

V-149

10年間の海洋暴露試験による高強度軽量コンクリートの耐久性調査

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

石油掘削リグなどの海洋における浮体コンクリート構造物においては、軽量骨材を用いた高強度コンクリート（高強度軽量コンクリート）が適用される場合があるが、海洋環境下における塩化物イオンの浸透・蓄積による鉄筋腐食が耐久性上問題となる。しかし、高強度軽量コンクリートを用いた鉄筋コンクリートの海洋環境下における耐久性については、十分に明らかにされていない。本報告では、高強度軽量コンクリートを用いた鉄筋コンクリートについて10年間の海洋暴露試験を行い、コンクリートの物性変化、塩分浸透および鉄筋腐食の進行について調査した結果について述べる。

2. 実験概要

供試体は、鉄筋の腐食調査用の鉄筋コンクリート供試体（直方体：RC供試体）と無筋の圧縮強度試験用供試体（直径100mm、高さ200mm）、塩分分析用供試体（直径150mm、高さ150mm）の3種類とした。RC供試体は、図-1に示す様に、かぶり20mmの位置に異形棒鋼（D19、SD295）を配置し、塩化物イオンが一方のみから浸透する様に、浸透面以外の面をエポキシ樹脂で塗装した。

コンクリートの配合を表-1に示す。フレッシュコンクリートおよび材齢28日における性質を表-2に示す。

配合は、結合材としてセメントのみを使用した配合（配合A）と単位セメント量を同一としセメント質量の10%のシリカフュームを添加した配合（配合B）の2種類とした。いずれも、水結合材比を30.0%，細骨材率を37.3%とした。使用材料は、普通ポルトランドセメント（比重：3.15）、シリカフューム（国内産、比重：2.25）、木更津産山砂（比重：2.58、粗粒率：2.67）とし、粗骨材に造粒タイプの人工軽量骨材（最大寸法：15mm、絶乾比重：1.25、粗粒率：6.81）を用い、混和剤に高性能減水剤および流動化剤（ナフタリンスルホン酸系）を用いた。

供試体は、材齢14日まで湿布養生を行い、所定の面を塗装後、材齢42日より静岡県清水港沖において、表-3に示す環境条件の海上大気中と海中に暴露を開始した。

測定項目および測定方法を表-4に示す。測定は暴露後1, 3, 6, 10年で行った。塩化物イオン量の分析は、表面から20mmおきに採取したコンクリート粉末を試料とした。

3. 実験結果および考察

（1）圧縮強度……圧縮強度の変化を図-2に示す。

海上大気中、海中のいずれにおいても、暴露1年後における圧縮強度は、材齢28日の圧縮強度に対して配合Aで約30%，配合Bで約20%増加した。その後、海中部に

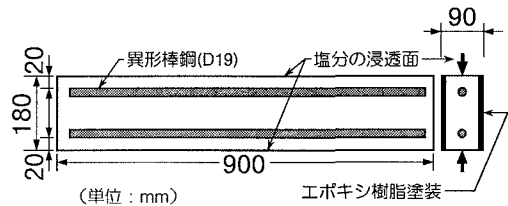


図-1 RC供試体の形状・寸法

表-1 コンクリートの配合

配合	W/C+SF (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					高性能 減水剤 (C+SF×%)	流動 化剤
			水 W	セメ ント C	シリ カ フュー ム SF	細骨 材 S	粗骨 材 G		
A	30.0	37.3	171	563	0	579	470	1.25	0.2
B			188	563	56	538	437	1.36	0.1

表-2 コンクリートの性質

配合	フレッシュコンクリート					材齢28日における物理的性質	
	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm²)	静弾性係数 (N/mm²)	単位容積質量 (t/m³)		
A	13.5	4.3	49.6	23600	1.89		
B	16.0	5.3	49.5	23000	1.80		

表-3 暴露環境条件

区分	環境条件
海上大気中	L. W. L. +5.0m 位置 強風時に波しぶきを受ける
堤防上	年平均気温：16.0℃、年間降水量：2360mm
海中	年平均海水温度：18.4℃、pH：8.29
水深11m	溶存酸素量：7.98ppm、Clイオン濃度：18.4%

表-4 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	円柱供試体を暴露終了後、付着物を除去し、JIS A 1108に準じ試験
塩化物イオン量	塩化物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	RC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

おける圧縮強度はやや減少するが、暴露10年後では、材齢28日に対して配合Aで約20％、配合Bで約10％大きい強度となった。標準養生の場合にも、材齢6年以降の圧縮強度は減少していることから、水中へのカルシウムの溶出などが圧縮強度の推移に影響していると考えられる。

