

# 被覆 PC 鋼材を用いた PC グラウト実物大試験 — 東北地方における PC 橋長寿命化に関する取り組み —

市川 成勝\*1・堀 重伸\*2・漆原 新一\*3・鶴岡 俊明\*4

ポストテンション方式 PC 橋において耐久性向上の観点より被覆 PC 鋼材と PE シースを用いて施工を行うことがあるが、被覆 PC 鋼材と PE シースの組合せについての仕様を明記した指針類は見あたらない。そこで、被覆 PC 鋼材 12S12.7 を用いた PC グラウト実物大試験を実施し、良好な充填が得られる被覆 PC 鋼材と PE シースの組合せについて検討した。その結果、高粘性タイプの PC グラウトを用いた場合は PE シース径  $\phi$  75 (下り勾配 0 度, 7 度),  $\phi$  80 (下り勾配 15 度), 超低粘性タイプの PC グラウトでは PE シース径  $\phi$  70 (下り勾配 15 度),  $\phi$  75 (下り勾配 0 度, 7 度, 15 度),  $\phi$  80 (下り勾配 15 度) においてシース内を充填できることが確認された。この結果を受け、被覆 PC 鋼材と PE シースの組合せについて仕様化を図った。

キーワード：被覆 PC 鋼材, PC グラウト, PE シース, 空隙率, 実物大試験

## 1. はじめに

東北地方では、そのほとんどが積雪寒冷地であり、凍結抑制剤の散布量も多いことからコンクリート構造物の塩害や凍害に対して過酷な環境にあり、これらに起因した構造物の劣化による維持管理費の増大が課題とされている。このため東北地方整備局では、短期集中的に整備中の復興道路・復興支援道路の事業やその他の直轄事業の推進にあたり、将来の維持管理費の低減を目的にコンクリート構造物の耐久性向上に向けたさまざまな取組みが行われている。

一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部（以下、支部）においても、施工時に発生した初期欠陥に起因する劣化が生じないような対策を検討し支部会員内に周知すること、東北地方整備局道路部とともにプレストレストコンクリート（PC）橋の高耐久化のための対策を立案し、その効果を確認することを目的に平成 25 年 2 月に「PC 橋長寿命化委員会」を支部内に設立した。委員会では、「初期欠陥防止 WG」「塩害対策 WG」「プレキャスト製品 WG」の 3 つの WG 体制にて、関係各位の助言・援助を受けながら活動を推進してきた。また、活動の成果は、東北地方整備局「設計施工マニュアル（案）[道路橋編]平成 28 年 3 月」<sup>1)</sup> に反映されるとともに、プレテンション方式 PC 橋の耐久性向上に関する資料として支部より「東北地方の凍結抑制剤散布地域におけるプレテンション橋げた設計施工のポイント」を発刊した<sup>2)</sup>。

一方、上記マニュアル<sup>1)</sup>においてポストテンション方式 PC 橋の耐久性を向上させるための基本仕様は整備されたものの、それを具現化するための施工上の仕様は未整備の部分もあった。とりわけ、飛来塩分影響地域対策区分 S および I に適用される被覆 PC 鋼材と PE シースを用いるとした基本仕様に対し、「PE シースを用いた PC 橋の設計

施工指針（案）」<sup>3)</sup>における記述が普通 PC 鋼材と PE シースの組合せにかざられるなど、被覆 PC 鋼材と PE シースを用いる際の組合せを明記した指針類は見あたらないこと、被覆 PC 鋼材は普通 PC 鋼材に比べ被覆した分鋼材断面積が増加し、普通 PC 鋼材と同径の PE シースを用いるとシース内の空隙率が減少することから、PC グラウトの充填性を考慮した施工上の仕様を検討する必要があった。（写真 - 1, 図 - 1）。

そこで支部では、被覆 PC 鋼材 12S12.7 を用いた PC グラウトの実物大試験を実施することにした。本稿では実物大試験の概要とその結果をそれぞれ 2 章および 3 章に報告



