

V—8 海洋コンクリートの凍害に及ぼす夏期乾燥の影響

北見工業大学 正会員 林 正道
 北見工業大学 正会員 鮎 田 耕 一
 北海道開発局 正会員 ○ 宮 部 秀 一

1 ま え が き

寒冷地のコンクリート構造物には凍結融解作用に対する抵抗性が要求される。しかし、寒冷地といえども夏期には高温乾燥の影響を受けるわけで、これが耐凍害性に与える影響を考慮する必要がある¹⁾。また、内陸の構造物に比べて、海洋コンクリート構造物は、海水、潮風の作用により劣化が促進されやすい。このような観点から、本研究では海水の作用を受けるコンクリートの凍害劣化に及ぼす夏期乾燥の影響を明らかにする目的で、2, 3の実験を行った。

2 実 験 概 要

実験は次の4つのシリーズに分けて行った。

(1) シリーズⅠ：夏期

表1 セメントの種別、配合、練りあがり性状

の乾燥が海水中のコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす程度を明らかにするために行った。凍結融解試験は1サイクル4時間（凍結温度 -18°C 、融解温度 $+5^{\circ}\text{C}$ ）の海水

シリーズ	セメント			配 合				練りあがり性状		
	種 別	比重	比表面積 (cm^2/g)	C (kg)	W (kg)	W/C (%)	S/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)
Ⅰ	普通ポルトランドセメント	3.17	2960	260	135	51.9	33	8.0	4.5	21
	フライアッシュセメントB種	2.94	3030	260	133	51.2	33	8.0	4.5	18
	フライアッシュセメントC種	2.86	3070	260	133	51.2	33	9.0	4.0	20
	高炉セメントB種	3.07	3730	260	142	54.6	33	7.0	3.5	21
Ⅱ	普通ポルトランドセメント	3.17	2960	260	135	51.9	33	7.0	4.3	22
	フライアッシュセメントB種	2.94	3030	260	133	51.2	33	7.5	4.3	21

中における急速試験である。実験に用いたセメントは表1に示す4種類である。骨材は札内川産の川砂（比重2.65、吸水率2.25%、粗粒率2.67）、川砂利（最大寸法30mm、比重2.67、吸水率1.38%、粗粒率7.21）を使用した。混和剤はヴィンソルWを使用した。練りまぜ水は水道水を用い、凍結融解試験用の海水はオホーツク海から採取して使用した。コンクリートの配合及び練りあがり性状は表1に示してある。供試体（ $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ ）は型わくを取り外した後下記の(a)～(c)の3種類の環境におき材令28日から凍結融解試験に供した。なお、乾燥供試体は、試験開始時の含有水分の影響を除く目的で凍結融解試験開始前2日間は 20°C の淡水中に浸した。

(a) 標準養生（記号W）：打ち込み後1日間養生室（室温 20°C 、湿度90%）に静置し、型わくを取り外した後 20°C 水中の標準養生を行った。

(b) 標準養生5日後夏期屋外曝露（記号5W）：打ち込み後1日間養生室に静置し、型わくを取り外した後材令5日まで標準養生、その後、屋外の通風のある透明ビニールテント内に曝露した。

(c) 夏期屋外曝露（記号D）：打ち込み後1日間実験室（室温約 22°C 、湿度約60%）に静置し、型わくを取り外した後前述の屋外テント内に曝露した。屋外曝露期間の平均気温は 19.1°C 、午前9時の平均湿度は67%、正午の平均風速は 2.0 m/s であった。

(2) シリーズⅡ：シリーズⅠとの比較のために淡水中の急速凍結融解試験を行った。実験に用いたセメントは表1に示す2種類であるが、その他の使用材料及び型わくを取り外した後の供試体の環境条件はシリーズⅠと同じである。ただし、屋外曝露期間の平均気温は 17.3°C 、午前9時の平均湿度は74%、正午の平均風速は 3.0 m/s であった。

