

V-196

ブリーディング挙動に及ぼす高性能減水剤と混和材の影響に関する基礎的研究

藤沢薬品筑波コンクリート研究所 正会員 大下 健二
東京大学生産技術研究所 正会員 魚本 健人

1. はじめに

最近、高耐久性、高流動性、高強度化というようなコンクリートの性質を改善するために、高性能減水剤が必要不可欠とされている。しかし、この高性能減水剤がコンクリートの物性に及ぼす影響は十分には明らかにされていない。そこで、既に前報[1]で硬化体の性質に大きい影響を及ぼすブリーディング挙動に関して、普通ポルトランドセメントを対象として、高性能減水剤の影響をある程度まで明らかにした。一方、高炉スラグ微粉末、シリカフェムなどの混和材を使用する場合があるが、混和材と高性能減水剤の相互作用がブリーディング挙動に及ぼす影響は明らかとはされていない。そこで、本研究では混和材として高炉スラグ微粉末およびシリカフェムを使用したペーストを対象とし、ブリーディング速度を実験的に求め、混和材と高性能減水剤の相互作用の影響を考察した結果について述べる。

2. 実験概要

材料は、表-1に示す物性値の普通ポルトランドセメント（以下、OPCと記す）、比表面積約6000cm²/gの高炉スラグ微粉末（以下、BFSと記す）および非造粒型のシリカフェム（以下、SFと記す）を使用した。高性能減水剤（以下、SP剤と記す）はアミノカルボン酸系のものを使用した。混和材はBFSとSFの2種類とし、BFSはセメント重量の70%置換、SFはセメント重量の10%置換の配合とした。

表-1 材料の物性値

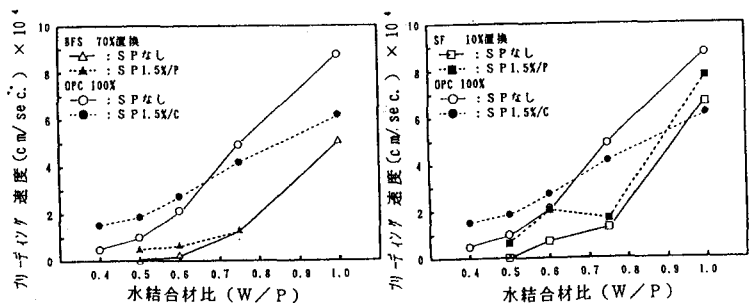
化学成分値 材料	比重	比表面積 (cm ² /g)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)
普通ポルトランドセメント	3.15	3230	21.9	5.0	2.8	64.2	1.7	2.0
高炉スラグ微粉末	2.89	6260	30.6	13.2	0.3	43.1	6.1	2.1
シリカフェム	2.2	約20万	94.9	0.6	0.6	0.2	0.4	0.1

またSP剤は、結合材（OPC+混和材）重量に対して1.5%一定量添加したもの、添加しないものの2種類とした。水結合材比（以下、W/Pと記す）は0.5、0.6、0.75および1.0の4種類とした。以上、計16種類の配合で実験を行った。

ブリーディングの試験方法は、ガラス製2000ccメスシリンダーにペーストを攪拌しながら投入し、ブリーディング高さを経時的に3時間測定した。ブリーディング速度は、3時間以内にその50%が終了する場合には、最終ブリーディング量の約50%に相当する時点でのブリーディング速度を求め、3時間以内にブリーディングが50%終了しない場合には、3時間後のブリーディング速度を求めた。

3. 実験結果および考察

求められたブリーディング速度を図-1および図-2に示す。図中に比較として示したOPCのみのデータは、前報で示したものである[1]。BFSとSP剤を使用したW/P=1.0の配合は、ブリーディング水の白濁が強くブリーディング高さが明らかではないため、測定が不可能であった。SP



剤の使用の有無に係わらず、BFS 図-1 ブリーディング速度（BFSの場合） 図-2 ブリーディング速度（SFの場合）
またはSFを使用した配合のブリーディング速度は、W/P=1.0のSFとSP剤を使用した配合を除き、OPCのみの場合と比較して遅くなった。これらの挙動は、混和材とSP剤の影響によって大きく変化している。

そこで、これらの影響を、以下に示すT. C. Powersの式[2]から考察した。

$$Q = \frac{(\rho_s - \rho_f)g}{\eta k_c \sigma_{sp}^2} \left[\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} - \alpha \right]^3 (1-\varepsilon)^2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 Q :フーリエッング速度 ρ_s :結合材の比重 ρ_f :水の比重 η :水の粘性係数

