

東北本線荒川PC下路橋におけるグラウトに関する試験

小 林 明 夫*

1. ま え が き

東北本線荒川PC下路橋については一部紹介されているが(プレストレスト コンクリート Vol. 7, No. 6「東北本線荒川橋梁の設計その他」), PC桁架設工事は増設線については, その工期として 39 年 10 月 21 日から 40 年 7 月 17 日まで, 旅客線については, 41 年 3 月 29 日から赤羽側は 41 年 9 月 10 日まで, 川口側は 41 年 9 月 20 日までの工期でこれを行ない, 11 月 8 日, 11 月 21 日に貨物線を旅客線に切換え貨物線を同形式の橋梁とする計画で, 現在下部構造を施工中である(図-1)。

施工業者は増設線, 旅客線とも赤羽側はピー・エスコンクリート株式会社, 川口側は日本鋼弦コンクリート株式会社である。

この工事で施工したグラウト数量は, 増設線, 旅客線あわせて約 140 m³ である。このグラウト施工中に行なった試験の結果について報告する。

2. グラウトの配合

(1) 配 合

a) 増設線ではグラウトの目的を達するために, 工事

表-1

C/C+F	F/C+F	フライアッシュ	ポゾリス No. 8	アルミ粉末
40%	9.1%	10%	0.25%	0.007%

の追加示方書に表-1のように配合を示した。これをもとにして試験練りを行なった。グラウチングの時期は3月下旬から6月上旬までであり, 気温が多少上昇してもグラウトの流動性はそれほど変化しないと思われるが, フライアッシュをふくむ場合とふくまない場合について, 回転数 160 rpm のミキサについて行なった。またアルミ粉末の影響をみるために 0.007% と 0.010% のアルミ粉末量で 1000~3000 rpm のミキサについて試験練りを行なった。

1) フライアッシュ量 10% と 0% について (ミキサ回転数 160 rpm)

