

石炭灰人工骨材コンクリートの初期凍害抵抗性

三森 敏司* 大楽 隆男* 福地 敏春* 浜 幸雄**

Resistance to Early Frost Damage on Concrete using Coal Ash Artificial Aggregate

Toshiji MIMORI Takao TAIRAKU Toshiharu FUKUCHI Yukio HAMA

Abstract - This report is an experimental result of resistance to early frost damage on concrete using coal ash artificial aggregate. As a result, compressive strength for prevention of early frost damage is good in 5N/mm² the same as normal concrete. In addition, air contents to prevent early frost damage is the same as normal concrete.

Key words : coal ash artificial aggregate, early frost damage, strength development

1. はじめに

近年、環境へのさまざまな影響への配慮は、建築分野においても今や不可避なものとなっているが、コンクリート分野では古くから副産物・廃棄物の有効活用を行い、コンクリート用骨材および混和材料などとして利用してきた実績がある。

現在コンクリート用骨材の生産は、天然材料の枯渇化や採取条件の制限等から砕石骨材の利用が主流となっている。一方、電力エネルギー需要バランスの均衡を図るため火力発電所の建設が増え、排出される石炭灰は増加の一途をたどっており、電気事業からの発生量は約 1000 万 t とされる。また、石炭火力発電所における微粉炭燃焼ボイラーから排出される石炭灰は、その 61% をセメント分野、11% を土木建築分野で利用し、21% は埋め立て処理されているが処分場の確保も困難な状況になりつつある。

最近、石炭灰の有効利用技術のひとつとして、石炭灰と頁岩を混合し、約 1100℃ で溶解することにより軽量で高強度な人工骨材の製造技術が開発され、その骨材のコンクリートへの適用の可能性が検討されている³⁾。

本研究では、この石炭灰人工骨材を用いたコンクリートの寒冷地性能について、寒中コンクリー

トの初期凍害に対する抵抗性に関する実験を行い、普通骨材コンクリートと比較・検討した。

2. 実験概要

表 1 に実験計画を示す。

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）を用い、細骨材は白糠コイトイ産陸砂、

表 1 実験計画表

粗骨材種類	W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	試験項目
砕石	35	550 ± 50*	3.0 ± 1.0	初期凍害試験
石炭灰人工骨材	45	18 ± 2.5	4.5 ± 1.0	
	55			

* : スランブフロー値 (mm)

表 2 骨材の物理試験結果

骨材種類	細骨材	粗骨材	
		G	J
表乾密度 (g/cm ³)	2.62	2.69	1.58
絶乾密度 (g/cm ³)	2.59	2.66	1.41
吸水率 (%)	1.44	1.27	12.3
単位容積質量 (kg/l)	1.71	1.57	0.903*
実績率 (%)	66.2	59.0	-
粗粒率	2.47	6.75	6.33

* : 絶乾単位容積質量

* 釧路高専建築学科

** 室蘭工業大学

表3 コンクリートの調合表

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (l/m ³)			質量 (kg/m ³)			混和剤 (C × %)			
				セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材	No. 70	MA101	SP8SBS	MA775S
35G	35	44.9	176	159	285	350	503	747	942	-	-	1.0	0.0015
35J		45.0	170	154	291	355	486	762	564	-	-	0.8	0.001
45G	45	44.9	180	127	291	357	400	762	960	1.2	0.002	-	-
45J		44.9	174	122	296	363	387	776	576	1.0	0	-	-
55G	55	44.9	180	104	301	370	327	789	995	1.2	0.002	-	-
55J		44.9	174	100	306	375	316	802	595	0.8	0	-	-

表4 コンクリートの練り上がり性状と圧縮強度

記号	フレッシュコンクリートの性状						圧縮強度 (N/mm ²) 20℃封かん 材齢 28 日
	練り温 (℃)	スランプ (cm)	フロー (cm)	空気量 (%)		単位容積質量 (kg/l)	
				圧力法	補正後*		
35G	8.0	-	415 × 400	6.8	-	2.250	42.1
35J	8.3	-	315 × 325	5.4	4.1	1.903	46.9
45G	8.5	19.1	-	5.6	-	2.298	38.7
45J	9.0	22.4	-	6.7	5.4	1.921	34.2
55G	7.0	21.9	-	6.8	-	2.238	23.4
55J	8.5	23.5	-	7.7	6.4	1.843	23.5

* : 骨材修正係数による補正後の空気量

粗骨材は厚岸尾幌産碎石（最大寸法 20mm、G と略す）および石炭灰人工骨材（J と略す）を用いた。各骨材の物理試験結果を表 2 に示す。また、化学混和剤は水セメント比 35% のコンクリートでは高性能 AE 減水剤標準形（SP8SB-S）を用い、必要に応じて空気量調整剤（MA775S）を使用、水セメント比 45% および 55% のコンクリートでは AE 減水水剤標準形（No. 70）を用い、必要に応じて空気量調整剤（MA101）を使用した。

