

(77) 砂金川橋における外ケーブル構造の設計と施工

日本道路公団 北海道支社 構造技術課 正会員 高橋 昭一  
 日本道路公団 北海道支社 千歳工事事務所 福岡 一幸  
 (株)利エンタルコンサルツ 千歳工事管理所 香川紳一郎  
 住友建設(株) 名古屋支店 土木部 正会員 ○諸橋 明

1. はじめに

砂金川橋は、北海道横断自動車道追分IC～夕張IC間に位置する、橋長205mの4径間連続ラーメン橋である。本橋は基本設計において、SWPR7A12S12.4を用いた全内ケーブル方式により計画されていたが、ケーブルの大容量化を図るべく諸検討を行った結果、内(SWPR7B12S15.2)・外(SWPR7B19S15.2)ケーブル併用方式を採用することとした。

本橋における外ケーブル構造は、偏向部ダクト管に施工誤差の吸収しやすいディアポロ管を用いたこと、ケーブル保護管に比較的安価な中密度PE管を用いたこと及びグラウト充填時のかぶり確保のためリブ状突起付きPE管を用いる等して経済性、施工性の向上を試みた。また、曲げ半径が小さく(R=3m、R=4m)、比較的大口径の保護管(内径φ105)への高粘性ノンブリージングタイプグラウトの充填性が懸念されたため、透明ホースを用いて充填性の確認試験を行った。

本稿は、砂金川橋外ケーブル構造の設計と施工について、特筆すべき項目を報告するものである。

2. 工事概要

工事概要及び橋梁諸元を以下に示す。

- 路線名：北海道横断自動車道黒松内釧路線
- 架橋位置：北海道夕張郡栗山町
- 道路規格：第1種第3級B規格
- 構造形式：PC4径間連続ラーメン箱桁橋
- 橋長：205m(=4×51.25m)
- 幅員：全幅 11.400m
- 施工法：支保工による分割施工

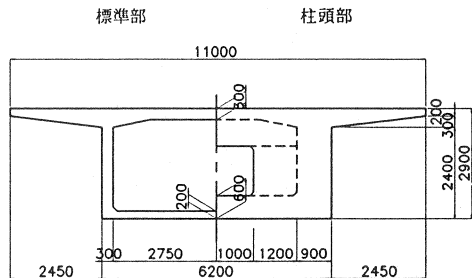


図-1 主桁断面図

主桁断面図を図-1に、全体一般図を図-2に示す。

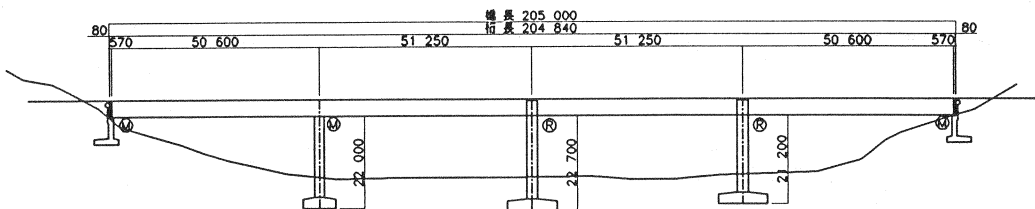


図-2 全体一般図

### 3. 内ケーブル方式と内外ケーブル併用方式の比較検討

#### 3.1 比較検討ケース

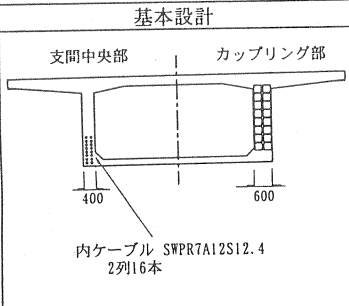
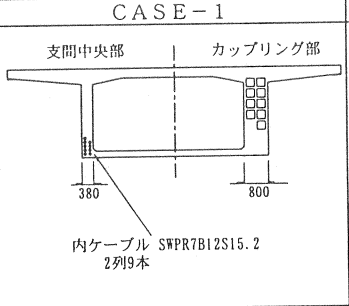
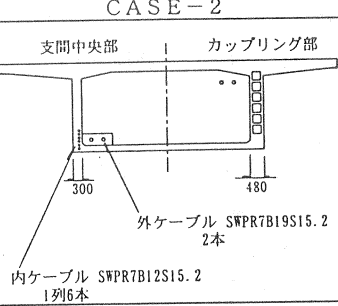
本橋は、基本設計においてSWPR7A12S12.4を用いた全内ケーブル方式により計画されていたが、経済性、施工性の向上を図るべく、ケーブルの大容量化をテーマとして、次に示す2ケースについて検討を行った。

