

(78) 内外ケーブル併用法によるPC連続箱桁橋の設計・施工について

阪神高速道路公団 池田工事事務所 所長 鳥谷越 壮二
同 上 主査 井口 斉
日本鋼弦コンクリート(株) 正会員 吉井 研二
同 上 正会員 ○福島 由宣

1. はじめに

本工事は、近年大阪のベッドタウンとして人口の急増する兵庫県川西市北部地区、川辺郡猪名川町、並びに大阪府豊能郡能勢町から大阪市内に至る国道 173号線および 176号線の慢性的交通渋滞の緩和を目的に計画された阪神高速道路空港線の池田延伸線の内、川西市小花付近のランプ部を含む延長 175mの高架工事である。工事の施工区間は、川西市の市街地に当たり民家の立ち退き等用地交渉が本路線区間内で最も難航した地域である。元設計は平成2年度に設計されており、道路橋示方書(平成6年)の改訂および平成7年の兵庫県南部地震により設計条件の見直しがあった。この変更に対応すべく3連の橋梁に外ケーブルを使用した。またこのように地域住民と密着した市街地の橋梁として景観と地域性をも考慮したうちの、代表的な本線橋(図-1)に着目して、構造特性と景観設計の2点について報告する。

2. 工事概要

工 事 名：川西工区(その2)PC桁工事

路 線 名：大阪府道・兵庫県道高速大阪池田線(延伸部)

道路規格：第2種第2級

構造形式：PC5径間連続箱桁

橋 長：175m

支間割：34.4+3@35.0+34.4m

有効幅員：2@8.2m(全幅18.0m)

