

膨張材を混和した高強度コンクリートの長さ変化に及ぼすセメント種類の影響

太平洋セメント（株） 正会員 兵頭彦次
 同 上 正会員 谷村 充
 同 上 正会員 大森啓至

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、膨張材と収縮低減剤の併用や低熱ポルトランドセメントの使用が、高強度コンクリートの自己収縮抑制に効果的であることが明らかとされている^{3,4)}。しかしながら、膨張材量が多い場合の抑制効果や、それに及ぼすセメント種類の影響については十分に検討されていない。そこで本研究では、膨張材を単独使用あるいは膨張材と収縮低減剤を併用した高強度コンクリートの自己収縮抑制効果に及ぼす単位膨張材量の影響を、2種類のポルトランドセメントを用いた場合について実験的に検討した。

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)ならびに低熱ポルトランドセメント(記号：L，密度：3.22g/cm³，比表面積：3280cm²/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。膨張材には市販の CSA 系(密度：2.96g/cm³)，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。

実験水準とコンクリート配合： 実験水準ならびに各々の水準に対する記号を表 - 1 に示す。コンクリートの配合は，水/(セメント+膨張材)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。膨張材量は単位量で 30，40 および 50kg/m³ とし，セ

表 - 1 実験水準

セメント種類	収縮低減剤量(kg/m ³)	単位膨張材量 (kg/m ³)			
		0	30	40	50
N	0	N0-0	N0-30	N0-40	N0-50
	6	N6-0	N6-30	N6-40	N6-50
L	0	L0-0	L0-30	L0-40	L0-50
	6	L6-0	L6-30	L6-40	L6-50

メントに対して内割で置換した。収縮低減剤の添加量は 6kg/m³ の一定とした。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。

試験方法： 自己収縮・膨張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 2 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。長さ変化の測定は 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 × 10⁻⁶ /℃ として温度ひずみを補正した。長さ変化の測定は材齢 91

日の時点まで行い，供試体 2 本の平均値を自己収縮・膨張ひずみとした。また，N0-40 と N6-50 以外の配合については，材齢 7，28 および 91 日

3. 結果および考察

図 - 1 に，圧縮強度試験結果を示す。一般的な設計基準材齢である 28 日の時点では，コンクリートの種類に拘わらず 80MPa 程度と同等である。L セメントを使用したコンクリートでは，材齢 28 日以降の強度発現が良好である。

図 - 2 に，材齢 7，28 および 91 日における自己収縮・膨張ひずみと単位膨張材量の関係を示す。N セメントの場合について，単位膨張材量 30kg/m³ では自己収縮の抑制に効果がない。単位膨張材量を 30kg/m³ よりも増すと，自己収縮ひずみが材齢に拘わらずほぼ直線的に補償さ

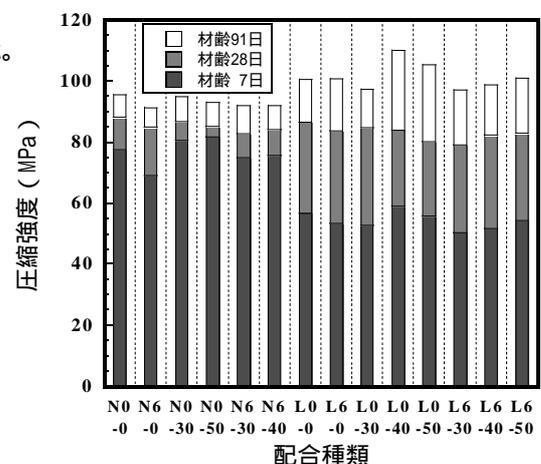


図 - 1 圧縮強度特性

キーワード：高強度コンクリート，自己収縮，膨張材，収縮低減剤，低熱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）

れており、その補償割合は単位膨張材量 10kg/m^3 の増加に対して約 100×10^{-6} である。一方、Lセメントの場合については、自己収縮ひずみは材齢に拘わらず単位膨張材量の増加に伴って直線的に補償されており、補償割合は単位膨張材量 10kg/m^3 の増加に対して約 50×10^{-6} である。これより、例えば膨張材による自己収縮ひずみの補償目標値を 200×10^{-6} とすると、これを満たす単位膨張材量はNが約 50kg/m^3 、Lの場合が約 40kg/m^3 である。

図-3は、材齢7、28および91日の時点において、収縮低減剤を使用した場合の自己収縮・膨張ひずみと単位膨張材量の関係を示す。単位膨張材量 40kg/m^3 までの範囲において、Nセメントの場合は、単位膨張材量 30kg/m^3 では効果がなく、 40kg/m^3 としても抑制効果が小さい。一方、Lセメントの場合には、材齢に拘わらず自己収縮ひずみが直線的に補償されており、その補償割合は単位膨張材量 10kg/m^3 の増加に対して約 80×10^{-6} である。単位膨張材量 50kg/m^3 の場合には、セメントの種類に拘わらず補償割合が大きくなっており、単位膨張材量 40kg/m^3 からの増加量は約 200×10^{-6} である。

