

PCの新しい材料 入門講座 No.6

グラウトとシース

講師：太田 豊*1・中島 禎*2

1. はじめに

国内で最初にプレストレストコンクリート橋が架けられてから約50年が経過しています。その間、PCグラウトの品質や施工方法の改善、鋼製シースの改善や新材料によるシースの開発がなされ、PCグラウト材では、ブリーディング水が発生しないノンブリーディングタイプのグラウト用混和剤が開発されました。(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会(以下、PC建協と記す)では平成9年4月よりノンブリーディングタイプグラウトを使用するように申合せを行い、トラブルなくノンブリーディングタイプグラウトへの移行が行われました。

一方、シースにおいては非鉄材料としてプラスチック材料のうちポリエチレンを使用したポリエチレン製シース(以下、PEシースと記す)が開発されています。

今回、ノンブリーディングタイプグラウトの材料、特徴および施工実績等と鋼製シースの現状とPEシースの特徴およびその使用の動向について概説いたします。

2. PCグラウト

2.1 PCグラウトの目的と品質

PCグラウトの目的として土木学会「コンクリート標準示方書 施工編」(以下、施工編と記す)27章2.6グラウトに次のように記されています。

「PCグラウトはシース内を完全に充填し緊張材を包み、錆びさせないように保護するとともに、部材コンクリートと緊張材とを付着により一体とするものでなければならない。」

PCグラウトの目的を達成するためには、PCグラウトの品質として次の項目が要求されます。

- ① PCグラウト材料には、PC鋼材を腐食させる物質を含んではならないこと。
- ② PCグラウトは施工に適した流動性を注入が終わるまで保つこと。
- ③ 材料の分離がなく、ブリーディングの発生が極めて少ないこと。ブリーディングが予想される場合は適度な膨張性を有すること。
- ④ 硬化グラウトは所要の圧縮強度で、緊張材とダクト

との間に十分な付着強度をもち、水密性に富み緊張材を腐食物質から保護すること。

上記品質を確保するために、施工編にその品質が規定されています(表-1)。

表-1 グラウトの品質

流動性 流下時間 (秒)	膨張率 (%)	塩化物含有量 (Cl重量換算) (kg/m ³)	ブリーディング 率 (%)	水セメント比 W/C (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
(注)	10以下	0.3以下	3以下	45以下	20以上

注) コンクリート標準示方書 施工編 27.2.6 [解説](2)より、高性能減水剤等を使用した高い流動性を示す配合や、非常に粘性は高いがかなり長時間にわたって当初の流動性を維持する配合が出現している。そのため、従来最適と考えられてきた流下時間の値の中から逸脱する場合も出てきており、一律に流下時間の値を規定しないこととした。したがって、使用するPCグラウトの性状に最も適した流下時間の範囲はあらかじめ試験により求め、施工中は常にPCグラウトの性状がその幅の範囲に入るように管理を行わなければならない。ただし従来タイプの減水剤を用いた従来の配合で、JAロートを用いて測定した流下時間は15秒~30秒の範囲とする。

2.2 PCグラウトの材料

PCグラウトの材料選定にあたっては、緊張材に対する腐食物質の影響は鉄筋に対するより鋭敏であることに留意しておく必要があります。このグラウトの材料にはセメント、水、混和剤等があります。

(1) セメント

セメントはJIS R 5210 に適合する普通ポルトランドセメントか早強ポルトランドセメントが使用できますが、早強ポルトランドセメントは練上がり直後の粘性が高く、経時による粘性の変化も大きいため、通常は普通ポルトランドセメントが使用されています。セメントの品質はセメントメーカーや製造工場により微妙な差異があり、同一配合のグラウトにおいても、グラウトの粘性が異なることがあります。

(2) 水

施工編に「PCグラウトに用いる水は、PCグラウトおよび緊張材に悪影響を及ぼす物質の有害量を含んではならない」と記されています。通常グラウト用水として上水道水が多く使用されています。河川水などを使用する場合はJIS A 5308-1996「レディーミクストコンクリート」の付属書9にある「レディーミクストコンクリートの練り混ぜに用いる水」の規定(表-2)を参考にして水分中に含まれる成分が

*1 Yutaka OHTA : (株)富士ビー・エス 東京本部 技術部長

*2 Tadashi NAKASHIMA : (株)富士ビー・エス 東京本部 技術部 課長

表-2 上水道水以外の水の品質

項目	品質
懸濁物質の量	2g/L以下
溶解性蒸発残留物の量	1g/L以下
塩化物イオン(Cl ⁻)	200ppm以下
セメントの凝結時間の差	始発は30分以内、終結は60分以内
モルタルの圧縮強さの比	材齢7日および材齢28日で90%以上

規定内であることを確認する必要があります。

(3) 混和剤

PCグラウト用混和剤は所要の流動性や粘性、膨張性を確保するため減水剤や増粘剤、膨張剤が使用され、その組合せによりブリーディングタイプ、低ブリーディングタイプ(以下、従来タイプグラウトと記す)、ノンブリーディングタイプがあります。

