

グラウト作業に使用する機材

細野 一義*1・筆吉 雄一*2

1. はじめに

PC グラウトは、PC 構造物の耐久性を確保するために不可欠であり、グラウト施工の良否が即その構造物の寿命を決めると言える。

PC グラウトの歴史は、ポストテンション工法が日本に導入されて以来、50年余りになる。その間、PC グラウトについては、種々の研究がなされ、材質なども改良されてきた。これに伴い、グラウト注入に使用する機器もさまざまな方式のものが登場している。

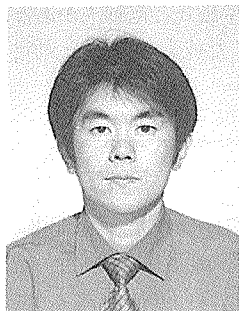
本稿はこれらのグラウト機器に注目して紹介する。

2. グラウト機器の歴史

グラウト技術は、PC 技術と時期を同じくして導入され、現在のグラウト技術に至るまでさまざまな変化を遂げている。グラウトポンプ・ミキサーは、グラウトの性質の変化に伴い開発が進み、ポンプに注目するとコンプレッサーを使用したグラウティングボトル式から手動ダイヤフラム式、電動ダイヤフラム式を経て、電動スネーク式・電動スクイズ式へと移り変わってきた。ミキサーに関しては、回転翼式の基本的構造は変わっていないが、練混ぜ槽の容量に変化が見られる。

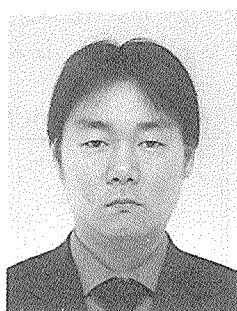
表-1 グラウト機器年表

西 暦	和 暦	グラウトポンプ関連	グラウトミキサー、流量計関連
1953年～ 1956年	昭和28年～ 昭和31年	グラウティングボトル+コンプレッサーによるグラウト作業	
1956年～	昭和31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される。	
	同年より	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)を開発および導入	回転翼式グラウトミキサーの開発および導入
1962年～	昭和37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 当時、食品会社で使用されていたスネーク式ポンプに注目 上記をグラウト用電動ポンプに応用	以後、グラウトミキサーの構造的変化はなく、注入量に応じて練混ぜ槽の大きなものが出現するようになる。
1984年～	昭和59年～	当時、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に注目 グラウトへの応用検討	
	同年より	グラウト用電動スクイズ式ポンプ(0.75 kW)の開発および導入	
1989年～	平成元年～		セメント一袋練りグラウトミキサーの開発および導入
1996年～	平成 8年～	グラウトのノンブリーディング化に伴い、電動スクイズ式ポンプ(3.7kW)の導入	グラウト作業の信頼性を増すために、グラウトの注入量の管理を検討 グラウト流量計の開発と導入
	同年より		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～	平成11年～		グラウト施工現場での流量計の完全導入開始



*1 Kazuyoshi HOSONO

興和コンクリート(株) 工務部



*2 Yuichi FUDEYOSHI

日本鋼弦コンクリート(株) 工事統括部

また、グラウト作業の信頼性を増すため、注入量の管理にグラウト流量計を開発し、導入したのは6年ほど前のことである。

グラウト機器の歴史を、表-1に示す。

3. グラウト一般

3.1 グラウトの目的

グラウトの主な目的は次の2点である。

- ① PC鋼材を腐食から保護すること
- ② PC鋼材とコンクリート部材の間に付着を発現し、一体性を確保すること

以上、2点の目的を達成するためにはグラウトを完全充填

することが必要であり、このために練混ぜ用機器であるグラウトミキサー、充填機器であるグラウトポンプ、グラウトの注入計測機器であるグラウト流量計を用いて施工を行う。

3.2 グラウト注入のメカニズム

ダクト内にグラウトを注入すると、図-1に示すようにブリーディング水と残留空気によって未充填部が発生する。

ブリーディング水はノンブリーディングタイプグラウトを使用することで、防ぐことができる。また残留空気については、粘性の低いグラウトを注入すると、ダクト内の下り勾配ではグラウトの流下が先行し、残留空気が発生しやすい。

