

PC グラウトの練り混ぜについての実験

村 上 義 彦

1. 緒 言

近年プレストレスト コンクリート ポストテンション工法の急速なる発達にともない、その施工面についても逐次研究され、いちじるしく進歩しつつある。

グラウト注入施工については、当初比較的なおざりにされていたが、寒冷時施工の際に生ずる凍結による、ひびわれ発生の問題が起り各国で大きくとりあげられるようになった。

わが国でも寒冷地たる北海道土木技術協会が昭和 32 年に引続き昭和 34 年に「PC グラウト注入施工指針」を制定して、その施工の完全を期している。

筆者は本年 4 月より主としてグラウト練り混ぜについて、特殊なグラウト ミキサを考案し、これを改良しつつ種々の実験をなし、実際のグラウト施工に対する参考資料を得た。

2. 実験に用いた機械器具

(1) グラウト ミキサ

a) 利根式 従来一般のグラウト工に用いられる、ポンプつきミキサでタンク中で垂直軸を中心に数枚のハネがゆるやかに回転してグラウトを混合するものである。

b) F.K.K 式 タンク中で垂直軸の下端に小型のインペラーを取りつけ、これを 2 000~3 000 回/min の高速で回転せしめグラウトの練り混ぜを行なうものである。

c) K.K.C 型ポンプ噴射式グラウト ミキサ 前記のごとくグラウトの流動性がミキサの形式、性能および練り混ぜ方法によって極端に変化することがわかったので特殊セントリ フューガル ポンプを利用した噴射式グラウト ミキサを考案し、ポンプ、グラウト タンク、反撈笠等について改良を加えた結果、従来用いられているグラウト ミキサにくらべて非常に流動性のよいグラウトをうることに成功した。

いまこの型のミキサの実験改良の経過を述べる。

このミキサの構造は 図-1 に示すごとく、タンク④の底部とフューガル ポンプ①との間をサクション パイプ②により連続しデリベリ パイプ③の先端をノズルとして、タンク④の底より上向きに取りつけ、その真上に反撈笠を設けた構造とする。

またタンク内に適当なる誘導壁⑦を取りつけておき、

流れを整える運転に際してまずタンク中に所定の水を入れ、ポンプを運転することによってタンク中の水はポンプに吸い込まれ、再びタンク底より上向きに勢よく噴射させる。この噴射によりタンク中の水をさそい反撈笠に衝突させ四方に散らし、内壁にたたきつけて内外壁の間を流し、再びポンプに吸い込ませ、この流れをくり返す。

反撈笠の上部よりセメント粉を除々に投入すると四散する水にたたかれて水に混入し、前記の流れをくり返す。この流れの途中、ポンプ内のインペラーのかくはん、パイプ中の流れ、噴射、反撈笠との衝突等すべてが練り混ぜ効果を発揮し、流れによどみがないので、均質なグラウトが能率的に得られる。

またデリベリ パイプ途中にコックを設け、分岐管にホースを取りつけるとグラウトをそのまま注入したり、グラウトをある距離まで送ることもでき、または注入前のシース内の水洗い等に用いれば非常に能率的である。

(2) 特殊フューガル ポンプ

当初普通の 2 in フューガル ポンプそのままを使用したが、もちろん問題にならなかった。まずインペラーをサンド ポンプ式に 2 枚ハネとし、そのハネの角度、長さ等いろいろ取りかえて最もよいものを選んだ。

(3) 動力

動力としておもにメイキ エンジン(3 HP) を使用した。ある程度回転数の調節ができること、また負荷状態がエンジンの回転数および音にあらわれるので試験中好都合であった。

ポンプの伝働はVベルトとしVプリーの大きさを変えてポンプの回転数をいろいろ変えてみた。

(4) タンクと配管その他

ポンプの構造が解決されたのち、その噴射力を利用してセメント粉末を能率よく水に混入させるためノズルおよび反撈笠の位置、形状等をいろいろ試験してみても逐次改良を加えた。

