

仮2 ヒンジアーチによるローゼ橋の架設の設計と施工

全日本コンサルタント(株) 技術部 狩山 勝次
奥平 敬
河合 義勝

論文要旨

本報告は、急峻な谷地形に位置する橋長140mの鋼下路ローゼ橋の計画・設計及び施工である。

本路線の西佐味中之線と富田林五條線との交差点は、局地的に谷が入り組んでいる場所に位置するため、谷中に高さ約30mの箱式橋台を設置する。通常は橋台築造後、橋台背面盛土を行い、上部工を架設する。ところが、工事着手時点では大量の発生土および搬入路がない。これを解決し、工期内完成のためにいくつかの工夫をした。

また、上部工は、地形条件よりケーブルエレクション工法で架設する。「上部工反力の1.5倍の地震時水平力に耐えるべく設計されるパラベット」を足がかりとし、仮2ヒンジアーチ架設工法を採用し、架設コストの縮減を実現した。本橋については、調査・設計・施工管理を実施させて頂き、平成15年2月に開通を祝うことができた。

キーワード：谷中の交差点、工期短縮の工夫、ローゼ橋、斜吊工法、仮2ヒンジアーチ

まえがき

一般県道西佐味中之線は御所市鴨神（御所香芝線）と、五條市中之（国道310号線）を結ぶ延長約6kmの奈良県道である。平成15年2月に最後の事業区間約3.3kmが完成し、御所香芝線とあわせ、五條市から香芝市までを縦断する広域幹線道路として、地域振興・活性化と国道24号線の渋滞緩和が期待されている。

北山大橋は今回の事業区間の終点に位置し、急峻な谷地形を横過する橋長140mの鋼下路ローゼ橋である。局地的に谷が入り組んでいる場所で一般県道富田林五條線との交差点が計画され、すでに事業化されている。交差点も含む橋梁化は不経済であり、谷の中に高さ約30mの箱式のA1橋台を計画した。当初計画では、他の工事現場からの発生土を使用し、起点方からの盛土進入路でA1橋台を構築

後、谷を埋める予定であった。ところが、工事進捗の関係で、発生土の受入れ工程が調整困難で、かつ、堀割部着手が地元協議待ちであったため、工事工程が大幅に遅れる可能性が出てきた。

そこで筆者らは、以下の提案を行い、施主の了解を頂き、調査・設計・施工管理をさせて頂き、予定通りの開通に貢献出来た。

A1橋台前面に擁壁を採用し、工程のネックである盛土量を減らす。

A1橋台の工事用進入路に富田林五條線側からの仮栈橋を採用し、盛土開始が橋梁工事のクリティカルパスとならないようにし、工程を短縮する。

上部工の架設は仮2ヒンジアーチ工法を採用し、ケーブルエレクション工法の架設コストを縮減する。



図 - 1 路線概要図 (設計着手時点)

1. 構造規格

橋の幅員構成を図-2に示し、道路条件を以下に示す。

道路規格：橋梁より起点方 第3種第3級

終点方 第4種第2級

設計速度：40 km/h

形式：単径間鋼下路ローゼ橋

橋長：140m

平面線形：直線 (R =)

縦断線形：1.923% ~ 2.5%

斜角：90°00'00"