よってグラウトの注入にあたっては、混和剤の材質や注入口、排気口、排出口の設置方法を検討することが必要である。

写真-1で、ノンブリーディングタイプ、高粘性グラウトの注入状況を示す。下り勾配部の先端状況であるが、高粘性グラウトなので、先流れの現象はなく残留空気の発生はない。

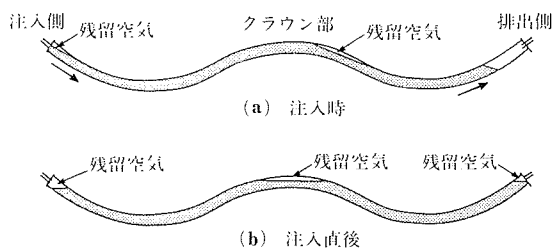


図-1 グラウトの充填状況

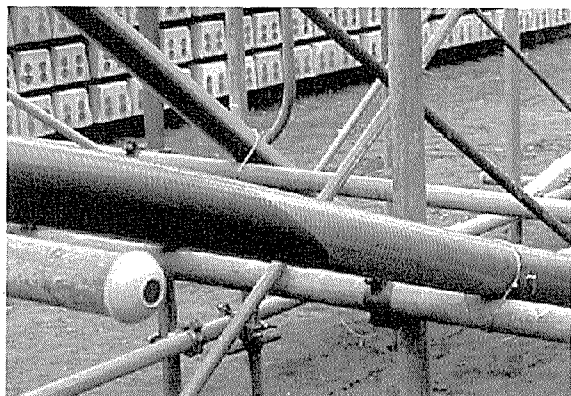


写真-1 グラウト注入時の状況

4. グラウト施工機器

ここでは、一般的に使用されるミキシングプラントについて簡単に説明する（個々の機械・器具については後で詳細に説明する）。

4.1 ミキシングプラント

グラウト注入量の多い現場では、作業台、水槽、計量水タンク、グラウトミキサー、グラウトポンプ、グラウト流量計からなるミキシングプラントが必要となる。図-2に一般的なミキシングプラントの概要を示す。

[グラウトのミキシング方法]

グラウトのミキシング（練混ぜ）手順について次に示す。

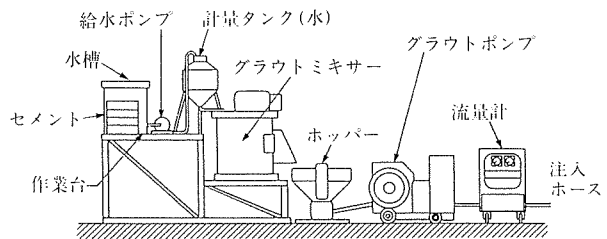


図-2 一般的なミキシングプラントの概要

- ① 計量タンクにて水を計量する。
- ② グラウトミキサーにセメント、水（計量済み）、混和剤を投入する。
- ③ グラウトミキサーにて練混ぜを開始し、終了後ホッパーに移す。
- ④ グラウトポンプにて注入を開始する。

4.2 グラウトミキサー

グラウトミキサーが、グラウトの性質に与える影響は非常に大きく、練混ぜが不均一の場合、所定の品質のグラウトが得られない。したがってグラウトミキサーは、均一なコロイド状のグラウト液を作ることが可能で、セメントの塊などができない構造がよい。

[グラウトミキサーの種類]

グラウトミキサーは、大別すると回転翼式とローラー式がある。

ローラー式は、液槽内で水平ローラーが高速回転し、グラウトに乱流を起こし練混ぜを行う機器であるが、近年使用頻度が少ないため、詳細は省く。

・回転翼式グラウトミキサー

回転翼式は、槽の中で回転翼（プロペラ）が回転することによってグラウトを練り混ぜるもので、羽根の回転数は、一般的に750回転/min～1000回転/min程度である。

