

# PC グラウト技術

辻 幸和\*

## 1. はじめに

PC グラウトの役割と要求品質が、あらためて問い直されている。プレストレストコンクリート技術協会においても、PC グラウトの設計・施工規準作成委員会が発足し、調査・研究活動が活発になされている。PC グラウトは、PC 構造物の構造機能を効果的に発揮させるとともに、PC 鋼材の防錆を担保するために不可欠な要素である。そしてその品質が、PC グラウトの施工の良否に大きく左右される宿命を負っている。

本文では、PC グラウトの技術について、その役割と要求される品質を PC グラウトの材料の選定、製造、品質評価および注入の観点から考察して解説する。

## 2. PC グラウトの要求性能

土木学会コンクリート標準示方書が、2002 年制定版として発刊された。その施工編についても、特殊コンクリートを含めすべてが、性能照査型の示方書へ移行された。「13 章プレストレストコンクリート」においても、PC グラウトに関連する不具合事例が国内外で報告されたことを受け、PC グラウトの品質規定等がより詳細な記述となり、性能照査型となった。

PC グラウトに要求される性能としては、表 - 1 に示すように、①ダクト内の充填性、②部材コンクリートと緊張材を一体化させる付着強度、さらに③鋼材の耐腐食性が選定されている。そして、①のダクト内の充填性は、PC グラウトの流動性、ブリーディング率（0%を標準としている）、および膨張率（非膨張性タイプで-0.5%～0.5%、膨張性タイプで0～10%を標準としている）で設定してよいとしている。PC グラウトの流動性については、施工編では一律に流下時間の値を設けていないが、プレストレスト・コンクリート建設業協会が発刊されている「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」では、後述する JP 漏斗による流下時間が、非膨張型、膨張型のい

ずれもノンブリーディング・高粘性型が 14～23 秒、ノンブリーディング・低粘性型が 6～14 秒未満を規定している。

②の部材コンクリートと緊張材を一体化させる付着強度は、圧縮強度で代用して設定してよいとしている。そして、非膨張性グラウトの場合は 30 N/mm<sup>2</sup> 以上、膨張性グラウトの場合は 20 N/mm<sup>2</sup> 以上をそれぞれ標準とすることが規定されている。

①と②についての照査方法は、実際の構造物または部材と同等の構造条件および施工条件を有する施工実験を行うことを原則としている。そして、仕様で規定している性能については、それぞれの表 - 2 に示す土木学会規準に準じた試験方法で照査するとしている。

要求性能の③の鋼材の耐腐食性は、PC グラウトにおける腐食性物質の含有を制限するもので、練混ぜ時に PC グラウト中に含まれる塩化物イオン量の総量で設定してよいとしている。塩化物イオンの総量は、0.30 kg/m<sup>3</sup> 以下を原則としている。その照査方法としては、練混ぜ時に PC グラウトに含まれる鋼材腐食性物質の含有量を試験するか推定すること、あるいは練混ぜ時に含まれる塩化物イオンの総量を所定の試験方法で求めることとしている。ただ後者の試験方法として JIS A 5308 - 1998 附属書 5（規定）（フレッシュ

表 - 1 PC グラウトの要求性能  
(土木学会コンクリート標準示方書)

要求性能		PC グラウトの種類	
		非膨張性タイプ	膨張性タイプ
①ダクト内の充填性	流動性	流下時間の範囲は、あらかじめ試験により求める	
	ブリーディング率	0%	
	膨張率	-0.5%～0.5%	0～10%
②部材コンクリートと緊張材を一体化させる付着強度	圧縮強度	30 N/mm <sup>2</sup> 以上	20 N/mm <sup>2</sup> 以上
		③鋼材の耐腐食性	
塩化物イオン総量		0.30 kg/m <sup>3</sup> 以下	

表 - 2 PC グラウトの品質試験方法（土木学会規準）

土木学会規準番号	規準のタイトル
JSCE - F 531 - 1999	PC グラウトの流動性試験方法
JSCE - F 532 - 1999	PC グラウトのブリーディング率および膨張率試験方法（ポリエチレン袋方法）
JSCE - F 533 - 1999	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）
JSCE - G 531 - 1999	PC グラウトの圧縮強度試験方法
JSCE - F 546 - 1999	傾斜管によるプレバックドコンクリートの注入モルタルおよび PC グラウトのレオロジー定数試験方法（案）



\* Yukikazu TSUJI

群馬大学 工学部 教授 本会副会長

ユコンクリート中の水の塩化物イオン濃度試験方法)を準用するとしても、ノンブリーディングタイプのPCグラウトではブリーディング水が得られないため、PCグラウト中の水を別な方法で求める考案をしなければならない。

