

PCグラウトの体積変化率の測定値に及ぼす試験方法の影響

オリエンタル建設(株) 技術研究所 正会員 工修 ○儀 道
 ドーピー建設工業(株) 技術センター 正会員 工博 濱田 譲
 日本道路公団 試験研究所 正会員 野島 昭二
 群馬大学 工学部 正会員 工博 辻 幸和

1. はじめに

現在、PCグラウトの体積変化率の測定方法としては、主に土木学会のポリエチレン袋方法 (JSCE-F532) ¹⁾ が一般的に用いられている。上記試験に準じて膨張率を測定する際、土木学会コンクリート標準示方書に規定されている非膨張タイプの膨張率を、-0.5%~0.5%の精度で判断するには、1000mlメスシリンダーで、1目盛り10mlの1/5である2mlの精度で求められ、測定誤差が大きくなるのが懸念される。また、土木学会コンクリート標準示方書では、PCグラウトの前述した体積変化率などの規定値を定めているが、これらの規定値は、試験方法によって異なることも考えられる。

そこで、本研究では、PCグラウトの試験方法の確立、PCグラウトの体積変化率の規定値を定めるための基礎資料の収集および基準試験方法としての妥当性を検討することを目的として、PCグラウトの粘性、セメント系材料の種類および混和剤の種類を変更したPCグラウトについて、測定方法の異なる体積変化率試験を実施した結果を報告する。

表-1 使用材料

使用材料			密度 (g/cm ³)
セメント系材料	普通 ポルトランドセメント	3 銘柄混合品 (以下、普通と略す)	3.16
	早強 ポルトランドセメント	3 銘柄混合品 (以下、早強と略す)	3.14
	高炉セメント B 種	3 銘柄混合品 (以下、高炉と略す)	3.04
	ブレックス低粘性	(以下、ブレと略す)	2.99
混和剤	高粘性 普通用 (以下、高粘性 N)	マニルリン酸系化合物、 および水溶性高分子エーテル系化合物	1.37
	高粘性 早強用 (以下、高粘性 H)	ポリカルボン酸エーテル系化合物、 および水溶性高分子エーテル系化合物	1.92
	高粘性 高炉 B 種用 (以下、高粘性 BB)	マニルリン酸系化合物、 および水溶性高分子エーテル系化合物	1.63
	低粘性 高炉 B 種用 (以下、低粘性 BB)	マニルリン酸系化合物、 および水溶性高分子エーテル系化合物	1.74
水	水道水	-	1.00

2. 試験方法

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1 に示す。試験で使用したセメント系材料は、3 銘柄品を等分混合した N, H, BB および混和剤をブレミックスした低粘性グラウト材である。普通、早強セメントについては高粘性タイプの混和剤を用い、高炉セメントについては高粘性と低粘性の 2 種類の混和剤を用いた。

以上のように、本研究に用いた PC グラウトは、セメント材料の種類、混和剤の種類を変更した 5 配合とした。PC グラウトの配合表を表-2 に示す。

2.2 PCグラウトの練混ぜ方法

PC グラウトの練混ぜは、PC グラウト用練混ぜミキサ (MG-100 型 : 容器 100ℓ) を用いて、各混和剤メーカーの推奨する練混ぜ方法で実施した。

2.3 試験項目および試験方法

表-3 に実施した試験方法の概説を示す。本研究では PC グラウトの体積変化率を 4 種類の試験方法を用いて測定した。以下に各試験方法の詳細を示す。

表-2 PCグラウトの配合

配合名	PC グラウト 用混和剤	セメント系 材料	水セメント系 材料比 (W/P)	混和剤 添加率 (C×%)
高-普	高粘性 N	普通	42.0	1.0
高-早	高粘性 H	早強	39.0	1.0
高-高	高粘性 BB	高炉	42.5	1.0
低-高	低粘性 BB	高炉	44.0	1.0
低-ブレ	-	ブレックス材	31.5	-

(1) 土木学会法

土木学会法の試験方法を図-1 に示す。PC グラウトの体積変化率を測定するため、練上りから 1 時間、2 時間、5 時間、材齢 1 日、材齢 7 日、材齢 14 日および材齢 28 日における変位量を、デジタルマイクロメーターを用いて、容器方法に準拠して測定した。なお、PC グラウトの乾燥を防ぐため、型枠上端をガラス板とグリスにより密閉した。

