

銅スラグを混入したコンクリートの物性に関する基礎実験

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

1. はじめに

大量消費型の経済社会では様々な産業副産物が発生しており、その再利用等による処理方法は重要な課題であり、一方では天然資源の枯渇などの問題を生じている。本研究は、鉄鋼業分野における産業副産物である銅スラグに着目し、コンクリートにおける細骨材としての再利用の可能性を検討して、産業副産物に関する問題の改善例となることを目的とした。すなわち、銅スラグを普通コンクリートの細骨材として置換した場合について、フレッシュおよび硬化コンクリートの性質について実験的に検討した。

2. 研究概要

表-1 は使用材料を示す。銅スラグの密度は 3.50g/cm^3 であり、陸砂と比較して重い材料である。また、銅スラグの吸水率は 0.16% であるのでほとんど吸水はしないと判断し、本研究では銅スラグを絶乾状態に乾燥させてから使用した。流動性の改善を目的とする混和材として、フライアッシュIV種を使用した。フライアッシュIV種は最も粉末度が低く強度発現に乏しいが、銅スラグと同様に産業副産物の再利用という考え方にに基づき、IV種のボールベアリング効果を期待したものである。さらに、流動性の向上を促す空気量を確保するために、AE 減水剤とフライアッシュ用空気量調整剤を使用した。

表-2 はコンクリートの配合条件を示す。銅スラグは細骨材と置換して使用し、混入率(体積割合)は表に示す $25\% \sim 100\%$ の 4 種類とした。フライアッシュIV種はセメントに対する内割りとし、その置換率は 30% とした。

3. 結果および考察

図-1 は銅スラグ混入率とスランプ値の関係を示す。銅スラグ混入率 50% までは、スランプ値に大きな変化は見られず約 10cm であった。フライアッシュを 30% 置換した場合は、銅スラグ混入率 75% まではスランプ値の大きな変化が見られなかった。フライアッシュIV種を 30% 混入すること(図中 FA30%)によって、フライアッシュ未使用時のスランプ値 10cm は 14cm 程度となり、流動性は多少改善していることがわかる。細骨材をすべて銅スラグとした混入率 100% の場合は、スランプ値はいずれの場合においても著しく低下した。

表-1 使用材料

種類	名称	記号	比重	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 $3300\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	大井川水系陸砂	S	2.54	吸水率 2.20% 粗粒率 2.78
	銅スラグ	CUS	3.50	小名浜精錬株式会社製 吸水率 0.16%
粗骨材	青梅産碎石	G	2.65	最大寸法 15mm
混和材	フライアッシュIV種	FA	2.20	比表面積 $1960\text{cm}^2/\text{g}$
混和剤	AE減水剤	AE ₁	1.25	
	マイクロエア	AE ₂	1.04	

表-2 配合条件

W(Kg/m^3)	W/C(%)	S/a	AE ₁ (%)	AE ₂ (%)	FA(%)
175	55	50	$C \times 0.5$	$C \times 0.02$	0, 30
CUS(%)					
0, 25, 50, 75, 100					

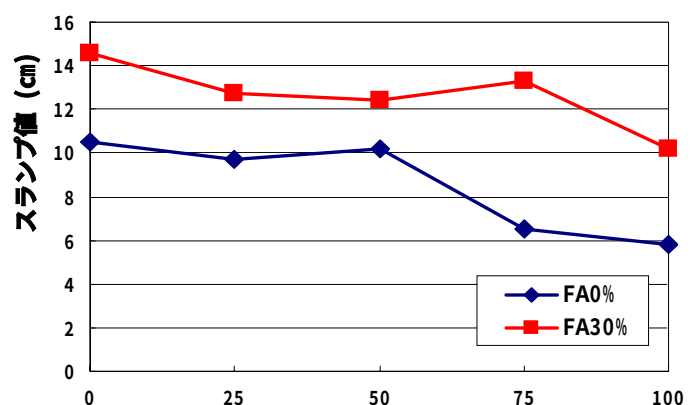


図-1 銅スラグ混入率とスランプ値の関係

キーワード： 銅スラグ, 圧縮強度, 副産物再利用

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

図-2 は銅スラグ混入率と空気量の関係を示す。フライアッシュ混入率 0%および 30%ともに、銅スラグ混入率の増加に伴い空気量も増加する傾向を示した。この理由は、銅スラグは吸水率が低いためにセメントペーストとの付着性が乏しく、両者が分離しやすいことによる空隙の増加が考えられる。フライアッシュを混入することによって空気量が減少した理由として、フライアッシュに含まれる未燃炭素が AE 剤を吸着する性質によるものであることが考えられる。

図-3 はそれぞれの銅スラグ混入率において、経過時間とブリーディング率の関係を示す。銅スラグ混入率の増加に伴ってブリーディング率が短時間で著しく増加する傾向を示した。これは、銅スラグとセメントペーストの付着性が不十分であることに加えて、銅スラグは細骨材やセメントに比べて比重が大きいため沈降しやすいことが考えられる。また、フライアッシュを混入することによってもブリーディング率が増加する傾向を示した。