### 3. 要求性能を満足させる技術と課題

要求性能を満足するPCグラウトを得るためには、材料、製造方法および品質試験方法すべてに配慮しなければならない。それぞれについて、配慮すべき事項と課題を以下に述べる。

#### 3.1 PCグラウトの使用材料

PCグラウトの構成材料は、普通ポルトランドセメントと水に加えて、PCグラウト用混和剤が一般に用いられている。

ブリーディング率は0%を標準とする要求性能に対応するため、PCグラウト用混和剤には増粘剤が用いられている。また膨張率の要求性能を満足するために、非膨張性タイプでコンクリート用膨張材が、膨張性タイプでアルミニウム粉末のような発泡剤あるいは膨張剤がそれぞれ添加されていると推測される。そして、流動性を増加させるため、減水剤や高性能減水剤などもPCグラウト用混和剤の構成材料を成している。このように、PCグラウト用混和剤は、PCグラウトの要求性能を満足させるために大きな役割を果たしている。

普通ポルトランドセメントは、PCグラウトの要求性能を容易に満足させるために、一般に用いられている。安価でいつでもどこでも容易に入手できることも、一般に使用されている大きな理由である。しかしながら、2003年12月にはJIS R 5210(ポルトランドセメント)が改正される予定である。この改正により、普通ポルトランドセメントの塩化物イオンは、従来の0.02%(200ppm)以下から0.035%(350ppm)以下へと大幅に緩和されることになる。そのためこの改正により、要求性能の③の鋼材の耐腐食性についての塩化物イオン総量が0.30kg/m<sup>3</sup>以下を満足させることは、普通ポルトランドセメントを用いた場合には一般に困難になる。

普通ポルトランドセメントを用いると塩化物イオンの制限値を満足しない場合は、他の種類のポルトランドセメントやB種高炉セメントなどの使用、あるいは高炉スラグ微粉末<sup>1)</sup>、フライアッシュおよびシリカフェームを合計の置換率で40%程度以上普通ポルトランドセメントと置換するなどの措置をとらなければならない。このようなセメントや混和材を併用したPCグラウトが、要求性能の①および②を満足するための配合、製造方法および注入方法などについてのデータの収集が、早急に望まれる。

#### 3.2 PCグラウトの製造方法

一般に、コンクリートよりはモルタルが、そしてモルタルよりはセメントペーストが、機械的な練混ぜによる場合、セメント粒子の凝集を解いて均一に分散させることが困難である。練混ぜ時に、粗骨材や細骨材によるセメント凝集体の解離が期待できないためである。そのため、図-1に示すように、練混ぜ水を2回に分けて投入する分割練混ぜ方法が提案されている<sup>1)~4)</sup>。

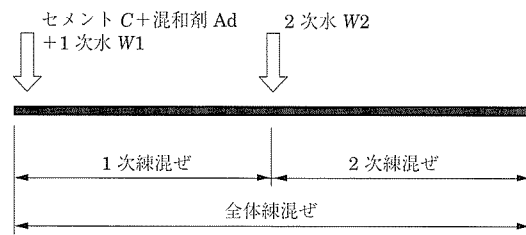


図-1 分割練混ぜの方法

PCグラウトは、ブリーディング率を0%とするための増粘剤がPCグラウト用混和剤に添加されていることは、セメント凝集体を解離させるエネルギーが更に大きくなる。PCグラウトの練混ぜに用いるミキサの基本仕様は、フレッシュが活躍された時代から変わらずに使用されてきたといわれている。ただ、増粘剤を用いるようになって、ミキサのモータの能力を増加させて、プロペラの回転数を1000~1200rpmに増大させた変更はされてきた。

PCグラウトの練混ぜについては、セメント粒子が凝集したいわゆるセメントのダマ(塊)をなくすることがとくに重要である。実際の注入作業では1.2mmのふるいを通したPCグラウトのみを使うから、セメントのダマができて注入作業には支障がないと考えている技術者がいる。1.2