2.3 ノンブリーディングタイプグラウト

ノンブリーディングタイプグラウト(「PCグラウト施工マニュアル(1996年)」では、ノンブリーディングタイプグラウトを混和剤ごとにノンブリーディング型グラウトとノンブリーディング・粘性型グラウトに分類していましたが、「PCグラウト施工マニュアル(1999年)(改訂版)」ではグラ

ウトの粘性(J14ロート流下時間)によりノンブリーディング・低粘性型とノンブリーディング・高粘性型に分類しています)は、減水成分に増粘剤等を加えたもので、その増粘剤の添加量により低粘性型グラウトに適した混和剤と高粘性型グラウトに適した混和剤があります。おのおの特殊アルミニウム粉末を添加した膨張タイプと、添加しない非膨張タイプがあります(表-3)。

現状では低粘性型グラウトに適した混和剤として3種類、高粘性型グラウトに適した混和剤として3種類が市販されています。

表-4に混和剤ごとの混和剤メーカーによる品質規格を示します。

(1) ノンブリーディングタイプグラウトの特徴

ノンブリーディングタイプグラウトの特徴は、

- ① ブリーディングが発生しない
- ② 増粘剤の添加によりグラウト粘性が増加する
- ③ 材料分離抵抗性の大幅な改善や経時による流動性の変化が少ない
- ④ グラウト温度により粘性が異なる

表-3 主なグラウト用混和剤

		混和剤の性能	名称	主成分	形態	使用量(C%)	補足説明	タイプ
低粘性型に適した混和剤	非膨張型	ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	ボゾリス GF-1700	高縮合トリアジン系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	粉末	1.0	アルミニウム粉末を含まないが、収縮がほとんどない(-0.5%~0%)。	プレミックスユニットタイプ
		ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	MPG-N	メラミン系高性能減水剤 セルロース系増粘剤 遅延剤	粉末	ポルトランドセメントにプレミックス	アルミニウム粉末を含まないが、無収縮である。	プレミックス
		ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	バリック GS	変性メラミン水溶性ポリマー 水溶性セルロースエーテル化合物	粉末	1.0	アルミニウム粉末を含まないが、収縮がほとんどない(-0.5%~0%)。	プレミックスユニットタイプ
高粘性型に適した混和剤	膨張型	ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	ボゾリス GF-1700A	高縮合トリアジン系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物 特殊アルミニウム粉末	粉末	1.0	CF-1700と同性能を有する。 特殊アルミニウム粉末の使用で膨張開始時間を遅延。	プレミックスユニットタイプ
		ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	ボゾリス GF-1720	高縮合トリアジン系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物	粉末	1.0	アルミニウム粉末を含まないが、収縮がほとんどない(-0.5%~0%)。	プレミックスユニットタイプ
	非膨張型	ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	MPG-H	メラミン系高性能減水剤 セルロース系増粘剤 遅延剤	粉末	ポルトランドセメントにプレミックス	アルミニウム粉末を含まないが、無収縮である。	プレミックス
		ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	コンベックス208 ネオT	メラミン系高性能減水剤 増粘剤	粉末	1.0	アルミニウム粉末を含まないが、収縮がほとんどない(-0.5%~0%)。	プレミックスユニットタイプ
		ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	ボゾリス GF-1720A	高縮合トリアジン系化合物 水溶性高分子エーテル系化合物 特殊アルミニウム粉末	粉末	1.0	CF-1720と同性能を有する。 特殊アルミニウム粉末の使用で膨張開始時間を遅延。	プレミックスユニットタイプ
膨張型	ノンブリーディングタイプ 高性能減水型	コンベックス208 ネオEX	メラミン系高性能減水剤 増粘剤 アルミニウム粉末	粉末	1.0	アルミニウムの粉末で膨張性状を付与。	プレミックスユニットタイプ	

表-4 ノンブリーディングタイプグラウトの品質規格

表中は各メーカーのカタログ数値を示す

		名称	ブリーディング率(%)	膨張率(%)	粘性(J14ロート)(流下時間)	水セメント比	圧縮強度
低粘性型に適した混和剤	非膨張型	ボゾリスGF-1700	0	-0.5~0.0	3秒~10秒	45%以下を標準とする	30N/mm ² 以上
		MPG-N	0	0.0~0.5	4秒~10秒	水/MPG=40%を標準	30N/mm ² 以上
		バリックGS	0	-0.5~0.0	4秒~10秒	45%以下を標準とする	30N/mm ² 以上
高粘性型に適した混和剤	膨張型	ボゾリスGF-1700A	0	0.0~5.0	3秒~10秒	45%以下を標準とする	30N/mm ² 以上
		ボゾリスGF-1720	0	-0.5~0.0	5秒~12秒	45%以下を標準とする	30N/mm ² 以上
	非膨張型	MPG-H	0	0.0~0.5	6秒~12秒	水/MPG=40%を標準	30N/mm ² 以上
		コンベックス208ネオT	0	-0.5~0.0	8秒~12秒	45%以下を標準とする	20N/mm ² 以上
		ボゾリスGF-1720A	0	0.0~5.0	5秒~12秒	45%以下を標準とする	30N/mm ² 以上
コンベックス208ネオEX	0	10以下	8秒~12秒	45%以下を標準とする	20N/mm ² 以上		