図-4は、材齢91日の時点において、膨張材と収縮低減剤を併用した場合の自己収縮ひずみの計算値と実測値を示す。計算値は、膨張材と収縮低減剤を各々単独に使用した場合の自己収縮ひずみの補償量を単純に重ね合わせることで求めた。これより、単位膨張材量が少ない範囲においては、計算値と実測値は概ね一致するが、単位膨張材量が多くなると計算値よりも実測値が明らかに大きくなり、相乗効果が現われる。相乗効果は、Lセメントの場合がより大きい。この傾向は、他の材齢の場合も同様であった。これより、収縮低減剤を使用した場合で、例えば膨張材による自己収縮ひずみの補償目標値を 200×10^{-6} とすると、これを満たす単位膨張材量はNが 45kg/m^3 程度以上、Lの場合が約 25kg/m^3 である。すなわち、Lセメントの場合には、膨張材と収縮低減剤の併用によって大きな相乗効果を生ずるため、単位膨張材量をより少なくできる。

以上のように、膨張材による自己収縮ひずみの抑制効果は、セメントの種類や収縮低減剤の有無によって異なる。この理由としては、膨張材の水和の開始時期、速度や水和生成物量、膨張材を取り囲むセメント硬化体の強度発現時期、速度などがセメントの種類や収縮低減剤の有無によって異なることが考えられ、Lセメントの場合には、両者の兼ね合いがよいものと思われる。

4.まとめ

単位膨張材量を $30 \sim 50\text{kg/m}^3$ とした本研究の範囲から、膨張材による自己収縮ひずみの抑制効果は、(1)セメントの種類や収縮低減剤の有無によって異なる、(2)低熱ポルトランドセメントの場合が大きいこと、などが明らかとなった。今後は、上述した現象のメカニズムや拘束条件下における膨張応力と単位膨張材量の関係について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)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)谷村 充ほか：膨張材を混和した高強度コンクリートの自己収縮特性，土木学会第55回年次学術講演会講演概要集，V-280，pp.560-561，2000。 5)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。

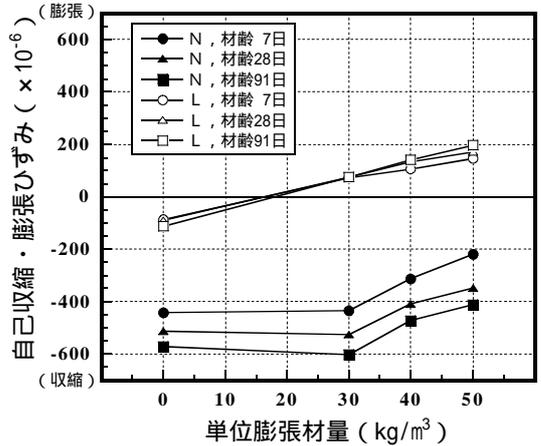


図-2 自己収縮・膨張ひずみに及ぼす膨張材量の影響(収縮低減剤無)

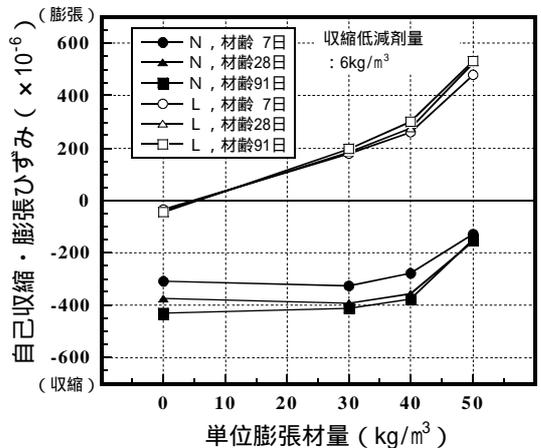


図-3 自己収縮・膨張ひずみに及ぼす膨張材量の影響(収縮低減剤有)

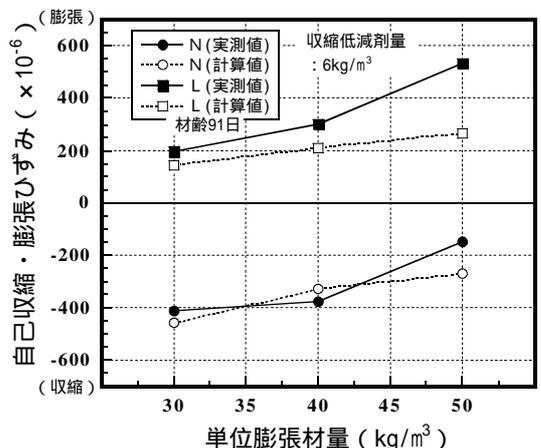


図-4 自己収縮・膨張ひずみの重ね合せ