

ケーブルレクシオン斜吊工法による架設について ～（仮称）瀬田川橋梁の事例～

上原 学

大津土木事務所 道路計画課

（仮称）瀬田川橋梁は国道422号の大石東バイパスの道路整備の一環として、一級河川淀川（瀬田川）に架かるバスケットハンドル式ニールセンローゼ橋である。計画位置は瀬田川と大戸川の合流点の直下流であり、また、瀬田川洗堰が約900m上流にあるなど特異な河川条件を有する。

本論文では、そのような条件下で行った橋桁の架設について考察する。

キーワード 瀬田川, 橋梁架設計画, ニールセンローゼ橋



図-1 位置図

1.はじめに

(1)事業概要

国道422号は、大津市国道1号松原交差点から甲賀市、三重県伊賀市などを経て紀北町に至る延長176kmの路線であり、途中、国道307号、国道25号(名阪国道)及び国道165号と連結し滋賀県中部・南部地域の幹線道路網を構成する幹線道路である。

このうち国道422号道路改築事業大石東バイパスの整備区間（図-1）は大津市南郷六丁目から大石東町である。

現道の瀬田川沿いの立木観音付近から大石東町の間では道幅も狭く、歩道の整備も十分でない。また近年の大雨による土砂流失で、通行止めも発生しており、災害に対して脆弱である。

また、国道422号と平行に走る瀬田大石東線は、人家が重複する関津峠を通る道である。当県道は大型車両の通行規制があり、道幅狭小で離合困難な箇所もある道路であり、国道422号の代替え道路となりえない。

国道422号大石東バイパスが整備されることで安全で

快適に利用できる道路が確保され、滋賀県南部の広域連帯が進み、地域の活性化に大きく寄与することが期待される。

(2)大石東バイパス事業の計画概要

計画箇所：大津市南郷六丁目～大石東町

道路規格：第3種2級

計画延長：L=2,775m（現道延長4,060m）

総事業費C=約83億

事業期間：平成16年度～平成30年度

計画幅員：全幅員11.0m

車道6.5m（2車線）、自転車歩行者道2.0m（片側）

主要構造物：トンネル1箇所、橋梁3基

(3)(仮称)瀬田川橋梁について

大石東バイパスが瀬田川を横断する箇所が瀬田川洗堰と大戸川の合流地点の直下流ということもあり、(仮称)瀬田川橋梁では、河川内に橋脚や仮設構造物を構築しない橋梁形式や架設工法を採用した。

本論文では、瀬田川橋梁の架設において、ケーブルエレクション斜吊り工法を採用した経緯、施工方法、課題を紹介する。

2. ケーブルエレクション斜吊り工法の採用経緯

(1) 橋梁形式の選定について

橋梁形式について次の条件を踏まえて検討した。

- ・計画橋梁の橋脚数については、基準径間長および障害率からすれば、3径間まで計画可能であるが、その場合は、橋脚が立つことによる堤防等の影響度や安全性を水理解析等により証明する必要がある。
- ・施工箇所は大戸川と瀬田川の合流点の直下流であり、複雑な解析となり、結果判定が難しい。

検討の結果、河川への影響を考慮し、河川内に橋脚の設置を回避し、単径間の橋梁形式で比較検討を行い、経済的、景観性に優れているバスケットハンドル式ニールセンローゼ橋とした。よって、計画橋梁は橋長176m、鋼重約1,400t、橋台はA1、A2とも逆T式橋台、場所打ち杭基礎、鋼下路式ニールセンローゼ桁となった。（図-1、図-2、図-3）

