

V-15

海砂を使用したコンクリートの凍結融解抵抗性

福岡大学 正員 ○大和竹史

添田政司

1. まえがき

近年、河川砂の枯渇に伴い、海砂の使用率が増加しており、特に西日本地区では70~90%にも達している。海砂の塩化物含有量と鉄筋の発錆との関係等は次第に明らかにされつつあるが、ここで見落してならないのは寒冷地で重要な凍結融解抵抗性である。海砂中の塩化物がコンクリートの凍結融解性にどのような影響を及ぼすのか検討した研究例は内外ともにほとんど見当たらない。昨年はプレーンとAEコンクリートの一種ずつについて発表した。今回はプレーンおよび空気量の異なる数種のAEコンクリートについて、海砂の塩化物含有量を0, 0.1, 0.3, 0.5%(NaCl換算)の4種に変え、水中と海水中の凍結融解試験を行なったのでその結果を報告する。

2. 実験方法

使用したセメントは普通ポルト(比重3.16)で、細骨材には海砂(比重2.59, FM=2.65, NaCl換算の塩化物含有量0.008%)を、粗骨材には角閃石砕石(M.S 20mm, 比重2.89)を使用した。コンクリートの配合、まだ固まらないコンクリートの空気量およびスランプを表-1に示す。目標空気量は2, 3, 4, 5, 6%の5通りとした。海砂の塩化物含有量は砂の乾乾重量に対しNaCl換算で0, 0.1, 0.3, 0.5%の4通りに調整した。この調整は練り混ぜ水の一部を海水(比重1.02)で置換して行なった。

凍結融解試験はASTM:C666-75に準じて行なった。材令28日まで20℃の水中において養生した10×10×40cmの角柱供試体により試験を行なった。測定事項は重量、タワミ振動による一次共振振動数および長さ変化である。海水に接するコンクリート構造物を想定して海水中凍結融解試験も実施した。条件は水中試験と同様である。

硬化コンクリートの空気混分布をASTM:C457-71に準じ、リニヤトラバース法にて測定した。用いた顕微鏡は工具顕微鏡(オリンパス光学STM-DM)で倍率は150倍とした。

3. 実験結果および考察

図-1から図-3に水中凍結融解試験結果の一部を、図-4に海水中凍結融解試験結果の一部を示す。表-2は顕微鏡観察によるパラメータおよび耐久性指数を示す。まず、顕微鏡観察により硬化コンクリートの空気量は必ずしも目標空気量に近い値とはなっていないが、全体的に見てまだ固まらないコンクリートの空気量より多目の値が得られた。ちなみにO'Neillは重量法で求めたまだ固まらないコンクリートの空気量が減少する原因を小気泡から大気泡への空気の拡散がセメントペーストの凝結前に生じることに関係しているとしている。表-2より

表-1 コンクリートの示方配合および諸性状

シリーズ	配 合	細骨材に対する塩分含有量(NaCl換算)(%)	水セメント比(W/C)(%)と細骨材率(s/a)(%)	単 位 量						スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (材令28日) (Kg/cm ²)	
				セメント (Kg)	水 (Kg)	海水 (Kg)	細骨材 (Kg)	粗骨材 (Kg)	減水剤 No. 5L (cc)				AE剤 303A (cc)
I	00-2	0.0	W/C =55.0 s/a =45.0	350	192	0	790	1076	875	0	10.0	2.1	333
	00-3			340	188	0	786	1074	850	620	11.0	3.5	301
	00-4			330	182	0	785	1071	825	1240	9.5	4.3	332
	00-5			320	177	0	783	1069	800	1860	11.0	5.5	233
	00-6			310	171	0	783	1067	775	2480	11.0	6.5	246
IV	05-2	0.5	W/C =55.0 s/a =45.0	364	68	132	774	1056	910	0	10.5	2.5	336
	05-3			356	66	131	768	1051	890	600	9.5	3.1	303
	05-4			350	62	130	763	1044	875	1467	11.5	4.2	307
	05-5			334	51	131	768	1050	835	2600	11.0	5.5	286
	05-6			326	47	130	764	1045	815	3200	11.0	6.3	260

明らかなように、海砂中の塩化物含有量が増加すると耐久性指数が低下する傾向が昨年度と同様に再確認された。今回は空気量を与え通うとしたため、それぞれ水の塩化物含有量の場合、耐久性を確保するためにはどの程度の空気量を連行すれば良いかが判断できる。

海水中凍結融解試験におけるコンクリート供試体の劣化は水中の場合に比較して明らかに酷いことが認められた。海砂の含む塩化物含有量が大きい場合、キャピラリー間隙中の水が含む塩化物が増加し、この間隙水の凍結過程でさらにその濃度が増加する。そのためキャピラリー間隙から押し出されようとする塩化物濃度の濃い水とゲル間隙水との間に濃度差が生じる。このため浸透圧がゲル間隙からキャピラリー間隙の方向に働く。したがって、キャピラリー間隙水の未凍結水がゲル間隙の方へ移動し、凍結による膨張圧が緩和されようとするのをこの浸透圧が妨げることになるのである。海水中ではキャピラリー間隙に海水がはいり込むため上記の浸透圧がさらに大きくなり劣化が大になるものと考えられる。

