

# PC 工事の施工管理について

## (その 3. PC グラウトの管理)

広瀬晴次\*

講座

### はじめに

PC グラウト（以下グラウト）は緊張材を十分に包み防錆と付着を目的として注入され、PC 構造物の耐久上欠くことのできない要素を形成する。簡便な機器とグラウト材料を用い、ダクト内に注入を行うことは一見簡単に見えるところから、PC 技術の中で、「ひとつ忘れた技術」の側面を持つことは否めない。また注入過程とそれに伴う注入結果については対象とするダクトが目視できないこともあり、これまで多くの学者の研究にもかかわらず、理論と実際との関連性が十分確立されていないきらいがあった。

グラウトについて最初に問題提起を行ったのは、1953年リード大学の R.H. EVANS 教授であったと言われている。ポストテンション方式試験桁の載荷中、ひびわれ部シーすからブリージングに起因する分離水（以下ブリージング水）の流出を認め、グラウトの品質、注入法について改善提言を行ったことに始まる。施工者はとかく軟らかいグラウトを作り易いため、良質な混和剤がなかった当時としては、ブリージング水の増大、強度不足をきたす結果となりグラウト本来に求められる性質を逸脱した施工が行われている可能性を指摘したのが、その問題提起の主旨であった。ふりかえて現在のグラウトをみると品質規準類の確立、混和剤の改良、注入法の改善等で飛躍的な進歩を遂げており、強度不足の問題などは解消されたと言っていい。しかしブリージング水および注入に関わるダクト内の空隙を解消する問題は現在でも一部残されていると言っていい。しかしながら最近では土木学会「コンクリート標準示方書」におけるグラウトに関する条項の改訂、注入過程の解明およびブリージング抑制型混和剤の出現等で規準、材料、研究分野で長足の進歩を遂げつつあり、実務面への利用が進んで

いることは周知のとおりである。

本講座では PC 構造物の耐久性から非常に重要なグラウト問題を把握、その全般的事項と最近の研究成果を踏まえたグラウト施工管理の要点について述べる。

### 1

#### グラウトの目的とまだ固まらないグラウトの性質

ダクト内にグラウトを注入する目的は大別して次の 2 点に要約できる。

- 1) ダクト内の緊張材を腐食から保護する。
- 2) 緊張材と部材コンクリートとを付着により一体化する。

この目的を達成するにはダクト内を所定の強度を有するグラウトで完全に満たすことが必要である。グラウト材としてのセメントペーストは pH 値は 13 程度であり、高い防食性および強度が保証されているが、ダクト内にグラウトの末填充部がある場合、外部からの空気、水あるいは腐食性物質によって緊張材が腐食し、最悪の場合破断を生じる場合も考えられる。そこでダクト内を完全填充するためのまだ固まらないグラウトの性質として、次の品質を持つことが必要である。

- i) ダクト内の隅々まで填充するための良好な流動性を有すること。
- ii) 所要注入時間において流動性の低下が少ないこと。
- iii) 材料の分離がなく、特にブリージング率はできるだけ小さいほうがよい。ブリージング率ゼロ、収縮率ゼロが望ましい。
- iv) 硬化前には適切な膨脹性を有するも、硬化後には膨脹しないこと。
- v) ダクト内の洗浄に用いた残留水と混ざりにくい性質を持つことが望ましい。

\* 極東鋼弦コンクリート振興（株）技術部

表-1 グラウトの品質規準

規 準	コンシステンシー (秒)	ブリージ ング率 (%)	膨脹率 (%)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	水セメント比 (%)	塩化物含有量 Cl-重量換算 (建設省)
土木学会, コンクリート標準示方書 (昭和61年制定)	数値規定なし。ただし, 通常の減少剤を用いる場合の流下時間は JA ロートで15秒~30秒の範囲	3以下	10以下	$\sigma_{28}=200$ 以上	45以下	0.3 kg/m <sup>3</sup> 以下
日本建築学会, プレストレストコン クリート設計施工規準 (1987年制定)	上値を参考					

注1) 試験方法は土木学会規準「PC グラウト試験方法」1986年による。

注2) 上表に示す数値は下式より求める。

$$i) B_s = \frac{B}{V} \times 100 \quad ii) BF = \frac{B'}{V} \times 100 \quad iii) E_x = \frac{V' - V}{V} \times 100 \quad iv) \sigma_{28} = \frac{P}{A} = 0.05093 \times P$$