が挙げられます。

従来タイプグラウトに比べグラウトの粘性が増加し、ダクト内でのグラウトの流動状態が改善されます。

ノンブリーディングタイプグラウトの特徴である粘性を測定する方法に回転粘度計（たとえばB型粘度計：写真-1）とJ14ロートがあります。

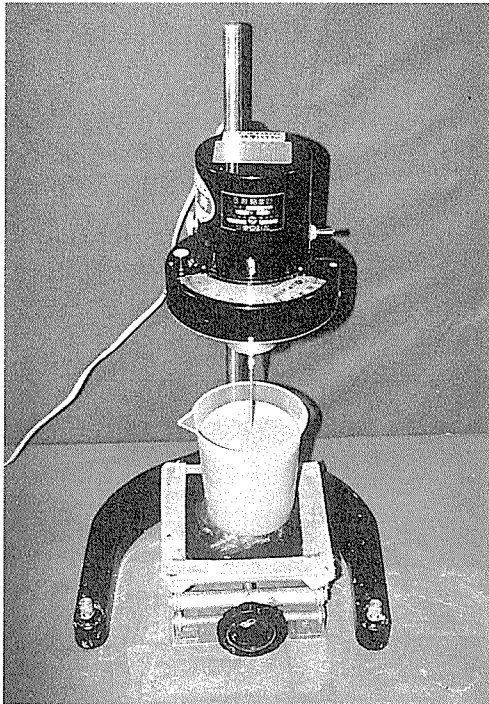


写真-1 B型粘度計

(2) グラウト温度と粘性

ノンブリーディングタイプグラウトの粘性はグラウト温度に影響を受けるので、グラウト温度ごとの粘性（B型粘度計により測定）およびJ14ロートの流下時間を測定し、相関を調べました（図-1～3）。

測定結果より、次の特徴が挙げられます。

- ① グラウト温度が上がり（下がり）ば、B型粘度計測定値は低下し（上昇し）、J14ロート流下時間は短く（長く）なります。
- ② グラウトの粘性はグラウト温度により変化し、グラウト温度が高い（低い）ほど粘性は下がり（上がり）ます。
- ③ J14ロート流下時間はB型粘度計測定値と相関があり、グラウトの粘度を表していると考えられます。
- ④ 混和剤ポリスGF-1720（以下、GF-1720と記す）、MPG-H、パリックYM141（開発中：以下、YM141と記す）を使用したグラウトでは、グラウト温度とB型粘度計測定値およびJ14ロート流下時間の間には高い相関が認められますが、コンベックス208ネオT（以下、CB208ネオTと記す）を使用したグラウトについては、グラウト温度ごとのB型粘度計測定値は温度が上がれば粘性が増加傾向にあり、GF-1720等を使用したグラウトの相関と異なる相関となっています。CB208ネオTを使用した

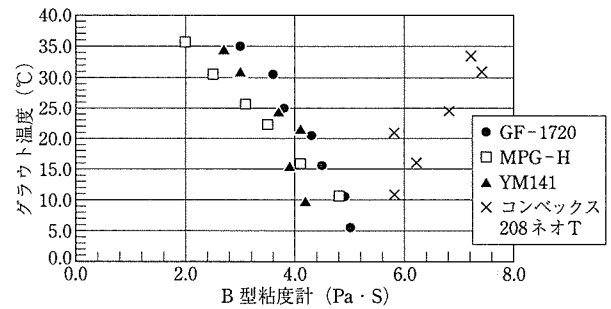


図-1 グラウト温度とB型粘度計

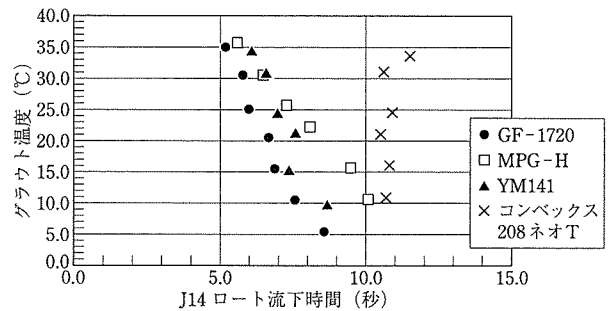


図-2 グラウト温度とJ14ロート流下時間

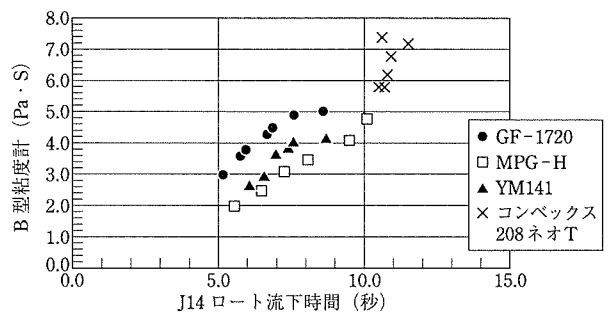


図-3 B型粘度計とJ14ロート流下時間

グラウトの粘性はグラウト温度の影響が少ないのが特徴です。

(3) グラウトの水セメント比と粘性

高粘性型グラウトに適した混和剤の中で、多く使用されているGF-1720を使用したグラウトの水セメント比は45%以下を標準としており、現場では通常 $W/C=45\%$ で配合されています。グラウト温度5℃、10℃、20℃、30℃、35℃で水セメント比を変えて粘性がどのように変化するか、B型粘度計とJ14ロートにより測定しました（図-4）。

