

I-90

帯広広尾自動車道 土狩大橋の計画について

北海道開発局 帯広開発建設部	正 員	柳原優登
北海道開発局 帯広開発建設部		竹腰 稔
北海道開発コンサルタント(株)	正 員	井上雅弘
日本工営(株)		児玉佐美雄
日本工営(株)	正 員	功刀和也

1. まえがき

帯広広尾自動車道は芽室町を起点とし、広尾町に至る延長 80 km の高規格幹線道路である。土狩大橋は当該道路が一級河川十勝川を渡河する位置に架けられる橋長610.0m、最大支間長140.0mのPC長大橋である。橋梁計画に当たっては、本橋の終点側に計画される十勝インターチェンジ（以下、十勝ICという）との取り付け勾配の関係から主桁高を低くする必要が生じたため、構造形式に大偏心外ケーブル方式を有する5径間連続箱桁を採用した。大偏心外ケーブル方式は外ケーブル方式の一種であるが、一般的な外ケーブルのようにケーブルの偏心量が桁内に抑えられているものに対し、桁の有効高さ以上に外ケーブルを配置する構造形式である。このためPCケーブルのプレストレスによる偏心モーメントを主桁より大きく導入でき、従来の内ケーブル方式のPC橋に比べ桁高を低くできる利点を持っている。



図 1.1 位置図

本稿では、土狩大橋における構造形式の選定経緯と本橋の大偏心外ケーブル方式の特徴について述べる。

2. 橋梁諸元

- 1) 路線名 帯広広尾自動車道
- 2) 道路規格 第1種第2級 B規格
- 3) 幅員構成 $W=22.0m(1.75+7.00+4.50+7.00+1.75)$
- 4) 橋 長 610.00m
- 5) 支間割り 94.0+3@140.0+94.0
- 6) 構造形式 大偏心外ケーブル方式PC5径間連続箱桁

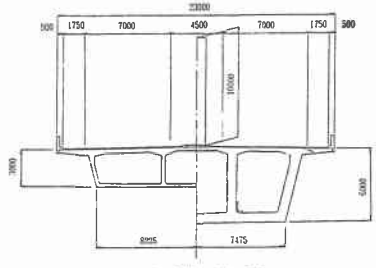


図 1.2 断面図

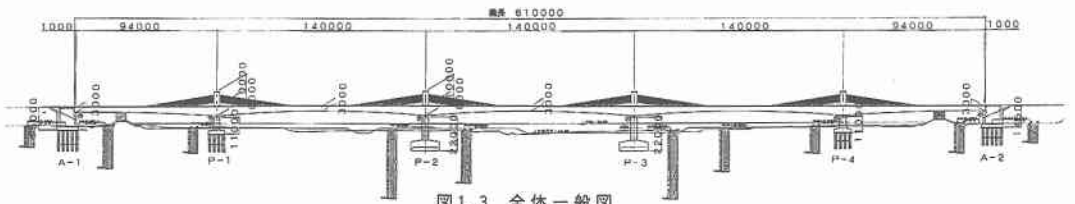


図 1.3 全体一般図

Planning of Sikari Ohasi Bridge

by Masato YANAGIHARA, Minoru TAKEKOSI, Masahiro INOUE, Samio KODAMA, Kazuya KUNUGI,

2. 構造形式の選定経緯

河川条件を満足する支間長に対し、多径間連続桁を基本とする上部工橋種(8案)を選定し、一次選定により次の3橋種を比較案として選出した。

第1案 大偏心外ケーブル方式PC5径間連続箱桁

第2案 PC5径間連続箱桁

第3案 鋼5径間連続鋼床版箱桁

この3橋種について、①近傍の十勝IC計画への影響、②経済性、③径間との調和などの評価項目の比較検討を行った(表2.1)。この結果以下の理由により大偏心外ケーブル方式PC5径間連続箱桁を計画案に選定した。

表2.1 比較検討結果

上部工形式 \ 項目	走行性	施工性	維持管理	経済性	景観	計
PC外ケーブル方式5径間連続箱桁	◎	◎	◎	◎	◎	◎
PC5径間連続箱桁	◎	◎	◎	◎	○	○
鋼5径間連続鋼床版箱桁	○	○	○	○	○	○

<決定理由>

①十勝IC計画への影響

橋梁終点側に計画される十勝ICの周辺は工業団地として活用されており、十勝IC造成による土地の支障面積を少なくする必要があった。主桁高が高規格道路本線の路面高のコントロールポイントとなっているため、従来の内ケーブル方式の第2案に比べ主桁高を低くできる第1案を採用し、ランプ線形をコンパクトにして土地の有効利用を図った。

