

PC鋼棒用シースへのグラウト注入について

宮 口 尹 秀*

1. はしがき

鷺の巣川橋梁は国鉄で初めて試みられたディビダーク式PC橋梁である。

この橋梁は、 $\phi 27$ mm の鋼棒を $\phi 30$ mm の鋼製フレキシブル シースに入れて配置しておき、これを緊張してプレストレスが与えられる。緊張した鋼棒を保護し、付着力を伝達するため、緊張後このシース中にグラウトを注入する。シース断面にくらべて注入断面が小さいためディビダーク式PC桁の注入は従来数多く施工されているフレシネー式PC桁の注入よりむずかしい。そのうえ、この工法は、連続桁や張出ばりによく使用されるので、鋼棒の配置形状も単純桁の場合のように簡単でなく、何10 mの直線シースや、S字状に曲がるものもあり複雑である。また普通6~8 mの長さの鋼棒を $\phi 50$ mmのカップラーで接続して使用するのでシースもこの部分だけ $\phi 60$ と大きく変断面となる。このようにフレシネー式と比較して、いろいろな特徴を持ち、注入作業のむずかしいディビダーク式PC桁の注入状態を調べ、今後の施工に役立てるため、実物大の注入模型を作り試験を行なったので、その内容を紹介することにする。

この試験のおもな目的は次の3項目である。

- (1) グラウトの配合（コンシステンシー）と注入可能長さの関係。
- (2) カップラー上部へのグラウトの填充状態。
- (3) 曲線シース各位置（上り、下り、水平の各位置）

でのグラウトの填充状態。

2. 注入模型の作成

注入模型のシース配置は、実際の桁で最も長いシースとほぼ同じ長さの42 mの直線シース3本と、延長21 mのS字状の曲線シース2本である（図-1）。

$\phi 27$ の鋼棒の代りに同じ径の鉄筋を使用し、カップラーとの取り付けは溶接した。注入するときに 5 kg/cm^2 の圧力がかかるので、コンクリートを打って、この圧力に耐えるような模型を作った（写真-1）。

3. 注入試験

(1) 配 合

この橋梁の施工に用いた標準配合は w/c が40~45% 沈入値が18~23 sec で混和材にポゾリス No. 8 を、セメントの0.25%、アルミ粉をセメントの0.005% 混入

写真-1

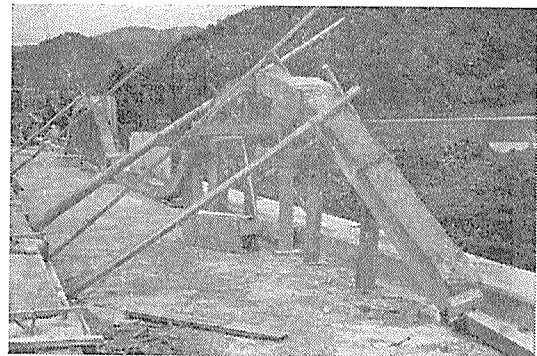
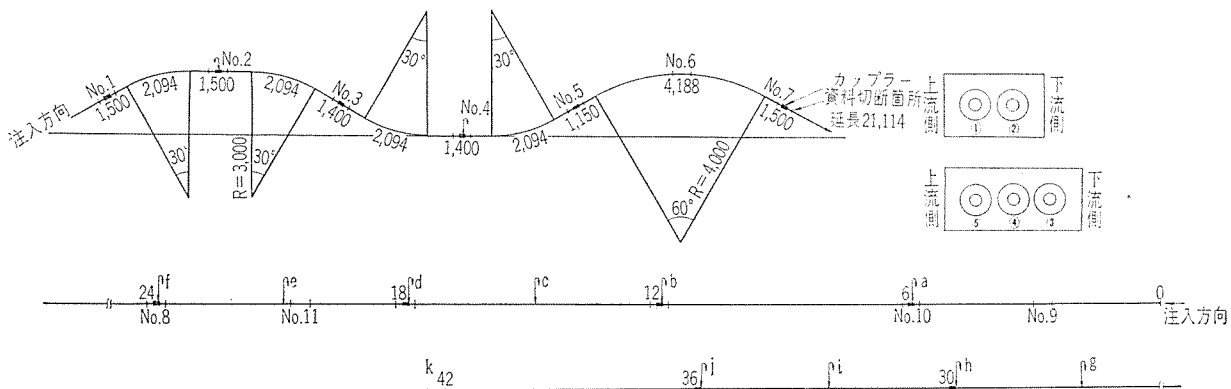


