スラグ細骨材を用いたコンクリートのブリーディング制御に関する基礎的検討

東京都立大学大学院　学生会員　古田敦史
東京都立大学大学院　正会員　上野敦、フェロー　國府勝郎、正会員　宇治公隆

1. はじめに

近年、環境負荷抑制の見地から、各種金属製錬の副産物である様々なスラグ細骨材が、コンクリート用骨材として使用されつつある。これらの骨材が有する粒子密度は一般的な骨材と比較して特異なものとなっている場合もあり、特に粒子密度が大きいものを用いた場合はコンクリートのブリーディングが増加し、構造物の耐久性に悪影響を及ぼす[1)]。本研究は、コンクリートのブリーディング制御のための基礎検討として、各種スラグ細骨材を対象として、細骨材の粒子密度、粒子径および微粒分量がモルタルのブリーディング性状に及ぼす影響を検討したものである。この検討によって、細骨材粒子密度に応じた、混合細骨材中のスラグ細骨材の使用最大径およびペースト部の適切な粘度を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

(1)使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント(密度：3.16g/cm^3)を使用した。細骨材は、粒子密度に着目し、一般的な密度を有する砂岩砕砂(表乾密度：2.63g/cm^3、記号：CS)、フェロニッケルスラグ細骨材(表乾密度：3.07g/cm^3、記号FNS)、銅スラグ細骨材(表乾密度：3.49g/cm^3、記号：CUS)および電気炉酸化スラグ細骨材(表乾密度：3.68g/cm^3、記号：EFS)の4種類を使用した。

(2)モルタルの配合

細骨材密度に応じた混合細骨材中の各スラグ細骨材の使用最大径に関する検討では、モルタルの配合をW/C65%、ペースト細骨材体積比1の一定とした。体積粒度分布一定（砕砂JIS粒度標準の中央値）とした細骨材について、各スラグ細骨材を大粒径から順次CSで置換し、細骨材中のスラグ細骨材の最大粒径を変化させた。すなわち、モルタル中の細骨材体積と粒度分布は一定であるが、スラグ細骨材の最大寸法は、置換によって5、2.5、1.2、0.6、0.3および0.15mmと変化することとなる。

モルタルのブリーディングを低減するために必要な粒子密度に応じたペーストの塑性粘度に関する検討では、W/Cを変化させることおよび細骨材を微粒分で体積置換することによってペーストの塑性粘度を変化させた。各細骨材は、粒度分布一定のもとで単体で使用し、ペースト細骨材体積比は1とした。W/Cによる粘度の変化に着目した検討では、W/Cを45、55および65%の3水準に変化させた。微粒分置換量によるペーストの粘度変化に着目した検討では、W/Cを65%の一定として細骨材体積を算出し、この各細骨材の体積をフェロニッケルスラグ微粒分(密度：3.02g/cm^3、3190cm^2/g)で体積置換した。置換率は0、10および20%とした。

(3)モルタルのブリーディング試験およびペーストの塑性粘度測定試験

モルタルのブリーディング試験は、JIS A 1123に準拠し、内径約140mm、高さ約130mmの金属製容器を用いて行った。また、ペーストの塑性粘度はB型粘度計(H-3、100rpm)を用いて測定した。

3. 結果および考察

(1)細骨材密度に応じた混合細骨材中のスラグ細骨材の最大径

各スラグ細骨材を単体で用いた場合、モルタル1L当たりの最大ブリーディング水量は、砕砂を単体で用いた場合と比較して、約1.5倍程度に増加した。スラグ細骨材の使用最大径とモルタル1L当たりの最大ブリーディング水量の関係をFNSの場合を例に示すと、**図-1**のようになる。砕砂のみを用いた場合(CS5)とモルタル1L当たりの最大ブリーディング水量が同等となるFNSの使用最大径は0.3mm程度であることがわかる。他

キーワード：ブリーディング、スラグ細骨材、細骨材密度、粒径、ペーストの塑性粘度
連絡先：〒192-0397　東京都八王子市1-1、Tel0426-77-1111、Fax0426-77-2772

のスラグ細骨材についても同様の整理を行い、ブリーディング水量がCSを用いた場合と同等となる各スラグ細骨材の使用最大径を評価した。細骨材密度とこの使用最大径の関係は**図-2**に示すとおりであり、細骨材密度が3.07～3.68g/cm³の範囲では、粒子密度に応じて使用最大径を0.3mm以下または0.15mm以下とすることで、一般的な砕砂を用いた場合と同等の最大ブリーディング水量とできることがわかる。