CASE-1:全内ケーブル方式SWPR7B12S15.2案

CASE-2:内外ケーブル併用方式案 内ケーブルSWPR7B12S15.2、外ケーブルSWPR7B19S15.2

断面図比較表を表-1に示す。

表-1 検討ケース断面図比較表

基本設計	CASE-1	CASE-2
		

#### 3.2 内、外ケーブルの配分比率の設定

CASE-2において、内ケーブル及び外ケーブルの配分比率は以下のように設定した。

- ①内ケーブルは、ウェブに1列配置とする。
- ②支保工による分割施工のため、箱桁内支保工の撤去と外ケーブルの設置を考慮し、施工時は内ケーブルのみにより受け持たせるものとする。

上記を条件として配分を検討し、内ケーブル1列6段、外ケーブル2本（半断面あたり）とした。この結果、内ケーブル重量35tf、外ケーブル重量13tf、内外重量比率73%:27%となった。

図-3に外ケーブル配置図を示す。定着個数をできるだけ減らすため、C1ケーブルは両桁端部での緊張とし、ケーブル長を205mとした。

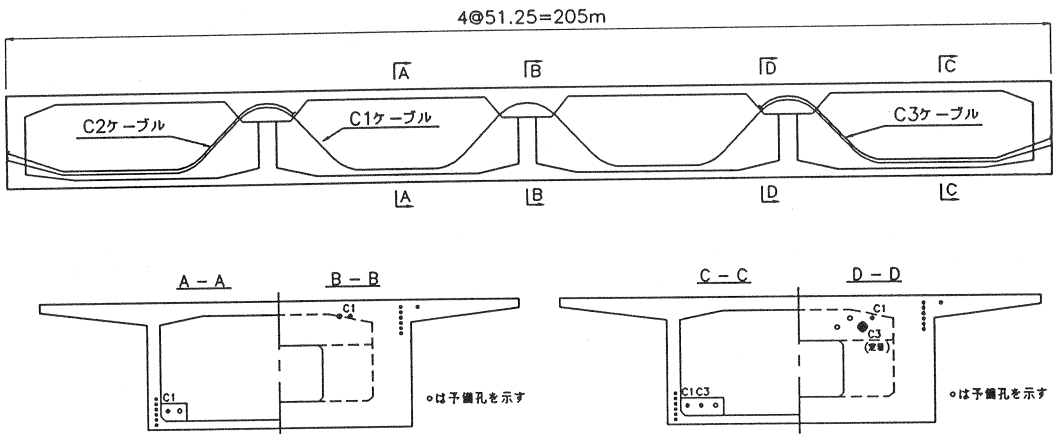


図-3 外ケーブル配置図

3.3 比較検討結果

CASE-1とCASE-2の数量比較検討結果を表-2に示す。CASE-2においてウェブに内ケーブルを1列配置としたことにより標準部及びカップリング部のウェブ厚を薄くすることができ、CASE-1に対してコンクリート体積を7%減少させることができた。また、PC鋼材総重量に大差はないが、緊張個数、固定個数、接続個数を減少させることができた。以上の結果よりCASE-2の内外ケーブル併用方式を採用することとした。

表-2 数量比較表

項目		CASE-1	CASE-2	
コンクリート		1755 m <sup>3</sup> (1.00)	1639m <sup>3</sup> (0.93)	
主方向PC鋼材	内ケーブル	重量	47.1 tf	34.7 tf
		緊張個数	78 箇所	56 箇所
		固定個数	32 箇所	20 箇所
	外ケーブル	接続個数	46 箇所	36 箇所
		重量	—	13.1 tf
		緊張個数	—	8 箇所
	合計	固定個数	—	4 箇所
		重量	47.1 tf (1.00)	47.8tf (1.01)
		緊張個数	78 箇所	64 箇所
		固定個数	32 箇所	24 箇所
	接続個数	46 箇所	36 箇所	