グラウトの粘性が高い場合には、回転数が1000回転/min以上のミキサーを使用しなければならない。

均一なコロイド状のグラウト液を作るためには、図-3に示す複雑な高速循環流が必要である。回転翼式ミキサーはそれが可能であるため、使用頻度が極めて高い。

回転翼式グラウトミキサーの例を図-4に示す。

4.3 グラウトポンプ

グラウトポンプは、グラウトを連続的に、かつ空気が混入しないように注入できる機構でなければならない。

グラウトポンプには、大別して手動式と電動式がある。グラウトポンプは、注入量に応じた能力のものを選定す

垂直方向と水平方向の複雑な高速循環流

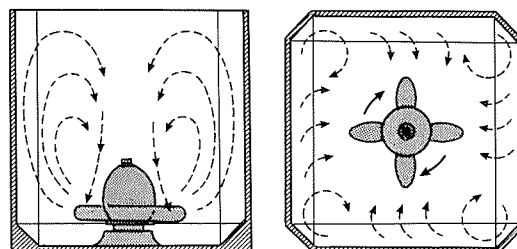


図-3 グラウトミキサー練混ぜ槽の高速循環流

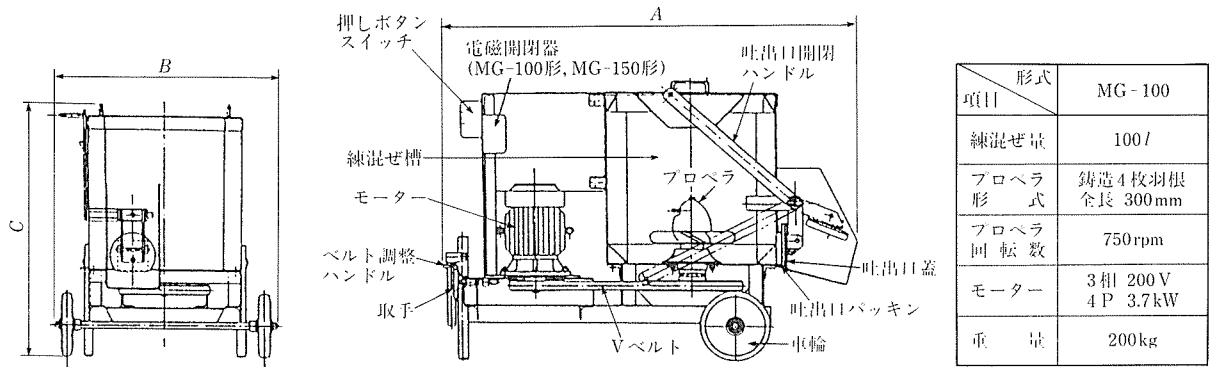


図-4 回転翼式グラウトミキサーの例



写真-2 ダイアフラム式手動グラウトポンプ

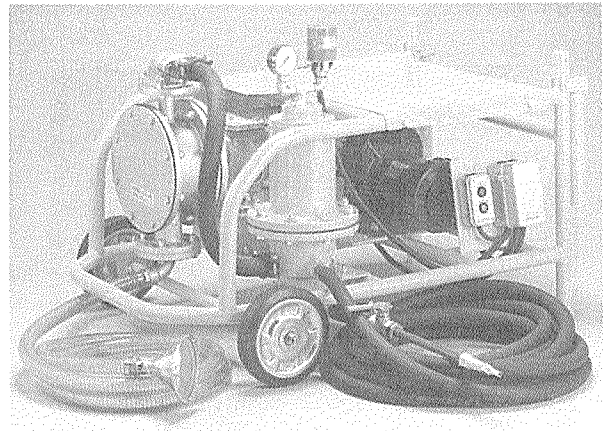


写真-3 ダイアフラム式電動グラウトポンプ

る。また、高粘性型グラウトの場合は注入圧力が高くなるので、注入量の調整ができるものを使用するのがよい。

(1) グラウトポンプの種類

① 手動グラウトポンプ

手動グラウトポンプは、単筒のピストン式とダイアフラム式の2種類がある。いずれもハンドル棒を前後させて操作を行う機構である。比較的コンパクトで洗浄や部品交換の容易なダイアフラム式手動グラウトポンプ(写真-2)をグラウト注入量の少ない場合や再注入時など、徐々に注入される場合に使用する。