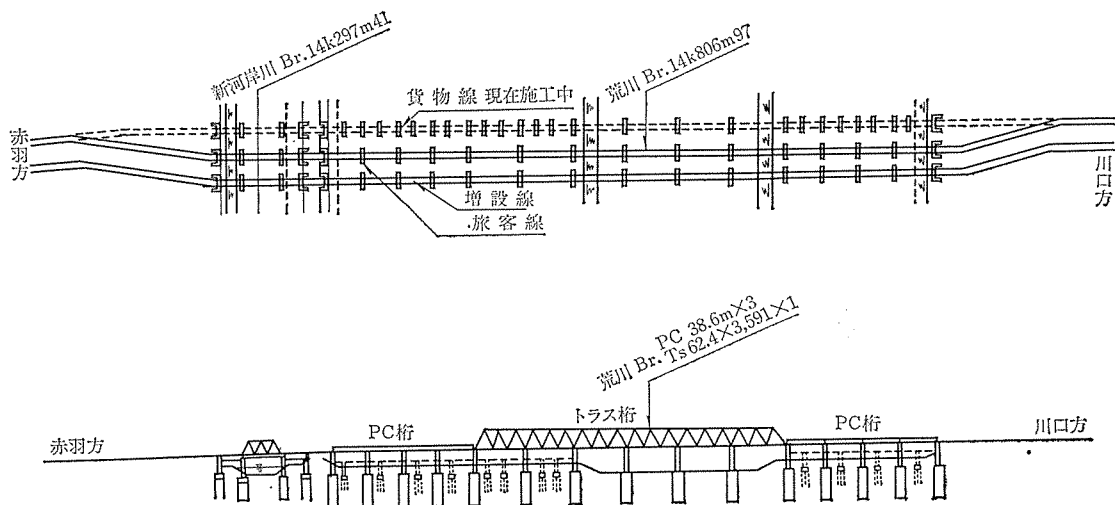
投入順序と練り混ぜ時間

水 → ポゾリス 20% 溶液 → フライアッシュ → セメント

(20秒) (30秒) ↓ アルミ粉末
(20秒) 60% → セメント残量 → 全材料投入後 3分回転

使用セメント: 日立普通ポルトランドセメント

図-1 平面および側面一般図



* 国鉄東京工務局土木課

比 重; 3.16
比表面積; 3 130 cm²/g

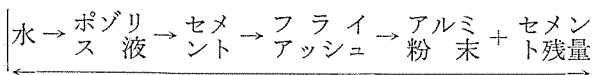
ポゾリス No. 8

配合表は表-2である。

また試験結果は表-3に示した。なおフロー値は有溝コーンを使用した場合についての値である。

2) アルミ粉末量 0.007% と 0.010% の場合について (ミキサ回転数 1 000~3 000 rpm)。

投入順序と練りませ時間



5 分

全材料投入後 1 分間練りませ

表-2

配合 No.	W/C+F	F/C+F	ポゾリス No. 8	アルミ粉末
1	40% W=20 kg C=50 kg	F=0	0.25% 125 g	0.007% 3.5 g
2	40% W=21.8 kg C=50 kg	9.1% 4.55 kg	0.25% 136 g	0.007% 3.8 g

使用セメント: アサノ普通ポルトランドセメント

比 重; 3.16

比表面積; 3 290 cm²/g

配合は表-4である。

試験結果は表-5に示した。フロー値は有溝コーンを使用した場合の値である。

表-3

配合 No.	温 度 (°C)			フロー値 (秒)		σ_7 (kg/cm ²)		比 重	膨張率(%)		ブリージング率(%)	
	気 温	水 温	練り上り度 温 度	測定値	平 均	測定値	平 均		24 時間	3 時間	24 時間	
1	15	14	18	15	15.3	250	248	1.85	1.5	1.4	0	
				15		239			1.4			
				16		255			2.1			
2	15	14	18	13	13	183	166	1.76	3.9	1.9	0	
				13		173			4.0			
				13		148			3.4			

表-4

配合 No.	W/C	F/C+F	ポゾリス No. 8	アルミ粉末
1	40% W=20 kg C=50 kg	0	0.25% 125 g	0.007% 3.5 g
2	40% W=20 kg C=50 kg	0	0.25% 125 g	0.010% 5 g

表-6

W/C+F	F/C+F	フライアッシュ	ポゾリス No. 8	アルミ粉末
42% W=23.1 kg C=50 kg	9.1%	10% 5 kg	0.25% 125 g	0.007% 3.5 g

表-5

配合 No.	温 度 (°C)			フロー値 (秒)		σ_7 (kg/cm ²)		膨張率(%) 24 時間	ブリージング率(%)	
	気 温	水 温	練り上り度 温 度	測定値	平 均	測定値	平 均		3 時間	24 時間
1	11	10	22	10	10	128	163	4.6	3.2	0.26
				10		194			4.9	
				10		168			4.4	
2	9	10	20	11	11	245	226	5.5	3.1	0
				11		204			4.5	
				11		230			6.1	

表-7

練り上り温度 (°C)	フロー値 (秒)		σ_7 (kg/cm ²)		σ_{28} (kg/cm ²)		膨張率(%) 24 時間	ブリージング率(%)	
	測定値	平 均	測定値	平 均	測定値	平 均		3 時間	24 時間
30.2	15	15.6	231	229	309	309	2.6	2.4	0
	16		220		322			2.4	
	15		236		296			2.1	

表-8

気 温 (°C)	水 温 (°C)	湿 度 (%)	練り上り 温 度 (°C)	フ ロー 値 (秒)		σ_7 (kg/cm ²)		σ_{28} (kg/cm ²)		ブリージング率 (%)		膨張率 (%) 24 時 間
				測定値	平 均	測定値	平 均	測定値	平 均	3時間	24時間	
27	26	65	32.5	13	13.6	230	220	330	327	1.5	0	2
				16		212		321		1.2	0	1.7
				12		217		331		1.9	0	2

グラウト試験は、土木学会制定PCグラウト試験方法にしたがい、フロー値測定はコンシステンシー試験方法案（流下方法）、ブリージング率と膨張率はブリージング率および膨張率試験方法案（体積方法）、強度試験は強度試験方法案（型わく方法）によった。この試験練りの結果、フライアッシュを使用しない場合でもフロー値は10~15であり、所定の流動性があるものと判断し、実際の施工では、フライアッシュを使用しないこととした。またアルミ粉末の量については、0.010%使用するとPCグラウト指針案の規定（膨張率5%）を越えるので、追加示方書どおり0.007%使用することとした。

b) 旅客線の施工では、時期が8月上旬から9月上旬までであり、追加示方書の配合では所期の流動性が得られなかったのでつぎのように変更した（表-6）。

回転数160rpmのミキサーでの試験練り結果は表-7で、使用セメントは三菱普通ポルトランドセメント、比重3.16、比表面積3150cm²/gであり、回転数1000~3000rpmのミキサーでの試験練り結果は表-8であり、使用セメントはアサノ普通ポルトランドセメント、比重3.16、比表面積3230cm²/gである。フロー値はいずれも有溝コーンを使用した場合の値である。