活荷重：B活荷重

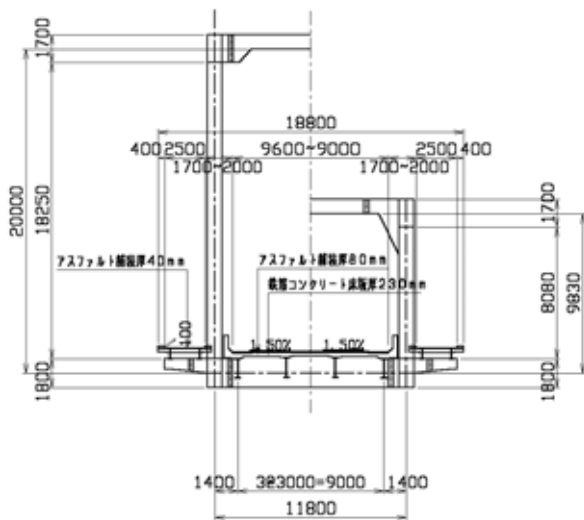


図-2 橋梁断面図

2. 地形及び地質

踏査の結果、谷中央部に断層崖がみられるため、比抵抗高密度探査およびボーリング調査を行った。その結果、各橋台付近も含めて小規模な断層、弱層が見られ、基盤岩も

断層活動の影響でミロナイト化している。総合的に本断層は中央構造線に属する金剛断層に派生する破碎帯であると判断された。また、A1橋台背面での局所的な谷の入り組みは地質的な弱さの現れであり、崖錐の状態および法面からの湧水跡、植生より侵食が進行中であることが明らかであった。しかし、A1橋台支持層の土質は洪積砂礫層であり、その谷側の地中部に健全な岩盤が受盤状に分布しているため橋台背面の高盛土が可能であると判断した。

また、A2橋台部では局部的に山が谷にせり出して、一部で岩が露呈する急斜面をなす地形であり、植生からも相対的に地質的には良いことが予測された。支持層とする基盤岩付近でもミロナイト化が進行しているが、十分な支持層であると判断して直接基礎とした。

3. 支間割

地質条件から、多径間の支間割が可能ではあるが、工費用進入路の築造コストと工期の観点から1径間とした。

まず、A2橋台背後はすでに道路が供用および概成しているため、資材搬入面では最も条件が良いが、そこからは谷側が約45°勾配の長い斜面であるため、進入が困難である。またA1橋台側から、谷途中にある沢、小山を越えてA2橋台側への進入は、仮栈橋か盛土を主とする進入路が必要となる。仮栈橋は不経済であり、盛土は3万m³を超える土砂搬入が必要となり困難である。これよりA1~A2間の進入はコストと工期の面から採用しないものとした。

4. 構造計画・設計

(1) 上部工形式

地形地質条件と交差点を考慮して橋台位置を決定し、橋長を140mとした。橋種選定の制約条件を以下に示す。

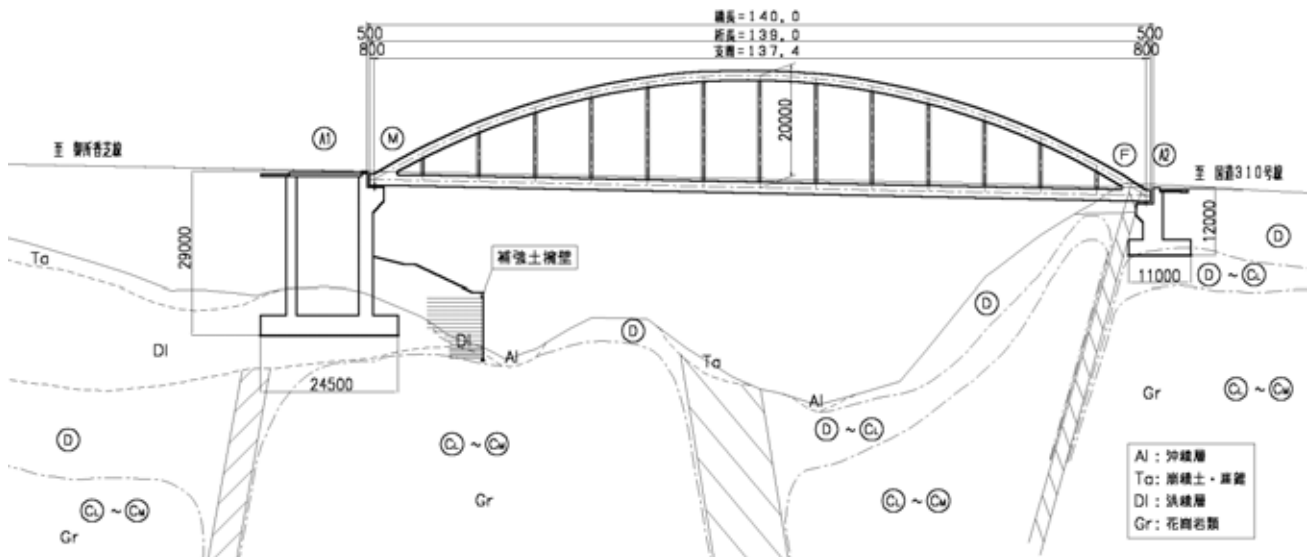


図-3 橋梁側面図

断層を跨ぐ橋梁であり、静定形式が望ましい。
橋台支持基盤が「十分に堅固である」とはいえず、
A 1 橋台は背面の高盛土を支持するので、上部工重量を軽くしたい。

3 . 支間割で述べたように、谷中に支保工を設置することは困難である。このため、上部工架設はケーブルエレクション工法となる。

以上の条件から橋種がランガーとローゼに絞られる。両者は経済的にほぼ同等であるが、仮2 ヒンジアーチ工法を採用するため、アーチで曲げと軸力を負担できるローゼを選定した。また、高盛土を支持するA 1 橋台幅を小さくするために、主構を歩車道の間で設け、歩道はブラケット形式とした。

