

第 5 章 事業の内容

5-1 事業の概要

本事業はニカラグア RACCN（北部カリブ海自治地域）において、リオ・ブランコ～シウナ間幹線道路の橋梁を整備することにより、当該区間の運輸・交通の改善を図り、以て同地域の市場アクセスの改善を通じた経済の活性化に向けた基盤づくりに寄与する。

5-2 対象事業の概略設計

5-2-1 設計方針

有償資金協力として要請のあった NIC-21B 上の 4 橋について、MTI が作成したプレ F/S のレビューを行い、本邦技術の適用を十分に検討しつつ、当該事業の目的、概要、事業費、実施スケジュール、実施(調達・施工)方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等に留意し、我が国の円借款事業の審査に耐えうる調査・設計を行う方針とする。

5-2-1-1 基本方針

概略設計を行う上での基本方針を、以下に示す。

(1) 現地資機材を用いた効率的で再利用し易い技術の採用

現地で入手出来る資機材をできる限り多く使用することにより、再利用し易い技術を積極的に採用することを基本方針とする。

(2) 周辺環境に配慮した道路・橋梁配置計画の実施

対象橋梁は、比較的僻地にあるにも係わらず周辺に比較的多くの民家が存在する。このため、これら民家への影響を極力回避し、住民移転や用地取得のための現地政府側の負担をできる限り減少するよう配慮することとする。また、風光明媚な環境にあり、人々が集う橋詰めになることが想定されるため、橋梁の景観についても配慮することを基本方針とする。

5-2-1-2 自然環境条件に対する方針

(1) 気温・湿度

気温は、最高気温が 30℃～35℃程度、最低気温は 15℃～20℃程度で年間を通して大きな変化はなく、温暖な気候である。常に 25℃を上回る可能性があり、暑中コンクリートとしての対応が不可欠となる。

湿度は、年間を通して 65%～85%と高く、セメントの養生には十分配慮することとする。

(2) 雨量・降雨パターン

年間降雨量は、平均約 1,900mm で、乾期と雨期が比較的明確に分かれている。乾期は 1 月～4 月の 4 ヶ月間で、過去 5 年間の記録では、乾期では平均的に 30mm/月と雨期の 200mm/月と比べ明らかに少なくなっており、この間に河川内工事を行う必要がある。ただし、2014 年 2 月に 130.8mm/月が特異なデータとして記録されており、乾期といえども増水の可能性があることに配慮することとする。また、11 月と 12 月も比較的雨量が少なくなっているが、2003 年 11 月には 303.0mm/月、2011 年 12 月には、173.8mm/月の記録があり、河川の大きな増水をもたらす可能性が有るため、

極力、河川内の工事を少なくすることが望ましい。

(3) 河道特性

水文調査の結果、各河川の洪水時の流速は、2.1~2.3m/s と遅くなっており、橋梁周りに重大な浸食が発生する可能性は低く、過大な浸食対策工の実施による、コストのむやみな増加が無いように配慮する。

(4) 自然環境

本事業の基本的コンポーネントである対象4橋梁の橋梁架け替え及びこれにかかるアプローチ道路整備の計画、設計及び施工に当たり、環境社会配慮の観点から以下の自然環境条件に留意することとする。

- ①整備対象地域がボサワス自然保護区の緩衝ゾーンであることへの地域の生態系への影響に対する配慮
- ②対象4橋梁が架けられる河川の水質条件に対する配慮
- ③周辺地域住民が受ける粉塵被害の可能性に関する対策
- ④河岸に分布する地域の貴重な広葉樹林に対する配慮

5-2-1-3 社会経済条件に対する方針

上記で述べた整備の計画、設計及び施工に当たり、環境社会配慮の観点から以下の社会経済条件に留意することとする。

- ①ジェンダー及び子どもの権利、特に女性や子どもの権利に対する適正性の確保
- ②特徴的な建築様式や言語形態、宗教感、コミュニケーション方法等、地域の伝統的な歴史・文化及び生活習慣に対する配慮
- ③地域景観に対する影響への配慮
- ④地域住民の経済活動、生計状況等の生活経済環境に対する配慮
- ⑤HIV/AIDS等への感染症の対策
- ⑥各種事故の防止

5-2-1-4 建設事情に対する方針

ニカラグアには、橋梁や道路建設工事で経験を積んだ建設会社・技術者・労務者がおり、これらの現地技術を的確に調査し、積極的に活用する方針とする。

5-2-1-5 実施機関の運営・維持管理能力に対する対処方針

本協力対象事業完了後の維持管理は、運輸インフラ省道路総局道路管理部が管理主体となり、運輸インフラ省の下部組織でマナグア県北東部を管轄する地域建設公社（Corporación de Empresas Regionales de la Construcción : COERCO）ENIC 事務所が実施する。COERCO は、道路維持管理・保全について運輸インフラ省と道路維持管理基金（Fondo De Mantenimiento Vial : FOMAV）との年間協定の対象とならない道路、橋梁の維持管理を実施している。なお、今回の維持管理では、道路の軽微な日常管理については FOMAV が実施することとなる。また、COERCO へのヒアリングにより、高度な技術や機材を必要とする橋梁の維持補修等は COERCO が実施する予定であることを確認した。

今後の維持管理に対する負担を軽減するために、本協力対象事業は、できる限り維持管理が容

易な構造の採用に留意する。

5-2-1-6 施設のグレードの設定に係る方針

本橋梁及び道路のグレードは、以下の方針を基に設定することとする。

- ① 橋梁の縦断設計や幅員については、現在改修中の前後の道路規格に合わせることで、架橋位置周辺に民家が多いことより、適切な幅員の歩道を設置する。
- ② 橋の耐久性は、既設橋梁が供用開始後 30 年程度で更新時期を迎えたことより、新設する橋梁は、100 年以上の耐久性を持つ材料、工法を選定、設計する。
- ③ 橋の維持管理は、維持管理コストの経済負担の拡大や損傷の放置を回避するため、基本的にメンテナンスフリーとなる材料、工法を選定、設計する。
- ④ 橋の設計活荷重は、中米域内での共同市場・経済統合を目指して発足した中米統合機構（SICA）の事務局である SIECA において、増大する大型トレーラーの荷重に対応するため、AASHTO の HS20-44 の 25% 増しの荷重を採用することが提案されており、SICA の加盟国である中米諸国はそれに合意している。従って、本橋梁設計活荷重についても、AASHTO の HS20-44 の 25% 増しを採用する。
- ⑤ 橋の耐震性としては、ニカラグアが世界有数の地震国であることより、過去の想定を上回る規模の地震の発生も十分に考えられることから、30～50 年の周期で発生する中規模の地震を想定したレベル I 地震に加え、100 年以上の周期で発生する地震を想定したレベル II 地震に対しても最悪の事態である落橋を免れることのできる設計を行うこととする。
- ⑥ 橋の洪水対策としては、50 年周期の洪水に対して流木等が十分余裕を持って流下できるとともに、希な洪水であるハリケーン・ミッチに対しても桁下に水位が到達しない桁下高さを確保することとする。なお、これはハリケーン・ミッチの復旧工事で日本が復旧した橋梁と同様な考え方である。

5-2-1-7 工法、工期に係る方針

(1) 工法に係る方針

本邦技術を基にした工法を積極的に採用し、ニカラグアにとって良質なインフラを整備する方針とする。また、適用する本邦技術の中では、できる限り現地資機材を用いた工法を採用し、技術の再利用が容易で効率的に技術移転される工法を設定することとする。

(2) 工期に係る方針

シウナ及びムイムイ気象観測所における降雨量から判断すると、明確な乾期は 1 月から 4 月までの 4 ヶ月間と短く、雨期は 5 月から 12 月までの 8 ヶ月間である。乾季と雨季の雨量は比較的明確に異なっており、河川水位が低く、安定している 1 月から 4 月までの間に基礎・下部構造建設する方針とする。なお、11 月と 12 月については、雨期中でも比較的雨量が少ないため、河川周辺の工事用道路等の準備工を確実に実施、完了させ、乾期の始まりとともに河川内工事に着手することが重要である。

5-2-1-8 本邦技術の適用に係る方針

ニカラグアからの本事業に対する要求性能として「メンテナンス（耐久性＋維持管理省力化）」、

「技術転用」、「耐震・免震構造」が挙げられている。これらの要求に対して、我が国の優れた技術やノウハウを活用することによって、ニカラグアの要求に応えるとともに、日本の「顔が見える援助」が促進されるものと考えられる。現地の施工条件（自然環境）、維持管理体制、要望に応じた技術を適用し、高耐久化やコスト縮減等に係わる技術移転の推進を図り、ニカラグアの要求に応える良質なインフラ整備を推進することを基本方針とする。

5-2-2 基本計画

5-2-2-1 架橋位置の現況

(1) 既設橋周辺の現況

表 5-2-1 以降に、既設橋梁周辺の現況を示す。

表 5-2-1 ムルクク橋（ムルクク市） 架橋位置周辺の状況

| | |
|--|--|
|  <p>写真-1 既設橋 全景</p> |  <p>写真-2 既設橋 橋面状況</p> |
|  <p>写真-3 橋面舗装損傷状況</p> |  <p>写真-4 トラス材補強状況（炭素繊維補強）</p> |
|  <p>写真-5 トラス格点部補強状況（鋼板補強）</p> |  <p>写真-6 トラス縦桁補強状況</p> |
|  <p>写真-7 河川内橋脚状況</p> |  <p>写真-8 橋台及び側径間鋼箱桁状況</p> |

表 5-2-2 リサウエ橋（ムルクク市） 架橋位置周辺の状況



写真-9 既設橋 全景



写真-10 既設橋 橋面状況



写真-11 床版下面状況



写真-12 橋台部支承及び桁端部状況



写真-13 高欄損傷状況



写真-14 河川内橋脚状況



写真-15 大型車両通行状況



写真-16 河川状況

表 5-2-3 ラブー橋（シウナ市） 架橋位置周辺の状況

| | |
|---|---|
|  <p>写真-17 既設橋 全景</p> |  <p>写真-18 既設橋 橋面状況</p> |
|  <p>写真-19 橋面舗装状況</p> |  <p>写真-20 側径間I桁部床版状況</p> |
|  <p>写真-21 大型車両通行状況</p> |  <p>写真-22 橋脚状況</p> |
|  <p>写真-23 橋台状況</p> |  <p>写真-24 河川状況</p> |

表 5-2-4 プリンサポルカ橋（シウナ市） 架橋位置周辺の状況



写真-25 既設橋 全景



写真-26 既存橋 橋面状況



写真-27 床版下面状況



写真-28 橋台状況



写真-29 大型車両通行状況

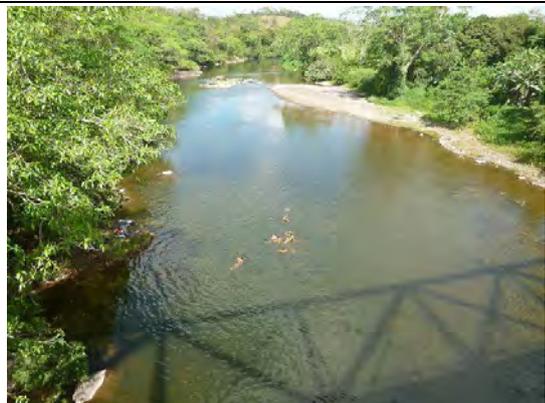


写真-30 河川状況



写真-31 トラス斜材補強(2015年10月撮影)



写真-32 トラス格点部補強 (2015年10月撮影)

出典：調査団

(2) 河川状況

各橋梁の橋梁周辺の河川状況を示す。

1) ムルクク橋梁（ムルクク市）

ツマ川はヒノテガ県のアパナス湖から発し、ツマ市やムルクク市を經由してサンペドロデルノルテ市でリオグランデマタガルパ川に合流しカリブ海に注ぐ大河川である。既設橋梁地点はムルクク市の上流でリヤス川が合流した直下流に位置している。河川は単断面で深く断面は一様でほぼ直線で流下しており、水衝部などは特に見当たらない。河岸の土砂堆積状態を見ると乾期においても河岸には砂州などの大規模な堆積は見られず、微細な土砂が河岸の水際に見られる程度である。河床や河岸は岩が水面から露出していることから、河道は洗掘や堆積で問題となることはない想定される。

また、既往の橋梁は両河岸に盛土を撒きだして橋台を構築しているが、橋台位置は河川断面に突出していることはなく、河岸は均一な形状である。

表 5-2-5 河道状況（ムルクク橋）

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>既設橋梁の左岸直上流側の河床付近は露岩している。乾期の流れは一様で緩やかである。（橋梁から上流部を見る）</p> | <p>既設橋梁の左岸直下流に洗濯場がある。乾期の流れは一様で緩やかである。（橋梁から下流部を見る）</p> |
|  |  |
| <p>既設橋梁の A1 側の河岸は緩やかで均一な勾配の河岸である。（下流から橋をみる）</p> | <p>既設橋梁の A2 側の河岸は急勾配であり露岩している。（下流から橋を見る）</p> |

出典：調査団

2) リサウエ橋梁（ムルクク市）

リサウエ川は RACCN（北部カリブ海自治地域）の山地から発して国道 21B 号線を経由し、下流でツマ川の左支川として合流する河川である。既設橋梁地点の河道断面は単断面の掘込み河道の様相を呈しており、兩岸の河床や河岸底部は露岩している。既設橋付近の川幅は上流より広くなって開けており河床には砂礫が堆積している区間もある。また、河道はほぼ直線であり兩岸の河岸には樹木が多数、繁茂している。河岸や河床は岩を主体であり、乾期には砂州が見られるものの流れは直線状でスムーズであることから、河道は洗掘や堆積で問題となることはない想定される。

表 5-2-6 河道状況（リサウエ橋）

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>上流河道の兩岸は樹木が繁茂している。（橋から上流を見る）</p> | <p>下流の河道は幅が広く浅くなっており、兩岸に砂州がある。（橋から下流を見る）</p> |
|  |  |
| <p>左岸の橋梁直上流側の河床付近は露岩しており、河岸には樹木が繁茂している。（A2 側から上流部を見る）</p> | <p>河床付近の河岸は露岩している。（A2 側から下流部を見る）</p> |

出典：調査団

3) ラブー橋梁（シウナ市）

シビ川は国道 5 号線の北側に位置する RACCN（北部カリブ海自治地域）の山地から発し、国道 21B 号線を経由してクイクイナ付近でプリンサポルカ川と合流する河川である。既設橋梁地点の河道断面は単断面の掘込み河道の様相を呈しており、両岸の河床や河岸底部は露岩し、既設橋の上流部の河道はやや狭くなっている。既設橋より下流の河道は河床幅が広くなり砂礫が堆積してプール状で浅くなっている。河道はほぼ直線であり両岸の上流河岸には樹木が多数、繁茂している。河床や河岸は岩を主体とすることから、河道の水位が低下する乾期においても土砂が大量に堆積している区間は見られないことから、河道は洗掘や堆積で問題となることはない想定される。

