

(47) 張出し架設工法による全外ケーブルPC橋の設計・施工（江丹別川橋）

日本道路公団	北海道支社	構造技術課	田村 陽司
日本道路公団	北海道支社	旭川工事事務所	笠原 辰巳
住友建設(株)	北海道支店	土木部	正会員 内田誠二郎
住友建設(株)	PC設計部		正会員 ○松本 和也

1. はじめに

江丹別川橋は、道央自動車道の深川I.C～旭川南I.C間に位置し、一級河川江丹別川を横過する橋長236mのPC3径間連続ラーメン橋である。本橋は、全外ケーブル構造形式を採用し、張出し架設工法により架設される。主な設計および施工上の特徴は以下のとおりである。

- ①架設ケーブルを含むすべてのケーブルをコンクリート部材の外側に配置した全外ケーブル構造を採用している。外ケーブル保護構造は、透明シースを用いた全長グラウトタイプである。
 - ②外ケーブル定着部は、FEM解析によって補強鋼材量を決定した。
 - ③外ケーブル緊張管理は、試験緊張により見掛けのヤング係数および摩擦係数を決定した。
- 本稿は、江丹別川橋の設計および施工の概要について報告するものである。

2. 橋梁概要

橋梁概要および橋梁諸元を以下に示す。

工事名：道央自動車道 江丹別川橋（PC上部工）工事

道路規格：第1種3級A規格

構造形式：PC3径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：235.9m（下り線）

支間長：63.6+107.4+63.5m

幅員：全幅 10.40m 有効 9.51m

平面線形：R=2000m

勾配：縦断 4.0% 横断 2.0%

架設工法：張出し架設工法

定着方法：架設鋼材 19S15.2外ケーブル

完成鋼材 27S15.2外ケーブル

横縮鋼材 1S21.87°レウラケーブル

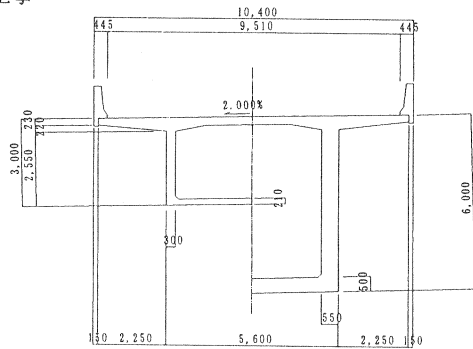


図-1 標準断面図

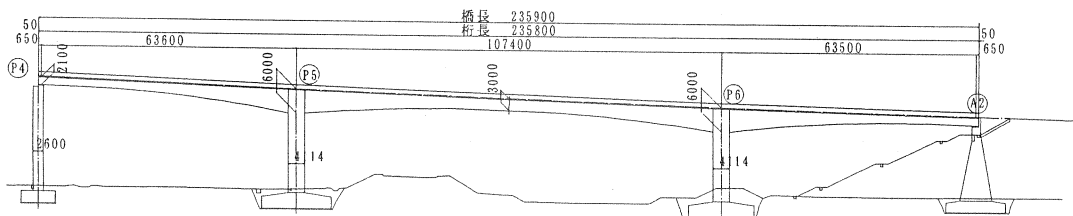


図-2 構造一般図

3. 設計概要

本橋は、部材の軽量化、施工性および維持管理等に優れた外ケーブルをすべての主方向ケーブルに適用した。ここで、設計における外ケーブル構造特有の項目について、以下に述べる。

3.1 外ケーブルの設計

(1) プレストレス算出において、換算内力載荷法を用いた。本橋は、全外ケーブル構造であるために、部材評価法による解析では計算が煩雑になり、荷重変動にともなう応力変化が内ケーブルに比べ一般に小さいことから換算内力載荷法にて計算を行った。この際、外ケーブルの最小曲げ半径はPE/SETRAの規定(表-1)を参考にし、偏向部の曲げ半径を設定した。

表-1 最小曲げ半径 (m)

