

銅スラグの凝結遅延抑制方法に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 ○綾野克紀

岡山大学環境理工学部 正会員 阪田憲次

1. はじめに

銅スラグをコンクリート用細骨材としての使用した場合、コンクリートの凝結が著しく遅延する場合がある。本研究は、この原因を明らかにし、銅スラグをコンクリート用細骨材として有効利用するための方法を検討することを目的とするものである。

2. 実験概要

セメントは住友大阪セメント(株)製の高炉セメントB種(比重:3.02, ブレーン値:4,390cm²/g)を使用した。細骨材には川砂(比重:2.60, 吸水率:1.49%, F.M.:2.48, 単位容積重量:1,565kg/m³)および同一工場で生産され、採取日の異なる2種類の銅スラグSlag-A(比重:3.61, 吸水率:0.15%, F.M.:2.11, 単位容積重量:2,115kg/m³)およびSlag-B(比重:3.52, 吸水率:0.13%, F.M.:2.45, 単位容積重量:2,163kg/m³)を使用した。粗骨材には最大寸法20mmの碎石(比重:2.62, 吸水率:0.96%, F.M.:6.70, 単位容積重量:1,585kg/m³)を使用した。コンクリートの水セメント比は、50.0%で、単位水量は、172kg/m³である。

3. 実験結果および考察

図1は、Slag-A、Slag-Bおよび川砂を用いたコンクリートの凝結試験結果を示したものである。Slag-AおよびSlag-Bは、同じ工場で製産されたスラグであるにも係わらず、凝結時間にかかなりの違いがあることが分かる。図2は、各々の細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度の経時変化を示したものである。この図より、長い凝結遅延を引き起こすSlag-Aを用いたコンクリートでも、初期強度は川砂よりも低いものの、長期的には川砂を用いたものよりも高くなっていることが分かる。すなわち、銅スラグに含まれる凝結遅延を生じさせる物質は、コンクリートの長期強度には問題を生じさせないことがいえる。

図3は、酸・塩基適定試験によって、Slag-AおよびSlag-Bの適定曲線を求めたものである。この図から明らかに、凝結遅延しないスラグの場合には、ブランク試験の結果に近い曲線となり、凝結遅延を著しく引き起こすスラグの場合には、中性域での曲線が長い特徴をもった曲線となっている。酸・塩基適定法試験は、比較的簡単に実施できる試験方法ではあるが、銅スラグの凝結遅延効果を判定するには有効な手段であると思われる。また、図3に示されるSlag-Aの適定曲線が中性域で長くなっている結果は、Slag-Aに弱酸性の金属化合物が含まれていることを意味している。弱酸性の金属化合物、とくに、銅化合物の中でコンクリートの凝結時間を遅延させる物質を調べた結果、少量でもコンクリートの凝結を遅延させるの効果のあるものの中に、塩基性炭酸銅のあることが分かった。図4に、塩基性炭酸銅の添加量が細骨材に川砂を用いたモルタルの凝結遅延に及ぼす影響を示す。この図より、単位セメント量に対して、僅か0.4%の量を添加しただけで、モルタルの凝結が6日以上も遅延していることが分かる。一方、図5は、比較のために、コンクリートの凝結遅延剤として有名な酸化銅がモルタルの凝結時間に及ぼす影響を調べた結果である。酸化第一銅の場合も酸化第二銅の場合も、その添加量は単位セメント量の1.0%である。塩基性炭酸銅の場合よりも多くの量を添加しているにも係わらず、その効果は塩基性炭酸銅に比べて低いことが分かる。

銅スラグに含まれるコンクリートの凝結を遅延させる物質が塩基性炭酸銅であるならば、塩基性炭酸銅を酸化銅に変化させればコンクリートの凝結遅延は治まるはずである。水溶液中で塩基性炭酸銅を酸化銅に変える方法として一般に用いられるのは、水溶液を高アルカリにし、そこにアンモニアを添加する方法である。もし、コンクリート中においても同様の反応が生じるのであれば、コンクリートは高アルカリであるから、アンモニアまたは尿素を添加するだけで、塩基性炭酸銅は酸化銅に変化し、凝結遅延も治まるはずである。そのことを確かめたのが図6である。ユリアの効果によって、凝結時間が半分程度に治まっていることが分かる。

4. まとめ

本研究で示した酸・塩基適定法試験によって、これまで判定の難しかった銅スラグの凝結遅延特性が判定できるようになった。また、ユリアを用いれば、銅スラグのコンクリートの凝結を遅延させる効果を抑えることが可能であることが分かった。

