

PC グラウトの歴史

池田 尚治*1・山口 隆裕*2・手塚 正道*3

1. はじめに

初めて PC グラウトを注入したときの状況を今でも鮮明に覚えている。何の問題もなく作業が終了していたら、多分記憶には残っていなかっただろう。25 年前（1981 年）の小さな実験用 PC 梁の供試体製作が、私（著者の一人）の PC グラウトの初体験であった。供試体に埋め込まれたシースは細く、鋼材（ $\Phi 9.2$ mm PC 鋼棒）との隙間がほとんどなかったため、最初から、こんな狭い空間に本当に PC グラウトを注入できるのか不安で一杯であった。PC グラウト用混和剤には、減水剤とアルミニウム粉末を混ぜたものを使用し、注入は、密閉容器に溜めた PC グラウトをコンプレッサーで圧入しながら行った。注入作業は、ノズル先端と注入口のホースとの接続部での閉塞が頻繁に生じ遅々として進まなかった。冬の寒い夜の作業で、早く終えて暖かい部屋に入りたく注入圧は自然と上がっていった。実験棟の明りがなかなか消えなかったので心配したのだろうか、上司（教授）が作業を見に来た。意図したわけではなかったが、そのとき、PC グラウトが噴出し上司の白衣に飛び散った。私の記憶が鮮明なのは、このことに起因していると思われる。わずか 2 m の梁供試体でこんなに苦労するのに、数十 m の注入作業を行う現場ではどのように行っているのか、また注入後には、本当に充てんされているのか確認の方法が無いことなど、疑問に思ったことを事件とともに覚えている。

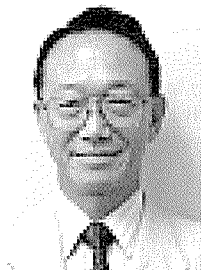
PC グラウトの注入作業は、ダクト内の細長い狭隘な密閉空間にセメント系ミルクを密実に充てんするという、高度な技術を要する作業である。また、ダクトが水平に直線で配置されることはまれで、曲線部、および上り下りの勾配部が存在する。先人たちは、あらゆる形状のダクトに PC グラウトを密実に注入するために、施工機器や PC グラウト用混和剤などの開発、改良を重ね、今日の技術力をもつ

ようになってきた。PC グラウトのルーツからその足跡をたどりながら、PC グラウト技術の変遷を述べてみたい。なお、著者の力量不足もあり国内の土木関係中心の内容となったことを御了解いただきたい。

2. PC グラウトのルーツ

PC グラウトの注入作業を伴うポストテンション PC 構造の日本での最初の実用化は、オリエンタル建設多摩工場専用線に 1953 年に完成した光弦橋や、東京駅の 6、7 番プラットフォーム（当時）の桁などである。光弦橋は、スパン 4.2 m の PC 鉄道橋であり、PC 鋼材としては $\Phi 5$ mm の高張力鋼線が使用されている。PC グラウト注入当時の詳細な記録は不明だが、1990 年に撤去されたときには、グラウトの注入状況についての各種のモニタリングテストに活用された¹⁾。本格的なポストテンションの PC 橋は、1954 年に完成した第一大戸川鉄道橋と上松川橋道路橋などである。第一大戸川鉄道橋（スパン 30 m）を施工するにあたって、PC グラウトの標準的な施工方法を定めるため、草創期における代表的な試験が行われている。試験内容は、各種の配合ごとにおける鋼材の引抜き試験、ブリーディング測定を行うとともに、実際の桁と同長、同形状で同じ PC 鋼線（12 $\Phi 5$ ）を配置した 9 本のシースについての PC グラウト注入試験であった²⁾。これらの成果をもとに、1955 年に土木学会で最初の PC 設計施工指針が制定されている。

世界での最初の本格的なポストテンションの PC 橋としては、1946 年に竣工したフランスのルザンシー橋があげられる。幅員 8.0 m、スパン 55 m、支間中央の桁高 1.27 m、桁高/支間比は 1/45 というスレンダーな橋である。この橋においては、PC グラウトの注入は横締めに対して行ったと記録されている。PC グラウトにおけるさらに古い記録としては、1942 年完成の Elbeuf 橋（フランス、スパン 10.5 m）において見られる。PC グラウトは、コーン付近のケーブル



