

V-26 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耐凍害性(その2)

高知工業高等専門学校専攻科 学生会員○前田 傑
 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 三岩敬孝
 阿南工業高等専門学校 正会員 天羽和夫

1. はじめに

昨年は、結合材として、高炉スラグ微粉末と排煙脱硫石膏及び水酸化カルシウムを混合したものを、粗骨材として高炉徐冷スラグを使用したポーラスコンクリートの凍結融解試験を行い、耐凍害性は小さいという結果を得た。本年は、高炉スラグ微粉末に少量のアルカリ刺激剤を使用することで硬化するスラグ石膏セメントのセメントペースト及びモルタルを結合材として使用し、骨材として使用した製鋼スラグ中に含まれる遊離石灰等をアルカリ刺激材とした産業副産物のみからなるポーラスコンクリートの強度及び耐凍害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 $4060\text{cm}^2/\text{g}$ のものを使用した。その化学組成を表 1 に示す。普通セメント(密度 $3.15\text{g}/\text{cm}^3$)を比較用結合材として使用した。

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	

モルタル用細骨材として、製鋼スラグ細骨材(転炉スラグ、表乾密度 $2.98\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 4.96%、粗粒率 3.25)、ポーラスコンクリート用骨材として製鋼スラグ粗骨材(転炉スラグ、表乾密度 $3.01\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 5.17%、最大寸法 15mm、実積率 60.5%)及び兵庫県赤穂産碎石(表乾密度 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 0.56%、最大寸法 15mm、実積率 55.0%)を使用した。

2.2 配合

実験に使用したポーラスコンクリートの配合を表 2 に示す。水粉体比は 30%、目標空隙率は 20%の一定とし、比較用として普通セメントを使用した配合及びモルタル容積中の細骨材容積を 20vol%とした配合について検討した。

表 2 ポーラスコンクリートの配合表

配合の種類	空隙率 (%)	水粉体比 (%)	細骨材容積率 (%)	単位量 (kg/m^3)					
				水	セメント	高炉スラグ微粉末	細骨材	粗骨材	
								天然碎石	製鋼スラグ
S-N	20	30	0	121	0	404		1418	0
S-S			0	96	0	321	0	0	1785
SM-S			20	77	0	257	123	0	1785
C-N			0	127	423	0	0	1418	0
C-S			0	101	335	0	0	0	1785
CM-S			20	81	268	0	123	0	1785

2.3 実験方法

強度は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の供試体を用いて、材齢 7 日、28 日、91 日において圧縮強度試験(JIS A 1108)により求めた。

凍結融解試験は気中凍結水中融解試験方法(B 法)を材齢 28 日の供試体($10 \times 10 \times 40\text{cm}$)で行った。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 $5 \pm 2^\circ\text{C}$ 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。また、劣化の程度はたわみ振動の 1 次共鳴振動数から相対動弾性係数を計算し、評価した。

3. 結果及び考察

3.1 圧縮強度

材齢 28 日におけるポーラスコンクリートの圧縮強度試験結果を図 1 に示す。

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、アルカリ刺激剤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しなため硬化しなかったものと考えられる。このことから製鋼スラグ骨材は高炉スラグ微粉末の反応に寄与しているといえる。

また、天然碎石と製鋼スラグ骨材を比較すると製鋼スラグ骨材の方の強度が小さい。一般に骨材としてスラグ骨材を使用した場合、天然碎石を使用したコンクリートに比較して強度は大きくなる。これは、天然碎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、また、骨材表面に凹凸があることなどからペーストとの付着力が大きくなるためといわれている²⁾。本実験では、使用した製鋼スラグが天然骨材と比較して実績率が大きいことから、配合上水粉体比を一定としたことにより単位セメント量が減少している。このため、特に細骨材を使用した配合では強度の低下が著しくなったと思われる。

強度を向上させるためには単位結合材量を増加させ、さらに、製鋼スラグ骨材は表面に微粒分が付着している場合が多いことから、微粒分の除去等の対策が必要であると考えられる。

