

若材齢におけるブリーディングがモルタルの組織形成と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のひびわれ要因の一つとして若材齢期の自己収縮が挙げられ、これが長期の耐久性に影響を及ぼすことが懸念されている。しかし、その一方で、自己収縮とは逆に若材齢期において膨張を示すことも知られている。この膨張はみかけの収縮低減の観点からは好ましいものの、その後大きな自己収縮を生じる場合もあることから、膨張特性の理解は自己収縮の低減を考えるうえで重大な意味を持つ。若材齢期における膨張についてはいくつかのメカニズムが提言されているがブリーディング水の再吸収による膨張を卓越要因と考える場合が多いようである。しかし、その詳細は必ずしも明らかではない。

本研究は、高性能減水剤および増粘剤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、ブリーディングの発生がモルタルの体積膨張に及ぼす影響を水和反応の進行と関連付けながら考察す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/cm³，比表面積：3310cm²/g）を使用し、細骨材には石川県手取川産の川砂（密度：2.60 g/cm³，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%と変化させた。なお、SP=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 SP=5%の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）供試体を密封養生下での長さ変化測定用供試体として作製した。打ち込み後、20℃の恒温室内にて水平に静置し、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により測定し、硬化後の長さ変化は接触式のダイヤルゲージにて打設直後から材齢 7 日までの長さ変化を測定した。

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た。

2.4 電気抵抗率測定

図-1 に示す装置を用いて、JSCE-K 562-2008 に基づいた四電極法により、電圧 30V，周波数 80Hz の交流電圧を供試体に印加し、打設直後から材齢 24 時間までのモルタルの電気抵抗率を 5 分間隔で測定した。供試体を通る電流値と供試体中央部の 2 つの電位差電極間の電圧を測定し、以下の式 (1) により電気抵抗率 $\rho(\Omega \cdot m)$ を得た。

$$\rho = \frac{V \cdot A}{I \cdot L} (\Omega \cdot m) \quad (1)$$

ここに V は電位差電極間の電位差(V)，A は供試体の断面積(m²)，I は供試体に流れる電流(A)，L は電位差電極間の距離(m)である。

2.5 強熱減量試験

20×30×5mm の水セメント比 0.28 のセメントペースト供試体を作製し、所定時間にて 110℃，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 JISR 5202 に規定される方法に準じて強熱し、その減量から強熱減量を算出した。

2.6 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。

3. 結果

図-2 は長さ変化試験結果を示したものである。SP=2%のワーカブルなモルタルの場合、打ち込み直後に収縮を示し、その後膨張し、12 時間以後は再び緩やかな収縮を示している。一方、SP 剤を過剰に添加する

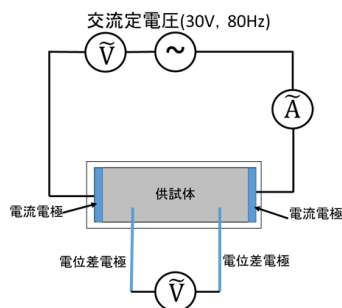


図-1 電気抵抗率測定装置の
模式図

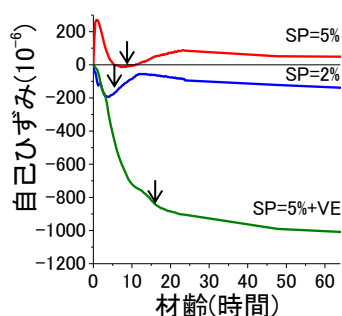


図-2 自己ひずみ変化 (矢印：始発時間)

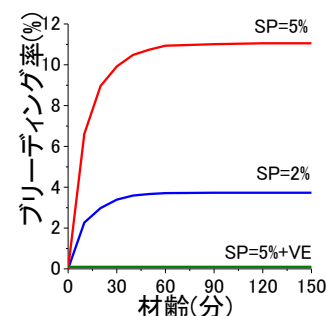


図-3 ブリーディング率の変化

と、打ち込み直後に著しい膨張を示すが、その後収縮、そして再び膨張を示す傾向は SP=2%の場合と同様である。これに対して、同じ水量ながら VE 剤を添加した場合は全く膨張傾向を示すことなく材齢 20 時間程度まで急激に収縮が増大している。

図-3 はブリーディング試験の結果を示したものである。SP 剤を過剰に添加することによりブリーディングは著しく増大している。また、VE 剤を添加することでブリーディングは完全に抑制されている。図-2 の膨張発生とブリーディングの発生は対応するようではあるが、ブリーディングは顕著な長さ変化を生ずる以前に終了していることに留意しなければならない。

図-4 は強熱減量試験から求めた水和度の変化を表したものである。SP=5%添加の場合、VE 剤の有無にかかわらず水和度がほぼ同程度であるが、SP=2%に比べると水和は遅延する傾向が認められる。

図-5 は材齢 24 時間までの電気抵抗率の変化を示したものである。SP=2%の場合、電気抵抗率は材齢 3 時間から 4 時間程度にて増大を開始し、材齢 24 時間までほぼ単調に増大している。一方、SP=5%の場合は、電気抵抗率の増大の開始時間が明らかに SP=2%よりは遅延しており、図-4 の水和度の変化傾向とも一致している。また、VE 剤を加えることによって電気抵抗率の増大割合は小さくなっている。

4. 考察

ブリーディングを生じる系において、若材齢における体積変化は自己乾燥とブリーディング水の再吸収の両者が同時に進行する過程であり、一般に膨張が認められた場合にはブリーディング水の再吸収が収縮を上回ったとして理解されることが多い。本研究においてもブリーディングを生じた供試体にのみ膨張傾向が観察された。このことからブリーディング水が膨張に関

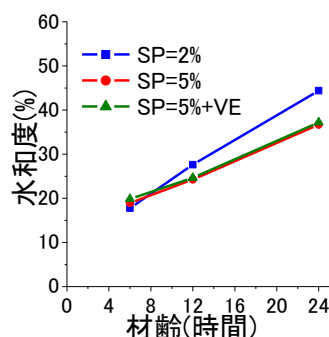


図-4 水和度の変化

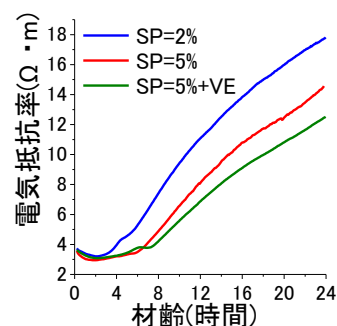


図-5 電気抵抗率の変化

与することは明らかである。しかし、その一方で膨張が観察されたモルタルでもブリーディングの発生時間は収縮傾向が観察される時間であり、ブリーディングの終了後も収縮は数時間にわたって継続している。その後に現れる膨張期と体積抵抗率の増大時期はほぼ一致している。これより、セメントの水和が活発に進行するようになってから、ゲルの生成とともに自己乾燥が進み始め、ブリーディング水を再吸収することによって膨張を生じると考えられる。また、水和反応は同程度に進行しているにも関わらず、VE 剤を加えたモルタルでは電気抵抗率の増大が緩やかになる。このことは、伝導経路である毛細管空隙の連続性が高いことを意味するが、増粘効果により水分移動が抑制されるために膨張を生じなかったと考えられる。

5. 結論

低水セメント比のモルタルの若材齢期の膨張はブリーディング水の再吸収に関連付けられることが確認できた。しかし、その一方にて、内部水が残存しているにも関わらずその移動が制限されるとセメントゲルへの再吸収が妨げられ、膨張発生が抑制されることが考えられる。

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 21560482)の交付を受けた。