

大林組土木技術本部 正会員 青木 茂
 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 神代 泰道
 大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. はじめに

近年、ピーライト含有率を高めた低熱ポルトランドセメントが超高強度コンクリート構造物に用いられるようになってきた^{1)・2)}。このセメントは発熱量が低いことから富配合でも温度上昇が低くなり、構造体の強度発現も良好となることが知られており³⁾、超高強度コンクリートへの適用も進められるようになってきた⁴⁾。しかし、強度発現以外の硬化性状に関する報告はまだ少なく、特に、耐久性に関する報告はほとんどない。本報告では、既報⁵⁾の乾燥収縮・クリープ性状に続き、圧縮強度が100~120N/mm²程度の超高強度コンクリートの凍結融解抵抗性に関する試験結果について、気泡分布や細孔分布の観点などから考察を加えた。

2. 実験概要

2.1 使用材料、配合

実験に使用した材料を表-1に示す。セメントはピーライト含有率が54%のもの、高性能AE減水剤はポリカルボン酸系のものを使用した。粗骨材は硬質砂岩系の碎石2005、細骨材は鹿島産の粗目の陸砂をそれぞれ使用した。

コンクリートの配合は、水セメント比が30%のA配合と22%のB配合の2種類とした（表-2参照）。

2.2 製造方法

コンクリートの練混ぜは 実機ミキサ[階層式二軸強制練：上段モルタル(容量1.75m³)、下段コンクリート(容量3.0m³)]で行った。1バッチ(1.83m³)の練混ぜ時間は、A配合がモルタル40秒+コンクリート55秒、B配合がモルタル120秒+コンクリート135秒とした。

2.3 試験方法

凍結融解試験は土木学会規準JSCE-G501 に準じて実施した。この場合の水中養生の期間は、規準に従った材齢14日の他に28日も合わせて実施し、開始時期の比較を行った。

気泡分布の測定は画像解析装置による自動計測で行い、2種類の手法で気泡間隔係数を算定した。また、細孔分布の測定は粗骨材分を除去した試料で水銀圧入式のポロシメーターを用いて自動計測で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 基礎物性の試験結果

フレッシュコンクリートの性状及び圧縮・引張強度の試験結果を表-3に示す。空気量は目標値より若干低く、A配

表-1 コンクリートの使用材料

種 類	名 称	比 重	摘 要
セメント (C)	高ピーライト系 低熱ポルトランド	3.22	比表面積 3,440 cm ² /g, C ₂ S=54%, C ₃ S=29%, C ₄ A= 3%
粗 骨 材 (G)	硬質砂岩碎石2005	2.65	吸水率 0.70 %, 粗粒率 6.58, 実積率 60.0 %
細 骨 材 (S)	鹿島産粗目陸砂	2.61	吸水率 0.77 %, 粗粒率 2.80, 実積率 65.8 %
減 水 剤 (SP)	高性能AE減水剤	—	ポリカルボン酸系化合物

表-2 コンクリートの配合

配合	粗骨材 最大寸 法(mm)	目標 空気量 (%)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量(kg/m ³) (*下段 ϕ /m ²)				
					W	C	S	G	SP
A	20	2	30.0	45.7	165	550	771	928	11.0 (2.0%)
					*165	*171	*294	*350	
B	20	2	22.0	40.0	175	795	584	888	21.5 (2.7%)
					*175	*247	*223	*335	

表-3 コンクリートの物性試験結果

配合	フレッシュコンクリートの試験結果			上段：圧縮強度 (N/mm ²)					下段：引張強度 (N/mm ²)			
	スランピング フロー (cm)	空気量 (%)	00-ト流 下時間 (秒)	7 日	1 4 日	2 8 日	9 1 日		7 日	1 4 日	2 8 日	9 1 日
A	72.5	1.5	12.7	41.0	55.4	73.2	99.2		2.88	4.00	4.31	5.47
B	72.5	1.8	29.8	67.7	84.9	104.9	126.7		3.97	4.87	5.98	6.27

キーワード：超高強度コンクリート，低熱ポルトランドセメント，凍結融解試験，気泡分布，細孔分布
 連絡先：〒204 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL:0424-95-0930, FAX:0424-95-0908

合が1.5%，B配合が1.8%であった。また、凍結融解試験開始時の圧縮強度は、A配合の14日が55.4N/mm²、28日が73.2N/mm²、B配合の14日が84.9N/mm²、28日で104.9N/mm²。また、引張強度は4～6N/mm²の範囲にあった。

