

第8回 PC グラウトとシーース

講師：天谷 公彦*

1. はじめに

昭和28年(1953年)に、わが国で初めてのポストテンション方式の道路橋である「十郷橋」が架橋されてから60有余年が経過しています。その間、PCグラウトの新材料の開発や施工方法の改善、シーースの空隙率の見直し、鋼製シーースの改善や新材料によるシーースの開発が進められてきました。

PCグラウトでは、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、プレストレスト・コンクリート建設業協会では、平成9年4月よりノンブリーディングタイプのPCグラウトを標準としました。一方シーースにおいては、1994年にプラスチック材のうち高密度ポリエチレンを使用したポリエチレン製シーース(以下、PEシーース)が開発され、現在では東北地方整備局の凍結抑制剤が散布される路線、沖縄県、高速道路各社および鉄道会社の一部が発注するプレストレストコンクリート橋(以下、PC橋)にて、PEシーースの使用が標準化されています。

本稿では、近年使用されているPCグラウトおよびシーースの現状や特徴、動向などについて概説します。

2. PC グラウト

2.1 PC グラウトの目的と品質

土木学会「コンクリート標準示方書 施工編¹⁾」(以下、施工編)では、PCグラウトの目的を「PCグラウトは、品質のばらつきが少なく、ダクト内を充填してPC鋼材を被覆し、鋼材を腐食させないよう保護するとともに、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。」と記しています。また、プレストレストコンクリート工学会「PCグラウトの設計施工指針-改訂版²⁾」(以下、PCグラウト指針)においても、PCグラウトの保有すべき性能として「PC鋼材を腐食から保護する性能」と「部材コンクリートとPC鋼材を一体化する性能」の2項目を規定しており、施工編と同様の性能を求めています。

ここでは、これらの性能を満足するための材料、照査指標と照査方法、PCグラウトの配合と求められる品質などについて概説します。

2.2 PC グラウトの材料

PCグラウトが所要の性能を満足するためには、セメント、水、グラウト混和剤あるいはプレミックス材(セメントや混和材などの結合材と化学混和剤をプレミックスした製品)に適切な材料を用いる必要があります。

(1) セメント

PCグラウトに用いるセメントは、JIS R 5210に適合するものを用いることを標準としており、一般には普通ポルトランドセメントが多く用いられています。

2003年にJIS R 5210ポルトランドセメントが改定され、普通ポルトランドセメントに含まれる塩化物イオンの上限値が200ppmから350ppmに緩和されました。これに伴い、PCグラウト中の塩化物イオン含有量が当時の制限値である0.30kg/m³を超過する可能性が生じたため、この対応として早強ポルトランドセメントや高炉セメントが用いられました。その後、2005年にPCグラウト指針にて、2007年には施工編にて、PCグラウト中の塩化物イオン含有量の制限値をセメント質量の0.08%以下とすることが規定されました。現在では、これらの改定を受けてポルトランドセメントの使用が標準となっています。

(2) 水

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を有害量含んでいてはならないこととしています。一般的には、飲用に適した上水道が用いられることが多く、上水道以外の河川水、湖沼水、井戸水、地下水、工業用水などを用いる場合には、JIS A 5308レディーミクストコンクリート付属書Cに規定される品質に適合する水を用いることとしています。

(3) プレミックス材およびグラウト混和剤

PCグラウトには、体積変化やブリーディングを抑制することを目的として、プレミックス材やグラウト混和剤が用いられています。現在、施工編やPCグラウト指針では、ノンブリーディングタイプのPCグラウトの使用を標準としており、市販されているプレミックス材およびグラウト混和剤もノンブリーディングタイプのみとなっています。また、過去にはアルミニウム粉末を添加した膨張タイプのグラウト混和剤も使用されていましたが、水素ガスの発生による膨張性を利用しておりPC鋼材への水素脆化の影響