平面線形：R=5000m

縦断勾配：1.000%

活 荷 重：B活荷重

工 期：平成6年9月30日～平成9年6月30日

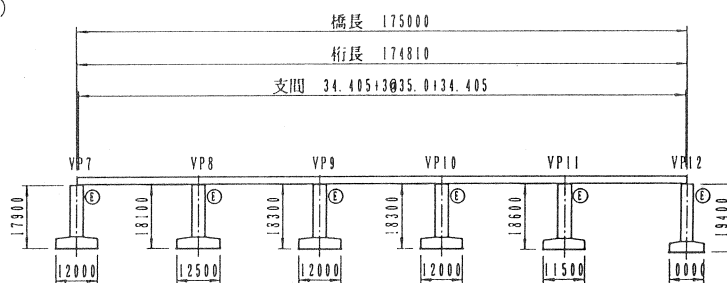


図-1 側面図

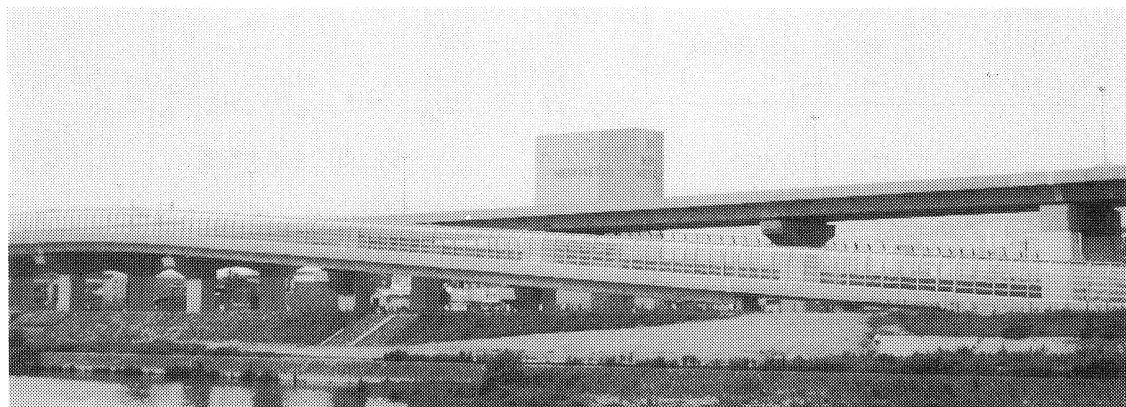


写真-1 完成写真

3. 設計

本橋は市街地の橋梁として景観を考慮した5径間連続箱桁構造の本線橋である。元設計は一等橋として設計されており詳細設計でB活荷重に変更された。下部構造は既に着工されており、死荷重の増加を極力少なくするため外ケーブルが採用された。内ケーブル量は、分割施工の支保工撤去を考慮して主げた死荷重に対して決定した。主鋼材は活荷重変更に対応して12S12.4Aを12S15.2Bとした。また、この地域は伊丹台地と千里丘陵が拡がり有馬一高構造線と呼ばれる断層の集合帯であるので、支点移動 $L/2000$ を考慮した。外ケーブル方式の設計については、「PC橋の新しい構造事例に関する研究報告書」(外ケーブルの有用性と適用に関する調査検討) [高速道路調査会] ガイドラインに基づき設計を行った。

3.1 断面形状

元設計と詳細設計の比較を図-2に示す。桁高は2.0mでウェブ厚は標準部で400→300mmに、支点部では700→750mmに変更となった。標準部ウェブ厚は主鋼材2列配置を1列配置としたための減少であり、支点部の増加は鉛直鋼材を配置しないでせん断をコンクリートでとらせたためである。

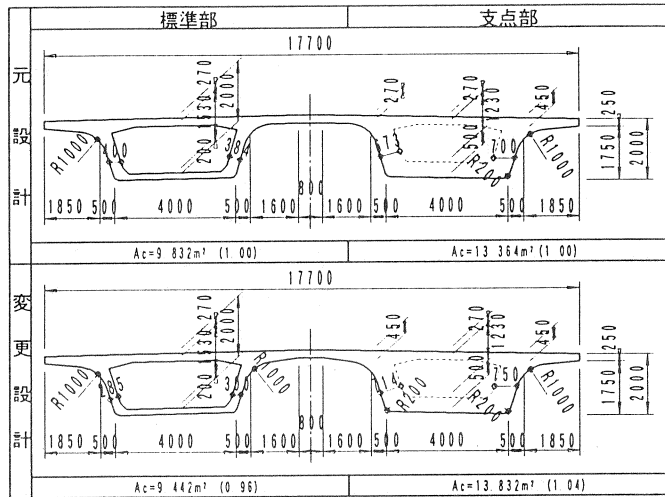


図-2 断面形状比較

3.2 主鋼材の配置

分割施工による支保工撤去時期を考慮すると、内ケーブル本数は1ウェブ1列配置で主げた死荷重に対し決定し、その他の後荷重を外ケーブルで対応した。内ケーブルは1ウェブ当たり4本配置となり、外ケーブル配置は偏心量を確保するため1段配置とし、1室当たり6ケーブル配置となった(図-3)。外ケーブル比率は、54%となった(表-1)。また、外ケーブルは取り替えを考慮した構造として tendon gallery を設け、端部定着から横げた定着とした(図-4)。端部のプレストレス不足は下床版に1S21.8のシングルストランドを配置することにより対応した。

内ケーブル	外ケーブル	外ケーブル比率
12S15.2 N=16 $A_s=266.3\text{cm}^2$	19S15.2 N=12 $A_s=316.2\text{cm}^2$	54.3%

表-1 外ケーブル比率

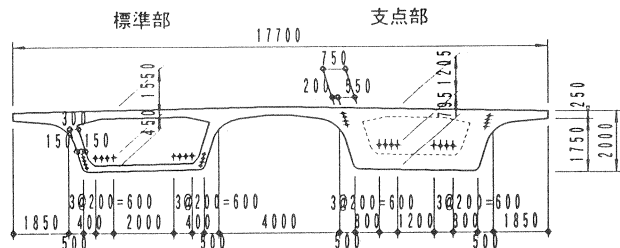


図-3 主鋼材配置

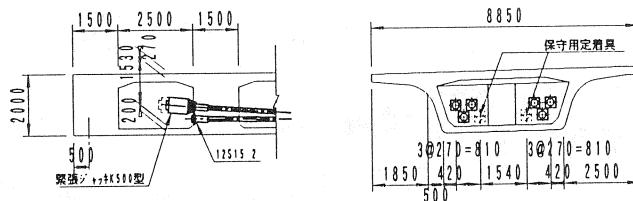


図-4 定着横げた

3.3 主要数量

上部工主要数量を表-2に示す。通常は設計条件の変更がなければ内外ケーブル併用工法を採用することによる上部工数量の増減は鉄筋の数量以外は減少する。本橋のコンクリートは外ケーブルを使用したことによる定着横げたの数量増加を含めても当初計画通り数量の増減がなく死荷重の増加を抑えられた。型枠数量の増加は定着横げたを追加したことによる。鉄筋量の増加は斜引張鉄筋と偏向部および下床版軸方向鉄筋によるものである。主鋼材の増加は、活荷重の変更により約35%、残り30%が支点移動による増加である。

