

海水が多量に供給されるひび割れ部におけるステンレス鉄筋の耐食性

東洋大学 学生会員 ○石橋 瑞希
 港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹
 正会員 与那嶺 一秀
 東洋大学 フェロー 福手 勤

1. 背景・目的

港湾コンクリート構造物は非常に激しい塩害環境下にある。このような環境において、補強材としてステンレス鉄筋等の耐食性に優れたものを用いることで、コンクリート構造物の耐久性の向上が可能である。現在、ステンレス鉄筋の耐食性に関する知見は増えつつあるが、ひび割れ部に長期間海水が多量に供給される環境での知見は少ない。

そこで本検討では、自然海水噴霧が繰り返される環境下に約10年間暴露した試験体に対し、各種調査を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体

(1)試験体

コンクリートは表-1の配合とした。セメントは早強ポルトランドセメントを用い、鉄筋は普通鉄筋、SUS304、SUS316の3種類を用いた。

試験体の概略図を図-1に示す。形状は79×79×850mmの角柱でD19mm異形鉄筋をかぶり30mmで埋設し、両引き試験により0.5mm以下の初期ひび割れが導入されている¹⁾。

(2)暴露環境・期間

試験体は、飛沫帯を模擬したもので3時間の海水の散水、9時間の乾燥の繰り返しが作用する環境に設置した。暴露期間は約11.4年、散水期間は約10年とした。なお、1.4年間の散水停止期間があったため、暴露期間と散水期間が異なっている。

2.2 調査項目

(1)ひび割れ幅

クラックゲージを用いた目視によりひび割れ幅の測定を行った。

表-1 コンクリート配合

セメントの種類	W/C (%)	単体量(kg/m ³)			
		W	C	S	G
早強ポルトランド	52.5	168	320	619	1029

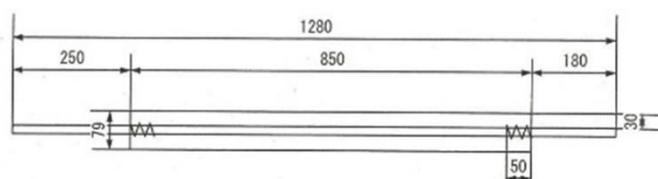


図-1 試験体概略図

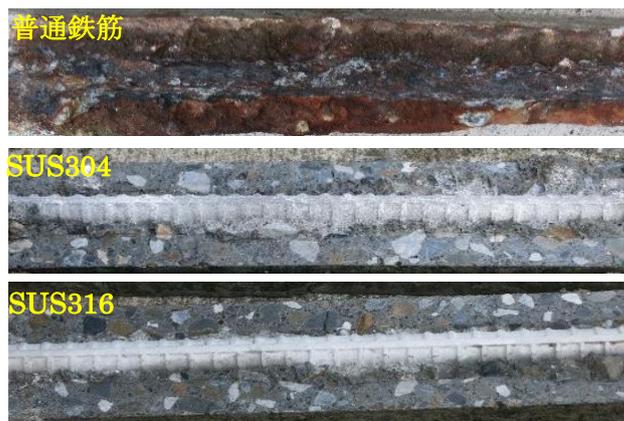


図-2 各鉄筋の状態

(2)鉄筋の腐食状況確認

試験体解体後、鉄筋の腐食状況を確認した。

(3)鉄筋周りの塩化物イオン濃度

ステンレス鉄筋を用いた試験体に対して、ひび割れ近傍および、ひび割れから約5cm離れた箇所の鉄筋周囲から18×30×25mmで試料を採取し、JIS A 1154に準拠して塩化物イオン濃度の測定を行った。

(4)ひび割れ面の観察

ひび割れ面の状況を、主に色に着目して観察を行った。

キーワード 港湾コンクリート構造物 塩害 ひび割れ ステンレス鉄筋 耐食性

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学 理工学部 都市環境デザイン学科 TEL. 049-239-1300

3. 実験結果・考察

(1) 鉄筋の腐食状況確認

鉄筋の状態を図-2 に示す。普通鉄筋においては腐食が全面に確認された。また、SUS304 および SUS316 においては腐食は確認されなかった。

(2) 鉄筋周りの塩化物イオン濃度

図-3 にはひび割れ幅と塩化物イオン濃度の関係を示す。ステンレス鉄筋を用いた試験体では、ひび割れの有無および、ひび割れ幅の大小に関わらず、 30kg/m^3 以上の塩化物イオンが鉄筋近傍のコンクリート中に含まれていた。これは「港湾の施設の技術上の基準・同解説」²⁾による腐食発生限界塩化物イオン濃度 $C_{lim}(2.0\text{kg/m}^3)$ を大幅に上回ることに加え、文献3)によるステンレス鉄筋の C_{lim} の値をも上回った。

