

近畿大学大学院 学生員 ○山林 彰宏

近畿大学理工学部 正会員 玉井 元治

1. はじめに

ポーラスコンクリート（Porous Concrete：PoC）は連続した空隙を持つため、雨水などの排水、動植物の棲息、さらに動植物による自然浄化などの機能を持つ材料として、幅広い用途で利用されることが期待されている。しかし、これらの用途に利用できる良好な連続空隙を有する PoC を製造するには、製造時にある程度振動を与えても骨材から分離をしない結合材のコンシステンシーが必要である。

本研究では、PoC の合理的施工の基礎資料を得ることを最終的な目的とし、PoC に適する幾つかの配合¹⁾をもとに、結合材のレオロジー特性及び結合材の流動挙動に影響を与える外部要因について検討を行う。

2. 使用材料

セメント：普通ポルトランドセメント（CN）：Sg=3.15（SO 社製）、高炉セメント B 種（CB）：Sg=3.04（T 社製）、混和材：シリカフューム（SF）：Sg=2.30（E 社製）、混和剤：高性能 AE 減水剤（組成：カルボキシル基含有ポリエーテル系化合物+増粘成分）（SP）：Sg=1.02（20℃）（K 社製）、水（W）：一般水道水

3. 配合および実験方法

1) 配合設計：各種セメントにおいて、 $SF/(C+SF)=5\%$ と SF 無混入のそれぞれの組み合わせで、 $W/C=25\%$ 、30%、35%に変化させ、SP 添加量によりフロー値 190、200、210 を定める。

2) フロー試験：レオロジー測定を行う毎に（JIS-R5201）に準じて行う。

3) レオロジー測定：装置は二重円筒型回転粘度計（外筒回転式、壁面すべり防止のため表面凹凸型特殊内外筒使用、外筒φ 22 ± 0.5 mm、内筒φ 12 ± 0.5 mm、浸液長 70 mm、）（図-1 参照）を用い、図-2 に示す定常流測定法の手順に従って測定する。なお、練り混ぜからレオロジー測定までの作業は $20\pm 0.5^\circ\text{C}$ の室内で行い、試料はフロー試験と同一のものを使用する。

4) レオロジー量の算出方法：セメント質結合材は降伏値を有することから

ビンガム流体とみなせる。そこでレオロジー測定結果より、コンシステンシー曲線を描き、線形になると見られる測点を選び（約 10 測点）、最小自乗法によって直線式を求める。その式からレオロジー量（塑性粘度、降伏値）を算出する。

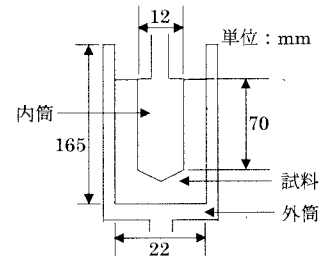


図-1 測定部分の概略図

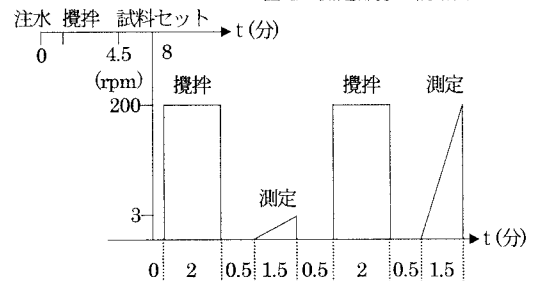


図-2 定常流測定手順の概要

4. 実験結果および考察

4.1 結合材の外部要因がレオロジー特性に与える影響

レオロジー測定を行う前に、外部要因が結合材の性状に及ぼす影響について考察する。

① 内外筒の表面性状とスリップによる影響

平滑な内外筒を用いると、スリップはせん断全域において発生するが、特に低せん断域において起こりやすい。また、凝集系を含むか、塑性要素が多くなると一層滑り易くなる。本研究では、表面に凹凸を施すことによって、スリップ発生を低減しているため、スリップによる誤差はほとんどないと考えられる。

② 時間経過及び温度変化による影響

図-3 は結合材の時間変化に伴う流動性の変化を温度ごとに示したものである。これより結合材は、練り

上がり直後から時間経過や温度に大きく影響を受けることが分かる。これを踏まえ、レオロジー測定は図-2 に示す手順に従って測定することで、時間経過や温度による影響を少なくする。

4.2 温度変化によるレオロジー量への影響

図-4 は、図中の配合において、温度を 12℃ から 25℃ に変化した時の塑性粘度と降伏値を表したものである。温度が上昇するほど塑性粘度、降伏値ともに増加する傾向を示している。これは、セメントの水和反応による粘度増加によるものと考えられる。しかし、温度が 25℃ 以上では、降伏値は大きく増加するが、塑性粘度は増加傾向を示さない。この原因としては、SF や SP などの混和材料の添加による影響が考えられる。