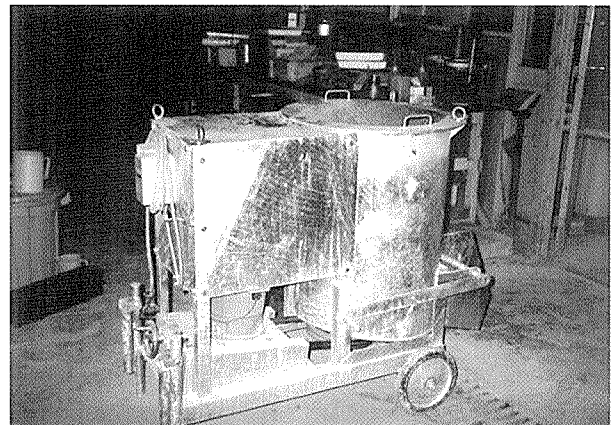


写真-1 円形槽のグラウトミキサ

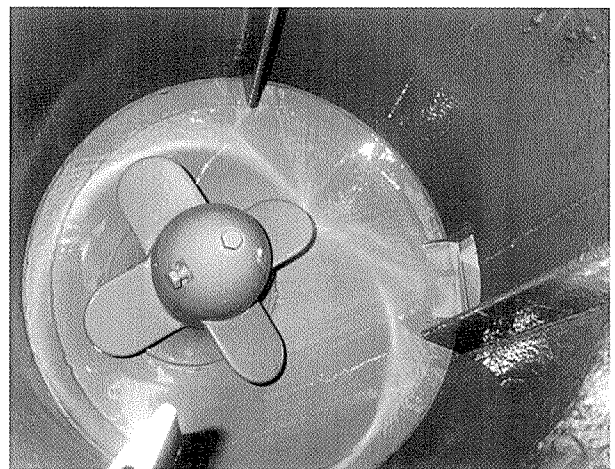


写真-2 円形槽内の抑止板

mm のふるいを通過したとしても、その PC グラウトがシースと緊張材の空間を容易に通過していくためには、その空間幅は少なくとも 1.2 mm の数倍が必要と考えられる。また、ふるいを通過したセメント粒子の凝集体は、かくはんと注入作業の施工中に再凝集する懸念も払拭できない。

ミキサの槽を円形とし、それに抑止板を設置するなどの新しいタイプの PC グラウト用ミキサも、写真 - 1 と写真 - 2 に示すものが提案されている<sup>4), 5)</sup>。プレパックドコンクリートのモルタルミキサでも、同様な練混ぜ効率のよいモルタルミキサが開発されてきた<sup>6), 7)</sup>。また、粘度がとくに大きい PC グラウトの練混ぜには、パン型のミキサも提案されている<sup>3), 8)</sup>。今後とも、PC グラウトの種類に適した練混ぜ性能が良く、粉塵が少なく練混ぜ環境が良好となるミキサの改善に取り組むことが望まれる。

### 3.3 PC グラウトの品質試験方法

#### (1) 流動性評価試験方法

PC グラウトの流動性の評価には、漏斗を用いて流下時間（フロータイム）を測定する試験方法が一般に用いられている<sup>9), 10)</sup>。JSCE - F531 - 1999（PC グラウトの流動性試験方法）においては、図 - 2 に示す JA 漏斗と JP 漏斗が規定

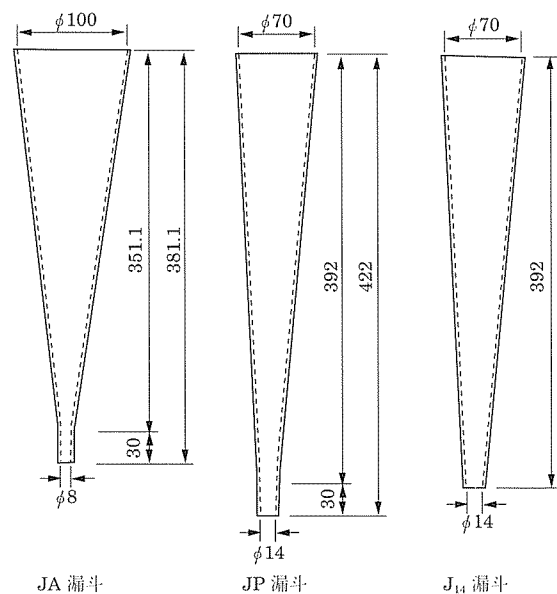


図 - 2 漏斗の形状寸法 (単位: mm)

されている。JA 漏斗は低粘性型の PC グラウトに、JP 漏斗は高粘性型の PC グラウトに適用されるものである。

低粘性型の PC グラウトには、従来は図 - 3 に示す J 漏斗が用いられたが、試験の容易さと精度の良さから JA 漏斗に移行した経緯がある。また高粘性型の PC グラウトには、開発の当初は J<sub>14</sub> 漏斗が用いられていた。図 - 3 に示すように、J 漏斗について下端内径が 14 mm となるところで切断した形状寸法の漏斗が、J<sub>14</sub> 漏斗である。この漏斗は、橋梁のシュー等に用いられる充填モルタルの流動性を評価するために、日本道路公団が制定したものをそのまま高粘性の PC グラウトの流動性評価に採用したものである。