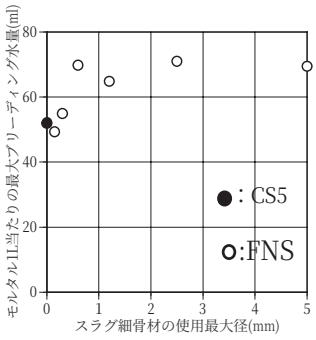

図-1 スラグ細骨材の使用最大径と最大ブリーディング水量

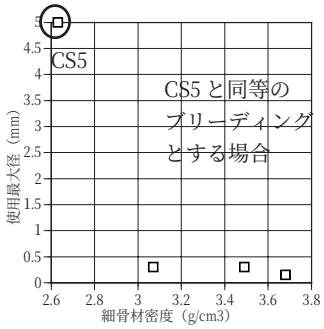

図-2 細骨材密度に応じた使用最大径

(2)細骨材密度に応じたW/Cおよびペーストの粘度

W/Cを変化させた場合、モルタルの最大ブリーディング水量はW/Cの減少に伴って減少した。W/Cとモルタル1L当たりの最大ブリーディング水量の関係は、**図-3**に示すとおりであり、各細骨材ごとに直線的な関係となった。砕砂を使用し、W/C65%で作製したモルタル(CS65)の最大ブリーディング水量を基準として、各スラグ細骨材について、CS65と同等の最大ブリーディング水量となるW/Cを計算し、細骨材密度とこの計算上のW/Cの関係を整理すると、**図-4**のとおりとなる。CS65と同等の最大ブリーディング水量にするためには、本研究で使用した各スラグ細骨材の場合、W/Cを55%程度に減少する必要があることがわかる。このW/Cが55%程度のときのペーストの塑性粘度は、B型粘度計の結果を用いると700mPa･s程度となる。

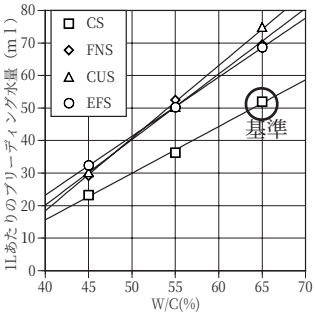

図-3W/Cと最大ブリーディング水量

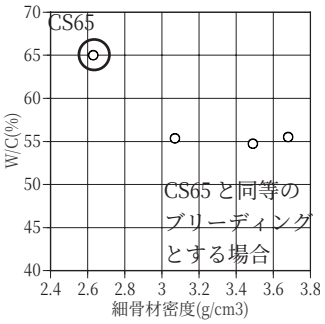

図-4 細骨材密度に応じたW/C

(3)細骨材密度に応じた微粒分量およびペーストの粘度

各スラグ細骨材をフェロニッケルスラグ微粒分で体積置換した場合、モルタルの最大ブリーディング水量は置換率の増加に伴って減少した。微粒分置換率とモルタル1L当たりの最大ブリーディング水量の関係は、**図-5**に示すとおりであり、各細骨材ごとに直線的な関係となっている。砕砂を使用し、置換率0%の場合のモルタル(CS0)の最大ブリーディング水量を基準とし、各スラグ細骨材について、CS0と同等の最大ブリーディング水量となる微粒分置換率を計算した。細骨材密度とこの計算上の微粒分置換率の関係は、**図-6**に示すとおりである。本研究で使用した各スラグ細骨材の場合、砕砂を用いて、微粒分を使用しない場合と同等の最大ブリーディング水量とするためには、細骨材密度に応じて微粒分置換率を8～12%程度にする必要があることがわかる。この微粒分置換率が8～12%のときのペーストの塑性粘度は、微粒分もペーストの一部として考えると500mPa･s程度となる。

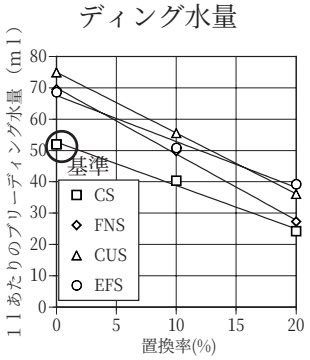

図-5 微粒分置換率とブリーディング水量

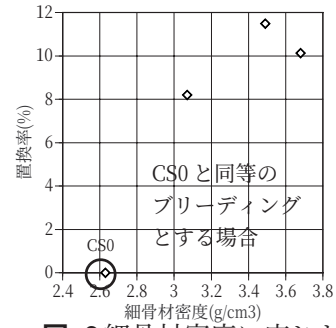

図-6 細骨材密度に応じた微粒分置換率

4. まとめ

(1)コンクリートのブリーディング抑制の観点から考えると、細骨材密度の増加に伴って、使用できる最大径が減少する。

(2) コンクリートのブリーディング抑制の観点から考えると、細骨材密度の増加に伴って、ペーストの塑性粘度を増加させることが有効である。

参考文献：1)戸川一夫、庄谷征美、國府勝郎：フェロニッケルスラグ細骨材コンクリートのブリーディングの低減と耐凍害性および水密性に関する研究、材料、vol.45、No.1、pp.101-109、1996