(3) ひび割れ面の観察

既往の知見⁴⁾において、コンクリート表面のひび割れ幅が 0.5mm 以上であった場合に、SUS304, SUS316 において、腐食が確認されている。この際において図-4 のようにひび割れ面が茶色く変色しており、多量の海水が直接接触している可能性が考えられた。

そこで本検討でもひび割れ面の観察を行った。その状況を図-4 に示す。本実験ではひび割れを有していたものの、鉄筋近傍のコンクリートに変色は見られなかったことから、多量の海水は鉄筋に直接接触していなかったと考えられる。すなわち、ひび割れを有していても多量の海水が鉄筋に直接接触することがなければ、長期間塩害環境下にあり、多量の塩化物イオンが浸透していても SUS304, SUS316 レベルのステンレス鉄筋であれば腐食する可能性は低いと考えられる。

今回の結果から、SUS304, SUS316 レベルにおいては、ひび割れ幅が重要となり、鉄筋に多量の海水が直接接触しない程度のひび割れ幅であれば、実用上十分な耐食性を有すると考えられる。

4. まとめ

約10年間の暴露試験の結果から得られた知見を以下に示す。

- (1) 普通鉄筋にのみ腐食がみられた。ステンレス鉄筋 SUS304, SUS316 に関して、鉄筋近傍における塩化物イオン濃度は 30kg/m^3 以上であり、ステンレス鉄筋の C_{lim} の値を上回ったが、腐食は確認されなかった。
- (2) 今回程度のひび割れ幅を有している場合でも、多

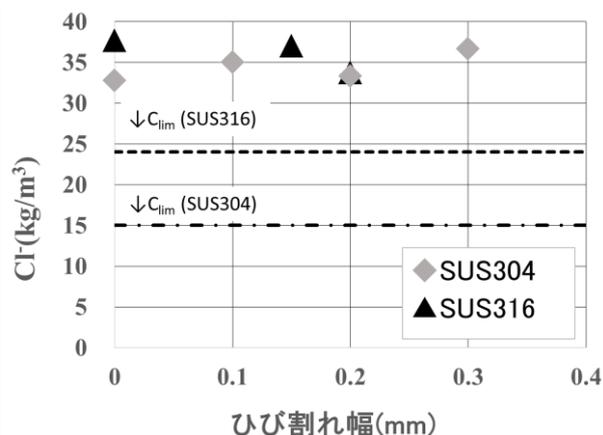


図-3 ひび割れ幅と塩化物イオン濃度の関係

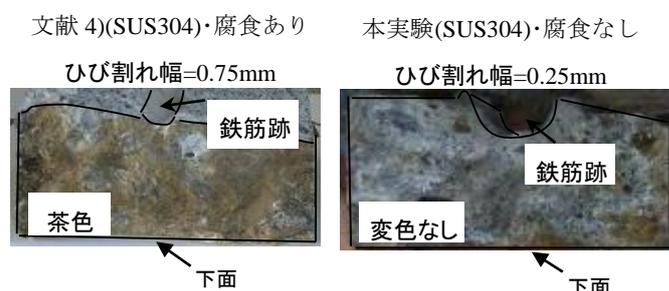


図-4 ひび割れ面の変色状況

量の海水が鉄筋に直接接触することがなければ、長期間塩害環境にあっても SUS304, SUS316 レベルのステンレス鉄筋であれば腐食する可能性は低いと考えられる。

参考文献

- 1) 篠田佳男, 横田弘, 二羽淳一郎, 長瀧重義: ステンレス鉄筋コンクリート部材の基礎的性質, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.2, pp.1687-1692, 2006.
- 2) (社)日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説(下), pp.486-491, 2007.
- 3) 土木学会: ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針(案), コンクリートライブラリー130, pp.9-12, 2008.
- 4) 山路徹, 審良善和, 小林浩之, 水間誠司, 岡部剛: 海洋環境化でのコンクリートひび割れ部におけるステンレス鉄筋の腐食性状, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文集, 第12巻, pp.75-80, 2012.11.