

(V - 4) セメントペーストの水和収縮量の測定方法に関する研究

東海大学 正会員 笠井 哲郎

東海大学 正会員 菊本 幸雄

○ 東海大学 学会員 松本 隆徳

1. まえがき

セメントペーストの水和収縮は、未水和のセメントと水が反応するとき生成する水和物の体積が前二者の体積の和より小さくなる現象であり、ときには化学収縮 (chemical shrinkage) または硬化収縮とも呼ばれる。この収縮はセメント系材料が一定温度、一定重量の下で収縮する自己収縮 (autogenous volume change) のようなマクロな体積変化とは異なった現象である。水和収縮の測定法としては、①ブリーディング法 (ブリーディング水および外部から加えた水の減少量を測定する方法)、②Le Chatelier法、③長さ変化法等が知られている¹⁾。③の方法は自己収縮の量を測定しており、また②の方法は、ある時期以降は水和収縮に自己収縮が加わった量を測定していることになり、両者とも水和収縮の測定法としては望ましくない²⁾。これに対し、①の方法はセメントペーストの内部に水和収縮量に見合った量の水が常に外部から浸透するため、未水和セメント、水 (最初から存在した水) および水和物の絶対体積の合計を正確に測定できる。従って、①の方法が水和収縮の測定法として適切であると考えられる。

本研究では、ブリーディング法を水和収縮の測定法として用いた場合、その測定値に及ぼす各種要因について実験的検討を行った。

2. ブリーディング法の問題点

(1) 外部からの水の浸透速度の影響

この方法では、ペーストの間隙水と外部の水相が連続相となっており、水和速度に見合った量の水がペースト内部に浸透していくことが測定上の前提条件となる。このためW/Cや打ち込み高さによっては外部から水が浸透しきれない場合が生じる。従って吸水面積とペーストの高さおよびW/C (浸透速度に影響) を測定上どの程度にするかが問題となる。

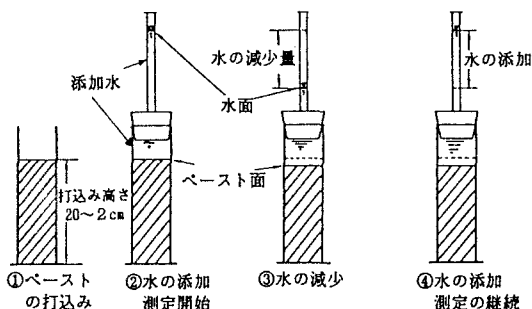


図-1 水和収縮の測定方法

(2) 添加水の影響

セメントの水和反応はペーストの間隙水との間で進行していくと考えられるが、本方法では外部から常に間隙内に水が供給されるため、実際の間隙水とはイオン濃度やpHなどの条件が異なってくると思われる。このため添加水の量や成分が水和収縮量に影響することが考えられる。

そこで以下では、ブリーディング法における吸水面積とペースト高さの影響、W/Cの影響および添加水の量と成分の影響について検討した。

3. 実験概要

セメントは、普通ポルトランドセメント (比重: 3.16, Blaine: 3380cm²/g) を用いた。W/Cは60, 40, 26%とし、26%の場合のみ高性能減水剤 (ポリカルボン酸塩系) を1.5 (C/Wt%) 添加した。ペーストの製造は、ホバート型モルタルミキサにより3分間練り混ぜて行った。水和収縮量の測定は、図-1に示す手順により行った。アクリル製パイプにセメントペーストを打ち込み、メスピペットを取り付けたゴム栓で上面を閉じ、測定可能な範囲まで水を加え、メスピペットの上面および取り付け部等を密閉する。測定は各時間ごと、水の減少量をメスピペットの目盛りから測定する。水和収縮量は、打ち込んだセメントペーストの体積に対するこの測定値の比 (%)

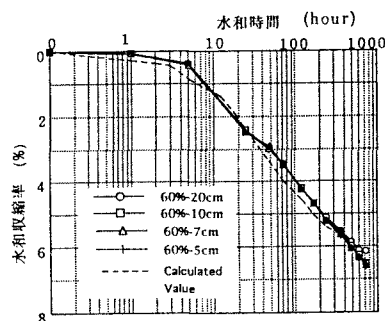


図-2 水和収縮量に及ぼすペースト高さの影響 (W/C=60%)

として求められる。ペーストの打ち込み高さは、20, 10, 7, 5, 4, 2cmと変化させた。アクリルパイプの直径は、ペーストの打ち込み高さが20～5cmの場合26mm、4, 2cmの場合50mmとした。また、添加水の高さ（量）は1cmを基準としたが、5, 10cmと変化させたものについても行った。添加水の種類は、水道水を基

準としたが、蒸留水およびセメントペーストから濾過にて採取した水を用いたものについても行った。また、添加水を各材令における測定終了後ごとに蒸留水で置換する条件でも行った。測定期間は30日とした。

