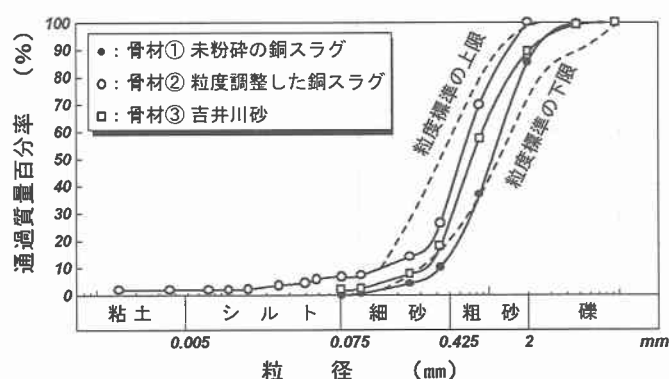


1.はじめに

銅スラグとは、銅を精錬する際に生成するスラグを流水によって急冷、水砕したもので、全国で年間約 250 万トン発生している副産物である。これまでセメント原料、サンドブラスト研磨材料、港湾工事(ケーソン中詰材及び敷砂)、埋立て等に利用されてきたが、大部分は未利用のまま堆積されているのが現状である。近年、この堆積量が増加傾向にあるため何らかの対応が迫られている。このため銅スラグの利用方法の一例としてコンクリート細骨材、中でも歩道等に貼られているインターロッキングブロックへの適用を考えた。本研究では、インターロッキングブロック協会の定める規格値である、一軸圧縮強度 330kgf/cm^2 を超えることを目標とし、銅スラグ細骨材によるモルタル供試体を作製、細骨材としての有効性を検討した。

2.使用細骨材及び供試体作製

本研究では、3 種類の細骨材を用い、未粉碎の銅スラグを使用した場合における強度の検討を中心に行った。図－1 にそれぞれの粒径加積曲線、表－1 に物理的性質を示す。未粉碎の銅スラグ(骨材①)は細骨材に適した粒度分布を僅かに外れており、細砂分が不足している。そこで、粒度分布が適した骨材と比較するため、粒度調整を行った銅スラグ(骨材②)を使用した供試体を作製した。また銅スラグは粒子形状が角張っているため、粒子形状が丸みを帯びた自然砂である吉井川砂(骨材③)を用いた供試体も作製し、それぞれの検討を行った。配合は、水セメント比は予備実験を踏まえ 45% の一律とした。セメントと細骨材の配合は、セメント 1 に対して体積比で 2.4, 2.1, 1.8, 1.5, 1.2 の 5 種類で配合した。所定の配合で



図－1 骨材の粒径加積曲線

表－1 物性試験結果

	土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	最大密度 $\rho_{d\max}$ (g/cm^3)	最小密度 $\rho_{d\min}$ (g/cm^3)	透水係数 k (cm/s)
銅スラグ	3.62	2.170	1.805	0.061
吉井川砂	2.62	1.788	1.449	－

水、セメント、細骨材を 5 分間練り混ぜ、塩化ビニール管に流し込み作製した。塩化ビニール管の寸法は直径 4.4cm×高さ 10cm で、練り混ぜた試料を 4 層に分けて流し込み、各層を 1.5kgf のランマーを 10cm の高さから 25 回自由落下させて締固めを行った。その後、上面にセメントペーストを薄く塗り、せん断時に均等に応力が伝わるように平面を出した。塩化ビニール管に打ち込んでから 24 時間後、型枠から取り外し、20℃の恒温室内で 28 日間水中養生した。

3.一軸圧縮試験

各供試体の一軸圧縮試験結果より得られた、細骨材/セメント(体積比)～一軸圧縮強度の関係を図－2 に示す。まず、骨材①は 0.15～0.3mm 辺りの細砂分が不足していることや粒子形状が角張っているため、間隙が多く存在する。このため、細骨材/セメントの値が 1.8 以上ではセメント量が不足しており、間隙を満た

し切れなかったため強度が小さくなったと考えられる。しかし 1.2 で配合した供試体は目標の一軸圧縮強度 330kgf/cm² を超える強度が得られた。次に、骨材②と骨材①を比較する。骨材②は一軸圧縮強度で 367kgf/cm² の結果が得られた。骨材②は粒度調整を行い細砂分が増加したため、骨材①に比べ間隙が小さくなり、より高密度な供試体となったため強度が大きくなったと考えられる。また、骨材③と骨材①を比較すると、骨材③も粒度分布が良いため高密度な供試体となり強度が高くなったと考えられる。しかし、一般に粒子形状が角張っているものは表面が粗面であるためセメントペーストとの付着が良く、強度はやや高くなる傾向にあるが、今回は逆の結果となった。これは骨材③のように、粒子形状が丸みを帯びている方が流動に対する抵抗が小さい。このため、同じ作業条件で供試体を作製した場合、骨材③の方が練り混ぜ・打ち込み等の作業がスムーズに進み高密度な供試体が出来たため、強度が高くなったと考えられる。