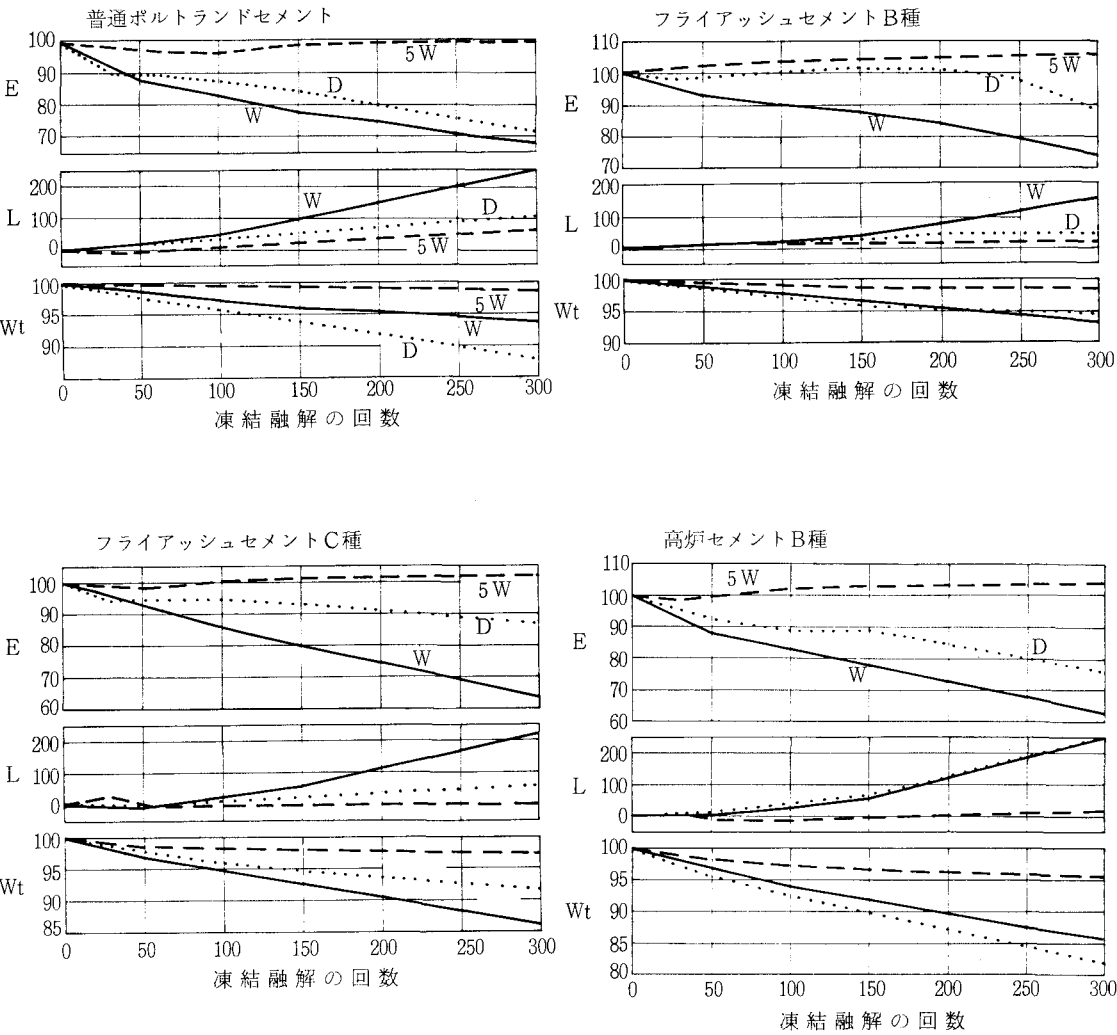
(3) シリーズⅢ：夏期乾燥に伴うコンクリートの含水量の変化を把握する目的で行った。供試体はモルタル（ $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ ）であり、その配合はシリーズⅡのコンクリートの配合から粗骨材を除いたAEモルタル

である。成形後はシリーズⅡと同じ環境条件におき、材令28日以降は20℃の水中に浸した。供試体の含水量は型わく取り外し時の重量を基準に算出した。

(4) シリーズⅣ：コンクリート中への淡水と海水の浸透性の違い及びそれに伴う膨張量の相異を把握する目的で、モルタル供試体（4×4×16cm）を材令1日から20℃の淡水中あるいは海水中に浸した。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は豊浦標準砂を使用し、その配合は $W/C=0.55$ 、 $S/C=2.00$ 、フロー値は 170 ± 10 とした。供試体の含水量、長さは型わく取り外し時の値を基準に算出した。

3 実験結果

シリーズⅠの凍結融解試験の結果を図1に、シリーズⅡの結果を図2に示した。さらに、凍結融解試験開始時の圧縮強度と凍結融解300サイクル終了時の劣化程度の比較を図3、4に示した。また、シリーズⅢの含水量の測定結果を図5に、シリーズⅣの含水量と長さの測定結果を図6に示した。



たて軸 E：動弾性係数(%) L：長さ変化量(×10⁻⁶) Wt：重量(%)
 図中 W：標準養生 5W：標準養生5日後夏期屋外曝露 D：夏期屋外曝露

図1 凍結融解試験結果(シリーズⅠ, 海水中)