*1 Shoji IKEDA

(株) 複合研究機構 代表取締役



*2 Takahiro YAMAGUCHI

FKK 極東鋼弦コンクリート
振興(株) 技術研究所

*3 Masamichi TEZUKA

オリエンタル建設(株)
技術研究所 所長

を腐食から保護するために行い、水セメント比1：1.5のグラウトが圧入されたとある³⁾。

PCグラウトの日本における歴史の積み重ねは、ポストテンションのPC構造とともに半世紀の約50年となる。次に、国内で発行された規準類をもとにその足跡をたどる。

3. 規準類の変遷

PCグラウトに関する基準類の一覧を年代別に表-1に示す。また、写真-1にその中のいくつかの規準の冊子を示す。時代とともに冊子は大きくなり厚くなっている。PCグラウトに関する記述が最初に載ったのは、第一大戸川鉄道橋竣工の翌年の1955年土木学会制定「プレストレストコンクリート設計施工指針」である。内容においては、24条で、グラウトは十分にPC鋼線をつつみ、かつ確実に付着するものでなければならない、と記され、解説で、セメント分散剤、アルミニウム粉末を混ぜたグラウトは有効と述べられているのみであり、具体的には何も規定されていない。具体的な品質管理および試験方法を記述したのは、1961年に改訂された同指針である。同指針に記載された「PCグラウト指針案とPCグラウト試験方法」は、PCグラウトの初期といえる1980年頃までのグラウト施工におけるバイブルとなった。土木学会制定の指針はその後、標準示方書と名前を変え、1986年にはプレストレストコンクリート全体が、コンクリート標準示方書に含まれることとなった。PC建設業協会は、現場施工に対応した規準類の整備を心がけ、1973年に施工便覧を出し、1986年にはPCグラウト施工マニュアルを発行している。1993年以降は、同マニュアルをほぼ3年ごとに改訂している。1996年版においては、PC



写真-1 規準類の冊子の例

グラウトの施工監督者にグラウト講習会受講修了証の携帯を義務付け、規準類で初めて資格面での規定を設けている。各機関で規準類の制定や改訂が頻繁に行われるようになったのは、1990年代に入ってからである。このことは、国内でのグラウト問題の顕在化を始め、1985年の英国でのグラウトの不備によるYnys-y-Gwas橋梁の桁の落下、1992年から4年間の英国でのポストテンション方式での新規橋梁の施工の禁止令、などと連動した動きと考えられる。規準類の発行間隔から見ても、PCグラウトの歴史は1990年頃から大きく動き始めたのがよくわかる。

4. 品質管理と試験方法の変遷

品質管理と試験方法からPCグラウトの歴史の流れを追

表-1 PCグラウトに関する基準類の一覧

年代	(社) 土木学会	(社) PC建設業協会	(社) 日本道路協会	旧JH, 委員会など
～1960	1955年制定「プレストレストコンクリート設計施工指針」			
1961～1970	1961年度改訂「プレストレストコンクリート設計施工指針」(PCグラウト指針案とPCグラウト試験方法を記載)		1968年「プレストレストコンクリート道路橋示方書 解説」	
1971～1980	1978年制定「コンクリート標準示方書」	1973年「プレストレストコンクリート橋 施工便覧」	1978年「道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編」	
1981～1990	1986年制定「コンクリート標準示方書 施工編」	1986年「PCグラウト施工マニュアル」	1990年「道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編」	
1991～2000	1991年制定「コンクリート標準示方書 施工編」	1993年「PCグラウト施工マニュアル」	1996年「道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編」	1995年「PC橋の耐久性向上に関する調査研究」(PC建設業協会委託, (財) 高速道路調査会発行)
	1996年制定「コンクリート標準示方書 施工編」	1996年「PCグラウト施工マニュアル」	2000年「道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編」	1997年「構造物施工管理要領」旧JH
	1999年制定「コンクリート標準示方書 規準編」	1999年「PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル(改訂版)」		
2001～	2002年制定「コンクリート標準示方書 施工編」	2002年「PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル(改訂版)」		2004年「構造物施工管理要領」旧JH
				2005年「PCグラウトの設計施工指針」(PC建設業協会委託, (社) PC技術協会発行)