σ_{sp} :結合材の見かけの比表面積 $1-\varepsilon$: m^3 -スト単位容積中の結合材の絶対容積

ε : m^3 -スト単位容積中の水の絶対容積 g :重力加速度 k_c :Carman定数

α :非移動水分/結合材容積比

(1)式は、そのほとんどが定数として取り扱え、変数は結合材の見かけの比表面積 σ_{sp} （以下、 σ_{sp} と略す）と非移動水分/結合材容積比 α （以下、 α と略す）のみである。そこで、(1)式を(2)式に変形することにより $[Q/(1-\varepsilon)^2]^{1/3}$ と $\varepsilon/(1-\varepsilon)$ （水結合材容積比）は直線関係となる。

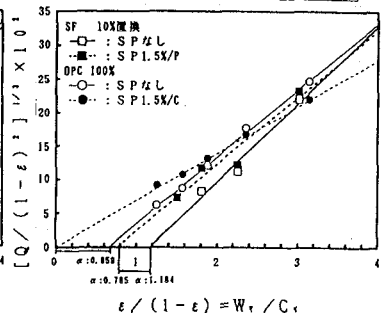
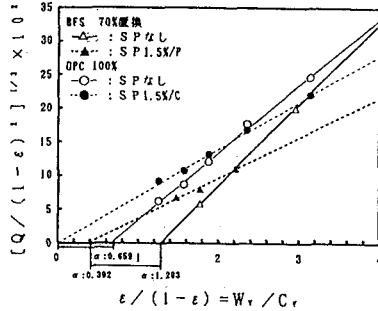
$$\left[\frac{Q}{(1-\varepsilon)^2} \right]^{1/3} = \left[\frac{(\rho_s - \rho_f)g}{\eta k_c \sigma_{sp}^2} \right]^{1/3} \left[\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} - \alpha \right] \quad \dots \dots \dots (2)$$

(2)式に従い、フーリエッング速度の実験値をプロットすれば、直線の傾きの項から σ_{sp} を、またX軸の交点から α を求めることができる。定数として取り扱った計算条件を表-2に示す。(2)式に実験値を代入しプロットした

表-2 計算条件

計算条件	
結合材比重: ρ_s (OPC 100%)	3.15g/cm ³
(BFS 70%)	2.96g/cm ³
(SF 10%)	3.02g/cm ³
水の比重: ρ_f	1.00g/cm ³
水の粘性係数(20°C): η	0.01002poises
Carman定数: k_c	5.00
重力加速度: g	980.6

結果を図-3(BFS)および図-4(SF)に示す。また、求められた σ_{sp} と α を表-3に示す。SP剤を添加しないBFSの配合（図-3中△）は、OPCのみの配合（○）と比較して α は約2倍と極めて大きい。そして、SP剤の添加による α の変化量（△→▲）は、OPCのみの配合（○→●）と比較して1.4倍程度



大きくなると考えられる。つまり、図-3 (2)式に代入した結果 (BFS) 図-4 (2)式に代入した結果 (SF)

SP剤による非移動水分の解放効果は、BFSを用いた配合の方が大きい。また、SP剤によって σ_{sp} は、OPCのみの配合では約1.7倍の増加であるが、BFSを用いた配合では約2.8倍と大きく増加し、SP剤の影響が大きいと考えられる。一方、SP剤を添加しないSFの配合（図-4中□）

はBFSの場合と同様に、OPCのみの配合と比較して α は1.7倍程度である。そして、SP剤の添加による α の変化量（□→■）は、OPCのみの場合と比較して0.6倍程度と、BFSの場合とは逆に小さくなると考えられる。また、 σ_{sp} は1.3倍程度増加し、OPCのみの場合より小さいと考えられる。すなわち、混和材の種類と高性能減水剤の有無によって σ_{sp} と α はかなり異なり、その結果フーリエッング速度に対する影響が異なるものと思われる。

4. まとめ

今回用いた高性能減水剤と混和材の相互作用がフーリエッング挙動に与える影響は、

- (1) BFSまたはSFを使用した m^3 -ストの非移動水分量は、OPCのみの場合と比較して大きいと考えられる。
- (2) SP剤を1.5%/P添加した条件で、BFSを70%置換した m^3 -ストはOPCのみの場合と比較して非移動水分の解放量、見かけの比表面積のいずれも大きく、一方、SFを10%置換した m^3 -ストは、OPCのみの場合と比較して非移動水分の解放量、見かけの比表面積のいずれも小さいと考えられる。

参考文献

- [1] 大下健二・魚本健人、フーリエッング挙動に対する高性能減水剤の影響、第48回セメント技術大会講演集、1994.5(投稿中)
- [2] T.C.Powers, The Properties of Fresh Concrete, John Wiley and Sons, Inc., 1968