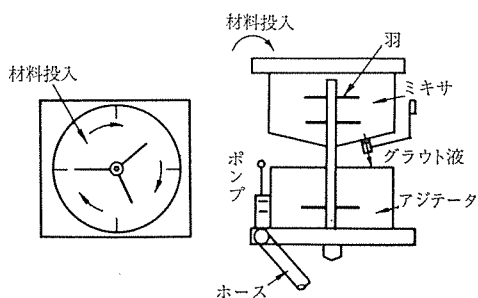
(2) 施工機械の様様

本工事は、赤羽側と川口側とで施工業者が異なるので、施工機械も異なるものとなった。

赤羽側のグラウト機械は、図-2、写真-1に示すように、ミキサとアジテータとが同じ回転数を持ち、ミキサで練り上がったグラウト液をコックによって下のアジテータタンクに移し、かくはんしながらポンプで注入できるものである。

ミキサおよびアジテータ容量： { 最大 100 l
普通 70 l

図-2 赤羽側グラウト機械



ポンプによる注入量：1400 l/h
回転数：160 rpm

写真-1



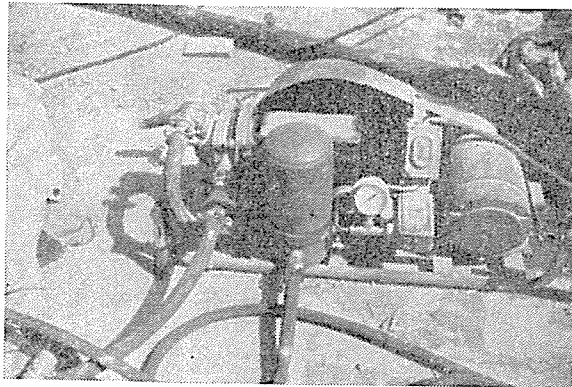
写真-2 (a) グラウト ミキサ (日本産業機械製作)



写真-2 (b) アジテータつきバケツ



写真-2 (c) グラウト ポンプ (スネーク ポンプ)



馬 力 : 4 HP

つぎに川口側の使用機械は、ミキサとアジテータとが分離しているものである (写真-2(a)~(b))。

容 量 : 100 l

注入量 : 15 l/min

回転数 : 1 000~3 000 rpm

注入圧力 : 10 kg/cm²

3. 実際の施工グラウトの結果と解析

(1) フロー値について

a) フロー値の決定 有溝コーンを使用した場合のフロー値の測定値は表-9 のようであった。

また有溝コーンを用いない場合について、増設線について行なった試験では表-10 のようであった。

土木学会のPC指針案では、フロー値は有溝コーンのある場合 10~30、国鉄の「プレストレスト コンクリート橋設計施工基準 (案) 施工編」では、グラウトのとりやすさによって表-11 のように区別がされている。

表-9

種 別	平均 (秒)	標準偏差	変動係数 (%)
増設線 赤羽側	13.6	1.96	14.6
〃 川口 〃	12.6	1.19	9.6
旅客線 赤羽 〃	16.1	1.00	6.3

表-10

種 別	平均 (秒)	標準偏差	変動係数 (%)
増設線 赤羽方	7.4	0.50	6.8
〃 川口方	7.3	0.60	8.3

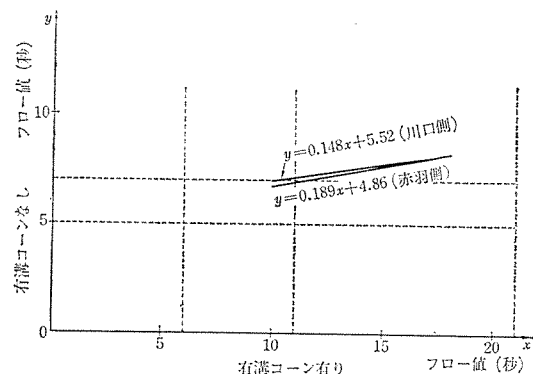
表-11

種 別	流下時間の範囲 (秒)	
	有溝コーンを用いる場合	有溝コーンを用いない場合
比較的注入容易な場合	11~22	7~14
比較的注入困難な場合	6~11	5~7