3.2 凍結融解に対する抵抗性

凍結融解試験による相対動弾性係数の変化を図-2に、重量減少率を図-3に示す。

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、結合材にペースト及びモルタルを使用したいずれの配合も、早期に動弾性係数が低下した。スラグ石膏セメントを使用したコンクリートでは、普通コンクリートに比べて空気量を大きくすることで凍結融解に対する抵抗性が向上することが報告されているが、そのためには水粉体比を小さくし、強度を大きくする必要がある。このため、スラグ石膏セメントを凍結融解作用の厳しい構造物に用いることは不利とされている³⁾。特に、ポーラスコンクリートは多孔質であり表面積が大きくなることから、気中凍結水中融解試験(B法)では供試体が気中に曝されることにより強度が低下することが考えられる。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の耐凍害性は劣ると判断できる。

また、重量減少率は相対動弾性係数の結果と同じ傾向にある。普通セメントを使った供試体については後期に至ると表面的にはほとんど破損していないことがわかる。

4. まとめ

- (1) 製鋼スラグ骨材は、その骨材に含まれる遊離石灰等のアルカリ成分が刺激材となり、スラグ石膏セメントを硬化させることができる。
- (2) 普通セメントを全く使用しないポーラスコンクリートの場合、耐凍害性は大きく劣っている。

参考文献

- 1) 前田傑・横井克則・三岩敬孝・天羽和夫：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耐凍害性，土木学会四国支部講演概要集，pp.296-297，2005.5
- 2) 依田彰彦：特殊な材料を用いたコンクリート(その15)高炉スラグ骨材，コンクリート工学，Vol.25，No.2，pp.77-83，1987.2
- 3) 小林一輔・魚本健人：高炉水砕スラグ・排煙脱硫せつこう系セメントを用いたコンクリートの諸問題とその対策，セメント・コンクリート，No.409，pp.8-15，1981.3

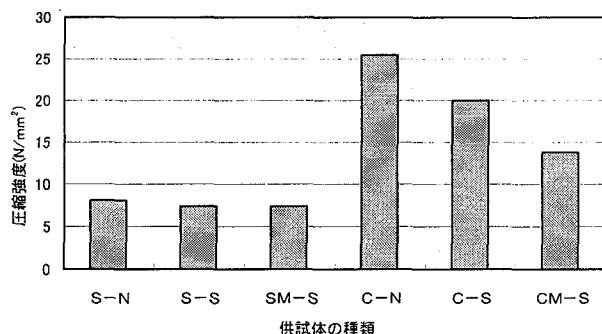


図-1 圧縮強度試験結果

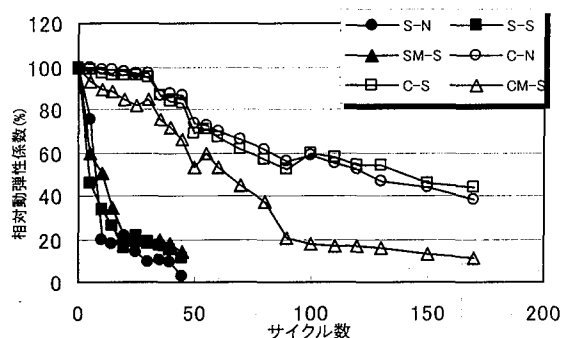


図-2 凍結融解試験結果(相対動弾性係数)

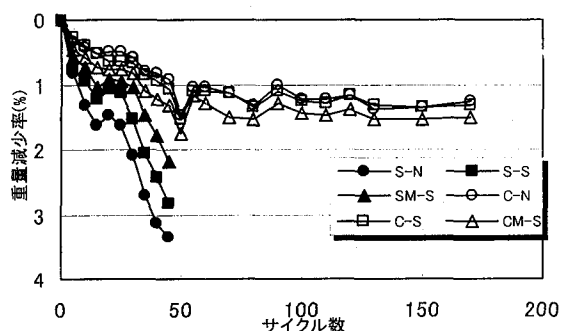


図-3 凍結融解試験結果(重量減少率)