* Kimihiko AMAYA : (株)日本ビーエス 技術本部 研究開発グループ グループ長

が懸念されることから、現在は非膨張タイプのPCグラウトが標準となっています³⁾。

プレミックス材は、グラウト混和剤タイプと比較してコストはアップしますが、現場で手配するセメントの品質の影響を受けないことや、製品の質量の管理が実施されていることなどから、練混ぜ時の水粉体比の配合誤差が小さく、品質の安定性の点で優れています。プレミックス材の主要成分は、セメント、混和材、収縮低減剤、高性能減水剤、増粘剤などからなり、その種類や構成比率は製造会社によって異なります。粘性による分類も高粘性型、低粘性型、超低粘性型が市販されており、施工条件(ダクトの空隙率、配置角度、長さや注入口・排気口・排出口の位置など)や施工方法を考慮し、最適なタイプを選定する必要があります。現在市販されているプレミックス材を表-1に示します(PCグラウト指針に加筆)。

表-1 プレミックス材

粘性タイプ	プレミックス材の名称	主成分	製造会社
高粘性型	マスターフロー 818	・メラミンスルホン酸系化合物 ・水溶性高分子エーテル系化合物 ・特殊水溶性高分子ポリマー ・普通ポルトランドセメント	BASF ジャパン (株)
高粘性型～低粘性型	エッセイバー PC	・ポリカルボン酸系高性能減水剤 ・セルロース系増粘剤 ・アルコール系消泡剤 ・石膏系収縮低減剤 ・高炉セメント B 種	日鉄住金 高炉セメント (株)
低粘性型	マスターフロー 816	・メラミンスルホン酸系化合物 ・水溶性高分子エーテル系化合物 ・特殊水溶性高分子ポリマー ・普通ポルトランドセメント	BASF ジャパン (株)
超低粘性型	ハイジェクター (Premix-AD)	・メラミン系高性能減水剤 ・セルロース系増粘剤 ・無機系分離抑制剤 ・特殊混和剤 ・普通(早強)ポルトランドセメント	太平洋 マテリアル (株)

グラウト混和剤は、セメント質量に対して1.0%程度使用する混和剤タイプがあり、高粘性型と低粘性型が市販されています。これらの混和剤の主要成分は高性能減水剤と増粘剤からなり、適度な流動性と粘性を付与しています。現在市販されている代表的なグラウト混和剤を表-2に示します(PCグラウト指針に加筆修正)。

表-2 グラウト混和剤

粘性タイプ	グラウト混和剤の名称	膨張性	主成分	製造会社
高粘性型	マスターフロー 152	非膨張	・メラミンスルホン酸系化合物 ・水溶性高分子エーテル系化合物	BASF ジャパン(株)
低粘性型	マスターフロー 150	非膨張	・メラミンスルホン酸系化合物 ・水溶性高分子エーテル系化合物 ・特殊水溶性高分子ポリマー	BASF ジャパン(株)

2.3 PCグラウトの設計

PCグラウトが保有すべき性能を確保するためには、塩化物イオン含有量、圧縮強度、有害となる残留空気の有無の3つの指標を照査することにより所要の性能を満足していることを確認する必要があります。

これらの照査指標のうち、塩化物イオン含有量と圧縮強度はPCグラウトの材料のみに関する項目であり、評価方法や判定基準も明確です。一方、有害となる残留空気の有無に関しては、構造・材料・施工における多くの要素が相互に関連し、簡易に判定する手法が確立されていません。

これまでの実績から、有害となる残留空気はPCグラウトの先流れ現象やブリーディング、注入時の巻込みなどによって発生し、とくに勾配を有するダクトの頂点付近に溜まりやすい傾向にあることが分かっています。先流れによる残留空気の発生メカニズムを図-1に示します。この対応として、ブリーディングが発生しないPCグラウトを使用するとともに、粘性が大きく先流れが生じない材料を用いるか、先流れが生じた場合でもダクト内の適切な位置に中間排気口を設け、有害となる残留空気を排出する必要があります。中間排気口を設置して残留空気を排出している状況の一例を図-2に示します。

