

スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートに対する骨材種類の影響

和歌山工業高等専門学校 正会員 ○三岩敬孝
 阿南工業高等専門学校 正会員 天羽和夫
 高知工業高等専門学校 正会員 横井克則
 和歌山工業高等専門学校 正会員 中本純次

1. はじめに

産業副産物の有効利用と天然資源の温存を目的とし、ポルトランドセメントを全く使用しないスラグ石膏セメントを結合材としたポーラスコンクリートについて、使用する骨材の種類が強度および耐久性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

スラグ石膏セメントの主材料である高炉スラグ微粉末は、比表面積が 4060 g/cm^2 のものを使用した。また、アルカリ刺激材として火力発電所から副産される排煙脱硫石膏（以後石膏と呼ぶ、密度 2.13 g/cm^3 、二水石膏）および試薬である水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)を使用した。さらに比較用として、普通ポルトランドセメント（密度 3.15 g/cm^3 ）を使用した。なお、使用した高炉スラグ微粉末は、JIS の範囲内で認められている石膏が予め添加されているものである。表-1 に実験に使用した高炉スラグ微粉末の化学組成を示す。また、骨材は、高炉除冷スラグ骨材（表乾密度 2.66 g/cm^3 、吸水率 2.93%、粗粒率 6.67、最大寸法 15mm、実積率 54.6%）、製鋼スラグ骨材（転炉スラグ、表乾密度 3.01 g/cm^3 、吸水率 5.17%、最大寸法 15mm、実積率 60.5%）および兵庫県赤穂産碎石（表乾密度 2.63 g/cm^3 、吸水率 0.56%、粗粒率 6.50、最大寸法 15mm、実積率 55.0%）を表乾状態で使用した。本実験で使用したポーラスコンクリートの配合を表-2 に示す。

表-1 高炉スラグ微粉末の化学組成

比表面積 (cm^2/g)	密度 (g/cm^3)	化学組成(%)					
		SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	SO_3
4060	2.89	33.8	13.8	0.1	42.8	5.2	1.9

表-2 ポーラスコンクリートの配合

配合の 種類	目標 空隙 率(%)	石膏 置換 率(%)	Ca(OH) ₂ 置換率 (%)	水粉体 比(%)	単位量(kg/m ³)						粗骨材の 種類
					水	セメント	高炉ス ラグ微 粉末	石膏	Ca(OH) ₂	粗骨材	
C-N	20	0	0	30	122	405	0	0	0	1447	天然
C-S				30	123	411				1450	徐冷
C-SM				30	101	335				1785	製鋼
S-N				30	121	404				1418	天然
SA-N		4.8	0.2	30	115	0	365	18.4	0.774	1447	天然
SA-S				30	117		371	18.7	0.786	1450	徐冷
S-SM		0	0	30	96	321	0	0	1785	製鋼	

2.2 試験項目

① 乾湿繰返し試験：
 乾湿繰返し試験には、
 自動制御式乾湿繰返し
 試験装置を使用した。

乾湿繰返し条件は、自然環境を配慮し、湿潤条件を 20°C 水中、乾燥条件を 40°C 気中(45%RH)とした。また、湿潤期間は 1 日、乾燥期間は 2 日で 1 サイクルとし、2 サイクル毎に動弾性係数の測定を行った。

② 凍結融解試験：凍結融解試験には、供試体の劣化の度合いを考慮し、気中凍結水中融解試験方法(B 法)を行った。凍結融解条件として、凍結温度は $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ 、融解温度は $5^\circ\text{C} \pm 2$ とし、凍結融解 1 サイクルに要する時間は、3 時間以上、4 時間以内となるように設定した。

③ 耐硫酸塩試験：耐硫酸塩試験として、硫酸マグネシウム溶液に対する抵抗性について検討した。浸漬溶
 キーワード：スラグ石膏セメント、ポーラスコンクリート、耐久性、製鋼スラグ骨材

連絡先：和歌山県御坊市名田町野島 77, TEL：0738-29-8454, FAX：0738-29-8469

液の濃度は10%とし、全ての供試体を40リットルの溶液中に浸かるように浸漬した。なお、浸漬材齢28日毎に溶液交換を行った。

3. 実験結果および考察

図-1に材齢28日における圧縮強度試験結果を示す。結合材にスラグ石膏セメント、粗骨材に天然碎石を使用したポーラスコンクリートは、材齢3日の脱型時には硬化しなかった。一般に、スラグ石膏セメントを使用したコンクリートは、強度発現が遅く、かつ、アルカリ刺激材は初期強度発現に大きく寄与している。天然碎石からは反応に必要なアルカリ成分が溶出されないために硬化しなかったものと考えられる。また、逆に製鋼スラグ骨材を使用した場合、アルカリ刺激材を後添加せずとも強度発現が見られ、製鋼スラグ骨材は、アルカリ刺激材として寄与しているといえる。

