

収縮低減剤を添加した高強度コンクリートの収縮ひずみ特性

太平洋セメント（株） 正会員 谷村 充
同 上 正会員 大森啓至

太平洋セメント（株） 正会員 兵頭彦次
同 上 同 上 中西 博
同 上 正会員 石森正樹

1. はじめに

高強度コンクリートは自己収縮が大きく¹⁾、その抑制はひび割れ制御の観点から重要な課題となっている²⁾。既往の研究から、収縮低減剤が自己収縮の抑制に効果的な材料の一つであることが明らかとされている³⁾。しかしながら、収縮低減剤の添加量が異なる場合の抑制効果や、高強度コンクリートで乾燥を受ける場合の収縮低減剤の効果については十分に検討されていない。そこで本研究では、普通ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリートの収縮抑制効果に及ぼす収縮低減剤添加量の影響を、封緘および乾燥の2養生条件下で実験的に検討した。

2. 実験概要

使用材料： セメントには普通ポルトランドセメント(記号：N，密度：3.16g/cm³，比表面積：3310cm²/g)，細骨材には静岡県小笠産の陸砂(表乾密度：2.60，吸水率：1.44%，粗粒率：2.64)，粗骨材には茨城県岩瀬産の碎石(最大寸法：20mm，表乾密度：2.64，吸水率：0.82%，粗粒率：6.68)を使用した。収縮低減剤には市販の低級アルコールアルキレンオキシド付加物を使用し、収縮ひずみの抑制効果を比較するため、一部のコンクリートには市販のCSA系膨張材を用いた。また、混和剤にはポリカルボン酸系の高性能減水剤を使用した。

コンクリート配合： コンクリートの配合は、水/セメント比を0.3とし、収縮低減剤を含む単位水量を175kg/m³，単位粗骨材絶対容積を0.315m³/m³の一定とした。収縮低減剤の添加量は単位量で3，6および9kg/m³の3水準とした。高性能減水剤の添加量はスランプフローが60±5cmの範囲となるように調整し、空気量は2%以下とした。また、比較用として、同様な配合で膨張材を混和したコンクリートについても検討した。この場合の単位膨張材量は50kg/m³である。なお、材齢28における圧縮強度(20℃水中養生)は、収縮低減剤添加量0，3，6および9kg/m³のそれぞれに対して、88.3，81.5，85.0および80.9MPaであった。

供試体の作製： 収縮ひずみを測定する供試体は、寸法を100×100×400mmとし、各配合に対して4本作製した。成形方法は日本コンクリート工学協会の「セメントペースト，モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法(案)⁵⁾」(以下，JCI案)に従って行った。材齢約1日の時点で脱型を行った後、すぐに供試体の全面をアルミ箔粘着テープ(厚さ0.05mm)でシールし、20℃の試験室内で養生した(以下，封緘供試体)。供試体の内の2本は、材齢7日の時点でその全面のアルミ箔粘着テープを取り除き、20℃，相対湿度60%の試験室内で養生した(以下，乾燥供試体)。

試験方法： 封緘供試体の長さ変化測定はJCI案に従って行い、その原点はJIS A 6202 付属書1による凝結の始発時間とした。供試体中心部の温度を熱電対により測定し、コンクリートの熱膨張係数を $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ として温度ひずみを補正した。乾燥供試体の長さ変化測定は、JIS A 1129に従って行った。いずれの供試体の場合も長さ変化の測定は、材齢91日の時点まで行い、供試体2本の平均値を収縮ひずみとした。また、収縮低減剤を添加した水溶液の表面張力を、自動表面張力計(装置：協和界面科学製CBVP-Z型)を用いて測定した。水には蒸留水を用い、収縮低減剤の濃度は0，0.25，0.5，1，3，5，7，10および100%とした。試料の温度は20±1℃であった。

3. 結果および考察

図-1は、封緘供試体による自己収縮ひずみの経時変化を示す。図-2は、収縮低減剤無添加の場合に対する自己収縮ひずみの低減率を示す。収縮低減剤による自己収縮ひずみの抑制効果は、その添加量の増加に伴って大きくなるが、添加量が多くなると頭打ちとなる傾向にある。また、自己収縮ひずみの低減率は経時的に変化しており、初期