表 5-2-7 河道状況（ラブー橋）

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>上流の両岸の河岸や河床部は露岩している箇所もある。両岸は樹木が繁茂している。（橋から上流を見る）</p> | <p>下流は川幅が広くなっており砂礫が堆積し浅くプール状となっており、その下流は早瀬となっている。（橋から下流を見る）</p> |
|  | |
| <p>上流の両岸の河岸や河床は露岩しており、樹木が繁茂している。（既設橋 A1 側から上流を見る）</p> | |
|  | |
| <p>上流の両岸の河岸や河床は露岩しており、樹木が繁茂している。河岸法面は均一である。（既設橋 A2 側から A1 側を見る）</p> | |

4) プリンサポルカ橋梁 (シウナ市)

プリンサポルカ川は、ヒノテガ島の山地から発したウリ川とワニ川がワニ付近で合流してプリンサポルカ川となって国道 21B 号線を経由して流下し、クイクイナでシビ川を合流しプリンサポルカでカリブ海に注ぐ河川である。河道は単断面の掘込み河道であり河道は深く、ほぼ直線で流下している。両河岸や河床には露岩が見られるが、既設橋の上下流で川幅がやや広がっている区間では砂州があるところも見られる。土砂が大量に堆積している区間や深掘れしている区間も特に見られないため堆積や洗掘に対して問題はないと想定される。

表 5-2-8 河道状況 (プリンサポルカ橋)

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>上流河道の両岸は露岩しており、河道中央には中州（露岩）もある。右岸の水衝部は露岩しており、砂州もある。（橋から上流を見る）</p> | <p>下流河道の左岸は河床部に露岩があり、浅くなっている区間もある。滞筋は緩く蛇行して流下し、砂州がある区間も見られる。（橋から下流を見る）</p> |
|  |  |
| <p>A1 側の河岸は樹木があるが均一な法面形状である。（A2 側から上流部を見る）</p> | <p>A2 側の河岸は樹木があるが均一な法面形状である。小さな沢筋も見られる。（A2 側から下流部を見る）</p> |

出典：調査団

5-2-2-2 設計条件の設定

(1) 道路・橋梁の設計・施工基準

1) 道路設計・施工基準

道路設計に関しては、SIECAにより制定されている「中米における道路幾何構造設計マニュアル」(Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 2011)に準拠することを基本とする。

ただし、細部について不足している部分に関しては、日本の基準および米国 AASHTO を参照する。したがって、道路設計に用いる設計基準は以下とする。

- ・ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011)

<参考>

- ・ 道路構造令 (日本, 2011 年 12 月)
- ・ AASHTO 基準

2) 橋梁設計・施工基準

ニカラグアでは、米国の AASHTO に基づき、独自に道路建設及び建設標準仕様書 (Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000)) が策定されている。従って、橋梁の幅員構成、設計活荷重、現地材料を使用した場合の材料基準強度等についてはニカラグアの設計基準を使用する。一方、それ以外の項目に関しては、MTI との協議を通じて日本の基準・指針「道路橋示方書・同解説」(平成 24 年 3 月、(社)日本道路協会)を採用することとする。

(2) 橋梁設計条件一覧

表 5-2-9 橋梁設計条件一覧

| 橋梁名 | | ムルクク橋 | リサウエ橋 | ラブー橋 | プリンサ ポルカ橋 | |
|--------|----------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|--|
| 取付道路延長 | | 200m | 200m | 200m | 200m | |
| 橋長 | | 176.0m | 80.0m | 92.0m | 105.0m | |
| 支間配置 | | 53.0+70.0+53.0m | 32.0+48.0m | 52.0+40.0m | 40.0+65.0m | |
| 斜角 | | 80° | 90° | 90° | 80° | |
| 総幅員 | | 12.100m | | | | |
| 道路規格 | | 2次幹線道路 | | | | |
| 設計速度 | | 80km/h | | | | |
| 設計震度 | Level I | I種地盤：135gal、II種地盤：160gal | | | | |
| | Level II | I種地盤：1350gal、II種地盤：1120gal | | | | |
| 設計活荷重 | | HS20-44の25%増し相当 | | | | |
| 上部構造 | 形式 | | 鋼連続板桁 | | | |
| | 使用材料 | 主桁 | 鋼材 | | | |
| | | 床版 | コンクリート | $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ | | |
| | 地覆 | 鉄筋 | コンクリート | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ | | |
| | | | 鉄筋 | Grade60, SD345 | | |
| | 橋台形式 | | 逆T式橋台 | | | |
| 橋脚形式 | | 小判型壁式橋脚 | | | | |
| 下部構造 | 杭基礎形式 | | 場所打ち杭（全回転式オールケーシング工法） | | | |
| | 使用材料 | 躯体 | コンクリート | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ | | |
| | | | 鉄筋 | Grade60, SD345 | | |
| | 杭基礎 | 鉄筋 | コンクリート | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ | | |
| | | | 鉄筋 | Grade60, SD345 | | |

出典：調査団

(3) 河川条件

1) 桁下高さ

桁下高さについては、近接する日本の無償資金協力による橋梁や、ハリケーン・ミッチの改修計画で建設された橋梁の計画条件に合わせ、以下のいずれの高さも満足する桁下高さとする。

なお、対象の河川については、水文データが乏しく、50年確率洪水の設定が困難であり、既往最大水位（ハリケーンミッチの水位）を用いて桁下高さを設定することとした。

条件－1 50年確率の洪水に日本の河川管理施設等構造令に示す桁下余裕高さを加えた高さ。

条件－2 既往最大水位（ハリケーンミッチ水位）

2) 径間長の最小値

洪水時の河川の円滑な流下を保持するために、日本の河川管理施設等構造令を参考に、設計

洪水流量に応じて以下の最小径間長を考慮する。

最小径間長： $L=20+0.005Q$

(L：最小径間長 (m)、Q：設計洪水流量 (m³/sec))

3) 河積阻害率

河川内に橋脚を建設する際に、橋脚が河川の流下を阻害しないように日本の河川管理施設等構造令を参考に以下の最大河積阻害率を考慮する。

最大河積阻害率： $S=5.0\%$

$S=\Sigma W0/Wr$ (S：河積阻害率、 $\Sigma W0$ ：橋脚の流下方向幅の合計、 Wr ：計画高水位の幅)

(4) 耐震設計条件

1) 適用基準の検討

耐震設計における適用基準については、数多くの大地震を経験し、これらの大地震に対しても合理的耐えうる設計を示す、日本の耐震設計基準（道路橋示方書）を適用することとする。日本の耐震設計基準では、表 5-2-10 に示すように2タイプの地震が想定されている。一つは、橋の供用期間中に発生する確率の高い地震動で、「Level I 地震動」と定義されている。もう一つは、供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動で、「Level II 地震動」と定義されている。それぞれの地震動発生時に橋が備えるべき耐震性能は、表 4-15 に示すとおりである。

表 5-2-10 設計地震動と目標とする橋の耐震性能

| 設計地震動 | 橋が備えるべき耐震性能 |
|--------------|--|
| Level I 地震動 | 地震によって橋としての健全性を損なわない性能 (落橋に対する安全性を確保し、地震前と同じ橋としての機能が確保され、機能回復のための修復を必要としない性能) |
| Level II 地震動 | 地震による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能 |

出典：調査団

Level I 地震動表 5-2-11 は、過去の地震記録より、道路橋示方書に示される距離減衰式を用いて架橋位置の地表面加速度を求め、これに地表面加速度と橋梁上の加速度の補正を行い、橋梁が受けたと考えられる最大応答加速度を推定したものである。

Level I 地震動は、50年周期程度の中規模地震の地震が想定されており、表 5-2-11 の結果より Level I 地震動を設定すると、2000年以降に大きな地震が無いことからこれを除外し、1898年から1992年のおよそ100年間の間において2番面の地震である1901年と1925年の地震がレベル I 地震動に相当すると考えられ、幾分安全側の値として各地盤種別それぞれ、以下の加速度を Level I 地震動の最大応答加速度に設定した。

<Level I 地震動の最大応答加速度>

I 種地盤：135 gal (1925年の地震より設定)

II 種地盤：160 gal (1901年の地震より設定)

表 5-2-11 架橋位置における既往地震時の最大応答加速度の推定

| 発生年 | 震源地 | | マグニチュード | 震央距離 (km) | I種地盤上の加速度(gal) | | II種地盤上の加速度(gal) | |
|------|----------|-----------|---------|--------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|
| | Latitude | Longitude | | | 地表面 | 最大応答加速度 | 地表面 | 最大応答加速度 |
| 1648 | 12.5 | -86.8 | --- | 213.4 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1663 | 12.4 | -86.6 | --- | 198.1 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1844 | 11.0 | -84.0 | --- | 260.3 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1862 | 12.7 | -87.0 | --- | 227.3 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1870 | 12.4 | -86.6 | --- | 198.1 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1881 | 11.5 | -86.3 | --- | 235.6 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1885 | 12.3 | -86.8 | --- | 222.1 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1898 | 12.0 | -86.0 | 7.9 | 172.4 | 78.0 | 152.6 | 107.2 | 226.6 |
| 1901 | 11.0 | -86.5 | 7.0 | 132.1 | 65.3 | 127.8 | 73.5 | 155.2 |
| 1916 | 11.0 | -86.0 | 7.5 | 265.8 | 40.3 | 78.8 | 50.6 | 107.0 |
| 1925 | 12.2 | -85.2 | 6.7 | 111.6 | 66.4 | 129.8 | 69.8 | 147.4 |
| 1926 | 12.3 | -85.8 | 7.0 | 293.3 | 28.2 | 55.1 | 31.7 | 66.9 |
| 1930 | 12.1 | -86.2 | --- | 180.1 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1931 | 13.2 | -85.7 | 5.6 | 79.8 | 52.3 | 102.3 | 43.0 | 90.9 |
| 1932 | 12.0 | -87.5 | 7.6 | 305.3 | 36.3 | 71.0 | 46.7 | 98.7 |
| 1937 | 12.6 | -87.2 | --- | 286.2 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1938 | 12.2 | -86.9 | --- | 237.4 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1938 | 12.3 | -86.9 | --- | 231.3 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1940 | 12.5 | -87.5 | --- | 285.3 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 1951 | 13.0 | -87.5 | 6.0 | 276.6 | 18.3 | 35.7 | 16.4 | 34.7 |
| 1951 | 13.0 | -87.5 | 5.5 | 276.6 | 14.2 | 27.9 | 11.5 | 24.2 |
| 1955 | 13.0 | -87.0 | 6.2 | 222.3 | 25.6 | 50.1 | 24.1 | 50.9 |
| 1956 | 12.2 | -86.7 | 7.3 | 217.6 | 45.3 | 88.5 | 54.4 | 115.0 |
| 1963 | 12.2 | -86.9 | 5.5 | 237.4 | 16.8 | 32.9 | 13.5 | 28.6 |
| 1968 | 12.1 | -86.2 | 4.6 | 180.1 | 14.4 | 28.2 | 9.5 | 20.1 |
| 1972 | 12.4 | -86.1 | 6.2 | 150.1 | 38.6 | 75.5 | 36.3 | 76.7 |
| 1985 | 11.7 | -85.8 | 6.0 | 186.0 | 28.0 | 54.8 | 25.2 | 53.2 |
| 1992 | 11.7 | -87.4 | 7.7 | 303.4 | 38.4 | 75.2 | 50.5 | 106.8 |
| 2000 | 11.9 | -86.0 | 5.4 | 181.1 | 21.4 | 41.8 | 16.8 | 35.5 |
| 2004 | 12.0 | -86.5 | 5.6 | 213.5 | 19.8 | 38.8 | 16.3 | 34.5 |
| 2009 | 13.5 | -86.1 | 4.4 | 123.3 | 19.2 | 37.5 | 12.1 | 25.5 |
| 2014 | 12.5 | -86.4 | 6.1 | 170.0 | 32.3 | 63.2 | 29.7 | 62.8 |
| 2014 | 12.2 | -86.3 | 5.1 | 183.1 | 18.2 | 35.6 | 13.4 | 28.3 |

出典：調査団

2) Level II 地震動

Level II 地震動については、数百年周期の地震とされているため、その推定が非常に難しい。このため、ここでは、以下に示すように、日本の耐震基準における、Level I 地震動と Level II との差より、Level II 地震動の最大応答加速度を設定した。

<Level II 地震動の最大応答加速度>

I種地盤：135×2000gal／200gal＝1350 gal

II種地盤：160×1750gal／250gal＝1120 gal

(5) 地盤条件

ボーリング調査で得られた調査結果及び室内試験の結果より、各橋梁の地盤条件を設定した。

1) ムルクク橋の地盤条件

表 5-2-12 土質定数一覧（ムルクク橋）

【ムルクク橋】

| 地層名 | 設計N値 | 単位体積重量 γ (kN/m ³) | 粘着力 c (kN/m ²) | 内部摩擦角 φ (°) | 変形係数 aE0 | | |
|-------|------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | | 常時 (kN/m ²) | 地震時 (kN/m ²) | |
| 粘性土 | ML | 10 | 18 | 50 | --- | 28,000 | 56,000 |
| 砂質土 | SM | 3 | 17 | --- | 25 | 8,400 | 16,800 |
| 粘性土 | CL | 14 | 18 | 50 | --- | 39,200 | 78,400 |
| 砂質土 | SC | 27 | 18 | --- | 27 | 75,600 | 151,200 |
| 玉石（礫） | | 50 | 20 | --- | 38 | 140,000 | 280,000 |
| 岩盤 | | 68 | 19 | 60 | 37 | 195,600 | 391,200 |

※) aE0は、常時α=1 地震時α=2 相当の値を示す。



出典：調査団

表 5-2-13 地盤種別判定結果（ムルクク橋）

| ボーリング名 A-1 | | | | | | |
|------------|--------|-----|----|----------|--------|----------------|
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 ML | 粘性土 | 10 | 215 | 4.50 | 0.084 |
| 2 | 粘性土 CL | 粘性土 | 14 | 241 | 4.50 | 0.075 |
| 3 | 玉石（礫） | 砂質土 | 50 | 295 | 1.30 | 0.018 |
| 4 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.177 |
| 地盤種別は | | | | | | I 種地盤 |
| ボーリング名 P-1 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 砂質土 SM | 砂質土 | 3 | 115 | 0.90 | 0.031 |
| 2 | 玉石（礫） | 砂質土 | 50 | 295 | 2.35 | 0.032 |
| 3 | 粘性土 CL | 粘性土 | 14 | 241 | 0.55 | 0.009 |
| 4 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.072 |
| 地盤種別は | | | | | | I 種地盤 |
| ボーリング名 P-2 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 ML | 粘性土 | 10 | 215 | 2.25 | 0.042 |
| 2 | 砂質土 SC | 砂質土 | 27 | 240 | 1.65 | 0.028 |
| 3 | 玉石（礫） | 砂質土 | 50 | 295 | 1.30 | 0.018 |
| 4 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.088 |
| 地盤種別は | | | | | | I 種地盤 |
| ボーリング名 A-2 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 砂質土 SC | 砂質土 | 27 | 240 | 3.45 | 0.058 |
| 2 | 玉石（礫） | 砂質土 | 50 | 295 | 4.35 | 0.059 |
| 3 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.117 |
| 地盤種別は | | | | | | I 種地盤 |