図-2に乾湿繰返し試験による相対動弾性係数の変化を示す。骨材に徐冷および製鋼スラグ骨材を使用したポーラスコンクリートは、乾湿繰返しによる劣化が緩やかな傾向を示している。徐冷スラグ骨材を使用したコンクリートの場合、骨材表面でセメントペーストが化学反応し、骨材と結合材との付着が良好となり強度が向上すること、また、乾湿繰返し試験では、乾燥条件として40℃の高温にすることから、高炉スラグ微粉末の反応が活性化していること等が考えられる。

図-3に凍結融解試験による相対動弾性係数の変化を示す。スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートは、アルカリ刺激材の有無、骨材の種類に関係なく早期に劣化した。スラグ石膏セメントを使用した場合、気中に曝されると表面の全空隙が増加し、強度が低下することが報告されている。本実験では、気中で凍結を行ったため、水中に浸漬される時間より、気中に曝される時間が長く、その結果、結合材としての強度が低下したのと考えられる。

図-4に耐硫酸塩試験による相対動弾性係数の変化を示す。スラグ石膏セメントを使用し、天然碎石および徐冷スラグ骨材を使用したポーラスコンクリートは早期に劣化した。しかし、製鋼スラグ骨材を使用した供試体は、普通ポルトランドセメントを使用したポーラスコンクリートには劣るものの、比較的長期に渡って強度を維持している。

4. まとめ

本実験の結果をまとめると次の通りとなる。

- (1)徐冷スラグ骨材は、ポーラスコンクリートの強度を若干向上させる性能を有し、製鋼スラグ骨材はアルカリ刺激材として、スラグ石膏セメントの水和に寄与する。
- (2)製鋼スラグ骨材を使用した場合、乾湿繰返しに対する抵抗性は、普通ポルトランドセメントを使用した場合とほぼ同様の傾向を示す。
- (3)凍結融解抵抗性は、いずれの骨材を使用したポーラスコンクリートにおいても劣化が著しい。
- (4)耐硫酸塩抵抗性は、製鋼スラグ骨材を使用した場合、比較的長期に渡って強度を維持することができる。

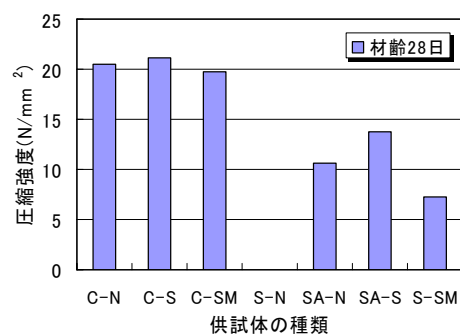


図-1 圧縮強度試験結果

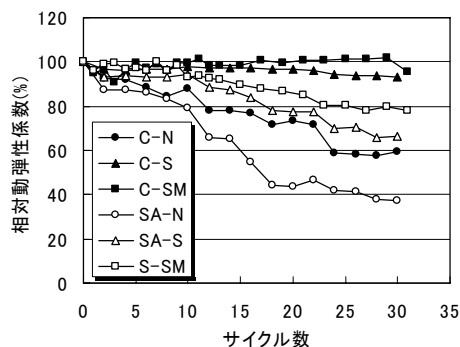


図-2 乾湿繰返し試験結果

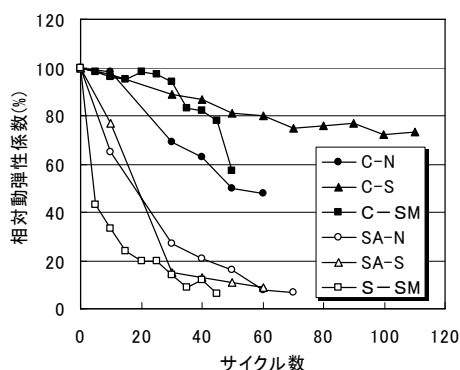


図-3 凍結融解試験結果

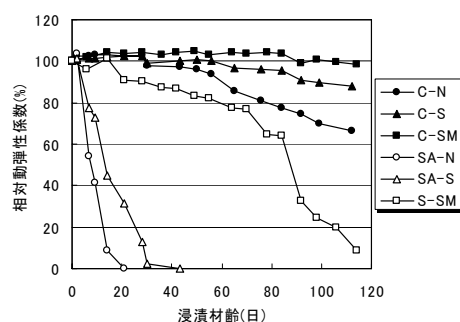


図-4 耐硫酸塩試験結果