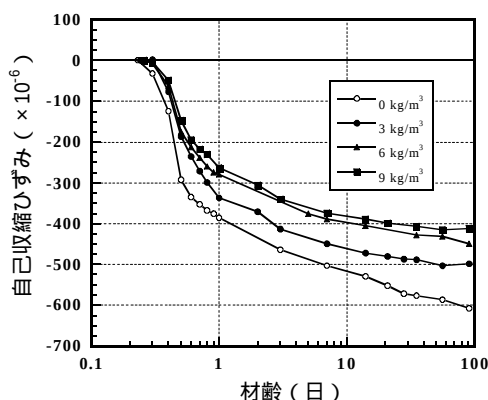


図-1 自己収縮ひずみの経時変化

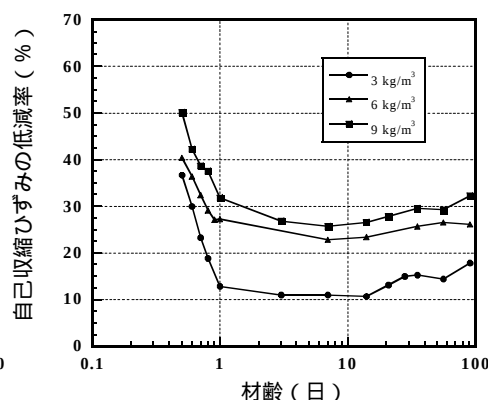


図-2 自己収縮ひずみの低減率

キーワード：高強度コンクリート，収縮ひずみ，収縮低減剤，普通ポルトランドセメント

連絡先（千葉県佐倉市大作2-4-2，電話：043-498-3847，FAX：043-498-3849）

材齢で大きく、その後ほぼ一定となる傾向である。ほぼ一定となる期間における低減率は、収縮低減剤添加量が3, 6および 9kg/m^3 のそれぞれに対して、大略15, 25および30%である。

図-3は、乾燥供試体の場合について、材齢7日からの乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。ただし、ここでの乾燥収縮ひずみは、自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみに重ね合せが成り立つとし、乾燥供

試体のひずみから材齢7日を起点とした封緘供試体のひずみを差し引くことで求めた。図-4は、収縮低減剤無添加の場合に対する乾燥収縮ひずみの低減率を示すが、上記した自己収縮ひずみの場合とほぼ同様の傾向である。

図-5は、材齢7日の時点における自己収縮ひずみの絶対値、材齢7日以降の収縮ひずみ(乾燥供試体のひずみに材齢7日の自己収縮ひずみを加えたもの)の絶対値について、材齢35日および91日の値を示す。比較のため、普通ポルトランドセメントを用い、膨張材(単位膨張材量： 50kg/m^3)を混和したコンクリートの試験結果を併せて示している。これより、材齢91日の時点でみると、収縮低減剤無添加の収縮ひずみが約 950×10^{-6} 、収縮低減剤を 9kg/m^3 添加した場合のそれは約 600×10^{-6} まで抑制されている。膨張材を用いた場合と比較すると、収縮低減剤添加量を 6kg/m^3 よりも多くすることで、ほぼ同様な抑制効果が得られている。

次に、表面張力などを指標として収縮低減剤を添加したコンクリートの収縮ひずみを推定できれば、実用上有益であると考えられることから、若干の検討を行った。富田⁵⁾は、乾燥収縮の卓越する水セメント比の大きい有スランブコンクリートについて、収縮低減剤を添加した水溶液の表面張力と収縮ひずみの関係を検討し、両者の関係は1:1とはならないが直線的な関係になることを明らかとしている。図-6は、本研究による収縮低減剤を添加した水溶液の表面張力の測定結果とその低減率を示す。本研究の場合には、単位水量が 175kg/m^3 であることより、収縮低減剤の濃度は1.7~5%となるが、この範囲における表面張力の低減率は、濃度に拘わらず約45%である。上記した収縮ひずみの低減率と比較すると、添加量の増加に伴って両者の値が近づくが、直線的な関係は認められない結果となった。ただし、本研究のコンクリートは、高流動性を得るために相当量の高性能減水剤(約 10kg/m^3)を添加していることや、普通強度のコンクリートに比べると水セメント比が小さく、その微細なセメント水和物中に収縮低減剤が取り込まれることなども考えられ、細孔溶液の表面張力は蒸留水による場合とは異なることが想定される。この点に関しては、今後より詳細に検討する必要がある。