写真 - 1 PC 鋼材の外観

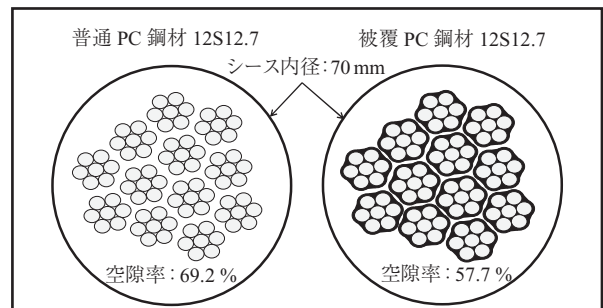


図 - 1 シース内の空隙率

\*1 Shigekatsu ICHIKAWA：（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部

\*2 Shigenobu HORI：（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部

\*3 Shimichi URUSHIHARA：（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部

\*4 Toshiaki TSURUOKA：（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部

するとともに、支部会員が実施した実物大試験の結果と、普通PC鋼材を用いた既往の実物大試験の結果とを照らし合せ、4章にて良好な充填が得られる被覆PC鋼材とPEシースの組合せについて検討を加えた。

## 2. 実物大試験の概要

### 2.1 試験方針

被覆PC鋼材を用いたPCグラウト実物大試験に関する報告は1例のみであった。そこで、支部では主方向に被覆PC鋼材を使用する場合のPEシースとの組合せを、普通PC鋼材を使用する場合と空隙率がおおむね同等となるように暫定仕様を定めた(表-1)。試験はこの暫定仕様を基に、被覆PC鋼材種類を12S12.7とし、PEシース径はφ75(先通し)とφ80(後通し)に対し実施した。また、部材寸法の変更を極力回避するため、この暫定仕様のPEシース径を使用できない場合を想定し、PEシース径φ70を加えた。試験方法は「PCグラウトの設計施工指針」<sup>4)</sup>に掲載される【PCグラウトの充填性に関する実物大試験方法】に従った。

表-1 被覆PC鋼材とPEシースの暫定仕様

|                              | 12S12.7                 |       |              | 12S15.2                 |       |              |     |
|------------------------------|-------------------------|-------|--------------|-------------------------|-------|--------------|-----|
|                              | 場所打ち桁、箱形断面のプレキャストセグメント桁 | 場所打ち桁 | プレキャストセグメント桁 | 場所打ち桁、箱形断面のプレキャストセグメント桁 | 場所打ち桁 | プレキャストセグメント桁 |     |
|                              |                         | 後挿入   | 先挿入          |                         | 後挿入   | 先挿入          | 後挿入 |
| 被覆PC鋼材断面積 (mm <sup>2</sup> ) | 1 630                   |       |              | 2 230                   |       |              |     |
| PEシース                        | 呼び径 (mm)                | [80]  | 75           | 75                      | [90]  | 85           | 85  |
|                              | 空隙率 (%)                 | [68]  | 63           | 63                      | [65]  | 61           | 61  |

注) [ ]内は目安。

上記の空隙率は、「普通PC鋼材とPEシースの組合せ」の空隙率とおおむね同等。

### 2.2 試験ケース

試験ケースを表-2に示す。各ケーブルは、普通PC鋼材12S12.7の実物大試験にて「完全充填」が確認されているなかでもっとも先流れが生じる下り勾配15度(直線区間4.0m)の条件とし、PEシース径(φ70, φ75, φ80)とPCグラウトの粘性タイプ(高粘性, 超低粘性)を変化させた。

ケーブル形状を図-2に示す。各ケーブルの形状および中間排気口の位置は「PCグラウトの設計施工指針」に掲載される過去の実物大試験を踏襲した。

表-2 試験ケース

| ケーブル番号 | 鋼材種類      | PEシース径 (mm) | 空隙率 (%) | 粘性タイプ | 下り勾配 (°) | 注入流量   |
|--------|-----------|-------------|---------|-------|----------|--------|
| H70    | 被覆12S12.7 | φ70         | 57.7    | 高粘性   | 15       | 10 L/分 |
| H75    |           | φ75         | 63.1    |       |          |        |
| H80    |           | φ80         | 67.6    |       |          |        |
| L70    | 被覆12S12.7 | φ70         | 57.7    | 超低粘性  | 15       | 15 L/分 |
| L75    |           | φ75         | 63.1    |       |          |        |
| L80    |           | φ80         | 67.6    |       |          |        |

### 2.3 使用材料

被覆PC鋼材は内部充てん型エポキシ樹脂被覆PC鋼より線<sup>5)</sup>の付着型12.7mm, PEシースは「PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)」の品質基準に適合する半透明のものを用いた。