測定結果より、次のことが分かりました。

- ① GF-1720を使用したグラウトの粘性は水セメント比と高い相関があります。
- ② GF-1720を使用したグラウトの粘性を上げるには次の方法があります。
 - ・水セメント比を小さくする方法
 - ・グラウト温度を下げる方法
- ③ GF-1720を使用したグラウトの経過時間に伴うJ14ロート流下時間の変化（図-5）は、水セメント比45%の場合に比べ若干大きくなります。

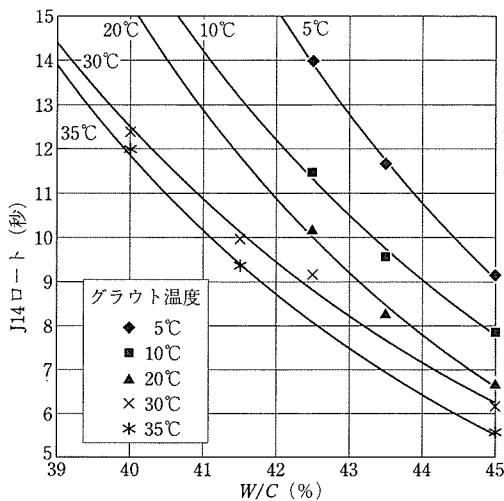


図-4 グラウト温度ごとのW/CとJ14フロー下時間 (FG-1720)

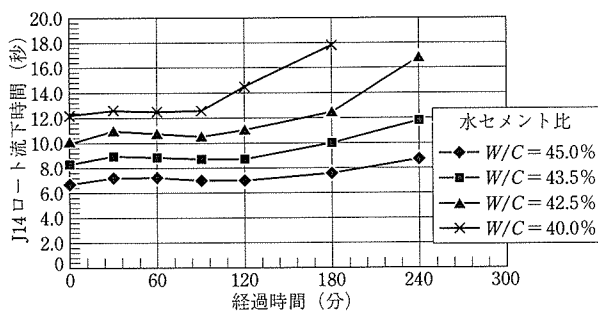


図-5 経過時間とJ14フロー下時間の関係 (グラウト温度20°C)

2.4 グラウト注入試験

PCグラウトの品質試験、施工性確認試験や充填確認試験は発注者や混和剤メーカー、PC建協などで過去数多く実施されており、PC建協においてもノンブリーディンググラウトに移行するための基礎的な確認試験を行っています¹⁾。

ノンブリーディング型グラウト (使用混和剤 GF-1700, CB208ネオT) の注入試験²⁾、ノンブリーディング・粘性型グラウト (使用混和剤GF-1720, CB208ネオT) の注入試験³⁾、グラウト (使用混和剤 GF-1720, CB208ネオT) 注入状況確認試験⁴⁾により次のことが分かりました。

- (1) ノンブリーディング・低粘性型グラウト
 - ① ブリーディング水が発生しない。
 - ② 空隙面積 (空隙率) の大きいダクト (12S12.7シースφ65など) では、下り勾配部に残留空気が発生する (従来タイプと同様に排気口が必要、図-6)。
 - ③ 空隙面積 (空隙率) が小さく水平配置されたダクト (横締めシングルストランドなど) では、全断面を満たしながらの注入が可能です。
 - ④ 従来タイプグラウトに比べ注入圧力が若干高くなります。しかし従来タイプグラウト同様の注入が可能です。
- (2) ノンブリーディング・高粘性型グラウト
 - ① ブリーディング水が発生しない。
 - ② グラウト温度による粘性の変化が大きい (ただし、CB208ネオTは除く)。
 - ③ 経過時間によるグラウトの粘性の変化が小さい。凝

結開始時間が長くなっているため、長時間注入が可能となりました。

- ④ 水に溶解難い (写真-2) ので排出口側のグラウト濃度が注入側と同じになるまでの排出量は少なくて済みます。
- ⑤ 一般のケーブルの曲げ下がり部において、ほとんど先流れせず、残留空気の発生もほとんどありません。「一般のケーブル」とは、ケーブルシステム12S12.7mm (シースφ65mm)、ケーブル角度15度以下を想定しています。