ケーブル	PE/SETRA	
	定着付近	偏向部
7S15.2	3.0	2.0
12S15.2	3.5	2.5
19S15.2	4.0	3.0
27S15.2	4.5	3.5
37S15.2	5.0	4.0

(2) 本橋の特徴である架設外ケーブルの配置形状は、大容量ケーブル(19S15.2)を用いるため、1ブロックに定着する本数が制限されること、また、架設時における斜引張応力度から毎ブロック定着とした。外ケーブルは定着突起間に設けた横リブを利用して偏向し、突起に定着とした。完成鋼材を含むすべての外ケーブルは、3次元形状計算を行い、その形状計算から緊張計算を行った。また、定着部および偏向部は外ケーブルの交換を可能とした2重管構造としている。以下の図-3に架設鋼材配置平面図を示す。

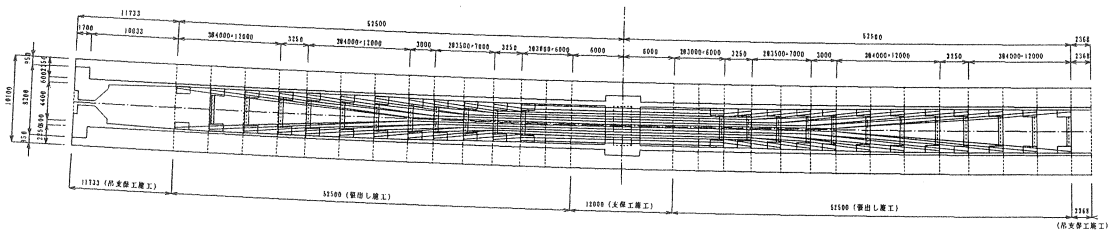


図-3 架設鋼材配置平面図

(3) 緊張方法は、両引き・片引き緊張による検討を行った結果、設計断面における導入緊張力の差がないこと、また、緊張ジャッキ、ポンプの台数を考慮して、すべて片引きによる緊張とした。その際、緊張力算出は、長さの影響が小さいことから角変化のみに着目し、摩擦係数を $\mu=0.3$ とした。

(4) ケーブルは、緊張後にディアボロ中心より偏心するため、透明シースおよび鋼材の偏心を考慮した。

(5) 外ケーブル定着部は、天竜川橋で行った実物大模型試験結果²⁾を参考にし、突起の形状、鉄筋配置等を決定した。その上、本橋の主桁形状モデルによるFEM解析を行い、応力度等の検証を行った。以下の図-4、図-5にモデル図および主応力図を示す。

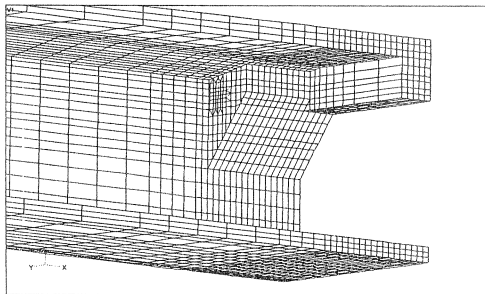


図-4 モデル図

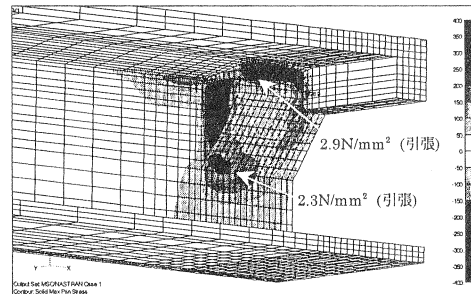


図-5 解析結果(主応力図)

4. 施工概要

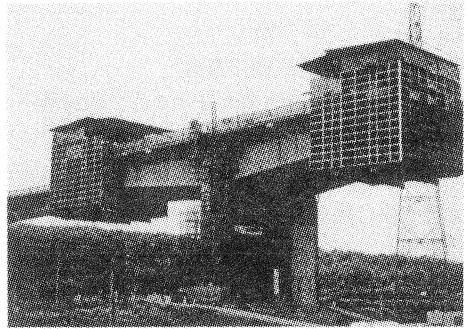
4.1 概要

主桁の張出しブロック長は最大 4.0m で、架設には一般的な 2 主桁移動作業車を使用している (写真—1)。全外ケーブル構造であっても移動作業車の施工サイクルは従来構造と基本的に同様なものとなる。