ってみたいと思う。1970年代までは、土木学会発行の規準⁴⁾から、1980年代以降はPC建設業協会発行のマニュアル⁶⁾⁷⁾から抜粋した試験方法と管理値の一覧を表-2に示す。また、最後の段に2005年12月に発行されたばかりのPCグラウトの設計施工指針(PC技術協会発行)の内容の一部を示す。PCグラウトの草創期から2002年ごろまで、グラウトの品質管理項目は、コンシステンシー(流動性)、ブリー

ディング率・膨張率、圧縮強度、および塩化物イオン量に大きく分けて考えられる。水セメント比の標準値は時代を通して45%以下と記述されているが、昭和36年(1961年)時には35%~45%と下限値も規定されていた。なお、表中では試験方法などが同じであっても、その呼び名が時代によって若干異なっているが、その当時の表記のまま掲載している。

表-2 品質管理試験方法の変遷

規準類	年代	コンシステンシー(流動性)試験		ブリーディング率・膨張率		圧縮強度		備考	
		試験方法	標準値または管理値	試験方法	標準値または管理値	試験方法	標準値または管理値		
	昭和30年(1955年)	24条:グラウトは十分にPC鋼線をつつみ、かつ確実に付着するものでなければならない。 [解説]グラウトは十分に練り混ぜれば流動性がよくなり、注入しやすくなる。フライアッシュ、セメント分散材、アルミニウムの粉末、等を混ぜたグラウトは有効である。							
プレストレストコンクリート設計施工指針(土木学会)	昭和36年(1961年)	流下方法 J漏斗 (有溝載頭コーン併用)	流下方法 (J漏斗) J漏斗:10~30秒	体積方法 ポリエチレン袋	膨張率 0~5% (両方法とも)	型ワク方法 重り3.6kg併用	型ワク方法 7日強度 150kg/cm ² 以上 28日強度 200kg/cm ² 以上		
		沈入方法 沈入試験装置	沈入方法 30~40秒	高さ方法 押ボタン	ブリーディング率 値の記述無し	押ボタン方法	押ボタン方法 7日強度 200kg/cm ² 以上 28日強度 300kg/cm ² 以上		
プレストレストコンクリート標準示方書(土木学会)	昭和53年(1978年)	漏斗方法 J漏斗 JA漏斗	J漏斗:6~12秒 JA漏斗:15~30秒	ポリエチレン袋	膨張率 10%以下	型わく (重り3.6kg併用)	28日強度 200kg/cm ² 以上		
		沈入方法 沈入試験装置 (昭和36年時の装置と異なり小型化)	沈入値 9~21秒		ブリーディング率 値の記述無し				
PCグラウト施工マニュアル(PC建設業協会)	1986年	漏斗方法 J漏斗 JA漏斗(標準) J14漏斗 (粘性用として紹介)	J漏斗:6~12秒 (鋼棒の場合5~11秒) JA漏斗:15~30秒	ポリエチレン袋	膨張率 10%以下 ブリーディング率 3%以下	JIS A 1108 型わく (重り3.6kg併用)	28日強度 200kg/cm ² 以上	全塩化物イオン量0.3kg/m ³ 以下の規定が初めて載る	
	1993年	同上	JA漏斗:15~30秒	同上	同上	同上	同上		
	1996年	JSCE-F531 JA漏斗 (減水剤タイプ) J14漏斗 (粘性タイプ)	JA漏斗:15~30秒 J14漏斗:混和剤メーカーの指定値 (標準5~12秒)	JSCE-F532 ポリエチレン袋	膨張率 10%以下 ブリーディング率 3%以下 (従来グラウト) 0% (ノンブリーディンググラウト)	JSCE-G531 型わく (重り3.6kg併用)	28日強度 20N/mm ² 以上	ノンブリーディングタイプのグラウトを併記 グラウト講習会受講修了証の携帯を義務	
PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル[改訂版](PC建設業協会)	1999年	JSCE-F531 J14漏斗 JP漏斗	J14漏斗 4~8秒未満 (低粘性) 8~12秒 (高粘性) JP漏斗 6~14秒未満 (低粘性) 14~23秒 (高粘性)	JSCE-F532 ポリエチレン袋	膨張率 5%以下 (膨張型) -0.5~0.5% (非膨張型) ブリーディング率 0%	JSCE-G531 型わく (膨張タイプは重り併用)	28日強度 20N/mm ² 以上	ノンブリーディングタイプのグラウト使用を規定 プレグラウトPC鋼材の併記	
	2002年	JSCE-F531 JP漏斗	JP漏斗 6~14秒未満 (低粘性) 14~23秒 (高粘性)	JSCE-F532 ポリエチレン袋	膨張率 0~10% (膨張型のみ規定) ブリーディング率 0%	JSCE-G531 型わく (膨張タイプは重り併用)	28日強度 膨張タイプ 20N/mm ² 以上 非膨張タイプ 30N/mm ² 以上		
PCグラウトの設計施工指針(PC技術協会)	2005年	レオロジー試験 JP漏斗 (JSCE-F531) 円筒容器 (JASS 15 M-103)	各製造会社により設定	JHS 420 鉛直管試験	膨張率 -0.5~0.5% (非膨張型のみ対象) ブリーディング率 0%	JSCE-G531 型わく	28日強度 30N/mm ² 以上	非膨張タイプのみ対象 簡易型枠による単位体積質量測定試験を実施し、水結合材比を管理 全塩化物イオン量を普通ポルトランドセメントに限りC×0.08%以下と規定	