②経済性

工事費の比率は第1案より1.00:1.03:1.20となった。この結果からは第1案と第2案は同等、第3案は劣ると評価できる。第1案と第2案とに工事費の差が生じないのは、イ)第1案は第2案に比べ桁高が低くコンクリート量が少ない、ロ)第1案は力学的に桁橋に近い特性を持っているため斜張橋のような高い疲労強度を必要とする材料を使用していない、などが理由となっている。

③景観との調和

景観は、イ)周辺は平坦な地形で大規模な構造物がないこと、ロ)遠景には日高山脈が展開する架橋位置の景観要素に対する評価を行った。第1案は、

- ・従来の内ケーブル方式PC橋より桁高が低くでき、周囲に対する威圧感を軽減できる。
- ・低い主塔と大偏心外ケーブルの構成によりシンボリックな景観を持ちつつ、背景の山並みとの調和が図れる。

など、他の案より優れる。

3. 大偏心外ケーブル方式の特徴

3-1 構造特性

大偏心外ケーブル方式は、PCケーブルの一部を主桁断面の外に出し、偏心量を大きくしているところに特徴がある。基本的な構造は桁内で使用されている外ケーブル方式と同じであり、恒久的な防錆防食を施した緊張材をコンクリート部材断面の外側に配置し、定

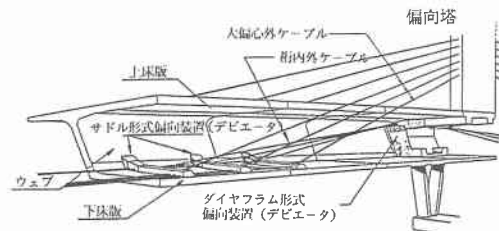


図3.1 大偏心外ケーブル方式の構成要素

着部あるいは偏向部（偏向塔を含む）を介して、部材にプレストレスを与える形式である。構造部材は、緊張材、定着具、緊張材の位置を保持するための偏向部および緊張材の保護に要する保護管・充填剤などにより構成される（図3.1）。

本橋で計画した大偏心外ケーブル方式の構造特性をP C鋼材の応力変動と桁高に着目し、斜張橋ならびに箱桁と比較した結果を以下に示す。

- ①偏向塔が低い場合活荷重による斜材の応力変動はP C斜張橋の1/3 ~1/4 程度であり、力学的には桁橋に近い特性となっている（表3.1）。
- ②P Cケーブルの偏心量を大きくすることにより、主桁に大きな偏心モーメントが導入できるため、従来の箱桁橋よりも主桁高を低くできる（図3.2）。

この結果から、本橋は大偏心外ケーブルを有しかつ従来のP C箱桁に比べ桁高も低くできるため、斜張橋に近いイメージとなるが、構造力学的には桁橋の範疇に位置する形式であることが確認できた。

表 3.1 応力変動の比較

橋 種	応力変動	備 考
P C 斜 張 橋	4.0~13.0kg f /mm ²	
大偏心外ケーブル方式	1.5~4.0kg f /mm ²	
P C 箱 桁	1.0~3.0kg f /mm ²	

3-2 ケーブルの種類と効率

設計で区分するケーブルの種類には、偏向塔に定着する大偏心外ケーブル、主桁コンクリート断面内に配置する内ケーブル、および主桁断面の内空に配置する桁内外ケーブルがある。さらに大偏心外ケーブルは、主桁上フランジに直接定着する斜材ケーブルと、上フランジを貫通して偏向塔から偏向塔間に配置する連続ケーブルとに分けられる（図3.3）。また、施工的には連続ケーブルは主桁閉合後に挿入されるケーブルに対し、斜材ケーブルは主桁張り出し架設時のカンチレバーケーブルも兼ねることができるケーブルとなる。

次に各ケーブルの効率を調べるため主桁の主要断面に対する応力レベルに着目し、大偏心外ケーブル（斜材、連続ケーブル）と他のケーブル（内ケーブル、桁内外ケーブル）について比較した（表3.2）。

表より、斜材ケーブルならびに連続ケーブルの効果について整理すると以下の結果となった。

- ①中間支点上の斜材ケーブルならびに連続ケーブルによる応力度は、他のケーブルに比べ2倍以上の値を示し、本橋の構造形式の特徴を最も良く現わしている。
- ②側径間部の斜材ケーブルによる応力度は、他のケーブルに比べ1/4以下しか生じないため効果的なケーブルとはならない。
- ③中央径間部の斜材ケーブルならびに連続ケーブルによる応力度は、内ケーブルによる応力度の70%程度となっており、効果的なケーブルとなっている。