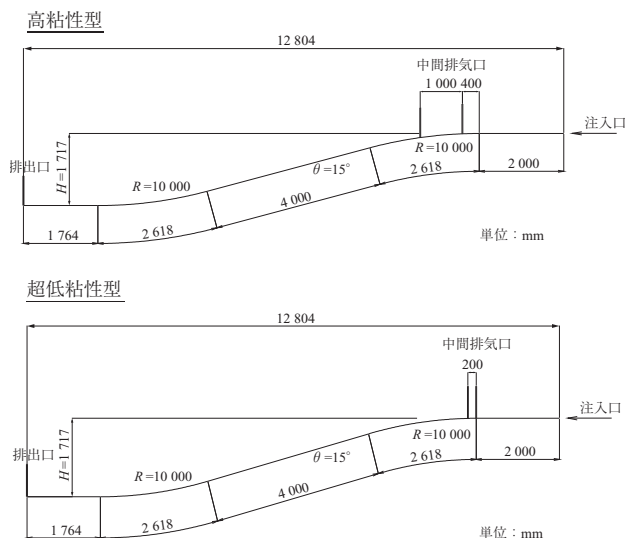


図-2 ケーブル形状

表-3 PCグラウト配合

| 粘性タイプ<br>(混和タイプ) | W/P*1<br>(%) | 単位量 (上段: kg/m <sup>3</sup> , 下段: kg/バッチ) |      |       |       |
|------------------|--------------|--|------|-------|-------|
|                  |              | 粉体*2                                     | 水    | 混和剤   | 合計    |
| 高粘性<br>(混和剤)     | 42.0         | 1 341                                    | 563  | 13.41 | 1 917 |
|                  |              | 76.605*3                                 | 32.2 | 0.75  | -     |
| 超低粘性<br>(プレミックス) | 36.0         | 1 465                                    | 527  | -     | 1 992 |
|                  |              | 75                                       | 27   | -     | -     |

\*1 高粘性の場合は水セメント比を示す。

\*2 高粘性の場合はセメント量を超低粘性の場合は粉体量を示す。

\*3 普通ポルトランドセメント10袋平均25.535 kgの3体分を記載した。

PCグラウトに用いる材料は、「PCグラウトの設計施工指針」に規定された条件を満足するものを選定した(表-3)。

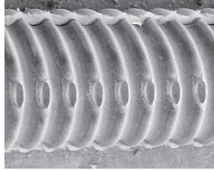
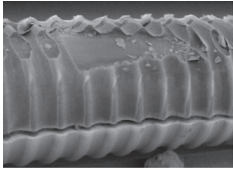
### 2.4 PCグラウト注入方法

PCグラウトは容量100L, 回転数1000rpmのグラウトミキサーを用い、高粘性180s, 超低粘性120sの練混ぜを行い、1.2mmのふるいを通し、スクイズ式グラウトポンプを用いてシース端部より片押しにより注入した。注入速度は高粘性で毎分10L(ポンプ圧力0.95~1.15MPa), 超低粘性で毎分15L(ポンプ圧力0.15~0.4MPa)とし、排出確認後は高粘性で1.2MPa, 超低粘性で0.9MPaの加圧を行った。

### 2.5 確認項目

PCグラウトの品質を確認するため、レオロジー(JSCE-F531のJP漏斗による)、ブリーディング率および膨張率(JSCE-F535の鉛直管試験)、単位容積質量(JSCE-F536)、圧縮強度(JSCE-G531)について試験を実施した。PCグラウト注入に際しては、先流れの有無や空隙の発生状況を目視にて確認した。また、PCグラウト硬化後にはシースを撤去し、注入口より1.0mごとの範囲を1測点としてPCグラウト充填状況を確認し、表-4に従い「有害な残留空気」の判定を行った。注入結果は、全測点で有害な残留空気が確認されない場合を「完全充填」、1測点でも有害な残留空気が認められる場合を「不完全」と評価した。

表 - 4 「有害な残留空気」の判定基準

| 目視状況 | 残留空気が<br>リップ内に収まる   | 残留空気が<br>リップ断面程度以上  |
|------|---|---|
|      |  |  |
| 判定   | ○<br>有害な残留空気：無  | ×<br>有害な残留空気：有  |

