

V-311

海洋環境下における水中不分離性コンクリートの塩分浸透と鉄筋腐食について

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

1. はじめに

水中不分離性コンクリートは、海洋環境下において多く用いられているが、鉄筋コンクリート構造物においても積極的に適用されることが考えられる。これらの構造物は、全体またはその一部が海中部あるいは飛沫帯等に位置するため、施工後、コンクリート中に、外部より塩分が浸透し蓄積される。したがって、水中不分離性コンクリート中への塩分の浸透速度、鉄筋腐食の進行を予測しておく必要がある。本報告は、種々のセメントおよび混和材を用いた水中不分離性コンクリートの海洋暴露試験を行ない塩素イオンの浸透速度、鉄筋腐食について調査を行った結果を示すものである。

2. 実験概要

供試体は、直径150mm 高さ150mm の円柱および図-1に示すRCはりとした。塩化物イオンの浸透面は1方向とし、それ以外の面はエポキシ樹脂で塗装した。表-1にコンクリートの配合と性質を示す。シリーズIは、普通ポルトランドセメントを用い、シリーズIIは混合セメントを用いた。表-2に、使用したセメントの物性を示す。水中不分離性混和剤（SCA）は、セルロースエーテル系水溶性高分子を用い、シリカフェームは、比重2.25、平均粒径0.36 μ mの国内産のものを用いた。高性能減水剤は高縮合トリアジン系、AE減水剤は、リグニンスルホン酸系のものを用いた。

供試体の暴露条件は、清水港にある防波堤において、飛沫帯、海中（水深約11m）、海上大気中の3環境とした。シリーズIは、暴露後1年、3年、6年において、シリーズIIは暴露後2年において、コンクリート中の塩化物イオンの含有量および鉄筋腐食面積率を測定した。塩化物イオンの分析は、銀電極を用いた電量滴定法により全塩分量について行った。鉄筋の腐食状況は、RCはりを解体し腐食箇所をスケッチすることにより調査した。また、同時に圧縮強度、中性化深さの測定も行った。さらに、コンクリート中の塩化物イオンの浸透がFickの拡散法則に従うとして、暴露後の塩化物イオン量より表面塩分量（ C_0 ）および塩化物イオンの拡散係数（ D_c ）を算出した。

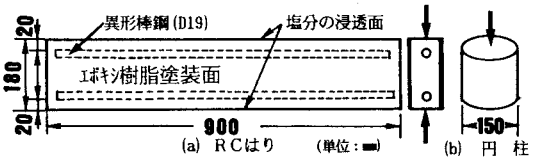


図-1 供試体の形状・寸法

表-1 コンクリートの配合および性質

シリーズ	NO	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位置 (kg/m ³)						コンクリートの性質			
					W	C	シリカフェーム	SCA	高性能減水剤	AE減水剤	スラブ (cm)	円柱 (cm)	空気量 (%)	f'c,28 (kgf/cm ²)
I	1	NP	50	48	166	333	0	0	0	0.83	12.0	*	5.1	359
	2	NP	50	40	185	370	0	2.5	0	0.93	18.0	*	4.5	389
II	1	BB	60	50	200	333	0	0	0	0	22.0	41.0	3.5	305
	2	BB	60	40	200	333	0	2.5	6.66	0.83	26.0	54.0	4.2	351
	3	BB	60	40	200	300	33	2.5	6.66	0.83	24.5	44.0	5.3	349
	4	LO	60	40	200	333	0	2.5	6.66	0.83	26.0	57.0	4.0	324

細骨材：木更津産山砂（比重 2.60, 吸水率 1.80）、粗骨材：八王子産砕石（Gmax:15mm, 比重 2.66）
 SCA：水中不分離性混和剤

表-2 セメントの物性

記号	セメントの種類	比重	比表面積 (ルーン) cm ² /g	化学成分				成分割合 (%)		
				igloss	insol	SiO ₂	CaO	C	Sg	F
NP	普通	3.15	3300	0.6	0.3	21.7	64.7	N:100	0	0
BB	B種高炉	3.04	3890	1.4	0.2	26.0	54.8	N:57	43	0
LO	C成分系	2.85	3550	1.1	15.1	22.5	43.3	M:40	40	20

N：普通セメント、M：中熱セメント、Sg：高炉スラグ、F：フライアッシュ

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートの品質

表-3に暴露後の圧縮強度と中性化深さを示す。環境条件によって強度は異なるが、いずれの配合も、コンクリート自体の劣化は観

察されなかった。海上大気中における水中不分離性コンクリートの中性化深さは、普通コンクリートに比べて若干小さい。シリカフェームおよび3成分系セメントを用いたものはCaO量が少ないために、同等もしくは若干大きくなる傾向にある。

3.2 塩分の浸透速度

図-2に海中部におけるコンクリート中への塩化物イオンの浸透量を示す。普通ポルトランドセメントを用いたシリーズIは、暴露後1年より6年まで、同一水セメント比の水中不分離性コンクリートと普通コンクリートの塩化物イオンの浸透量に大きな差はない。