図-7に粘性の小さいグラウトと粘性の大きいグラウトの下り勾配部における流下状況を示します。

- ⑥ 従来タイプグラウトに比べ粘性が大きく、注入圧が高くなり施工機械や、グラウトホース径、ノズルの接続具等の改良が必要です。

グラウトをダクト内に充填するには、下り勾配部でグラウトの先流れによる残留空気を発生させないことです。残留空気の発生が少ない高粘性型グラウトを注入することは

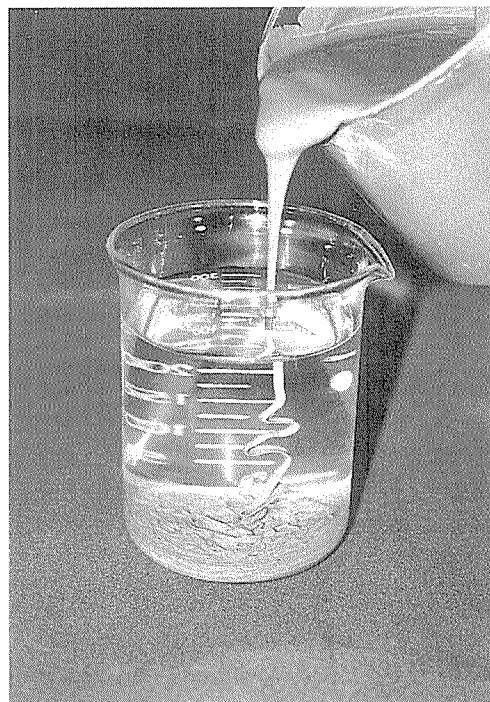


写真-2 水中でのグラウト流下状況 (GF-1720)

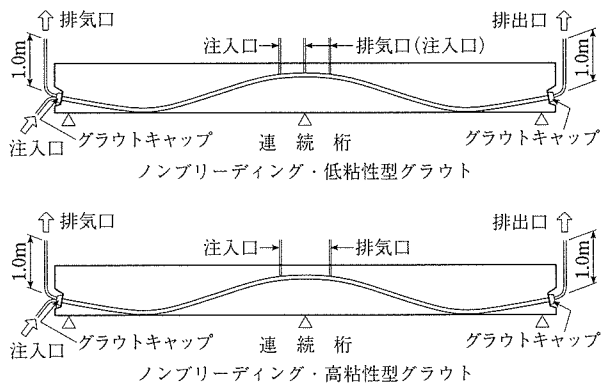


図-6 中間支点上における排気口の設置

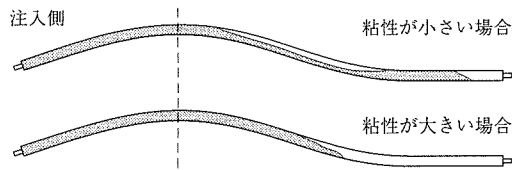


図-7 グラウト粘性による流動状態

もちろんですが、現場施工においては材料やグラウト温度のばらつきによりグラウトの粘性が変化することもあり、残留空気が発生したとしても排出できるように、下り勾配の肩に排気口を設けることが重要です(図-6)。

2.5 ノンブリーディンググラウトの配合、練混ぜ、注入

(1) 配合

GF-1720の標準配合例を示します(表-5)。

表-5 GF-1720標準配合

水セメント比 W/C (%)	GF-1720の使用量 (C×1%)	水 W (kg)	セメント C (kg)	GF-1720 (kg)
45	1.0	45	100	1.0

(2) 練混ぜ

ノンブリーディング・低粘性型グラウトはミキサーの回転数750rpm以上、ノンブリーディング・高粘性型グラウトはミキサーの回転数1000rpm以上で練り混ぜます。材料投入順序と練混ぜ時間は混和剤で異なり、GF-1720とCB208ネオTの例を示します。

● GF-1720

水→GF-1720→セメント→練混ぜ

材料投入後3分間練り混ぜる

● GB208ネオT

水→セメント→練混ぜ→CB208ネオT→練混ぜ

セメント投入後3分間練り混ぜる

CB208ネオT投入後3分間練り混ぜる

(3) 実橋での注入例

高粘性タイプグラウトCB208ネオTは、粘性が高いことや練混ぜ時間が長いことなどから、注入実績は少ない。残留空気の発生防止の観点からは推奨できるタイプであり、ミキサーの改良や混和剤の改良を行い練混ぜ時間を短縮する必要があります。

実橋でノンブリーディング・高粘性型グラウトCB208ネオTを使用した注入例を示します(表-6)。

各接続部での圧力は単位長さあたりの圧力により試算することができます⁵⁾。

2.6 品質管理

品質管理は、5項目について行い、その制限値は「コンクリート標準示方書」や「PCグラウト施工マニュアル(1999)(改訂版)」、混和剤メーカーのカatalogを参考とし、測定方法は「コンクリート標準示方書 規準編」によります。

- ① 流動性の管理：J14ロート流下時間により管理します。
- ② 膨張率およびブリーディング率：ポリエチレン袋を用いて測定します。
- ③ 圧縮強度：φ5cm×10cmの円柱供試体によります。
- ④ 塩化物含有量：測定方法には次の方法があります。