(2) 改良土木学会法

改良土木学会法の試験方法を、図-2 に示す。PC グラウトの体積変化率を測定するため、土木学会容器、レーザー変位計 (LB-040:KEYENCE 社製) を用いて、練上りから材齢 28 日までの上下方向の変位量を、10 分間ごとに土木学会容器方法に準拠して測定した。

表-3 PC グラウトの試験項目および試験方法

試験項目	試験名称	試験方法・試験内容
体積変化率	土木学会法 ¹⁾	JSCE-F 533 「PC グラウトのブリーディング率および膨張率試験方法 (容器方法)」に準拠するが、測定以外の期間は、ガラス板で密閉する。
	改良土木学会法	JSCE-F 533 試験にレーザー変位計を用いて行う。
	fib 法 ²⁾	fib 「Grouting of tendons in prestressed concrete」, 2002 に記載されている長さが 1.5m 鉛直管法に準拠する。
	JH 法 ³⁾	日本道路公団 JHS420 : 2004 に準拠する。

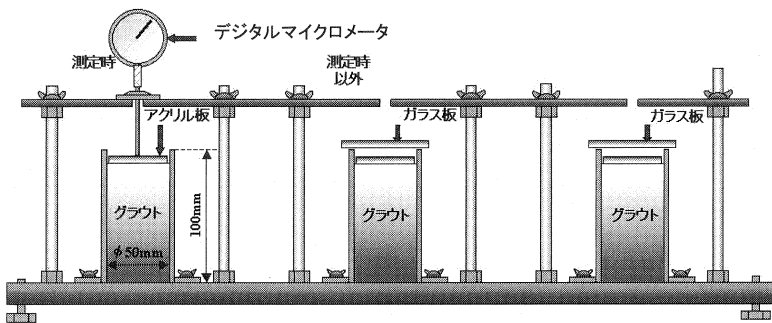


図-1 土木学会法

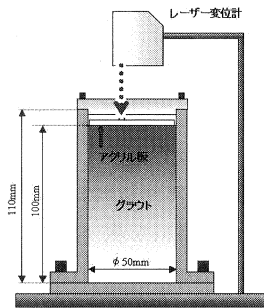


図-2 改良土木学会法

(3) fib 法

fib 法の試験方法を図-3 に示す。6 本の PC より線 (7 本より、φ 15.2mm) を中心に配置した、長さ 1.7m の PVC 製透明シース (外径: φ 79mm, 内径: φ 68mm) を垂直に静置し、1.5m の高さまで PC グラウトを注入した。ただし、蓋の中心に設けた孔と PC より線の隙間は密閉する。

PC グラウトの注入終了時、PC グラウトの注入開始より 1, 2, 3, 5, 24 時間後の PC グラウトの高さを 1mm 単位で測定し、下式により体積変化率を算出した。

$$\text{体積変化率} = \frac{h_g - h_0}{h_0} \times 100 \quad (\%) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 h_0 : PC グラウト注入終了時の PC グラウトの高さ(mm)

h_g : ある測定時間における PC グラウトの高さ(mm)

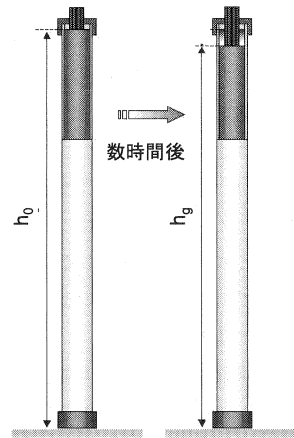


図-3 fib 法

(4) JH 法

JH 法の試験方法を図-4 に示す。1 本の PC より線 (7 本より、 ϕ 15.2mm) を中心に配置した、長さ 1.7m の PVC 製透明シース (外径: ϕ 79mm, 内径: ϕ 68mm) を垂直に静置し、1.5m の高さまで PC グラウトを注入した後、管上端に蓋をした。ただし、蓋の中心に設けた孔と PC より線の隙間は密閉しなかった。

PC グラウトの注入終了時、PC グラウトの注入開始より 1, 2, 3, 5, 24 時間後の PC グラウトの高さを 1mm 単位で測定し、前述の式(1)により体積変化率を算出した。

