

PC グラウトの品質管理と検査

濱田 譲^{*1}・細野 宏巳^{*2}・野島 昭二^{*3}・辻 幸和^{*4}

1. はじめに

1996年に制定された土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕¹⁾において、PCグラウトには、ノンブリーディングタイプの使用が望ましいとの方針が示された。それ以降、国内ではノンブリーディングタイプのPCグラウトが使用されているが、近年では、高粘性・低粘性さらには超低粘性など種々の粘性を有するノンブリーディングタイプのPCグラウト用混和剤もしくはプレミックスPCグラウト材料が開発されている。これに対応するため、PCグラウトの品質管理試験のうち、高粘性PCグラウトの流動性試験にはJ14漏斗に代えてJP漏斗を用いることが標準となった²⁾。しかし、ほとんどの場合、ブリーディング率試験にはポリエチレン袋法³⁾が適用されており、品質管理試験方法の抜本的な見直しは行われていないのが現状である。

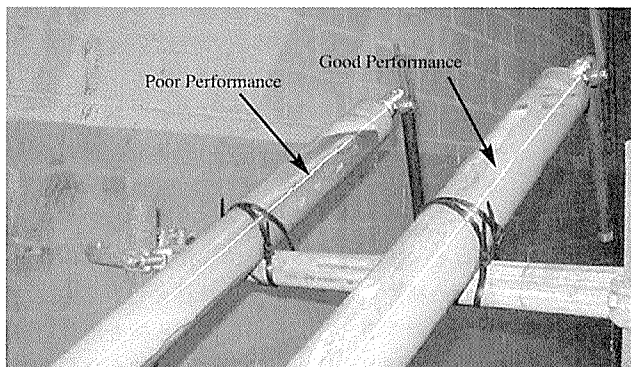
一方、海外では、傾斜管試験や鉛直管試験などの新しいブリーディング率試験の規格化が進んでいる^{4)~7)}。これらの試験は、ダクト内に充てんされたPCグラウトをさまざま

な観点からモデル化してブリーディングの発生状況を検討しようとするもので、ポリエチレン袋法よりPCグラウトの品質をより正しく評価できると認識されている。

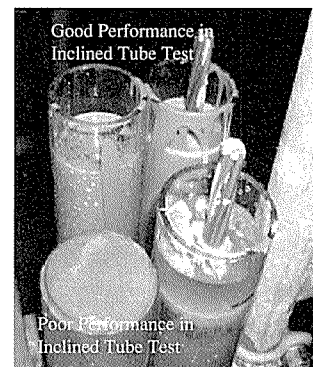
このような状況を鑑み、2005年12月に発刊された「PCグラウトの設計施工指針」⁸⁾（以下、設計施工指針）では、傾斜管試験、鉛直管試験および単位容積質量試験などの新しい品質管理試験をとり入れたPCグラウトの品質検査システムの導入を提案している。本稿では、これらの新しい品質管理試験の概要と、新たに提案された品質検査システムの概要を解説するものである。

2. PC グラウトの品質規格の国際整合化

2001年11月に、IABSE・fibの共催による「ポストテンション方式PC鋼材の耐久性に関する国際ワークショップ」がベルギーで開催された。ここではPC鋼材の耐久性を改善するための各国の取り組みが報告されたが、PCグラウトに関しては、傾斜管試験、鉛直管試験および単位容積質量試験などの新しい品質管理試験の規格化が欧米で促進