$B_s$ : 3時間経過後のブリージング率(%),  $B$ : 3時間経過後のブリージング水量(cc),  $BF$ : 最終ブリージング率(%),  $B'$ : 20時間以上経過後のブリージング水量(cc),  $V$ : 3時間経過後のグラウト体積(cc),  $V'$ : 20時間以上経過後のグラウト体積(cc),  $E_x$ : 膨脹率(%),  $\sigma_{28}$ : 材令28日の圧縮強度(kgf/cm<sup>2</sup>),  $P$ : 試験機が示す最大荷重(kg),  $A$ : 供試体断面積(cm<sup>2</sup>)。

注3) 塩化物含有量は(財)国土開発研究センターの評定を受けた測定機器を用い, 測定値に補正係数および単位水量を乗じて求める。

表-2 グラウト試験用器具と形状寸法一覧

試 験 項 目	試 験 用 器 具
コンシステンシー試験*	1-1) JA ロート……黄銅製。上端内径 100 mm, 下端内径 8 mm, 高さ 351.1 mm の下に内径 8 mm, 長さ 30 mm の流出管を有するもの(全長 381.1 mm)。 1-2) J ロート……黄銅製。上端内径 70 mm, 下端内径 10 mm, 高さ 420 mm の下に内径 10 mm, 長さ 30 mm の流出管を有するもの(全長 450 mm)。 1-3) J <sub>14</sub> ロート……黄銅製。上端内径 70 mm, 下端内径 14 mm, 全長 392 mm。 (注: J <sub>14</sub> ロートは土木学会「膨脹コンクリート設計施工指針(案)」に規定されているもので, 粘性の高いグラウトの場合に用いられる。)
i) ロート方法	2) ロート支持台 3) 温度計 4) ストップウォッチ 5) フルイ(網目 1.2 mm) 6) グラウト上面をならすもの 7) プラスチックボール
注) ロートは右記いずれかを選ぶが, JA ロートを用いるのを標準とする。	
ii) 沈入方法	土木学会規準「PC グラウト試験方法」—1986 参照
ブリージング率および膨脹率試験	1) メスシリンダー(容量 1000 cc および 20 cc のもの) 2) ポリエチレン製袋……形状寸法はグラウトを入れたとき, 径が約 5 cm で長さ 50 cm 以上のもの。底は角底で, ポリエチレンの厚さは 0.05 mm 程度 3) ビベット
強度試験*	1) 供試体製作用型枠……直径 5 cm, 高さ 10 cm の円柱形のもので, JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」の規定に適合するもの 2) 押え板 3) 重り……重量約 3.6 kg のもの。φ10×20 cm のコンクリート供試体が代用できる。

\* 試験方法: 土木学会規準「PC グラウト試験方法」—1986 による。

vi) 腐食性の物質を有害量含まないこと。

vii) 寒冷時にはグラウトの硬化前に凍結しないこと。

viii) 所定の強度を発揮する配合であること。

## 2 グラウトの品質

グラウトは表-1 に示す品質規準を満足するものを用いる。グラウト試験に用いる機器一覧を表-2 に示す。

## 3 グラウトの試験

グラウトの試験は土木学会 PC グラウト試験方法に基づき, 配合決定を行う場合および施工時の品質管理のために実施される。配合決定を行う場合の試験は使用する

材料, 攪拌および注入機器, 温度等が実際の工事と近似で, 練り混ぜ量も少なくないことを条件として実施する。この場合, 実績のある施工例を配合決定の参考とするのも便法である。また同一工事であっても使用材料, 攪拌および注入機器温度(例えば夏期より冬期への移り変り)等に変化を生じた場合には, 再度配合決定のための試験を行う必要がある。

品質試験は施工中のグラウトの品質水準を把握するために行うことにあるが, 品質は使用材料の入荷時期が異なったり, 工期上の温度変化などで変動するものである。したがって常に適切なグラウトを得るために管理テストが必要となる。さらに品質試験で重要なのは試料の採取場所に対する配慮である。一般に試料の採取は注入前に行う場合が多いが, これと併せて排出口より流出し

たグラウトについても採取し、両者を比較して施工に反映することが必要である。表-3 にグラウト品質試験に用いる管理表を、表-4 にグラウト工記録表を示す（プレレストレストコンクリート建設業協会発行「PC グラウト施工マニュアル」より抜粋）。