出典：調査団

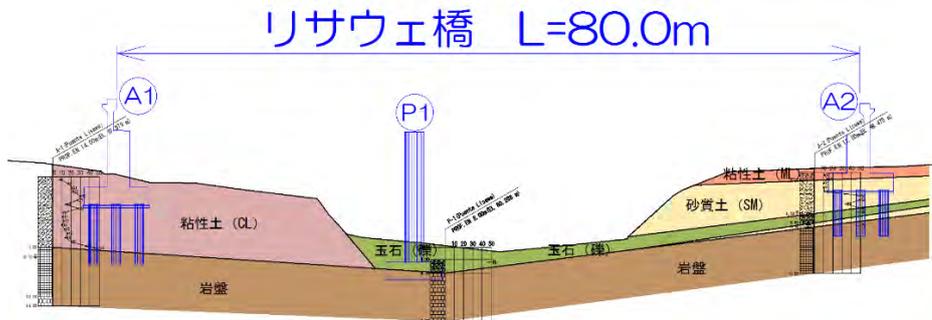
2) リサウエ橋の地盤条件

表 5-2-14 土質定数一覧 (リサウエ橋)

【リサウエ橋】

| 地層名 | 設計N値 | 単位体積重量 γ (kN/m ³) | 粘着力 c (kN/m ²) | 内部摩擦角 φ (°) | 変形係数 αE0 | | |
|--------|------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | | 常時 (kN/m ²) | 地震時 (kN/m ²) | |
| 粘性土 | CL | 14 | 18 | 50 | --- | 39,200 | 78,400 |
| 粘性土 | ML | 13 | 18 | 50 | --- | 36,400 | 72,800 |
| 砂質土 | SM | 10 | 17 | --- | 25 | 28,000 | 56,000 |
| 玉石 (礫) | | 26 | 19 | --- | 37 | 72,800 | 145,600 |
| 岩盤 | | 139 | 20 | 76 | 37 | 320,000 | 640,000 |

※) αE0は、常時α=1 地震時α=2相当の値を示す。



出典：調査団

表 5-2-15 地盤種別判定結果 (リサウエ橋)

| ボーリング名 A-1 | | | | | | |
|------------|--------|-----|----|----------|--------|----------------|
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 CL | 粘性土 | 14 | 241 | 7.65 | 0.127 |
| 2 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.127 |
| 地盤種別は | | | | | | I種地盤 |
| ボーリング名 P-1 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 玉石 (礫) | 砂質土 | 26 | 237 | 2.75 | 0.046 |
| 2 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.046 |
| 地盤種別は | | | | | | I種地盤 |
| ボーリング名 A-2 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 ML | 粘性土 | 13 | 235 | 0.90 | 0.015 |
| 2 | 砂質土 SM | 砂質土 | 10 | 172 | 3.60 | 0.084 |
| 3 | 玉石 (礫) | 砂質土 | 26 | 237 | 1.00 | 0.017 |
| 4 | 砂質土 SM | 砂質土 | 10 | 172 | 0.45 | 0.010 |
| 5 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.126 |
| 地盤種別は | | | | | | I種地盤 |

出典：調査団

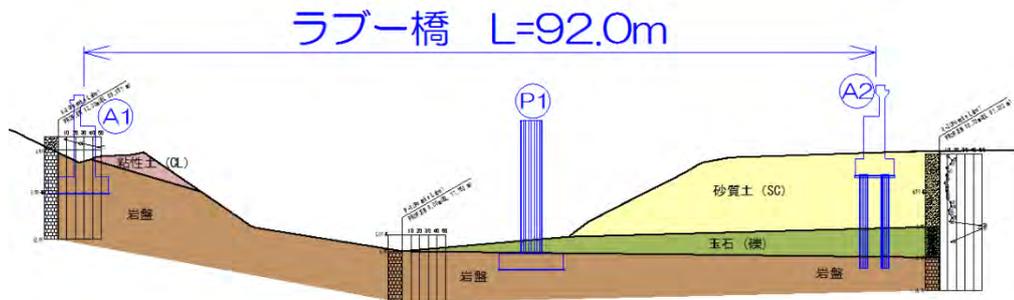
3) ラブー橋の地盤条件

表 5-2-16 土質定数一覧 (ラブー橋)

【ラブー橋】

| 地層名 | 設計N値 | 単位体積重量 γ (kN/m ³) | 粘着力 c (kN/m ²) | 内部摩擦角 φ (°) | 変形係数 aEO | | |
|--------|------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | | 常時 (kN/m ²) | 地震時 (kN/m ²) | |
| 粘性土 | CL | 10 | 18 | 50 | --- | 28,000 | 56,000 |
| 砂質土 | SC | 9 | 17 | --- | 25 | 25,200 | 50,400 |
| 玉石 (礫) | | 19 | 19 | --- | 34 | 53,200 | 106,400 |
| 岩盤 | | 139 | 20 | 76 | 37 | 320,000 | 640,000 |

※) aEOは、常時a=1 地震時a=2相当の値を示す。
 ※A1 橋台部は下流側で大きく地形が落ち込んでいる事から、この落ち込んだ位置で土被り 50cm 以上を確保することから、道路中心では大きな土被りとなっている。



出典：調査団

表 5-2-17 地盤種別判定結果 (ラブー橋)

| ボーリング名 A-1 | | | | | | |
|------------|----------------------------------|-----|----|----------|--------|----------------|
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 CL | 粘性土 | 10 | 215 | 1.50 | 0.028 |
| 2 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.028 |
| 地盤種別は | | | | | | I 種地盤 |
| ボーリング名 P-1 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 地表面が耐震設計上の基盤面と一致する場合には I 種地盤とする。 | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0 |
| 地盤種別は | | | | | | I 種地盤 |
| ボーリング名 A-2 | | | | | | |
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 砂質土 SC | 砂質土 | 9 | 166 | 8.55 | 0.206 |
| 2 | 玉石 (礫) | 砂質土 | 19 | 213 | 3.60 | 0.068 |
| 3 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.274 |
| 地盤種別は | | | | | | II 種地盤 |

出典：調査団

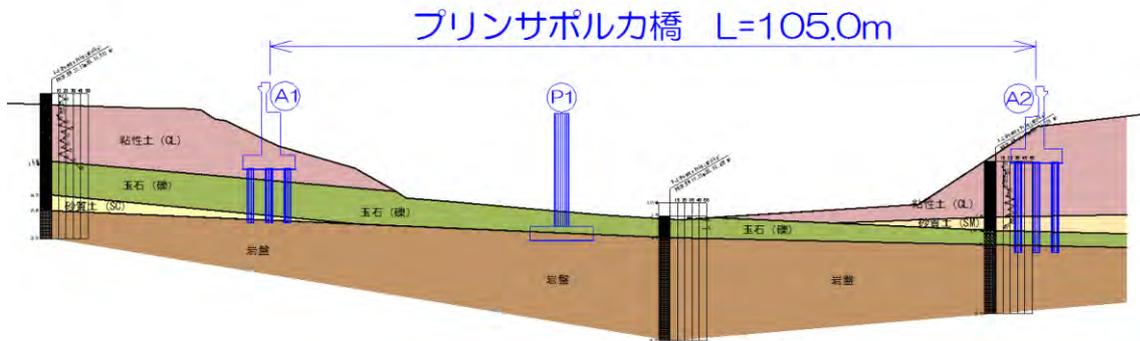
4) プリンサポルカ橋の地盤条件

表 5-2-18 土質定数一覧（プリンサポルカ橋）

【プリンサポルカ橋】

| 地層名 | 設計N値 | 単位体積重量 γ (kN/m ³) | 粘着力 c (kN/m ²) | 内部摩擦角 φ (°) | 変形係数 aE0 | |
|-------|------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | | | | 常時 (kN/m ²) | 地震時 (kN/m ²) |
| 粘性土 | CL | 13 | 50 | --- | 36,400 | 72,800 |
| 砂質土 | SM | 14 | --- | 27 | 39,200 | 78,400 |
| 玉石（礫） | | 29 | --- | 35 | 81,200 | 162,400 |
| 砂質土 | SC | 29 | --- | 27 | 81,200 | 162,400 |
| 岩盤 | | 81 | 10 | 35 | 220,000 | 440,000 |

※) aE0は、常時a=1 地震時a=2 相当の値を示す。



出典：調査団

表 5-2-19 地盤種別判定結果（プリンサポルカ橋）

| ボーリング名 A-1 | | | | | | |
|------------|--------|-----|----|----------|--------|----------------|
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 CL | 粘性土 | 13 | 235 | 9.35 | 0.159 |
| 2 | 玉石（礫） | 砂質土 | 29 | 246 | 4.65 | 0.076 |
| 3 | 砂質土 SC | 砂質土 | 29 | 246 | 2.15 | 0.035 |
| 4 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.270 |
| 地盤種別は | | | | | | II種地盤 |

| ボーリング名 P-1 | | | | | | |
|------------|-------|-----|----|----------|--------|----------------|
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 玉石（礫） | 砂質土 | 29 | 246 | 4.80 | 0.078 |
| 2 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.078 |
| 地盤種別は | | | | | | I種地盤 |

| ボーリング名 A-2 | | | | | | |
|------------|--------|-----|----|----------|--------|----------------|
| 番号 | 土質区分 | 土質 | Ni | Vs (m/s) | Hi (m) | Tg=4Hi/Vs(sec) |
| 1 | 粘性土 CL | 粘性土 | 13 | 235 | 7.65 | 0.130 |
| 2 | 砂質土 SM | 砂質土 | 14 | 193 | 1.90 | 0.039 |
| 3 | 玉石（礫） | 砂質土 | 29 | 246 | 1.95 | 0.032 |
| 4 | | | | | | |
| Tgの合計 | | | | | | 0.201 |
| 地盤種別は | | | | | | II種地盤 |

出典：調査団

(6) 取付道路設計条件

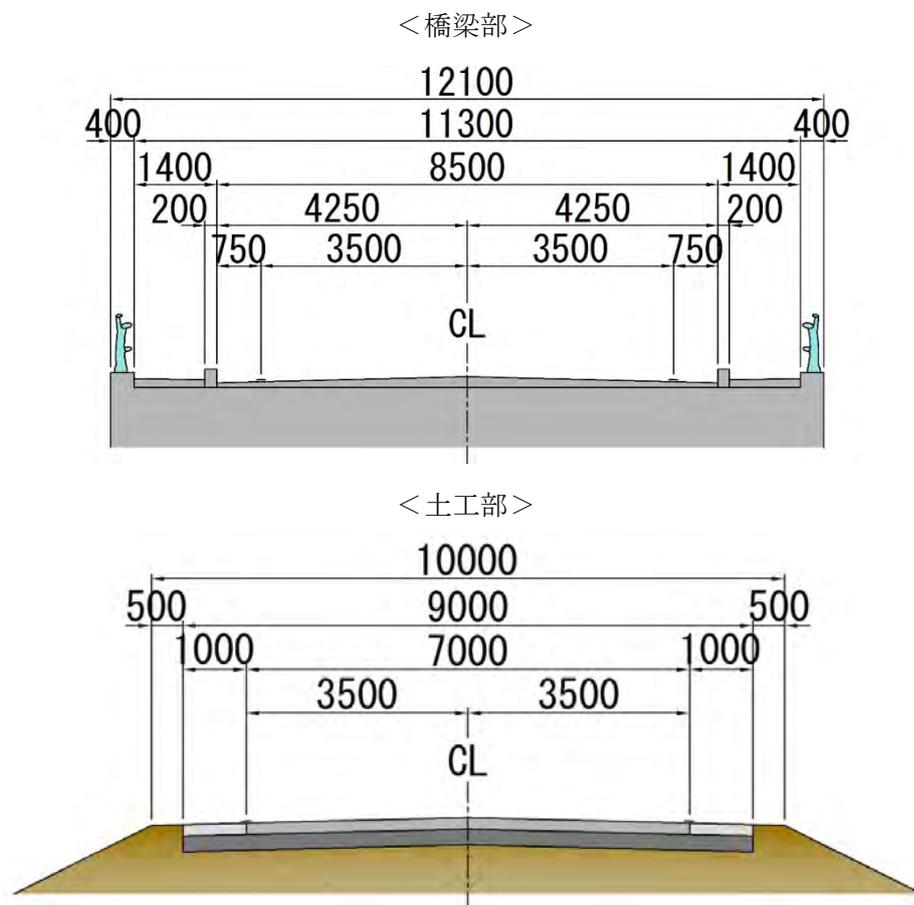
橋梁を含む、前後道路の設計条件については、現在事業実施中である国道 21B 号線整備の設計基準に準拠し、路線全体の整合性を図るものとする。

1) 道路区分及び設計速度

- 道路区分：農村幹線道路
- 設計速度：60km/h～80km/h

地形上、その他やむを得ない場合には、60km/h まで低減することが可能であるが、基本的には 80km/h を確保するものとする。

2) 標準幅員構成



出典：調査団

図 5-2-1 標準幅員構成

前後道路区間の計画と合わせ土工区間に歩道は設置しないことを基本としているが、側方に逃げ場のない橋梁部については歩道設置することを基本とした。

3) 幾何構造基準

下記に MTI における標準幾何構造基準一覧を示す。

表 5-2-20 幾何構造基準一覧

| DESCRIPCION | | COLECTORAS(従道路) | | |
|--|----------------|-----------------|----|----|
| | | Rurales (地方部) | | |
| TPDA, vehiculos promedio diario | 日交面量 | 3,000 - 500 | | |
| VHD, vehiculos por hpra | 時間交通量 | 450 - 75 | | |
| Vehicuo de Diseno | 設計車両 | WB-15 | | |
| Tipo de Terreno | 地形区分 | P | O | M |
| Veiocidad de Diseno o Direciriz, km/hora | 設計速度 | 70 | 60 | 50 |
| Nimero de Camles | 車線数 | 2 | | |
| Ancho de Carril, merros | 車道幅員 | 3.3 | | |
| Ancho de Hombros/Espaldones,metros | 路肩幅員 | 1.2 - 1.5 | | |
| Tipo de Superricie de Rodamionio | 舗装区分 | Pav.Grava | | |
| Dist de Visibilidad de Parada, motros | 視距 | 65-110 | | |
| Dist,de Visib,Adetantamicnto,metros | 追越視距 | 350-480 | | |
| Radio Min,de Curva,Peratte 6%, metros | 最小曲線半径 | 90-195 | | |
| Maximo Grado de Curva | 交差角 | 12°44'- 5°53' | | |
| Pendiente Longnudinal Max, porcentaje | 最急縦断勾配 | 10 | | |
| Sobreeievacion, porcentaje | 最大片勾配 | 10 | | |
| Pendiente Transversal de Calzada, % | 路肩横断勾配 | 1.5 - 3 | | |
| Pendiente de Hombros, porcentaje | 路肩勾配 | 2 - 5 | | |
| Ancho de Puentes entre bordillos, metros | 橋梁部幅員 | 7.8 - 8.1 | | |
| Carga de Diseno de Puentes(AASHTO) | 設計荷重 | HS20-44 | | |
| Ancho de Derecho de via, metros | 道路用地幅 | 20 - 30 | | |
| Ancho de Mediana, metros | 中央分離帯 | - | | |
| Nivei de Servicio, segun ei HCM | サービスレベル | C-D | | |
| Tipo de Control de Accoso | アクセス コントロール | なし | | |
| CLASIFICACION FUNCIONAL | | TR-CR | | |