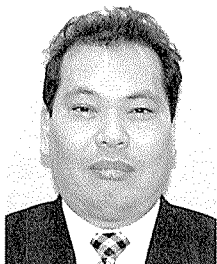


傾斜管試験



鉛直管試験

写真-1 傾斜管試験および鉛直管試験の実施状況



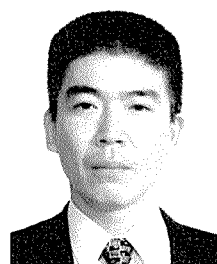
*1 Yuzuru HAMADA

ドービー建設工業(株)
技術本部技術センター



*2 Hiromi HOSONO

三井住友建設(株)・コアツ
工業(株) 共同企業体



*3 Shoji NOJIMA

中日本高速道路(株) 保全・
サービス事業部保全チーム



*4 Yukikazu TSUJI

群馬大学工学部 建設工学科
教授 本協会会長

表 - 1 照査型指針における検査項目と標準マニュアルにおける検査の区分

PC グラウトの要求性能	照査指標	検査項目		標準マニュアルの区分
	塩化物含有量	塩化物含有量試験		PC グラウトの品質検査
	圧縮強度	圧縮強度試験		
PC 鋼材を腐食から保護する性能	有害となる残留空気	プロセス検査	材料	レオロジー（流動性）試験 材料分離抵抗性試験 ブリーディング率試験 体積変化率試験 単位容積質量試験
部材コンクリートとPC 鋼材の一体化性能			施工	施工計画書 ダクトの配置形状、空隙率 排出口・排気口的位置 練混ぜ方法、練混ぜ設備 注入圧力・注入量、注入設備
		充てん検査	排出口位置での充てん検査 非破壊検査等による充てん検査	PC グラウトの充てん検査

されているという情報もたらされた⁹⁾。それぞれの試験方法は4章で解説するが、写真-1に示すように、傾斜管試験および鉛直管試験によると、ポリエチレン袋法などの従来法（供試体高さ：200 mm程度）と比較して、より明確にブリーディングの発生を検出できることが確認されている。これらの試験を規格化して品質管理試験を強化すれば、PCグラウトの高品質化を促進することになるため、前述したように、2001年以降に発刊された海外の多くの規準類で、これらの試験が規格化された。また、国内では、旧日本道路公団が傾斜管試験および鉛直管試験の適用性に関する検討を実施した。

このような海外の動向の中で、これらの新しい品質管理試験が、欧州技術認証機構（EOTA）が発刊した「PC用ポストテンションシステムの欧州技術認証に関するガイドライン（ETAG 013）」⁷⁾に採用されたことは注目し値するものである。このガイドラインに適合することが証明されたPCグラウトなどのポストテンションシステムは、CEマーキングを表示することができ、欧州連合（EU）および欧州自由貿易連合（EFTA）の域内で自由に流通することができる¹⁰⁾。最新のJISの製品認証システムは、このCEマーキングシステムをわが国に導入してEUやEFTAとの相互承認を締結し、工業製品の自由な流通を図っていく政策がとられていると解釈される。PC鋼材や鉄筋に関しては、このような規格の国際整合化に対応して、すでにISO規格が制定されている。しかし、PCグラウト等のその他のポストテンションシステムに関しては、国際規格にJIS等の国内規格を整合させることが求められており、その対応が重要な課題となっている。

以上のように、PCグラウトにおいても品質規格の国際整合化が望まれている状況で、設計施工指針において傾斜管試験、鉛直管試験および単位容積質量試験などの新しい品質管理試験が国内で提案されたことは、非常に有意義なことである。設計施工指針の策定に際しては、国内で販売されているPCグラウトを用いて実際に試験を行い、各試験の適合性を検討している。また、品質検査システムは各試験の適合性を考慮して構築されているので、それらの検討結果は、新たに提案した品質検査システムの妥当性を証明するための有効なデータとなる。今後は、検討結果を広く国内外に公表し、この品質検査システムがJISや土木学会

規準等の国内規格に採用されることが望まれる。さらに、日本の国内規格を国際規格に引き上げるための活動を実施することが重要であると考えられる。

3. 設計施工指針における品質検査の位置づけ

設計施工指針は、PCグラウトの設計施工の流れおよび性能照査の基本的な考え方を示す第I編「性能照査型設計施工指針（以下、照査型指針）」と、仕様規定をとり入れ、より具体的な方法を示す第II編「設計施工指針に準拠した標準マニュアル（以下、標準マニュアル）」の2編により構成されている。表-1に、照査型指針における検査項目と標準マニュアルにおける検査の区分を示す。PCグラウトの検査とは、施工されたPCグラウトの性能が要求性能を満足していることを確認することであり、施工されたPCグラウトで直接確認するのが理想である。しかし、ダクトの全延長においてPCグラウトの性能を確認することは、現時点では技術的・経済的に困難である。そこで、照査型指針では、表-1に示すように、有害となる残留空気については施工の各段階でプロセス検査を実施することを規定している。