表-6 CB208ネオTを使用した注入例
実橋の注入条件

	Y橋の例	T橋の例
構造形式	4径間連結ボスステンションT桁橋	8径間連続中空床版橋
桁長(m)	31.952	190.725
使用ケーブル	12S12.7(フレシネー工法)	12S12.7(SEBE工法)
シース径(mm)	φ65	φ65
空隙面積(mm ²)	2133.8	同左
空隙率(%)	64.3	同左
注入長(m)	32	約101.5, 約97.1
グラウトホース径(mm)	15	19
ポンプホース径(mm)	25	25
グラウトキャップ	未使用	使用
流量計	チャート式	チャート式

注入実績

	Y橋の例	T橋の例
グラウト温度(℃)	23	27~33
J14ロート流下時間(秒)	11.5	8.3~10.8
注入圧(MPa)	1.41~2.43	1.3~2.5
注入量(l/分)	10.79~19.21	15.5~23.5
注入時間(分)(ケーブル1本あたり)	平均5	平均55

- 実際に使用するセメントを、グラウト配合の水セメント比で水と練り混ぜ、その試料により測定し、この値に使用する混和剤の品質成績書の測定値を加えて算出する方法
 - 使用するすべての材料の品質成績書により算出する方法
 - ろ液を抽出して測定する方法
 - グラウトを水で希釈して測定する方法
- 誌面の都合上、試験方法の詳細については省略します。

3. シース

PC技術開発の黎明期においては、薄鉄板を板金作業で丸めただけの単純なシースなどが使用されていましたが、昭和30年代初頭には、帯鉄板から螺旋管を造る技術を応用し現在の鋼製シースの原型が出来上がりました。

一方、近年塩害に対するPC構造物の耐久性向上を目指した非鉄シースの開発が進められ、最近では塩害対策としての使用とは別に、二重防食の観点から使用される例も増えてきました。ここでは、内ケーブル用シースに着目し、鋼製シースの現状と非鉄シースの性状やその使用動向について概説いたします。

3.1 鋼製シース

現在、一般的に使用されている鋼製シースは厚さ0.2mm~0.4mm程度の薄鉄板で作られており、表面にリブを有するスパイラル状のものがほとんどで、大きな可撓性を有するものや、PC鋼材の後挿入にも耐えられるように補強したものなど、用途にあった選択が可能となっています。

このシースに関して、施工編では、「シースはコンクリートを打ち込む前の作業中に踏みつけられたり、振動機その他の工具に打ち当てられることなどがあるので、これに対して抵抗できる程度の強さがなければならない。また、打ち込まれたコンクリートによる圧力に対しても、その形状

を確保でき、コンクリート中のセメントペーストが、内部に入り込まないことを確かめなければならない」としており、以下に示す2試験について規定しています。

(1) 試験 I

以下に示す2種類の試験で使用した供試体に対し、図-8に示すように水セメント比50%のセメントペーストを注入した後30分間セメントペーストの漏れがないことを確認。

① 局所的な外力に対する抵抗力試験

シース内径の0.8倍の直径を有する丸鋼を挿入した供試体の中央に直径9mmの丸鋼で1kNの荷重を短時間載荷し目視により有害な損傷がないことを確認(図-9)。

② 等圧外力に対する抵抗力試験

スポンジを介した載荷板で $P=100\pi D^2$ (N) の荷重を10分間載荷した供試体に対し、目視により有害な損傷がないことを確認(図-10)。

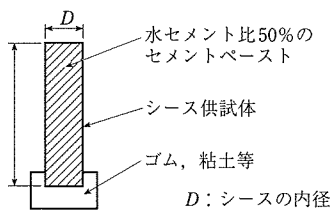


図-8 シースの試験方法①

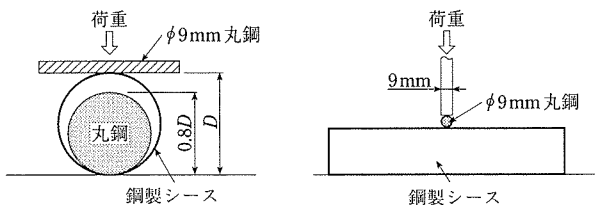


図-9 局所的な外力に対するシース供試体

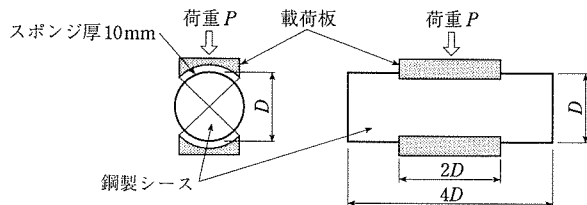


図-10 等圧外力に対するシース供試体

(2) 試験 II

図-11に示すように曲率半径をシース内径の30倍に曲げたシース供試体に水セメント比50%のセメントペーストを注入しセメントペーストの漏れがないことを確認。

現在使用されている鋼製シースは、これらの試験を十分に満足したものであり、さらに近年では耐久性向上の観点から溶融亜鉛メッキにより防錆したシースも多用されています。

3.2 非鉄シース

(1) PEシースの開発

平成3年度に鋼製シースに替わる耐腐食性能の高い非鉄シースの実用化に向けて、市販の地中埋設電線管「波付硬質ポリエチレン管 (FEP管)」を使用した基礎的試験が実施さ