本工事では、グラウト注入するケーブルは、縦締め、横締め、鉛直締めの3種類があり、縦締め、横締めに用いたケーブルは 12-φ12.4 mm であり、シースの縦締めは全長約 40 m のケーブルの長さに対して定着端 1.5 m に φ70 mm のスパイラルシースを使用し、それ以外は φ60 mm のシースを用いた。また横締めは全長約 9.5 m、端部 1 m に φ70 mm を使用し、他は φ60 mm を用いた。鉛直締めは φ30 mm の鋼棒に対して φ35 mm のシースを使用した。縦横締めケーブルは、シース内空面積 (27.3 cm²) に対し、ケーブル断面積は 11, 15 cm² であり、注入作業は困難でないと思われたが、縦ケーブルは長いのでフロー値としては低くおさえるようにした。

b) 有溝コーンを使用した場合としない場合との関係 について 国鉄の前記施工基準 (案) では、有溝コーンを使用する場合としない場合についての関係が示されているが、本工事で増設線については両者の関係をみると、赤羽側は相関係数 $r=0.855$ (資料数 332)、川口側は $r=0.312$ (資料数 832) となりいずれも 5% の危険率で有意である。両者の関係を図に示すと図-3 のようになる。

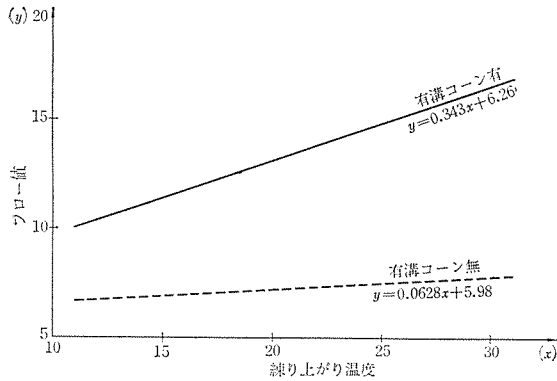
図-3 増設線有溝コーンを使用した場合としない場合の関係



c) フロー値に与える影響について グラウトの流動性に関係するのは、水セメント比、ミキシングの時間、アジテートをふくむ放置時間、気温、水温、湿度、セメントの温度、練り上がりの温度、ミキサの型、回転数、セメントの種類などであるが、本工事では、水セメント比については試験練りで決定し、ミキサについては各ミキサの示様により使用し、セメントも同一工事では同一種類のものを使用したので、この報告ではフロー値と温度との関係をのべる。

材料のうちでその温度がフロー値に影響を与えれば、各材料が合成された練り上がりの温度がフロー値に影響すると思われる。練り上がり温度とフロー値との関係は、赤羽側の増設線についてみると有溝コーンを使用した場合は、相関係数 $r=0.64$ (資料数 336) であり、

図-4 赤羽側増設線練り上がり温度とフロー値との関係



使用しない場合は $r=0.63$ (資料数 340) であって、ともに 5% の危険率で有意である。練り上がり温度をフロー値との関係を図示すると 図-4 のようになる。また同じく赤羽側の旅客線についてみると資料数が少なかったためか $r=0.34$ (資料数 21) となりこれは 10% の危険率でも有意性はなかった。