一方、標準マニュアルでは有害となる残留空気に関するプロセス検査の方法を具体的に規定しているが、プロセス検査の検査項目は、一般に材料もしくは施工に関するものに分類できる。その材料に関する検査項目に塩化物イオン含有量試験および圧縮強度試験を加えたものが、いわゆるPCグラウトの品質検査であり、実務的には、これらを体系的に実施する方が合理的である。そこで、標準マニュアルでは、表-1に示すように、PCグラウト材料に関する検査項目（試験）を「PCグラウトの品質検査」としてまとめて規定した。

4. 品質検査システム

4.1 概要

表-2に、標準マニュアルで規定している品質検査システムの概要を示す。本検査システムでは、有害となる残留空気に対する検査項目に材料分離抵抗性および単位容積質量を追加している。これに対応して、材料分離抵抗性試験（傾斜管試験）および単位容積質量試験を規格化するとともに、有害となる残留空気に関するその他の品質管理試験の

表 - 2 標準的な品質管理システムの概要

検査項目	試験項目		試験器具	試験方法	試験頻度			判定基準
					製造会社による基準試験	工事ごとの基準試験	日常管理試験	
有害となる残留空気	レオロジー	漏斗試験 フロー試験	JP 漏斗, JA 漏斗, Marsh コーン JASS, 修正 JASS, JIS	JSCE-F 531 JASS 15 M-103	○	○	○	製造会社により製品ごとに定められた規格値
		粘度測定試験	B 型回転粘度計 共軸二重円筒回転粘度計	JIS Z 8803	(○)			
	材料分離抵抗性	傾斜管試験	5.0 m 傾斜管	JHS 419	○			注釈 2
	ブリーディング率	鉛直管試験	1.5 m 鉛直管	JHS 420	○	○		0.3 % 以下 0.0 % (24 時間後)
	体積変化率	鉛直管試験	1.5 m 鉛直管	JHS 420	○	○		- 0.5 % ~ 0.5 %
		改良容器方法		改良 JSCE-F 533	○			- 1.0 % ~ 0.5 %
単位容積質量		簡易型枠 比重カップ	JIS A 1132 JIS K 5600	○	○	○	注釈 3	
圧縮強度	圧縮強度			JSCE-G 531	○	○	○	30 N/mm ² (材齢 28 日)
塩化物含有量	塩化物含有量			注釈 1	○	○	○	注釈 4

注：1) すべての材料の品質成績書より算出する方法または(財)国土技術研究センターで技術評価に合格した簡易塩分測定器
 2) ブリーディング水の移動現象やブリーディング跡が認められないこと
 3) 製品ごとに定められた水セメント比(水粉体比)の推奨範囲± 1.5 % かつ使用可能範囲以内
 4) 普通ポルトランドセメントに混和剤を添加したグラウト材：C × 0.08 質量% 以下、それ以外のグラウト材：0.3 kg/m³ 以下

試験方法を変更した。これらの試験の導入あるいは変更は、前述したように、国内で市販されているノンブリーディングタイプ(ポリエチレン袋法で確認)の PC グラウトを用いて実際に試験を行い、その妥当性を確認した。試験には、14 種類の PC グラウト(高粘性：8 種類、低粘性：3 種類、超低粘性：3 種類)を用いた。各材料で 5 ~ 6 水準の水粉体比を選定し、全部で 77 種類(配合)の PC グラウトを練り混ぜて試験を実施した。

また、品質検査は、施工計画策定前より段階的に実施することとした。各段階では、品質管理試験の中から試験の実施時期と目的に応じて適切に選定された試験を実施することとし、試験結果がそれぞれの判定基準を満足することを確認することを規定した。ただし、圧縮強度および塩化物イオン含有量は、試験により直接それぞれを検査できるので、各段階で試験を実施することとした。