表-3 PC グラウト管理表（例）

工 事 名	請 負 者
施 工 箇 所	現 場 代 理 人
施 工 年 月 日	測 定 者

使用材料および配合

	セメント (C) (kg)	水 (W) (l)	混 和 剤 (l)	膨 脹 剤 (g)	W/C (%)
使 用 材 料					
1 m <sup>2</sup> 当り					
1 バッチ当り					

塩化物含有量測定器機名( )

No	平均値/(X) (%)	測定値/(X) (%)	単位水量(W <sub>u</sub> ) (kg/m <sup>3</sup> )	補正係数 (K)	塩化物含有量 (kg/m <sup>3</sup> )
1					No
2					
3					

コンシステンシー試験

No.	気 温	セメント 温 度	使用水温	練り時間	グラウト温度 (°C)		JAロート流下時間 Jロート (秒)	
					1分後	10分後	1分後	10分後

フリージングおよび膨脹率試験

測定 No.	グラウト 体積 (V)	3 h 後の 水の量 (B)	20 h 後の 水の量 (B)	20 h 後の グラウト体積 (V')	フリージング率 (%)		膨 脹 率
					3h	20h	
1							
2							
3							

圧縮強度試験(材令28日)

No.	重 量 (g)	荷 重 (t)	強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	平 均 (kg/cm <sup>2</sup> )

注入記録

代表ケーブルの長さ (m)	注 入 時 間 (分)	注 入 時 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	最 終 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	シースの径 (mm)	注 入 ポンプ 名 称

(社)プレ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」より

## 4 グラウト試験結果の 施工への反映

グラウト注入作業において重要なことは前述したとおり、ダクト内を所要強度等を持つグラウトが完全に填充することである。その場合「完全填充」の妨げになり易いもののひとつにフリージング水に起因するダクト内の空隙がある。フリージング抑制タイプの混和剤を用いる場合はその心配はないと思われるが、現在多用されている混和剤を用いる場合、一般にフリージングの発生はさけられない。したがっていかにフリージング水をダクト外へ排出するかが肝要なところである。その前提として、もしフリージング水の排出を行わなかった場合、

- 1) ダクト内にどの程度のフリージング水が残留するか
- 2) ダクト外に設けたプラスチックチューブ等にフリージング水を集積させる場合、その所要長さとは口径はどの程度必要か

この2点についてグラウト試験で得られたフリージング率から推定を行う必要がある。ここでは次の条件を用いて試算を行う。

[条 件]

—フリージング率 3%、ダクト長さ 30 m、ダクト内径 65 mm、PC 鋼より線 12.4 mm を 12 本使用、注排気管の内径 16 mm、単純桁—

ダクト内のフリージング水残留長さ (1 本当たり)

$$B_l = B \times L \dots\dots\dots(1)$$

$$= 0.03 \times 30 = 0.9 \text{ m}$$

$B_l$ : フリージング水のダクト内残留長さ (m)

$B$ : フリージング率 (%)

$L$ : ダクトの長さ (m)

注排気管の所要長さ (ダクト 1 本当たり)

$$P_l = \frac{\{\pi \times r_1^2 - (N \times P_a)\} \times L \times B}{\pi r_2^2} \dots\dots\dots(2)$$

$P_l$ : フリージング水集積用注排気管長さ (m)

$r_1$ : ダクトの半径 (mm)

$r_2$ : 注排気管の半径 (mm)

$N$ : PC 鋼材の使用本数 (本)

$P_a$ : PC 鋼材 1 本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$L$ : ダクトの長さ (m)

$B$ : フリージング率 (%)

$$P_l = \frac{\{\pi \times 32.5^2 - (12 \times 92.9)\} \times 30 \times 0.03}{\pi \times 8^2} = 9.86 \approx 10 \text{ m}$$