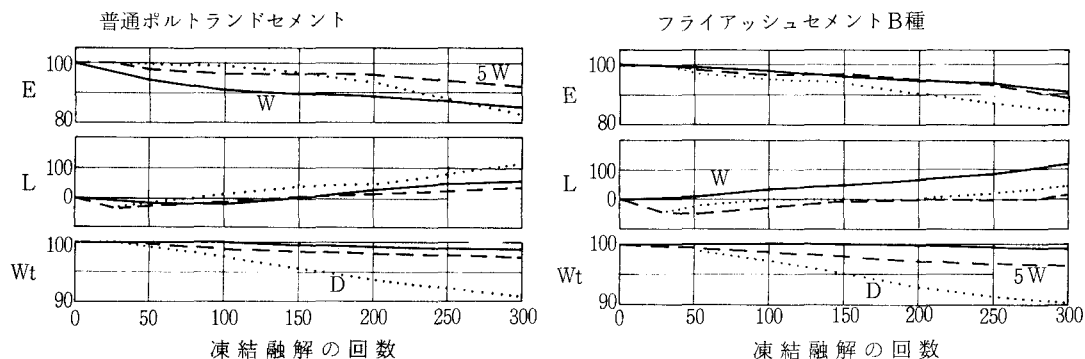
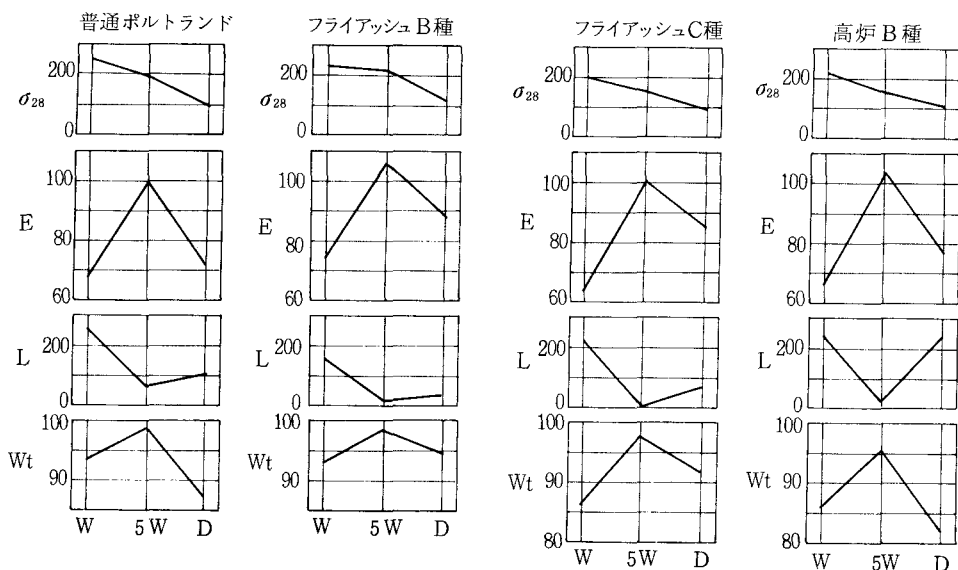


図2 凍結融解試験結果(シリーズII, 淡水中)縦軸及び図中の記号は図1参照



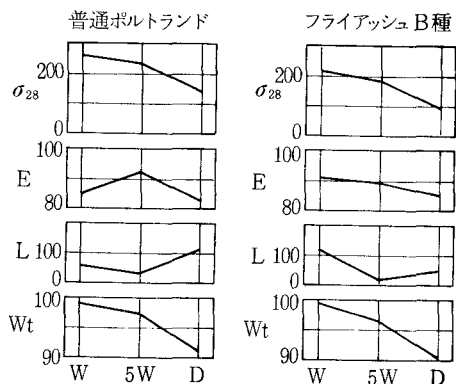
横軸: W, 5W, D 縦軸: E, L, Wt は図1参照

縦軸: σ_{28} は凍結融解試験開始時(材令28日)の圧縮強度(kgf/cm^2)

図3 凍結融解試験開始時の圧縮強度と海水中300サイクル終了時の劣化程度

4 考察

図3, 4から明らかなように、夏期曝露によりコンクリートの水和が停滞し、その結果、屋外曝露(D)あるいは標準養生5日後屋外曝露(5W)した場合は標準養生(W)を行った場合に比べ、材令28日の圧縮強度が小さい。一方、供試体内部の劣化の指標である動弾性係数、長さの測定結果では、5Wの供試体の方がWあるいはDの供試体に比べて凍結融解作用による劣化は海水中でも淡水中でも進行していない。また、表面のスケリングの指標である重量の測定結果では、5Wの条件では、海水中ではスケリングも抑制されている。これらの結果から明らかなように、若令時に水中養生後乾燥したコンクリートは、養生を継続して行ったコンクリートよりも圧縮強度は低い、凍害に対する抵抗性が増加する傾向にある。この傾向は海水の作用を受けるコ