項 目	種 別	単 位	元 設 計	変更設計	増 減
コンクリート	PH402B	m ³	2098.5	2069.2	- 29.3 (0.99)
型 枠		m ²	6614.2	6851.4	+ 237.2 (1.04)
鉄 筋	SD345	t f	251.8	315.0	+ 63.2 (1.25)
主 鋼 材	12S12.4	t f	49.156	—	+ 32.363 (1.66)
	12S15.2	"	—	37.849	
	19S15.2	"	—	42.386	
	1S21.8	"	—	1.284	

4. 施工 表-2 上部工主要数量

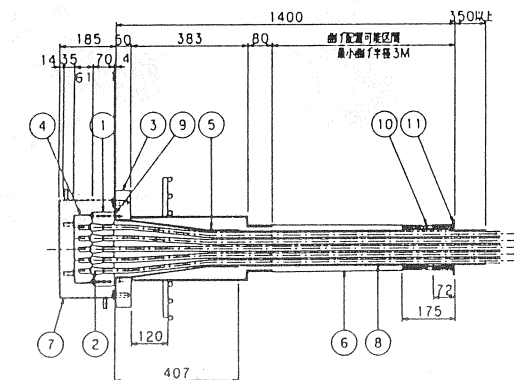
施工方法は、支柱式支保工を用いた分割施工により実施した。橋体打設後、順次内ケーブルを緊張して主げた自重を保持させ、橋体施工完了後に外ケーブルを施工して所定プレストレスを導入した。

ここでは、本橋の構造特性である外ケーブルの使用材料と施工上留意した点について記述する。

4.1 外ケーブル定着具

定着具として、フレシナー工法の外ケーブルシステム(19ER15)を採用した。これは、定着横げた部において2重の鞘管形式になっており、将来のケーブルの交換が可能な構造となっている(図-5)。

また、保守用として1主げた当たり2箇所の予備ダクトを設けている(図-4)。



- ①定着ブロック ②ウェッジ ③外套管付支圧板 ④グラウトキャップ
⑤トランペット ⑥フレキシブルシース ⑦防錆キャップ
⑧ケーブル保護管 ⑨ゴム板 ⑩環状支承体 ⑪端板

図-5 外ケーブル定着具(19ER15)

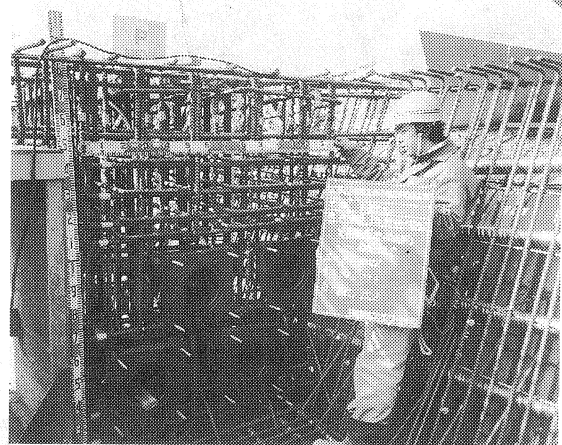


写真-2 定着横げた配筋状況

4.2 偏向管

中間横げた、支点横げたには、外ケーブルの偏向管として配管用炭素鋼鋼管(SGP125A)を工場にて曲げ加工の上、溶融亜鉛メッキしたものを現場搬入し、あらかじめ主げたの底板上にマークした位置に合わせ、保守用を含めて左右4本ずつ配置した。