図-4 は銅スラグ混入率と密度の関係を示す。銅スラグ混入率の増加に伴い密度はほぼ直線的に増加する。この理由は、陸砂の密度 2.54g/cm^3 に対して、銅スラグの密度は 3.50g/cm^3 と大きいためである。また、フライアッシュを混入することにより密度が若干増加しているが、これは図-2 に示したようにフライアッシュを混入することにより空気量が減少して、供試体の空隙が減少したためであると考えられる。

図-5 は銅スラグ混入率と圧縮強度および弾性係数の関係を示す。圧縮強度は銅スラグ混入率の増加に伴って低下する傾向を示した。これは、図-2 に示すようにスラグ混入率が増加すると空気量も増加することに加えて、銅スラグの表面は非常に滑らかであるために、強度に寄与するかみ合わせ力が小さいことが考えられる。弾性係数は銅スラグを混入した場合においても大きな変化は見られなかった。フライアッシュを 30%混入すると、圧縮強度および弾性係数は約 20~30%低下する。これは、フライアッシュIV種は分級していないため、強度寄与率が非常に低くかつ強度発現性が遅いことが理由として考えられる。

4. まとめ

銅スラグ混入コンクリートの物性に関する実験の結果、以下の知見を得られた。

- ①スランプ値は銅スラグ混入率 50%までは変化が見られない。
- ②銅スラグ混入率の増加に伴いブリーディング率は増加する。
- ③銅スラグ混入率の増加に伴い密度は増加するが圧縮強度は逆に低下する。

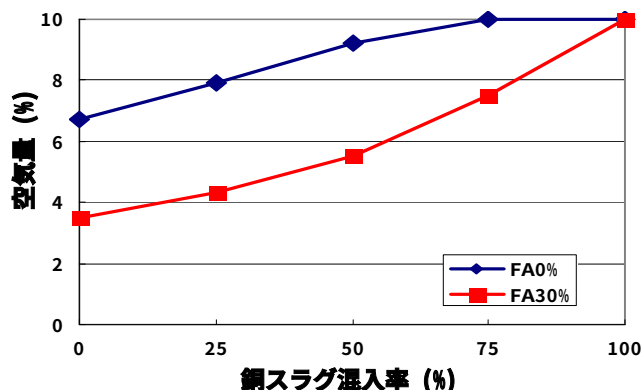


図-2 銅スラグ混入率と空気量の関係

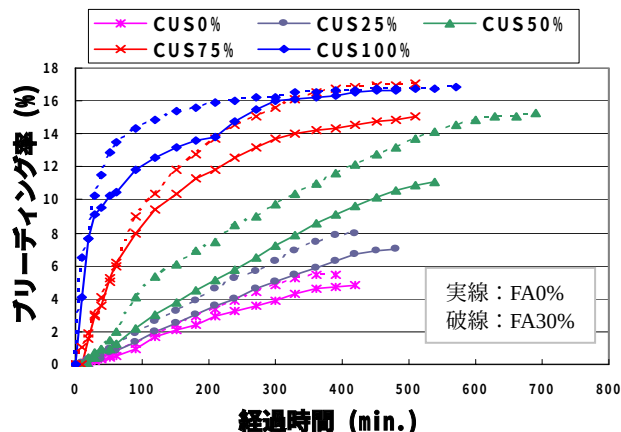


図-3 経過時間とブリーディング率の関係

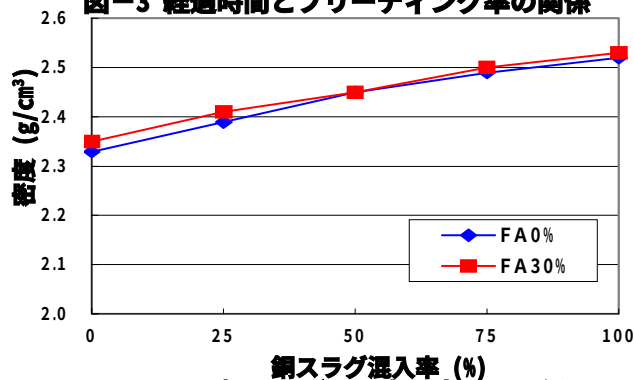


図-4 銅スラグ混入率と密度の関係

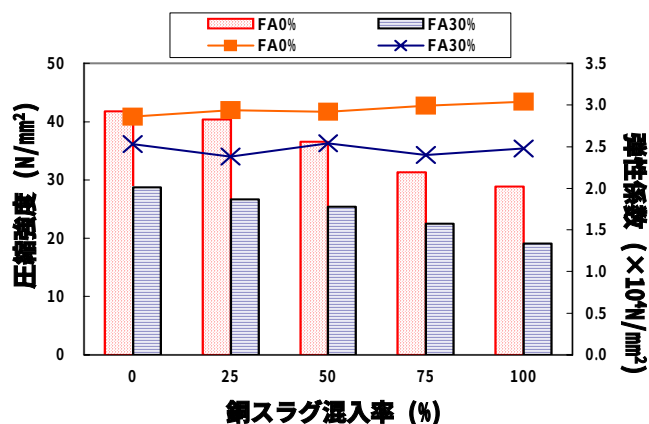


図-5 銅スラグ混入率と圧縮強度および弾性係数の関係
(棒グラフ：圧縮強度、折線グラフ：弾性係数)