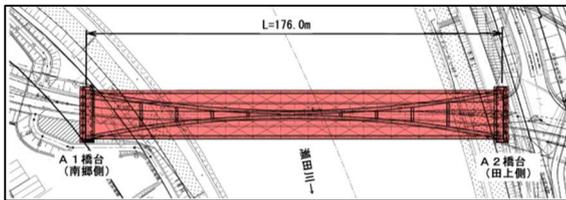


図-1 瀬田川橋梁 橋梁一般図（平面図）

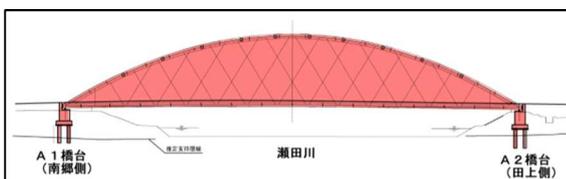


図-2 瀬田川橋梁 橋梁一般図（側面図）

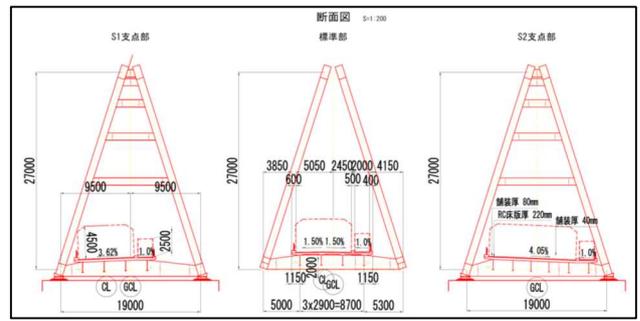


図-3 瀬田川橋梁 橋梁一般図（断面図）

(2)架設方法の採用について

架設方法について次の条件を踏まえて検討した。

- ・河川内の施工期間は非出水期施工を基本とする。ただし、作業期間は10月中旬～2月中旬の4ヶ月。
- ・瀬田川は琵琶湖唯一の流出河川であり、計画箇所付近の瀬田川中流部には洗堰があり、120本もの1級河川からの琵琶湖への流入量と瀬田川からの放流量をバランスさせる重要な役割を担っている。
- ・放流量が大きく変わる際は河川内での作業を中止する必要がある。（表-1）
- ・非出水期でも200t放流する場合がある。（表-2）

検討の結果、河川に入らないで架設可能なケーブルエレクション斜吊り工法を採用した。（表-3）

表-1 瀬田川の水位について（関津水位計）

	最低水位	最高水位	水位差	水防待機水位(1.00m)
H26.10～H27.6 非出水期	-2.51	0.26	2.77	0
H27.6～10 出水期	-2.49	1.7	4.19	12
H27.10～H28.6 非出水期	-2.46	1.7	4.16	0
H28.6～10 出水期	-2.58	1.65	4.23	7
H28.10～H29.6 非出水期	-2.48	-0.59	1.89	0
H29.6～10 出水期	-2.48	1.99	4.47	6
H29.10 非出水期	-1.75	2.5	4.25	8

表-2 瀬田川洗堰の放流量

	最少放流量(m ³ /s)	最大放流量(m ³ /s)	放流量差(m ³ /s)	200m ³ /s以上の放流回数
H26.10～H27.6 非出水期	14.62	712.3	697.68	49
H27.6～10 出水期	14.61	744.3	729.69	53
H27.10～H28.6 非出水期	14.87	250	235.13	3
H28.6～10 出水期	14.63	697.45	682.82	28
H28.10～H29.6 非出水期	14.38	253.17	238.79	27
H29.6～10 出水期	14.35	733.5	719.15	13
H29.10 非出水期	50.81	886.32	835.51	9

表-3 架設工法比較表

架設工法	理由等	可否
トラッククレーンによるベント工法	ベント設置不可	×
ケーブルクレーンによるベント工法	ベント設置不可	×
ケーブルクレーンによる直吊工法	鉄塔支間が150m以上で不可	×
ケーブルクレーンによる斜吊工法	鉄塔支間が250m以下であり、可能	○
架設桁工法	送り出しヤードが確保できない。	×
送り出し工法(台船・移動式ベント)	水深、流水が安定しない。台船が設置できない。	×
一括架設工法(台船)	台船が設置できない。	×

3.架設方法について

(1) ケーブルエレクション工法について

本橋梁の架設においては、河川内にベントや橋脚を立てることができなかつたので「ケーブルエレクション斜吊工法」を採用した。ケーブルエレクション工法とは橋梁の下に深い谷や河川がありベントの設置が困難である場合に用いられる工法である。(図-3) (写真-1)