② 電動グラウトポンプ

電動グラウトポンプには、ダイアフラム式、スネーク式、スクイズ式およびピストン式がある。また、近年では注入速度の調整ができるインバーター搭載機なども採用されてきている。

・ダイアフラム式電動グラウトポンプ

写真-3に示すダイアフラム式電動グラウトポンプは、手動にてハンドル棒を前後させる操作を電動モーターに換えて行う方式である。

・スネーク式電動グラウトポンプ

スネーク式は、特殊ゴムで作られた外側のステーターと、特殊鋼を一本ねじ形状に加工した内側のローターの組合せで構成されている。内側のローターが回転することに

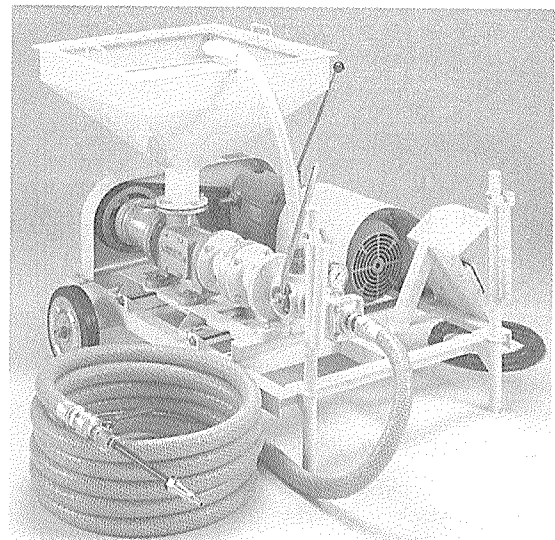


写真-4 スネーク式電動グラウトポンプ

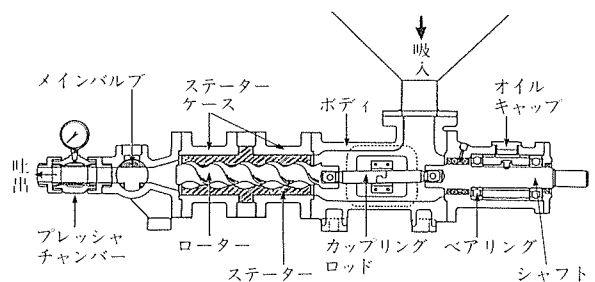


図-5 スネーク式電動グラウトポンプの構造

より、ステーターとの隙間をグラウトが押し出される機構である。

スネーク式電動グラウトポンプの一例を写真-4に、その構造を図-5に示す。

・スクイズ式電動グラウトポンプ

スクイズ式は、コンクリートポンプ車と同様にゴムチューブを絞り出す構造であり、内側の回転ローラーが外側のチューブを押しつけ、ローラーが回転することによりチューブの中のグラウトを送り出す機構である。