記号は図3参照

図4 凍結融解試験開始時の圧縮強度と淡水中300サイクル終了時の劣化程度

ンクリートの方が顕著であり、初期養生後の乾燥が海水の作用による表面のスケーリング防止などに効果的であることを示している。この初期養生後の乾燥による劣化抑制に関する同様の実験結果を田畑、鎌田¹⁾、B. G. Long²⁾、I. Lyse³⁾らが報告しているが、その理由については必ずしも明確になっていないようである。凍結融解試験用の供試体と同じ条件においたモルタル供試体の乾燥後の水分の吸収状況を示した図5の結果によれば、初期養生後乾燥した場合は、水中養生あるいは乾燥を継続して行った後に水中に浸した場合に比べて水分の吸収速度が遅い。すなわち、本実験の凍結融解試験期間中には、初期養生後乾燥したコンクリートの内部の毛細管空隙にまで十分水分が吸収されず、その結果、凍結可能水量が少なくなり、凍結融解に対する抵抗性が増加したと想像される。さらに、初期養生によりある程度まで強度が発現したあとに屋外で乾燥させると、炭酸化作用により表層部の強度が大きくなる可能性もあり^{4) 5)}その結果、スケーリングが抑制されると考えられる。図3と図4を比較すると、海水中のコンクリートの方が劣化が著しい。この原因の1つとして、図6に示されているように、淡水にくらべて海水の方がモルタル中により早く浸透し膨張量も多いことがあげられる。すなわち、海水中の方が凍結可能水が多くなるために劣化が進行しやすくなると考えられる。

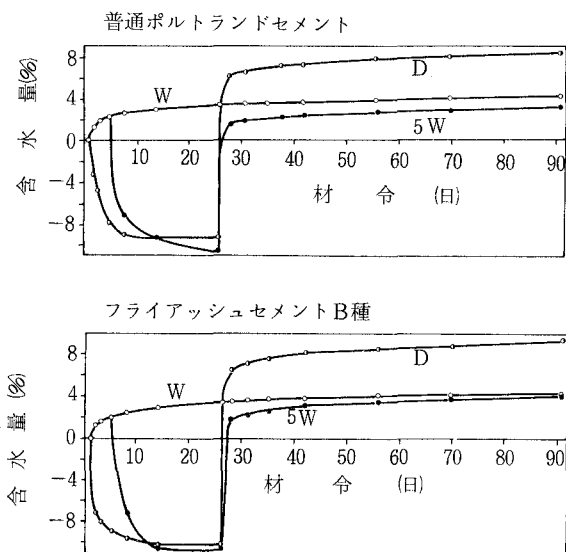
5 ま と め

夏期の乾燥が海水の作用を受けるコンクリートの凍結融解抵抗性に与える影響について明らかにする目的で実験を行った結果、乾燥は耐凍害性に悪影響を及ぼすものの、初期養生のあとの乾燥は、むしろ耐凍害性を改善する傾向にあった。含水量の測定結果から、この耐凍害性改善の理由の1つは凍結可能水量が少ないことにあると考えられた。また、海水中の方が淡水中よりも劣化が著しい原因の1つとして、海水が淡水よりもコンクリート中へ浸透しやすいことがあげられた。

本実験の遂行にあたり御協力をいただいた猪狩平三郎、岡田包儀、隅田賢治の諸氏、並びに北見工業大学コンクリート実験室の学生諸君に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田畑、鎌田、宮崎：コンクリートの耐凍害性におよぼす乾燥の影響，セメントコンクリート No.383，Jan. 1979
- 2) B. G. Long et. al.: Effect of Curing Methods upon the Durability of Concrete as Measured by Changes in the Dynamic Modulus of Elasticity, Proceeding ASTM, vol. 43, 1943
- 3) I. Lyse: Durability of Concrete in Sea Water, Jour. ACI, June, 1961
- 4) 林、鮎田、長山：乾湿に伴うコンクリート露出面の強度の変化，土木学会北海道支部論文報告集，第37号，昭和56年2月
- 5) 鮎田、林、猪狩：乾湿に伴うコンクリート露出面の水和度の変化，土木学会北海道支部論文報告集，第37号，昭和56年2月



W：標準養生， D：夏期屋外曝露

5W：標準養生5日後夏期屋外曝露

図5 環境条件による含水量の比較

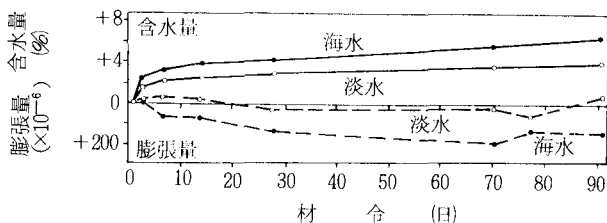


図6 淡水と海水による含水量，膨張量の比較