P : Plano ・ ・ 平地部、O : Ondulado ・ ・ 丘陵地帯、M : Motanoso ・ ・ 山岳地帯
出典 : MTI

5-2-2-3 架橋位置の検討

(1) マクロ通過帯の検討

架橋位置の検討にあたっては、前後の道路線形（平面線形、縦断線形）と整合させながら、一次検討として現在橋梁位置を基本とし、河川の上流側通過案、下流側通過案についてマクロ的な通過帯の比較検討を行った。

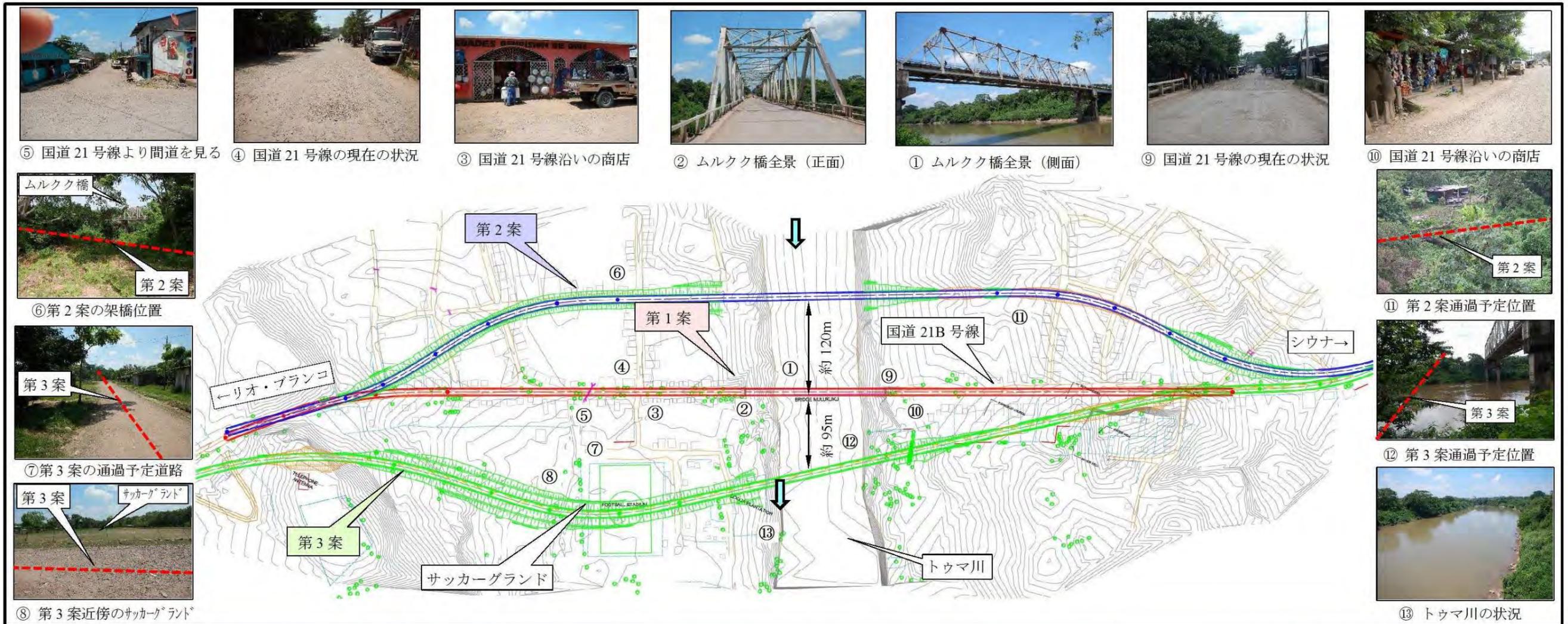
マクロ通過帯の検討を行った結果、それぞれ下記に示す通過帯が有利であることが判明した。

- ムルクク橋 : 下流側通過案
- リサウエ橋 : 上流側通過案
- ラブー橋 : 上流側通過案
- プリンサボルカ橋 : 下流側通過案

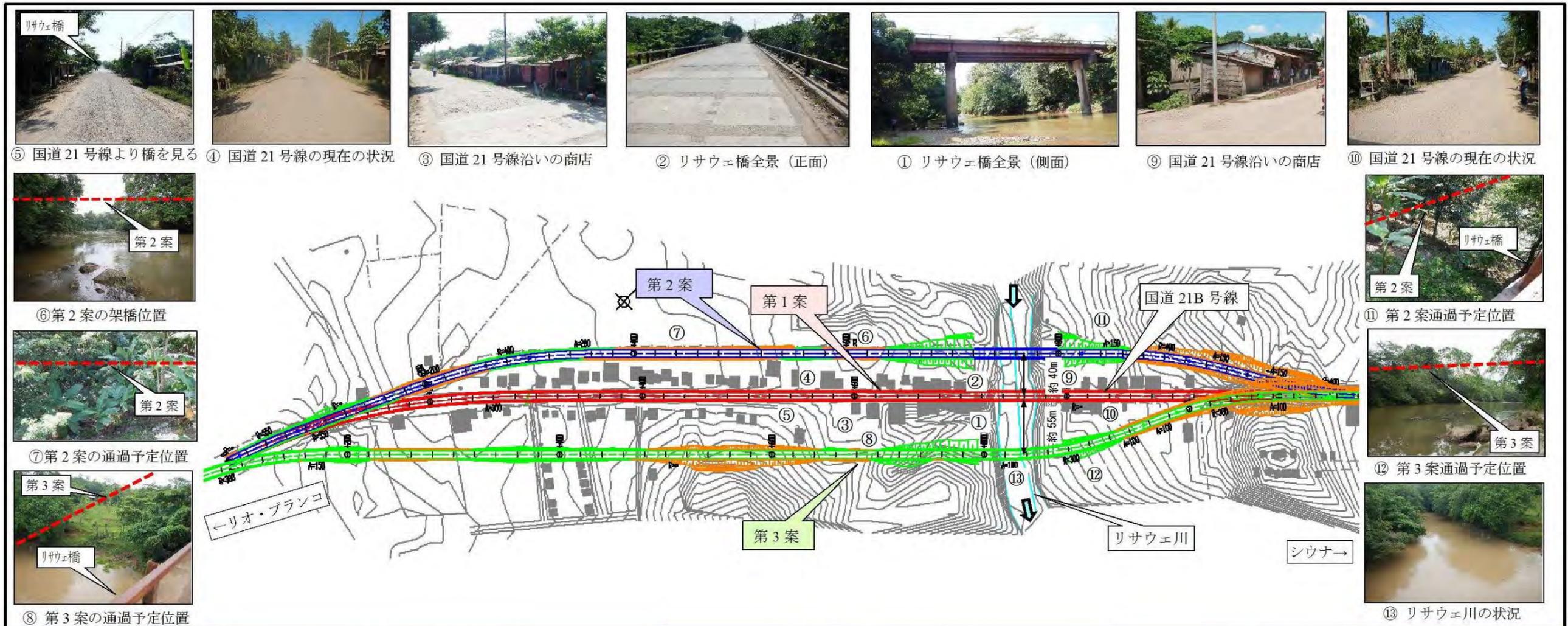
次ページ以降に、各橋梁におけるマクロ通過帯の比較検討表を示す。

なお、代替案検討において線形変更時の各橋梁のシフト距離は、橋梁中心の離隔を示している。

表 5-2-21 架橋位置比較検討表（ムルクク橋）

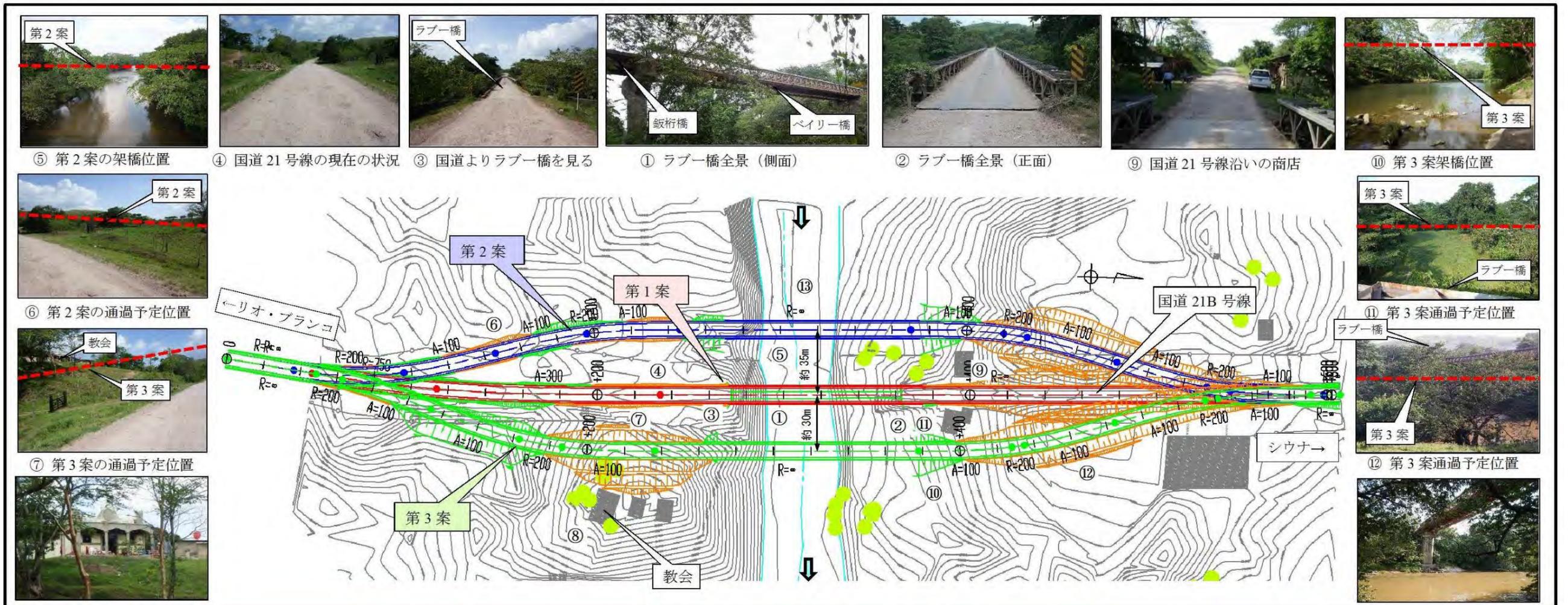


| 代替案 | 第1案（現橋位置案） | 第2案（上流側120mシフト案） | 第3案（下流側95mシフト案） | |
|------------|---|--|--|---|
| 代替案概要 | ・架橋位置を現橋位置とする案である。 | ・架橋位置を現橋より約120m上流側にシフトする案である。 | ・架橋位置を現橋より約95m下流側にシフトする案である。 | |
| 代替案の評価 | 新橋の形式(橋長) | ・3径間連続鋼桁橋（橋長 L=52.5m+70.0+52.5m=175.0m） | ・3径間連続鋼桁橋（橋長 L=52.5m+70.0+52.5m=175.0m） | |
| | 取付け道路の線形性 | ・現橋は直線であり、現橋位置での架け替えであるため、平面線形は非常に良い。 | ・橋梁部は直線となるため平面線形は良いが、取付道路が現道にすりつく部分で曲線が入るため、線形性は若干劣る。 | |
| | 仮橋及び迂回路の必要性 | ・現橋位置での架け替えであるため、現橋及び現道は利用できないため、仮橋及び迂回路の建設が必要となる。 | ・新橋が上流側にシフトするため、現橋及び現道をそのまま利用できるため、仮橋及び迂回路は不要である。 | |
| | 施工性 | ・国道沿いに商店及び民家があるため、工事中に車両及び歩行者等に影響を与えることが考えられ、施工性は他案に比 | ・現橋から約120mも離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 | ・現橋から約95m離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 |
| | 環境社会配慮 | ・現橋位置での架け替えのため、基本的に住民移転及び用地取得は生じない。但し、橋台の撤去・新設の際に橋のたもとにある商店及び民家の撤去・仮移転・借地が必要とな | ・橋梁新設位置には住居はないが、取付道路建設位置には10数軒の住居があるため住民移転が生じる。また、取付道路建設のための用地取得が必要となる。 | ・橋梁新設位置には住居はないが、取付道路建設位置には数軒の住居があるため住民移転が生じる。また、取付道路建設のための用地取得が必要となる。 |
| 対象工事（工費比率） | ・橋梁新設、仮橋及び迂回路建設、現橋撤去（工費比率：1.000） | ・橋梁新設、取付道路新設（1.02km）、現橋撤去（工費比率：0.882） | ・橋梁新設、取付道路新設（1.74km）、現橋撤去（工費比率：0.905） | |
| 総合評価 | ・仮橋及び迂回路の建設が必要のため、経済性は他案に比べ劣る。 ・住民移転、建物の撤去及び用地取得は基本的に生じないが、橋のたもとにある商店及び民家の撤去・仮移転・借地が必要となることもある。また、国道沿いに商店及び民家があるため、工事中の環境社会配慮が必要となる。 | ・取付道路を新設する必要はあるが、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は第1案より優れる。 ・取付道路建設のために住民移転が10数軒発生し、また用地取得が必要となるため、環境社会配慮上の問題が生じる。 | ・取付道路を新設する必要はあり第2案よりも長くなるため、仮橋及び迂回路は不要であるが、全体としての経済性はやや劣る。 ・サッカーグラウンドの移設が必要となる。 ・取付道路建設のために住民移転が数軒発生し、また用地取得が必要となるため、環境社会配慮上の問題が生じるがその影響は他案に比べ小さい。 | |



| 代替案 | 第 1 案（現橋位置案） | 第 2 案（上流側 40m シフト案） | 第 3 案（下流側 55m シフト案） |
|-------------|---|---|---|
| 代替案概要 | ・架橋位置を現橋位置とする案である。 | ・架橋位置を現橋より約 40m 上流側にシフトする案である。 | ・架橋位置を現橋より約 55m 下流側にシフトする案である。 |
| 新橋の形式(橋長) | ・ 2 径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@40.0m=80.0m） | ・ 2 径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@40.0m=80.0m） | ・ 2 径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@40.0m=80.0m） |
| 取付け道路の線形性 | ・ 現橋は直線であり、現橋位置での架け替えであるため、平面線形は非常に良い。 | ・ 橋梁部は直線となるため平面線形は良いが、取付道路が現道にすりつく部分で曲線が入るため、線形性は若干劣る。 | ・ 同左 |
| 仮橋及び迂回路の必要性 | ・ 現橋位置での架け替えであるため、現橋及び現道は利用できないため、仮橋及び迂回路の建設が必要となる。 | ・ 新橋が上流側にシフトするため、現橋及び現道をそのまま利用できるため、仮橋及び迂回路は不要である。 | ・ 新橋が下流側にシフトするため、現橋及び現道をそのまま利用できるため、仮橋及び迂回路は不要である。 |
| 施工性 | ・ 国道沿いに商店及び民家があるため、工事中に車両及び歩行者等に影響を与えることが考えられ、施工性は他案に比べ劣 | ・ 現橋から約 40m 離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 | ・ 現橋から約 55m 離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 |
| 環境社会配慮 | ・ 現橋位置での架け替えのため、基本的に住民移転及び用地取得は生じない。但し、橋台の撤去・新設の際に橋のたもとにある商店及び民家の撤去・仮移転・借地が必要となることも | ・ 新橋及び取付け道路建設位置には住居はないため住民移転は生じない。但し、取付道路建設のための用地取得が必要となる。 | ・ 同左。 |
| 対象工事（工費比率） | ・ 橋梁新設、仮橋及び迂回路建設、現橋撤去（工費比率：1.000） | ・ 橋梁新設、取付道路新設（0.99km）、現橋撤去（工費比率：0.918） | ・ 橋梁新設、取付道路新設（0.96km）、現橋撤去（工費比率：0.916） |
| 総合評価 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 仮橋及び迂回路の建設が必要なため、経済性は他案に比べ劣る。 ・ 住民移転、建物の撤去及び用地取得は基本的に生じないが、橋のたもとにある商店及び民家の撤去・仮移転・借地が必要となることもある。また、国道沿いに商店及び民家があるため、工事時の環境社会配慮が必要となる。 | <ul style="list-style-type: none"> △ 取付道路を新設する必要があるが、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は第 1 案より優れる。 ・ 全体的な平面線形が第 3 案より優れている。 ・ 新橋及び取付道路建設のための用地取得は必要であるが、住民移転は生じない。 | <ul style="list-style-type: none"> ◎ 取付道路を新設する必要があるが第 2 案より短く、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は最も優れる。 ・ 全体的な平面線形が第 2 案より劣る。 ・ 橋梁に曲線が入る。 ・ 新橋及び取付道路建設のための用地取得は必要であるが、住民移転は生じない。 |