(2) A 1 橋台 (支承条件 : 可動)

A 1 橋台の位置は地形・地質・交差点形状から決定した。その結果、**図 4** に示すように $B \times L \times H = 17.8m \times 24.5m \times 29.0m$ と箱式で直接基礎の巨大な構築となる。

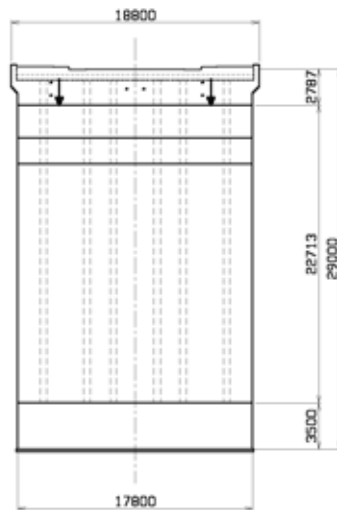


図 - 4 A 1 橋台正面図

(3) A 2 橋台 (支承条件 : 固定)

A 2 橋台部の基盤岩は断層活動の影響によってミロナイト化・風化が進行しているがN値が60以上あり、地耐力が直接基礎の支持層として十分である。よって、逆T式橋台とした。

(4) A 1 橋台部の盛土量の削減

A 1 橋台背面を含む交差点部を盛土で造成する場合の土量は13万m³を越える。しかし、起点側の掘割区間が概成するまでは、大量の土砂搬入が困難である。したがって盛土量を削減することが目標工期内完成の必須条件であり、擁壁を計画せざるを得ない。下段擁壁形式の選定条件は以下のとおりである。

橋台工事に支障させないためには、掘削量の少ない擁壁形式にすること。

急斜面進入となるため、搬入資材が少ないこと。

これより、谷側の下段擁壁を補強土擁壁とした。なお上段については、富田林五條線の橋台と合わせて盛りこぼし式杭基礎の逆T式擁壁とした。これによって、盛土量を削減した。