つぎに湿度については、51% から 94% まで変化したが、 $r=0.033$ (資料数 186) となりほとんど無関係のようである。

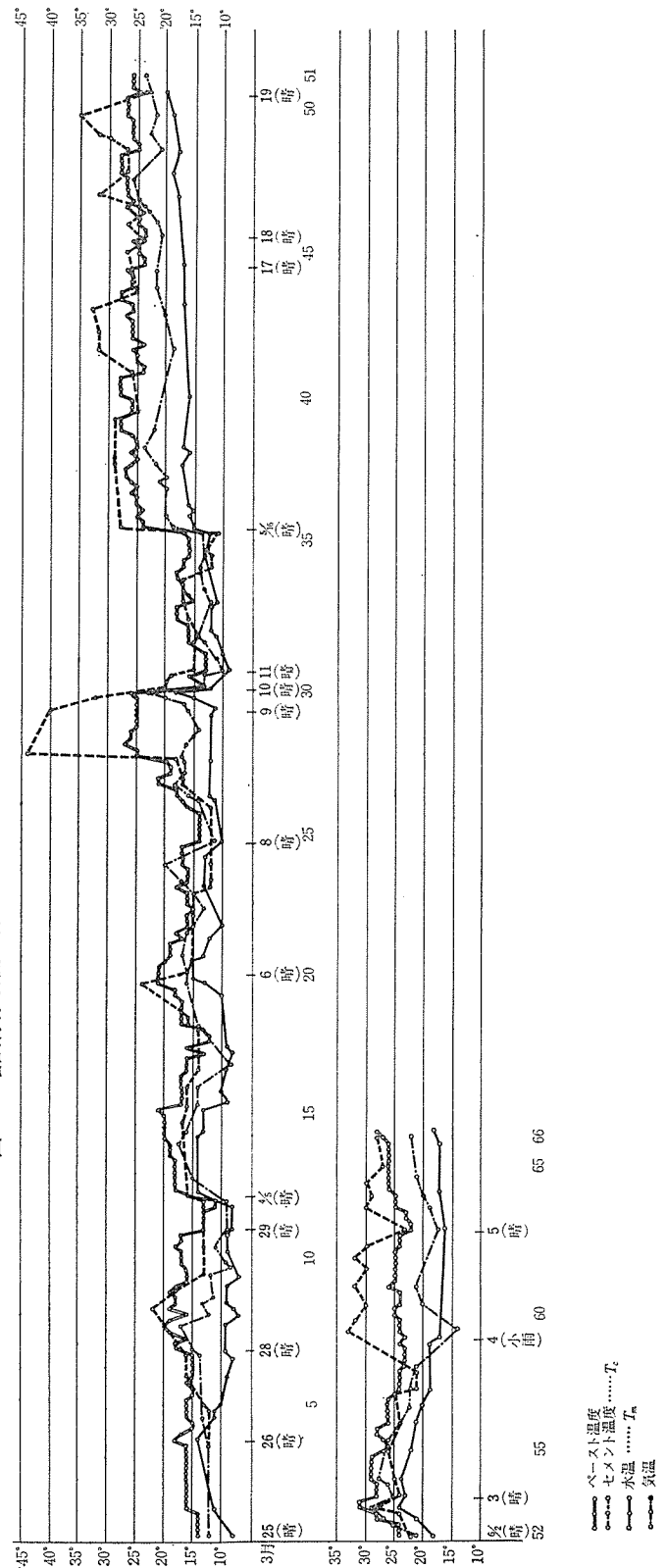
d) 練り上がり温度について 練り上がり温度と気温、水温、セメント温度との関係を増設線赤羽側についてグラフにとってみると 図-5 のようである。このグラフから練り上がり温度と気温、水温、セメント温度との相関を求めてみると、気温とは $r=0.84$ (資料数 333)、水温とは $r=0.86$ (資料数 333)、セメント温度とは $r=0.82$ となり (資料数 333)、いずれも高い相関を示している。また練り上がり温度 (T) とセメント温度 (x)、水温 (y)、気温 (z) との間には最小二乗法で求めてみると、

$$T = 0.27x + 0.96y + 0.06z$$

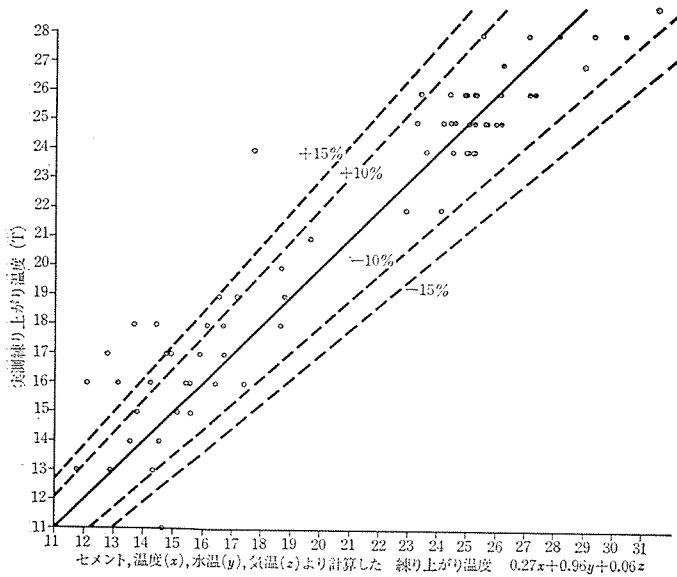
の関係式が成立つ。この式から練り上がり温度に大きな影響を与えるのは、比熱が大きくしかも使用量の大きい水であることが理解される。またこの式に各材料温度を代入して得られた練り上がり温度と、実測の練り上がり温度との関係を図示すると 図-6 のようになる。練り上がり温度が高い場合には計算式はよくあうが、低くなると比較的あわない。±15% 程度の誤差ならば、この計算式と 図-4 を用いてコンシステンシーの推定を行なうのは現場の条件としては許されると思う。

