

京都大学 学生員 江口逸雄

京都大学 正員 宮川豊章

京都大学 正員 岡田 清

1. はじめに

寒冷地においては、コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性が問題となる。本実験では、水セメント比、単位セメント量およびコンクリート表面へのライニングの種類が、凍結融解作用に対するコンクリートの抵抗性に与える影響について検討を行なう。また耐久性にすぐれると言われているポリマーセメントコンクリート、およびポンプ工法の普及とともに最近さかんに使用されつつある高流動化コンクリートが耐凍結融解性のうえでどのような挙動を示すかをあわせて検討する。

2. 実験概要

コンクリートの配合を表-1に示す。供試体はポリマーセメントコンクリート以外は、すべてAEコンクリート(空気量: $4 \pm 0.5\%$, スランプ: 8 cm, 高流動化コンクリートは 18 cm)とし、供試体寸法は $5 \times 10 \times 40$ (cm)とした。試験の種類としては、急速凍結融解試験機を用いて、凍結融解試験をすべての供試体について行なった。温度範囲は $-19^\circ\text{C} \sim +5^\circ\text{C}$ とし、1サイクルを約3時間とした。試験は300サイクルまたは相対動弾性係数が60%以下に達した時を終了とした。また、配合No. 2, 4, 5, 9とはほぼ同様のものについて、恒湿槽を用いダイレイション試験を行なった。ダイレイション試験の温度範囲は、 $+5^\circ\text{C} \sim -10^\circ\text{C}$ とし、 1.5°C ずつ低下させその後温度低下開始時より約24時間後まで -10°C 一定とし、その後 $+5^\circ\text{C}$ の水中に24時間浸漬を行ないこれを1サイクルとした。さらに、配合No. 5, 9については、水銀圧入式ポロシメーターを用いてポロシメーターの測定を行なった。

3. 実験結果と考察

表-2に耐久性指数を示す。No. 1~6は配合を変化させたものであるが、耐久性指数の低下はほとんどなく、各配合間の差も有意なものでない。これより本実験の配合の範囲内のAEコンクリートであれば、単位セメント量および水セメント比の変化にはほとんど無関係に、本促進凍結融解作用に対しては十分な耐久性を持つものと考えられる。図-1, 2は、ベースコンクリートとエポキシおよびタールエポキシを1回または3回塗布したものの比較である。ベースコンクリートの重量が、1回目の測定時に大きく増加している

表-1 配合

名称	W/C (%)	S/O (%)	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	凝 結 剤	RC 剤
1	50	44	300	150	高流動化剤	Vincol
2	55	44	300	165	減水剤	Vincol
3	60	44	300	180	減水剤	Vincol
4	50	42	330	165	減水剤	Vincol
5	55	42	330	181	---	Vincol
6	60	42	330	198	---	Vincol
7-1	---	---	---	---	---	---
7-3	---	---	---	---	---	---
8-1	55	42	330	181	---	Vincol
8-3	---	---	---	---	---	---
9	55	48	330	182	高流動化剤	Vincol
10	51	42	330	167	---	---

No. 5: ベースコンクリート
No. 7-1: エポキシ 1 回塗布
No. 7-3: エポキシ 3 回塗布
No. 8-1: タールエポキシ 1 回塗布
No. 8-3: タールエポキシ 3 回塗布
No. 9: 高流動化コンクリート
No. 10: ポリマーセメントコンクリート

表-2 耐久性指数

供試体 No.	耐久性指数 (%)
1	97.4
2	101.7
3	100.7
4	98.4
5	100.7
6	98.3
7-1	96.9
7-3	98.8
8-1	97.2
8-3	96.5
9	51.7*
10	31.2*

* は求平均の推定値

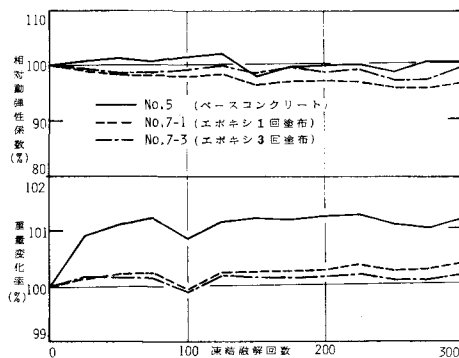


図-1 凍結融解試験結果 (ベースコンクリート、エポキシ 1 回塗布, 3 回塗布)

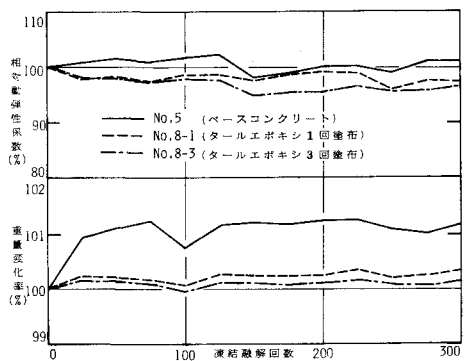


図-2 凍結融解試験結果 (ベースコンクリート、タールエポキシ 1 回塗布, 3 回塗布)