その後、高粘性の PC グラウトは、粘性が少し低下した

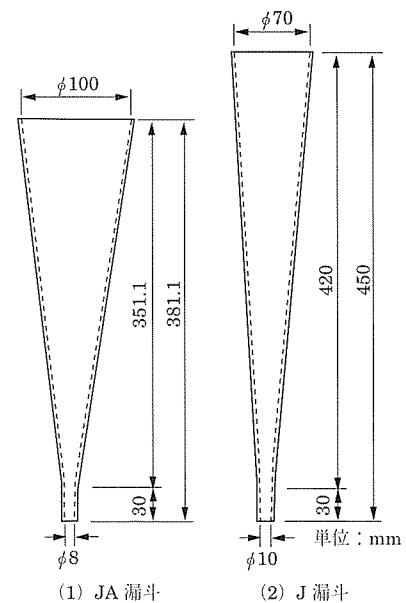


図 - 3 JA 漏斗と J 漏斗

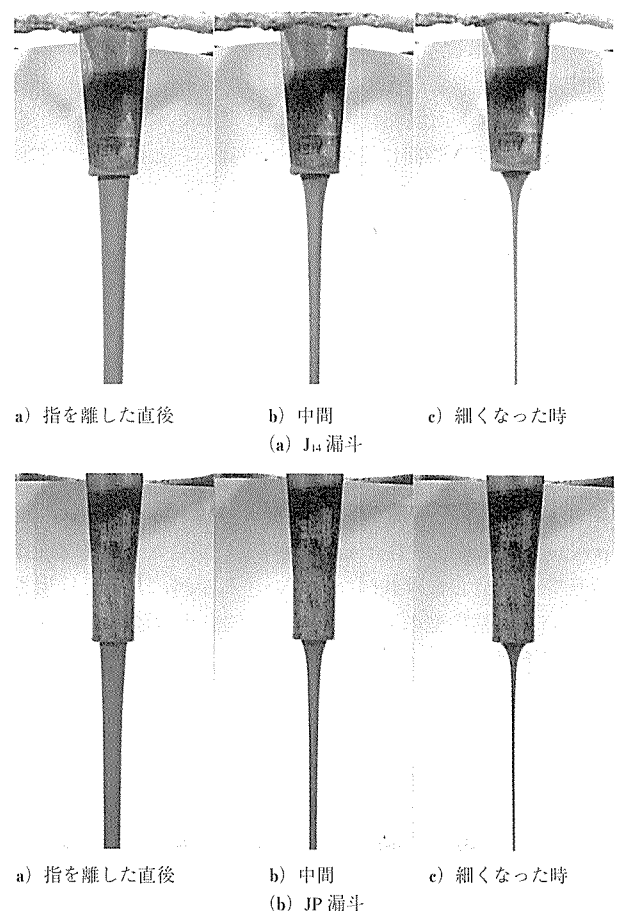


写真 - 3 PC グラウトの流出状況

ものが一般に用いられるようになった。このような高粘性の PC グラウトでは、下端から流出する PC グラウト全量が流出する時間を判定するとき、測定者の個人誤差が大きいこと、および PC グラウトの材料や配合等を変化しても

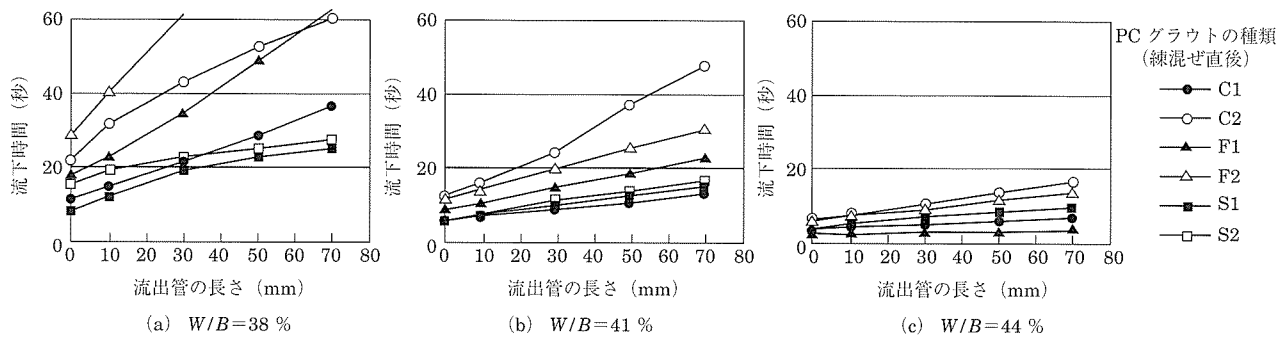


図 - 4 流出管の長さ と 流下時間

流下時間に及ぼす影響が鈍感であることなどの指摘が多く出された。そこで、下端内径が 14 mm の下部に内径が 14 mm で長さが 30 mm の流出管を有する JP 漏斗が提案され<sup>9)</sup>、JSCE - F531 の 1999 年の改訂において採用された。そして写真 - 3 に示すように、JP 漏斗を用いる場合は、「流出口からのグラウト流が初めて途切れるまでの時間」から「流出口からのグラウト流が急激に細くなるまでの時間」に注記により変更して、流下時間を測定することになった。