4.3 SF 混入によるレオロジー量への影響

図-5 は、図中の配合において $SF/(C+SF)=5\%$ と SF 無混入のレオロジー量の変化を比較したものである。どのフロー値においてもレオロジー量が増加していることがわかる。これは、SF 混入によるセメントの粘度増加と、それともなう SP 添加量の増加による副次的な増粘作用の影響によるものと考えられる。

4.4 配合によるレオロジー量の関係

図-6 は、図中の配合において水結合材比と降伏値の関係をフロー値ごとに、図-7 は、図中の配合において水結合材比と塑性粘度の関係をフロー値ごとに示したものである。これらより、SP 添加量が増加するとレオロジー量が低下することが分かる。これは、SP 添加によるセメント凝集系の分散効果により、開放水が結合材の流動性を増加させたため、粘度低下が生じたと考えられる。また、フロー値が一定で水結合材比が高くなるほど、レオロジー量が低下する。これは、セメント懸濁系が濃度低下によってスラリー化したため、粘度が低下したと考えられる。

5. まとめ

過去の研究結果から、PoC の使用用途として緑化コンクリートを想定し、加速度約 3G の締め固め機を用いて 40 秒間締め固めた場合、PoC 製造に適した配合は（5 号碎石、 $W/(C+SF)=30\%$ 、フロー値 200、充填率 25～30%）¹⁾ である。これを踏まえ、本結果より、PoC の製造に適した結合材のレオロジー量は、塑性粘度 4～7Pa・s、降伏値 90～120Pa 程度であると考えられる。しかし、PoC に適応する配合は製造時の締め固め時間によって異なり、締め固め時間を少なくすれば、これらの値より小さなレオロジー量を示す配合についても、適応できると考えられる。次に、結合材のレオロジー量は、温度や練り上がり後の時間経過に大きく影響を受けることから、PoC 製造の際はこれらの外部要因について検討し、質の高い施工管理をする必要がある。また、SF、SP などの混和材料の種類、その添加量によるセメント凝集系やセメントの水和速度の変化などで、結合材のレオロジー量は複雑に変化する。今回、SF を混入した場合レオロジー量の増加が見られた。これより、適切な SF 混入量と SP を併用することで、施工時、骨材からの垂れ落ちが少なく、均一に付着する結合材が得られると考えられる。

参考文献 1) 鷹尾・玉井；ポーラスコンクリートの材料分離抵抗性に関する研究、平成 11 年度関西支部年次学術講演概要、V-45-1～2、2000.5.

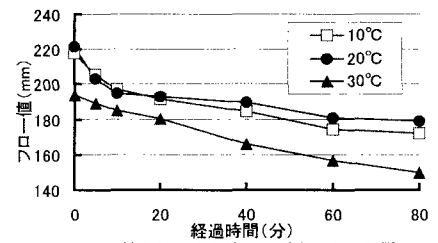


図-3 結合材の流動性に及ぼす温度の影響
配合(C_B W/C SP=0.25%)

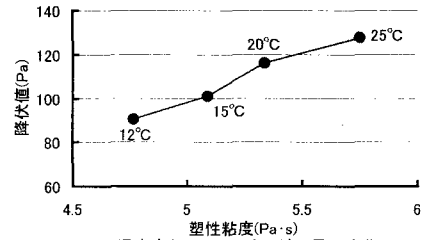


図-4 温度変化によるレオロジー量の変化
配合(C_N W/(C+SF)=30% SP/(C+SF)=0.54%)

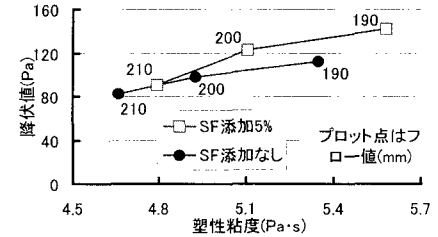


図-5 SF置換によるレオロジー量の変化
配合(C_N W/C=30%)

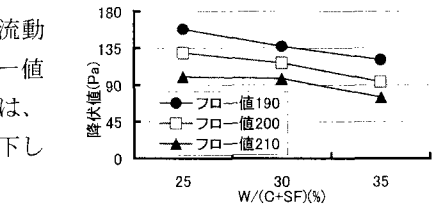


図-6 水結合材比と降伏値の関係
配合(C_B SF/(C+SF)=5%)

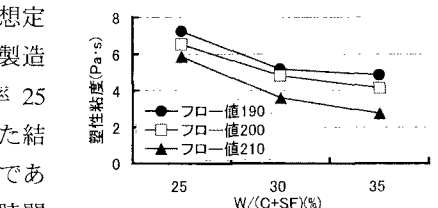


図-7 水結合材比と塑性粘度の関係
配合(C_B SF/(C+SF)=5%)