4. 外ケーブル構造の設計概要

4.1 外ケーブルに関する設計方針

外ケーブルに関する設計は、基本的に高速道路調査会「外ケーブル方式の設計・施工ガイドライン」<sup>1)</sup>を参考に行った。プレストレスによる断面力は内力扱いにより算出し、導入緊張力及び有効緊張力は内ケーブル同様に算出した。また曲げ破壊耐力の算出においては、外ケーブルの張力増加を見込まないものとした。

外ケーブルの配置形状は、側面の角度変化に加え平面的にも変化しているため、3次元的な配置形状計算を行い、同時に緊張計算も行った。この際外ケーブルの曲げ半径はSETRAの規定を参考にして、偏向部R=3m、定着部背面R=4mとした。また、外ケーブルの定着具を交換可能な構造とすること、偏向部に予備孔を設けること及び桁端部にテンドンギャラリーを設置することにより、将来必要に応じて外ケーブルの交換を可能とする構造とした。

以下、本橋の外ケーブル方式の設計において特筆すべき点を述べる。

4.2 偏向部(ディビエータ)の構造

外ケーブルは、ディビエータにおいて角折れの生じないよう滑らかに配置されなければならない。このためディビエータ内のダクト管にディアボロ型と呼ばれるR=3mの曲面を有する鼓状のFRP製ダクトを採用した。ディアボロ管の特長を次に述べる。

- ①ディアボロ管の長さの設定によって、設計段階におけるダクト出口とケーブルのすき間量δを自由に調整することができる。
- ②保護管とダクトの設計上の接触長は、各ケーブルによって異なるものであるが、ディアボロ管を用いることによりダクトの形状・寸法を統一化することができる。
- ③設計上の接触長・接触位置に対する施工誤差に追従できる。
- ④ディアボロ管の芯は直線であるため、ダクトの設置が容易である。
- ⑤将来的に規格化が可能であり、ダクト管のコストダウンを図ることができる。

本橋においては、ディアボロ長を1mとして、①のすき間量δを20mm程度に設定した。図-4にディビエータ部詳細図、写真-1にディアボロ管の設置状況を示す。

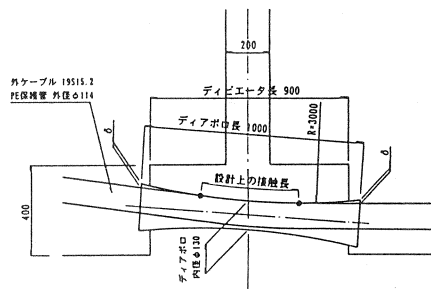


図-4 ディビエータ部詳細図

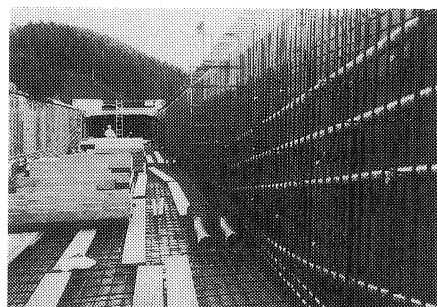


写真-1 ディアボロ管設置状況

### 4.3 支点上偏向部の構造

支点上偏向部のダクト管は、従来、曲げ加工された鋼管が多く用いられていたが、この鋼管ダクトは重いため作業性が悪く、比較的高価でもあるため、本橋においてはステンレス製のフレキシブルシースを用いた。このシースはR=4mの曲げ半径に対してシースの節目が折れることなく曲げ配置ができ、鋼管に比べ軽量で安価である。また出口にはディビエータ部に用いたディアボロ管の短いものを取り付け、ダクト管と保護管のすき間を確保した。

### 4.4 ケーブル保護管及び防錆方法

防錆方法は一般的なグラウト方式とし、保護管にはポリエチレン管(以下、PE管と称す)を用いた。外ケーブル保護管に用いられるPE管は、従来、高密度PE管が多く用いられているが、より安価な材料として本橋では中密度PE管を採用した。中密度PE管は高密度PE管に比べ剛性が低く、加えてPE管の剛性の温度依存性により、外ケーブル偏向部におけるPC鋼より線のPE管へのめりこみ量の多さが懸念されるが、国内の研究<sup>2)</sup>により確認されていること及び本橋においては、外ケーブルの緊張からグラウト注入までの期間が比較的短いことなどにより採用することとした。

