銅スラグ混入セメントモルタルの基本的性状

明星大学理工学部　学生会員　○鈴木　志信
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
ヤマト設計(株)　菊池　進士

1．はじめに

近年の経済成長に伴い、天然資源の枯渇が問題となっている。本実験は、地球環境保全の観点から金属産業分野における銅製錬の副産物である銅スラグに着目し、コンクリート分野における再利用の可能性を検討した。銅スラグは、一定の粒度を有して安定的に供給することができる。銅スラグ混入セメントモルタルの細骨材として利用した場合の基本的物性を実験的に調べたところ、W/C=55％においては混入率 75％以上で密度 2.7g/cm³、圧縮強度 40N/mm² 程度が可能であることが分かった。

2. 研究概要

銅スラグは、銅を精錬する際に精鉱中の鉄分と珪石が結合したもので、水により冷却･水砕して砂状に固化させたものであって、その材質は非常に硬い。本実験は、銅スラグを細骨材として使用することを目的として、先ず銅スラグの基本物性を把握するためのふるい分け試験、密度試験および吸水率試験を行った。次に、モルタルの細骨材として砕砂を銅スラグで置換し、フレッシュモルタルのフロー試験、硬化後には密度試験および圧縮強度試験を行った。実験に使用した材料を**表-1** に示す。

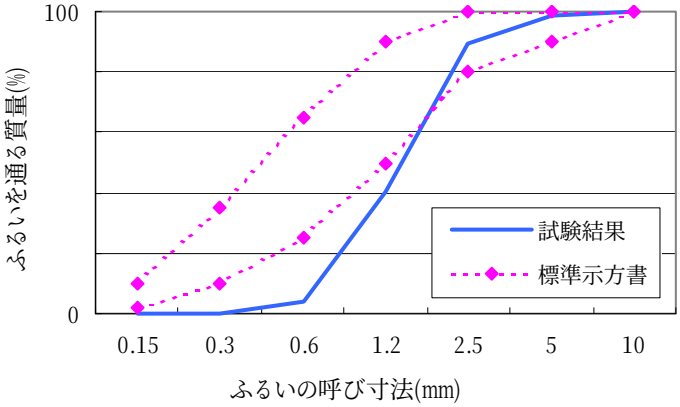

図-１　ふるい分け試験結果

3．　試験結果および考察

3．１　銅スラグの物性

図-１はふるい分け試験結果と標準示方書の粒度範囲を表す。呼び寸法 0.6mm 以下の銅スラグが極端に少なく、土木学会が推奨する範囲の細骨材としては粒度が適当ではないことが分かる。

表-２は銅スラグの密度および吸水率試験の結果を示す。試験は４回行い、その平均を銅スラグの密度および吸水率とした。銅スラグは天然砂と比較すると密度が格段に大きく(3.66g/cm³)、また吸水率は極めて小さな値(0.08%)となった。その理由として、成分の多くは鉄分であることによるものである。銅スラグは単粒度で形状は比較的偏平であり、表面は滑らかな金属質であるので吸水率は少ない。モルタルの配合計算を行うにあたっては絶乾密度を使用し、予め絶乾状態にして吸水率は考慮しないこととした。

3．２　フレッシュモルタルの性質

表-３はモルタルの配合を示す。銅スラグは混入率

表-1 使用材料

種類	名称	記号	絶乾密度 (g/cm³)	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3300cm²/g
細骨材	岩瀬産硬質細砂	S	2.61	吸水率1.15% 粗粒率2.87
	銅スラグ	CUS	下記	小名浜精錬株式会社製

表-2 銅スラグの密度および吸水率

試験回数	①	②	③	④	平均
表乾密度(g/cm³)	3.65	3.67	3.66	3.66	3.66
吸水率 (%)	0.10	0.06	0.04	0.10	0.08
絶乾密度(g/cm³)	3.65	3.67	3.66	3.66	3.66

表-3 銅スラグ混入モルタルの配合

水セメント比 W/C (%)	55
細骨材セメント比 S/C	2, 3, 4, 5
銅スラグ混入率 (%)	0, 25, 50, 75, 80, 85, 90, 100

キーワード：再利用，銅スラグ，銅スラグ混入モルタル
連絡先：〒191-8506　東京都日野市程久保 2-1-1　　TEL042-591-5111

0%の砕砂の場合を基本として体積%で混入し、多量の使用量を検討するために、混入率７５%以上の配合例を多くした。

図-2 は銅スラグ混入率とフロー値の関係を示す。砂セメント比(以下 S/C)=2 は、S/C=3,4,5 に比べフロー値が 200mm 前後と高く流動性がよい。この理由は、ペースト量が他の場合よりも多いことが考えられる。S/C=3,4,5 では、100～150mm でほぼ同じ値を示し、ペースト量にはあまり関係ない値となった。全ての S/C において混入率を変化させても、フロー値はほぼ一定であることが分かった。この理由として、銅スラグの吸水はないこと、混入率が多ければモルタル自体が重くなり、衝撃式の試験では差が生じにくいことが考えられる。