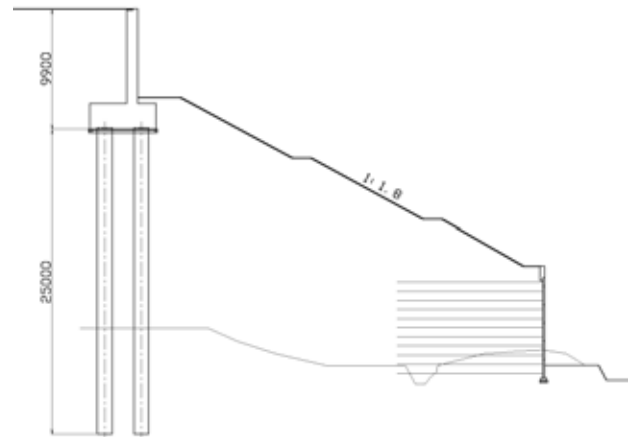


図 - 5 上段 : 逆T擁壁と下段 : 補強土擁壁

5 . 施工計画

西佐味中之線供用開始のためには、北山大橋と交差点部盛土の両方を完成させる必要がある。当初計画では、掘割部から盛土進入路でA 1 橋台を構築する予定にしていた。

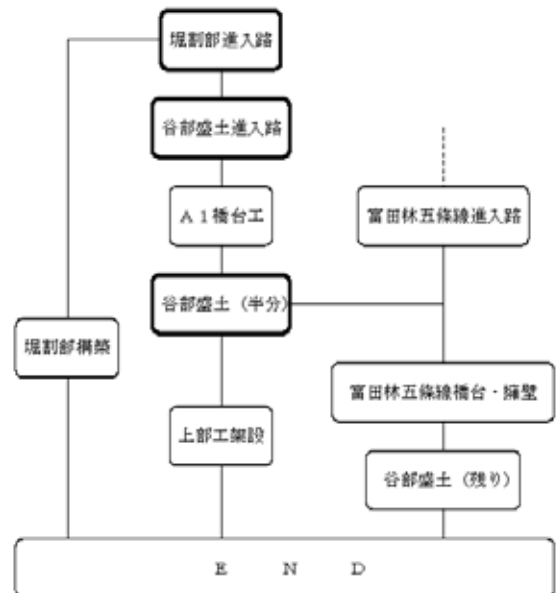


図 - 6 当初工程フロー

しかし、**図 - 6**の太枠で示す工種、つまり、盛土工については、発生土受入れ工程が調整困難で、掘割部工事は着手が地元協議待ちのため、以下の工夫を行うこととした。

当初、工事着手に余裕のあった富田林五條線をA 1 橋台工事の進入路として、先行着手する。

進入路に盛土を用いないことで、盛土搬入時期に余

裕を持たせる。

上部工架設のための材料搬入とヤードは、A2橋台側の概成道路を利用できる。そこでA1橋台掘削工に関しては、クローラ車両による土工事とし、富田林五條線側からの仮栈橋設置を計画することで、工期を短縮することとした。

(1) クローラ車両による土工事

富田林五條線側からA1橋台へは勾配約12°の斜面であり、クローラ車両なら下りられる。そこで工用仮栈橋築造開始と同時に、ブルドーザ・バックホウ・特装運搬車等のクローラ車両を使用し、斜面中に工用道路を造成しながら進入させる。立木の伐採・除根・盛土基盤の軟弱表土の排除・暗渠排水工・橋台部の掘削と掘削土砂の山側(起点側)への運搬を実施する。また、橋台施工とほぼ同時に補強土擁壁も施工する。

(2) 仮栈橋による橋台の施工

クローラ車両による掘削と並行してA1橋台に横付けする仮栈橋を施工する。パイロハンマーによるH鋼杭打設と桁架設・覆工を繰り返して施工する。この仮栈橋から橋台用の資材を搬入する。