2.2 コンクリートの調合

コンクリートの調合は、水セメント比を 35%、45%、55% の 3 水準とし、水セメント比 35% で目標空気量を 3.0 ± 1.0%、目標スランプフローを 550 ± 50mm、水セメント比 45%、55% で目標空気量を 4.5 ± 1.0%、目標スランプを 18 ± 2.5cm とした 20℃ 条件での試練り³⁾により決定した。コンクリートの調合表を表 3 に、練り上がり性状を表 4 に示す。

2.3 初期凍害抵抗性

初期凍害試験の条件を表 5 に示す。供試体は

表5 初期凍害試験の概要

凍結融解条件		圧縮強度試験の材齢
前養生	5℃封かん養生で 圧縮強度 5N/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 ○後養生終了時 (材齢 28 日) 比較用供試体 ○20℃養生 (材齢 28 日)
凍結融解	気中凍結水中融解を 6 サイクル継続 凍結：-18℃, 2.5 時間 融解：+ 5℃, 1.5 時間	
後養生	20℃封かん養生を 材齢 28 日まで継続	

φ 10 × 20cm の円柱供試体を用い、JIS A 1132(コンクリートの強度試験用供試体の作り方) に準じて作製した。コンクリートの練り上がり温度は、寒中コンクリート施工指針¹⁾の下限值である 5℃とし、鋼製簡易モールドに打ち込み、所定の材齢まで前養生を行った供試体を凍結融解条件下に置き、その後再び 20℃で材齢 28 日まで封かん養生を行った。初期凍害を受けたか否かの判定は、凍結融解前後での圧縮強度の比較および凍結作