この試算結果より、

1) フリージング率 3% のグラウトはフリージング水の排出を行わなかった場合、ダクト内の片端に 45 cm の区間で残留する。

2) フリージング水を注排気管に集積する場合、片端で 5 m の長さが必要となる。

しかしこの試算にはいくつかの仮定を設けてあること

は言うまでもない。その主なものは、ブリージング水の全量は注排気孔付近にすべて密封状態で集積されていること、ダクトの配置角度を無視していること等である。しかしながらブリージング水の発生を許容するグラウトを使用する場合、ブリージング率試験結果の施工への反映として、これらの試算を行い、注排気管の長さ、構造について十分に配置し、「完全充填」を心がけるとともに、膨脹率がブリージング率を上廻っていることを確認することも必要となる。一方、斜張橋の斜材、鉛直ケーブルなど直線状で長尺なダクトに用いるグラウトはブリージング率がゼロであることを確かめておく必要がある。ブリージング水がある場合、これらのダクトの最上部付近にブリージング水が全量集積することなく、ダクト全長にわたり、ある間隔でブリージング水がレンズ状の形で残留することがわかっている。この現象をウォーターレンズと呼んでいる。

ウォーターレンズ現象が生じたグラウト部は二次注入によって置き換えることは一般に不可能なので、これらダクトはブリージング率がゼロのグラウトを選定し、それを管理することが必要となる。

## 5 グラウト材料

### セメント

グラウトに用いられるセメントは JIS R 5210 に適合するポルトランドセメントで、普通セメントおよび早強セメントである。一般には同一セメント比なら流動性の良い普通セメントが用いられるが、寒中施工で早強セメントを用いると養生期間の短縮をはかれる点で有利なこともある。暑中グラウトの場合は早強セメントの使用は避け、普通セメントに遅延型混和剤を併せて用いるとよい。グラウトの流動性はセメントの種類、メーカー、ロット、成分、粉末度等が影響する場合があるので、事前に試験により確認しておくことよい。

### 水

使用水はグラウトおよび PC 鋼材に悪影響を及ぼすものであってはならず、水道法第 4 条水質基準に適合する水道水を使用するのがよい。やむをえず次に示す水を用

表-4 グラウト工記録表(例)

工 事 名		現場代理人	
会 社 名		担 当 者	

1バッチの配合	W/C	セメント(C)kg	水(W)kg	混和剤	気温・グラウト温度

使用材料	グラウト・ミキサー
	グラウト・ポンプ

構造物名	構造物のケーブル配置図(側面および断面)

ケーブル No.	注 入			コンシステンシー(秒)	気温	備 考
	月 日	時 刻	時 間			

(社)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」より

表-5 水道法第 4 条水質基準

試 験 項 目	許 容 量
色 度	5 度以下
濁 度	2 度以下
水素イオン濃度 (pH)	5.8~8.6
蒸発残留物	500 ppm 以下
塩素イオン	200 ppm 以下
過マンガン酸カリウム消費量	10 ppm 以下

いる場合は、水質検査および試験を行い、表-5 に示す水質基準を満足することを確認しておく必要がある。1) 河川水、2) 地下水、3) 湖沼水、4) 工業用水道水。

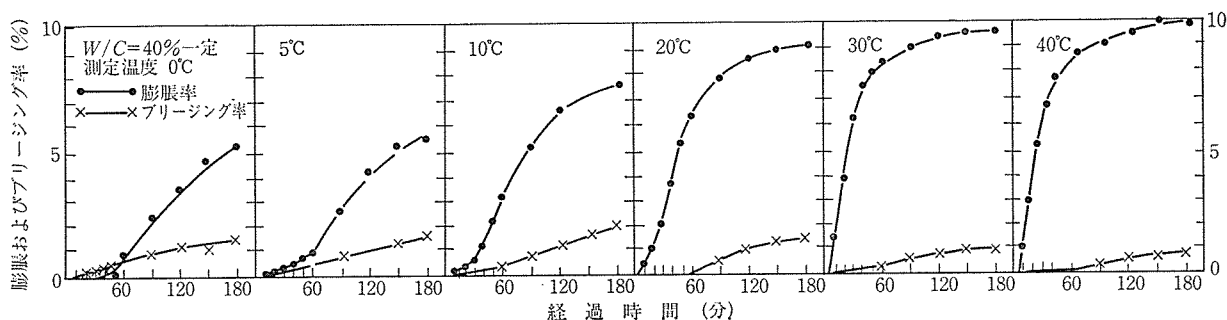
### 混和剤

混和剤を用いる目的は所定の流動性を得るために用いるほか、減水効果、遅延効果、下り勾配ダクト部で全断面片押しで流動させるための増粘効果を得るためである。現在これらの特性を備え、併せて膨脹剤が予め混入されているプレミックス型やブリージング抑制型混和剤なども使用されている。表-6 にグラウト混和剤の例を示す。

