

V-152

海洋環境下に10年間暴露したコンクリート中の鉄筋の腐食状態

大林組技術研究所 正会員 竹田 宣典 正会員 十河 茂幸
東海大学海洋学部 正会員 迫田 恵三 山口 一生

1. はじめに

海洋環境下におけるコンクリート構造物では、塩化物イオンの浸透・蓄積による鉄筋腐食が、構造物の耐久性を検討する上で問題となる。海洋環境下における鉄筋腐食の進行速度は、コンクリートの品質、使用環境条件および施工条件などによって異なり、これらが鉄筋腐食に及ぼす影響については、十分に解明されているとは言いがたい。本報告では、10年間の海洋暴露試験により、種々の海洋環境条件および打継目やひび割れが鉄筋腐食の進行に及ぼす影響について検討した結果について述べる。

2. 実験概要

供試体の形状・寸法および種類を図-1に示す。供試体は長さ90cmの直方体とし、種類は打継目あるいはひび割れを導入したものとしていないものとした。いずれも、かぶり2cmの位置に、D19異形棒鋼(SD30,横ふし型)を配置し、塩化物イオンが一方のみから浸透する様に周囲をエポキシ樹脂で塗装した。打継目は供試体中央部に設け、材齢7日で打継面をワイヤブラシでけずり、同一配合のコンクリートを打ち継いだ。ひび割れ供試体は、一体当たり4～5本の曲げひび割れを導入し、表面部で0.05mm程度のひび割れ幅となる様に治具で締め上げた。

コンクリートの配合を表-1に示す。使用材料は、普通ポルトランドセメント、木更津産山砂（比重：2.58，粗粒率2.67）、八王子産砕石（最大寸法：15mm，比重：2.66）、AE減水剤（リグニンスルホン酸系）とした。

暴露場所は、静岡県清水港内の防波堤における、潮の干満作用を受ける飛沫帯、水深約11mの海中、堤防上で波しぶきを受ける海上大気中の3箇所とし、材齢50日より暴露を開始した。測定項目および測定方法を表-2に示す。測定は暴露後1、3、6、10年において行った。塩化物イオン量の分析は、表面から2cmおきに採取した粉末を試料とした。

3. 実験結果および考察

(1) 圧縮強度の変化…… 圧縮強度の変化を図-2に示す。海上大気中における圧縮強度の変化は、標準養生とほぼ同じであり、暴露後10年において、暴露前の強度に対して約10%増加した。飛沫帯では、暴露後1年で圧縮強度は約20%増加し、暴露後10年までの変化は少ない。海中部では、暴露前の圧縮強度に対して、暴露後3年で約10%増加するが、暴露後6年で約4%，暴露後10年で約8%低下した。暴露環境によって圧縮強度の推移は異なるがこれは、海水中的硫酸塩と反応して生成されるエ

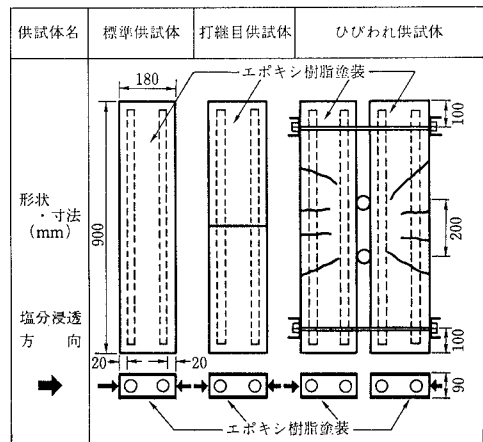


図-1 供試体の形状・寸法・種類

表-1 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
			W	C	S	G	AE 減水剤
15	50.0	48.0	168	332	847	935	1.04

表-2 測定項目・測定方法

測定項目	測定方法
コンクリートの圧縮強度	円柱供試体（直径10cm，長さ20cm）を暴露終了後、付着物を除去し試験実施
塩化物イオン量	塩素イオン選択性電極を用いた電位差滴定法による全塩分定量分析
鉄筋の発錆状況	直方体供試体を解体し、腐食箇所を写しとり、腐食面積率により評価

トリンナイト等が影響しているものと考えられる。

(2) 塩化物イオンの浸透状況…… 各環境における暴露後10年の塩化物イオンの浸透量を図-3に示す。塩化物イオンの浸透量は、飛沫帯、海中、海上大気中の順に大きく、表面部の塩化物イオン量は、海上大気中に対して海中で3倍、飛沫帯で3.5倍程度となる。また、深さ2～4cm(鉄筋の位置)における塩化物イオン量の経年変化を図-4に示す。いずれの環境においても、暴露後6年以降の塩化物イオン量の増加は少なく、暴露後10年においては、海上大気中で 1.6kg/m^3 、海中で 7.8kg/m^3 、飛沫帯で 10.5kg/m^3 であり、環境条件により、浸透する塩化物イオン量には大きな差がある。

