

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
 “ “ 森岡隆則
 大野コンクリート(株)正員 高瀬義晴
 “ “ 牧瀬 猛

1. まえがき

海砂の塩分含有量と鋼材の発錆の関係については各方面で戶外暴露試験が実施され、貴重な資料が得られてある。渡辺明教授を代表とする「RCおよびPC構造物における海砂使用上の問題と解明」に関する総合研究(昭和53~55年, 文部省科研費総合研究A)の3ヶ年試験の結果が今回発表されている。寒冷地では凍結融解作用に対する耐久性が重要であるので、塩分量が相違するコンクリートの凍結融解試験を実施したところ、塩分量が多くなると耐久性が劣る傾向が明らかに認められた。しかし空気量をさうに多く進行してやると耐久性は改善されたので、これらの結果を報告する。

2. 実験方法

使用材料は普通ポルトランドセメント(比重3.16), 海砂(比重2.59), 角内岩砕石(最大寸法20mm, 比重2.96)および減水剤(ポゾリスNO.5L)である。コンクリートは土木用で海砂の塩分量は(0, 0.1, 0.3, 0.5%海砂総乾重量に対するNaCl換算塩分量)の4通りに調整した。コンクリートの配合と測定値を表-1に示す。

凍結融解試験用供試体は $75 \times 10 \times 40$ mmの角柱である。材令28日までに20℃の水の中に養生した後、凍結融解試験を開始した。凍結融解試験はASTM C666-75に準じて行なったが、供試体中心温度はD₁で-14.5~+3.5℃, D₂で-10~+5℃である。測定項目は供試体の重量, たわみ振動による一次共振振動数及び長さ変化である。長さ変化はコンタクトゲージにて毎回, 供試体の温度を5℃に保って測定した。

塩分量の凍結融解作用に対する耐久性に及ぼす影響を検討するのであるから, できる限り硬化コンクリート中の空気量分布を一定にする必要がある。そのため, 硬化コンクリートの空気量分布をASTM-C457-71「硬化コンクリート中の空気量及び空気量分布に関するパラメータの顕微鏡による決定法」に準じたりニヤトラバース法にて測定した。ほぼ同程度の空気量分布を有する供試体について実験をする様に心がけた。

3. 実験結果および考察

凍結融解試験結果を図-1に, 硬化コンクリートの空気量分布の測定結果及び耐久性指数を表-2に示す。土木用(D₁)の結果より, 塩分量が多くなるに伴い耐久性指数が小さくなることが認められる。硬化コンクリートの空気量は塩分量0.1~0.5にあっては3.3~3.5%でほぼ同じであるが, 塩分量0の場合は4.0%とやや多くなっている。

表-1 コンクリートの配合および諸性状

コンクリートの種類 名称	水セメント比 塩分率(%)	目標スラング 細骨材率(%)	単 位 量 (kg/m ³)						スラング (cm)	空気量 (%)	コンクリートの温度 (°C)	材 令 28 日	
			セメント C	水 W	海水 SW	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 NO.5L				圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 ($\times 10^5$ kg/cm ²)
土木用 (D ₁)	0	W/C	313	174	0	801	1114	0.783	5.5	4.1	10.7	361	2.49
	0.1	55.6	313	148	27	801	1114	0.783	10.5	4.7	10.6	306	2.59
	0.3	S/A	313	96	80	801	1114	0.783	6.5	5.5	10.3	326	2.86
	0.5	45.0	313	44	134	801	1114	0.783	7.0	4.2	10.3	318	2.63
			313	174	0	734	1137	0.313	10.5	4.9	27.0	255	2.10
土木用 (D ₂)	0	W/C	313	174	0	734	1137	0.313	10.5	4.9	27.0	255	2.10
	0.1	55.6	313	152	22	734	1137	0.313	7.0	4.9	22.0	276	2.14
	0.3	S/A	313	104	70	734	1137	0.313	6.4	5.1	25.5	268	2.20
	0.5	43.0	313	64	110	734	1137	0.313	7.1	5.3	22.0	281	2.29
			313	174	0	734	1137	0.313	10.5	4.9	27.0	255	2.10

一般に空気量が2~4%の範囲は耐久性が急上昇する遷移領域であることから、塩分が0の場合と塩分を含む場合の比較にやや無理があるので、硬化コンクリートの空気量が $5 \pm 0.5\%$ の範囲にはいるように調整したのが土木用D₂である。硬化コンクリートの空気量が4%未満のD₁では塩分量が0.1から0.5%と増えるに伴い、耐久性が低下しているが、空気量が5%程度であるD₂では塩分量が0.3%まで増加しても耐久性は良好である結果が得られた。0.5%の塩分量の場合は空気量が3.9%とやや小さいのでDFでも小さくなったもので空気量が5%程度になればDFも上昇すると考えられる。塩分量が多くなると、凍結融解抵抗性が減少する原因として以下のことが考えられる。

