

V-16

オホーツク海に暴露したコンクリートの性状

島田建設(株) 正 木村伸之、 正 安藤輝夫
 北見工大 正 鮎田耕一、 正 桜井 宏
 同 上 正 猪狩平三郎

1. はじめに

寒冷地の海岸・港湾コンクリート構造物には、スケーリングが発生しやすい¹⁾。筆者らは促進試験の結果から、常用より空気量を多めにしたコンクリートがスケーリング防止に適していること²⁾などを明らかにしてきた。しかしながら、実気象・海象条件の下での評価はいまだ十分になされていない。

そこで、本論文では促進試験で得られた結果を検証し、耐凍害性に優れたコンクリートの配合、養生条件等を確立することを目的として、5年前からオホーツク海で行っている暴露実験の結果について述べる。

2. 暴露実験の概要

2.1 暴露実験場

海岸・港湾コンクリート構造物にとって最も苛酷な環境は干満帯や飛沫帯である。海水の作用を受けるとともに、常時海水中にないために凍結作用も受けるためである。そこで、本研究ではオホーツク海沿岸の鱒浦漁港の干満帯にあるトラフ内に小型コンクリート供試体を暴露した。以下、この暴露場での実験を「海洋暴露」と称する。なお、比較のために北見工業大学土木工学科実験棟屋上にも一部の供試体を暴露している。暴露方法は、屋上スラブ上に直接静置する方法をとり除雪は行わなかった。以下、大学屋上での暴露を「内陸暴露」と称する。

暴露供試体の温度は、海洋、内陸ともに熱電対を用いて継続して測定した。海洋暴露供試体の温度は、1989年から測定している。−2℃を基準にコンクリートの凍結融解回数を数えると、1989年12月から1990年4月までに31回、1990年12月から1991年3月までに66回記録されている。

2.2 実験の概要

(1) 実験シリーズ

実験は第Ⅰシリーズから第Ⅳシリーズまでであり、第Ⅰシリーズは1986年から、第Ⅱシリーズ以降は1987年から暴露を開始している。

実験要因は、海洋暴露と内陸暴露の比較(第Ⅱ～Ⅳシリーズ)、空気量の影響(全シリーズ)、養生日数の影響(第Ⅲ、Ⅳシリーズ)及び富配合の効果(第Ⅳシリーズ)である。このうち、本文では第Ⅰ、Ⅲ、Ⅳシリーズの結果の一部について述べる。

(2) 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は川砂(比重2.61, 吸水率2.40%)、川砂利(比重2.66, 吸水率1.63%)を用いた。

(3) 配合、練り上がり性状及び養生

使用したコンクリートの配合、練り上がり性状、及びφ10×20cm円柱供試体の材令28日における圧縮強度(f'_{28})、動弾性係数(E_D)、質量(W)を表-1に示した。

供試体は打ち込み後24時間湿空養生(室温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $90 \pm 5\%$)を行い、脱型し所定材令(5日ある

Properties of Concrete Exposed to the Sea of Okhotsk, by Nobuyuki KIMURA, Teruo ANDOH,
 Koichi AYUTA, Hiroshi SAKURAI and Heizaburoh IGARI

いは28日)まで水中養生(水温 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$)を行った。暴露開始材令は28日である。養生材令5日の供試体は暴露開始まで実験室内に気乾状態で保存した。

(4) 供試体と測定方法

供試体は角柱($10\times 10\times 40\text{cm}$)と円柱($\phi 10\times 20\text{cm}$)である。

暴露供試体の試験は暴露開始時の材令28日及び暴露してから一定期間毎に行った。測定項目は、動弾性係数及び質量である。試験は飽水状態の供試体で行った。このため材令28日の試験では、28日間標準養生の供試体は水槽から取りだした直後に、5日間標準養生の供試体は試験前4時間水槽に入れてから測定した。暴露後の試験は、海洋暴露供試体は海水槽に、内陸暴露供試体は淡水槽にそれぞれ4時間以上入れた後に行った。

表-1 コンクリートの配合、練り上がり性状及び硬化コンクリートの性状

第 I シリーズ	配 合			練り上がり性状			硬化コンクリート1		
	W/C (%)	s/a (%)	単位C量 (kg/m^3)	スランプ (cm)	空気 (%)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	f'_{28} (kgf/cm^2)	E_D (tf/cm^2)	W (kg)
Non	51.2	35.3	303	7.0	1.7	18.0	350	394	3.819
4%	53.3	33.3	259	7.0	3.7	18.5	308	365	3.755
6%	51.7	33.3	259	7.0	5.5	18.5	331	356	3.673
8%	50.6	33.3	259	7.0	8.0	18.0	243	338	3.647

第 III シリーズ	配 合			練り上がり性状			硬化コンクリート1			硬化コンクリート2		
	W/C (%)	s/a (%)	単位C量 (kg/m^3)	スランプ (cm)	空気 (%)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	f'_{28} (kgf/cm^2)	E_D (tf/cm^2)	W (kg)	f'_{28} (kgf/cm^2)	E_D (tf/cm^2)	W (kg)
Non	52.6	33	304	8.0	1.6	18.5	342	364	3.783	299	334	3.768
4%	54.2	33	260	7.0	3.7	19.0	299	346	3.741	276	322	3.702
6%	52.3	33	260	8.0	6.4	18.0	253	320	3.665	240	301	3.617
8%	50.4	33	260	7.5	8.0	19.0	246	316	3.607	235	299	3.586