この作用が順調に行なわれないと、セメントの塊ができて、練り混ぜ効果が悪くなり非常に流動性の悪いグラウトとなる。

この型のミキサの代表的なものが、K.K.C 型グラウト ミキサ No. 1, No. 2, No. 3 で 図-1~3 に示す。

No. 1 は最初に作ったもので、タンク底部からの噴射力を反撈笠(やや凹面)に衝突させ四散する水で落下す

図-1 K.K.C 型グラウト ミキサ No. 1

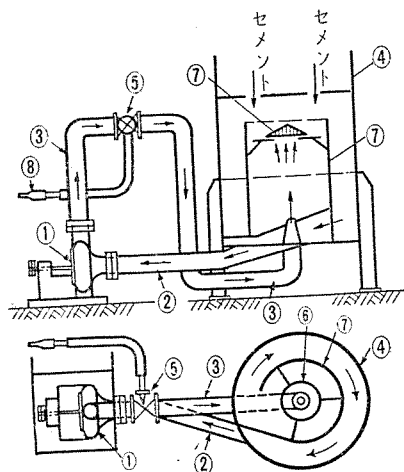


図-2 同左 No. 2

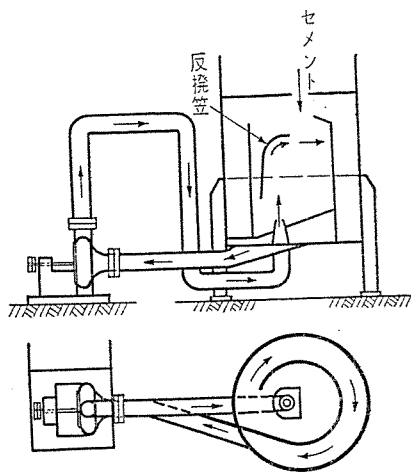
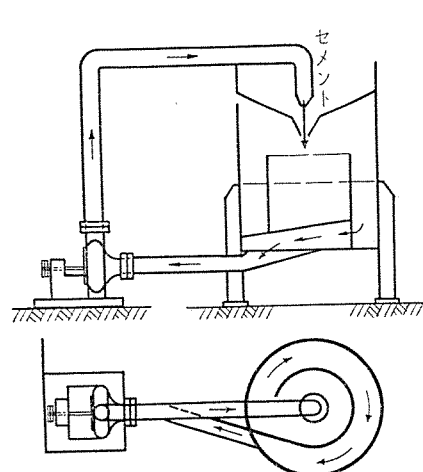


図-3 同左 No. 3



るセメント粉をたたかせ、水に混入するものであるが、噴射力が弱いので No. 2 型に改良した。

No. 2 型は反撈笠の形を一方方向に向け、噴射水を一方的に集中したため水勢も強くなり、セメント粉を水に混入させる効果が非常によくなった。

この No. 2 型のノズルや反撈笠の位置を研究改良した結果、非常に流動性のよいグラウトが得られるようになったので、当分この型を用いることとした。

No. 3 型は上から下向きに噴射させ、この噴射水により、セメント粉を吸い込ませ、下のタンク中にはげしく打ちこんでかくはんさせることをくりかえす方法で、流動性の非常によいグラウトが得られたが、でき上がったグラウト中に気泡が非常に多いので研究を要する。

(5) 流動性を測定する器具

a) フロー コーン ロート型容器に 1725 cc のグラウトを入れ、それが流れ落ちる時間を秒で示す。

この方法では、流動性が悪くなるとコーン中にグラウトが残り、また最後の流出終了時間の判定が困難である。

普通グラウト注入の場合、フロー値 16 秒以下 10 秒の範囲で 11 秒前後が適当だといわれている。

b) 沈入試験器 本器は北海道土木技術協会採用しているドイツ規格の試験器である。すなわち、内径 62 mm、長さ 900 mm の円筒内に約 1.9 l のグラウトを満たし、円筒内径より $2 \times 1.9 \text{ mm} = 3.8 \text{ mm}$ 小さい外径の沈入錘 (重さ 5 kg) を 500 mm 沈入させるに要する時間 (秒) を読んで流動性を示すものである。

すなわち 1.9 mm の内外円の間げきをグラウトが流れ上昇することによって錘が沈下するのである。

普通測定に当り 3 回くり返して行ない、第 2、第 3 回目の平均をとる。注入に適切な流動性は北海道では沈入値 30~40 秒としている。

c) K.K.C 式流動測定器 従来のフロー テストでは

注入の難易を示すのに不適當であり、沈入試験器は合理的であると思われるが、後者は精密であると同時に高価で、現場作業で流動性を知るためには不便であるから、比較的簡便な器具を数種考案し比較研究した。

