

コンクリート用骨材としての銅スラグの有効利用に関する研究

岡山大学大学院 学生会員 ○田村 裕美
岡山大学大学院 学生会員 嶋田 典浩
岡山大学大学院 正会員 藤井 隆史
岡山大学大学院 正会員 綾野 克紀

1. はじめに

銅スラグは、銅の製錬の際に発生する副産物であり、製錬所から年間約200万トン発生している¹⁾。また、銅スラグはJIS A 5011にコンクリート用スラグ細骨材として規格化されている²⁾。しかし、JISに規格化されてはいるものの、銅スラグがコンクリート用細骨材として大量に有効利用されているとはいえないのが現状である。銅スラグは、粗粒率および密度が大きい、吸水率は小さい、材質は非常に硬い等の性質を持っている。このような性質から、銅スラグをコンクリート用細骨材として用いた場合には、ブリーディング率が大きくなるなど、銅スラグ特有の問題が起こる。また、砕石工場において、岩石を粉砕した際に大量に発生する岩石微粉末が有効利用されていないという問題がある。そこで本研究では、銅スラグに岩石砕砂および岩石微粉末を混合させて粒度調整をした銅スラグ混合砂を用いて、銅スラグを用いたコンクリートの性能について検討した。

2. 実験概要

コンクリートの配合は、単位水量を 175kg/m^3 、水セメント比を 60% で一定とした。結合材には、普通ポルトランドセメント（密度： 3.15g/cm^3 、ブレン値： $3,300\text{cm}^2/\text{g}$ ）を用いた。粗骨材には、砂岩系砕石（最大寸法： 20mm 、密度： 2.75g/cm^3 、吸水率： 0.54% ）を用いた。銅スラグは、密度 3.45g/cm^3 で吸水率が 0.63% のものを用いた。粒度を調整するために、銅スラグに安山岩系砕砂（密度： 2.58g/cm^3 、吸水率： 2.04% ）、砂岩系砕砂（密度： 2.62g/cm^3 、吸水率： 2.30% ）、粘板岩系砕砂（密度： 2.65g/cm^3 、吸水率： 2.01% ）および石灰岩系砕砂（密度： 2.60g/cm^3 、吸水率： 2.61% ）の4種の砕砂とそれぞれの岩石微粉末を混合し、銅スラグ混合砂を作製した。岩石微粉末の混入量は 0%、7% および 15% とした。

乾燥収縮ひずみの測定は、温度が $20.0\pm 1.0^\circ\text{C}$ で、相対湿度が $65\pm 5\%$ の恒温恒湿度室内で行った。中性化試験は、温度が $20.0\pm 1.0^\circ\text{C}$ 、相対湿度が $60\pm 5\%$ 、炭酸ガス濃度が $20.0\pm 1.0^\circ\text{C}$ の条件で行った。

3. 実験結果および考察

図 1 は、銅スラグの粒度分布を示したものである。銅スラグの粒度分布は、 0.6mm 以下の粒群が少なく、粒度が粗いことが分かる。また、土木学会の標準粒度の範囲からも外れている。図 2 は、粒度調整を行った4種の銅スラグ混合砂のブリーディング試験の結果を示したものである。粒度調整を行うことで、銅スラグのみを用いた場合に比べて、ブリーディングが減少していることが分かる。図 3 は、銅スラグ混合砂の岩石微粉末の混入量がコンクリートのブリーディングに及ぼす影響を示したものである。岩石微粉末の混入量が増加すると、ブリーディング量が減少していることが分かる。特に、石灰岩を混合砂に用いた場合は、ブリーディングが大きく改善されることが分かる。図 4 は、粒度調整を行った4種の銅スラグ混合砂の、岩石微粉末の混入量と28日圧縮強度の関係を示したものである。粘板岩を混合砂に用いた場合には、岩石微粉末の混入量が増加するにつれ、28日圧縮強度が大きくなっていることが分かる。図 5 は、粒度調整を行った4種の銅スラグ混合砂の、岩石微粉末の混入量と乾燥収縮ひずみの最終値の関係を示したものである。石灰岩を用いた場合に岩石微粉末の混入量が増加すると、乾燥収縮ひずみが小さくなっていることが分かる。図 6 は、粒度調整を行った4種の銅スラグ混合砂の、岩石微粉末の混入量と中性化速度係数の関係を示したものである。石灰岩を用いたものを除いて、岩石微粉末の混入量を増加すると、中性化の進行が遅くなることが分かる。