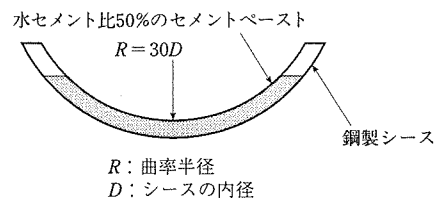


図-11 シースの試験方法②

れ、シースとしての実用化に支障がないことがPC建協で確認されました。さらに平成5~6年度にわたり、建設省土木研究所化学研究室の指導のもとに、実用品としてのPC鋼材用のポリエチレン製シースを新規に開発試作し試験研究が行われています。

この試験については「ポリエチレン製シース実用化試験報告書 平成7年9月 (PC建協)」に報告されており、その概要を以下に示します。

① 試作シースの形状寸法と材料特性

主桁縦締め用シース(φ65)と横締め用シース(φ38)の2種類について鋼製シースの形状等を考慮して試作開発されました(図-12、写真-3)。

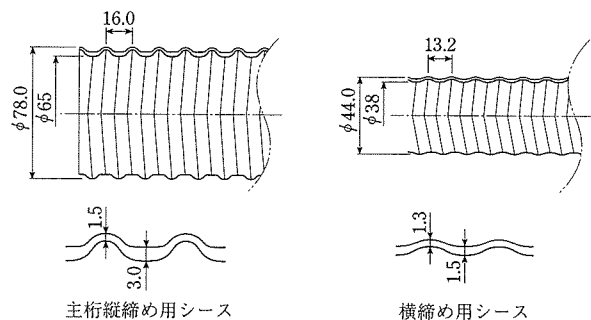


図-12 シースの形状寸法

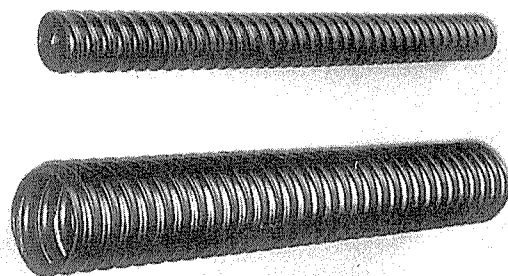


写真-3 シース外観

非鉄シース材料はポリエチレンとし、その材質は高密度ポリエチレンが選択されました。この材料特性を表-7に示します。

② 試作PEシースの品質試験

試作シースの品質試験として、前出の「コンクリート標準示方書」に規定された2試験が実施され、いずれも問題がないことが確認されています。とくにポリエチレン材の特性から、加力試験においては復元性が確認でき鋼製シースに対する使用上の優位性が認められました。

表-7 材料特性

項目	特性	備考
密度 (g/cm ³)	0.942以上	JIS K-6760
引張強さ (kgf/cm ²)	200以上	JIS K-6760
引張破断伸び (%)	300以上	JIS K-6760
脆化温度 (°C)	-60	JIS K-6723
熱膨張率 (deg ⁻¹)	1.0×10 ⁻⁴	ASTM D-696
引裂強度 (kgf/cm ²)	170	ASTM D-1004
加熱老化抗張力残率 (%)	80以上	JIS K-6723 100°C×120H
耐環境亀裂性 (hr)	200以上	modified ASTM D-1693-60

③ 押抜きせん断試験

PEシースの付着性能(グラウトとシースおよびシースとコンクリート)を確認すべく、鋼製シースおよびPEシースを配置した供試体において、シース内のグラウトを押し抜き、荷重と変位量の関係が比較されています。結果は、ほぼ一致し鋼製シースと同程度の付着性能を有することが確認されています(図-13)。

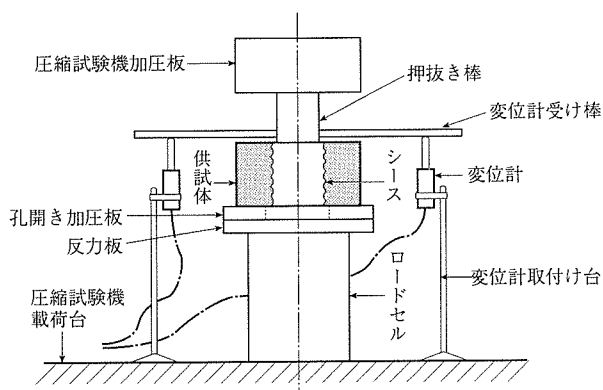


図-13 押抜き装置概念図

④ 温度変化によるひび割れ試験

ポリエチレンはコンクリートに対し線膨張係数が10倍ほど高く、温度変化による影響が懸念されました。蒸気養生により強制的にコンクリート温度を上げ、6ヵ月間の観察が行われていますが、ひび割れの発生は認められていません。

