

エコセメントを用いたコンクリートの初期凍害抵抗性と低温強度増進

正会員 ○三森 敏司*
同 大楽 隆男**
同 濱 幸雄***

エコセメント, コンクリート, 初期凍害
凍結融解, 強度増進, 積算温度

1. はじめに

都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの廃棄物の有効利用の一環としてエコセメントが開発され, 建築構造物への適用の可能性について検討されている。

本実験では, このエコセメントを用いたコンクリートの低温環境での性状について, 寒中施工の条件を考慮して初期凍害に対する抵抗性と低温強度増進性状に関する実験を行い, 普通コンクリートと比較・検討した。

2. 実験計画および方法

実験計画表を表1に示す。セメント種類と水セメント比の異なる4種類のコンクリートを作製し, 初期凍害試験と圧縮強度試験を行った。

セメントは普通ポルトランドセメントと普通エコセメント, 細骨材は鶴居産陸砂, 粗骨材は尾幌産砕石(最大寸法20mm)を用いた。各セメントの物理試験結果を表2に, 各骨材の物理試験結果を表3に示す。また, 化学混和剤はAE減水剤標準形(No.70)と空気量調整剤(MA101)を使用した。

コンクリートの調合は, 水セメント比を45%と55%の2水準とし, 単位粗骨材かさ容積を $0.67\text{m}^3/\text{m}^3$, 目標空気量を $4.5 \pm 1.0\%$, 目標スランブを $18 \pm 2.5\text{cm}$ とした試し練りにより決定した。なお, コンクリートの目標練り上がり温度は養生温度とした。コンクリートの調合を表4に, 練り上がり性状を表5に示す。

初期凍害抵抗性に関する実験は表6に示す条件とし, $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用いた。練り上がり温度を 5°C とし, 所定の材齢まで 5°C 封かん養生を行い, その後気中凍結水中融解による6サイクルの凍結融解作用を与えた後, 20°C で材齢28日まで封緘養生を行った。圧縮強度の測定は, 凍結融解開始時および終了時, 材齢28日で行った。

低温強度増進性状に関する実験は, $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用い, 練り上がり温度を 5°C , 20°C として所定の材齢まで封かん養生を行った。圧縮強度試験

表1 実験計画表

セメント種類	W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	試験項目
普通ポルトランドセメント	45	18 ± 2.5	4.5 ± 1.0	初期凍害試験
普通エコセメント	55			圧縮強度試験

表2 セメントの物理試験結果

セメント種類	普通ポルトランドセメント	普通エコセメント
密度 (g/cm^3)	3.16	3.17
比表面積 (cm^2/g)	3350	4190
圧縮強さ (N/mm^2)	3日	32.7
	7日	47.9
	28日	66.0
		54.2

表3 骨材の物理試験結果

骨材種類	細骨材	粗骨材
	鶴居産陸砂	尾幌産砕石
表乾密度 (g/cm^3)	2.54	2.68
絶対密度 (g/cm^3)	2.51	2.63
吸水率 (%)	2.26	1.40
単位容積質量 (kg/l)	1.64	1.54
実績率 (%)	65.3	58.6
粗粒率	2.63	6.98

表4 コンクリートの調合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m^3)	絶対容積 (l/m^3)			混和剤 (C × %)	
				セメント	細骨材	粗骨材	NO.70	MA101
45N	45	41.0	178	125	267	385	1.2	0.0015
45E	45	40.2	183	128	259	385	1.2	0.0035
55N	55	43.5	173	100	297	385	1.2	0.0010
55E	55	43.0	178	102	290	385	1.2	0.0030

表5 コンクリートの練り上がり性状

記号	目標練温 ($^\circ\text{C}$)	練り上がり性状				
		練温 ($^\circ\text{C}$)	スランブ (cm)	空気量 (%)		単位容積質量 (kg/m^3)
				圧力法	質量法	
45N	20	21.0	20.1	3.0	1.5	2.356
	5	6.8	21.5	5.0	2.9	2.320
45E	20	21.6	18.7	2.9	0.4	2.377
	5	6.0	20.4	4.7	3.1	2.311
55N	20	18.8	18.9	3.8	2.1	2.333
	5	6.0	20.7	4.7	3.7	2.294
55E	20	19.2	17.0	3.5	1.3	2.346
	5	5.7	20.6	4.9	2.8	2.311

表6 初期凍害試験の条件

凍結融解条件		圧縮強度試験の材齢
前養生	5°C 封かん養生 圧縮強度 $5\text{N}/\text{mm}^2$ をはさむ 4材齢	凍結融解用供試体 ○凍結融解開始時 ○凍結融解終了後 ○後養生・材齢28日
凍結融解	気中凍結水中融解 6サイクル/日 凍結: -18°C , 2.5時間 融解: $+5^\circ\text{C}$, 1.5時間	
後養生	20°C 封かん・材齢28日まで	比較用供試体 ○ 20°C 養生, 材齢28日

Resistance to Early Frost Damage and Strength Development at
Low Temperature on Concrete using Eco Cement

