

種々の温度下で養生した膨張コンクリートの膨張特性

太平洋セメント（株） 正会員 鶴田 昌宏 正会員 谷村 充
 同上 正会員 三谷 裕二
 太平洋マテリアル（株） 正会員 佐久間 隆司 正会員 佐竹 紳也

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れは、種々の問題を引き起こすが、ひび割れに対して有効な対策として、膨張材を用いた方法が広く普及しており、効用についても過去の研究および検証実験などによって定性的に把握されてはいる。しかし、膨張材の需要が多いマスコンクリートのような高温履歴を受ける場合については、その効用をより定量的に把握する必要がある。また、既往の研究から膨張コンクリートが拘束鋼材に対してなす仕事量は、拘束鋼材比 0.67～4.0%の範囲においてほぼ一定値となることが認められている¹⁾。しかしながら、これは 20 程度の養生温度下において確認されたものであり、高温度における検証はほとんどなされていない。そこで、本研究では養生温度が大幅に異なる場合の膨張コンクリートの膨張特性を実験的に検討するとともに、仕事量一定則の適用性について検討を加えた。

2. 実験概要

使用材料および配合： 実験におけるコンクリートの配合を表-1 に示す。セメントには普通ポルトランドセメント(記号：C，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(記号：S，表乾密度：2.59，吸水率：1.63%，粗粒率：2.88)，粗骨材には茨城県岩瀬産の碎石(記号：G，最大寸法：20mm，表乾密度：2.64，吸水率：0.84%，粗粒率：6.61)を使用した。膨張材には石灰系(記号：EX，密度：3.14g/cm³)を使用し，混和剤にはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。膨張材は単位量で 30kg/m³ とし，水(セメント+膨張材)比を 0.55，単位水量を 175kg/m³ の一定とした。なお，高性能 AE 減水剤の添加量はスランプが 15±2.5cm，空気量が 4.5±1.5%の範囲となるように調整した。

表-1 コンクリートの配合

W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	EX	S	G	SP
0.55	0.47	175	288	30	830	951	0.636

養生方法： 養生温度は 20～60 の範囲において 10 間隔の 5 水準とした。練混ぜは 20，80%R.H.の試験室内で行い，打設は養生温度が 20 および 30 のものは所定温度の恒温室内，養生温度が 40～60 のものに関しては約 20 の室内で行った。打設完了後はブリーディングがある程度収まるまで 1.5 時間ほど静置させた後，表面仕上げを行い湿布した上で各温度の恒温槽に投入した。材齢 1 日で脱型後，供試体全面をアルミ箔粘着テープでシールし，処理後は同条件下で材齢 7 日まで封緘養生を行った。

供試体の作製および測定方法： 自由膨張ひずみ測定用供試体を図-1 に示す。供試体は日本コンクリート工学協会・自己収縮委員会の「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)」²⁾にほぼ準拠させた。打設面は乾燥防止にポリエステルフィルムで覆った。供試体中央部に設置した低弾性型の測温機能付き埋め込み型ひずみゲージによる測定値から，コンクリートの線膨張係数を 10×10^{-6} として算出した温度ひずみを差し引き自由膨張ひずみとした。

拘束膨張ひずみ測定用供試体を図-2 に示す。用いた PC 鋼棒は呼び名 D9.2，D13，D17 の 3 種類であり，拘束鋼材比を 0.5，1.0，1.5%の 3 水準とし，各 PC 鋼棒の中央部 40mm 区間を切削し，所定の拘束鋼材比となるように円断面加工した。鉄筋ひずみは，PC 鋼棒中央切削部の対称面に貼付した自己温度補償型のひずみゲージによって測定した。

3. 結果および考察

自由・拘束膨張特性： 各養生温度下での自由膨張ひずみおよび拘束膨張ひずみの最大値を図-3 に示す。自由膨張ひずみは 40 以上では温度の上昇に伴って大幅な増加傾向を示し，30 以下と比較して 40 で約 1.5 倍，50 以上では約 2 倍を超える値となっており，50～60 間で明確な傾向は認められないものの，50 で最大値となった。一方，拘束膨張ひずみでは 40 以上で緩やかなひずみの減少が認められるが，ひずみに及ぼす養生温度の影響は，自由膨張の場合より相対的に小さくなっており，拘束鋼材比 1.5%・60 の場合でも，同鋼材比の 20 に対し 2 割程度の減少であった。

