

耐海水性コンクリートに関する研究

一 促進試験による劣化と塩分濃度について

鳥取大学 ・ 林 昭富・西村新蔵・木俣 康祐

1. まえがき 本研究は、耐海水性が優れていることが認められ、かつ最近特に産業副産物の有効利用、資源の循環使用の面からも注目をあびているC種高炉セメントを用いたコンクリートについて、約24年に及ぶ劣化促進試験を行ない、最終サイクル時における供試体中の塩分濃度と相対動弾性係数との関係、ひびわれ特性や塩分濃度におよぼす影響等について検討する。

2. 実験概要 C種高炉セメントの物理的性質、化学成分を表-1、表-2に、コンクリートの配合を表-3に、実験計画を表-4にそれぞれ示す。

(i) 劣化促進試験 打設したコンクリートは恒温室(20℃, R.H.=90%)中に24時間保存した後脱離し促進試験開始材料令(3日, 28日, 90日)まで水中養生を施した後、促進試験(水道水あるいは海水中浸漬24時間と炉乾燥(80℃)24時間を1サイクルとする試験)を行なった。

(ii) 塩化物定量分析 劣化促進処理200サイクル施した同一供試体3個のうち1個を選び出して炉乾燥(105℃, 24時間)を行なった後、供試体の表層部(表面~5mm)、中心部(3~5cm)より試料を採取し、0.15mmフルイを通過するまで微粉砕した後、ホルハルトの余剰滴定法に準じて塩化物の定量分析を行なった。

3. 結果と考察 劣化促進試験結果および塩化物定量分析結果を一括して表-5に示す。

(i) 塩分含有量と耐海水性指標との関係

塩分含有量と耐海水性指数(D.F.^(*))との関係を図-1に示す。表層部においては、両者の間にはほとんど関連性が認められない。これは耐海水性指数が60%以下になれば各試料ともに表層部分の劣化が進行し、一部は崩壊を始めているためである。中心部においては、塩分含有量が増加すれば、耐海水性指数も低下する傾向が認められる。このことよりコンクリート中への塩分浸入量および浸入深さとコンクリートの劣化の程度(劣化深さ)の間に関係があると思われる。

(*) $D.F. = mR/N$

R: 促進処理mサイクルにおける相対動弾性係数(%)

m: Rが60%に達した時の促進処理サイクル数、ただし、Rが60%に達しない場合は最終サイクル数とし、これには*をつけた。

N: 所定の促進処理回数 ここではN=200とした。

表-1 セメントの物理的性質

比重	粉末度 (cm/g)	凝 結		安定性 (煮沸法)	圧縮強度(kgf/cm ²)		
		始発	終結		3日	7日	28日
2.99	3900	4-14	4-58	良	79	159	359

表-2 セメントの化学成分

ig.loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total
0.8	0.5	27.1	13.3	1.6	48.7	4.1	1.9	98.0

表-3 コンクリートの配合

コンクリート 種類	粗骨材 最大粒径 (mm)	スラブ の厚さ (cm)	水灰比 (%)	粗骨材 率 (%)	単位量 (kg/m ³)	混和剤			
						W	C	S	G (cc)
高炉セメントC種	20	75	1	40	34	1.5	184	467	570
	20	75	1	40	34	3.0	162	405	619
	20	75	1	40	36	1.5	171	428	627
	20	75	1	40	40	1.5	147	368	741

表-4 実験計画

要 因	水 準
骨材の種類	砕石、天然砂
水セメント比 (%)	40
混和剤	無添加 : N Pozz. NOB : P NL-4000 : NL, NL*
浸漬水	水道水 : W 海水 : S
乾燥水	水道水 : W 海水 : S
促進試験開始材料令	3日 : 3 28日 : 28 90日 : 3M
試験項目	促進試験中 : 動弾性係数、長さ変化、重量変化 促進試験終了後 : 中性化試験、ひびわれ特性、塩分含有量の測定

NL: NL-4000を4000 cc/m³

NL*: NL-4000を3000 cc/m³に100kg

(ii) ひびわれ特性と塩分含有量との関係 ひびわれ特性と塩分含有量との関係を図-2に示す。表層部においては、練混ぜ水として水道水、海水のいずれを使用した場合もひびわれ特性にほぼ同程度の塩分含有量を示している。これはコンクリートの劣化が表層部から生じていることに起因するものと思われる。一方中心部においては、水道水練りの場合は、ひびわれ幅が小さいため明確な傾向が認められなかったが、海水練りの場合は、ひびわれ幅が大きくなれば塩分の浸入も増加する傾向にある。特に最大ひびわれ幅と塩分含有量との間には、明確な相関が認められる。ひびわれ深さおよびひびわれ数と塩分含有量との関係も同様な傾向を示す。これより、コンクリートの劣化が進展すると、ひびわれ幅、ひびわれ深さ、ひびわれ数等が増大し、それに伴って塩分が浸入することになると思われる。またコンクリートの劣化によって生じたひびわれに塩分が浸入し、それがひびわれの進展を助長する。すなわち、コンクリート中への塩分浸入は、ひびわれ特性に大きな影響を及ぼすものと考えられ、塩分浸入とひびわれ特性とは互いに相乗作用となってコンクリートの劣化を助長するものと考えられる。