表 5-2-23 架橋位置比較検討表（ラブー橋）



| 代替案 | 第1案（現橋位置案） | 第2案（上流側35mシフト案） | 第3案（下流側30mシフト案） |
|------------|---|---|---|
| 代替案概要 | ・架橋位置を現橋位置とする案である。 | ・架橋位置を現橋より約35m上流側にシフトする案である。 | ・架橋位置を現橋より約30m下流側にシフトする案である。 |
| 代替案の 評価 | 新橋の形式(橋長) | ・2径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@45.0m=90.0m） | ・2径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@45.0m=90.0m） |
| | 取付け道路の線形性 | ・現橋は直線であり、現橋位置での架け替えであるため、平面線形は非常に良い。 | ・橋梁部は直線となるため平面線形は良いが、取付道路が現道にすりつく部分で曲線が入るため、線形性は若干劣る。 |
| | 仮橋及び迂回路の必要性 | ・現橋位置での架け替えであるため、現橋及び現道は利用できないため、仮橋及び迂回路の建設が必要となる。 | ・新橋が上流側にシフトするため、現橋及び現道をそのまま利用できるため、仮橋及び迂回路は不要である。 |
| | 施工性 | ・シウナ側の国道沿いに3軒の商店があり、工事中に歩行者等に影響を与えることが考えられ、施工性は他案に比べ劣る。 | ・現橋から約35m離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 |
| | 環境社会配慮 | ・現橋位置での架け替えのため、基本的に住民移転及び用地取得は生じない。但し、橋台の撤去・新設の際に橋のたもとにある商店の撤去・仮移転・借地が必要となることもある。 | ・新橋及び取付け道路建設位置には住居はないため住民移転は生じない。但し、取付道路新設のための用地取得が必要となる。 |
| 対象工事（工費比） | ・橋梁新設、仮橋及び迂回路建設、現橋撤去（工費比率：1.00） | ・橋梁新設、取付道路新設（0.42km）、現橋撤去（工費比率：0.874） | ・橋梁新設、取付道路新設（0.40km）、現橋撤去（工費比率：0.872） |
| 総合評価 | <ul style="list-style-type: none"> ・仮橋及び迂回路の建設が必要なため、経済性は他案に比べ劣る。 ・住民移転、建物の撤去及び用地取得は基本的に生じないが、シウナ側の橋のたもとにある商店の撤去・仮移転・借地が必要となることもある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・取付道路を新設する必要はあるが、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は第1案より優れる。 ・新橋及び取付道路建設のための用地取得は必要であるが、住民移転は生じない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・取付道路を新設する必要はあるが第2案より短く、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は最も優れる。 ・新橋及び取付道路建設のための用地取得は必要であるが、住民移転は生じない。 ・新取付道路が教会に近くなり、工事期間中の教会の仮移転が生じる可能性がある。 |

表 5-2-24 架橋位置比較検討表（プリンサポルカ橋）



| 代替案 | 第1案（現橋位置案） | 第2案（下流側45mシフト案） | 第3案（下流側150mシフト案） |
|-------------|---|---|---|
| 代替案概要 | ・架橋位置を現橋位置とする案である。 | ・架橋位置を現橋より約45m下流側にシフトする案である。 | ・架橋位置を現橋より約150m下流側にシフトする案である。 |
| 新橋の形式(橋長) | ・2径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@46.0m=92.0m） | ・2径間連続鋼桁橋（橋長 L=2@46.0m=92.0m） | ・2径間連続鋼桁橋（橋長 L=40+65.0m=105.0m） |
| 取付け道路の線形性 | ・現橋は直線であり、現橋位置での架け替えであるため、平面線形は非常に良い。 | ・橋梁部は直線となるため平面線形は良いが、取付道路が現道にすりつく部分で曲線が入るため、線形性は若干劣る。 | ・同左 |
| 仮橋及び迂回路の必要性 | ・現橋位置での架け替えであるため、現橋及び現道は利用できないため、仮橋及び迂回路の建設が必要となる。 | ・新橋が上流側にシフトするため、現橋及び現道をそのまま利用できるため、仮橋及び迂回路は不要である。 | ・新橋が下流側にシフトするため、現橋及び現道をそのまま利用できるため、仮橋及び迂回路は不要である。 |
| 施工性 | ・国道沿いに商店及び民家があるため、工事中に車両及び歩行者等に影響を与えることが考えられ、施工性は他案に比 | ・現橋から約45mも離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 | ・現橋から約150m離れており、工事中に現橋及び現道に影響を与える恐れはない。 |
| 環境社会配慮 | ・現橋位置での架け替えのため、基本的に住民移転及び用地取得は生じない。但し、橋台の撤去・新設の際に橋のたもとにある商店及び民家の撤去・仮移転・借地が必要となる | ・新橋位置には住居はないが、リオ・ブランコ側の取付道路新設位置には10軒以上の民家があり、住民移転が必要。また、取付道路新設のための用地取得が必要となる。 | ・橋梁新設位置には住居はなく、牧草地を通過するため住民移転は0件である。また、取付道路建設のための用地取得が必要となる。 |
| 対象工事（工費比率） | ・橋梁新設、仮橋及び迂回路建設、現橋撤去（工費比率：1.000） | ・橋梁新設、取付道路新設（0.60km）、現橋撤去（工費比率：0.885） | ・橋梁新設、取付道路新設（1.1km）、現橋撤去（工費比率：0.916） |
| 総合評価 | <ul style="list-style-type: none"> ・仮橋及び迂回路の建設が必要のため、経済性は他案に比べ劣る。 ・住民移転、建物の撤去及び用地取得は基本的に生じないが、橋のたもとにある商店及び民家の撤去・仮移転・借地が必要となることもある。また、国道沿いに商店及び民家があるため、工事中の環境社会配慮が必要となる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・取付道路を新設する必要はあるが、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は第1案より優れる。 ・取付道路新設のために3軒の住民移転が生じるが、その数は第3案より少ない。 ・取付道路新設のための用地取得が必要となり、環境社会配慮上の問題が生じるが、その影響は第3案より小さい。 | <ul style="list-style-type: none"> ・取付道路を新設する区間は長くなるが、仮橋及び迂回路は不要であるため、経済性は第2案に次いで優れる。 ・取付道路建設のための住民移転は0軒であり、環境社会配慮上は最も優れる。 ・第2案よりは大きい用地取得が必要となる。 |

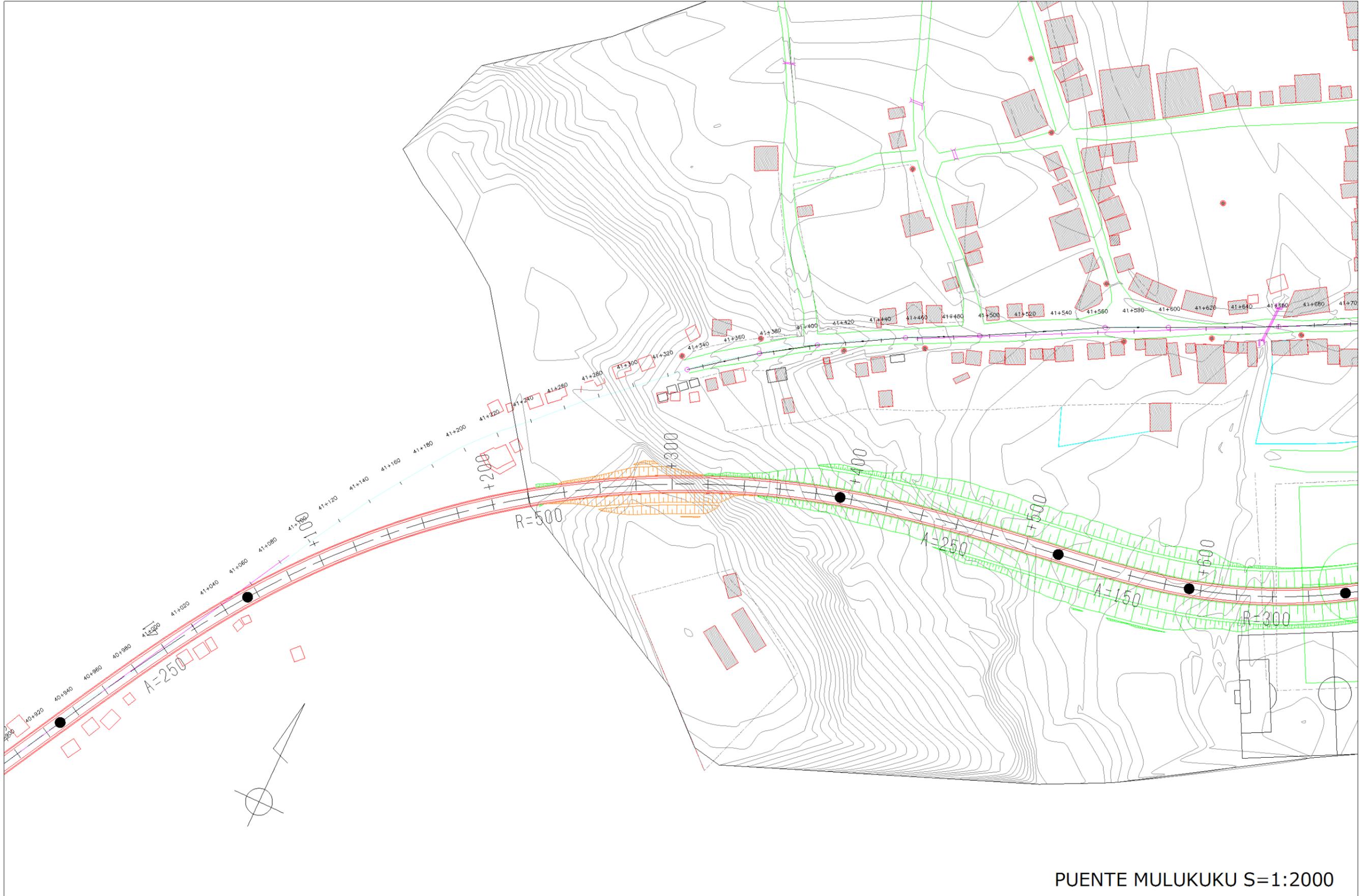
5-2-2-4 道路縦・横断、平面計画

上記により検討を行ったマクロ通過帯の検討結果より、通過帯周辺の社会環境、自然環境、前後道路区間との接続、地形、河川との交差等を現地調査により確認を行い、平面線形の調整を行い、その平面線形に基づき幾何構造基準、地形、河川条件及び橋梁構造（構造高）を考慮した縦断線形検討を行った。

ムルクク橋及びリサウエ橋については、前後の道路区間（リオ・ブランコームルクク間）が現在施工中であり、前後の線形が概ね決まっていることから、道路区間の設計資料を受領し、それらと整合を図れるよう基準点の共有、地形図の整合、座標計算を行った。

一方、ラプー橋及びプリンサポルカ橋の区間（ムルククーシウナ間）については、本準備調査と道路区間の詳細設計が同時並行に進行していることから、相互調整を計りながら最終的に整合の取れた線形となるよう MTI を通じ情報の共有及び線形検討を行った。

次ページ以降に、各橋梁箇所における平面線形検討結果を示す。



PUENTE MULUKUKU S=1:2000

図 5-2-2 架橋位置平面図 (ムルクク橋 (1/3))