コンシステンシー試験は、当初、流下方法と沈入方法の二つの方法が併記されていたが、黄銅製の漏斗を用いる流下方法が簡便に試験ができるため主流となり、現在ではその方法のみが規定されている。漏斗の形状も時代とともに図 - 1 (1) の J 漏斗から (4) の JP 漏斗へと変化している。J 漏斗は当初有溝コーンを挿入して用いていたが、有溝コーンのφ4mmの棒が曲がりやすく測定値にばらつきが見られたので、J 漏斗単独で用いられるようになった。その後、低粘性グラウトの流下時間を J 漏斗より精度良く計測できる JA 漏斗に変わってきたが、1980 年代後半からは下り勾配部での先流れ防止のために高粘性タイプのグラウトが使用され始め、JA 漏斗では、高粘性タイプの場合にはしばしば先端部で閉塞し、流下時間が計測不能になった。1990 年代になると高粘性タイプでも閉塞しない J 14 漏斗が使用された。しかしながら、J 14 漏斗では、流下時間計測終了時の判断が困難な場合があり、現在では J 14 漏斗の先端を 30 mm 直管で延ばし、計測時の個人差の影響を小さくし測定精度を向上させた JP 漏斗が標準漏斗として規定されている。

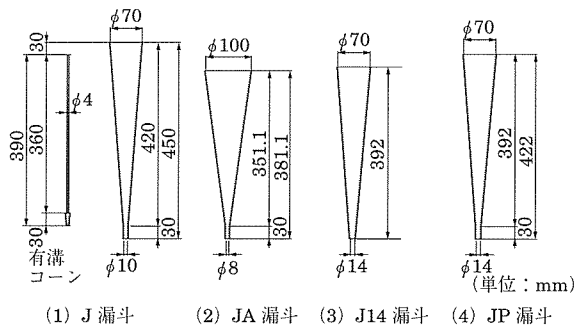


図 - 1 漏斗形状の変遷

ブリーディング率・膨張率試験は、当初、ポリエチレン袋を用いた体積方法と押しボタンを用いた高さ方法が併記されていたが、主に体積方法が採用され現在まで続いている。1990 年代まで硬化時の収縮を防止しブリーディング水を追い出すため、グラウトは膨張させて使用することが原則でありアルミニウム粉末の使用が一般的であった。したがって、膨張率の管理値は規定されていたが、ブリーディング率の管理値は記載されておらず、1986 年になって初めて 3% 以下に管理すると規定されている。しかしながら、ブリーディング水が少しでも残存すると、PC 構造物の耐久性を低下させることが明らかとなってきたため、1990 年代後半になると、ノンブリーディングタイプのグラウト使用を義務付けた。また、ほぼ同時期に水素脆性の問題からアルミニウム粉末の使用が禁止され、非膨張タイプのグラウト使用が標準とされた。また、新しい技術としてエポキシ系の有機剤を、シーソとの間にあらかじめ注入しているプレグラウト鋼材の使用に関する規定も設けられている。1990 年代後半から 2000 年にかけては、PC グラウトにとつて大きな転換期だったといえる。

圧縮強度は、28 日強度で 200 kg/cm² (20 N/mm²) 以上と

規定されていたが、2002 年に初めて膨張タイプ 20 N/mm² 以上、非膨張タイプ 30 N/mm² 以上に管理値が分けられた。塩化物イオン量が規準類で初めて規定されたのは 1986 年であり、0.3 kg/m³ 以下と定められた。