(iii) 塩分含有量と平均中性化深さとの関係 平均中性化深さは最大でも12mm程度であり、ほとんどが7mm以下であるため、塩分含有量と平均中性化深さとの関係は表層部についてのみ検討した。この関係を図-3に示す。水道水練りの場合は、塩分含有量が増加すると平均中性化深さはやや増大する傾向にあるもののさほど大きな影響は及ぼさないと考えられる。海水練りの場合は、増分の増加とともに中性化が進む傾向が認められる。このような傾向は、海水を練混ぜ水として使用することや海水中に浸漬することによって、海水中の

イオンと水和生成物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が反応し可溶性の CaCl_2 に変化し、中性化が進むためと考えられる。

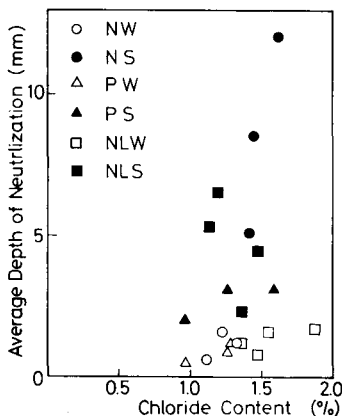


図-3 塩分含有量と平均中性化深さとの関係

表-5 試験結果

供試体の種類	塩分含有量 (%)		耐海水性指数	相対動弾性係数 E/F_{cm} ($\times 10^{-5}$)	長さ変化率 (%)	ひびわれ特性値 (mm)			平均中性化深さ (mm)
	表層部	中心部				幅	深さ	数	
NW - 3S	1.24	0.70	49	48	563	0.39	21	12	1.6
NW - 28S	1.34	1.23	37	62	239	0.11	7	2	1.2
NW - 3MS	1.13	0.72	35	57	228	0.14	13	3	0.6
NS - 3W	0.19	0.18	56	58	203	0.11	9	12	3.9
NS - 3S	1.62	1.00	24	12	1206	1.08	44	44	12.0
NS - 28S	1.45	0.67	20	19	1019	0.69	34	50	8.5
NS - 3MS	1.42	0.70	12	13	1238	0.80	42	35	5.1
PW - 3S	1.28	0.76	*62	62	13	0.10	5	3	0.9
PW - 28S	1.32	0.55	*64	64	8	-	-	-	1.2
PW - 3MS	0.97	0.86	*60	60	16	0.05	2	1	0.5
PS - 3W	0.21	0.21	*93	96	28	-	-	-	2.0
PS - 3S	1.27	0.73	56	56	493	0.16	11	10	3.1
PS - 28S	1.59	0.52	39	56	314	0.16	7	3	3.1
PS - 3MS	0.97	0.32	*60	60	5	0.01	1	2	2.0
NLW - 3S	1.56	0.23	41	77	233	0.03	4	5	1.6
NLW - 3S*	1.88	0.18	*71	71	27	0.03	2	7	1.7
NLW - 28S	1.49	0.76	38	70	197	0.09	6	3	0.8
NLW - 3MS	1.37	1.09	32	59	245	0.24	14	3	1.2
NLS - 3W	0.19	0.20	*82	82	96	0.02	2	4	3.5
NLS - 3S*	0.27	0.28	*65	65	162	0.16	16	14	3.0
NLS - 3S	1.20	0.61	41	40	501	0.43	19	33	6.5
NLS - 3S*	1.48	0.57	51	46	246	0.53	36	28	4.4
NLS - 28S	1.14	0.75	33	28	724	0.73	41	35	5.3
NLS - 3MS	1.37	1.27	22	35	638	0.78	38	18	2.3

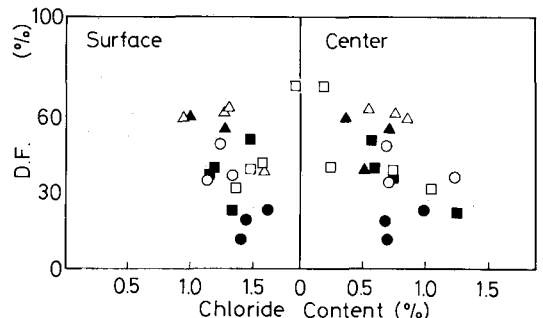


図-1 塩分含有量と耐海水性指数との関係

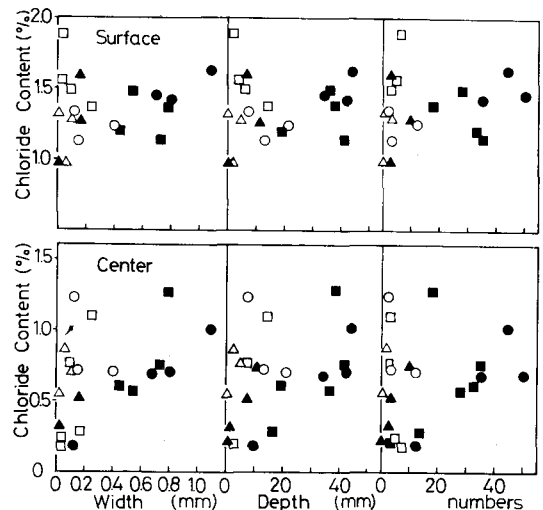


図-2 ひびわれ特性と塩分含有量との関係