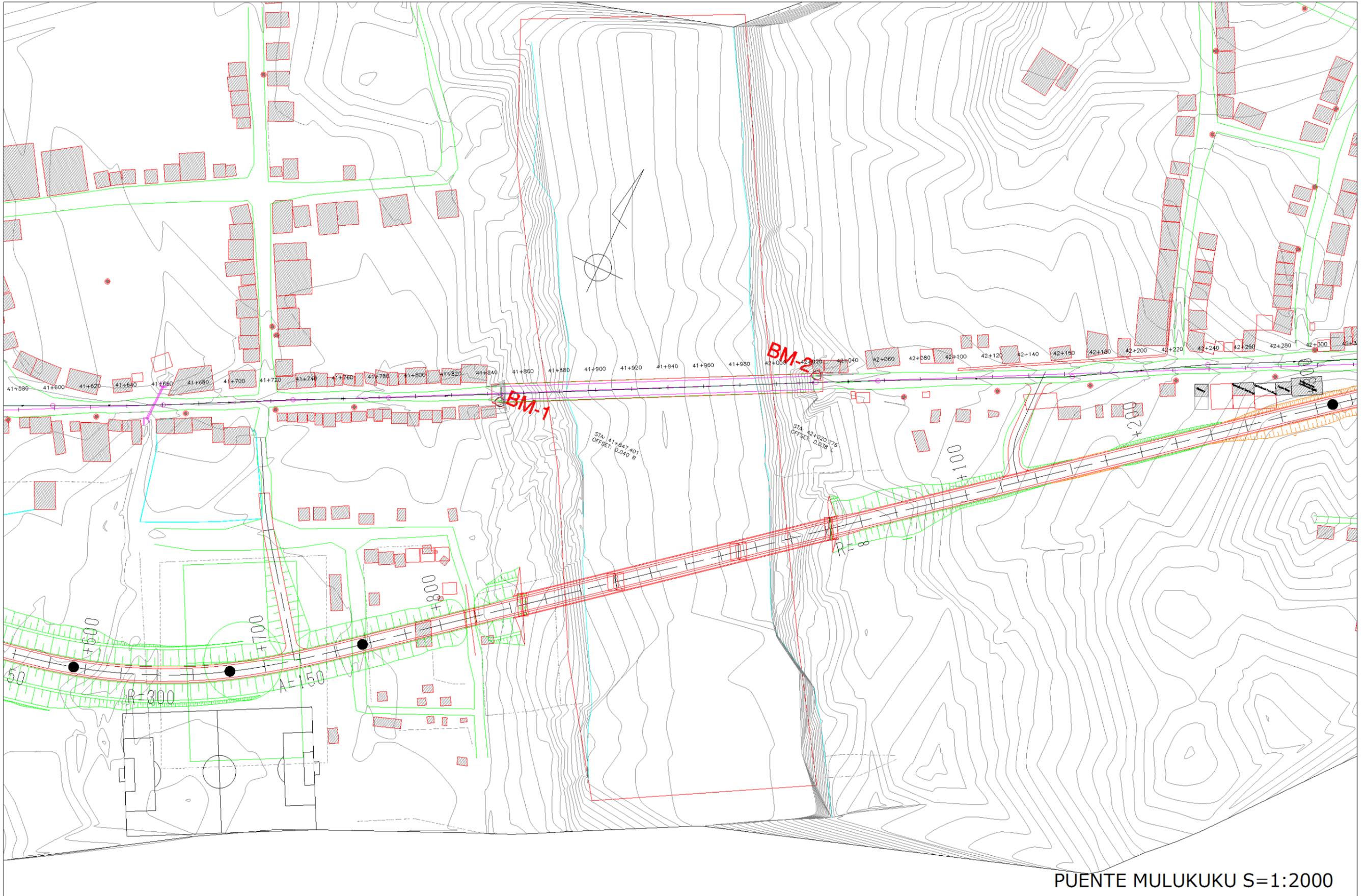
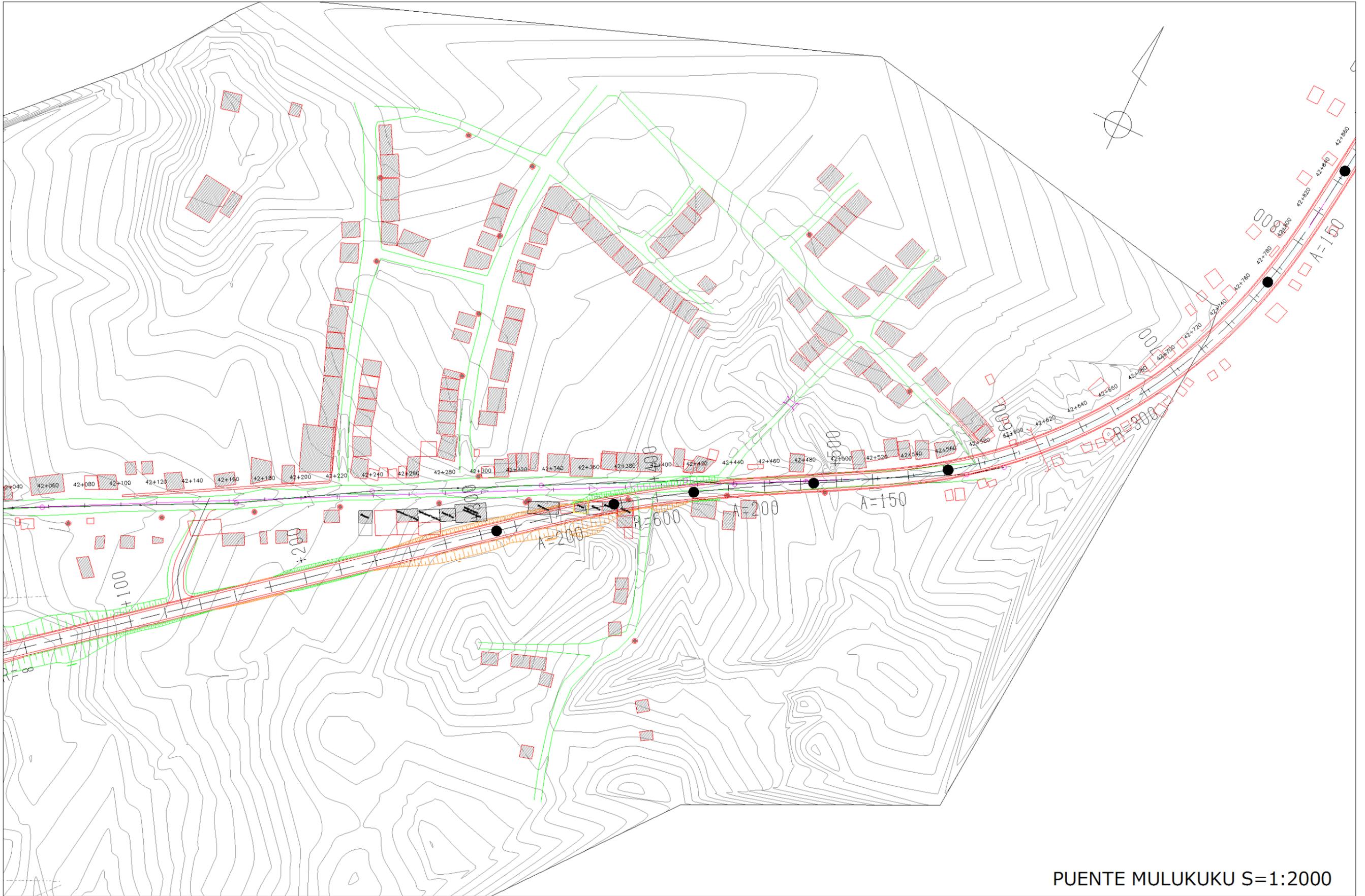


図 5-2-3 架橋位置平面図 (ムルクク橋 (2/3))



PUENTE MULUKUKU S=1:2000

図 5-2-4 架橋位置平面図 (ムルクク橋 (3/3))

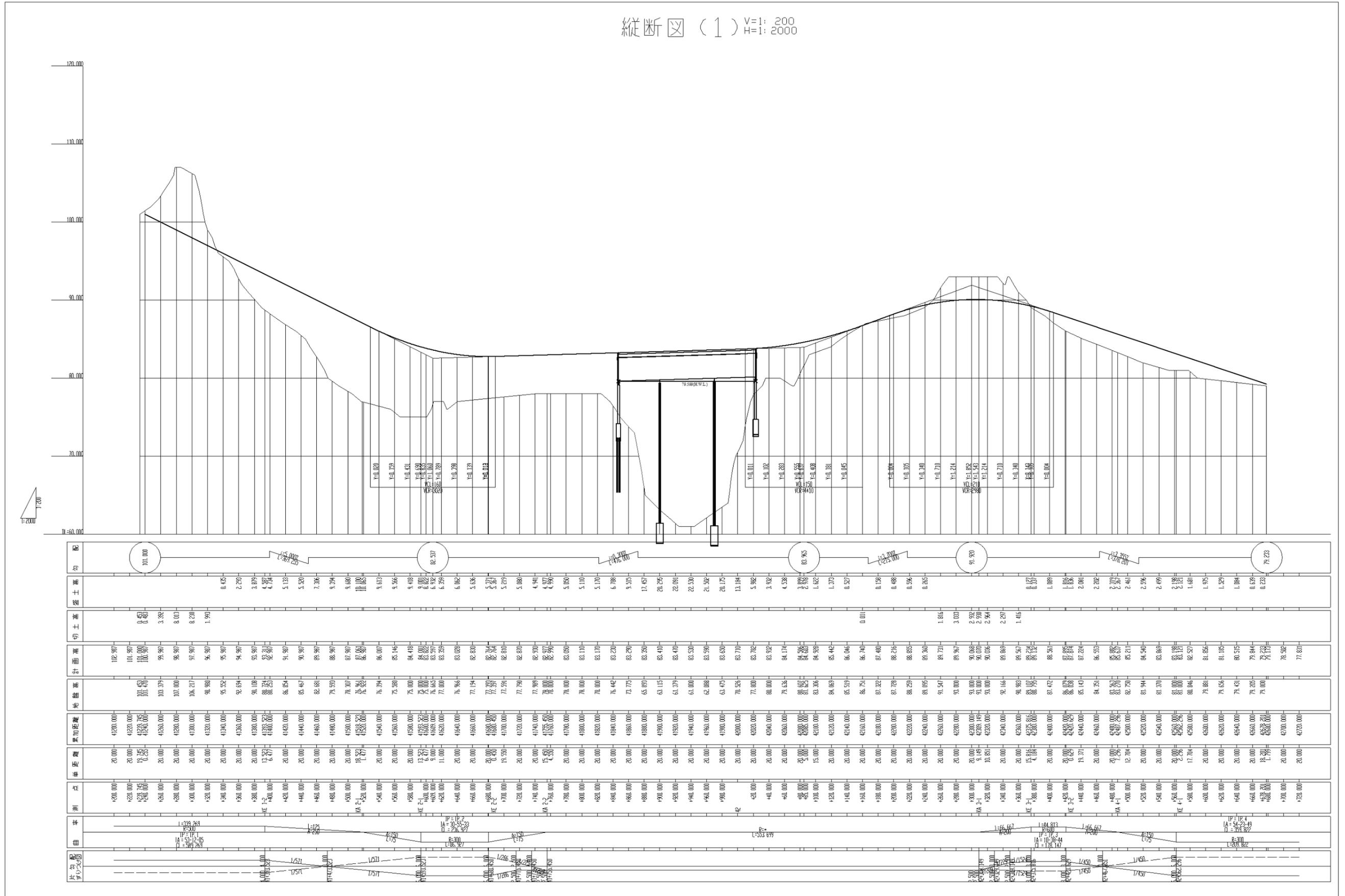




図 5-2-6 架橋位置平面図 (リサウエ橋 (1/2))



図 5-2-7 架橋位置平面図 (リサウエ橋 (2/2))

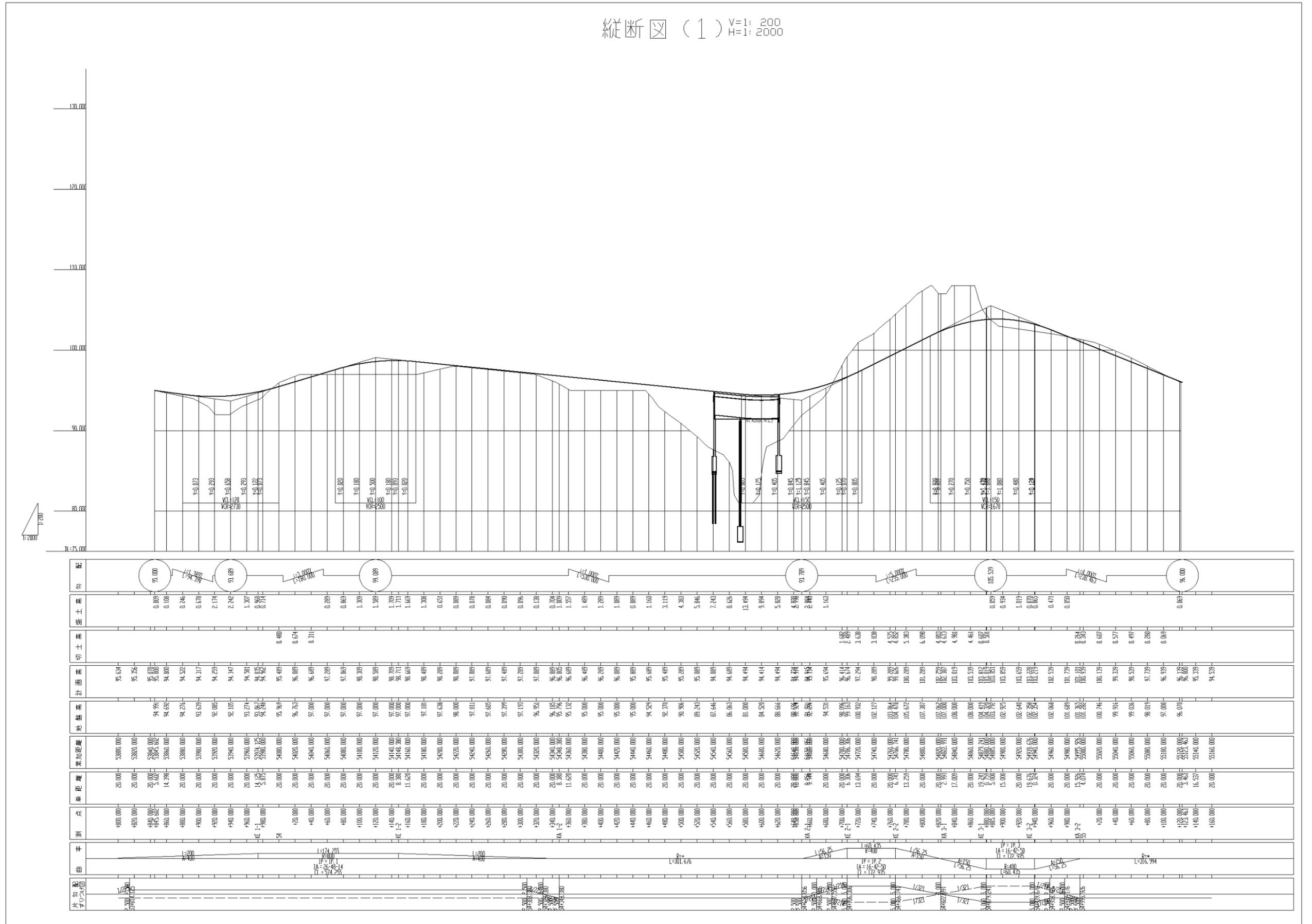
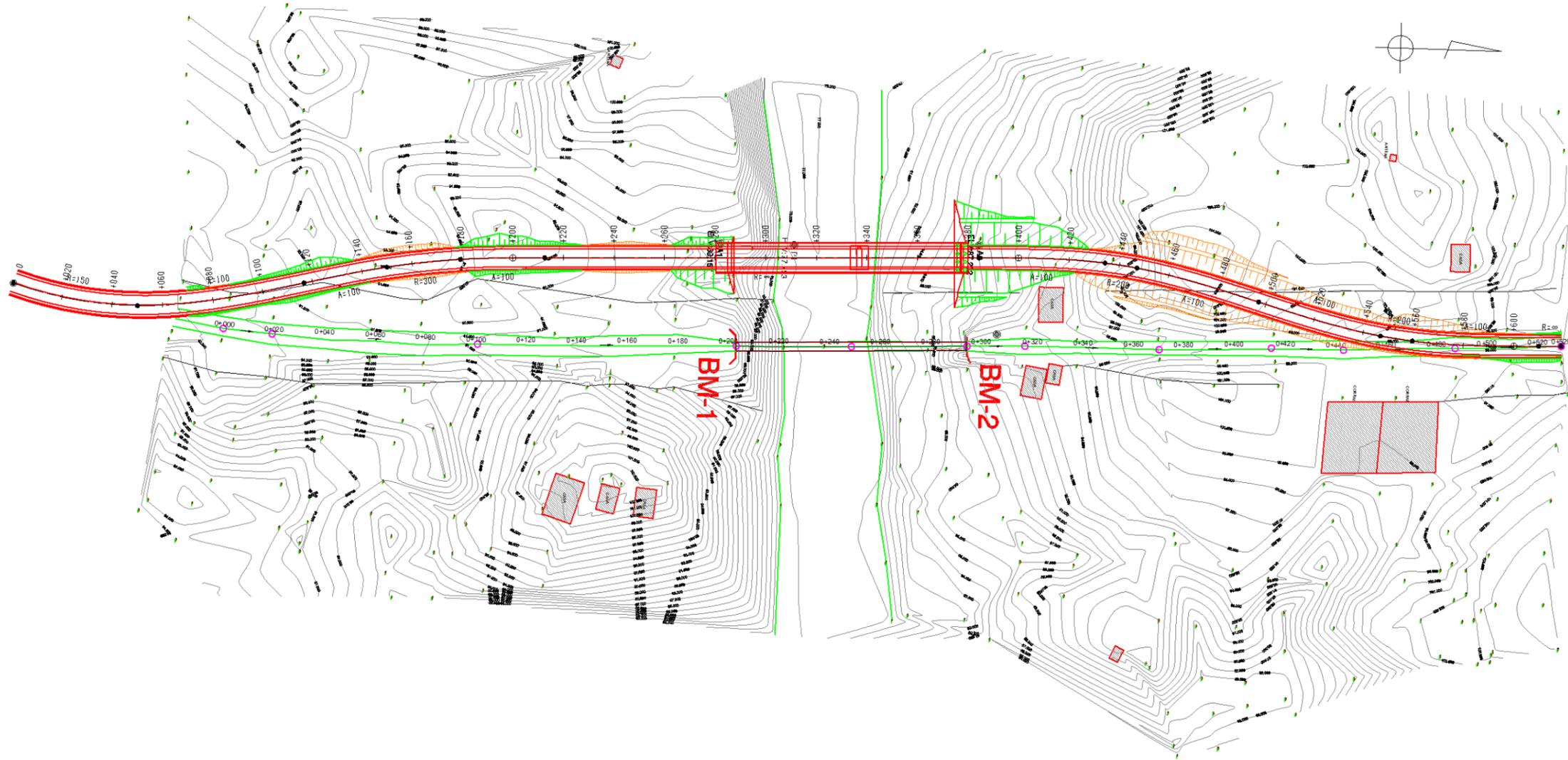