K.K.C. II 型流動測定器 図-4 K.K.C. II 型流動測定器

器は図-4のごとく内径 106 mm の円筒の下に内径 37.5 mm のパイプを継ぎ、下端流出口内に外径 33.5 mm の円筒をさし込み、上下各 3 個の突起で支え、厚み 2 mm の環状円断面を通して流下させるようにしたものである。

使用法は使用前に水洗いをして約 1 分間水切りをなし、支わくで垂直に支え、下端を押え上からグラウトを容器天端すいきりまで満たしたのち、下端の押えをはずしてグラウトが A~A まで流れ下るまでの時間秒を測定し KKC 流動値 何秒 とする。

本器で測定した流動値秒は 25 秒から 10 秒までの間では、前記沈入値と大体同じ値を示し 25 秒以上のものに対して小さい値を示す傾向がある。

d) 各種流動性測定器の比較 従来のフロー テスト沈入試験器と考案中の試験器を同時に用いて測定して、得られた値を 図-5 に示す。

この図で明らかなごとく

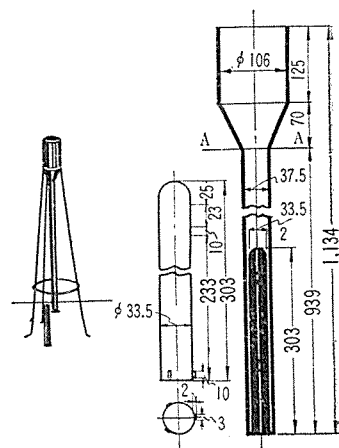
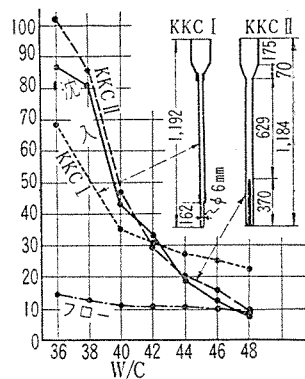


図-5 流動性測定器比較試験



報 告

フローテストにくらべて沈入器が敏感であり、K.K.C. II型が沈入値に類似した値を示している。標準 K.K.C 式流動試験器は K.K.C. II型 の上部円管長 175 mm を 125 mm としたものをを用いることとした (KII-5)。

図中 K.K.C. I形は 流出口を φ6 mm の管とし、その長さを 変えて見たが、結果が思わしくないで採用しなかった。

3. 実験の経過記録

昨年 4 月よりグラウトの練り混ぜ実験を行なったがグラウト ミキサの構造性能によって、流動性が極端に変わることがわかり、数多くの種類のミキサについて改良研究を行なった。

(1) 実験の方法

(1) 極少量の練り混ぜでは実際のグラウト ミキサの性能を正確に判断することがむつかしいので、現場で使用する程度の大さのミキサ (セメント 1~2 袋練り) を用いた。

(2) 流動性を測定するため当初 フロー テストを用い

たが思わしくないで、沈入試験器と筆者試作の各種試験器を並用して用い比較検討した。記録表中フロー値は ⊕、沈入値は ○、K.K.C II型流動値は KII の記号をもって区別し各秒数が記入してある。(KII-5) は KII よりグラウト量を 5 CM 減じて測定したもの、すなわち K.K.C 標準器を示す。

(3) 記録表中、各 w/c に対する流動性を記入してあるが w/c の少ないものから混合し、流動性を測定しつつ水を追加したものである。従って w/c の多いものは練り時間がかかなり長くなっていることになる。

(2) 使用材料

セメント：当初アサノ ペロセメントを用いたが、途中から同普通セメントを主として用いた。

フライ アッシュ：標準配合には用いないこととした。

ポゾリス：始め No. 5 を用いた、途中から塩化物をふくまない No. 8 を用いることとした。

以上によって行なった実験結果の代表的なものを一覧表として 表-1 に示す。

表-1 実 験 結

流動性 ⊕ フロー値 (秒) ○ 沈入値 (秒)

