

北見工業大学 正会員 鮎 田 耕 一
北見工業大学 正会員 林 正 道
北見工業大学 正会員 猪 狩 平三郎

1. 概 要

凍結融解作用を受ける海洋コンクリート構造物の、耐久性確保のために必要な水セメント比、空気量について検討した。また、防食指針(案)¹⁾では高炉セメントの使用が推奨されているので、スラグ量と凍結融解抵抗性の関係についても検討した。このうち、空気量の測定にあたっては、硬化コンクリートの気泡組織をパーソナルコンピュータを利用した画像処理によって求める方法²⁾を試みた。

2. 実験方法

凍結融解試験は海水中における急速試験(1サイクル4時間、凍結温度 -18°C 、融解温度 $+5^{\circ}\text{C}$)である。供試体($10\times10\times40\text{cm}$)は打込み後24時間で型枠を取り外し、凍結融解試験開始材令(28日)まで 20°C の海水中で養生した。凍結融解作用による劣化の程度は、相対動弾性係数、長さ増加比、質量減少率から判定した。

実験は水セメント比の影響(実験Ⅰ)と空気量、スラグ量の影響(実験Ⅱ)に分けて行った。実験Ⅰでは普通ポルトランドセメント(比重3.18, 比表面積 $3260\text{cm}^2/\text{g}$)、川砂(比重2.64, 吸水率2.25%)、川砂利(最大寸法 30mm , 比重2.67, 吸水率1.38%)を用いた。実験Ⅱでは実験Ⅰの普通ポルトランドセメントに高炉スラグ(比重2.93, 比表面積 $4050\text{cm}^2/\text{g}$, 塩基度1.76)とせつこうを混合して使用し、川砂(比重2.64, 吸水率2.10%)、川砂利(最大寸法 25mm , 比重2.68, 吸水率1.48%)を用いた。練り混ぜ水はいずれも水道水である。コンクリートの配合、練りあがり性状等を表-1に示した。

硬化コンクリートの気泡組織を画像処理によって求めるために、供試体を打込み面に垂直に切断し、 10cm 角の試料を作製した。測定面を水性の黒色スタンプ液で着色後、約 60°C に温め白色の ZnO ペースト(ZnO とワセリンを等量混合)を塗布した。冷却後気泡部分以外の ZnO ペーストをとり除いて試料とした。 160×160 ドットの分解機能をもつ画像処理システムにより、 $3\times3\text{mm}$ の範囲の画像を処理させ、一配合条件につき300画像を測定した。得られた空気量、気泡の平均径から気泡の間隔係数、比表面積を求めた。

3. 実験結果

図-1に実験Ⅰの凍結融解試験開始時の圧縮強度($\phi 10\times20\text{cm}$ 供試体、海水養生)と凍結融解300サイクル

表-1 コンクリートの性状

	配 合						練りあがり性状			硬化コンクリート			
	W/C	目 標	セメント中	単位セメン	単 位	s/a	スランプ	空気量	温 度	σ_{28}	気 泡 組 織		
	(%)	空気量 (%)	のスラグ量 (%)	ト量(含ス ラグ)(Kg)	水 量 (Kg)	(%)	(cm)	(%)	($^{\circ}\text{C}$)	(kgf/cm^2)	空気量 (%)	気泡間隔 (μm)	比表面積 (cm^2/cm^3)
実 験 Ⅰ	43	4.5	—	333	143	30.0	7.0	4.5	22	316	—	—	—
	48	4.5	—	291	140	31.5	7.0	4.1	22	305	—	—	—
	53	4.5	—	260	138	33.0	8.0	4.4	22	317	—	—	—
	58	4.5	—	237	137	34.5	7.0	4.2	22	281	—	—	—
	63	4.5	—	216	136	36.0	7.5	4.5	19	226	—	—	—
実 験 Ⅱ	40.8	4.0	0	375	153	32.0	8.0	3.9	18	439	—	—	—
	39.7	4.0	15	375	149	32.0	8.5	3.8	20	459	2.9	201	305
	38.7	4.0	40	375	145	32.0	9.0	3.9	20	409	3.8	201	268
	37.9	4.0	65	375	142	32.0	8.0	4.3	19	370	4.1	175	300
	38.4	6.0	0	375	144	30.0	7.0	5.6	19	428	—	—	—
Ⅱ	38.1	6.0	15	375	143	30.0	7.5	5.4	19	462	6.0	165	265
	37.3	6.0	40	375	140	30.0	7.0	6.0	20	410	5.6	174	257
	37.6	6.0	65	375	141	30.0	7.5	6.7	18	372	5.8	160	277

