

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリート製品の色むらに関する検討

(株) ヤマックス 正会員 ○久野俊文*
(株) ヤマックス 松本康資*

(株) ヤマックス 松田 学*

1. はじめに

最終処分場の延命対策ならびに海砂採取制限等による天然骨材の枯渇問題の両面において、ごみ溶融スラグはコンクリート用細骨材として有望視されている。筆者らは前報¹⁾において、ごみ溶融スラグの細骨材置換率、粗粒率および養生方法における圧縮強度への影響を検討し、また、耐久性試験ならび実規模製品による実証試験により、通常製品と同様なコンクリート製品が製造できることを明らかにした。しかし、その後の検討において製品表面に色むらが散見されるようになり、実用化における美観上の課題が残った。そこで、本研究ではごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリート製品に生じた色むらの原因および対策について種々検討を行った。

2. 製品表面の色むら

図1に製品表面に発生した色むらを示す。ごみ溶融スラグを用いたコンクリート製品に発生した色むらは、灰色系で部分的に肌荒れが確認された。通常のコンクリート製品でも、冬期に灰色系の色調内で濃淡差による色むらが発生する。この場合、時間経過とともに目立たなくなるが、今般の色むらについては、数ヶ月経っても識別できるものであった。

溶融スラグの含有成分の中で有害とされているものは、酸化カルシウム、全硫黄、三酸化硫黄、金属鉄、金属アルミニウムがあり²⁾、硫化鉄による青色系、金属鉄による茶色系および金属アルミニウムとセメント中のアルカリ成分との反応による水素ガスに起因する色むらの可能性が示唆される（(1)式）。なお、製品製造に用いた溶融スラグは、化学成分、溶出試験およびモルタル膨張率等の安全性において、TRA0016に適合するものを用いている。



3. 溶融スラグの品質による色むら原因

(1) 粗粒率

表1に実験に供した溶融スラグの粒度分布を示す。なお、図1の色むらを生じた溶融スラグの粒度分布を併記した。粒度は、磁選処理された溶融スラグを摩砕回転数1000rpm、850rpmおよび750rpmで調整した。これら3水準の溶融スラグを用い、水セメント比45%、細骨材率40%（細骨材：溶融スラグ単味、粗骨材：角閃岩系碎石）の配合条件において、曲げ試験用の角柱供試体を作製し外観を確認した。図2に粗粒率による色むらの発生状況を示す。その結果、粗粒率が最も小さい溶融スラグ（FM2.36）を用いた場合のみ、色むらの発生が認められた。

図1の色むらを生じた溶融スラグの粗粒率（FM2.68）とは乖離するが、0.15mmのふるいを通過した細粒分については、約10%とほぼ一致していることから、細粒分量の影響が懸念される。

(2) モルタルの膨張



図1 製品の色むら

表1 溶融スラグの粒度分布

ふるいの呼び寸法 (mm)	各ふるいにとどまる量の累計 (%)			色むらスラグ
	摩砕機の回転数			
	1000rpm	850rpm	750rpm	
10	0	0	0	0
5	0	0	0	0
2.5	1	0	2	2
1.2	11	13	27	30
0.6	52	58	69	64
0.3	77	85	89	82
0.15	89	94	95	90
受皿	100	100	100	100
粗粒率	2.36	2.50	2.82	2.68



図2 粗粒率による色むら発生状況
(左から FM2.36、2.50、2.82 の供試体)

Keyword：ごみ溶融スラグ、色むら、粗粒率、ブリーディング、金属アルミニウム

連絡先：*熊本市水前寺 3-9-5 TEL096-383-1675、FAX096-381-6554

モルタル膨張率試験は、金属アルミニウムの定量的な評価方法である TR A 0016 附属書 1 に準拠して測定を行った。モルタル配合は、質量比で水 1 : セメント 2 : 細骨材 2.25 として、細骨材には熔融スラグを単味で使い、同様なワーカビリティを得るように高性能減水剤で適宜調整した。測定結果を図 3 に示す。なお、図中にはブリーディング量を併記した。実験の結果、モルタル膨張率はいずれも規定値 2% 以下を満足した。ブリーディング量は、熔融スラグの粗粒率が小さくなるほど、増加する結果となった。