4. 溶出試験

銅スラグはガラス質であるため、通常の状態での溶出試験においては、有害物質の溶出は基準値以下であることが分かっている。しかし、コンクリート内はアルカリ環境下であるためガラス質を破壊する恐れが考えられる。そこで銅スラグをコンクリート中に置き、ICP 発光分光分析装置を用いて溶出試験を行った。図-3 に X 線解析により調べた銅スラグの構成成分、表-2 に銅スラグの溶出試験結果を示す。この結果から、銅スラグ中に含まれるヒ素やクロム等の有害物質は検出されず、コンクリート内においても危険性はないと考えられる。

5. まとめ

本研究では、銅スラグをコンクリート細骨材に用いた場合の有効性を検討した。その結果、銅スラグは粒度分布が悪く、粒子形状が角張っているため間隙が多く存在する。このためセメント量が多く必要であるが、体積比 1.2 以下の配合であればインターロッキングブロックの規格値を超えることが分かった。また、粒度調整等を行えば、細粒分が間隙を埋め、強度の増加が見込まれることも分かった。しかし、銅スラグは粒子形状が角張っているため流動に対する抵抗が大きく、練り混ぜや打ち込み等の作業が困難であった。このため、混和材料の使用等により施工性を改善することが今後の課題であると考えられる。

謝辞 本研究は平成 9 年度の四国建設弘済会の助成金の一部を使用させて頂き、感謝いたします。

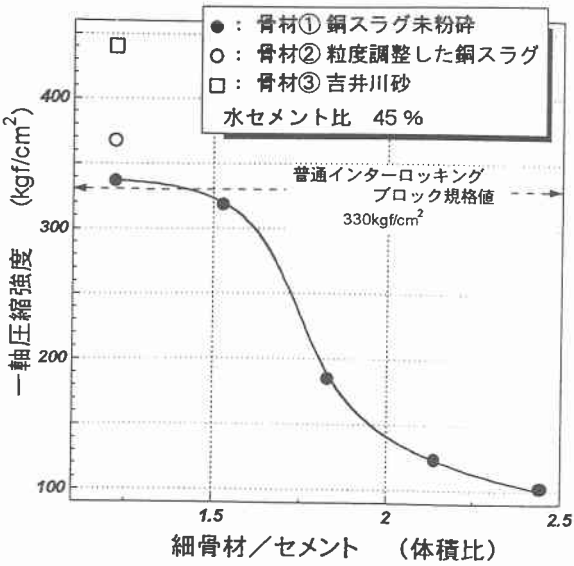


図-2 配合比と一軸圧縮強度の関係

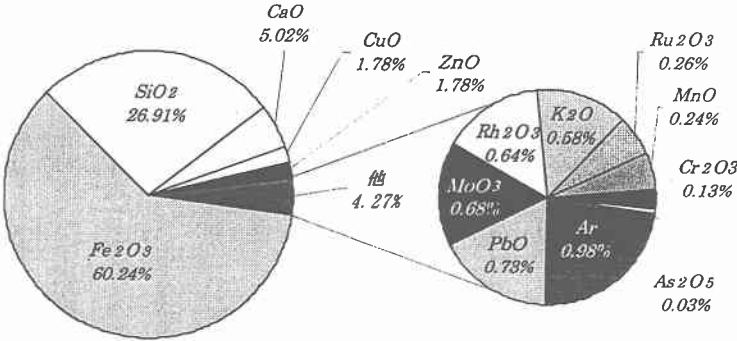


図-3 銅スラグの成分

表-2 溶出試験結果

項 目	計量値 (mg/l)		計量限界値 (mg/l)
	コンクリート中	通常	
カドミウム	ND	ND	0.005
鉛	ND	ND	0.01
六価クロム	ND	ND	0.02
ヒ素	ND	ND	0.01
マグネシウム	0.01	-	-
銅	0.12	0.11	0.01
亜鉛	0.03	ND	0.05
有機リン	ND	ND	0.1
アルミニウム	0.01	-	-
マンガン	ND	-	-
鉄	ND	-	-
硫黄	ND	-	-
ニッケル	ND	ND	0.01

※ NDとは計量限界値未満のことをいう