図 5-2-8 取付道路縦断図 (リサウエ橋)



PUENTE LABU S=1:2000

図 5-2-9 架橋位置平面図 (ラバー橋)

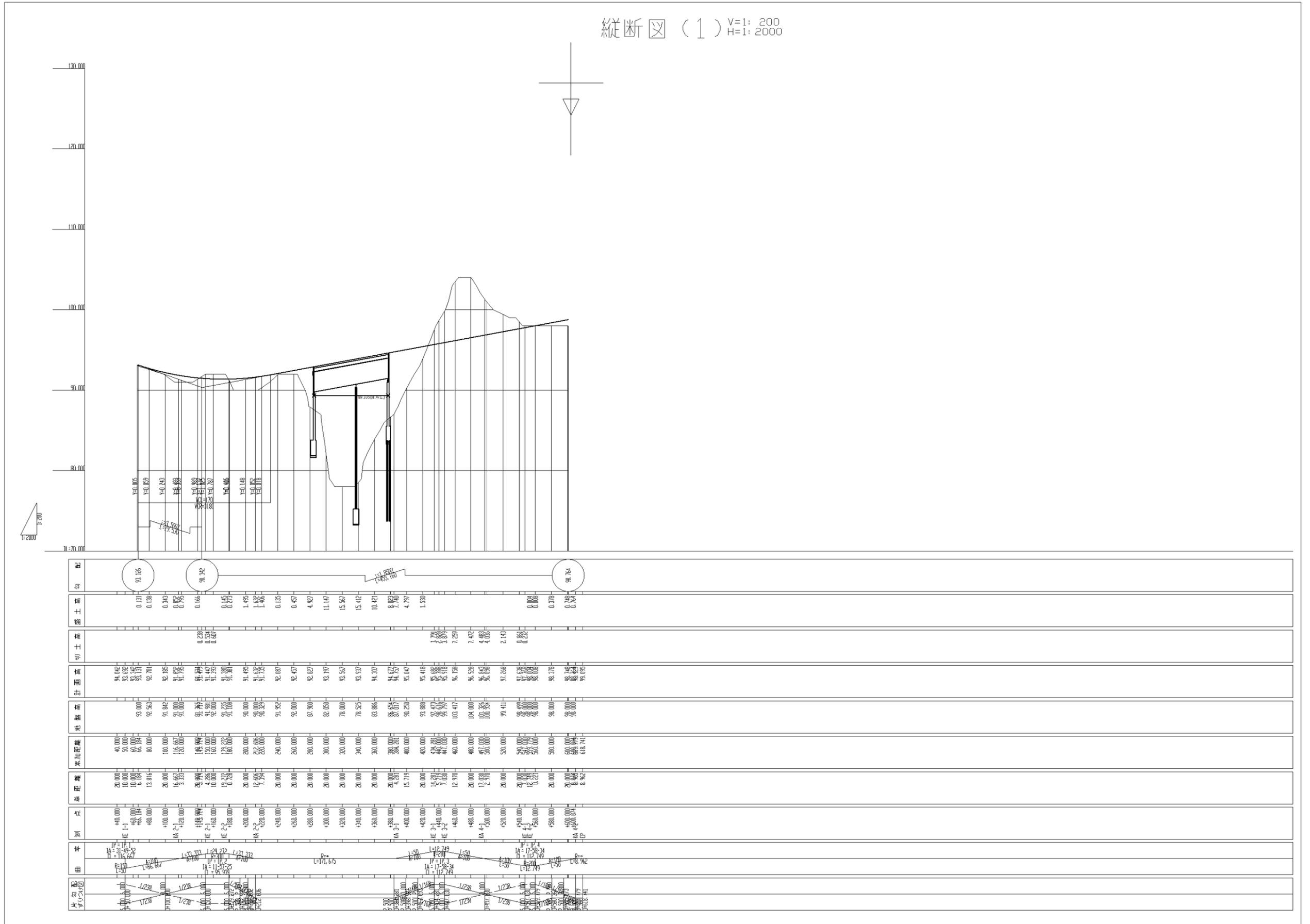


図 5-2-10 取付道路縦断図 (ラブリ橋)

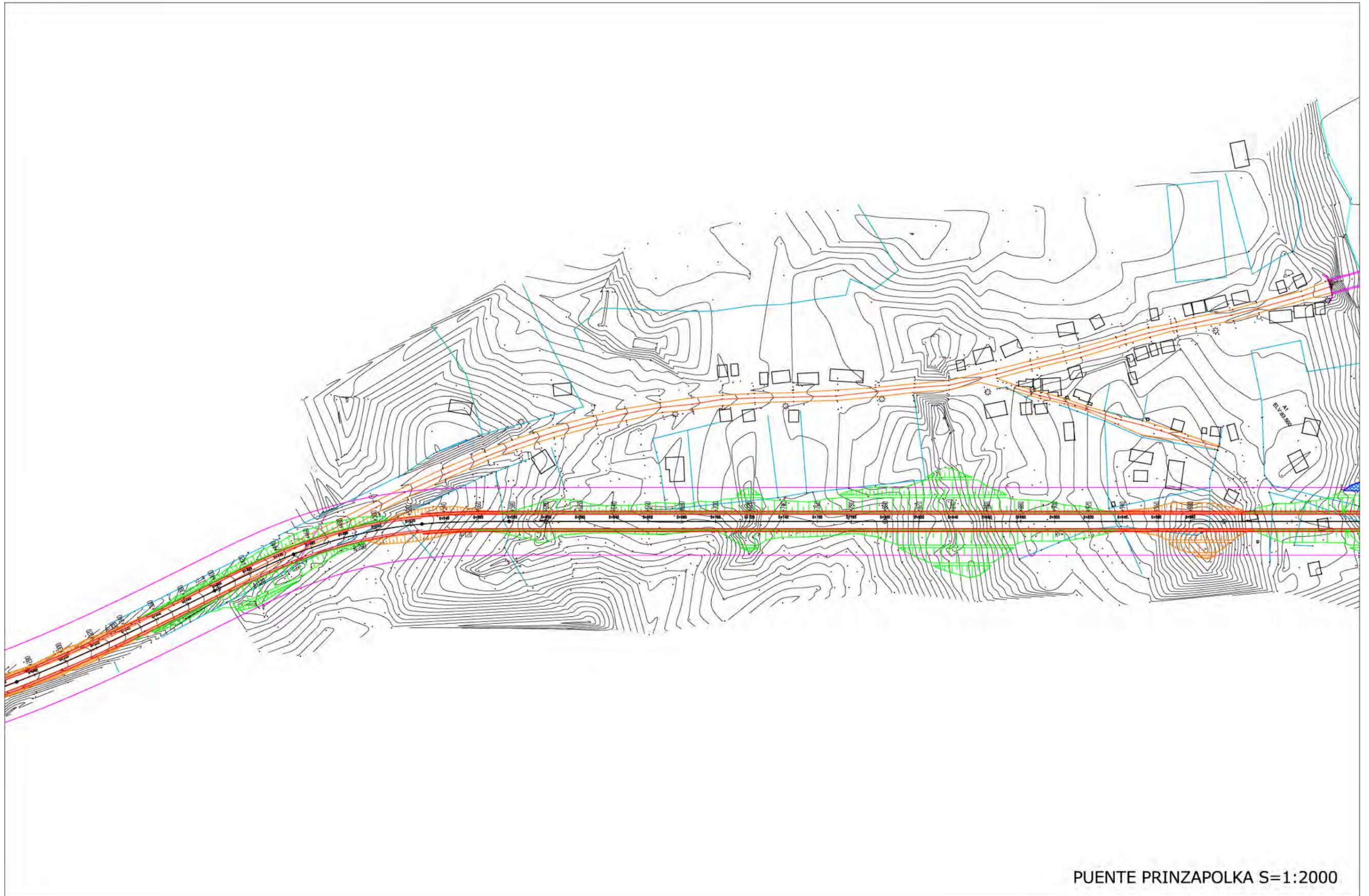


図 5-2-11 架橋位置平面図 (プリンサポルカ橋 (1/2))



図 5-2-12 架橋位置平面図（プリンサポルカ橋 (2/2)）

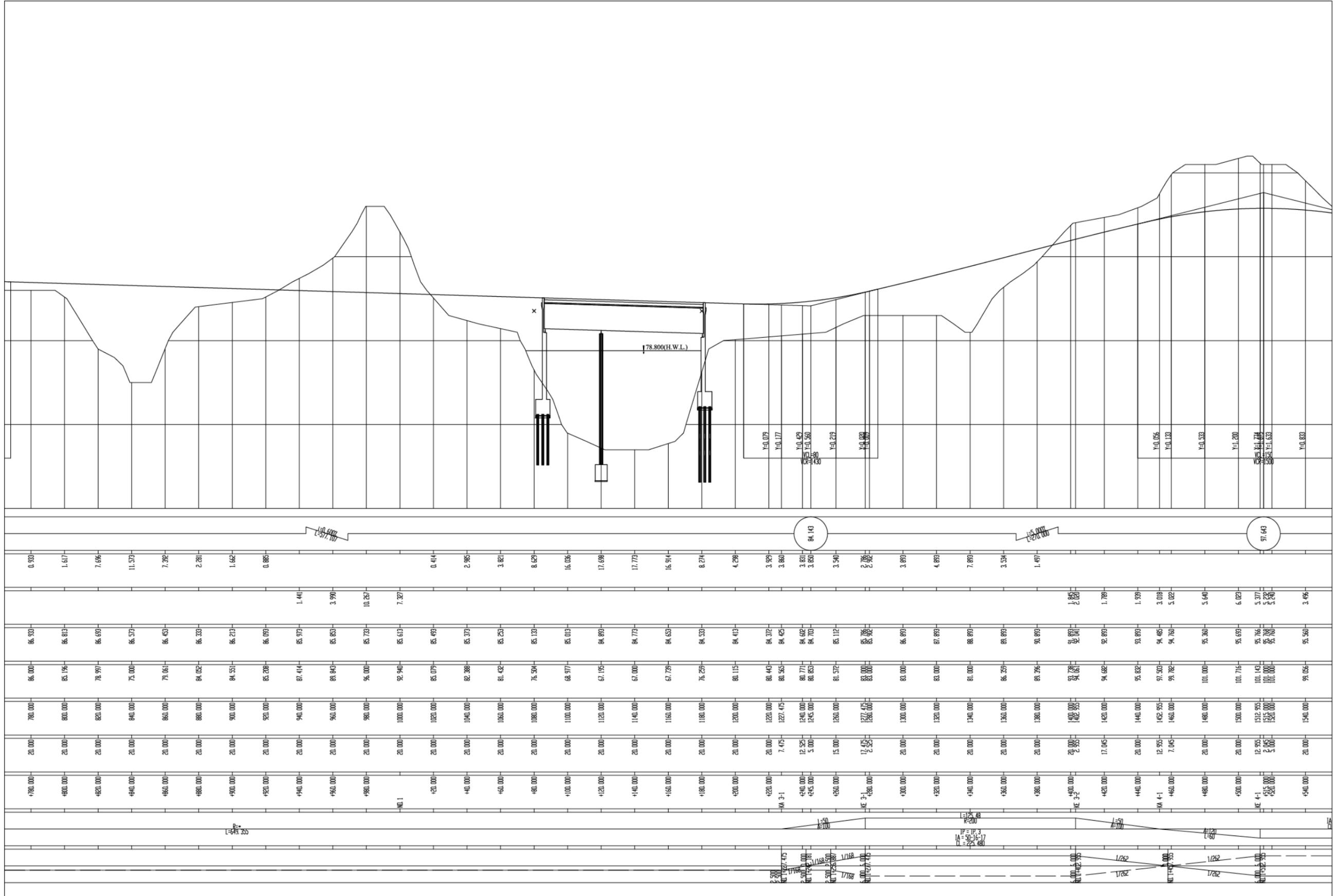


図 5-2-13 取付道路縦断面図（プリンサポルカ橋）

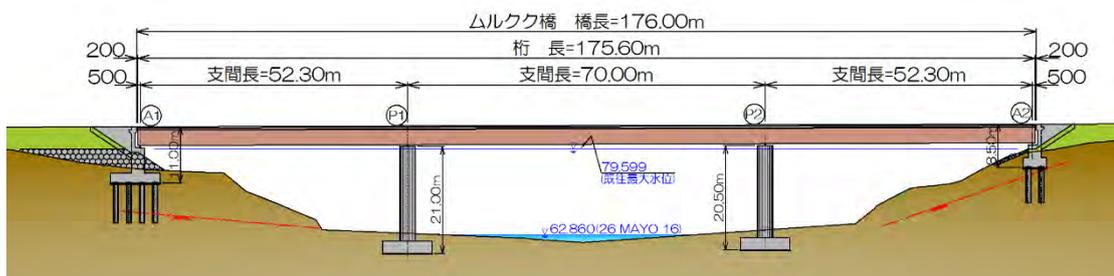
5-2-2-5 橋梁配置計画

(1) ムルクク橋の配置計画

1) 支間配置計画

ムルクク橋支間配置は、以下要領に従い、図 5-2-14 の通りとした。なお、検討対象の橋梁形式は、表 5-2-31 の検討結果より、鋼3径間連続板桁形式とする。

- 橋梁の斜角は、道路平面線形と河道法線との角度より 80° とした。
- 橋長は、既設橋梁の橋長約 173m に対して、河川直角方向の橋台間距離がこれを上回る 176m とした。
- A1,A2 橋台位置は、既設橋梁橋台位置を河道に平行に下流側に移動させた位置で、かつ、河道中心に対して概ね左右対称の位置とした。
- P1,P2 橋脚は、断面力の均等化により最も経済的となる支間比率と言われる 1.00:1.25:1.00 を考慮し、53.0m : 70.0m : 53.0m (1.00:1.32:1.00) の支間費率となる位置に配置した。