3.2 耐凍結融解性に及ぼす強度の違いの影響

凍結融解試験における相対動弾性係数の変化を図-1に、また、質量変化の測定結果を図-2に示す。今回の配合では、100N/mm²以上の超高強度を目指すために設計空気量を2%以下と定めたため、比較的強度の低いA配合では充分な抵抗性が得られなかった。特に、試験開始材齢が14日の場合では試験初期から急激な相対動弾性係数の低下を示し、劣化に伴う質量増加の傾向が認められた。また、試験開始材齢が28日のものでは、試験開始100サイクル程度までは比較的良好な抵抗性を示し、質量変化が減少から増加に転じた120サイクル頃から相対動弾性係数の急激な低下が始まり、210サイクルで測定不能となった。一方、強度の高いB配合では試験開始材齢によらずいずれも良好な凍結融解抵抗性を示す結果となった。

3.3 耐凍結融解性に影響を及ぼす各種要因の検討

硬化試験体の気泡分布の測定結果を表-1に示す。気泡間隔係数は、リニアトラバース法、面積法とも強度の高いB配合の方が若干小さくなったが本質的には差がなく、一般に目標とされる300μmよりかなり大きくなった。80N/mm²以上の高強度領域では、この指標を用いて普通強度と同様に凍結融解抵抗性を評価することはできないと思われる。

次に細孔分布の計測結果を図-3に示す。全細孔容積は強度の高いB配合の方が16%程度小さくなった。また、凍結水量と関係の深い半径が14nm以上のL+M細孔容積⁶⁾で比べると、B配合はA配合の6割程度まで低減しており、この細孔容積の差が耐凍結融解性の良否に影響を及ぼしたと推察される。

4. まとめ

低熱ポルトランドセメントと高性能AE減水剤を用いた超高強度コンクリートでは、空気量が2%未満でも良好な耐凍結融解性を示す場合があることが明らかとなった。また、普通ポルトランドセメントに比べて強度発現が遅いため、試験開始材齢（養生期間）の影響も大きくなった。

凍結融解抵抗性を左右する要因には、気泡間隔係数以外にも細孔の分布や容積、圧縮・引張強度の水準の違いなどの影響があると推察され、今後は、これらの観点からもさらに詳細な検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 万木，浅見他：高流動コンクリートの高所圧送，JCI第2回超流動コンクリートに関するシンポジウム論文集，pp.171-176，1994.5
- 2) 三浦，青木他：高ビークライトセメントを用いた高強度連壁コンクリートの施工におけるフレッシュ性，土木学会第50回年次講演会V-62，平7年
- 3) 青木，三浦他：高ビークライト含有セメントを用いた高強度コンクリートの高温履歴下での強度発現性状，JCI年次論文集16-1，No.1221，1994
- 4) 青木，三浦他：超高強度・低発熱連壁コンクリートの施工における壁体の硬化特性，JCI年次論文集18-1，No.1040，1996
- 5) 長谷川，青木他：高ビークライトセメントを用いた超高強度コンクリートの乾燥収縮・クリープ特性，土木学会第51回年次講演会V-203，平8年
- 6) 三浦，芳賀他：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，JCI年次論文集12-1，No.1116，1990

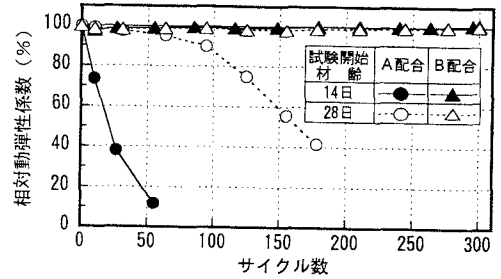


図-1 各種供試体の相対動弾性係数の変化

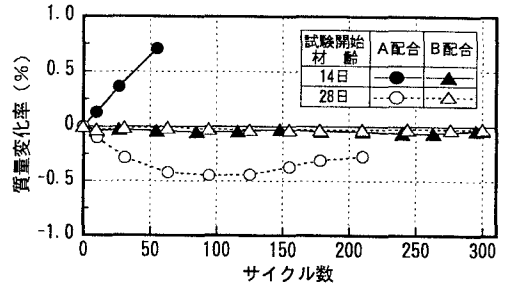


図-2 凍結融解試験における供試体の質量変化率

表-1 硬化試験体の気泡間隔係数の計測結果

配合	W/C (%)	ベース量 (%)	気泡分布測定結果		
			[上段：トラバース法]		下段：面積法]
			空気量 (%)	個数 (個/36cm ²)	間隔係数 (μm)
A	30	34	0.75	106	577
			1.00	1142	439
B	22	42	0.79	138	497
			0.93	2266	338

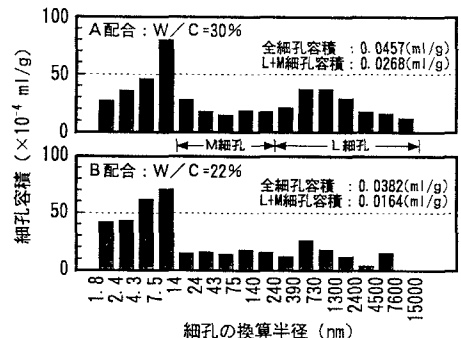


図-3 細孔分布、細孔量の比較