槽内の海中部にて40年間暴露された。

長期間海洋環境下に暴露した後の鉄筋腐食の程度を評価するため、JCI-SC1「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法」に準拠し、鉄筋の質量減少率を測定した。

3. 実験結果

図-1に32年間の干満部暴露後の初期ひび割れ幅ごとの鉄筋の質量減少率を示す。初期ひび割れ幅の変化についてみると、水道水練混ぜ、自然海水練混ぜのどちらの場合においても質量減少率の変化は大きくなかった。また、水道水と自然海水の練混ぜ水の違いによる質量減少率の差は、32年間の干満部暴露後では小さかった。

表-1 初期ひび割れを有する供試体の種類

| かぶり<br>(mm) | 練混ぜ<br>水 | 水セメント比<br>(%) | ひび割れ幅<br>(mm) | 呼び記号       |
|-------------|----------|---------------|---------------|------------|
| 20          | W        | 55            | 0.2           | W20_55_0.2 |
|             | S        | 55            | 0.2           | S20_55_0.2 |
| 40          | W        | 55            | 0.1           | W40_55_0.1 |
|             |          |               | 0.2           | W40_55_0.2 |
|             |          |               | 0.3           | W40_55_0.3 |
|             | S        | 55            | 0.1           | S40_55_0.1 |
|             |          |               | 0.2           | S40_55_0.2 |
|             |          |               | 0.3           | S40_55_0.3 |
| 70          | W        | 55            | 0.2           | W70_55_0.2 |
|             | S        | 55            |               | S70_55_0.2 |

W: 水道水 S: 自然海水

表-2 打継ぎ処理方法

| No | レイトンスの除去                   | 打継ぎ材料     |
|----|----------------------------|-----------|
| A  | レイトンスを<br>除去しない            | なし        |
| B  |                            | モルタル      |
| C  |                            | エポキシ樹脂    |
| D  | レイトンスを<br>ワイヤーブラシで<br>除去する | なし        |
| E  |                            | モルタル      |
| F  |                            | エポキシ樹脂    |
| G  |                            | ラテックスペースト |

図-2 に海中部に 40 年間暴露した供試体中のかぶり 40mm の鉄筋の質量減少率を示す。レイタンスを除去しなかった場合には、打継ぎ材料を用いた B タイプ、C タイプは打継ぎ材料を用いなかった A タイプより小さくなった。また、打継ぎ材料を用いなかった供試体の結果からレイタンスの除去の有無の影響を見ると、レイタンスを除去した D タイプの質量減少率はレイタンスを除去しなかった A タイプよりも小さくなった。さらに、レイタンスを除去した場合には、打継ぎ材料を用いた E、F、G タイプの質量減少率は、打継ぎ材料を用いなかった D タイプと同程度であった。なお、かぶり 20mm および 70mm の結果も上述の傾向と同様であった。

#### 4. 鉄筋腐食速度の経験式の妥当性に関する検討

現在、コンクリート標準示方書において、鉄筋腐食速度の定式化、あるいは目安としての値の提示が望まれており、既往の研究では、いくつかの鉄筋腐食速度に関する経験式が紹介されている。それらの経験式の中で、鳥取<sup>1)</sup>が腐食減量を基に評価した経験式を用いて、本研究で得られた結果との比較を行った。鳥取の経験式(鳥取式)では、かぶり、水セメント比および塩化物イオン濃度を変数としている。なお、経験式に代入する塩化物イオン濃度には、別途測定により確認された  $15.0 \text{ kg/m}^3$  を用いた。

初期欠陥を有する供試体における、実験結果および経験式から求めた鉄筋腐食速度を図-3 と図-4 にそれぞれ示す。鳥取式から得られた鉄筋腐食速度は、実験結果と比較し、初期ひび割れを有する供試体で 1.1~1.4 倍、打継目を有する供試体で 1.7~2.9 倍とばらつきがあったものの、実験結果に比較的近い値を示した。

