

京都大学工学部	学生員	○大平 好亮
京都大学大学院工学研究科	正会員	河野 広隆
京都大学大学院工学研究科	正会員	服部 篤史
京都大学大学院工学研究科	正会員	大島 義信

1. 背景・目的

過剰なブリーディングを防ぐことは、初期欠陥を防ぎ水密性や対凍害性を向上することを通じて、コンクリート構造物の早期劣化の防止に役立つ。過剰なブリーディングを防ぐには、まずブリーディングがどのような条件で、どのような仕組みによって発生するかが解明されなければならない。そのための試みは現在でも多くの研究者によって進められている。しかし混和材に加え、高性能AE減水剤などの混和剤を用いた場合のブリーディング特性について評価されたデータは不足している。そこで高性能AE減水剤と混和材を用い、混和材置換率と水結合材比を変化させた場合のセメントペーストのブリーディング特性を把握する目的で本研究を行う。

2. ブリーディング率測定実験

(1) ブリーディング率測定方法

混和材置換率と水結合材比を変化させた場合のセメントペーストのブリーディング特性を把握するため、温度が20°Cに保たれた室内でブリーディング率の経時変化を測定する。測定は一度に多くの試料について実験でき、水分の蒸発の影響も無視できる JSCE-F522 ポリエチレン袋法によって行い、ブリーディングの進行が停止して材齢が12時間経過するか、または12時間以上経過してブリーディングの進行が停止するまで1時間おきに続ける。そして各材齢ごとのブリーディング水量〔ml〕の供試体作成直後のセメントペーストの全体積〔ml〕に対する割合を、各材齢ごとのブリーディング率とする。

(2) 使用材料

セメントペーストの材料となる普通ポルトランドセメントと、各種混和材の密度と比表面積を表-1に示す。粉末度4000の高炉スラグ微粉末を選んだのは一般的に多く用いられる混和材だからである。粉末度8000の高炉スラグ微粉末でも実験を行うのは粒子の大きさによって凝結する時間や沈降速度が変わり、それによって実験結果が影響を受けると考えられるためである。混和材の置換率は30%、50%、70%、100%の4段階である。また、水結合材比はPCグラウトなど、セメントペーストとして一般に現場で多く用いられる45%、50%、55%の3段階で、ポリカルボン酸系高性能AE減水剤を標準使用量として定められているとおりに結合材の質量の1.1%使用する。比較のため、水結合剤比55%のケースのみポリカルボン酸系高性能AE減水剤を使用しない場合についても実験を行う。

表-1 普通ポルトランドセメントおよび混和材の密度と比表面積

	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
普通ポルトランドセメント	3.15	3360
高炉スラグ微粉末4000	2.89	4100
高炉スラグ微粉末8000	2.88	7820
フライアッシュ	2.33	3520

3. 結果・考察

まず高性能AE減水剤を用いることにより、ブリーディングの進行時間が5時間程度から10時間前後まで延び、最終的なブリーディング率も大きくなった。また、ほとんどのケースで水結合材比が大きくなるほどブリーディング率も大きくなる傾向が見られたが、特に水結合材比が45%から50%に増えたケースのほうが、50%から55%に増えた場合に比べてブリーディング率の差が大きい傾向が見られた。ブリーディング率の時間変化を示すグラフの形状そのものは一部のケースを除いて水結合材比を変えても同じような形状となることが多かった。図-1は粉末度4000の高炉スラグ微粉末を50%置換したケースのグラフで、以上の特徴をよく表している。この実験で最も特徴的なのが、高性能AE減水剤に加え高炉スラグ微粉末を用いたセメントペーストのブリーディン