表—6 グラウト用混和剤の例

名 称	種 類	主 成 分	性状	使用量 (C×%)	膨 脹 剤	メ ー カ ー
ボゾリス GF 600 610 630	標準型	リグニンスルホン酸塩, 安定剤, アルミ粉	粉末	1.0	合 有	日曹マスタービルダーズ (ボゾリス物産)
ボゾリス GF 700	〃	リグニンスルホン酸塩, 高縮合環式スルホン酸塩, アルミ粉	〃	1.0	〃	〃
ボゾリス GF 800	高強度型	高縮合環式スルホン酸塩, 安定剤, アルミ粉	〃	1.0	〃	〃
サンフロー PSR	遅延型	ナフタリンスルホン酸と変性リグニンの縮合物+特殊リグニン	液体	0.7~2.4	セルメック 720	山陽国策パルプ (サンフロー)
サンフロー PS	標準型	ナフタリンスルホン酸と変性リグニンの縮合物	〃	0.6~2.0	〃	〃
マイティ 150R	遅延型	ナフタリンスルホン酸塩, ホルマリン高縮合物	〃	0.4~2.0	—	花王石鹼
マイティ 150	標準型	〃	〃	0.6~2.4	—	〃
パリックG	遅延型	ナフタリンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩+特殊リグニン	〃	2.0	F-1550	藤沢薬品
ボゾリス No. 8	〃	リグニンスルホン酸塩	粉末	0.2~0.5	—	日曹マスタービルダーズ (ボゾリス物産)
コンベックス 208	〃	メラミンスルホン酸塩縮合物+増結剤+膨脹剤	〃	1.2	合 無	フォセコジャパン (FKK)

(社) プレストレストコンクリート建設業協会発行「PC グラウト施工マニュアル」より



図—1 温度別の膨脹率, ブリージング率および経過時間 (例)

膨 脹 剤

膨脹剤はグラウトを適度に膨脹させ、沈下収縮の防止、付着力の増加、ブリージング水の排出等の効果を考慮して用いられる。一般にアルミニウム粉末を使用し、グラウトのアルカリ溶液との発泡作用による水素ガスの膨脹作用を利用する。アルミニウム粉末は JIS H 4160 「アルミニウムおよびアルミニウム合金はく」に適合するものにステアリン酸を混合して油脂の薄層を形成したものを粉砕加工し、ステアリン酸等の含有量を 2% 以下に処理して、親水性とした鱗片状のものである。粒度は JIS K 5906 「塗料用アルミニウム粉」に適合したもので、種類は 1 種、2 種、3 種があるが、一般にグラウトに適する種類は 2 種である。アルミニウム粉末による発泡作用はアルミニウム粉末の品質、セメントの種類、品質、温度、配合、練り混ぜ時間、注入後の圧力により変化しやすい。なかでも温度の影響が顕著であると言われているので、所定の膨脹率を得るために、現場で予想される状態で実験に用いられる材料を用いて、事前に試験を行う必要がある。図—1 に通常用いられている混和剤

によるグラウト配合の膨脹率、ブリージング率、温度、経過時間を測定した試験例を参考に示す。

6 グラウトの配合

配合設計

グラウトの配合設計は使用材料、使用箇所、施工機器および施工時期等を考慮して定め、計算は下式により行う。

$$C = \frac{1000}{\{1/\rho_C + (W/C) + M/\rho_M + A_I/\rho_A\}} \dots\dots (3)$$

$$W = C \times (W/C)$$

$$M_u = C \times M$$

C : グラウト 1 m<sup>3</sup> 当りのセメント量 (kg/m<sup>3</sup>)

ρ<sub>C</sub> : セメントの比重 (一般に 3.15)

W/C : 水セメント比 (最大値 0.45)

M : 混和剤添加率 (例えば 0.0025)

ρ<sub>M</sub> : 混和剤の比重 (例えば 1.0)

A<sub>I</sub> : アルミニウム粉末の添加率 (例えば 0.00007)

表-7 配合設計例

	水セメント比 (%)	水 (kg)	セメント (kg)	ポゾリス No. 8 (kg)	アルミニウム粉末 (kg)
1 m <sup>3</sup> 当り	45	586	1 303	3.26	0.091
1 バッチ当り (セメント 80 kg)	45	36	80	0.2	0.0056 (5.6 g)