番 号	①	②	⑤	⑦	⑭	⑳	㉑	㉓	㉔
実 験 月 日	4~21	4~21	5~4	5~4	8~13	8~26	8~27	8~28	9~4
ミキサの種類	K.K.C No. 1 ペラー 7枚ハネ	K.K.C No. 1 ペラー 3枚ハネ	K.K.C No. 1 ペラー 2枚ハネ n=2 300 1 650	F.K.K. n=3 200	K.K.C No. 1 5HP モーター 一大型	K.K.C No. 2	K.K.C No. 2	K.K.C No. 2	F.K.K. n=1 030 1 700
流 動 性	w/c %								
	34								
	36					⊕ 17.5 ○ 64	測定不能 × ×	⊕ 12.1 ○ 63	(KII) ○ 15.3 120
	38					ポゾリス なし	⊕ 26 ○ 150	11.7 47	110 76
	40	⊕ 29	⊕ 23	⊕ 14~13	⊕ 14	○ 112	ポゾリス入 10.2 9.5	19.2 127	11.0 26 62 41
42	41% 20 17	41% 23				10.1 8.6	14.6 116	10.3 16 35 27	
44	43% 14 13	43% 14 13			13 59	9.9 7.3	12.0 92	9.9 11 22 17	
セメント	ペロ 60 kg 15 kg 25%	ペロ 60 kg 15 kg 25%	ペロ 100 kg	ペロ 100 kg	ペロ 100 kg	普 50 kg	普 50 kg	普 50 kg	普 100 kg
フライアッシュ			0	0		0	0	0	0
ポゾリス	No. 5 0.5%	No. 5 0.5%	No. 5 0.5%	No. 5 0.25%	No. 8 0.25%	w/c=40% No. 8 0.25%	No. 8 0.25%	No. 8 0.25%	No. 8 0.25%
気温	20°C	20°C	20°C	20°C	32°C	31°C	35°C	31°C	30.5°C
水温	17°C	15°C	17.5°C	17.5°C	27°C	26°C	24°C	24.5°C	23.5°C
グラウト温度	27°~33°C	32.5° ~33°C	30°C	30.5°C	40°C	37°~42°C	44°~45°C	38° ~39.5°C	31°~35°C
セメント投入時間	3~5分	5~7	3	6		53秒~1分	30秒~1分	2~30	3~30
混合時間	6~15分		8	10		5~25	10~59	4~30~34分	6~46
摘 要	ヒューガルポンプ7枚ハネ まる	3枚ハネ よりやや良好 7枚ハネ	以後2枚ハネとする	F K K 式	高温時ペロセメントを用いるため悪結果を回避するため温度を上げグラウト温度を上げ	38%ポゾリスを40%に増やした	先か立ち水は水とポゾリスを泡	左と右は同様なもや	良好 V ベルトの回転不足し たため不良

図-7 各種ミキサと沈入値

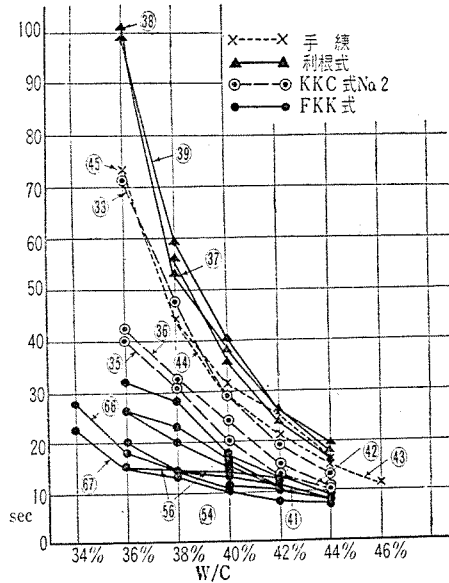
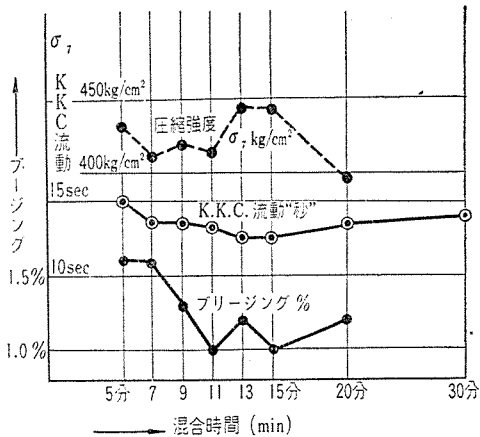


