

V-380

低水比セメントペーストのプラスチック収縮に関する研究

東海大学大学院 学生会員 馬場 勇介
東海大学工学部 正会員 笠井 哲郎

1. まえがき

コンクリートの打込み直後から、まだプラスチックな状態で生じるプラスチック収縮は、コンクリートの表層部分が乾燥することに起因していると考えられている。そのメカニズムについては、ブリージング速度に比較して表面からの水の蒸発速度が速い場合、表層部の乾燥により、コンクリート中の間隙水にメニスカスを形成され、負圧が生じるために収縮が起こると説明されている¹⁾。一方、最近になり、乾燥を受けない状態においても間隙水に負圧が生じる場合がある事が報告された²⁾。このことはプラスチック収縮が水の逸散による乾燥の影響だけでなく、水和反応による間隙水の消費に伴う自己乾燥の影響を受けることを示唆するものであり、低水結合材比の高強度コンクリートほどその影響が強く現れることが推察される。そこで本研究では、極初期材令のセメントペーストの収縮挙動に関する実験を行い、セメントペーストのプラスチック収縮に及ぼす水和反応に伴う自己乾燥の影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 セメントペーストの製造

セメントは、表-1に示す市販のポルトランドセメントを使用した。

表の鉱物組成は、セメントの化学成分から Bogue 式により算出した値

である。セメントペーストの W/C は 20%および 40%とし、W/C=20%の場合のみ高性能 AE 減水剤 (Mit2000WHZ) を 3.20 (C×wt%) 添加およびシリカフュームをセメントに対し内割で 10%置換した。練混ぜは、20l ホバートミキサを用い、ダブルミキシング(DM)および従来の練混ぜ方法(SM)にて行った。また、練混ぜ水の温度を調整し、セメントペーストの練上り温度を $20 \pm 2^\circ\text{C}$ とした。

2.2 供試体およびひずみの測定方法

型枠は中央部に $10 \times 10\text{cm}$ の開口部を設けた $30 \times 30 \times 4\text{cm}$ の木製型枠で、その内壁をポリエステルフィルムで防水したものを使用した。供試体は、図-1に示す位置に埋込みゲージおよび熱電対を設置し、セメントペーストを打ち込み表面仕上げを行い作成した。なお、ゲージは各位置において、供試体高さ方向に対し、打ち込み面から 1, 2, 3cm の位置に設置した。また、表面からの水の逸散を許さない条件の場合は、セメントペーストの仕上げ面をポリエステルフィルムで覆い密閉した。この供試体を温度 20°C 、湿度 40R.H.% (密閉の場合:95R.H.%)、風速 0.45m/s の条件の恒温高恒湿槽に静置し、ひずみ、供試体温度および質量を材令 24 時間まで測定した。更に、各材令におけるセメントの結合水率を測定した。なお、ここで用いた埋込みゲージは、極初期からのセメントペーストのひずみを測定するために、著者らが試作したもので、測長 30mm のポリエステルゲージをシリコンシーラントで防水被覆し作成したものである。本試作ゲージを用いて、打込み直後からの自己収縮ひずみを測定した一例を図-2に示す。また、図には比較データとして、JCI 自己収縮研究委員会の方法および非接触変位計を用いて測定した結果も同時に示した。各データはセメントおよび W/C が同一でないため、自己収縮の絶対値は異なるものの、材令に伴う収縮挙動は類似していることから、本試作ゲージにより、極初期からのセメントペーストのひずみ挙動を評価できるものとして以下に用いることとした。

表-1 使用セメント

比重	Blaine (cm^2/g)	鉱物組成 (%)				
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄
3.16	3370	60.0	15.6	8.7	8.8	3.4

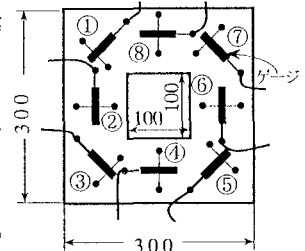


図1 型枠およびゲージの位置

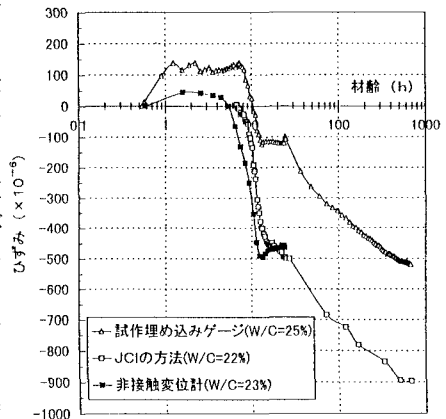


図-2 試作ゲージによる自己収縮ひずみの測定

キーワード：プラスチック収縮，水分逸散，水和反応，セメントペースト

〒259-1292 平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211(4263) FAX 0463-50-2045