### 3. 実物大試験の結果

#### 3.1 PC グラウト品質試験結果

PC グラウトの品質試験結果を表 - 5 に示す。高粘性タイプおよび超低粘性タイプの PC グラウトとも、所要の品質を満たした。

表 - 5 PC グラウト品質試験結果

| 項目  | 高粘性       | 超低粘性    | 規格値                       |
|---|-----------|---------|---------------------------|
| グラウト温度 (°C)                               | 20~23     | 19~20   | -                         |
| JP 漏斗流下時間 (s)                             | 14.7~20.5 | 3.9~4.1 | 高粘性 14~23s<br>超低粘性 3.5~6s |
| ブリーディング率 (%)                              | 0.0       | 0.0     | 0.3% 以下                   |
| 24 時間後膨張率 (%)                             | -0.35     | -0.37   | ± 0.5%                    |
| 単位容積質量 (g/cm <sup>3</sup> )               | 1.889     | 1.976   | 推奨範囲の ± 1.5%              |
| σ <sub>28</sub> 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 53.8      | 82.0    | 30 N/mm <sup>2</sup> 以上   |

#### 3.2 PC グラウト注入状況

##### (1) 高粘性タイプ

高粘性タイプ PC グラウト注入時の観察結果を図 - 3 に示す。いずれのシース径においても、下り勾配の途中から先流れが生じ (写真 - 2)、シース上部に 1~2 割程度の空隙が発生した。この先流れにより傾斜部に一時的に生じた空隙は、PC グラウトが排出口に達すると傾斜位置全体が充填されていくが、傾斜部のシース上部に空隙が残り、加圧しても空隙の大きさには変化がなく、外見上、シース上部に部分的に空隙が認められた。