$\rho_a$  : アルミニウム粉末の比重 (例えば 0.3)

$W$  : グラウト 1 m<sup>3</sup> 当りの水量 (kg/m<sup>3</sup>)

$M_u$  : グラウト 1 m<sup>3</sup> 当りの混和剤量 (kg/cm<sup>2</sup>)

上式において、混和剤、アルミニウム粉末の使用量がセメント、および水に比べて少量な場合、またはグラウト量が少ない場合、計算上それを無視している場合が多いようである。

配合設計例

上式 (3) を用いた配合設計例を示すと次のとおりとなる。

[条件]

使用材料：普通ポルトランドセメント、減少剤、膨脹剤

水セメント比：45%

減水剤量：セメント重量の 0.25% (ポゾリス No. 8)

膨脹剤量：セメント重量の 0.007% (アルミ粉末)

[計算結果]

$$C = \frac{1\,000}{(3.15+0.45)} = 1\,303 \text{ kg/m}^3$$

$$W = 1\,303 \times 0.45 = 586 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{減水剤} = 1\,303 \times 0.0025 = 3.26 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{アルミ粉末} = 1\,303 \times 0.00007 = 0.091 \text{ kg/m}^3$$

以上をまとめると表-7 のようになる。

ダクト単位長さ (1 m) 当りの材料数量

表-7 に示す配合設計例を用いてダクト長 1 m 当りの材料数量は下式より求める。

$$C_u = \frac{\{\pi r^2 - (N \times P_a)\} \times C \times \beta}{1\,000\,000} \dots\dots\dots (4)$$

$$M_1 = C_u \times M$$

$$A_1 = C_u \times A_I$$

$C_u$  : ダクト長さ 1 m 当りのセメント量 (kg/m)

$r$  : ダクトの半径 (mm)

$N$  : ダクト 1 本当りの PC 鋼材本数 (本)

$P_a$  : PC 鋼材 1 本当りの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$C$  : グラウト 1 m<sup>3</sup> 当りのセメント量 (kg/cm<sup>2</sup>)

$M$  : 混和剤添加率 (%)

$M_1$  : ダクト長さ 1 m 当りの混和剤量 (kg/m)

$A_1$  : ダクト長さ 1 m 当りのアルミ粉末量 (kg/m)

$A_I$  : アルミ粉末の添加率

材料数量計算例

[条件]

表-8 配合例

水セメント比 (%)	水 (kg)	セメント (kg)	ポゾリス No. 8 (g)	アルミニウム粉末 (g)	使用時期
42	33.6	80	200	8.0	一般
44	35.2	80	200	8.0	夏期
40	32.0	80	200	8.0	冬期
43	34.4	80	200	8.0	一般

表-9 配合例 (ブリージング抑制型)

水セメント比 (%)	水 (kg)	セメント (kg)	コンパックス 208 (g)	アルミニウム粉末 (g)	使用時期
45	36	80	960 (プレミックス)	含有の場合 2.9	一般

グラウト 1 m<sup>3</sup> 当りの材料は表-7 に示すとおりとし、ダクト内径 65 mm に、PC 鋼より線 12.4 mm を 12 本使用、グラウト量の割増し係数 1.0 とする。

[計算結果]

$$C_u = \frac{\pi \times 32.5^2 - (12 \times 92.9) \times 1\,303 \times 1.0}{1\,000\,000}$$

$$= 2.87 \text{ kg/m}$$

$$M_u = 2.87 \times 0.0025 = 0.0072 \text{ kg/m}$$

$$A_I = 2.87 \times 0.00007 = 0.0002 \text{ kg/m (0.2 g)}$$

配合例

表-8 に「コンクリート道路橋施工便覧」に記載されている配合例の一部を参考のために示し、併せて最近使われはじめた、ブリージング抑制型グラウトの配合例を表-9 に示す。

## 7 施工機械

### グラウトミキサー

グラウトミキサーの性能はグラウトの性質に大きな影響を与えるので、配合、施工箇所等を考慮し、5 分以内でグラウトを十分に練り混ぜるものを選ぶ必要がある。ミキサーの練り混ぜ羽根の回転数は一般に 800 回転/分のもので使用されているが、混和剤のなかには、これ以上の回転数を規定したものもあるので、可変速機構を持ったミキサーの方が汎用性があると言える。