また、グラウト充填時のPC鋼より線とPE保護管とのかぶりを確保するため、内面に滑らかなリブ状の突起を設けたPE管を採用した。写真-2にリブ状突起付き中密度PE管を示す。

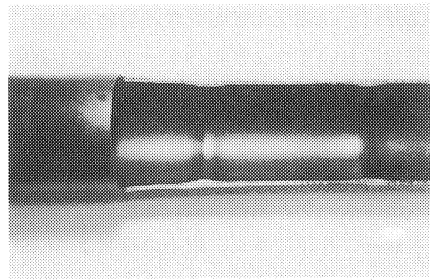


写真-2 リブ状突起付き中密度PE管

## 5. 外ケーブルの施工概要

### 5.1 保護管設置、PC鋼より線挿入、緊張

従来、グラウトタイプの外ケーブル橋における保護管設置の際には、グラウト充填後のかぶりを確保するため保護管の位置を精密に設置する必要があることから、支持架台を密に配置するなどして対処していることが多い。本橋においては、前述のリブ状突起付きPE管を用いることにより、こうした架台を大幅に簡略化することができた。ケーブル挿入後の保護管が極度にたわまない程度に偏向部間3カ所に単管パイプを取り付け、PE管を設置した(写真-3:ウェブ側のケーブルが緊張済み、内側のケーブルが挿入後緊張前)。

PC鋼より線の挿入はプッシングマシンにより桁端部より行ったが、長さ205mのC1ケーブルにおいても問題なく挿入することができた。(写真-4)。

外ケーブルの緊張は、C1ケーブルは両引きにより、C2・C3ケーブルは片引きにより全て桁端部において行った。SWPR7B 19S15.2緊張用の430tfジャッキは重量が670kgfあるため、クレーンにより吊り下げて緊張を行った(写真-5)。

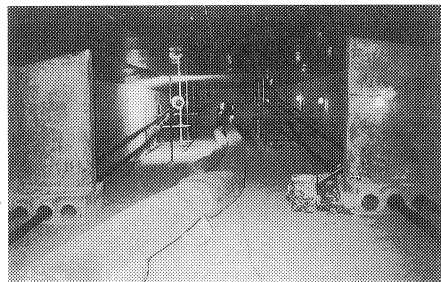


写真-3 PE保護管設置状況

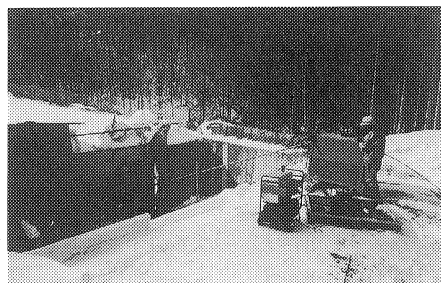


写真-4 PC鋼より線挿入状況



写真-5 外ケーブル緊張状況

## 5.2 PCグラウト

外ケーブルのグラウト注入に先立ち、次の事項が懸念されたため、透明ホースを用いたグラウト注入試験を行った。

- ①保護管の内径は $\phi 105\text{mm}$ 程度と比較的大口径であること。
- ②ケーブル曲げ半径が支間偏向部 $R=3\text{m}$ 、支点上偏向部 $R=4\text{m}$ であること。
- ③支点上偏向部は2重管構造のため、曲げ配置の頂上部分に排気口を設けることが困難であること。
- ④グラウト材として高粘性ノンブリージングタイプを使用すること。

注入試験状況を写真-6に示す。支点上偏向部を対象として、内径 $\phi 100\text{mm}$ の透明ビニルホースを $R=4\text{m}$ にて配置し、実橋で施工予定と同配合の高粘性ノンブリージングタイプグラウトを注入した。尚、曲げ配置部分にはPC鋼より線 $\phi 15.2$ を19本挿入している。曲げ配置頂上部分のグラウト充填状況を図-5に示す。グラウト材の先端面は、上り勾配部においてはほぼ垂直面を確保しながら上昇した。下り勾配部では若干先端が垂れ下がった状態で流れていったが、最終的には、空隙部を有することなく充填された。

