

V-190

高強度コンクリートの凍結融解抵抗性に関する一考察

大林組技術研究所 正会員 近松 竜一

大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦

大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. はじめに

耐凍害性を確保するには、一般に適度なエントレインドエアの連行が効果的であるといわれている。

一方、コンクリートの高強度化を図る観点からは、堅硬な骨材を結合するセメント硬化組織を緻密化する必要があり、水結合材比の低減とともに硬化体の空隙を極力減少させることが望ましいといえる。

高強度コンクリートの耐凍害性に関する既往の研究によれば、総じて水結合材比の低下に対応して所要の凍結融解抵抗性を確保するための必要空気量が低減される傾向が示されている¹⁾が、具体的な数値には見解の相違がみられる²⁾。また、耐凍害性の良否が空気量だけでは的確に評価できない結果も報告されている³⁾。

本報告では、同一配合で空気量を変化させた高強度コンクリートの凍結融解抵抗性に関して、連行空気量のまたは気泡径分布の観点から若干の考察を加えたものである。

2. 実験概要

セメントは低熱ポルトランドセメント（比重 3.24，比表面積 $3250\text{cm}^2/\text{g}$ ， C_2S 62%）を用い、混和材には石灰石微粉末（LFと略記，比重 2.73，比表面積 $5600\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。また、細骨材は海砂（比重 2.55，吸水率 2.30%，粗粒率 2.67），粗骨材は碎石（最大寸法 20mm，比重 2.63，粗粒率 6.55）を用い、混和剤にはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤および補助 AE 剤を使用した。

コンクリートの試験配合を表-1 に示す。AE 剤量を調整して空気量を 1.5～7.5% の範囲内で 6水準に変化させた。凍結融解試験は JIS A 6204 附属書2 に準拠した。ただし、試験開始は材齢91日とし、凍結融解 300サイクルまで試験した。また、凍結融解試験用供試体と同一バッチから採取した試料を用いて、硬化コンクリート中の気泡径分布を測定し、残存空気量および気泡間隔係数を算出した（ASTM C457 準拠）。

3. 実験結果および考察

水セメント比を一定とした場合の空気量と圧縮強度の関係を図-1 に示す。強度水準によらず、空気量 1% の増加に対して圧縮強度は約 5～6 % 程度減少する傾向が認められ、高強度域では、空気量の変動により圧縮強度の絶対値が著しく増減する結果となった。

凍結融解試験結果を図-2～図-3 に示す。図-2 中には、試験開始時点の圧縮強度を各供試体毎に併記しているが、90 N/mm^2 以上の高強度域でも凍結融解の繰返しに伴って相対動弾性係数が低下する結果が得られた。

また、凍結融解試験時の供試体の重量減少率は、いずれも極めて少なく、凍結融解抵抗性に劣る供試体については逆に重量が増加する傾向が認められた。

凍結融解試験結果より求めた耐久性指数を、硬化後の空気量、気泡間隔係数との関係で整理した結果を図-4～図-5 に示す。なお、これらの図には、水セメント比を 28.5% とした場合の既報データ⁴⁾も併記してある。

本実験結果と既報の結果では、低空気量域での耐凍害

表-1 高強度コンクリートの配合

W/P (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)			
			W	P		SPA
				C	LF	
30.0	33.0	50.0	175	530	50	13.5