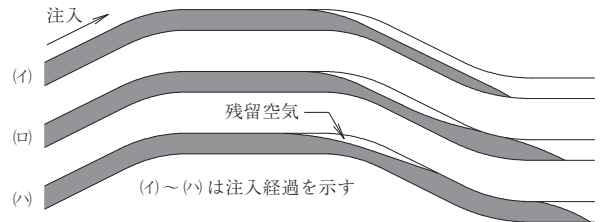


図-1 先流れによる残留空気の発生メカニズム¹⁾

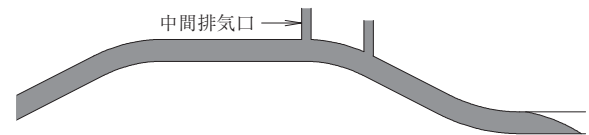


図-2 中間排気口の設置による残留空気の排出例

これらのことから、有害となる残留空気の有無に関する照査では、原則として実際の諸条件を再現した実物大試験により充填状況を確認し、「ダクトの配置、空隙率および注入方向」、「PCグラウトの流動性と注入流量」、「注入口、排気口、排出口の位置」を設定するとともに、「注入圧力の確認」を行うこととしています。ただし、過去の実物大試験や実施工の実績データにて良好なPCグラウトの充填が確認された組合せにおいては、実物大試験を省略することが可能です。参考として、PCグラウト指針に示されているPCグラウトのダクト内の流れに及ぼす要因とその傾向を表-3に、良好なPCグラウトの充填が確認されている組合せパターンを表-4に示します。

表-3 PCグラウトの各要因が流れに及ぼす影響²⁾

要因	ダクト内の流れに及ぼす影響		備考
	注入圧力	先流れのしやすさ	
空隙率	小さい程大	大きい程大	空隙率が小さい場合、シース長が長いケーブルへの適用が困難
ダクトの配置角度	上り勾配が大きい程大	下り勾配が大きい程大	上り勾配では先流れしない
PCグラウトの流動性	粘性が高い程大	粘性が低い程大	ケーブル長が長い場合、粘性が低い方が注入圧力の上昇を抑制できる
注入量	多い程大	少ない程大	下り勾配では、注入流量が少な過ぎると先流れしやすくなる

表 - 4 PC グラウトの充填性が確認されている組合せ²⁾

鋼材種別	PC 鋼材の種類	シース径 (mm)	空隙率 (%)	下り勾配 (°)
縦締め鋼材	7S12.7	55	71	5, 10, 15
		65	64	5, 10, 15
	12S12.7	70	62	5, 10, 15
		75	62	5, 10, 15
12S15.2	80	67	0, 5, 9, 10, 15, 25	
	35	68	3.5	
横締め鋼材	1S21.8	45	67	3.5
		50	59	-
鉛直鋼材	φ 32	40	36	-
		19S15.2	114	74

2.4 PC グラウトの配合と品質

PC グラウトの配合は、実物大試験または過去の実績において充填性が確認されている流動性を確保するとともに、所要の品質を満足するように定める必要があります。

PC グラウトは、水粉体比や練上がり温度により流動性などの物理的性状が変化し、水粉体比が大きくなるほど、また練上がり温度が高くなるほど、流動性は大きくなる傾向にあります。そのため、PC グラウトの配合は、施工時の環境条件および気象条件を考慮し、製造会社が定める水粉体比の範囲のなかで、注入時に所要の性能が確保できるように計画する必要があります。なお、グラウト混和剤を用いる場合は、道路橋示方書などにて PC グラウトの W/C は 45% 以下と規定されていることに留意が必要です。プレミックス材およびグラウト混和剤の配合の目安を表 - 5 に示します (PC グラウト指針に加筆修正)。