図-8 混合時間と流動性、ブリージング、圧縮強度の関係



普通セメント 100 kg, w/c=38%,ポゾリス No. 8=0.25%, 水温 21°C, グラウト温度 22°~26°C, K.K.C. ミキサ No. 2 使用

5. グラウト注入について

以上 w/c が小さく、流動性のよいグラウトの練り混ぜについて述べたが、練り上ったグラウトをPC桁に注入する場合にいろいろ問題がある。注入に対する施工要領として以下のことがあげられる。

- (1) グラウトの注入前に 1.2 mm ふるいを通過させなければならない。
- (2) グラウトの注入路は注入前に水を通して洗浄し、十分ぬらしておかねばならない。
- (3) グラウトの注入は空気の混入しないよう、またグラウトが洗浄水を排除してシーす内の間げきに十分つまるように徐々に行なわねばならない。
- (4) グラウトの注入は、なるべく注入路の最低点に設けた注入管より行ない、最高点に設けた流出管から、注入グラウトと同程度のグラウトが出るまで行なうのがよい。普通PC桁で桁片端より注入する場合、注入路の下

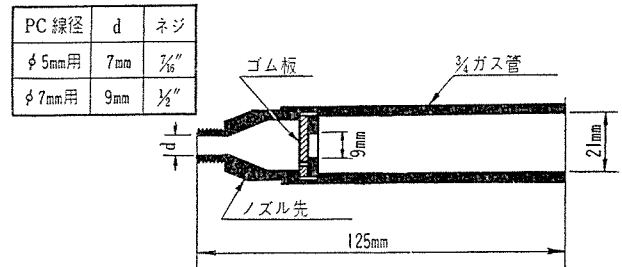
り勾配の部分で、グラウトが水および空気と混って、これを排除するにはかなり大量のグラウトを流出させる必要があり、また高い位置に空気が残るおそれがあるから注意を要する。

(5) 注入中、排出口より洗浄水について水をうすめられたグラウトが流出するが、注入グラウトと同品質となるまで圧入作業を続けたのちセンを打込み、3~4 分間 4~5 kg/cm² の圧力をかけて、この圧力をかけたまま注入口にセンをするよう工夫することが必要である。

(5) の注入最後の加圧であるが従来適当な方法がなく完全に加圧したままグラウトの凝結、硬化を期待することができなかったが、図-9 に示すような逆流防止弁の作用をする注入ノズルを考案し、これを実現することができるようになった。このノズルの先端をねじ切り加工し、あらかじめこれに合うねじ切りをしたおすコーン注入口にねじ込み、ノズル パイプ中に逆流止めのゴム弁を入れてあるから、注入加圧したままグラウトがある程度凝結するまで取りつけておけば、完全に加圧された状態で凝結を終らせることができる。ノズルは取りはずしてもグラウトが噴出しなくなるまで1時間ほどそのままねじ込んでおく。取りはずしたらグラウトが硬化しないよう早速分解掃除をしておく。各工事現場で桁 2~3 本分の注入口を準備しておけば十分である。

このノズルを用いれば、従来のようにグラウトのもれ飛散することは全然なく、作業は確実容易となった。

図-9 グラウト注入用ノズル



6. 結 言

以上の実験結果より、PCグラウト施工の際 w/c の小さいグラウトの流動性をよくするためには、次の条件が満たされなければならない。

- (1) できるだけ能率のよいグラウト ミキサを用いて、短時間に練り混ぜを行ない、速やかに注入を終ることが肝要である(調子の悪いミキサで練り混ぜに時間をかけても効果はない)。
- (2) セメントは粉末度の細かい、早強ポルトランドセメントよりも普通セメントの方がよい。
- (3) 混和材料としてポゾリス (No. 8) をセメントの 0.25% くらい用いることは、非常に有効である。フライアッシュを用いると、同じ水セメント比(フラ