図-1



* 国鉄 盛岡工務局

表-1

配 合	w/c %	沈入値 sec	アルミ量 %	膨張率 %	グラウト温 °C	気 温 °C	水 温 °C	備 考
1	45	19	0.005	2.7	28.5	23.0	21.0	直線シース上流
2	44	27	0.005	1.3	24.0	21.0	18.0	" 中央
3	46	13	0.005	4.2	28.5	23.0	21.0	" 下流
4	44	27	0.005	1.3	24.0	21.0	18.0	曲線シース上流
5	44	27	0.010	5.7	25.0	23.0	19.0	" 下流

表-2

配合	沈入値 sec	注入 排出孔位置 孔からの距離 時間と圧力	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
			6 m	12	15	18	21	24	27	30	33	36	42
1	19	時間 sec	76	120	140 ^{0→}	12	25	70	95	162		210 ^{0→}	
		圧力 kg/cm ²	3.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.5	5.0	5.5		7.0	3.5
2	27	時間 sec	58	100	120 ^{0→}	32	56	90	120 ^{0→}	14	20	90	100
		圧力 kg/cm ²	3.0	5.0	ハレツ	3.0	3.5	4.0	4.5	2.0		4.5	
3	13	時間 sec	54	102	120	165	180	235 ^{0→}	12	45	66	96	166
		圧力 kg/cm ²	3.0	4.0	4.0	4.5	5.0	6.0	2.0	3.0	3.5	4.5	5.0

したものである。注入路の断面が小さくて注入しにくい
ため、このように土木学会PC指針（以下指針）に示さ
れているより沈入値は小さいがアルミ粉を使用している
ため供試体は2%前後膨張する。模型の直線シースに入
れるミルクの配合は沈入値がこの標準配合のものと、こ
れより10secくらい大きい、ちょうど指針に示されて
いる程度のもとの逆に10secくらい小さいものの3種
類とした。また曲線シースの方は沈入値は同じにして、
アルミ粉の量を0.005%と0.010%の2種類とした。
実際試験に用いた配合は表-1のとおりである。セメン
トはチチブ普通ポルトランドを使用した。

グラウトの練り混ぜはセメント1袋練りとし、水、ポ
ゾリス、セメントの順に投入して2分間練り混ぜ、アル
ミ粉を投入してさらに2分間混合した。

(2) 注入状況

(a) 直線シース 注入路は注入前によく水洗いした
のち、圧さく空気中で中の水を排出した。直線シースは
図-1に示すごとく多数の排出孔があるが、あらかじめ
これらすべてを開放しておき一端から注入を始める。そ
してミルクが最初の排出孔から流出するまでの時間と、
そのときのポンプの圧力を測定して、この排出孔を閉じ
る。2番目以下の排出孔についても同じように行なう。
端部からの注入が不可能になると、ミルクが最後に流出
した排出孔にポンプを盛りかえて、注入を続行する。こ
の方法で3本のシースに3種類の配合で注入したときの
状況は表-2のとおりである。0→は注入口を盛りかえ

て注入したことを示す。

(b) 曲線シース 注入路は注入前によく水洗いし、
実際の施工でやっているように、中の水はそのままにし
て、水と置きかえるようにミルクを注入した。途中2カ
所にある排出孔は閉じたままで全長21mを一度に注入
した。中の水を排出すると表-2からわかるように、こ
の程度の沈入値のものだと、15m以内しか注入できな
いのが、水と置きかえにすると容易に21mも注入でき、
かつ注入時の最高圧力も4.5kg/cm²であった。排出孔
が下り勾配にあるためか、排出したミルクには、初めの
うち相当のエアが混入していたので、しばらくミルク
を放出し、エアが少なくなってから排出孔を閉じ、圧
力を5kg/cm²に上げてから注入孔を閉じた。注入後し
ばらくの間ミルクの膨張のため各排出孔にミルクが押し
上げられてくる様子が観察できた。

(3) 膨張量および圧縮強度

各配合から6個ずつの供試体を押ボタンに採取し、
膨張量と圧縮強度を測定した。その結果は表-3のと
おりである。

表-3

配 合	w/c %	沈入値 sec	アルミ量 %	膨張量 %	σ_1 kg/cm ²	σ_{28} kg/cm ²	備考
1	45	19	0.005	2.7	105	156	
2,(4)	44	27	"	1.3	136	220	
3	46	13	"	4.2	102	140	
5	44	27	0.010	5.7	81	132	