終了時の劣化程度を示した。図には別に行った淡水中で養生、凍結融解試験を行った結果³⁾も比較のために示してある。海水中で凍結融解作用を受けた場合、 W/C が大きいほど質量減少すなわちスケーリングが著しくなり、それと共に相対動弾性係数も低下している。この結果から、常時海水で飽水され、かつ凍結融解作用を受ける場合、スケーリングを抑制するためには、 W/C を少なくとも50%以下にすることが望ましいといえよう。

図-2に実験Ⅱの結果を示した。空気が4%と6%の場合を比較すると、凍結融解開始時の強度はほぼ同じであるが、耐久性は6%の方が優れている。また、スラグ量が多くなるほど材令28日の強度は低くなるが、逆にスケーリングは抑制される傾向にある。コンクリートの内部の劣化性状を示す長さ増加比の結果によれば、スラグを混合した場合には、混合しない場合に比べて膨張量が少ない傾向にあり、スラグの海水に対する特性が発揮されていると思われる。

図-3は硬化コンクリートの気泡組織を画像処理した場合の一例である。この図では実画像を反転して気泡部分を黒色で示してある。表-1の硬化コンクリートの空気量、気泡間隔はこの方法によって求めた値である。予備実験として別に行ったASTM法による結果ともよい相関を示しており、ASTM法に比べると実験誤差、測定に要する時間などの面で長所があると思われるので、実用化に向けてさらに資料を蓄積する予定である。

参考文献

- 1) 海洋コンクリート構造物の防食指針(案), 日本コンクリート工学協会, 昭和57年5月
- 2) S.Chatterji, H.Gudmundsson: Characterization of Entrained Air Bubble Systems in Concretes by Means of an Image Analysing Microscope, Cement and Concrete Research, vol.7 (魚本, 武若抄訳, コンクリート工学 vol.18, No.10, '80.10)
- 3) 鮎田耕一, 林正道: 海水の作用を受けるコンクリートの凍結融解に対する耐久性, セメント技術年報 35, 昭和56年.

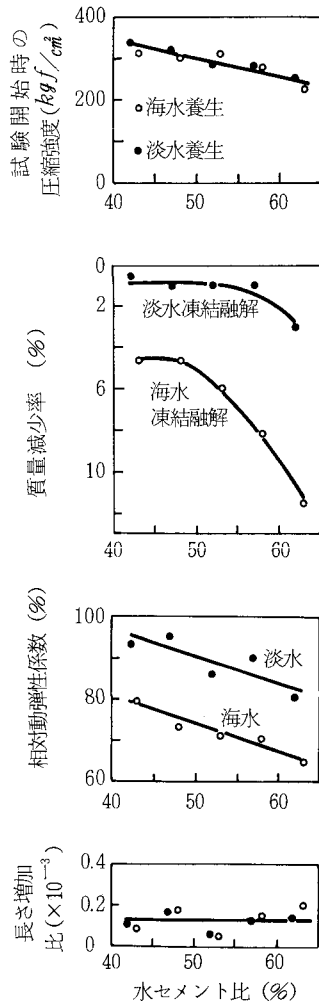


図-1 凍結融解試験結果 (実験Ⅰ)

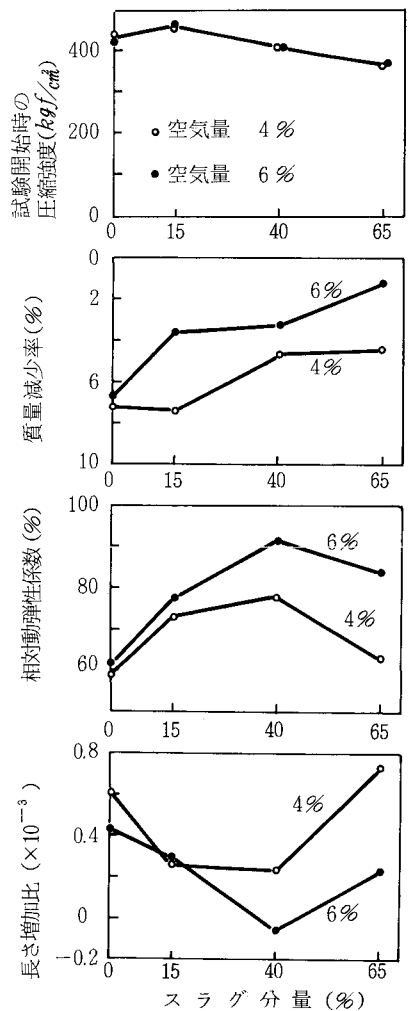


図-2 凍結融解試験結果 (実験Ⅱ)

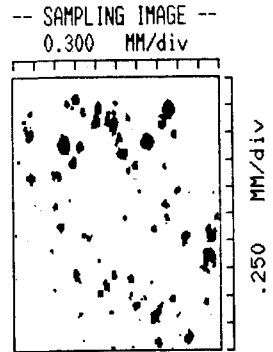


図-3 気泡組織の画像処理例