

V-513 高炉スラグ微粉末を用いた結合材のスラグ品質， 石膏添加量および置換率の耐硫酸塩性に及ぼす影響

西日本工業大学 フェロー会員 沼田 晋一

1 はしがき

この研究は、先に発表したモルタルバーの6ヶ月膨張率の結果¹⁾を更に長期に亘って求め、ポルトランドセメントの種類と高炉スラグ微粉末中の石膏量を変えた場合の高炉スラグ微粉末の耐硫酸塩性に対する置換率の効果を調べたものである。

先に発表した石膏を添加しない高炉スラグ微粉末を用いた結合材のモルタルバー膨張試験の結果は、OPC(普通セメント)使用の場合、置換率30～70%の範囲で膨張率は基準のOPCだけの場合よりも大きく、LPC(低熱セメント)でも置換率30%程度では基準セメントよりも大きくなった。また、あらかじめ石膏を添加した高炉スラグ微粉末を用いると、膨張率はある添加量から抑制されることが判明した。

この報告は、MPC(中庸熱セメント)の場合も含めて、1～3年以上硫酸塩溶液で試験したモルタルバーから、スラグの品質(アルミナ含有量、粉末度など)、その石膏添加の程度および置換率が膨張率に及ぼす影響を調べ、高炉スラグ微粉末を使用することが、耐硫酸塩性を改悪する範囲と改善する範囲を調べ、さらに後者については、膨張率0.1～1.0%の準安定域および0.1%未満でLPCでも達成できない安定な領域を求めたものである。特に、スラグ中の Al_2O_3 量は、使用するポルトランドセメントの C_3A 量や置換率とともに所要の石膏添加量に関係するので、 Al_2O_3 量と必要とする石膏添加量と置換率の関係も求めた。

2 試料と試験方法

ポルトランドセメントは、混合材を含まない普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント及び低熱ポルトランドセメントとした。高炉スラグ微粉末は石膏を含まないものに、別途副産石膏粉末を適宜添加したものとした。高炉水砕スラグはアルミナ含有量の異なるもの(13.8～15.4%)を数種類選んで、これを4000～10000 cm^2/g 程度まで適宜粉碎した。

モルタルバーの作製に用いる細骨材は、相馬砂と豊浦砂を2:1で混合した珪砂を用いた。モルタルの配合は $W/C=45\%$ 、 $S/C=2.25$ (ときとして2.5も使用)とし、10×160×160mmの短冊状に成形したモルタルバーは、ASTM C 1012に準じて養生し、所要強度(20MPa)到達後3% SO_4^{2-} の硫酸ナトリウム溶液に浸して、ASRのモルタルバー試験に用いるコンパレーターで長さ測定を行った。

3 試験結果とまとめ

試験結果の概要を以下に示す。スラグの粉末度は特に断らない限り4000 cm^2/g 級とする。

(1) 各ポルトランドセメントの硫酸塩膨張崩壊までの期間は次のようであった。

OPC(8.4% C_3A) 17週； MPC(4.0% C_3A) 60～86週； LPC(2.2% C_3A) 206週

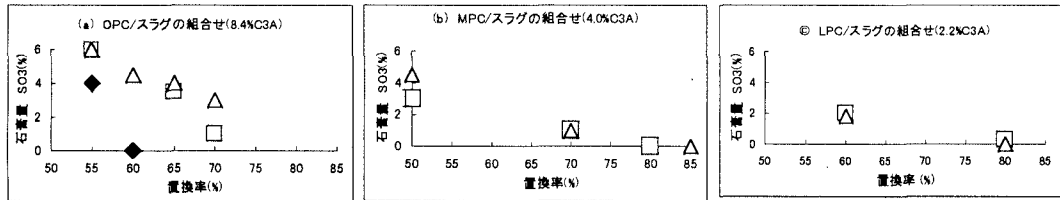
(2) 高炉スラグ微粉末(アルミナ量14%、粉末度4000 cm^2/g)を各ポルトランドセメントと組み合わせた場合、上記の膨張崩壊期間と同等の石膏添加量と置換率の関係は、図-1のようになり、このプロットよりも左側ではスラグ使用はそのセメントよりも改悪となり、右側は改善効果が得られる範囲を示す。

