

(58) 上竹橋の設計・施工（1）

日本道路公団	中国支社	技術部構造技術課	正会員	持田 淳一
日本道路公団	中国支社	岡山管理事務所	正会員	中尾 学
川田建設（株）	大阪支店	技術部技術課	正会員	○ 松川 治雄
川田建設（株）	大阪支店	技術部設計課		菅沢 文博

1. はじめに

上竹橋は、中国横断自動車道岡山米子線のうち岡山県上房郡賀陽町上竹地区内に位置する橋長530mのプレストレストコンクリート橋である。架橋位置図を図-1に、全体一般図および架設要領図を図-2に示す。

本橋は、2連の6径間連続箱桁橋で構成され、左右の橋台側から橋梁の中央に向かって、押し出し工法により施工を行っている。当初設計は、内ケーブル方式であったが、「外ケーブル方式は、経済性・施工性ともに優れている。」と言われていることを検証すべく外ケーブル方式の採用を決定した。そこで、本橋のA1～P6径間とP6～A2径間がほぼ同形状であるため、A2側を内ケーブル方式で、A1側を外ケーブル方式で詳細設計を行い、比較検討を行うこととした。また、外ケーブルとしては、PE管にグラウトを行う現場製作ケーブルと、アンボンドケーブルをPE被覆した工場製作ケーブルの2タイプを採用し、施工性の比較を行った。さらに、今回の偏向部が同時に定着も行う特殊な構造であるため、補強の安全性を確認するために応力計測を行った。ここでは、設計の観点から内外ケーブルの比較、施工の観点からアンボンドケーブルについて報告するものである。

2. 工事概要

工 事 名：上竹橋他4橋（PC上部工）工事
 路 線 名：中国横断自動車道岡山米子線
 道路規格：第1種3級B規格
 構造形式：PC6径間連続箱桁
 橋 長：530.0m
 支 間 割：(43.4m+4@44.25m+43.4m)×2連
 有効幅員：9.0m
 平面線形：R=10000m, A=500m
 縦断勾配：2.5425%
 活 荷 重：B活荷重
 工 期：平成6年2月1日～平成8年3月21日