2005 年に発行された「PC グラウトの設計施工指針」⁸⁾ は、PC グラウトがこれから進むべき方向を示唆するものでもある。ノンブリーディングで非膨張タイプのグラウトの使用を標準とし、流動性能は、JP 漏斗による流下時間測定値、円筒容器によるフロー試験値あるいは回転粘度計による粘度測定試験値のいずれかで評価するものとし、製造会社が混和剤によるグラウトのレオロジーに適したものを設定することとしている。ブリーディング率・膨張率試験にはこれまでのポリエチレン袋が変わって、ブリーディングに対してより厳しい鉛直管試験が採用されている。また、初めて水粉体比の管理手法についても規定しており、簡易型枠による単位体積質量測定試験を定めている。この方法は、温度変化による影響をあまり受けず、品質管理できわめて重要な水粉体比の管理を精度良く現場で容易に行えるものである。なお、普通ポルトランドセメントに含まれる塩化物イオン量を緩和した JIS 改訂に対して、本指針では、グラウトに含まれる全塩化物イオン量を、普通ポルトランドセメント使用時にかぎりセメント質量の 0.08% 以下と緩和しても PC 鋼材の防錆に影響のないことを耐久性試験、実橋の測定、により確認するとともに、海外規準とも整合を図り制限値として採用されている⁹⁾。

5. 混和剤と施工機器の変遷

PC グラウト用混和剤の特性を年代別に表 - 3 に示す。PC グラウトの初期は、前述したように減水剤とアルミニウム粉末の混合物が使用されていた。1979 年になり、PC グラウト専用の混和剤が開発され使用され始めた。1980 年代になると、ブリーディングがまったく生じないノンブリーディングタイプの混和剤や先流れが生じにくい高粘性タイプの混和剤が開発導入された。現在においては、現場添加型の混和剤だけではなくプレミックスタイプのグラウト材も多種開発され、技術者はノンブリーディングで低収縮量のグラウトでありながら、現場の状況に対応して超低粘性から高粘性までの粘性特性を自由に選び施工できるようになってきた。

PC グラウト用の施工機器は、構造物の規模や混和剤の特性の変化などにより、表 - 4 に示すような変遷をたどって

表 - 3 混和剤の変遷

年代	混和剤の特性
～ 1969 年	減水（分散）剤とアルミニウム粉末とをべつべつに計量して使用
1970 年～	減水剤とアルミニウム粉末を混合した混和剤
1979 年～	セメントグラウト専用の混和剤
1982 年～	ノンブリーディングタイプの混和剤
	高粘性タイプの混和剤
2000 年～	超低粘性タイプ、高炉セメント B 種用、早強セメント用の各種混和剤
	多種多様のプレミックス材の製品化