(3) ケーブルエレクションによる上部工の架設

橋台完成後、背面を全高さの半分程度埋戻し、A1橋台にケーブルエレクションの鉄塔を建て込む。鉄塔アンカーは、起点側の掘削部にコンクリートで打設する。上部工の

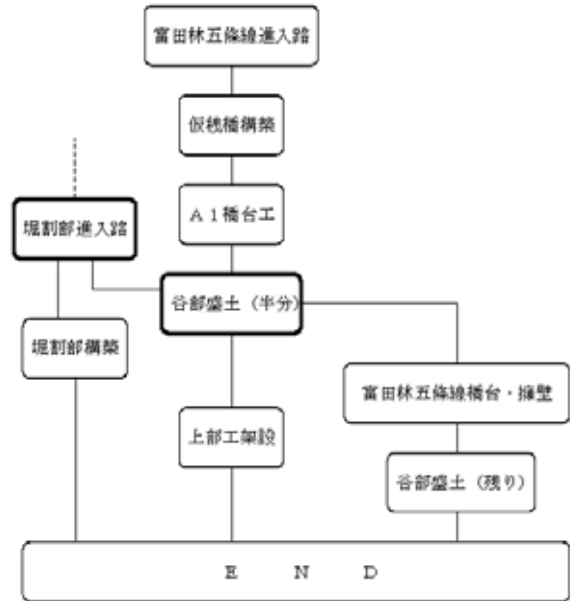


図-7 見直し工程フロー

材料搬入およびヤードはすべて終点側とする。これによってA1橋台背面は、上部工架設中であっても盛土が可能となる。

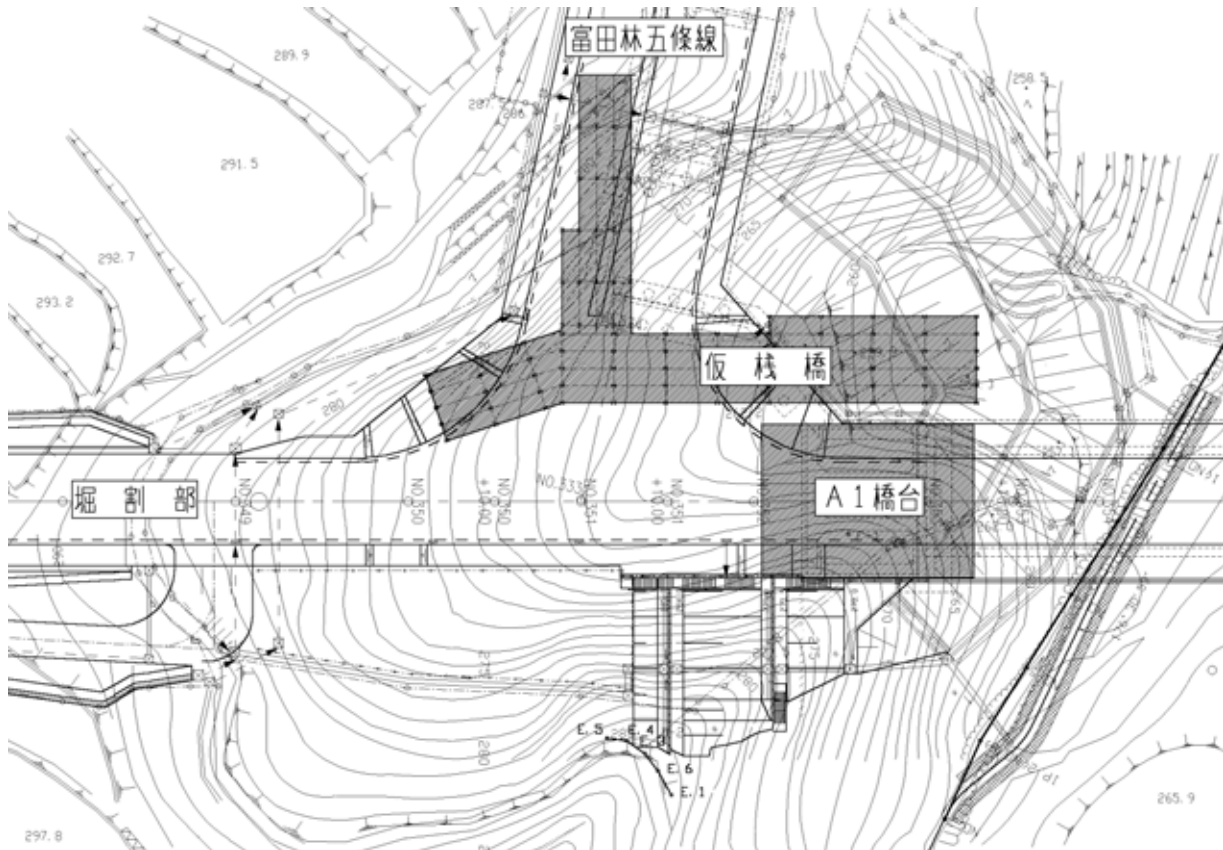


図-8 平面図(A1橋台付近)



写真 - 1 A1橋台構築を終え撤去中の仮棧橋

6. 仮2ヒンジアーチによる上部工の架設

下路形式のランガーやローゼのような内的不静定（外的静定）橋梁をケーブルエレクション工法で架設する場合は、主要部材の全重量をケーブルで支持し、不静定構築完了後に橋台に載せる直吊り工法が一般的である。本橋の場合、このためには全重量1250tを吊るケーブル設備が必要である。一方、外的不静定橋梁である上・中路アーチ橋では、アーチリブを斜吊り工法で架設し、補剛材等はアーチリブで支持させる。このためケーブルで支持する重量はアーチリブ部分のみでよい。この架設工法の違いは「外的静定橋梁を支持する下部工が、施工時に水平力を受けるべく設計されていない」ことにある。

ところが、平成8年度道路橋示方書¹⁾では、下部工のパラベットは上部工反力の1.5倍の地震時水平力に耐えるべく設計される。本橋台ではパラベット厚が1.5mにもなる。地震水平力の作用方向と施工時にうける水平力の方向が逆ではあるが、パラベットの補強は橋梁側に鉄筋を入れるだけでよい。（図 - 9）そして、アーチ

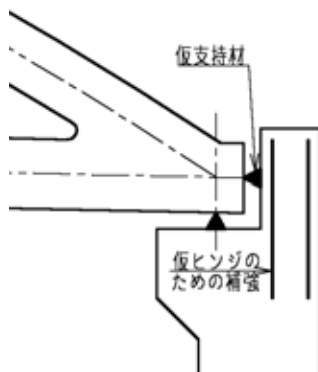


図 - 9 仮ヒンジイメージ



写真 - 2 アーチ部架設（斜吊り時）



写真 - 3 補剛桁部架設（仮2ヒンジ時）



写真 - 4 仮支持材

部を斜吊りで架設後、桁端部とパラベットの間に水平変位を拘束する支持材を設置すれば2ヒンジアーチが形成される。また、仮2ヒンジアーチ構造にすることによって上部工で増加する応力はわずかであり、補強は桁端部だけである。この工法の採用によって以下のメリットがある。