（2）塩化物イオンの浸透状況……暴露10年後におけるコンクリート中の塩化物イオン量の分布を図-3に示す。表面から20mmまでの位置における塩化物イオン量は、海上大気中で3～4kg/m³、海中で20～25kg/m³であるが、深さ20～40mmにおいては、海上大気中で約1kg/m³、海中では約2.5kg/m³であった。暴露10年後の塩化物イオンの浸透量より求めたFickの拡散方程式における拡散係数は、海上大気中において 3.5×10^{-9} cm²/s程度、海中において 2×10^{-9} cm²/s程度であり、海中に比べて海上大気中の方が大きい値となった。また、シリカフェームを用いたコンクリートの拡散係数は、用いない場合に比べて、海上大気中、海中のいずれにおいても大差なかった。

（3）鉄筋腐食の進行状況……暴露10年後における鉄筋の腐食面積率を図-4に示す。海上大気中、海中のいずれにおいても、暴露6年後までは腐食は認められず、暴露10年後で初めてかぶり側の鉄筋表面に腐食が観察された。いずれの配合も、海上大気中に暴露したものは、海中に暴露したものに比べて腐食面積率は大きかった。

R C供試体の表面から20mmまでの位置における塩化物イオン量の経年変化を図-5に示す。海中においては、暴露3年後より、かぶり部分に10kg/m³以上の塩化物イオンが浸透しており、暴露初期から塩化物イオンの浸透量は、海中の方が海上大気中に比べて多い。普通骨材を用いたコンクリートでは、海中の方が海上大気中に比べて、鉄筋腐食の進行は速いとの報告¹⁾もあるが、本試験における軽量コンクリートでは、海上大気中における暴露10年後の鉄筋表面部の塩化物イオン量は、海中に比べて少なく、2.5～3.0kg/m³以下（結合材重量に対して約0.45％以下）であると考えられるが、鉄筋の腐食は進行する傾向を示した。これは、軽量骨材中の空隙に存在する酸素が、腐食の進行に影響しているためと推察される。

また、シリカフェームを添加した場合の鉄筋腐食は、添加しない場合と大差なかった。

4. まとめ

10年間の暴露試験の結果、本実験における軽量骨材を用いた高強度コンクリートの鉄筋腐食に対しては、海上大気中の方が海中より厳しい環境であると考えられる。

【参考文献】

〔1〕竹田他：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，土木学会第50回年次学術講演会概要集V-152

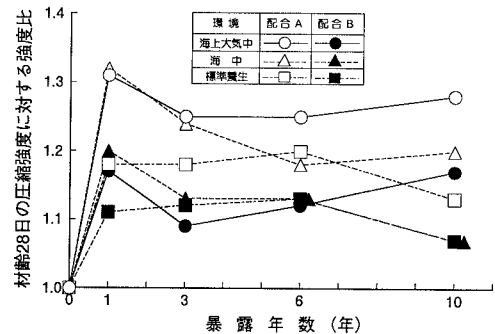


図-2 材齢28日の圧縮強度に対する強度比

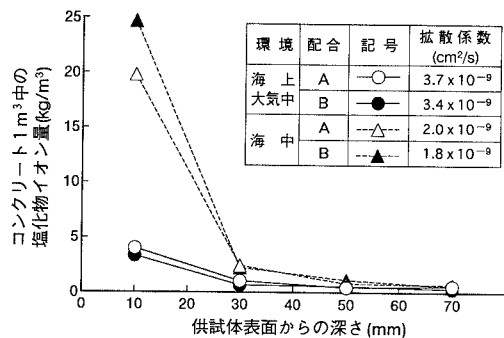


図-3 塩化物イオン量の分布（暴露10年後）

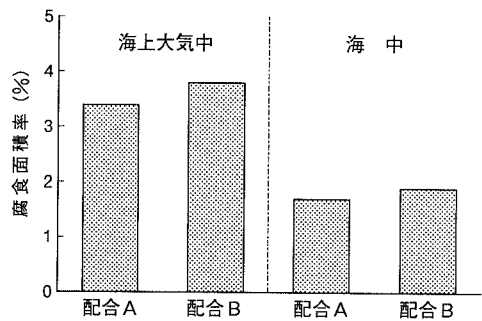


図-4 鉄筋の腐食面積率

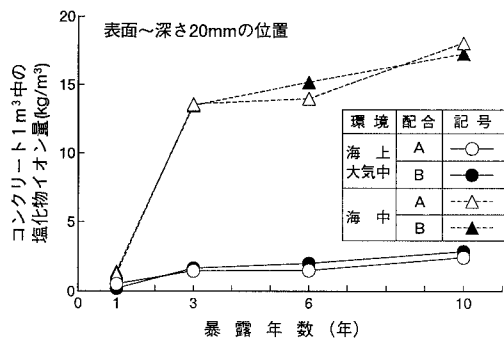


図-5 塩化物イオン浸透量の経年変化