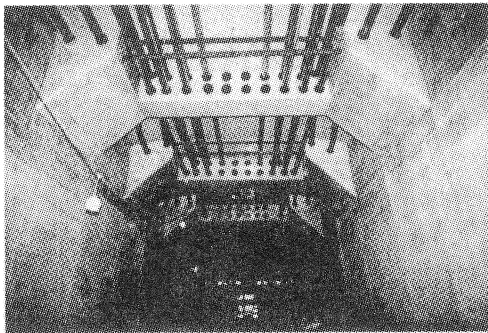
4.2 外ケーブルの構造

本橋の外ケーブルは透明シース内に P C 鋼より線を配置し、緊張後にはグラウトを充填するタイプであり、定着突起および偏向部では 2 重管構造となっている。

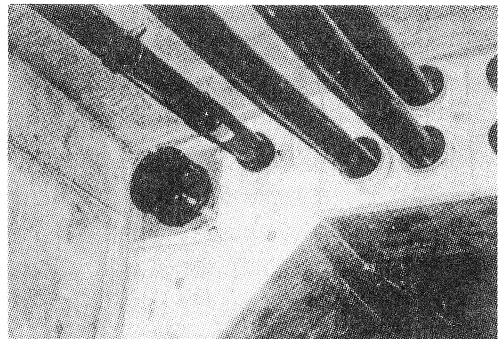
主桁内部構造は、各ブロックでの定着突起と補強のためのリブ ($t=50\text{cm}$) が特徴である (写真—2、3)。ケーブル交換が可能となるように、定着部がウェブより完全に露出しているため定着突起形状が大きなものとなっている。



写真—1 移動作業車全景



写真—2 主桁内部構造

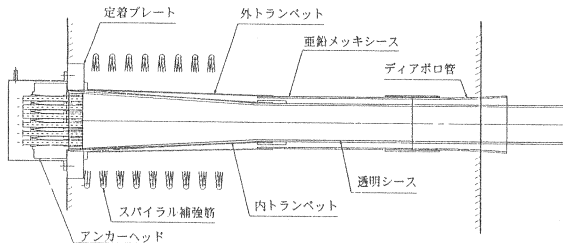


写真—3 定着突起および補強リブ

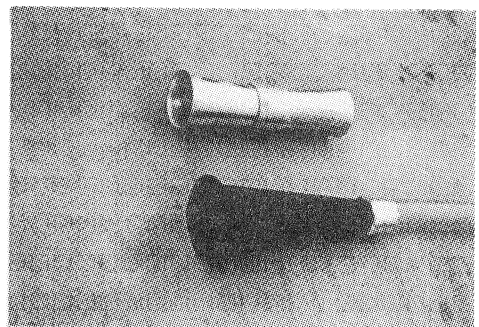
張出し外ケーブルの偏向は補強リブ部分で行われている。リブ部で偏向するケーブルには亜鉛メッキされた鋼製ディアポロ管 ($R=3\text{m}$ 加工) を配置し、直線通過するものには H D P E 管を配置して 2 重管構造の外管としている。ディアポロは両端がリブより突出するため型枠組立が容易にできるよう 2 分割構造とした。

定着部のケーブル構造を図—6 に示す。定着プレートに固定された外トランペットは亜鉛メッキシースを介してディアポロ管と接続される。内トランペットは製作工場にて短い透明シースと接続されており、定着プレート前面から外トランペット内部に挿入配置する。

透明シース (外径 $\phi 114$ 、 $t=4\text{mm}$) は塩化ビニール樹脂製で、接続には専用のカップラーにより塩ビ用接着剤により行われる。接続部の耐圧力は $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上が確認されている。