以下では、有害となる残留空気に関する品質管理試験の概要と、段階的に実施する品質検査の内容を解説する。

4.2 有害となる残留空気に関する品質管理試験

(1) レオロジー

ダクトの残留空気は、PC グラウトの先流れ現象に起因する場合がある。そこで、先流れ現象および PC グラウトの施工性(管理対象：注入圧力)に関しては、レオロジー試験を実施して検査を行うことを規定した。

PC グラウトのレオロジーは、一般に JP 漏斗の流下時間により評価されている。しかし、今回の検討では、表 - 2 に示すそれぞれ 3 種類の漏斗(写真 - 2)および円筒容器(写真 - 3)を用いて流下時間およびフロー値を測定するとともに、2 種類の回転粘度計(写真 - 4)を用いて PC グラウトの塑性粘度と降伏値を算定した。Marsh コーンは欧米で使用されている漏斗である。また、フロー試験は「セルフレベリング材の品質規準」(JASS 15 M - 103) に準拠して実施した。

検討の結果、使用する器具により流下時間およびフロー

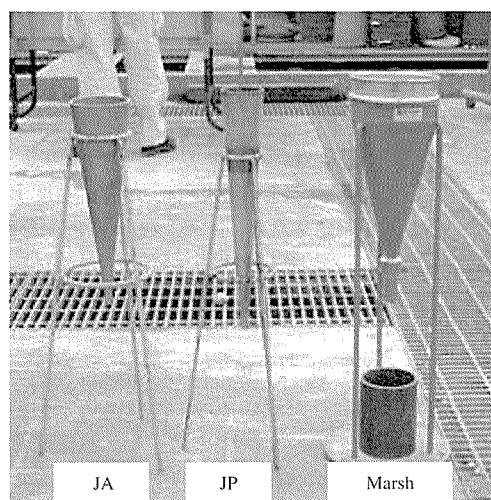


写真 - 2 漏斗の概要

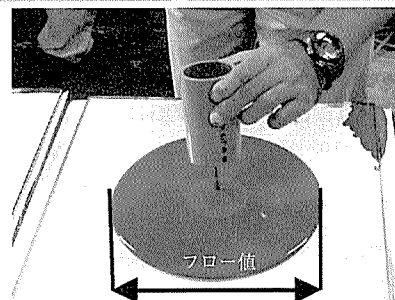
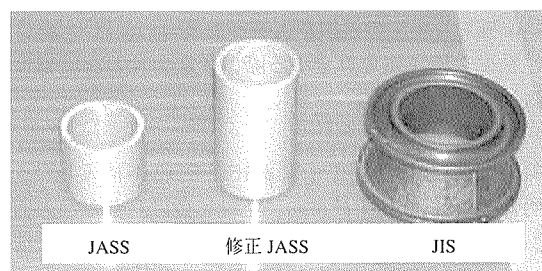


写真 - 3 フロー試験の概要



写真 - 4 回転粘度計による粘度測定試験の概要

値の大きさは異なるものの、流下時間およびフロー値はそれぞれ比例関係にあることが認められた。また、回転粘度計により算定した塑性粘度および降伏値は、流下時間およびフロー値とそれぞれ強い相関があることが判明した。一方、流下時間とフロー値を用いて試験に用いた PC グラウトのレオロジー特性を分類した結果、粘性の多様化に伴い、レオロジー特性（流動特性）は塑性粘度と相関のある流下時間のみで分類できないことが判明した。さらに、JP 漏斗の流下時間は、非常に短いもの（3 sec 程度）や閉塞して測定できないものがあり、多様なレオロジー特性を有する PC グラウトの品質のばらつきを確認するうえで、精度上の問題が発生することが確認された。すなわち、多様化した PC グラウトのレオロジー特性を従来のように一つの試験方法で評価することは、運用上困難であることが判明したのである¹¹⁾。

そこで、レオロジーは、各 PC グラウトのレオロジー特性を考慮して、製造会社が表 - 2 の中から適切に選定した漏斗または円筒容器を用いて試験を実施し、設定することとした。これに伴い、試験名を従来の流動性試験からレオロジー試験に変更した。また、レオロジーの検査は、製造会社が設定した流下時間もしくはフロー値の規格値に対して実施するものとした。なお、回転粘度計による粘度測定試験は、施工現場での運用が困難であるため、PC グラウトの塑性粘度や降伏値を算定する際に製造会社の試験室などで実施することとした。

