

## 常磐自動車道前田川橋における内ケーブルPCグラウトの施工

鹿島・東日本コンクリートJV 正会員 工修 ○ 平 陽兵  
 日本道路公団 東北支社 構造技術課 塩畑 英俊  
 日本道路公団 東北支社 いわき工事事務所 宮島 哲朗  
 鹿島・東日本コンクリートJV 正会員 山村 正人

### 1. はじめに

前田川橋は、常磐自動車道の延伸工事の内、常磐富岡IC～浪江IC（仮称）間のほぼ中間に位置するPC9径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である。表-1に橋梁概要を示す。

本橋の全体図を図-1に示す。本橋におけるPC鋼材の配置は、P1橋脚からP4橋脚までの張出し施工区間を内・外ケーブル併用構造、P5橋脚からA2橋台までの支保工施工区間を全外ケーブル構造とした。PC橋の耐久性を確保するために、グラウトは極めて重要であり、グラウトを確実に充填させるための方法や注入後の検査方法について、日本道路公団を中心として種々の検討が行われてきた<sup>1)</sup>。また、日本道路公団の構造物施工管理要領<sup>2)</sup>が2004年4月に改訂され、PCグラウトの性能の照査方法についても改められた。

本橋においても、これらの検討結果を反映させ、設計段階より内ケーブルグラウトを考慮したケーブル配置や材料選定、及び注入・排気・排出口の位置検討などを行うとともに、充填性の確認としてMSセンサー<sup>3)</sup>による充填時の確認および充填後の非破壊検査を計画した<sup>4)</sup>。一般にグラウト注入は、ケーブル挿入・緊張後、すみやかに行うことが原則であるが、本橋では張出し施工区間の架設ケーブル（内ケーブル）は冬季施工となるため、グラウトの冬季施工について事前に検討し、品質確保の観点から冬季のグラウト施工は行わず、日平均気温が5℃以上になる時期にまとめて実施する計画とした。

ここでは、内ケーブルグラウト施工の内、特にグラウト未施工期間の冬季防錆対策について検討・実施した内容について報告する。

### 2. 内ケーブル配置

図-2に上床版断面図を示す。本橋の内ケーブルは12S15.2であり、ケーブル配置はグラウト注入後に非破壊検査を実施する

表-1 橋梁概要

構造形式	PC9径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋
橋長	546.000m
支間長	59.10m+82.00m+2@77.50m+4@50.00m+47.10m
幅員	(全幅員)10.800m, (有効幅員)10.000m
縦断勾配	2.0%
横断勾配	2.5%
架設工法	P1橋脚～P4橋脚：移動作業車による張出し架設 P5橋脚～A2橋台：固定式支保工架設
工期	2003年10月28日～2006年4月14日

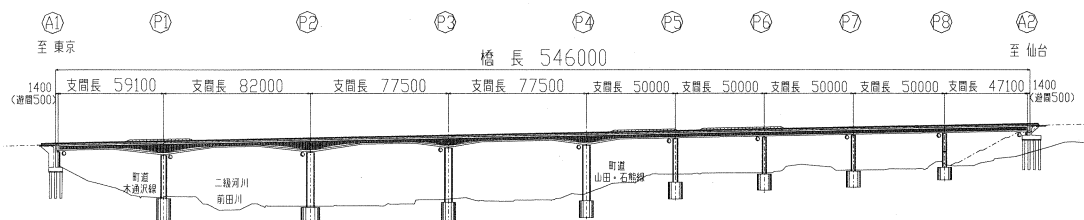


図-1 前田川橋全体図

ことを考慮し、ウェブ直上を避けた上床版内に135mm間隔で1段配置とした。鉛直方向の配置角度については、角度が大きいとグラウト材の先流れ現象による充填不良が懸念されるなど、充填性に影響を与える。本橋では、定着具付近において縦断勾配を含め最大で4°とした。シースは耐久性を確保するために、非金属製である高密度ポリエチレンシースを使用し、シースの寸法は既往の実験により充填性が確認されている形状の中から、12S15.2に対応する内径80mmとした。

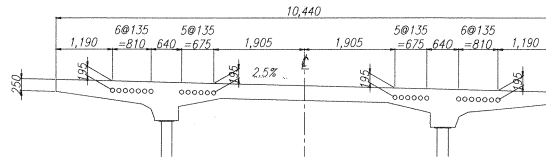


図-2 上床版断面図

### 3. 冬季施工について

構造物施工管理要領では、日平均気温が4℃以下となる寒中では、グラウトを5℃以上に保つなどの養生が必要となる。しかしながら、特に張出し架設でケーブル長が長い場合において、橋面全体に配置されている内ケーブルのシース全体を養生することは温度管理が困難であると考えられた。そこで、本工事では冬季における内ケーブル緊張後のグラウト施工を延期し、気温が暖くなる時期を待って実施することとした。

冬季にグラウト施工を行わない場合、過去の気象データより、内ケーブルの挿入・緊張からグラウト注入までのグラウト未充填期間が最長3ヶ月程度となることが予想された。この間、ケーブルはグラウトによる防錆がない状態であるため、密閉されたシース内に置かれたケーブルの発錆状況を事前に確認し、対策を検討することとした。