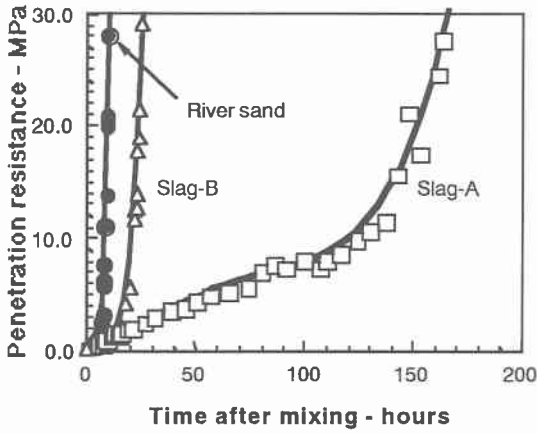


図1 銅スラグを用いたコンクリートの凝結遅延

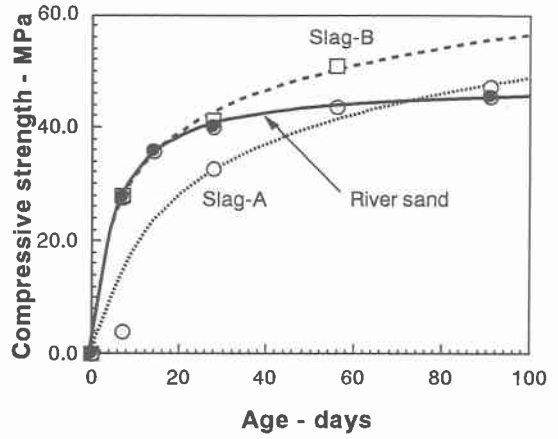


図2 銅スラグを用いたコンクリートの強度

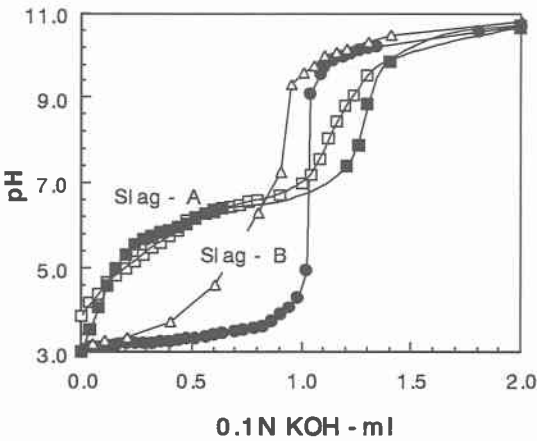


図3 酸・塩基適定試験の適用

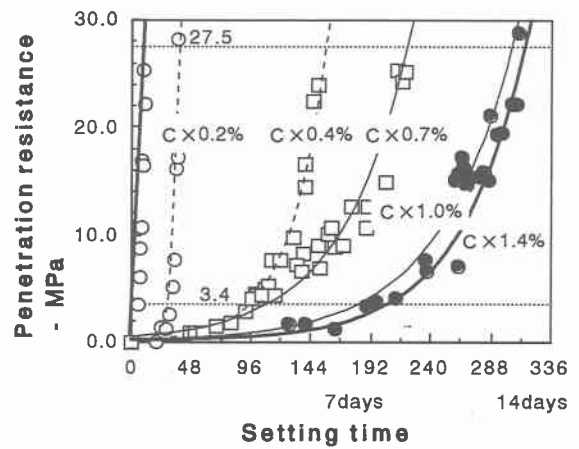


図4 炭酸銅による凝結遅延効果

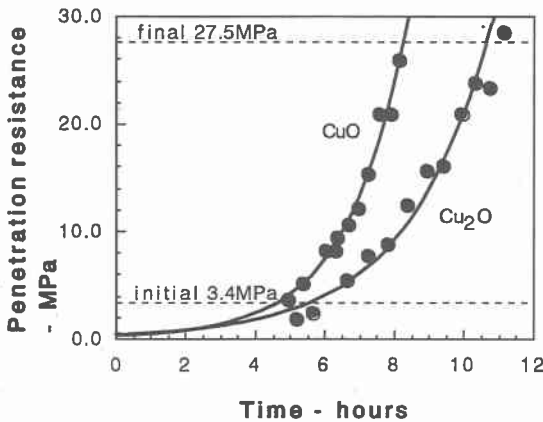


図5 酸化銅による凝結遅延効果

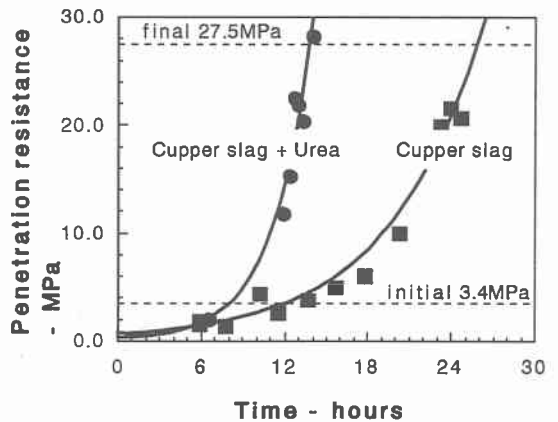


図6 尿素有添加による凝結遅延抑制効果