

# 電気炉酸化スラグ細骨材を用いたコンクリートに関する研究

## その4 寒冷地性能に関する実験

正会員 ○浜 幸雄\*1 同 三森敏司\*3  
同 田畑雅幸\*2 同 大楽隆男\*3

電気炉酸化スラグ細骨材 強度増進性状  
初期凍害 耐凍害性

### 1. はじめに

本報では、電気炉酸化スラグ骨材を細骨材の一部として用いたコンクリートの寒冷地性能として、低温強度増進性状、初期凍害抵抗性、耐凍害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. 実験計画および方法

表1に実験計画を示す。セメントは普通ポルトランドセメント(密度  $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ )を、粗骨材は尾幌産砕石を、細骨材はコイトイ産陸砂および電気炉酸化スラグ細骨材を用い、電気炉酸化スラグ細骨材の混合率を0~30vol%とした。各骨材の物理試験結果を表2に示す。また、混和剤は水セメント比55%のコンクリートではAE減水剤標準形を、水セメント比35%のコンクリートでは高性能AE減水剤標準形を用い、必要に応じて空気量調整剤を使用した。コンクリートの調合は、目標空気量、目標スランブ(フロー)が得られるように、混合率0%、練り上がり温度20℃を基本調合として試し練りにより定めた。調合表を表3に、練り上がり性状を表4に示す。

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、練り上がり温度および養生温度を5℃、20℃として所定の材齢まで封緘養生を行った。圧縮強度試験の材齢は、5℃養生で6,14,28,56日、20℃養生で材齢1,3,7,14,28日とした。

初期凍害抵抗性に関する実験は表5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℃とし、所定の材齢まで5℃封緘養生を行い、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℃で材齢28日まで封緘養生を行い、凍結融解開始時および終了時、材齢28日で圧縮強度試験を行った。

耐凍害性に関する実験は、 $7.5 \times 7.5 \times 40\text{cm}$ の梁型供試体を用いて、4週水中養生後にJIS A 1148-2001による水中凍結融解試験を300サイクルまで行い、質量変化、長さ変化、相対動弾性係数を測定した。

### 3. 結果および考察

#### 1) 低温強度増進性状

積算温度と強度増進性状の関係をゴンペルツ曲線で近似した結果を図1に示す。電気炉酸化スラグ細骨材の混合の有無によらず、5℃養生の場合には20℃養生の場合と比較して、初期強度が低く、長期強度が高くなる傾向が見られる。特に、水セメント比35%ではその差が顕著である。これは、混和剤の影響とも考えられるが、現段階では明らかではない。

また、電気炉酸化スラグ細骨材の混合によって、初期強度

表1 実験計画表

W/C (%)	スラグ細骨材混合率 (vol%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	練り上がり温度 (℃)	試験項目
55	0, 10, 20, 30	18±2.5	4.5±1.0	5および20 (養生温度と同一)	圧縮強度試験 初期凍害試験 凍結融解試験
35	0, 10, 30	550±50*	3.0±1.0		

\*: スランブフロー値 (mm)

表2 骨材の物理試験結果

骨材種別	表乾密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	吸水率 (%)	単位容積質量 ( $\text{kg}/\text{l}$ )	実積率 (%)	粗粒率	
細骨材	陸砂	2.62	1.44	1.71	66.2	2.47
	スラグ	3.68	0.80	2.36	64.6	2.71
粗骨材	砕石	2.69	1.27	1.57	59.0	6.75

表3 コンクリートの調合

W/C (%)	s/a (%)	単位水量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	絶対容積 ( $\text{l}/\text{m}^3$ )			混和剤 (c×%)	
			セメント	細骨材	粗骨材	AE	SP
55	44.9	180	104	301	370	1.2	—
35	44.9	176	159	285	350	—	1.0

表4 練り上がり性状

記号	練り温 (℃)	スランブ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)	単位容積質量 ( $\text{kg}/\text{l}$ )	フリーディング率 (%)
55-0	22.0	20.8	—	3.9	2308	3.5
	8.5	21.3	—	5.3	2274	—
55-10	21.3	19.6	—	4.3	2329	4.9
	8.0	21.3	—	4.7	2293	—
55-20	20.5	19.7	—	4.6	2363	5.7
	6.0	21.0	—	5.8	2321	—
55-30	20.7	18.8	—	4.9	2388	6.3
	5.0	22.0	—	5.7	2357	—
35-0	22.5	—	575×550	2.6	2385	0
	5.5	—	280×285	3.9	2354	—
35-10	22.5	—	595×605	2.2	2429	0
	4.9	—	300×290	4.0	2369	—
35-30	23.0	—	590×575	2.1	2490	0
	8.0	—	365×360	4.0	2425	—

表5 初期凍害試験の条件

凍結融解試験の条件		圧縮強度試験の材齢
前養生	5℃封緘養生で圧縮強度5N/mm <sup>2</sup> をばさむ4材齢	凍結融解用供試体 ○凍結融解開始時 ○凍結融解終了時 ○後養生(材齢28日)終了時
凍結融解	気中凍結水中融解 6サイクル 凍結: -18℃、2.5時間 融解: 5℃、1.5時間	
後養生	20℃封緘養生・材齢28日まで	比較用供試体 ○20℃養生、材齢28日