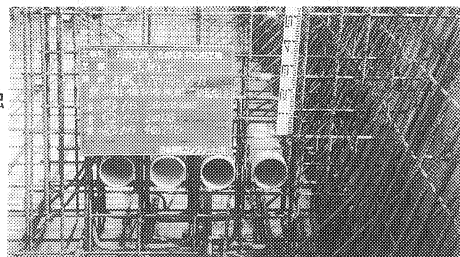


写真-3 中間横げた配筋状況

4. 3 PE管の配置

外ケーブルの保護管は、一般部に高密度ポリエチレン管(HDPE管 $\phi 118$)を使用し、定着部及び偏向部付近では、フレシナー工法施工基準に基づき、内面を硬鋼線でスパイラル補強した高密度ポリエチレン管(SRPE管 $\phi 118$)を使用した。これは、応力の集中する偏向部において可撓性に優れたスパイラル補強PE管を使用することにより密着度を高め、偏向部への応力の伝達をスムーズにすると共にスパイラルリブの働きによりPC鋼材の摩擦抵抗による応力減少を低下させる目的によるものである。

HDPE管は、6mを定尺として現場搬入し調整部を現場で切断して使用した。また、SRPE管は、あらかじめ製造工場にて、横げた巾+接続余長に切断加工して搬入した。

PE管の接続は、PEジョイント(高密度ポリエチレン管製 外径 $\phi 132$ 内径 $\phi 119$)をPE管接続部に被せ、専用溶着棒(高密度ポリエチレン製)を使用し、現場で熱溶着して施工した。接続作業はそのほとんどを暗い箱げた内部で行うため、照明設備としてハロゲンランプなどの他に手元用にヘッドランプを準備し、直接目視出来ないケーブルの裏側の溶着接続の確認には鏡を使用した(写真-4)。

尚、偏向部のSRPE管の前後のジョイントは、ケーブル組立時には片側だけを溶着してスライド出来るようにしておき、緊張時のPE管の変形に対応できる構造とした(写真-5)。

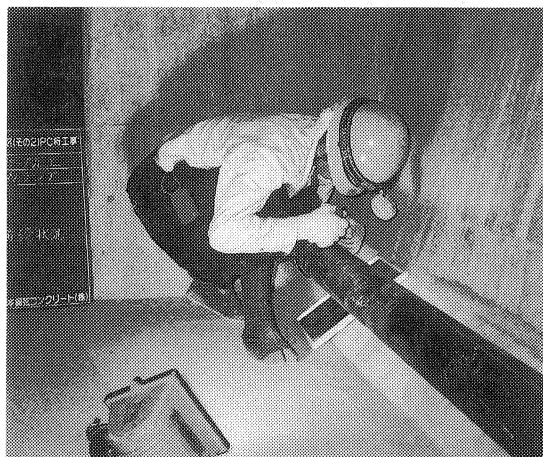


写真-4 PE管接続状況



写真-5 PEジョイント

4. 4 PC鋼より線挿入

PE管の接続完了後、PC鋼より線(SWPR7B $\phi 15.2$)を延長約170mに渡りプッシングマシンを使用して挿入した。PC鋼より線の挿入に当たっては、挿入延長、保護管の材質形状等からプッシングマシンにかかる挿入抵抗がかなり大きくなると予想されたため、以下の事項に留意して施工した。

- ① プッシングマシンは、現行機種で挿入推力が最大の極東鋼弦コンクリート振興株式会社(FKK)製のM88型を使用した。
- ② 挿入経路を出来るだけ直線的にするために、主げた端部よりテンドンギャラリーに向けて端部横げた内に斜めに挿入用仮設ダクトを設けた。
- ③ 挿入時の摩擦抵抗を極力抑えるためにプッシングマシン、PC鋼線コイルをケーブル方向に直列に配置した。