(2) 材料分離抵抗性

傾斜管試験は、PC 鋼より線 $\phi 15.2$ を 12 本挿入した 5 m の透明管を角度 30 度で設置し、下端に設けられた注入口より PC グラウトを注入する試験である。供試体は、PC 橋において曲げ上げ配置された PC 鋼材の定着部付近のダクトをモデル化したものであり、海外ではブリーディング率および体積変化率を測定する試験として運用されている。

今回の検討では、図 - 1 に示す旧日本道路公団の傾斜管試験方法 (JHS 419)¹²⁾ に準拠して、傾斜管試験を実施した。PC グラウトを傾斜管に沿って 4 750 mm 程度まで注入し、ブリーディング水や気泡などの移動状況を観察するとともに、ブリーディング率と体積変化率を算定した。その結果、一部の PC グラウトでブリーディング水の移動現象が観察された。また、PC グラウト上面にブリーディング水

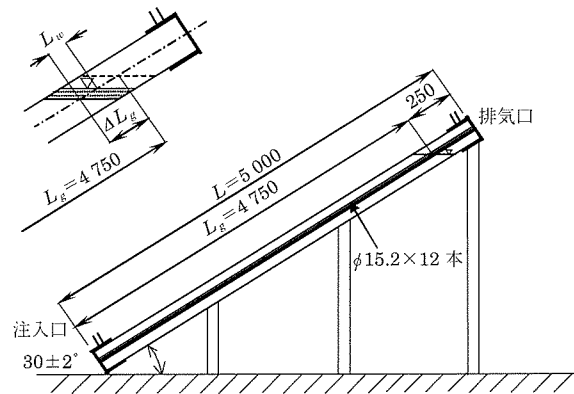


図 - 1 傾斜管試験 (JH 法) の概要

が集積していることも観察され、傾斜管試験はポリエチレン袋法より厳しい試験であることが確認された。一方では、PC グラウト上面の角度は時間の経過とともに変化するので、ブリーディング率および体積変化率を正確に測定できないことが判明した¹³⁾。

そこで、傾斜管試験では、PC グラウトの材料分離抵抗性を検査することとした。具体的には、傾斜管内に注入した PC グラウトについてブリーディング水の移動現象などが観察されないことを確認し、材料分離抵抗性を定性的に評価することを規定した。

(3) ブリーディング率および体積変化率

ブリーディング率および体積変化率の検査には、従来からポリエチレン袋法が用いられてきた。しかし、今回の検討では、傾斜管試験と同様に、海外で規格化が進められている鉛直管試験を実施した。

鉛直管試験は、図 - 2 に示すように、透明管の中心に PC 鋼より線を配置して PC グラウトを注入し、PC 鋼より線が“ランプの芯”のようにブリーディング水を上昇させることにより、ブリーディングおよび沈下を促進させるものである。今回の検討では、旧日本道路公団の鉛直管試験方法 (JHS 420 : 以下、JH 法)¹²⁾ および *fib* の鉛直管試験方法 (以下、*fib* 法)⁶⁾ にそれぞれ準拠して、鉛直管試験を実施した。JH 法では、内径 68 mm の透明管に PC 鋼より線 $\phi 15.2$ を 1 本配置し、高さ 1 500 mm 程度まで PC グラウトを注入した。また *fib* 法では、内径 68 mm の透明管に PC 鋼

