

海洋環境下に長期間露出した鉄筋の埋設境界部における劣化に関する基礎的検討

五洋建設（株） 正会員 ○正木 徹 東亜建設工業（株） 正会員 田中 亮一
東洋建設（株） 正会員 竹中 寛 港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹
港湾空港技術研究所 正会員 与那嶺 一秀 早稲田大学名誉教授 フェロー 清宮 理

1．はじめに

港湾工事では、工程等の都合により躯体の一部を構築し、一定期間経過後に残りの部分を施工することがある。この時、鉄筋の一部は露出した状態で長期間、海洋環境に曝される。このような状態で露出する鉄筋には一般的に防錆処理が施されるが、打継面から鉄筋界面に沿って塩化物イオンが浸透してコンクリート埋設部での鉄筋腐食の発生やエポキシ樹脂塗装鉄筋では樹脂の紫外線劣化が懸念される。そこで、種別の異なる鉄筋を露出させたコンクリート試験体を飛沫帯環境に暴露し、鉄筋の埋設境界部における劣化について検討した。

2．実験概要

(1)試験体概要

試験体の形状は、鉛直方向に鉄筋を設置してコンクリートを打設した円柱試験体（φ100×200mm）と横方向に鉄筋を設置して打設した角柱試験体（100×100×200mm）とした。試験体はW/C:51%、高炉B種セメントのコンクリートを使用し、鉄筋露出面を除くコンクリート表面にはエポキシ樹脂により被覆を行った。試験体は種別の異なる鉄筋の腐食性状を比較できるように、表-1に示すケースを実施した。鉄筋の埋設境界部に被覆や防錆処理を施した場合の劣化傾向を確認するために、コンクリート打設後に鉄筋露出部に被覆や防錆処理を行った（エポキシ樹脂塗装鉄筋を除く）。また、試験体は海洋環境下の飛沫帯を想定した海水シャワー暴露施設において、3時間/回の海水噴霧を2回/日行いながら半年間暴露した。円柱試験体は打継面を想定した面（暴露面）を上向き、角柱試験体は暴露面を横向きとした（写真-1）。

表 - 1 試験体概要

試験体形状	No.	鉄筋種別	備考
円柱試験体	1	異形鉄筋	SD345 D19
	2	異形鉄筋+防錆剤	SD345 D19 防錆剤：試験体製作後に塗布
	3	エポキシ樹脂塗装鉄筋	SD345 D19
	4	SUS410	SD345 D19
	5	SUS304	SD345 D19
	6	丸鋼+表面被覆A	φ19 表面被覆エポキシ系 試験体製作後に被覆
	7	丸鋼+表面被覆B	φ19 表面被覆エポキシ系 試験体製作後に被覆
角柱試験体	8	異形鉄筋	SD345 D19
	9	エポキシ樹脂塗装鉄筋	SD345 D19
	10	SUS410	SD345 D19



写真 - 1 暴露試験状況

(2)試験方法

a)鉄筋観察 割裂した試験体から鉄筋を取り出し、目視およびマイクロスコープにてコンクリート埋設部の腐食範囲の確認を行った。

b)鉄筋の腐食による断面減少量 鉄筋の断面減少量はステンレス鉄筋（No.4,5,10）と被覆を剥がして錆落とし処理した丸鋼（試験体 No.6,7）を対象に測定を行った。丸鋼の錆落とし処理は 10%クエン酸水素二アンモニウム水溶液に 24 時間浸漬後に水洗いを行い、乾燥させた。また、マイクロスコープにより鉄筋表面の凹凸を計測し、凹凸の最大値を断面減少量とした。

c)EPMA による塩化物イオンの浸透測定 試験体 No.3,8,9 を対象に割裂した試験体のコンクリートの鉄筋界面に対して、

EPMA による塩化物イオン浸透深さと濃度の測定を行った。測定範囲は 40×40mm とし、鉄筋の設置方向による

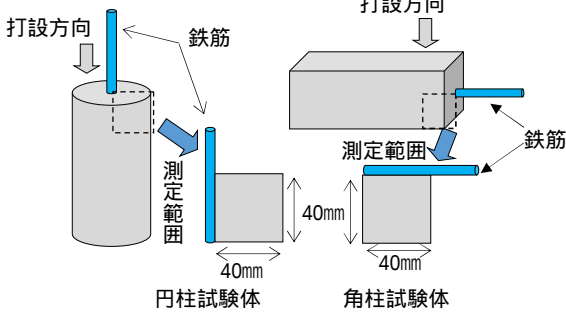


図 - 1 EPMA の測定位置

キーワード 塩化物イオン、埋設境界部、ブリーディング、鉄筋腐食

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2105

相違の確認を行った(図 - 1)。

3. 測定結果

a) 目視による腐食確認 異形鉄筋試験体 (No.1, 2, 8) および丸鋼試験体 (No.6, 7) の埋設部において、埋設境界部から 10～20mm 程度の範囲で発錆が確認され(写真 - 2)、鉄筋の錆の平面形状は、どれも一様ではなかった。また、ステンレス鉄筋(No.4, 5, 10)では孔食や点錆などの劣化は確認されなかった。エポキシ樹脂塗装鉄筋(No.3, 9)は、鉄筋切断面のタッチアップした箇所には一部錆汁の発生が見られたが、埋設境界部を含めた他の箇所では塗膜自体の劣化が認められなかった。