図1～3より空気量および塩化物含有量と凍結融解抵抗性の関係が明らかである。空気量2%ではすべてのコンクリートが300サイクル以前に動弾性係数百分率が60%を下回っている。空気量4%になると塩化物含有量0.3、0.5%が60%を下回っている。空気量6%になると塩化物含有量が0.5%であっても凍結融解抵抗性は良好である。したがって、塩化物含有量が多くても空気量を多目に連行してやれば凍結融解抵抗性が改善されることが明らかとなった。しかしながら、空気量6%というのは

は強度低下等を考慮すると上限である。空気量4%および5%の場合、塩化物含有量0.1%から0.3%になると急に凍結融解抵抗性が低下していることに注意しなければならない。

海砂の塩化物含有量が0.1%と制限されているのは、凍結融解抵抗に関して妥当な値と考えられる。

表-2 空気分布性状と耐久性指数

配合	リフトの空気量 (%)	顕微鏡による平均気泡の長さ (μm)	硬化コンクリートの空気量 (%)	比表面積 (cm ² /cm ³)	間隙係数 (μm)	耐久性指数 D.F. (%)	
						淡水	海水
00-2	2.1	199	2.8	202	320	35	26
00-3	3.5	219	4.6	185	286	84	69
00-4	4.3	204	4.8	250	202	84	67
00-5	5.5	208	7.0	193	208	86	75
00-6	6.5	193	7.0	208	186	89	
01-2	2.4	213	2.3	150	382	39	29
01-3	3.4	184	3.9	221	254	87	75
01-4	4.4	153	3.5	262	222	86	72
01-5	5.0	207	6.4	202	224	87	75
01-6	6.5	173	6.4	257	182	87	
03-2	2.5	207	3.1	182	350	16	16
03-3	3.4	268	3.4	150	406	21	25
03-4	4.2	262	5.0	192	264	42	54
03-5	5.1	190	4.5	186	280	32	45
03-6	6.4	188	6.2	215	199	84	78
05-2	2.5	267	3.1	158	431	10	7
05-3	3.1	210	3.2	181	351	13	16
05-4	4.2	151	3.8	266	218	48	55
05-5	5.5	182	4.7	221	231	50	65
05-6	6.3	168	7.5	239	159	83	72

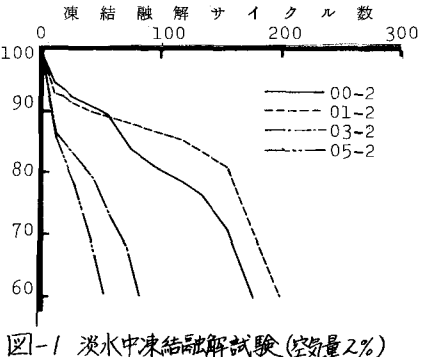


図-1 淡水中凍結融解試験(空気量2%)

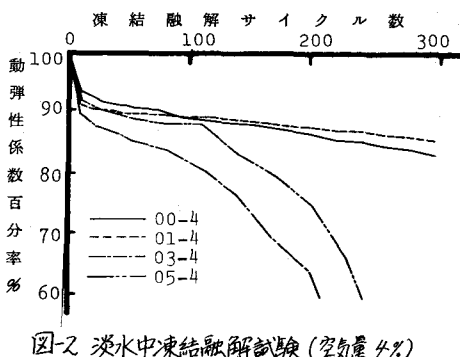


図-2 淡水中凍結融解試験(空気量4%)

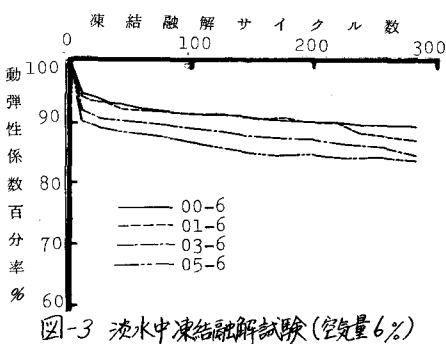


図-3 淡水中凍結融解試験(空気量6%)

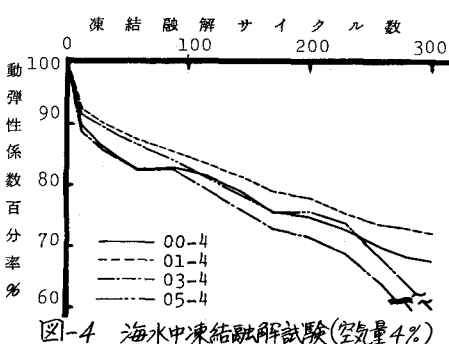


図-4 海水中凍結融解試験(空気量4%)