##### (2) 超低粘性タイプ

超低粘性タイプ PC グラウト注入時の観察結果を図 - 4 に示す。いずれのシース径においても、下り勾配の開始位

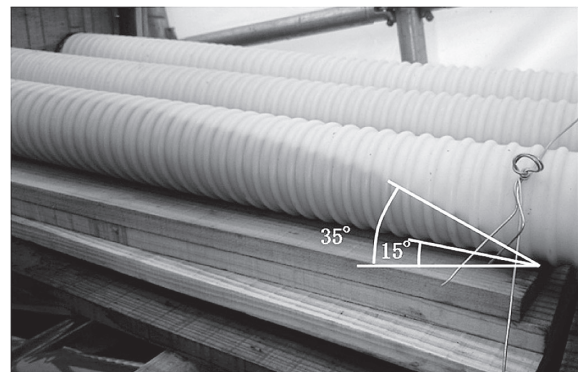


写真 - 2 高粘性グラウトの先流れ現象

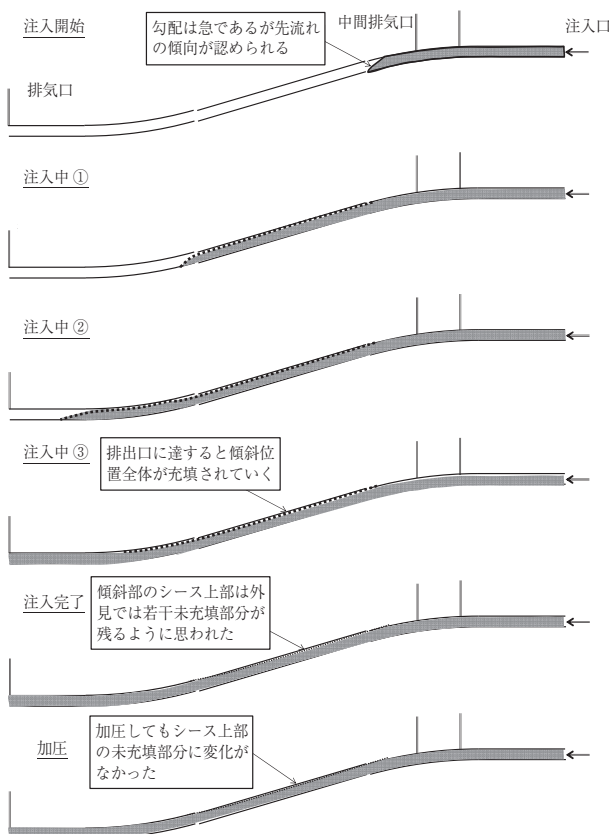


図 - 3 高粘性タイプ PC グラウト注入時の観察結果

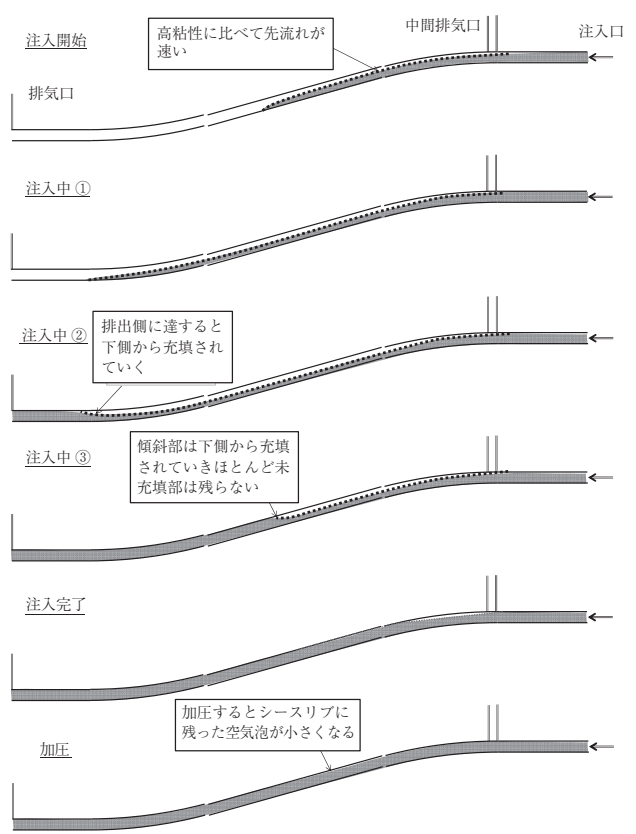


図 - 4 超低粘性タイプ PC グラウト注入時の観察結果



○ 研究報告 ○

置より先流れが生じ、ほぼ傾斜角度（15度）に沿ってPCグラウトが流下し、一時的にシース断面の5割程度以上の空隙が発生した。この先流れにより傾斜部に生じた空隙は、PCグラウトが排出側に達すると下側から充填されていき、最終的には傾斜部の空隙は残らなかった。また、加圧するとシースリブに残った空気泡が1/2～1/3に小さくなり、外見上、おおむね充填された。

3.3 硬化後の充填確認結果

PCグラウト注入結果を表-6に示す。

表-6 PCグラウト注入結果

| 測点   | 高粘性タイプ |     |      | 超低粘性タイプ |      |      |
|------|--------|-----|------|---------|------|------|
|      | H70    | H75 | H80  | L70     | L75  | L80  |
| 1    | (○)    | (○) | (○)  | (×)     | (○)  | (×)  |
| 2    | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 3    | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 4    | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 5    | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 6    | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 7    | ○      | ×   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 8    | ○      | ×   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 9    | ×      | ×   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 10   | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 11   | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 12   | ○      | ○   | ○    | ○       | ○    | ○    |
| 13   | (○)    | (○) | (○)  | (○)     | (○)  | (×)  |
| 注入結果 | 不完全    | 不完全 | 完全充填 | 完全充填    | 完全充填 | 完全充填 |

○：残留空気がリブ内に収まる，×：残留空気がリブ断面程度以上，（ ）の測点は余長部分のため、判定の対象外とした。

(1) 高粘性タイプ

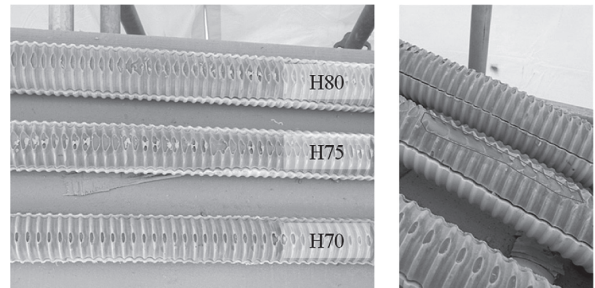
いずれのシース径においても、大半の部分はPCグラウトが充填されていた(写真-3(a))。しかし、H70およびH75では傾斜部の一部に複数のリブを跨ぐ残留空気が認められ、充填結果を「不完全」と評価した。

残留空気は傾斜の高い側に広く、低い側に向かって細くなっていた(写真-3(b))。このような形状より、注入時

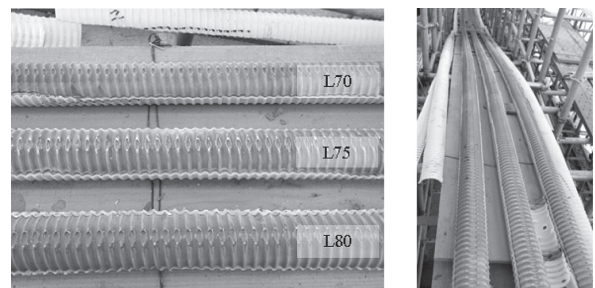
に残留した空気が時間に伴って傾斜上方に移動しようとしたものの、PCグラウトの粘性が高いことから途中で空隙の移動が停止して残留したと推察される。