膨張量は供試体 6 個の平均値であり、各測定値のばらつきは少ない。圧縮強度は供試体 3 個の平均値である。

(4) 注入試験結果の考察

注入試験の結果より次のことが考察された。

注入可能長さは指針に示されている程度の流動性のもので 12~15m、この橋梁で使用している標準配合のもので 15~20m、標準配合よりさらに流動性の大きいもので 24m 程度である。この値は絶対的なものではないが、沈入値の大小によって注入可能長さにかなり差のあること、指針に示されている程度のもので 10m くらいは注入しうること等がわかった。以上はシースの中の水を排出した場合だが、水と置きかえに注入を行なうと注入可能長さがぐっと伸びる。曲線シースに注入した配合 2 について見ると、水を排出した場合が 12~15m に対し、置きかえの場合は全長 21m を注入してもまだ圧力に余裕があり、ほとんど 2 倍程度に注入長が伸びるようである。

4. 填充状態の観察

(1) 資料の切断

グラウトの填充状態を観察するため、図-1 に示すよ

写真-2

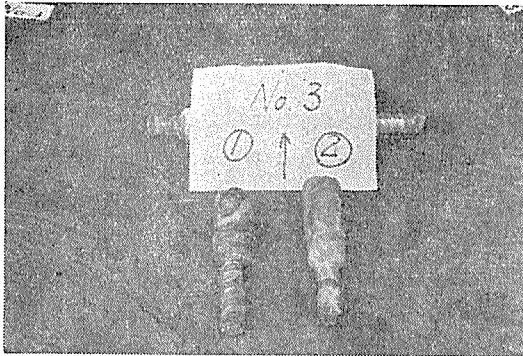


写真-3



写真-4

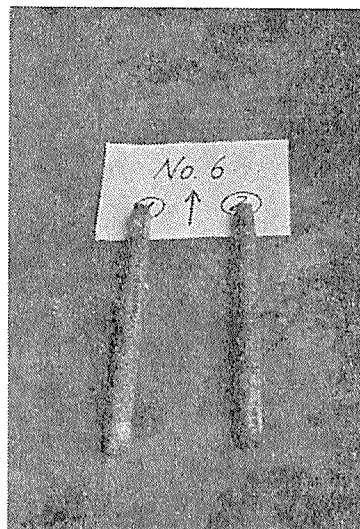
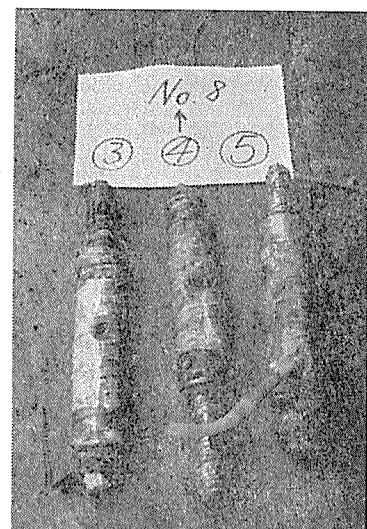


写真-5



うな各位置で曲線シースから 7 個、直線シースから 4 個の計 11 個の資料を切り取った。資料は、ダイヤモンドブレードによって切断したり、シースを包んでいるコンクリートを壊してシースをめくり取ったりして内部を観察した。

(2) 填充状態

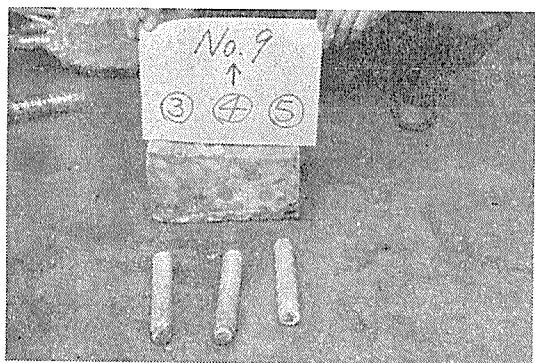
(a) 曲線シース 観察したところではアルミ粉量の多少、すなわち膨張量の大小により填充状態に差異はないようである。両方とも上り勾配と水平部では断面一杯に填充されていた。ところどころにブリージングの跡と小さな気泡のあとが見受けられたが、有害な程度でない。

シースの配置状態から見ると上り勾配と水平部は良く填充されているが、下り勾配のカップラー部分は写真-2, 3 に見られるように上半分が全然つまっていない。しかも同じ下り勾配でも排出口に近い No. 7 の填充状態の方がずっと No. 3 より悪いようである。下り勾配でも普通のシースの部分は大體良好に填充されているようである。

