

耐海水コンクリートに関する研究

海水浸漬による劣化について

鳥取大学工学部 正員 西林 新蔵

鳥取大学工学部 正員・林 昭富

鶏池組 正員 松田 利宏

1. まえがき

コンクリートの耐海水性に関する研究プロジェクトの一環として、長期海水浸漬試験を実施しているが、現在までの約6年間に得られた結果について考察する。ここでは、種々の配合条件のコンクリートを長期海水浸漬試験に供した場合、セメントと海水との化学反応によっていかなる物質が生成するか、その生成物と劣化との間にどのような関係があるかを明らかにするために行なった実験について述べる。

2. 実験概要

使用したセメントの性質を表-1に、コンクリートの配合を表-2に、実験計画と試験項目を表-3に示す。

長期浸漬試験は、海水(20℃)と水道水(20℃)にそれぞれ浸漬し、その成分が変化するのを防ぐため、海水、水道水とも約3ヶ月毎に新しいものと入れかえ、コンクリートの物性の変化を測定する。コンクリート中の生成物の同定は、X-Ray回析装置を用い、対陰極Cu、電圧30kV、電流15mA、の条件下で回析図を求め、2θ-d変換表により面間隔を決定し、回析線の強度と併せて行なった。

3. 結果と考察

長期海水浸漬試験によるコンクリートの物性の経時変化を図-1に示す。長期浸漬試験中の供試体の表層部、中間部、中心部から試料を採取し、試験中に海水との反応によって生成した物質をX-Ray回析の手法で同定し、そのピーク強度と長さ変化(L.C.)、動弾性係数(E_D)との関係について検討を加えた。一例として生成物質、カルシウムクロロ・アルミネートと劣化特性値との関係を図-2に示す。

表-1 使用セメントの性質

(1) 物理的性質

セメントの種類	比重	粉末度 (cm ² /g)	線縮 始長(h-m) 終長(h-m)		安定性	圧縮強度(MN/m ²)		
			始長	終長		3日	7日	28日
普通	3.15	3230	2-55	4-05	O.K.	14.0	23.9	40.8
耐海水	292	3650	6-04	8-15	O.K.	5.7	11.8	28.8
高炉セメント	299	3900	4-14	4-58	O.K.	7.7	12.6	35.2

(2) 化学的組成

セメントの種類	igloss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total
普通	0.6	0.6	21.8	5.4	3.1	64.4	1.4	2.1	99.4
耐海水	0.2	0.3	34.6	16.8	0.8	42.9	2.9	0.5	99.0
高炉セメント	0.3	0.5	27.1	13.3	1.6	48.7	4.1	1.9	98.0

表-2 コンクリートの配合

セメントの種類	骨材最大粒径 (mm)	スラッグの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	W/C (%)	s/a (%)	Unit weight per m ³					
						W	C	S	G	A.D.	
普通	20	7.5 ± 1	5 ± 1	40	37	145	363	661	1152	0.91	Poz.No.8 IMP
			5 ± 1	60	40	151	251	745	1143	0.63	
耐海水		7.5 ± 1	5 ± 1	40	37	144	360	655	1142	0.90	
			5 ± 1	60	37	154	257	733	1126	0.64	
高炉セメント	20	7.5 ± 1	3 ± 1		34	184	461	570	1132	—	Poz. NL-4000
			3 ± 1	40	34	162	405	619	1230	1.03	
			1.5 ± 1		40	147	368	741	1145	11.04	
			1.5 ± 1		36	171	428	627	1137	4.00	

表-3 実験計画および試験項目

要因	水準	試験項目
(1) セメントの種類	普通ポルトランドセメント(N) 耐海水セメント(S) 高炉セメント(B)	長期試験中: 長さ変化 重量変化 動弾性係数
(2) 水セメント比	40% & 60% (40,60)	長期試験(2000h): X-線回析 中性化率 吸水率特性
(3) 練混ぜ水	水道水(W), 海水(S)	
(4) 長期試験開始時の湿度	30(3), 28(28), 30(30M)	
(5) 浸漬水	水道水(W), 海水(S)	