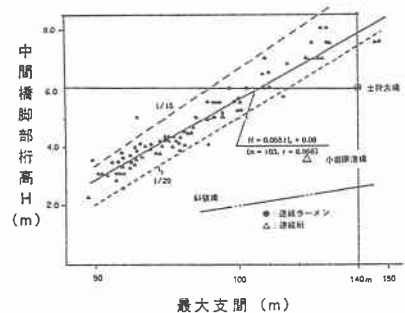


図 3.2 桁高選定図

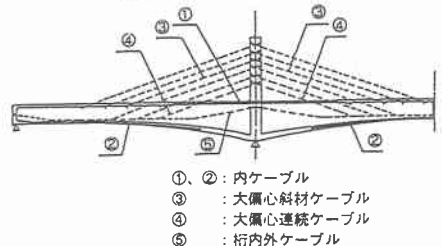


図 3.3 P Cケーブル概念図

表 3.2 有効緊張力100 t f当りの応力度の比較

ケーブル種別	σ	単位	側径間	p-1	
				側径間	中央径間
斜材ケーブル	σ	t f /m ²	-2.8	15.0	-9.2
	σ	t f /m ²	4.6	-8.6	15.1
大偏心連続ケーブル	σ	t f /m ²	-0.3	15.1	1.3
	σ	t f /m ²	18.1	8.6	15.7
桁内外ケーブル	σ	t f /m ²	0.4	8.9	3.6
	σ	t f /m ²	16.9	-2.9	12.0
内ケーブル	σ	t f /m ²	-2.8	7.5	-2.9
	σ	t f /m ²	22.3	-1.6	22.6

以上から、大偏心外ケーブルは中間支点上で最も効率が高いことが当初から予測できたことであるが、側径間においても連続ケーブルが内ケーブルと同等の効率があることが分かった。このことは側径間部の部材断面の縮小、主桁自重の軽減へとつながり、桁高の低減が中間支点上だけではなく側径間部においても可能であることを示しているものといえる。

4. 今後の課題

外ケーブル方式の設計・施工に固有な事項については、現行の道路橋示方書¹⁾では適用範囲外となっており、現時点においては『外ケーブル方式を採用するに当たっての設計施工のガイドライン』²⁾のなかで、その検討項目や検討内容について規定されている状況である。さらに本橋で採用した大偏心外ケーブル方式はガイドラインでも適用範囲外となっている。このため、土狩大橋の設計・施工にあたっては大偏心外ケーブル方式を採用したことによる技術的課題を検討する必要がある(表4.1)。

表4.1 大偏心外ケーブルに係る検討項目

項目	検討内容	検討手法
1 外ケーブルの許容応力度の設定	・ 既往の基準、施工事例、実験例の把握	・ 曲げ部の疲労試験
2 外ケーブルの最小曲げ半径の設定	・ ケーブルの疲労特性を考慮した許容応力度、曲げ半径の設定	
3 終局耐力の照査	・ PC鋼材張力増加量の検討 ・ 終局耐力の評価	・ 幾何・材料非線形解析
4 ケーブル制振対策	・ 桁内外ケーブル制振対策検討 ・ 並列ケーブル制振対策検討	・ ケーブル固有値解析

5. あとがき

土狩大橋の計画について、構造形式の選定と大偏心外ケーブルの特徴について述べた。本橋に採用した大偏心外ケーブル方式PC橋は、従来の内ケーブル方式PC橋とほとんど同じ工事費で桁高を低くすることができるため、桁高がコントロールポイントとなっている計画地点の橋梁には有利な構造型式となる。しかし、わが国では設計基準の整備の遅れや歴史・実績数が少ないこともあり、表4.1に示した内容をはじめとする多くの技術的課題を解決していかなければならない。本橋では大偏心外ケーブルの採用にあたり定着部、偏向部に着目したケーブルの疲労試験を行って、大偏心外ケーブルの許容応力度と曲げ半径を設定し設計、施工に反映させていく予定である。

最後に本橋の設計は、北海道大学工学部土木工学科角田教授を委員長とする技術検討委員会の諸先生方のご意見、ご指導をいただきながら進めているところである。ここに記して謝意を表します。



完成予想図

<参考文献>

- 1)道路橋示方書・同解説 I～V 平成6年2月 (社)日本道路協会
- 2)外ケーブル方式PC建造物の設計・施工ガイドライン プレストレストコンクリート技術協会 第22回PC技術講習会(1994)