表 - 5 PC グラウト材料の配合の目安

粘性タイプ	材料タイプ	名称	気温 (°C)	レオロジー試験		配合の目安 W/P ^{3), 4)} (%)
				流下時間 ¹⁾ (Sec)	フロー値 ²⁾ (mm)	
高粘性型	プレミックス	マスターフロー 818	5~35	23~14	130~250	39~45
	混和剤	マスターフロー 152	5~35	23~14	130~250	39~45
高粘性~低粘性型	プレミックス	エッセイバー PC	5~30	35~7	240~330	29.0~33.5
			30~35			29.0~32.0
低粘性型	プレミックス	マスターフロー 816	5~35	14~6	140~260	39~45
	混和剤	マスターフロー 150	5~35	14~6	140~260	39~45
超低粘性型	プレミックス	ハイジェクター (Premix-AD)	5	6~3.5	-	37~41 (36~42)
			10			36~40 (35~41)
			20~30			33~38 (32~39)

- 1) 流下時間およびフロー値は W/P (あるいは W/C) の範囲に対応した参考値を示す。
- 2) フロー値は、修正 JASS 法 (内径 50 mm, 高さ 100 mm 容器) による。
- 3) 混和剤タイプの場合は水セメント比を示す。
- 4) 配合の目安の上段は推奨範囲、下段の () 内は使用可能範囲を示す。

PC グラウトの品質検査は、PC グラウトが保有すべき性能を満足するために、製造会社による基準試験、工事ごとの基準試験および日常管理試験の各段階にて適切に選定し実施することとしています。PC グラウト指針に記載されている品質試験項目を表 - 6 に示します。これらの品質試験項目のうち、レオロジー試験、ブリーディング率および体積変化率試験は従来の方法から変更が加えられ、材料分離抵抗性試験および単位容積質量試験が新たに追加されています。

PC グラウトのレオロジー特性を評価する試験には、流下時間測定試験およびフロー試験が規定されています。近

表 - 6 PC グラウトの品質試験項目²⁾

試験項目	試験方法	試験頻度	判定基準
塩化物イオン含有量試験	品質成績書による方法 簡易塩分測定器 ^{※1)} による方法	製造会社での基準試験 工事ごとの基準試験 日常管理試験	プレミックス材 0.30 kg/m ³ 以下 グラウト混和剤 Cx0.8 質量%以下
圧縮強度試験	JSCE-G 531	〃	材齢 7 日~28 日までに圧縮強度の平均値 (N=3) が 30 N/mm ² 以上
レオロジー試験	JSCE-F 531 (JP 漏斗) JASS 15 M-103	〃	製品ごとに定められた規格値
単位容積質量試験	JSCE-F 536	製造会社での基準試験 工事ごとの基準試験 ^{※2)} 日常管理試験 ^{※3)}	製品ごとに定められた水粉体比の推奨範囲 ± 1.5%、かつ使用可能範囲以内
材料分離抵抗性試験	JSCE-F 534 (傾斜管試験)	製造会社での基準試験	N=3 体とし、判定 a, b を合格
ブリーディング率試験	JSCE-F 535 (鉛直管試験)	製造会社での基準試験 工事ごとの基準試験 ^{※2)} 日常管理試験 ^{※3)}	N=3 体の平均値が 0.3% 以下 計測終了時点 0.0%
体積変化率試験			N=3 体の平均値が -0.5%~0.5%
PC グラウトのフレッシュ性状の温度	JIS A 1156 に準じる	製造会社での基準試験 工事ごとの基準試験 日常管理試験	

- ※1: 財団法人技術センターで技術評価に合格した簡易塩分測定器を用いることとする。
- ※2, 3: 工事ごとの基準試験および日常管理試験において、残留空気に関わる PC グラウトそのものの性質および品質を評価するためには、単位容積質量試験を実施するか、あるいはブリーディング率試験と体積変化率試験の両方を実施することとする。

年の PC グラウトの多様化に伴い、従来の流下時間測定試験のみで PC グラウトのレオロジー特性を評価することは困難なため、製造会社において PC グラウトの特性に見合ったレオロジー試験方法を選定し、規格値を設定することとしています。

材料分離抵抗性試験、ブリーディング率および体積変化率試験は、欧米の規準類を参考とし、より実状に近い試験方法が採用されています。材料分離抵抗性試験では、傾斜管試験にてブリーディング水の移動現象の有無を確認します。ブリーディング率および体積変化率試験では、PC グラウトの高さを 1.0 m とした鉛直管の中心に PC 鋼材を配置し、ブリーディングおよび沈下の有無を評価します。従来のポリエチレン袋法ではブリーディングが観察されなかった PC グラウトでも、燈芯作用によりブリーディングおよび沈下が生じることが確認されています。