MIMORI Toshiji, TAIRAKU Takao, HAMA Yukio

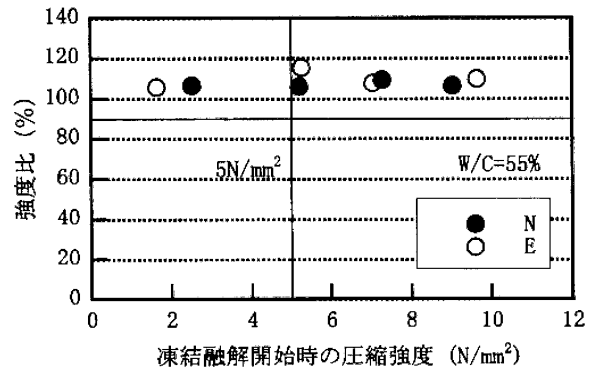
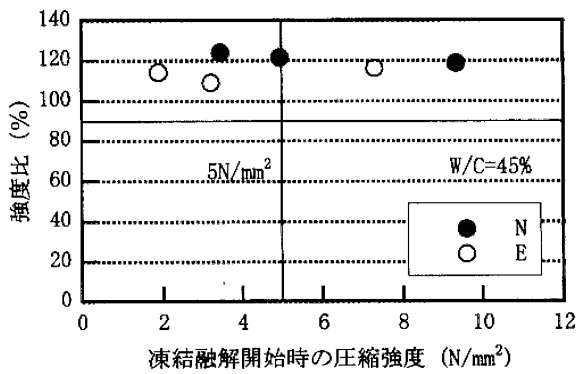


図1 凍結融解開始時の圧縮強度と840° D・D時の強度比の関係

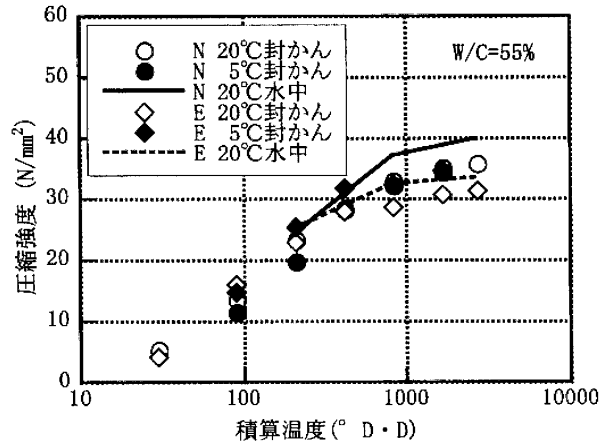
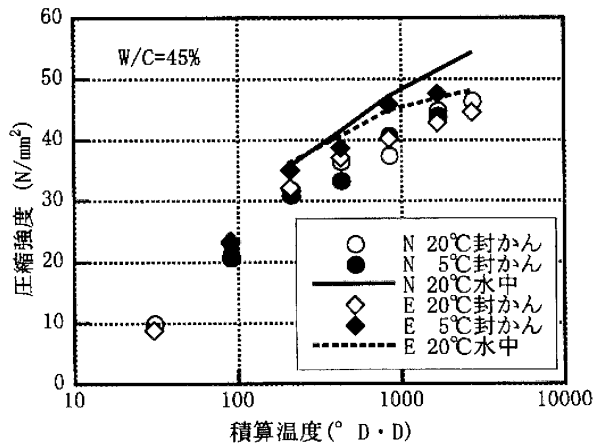


図2 圧縮強度増進性状

の材齢は、5℃養生で6, 14, 28, 56, 112, 182日、20℃養生で1, 3, 7, 14, 28, 56, 91日とした。

3. 実験結果および考察

1) 初期凍害抵抗性

強度回復の程度を凍結融解を受けた供試体と受けない供試体の840° D・D時の強度比で表し、凍結融解後の養生による強度回復の程度によって初期凍害を受けたか否かを判定する。図1にその結果を示す。水セメント比によらず、凍結融解開始時に2~3 N/mm²の圧縮強度であれば100%以上の強度回復を示しており、初期凍害を受けていないと判断できる。よって普通エコセメントを用いたコンクリートの初期凍害防止のために必要な圧縮強度は、普通コンクリートと同様に5 N/mm²と考えて良い。

2) 低温強度増進性状

積算温度と強度増進性状の関係を図2に示す。普通コンクリートの5℃養生は、初期材齢の段階では20℃養生の強度を下回り、1680° D・Dで同程度の強度を示した。一方、エコセメントを使用したコンクリートは、初期材齢では5℃養生が20℃養生をわずかに下回って

いたが、210° D・Dで上回り長期材齢ではその差が大きくなる傾向を示した。

4. まとめ

普通エコセメントを用いた水セメント比45, 55%のコンクリートの初期凍害に対する抵抗性と低温強度増進性状について検討を行った。得られた結果を以下に示す。

- (1) 初期凍害に対する抵抗性は普通コンクリートと同等であり、初期凍害防止のために必要な圧縮強度は5 N/mm²とすることができる。
- (2) 強度増進性状は普通コンクリートと同等である。
- (3) 温度依存性は普通コンクリートと異なる傾向を示した。

謝辞

本研究は、太平洋セメント(株)の協力を得た。記して、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 寒中コンクリート施工指針・同解説, 日本建築学会, 1998

* 釧路工業高等専門学校 准教授
 ** 釧路工業高等専門学校 教授
 *** 室蘭工業大学 准教授・博士(工学)

* Assoc. Prof., Kushiro National College of Technology
 ** Prof., Kushiro National College of Technology
 *** Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng