

銅スラグ混入コンクリートの基本的物性

明星大学理工学部 学生会員 ○馬場 裕一
 明星大学理工学部 正会員 丸山 武彦
 明星大学大学院 正会員 若林 学
 小名浜製錬（株） 伊藤 伸一

1. はじめに

近年、天然資源の枯渇が問題となっており、一方では、たとえば銅精錬の副産物である銅スラグなどが大量に発生している。本実験では、地球環境保全の観点からこの銅スラグに着目した。そこで、銅スラグをコンクリート分野で再利用することを目的とし、細骨材率を70%程度に大きくした普通コンクリートにおいて、砕砂を銅スラグで置換した場合の物性について検討した。

2. 研究概要

2.1 使用材料および配合

表-1は、使用材料を示す。銅スラグは10mm以下で、密度3.50g/cm³のものを使用した。石灰石微粉末（以下、LS）、フライアッシュ（以下、FA）、高性能AE減水剤、AE剤は流動性を改善することを目的として用いた。

より多くの銅スラグを使用することを目的として、コンクリートの配合は表-2のように定めた。W/Cを55%および60%、S/aを60%~70%とし、銅スラグの砕砂との置換率(体積%)は25%刻みの5種類とした。

3. 試験結果および考察

3.1 コンクリートのブリーディング率

図-1はLSを混和材として使用した場合の銅スラグ混入率とブリーディング率の関係を示す。銅スラグ混入率0%および25%ではほとんどブリーディングが見られなかった。また、混入率75%以上では、ブリーディング率が急激に増加していることがわかる。経過時間を見ると、混入率50%以下では長時間にわたってブリーディングが続いたが、75%以上ではごく短時間で終了した。砕砂に比べ銅スラグの密度が大きいことが原因ではないかと考えられる。図-2はFAを混和材として使用した場合の銅スラグ混入率とブリーディング率の関係を示す。混入率0%および25%でも時間の経過と共にブリーディングが見られた。また、混入率50%以上でブリーディング率が急激に増加したが、LSを使用した場合と比較するとブリーディング率は減少している。

3.2 コンクリートの密度

表-1 使用材料

種類	名称	記号	密度	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3300cm ² /g
細骨材	岩瀬産硬質砕砂	S	2.61	吸水率1.15% 粗粒率2.87
	銅スラグ	CUS	3.50	小名浜精錬株式会社製
粗骨材	岩瀬産硬質砂岩	G	2.62	最大寸法15mm
混和材	石灰石微粉末	LS	2.71	比表面積3950cm ² /g
	フライアッシュ 種	FA	2.20	比表面積1960cm ² /g
混和剤	高性能AE減水剤	SP	1.07	
	マイクロエアー	AE	1.04	

表-2.1 LSを用いた場合の配合

単位水量 W (kgf/m ³)	水セメント比 W/C (%)	S/a (%)	混和材 LS (%)	混和剤 SP (%)
175	55	70	30	2.98

表-2.2 FAを用いた場合の配合

単位水量 W (kgf/m ³)	水セメント比 W/C (%)	S/a (%)	混和材 FA (%)	混和剤 AE (%)
175	60	60	30	0.005

銅スラグ混入率 (%)	0, 25, 50, 75, 100
-------------	--------------------

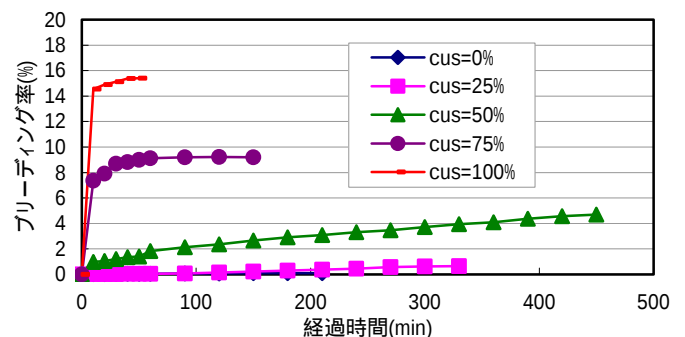


図-1 LS混入率と銅スラグ混入率およびブリーディング率の関係

図 - 3 は銅スラグ混入率とコンクリート密度の関係を示す。比重が大きい LS を混和材として使用した場合の密度の方が大きい。FA、LS のどちらを使用しても、コンクリート密度は銅スラグ混入率にほぼ比例して増加している。これは、銅スラグの密度(3.50g/cm^3)が砕砂(2.61g/cm^3)と比較して大きいからである。FA、LS を比較すると、LS を使用した場合は混入率が 50%で密度 2.60g/cm^3 を超え、混入率 0%に比べて 20～30%大きくなる。FA を使用した場合は、LS と比べて全体的に 10～20%密度が小さいことがわかる。

3.3 コンクリートの圧縮強度

図 - 4 は銅スラグ混入率の相違による応力とひずみの関係を示す。混入率が増加すれば最大ひずみが小さくなる。25%および 50%の混入率の場合は強度もヤング係数も 0%の場合よりやや大きくなっている。さらに、混入率 75%以上になると両者ともに低下し、最大ひずみは 2000μ 以下になった。