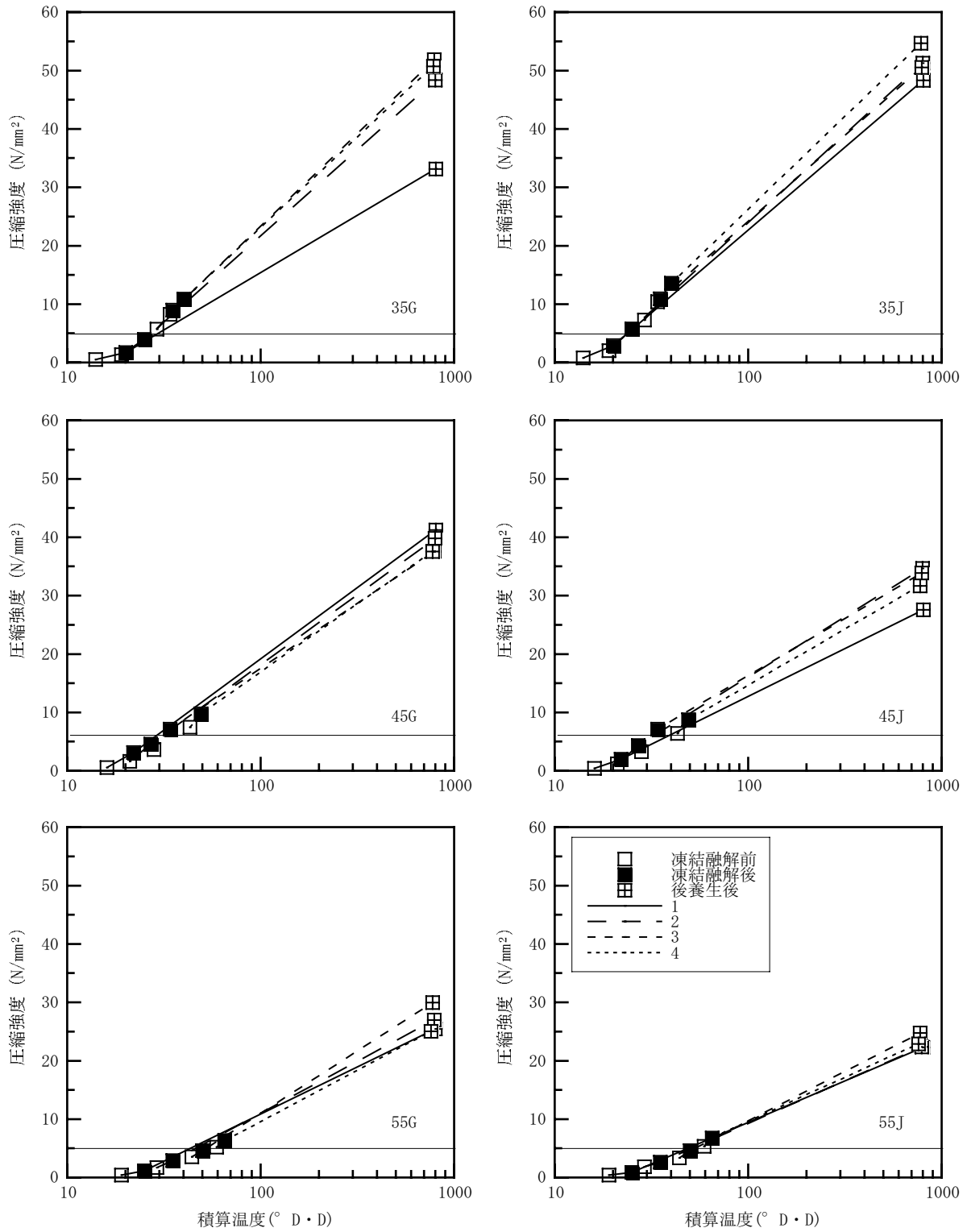


図 1 凍結融解開始前後の初期材齢から後養生後材齢 28 日での圧縮強度の変化

用を受けたコンクリートと受けないコンクリートの材齢 28 日での圧縮強度の比較のふたつの方法により行った。

凍結開始までの前養生の条件は、5℃封かん養生とし、凍結開始材齢は圧縮強度 5 N/mm² をはさ

む 4 水準とした。また、凍結融解の条件は、-18℃ (2.5 時間) ~ +5 (1.5 時間) の気中凍結水中融解を 6 サイクル繰り返す方法とした。圧縮強度の測定は、凍結融解開始時、終了時および材齢 28 日とした。

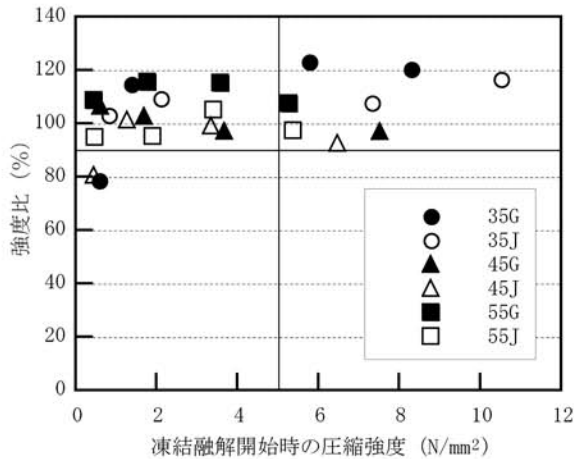


図2 凍結融解開始の圧縮強度と後養生後 840° D・D 時の強度比の関係

3. 結果および考察

初期材齢時において6サイクルの凍結融解を行い、凍結融解のない通常の初期材齢強度と凍結融解後の強度、凍結融解後の後養生によって強度回復した強度増進性状を図1に示す。図2に凍結融解開始時の圧縮強度と凍結融解後の20℃後養生による強度回復の関係を示す。ここで強度回復の程度は凍結融解を受けた供試体と受けない供試体の840° D・D時の強度比で表しており、凍結融解後の後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。初期凍害は、フレッシュ時から硬化にいたる過程でコンクリートが凍結することによる障害であり、初期凍害を受けると、硬化後に十分な強度発現が得られないばかりか、そのコンクリートの性質が脆弱となり、硬化後の凍結融解作用に対する性質が劣ることにもつながる¹⁾。

図1および図2より、水セメント比および骨材種別によらず、凍結融解開始時に1N/mm²を超えた圧縮強度であれば90%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。しかし、凍結融解試験前の圧縮強度が1N/mm²未満(積算温度は20° D・D未満)である35Gと45Jでの強度回復は80%程度であった。このことから石炭灰人工骨材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、普通骨材コンクリートと同様に5N/mm²と考えて良い。

コンクリートの寒中施工において空気量は初期凍害の防止にきわめて重要な役割を果たし、一般的な空気量は4～6%を標準とされている¹⁾。その空気量は今回の普通骨材コンクリートで5.6～6.8%、石炭灰人工骨材コンクリートで4.1～6.4%であった。人工軽量骨材を用いたコンクリートでは普通骨材によるコンクリートと比べ、必要となる空気量が1%程度多いことが示されているが¹⁾、今回用いた石炭灰人工骨材のコンクリートの強度回復は普通骨材の場合と同等であり、空気量の割り増しは必要ないものと思われる。

4. まとめ

石炭灰人工骨材を用いたコンクリートの初期凍害抵抗性に関する検討を行い、今回の実験範囲で得られた結果を以下に示す。

- (1) 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等の5N/mm²とすることができる。
- (2) 初期凍害防止のための空気量は普通コンクリートと同等で、割り増しの必要はない。

謝辞

本研究は鹿島建設(株)技術研究所との共同研究の一部として行ったものである。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 第4版: 日本建築学会、1998
- 2) 浜 幸雄、三森敏司、大楽隆男、友澤史紀: 高強度人工骨材を用いたコンクリートの初期凍害抵抗性、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.315～316、2001.9
- 3) 田畑雅幸、浜 幸雄、大楽隆男ほか5名: 石炭灰人工骨材を用いたコンクリートの耐凍害性に関する研究(その1水中凍結水中融解試験による評価)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.355～356、2003.9