

銅スラグを用いたモルタルの基礎的性質

明星大学理工学部 学生会員 ○橋本 亮兵
明星大学理工学部 正会員 丸山 武彦
明星大学理工学部 非会員 大久保 寿彦
明星大学大学院 学生会員 萩原 昌宏

1. はじめに

近年では細骨材の枯渇化が重要な問題となっており、その一方では産業副産物の処理法も課題となっている。そこで両者の問題の改善を図る一例として、銅製錬の副産物である銅スラグをモルタルの細骨材として置換して再利用することを検討した。さらに、同じく産業副産物であるフライアッシュ 種をセメントの一部として用いた。本研究では、材料の特性を把握するためにモルタルについてその基礎的性質を実験的に検討した。

2. 研究概要

表-1 は使用材料を示す。銅スラグ(CUS)は鉄分が多いために密度は天然砂の約 1.4 倍の 3.50g/cm^3 と大きく、材質は非常に硬質で吸水性はなく、表面は滑らかな性質を持っている。本実験で使用したフライアッシュ 種(FA 種)は、現在のところ一般的に使用率が低く、他のFAに比べて活性度指数が小さく、強度発現に関する活性が期待できないが、ここではモルタルの流動性の改善を主目的として用いている。

表-2 はセメントモルタルの配合を示す。銅スラグの混入率は 25～100% の 4 種類とした。CUS の密度と細骨材の密度は大きく異なることから、陸砂の細骨材と体積割合で置換した。またフライアッシュ 種(FA 種)の置換率は内割で 30% とした。試験項目はフロー試験、密度および圧縮試験とした。

3. 試験結果および考察

3.1 ふるい分け試験(JISA 1102)

図-1 は銅スラグと細骨材の粒度曲線を示す。この結果、銅スラグは J I S 範囲内であり、粗流率(F M)は 3.10 と細骨材粗流率の適当な範囲(2.30～3.10)を満たしているため粒度調整は行わずに使用した。

3.2 モルタルのフロー値(JIS R 5201)

図-2 はCUS 混入率とフロー値の関係を示す。CUS 混入率の増加に伴いフロー値も若干大きくなったが、混入率 100% では著しく低下した。細骨材が全て CUS となった場合はセメントペーストとの分離が著しく、流動性が損なわれた。また、フライアッシュ(FA)を使用するとフロー値は大きくなった。流動性が向上した理由として、FA はセメントに比べて粒子が球形でボールベ

表-1 使用材料

種類	名称	記号	密度 (g/cm^3)	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.16	比表面積 $3310\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	大井川水系陸砂	S	2.54	吸水率 2.20% 粗流率 2.86
	銅スラグ	CUS	3.50	小名浜精錬株式会社製 粒度区分 3-5
混和材	フライアッシュ 種	FAIV種	2.20	比表面積 $1990\text{cm}^2/\text{g}$

表-2 セメントモルタルの配合

W/C (%)	S/C	FA (%)	CUS (%)
60	2.5	0, 30	0, 25, 50, 75, 100

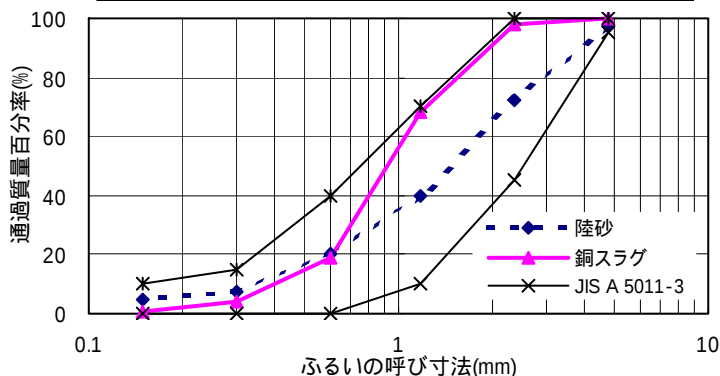


図-1 粒度曲線

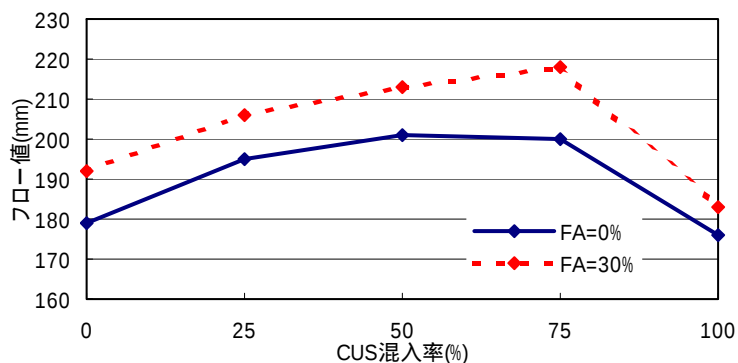


図-2 CUS 混入率とフロー値の関係

キーワード：銅スラグ、フライアッシュ、セメントモルタル、圧縮強度、密度

連絡先：〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL042-591-5111

アリングの効果があることが考えられる。

写真-1はCUS 混入率 50～100%のフロー状況を示す。施工性としては、混入率 50%までは普通のモルタルと同様に扱えたが、混入率 75%以上ではCUS とペースト分との分離が著しくなり、実用上施工が可能であるとは思われなかった。