この際、ケーブル防錆の補助工法として、ケーブルに予め防錆剤を塗布した鋼材（以下、一次防錆鋼材）の使用及びシース内に気化性防錆剤を充填させる工法が知られており、これらの補助工法による防錆効果を確認することとした。

一次防錆鋼材はケーブル製作工場において防錆剤を塗布するが、今回使用した一次防錆鋼材は鋼材を防錆剤に10分以上浸漬させ、24時間以上乾燥させたものである。一次防錆鋼材の防錆効果は1ヶ月を目安とされている。

気化性防錆剤は白色無臭であり、常温で徐々に気化（昇華）したガスが金属表面に化学的あるいは電気化学的に吸着して薄い膜を作ることにより、空気や湿気が存在するような環境においても防錆効果を発揮するものであり、主に、精密機器、工作機械などの鉄鋼製品・部品の長期保管や輸出防錆梱包、部品加工途中の一時防錆として利用されているものである。この気化性防錆剤は、PC斜張橋における現場製作型斜材ケーブルにおいて、グラウト施工までの一次防錆用として使用された実績がある<sup>5)</sup>。

現地における3ヶ月間の事前暴露試験を行った結果、要求されるグラウト未施工期間における防錆は、一次防錆鋼材の使用が有効であることが確認されたことから、本橋においては一次防錆鋼材を使用するものとした。実際の使用に当たっては、下記の確認を行い、実際のケーブルの防錆状況を確認した上でグラウト施工を行うこととした。

- 1) グラウト未施工期間における内ケーブルのモニタリングとして実橋と同一条件での暴露試験を実橋の施工と同時にを行い、ケーブルの発錆状況を確認する。
- 2) グラウト注入孔または排出孔より、実橋のシース内にファイバースコープを挿入してケーブルの発錆状況を確認する。

### 4. 事前暴露試験結果

#### (1) 試験概要

約3ヶ月間の一次防錆鋼材の防錆効果を確認するため、事前に現地において暴露試験を実施した。試験体

一覧を表-2に示す。表に示すとおり、試験は一次防錆鋼材 (Case 1)、防錆処理を施していない裸線 (Case 3) と、一次防錆鋼材にさらに防錆効果が高まるよう気化性防錆剤を併用した場合 (Case 2) の3種類について試験を行った。

防錆効果は温度・湿度によって大きく異なり、一般に、温度・湿度が低い冬季には錆の発生が抑えられるため、防錆効果が期待できる期間は長くなるものと想定される。事前暴露試験期間の3ヵ月 (9月~12月) は、実施工期間 (12月~3月) に比べ、温度及び湿度ともに高く、錆びやすい環境であると考えられるため、この事前暴露試験期間中に防錆効果が確認された方法で、実施工のグラウト休止期間中の対応を行うこととした。

(2) 試験方法

写真-1に暴露試験の試験体を、表-3に実橋と試験体との形状比較を示す。試験体は断面 150mm×150mm、長さ 500mm のコンクリートに、内径 35mm のポリエチレンシースを配置し、シース内に PC 鋼材 (7 本より 15.2mm) を 1 本通したものである。一次防錆鋼材、裸線ともに 3 体ずつ製作した。この試験体を緊張した後、現場にて暴露試験を開始した。なお、鋼材は挿入前に雨に濡れた場合を想定しケーブルを一度水につけ、かつ、挿入時にはシースとの擦れがあることから、実際に鋼材をシースで擦らせた後、挿入した。

(3) 試験結果

写真-2~4に試験結果を示す。試験の結果、case 1 (一次防錆鋼材)、case 2 (気化性防錆剤を併用) の場合は、錆は観察されなかった。また、case 3 (裸線) においてはごくわずかな点状の錆が発生した。また、シース外部の暴露されていた部分は、いずれの場合も将来的に鋼線に有害な影響を及ぼすと考えられる錆が発生した。以上のことから、密閉されたシース内では鋼線が錆びにくい環境下にあり、さらに一次防錆鋼材を用いることで有害な錆の発生が未然に防げると考えられたことから、本工事ではグラウト休止期間に使用する内ケーブルに一次防錆鋼材を使用することとした。

表-2 試験体一覧

試験ケース	防錆方法	試験体数
Case 1	一次防錆鋼材	3
Case 2	一次防錆鋼材 + 気化性防錆剤	3
Case 3	なし (裸線)	3

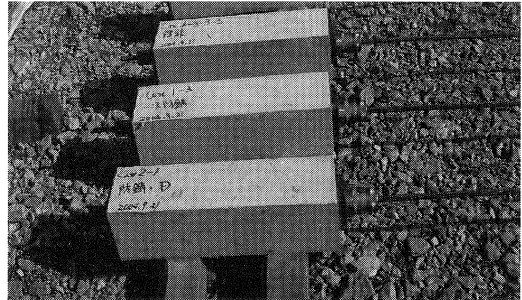


写真-1 試験体形状

表-3 形状比較

	実橋	暴露試験
シース内径	80mm	35mm
シース断面積	5027 mm <sup>2</sup>	962mm <sup>2</sup>
使用鋼材	12S15.2	1S15.2
鋼材断面積	1664 mm <sup>2</sup>	138.8 mm <sup>2</sup>
空隙率	67%	86%