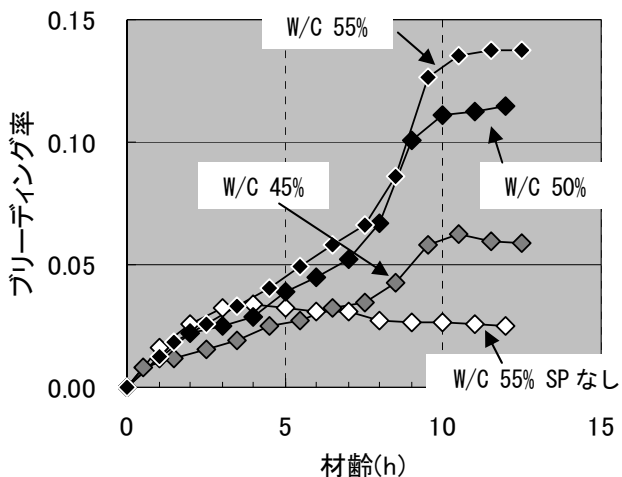


図-1 ブリーディング率経時変化 1

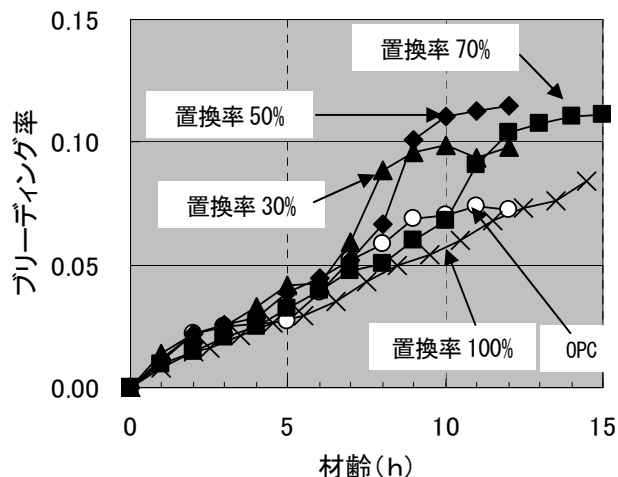


図-2 ブリーディング率経時変化 2

グ率経時変化である。図-1は高性能AE減水剤を使用し、水結合材比が50%で、粉末度4000の高炉スラグ微粉末の置換率を変化させた場合のグラフである。置換率が30%、50%、70%のケースで、ブリーディングの進行する速度が急激に増加する時間帯が存在することが分かる。また、置換率が大きくなるほどその時間が遅くなり、置換率が100%のケースや、計測時間内に凝結の起こらなかったフライアッシュを置換したセメントペーストでは見られない。よってこの現象にはセメントの凝結が何らかの形で影響を及ぼしていることが考えられる。高炉スラグ微粉末の粉末度が4000から8000になっても同様の時間帯でブリーディングの進行する速度が急激に増加した。但し、ブリーディング率は粉末度8000のほうが小さかった。これは単純に粒子が小さい分沈降の速度も小さくなったためと考えられる。

このようにブリーディング進行速度が急激に増加するのは、セメントペーストの沈降粒子が水和反応により時間とともに大きくなり、沈降速度が増加するためであると考えられる。図-3はその模式図である。高性能AE減水剤を用いないセメント粒子は練り混ぜによって凝集体を形成して、凝結の終結する材齢5時間までにブリーディングを急速に進行させる。一方、高性能AE減水剤を用いたセメントペーストは個々の粒子が小さく高性能AE減水剤の分散効果が働くため、初期のブリーディング進行速度は小さい。しかし時間の経過とともに、分散して浮遊しているセメント粒子もやがて凝結により互いが結合して、大きな沈降粒子となる。そのため、ある一定の時間が経過したセメントペーストでは、沈降速度も増加しブリーディング進行速度も大きくなると考えられる。

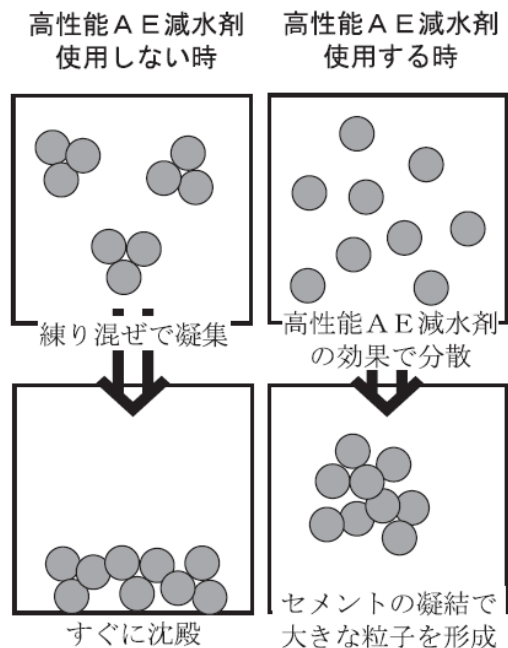


図-3 仮説

4. 結論

セメントペーストのブリーディング率の経時変化を計測した結果、高性能AE減水剤に加え高炉スラグ微粉末を用いた場合、ブリーディングの進行する速度が急激に増加する時間帯が存在することが解明された。置換率が大きくなるほどその時間が遅くなることから、この現象にはセメントの凝結が何らかの形で影響していることが考えられる。すなわち、高性能AE減水剤に加え高炉スラグ微粉末を用いたセメントペーストの粒子は、高性能AE減水剤の効果で水中に浮遊しつつ、凝結によって時間が経過すると互いに結合しあうために、ブリーディング性状に差異が生じると考えられる。