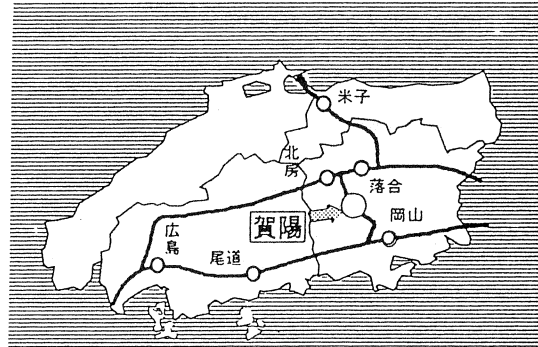


図-1 架設位置図

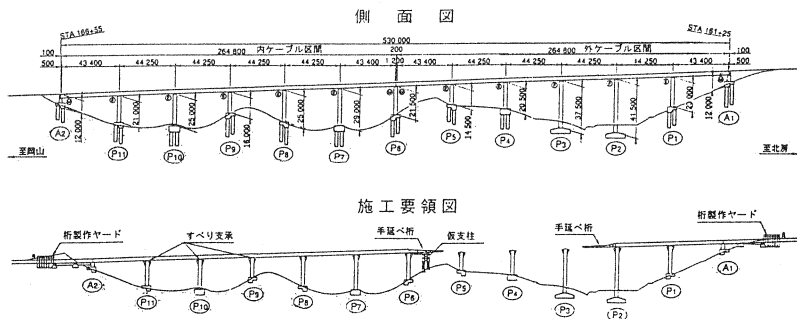


図-2 全体一般図および施工要領図

3. 設計

3.1 内外ケーブル方式の比較

本橋は、同一形状の橋梁2連に対して、それぞれ内ケーブル方式と外ケーブル方式を採用している。ここでは、断面形状、ケーブル配置、主要数量に着目して両者を比較する。

(1) 断面形状

断面形状の比較を図-3に示す。桁高を内・外とも $H=3.0\text{m}$ ($H/L=14.8$)とし、上下床版厚は、両者ともそれぞれ $t_u=300\text{mm}$, $t_l=270\text{mm}$ とした。ウェブ厚は、終局荷重時の平均せん断応力度および架設時の斜め引張応力度の検討結果より、外ケーブル方式では内ケーブル方式に対して 100mm 薄くし、標準部および支点部でそれぞれ $t_{w1}=300\text{mm}$, $t_{w2}=450\text{mm}$ とした。これにより、標準部の主桁断面積は 6.8% 減少している。

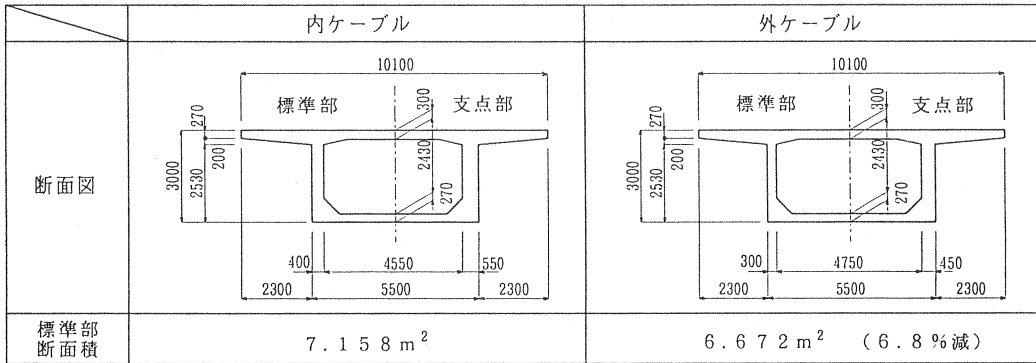


図-3 断面形状の比較

(2) ケーブル配置

押し出し架設中の曲げモーメントに対しては、両者とも架設鋼棒で対処しているため、ここでは2次ケーブルの配置状況を比較する(図-4)。1ウェブ当りの配置本数は、内ケーブル方式が6~9本(12T13A)に対して、外ケーブル方式では3本(12T15B)に減少している。これは、主桁自重の減少、PC鋼材応力度の摩擦ロス分の減少、大容量ケーブルの使用、および外ケーブルの配置方法によるものである。

外ケーブル方式での鋼材配置は、偏心量を確保すること主体に考え、1段配置とした。また、標準部・支点上で必要なケーブル本数が異なるため、偏向部で途中定着をするケーブル配置とし、その結果、鋼材量を減らすことが可能となった。

(3) 主要数量

主要材料の比較を表-1に示す。外ケーブル方式は、鉄筋を除いて減少している。鉄筋の増加は、ウェブ圧を薄くしたことによりせん断抵抗断面の減少に伴うものと偏向部の補強鉄筋によるものである。鋼棒φ32は、架設鋼棒を示したが、自重の低減によりわずかに減少している。

表-1 主要数量の比較

項目	種別	単位	内ケーブル (A2~P6)	外ケーブル (A1~P6)	差
コンクリート	P2-2	m ³	2175	2080	-95
鉄筋	P	t	220	265	+45
PC鋼材	ケーブル	t	24.4 (12T13A)	14.5 (12T15B)	-9.9
	φ32B	t	78.7	78.5	-0.2

