

ブリーディングが低水セメント比のモルタルの若材齢における体積変化に及ぼす影響

金沢大学理工学域 学生会員 ○山崎 健仁
金沢大学理工学域 正会員 五十嵐 心一

1. 序論

低水セメント比のコンクリートに顕著な現象として自己収縮が挙げられるが、これが拘束されることによるひび割れの発生が長期の耐久性に影響を及ぼすと懸念されている。その一方にて、低水セメント比のコンクリートは若材齢において膨張を示すことも知られている。若材齢における膨張にはいくつかのメカニズムが提言されているが、その中でもブリーディング水の再吸収を主な原因とすることが多い。この膨張特性の理解は、自己収縮が拘束されることにより発生する応力を考える上で非常に重要であり、これによりひび割れや破断等への対策を講ずることができる。

本研究は、高性能減水剤および増粘剤を添加することによってブリーディング量を変化させたモルタルを作製し、若材齢における水分移動と体積膨張との関連性を、水和度と組織形成の観点から論ずることを目的とする。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

セメントには普通ポルトランドセメント（密度： 3.15g/cm^3 ，比表面積： $3310\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用し、細骨材には石川県手取川産の川砂（密度： 2.60g/cm^3 ，吸水率：1.81%）を使用した。JIS R 5201 に準じて水セメント比 0.28，セメント砂比(C:S)1:2 のモルタルを作製した。また、ブリーディング量を変化させるためにポリカルボン酸系高性能減水剤（以後 SP 剤と記す）を添加し、その添加量を 2%，5%と変化した。なお、高性能減水剤の添加量が 2%のモルタルと同程度のワーカビリティが得られるように高性能減水剤を 5%添加したモルタルに対してセルロース系増粘剤（以後 VE 剤と記す）を添加した供試体も作製した。

2. 2 長さ変化試験

ASTM C 1698-09 に従い、ポリエチレン製のコルゲートチューブ(直径：約 30mm，長さ：約 420mm)供試体を作製した。打ち込み直後、

20℃の恒温室にて水平に静置し、長さ変化測定装置を用いて供試体の長さ変化を継続的に測定した。打ち込み直後からの変形についてはレーザー変位計を、硬化後の長さ変化は接触式のダイヤルゲージにより測定し、打ち込み直後から材齢 7 日までの長さ変化を記録した。

2. 3 凝結試験

水セメント比が 0.28 のセメントペースト供試体に対し JIS R 5201 に従い、凝結試験を行い、始発および終結を決定し、始発を誘導期の終了の目安とした。

2. 4 ブリーディング試験

モルタルを直径 100mm，高さ 200mm の円柱型枠に打ち込み、JIS A 1123 に準じてブリーディング試験を行い、ブリーディング率を算出した。

2. 5 水和度の測定

水セメント比 0.28， $20\times 30\times 5\text{mm}$ の薄板状セメントペースト供試体を作製し、所定時間にて 110°C ，24 時間炉乾燥を行った。乾燥試料を乳鉢で粉碎し、さらに 24 時間真空乾燥を行った。粉碎した試料を JIS R 5202 に規定される方法に準じて強熱し、その減量から結合水量 $W_n(t)$ を(1)式にて求め、(2)式を用いて水和度 α を計算した。

$$W_n(t) = (m - m')/m' \quad (1)$$

$$\alpha = W_n(t)/0.23 \quad (2)$$

ここに m は強熱前の試料質量(g)， m' は強熱後の試料質量(g)である。

2. 6 蛍光顕微鏡観察

2. 2 にて作製したコルゲートチューブ供試体を切断し、エタノール浸漬して水分との置換を行った。その後、蛍光染料を溶解させたエポキシ樹脂を含浸し、常温にて硬化後、耐水研磨紙を用いて表面の研磨を行い、蛍光顕微鏡観察試料とした。取得した画像の観察倍率は 40 倍とし、紫外線強度を一定のまま観察を行い、蛍光発色の程度を比較した。

3. 結果および考察

キーワード 若材齢，体積変化，ブリーディング，増粘剤

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻 TEL076-264-6373

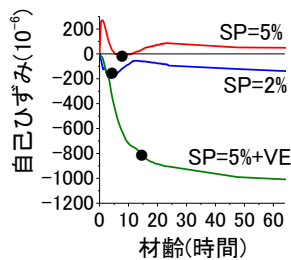


図-1 自己ひずみ変化
(●: 始発時間)