拘束膨張ひずみからコンクリートに導入される拘束応力を求め，その最

キーワード：膨張材，養生温度，拘束鋼材比，膨張ひずみ，拘束応力

連絡先（千葉県佐倉市大作 2-4-2，電話：043-498-3904，FAX：043-498-3821）

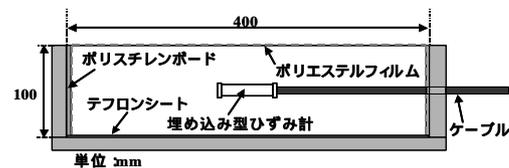


図-1 拘束膨張ひずみ測定用供試体

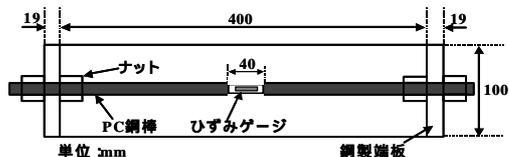


図-2 自由膨張ひずみ測定用供試体

大値を図-4に示す。拘束鋼材比が高いほど導入される拘束応力は大きくなるが、40 以上で徐々に減少し、拘束鋼材比間の拘束応力の差も小さくなった。図中における点線は、JIS A 6202 参考-1 の A 法に準じた収縮補償用コンクリートの膨張量である³⁾150~250 μ を拘束応力により示したものである。A 法の拘束鋼材比は約 1.0%であり、本実験の拘束鋼材比 1.0%の結果と比較すると、規定範囲内の拘束応力は確保されていることがわかる。

仕事量一定則の適用性： 養生温度 20, 50 における仕事量の経時変化を図-5に例示する。20 では拘束鋼材比による仕事量の差はほとんどないが、50 においては拘束鋼材比が大きいほど仕事量が小さく、その差も顕著であった。全養生温度における拘束鋼材比 1.0%の仕事量と 0.5%および 1.5%の仕事量の比を図-6に示す。20 および 30 の場合、過去の研究結果¹⁾と同様に仕事量はほぼ一定であることが認められるが、高温では一定とはならず、50~60 においては、拘束鋼材比 0.5%と 1.5%で約 0.75 もの開きが認められた。この要因としては、普通コンクリートの養生温度 20~40 の範囲では、温度が高いほど若材齢コンクリートのクリープは大きくなることが明らかとされており⁴⁾、一般温度下において、拘束鋼材比の増加により仕事量が小さくなるとの研究結果もあることから¹⁾、膨張材を混和したコンクリートでも高温での若材齢クリープの増加があり、拘束鋼材比の違いによる影響も加味されたと考えられる。

拘束鋼材比 1.0%の 20 における仕事量を基準とした場合の各拘束鋼材比および養生温度における、拘束応力を推定し、これと実測値の比を図-7に示す。図から明らかなように、40 以上の養生温度域においては推定拘束応力と実測拘束応力の差が大きくなる。拘束鋼材比の種類によっては、導入される拘束応力が過大に評価されることが認められる。これらのことから、標準的な拘束鋼材比 1.0%・養生温度 20 の条件で得られる仕事量から、養生温度が高い場合の拘束応力を予測することは難しく誤差が大きくなる。

4. まとめ

本研究の範囲から、膨張コンクリートの膨張特性は、40 以上の養生温度において自由膨張ひずみは大幅に増加する傾向にあり、拘束膨張ひずみは自由膨張ひずみと比較し、相対的に養生温度の影響が小さいこと、導入される拘束応力は拘束鋼材比が高いほど大きく、養生温度の上昇に伴い拘束鋼材比間の差は小さくなること、特定の養生温度から得られた仕事量を用いて養生温度が大きく異なる場合の拘束応力を予測すると誤差が大きくなること、などが明らかになった。

【参考文献】 1)辻幸和：コンクリートにおけるケミカルプレストレスの利用に関する基礎研究，土木学会論文報告集，第 235 号，pp.111-124，1973. 2)日本コンクリート工学協会，自己収縮研究報告書，pp.195-198，1996. 3)土木学会，コンクリート標準示方書，施工編，pp.289-290，2002. 4)入矢桂史郎ほか：若材齢コンクリートの圧縮クリープに関する研究，土木学会論文集，No.599，-40，pp.1-14，1988.