流出管の長さを 70 mm まで変化した測定結果を図 - 4 に示す<sup>10)</sup>。流出管の長さとともに流下時間はほぼ直線的に増加すること、および流出管の長さが 0 の J<sub>14</sub> 漏斗では結合材と PC グラウト用混和材の種類だけでなく水セメント比を変化しても流下時間に及ぼす感度が鈍いことが、それぞれ明らかである。

流下時間の判定に個人誤差が伴うことから、PC グラウトの流下質量と流下時間を求めて、流下時間を判定する方法が提案されている<sup>11)</sup>。その測定結果の一例を図 - 5 に示す。測定装置に少し費用がかかるが、このような方法は試験の自動化にも役立ち、今後採用に向けて検討すべき流動性評価試験方法といえる。

漏斗の形状・寸法については、前述したように種々のものが提案され、規格化されている。今後の規格の国際整合化においては、図 - 6 に示す EN 445 : 1997 (Grout for prestressing tendons Test methods) に規定されている Marsh コーンに注目しなければならない。わが国において採用されている高粘性型の PC グラウトの流動性評価に Marsh コーンが適用できるか否かなどについて、の実験的な検討が急がれる。

漏斗については、そのキャリブレーションをしたものを用いなければならない。その方法として、JSCE - F531 1999 では、「標準砂を用いて流出試験により入念にキャリブレーションをしたものでなければならない。」としか規定されていなく、具体的な方法が示されていない。セメントの物理試験に用いられていた山口県豊浦産の旧標準砂を用いた、具体的な漏斗のキャリブレーション方法が、表 - 3 のように提案されている<sup>12)</sup>。

また、EN 445 : 1997 では流動性試験として沈入方法 (Immersion method) が、漏斗試験方法より前段に規定されている。平成 3 年版のコンクリート標準示方書 [規準編] 迄には、PC グラウト試験方法 (JSCE - 1986) の 1 章コン

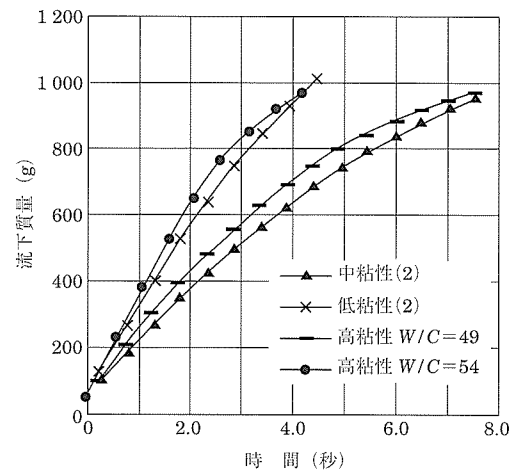


図 - 5 流下質量 と 時間 の 関係

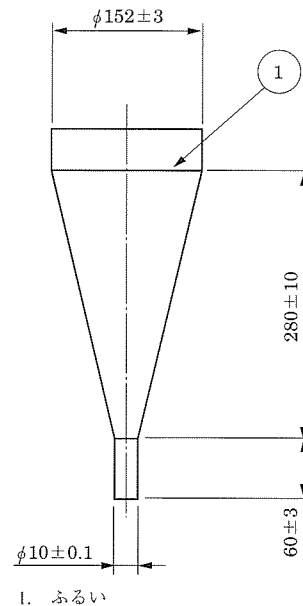


図 - 6 Cone for fluidity test (Marsh コーン)

表 - 3 PC グラウト用漏斗のキャリブレーション

漏斗の種類	材料質量の範囲 (g)	流下時間の範囲 (秒)
JP 漏斗	830 ~ 860	8.9 ~ 9.3
J <sub>14</sub> 漏斗	820 ~ 855	8.0 ~ 13.0
JA 漏斗	1 325 ~ 1 360	70.0 ~ 77.0

システム試験方法の中にⅡ沈入方法として規定された沈入試験装置があった。ENの方法は、この試験装置よりも大型の装置を用いて、沈入値（immersion time）を測定するものである。平成6年版の〔規準編〕では、JSCE - F531 - 1993（PCグラウト試験方法）を制定した際に削除された。この方法を復活させるか、EN 445：1997の沈入方法（Immersion method）を新たに導入するかの検討についても、規格の国際整合化において必要となってきたであろう。