b) 断面減少量 いずれの試験体の埋設境界部に孔食が確認されなかったものの、鋼材露出部に後から被覆塗装した試験体(No.6)は、埋設境界部から 10～20mm の範囲で最大 0.64mm の断面減少が見られた(図 - 2)。

c) 塩化物イオンの浸透測定 表 - 2 に EPMA による測定結果を示す。鉄筋が縦向きの試験体では、暴露面付近で塩化物イオン濃度の高い領域があり、浸透が浅いことに対し、横向きの角柱試験体では浸透が深くなっている。角柱試験体ではブリーディングの影響により生じた鉄筋下面の間隙を通じて塩化物イオンが浸透し易くなったものと考えられる¹⁾。

4. まとめ

海洋環境に長期間露出した鉄筋の埋設境界部やコンクリート埋設部では、海水の影響だけでなく、鉄筋の配筋方向によっては塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食などの劣化を促進させることが考えられる。また、鋼材の露出部や埋設境界部に後から被覆塗装した場合、埋設境界部から海水が浸透することで劣化が進行するものと考えられる。

今回の実験においては、同様に製作した試験体に対して現在も暴露試験を実施しており、長期的に経過確認を行う予定である。なお、マイクロスコブによる計測では愛知製鋼(株)によるご協力により実施したものであり、ここに記して感謝の意を表します。

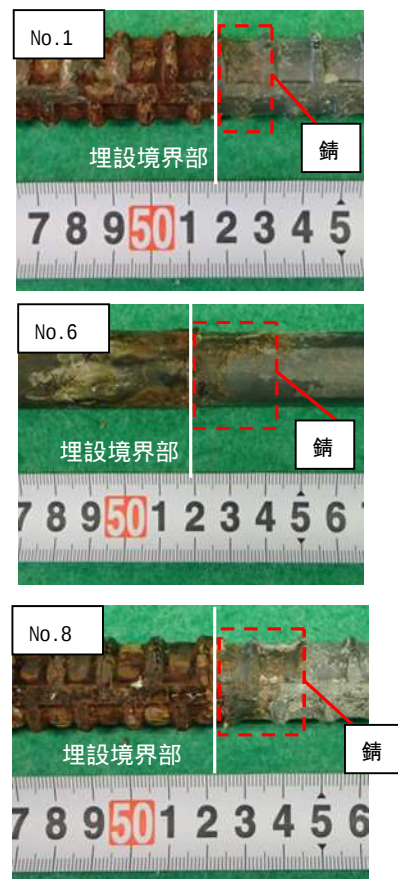


表 - 2 EPMA の測定結果

	No.3 (エポキシ樹脂)	No.8 (異形鉄筋)	No.9 (エポキシ樹脂)
試験体形状	円柱	角柱	角柱
暴露方向	縦	横	横
測定結果	鉄筋側 コンクリート側面	鉄筋側(鉄筋下面) コンクリート底面	鉄筋側(鉄筋下面) コンクリート底面

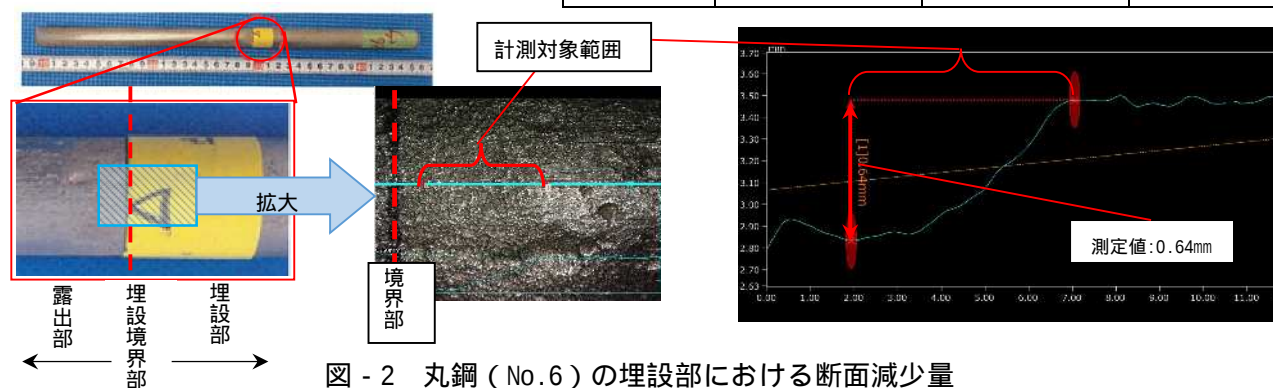


図 - 2 丸鋼 (No.6) の埋設部における断面減少量

参考文献 1) 田中良樹, 村越潤: 鋼コンクリートの境界部の腐食に関する調査, 土木研究センター土木技術資料 52-4, 2010 年 4 月号