図 - 5 は銅スラグ混入率と圧縮強度の関係を示す。銅スラグ混入率の増加により強度が低下している。LS を混和材として使用した場合は、混入率 50%までは未混入とほぼ同等の強度が得られたが、75%を越えると著しく低下した。これは、銅スラグの混入量に対してペースト量が少ないことや、スラグ骨材とセメントとの付着が不十分であることが原因であると考えられる。FA を混和材として使用した場合の強度は、LS に比べて 20～30%低く、また混入率の増加に対して比例的に低下することがわかる。

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、以下の知見が得られた。

- (1) 銅スラグ混入率の増加によりブリーディング率が増加する。FA を混入した場合は、混入率 50%以上においてブリーディング率が減少した。
- (2) コンクリート密度は、銅スラグ混入率が大きくなると増加して $2.6 \sim 2.7\text{g/cm}^3$ 程度になる。FA を用いた場合は 10%程度小さい。
- (3) 圧縮強度は混入率が増すと低下する。LS を用いた場合は混入率 75%以上で急激に強度低下するが、FA を用いた場合は混入率の増加に対して比例的に低下する。

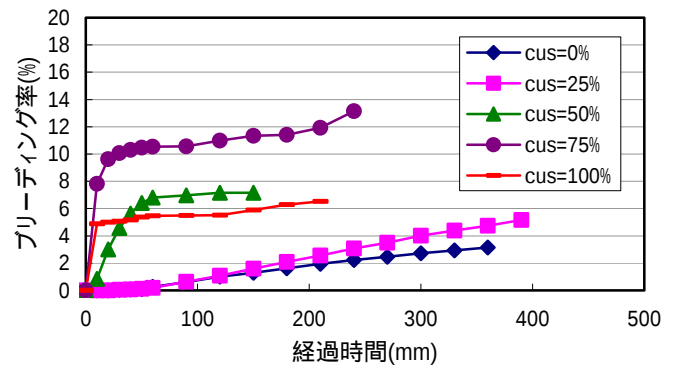


図 - 2 FA 混入率と銅スラグ混入率およびブリーディング率の関係

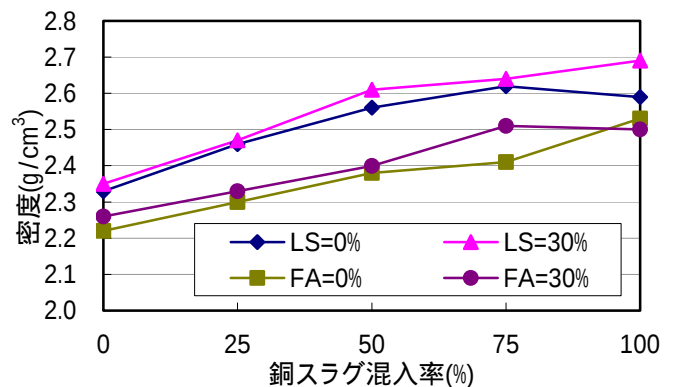


図 - 3 銅スラグ混入率と密度の関係

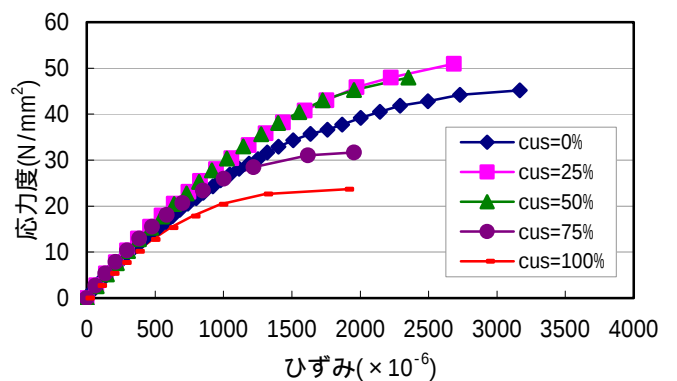


図 - 4 銅スラグ混入率による応力とひずみの関係

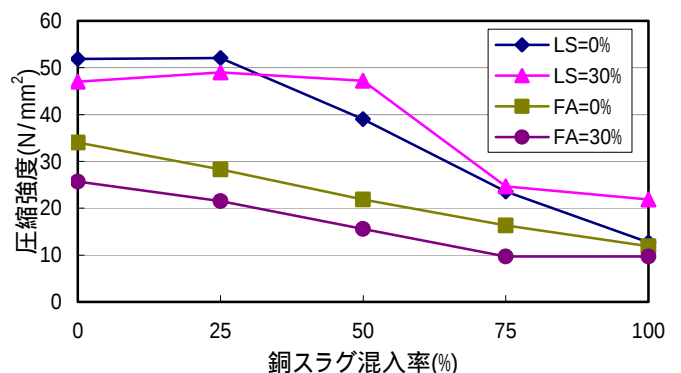


図 - 5 銅スラグ混入率と圧縮強度の関係