ケーブルで支持する重量が500t強で済むため架設費が安価になる。

アーチ架設後にケーブルに要求される機能はケー

ブルクレーンのみであり、約 20 t 程度である。起点側の工事が予定に反して進捗し、盛土予定内のアンカーブロックやケーブルが支障する場合は、A 1 橋台にアンカーを盛替えることも可能である。

7. 施工管理

(1) 盛土の施工管理

橋台裏込め盛土の施工管理基準²⁾は、一般的な橋台がせいぜい 10 m 程度であることを前提に、細粒分含有率の少ない砂質土を用いて締固め度 90 % 程度の管理を行えば良いこととなっている。しかし、盛土高さが 30 m である、細粒分の多い掘割区間の残土を使用する必要がある、盛土完了から供用開始まで時間的余裕がほとんどない、の理由から独自の管理基準を設けることとした。その内容は、橋台に対する土圧を管理する観点から、以下のようなものである。

3 軸圧縮試験を行い $\phi = 30^\circ$ 以上であることを確認した盛土材を使用する。

を満たさない掘割残土は、 $\phi = 30^\circ$ の土圧と同等になる（盛土高さ毎に設定した）粘着力を、セメント改良により付与し使用する。

このような盛土を行う範囲は、GL - 10 m 以深の範囲で、背面土の主働崩壊範囲とする。GL - 10 m 以浅は一般的なアプローチブロックを施工する。

また、締固め管理には盛土の重要性から、RI 計器を用いるよう施工業者に指導した。施工業者にとってははじめての試みであったが、盛土の品質が即座に判断できるため、締固め方法の改善に意欲的に取り組んでもらえた。

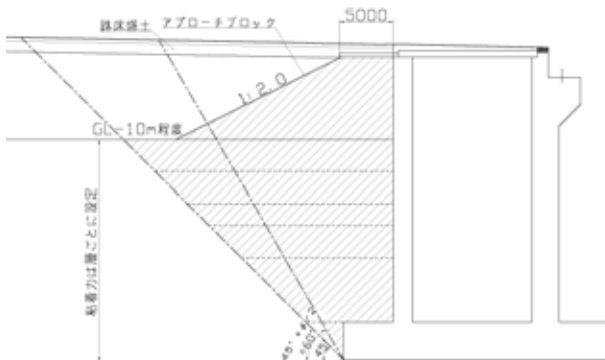


図 - 10 盛土管理範囲

(2) 上部工の施工管理

仮 2 ヒンジアーチの補剛桁閉合時は、日温度変化に対応するジャッキコントロールが必要であった。作業は 1 ~ 2 日で終了するが、施工時期が日温度変化の大きい 10 月である。つまり、最終エレメント締結時の温度上昇による軸

力発生は、添接作業およびパラペットにとって危険であり、桁の応力残留も望ましくない。そこで、事前に水平の油圧ジャッキを設置し、仮支持材を撤去した。そして閉合当日は温度上昇による軸力増加を抑えるために、ジャッキコントロールを実施した。

8. あとがき

西佐味中之線は、目標から遅れることなく、平成 15 年 2 月 6 日に開通となった。今回の業務では、単に構造物の計画、設計に止まらず、周辺工事も含めた工程計画、工期短縮のための上部工架設計画から現場施工管理までをお手伝いさせていただいた。このように一つの事業において、総合的に業務に携われたことは非常に希であり、このような機会を下さり、ご指導いただいた五條土木事務所ならびに奈良県の方々に、この場をお借りして心より感謝を申し上げます。また、特殊な架設工法を無事終えられ、本稿執筆にあたっては資料提供もして下さった、松尾・横河・片山特定建設工事共同企業体の方々、下部工、盛土工、周辺道路工で活躍された建設会社の方々にも感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説
耐震設計編 平成 8 年 12 月
- 2) (社) 地盤工学：土質基礎工学ライブラリー土の締固めと管理 平成 3 年 8 月