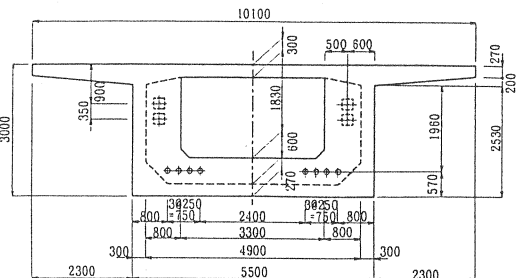


図-5 偏向部

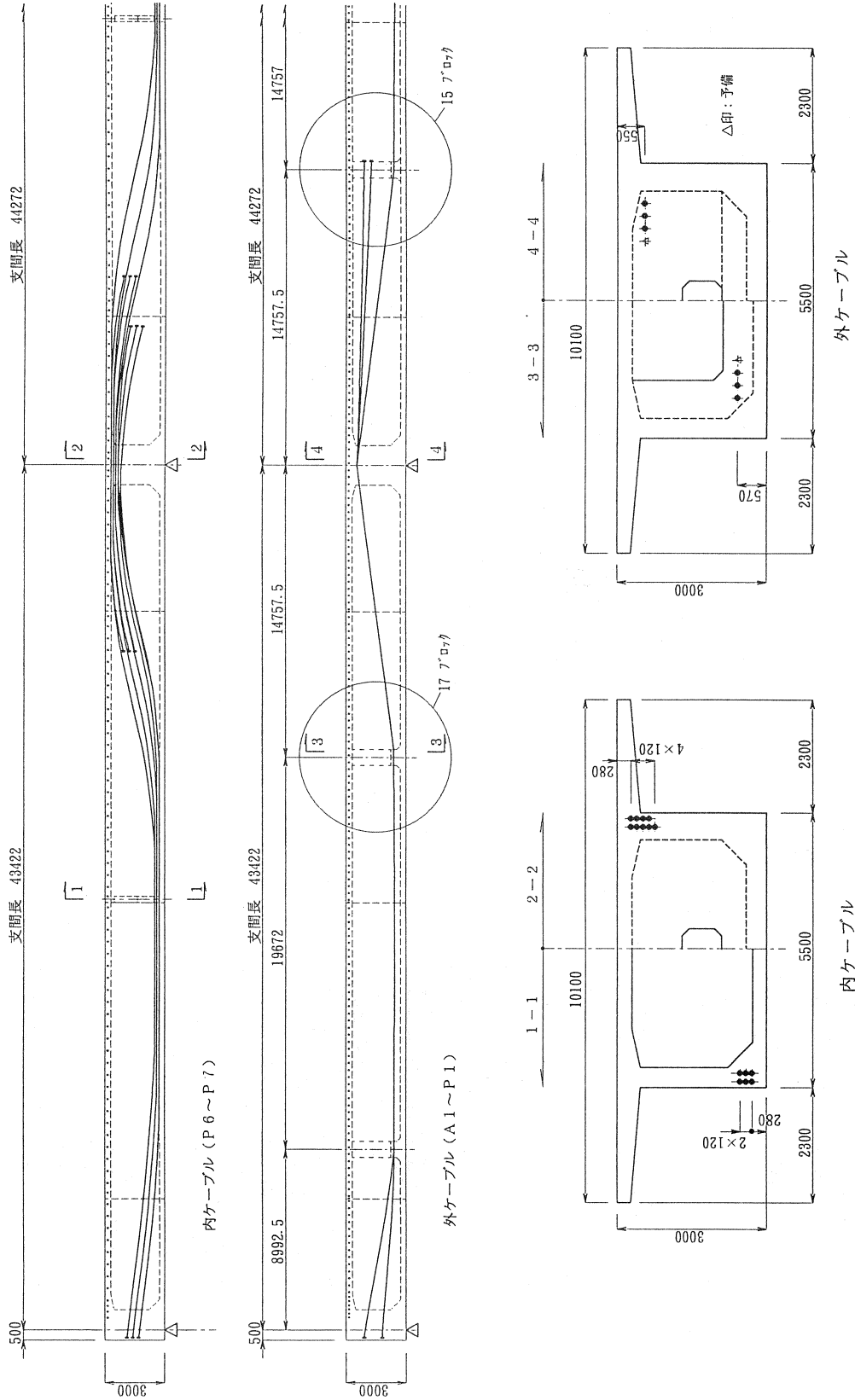


図-4 ケーブル配置図の比較

3. 2 外ケーブル方式の設計

(1) 外ケーブル比率の選定

外ケーブル方式での鋼材配置は、以下に示す6ケースを比較して、応力および経済的に優位となる橋面荷重・活荷重に対して配置するものとした。すなわち、①全外ケーブル、②架設時に必要な鋼材を内ケーブル、③さらに曲げ破壊安全度を満たさない断面の外ケーブルの一部を内ケーブル、④橋面荷重・活荷重に必要な鋼材を外ケーブル、⑤さらに設計時に不必要な架設鋼材の応力を解放、⑥全内ケーブル方式(当初設計と同様)の6ケースより曲げ破壊安全度を満たす③~⑤案で経済比較を行い、④案を採用した。