近年では、回転ローラーの速度を調整できるインバーター搭載機が主流になっている。

スクイズ式電動グラウトポンプの一例を写真-5、構造を図-6に示す。

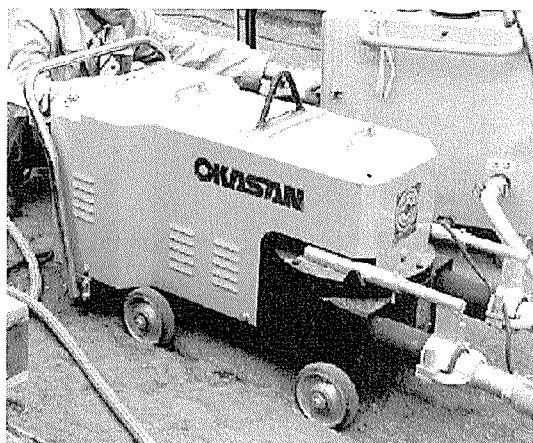


写真-5 スクイズ式電動グラウトポンプ

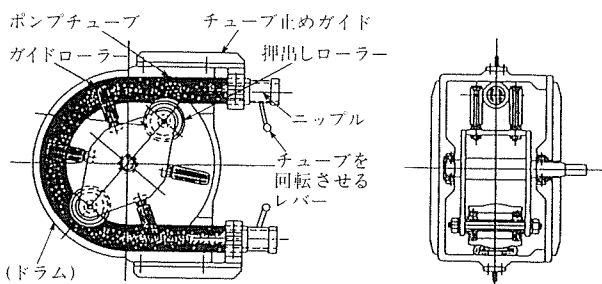


図-6 スクイズ式電動グラウトポンプの構造

・ピストン式電動グラウトポンプ

ピストン式は、構造が複雑でありあまり使用されていないが、高吐出圧が必要な場合に使用される。

(2) グラウトポンプの性能

上記までに述べてきた、手動・電動のグラウトポンプについて吐出量・吐出圧を中心に仕様をまとめたものを表-2に示す。

4.4 グラウト流量計

グラウト注入作業が完全に施工されたことを確認するために、写真-6に示すような注入量などの注入データを記録できる機能を備えた流量計を使用する。

グラウト流量計は、電磁流量計を使用しており、その原理は「磁界の中を液体が流れるときに発生する起電力が流速に比例する」というファラデーの法則の応用である。

表-2 グラウトポンプの仕様の一例

型式	手動式		電動式		
	ダイヤフラム式	ダイヤフラム式	スネーク式	スクイズ式	ピストン式
最大吐出量 (MPa)	0.8	0.8	2	3.5	1.6~4.1
吐出量 (l/min)	7	20	8.2~39	2.3~50	47~175
モーター出力 (kW)		0.75	3.7	0.75~3.7	2.2~7.5
機械重量 (kg)	31	128	240	266	450
備考			4段変速の場合 (無断変速式あり)	インバーター採用	単筒複胴式の場合