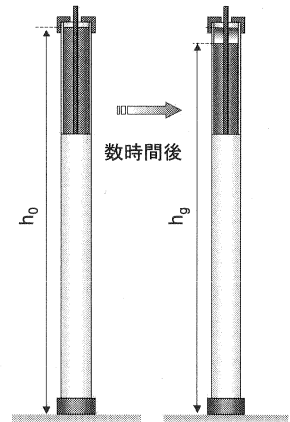


図-4 JH 法

3. 試験結果

土木学会法および改良土木学会法による体積変化率の試験結果を図-5, 6 に示す。それぞれの試験結果は、供試体 3 体の平均値である。試験結果は、全ての材料について収縮傾向を示した。土木学会法では材齢 7 日の体積変化率は -0.72% ~ -0.92% となり、改良土木学会法では -0.38% ~ -0.95% となり、改良土木学会法においては材料の違いによる試験結果が顕著に現れている。以上の容器方法による体積変化率は最大で -0.95% となった。この結果は、土木学会の規定は満足していないが、土木学会法にあたる国際基準 EN445 (1996) ⁴⁾ の体積変化の基準で判断すると、材齢 24 時間の体積変化率の判定値 -1.0 ~ 5.0% の範囲に収まる結果となった。

次に、fib 法および JH 法による体積変化率の試験結果を図-7, 8 に示す。材齢 24 時間の体積変化率は fib 法では -0.4% ~ -0.8%, JH 法では -0.2% ~ -0.5% となり、fib 法が大きな体積変化を示した。また JH 法では、試験開始 3 時間後にほぼ体積変化が安定したが、fib 法では、5 時間まで体積変化が続いた。低粘性プレグラウトについては、fib 法、JH 法ともに、24 時間まで体積変化が継続した。

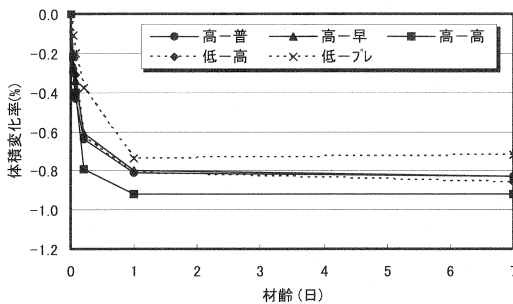


図-5 土木学会法による体積変化率試験結果

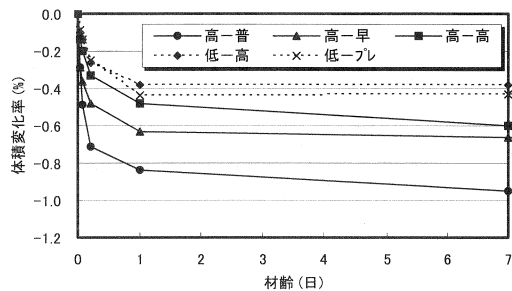


図-6 改良土木学会による体積変化率試験結果

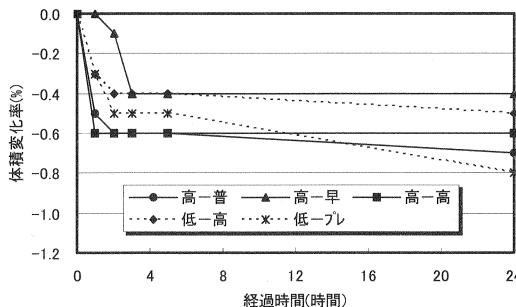


図-7 fib 法による体積変化率試験結果

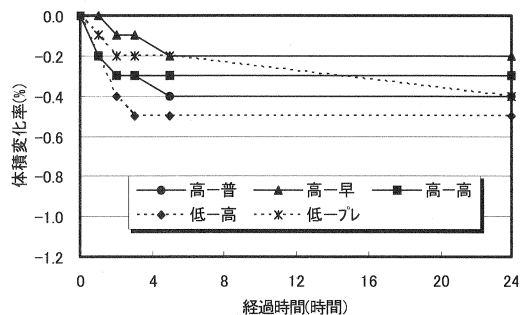


図-8 JH 法による体積変化率試験結果

次に、試験方法の違いによる注入 24 時間後の試験結果比較を図-9 に示す。24 時間後の各試験結果を比較すると、材料および試験方法毎による統一性は見られなかった。