(2) 架設順序について

上部工の施工手順は以下のとおりとなる。

- ①アンカー設備、道路防護、ワイヤーブリッジ設置
架設整備である鉄塔、ケーブルクレーン等を支えるアンカーを両側に設置する。また、ケーブルが国道および県道を跨ぐため、道路防護を設置する。そして、足場となるワイヤーブリッジを設置する。なお、ワイヤーブリッジとは、橋台または橋脚間に、桁を架け渡す前にワイヤロープを用いて架け渡す足場設備である。
- ②鉄塔建方
A1・A2橋台側双方ともに直近まで重機の進入が可能であるため、トラッククレーンを使用して鉄塔を組み立てる。鉄塔高は約55mとなる。
- ③ケーブルクレーンの配置
25t吊キャリーを補剛桁用に外側2系統、アーチ用に内側2系統の合計4系統配置する。
- ④杓固定
斜吊り工法による架設では支承部に大きな水平力が生じる。そこで、胸壁を反力壁として利用する。
- ⑤アーチリブ・上支材架設
両支点から支間中央に向けて、1部材ずつ斜吊設備を転用しながらケーブルクレーンで架設する。支材はアーチリブの架設に対応して取付ける。最初にA1側、A2側の桁端部の架設を行い、A2側から中央に向かってアーチ部材の架設を行い、次にA1側から中央に向かって架設し、閉合する。
- ⑥斜吊設備、ワイヤーブリッジの撤去
アーチの閉合後、斜吊設備とワイヤーブリッジを撤去する。
- ⑦横桁の架設
外側の主ケーブルクレーンで作業床を吊り、作業床

を利用して、A2側からA1側に向かって横桁の吊り下げを行う。縦桁・下横構についても横桁に合わせて、架設していく。

- ⑧補剛桁の架設、斜材ケーブルの取り付け
アーチリブと同様に中央に向かって、補剛桁と斜材ケーブルの架設をA1側、A2側交互に行い、補剛桁を閉合する。
- ⑨ケーブルクレーン設備撤去・鉄塔解体
補剛桁の閉合を行い、ボルトの本締め、斜材ケーブルの調整を行い、ケーブルクレーン設備撤去及び鉄塔の解体を行う。



写真-1 架設時の写真 (H29.4)

4.工事の実施に伴う課題と対応策について

工事の実施にあたり、以下の課題があり、施工方法を検討し、対応にあたった。

- (1)設備の作業ヤードの確保
採用した架設工法については、高さ約55mもある鉄塔設備とアンカーブロックが設置できる作業ヤードが必要となる。
当工区は、A1側のアンカーブロックを県有地に、A2側は耕作地を借地し、作業ヤードを確保した。
- (2)傾斜地におけるアンカーブロックの選定
鉄塔を支えるアンカーブロックは、一般的に平坦地ではコンクリートアンカー、傾斜地にはグラウンドアンカーが用いられる。A1側については傾斜地であったが、設置位置でのボーリング結果より、一様に安定した定着層がなく、グラウンドアンカーの定着地盤に適さなかつ

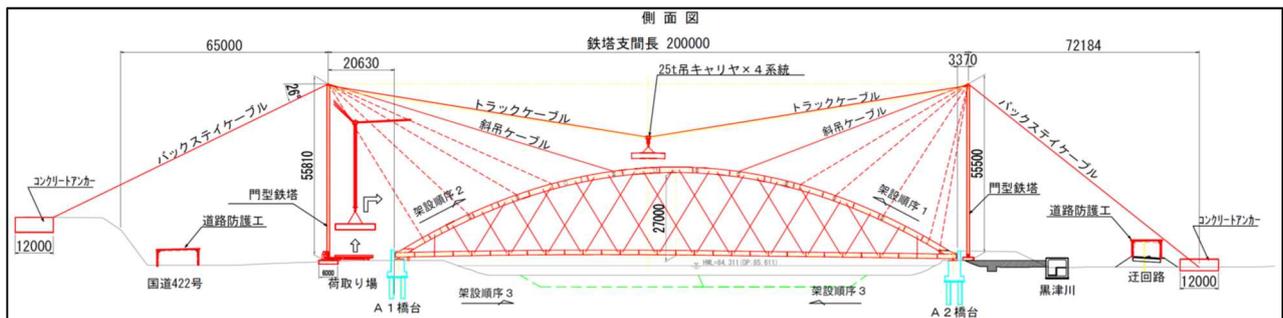


図-3 橋梁架設図

た。(図-4、図-5、表-4)

そのため、占用スペースは大きく、産業廃棄処理量は多くなるが、地質を特に選ばず、コンクリート質量のみで支えることができるコンクリートアンカーを採用した。A1、A2両側のアンカーのコンクリートの総体積は約1,400m³となる。(写真-2)