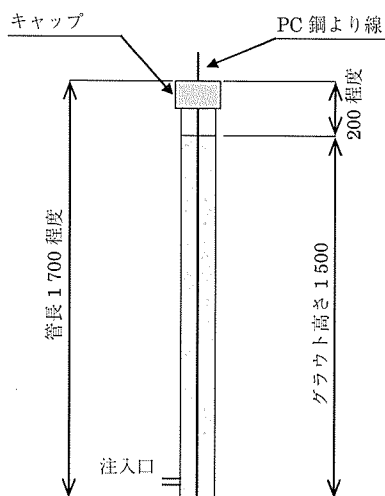


図-2 鉛直管試験 (JH 法) の概要

より線 ϕ 15.2 を 6 本配置し (管断面積の約 30 %), 高さ 1500 mm 程度まで PC グラウトを注入した。

その結果, 一部の PC グラウトで上面にブリーディング水が集積していることや PC グラウトが沈下して体積変化が生じていることが確認され, 傾斜管試験と同様に, 鉛直管試験はポリエチレン袋法より厳しい試験であることが確認された。また, *fib* 法は, JH 法に比べて PC 鋼より線が密に配置されているため PC グラウト上面位置が不明瞭となり, ブリーディング率や体積変化率に測定誤差が生じていることが懸念された。そこで, ブリーディング率および体積変化率は, 従来のポリエチレン袋法に代えて, 鉛直管試験 (JH 法) を実施して検査することとした¹⁴⁾。

一方, ブリーディング率および体積変化率の試験には, 従来より容器方法 (JSCE-F 533) が採用されている。しかし, この方法では, 体積変化率を測定する際にマイクロメータを容器内の PC グラウトの表面に接触させる必要があるため, フレッシュな PC グラウトの表面を正確に測定することは非常に難しく, 測定者によるばらつき等が懸念された¹⁴⁾。そこで今回の検討では, 製造会社の試験室などにおいて, マイクロメータの代わりに非接触型のレーザー変位計を用いて体積変化率を測定する方法 (改良 JSCE-F 533) を規定した。

(4) 単位容積質量

PC グラウトは, コンクリートと異なり骨材が混入されていないため, 単位容積質量を計測することにより比較的簡単に水粉体比を推定することができる。そこで, 今回の検討では, 種々の容器を用いて PC グラウトの単位容積質量を計測した。

検討の結果, 簡易型枠 (写真 - 5) もしくは比重カップ (写真 - 6 : 容積 : 約 100 ml) を用いて単位容積質量を計測すると, PC グラウトの水粉体比を精度良く推定できることが明らかとなった。そこで, PC グラウトの水粉体比を推定するために, 簡易型枠もしくは比重カップを用いて単位容積質量を計測することを規定した。

4.3 品質検査の段階的实施

前節で示したように, 標準マニュアルでは, 検査項目の追加および試験方法の変更により, PC グラウトの品質検査を強化している。しかし, すべての検査を施工現場で実施するのは合理的かつ経済的でない。そこで, 施工計画段階前より, 継続的に PC グラウトの品質検査を実施することとした。製造会社による基準試験は, 製造会社が PC グラウトの基本性能を保証するために実施するものである。工事ごとの基準試験は, 設計などを実施して選定した PC グラウトの品質が, 施工現場でも確保できることを確認するために実施するものである。また, 日常管理試験は, PC グラウトの品質が気象条件などによって変化するため, 工事ごとの基準試験で確認した PC グラウトの品質が施工時に満足していることを, 継続的に検査するために実施するものである。レオロジー, 圧縮強度および塩化物イオン含有量は, 試験により直接それぞれを検査できるので, 各段階で試験を実施することとした。

これに対し, 有害となる残留空気に対する検査は, 単位容積質量試験を実施して水粉体比を検査することを念頭におき, 材料分離抵抗性能を検査する傾斜管試験と, ブリーディング率および体積変化率を検査する鉛直管試験を段階的に実施することとした。すなわち, 製造会社の基準試験において実際のダクトを模擬した傾斜管試験や従来のポリエチレン袋法よりも厳しい鉛直管試験を実施し, 各 PC グラウトがノンブリーディングであることを確認する。その際, 製造会社は, ブリーディング率および体積変化率の判定基準に基き, 使用可能な水粉体比の範囲 (使用可能範囲)