キャピラリー間隙中の水が塩分を含むと間隙水の凍結過程でその濃度は増加し、キャピラリー間隙から押し出されようとする水とゲル間隙水との間に濃度差が生じる。このため生じる浸透圧の方向はゲル間隙からキャピラリー間隙の方向で水の流れる方向とは逆である。したがって、キャピラリー間隙水の一部凍結により未凍結水がゲル間隙の方向へ移動するのをこの浸透圧が妨げることになる。塩分量が多くなると当然、この浸透圧が大きくなりゲル組織を破壊するものと考えられる。

土木学会コンクリート標準示方書における塩化物許容限度は一般に0.1%であるが、この許容限度であっても土木用D₁では耐久性不良となった。さらに空気泡を連行したD₂では耐久性が改良された。したがって、寒冷地では塩分を含む細骨材を使用する場合、幾分(本実験では硬化コンクリートで5%程度の空気量)多めに空気量を連行して、気泡の間

隔係数は250μ程度にすれば十分であるものと思われる。しかしながら、海洋コンクリート構造物で厳しい気象作用下の場合は外部からの塩分浸入が激しくさらに劣化が激しくなるものと思われるので別途検討する必要がある。このような場合には外部からの塩分の浸入を可能なかぎり防ぐ手段を講じなければ、海砂の塩化物の許容値を決めても意味がない。

4. まとめ

本実験の結果より、海砂に塩分が含まれると凍結融解抵抗性が低下する傾向が認められるが硬化コンクリートの空気量を5%程度まで連行してやれば耐久性は改善されることが明らかとなった。

表-2 空気泡分布測定結果

コンクリートの種類		空気量 (%)		気泡分布		耐久性指数
名称	塩分量 (%)	未硬化コンクリート	硬化コンクリート	比表面積 α (cm ² /cm ³)	間隔係数 $\bar{L}$ (μ)	D.F (%)
土木用 (D ₁)	0	4.1	4.0	116	460	73
	0.1	4.7	3.5	155	370	50
	0.3	5.5	3.4	155	360	25
	0.5	4.2	3.3	122	478	15
土木用 (D ₂)	0	4.9	4.8	189	261	81
	0.1	4.9	4.8	170	269	80
	0.3	5.1	4.6	168	296	81
	0.5	5.3	3.9	182	299	41

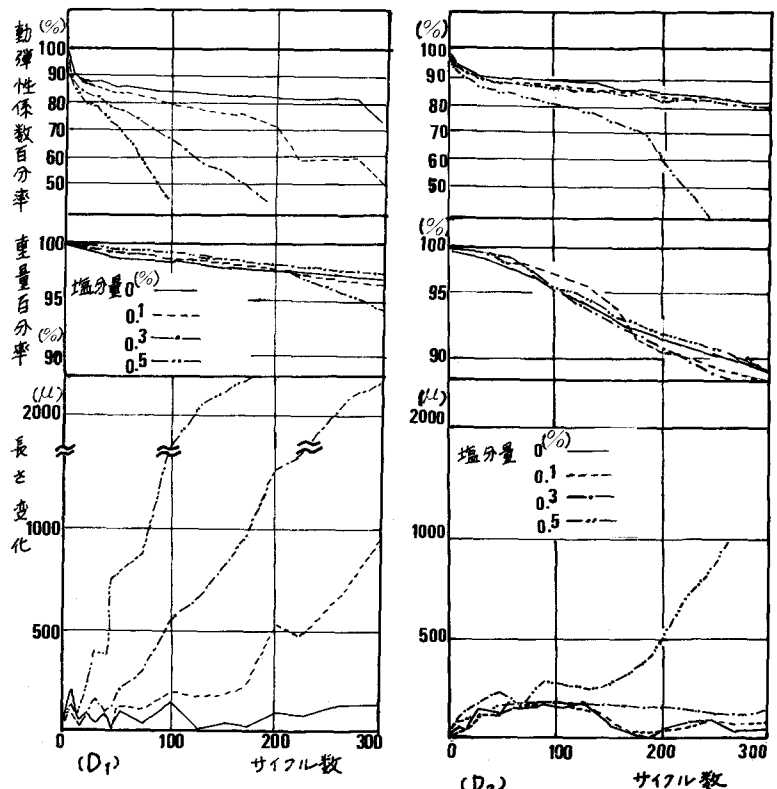


図-1 凍結融解試験結果