

スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートの水環境への適用性について

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、さらに、骨材にもスラグ骨材を使用した環境負荷低減型ポーラスコンクリートの耐久性について実験し、水環境への適用性について検討した。

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 および 6140 g/cm^2 のものを使用した。また、アルカリ刺激剤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。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%) および兵庫県赤穂産砕石(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。

2.2 試験項目

表-1 高炉スラグ微粉末の化学組成

記号	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
S4	4060	2.89	33.8	13.8	0.1	42.8	5.2	1.9
S6	6140	2.89	33.2	13.7	0.6	42.1	5.8	2.0

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(%)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 置換率(%)	水紛体比(%)	単位量(kg/m^3)						
					水	セメント	スラグ	石膏	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	粗骨材	
										天然砕石	スラグ
C-N	20	0	0	30	122	405	0	0	0	1447	0
C-S				30	123	411				0	1450
S4-N		4.8	0.2	30	115	0	365	18.4	0.774	1447	0
S4-S				30	117		371	18.7	0.786	0	1450
S6-N				34	123		344	17.4	0.730	1447	0
S6-S				34	125		350	17.7	0.742	0	1450

に動弾性係数の測定を行った。

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。浸漬溶液の濃度は 10% とし、総本数 18 本の供試体を 40 リットルの溶液中に全て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。

pH 試験：pH 試験として、1 本の供試体($\phi 100 \times 200 \text{ mm}$)を 20 リットルの水中(水道水)に浸漬した場合における pH 値を測定した。測定には pH メータを使用し、浸漬材齢 7 日毎に行った。なお pH 値測定後、容器を洗浄し溶液の交換を行った。

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、環境負荷

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

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。スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートの圧縮強度は、普通ポルトランドセメントを使用したものより小さくなる。しかし、高炉スラグ微粉末の比表面積を大きくすることで、ある程度強度を改善することができるといえる。また、スラグ骨材を使用したポーラスコンクリートの圧縮強度が、砕石を使用したものに比較して大きくなっている。一般に砕石の表面はセメントペーストと化学反応を起こさないが、スラグ骨材は化学反応を起こし、その結果、ペーストと骨材との付着力が大きくなったためと考えられる。

図 2 に乾湿繰返し試験による動弾性係数の変化を示す。骨材に砕石を使用したポーラスコンクリートは、結合材の種類に関係なく、乾湿繰返しにより動弾性係数が低下した。特に、その傾向は、結合材としての強度が小さいスラグ石膏セメントを使用したものほど顕著であった。しかし、スラグ骨材を使用したものの低下は緩やかであり、特に、結合材に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はほとんど低下しなかった。これらのことから、スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートでは、圧縮強度の大きいものほど乾湿繰返しに対する抵抗性が優れているといえる。

図 3 に耐硫酸塩試験による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、ポーラスコンクリートとしての強度の小さい配合から順に動弾性係数が低下した。特に、比表面積 $4060\text{cm}^2/\text{g}$ の高炉スラグ微粉末を使用したものの低下は著しい。しかし、スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートの硫酸塩に対する劣化機構は、普通のコンクリートと異なるものの、強度発現性は水中養生を行うことによりポルトランドセメントを使用したものと同様の傾向を示すことから、ポーラスコンクリートとしての強度を改善することで、耐硫酸塩抵抗性を向上させることができ、海洋構造物への適用も可能であると思われる。

図 4 にスラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートの水中浸漬にともなう溶液の pH 値の変化を示す。スラグ石膏セメントを使用したポーラスコンクリートの測定開始時点での pH 値は約 9.4 に対し、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は約 10.5 であり、pH 値で約 1 の違いが見られる。その後、材齢の経過とともに、いずれのポーラスコンクリートも pH 値が徐々に低下しているが、その差はあまり変わらない傾向を示した。このことから、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、アルカリ分の溶出に伴う水環境への負荷の小さいコンクリートであるといえる。

4. まとめ

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、スラグ骨材および高粉末度の高炉スラグ微粉末を使用することによって、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と同等の強度発現をし、水環境への適用性を備え、環境負荷の小さいコンクリートとすることができる。

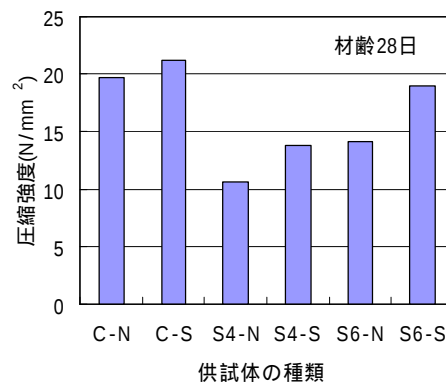


図 1 圧縮強度試験結果

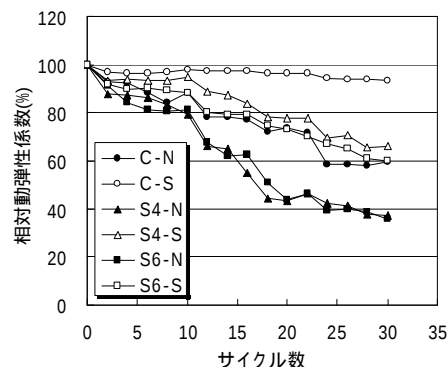


図 2 乾湿繰返し試験結果

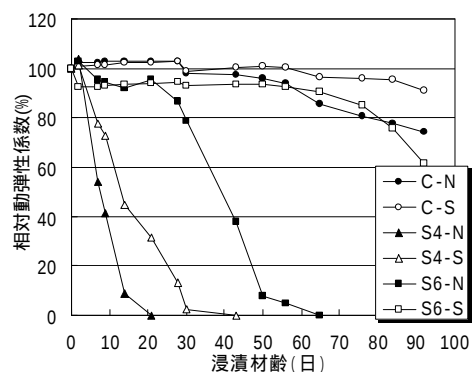


図 3 耐硫酸塩試験結果

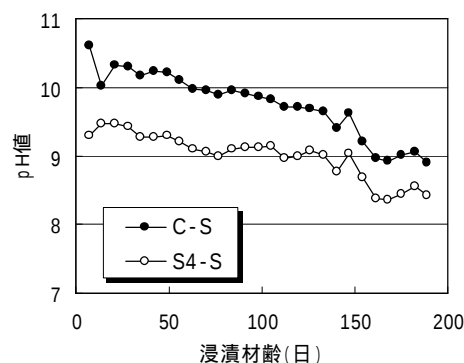


図 4 pH 試験結果