単位容積質量測定試験は、練り混ぜられた PC グラウトが、ブリーディング率および体積変化率の判定基準を満足する水粉体比の範囲内であることの確認を主目的としています。そのため、単位容積質量測定試験を実施すれば、工事ごとの基準試験あるいは日常管理試験としてのブリーディング率および体積変化率試験を省略することができます。

3. シース

シースは、ポストテンション工法の PC 橋において、コンクリート内部に PC 鋼材を配置するスペースを確保し、PC 鋼材の緊張を可能にするという役割を担っています。

初期の PC 橋では、薄鉄板を板金作業で丸めただけの単純なシースが使用されていましたが、1955 年頃には帯鉄板から螺旋管を造る技術を応用して、現在の鋼製シースの原形が開発されました。以降、普通鋼板や耐食性を高めた

亜鉛めっき鋼板で製作されたスパイラルシースが広く用いられています。

1994年にはPEシースが開発され、1998年に東北地方の日本海沿岸に位置するPC橋（暮坪橋）にて採用されました。近年では、塩害地域に架橋されるPC橋や高い耐久性が要求されるPC橋、樹脂被覆されたPC鋼材を用いるPC橋にて、PEシースが用いられています。また、平成27年8月には、PEシースの使用環境の整備を目的として、プレストレストコンクリート工学会よりわが国初のPEシースに関する指針となる「PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)⁴⁾」(以下、PEシース指針)が発刊されています。

ここでは、鋼製シースの現状、PEシースの特徴と現状および動向などについて、施工編やPEシース指針の内容を交えながら概説します。

3.1 鋼製シース

3.1.1 鋼製シースの概要

現在、市販されている鋼製シースは厚さ0.25mm～0.4mm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シースが一般的に用いられています。鋼製シースには、標準型と特厚型があり、前者はコンクリート打込み前にPC鋼材を挿入する場合に、後者はコンクリート打込み後あるいはプッシングマシンを用いてPC鋼材を挿入する場合に使用されています。

3.1.2 鋼製シースの品質管理および検査

施工編では、「シースは、作業中に踏みつけられたり、パイプレータその他の工具に打ちあてられることがあるので、これに対して抵抗できる程度の強さが必要である。また、打込まれたコンクリートによる圧力によって変形することがなく、コンクリート中のセメントペーストが、内部に入り込まず、注入したPCグラウトが漏れ出さないことも重要である。」としており、表-7に示す品質検査項目により前述した性能を満足することを確認することとしています。

表-7 鋼製シースの品質検査項目¹⁾

項目	試験・検査方法	試験時期・回数	判定基準
局部外力抵抗性	JSCE-E 701	納入時	セメントペーストの漏れがないこと
等圧外力抵抗性	JSCE-E 702	〃	〃
可とう性	JSCE-E 703	〃	〃

3.2 PEシース

3.2.1 PEシースの概要

現在、国内で市販されているPEシースは、原料に高密度ポリエチレンが用いられています。高密度ポリエチレンは、ポリエチレンのなかでも剛性が高く、低温環境下でも柔軟性、耐衝撃性を有しています。また、化学物質に対して安定しており、耐水性に優れ、腐食促進物質の遮蔽効果を有しています。その一方で、熱可塑性を有しており高温時は損傷に対して敏感であるという留意点があります。

これらの高密度ポリエチレンの特徴を踏まえ、PEシース指針ではPEシースの保有すべき性能として、従来のシースの性能に加えて「腐食促進物質を遮蔽する性能」(以下、

遮蔽性能)を有することとしています。PEシースは、写真-1に示す標準部と接続部品によって構成され、接続部品には、ジョイントシース、定着具接続シース、セグメントカップラーシースがあります。PEシースは、接続部においても標準部と同等の遮蔽性能が求められるため、品質の確認された専用の接続部品を用いる必要があります。