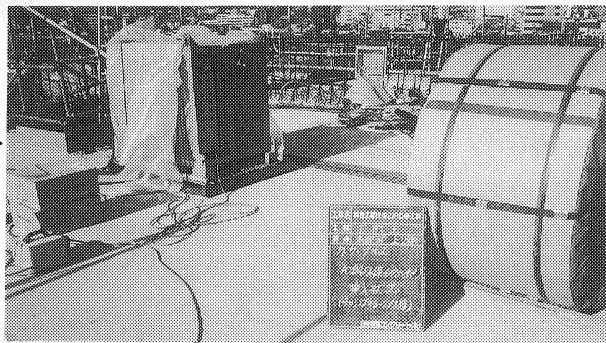
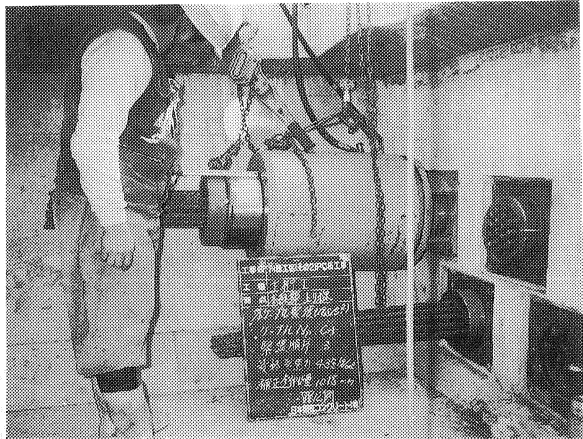


写真-6 PC鋼より線挿入状況

4. 5 外ケーブル緊張について

本橋の外ケーブル緊張にはF K K製K 5 0 0型ジャッキを使用した。このジャッキは直径510mm、全長930mm、総重量990kgと大型であるため、テンドンギャラリー上の床版に巾600mmの横長作業孔を設けて、これよりジャッキを吊り下げ施工した。

緊張作業はジャッキの最大ストローク（250mm）の関係から1ケーブルにつき約4回の盛り換えを必要としたが、ラムチェアー部に装備されたラバースプリングの効果により、盛り換え毎のセット量の影響が少なく、通常の緊張管理と同様に行えた。



写真－7 外ケーブル緊張状況

4. 6 外ケーブルグラウト

グラウト用混和剤としては、低ブリージングタイプのGF 7 0 0（エヌエムビー社製）を使用し、偏向部の前後に中間排気口を設けて通常グラウトと同様に施工したが、ブリージング水の排出のために1ケーブルの注入が一旦完了した後、中間排気口を注入側より順次開けて再注入を行った。

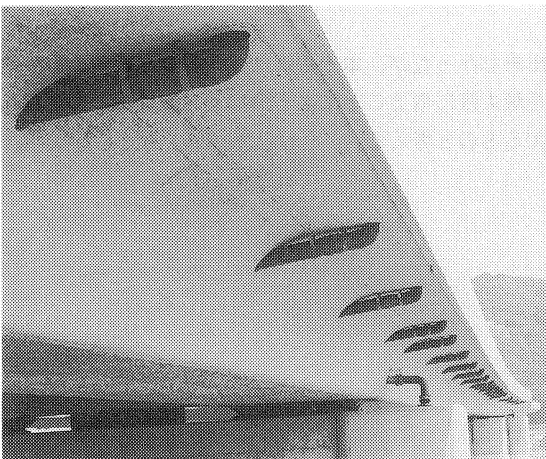
5. 景観設計

当工区の橋梁は市街地の橋梁のため景観に配慮して、主げたの断面および付属物工の取り扱いを全工区統一している。主げた断面形状はコンクリートの堅さを強調しない柔らかい印象を与えるため曲線が取り入れられており、またアクセサリーについても景観を考慮した設計を行っている。

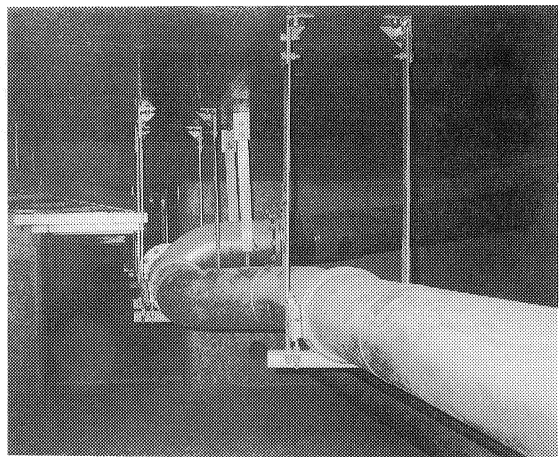
ここでは景観設計として排水装置とケーブルラックについて、遮音設備として遮音壁と漏音防止板の紹介を行う。