3.3 モルタルの圧縮強度および密度

図-3 は CUS 混入率と圧縮強度および密度の関係を示す。CUS の密度は陸砂よりも大きいため、CUS 混入率に比例してモルタルの密度は増加した。圧縮強度は混入率 50%まではほぼ一定であるが、75%以上になると低下した。これは、細骨材の吸水率(2.20%)に対してCUS の吸水率がほぼ 0%であるため、CUS 混入率の大きい配合ではセメントペーストとの付着が弱まって強度が低下すると考えられる。FA 種を使用した場合の圧縮強度は未使用時の約 60%と著しく低下した。これは、FA 種はセメントに比べて強度発現への寄与が非常に小さいこと、FA 置換による単位セメント量が相当減少していることが理由として考えられる。FA 置換率 30%の場合においても、CUS 混入率 75%以上では圧縮強度は低下する傾向を示す。

3.4 長期圧縮強度

図-4 は材齢 98 日までの長期養生によるモルタルの圧縮強度を示し、強度は養生日数が増すに従って増加した。しかし FA 種を用いた場合の強度は、材齢 98 日においても未置換時より著しく低いままであった。この理由として、FA 種がFA の分類の中で強度発現に寄与する程度が最も低いことがあげられる。

3.5 Φ10×20cm 供試体内の密度分布

図-5 は、打設時のCUSの沈下状況を供試体(Φ10×20cm)の上部と下部の密度から検討したものを示す。CUSは陸砂の細骨材よりも密度が大きいため、打設時に若干沈下する傾向があるが、試験体の上部と下部の密度の平均的な差が約 0.03g/cm³程度であったことから、打設時において密度の大きいCUSが分離して沈下する現象は無視してもよい程度であると判断できる。

4. まとめ

CUS は粒度調整を行わずにモルタルの細骨材として使用が可能である。FA 置換率 0%および 30%ともに、CUS 混入率 75%まではフロー値は増加する。また、FA 種はモルタルの流動性を向上させる。モルタルの密度は CUS 混入率に比例して増加するが、圧縮強度は CUS 混入率 50%まではほぼ一定で、混入率 75%以上では低下する。打設時に密度の大きいCUS が分離して沈下する程度は小さい。



写真-1 フロー状況

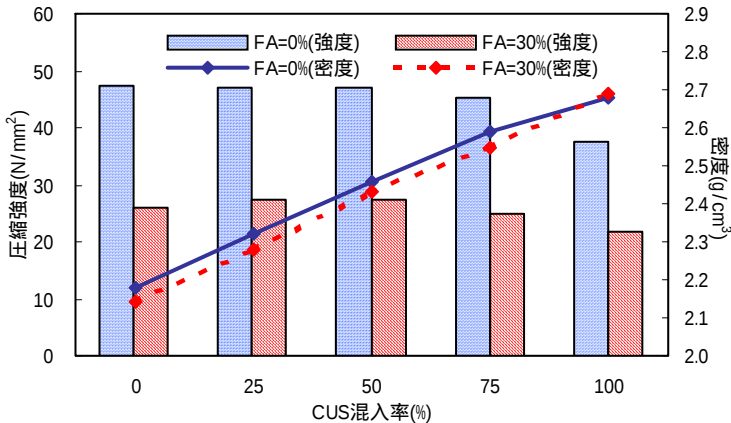


図-3 CUS 混入率とモルタルの圧縮強度および密度の関係

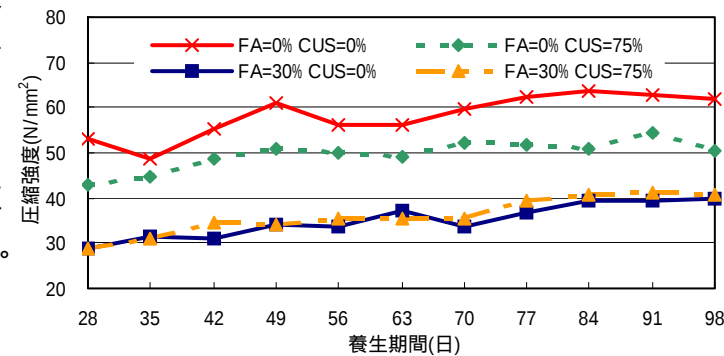


図-4 長期養生における圧縮強度の関係

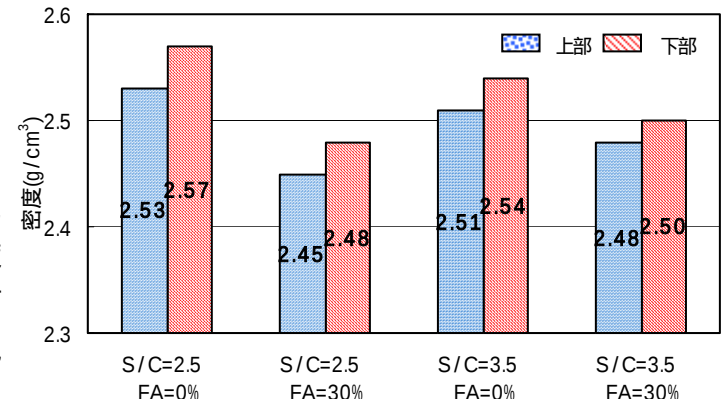


図-5 Φ10×20cm 供試体の上部と下部の密度