またセメントの比表面積の大小による化学反応の差、あるいはグラウト機械の回転数、ミキシングの時間の長短による差はこれらの図からは判断できない。

図-5 増設線赤羽側の練り上がり温度と水温、セメント温度、気温との関係



図一六 実測練り上がり温度と計算した練り上がり温度との関係



(2) ブリージング率および膨張率について

ブリージング率は、各工事とも 24 時間後で 0% である。3 時間後および 4 時間後の膨張率は表一12 である。これによると水セメント比が大であると膨張率は小さく、またミキサの回転数が大きいと膨張率も大となるようである。ブリージング率（3 時間後）とフロー値（有溝コーン使用）との関係は $r=0.18$ （資料数 99），となり，5% の危険率では有意ではないが 10% では有意性がある。

(3) 圧縮強度について

圧縮強度は表一13 に示してある。これによると増設線にくらべ水セメント比が大であるので σ_7 および σ_{28} は小さくなっている。型わく方法による圧縮強度の管理図を旅客線の川口側について図一7 に示した。

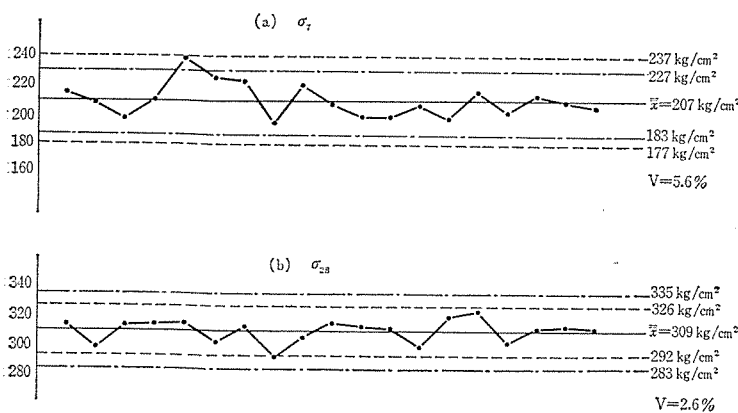
表一12

種 別		膨張率(%)	標準偏差	変動係数(%)	水セメント比	アルミ粉末	回転数 (rpm)
増設線 川口側	3 時間後	6.6	2.02	31.2	40	3.5g	1000~3000
	24 "	3.14	1.45	46.7			
旅客線 川口側	3 "	1.47	0.227	15.8	42	"	1000~3000
	24 "	1.67	0.23	14.2			
旅客線 赤羽側	3 "	—	—	—	42	"	160
	24 "	1.51	0.47	33.0			

表一13

種 別		平均強度 (kg/cm ²)	標準偏差	変動係数 (%)	種 別		平均強度 (kg/cm ²)	標準偏差	変動係数 (%)		
増設線	赤羽側	σ_7	—	—	旅客線	赤羽側	σ_7	232	12.9	5.8	
		σ_{28}	334	19.2			5.9	σ_{28}	321	8.7	2.8
	川口側	σ_7	247	20.8		8.5	川口側	σ_7	207	11.2	5.6
		σ_{28}	341	20.2		6.0		σ_{28}	309	7.7	2.6

図一七 型わく方法による圧縮強度の管理図（旅客線，川口側）



4. あとがき

本工事は試験のための工事ではなく、また現場の忙がしさにとりまぎれて精確な試験の計画を立て、くわしい資料をとることはできなかったが、いままでグラウトに関する工事報告がなされていないので一応まとめて報告した。

なお、原稿をまとめるにあたって、山陽新幹線建設部企画課総括補佐 町田技師，東京工務局土木課長 野口技師，構造物設計事務所 小池技師，橘田氏にお世話になったことを感謝します。 1967.2.17・受付