が、これは試験開始前に供試体が乾燥状態にあったためである。ライニングを施したのも同様の状態であったにもかかわらず、重量増加があまり大きくないのは、ライニング材を塗布したことにより外部からの水分の浸入が防がれたことを示す。凍結融解作用が外部から浸入した水分が大きな原因となることを考えれば、ライニング材の使用は耐凍結融解性の向上に十分な効果があるものと考えられる。図-3は、ベースコンクリートと高流動化コンクリートおよびポリマーセメントコンクリートとの比較である。面着ともにベースコンクリートに比して劣化が激しく、耐凍結融解性が低いと考えられる。しかし、前者は気孔の偏分布や骨材分離の可能性があり、後者はポリマーの種類や混入量の変化により耐久性の向上が成されることも考えられるので、更に多くの検討が必要であると考えられる。

図-4、5にダイレーション試験を2サイクル行なった結果を示す。長さ変化の測定は凍結融解作用による劣化の開始を把握するうえで最も有効な手段と考えられているが、本実験では全体にダイレーションの挙動は小さなものしか得られなかった。これは恒温槽の容量に限界があり温度を -10°C までしか低下できなかったため、凍結融解作用があまり進まなかったことが原因であると考えられる。しかし、水セメント比が大きく単位セメント量の小きなNo. 4、9で比較的大きくダイレーションの挙動が見られる。この現象、特にNo. 9の高流動化コンクリートについては、凍結融解試験結果と一致している。しかし、ダイレーション量が小さいので、更により低温での試験を行なう必要があるものと考えられる。

図-6、7にベースコンクリートと高流動化コンクリートのモルタル部分について、ポロシターの測定を行なった結果を示す。凍結融解作用によるセメントペースト部の劣化に影響をおよぼすと考えられている $750\sim 7500(\text{\AA})$ 間の細孔量を比較すると、ベースコンクリートでは $39.5(\times 10^{-3}\text{cc/g})$ 、高流動化コンクリートで $41(\times 10^{-3}\text{cc/g})$ であり、後者が $1.5(\times 10^{-3}\text{cc/g})$ ほど多く弱劣化しやすい傾向を示している。また、耐凍結融解性に有効であると考えられているエントレインドエアー(50~500 μm 程度)の細孔量は別法で厳密に比較する必要があるが、本方法の結果からは高流動化することにより劣化しやすい傾向がみえる。この傾向は前述の凍結融解試験結果と一致している。

参考文献：沢悦郎他1名：コンクリートの凍害と初期凍害、コンクリート工学、Vol. 16 No. 5, May, 1978

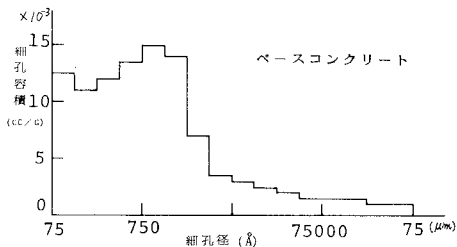


図 6 水銀圧入法による細孔分布

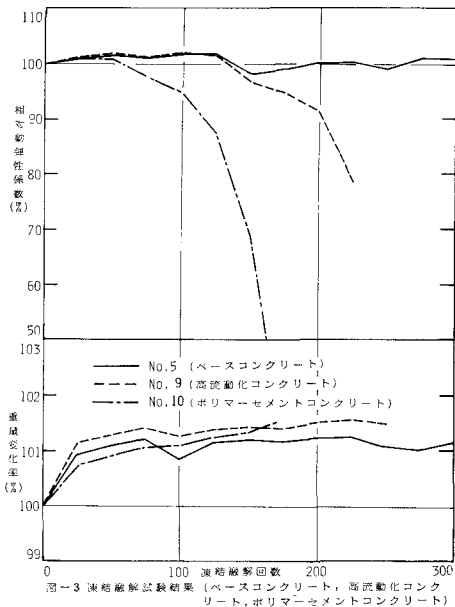


図-3 凍結融解試験結果 (ベースコンクリート、高流動化コンクリート、ポリマーセメントコンクリート)

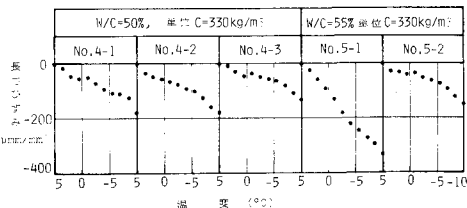


図-4 ダイレーション試験結果

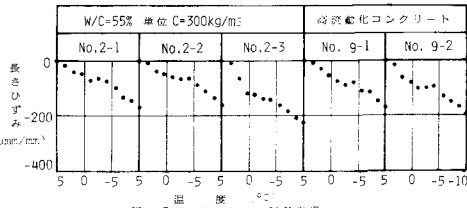


図-5 ダイレーション試験結果

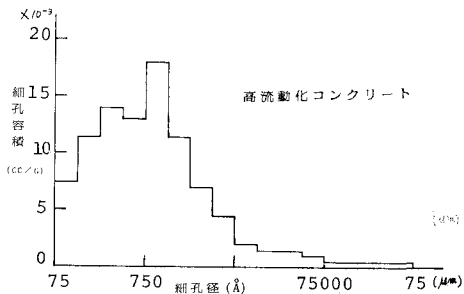


図 7 水銀圧入法による細孔分布