3. 実験結果および考察

図-3は表面からの水分の逸散を許す条件における、 $W/C=40\%$ のプラスチックひび割れの発生状況を示したものである。SM、DMの場合とも凝結の始発と終結の間でひび割れが発生し始め、以後ひび割れ数およびひび割れ幅が材令とともに大きくなった。図-4は図-3に示した供試体における水分逸散率と結合水率およびそれらの値から算出したセメントペーストの含水率（間隙水率）の経時変化を示したものである。SMよりDMの方が凝結およびプラスチックひび割れの発生時期（SMで約5時間、DMで3時間）が早くなっている。これは、SMよりDMの方がセメントの水和の進行が速やかであるためと考えられる³⁾。このひび割れ発生時における水分逸散率は、SMとDMとでは異なっているが、結合水率を考慮したペーストの含水率は、SMとDMとも44vol%と一致している。このことは、プラスチック収縮ひび割れの発生には、表層部からの水の乾燥だけでなく、極初期のセメントの水和反応に伴う間隙水の減少も影響していることを示すものである。図-5、6は、 $W/C=40\%$ のDMにおけるゲージ位置③（ひび割れ発生なし）および⑦（ひび割れ発生有り）のひずみの経時変化を示したものである。図中の上・中・下はゲージの打ち込み方向に対する位置を示すもので、それぞれ打ち込み面から1、2、3cmの位置のゲージの値である。ひび割れ発生が観察されなかった図-5では、始発開始時期から収縮し始め、表層部に近い位置ほど収縮ひずみが大きくなっている。一方、図-6では始発開始後収縮し始める時期まで前図と同様な傾向を示すが、ひび割れが観察された時期の直前でひずみが膨張方向に反転した。これは、ゲージの測定長上にひび割れが発生し、収縮ひずみが一気に開放されたためであると考えられる。このことより、実際のひび割れ発生時期は目視で観察された時刻より1時間程度前であったことが推察される。図-7は $W/C=20\%$ におけるゲージ位置⑤のひずみの経時変化を示したものである。 $W/C=40\%$ の場合と同様に、ひび割れが観察される直前でひずみが収縮方向から膨張方向に反転している。図-8は $W/C=20\%$ でペースト上面を密封した条件のものであるが、この場合ひび割れの発生は観察されなかったものの材令10時間近傍において、ひずみが膨張方向に反転しており目視では観察できなかった微細ひび割れが発生した可能性が伺われる。またこの時期のペーストの含水率は、図-7の条件でひび割れが観察されたときの含水率の値とほぼ一致した。

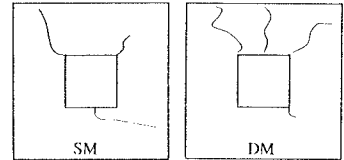


図-3 ひび割れ発生状況 ($W/C=40\%$)

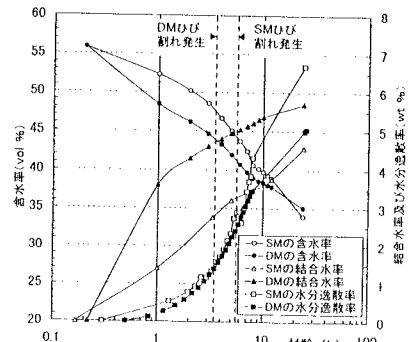


図-4 含水率の経時変化

図-5 ひずみの経時変化 (DM)

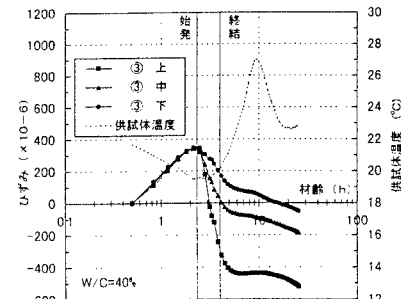


図-5 ひずみの経時変化 (DM)

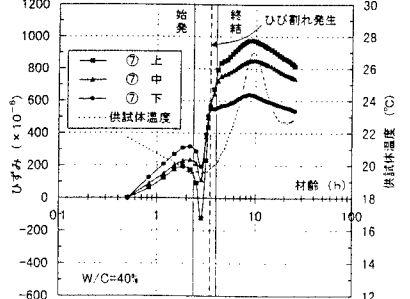


図-6 ひずみの経時変化 (DM)

図-7 ひずみの経時変化

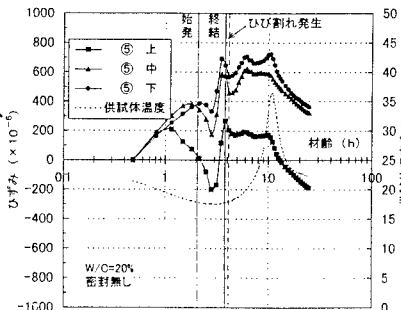


図-7 ひずみの経時変化

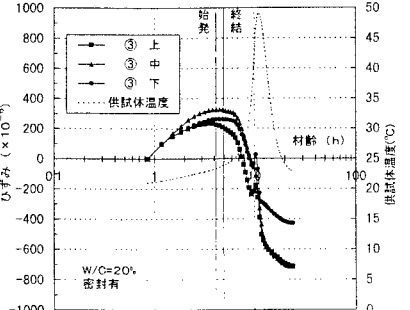


図-8 ひずみの経時変化

この場合ひび割れの発生は観察されなかったものの材令10時間近傍において、ひずみが膨張方向に反転しており目視では観察できなかった微細ひび割れが発生した可能性が伺われる。またこの時期のペーストの含水率は、図-7の条件でひび割れが観察されたときの含水率の値とほぼ一致した。

<参考文献>1)宮沢伸吾、田澤栄一、中山良直：モルタルのプラスチック収縮特性、土木学会中四国大会概要集

2) Sellevold, E.: High Performance Concrete, Early Volume Change and Cracking Tendency, RILEM International Symposium on Thermal Cracking in Concrete at Early Ages, pp.229-236, 1994. 3) 笠井哲郎、田澤栄一：ポリマーおよびシリカフュームをダブルミキシングで混入したセメントペーストの水和特性、広島大学工学部研究報告, Vol.37, No.1, pp.31-37, 1988.