が低く、長期強度が大きくなる傾向にあるが、その差は養生温度による影響よりも小さい。

2) 初期凍害抵抗性

図2に凍結融解開始時の圧縮強度と凍結融解後の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。水セメント比および電気炉酸化スラグの混合率によらず、凍結融解開始時に2~3 N/mm<sup>2</sup>の圧縮強度であれば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。このことから、電気炉酸化スラグ骨材を細骨材の30vol%までの範囲で混合した場合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/mm<sup>2</sup>と考えると良い。

図3に5 °C養生の場合に圧縮強度5 N/mm<sup>2</sup>が得られる積算温度を示す。水セメント比35%では混合率による差はほとんど見られないが、水セメント比55%では混合率が高いほど、圧縮強度5 N/mm<sup>2</sup>が得られる積算温度が増加する傾向にあるので、寒中コンクリートの初期養生では注意が必要である。

3) 耐凍害性

図4に電気炉酸化スラグ骨材の混入率と耐久性指数の関係を示す。水セメント比および電気炉酸化スラグ骨材の混合率による差はほとんど認められない。本研究ではAEコンクリートを対象としており、すべてのコンクリートで耐久性指数90以上の優れた耐凍害性を示している。

図5にブリーディング率と凍結融解300サイクル終了時の質量減少率の関係を示す。電気炉酸化スラグ骨材は密度が3.68g/cm<sup>3</sup>と大きいので、水セメント比55%では電気炉酸化スラグの混合率が高いほどブリーディング率が高くなっているが、質量減少率に差はなく、電気炉酸化スラグ骨材の混合によるスケーリング劣化に対する悪影響はないといえる。

4. まとめ

電気炉酸化スラグ骨材を細骨材の一部として30vol%までの範囲で用いたコンクリートの寒冷地性能について検討を行った。得られた結果を以下に示す。

- (1) 強度増進性状は普通コンクリートと同等である。しかし、水セメント比55%の低温養生の場合には、電気炉酸化スラグ骨材の混入率が高いほど、初期強度発現が遅くなる傾向にある。
- (2) 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、初期凍害の防止のために必要な圧縮強度は5 N/mm<sup>2</sup>とすることができる。
- (3) 耐凍害性は普通コンクリートと同等である。また、電気炉酸化スラグ骨材は密度が高いため、水セメント比55%ではブリーディングが多くなる傾向があるが、スケーリング劣化に対する悪影響はなかった。

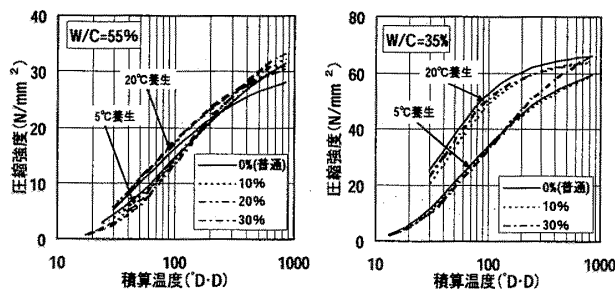


図1 圧縮強度増進性状

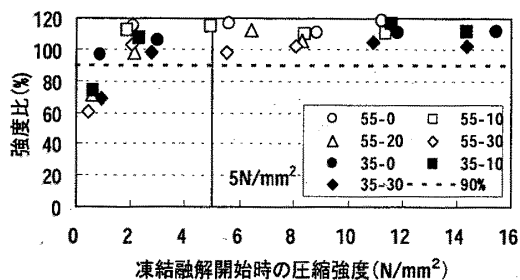


図2 凍結融解開始時の圧縮強度と840 °D・D時の強度比の関係

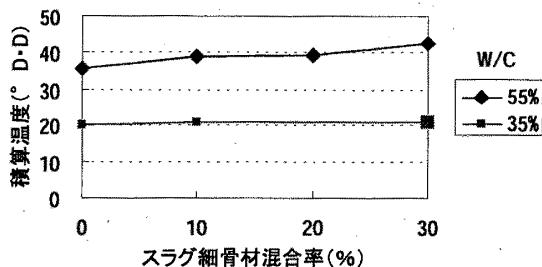


図3 電気炉酸化スラグ細骨材の混合率と5N/mm<sup>2</sup>を得る積算温度の関係

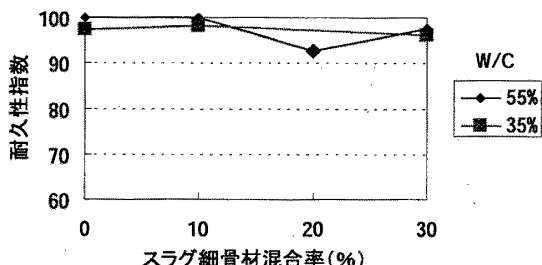


図4 電気炉酸化スラグ細骨材の混合率と耐久性指数の関係

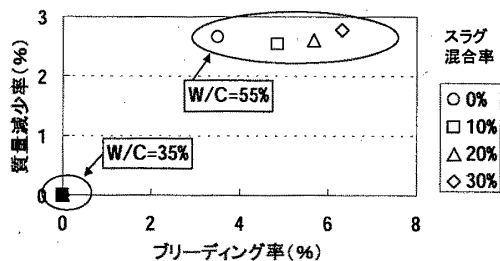


図5 ブリーディング率と質量減少率の関係

\*1 室蘭工業大学  
 \*2 北海道職業能力開発大学校  
 \*3 釧路工業高等専門学校

\*1 Muroran Institute of Technology  
 \*2 Hokkaido Polytechnic College  
 \*3 Kushiro National College of Technology