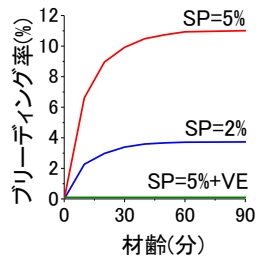


図-2 ブリーディング
率の変化

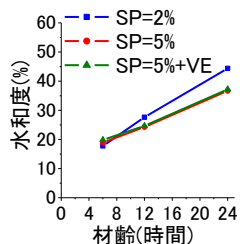


図-3 水和度の変化

図-1 は長さ変化試験の結果を示したものである。高性能減水剤を 2%添加したものは材齢初期に収縮を示し、その後に膨張を示し、そして、材齢 12 時間後から再び収縮している。一方、高性能減水剤を 5%添加したものは打ち込み直後に著しい膨張を示した。その後に収縮を示し、そして再び膨張を示すという変化傾向は高性能減水剤を 2%添加した場合と同様である。これに対して、高性能減水剤を 5%添加したものに増粘剤を加えると、全く膨張することなく打ち込み直後から材齢 20 時間程度まで単調な収縮を示している。

図-2 はブリーディング試験の結果を示したものである。高性能減水剤の添加量によってブリーディング量は変化し、高性能減水剤を 5%添加したものは特にブリーディングが顕著である。また、高性能減水剤を添加したものに増粘剤を加えると、ブリーディングが完全に抑制されている。ブリーディングが発生したモルタルは若材齢において膨張を示していることから、ブリーディングと膨張との関係性は明らかである。その一方にて、ブリーディングは材齢 40 分程度で終了していることから、誘導期において吐出されたブリーディング水が加速期にて再吸収されることによって膨張が生じていると考えられる。

図-3 は強熱減量試験から求めた水和度の変化を示したものである。材齢初期において高性能減水剤の添加量によらず水和度は同程度であったが、材齢 1 日には高性能減水剤を 5%添加したものは水和遅延を生じている。また、増粘剤添加の有無により高性能減水剤を 5%添加した供試体の水和度は変化していないことから、膨張の原因となるセメントゲル量は同程度存在していたと考えられる。しかし、図-1 のように、その

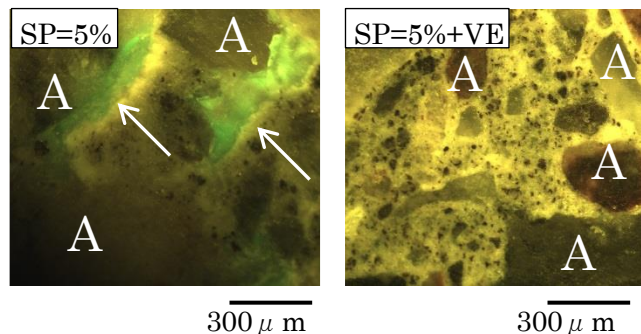


図-4 蛍光顕微鏡像 (矢印: ブリーディング領域. A: 骨材)

自己ひずみの変化傾向は全く異なり、内部組織の形成に差を生じていたことが示唆される。

図-4 は蛍光顕微鏡像を示したものである。矢印で示す発光部分はブリーディング領域であり、高性能減水剤を 5%添加したものにおいては強い発光が骨材界面において確認された。この結果から、供試体表面にてブリーディングが観察されたものは、内部においてもブリーディングが生じていたといえる。一方、高性能減水剤を 5%添加したものにさらに増粘剤を添加したものは、骨材界面に明瞭な蛍光領域は確認されず、モルタル中のセメントペーストマトリックス領域全体においても均質な蛍光を発していた。これらのことから、高性能減水剤を 5%添加した供試体においては、増粘剤の有無により、内部構造に相違が生じたことは明らかである。しかし、図-3 に示すように水和度は同程度であり、換言すれば、内部に残存する水量には差は生じないことになる。したがって、高性能減水剤 5%に加えて増粘剤を添加した場合には、増粘剤により内部のセメント粒子の配置が均質化され、ブリーディングに伴う粗大な空隙が形成されず、より小さな空隙が多く存在したと考えられる。また、そのような均質な組織形成に加えて増粘剤の効果により、セメントゲルへの水分移動が制限されたために、結果として膨潤を生じなかったと考えられる。

4. 結論

若材齢における膨張はブリーディング水の再吸収と関係性があることが確認できた。しかし、同量のセメントゲルが生成されていても、水分移動が制御されれば、セメントゲルの膨潤が抑制され、結果として膨張は認められなくなることが示唆された。

謝辞

本研究の実施は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(c), 課題番号 24560564)の交付を受けた。