### アジテーター

アジテーターはグラウトを大量に注入する場合、注入前のグラウトにゆるやかな回転を与え、偽凝結を防止するとともに一定の流動性を確保するためにこれを用いる。少量のグラウトを注入する場合でもハンドミキサー等で攪拌を与えることは必要である。

### グラウトポンプおよびホース

グラウトポンプは一般に電動式が用いられている。機種を選定にあたって考慮すべき事項は、1) ケーブル長、2) ダクト内 PC 鋼材実績率、3) 流動性等のほか、機器

表—10 PC グラウト施工のチェックリスト (例)

施工区分		備 考
コンクリート打設前の点検	<p>シースのかしめ部が外れていないか。                      シースの継目は十分テーピングされているか。                      シースに取り付けた注排気管は強固にセットされているか。                      定着具とシースとの接続はコンクリート打設中外れないよう強固か。                      シースはコンクリート打設中移動しないよう結束されているか。                      シースは鉄筋組立中溶接火花で穴をあけていないか。                      多数の注排気管を1か所に集中して配置していないか。                      PC 鋼材カップリング部に排気管を設けてあるか。                      連続桁ダクトの下り勾配部に排気管をセットしてあるか。                      長いシースの場合、内径検査ゲージ (マウスまたはラビット) を通過し、径の確認したか。                      短いシースで後通しの場合、硬質フレキシブルホースを挿入してあるか。                      注排気管は透明でブリージング水を集積するだけの長さ、容積があるか。                      注排気管は、注入圧、膨脹圧に耐える強度をもっているか。</p>	<p>PC 鋼材後通しの場合。                      “                      式 (2) 参照。</p>
コンクリート打設後の点検	<p>シースに棒状バイブレーターを直接当てていないか。                      注排気管がコンクリート中に埋設していないか。                      ダクト内に雨水、養生水が流入しないように定着具および注排気をシールしてあるか。</p>	
グラウト注入前の点検	<p>ダクト内は水を通し洗浄し、十分に内部をぬらしてあるか。                      定着部はシールし、グラウトが流れ出さないようにしてあるか。                      配合は所要の品質を満足するものか。                      グラウトの可使時間を流動性、膨脹率、ブリージング率、温度との関係で把握し、作業時間を決めているか。                      塩化カルシウムを含んだ混和剤は禁止。                      暑中グラウトにおいては遅延型配合を選んであるか。                      注排気管は所定の位置に取り付けてあるか。                      ホース内の注入時圧力を、グラウトポンプ側圧力計とノズル部付近圧力を測定し、両者の差を確認したか。                      グラウト用材料の品質、数量等を確認したか。                      グラウト試験用器具は準備されているか。                      グラウト施工器具の能力、容量、故障の有無を点検したか。                      水の供給は十分か。</p>	<p>品質試験。                      “                      セメント、混和剤、水、                      アルミ粉末。                      表—2 参照。</p>
練り混ぜ時の点検	<p>材料投入順序は正しいか。                      計量は正しいか。                      練り時間は守られているか。                      練り上りグラウトは 1.2 mm フルイを通して排出しているか。                      アジテーターで攪拌しているか。                      作業員は目の保護のため防じんメガネ等を着用しているか。</p>	
注入時の点検	<p>注入時温度は適切か。                      流動性は所定どおりか。                      注入速度は規則的か。                      練り置きグラウトはアジテーター等で攪拌しているか。                      グラウト品質試験用試料は注排気側両端で採取したか。                      注排気管の閉塞は両端のコンシステンシーが同一になってから行っているか。                      グラウト忘れはないか。                      万ーグラウトが詰まった場合、排気管等より水または圧縮空気を送り、グラウトの排出を行ったか。</p>	<p>寒中施工 10~25° 標準。                      5日間 5°C 原則。                      “                      透明ビニールホースで確認</p>
グラウト硬化後の点検	<p>透明注排気管内に硬化グラウトが目視できるか。                      グラウトは硬化後膨脹は起きていないか。</p>	<p>ポリエチレン袋で観察                      (膨脹率測定)</p>