(2) 超低粘性タイプ

いずれのシース径においても、PCグラウトの完全充填が確認された(写真-4)。



(a) 傾斜部 (b) 残留空隙部  
写真-3 高粘性タイプのPCグラウト充填状況



(a) 傾斜部 (b) 傾斜部上部  
写真-4 超低粘性タイプのPCグラウト充填状況

4. 被覆PC鋼材とPEシースの組合せについて

4.1 実物大試験の結果

支部会員により実施されたPCグラウト実物大試験のケーブル形状を図-5～7、試験の結果を表-7に示す。

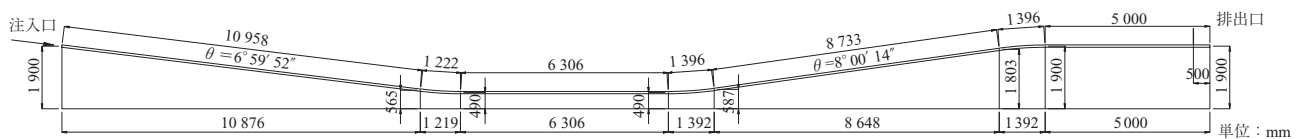


図-5 01～04 ケーブル形状 (全長モデル)

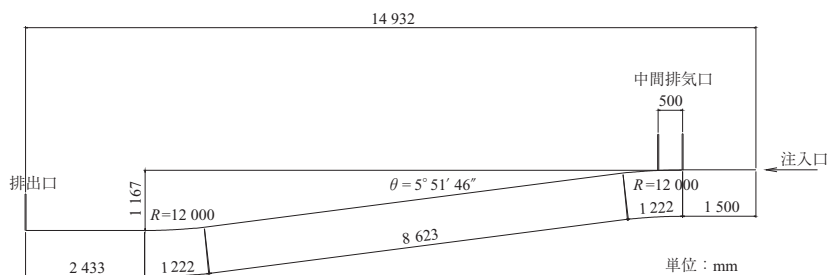


図-6 M1 ケーブル形状 (下り勾配部の切出しモデル)

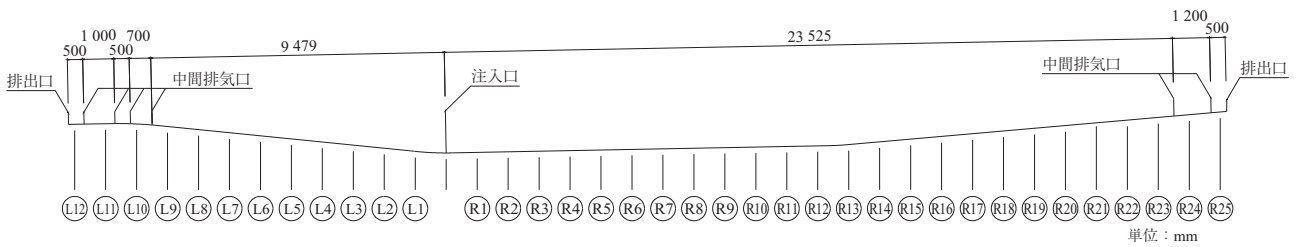


図 - 7 M2 および M3 ケーブル形状 (全長モデル)

表 - 7 支部会員による PC グラウト実物大試験結果

| ケーブル番号 | 鋼材種別       | PE シース径 | 空隙率    | 粘性タイプ | 注入口   | 下り勾配の最大値 | 注入流量   | 注入結果 |
|--------|------------|---------|--------|-------|-------|----------|--------|------|
| O1     | 被覆 12S12.7 | φ 75    | 63.1 % | 高粘性   | 定着部   | 7°       | 10 L/分 | 完全充填 |
| 支間中央*  |            |         |        |       | 0°    | 完全充填     |        |      |
| O3     | 被覆 12S12.7 | φ 75    | 63.1 % | 超低粘性  | 定着部   | 7°       | 10 L/分 | 完全充填 |
| O4     |            |         |        |       | 支間中央* | 0°       |        | 完全充填 |
| M1     | 被覆 12S12.7 | φ 70    | 57.7 % | 超低粘性  | 定着部   | 5.86°    | 15 L/分 | 不完全  |
| M2     |            |         |        |       | 支間中央* | 上り       | 5 L/分  | 完全充填 |
| M3     | 被覆 12S12.7 | φ 70    | 57.7 % | 高粘性   | 支間中央* | 上り       | 10 L/分 | 完全充填 |