5. 1 排水装置・ケーブルラック

公団基準では、排水装置の配管は通常硬質塩化ビニールのV P管を使用するが、景観設計によりけた内に設置する場合は維持管理を考慮して配管用炭素鋼管（S G P）を使用する。当工区においても樹からの配管を張り出し形状に沿わせ箱けた内配管とし、流末部の縦配管は橋脚内に埋め込みとなっている（写真－8）。同様に通信・電気配線もけた内配置とし、受け金具のケーブルラックを箱けた内に配置させている（写真－9）。



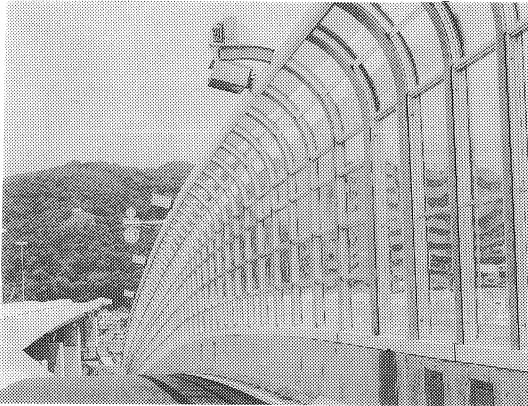
写真－8 排水管取付状況（張出部）



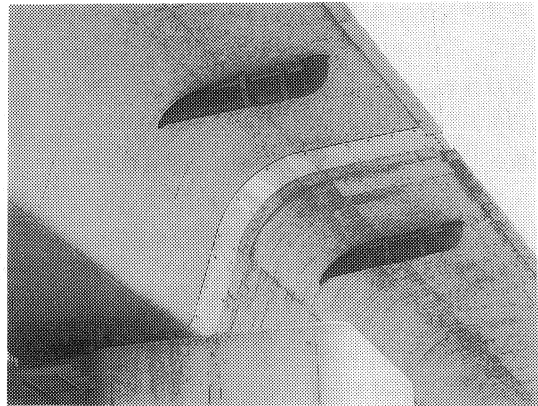
写真－9 付属物取付状況（けた内）

5. 2 遮音壁・漏音防止板

壁高欄部には騒音防止用の遮音壁を設置しているが、美観並びに遮音効果を考慮して曲線を取り入れた形状としている（写真－10）。併せて伸縮部での走行音を低減するため、制振鉄板およびアルポラス吸音板を用いた漏音防止板を鋼製伸縮継手部に設置している（写真－11）。



写真－10 遮音壁設置状況



写真－11 漏音防止板設置状況

6. おわりに

本橋の設計で留意したことは、主げた構造形状の決定にあたり、景観設計により箱げた内配置とした付属物と外ケーブルを競合することなくレイアウトすることであった。この結果、機能的には問題のない構造となったが、今後のメンテナンス面を考えた場合、中間支点横げた部での管理用通路としての高さ、および外ケーブルの交換を行う際の既存ケーブルのディテンション、新旧ケーブルの取り替えおよび緊張のための作業空間が充分確保されていない。これらの点を考慮すると、けた高としては3m程度必要である。

施工において留意した点は、分割施工の内ケーブル緊張時には主げた自重に対応したプレストレスのみ導入されるため、緊張後のたわみはクリープによりスパン中央で下向きに進行することであった。このため、内ケーブル緊張後は出来るだけ早期に支保工による拘束を解放する必要があったが、これに対してはRÖRÖ式支保工を採用することにより、解体ジャッキにて支柱の一括ジャッキダウンを行い対応した。

工費面では、本橋の内外ケーブル採用にあたって、同一設計条件において試設計を行ったところ5%の低コスト化が計れたが、実設計では外ケーブルの有用性を考慮して取り替え可能な構造としたため若干のコストアップとなった。しかし、将来のメンテナンスを含めたトータルコスト的には低減されていると考えられる。

最後に本橋においては、種々の制約条件により実現出来なかったが、本工法には外ケーブル本数の奇数配置、支点移動のない地域において外ケーブルの偏心量を最大限に取ることによる鋼材量の減少などの更なる工費縮減の可能性がある、今後益々本工法の採用が増えるものとする。