土木学会法および改良土木学会法は容器方法に、fib 法および JH 法は鉛直管試験にそれぞれ準拠している。容器方法と鉛直管法の試験結果の違いは、容器の直径と高さの比や、シースおよび PC 鋼より線と PC グラウトとの付着による拘束により現れたものだと考えられる。現存する PC グラウトを用いた既存の実験結果によると、注入された PC グラウト材の問題となる体積変化やひび割れが発生していないことが確認されているため、現場での PC グラウトの基準試験方法として、簡便性や設備から考えても、fib 法および JH 法による鉛直管試験が妥当であると考えられる。次に、鉛直管試験に準拠する fib 法と JH 法の試験結果を比較すると、fib 法に比べ JH 法が PC グラウトの種類

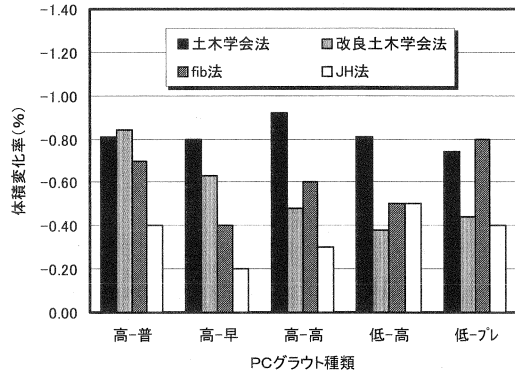


図-9 注入 24 時間後の各体積変化率

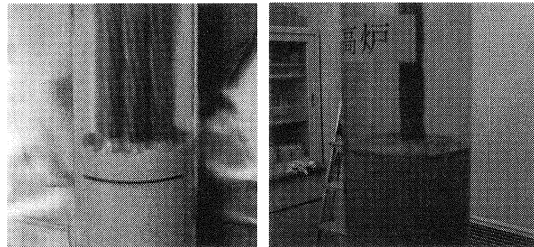


写真-1 fib法

写真-2 JH法

の違いによる体積変化率が小さくなる傾向が見られた。これは PC 鋼より線が密に配置されている fib 法の方が、PC 鋼より線内の空隙と PC グラウトの置き換えによる見かけの体積変化率が大きくなったためだと考えられる。写真-1, 2 には、fib 法および JH 法の体積変化率測定時の PC グラウト上面の拡大写真を示す。fib 法は JH 法に比べ PC 鋼より線が密に配置しているため、体積変化率の測定位置が不明瞭になり、測定誤差が懸念される。JH 法の 24 時間後の体積変化率は、-0.5%~0.5%の範囲に収まっている。よって、現存する PC グラウトを採用する際に問題となる体積変化やひび割れが発生しないことが確認されており、簡便性および測定精度の面から考えて、体積変化率の工事ごとの基準試験としては、JH 法が妥当であると考えられる。

4. まとめ

- (1) PC グラウトの体積変化率の試験方法において、容器方法では、土木学会法に比べ、改良土木学会法の測定値が小さく、鉛直管法では、fib 法に比べ、JH 法の測定値が小さい。
- (2) レーザー変位計を用いた改良土木学会法は、体積変化率の計測は正しく出来るが、設備の面から考えると現場での計測には不向きであり、製造会社ごとの基準試験として有効であると考えられる。
- (3) 体積変化率の工事ごとの基準試験としては、鉛直管試験による JH 法が、設備、簡便性および試験精度から考えて妥当であると考えられる。

本文は、プレストレストコンクリート技術協会 PC グラウトの設計・施工規準作成委員会 品質試験WGの平成 16 年度の活動成果の一部を報告したものである。

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔規準編〕, pp. 174-178, 2002 年制定
- 2) fib : Grouting of tendons in prestressed concrete, fib (bulletin 20), 2002
- 3) 日本道路公団：日本道路公団試験方法, 日本道路公団規格 JHS420 : 2004
- 4) EN445 : Grout for prestressing tendons - Specification for common grout, 1996
- 5) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC グラウト&プレグラウト PC 鋼材施工マニュアル (改訂版) 2002