⑤ 実物大PC桁試験

比較試験用としてPEシースと鋼製シースをそれぞれ配置した2本の実物大供試体(桁長20.7m×桁高1.24m)が作成され、以下の項目について確認が行われています。

(a) 施工性確認試験

シース配置作業に関わる施工性の確認試験が行われており、良好な結果が得られています。

(b) 摩擦係数測定試験

(社)日本道路協会「コンクリート道路橋施工便覧」に準じPC鋼材との摩擦係数が測定されました。この結果を表-8に示します。

表-8 摩擦係数測定結果

ポリエチレン製シース(A)	鋼製シース(B)	比率 (A)/(B)
0.114	0.178	0.640

摩擦係数は鋼製シースに比べ低く、緊張時のロスが少ないという結果が得られています。

(c) ひび割れ挙動比較試験

両供試体に静的荷重を行い、破壊に至るまでの状況と、そのひび割れ発生挙動の比較が行われました。この結果、ひび割れの発生分布状況は、鋼製シースを用いた方がその密度はやや高いものの差異は少なく、ひび割れ発生荷重、破壊荷重ともに大きな差異は認められていません。

(d) グラウト充填性確認試験

最終的に供試体は解体され、おのおののシース原形を取り出し、これらを切り開いて目視による観察が行われています。この切断調査により、グラウト充填が良好であることが確認されています。

(e) すり減り抵抗試験

切断調査では、緊張時のPC鋼材によるシースのすり減り抵抗性についても観察が行われており、結果はいずれも軽微なすり減り傷跡しか確認できず、このクラスの鋼材容量では問題ないとしています。

(2) 最近の動向および課題

非鉄シースとしてのPEシースの適用性については、先の「ポリエチレン製シース実用化試験報告書」により、おおむね確認されたものと考えられます。しかし、これまでのPEシースの品質管理および検査に関する規定が、従来の鋼製シースを意識したものであることなどから、PEシースの特性に配慮した検査規定を作成することが必要であると考え、平成10年度より「非鉄シース」としての性能を再整理し、外国基準との整合性も考慮された試案がPC建協より出されています。なお、これらの詳細は本誌 Vol.41, No.6にて報告されているので参考にしてください。

最近では、PEシースの使用実績も増加しつつあり、塩害対策の一手法とは別に、グラウトの信頼性を高める意味での適用も試験的に実施されています。日本道路公団で実施された6橋程度の試験施工実績によれば、PEシースはその材料特性から適度な硬さと復元性を有するため、鋼製シースに比べ施工の確実性は向上し、グラウト注入作業時においてもとくに不具合はありません。

また、本試験施工におけるPC鋼材との摩擦係数の測定結果や、海外の実績から判断すると、鋼製シースに比べPEシースの摩擦係数は小さいことが推測できます。今後実績が増加し、PEシースの摩擦係数の基準値が設定可能となれば、PC鋼材の減少に伴うPC構造物のコスト低減に資するものとも考えられます。したがって、さらに継続的な調査を行っていく必要があるものと考えます。

fib基準⁶⁾によれば、非鉄シース材料をプラスチック材料として大きく捉え、とくにポリエチレンのみとはしていません。現実には、わが国で市販されている非鉄シースのシステムを見ると、本体部分はポリエチレン製としていますが、ジョイントシースやグラウト注入排出口、定着具との接続シースは、必ずしもポリエチレン製とはなっていません。接着や整形の容易さから硬質塩化ビニルやポリプロピレン等の使用も有効であり、これらの材料についても今後基準等の整理を行っていく必要があり、また、シース単位

としての機能のみでなく、定着具との接続やグラウトの注入排気口などを含むシースシステムとして、より合理的なものになるような開発が必要と考えます。

4. おわりに

ノンブリーディングタイプグラウトへ全面的に移行し、2年6ヵ月が経過し順調に施工されています。今後更なる混和剤の改良やノンブリーディングタイプグラウトに適したミキサーの開発、およびポンプや接続具、グラウトキャップなどの改良も必要と考えられます。

PEシースは、塩害地区のPC橋などで実績を積んでおり、PC構造物の耐久性を向上させるために、グラウトとともに使用するPC鋼材に対する二重防食材料として普及していくものと思われ、PEシースの要求性能や試験方法の確立が急

がれています。

参考文献

- 1) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会耐久性委員会：ノンブリーディンググラウトへの移行について、プレストレストコンクリート，Vol.40，No.3，pp.71～72，1998
- 2) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部：グラウト注入試験報告書，1995.3
- 3) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会耐久性委員会：グラウト注入試験報告書，1998.12
- 4) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会耐久性委員会：PCグラウト施工マニュアル(改訂版)，付表-5グラウト注入状況確認試験結果，1999.11
- 5) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会耐久性委員会：グラウト施工マニュアル，pp.84～89，1996
- 6) fib 第9委員会：Corrugated Plastic Duct for Internal, Bonded Post-Tensioning <Final Draft> Status 1999.10

【1999年10月26日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

PPC構造設計規準(案)

外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法 設計施工規準(案)

プレストレストコンクリート橋の耐久性向上 のための設計・施工マニュアル(案)ー抜粋ー

(平成8年3月)

頒布価格：3点セット 5 000円 (送料 500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会