ところで、モルタル膨張率の試験方法については、その測定精度の低さを指摘する報告³⁾もあることから、同様なモルタル配合において、埋込みゲージによる硬化時の長さ変化の測定も行った(図 4)。実験には、海砂細骨材(粗粒率 2.56)を用いたモルタル配合を比較用として追加した。熔融スラグ細骨材を用いたモルタル配合は、測定中に試験体の上面からガスが抜けた痕跡を確認しており、その影響から測定値は前述の実験値と異なって収縮傾向となったが、海砂を用いたモルタル配合と比較するとその差は明らかである。また、粗粒率が小さい熔融スラグほど収縮ひずみが小さくなっており、結果として相対的には膨張傾向にあることが伺える。

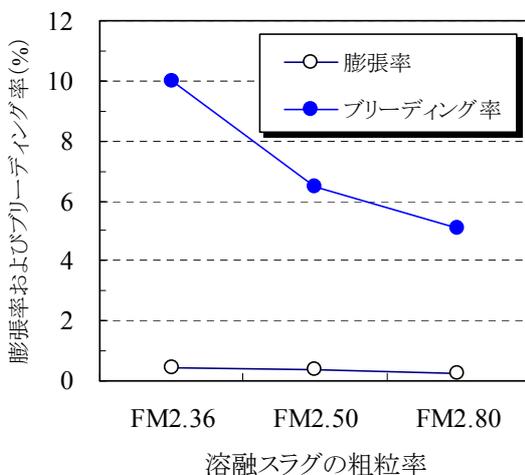


図 3 膨張率とブリーディング量の測定結果

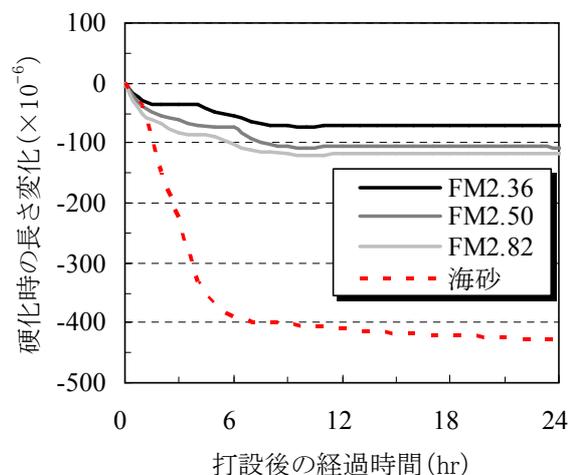


図 4 硬化時の長さ変化

4. 色むら抑制対策

(1) ノンブリージングコンクリート

熔融スラグの含有成分および表面の色むら・肌荒れ状況から判断して、色むら原因に金属アルミニウムが関与している可能性が最も高いと考える。これまでの実験から色むらを発した熔融スラグは細粒分量が多く、加えてブリーディング量も多い。摩砕処理で細かく粉砕された熔融スラグは、スラグ中の金属アルミニウムも同様に摩砕されて微粉化し、ブリーディング水とともに移動しやすくなって色むらを発したと想定し、ブリーディング量の少ない硬練りコンクリート (SL=5cm) および微粉末系混和材を用いた粉体系高流動コンクリート (Sf=60cm) を用いて角柱供試体の外観確認を行った。しかし、いずれのコンクリートにおいても色むらの抑制効果は得られなかった。

(2) 自然エージングによる安定化処理

金属アルミニウムは大気中で酸素と結びやすく、薄い酸化アルミニウムの皮膜を形成して安定化する。一般的には、電解処理等により緻密な酸化皮膜を形成することが多く、大気中の酸化皮膜で強アルカリに対する耐食性に効果があるかは疑問であるが、色むらを発した熔融スラグを屋外暴露(自然エージング)して、6ヶ月以上の経過した後、同様に外観の確認を行った。結果として、色むらの発生は認められず、自然エージングにより色むらの抑制効果が期待できることが分かった。今後の課題として、エージング期間と色むらの関係、その他色むら抑制に友好的なエージング方法等について検討を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 久野ほか：ごみ熔融スラグ細骨材を用いたコンクリート二次製品の実用化検討,土木学会第 59 回年次学術講演会要旨,pp.803-804,2005
- 2) 日本工業標準調査会：一般廃棄物、下水汚泥等の熔融固化物を用いたコンクリート用細骨材 (TR A0016),2002
- 3) 伊藤ほか：都市ごみ熔融スラグを用いたコンクリートの膨張特性評価方法の検討,土木学会第 59 回年次学術講演会要旨, pp.807-808,2005