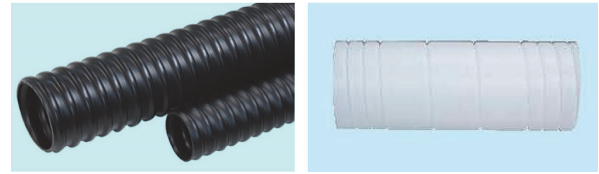


写真-1 PEシース標準部とジョイントシースの一例

3.2.2 PEシースを用いたPC橋の設計・施工上の留意点

これまでの、PEシースは単に鋼製シースの置き換えという形で使用されることが一般的でしたが、鋼製シースと異なる特徴および役割を有していますので、その性能を発揮するためにはPEシース独自の設計、施工、品質管理が求められます。PEシース指針では、とくに配慮が必要な事項として以下の(1)～(5)のことを規定しています。

(1) PC鋼材とPEシースの組合せ

PEシースは、同一内径の鋼製シースと比較して外径が大きいという特徴があり、プレキャスト桁において所定の鋼材のあきを確保すると、標準的な設計から主桁の部材厚を変更する必要がでてきます。この課題に対し、PEシース指針の制定時にPC鋼材の種類とPEシースの呼び径の組合せの見直しを行いました。その結果、一般にPC鋼材を後挿入する場合には先挿入する場合よりも5mm程度大きい呼び径のシースを使用するところを、ポストテンション方式のT桁断面やスラブ桁断面のプレキャストセグメント桁にPEシースを用いる場合は、以下の1)～3)の理由により、先挿入用の鋼製シースの呼び径と同径のPEシースを選択してよいこととしています。

- 1) プレキャストセグメント桁は製作精度が高く、PC鋼材の挿入長が比較的短いこと。
- 2) PC鋼材の挿入前にシースの変形を確認できること。
- 3) PEシース指針の制定にあたり実施した「耐圧・変形確認実験」にて、コンクリート打込み時の圧力によるPEシースの変形が問題とならないことが確認されたこと。

(2) 最小曲げ半径

PC鋼材を緊張する際、曲げ配置区間のシース壁面には、緊張力による腹圧力とPC鋼材が滑りながら移動することによるすり減り作用が生じます。一般に、曲げ半径が小さくなるほど腹圧力は大きくなるため、すり減り量も増加します。そこでPEシース指針では、表-8に示すとおりPEシースの最小曲げ半径の標準値を設定しています。

(3) PEシースの支持間隔

PEシースは、鋼製シースと比較してコンクリート打込

表 - 8 PE シースの最小曲げ半径の標準値⁴⁾

PC 鋼材種別	PC 鋼材配置方向	最小曲げ半径 (mm)
マルチストランド	主方向ケーブル ^{*1}	200D ^{*3}
シングルストランド	横締めケーブル ^{*2}	100D ^{*3}

※1 片引き長 105 m を想定した「すり減り抵抗性試験」の結果から標準値を設定
 ※2 片引き長 20 m を想定した「すり減り抵抗性試験」の結果から標準値を設定
 ※3 D: PE シースの呼び径 (mm)

み時の圧力や浮力などによる波打ちが生じやすく、過大な波打ちは PC 鋼材緊張時の摩擦係数のばらつきや、PE シースの損傷に繋がる可能性があります。そこで、PE シース指針では、以下のいずれかの方法で最大支持間隔を設定することとしています。

- 表 - 9 に示す PE シースの最大支持間隔を用いる方法。
- 試験成績書に示される PE シースの曲げ剛性を用い、コンクリート打込み時の PE シースのたわみが $L/500$ (L : 支持間隔) 以下となるような最大支持間隔を算出する方法。ただし、最大支持間隔は PE シースの呼び径の 12 倍以下とする。