\* 支間中央の最も低い位置より注入した。

ケーブル番号 O1 ~ O4 は被覆 PC 鋼材 12S12.7 とシース径 φ 75 の組合せであり、実橋のケーブル全長をモデル化し、PC グラウトを高粘性と超低粘性の 2 タイプ、定着部 (図 - 5 の左端) から注入して反対の定着部 (図 - 5 の右端) に排出する方法と、支間中央の低い位置から注入して両定着部より排出する方法で試験を行った結果、すべてのケーブルで「完全充填」が得られた。

ケーブル番号 M1 は被覆 PC 鋼材 12S12.7 とシース径 φ 70 の組合せであり、実橋の下り勾配部を切り出したモデルとし (図 - 6)、超低粘性タイプの PC グラウトを定着部から注入した。先流れした PC グラウトが遡上するよりも早く流下する PC グラウトで下り勾配部が充填され、下側屈曲部に残留空気が発生し、その後時間の経過とともに上側屈曲部に移動し残留したと推定される。この結果を受け、ケーブル番号 M2 と M3 は実橋のケーブル全長をモデル化し (図 - 7)、支間中央の低い位置から注入して両定着部より排出する方法で実物大試験を行った。この際、PC グラウトの充填性をより確実にするため、上り勾配が緩慢になる部位 (図 - 7 の左側) および定着部近傍に中間排気口を設けるとともに、超低粘性タイプの PC グラウトに関しては流動性が低下しない範囲で注入流量を抑制し 5 L/分とした。その結果、M2 と M3 とも「完全充填」が得られた。

4.2 完全充填が得られるシース空隙率に関する検討

上記の結果に、普通 PC 鋼材 12S12.4, 12S12.7 および 12S15.2 を用いた既往の実物大試験の結果<sup>4)</sup>を含め、シース空隙率と下り勾配をパラメータに取り、同一の注入速度での試験結果を整理した (図 - 8 ~ 9)。

(1) 超低粘性タイプの PC グラウト

図 - 8 において普通 PC 鋼材に着目すると、空隙率 62 % 以上のすべてのケースで「完全充填」となっている。被覆 PC 鋼材に着目すると、空隙率 62 % 以上のすべてのケー

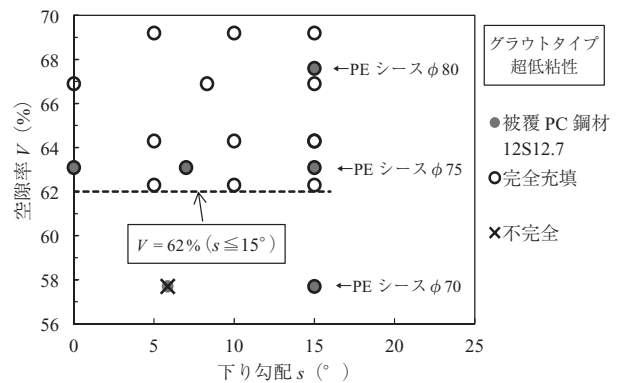


図 - 8 超低粘性タイプの PC グラウト注入試験結果

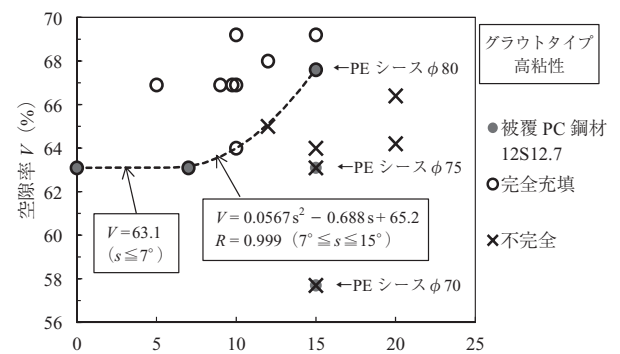


図 - 9 高粘性タイプの PC グラウト注入試験結果

スで「完全充填」となっているが、被覆 PC 鋼材 12S12.7 と PE シース φ 70 (空隙率 57.7 %) で実施された試験のうち下り勾配 5.86 度で注入結果が「不完全」となっている。