(3) 鉄筋の腐食の進行状況…… 鉄筋の腐食面積率の変化を図-5に示す。まず、ひび割れ・打継目のない場合について比較する。

飛沫帯においては、暴露後1年より腐食が認められ、暴露年数とともに腐食は進行し、暴露後10年では、腐食面積率は25%以上となった。海中部では、暴露後3年より腐食が発生するが、その後、暴露後10年までは、腐食面積率の増加は少ない。海上大気中では、暴露後10年において、初めて腐食が認められた。

腐食の進行に対しては、塩化物イオンの浸透量が大きく影響しており、飛沫帯、海中、海上大気中の順に厳しい環境であると考えられる。

次に、打継目がある場合については、いずれの環境においても、腐食は打継部分から開始する傾向が見られるが、腐食面積率は打継目のない場合と同程度であった。よって、良好に処理された打継目であれば、海洋環境下において腐食を著しく進行させる要因とはならないと考えられる。ひび割れがある場合は、ない場合に比べて、飛沫帯、海中部において、腐食開始時期が早くなるが、暴露後10年においては腐食面積率は同程度となった。ひび割れ幅が 0.05mm 程度の場合、本実験のいずれの環境条件においても、暴露後10年までの範囲では、ひび割れによって、腐食が著しく進行することは認められなかった。

4. まとめ

10年間の暴露試験の結果、海洋環境下での鉄筋の腐食に対しては、飛沫帯、海中、海上大気中の順に厳しい環境であり、暴露後10年以内では、いずれの環境においても、良好に処理された打継目やひび割れ幅が 0.05mm 以下のひび割れは、腐食の進行を著しく促進させるものではないという結果が得られた。今後、腐食面積率や孔食等の腐食形態が、鉄筋コンクリートの耐力に及ぼす影響について検討する必要があると考える。

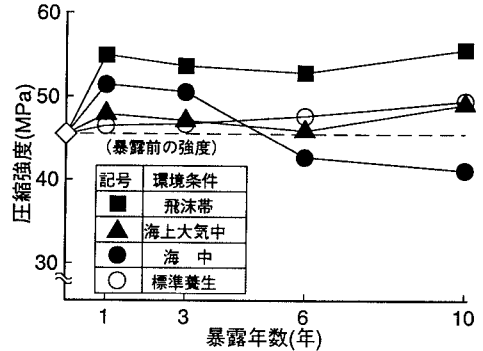


図-2 圧縮強度の変化

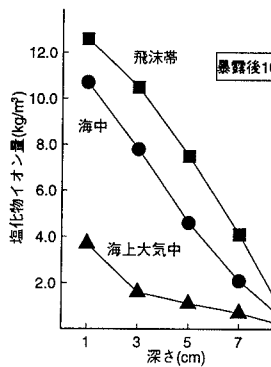


図-3 塩化物イオンの浸透量

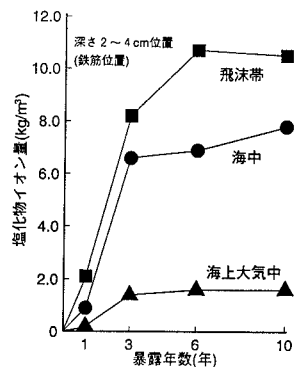


図-4 塩化物イオン量の経年変化

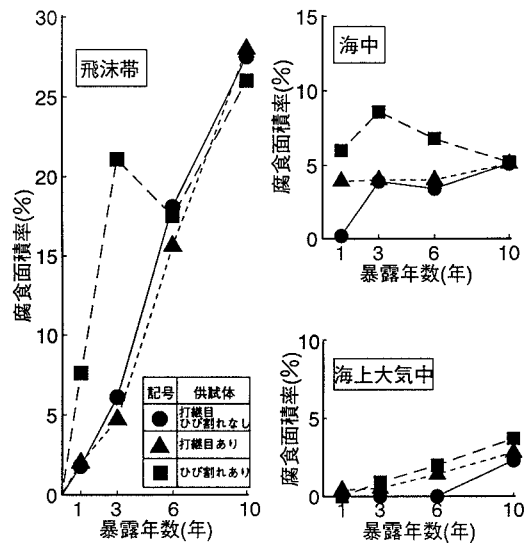


図-5 腐食面積率の変化