表-4 施工機器の変遷

年代	グラウトポンプ	グラウトミキサ, 流量計
～1956年	グラウティングボルト+コンプレッサーによるグラウト注入	
1956年～	ドイツより手動ダイヤフラム式グラウトポンプが導入 国内初となる手動ダイヤフラム式グラウトポンプ(大型タイプ)の開発および導入	回転翼式グラウトミキサの開発および導入
1962年～	大型工事向け電動ダイヤフラム式グラウトポンプの開発および導入 食品会社で使用されていたスネーク式ポンプをグラウト用電動ポンプに応用	グラウトミキサの革新的な構造変化はない。注入量の増大に対応して練混ぜ槽の大きなものが出現, また, グラウトの粘性により回転数を増大
1984年～	チューブポンプとして使用されていた電動スクイズ式ポンプをグラウトポンプに応用 グラウト用電動スクイズ式ポンプ(0.75 kW)の導入	
1996年～	グラウトのノンブリーディング化と高粘性化に伴い, 電動スクイズ式ポンプ(3.7kW)の導入	グラウトの注入量の管理のために, グラウト流量計の開発と導入開始 プリンタ式グラウト流量計の導入 チャート式グラウト流量計の導入
1999年～		グラウト施工現場での流量計の完全導入
2002年～	真空ポンプの導入	円筒型高速せん断ミキサの導入

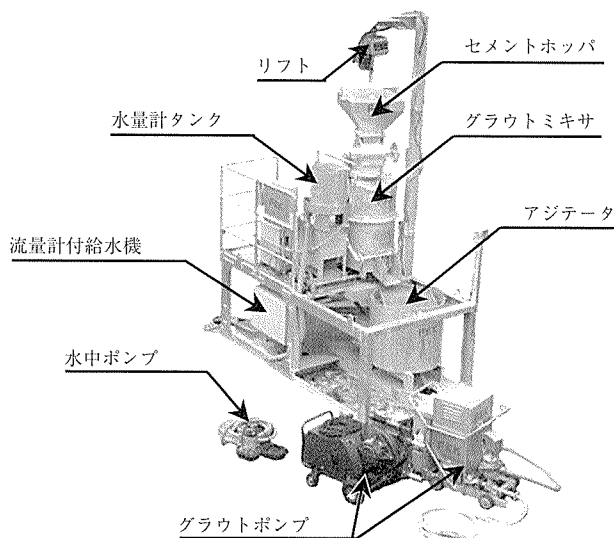


写真-2 PCグラウト用施工ユニットの一例

いる¹⁰⁾。現在も使用されている大規模なPCグラウト注入にも対応した電動スクイズ式ポンプ(0.75 kW)が、開発導入されたのは1984年以降である。1990年代後半には、PCグラウトの高粘性化に伴い能力を増大した3.7 kWタイプの電動スクイズポンプが使用されるようになり、現在に至っている。また、2000年以降になると、より高い充てん度を確保するために真空ポンプを併用した注入施工も見られるようになってきた。

グラウト用ミキサは、注入量が增大するとともに練混ぜ槽が大きくなり、PCグラウトの高粘性化により回転数が増大してきたが、その機構には初期より大きな変化はなかった。2002年になると、高粘性のPCグラウトを短時間で均質に練り混ぜるために、円筒型高速せん断ミキサが開発され導入された。これにより、練混ぜ機器の相違による練混ぜ能力の差は小さくなり、練り混ぜ後のPCグラウトの品

質は安定するようになった。PCグラウトの流量計は初期にはなかった機器であるが、注入量を確認し大きな未充てん部が残存することを防止するために、1996年より導入が開始され3年後の1999年にすべての現場への導入が完了した。

写真-2に最新の機器を組合せたPCグラウト用施工ユニットの一例を示す。材料の投入、練混ぜ、注入の一連の作業が効率よく行え、これにグラウト流量計を接続するだけでPCグラウトの施工に必要な機器はすべてそろえることになる。また、このユニットは、ミキサへのセメント投入を機械的に適量ずつ連続的に行うことができるセメントホッパも設けている。