### (2) プリーディング率および膨張率試験方法

PCグラウトのプリーディング率と膨張率の試験方法としては、JSCE - F532 - 1999の「ポリエチレン袋方法」が一般的に用いられている。径が約5 cmで、長さが50 cm以上のポリエチレン袋をメスシリンダーとともに用いるものである。土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕では、「ポリエチレン袋方法」により注入完了後3時間後におけるプリーディング率の測定値が0%を標準として規定している。

「ポリエチレン袋方法」は、試験が容易であるが、プリーディング率と膨張率が非常に少ないPCグラウトでは、精度が悪いことが指摘されている。そのため、JSCE - F533 - 1999として、「容器方法」が制定されている。ノンプリーディングタイプのようなPCグラウトのプリーディング率と膨張率を測定するために、もう少し一般に用いてよい方法である。この容器方法であれば、EN 445：1996における容積変化を試験するシリンダー方法（Cylinder method）や缶方法（Can method）と同等の精度が得られると考えている。EN 445：1996の方法と容器方法による測定値の相互関連についてのデータの収集が必要になってくる。

以上のプリーディング試験方法に加えて、PCグラウトの中にPC鋼より線を挿入してプリーディング水をその境界面に沿って上昇させて測定するプリーディング試験方法が、欧州や米国の仕様書には規格化され実施されている。鉛直方向か斜め方向に設置するか、PCグラウトの直径と高さ、挿入するPC鋼より線の種類と本数が、それぞれの規定ごとに異なるが、この試験方法は実際の注入作業により近似した方法である。わが国でも、採用する方向で検討されている。

### (3) 圧縮強度試験方法

PCグラウトの圧縮強度は、直径が50 mm、高さが100 mmの円柱形型枠の中に、試料は気泡を巻き込まないように静かに流し込んで型枠に満たす。その上面をならして型枠の上面と一致させた後、押し板を型枠の上面に乗せ、その上にただちに約3.6 kgの重り（ $\phi 100 \times 200$  mmのコンクリート供試体を重しに用いてよい）を乗せて供試体を作製する。1日ないし2日後に型枠を取り外して24時間水中に置いた後は、これを取り出して、ポリエチレン袋などで覆い、できるだけ現場の状態に近い状態の温度で所定の材齢まで養生する。そして、所定の養生の終わった直後の状態で、圧縮強度試験を実施することが、JSCE - G531 - 1999（PCグラウトの圧縮強度試験方法）に規定されている。このような方法で求めた圧縮強度は、表 - 1に示した値を満足しなければならないのである。

表 - 1に示した強度値が、本体の部材コンクリートの設

計基準強度より小さいことについて、あえて指摘したい。表 - 1に示した圧縮強度値は、PCグラウトの要求性能の②部材コンクリートと緊張材を一体化させる付着強度の代用として与えられたものである。付着強度は試験方法によっても異なるため、得るのが困難な物理量ではある。そのため、圧縮強度値で代用しているが、そのPCグラウトの圧縮強度値が部材コンクリートより小さくてよい理由は、上述したPCグラウトの圧縮試験方法では、実際のシースと緊張材の間に注入した状態より小さく出ると考えられている。しかしながら、そのようなデータは公表されていないようである。

要求性能②の部材コンクリートと緊張材を一体化させる付着強度を満足するには、PCグラウトの圧縮強度が部材コンクリートと同等以上であることが求められていると、著者は解釈している。もしそうでないと、部材コンクリートと緊張材には完全な一体化がない付着性状でのPC構造物や部材の力学的性状に基づいて、構造設計を実施していかなければならない。一体性に必要な付着強度と圧縮強度との関係とともに、JSCE - G531 - 1999による強度発現性状と実際の構造物におけるPCグラウトの強度発現性状についての相関性を検討すべき時期にきていると思われる。そして、JSCE - G531 - 1999による圧縮強度試験方法によってもより高い強度が得られるPCグラウトの開発が、並行してなされることを望みたい。

なおPCグラウトではないが、塩害対策が必要な地域ではシースに高密度ポリエチレンシースが推奨されている。その場合には、ヤング係数の小さい高密度ポリエチレン製シースが部材コンクリートと緊張材をどの程度一体化させるか、そしてその性状がどの程度の期間保証されるかについても、確認しておかなければならないと考えている。

## 4. 充填性能の評価方法

PCグラウトの流動性、プリーディング率および膨張率からだけでは、充填性能を評価することはできない。実物大レベルのモデル供試体を用いての注入試験を実施して、PCグラウトの充填の程度を確認するに留まっている現状である。