#### 5. 結論

- (1) 干満部での 32 年間暴露後では、初期ひび割れ幅や練混ぜ水の違いが鉄筋腐食に及ぼす影響は小さかった。
- (2) 海中部での 40 年間暴露後では、レイタンスの除去やレイタンスを除去しなかった場合における打継ぎ材料の使用は、鉄筋腐食の抑制に有効であった。
- (3) 鉄筋腐食速度を予測する際に、長期間の海洋環境暴露といった塩化物イオン濃度が高くなる場合には、鳥取式が適用可能であった。

#### 参考文献

1. 鳥取誠一, 鉄筋腐食に関する暴露試験等に基づいたコンクリート構造物の劣化予測, 京都大学学位論文, 2002.3

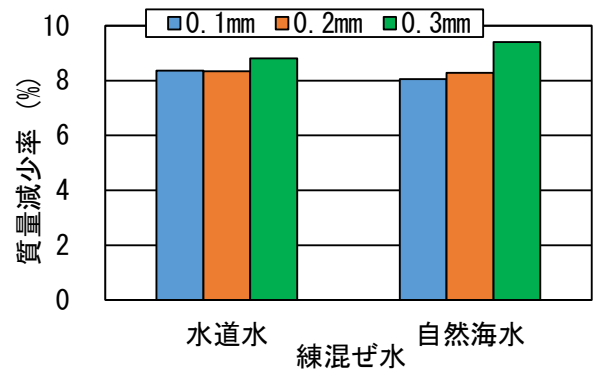


図-1 初期ひび割れ幅ごとの質量減少率

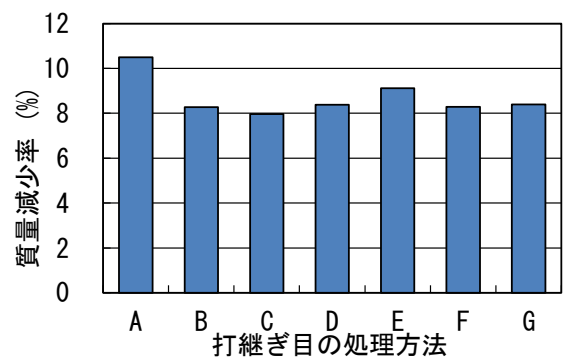


図-2 打継ぎ処理ごとの鉄筋の質量減少率

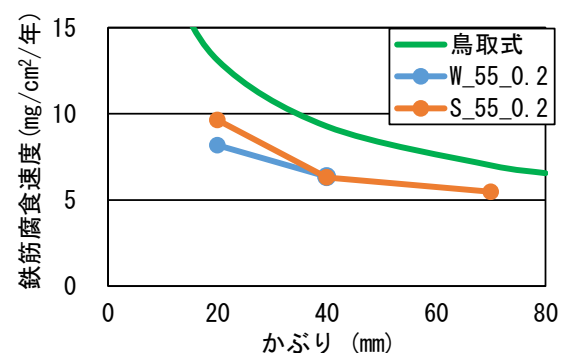


図-3 初期ひび割れを有する供試体の鉄筋腐食速度 (W/C=55%、ひび割れ幅:0.2mm)

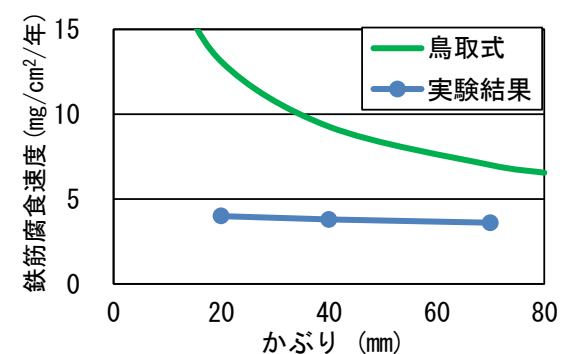


図-4 打継目を有する供試体の鉄筋腐食速度 (W/C=50%)