表 - 9 PE シースの最大支持間隔の標準値⁴⁾

PC 鋼材種別	シース呼び径 (mm)	最大支持間隔 (mm)
マルチストランド	φ 95 未満	750
シングルストランド	-	500

(4) PE シースの接続

PE シース指針や施工編では、PE シースにシースとして保有すべき性能に加え、「遮蔽性能」を期待しています。そのため、PE シースの種類に応じたジョイントシースなどの接続部品を用いるとともに、製造会社が指定する防水テープを用いて定められた方法で接続する必要があります。PE シース相互の接続方法の一例を図 - 3 に示します。

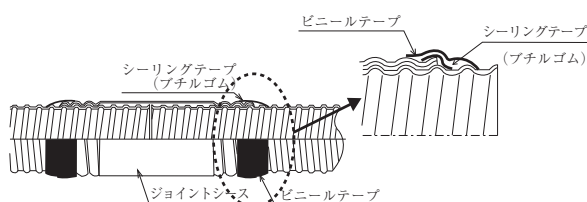


図 - 3 PE シース相互の接続方法の一例⁴⁾

(5) PC 鋼材の緊張

PE シースを用いた PC 橋の施工では、温度の影響を考慮する必要があります。とくにセメントの水和熱の影響でコンクリート温度が高い時期に PC 鋼材を緊張すると、すり減り量が増加し PE シースの遮蔽性能の低下に繋がるおそれがあります。PE シース指針では、50℃の環境下にて所要のすり減り抵抗性を有することが確認された PE シースを用いることとしています。そのため、シース周辺のコンクリート温度が 50℃を超える可能性のある PC 橋では、実施に即した温度条件で別途すり減り抵抗性試験を実施するか、過去の実績を参考にしたり実際にコンクリート温度を測定するなどして緊張作業の実施日を設定する必要があります。

3.2.3 PE シースの品質管理および検査

PE シースの受入れ時には、表 - 10 に示す項目が所要の品質を有することを確認する必要があります。具体的には、高密度ポリエチレンの原料の品質は製造ロットごとの“メルトマスフローレイト (MFR)”および“密度”にて確認します。MFR とは熱可塑性樹脂の熔融時の流動性を表す数値で、プラスチック材料の加工性能や強度の評価に用いられます。一般に、MFR の数値が小さいほど材料の分子量が大きくなり、流動性は低く、剛性はやや向上する傾向となります。

PE シースの製品としての品質は表 - 10 中の“等圧外力抵抗性”～“セグメントカップラーシースの漏れ”の各項目にて確認し、等圧外力抵抗性以外の項目は、製品開発時または形状や品質に変更がある場合に試験を行い、その品質を確認することとしています。等圧外力抵抗性試験は、PE シース指針にて新しく採り入れられた試験方法で、平板載荷によって得られたシース円環方向の曲げ剛性を用いて座屈圧力、すなわち PE シースが潰れる圧力を推定する試験です。PE シースの材料特性は、前述した 2 項目の原材料品質、寸法および等圧外力抵抗性を確認することで予測できることから、これらの項目は製造ロットごとに試験を実施して品質を確認することとしています。

表 - 10 PE シースの品質検査項目⁴⁾

項目	試験・検査方法	試験時期・回数	判定基準
メルトマスフローレイト (MFR)	JIS K 6922-2	製造ロットごと	0.4 g/10 min 未満であること
密度	JIS K 6922-1	〃	942 kg/m ³ 以上であること
等圧外力抵抗性	JPCI-A001	〃	座屈圧力が 0.075 MPa 以上であること
局部外力抵抗性	JSCE-E 704	製品開発時、形状や品質に変更ある場合	外観上損傷がないこと、水の漏れがないこと
可とう性	JSCE-E 706	〃	水の漏れがないこと
接続部の漏れ	JSCE-E 707	〃	水の漏れがないこと
曲げ特性	JPCI-A002	〃	曲げ剛性を使って算出した支持間隔が所定の値以上であること
すり減り抵抗性	JPCI-A003	〃	残留肉厚が 1.5 mm 以上であること
付着性能	JSCE-E 710	〃	最大荷重から算定した付着強度が 4.0 N/mm ² 以上であること
セグメントカップラーシースの漏れ	JPCI-A004	〃	水の漏れがないこと
寸法	ノギス、スケール等	製造ロットごと	製品形状が所定の寸法誤差範囲内であること
外観の状態	目視	〃	破れや凹み、屈曲がないこと