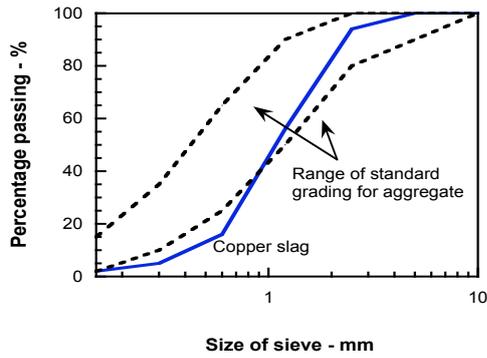


図1 銅スラグの粒度分布

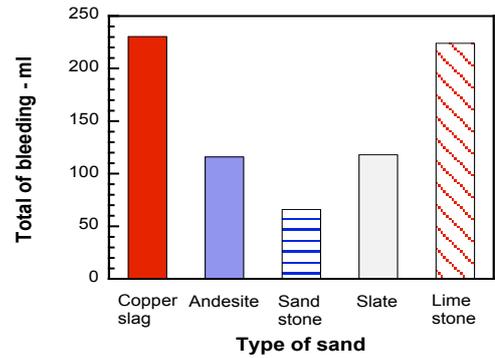


図2 銅スラグ混合砂に混合した岩種がブリーディングに及ぼす影響（岩石微粉末の添加量：0%）

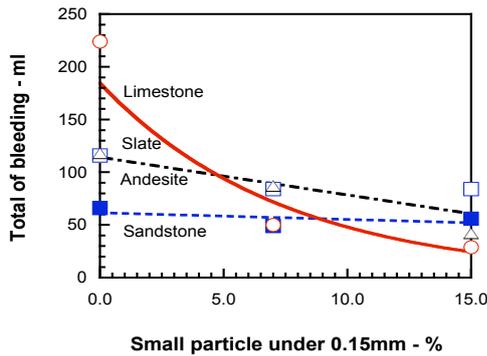


図3 銅スラグ混合砂に混合した岩種と岩石微粉末の混入量がブリーディングに及ぼす影響

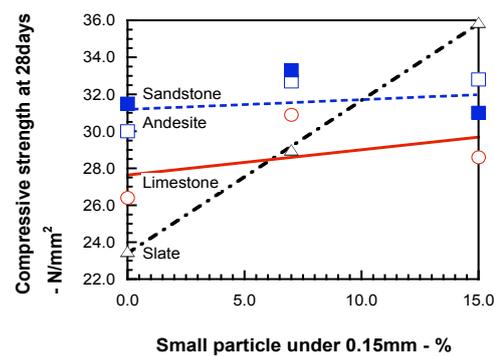


図4 銅スラグ混合砂に混合した岩種と岩石微粉末の混入量が28日強度に及ぼす影響

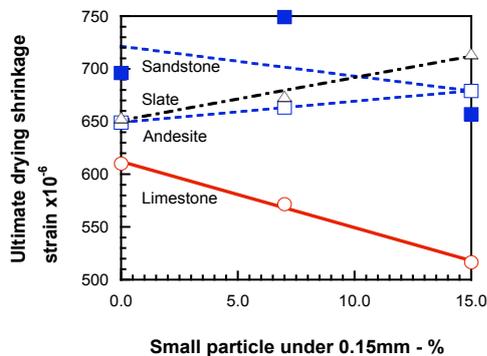


図5 銅スラグ混合砂に混合した岩種と岩石微粉末の混入量が乾燥収縮ひずみの最終値に及ぼす影響

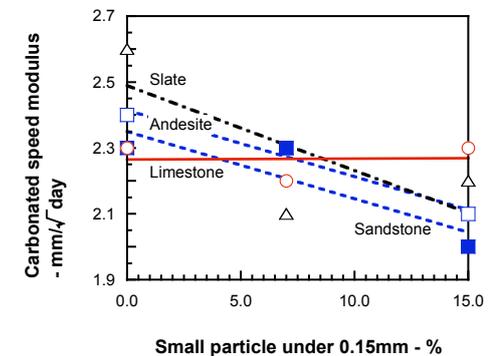


図6 銅スラグ混合砂に混合した岩種と岩石微粉末の混入量が中性化速度に及ぼす影響

4. まとめ

銅スラグを岩石砕砂および岩石微粉末で粒度調整を行うと、銅スラグのみを用いたときよりもブリーディング量および乾燥収縮ひずみは減少し、圧縮強度は増加する。さらに、中性化の進行も遅くなる。よって、銅スラグに岩石砕砂および岩石微粉末を混入することで、銅スラグを用いたコンクリートの性能を改善することが可能であると思われる。また、有効利用されていない銅スラグおよび岩石微粉末をコンクリート用骨材として使用することが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針，コンクリートライブラリー，No. 92，1998.2
- 2) 日本規格協会：JIS A 5011-3；1997「コンクリート用スラグ骨材-第3部：銅スラグ骨材」