6. まとめ

PCグラウトについては、品質管理試験方法や施工機器、および混和剤などに関しては技術的にも整備されてきた。もう一つの大きな問題は、充てん状況をいかに確認し保証するかである。外ケーブル方式では、透明シースを使用し確認する方法が考えられるが、内ケーブル方式の場合、現時点では有効な方式が確立されていない。ダクトにセンサーを取り付け注入時にモニタリングする方法や、硬化後の非破壊検査として打音法などがあるが、これからの進歩に期待する技術である。

著者らは、現時点での有効な方法として、注入方法を工夫することにより充てん度をより高いレベルで保証できるのではないかと考えている。図-2にPC桁内のダクトの配置状況の一例を示す。外ケーブル方式の場合には、ケーブル偏向部には横桁が存在するため④のホースを取付けることが困難となり、透明シースを用いても、もっとも完全充てんが困難となる④と⑤の間の確認は肉眼では不可能となる。したがって、外ケーブル方式では、⑦と⑧から注入する方法が妥当と考えられる。内ケーブル方式においては、PCグラウト注入後1～2時間後に②と⑤のホースの充てん

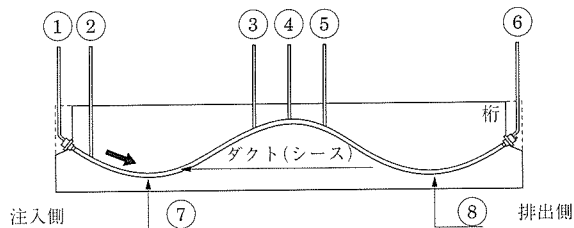


図-2 ダクト配置の一例

状況を確認し、もしグラウトの上昇が少ないようであれば②と⑤から再充てんすれば、空隙が残存するおそれのある下り勾配への偏向部付近の充てん度を、高いレベルで確保できるものと考えられる。現在のPCグラウトの可使用時間は2時間以上あり、再注入は手動ダイヤフラム式グラウトポンプを用いて容易に行える。したがって、ダクト端部をPCグラウト注入前に埋めるのか、後で埋めるのかにかかわらずホース②の設置は必須であると考えている。2006年が、充てん度をいかに保証するかの課題を解決するためのターニングポイントであったと、後に言われることを願いつつの案を提案させていただいた。PCグラウトの歴史は今も間違いなく続いている。技術者たちの努力の積み重ねが歴史となるのである。

以上、まとまりのない文章となってしまったが、過去を振り返りまとめることは未来の動きを予測することにもつながると思い、つたない知識にもかかわらずPCグラウトの歴史について記述させていただいた。今回の報告が、読者諸兄がPCグラウトの未来を考えるときの資料となれば幸いである。

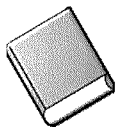
謝 辞

今回のPCグラウトの歴史を執筆するにあたり、興和コンクリート(株)の細野一義氏と(株)ボゾリス物産の福島和将氏に資料を提供していただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 下村, 久松, 林下: 草創期におけるPC鉄道橋(光弦橋)の性状調査について, 第1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, 1990.10
- 2) 菅原操: プレストレストコンクリートのグラウチング, セメントコンクリートNo.95, pp.26~33, 1955年5月
- 3) 池田尚治 翻訳監修: PC構造の原点フレッシュナー
- 4) 土木学会, プレストレストコンクリート設計施工指針, 昭和30年制定, 昭和36年度改訂
- 5) 土木学会, プレストレストコンクリート標準示方書, 昭和53年制定
- 6) プレストレストコンクリート建設業協会, PCグラウト施工マニュアル, 1986年, 1993年, 1996年
- 7) 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], 1999年, 2002年
- 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年12月
- 9) 野島昭二, 二井谷教治, 小林俊秋, 宮川豊章: PCグラウトの塩化物イオン濃度と鋼材腐食に関する実験的研究, 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.309~314, 2005.11
- 10) 細野一義, 筆吉雄一: グラウト作業に使用する機材, プレストレストコンクリート, Vol.44, No.2, Mar.2002

【2006年1月11日】



新刊図書案内

PC技術規準シリーズ

複合橋設計施工規準

頒布価格: 会員特価 6 000 円 (送料 500 円)

: 非会員価格 6 825 円 (送料 500 円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会 編
技報堂出版