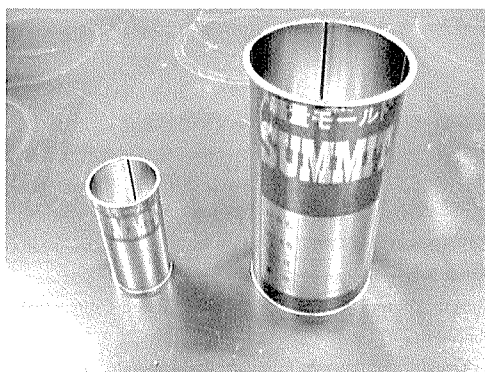


写真-5 簡易型枠



写真-6 比重カップ

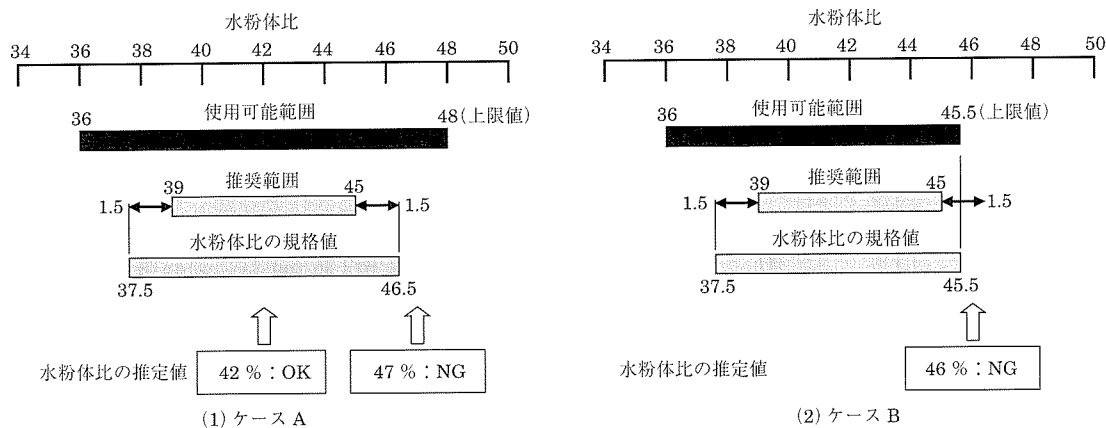


図 - 3 水粉体比に関する判定例

および使用を推奨する水粉体比の範囲（推奨範囲）を設定する。これらのデータに基づいて、施工計画策定時には使用材料および配合を選定するが、工事ごとの基準試験では、試験を施工現場で実施することを考慮し、傾斜管試験に比べて比較的容易に試験のできる鉛直管試験を実施する。日常管理試験では、試験頻度が多いことを考慮して鉛直管試験は行わず、グラウト注入前に単位容積質量試験を実施して PC グラウトの水粉体比を推定する。この水粉体比の推定値が、製品ごとに定められた水粉体比の推奨範囲の±1.5%以内かつ使用可能範囲以内であることを確認すると同時に、漏斗試験もしくはフロー試験の結果が所定の範囲内であることを確認し、グラウト注入作業を開始することとした。

これを図示して説明すると、図 - 3 のようになる。ケース A では、水粉体比の規格値が使用可能範囲より小さくなり、推定値が 42% の場合は合格、47% の場合は不合格となる。これに対し、ケース B は、水粉体比の推奨範囲の上限値 + 1.5% (46.5%) が使用可能範囲 (45.5%) より大きくなるため、推定値が 46% の場合は不合格となる。

上記の水粉体比の推定値に対する規格値は、以下に示す根拠に基づいて設定したものである。

- ・室内および現場で単位容積質量試験を実施した結果、セメント、水および混和剤を正確に計量して練り混ぜた PC グラウトでも、空気の混入等により設定した水粉体比に対して最大 1.5% 程度の誤差が生じることが確認された。
- ・誤差を考慮しても、使用可能範囲を超えることは許容できない。

ただし、この規格値を満足しても、練り混ぜた PC グラウトがブリーディング率および体積変化率の判定基準を満足することを確認しただけで、練混ぜ水の計量等が正しく行われ、練り混ぜた PC グラウトの水粉体比（配合）が練混ぜ時に設定したものであることを確認したことにはならない。したがって、推定値が規格値内であったとしても、練混ぜ時に設定した水粉体比より±1.5%以上の誤差が生じた場合は、誤差が発生した原因を追求し、すみやかに修正しなければならない。