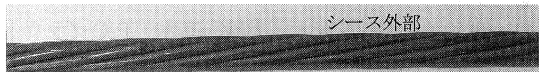
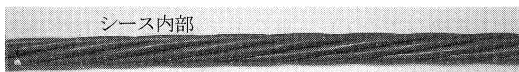


写真-2 暴露試験結果 (case 1 一次防錆鋼材)



写真-3 暴露試験結果 (case 2 一次防錆鋼材+気化性防錆剤)



写真-4 暴露試験結果 (case 3 裸線)

5. 実橋確認試験結果

実施工に合わせた暴露試験及びファイバースコープでの観察結果について記す。写真-5に試験体状況を示す。この時の試験体は長さを1mとし、かつ、実橋と同様にグラウトホースを取り付けた。写真-6に試験結果を示す。鋼材を試験体のシース内から取り出し観察したところ錆は全く生じていなかった。

次に、最長期間グラウト未施工であった内ケーブルのファイバースコープ(写真-7)による観察の結果を写真-8に示す。この観察によっても鋼材に錆の発生は認められなかった。

以上の結果を確認した上で、冬季にグラウト施工を延期したすべての内ケーブルについて、グラウト施工を実施した。

6. おわりに

本橋の冬季以外の通常のグラウト施工は、内ケーブルを緊張した日あるいは翌日にグラウト施工を行っており、これが原則であると考えている。一方、冬季施工について、事前暴露試験、及び実橋確認試験による検討・確認の上、確実に密閉した状態で一次防錆鋼材を併用したことで、本橋の環境・施工条件に対して最適な方法を選択できたと考えている。ただし、鋼材の発錆状況は環境・気象条件などにより異なり、冬季グラウト未施工期間の一時的な防錆処理方法を一律に定めることは難しく、他現場においても同様の方法を採用することが最適だとは言い難い。緊張後すみやかにグラウト施工を行うという原則を基本とし、現場ごとに合わせた施工方法を採用する必要があると考える。

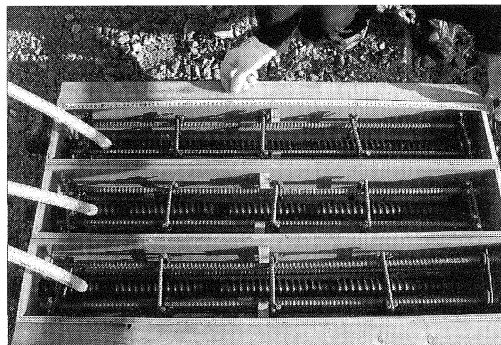


写真-5 試験体状況 (コンクリート打設前)

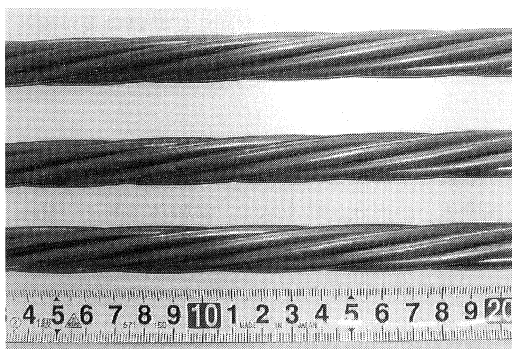


写真-6 暴露試験結果

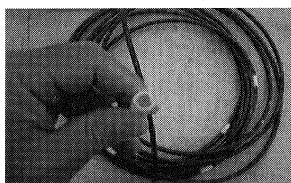


写真-7 ファイバースコープ

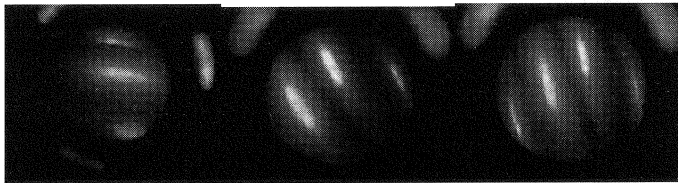


写真-8 ファイバースコープ観察結果

参考文献

- 1) 例えば、亀山，青木，大城，高木：PCグラウトの注入実験（その1）一部分モデルによる充填性確認結果一，第58回土木学会年次学術講演会，2003年9月
- 2) 日本道路公団：構造物施工管理要領，2004年4月
- 3) 正司，青木，大城，細野：センサーによるグラウト充填の確認について，第58回土木学会年次学術講演会，2003年9月
- 4) 宮島，渡部，平：前田川橋における内ケーブルPCグラウトの施工，土木学会東北支部技術発表会，2005年3月
- 5) Kido, Mikami, Yamamori, Yamamura: Study Report on Corrosion Protection Method for Stay Cables under Construction, FIP Symposium, 1993. 10