PCグラウトの流動特性と注入条件からPCグラウトの先端角度を定式化することにより、PCグラウトの充填性能を評価する方法が提案されている<sup>13)・14)</sup>。そのような場合にも必要な、シースの管径や配置条件に応じたPCグラウトの流速などを求める精度の良い解析方法も提案されている<sup>15)～19)</sup>。表 - 2に示したJSCE - F548 - 1999による傾斜管、あるいは回転粘度計などにより、塑性粘度や降伏値などのレオロジー定数を決定する手法が、現在注目されている。

PCグラウトの充填性能を確保するためには、PCグラウトの粘性を増加させる傾向が強い。しかしながら、高粘性型のPCグラウトを用いると、後述する注入作業が難しくなるため、ノンプリーディングタイプの超低粘性型PCグラウトが開発されている<sup>20)</sup>。このPCグラウトはその粉体部分をプレミックス化して、現場では水を計量して練り混ぜるだけであることに特徴があり、製造管理を容易にして

いる。

充填性能を確保する点で、まったく別な新しいコンセプトに基づくPCグラウトが入手できるようになった。PCグラウトの充填性能をより深く議論するためにも、興味あるPCグラウトである。

## 5. PC グラウトの注入

PCグラウトの注入は、PCグラウトの練混ぜ直後に、グラウトポンプを用いて適切な注入圧を保ちながら徐々に実施している。その際に、流量計を設置して、PCグラウトの注入量を管理することが標準となった。注入作業をより確実にかつ容易に行なうため、真空ポンプを併用した注入方法がわが国でも提案され<sup>21), 22)</sup>、用いられてきた。今後大いに採用すべき注入方法といえる。

PCグラウトの注入作業においては、要求性能を満足するPCグラウトを製造してグラウトポンプに投入することが前提である。PCグラウトの注入作業の場にはPCグラウトの製造の段階から、プレストレストコンクリート技術協会が認定するプレストレストコンクリート技士のような、プレストレストコンクリートに十分な知識と技術を有する技術者が常駐して、注入管理を行なうことが不可欠である。

## 6. PC グラウトが確実にその役割を果たすためには

PC構造物の耐久性は、50年、100年などといわれており、土木学会のコンクリート標準示方書においても、設計耐用期間を明示してからの設計であり施工であることが、より明確に規定されている。またすでに建設されている構造物についても、維持管理の性能照査型の示方書においては、設計耐用期間を明示することが規定されている。そして、今後の社会基盤施設の整備状況を勘案すると、設計耐用期間は長く設定される傾向になる。本州四国連絡橋公団では、塩害環境下にある海峡部鋼長大橋に連続する取付けPC高架橋については、目標耐用年数を200年とした長寿命化の取り組みがなされている<sup>23)</sup>。定量的なデータに基づく予防的保全システムを確立して実施されている。

このような200年あるいは300年の耐用年数をもつ構造物を、PCは少ない費用、時間と手間によって達成できる可能性が充分ある構造形式である。このような高耐久性PC構造物を構築し、維持管理するためには、あらためて2.で紹介した表-1に示したPCグラウトの要求品質を、その役割に対応して達成しなければならないと考えられる。

とくに、内ケーブルのグラウトに用いる場合のPCグラウトの要求品質である。そのためには、セメントをベースに用いて、要求品質を達成するPCグラウトに関する材料、製造方法、品質試験方法および充填性能評価方法ならびにPCグラウトの注入の現状とこれまでの研究、開発、発展の経緯および今後の課題を提示させて頂いた。