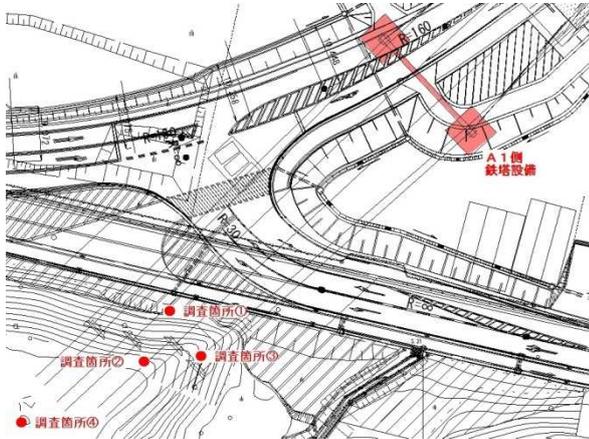


図-4 ボーリング調査箇所

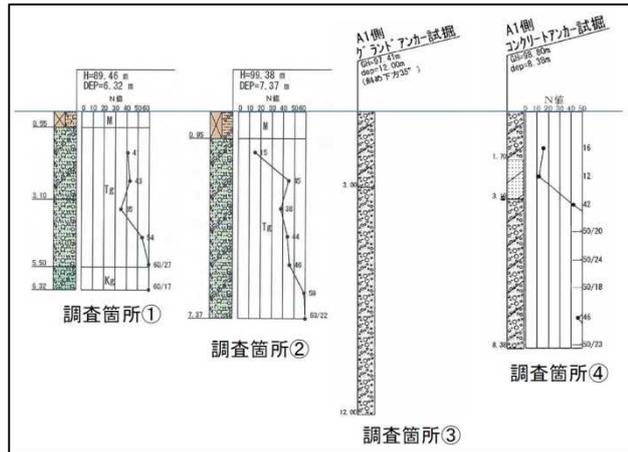


図-5 アンカー周辺のボーリングの結果(柱状図)

表-4 ボーリング調査結果

調査箇所	地質について	グラウンドアンカーの定着地盤としての評価
①	表土は粘土混じりの砂礫。0.55m～は砂礫でN値35～60。地下水位無し。	◎
②	表土は礫混じりのシルト。0.95m～は砂礫でN値15～60。地下水位無し。	○
③	崖錐性の堆積物であり、N値が測定できない。	×
④	0～1.70mは崖錐性で粘土混じりの砂礫でN値12～3.10m～は礫質土でN値42～。	○

※グラウンドアンカーの定着地盤は「岩盤あるいはN値30以上の密な砂質土」が目安
※コンクリートアンカーは特に地質を選ばない。



写真-2 アンカブロック(左A1、右A2)

(3) 左右岸の移動方法の確保

鉄塔建方やケーブルクレーンの設置にあたり、頻繁に左右岸の往来を行う必要があったが、当初計画では、瀬田川の堤防高からでは足場設備であるワイヤーブリッジの最下端がHWL以下になることから設置を見送っており、陸地での移動もしくは洗堰の放流量によって使用制限される船舶での移動を検討せざるを得なかった。

しかし、約12mの高さの鉄塔を設置し、そこからワイヤーブリッジを張ることでHWLからの余裕高を確保し、作業効率の良い左右岸の移動方法を確保した。(図-6、写真-3、写真-4) このことにより、瀬田川の右岸左岸の移動時間が短縮され、また洗堰の放流量による作業制限を受けずに済んだ。

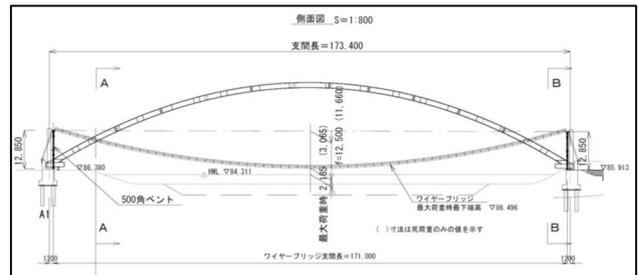


図-6 ワイヤーブリッジ施工図



写真-3 ワイヤーブリッジ(H28.10)



写真-4 ワイヤーブリッジ(その2)

(4) 鉄塔設備の基礎の安定及び変位に関する照査

架設設備の鉄塔基礎については、施工規模が大きく、鉄塔や架設物等の鉛直反力が大きくなるため、十分な地耐力を確保する必要があった。地耐力の調査にあたり、平板載荷試験により、載荷荷重に対して許容値内であることを確認したが、新名神有馬川橋橋桁落下事故を受けて、より詳細な地質調査を行ったうえで施工することとした。対象地点の地質調査(ボーリング調査)を行った