もう一つ注意されるべきことは、鋼棒がシースと接触している部分にグラウトが十分にまわらず鋼棒がむき出しになっているのを No. 6 で発見した。これを写真-4 に示す。

(b) 直線シース 配合の相異によって、填充状態には大差なく、いずれも十分に入っていたが、配合の薄いものほどポーラスで弱々しく見え、ブリージングの跡も少し多いようであった。カップラー上部もうまく填充されていたが、これはカップラー シースにはすべて排出孔をつけミルクを排出させたからであろう。普通シース部分の填充状態も良好で鋼棒とシースの接する部分もミルクが廻っていたが、水洗いで取り除けなかったサビの部

写真-6



分にはミルクが廻らずサビがそのまま残っていた。

5. 今後の対策

(1) 配合について

試験結果から有利な配合について考察する。まづ注入状態について考えると、これまで述べてきたように、グラウトが注入後膨張する限り、流動性や膨張量の大小によって充填状態には大差がない。流動性の大きいものは若干ブリージングの跡が多いが、有害な程度とは思えない。注入可能長さでは当然流動性が大きいものほど大きく施工しやすく有利である。しかしグラウトの品質を代表する供試体の圧縮強度については、表-3 から富配合で膨張量の小さなものほど有利なことがわかる。

以上のように、富配合にすると注入可能長さが小さくなり、注入可能長を大きくすると品質が悪くなる。しかし、注入長の方は沈入値が 27 sec でも水とおきかえなどすれば、かなり大きくなるから、品質の点から考慮して沈入値前後が妥当と思える。これまでの施工の経験からグラウトの流動性は、練上がり温度に関係がある。少し貧配合でも練上がり温度が高ければ沈入値が非常に大きく注入しにくい。したがって富配合のミルクを注入するには、練上がり温度をなるべく低くするよう努力することが大切だと思われる。

配合と関係ないが、注入の点からのみ考えるとシースの径がもう少しでも大きければ非常に施工しやすいよう

に思える。

(2) 施工について

施工上最も問題となるのは、下り勾配のカップラー部分の注入である。最も確実な方法は、注入は下から上への原則にしたがうことで、たとえば単純桁でも中央付近から注入して両端に排出するのがよい。止むを得ず下り勾配の注入となる場合は、カップラーの最上部に排気孔を取りつけてカップラー中に空気が封じ込まれないようにしなければならない。

鋼棒がシー스에接触する部分までグラウトが十分廻らないことも注目しなければならない。シースの波打ちのため鋼棒とシースの間に断続的に空けきがあるが、これが鋼棒の下側に来るとき、すなわち上り勾配から下り勾配に変わる曲線部で、このようになりやすいのだと思う。曲線配置の内側では緊張時大きな力で接触して特に条件が悪くなる。これを解決するためには、特殊なスペーサーでも考慮する必要があるように思う。

沈入値 25 sec 前後のものを注入するとして、注入可能長さは水と置きかえない場合で 15m くらいだから、30m, 40m も長いシースは、15m ごとくらいに中間排出口を設けることが必要である。これと同時に注入に先立ち十分注入路を水洗いしてサビなどの異物を取除き、またできるだけ水と置きかえに注入することが望ましい。

6. あとがき

試験の結果と日頃の施工経験をもとに、この報告をまとめたが、これからの施工に少しでも役立てば幸いである。

今後の対策の項は、わずかの資料から少し独断的結論をしたところもあるので、皆様の御批判を乞う次第である。たとえばこの報告では、膨張量の大きいものは圧縮強度が低くなるという試験結果をもとに結論を出しているが、供試体の圧縮強度は、自由に膨張させたものであり、シースの中で拘束されて膨張する実際の状態とは異なるだろう。

第 3 回年次学術講演会講演概要集の頒布について

去る 2 月 11 日、東京都生命保険協会講堂において、本協会主催、建築・土木両学会後援による第 3 回年次学術講演会が開かれ、非常な成果をおさめました。当日準備した講演概要集を御聴講いただけなかった方々のため、多少の余部を頒布いたしますから至急お申込み願います。

記

内 容：講演総数 19 編の講演概要の紹介
 体 裁：オフセット印刷 B5判 48 ページ
 頒 価：200 円 (〒 20 円)

申 込 要 領：頒価に送料をつけて協会事務局（東京都中央区銀座東 2-1・銀鹿ビル・振替東京 62774）へ申込むこと。