次に、実橋における施工のうち、C1ケーブルのグラウト作業について述べる。図-6に施工要領図を示す。図に示す通り、支点上の排気口は横桁の両側に設置した。C1ケーブルは長さ205mと長いので、グラウト注入は2回に分けて行うこととした。注入口Aよりグラウトを注入し排出口①より排出確認後、注入を一時停止した後、再度注入口Bよりグラウトを注入した。この際、ポンプの圧力は $5\sim 6\text{ kgf/cm}^2$ 程度と通常通りであり、問題なく注入作業を終了した。

写真-7に外ケーブル設置完了状況を示す。

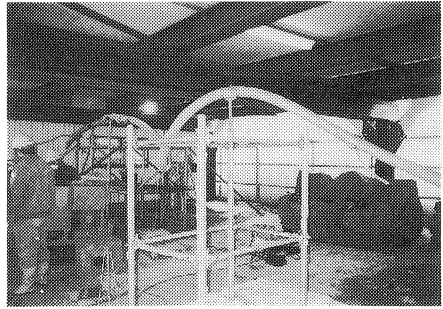


写真-6 グラウト注入試験状況

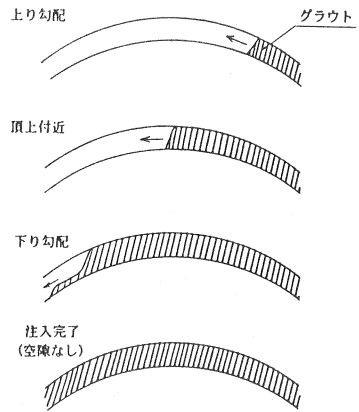


図-5 頂上部分のグラウト充填状況

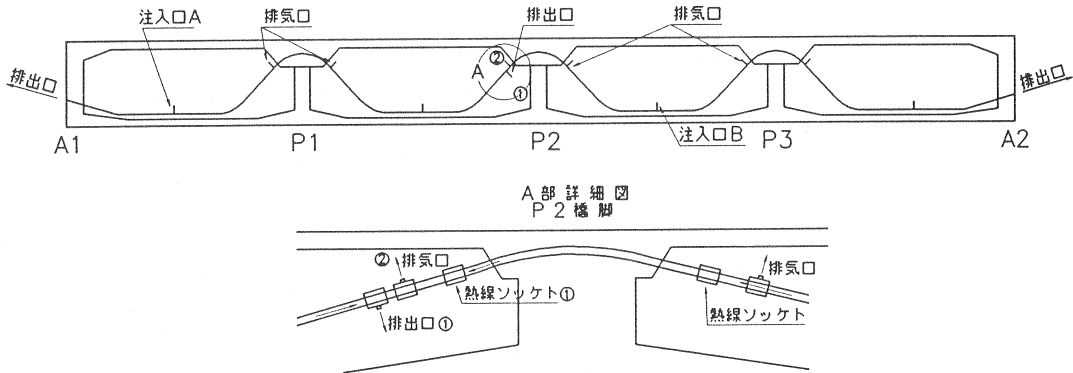


図-6 グラウト施工要領図

## 6. おわりに

以上、砂金川橋における外ケーブル構造の設計と施工概要について述べた。

本橋は、内・外ケーブルの比率が7:3であり、外ケーブル量の比較的少ないPC橋であるが、従来の外ケーブル構造と比較して、経済性、施工性の向上を目的に設計、施工を行ったものである。本橋の成果が、今後の外ケーブル橋の設計・施工の一助となれば幸いである。

最後に、本橋の設計・施工に際して御指導、御協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。



写真-7 外ケーブル設置完了状況

### 【参考文献】

- 1) PC橋の新しい構造事例に関する研究報告書(外ケーブル方式の設計・施工ガイドライン)、(財)高速道路調査会 平成5年3月
- 2) 諸橋、中積、石井、白鷺：外ケーブル用中密度ポリエチレン保護管の静的挙動について、土木学会第51回年次学術講演会 第V部門 平成8年9月