4. まとめ

収縮低減剤の添加量を0~ 9kg/m^3 とした本研究の範囲から、収縮低減剤による収縮ひずみの抑制効果は、(1)添加量が増えると頭打ちとなる傾向にある、(2)自己収縮、乾燥収縮いずれの場合もほぼ同様の傾向であること、などが明らかとなった。今後は、拘束条件下における収縮応力抑制の観点から検討する予定である。

【参考文献】 1)田澤榮一ほか：コンクリートの自己収縮，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.14，No.1，pp.561-566，1992。 2)早川智浩ほか：高強度コンクリートラーメンの自己収縮応力2次元FEM解析，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp.1027-1032，1998。 3)例えば谷村 充ほか：高強度コンクリートの収縮低減化に関する一検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.22，No.2，pp.991-996，2000。 4)日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書，pp.195-198，1996。 5)富田六郎：有機系収縮低減剤の作用機構に関する考察，土木学会論文集，No.433/V-15，pp.197-205，1991。

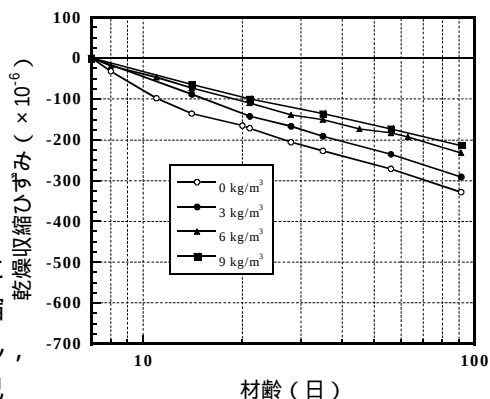


図-3 乾燥収縮ひずみの経時変化

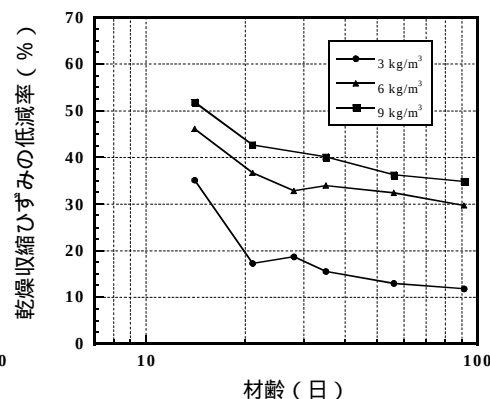


図-4 乾燥収縮ひずみの低減率

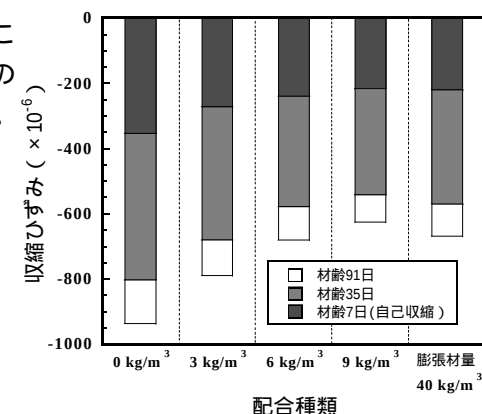


図-5 収縮ひずみ特性

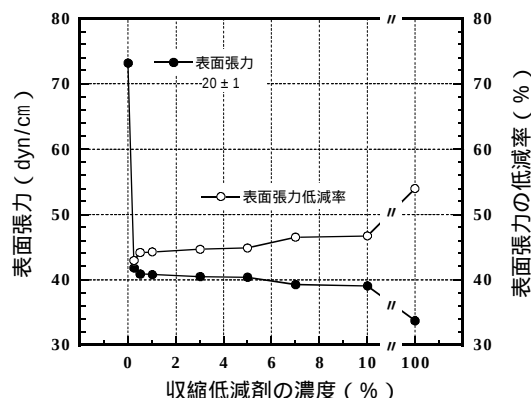


図-6 表面張力の測定結果