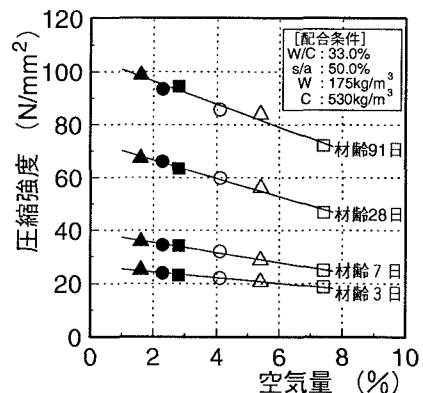


図-1 空気量と圧縮強度の関係

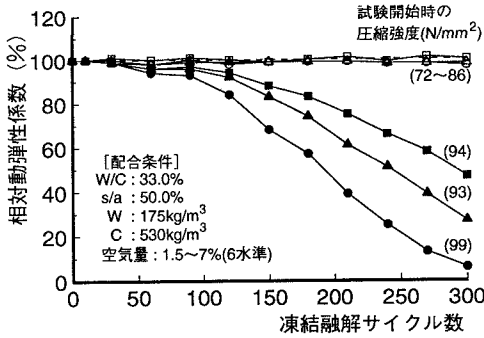


図-2 凍結融解に伴う相対動弾性係数の変化

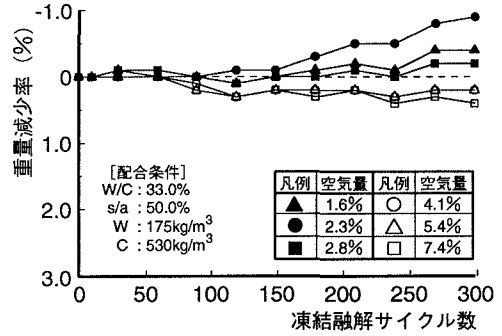


図-3 凍結融解に伴う重量減少率の変化

性の評価に対して明らかな相違が生じている。

一方、気泡間隔係数と耐久性指数の間には、いずれの試験データとも良好な相関が認められ、気泡間隔係数が約300 μ mよりも小さい場合には十分な凍結融解抵抗性が確保される結果となっている。

これらの結果は、連行気泡の量と気泡径の分布形態が一義的には定まらないことを示すとともに、水セメント比を低減した高強度コンクリートに関しても、エントレインドエアの連行が耐凍害性を確保するための十分条件となるものと考えられる。なお、水セメント比が極端に小さい場合や高炉スラグ微粉末を混和した場合⁵⁾には、気泡間隔係数だけでは耐凍害性を的確に評価できない旨の報告もあり、今後さらに検討を要すると考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- 1) 凍結融解試験開始時の圧縮強度が約 90N/mm²を越える高強度コンクリートでも、空気量が少ないと耐凍害性が低下する場合がある。
- 2) 高強度コンクリートのスケールングは極めて少ない。
- 3) 高強度配合でも一般的な強度水準と同様、気泡間隔係数が300 μ m以下であれば十分な耐凍害性が確保される。

【参考文献】

- 1) 例えば、服部他；高性能減水剤を使用した高強度コンクリートの耐凍結融解性，セメント技術年報 Vol. 34, pp. 320-332.
- 2) 後藤他；高性能減水剤を用いたコンクリートの耐久性について，セメント技術年報 Vol. 34, pp. 326-328.
- 3) 例えば、山本他；流動化剤の流動化性能および流動化コンクリートの凍結融解抵抗性，土木学会論文集，Vol. 348, No. 5-1, pp. 71-75, 1984. 8
- 4) 三浦他；空気量，気泡分布，細孔分布が高強度コンクリートの耐凍結融解性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 12-1, pp. 679-684, 1990.
- 5) 近松他；高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの耐凍害性，コンクリート工学年次論文集，Vol. 11-1, pp. 355-360, 1989.

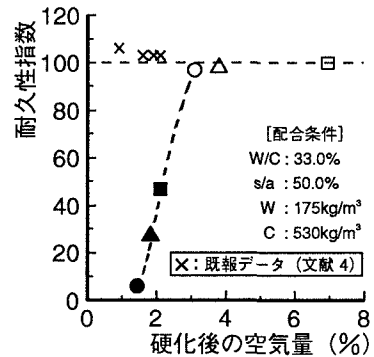


図-4 硬化後の空気量と耐久性指数の関係

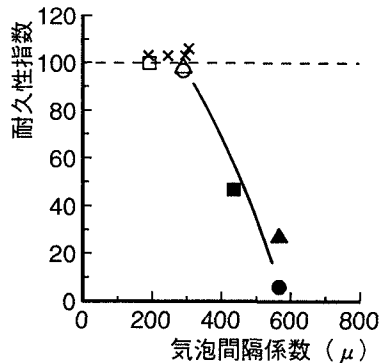


図-5 気泡間隔係数と耐久性指数の関係