4. 実験結果および考察

図-2～4は各 W/C における、水和収縮に及ぼすペースト高さの影響を示したものである。 W/C が小さいほど、また材令が長くなるほど水和収縮量の測定値はペースト高さの影響を強く受け、ペースト高さが高くなるほど測定値が小さくなっている。これは、 W/C が小さいほど、また材令が長いほどセメントペーストの組織がより緻密になり、水和収縮量に見合った量の水の浸透が遅れたためであると考えられる。図に示した結果より、本実験の材令の範囲で水和収縮量の測定に影響を及ぼさないペーストの打ち込み高さは、 W/C が60, 40, 26%においてそれぞれ、10cm, 7cm, 2cm以下とすることがわかる。

図-5は、 $W/C=40\%$ 、ペーストの高さ7cmの条件で、添加水の高さを1, 5, 10cmと変えた場合の各材令における水和収縮量を示したものである。添加水の高さの影響は小さいが、添加水の高さが高いほど水和収縮量の測定値は大きくなっている。図-6は、 $W/C=40\%$ 、ペーストの高さ7cmの条件で、添加水の種類を水道水、蒸留水およびセメントペーストから濾過にて採取した水とした場合、また添加水を各材令における測定終了後ごとに蒸留水で置換した場合の各材令における水和収縮量を示したものである。図より、水和収縮量は添加水を蒸留水で常に置換した場合がもっとも大きくなり、また材令が進むほどその傾向は強く現れている。図-5, 6の結果より、水和収縮量はペースト上部に添加する水の量と種類の影響を受け、添加水のイオン濃度が低くなる条件ほど水和収縮量は大きくなることがわかる。

以上のことより、ブリーディング法による水和収縮量の測定においては、ペーストの打ち込み高さを低くし、添加水の量をできる限り少なくするか、ペーストの間隙水に近いイオン濃度の水（水酸化カルシウムの飽和溶液など）を用いる等の考慮が必要である。

<参考文献> 1) 野口, 原田, 大門: ポルトランドセメントの水和収縮に関する研究, セメント・コンクリート論文集, 47, 1993. 2) 田澤: 水和反応によるセメントペーストの自己収縮, セメントコンクリート, No. 565, 1994. 3) 笠井, 田澤: 硬化収縮の測定によるセメントの水和度の簡易推定法, 広島大学工学部研究報告, 37, 1988.

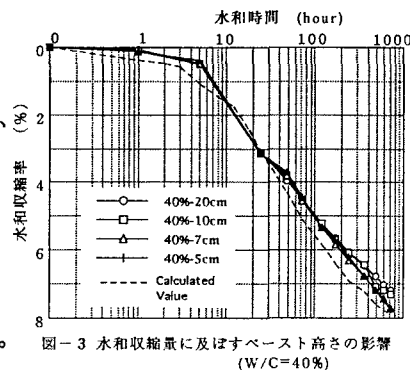


図-3 水和収縮量に及ぼすペースト高さの影響 ($W/C=40\%$)

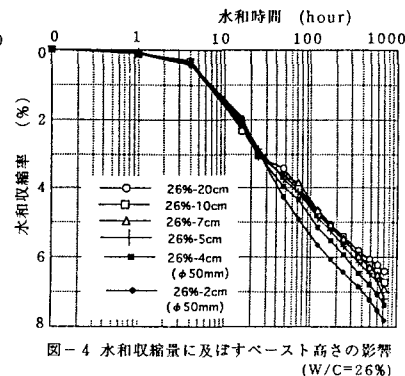


図-4 水和収縮量に及ぼすペースト高さの影響 ($W/C=26\%$)

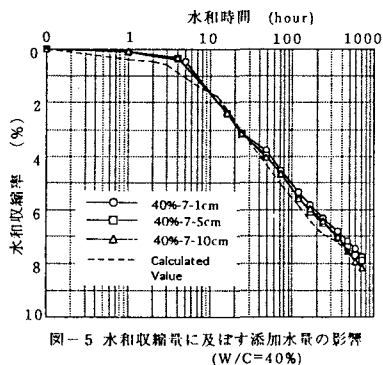


図-5 水和収縮量に及ぼす添加水量の影響 ($W/C=40\%$)

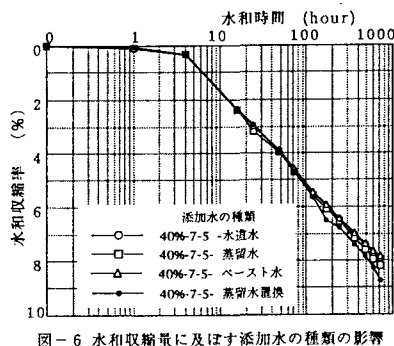


図-6 水和収縮量に及ぼす添加水の種類の影響