(2) 偏向部の設計

偏向部(定着部)は、外ケーブルに導入された緊張力を主桁に伝達するための重要な構造であり、外ケーブルの分力により各部に発生する引張力に対して、鉄筋を配置して補強を行っている。

本橋の偏向部は、外ケーブルの定着および偏向機能を兼ね備えた特殊な構造であり、応力伝達の確実なダイヤフラム形式とした(図-5)。偏向部の部材厚さは、外ケーブルの曲げ半径 $R=3.5m$ 部を部材内に納める考え方から $t=800mm$ とした。なお、定着のないケーブル通過部においても、ケーブルを1段配置として偏心量を確保することを主体に考え、定着のある偏向部と同様のダイヤフラム形式とした。

偏向部の設計は、3次元FEM解析を行い、その結果を基に補強鉄筋量を決めている。図-6に配筋図を示す。

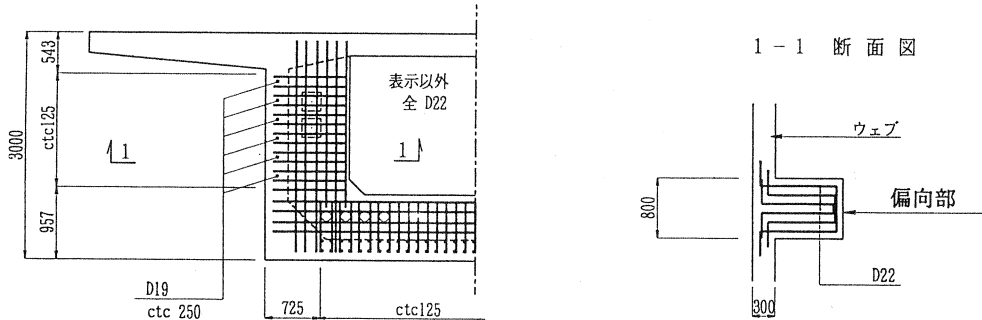


図-6 偏向部配筋

4. 施工

4. 1 外ケーブル

2次ケーブルである外ケーブルは、全部で16ケーブルである。このうち、8ケーブルについては、保護管にポリエチレン管を使用し、緊張後セメントミルクを注入するグラウトタイプとした。残り8ケーブルについては、工場において製作されたアンボンドタイプのケーブルとして施工した(写真-1)。