第 IV シリーズ	配 合			練り上がり性状			硬化コンクリート1			硬化コンクリート2		
	W/C (%)	s/a (%)	単位C量 (kg/m^3)	スランプ (cm)	空気 (%)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	f'_{28} (kgf/cm^2)	E_D (tf/cm^2)	W (kg)	f'_{28} (kgf/cm^2)	E_D (tf/cm^2)	W (kg)
Non	44.0	33	384	8.5	1.4	19.0	472	398	3.820	383	371	3.788
4%	45.5	33	330	8.5	4.3	19.0	389	370	3.727	358	343	3.706
6%	44.2	33	330	8.5	5.9	18.5	350	350	3.683	330	334	3.648
8%	42.7	33	330	8.5	7.8	19.0	302	302	3.613	266	303	3.595

※注 硬化コンクリート1: 28日間標準養生
 硬化コンクリート2: 5日間標準養生

3. 実験結果及び考察

3.1 海洋と内陸の比較

図-1に海洋暴露と内陸暴露それぞれ4年間の動弾性係数の変化を示した。海洋暴露の動弾性係数は内陸暴露より大きくなっており、材令1年まで増加が認められる。海水の作用によりセメントの水和が進み強度が増加したのであろう。

図-2に同じく質量の変化を示した。海洋暴露供試体の方が質量が少なくなっている。

以上の結果から、海洋環境下にあるコンクリートは内陸のコンクリートに比べて動弾性係数すなわち強度が増加するものの、年数の経過とともにスケーリングの発生が多くなることが確認された。

3.2 空気量の影響

図-3に海洋暴露5年後の動弾性係数に及ぼす空気量の影響を示した。5年間でNon AEコンクリートでは2.8%、空気量4%と6%のコンクリートでは1.3~1.8%動弾性係数が低下しているが、空気量8%のコンクリートでは逆に1.4%増加している。

図-4に同じく質量に及ぼす空気量の影響を示した。空気量6%までのコンクリートでは3%以上質量が減少し、スケーリングが進行していることを示しているが、空気量8%のコンクリートの質量減少率は1%程度である。

以上の結果から、空気量8%のコンクリートは海洋環境下において良好な耐凍害性を示すことが明らかであり、促進実験の結果²⁾が実証された。

3.3 養生日数の影響

図-5に標準養生期間が5日と28日の場合の海洋暴露4年間の動弾性係数の変化を示した。5日間養生の方が28日間養生より動弾性係数の伸びが大きい。

図-6に同じく質量変化率の結果を示した。28日間養生の場合、年数の経過とともに質量が減少する傾向にあるが、5日間養生の場合、年数の経過に伴う質量の減少は認められずスケーリングが発生していないことを示している。

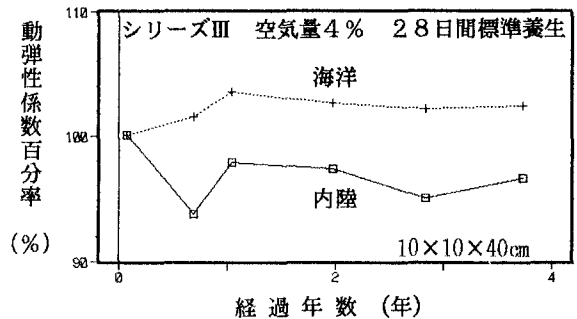


図-1 海洋と内陸の比較 (動弾性係数)

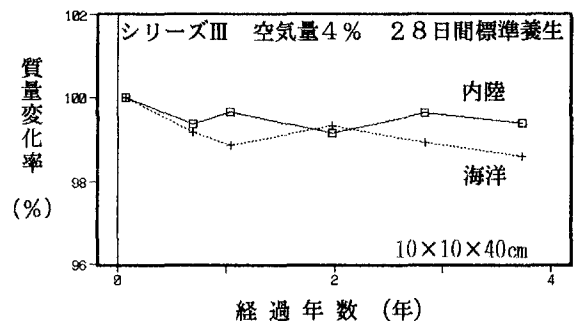


図-2 海洋と内陸の比較 (質量)

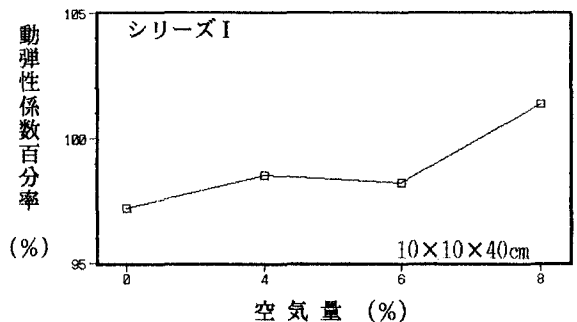


図-3 空気量の影響 (動弾性係数)