5. おわりに

従来から、PC グラウトの品質検査では、ポリエチレン袋法を実施して PC グラウトの品質により残留空気が生じないことを検査してきた。しかし、ポリエチレン袋法は試験結果が判明するまでに 3 時間以上を要するため、漏斗試験による流下時間の計測結果により PC グラウトの注入作業の開始を判断している。傾斜管試験や鉛直管試験の導入により品質検査を強化することはできるが、これらの試験もポリエチレン袋法と同様に試験結果が判明するまでに 3 時間以上を要するため、PC グラウトの注入作業はレオロジー試験結果のみで判断することになる。そこで、4 章で示したように品質検査を施工計画策定前より段階的に実施すると、比較的高い傾斜管試験や鉛直管試験の試験頻度を低減しつつ、PC グラウトの注入前の検査を強化することができるので、より精度の高い品質検査を実施することができると考えられる。

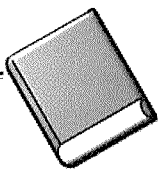
なお、本稿で示した PC グラウトの新しい品質検査システムは、プレストレストコンクリート技術協会「PC グラウト規準作成委員会」（委員長：池田尚治、(株) 複合研究機構、横浜国立大学名誉教授）に設置された「品質試験 WG」（主査：辻 幸和、群馬大学工学部教授）における検討結果を取りまとめた提案したものである。WG 活動に多大なご協力を頂いた WG 委員各位に、深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [平成 8 年制定]・施工編、1996。
- 2) 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 (2002 改訂版)、2002。
- 3) 土木学会：2002 年制定・コンクリート標準示方書 [規準編]、PC グラウトのブリーディング率および膨張率試験方法 (ポリエチレン袋法) (JSCE-F 532-1999)、pp.174、2002。
- 4) POST-TENSIONING INSTITUTE：Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures、2001。
- 5) Concrete Society：Durable Post-tensioned Concrete Bridges、Technical Report No.47 (Second Edition)、2002。
- 6) fib：Grouting of tendons in prestressed concrete、Bulletin No.20、Guide for good practices、2002。

- 7) European Organization for Technical Approval (EOTA) : Guideline for European Technical Approval of Post-Tensioning Kits for Prestressing of Structures (ETAG013), 2002.
- 8) 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指針，2005.
- 9) Taerwe, L. (Edited) : Durability of Post-tensioning Tendons, Proceedings of a workshop held at Ghent University, *fib* Bulletin No.15, 2001.
- 10) 例えば，辻 幸和：欧州での建設製品の適合性評価（CE マーキング），土木技術 58 巻 2 号，pp.52-58，2003 年 2 月
- 11) 山口 光俊，細野 宏巳，野島 昭二，辻 幸和：PC グラウトの塑性粘度と降伏値に関する一考察，第 14 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.73-76，2005 年 11 月
- 12) 日本道路公団：日本道路公団試験方法，第 4 編 構造関係試験，2004 年 11 月
- 13) 岩永 豊司，濱田 譲，野島 昭二，辻 幸和：PC グラウトのブリーディング率および体積変化率の統一試験，第 13 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.171-174，2004 年 10 月
- 14) 依 道和，濱田 譲，野島 昭二，辻 幸和：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，第 14 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.65-68，2005 年 11 月

【2006 年 1 月 5 日受付】



● 関連書籍のご案内

PC箱桁定着部の破壊解析委員会報告書 PC定着部の破壊解析に基づく性能設計

附属資料：特別講演 日本道路公団技術部構造技術課長 猪熊 康夫氏
外ケーブル定着部の性能照査型設計ガイドライン（試案）
標準解析事例

A 4 判・219 頁（会員価格 5,000 円・非会員価格 6,000 円）

平成 16 年 9 月 3 日 発行

（社）プレストレストコンクリート技術協会 PC箱桁定着部の破壊解析委員

残りわずかとなりましたので、現金書留にてお早めにお申し込み下さい。