

V-10 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

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

近年、地球環境の保全を目的とした産業副産物の有効利用に関する研究が盛んに行われている。コンクリートの主材料の1つであるセメントは原料となる石灰石が天然資源であり、かつセメントの生産に伴って大量に排出されるCO₂は地球温暖化に大きな影響を及ぼしている。また、骨材に関しては良質な天然骨材の採取が困難であるのが現状である。そこで、本研究では、産業副産物の有効利用と天然資源の温存、かつ環境負荷低減型のコンクリートの開発を目的とし、結合材にはポルトランドセメントを全く含んでいないスラグ石膏セメントを使用し、骨材には高炉スラグを使用したポーラスコンクリートの圧縮強度と耐凍害性について実験し、その適用性について検討した。

2. 実験方法

2.1 使用材料とコンクリートの配合

使用材料は、スラグ石膏セメントの主原料として高炉スラグ微粉末(比表面積 4000 cm²/g および 6000 cm²/g 程度のもの)、アルカリ刺激剤として、排煙脱硫石膏(密度 2.13g/cm³、二水石膏)および試薬である水酸化カルシウム、比較用として普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³、比表面積 3260cm²/g)、高炉徐冷スラグ粗骨材(表乾密度 2.66g/cm³、吸水率 2.93%、粗粒率 6.67、最大寸法 15mm、実積率 54.6%)、比較用として兵庫県赤穂産砕石(表乾密度 2.63g/cm³、吸水率 0.56%、粗粒率 6.50、最大寸法 15mm、実積率 55.0%)を用いた。各ポーラスコンクリートの配合は表-1に示す。

2.2 供試体の作製および養生方法

ポーラスコンクリートは、所定量の粉体および骨材をミキサ(水平二軸強制練りミキサ、容量 55ℓ)に投入し、30 秒間空練りを行った後、水を投入し 2 分 30 秒間の計 3 分間練り混ぜた。

凍結融解試験用供試体は□100×100×400mmの角柱供試体とし、コンクリートは 2

表-1 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)						
					単位量(kg/m ³)					粗骨材	
					水	セメント	スラグ	石膏	Ca(OH) ₂	天然砕石	スラグ
C-G	20	0	0	30	122	405	0	0	0	1447	0
C-S				30	123	411				0	1450
S4-G		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-G				34	123		344	17.4	0.730	1447	0
S6-S				34	125		350	17.7	0.742	0	1450

層に詰め、各層突き棒により突き固めた。圧縮強度用供試体はφ100×200mmの円柱供試体とし、コンクリートは 3 層に詰め、各層突き棒による突き固めを行った。なお、供試体の上下面は、ポーラスコンクリートと同配合のペーストによりキャッピングを施した。

供試体は、コンクリート打設後、材齢 3 日まで恒温恒湿室内(室温 20℃、湿度 50%)に静置し、脱型後、試験の開始材齢(材齢 28 日)まで水中養生(水温 20±1℃)した。

2.3 強度試験と凍結融解試験

ポーラスコンクリートの強度は、材齢 28 日において圧縮強度試験(JIS A 1108)により求めた。気中凍結水中融解試験方法(JIS A 1148)は凍結融解条件として凍結温度を-18±2℃、融解温度を 5±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。耐凍害性の評価は、動弾性係数試験(JIS A 1127)により測定したたわみ振動の 1 次共鳴振動数から相対動弾性係数を計算して行った。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

材齢 28 日における圧縮強度試験結果を図-1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った。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、約30～40%程度、強度を改善することができた。

また、いずれの配合においても、スラグ骨材を使用することによって、圧縮強度が砕石を使用したものよりも大きくなった。これは、スラグ骨材の表面がセメントペーストと化学反応を起こし、ペーストとスラグ骨材との付着力が、砕石との付着力より大きくなったためと考えられる。

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では、スラグ骨材の使用および比表面積の大きな高炉スラグ微粉末の使用は、強度改善に有効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動弾性係数の変化を図-2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、高炉スラグ微粉末の比表面積の大きさおよび骨材の種類に関係なく、普通ポルトランドセメントを使用したものに比較して早期に動弾性係数が低下した。これは、スラグ石膏セメントを使用したコンクリートは、気中養生を行った場合、早期に中性化し、コンクリート表面の全空隙が増大し強度が低下するといった報告²⁾があることから、本実験では気中凍結水中融解試験を適用したことにより、湿潤時間より乾燥時間が長く、その結果ペーストの中性化が進行し、結合材としての強度が低下したことが原因であると考えられる。

また、スラグ石膏セメントを用いたポーラスコンクリートで比較すると、比表面積の大きいものは、小さいものに比べ早期に相対動弾性係数が低下し、破壊時のサイクル数で40%程度早く破壊に至った。これは、高炉スラグ微粉末の比表面積が大きくなると、同一水粉体比でのペーストの流動性が小さくなるため、流動性を統一した本実験では水粉体比が4%大きくなり、単位水量が増え、ペースト中の水の凍結による膨張で早期に破壊されたためと考えられる。

一方、結合材として普通ポルトランドセメントを使用した場合、砕石を使用したポーラスコンクリートの劣化が著しくなっている。これは、スラグ骨材を使用したポーラスコンクリートの方が圧縮強度が大きいことと、スラグ骨材内部に数多く存在する気泡がエントレインドエアと同じ働きをすることで、凍結による膨張圧を逃がす働きが生じた為と考えられる。

4. まとめ

- (1)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、普通ポルトランドセメントを使用したものに比較して、凍結融解に対する抵抗性は劣った。
- (2)水粉体比が4%大きくなると、凍結融解に対する抵抗性は破壊時のサイクル数で40%程度低下した。
- (3)普通ポルトランドセメントを使用し、高炉徐冷スラグ粗骨材を使用したポーラスコンクリートは、今回の実験条件の中では凍結融解に対する抵抗性が最も優れていた。

参考文献

- 1) 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，No2，1987.2，pp.77-83
- 2) 小林一輔，魚本健人：スラグ石膏系セメントを用いたコンクリートの耐久性，生産研究，32巻，3号，1980.3，pp.4-10

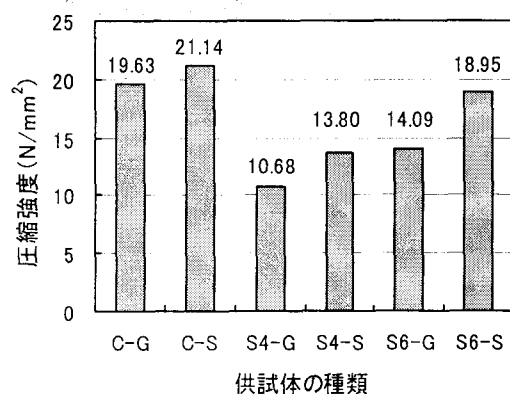


図-1 圧縮強度試験結果

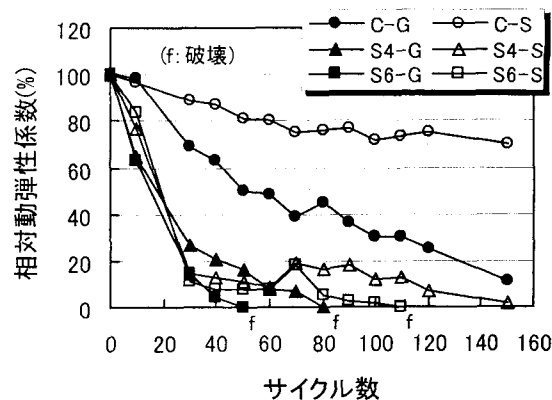


図-2 凍結融解試験結果