写真-6 グラウト流量計

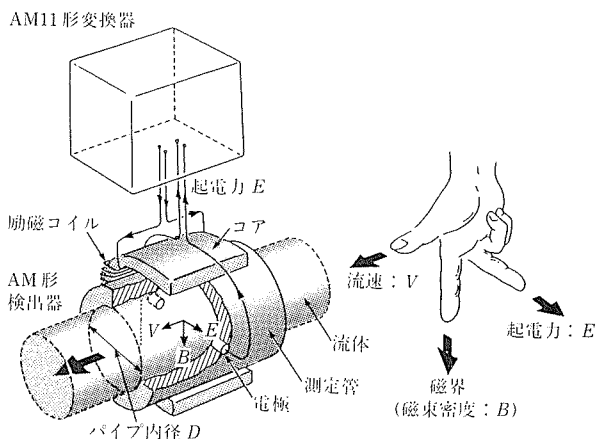


図-7 グラウト流量計の作動原理

起電力は、フレミングの右手の法則により液体の運動方向および磁界方向の両者に直角な方向に発生する。

グラウト流量計の作動原理を、図-7に示す。

5. グラウトの品質管理試験器具

グラウトの品質管理には、流動性試験、ブリーディング率、膨張率試験、圧縮強度試験および塩化物含有量測定試験があり、試験方法は「コンクリート標準示方書」に準拠し

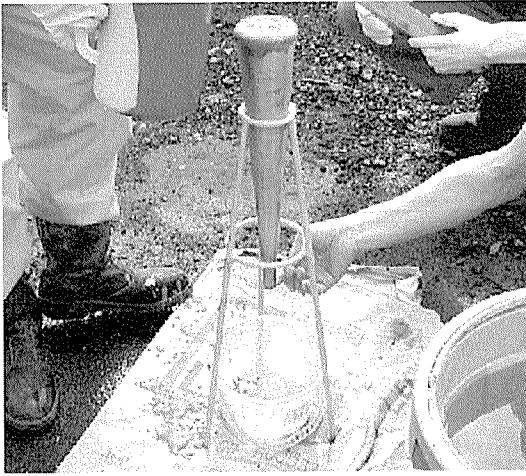


写真-7 流動性試験用JP漏斗

ている。

ここでは、一般的に使用される試験器具として流動性試験に用いる「漏斗」を紹介する。

写真-7に示すJP漏斗は黄銅製で、上端内径70mm、下端内径14mm、高さ392mmでその下部に内径14mm、長さ30mmの流出口を有する厚さ3mmのものである。

流動性試験の手順を次に示す。

- ① 漏斗を台に鉛直に支持し、内側を湿らす。
- ② 試料のグラウトを漏斗内に注ぎ、少量のグラウトを流出させた後、上面までグラウトを注ぎ、上面を均す。
- ③ 指を離してグラウトの流出時間を測定する。

6. グラウトの動向と今後

グラウトは、文頭で述べているとおりポストテンション方式プレストレスング導入以来、PC構造物の耐久性および寿命の良否を決める重要な技術である。

橋梁の構造的観点から見ると、現在ポストテンション工法による橋梁の構造もさまざまあり、グラウトもさまざまな構造物に適用されている。外ケーブル方式による箱桁橋

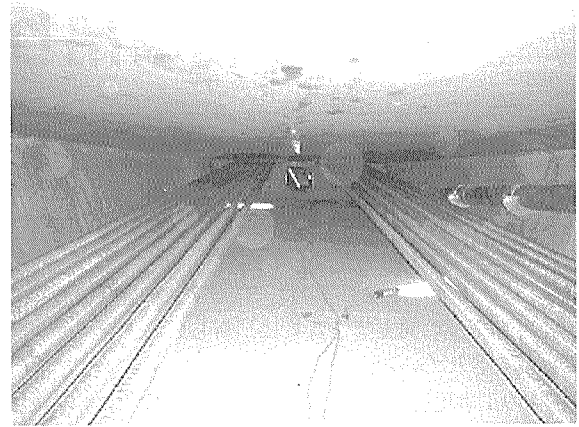


写真-8 外ケーブル(透明シース使用)方式箱桁橋

(写真-8)や斜張橋におけるステイケーブルなどが挙げられる。

機器的な観点から見ると、より確実にグラウトを注入する方法として、本稿では紹介できなかった、真空式グラウトポンプ(グラウトポンプに真空ポンプを併用する構造)を使用する場合もある。

今後は、ケーブル長の長い長大橋などを一括グラウトできるような構造と性能をもったグラウトポンプや、セメント、水、混和剤の計量および投入、ミキシング、注入、注入量測定までを一括で行うミキシングプラントの進歩にも期待したい。

参考文献

- 1) 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)，1999.11
- 2) 日本産業機械(株)：グラウトポンプ ND-27(カタログ)，グラウトポンプ S-38F(カタログ)
- 3) 日産機(株)：電動ミキサー MGシリーズ(カタログ)，グラウトポンプ ND-32M(S)(カタログ)，グラウトポンプ S-38(カタログ)
- 4) 岡三機工(株)：スクイズポンプ(写真)
- 5) 安東機械工具(株)：真空式グラウトポンプ(カタログ)
- 6) 鉦研工業(株)：小型流量管理装置 PCF-10(カタログ)

【2002年1月7日受付】