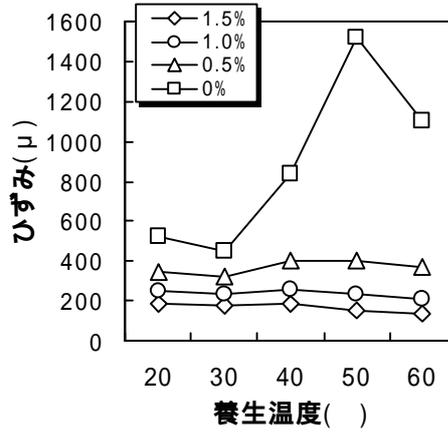


図-3 自由・拘束膨張ひずみの最大値

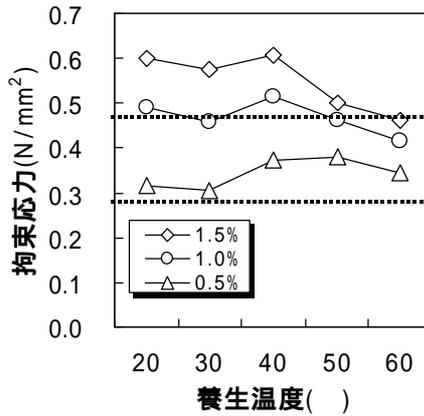


図-4 拘束応力の最大値

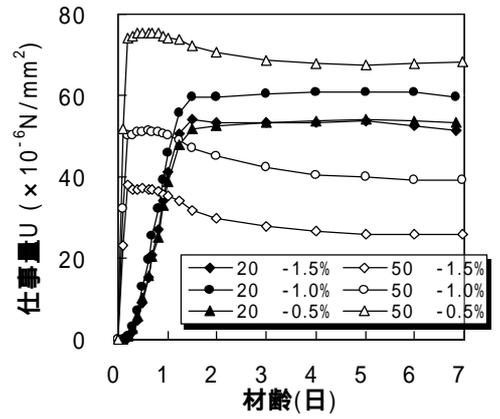


図-5 仕事量の経時変化

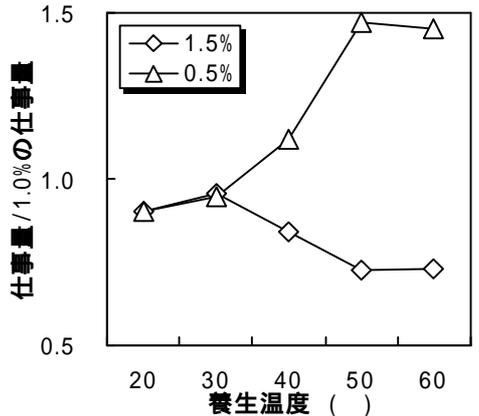


図-6 拘束鋼材比 1.0%の仕事量との比

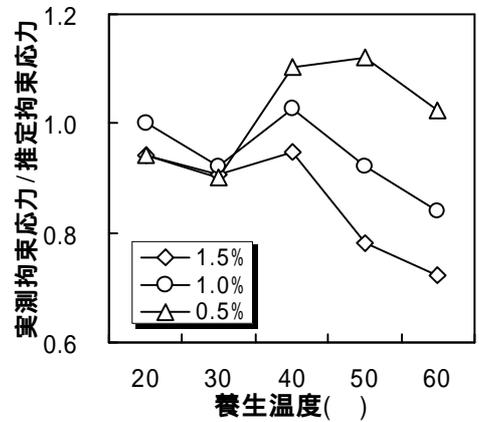


図-7 推定拘束応力に対する実応力