図—6 定着部構造



写真—4 ディアポロ管および内トランペット管

4.3 外ケーブルの施工

(1) 張出し施工（移動作業車）

張出し施工の標準的なサイクル工程を表一2に示す。透明シースの配置およびPC鋼材の挿入は、コンクリート打設後、定着突起端面型枠のみ解体し上床版型枠は残っている状態で行っている。

従来の内ケーブル構造箱桁橋に比べて施工日数がやや延びている要因には、定着突起および補強リブが毎ブロックにあるため、①鉄筋組立作業に時間を

要している、②作業車移動時の型枠解体と上床版型枠組立が繁雑であることなどが挙げられる。

鉄筋配置等が複雑な一方で、ウェブ内にシース配置が無いこと、グラウトホースが存在しないことなどからコンクリートの打込み作業あるいは小口型枠解体作業などは比較的容易であるといえる。

(2) 外ケーブルの施工

本橋の外ケーブルはグラウトタイプのためPC鋼材は通常の裸線ストランドである。透明シース配置後、プッシングマシンにて1本ずつ挿入しているが作業性は良好である。透明シースの支持は、上床版への埋込アンカーより吊り下げた山形鋼L-50を受け棚として行っている。受棚の間隔は約1mとした。

張出し架設ケーブル19S15.2は各ブロック2本定着され、導入緊張力は約3000kNである。緊張作業は横方向の偏心力が生じないように2本を同時に行っている。

緊張管理は、圧力計示度とPC鋼材の伸びにより管理し、伸びの管理範囲+5%以内を目標としている。施工開始初期のケーブル4本において試験緊張を実施した結果、角摩擦係数 μ は設計値0.3に対して平均0.38程度が得られた。この摩擦係数の違いによる鋼材伸び量の差は2%未満である。

緊張時には偏向部におけるPC鋼材と透明シースの摩擦により透明シースが緊張側に若干移動する傾向にある。現在までの施工でこの量を測定した結果、鋼材長さ1mあたり約0.1mm程度（ケーブル長約56mでの測定値）であり、特に問題ないと考えられる。ただしケーブルが長大な場合、移動量が大きくなることも想定され、本橋では、伸縮調整用のシース継ぎ手を使用する予定である。

透明シースへのグラウト充填作業は中央閉合部施工完了後に行うこととしているが、グラウト排気孔は約25mおきに設置していく計画である。また、グラウト材料にはノンブリーディング型（Aタイプ）を用い、グラウト作業時には前述のシース受棚高さを調整してPC鋼材がシース断面の中央位置にくるようにし、グラウト材がPC鋼材を完全に包み込む状態とする。

5. まとめ

以上、江丹別川橋における張出し架設による全外ケーブル構造の設計・施工の概要について述べた。今後、主流になるであろう全外ケーブル構造において、外ケーブル形状計算、定着部の解析、終局荷重時の張力増加、偏向部・定着部構造、外ケーブルの挿入および緊張管理手法等、さらに設計および施工性の向上が必要となる。また、本橋の成果が、全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、現在施工中であるが、本橋の設計および施工にあたり、多大なご指導、ご協力を賜った関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) (財) 高速道路技術センター：外ケーブルを用いたPC橋梁の設計マニュアル
- 2) 小田切、高木、渡辺、福永：第二東名高速道路天竜川橋の实物大模型試験結果報告 その1、プレストレストコンクリート技術協会第10回シンポジウム論文集
- 3) (社) プレストレストコンクリート技術協会：外ケーブル・プレキャストセグメント工法 設計施工基準（案）

表一2 標準サイクル工程

作業内容	日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
コンクリート打設		■											■
打継目処理・養生			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
透明シース・PC鋼材組立				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
緊張(外ケーブル他)					■	■	■	■	■	■	■	■	■
ワーゲン移動						■	■	■	■	■	■	■	■
型枠組立・セット					■	■	■	■	■	■	■	■	■
鉄筋・PC定着体組立							■	■	■	■	■	■	■
コンクリート打設準備													■