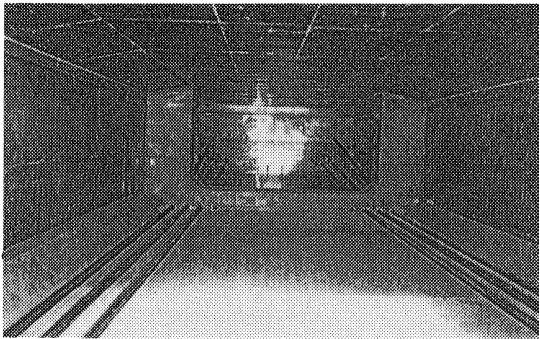


写真-1 外ケーブル施工完了状況

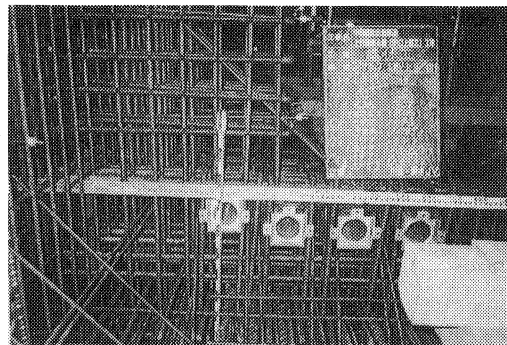


写真-2 偏向部配筋状況

(1) グラウトタイプ

外ケーブルに使用したPC鋼材は、PC鋼より線(12φ15.2B種)である。保護管にはポリエチレン管を使用し、偏向部および横桁部には鋼管を配置した。偏向部および横桁部に配置した鋼管は、配管用炭素鋼鋼管を使用し、曲げ加工および端部の加工をし亜鉛メッキを施した。取付に際しては支持金具を使用して、コンクリート打設時に動くことのないように堅固に固定した(写真-2)。ポリエチレン管は、外ケーブル方式用保護管として開発されたパイプ(外径φ89mm、内径φ79mm、厚さ5mm)を使用した。接合方式により、スタンダードタイプとEFタイプの2種類がある。

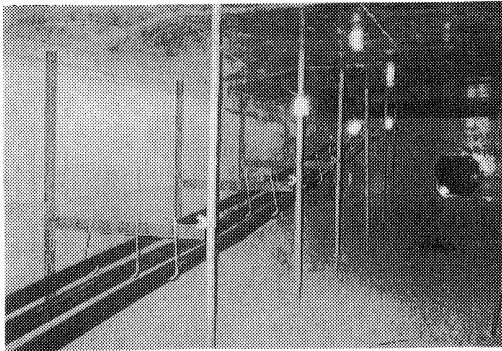


写真-3 鋼管配置状況

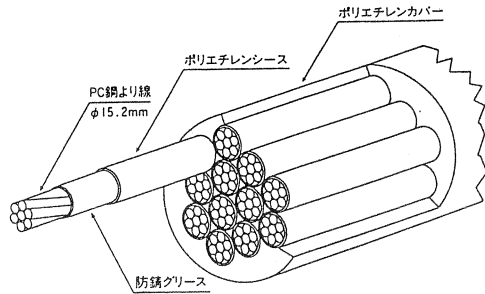


図-7 アンボンドタイプケーブル概要図

スタンダードタイプは、パイプの端部に接合用の金具があらかじめセットされ、差し込むことにより接合するタイプである。EFタイプは、融着により接合するタイプで、ジョイントスリーブ内にある発熱体ニッケル線により融着するものである。ケーブル形状保持のため、支持金具を取り付けた後、ポリエチレン管を配置した(写真-3)。次に、PC鋼材を挿入した後、緊張し、グラウトを行って完了した。

(2) アンボンドタイプ

工場で加工されたケーブルを現場に搬入し、箱桁内に挿入した後、緊張を行う。その後、定着具付近に防錆グリースを注入する。ポリエチレン管の配置、PC鋼材の挿入、グラウトの注入は不要となる。

アンボンドタイプに使用したPC鋼材は、グラウトタイプと同じPC鋼より線(12φ15.2B種)である。PC鋼より線1本ずつにポリエチレンシースが被覆され、そのシースとPC鋼より線の間に防錆グリースが充填されている。そして、この被覆されたPC鋼より線を12本束にして、その外側をポリエチレンでさらに被覆する(図-7参照)。このように加工されたケーブルをリールに巻き取った状態で現場に搬入した。