4. おわりに

PC グラウトの充填性は、数度にわたる材料・施工技術・試験および検査技術の改善、指針類の整備により向上しており、「PC グラウトの設計施工指針」が 2005 年に標準化されて以降、PC グラウトに関する不具合は報告されていません⁵⁾。ただし、近年では厳しい環境下に位置する PC 橋において、PE シースと樹脂被覆 PC 鋼材といった、より耐久性に配慮した組合せを採用するケースも見受けられます。PC グラウトの諸条件と過去の実績を確認し、必要

に応じて実物大試験を実施することで、今後も確実な PC グラウトの充填を図っていく必要があります。

シースに関しては、平成 27 年にわが国初の PE シースに関する指針が発刊され、その使用環境が整備されつつあります。PE シースに関する製品および工法の開発も進められており、最近では防水テープが不要なジョイントシース、プレキャスト桁の横締めケーブル用のシース接続においても遮蔽性能が確保可能な部品、シース周辺のコンクリートを空気で冷却し早期の緊張作業を可能とする工法などが新たに開発されています。一方で、PE シースと定着具の接続部の取扱いや、PC 鋼材の絶縁性の確保など、海外の指針類⁶⁾との整合性を確保すべき課題も残されており、今後の更なる検討が求められています。

最後に、この小文が皆様の PC グラウトとシースに対する理解を少しでも深める端緒となれば幸いです。

参考文献

- 1) (公社) 土木学会：2012 年制定 コンクリート標準示方書 施工編、平成 25 年 3 月
- 2) (公社) プレストレストコンクリート工学会：PC グラウトの設計施工指針-改訂版-、平成 24 年 12 月
- 3) (一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC 構造物の維持保全〔2015 年版〕、p.42、平成 27 年 3 月
- 4) (公社) プレストレストコンクリート工学会：PE シースを用いた PC 橋の設計施工指針 (案)、平成 27 年 8 月
- 5) 池田尚治・手塚正道・二井谷教治・細野宏己：PC グラウト設計施工指針の改定について、プレストレストコンクリート Vol.55, No.3, pp.74-83, 2013.5
- 6) *fib* : Polymer-duct systems for internal bonded post-tensioning, Bulletin 75, 2014.12

【2017 年 9 月 7 日受付】



刊行物案内

フレッシュマンのための PC 講座 — 増補改訂版 —

平成 28 年 1 月 発刊

これからプレストレストコンクリートについて学ぼうとする方への教材として、おすすめの一冊です。

- イラストを多用し、平易な文章でプレストレストコンクリートの世界をわかりやすく解説
- 内容・資料・写真などを最新のものに更新、全ページをカラー化
- 維持管理と補修・補強（基礎編 9）について追補



(A 4 判 全 150 ページ)

定 価 3,600 円 (税込) / 送料 300 円

会員特価 3,000 円 (税込) / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会

目次構成

基礎編 1	PC とは何か
基礎編 2	PC とはどんなものに利用できるか
基礎編 3	プレストレスの与え方について考えてみよう
基礎編 4	プレストレスは変化する
基礎編 5	荷重と断面力について考えてみよう
基礎編 6	部材に生じる応力度について考えてみよう
基礎編 7	プレストレス量の決め方について考えてみよう
基礎編 8	PC に命を与えるには (プレストレスとその管理)
基礎編 9	PC を長生きさせよう
PC 橋編 1	PC 橋にはどんなものがあるか
PC 橋編 2	PC 橋を計画してみよう
PC 橋編 3	PC 橋を設計してみよう
PC 橋編 4	現場を見てみよう
PC 建築編 1	PC 建築とは
PC 建築編 2	PC 建築にはどんなものがあるか
PC 建築編 3	プレキャスト PC 建築の設計について考えてみよう
PC 建築編 4	PC 建築でオフィスを設計してみよう