同一置換率に対する改悪とならない所要石膏量は、ポルトランドセメントの種類によって異なり、

キーワード：耐硫酸塩性，高炉スラグ微粉末，アルミナ量，石膏量，置換率

連絡先 〒800-0394福岡県京都郡苅田町新津1633，TEL0930-23-1491，FAX0930-24-7900

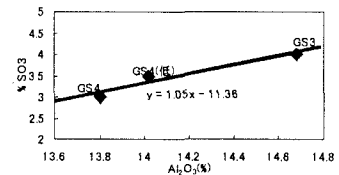
C₃A量が少ないものほど少なくてすむ。また、このプロットを延長し、石膏を含まない高炉スラグ微粉末(0%SO₃)によって、LPC並みの耐硫酸塩性を得るは、どのポルトランドセメントの場合も、80～85%の置換率が必要であることが推察できる。



OPCと同等の性能； □ MPCと同等の性能； △ LPCと同等の性能

図-1 石膏添加量と置換率が各種ポルトランドセメントの耐硫酸塩性と同等の性能を発揮する限界

- (3) アルミナ量の異なるスラグを用い、置換率65%のOPC-スラグ結合材の2.5年膨張率を0.05%以下とする所要石膏量を求めた。アルミナ量の多いスラグほど所要石膏量が多く、アルミナ1%の増加につき、約1.0%SO₃の石膏添加量の増加が必要であった(図-2)。



- (4) 置換率60%のLPC/スラグ組合せにおいて、スラグの粉末度を変えた場合、2カ年膨張率を0.1%以下にする所要石膏量は表-1のようであった。

図-2 置換率65%におけるAl₂O₃の影響

これは、同一水結合材比(=0.45)で所要強度20MPaに到達後試験溶液に水浸したが、初期の材齢においては試験液の中で水和が進行し、透過性の小さい緻密な組織が発達し、侵食溶液の浸透を抑制する効果が、スラグの粉末度に応じて大きいことを意味している。

表-1 粉末度の所要SO₃に対する効果

スラグ粉末度(cm ² /g)	所要SO ₃ 量(%)
4,000	相当に大きい(4以上?)
6,000	2.6程度
8,000	1.8程度
10,000	0

- (5) 図-3は、「OPC/14%Al₂O₃スラグ」の組合せについて、(1)の結果を詳しく解析したものである。「改悪」域(黒塗)とはスラグ置換がOPCよりも耐久性が低下する範囲である。その右に存在する「不安定」域(斜め格子)は1年膨張率が1.0%または膨張崩壊した範囲である。「準安定」域(右下り斜線)は膨張率0.1～1.0%の範囲である。「安定」域(左下り斜線)は膨張率0.1%以下を示す。なお、LPCの1年膨張率は0.25%、MPCは0.5～0.8%、OPCは短期間で崩壊した。

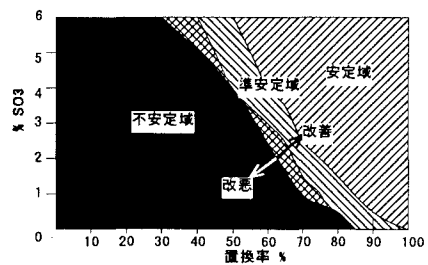


図-3 OPC/スラグ(14.0%Al₂O₃)の耐硫酸塩性

以上まとめると、高炉スラグに含まれるアルミナは用いる結合材の硫酸塩に対する抵抗性に著しく影響を及ぼし、高炉スラグ微粉末あるいは結合材にアルミナ含有量に応じて適量の石膏添加することによって、耐硫酸塩性を改善できる。その量は置換率にも関係する。得られた結果は、既往の文献²⁾よりも、かなり大きな所要石膏量と置換率を要求していると考えられ、耐硫酸塩セメントを超える性能が期待できる。

参考文献1) 沼田哲一 第49回土木学会全国大会講演概要集V, pp460-461, H6.9

2) Locher, F.W., Zement-Kalk-Gips Nr.19, s395, 1966.