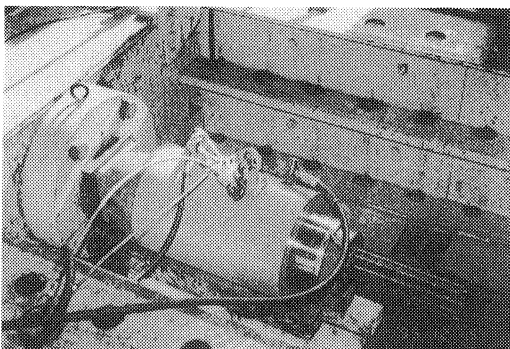


写真-4 定着性能試験状況

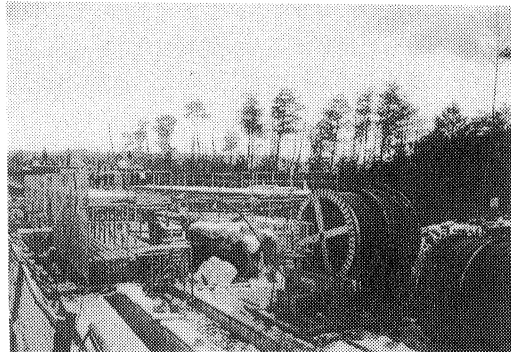


写真-5 アンボンドタイプケーブルの挿入状況

定着具は、外ケーブル用に開発されたフレシネー 12E15を使用した。このケーブルの使用実績がないため、使用に先立ち、定着性能試験を行った。その結果、定着性能について問題のないことが確認された(写真-4)。

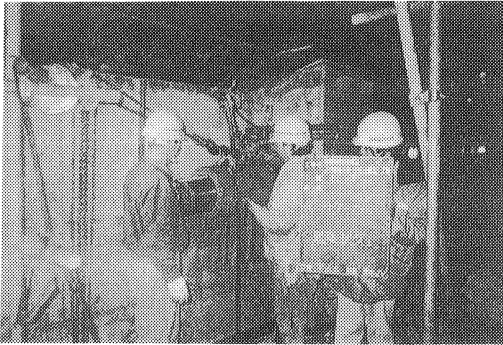


写真-6 緊張状況

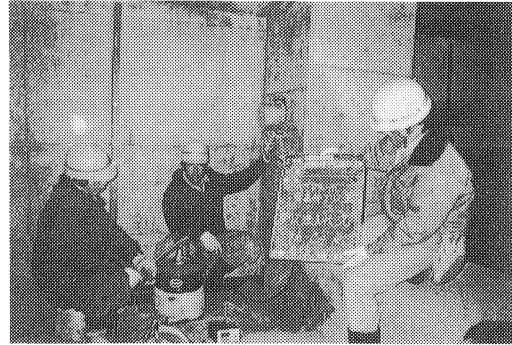


写真-7 防錆グリース注入状況

ケーブルの挿入に先立ち、箱桁内にケーブルの支持材をセットしておく。次にアンリーラーにケーブルをセットし、ウインチにより箱桁内にケーブルを引き込み配置した(写真-5)。緊張完了後、定着具にキャップをセットし、グリースポンプにて防錆グリースを注入した(写真-6,7)。

(3) 両タイプの比較

アンボンドタイプに対してグラウトタイプでは、PE管の配置、PC鋼材の挿入、グラウトの注入といった工種が必要である。そのため、施工性においては明らかにアンボンドタイプが優れている。また、ケーブルに対する信頼性も高いものがある。

経済性の面では、わずかにグラウトタイプが有利となった。その差は主に材料費にあると考えられる。今回の施工では数量が少なかったため、アンボンドケーブルの材料費が割高になったものと思われる。

6. おわりに

押し出し架設を行うPC橋梁への外ケーブル方式の有効性を検証するために、内ケーブル方式で設計された2連の連続桁のうちの1連を外ケーブル方式に変更し、設計と施工の両面から比較を行った。

本稿では、設計の観点から内外ケーブルの比較、施工の観点から外ケーブルのタイプ比較について報告したが、結論として以下のことが確認できた。

①外ケーブル方式を採用することで、自重は低減され、鋼材量を減らすことが可能になったが、偏向部の補強により若干鉄筋量は増加した。

②外ケーブルとしてアンボンドタイプを採用することにより、工費を増やさず施工性や信頼性を向上させることが可能である。

今後、外ケーブルの有効性をさらに大きく引き出すためには、外ケーブルをさらに主桁自重に抵抗させることで、外ケーブル比率を増大させることが重要となる。

本橋は平成8年3月に無事竣工した。本橋の設計施工にあたり、多大なるご指導、ご協力を頂いた関係者の皆様、特に室井智文殿(前構造技術課課長)、前川利聡殿(前構造技術課担当)に厚くお礼申し上げます。