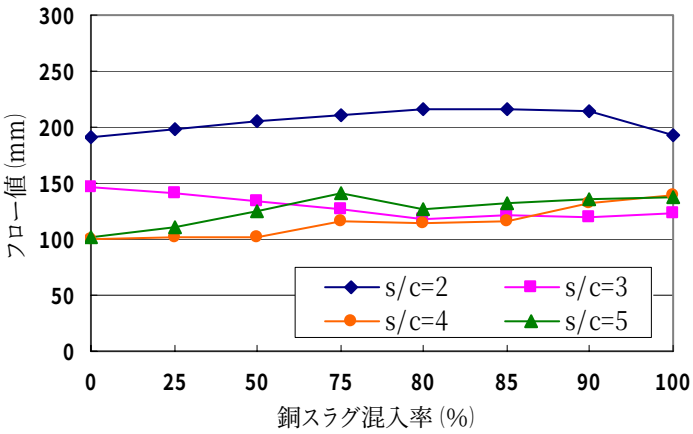

図-2 銅スラグ混入率とフロー値の関係

３．３ 硬化モルタルの密度および強度

図-3 は銅スラグ混入率と密度の関係を示す。全ての S/C において、銅スラグ混入率の増加に伴い密度が大きくなる傾向を示した。銅スラグ使用量が多い S/C=5 は、混入率 50%において密度増加は頭うちになった。その理由として、細骨材に対するペースト量が他の配合と比べて少なく、供試体の空隙が増加したためであると考えられる。S/C=2,3,4 の場合の密度は、混入率 75%程度までは混入率と比例関係を示している。

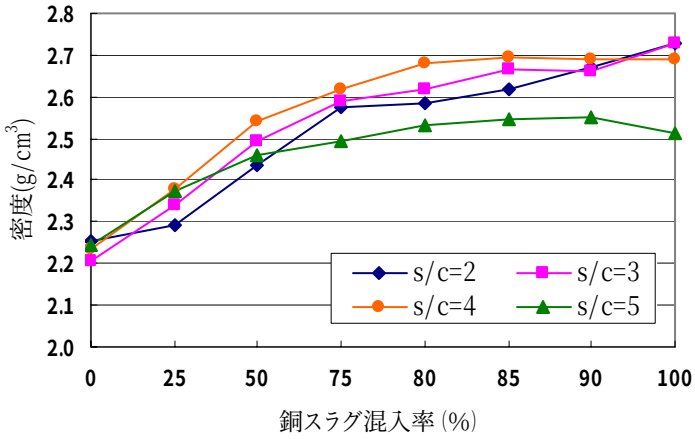

図-３ 銅スラグ混入率と密度の関係

図-4 は銅スラグ混入率と圧縮強度の関係を示す。全ての S/C において、銅スラグ混入率の増加に伴って圧縮強度は低下する傾向を示した。S/C=5 は特に大きく低下した。銅スラグが単粒度であり、さらにペーストの付着が不十分であること、ペースト量が少ないことなどが理由として考えられる。S/C＝2 は銅スラグ混入率を変えても極端に大きな変化は見られず、混入率 25%以上においてほぼ横ばいとなった。以上により、混入率と圧縮強度の関係は、細骨材の割合(S/C)と混入率が影響することが分かる。

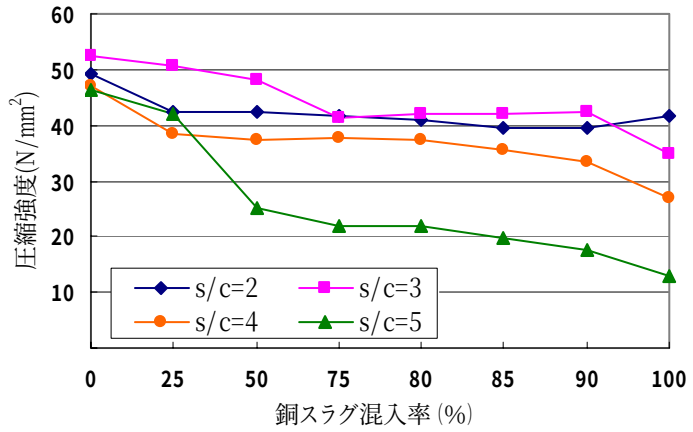

図-４ 銅スラグ混入率と圧縮強度の関係

４．まとめ

銅スラグおよび銅スラグ混入モルタルの物性を検討した結果、以下の知見が得られた。

(１)銅スラグ細骨材は単粒度であるため、微粒分を補って粒度調整する必要がある。

(２)銅スラグは砕砂に比べ密度が大きく、吸水率が極めて低い。

(３)銅スラグ混入率を増加させても、モルタルのフロー値はほぼ一定の値を示した。

(４)銅スラグ混入率を増加させると、モルタルの密度が大きくなり、2.6～2.7g/cm^3 程度が可能である。

(５)銅スラグ混入率を増加させると、モルタルの圧縮強度は徐々に低下する傾向を示す。