## 7. おわりに

本文は、本来高耐久性であるPC構造物のアキレス腱がPCグラウトであるとの観点から、浅学非才を省みずPCグ

ラウトの技術について解説した。論点の偏りすぎた点があることを危惧している。ご指摘を賜れば、幸甚である。

## 参考文献

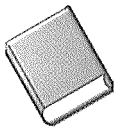
- 1) 辻幸和, 池田正志, 谷口友一, 杉山隆文: 高炉スラグ微粉末を用いたPCグラウトの流動性および強度, 土木学会, コンクリート技術シリーズ52, PC構造物の現状の問題点とその対策 第2部シンポジウム論文集, pp.285 ~ 292, 2003.6.
- 2) 辻幸和, 池田正志, 橋本親典, 浦野真次: 高強度PCグラウトの製造に関する基礎研究, プレストレストコンクリート, Vol.36, No.3, May. 1994
- 3) SSEE協会グラウト特別分科会: PCグラウトの練混ぜ方法に関する基礎研究, プレストレストコンクリート, Vol.45, No.1, Jan. 2003
- 4) 辻幸和, 中澤亮一, 杉山隆文, 広瀬晴次: 高粘性PCグラウトの練混ぜ方法が流動性に及ぼす影響, プレストレストコンクリート, Vol.45, No.4, July 2003
- 5) 辻幸和, 広瀬晴次, 北山裕康, 田中和重: 新型ミキサによる高粘性PCグラウトの製造, 第11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, 2001年11月
- 6) 奥村忠彦, 河井徹: プレパクト用モルタルミキサの練りませ効果に関する研究, 清水建設研究所報, 第24号, 昭和50年4月
- 7) 武川恵之助: プレパクト用大容量モルタルミキサの開発についての一考察, 土木学会論文報告集, 第238号, 1975年6月
- 8) 辻幸和, 宮崎弘毅, 門倉智, 広瀬晴次: 分割練混ぜ方法による高粘性PCグラウトの練混ぜ効果, 第54回セメント技術大会講演要旨2000, 2000年5月
- 9) 池田正志, 辻 幸和, 山口光俊, 金田和男: PCグラウトの流動性評価試験方法, 第9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, 1999年10月
- 10) 辻 幸和, 宮前俊之, 山口光俊, 池田正志: JP型漏斗によるPCグラウトの流動性, プレストレストコンクリート, Vol.42, No.3, May. 2000
- 11) 山口隆裕, 広瀬晴次, 笹子和弘, 島根征哉: PCグラウトの流動性に関する試験システムの開発研究, プレストレストコンクリート, Vol.44, No.5, Sep. 2002
- 12) 辻 幸和, 河井 徹, 十河茂幸, 鈴木一雄: PCグラウト用漏斗のキャリブレーション方法の提案, プレストレストコンクリート, Vol.43, No.4, Jul. 2003
- 13) 出雲淳一: PCグラウトの性能試験方法に関する一考察, プレストレストコンクリート, Vol.42, No.5, Sep. 2000
- 14) 水上伸介, 出雲淳一: PCグラウトの充填性能評価に関する一考察, プレストレストコンクリート, Vol.43, No.5, Sep. 2001
- 15) 西村蘭果, 魚本健人: 数値解析手法によるPCグラウトの充填性に関する定量評価, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集V-408, 2000年9月
- 16) 櫻村能成, 魚本健人: シース及びPC鋼材の径の違いがPCグラウトの充填性に及ぼす影響, 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集V-621, 2002年9月
- 17) 篠崎貴浩, 吉岡民夫, 熊井 規, 吉川信二郎: グラウト注入解析, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集V-537, 2000年9月
- 18) Yahia A., Yoshioka T., Eguchi S., and Shinozaki T.; Simulating the Grout Flow in Post-Tensioned Concrete Structure Ducts to Predict the Filling Performance, Proceedings of the 1<sup>st</sup> fib Congress, Session 8, Oct. 2002.
- 19) 水上伸介, 出雲淳一: 数値シミュレーションによるPCグラウトの充填性能および施工性の評価, 第11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, 2001年11月
- 20) 呉承寧, 林浩志, 綿貫輝彦, 大熊晃: ノンブリーディング・超低粘性型PCグラウトの開発とその物性, プレストレストコンクリート, Vol.45, No.2, Mar. 2003

- 21) SEEE 協会グラウト特別分科会：真空ポンプを併用した PC グラウト注入工法について，プレストレストコンクリート，Vol.45，No.1，Jan. 2003
- 22) 内山周太郎，野永健二，山口隆裕：PC グラウト注入における真空ポンプと注入ポンプ併用の効果，コンクリート工学年次論文集，

Vol.25，No.2，2003

- 23) 都留和彦，竹内右，帆足博明：塩害環境下にある PC 橋への取組，プレストレストコンクリート，Vol.45，No.1，Jan. 2003

【2003 年 8 月 20 日受付】



刊行物案内

## フレッシュマンのためのPC講座 プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：会員特価 3 000 円（送料400 円）  
：非会員価格 3 600 円。（送料400 円）  
体 裁：A4判，140頁  
内容紹介

### ＝基礎編＝

- 基礎 編1 PCとは何か  
基礎 編2 PCはどんなものに利用できるか  
基礎 編3 プレストレスの与え方について考えてみよう  
基礎 編4 プレストレスは変化する  
基礎 編5 荷重と断面力について考えてみよう  
基礎 編6 部材に生じる応力度について考えてみよう  
基礎 編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう  
基礎 編8 PCに命を与えるには(プレストレスングとその管理)  
基礎 編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局  
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F  
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

### ＝PC 橋編＝

- PC 橋 編1 PC橋にはどんなものがあるか  
PC 橋 編2 PC橋を計画してみよう  
PC 橋 編3 PC橋を設計してみよう  
PC 橋 編4 現場を見てみよう

### ＝PC 建築編＝

- PC 建築 編1 PC建築とは  
PC 建築 編2 PC建築にはどんなものがあるか  
PC 建築 編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう  
PC 建築 編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書  
索 引