性能として吐出量の調整、循環が可能で、空気を巻き込まないことが必要である。機器能力としては 10 l/分~40 l/分等の機種があり、前述の 1)~3) 等、施工箇所に合わせて選ぶとよい。ホース径は注入中のホース内圧力を軽減するため、太径のものを使用し、内径 19 mm 以上のものがよい。ホース長が長くなる場合、グラウトポンプで表示される圧力とホース先端部ノズルでの圧力に差が生じるものであるから、両者間の圧力差を予め測定し、正しい注入圧を把握できるようにしておく。

## 8 注 入

注入に当たっては十分事前に準備し、点検を行う必要がある。グラウト注入に不備があった場合、その欠陥は施工後かなりの時間が経過してから現われるため、細心の注意を払って行うことが必要である。表—10 に示す「PC グラウト施工チェックリスト」等を参考にするとよい。

### 注入時の問題点と対策

現在多用されている配合、施工法において起き易い問

題点をあげると次のようであるが、これらを勘案し誤りなきよう管理することが必要である。

1) グラウトの注入は低い所から注入し、高い所から排出するのが原則であるが、多くの場合その逆方向で注入を行わざるを得ない(単純桁、連続桁等)。その場合、ダクト全断面をふさいで流下する高粘性を持ったグラウトを用いれば問題はないが、低粘性のグラウトを注入する場合、ダクト全断面の1/2程度を流下するので、注入側の定着具背後、連続桁の下り勾配部にその空気層がとじこめられ残留する。この空気層はケーブル配置角度が大きく、低粘性のグラウトほど長い距離で残る傾向にあるようである。実際の作業では注入完了後、注排気孔をこの状態で閉じ、グラウトの膨脹作用が始まるが、当然ながらこの空気層は多少の圧力下にあるだけで消滅することはなく、ダクト内に残留する。空気層の排出にはこの部分に排気孔を設けるなどをするとともに、注排気孔を部分解放する処置を行い、ダクト内膨脹圧を利用して排出しなければならない。

2) 現行グラウトのブリージング率は最大3%まで許容されるが、ブリージング水を積極的にダクト外へ排出する方法を講じないとダクト内にブリージング水が残留し、将来空隙を残すことが想定される。その場合、前述

の式(2)等を参考とし、ブリージング水容積の推定を行い、十分な長さを持つ透明ビニール管(異形管でもよい)を用意してブリージング水をダクト外へ集積するか、膨脹圧を利用して排出するか、いずれかの方法をとる必要がある。膨脹圧を利用する場合は膨脹体用が終わらないうちに作業を行うことが肝要であり、図-1に示す「温度別の膨脹率、ブリージング率および経過時間の関係」等を参考とするとよい。

#### 参 考 文 献

- 1) 「コンクリート標準示方書」土木学会、昭和61年制定
- 2) 「プレストレストコンクリート設計施工規準」日本建築学会、1987年制定
- 3) 「コンクリート道路橋施工便覧」日本道路協会
- 4) 「PCグラウトの施工マニュアル」(社)プレストレストコンクリート建設業協会編、1986年
- 5) 菅原 操、野口 功：「PC工事の施工管理」山海堂
- 6) 樋口芳朗：「PCグラウト」プレストレストコンクリート、Vol. 8, No. 1, 1966
- 7) 姚訓恵、沈玉蘭、孟雷：「后張法予応力混凝土梁製造」中国鉄道出版社、1982年、小林明夫・訳
- 8) 大石辰雄：「PCけたグラウトの施工」鉄道土木、1986-7, Vol. 28
- 9) 小須田紀元、中原繁則、西山佳伸：「PCグラウトの施工」構造物設計資料、1984-6, No. 78

#### ◀刊行物案内▶

## PC 斜 張 橋

(本誌第29巻第1号特集号)

現在、世界的にも、また我が国でも有力な橋梁施工法として台頭し始めたPC斜張橋を特集した本書は、その歴史、変遷から始まって、将来展望に関する座談会、斜張ケーブルの現状、既に実施された、または計画中の代表的な斜張橋(白屋橋、東名足柄橋、猪名川第2橋梁、衝原大橋、呼子大橋、新丹波大橋)の報告等、多岐にわたり収録してあります。PC橋梁の設計・施工関係技術者にとっては必携の参考図書と確認します。

在庫数が限られていますので、ご希望の方は至急代金を添え(現金書留か郵便振替東京7-62774)プレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

体 裁：B5判 108頁

定 価：1500円 送 料：150円