混合セメントを用いたシリーズIIでは、水中不分離性コンクリートは普通コンクリートに比べて、表面部の塩化物イオンが20%程度少ない。シリカフェームを内割10%添加したものおよび3成分系セメントを用いると、表面から3cm程度までの塩化物イオン量は、普通コンクリートの50%程度となった。

表-4に塩化物イオンの浸透量より計算された表面塩分量(Co)，拡散係数(Dc)を示す。海中部および飛沫帯における水中不分離性コンクリートは、普通コンクリートに比べて、Coは10~20%小さく、Dcは25%程度大きい。また、シリカフェームを添加したものはCo, Dcともに小さくなり、3成分系セメントを用いたものはCoが小さくなった。これは、シリカフェームおよびフライアッシュの添加による内部組織の緻密化によるものと考えられ、これらの混和材を水中不分離性コンクリートに適用した場合にも塩化物イオンの浸透抑制効果が認められた。

3.3 鉄筋の腐食状況

表-5に海中部におけるRCはり中の鉄筋の腐食面積率と自然電位およびかぶり部分（表面から深さ2cm）の塩化物イオン量を示す。水中不分離性コンクリートの暴露後6年までの腐食面積率は、供試体によるばらつきがあるが、普通コンクリートと大差ないと考えられる。

4. まとめ

実験の結果、明らかになったことを以下に示す。

- ①水中不分離性コンクリートの単位水量は、普通コンクリートに比べて多いが、塩化物イオンの浸透量への影響は少ない。
- ②シリカフェームおよびフライアッシュの使用により、水中不分離性コンクリート中への塩化物イオンの浸透を抑制できる。
- ③水中不分離性コンクリート中の鉄筋の腐食は、普通コンクリートと大差ない。

表-3 圧縮強度および中性化深さ

シリーズ	NO	暴露期間	圧縮強度 (kgf/cm ²)			中性化深さ (mm)	
			海上	海中	標準養生	海上	海中
I	1	6年	459	427	477	0.2	0
	2		472	502	528	0.1	0
II	1	2年	398	458	483	3.6	0
	2		403	483	528	2.6	0
	3		479	524	541	3.3	0
	4		385	480	484	4.8	0

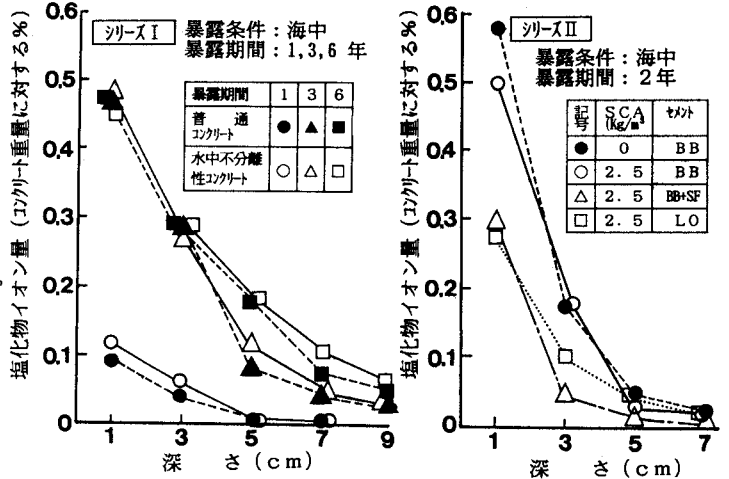


図-2 塩化物イオンの浸透量

表-4 表面塩分量および拡散係数

シリーズ	NO	暴露期間	海上		飛沫帯		海中	
			Co*	Dc**	Co*	Dc**	Co*	Dc**
I	1	6年	0.24	1.2	*	*	0.57	3.1
	2	6年	0.15	3.1	*	*	0.52	3.9
II	1	2年	*	*	0.72	2.1	0.85	2.4
	2	2年	*	*	0.60	3.0	0.63	3.0
	3	2年	*	*	0.45	1.5	0.50	1.4
	4	2年	*	*	0.36	4.0	0.36	4.0

*Co: 表面塩分量(コンクリート重量に対する塩化物イオンの百分率)
**Dc: 拡散係数 (×10⁻⁸ cm²/sec)

表-5 RCはりの試験結果（海中部）

シリーズ	NO	期間	自然電位 (-mV)	塩化物イオン量 (%)	腐食面積率 (%)
I	1	1年	505	0.051	0.2
		3年	481	0.350	3.9
		6年	628	0.460	3.4
	2	1年	610	0.075	1.0
		3年	559	0.390	5.8
		6年	545	0.460	1.0
II	1	2年	618	0.370	0
	2	2年	579	0.300	0
	3	2年	572	0.260	0
	4	2年	619	0.180	0