(2) 高粘性タイプの PC グラウト

図 - 9 において普通 PC 鋼材に着目すると、空隙率 62 % 以上の場合でも注入結果が「不完全」となるケースがあっ

た。被覆 PC 鋼材の注入結果と合わせ「完全充填」が得られる閾値は式 (1)～(2) として推定された。

$$V=0.0567s^2 - 0.688s + 65.2 \quad (7 \leq s \leq 15) \quad (1)$$

$$V=63.1 \quad (0 \leq s \leq 7) \quad (2)$$

ここで、 $V$ : 空隙率 (%),  $s$ : 下り勾配 (度)

### 4.3 被覆 PC 鋼材と PE シースの組合せの仕様化

上述の PC グラウト実物大試験や各種検討結果を踏まえ、ポストテンション方式 PC 橋の耐久性向上に関する資料として支部より「東北地方の凍結抑制剤散布地域におけるポストテンション橋げた施工のポイント」を発刊した<sup>6)</sup>。この中で、前出の表 - 1 を被覆 PC 鋼材と PE シースの暫定仕様として提示するとともに、良好な充填が得られる PC グラウト実物大試験の事例を表 - 8 のとおり掲載した。

なお、本表の取扱いにあたっては、良好な充填が確認された過去の実績と同等であることが確認されない場合は実際の構造物と同等のケーブル構造条件および PC グラウトの施工条件を反映した実物大試験を実施することと、被覆 PC 鋼材の挿入性は過去の実績や試験から確認することに注意を要する。

今回の実物大試験で充填が不完全とされたケースにおいても、注入速度や注入方法、中間排気口位置などの工夫により完全充填できるものもあると考えられる。また、被覆 PC 鋼材 12S15.2 ついては試験的検討を行っていないため、これらを今後の課題とする。

表 - 8 被覆 PC 鋼材を用いた良好な充填が得られる PC グラウト実物大試験の事例

| 鋼材種別          | 粘性タイプ | PE シース径 | 空隙率    | 下り勾配角度    |
|---------------|-------|---------|--------|-----------|
| 被覆<br>12S12.7 | 超低粘性  | φ 70    | 57.7 % | 15°       |
|               |       | φ 75    | 63.1 % | 0° 7° 15° |
|               |       | φ 80    | 67.6 % | 15°       |
|               | 高粘性   | φ 75    | 63.1 % | 0° 7°     |
|               |       | φ 80    | 67.6 % | 15°       |

※被覆 PC 鋼材は文献 5) に基づくものを用いる。

## 5. おわりに

本試験を通じ、以下の知見が得られた。

- 1) 被覆 PC 鋼材 12S12.7 と高粘性タイプの PC グラウトを用いた実物大試験の結果、PE シース径 φ 80 (下り勾配 15 度) において、「PC グラウトの設計施工指針」に基づいて注入作業を行うことでシース内を充填できた。
- 2) 被覆 PC 鋼材 12S12.7 と超低粘性タイプの PC グラウトを用いた実物大試験の結果、PE シース径 φ 70, φ 75, φ 80 (下り勾配 15 度) において、「PC グラウトの設計施工指針」に基づいて注入作業を行うことでシース内を充填できた。
- 3) 上記の結果ならびに支部会員が実施した実物大試験の結果とを照らし合せ、被覆 PC 鋼材と PE シースの組合せについて仕様化を図った (表 - 1, 8)。

### 参考文献

- 1) 東北地方整備局：設計施工マニュアル (案) [道路橋編], 2016.3
- 2) プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部 PC 橋長寿命化委員会：東北地方の凍結抑制剤散布地域におけるプレテンション橋げた設計施工のポイント [プレテンションスラブ橋げた編] [プレテンションけた橋げた編], 2017.3
- 3) 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), 2015.8
- 4) 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 -, 2012.12
- 5) 土木学会：エポキシ樹脂を用いた高機能 PC 鋼材を使用するプレレストレストコンクリート設計施工指針 (案), 2010.8
- 6) プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部 PC 橋長寿命化委員会：東北地方の凍結抑制剤散布地域におけるポストテンション橋げた施工のポイント [ポストテンション方式 (場所打ち桁・プレキャスト桁)], 2017.3

【2017 年 11 月 9 日受付】



刊行物案内

# PE シースを用いた PC 橋の設計施工指針 (案)

平成 27 年 8 月

定 価 4,800 円 / 送料 300 円

会員特価 4,000 円 / 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