結果、A2橋台側の鉄塔基礎部分について、右側の鉄塔基礎と左側の鉄塔基礎の地質が不均質であることが判明し、不等沈下を起こす可能性があった。（図-5、写真-5）

基礎の不等沈下により鉄塔の転倒が考えられることから防止対策として、左右の鉄塔基礎部分の地盤改良を実施し、基礎の安定性を確保した。

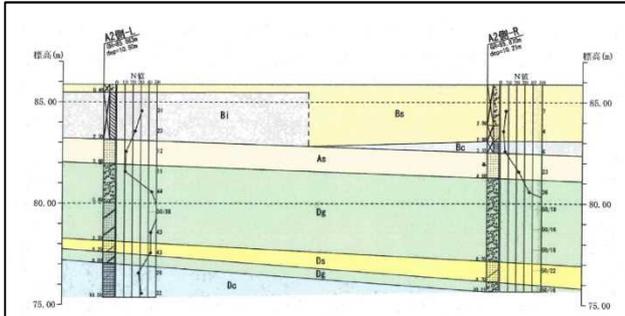


図-7 鉄塔基礎のボーリングの結果（柱状図）



写真-5 鉄塔設備（左 A1、右 A2）

(5)補剛桁閉合時に作用する水平力に対する安全照査

本橋の架設工法「ケーブルエレクションによる斜吊り工法」は、架設時に上部工からの水平力を橋梁下部で受け持つため、水平力に対して橋梁下部（橋台および基礎）の安全照査が必要であった。また水平力には下記の特徴がある。

- 水平力は、補剛桁閉合時に最大となり、照査においては最大水平力を考慮する必要がある。（図-6）
- また補剛桁閉合時には上部工とパラペットの間に設置したジャッキを操作する必要があり、最大水平力にはジャッキ操作時における不均等係数を考慮する必要がある。

安全照査の結果、最大水平力に対応するため、パラペットの補強および橋台背面への抑え盛土設置を実施した。（写真-6、写真-7）

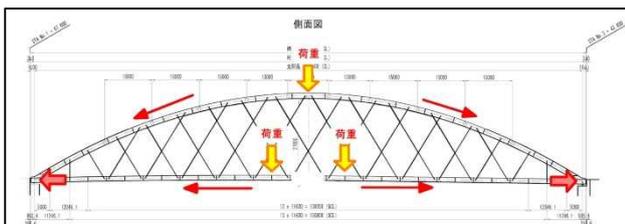


図-8 補剛桁閉合時の作用力図



写真-6 補剛桁閉合時（H29.8）



写真-7 補強盛土（左 A2、右 A1）

5.考察

(1) ケーブルエレクション斜吊り工法の利点

- 前述したようにケーブルエレクション斜吊り工法は河川に入ることなく、施工が可能であり、出水期、非出水期に囚われることなく、通年施工が可能である。
- 瀬田川洗堰の直下流のような水位、流量が日単位で変化する場所には最適と言える。

(2) 工法採用の留意点・課題

- 鉄塔やケーブルなどのケーブルエレクション設備やアンカーなど設備が大きく、広大な作業ヤードが必要。
- コンクリートアンカーが大きくなるため、産業廃棄物の処理量が多い。
- 鉄塔やアンカーなどに大きな力がかかるため、設置箇所には安定した地盤が必要であり、詳細な地盤調査が必要となる。
- ケーブルエレクションでの架設事例が全国的に少なく、熟練した職人・技術者が少ない。
- 特に補剛桁の閉合時にかかる水平力への対応については橋台への影響を考慮し、パラペットを後施工にし、受け台を作り、対応している事例もあり、事前に他の施工事例などを調査し、設計する必要があると言える。

6.最後に

今回の架設工法での施工事例が少ないということもあり、現場見学会を実施した。

対象者は滋賀県庁の職員だけでなく、大阪府庁、和歌

山県庁、京都府庁、奈良県庁、近畿地方整備局の職員、民間企業ではネクスコ西日本や建設コンサルタントにも行った。

また、土木工事へ興味を持ってもらうため、近隣の小学生、就職活動を控える高校生、大学生。そして、近隣の住民にも行った。（写真-8）

滋賀県内で同じ工法を再び使用することはないかもしれないが、今回の架設事例が今後の架設計画の参考になれば幸いである。



写真-8 現場見学会の状況（対象：小学生）



写真-9 架設完了時（H29.8）

謝辞：滋賀県では類を見ない施工であり、多くの見学会の場を設けて頂きました施工業者の高田機工株式会社に感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 社団法人 日本橋梁建設協会 鋼橋のQ&A
- 土木学会 鋼構造架設設計施工指針
- 社団法人 日本建設機械施工協会 橋梁架設工事の積算