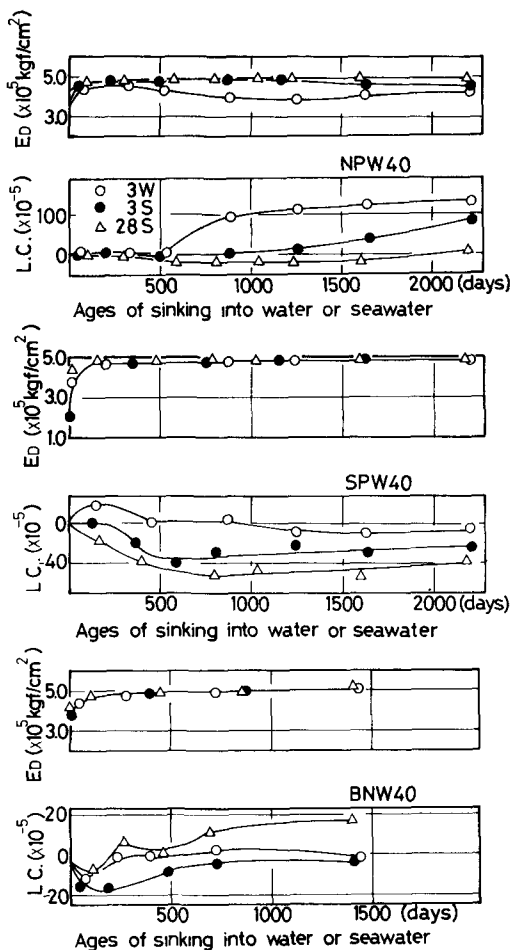


図-1 コンクリートの物性の経時変化

これらの結果から、長期浸漬試験で採用した劣化特性値の長さ変化(L.C.)、動弾性係数(E_d)の経時変化を検討すると、実験要因として選んだセメントの種類(普通、耐海水、高炉C種)及び、浸漬水(水道水、海水)を比較すると、長さ変化は普通セメント使用のもので著しく大きく、特にNPW40(普通セメントを用いた水練り、混和剤として減水剤 N0.8IMP, $W/c = 0.40$)において顕著であり、またこのシリーズの各供試体にはひびわれの発生が認められた。耐海水、高炉C種セメント使用のものはともに長さ変化が微小であり、この特性値に限っては現在までの長期試験では海水浸漬の影響が伺がわれない。浸漬水の影響はSP40(耐海水セメント使用の水練り、減水剤 N0.8IMP, $W/c = 0.40$)のシリーズにおいて海水浸漬による影響が著しく現れていた。つぎに E_d で比較すると、普通セメント使用のシリーズ全部に動弾性係数の低下が認められた。また高炉C種使用のもの E_d は他のセメントに比べてやや高いことが認められる。浸漬水においては、耐海水、高炉C種セメント使用の各シリーズでは動弾性係数はほぼ等しく浸漬水の影響はほとんど認められなかった。生成物と劣化の特性値との関係を表わした図-2より、カルシウムクロロ・アルミネートは全ての種類のコンクリートにおいて生成し、その中でも普通セメント使用のものでX-Ray 回折強度が大きい。耐海水、高炉C種セメントでは供試体内部よりも、むしろ表層部での生成が多いことが認められる。カルシウムクロロ・アルミネートと劣化特性値(L.C., E_d)の間には、現在のところ劣化が初期の段階と判断されるため、明確な相関関係を見出すまでには至っていない。

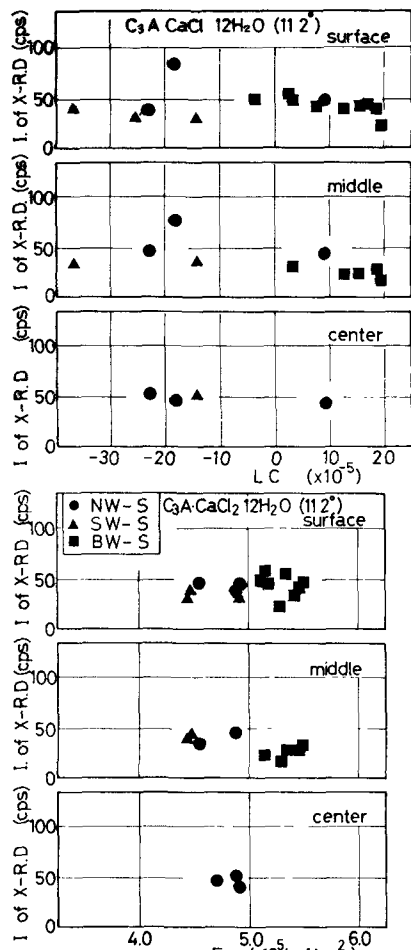


図-2 カルシウムクロ・アルミネートと劣化特性との関係