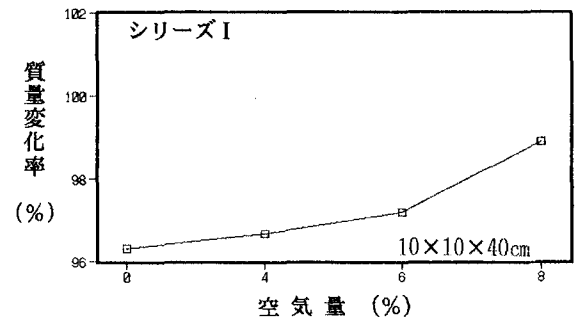


図-4 空気量の影響 (質量)

以上の結果から、初期養生後の乾燥が耐凍害性にとって好ましいこと³⁾が暴露実験によっても確認された。

3.4 富配合の効果

図-7に単位セメント量が260kgと330kgの場合の海洋暴露4年間の動弾性係数の比較を示した。単位セメント量330kgの方が260kgの場合より動弾性係数の値が大きくなる傾向にある。

図-8に同じく質量変化率の結果を示した。単位セメント量が330kgの場合、暴露から4年経過しても質量はほとんど減少しておらず、スケーリングが発生していないことを示している。

以上の結果から、特に耐久性が要求される海洋構造物の場合、富配合とすることがスケーリング防止に効果があることが明らかになった。

4. まとめ

オホーツク海沿岸の鱒浦漁港（海洋）と北見工業大学屋上（内陸）に4～5年間暴露したコンクリートの性状から以下のことが明らかになった。

- ① 海洋暴露コンクリートは内陸暴露コンクリートに比べて動弾性係数は大きい、スケーリングが発生しやすい。
- ② 空気量8%のコンクリートは海洋環境下であつてもスケーリングの発生が抑制される。
- ③ 初期養生後一定期間乾燥してから海水に接するとスケーリングの発生が少ない。
- ④ 富配合にするとスケーリングの発生が抑制される。

参考文献

- 1) 佐伯、鮎田、前川：北海道における海岸および港湾コンクリート構造物の凍害による表面剥離損傷、土木学会論文報告集、第327号、昭和57年11月
- 2) 鮎田、林：海水の作用を受けるコンクリートの耐凍害性確保のための適正空気量、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、1986.6
- 3) 鮎田、林：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、1981.12

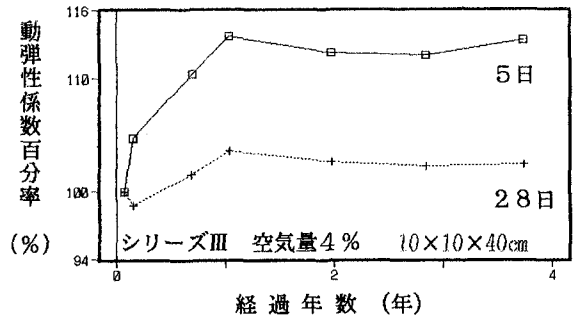


図-5 養生日の影響（動弾性係数）

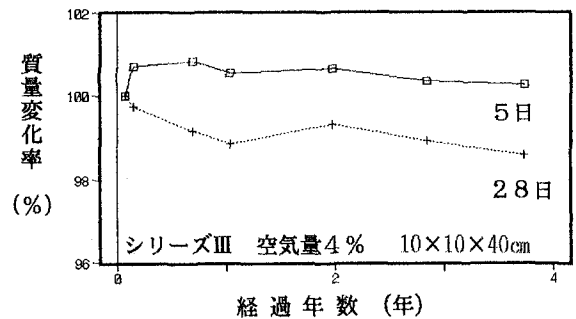


図-6 養生日の影響（質量）

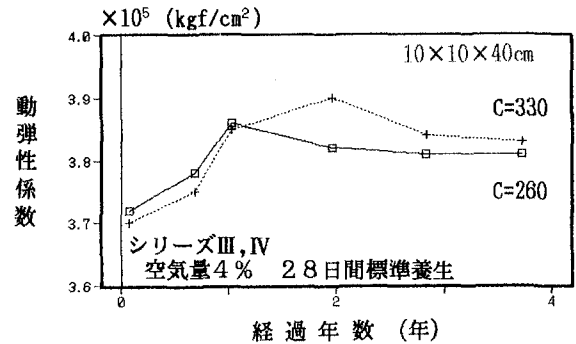


図-7 富配合の効果（動弾性係数）

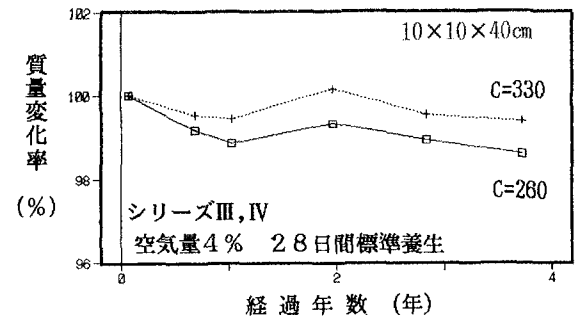


図-8 富配合の効果（質量）