出典：調査団

図 5-2-14 ムルクク橋の支間配置

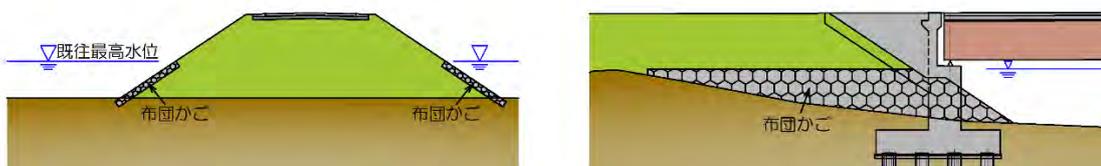
2) ムルクク橋橋台床付け位置と洗掘対策工の設定

本橋梁は、道路計画高（橋台上部）と河床との高低差が 20m 以上にもなるため、河道が橋台側に移動した場合にも床付け下面が洗掘を受けない十分な深さに橋台床付け位置を設定することができない、このため、河道変動とこれによる洗掘の可能性を検討し、適切な橋台床付け位置及び洗掘対策工を設定することとする。

i) ムルクク橋 A1 橋台

A1 橋台床付け位置は、表 5-2-25 に示すように現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 35m、高低差も約 10m あることから、橋台付近まで洗掘が到達する可能性は非常に低く、必要最小限の根入れを確保するれば十分と考えられ、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり（0.5m 以上）を確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工は、橋台付近まで洗掘される恐れがほとんど無いことより、大規模な洗掘対策は不要と判断し、新たに設置する盛り土の洗掘対策として、地表から H.W.L まで、図 5-2-15 に示すような布団かごによる洗掘対策工を行うこととした。



出典：調査団

図 5-2-15 ムルクク A1 橋台周りの洗掘対策工

表 5-2-25 ムルクク橋の橋台周りの状況

| A1 橋台周辺の地質 (杭基礎) | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | 常時通水幅 | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | A2 橋台周辺の地質 (杭基礎) |
|---|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|---|
| 床付け位置上：粘土 (N 値=6~26) 床付け位置下：粘土 (N 値=10~32) | 水平距離：約 35m (0.33) 高低差：約 10m | 約 106m (1.00) | 水平距離：約 35m (0.33) 高低差：約 14m | 床付け位置上：砂質 土 (N 値=17~29) 床付け位置下：砂礫 土 (N 値≥50) |

出典：調査団

ii) ムルクク A2 橋台

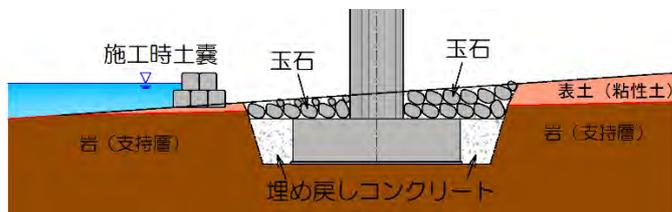
A1 橋台同様に現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 35m、高低差も約 14m あることから、橋台付近まで洗掘が到達する可能性は非常に低く、必要最小限の根入れを確保するれば十分と考えられ、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり (0.5m 以上) を確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工も A1 橋台同様、橋台付近まで洗掘される恐れがほとんど無いことより、大規模な洗掘対策は不要と判断し、新たに設置する盛り土の洗掘対策として、地表から H.W.L まで布団かごによる洗掘対策工を行うこととした。

3) ムルクク橋の橋脚床付け位置と洗掘対策工

河床部の地層は、河床より 1m 程度まで河床堆積物と思われる N 値 ≤ 10 の土砂があり、その後軟質な岩盤層が現れ、3.8m 付近より強固な岩盤となっている。支持層としては、軟質な岩盤層、強固な岩盤層いずれも可能であるが、強固な岩盤が無理のない深さにあることから、強固な岩盤層を支持層にすることとした。橋脚の床付け位置は、フーチング周りの洗掘が発生しないよう、フーチング全体が軟質な岩盤層内となるように計画とした。

洗掘対策工としては、図 5-2-16 に示すように、フーチング建設用の岩盤掘削部をコンクリート及び玉石で埋め戻すことにより洗掘対することとした。



出典：調査団

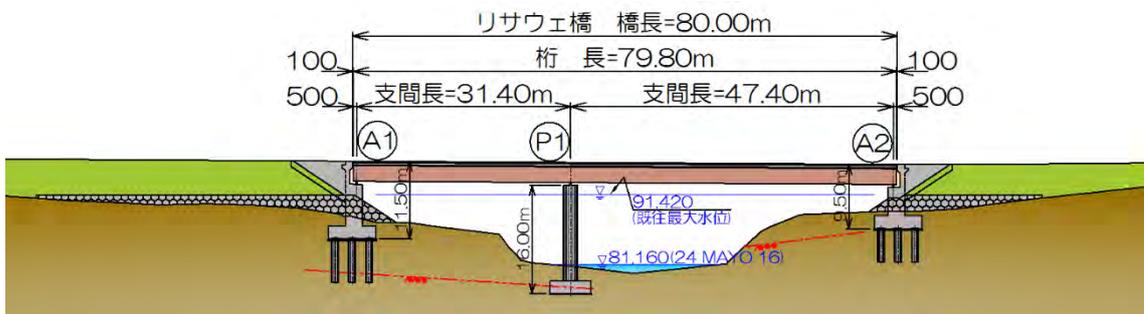
図 5-2-16 ムルクク橋 橋脚の洗掘対策工

(2) リサウエ橋の配置計画

1) リサウエ橋支間配置計画

リサウエ橋の橋台、橋脚等の配置は、以下要領に従い、図 5-2-17 の通りとした。なお、検討対象の橋梁形式は、表 5-2-32 の検討結果より、鋼 2 径間連続板桁形式とする。

- ① 橋梁の斜角は、橋長が最も短くなる、90°とした。
- ② 橋長は、既設橋梁の橋長 79.8m を上回る 80.0m とした。
- ③ A1,A2 橋台位置は、既設橋梁橋台位置を河道に平行に上流側に移動させた位置で、かつ、河道中心に対して概ね左右対称の位置とした。
- ④ P1 橋脚は、河川内施工時の通水断面を確保するため、河川内進入路の確保が容易に可能な、始点側に、基礎工掘削時に自然堤防に影響を与えない範囲で移動した。



出典：調査団

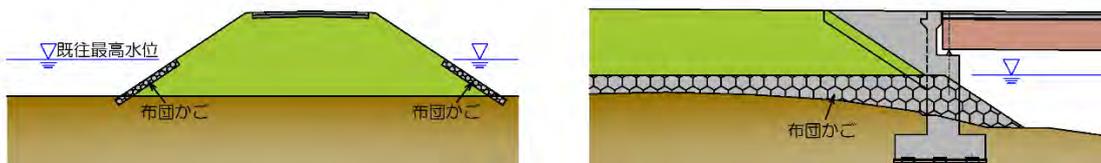
図 5-2-17 リサウエ橋の支間配置

2) リサウエ橋の橋台床付け位置と洗掘対策工の設定

i) リサウエ A1 橋台

A1 橋台床付け位置は、表 5-2-26 に示すように現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 24m、高低差も約 5.5m あることから、常時の通水幅との比率から考えても、橋台付近まで洗掘が到達する可能性は非常に低く、必要最小限の根入れを確保することとし、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり（0.5m 以上）を確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工は、橋台付近まで洗掘される恐れがほとんど無いことより、大規模な洗掘対策は不要と判断し、新たに設置する盛り土の洗掘対策として、地表から H.W.L まで、図 5-2-18 に示すような布団かごによる洗掘対策工を行うこととした。



出典：調査団

図 5-2-18 リサウエ A1 橋台周りの洗掘対策工

表 5-2-26 リサウエ橋の橋台周りの状況

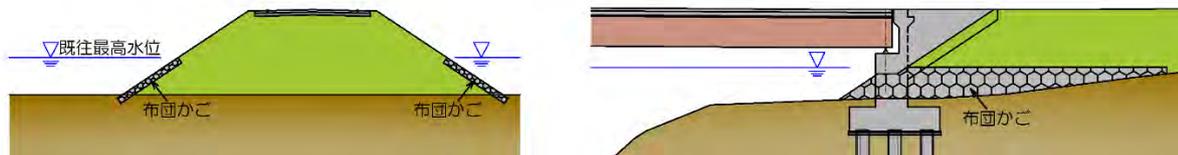
| A1 橋台周辺の地質 (杭基礎) | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | 常時通水幅 | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | A2 橋台周辺の地質 (杭基礎) |
|---|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|---|
| 床付け位置上：粘土 (N 値=8~30) 床付け位置下：粘土 (N 値=10~28) | 水平距離：約 24m (0.73) 高低差：約 5.5m | 約 32m (1.00) | 水平距離：約 24m (0.73) 高低差：約 6.5m | 床付け位置上：粘土 (N 値=11~14) 床付け位置下：砂質 (N 値≥50) |

出典：調査団

ii) リサウエ A2 橋台

A2 橋台床付け位置は、表 5-2-26 に示すように現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 24m、高低差も約 6.5m あることから、常時の通水幅との比率から考えても、橋台付近まで洗掘が到達する可能性は非常に低く、必要最小限の根入れを確保することとし、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり (0.5m 以上) を確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工は、橋台付近まで洗掘される恐れがほとんど無いことより、大規模な洗掘対策は不要と判断し、新たに設置する盛り土の洗掘対策として、地表から H.W.L まで、図 5-2-19 に示すような布団かごによる洗掘対策工を行うこととした。



出典：調査団

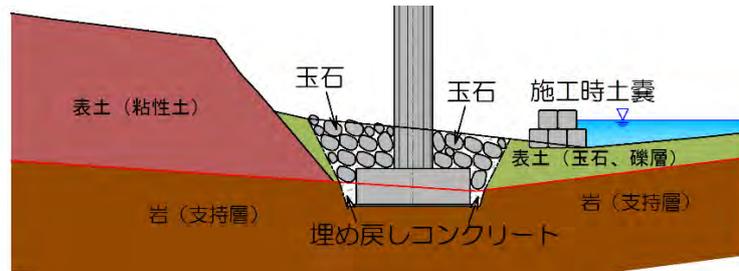
図 5-2-19 リサウエ A2 橋台周りの洗掘対策工

3) リサウエ橋の橋脚床付け位置と洗掘対策工

河床部の地層は、河床より N 値 ≥ 50 の強固な礫層が現れ、その後河床から約 2.8m 程度より強固な岩盤となっている。橋脚の床付け位置は、この強固な岩盤層に 50cm 以上根入れする事とした。

洗掘対策工としては、出典：調査団

図 5-2-20 に示すように、フーチング建設用の掘削部をコンクリート及び玉石で埋め戻すことにより洗掘対することとした。



出典：調査団

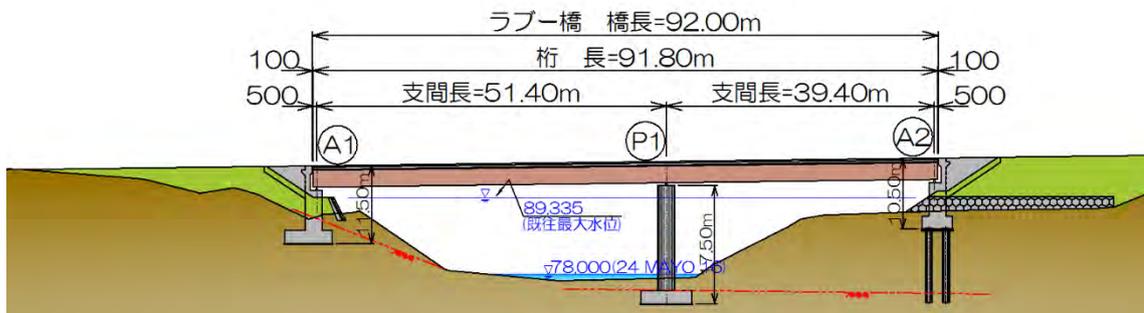
図 5-2-20 リサウエ橋 橋脚の洗掘対策工

(3) ラブー橋の配置計画

1) ラブー橋の支間配置計画

ラブー橋の橋台、橋脚等の配置は、以下要領に従い、図 5-2-21 の通りとした。なお、検討対象の橋梁形式は、表 5-2-32 の検討結果より、鋼 2 径間連続板桁形式とする。

- ① 橋梁の斜角は、橋長が最も短くなる、90°とした。
- ② 橋長は、既設橋梁の橋長 91.3m を上回る 92.0m とした。
- ③ A1,A2 橋台位置は、既設橋梁橋台位置を河道に平行に上流側に移動させた位置とした。
なおこの場合、河道中心に対して橋梁が 13m 程度終点側に配置されることになるが、起点側自然堤防が強固な岩盤で形成され洗掘に対して強固なことや、終点側の自然堤防が低くなだらかであることから洪水時の流下断面として有効に機能すると考えられことより、洗掘等への安全性や通水断面の拡大等の機能性の面で有利であると判断した。
- ④ P1 橋脚は、河川内進入路の確保が容易に可能な終点側に、基礎工掘削時に自然堤防に影響を与えない範囲で移動し、河川内施工時の通水断面を確保することとした。



出典：調査団

図 5-2-21 ラブー橋の支間配置計画

2) ラブー橋の橋台床付け位置と洗掘対策工の設定

i) ラブー橋 A1 橋台

A1 橋台床付け位置は、表 5-2-27 に示すように橋台付近の地質が岩盤であるため、洗掘の恐

れが無く、必要最小限の根入れを確保することとし、フーチングに必要最小限の土かぶり（0.5m以上）が確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工は、付近の地質が岩盤であり洗掘の恐れがほとんど無いことや、橋台付近地表レベルが高く新設盛り土まで洪水が到達することが非常に希であると考えられることより、新たに設置する盛り土の洗掘対策として、地表から H.W.L まで石積みによる洗掘対策工を行うこととした。

表 5-2-27 ラブー橋の橋台周りの状況

| A1 橋台周辺の地質 (直接基礎) | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | 常時通水幅 | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | A2 橋台周辺の地質 (杭基礎) |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|
| 床付け位置上：岩盤 (N 値 \geq 50) | 水平距離：約 19m (0.48) | 約 40m (1.00) | 水平距離：約 33m (0.83) | 床付け位置上：砂質 土 (N 値=8~15) |
| 床付け位置下：岩盤 (N 値 \geq 50) | 高低差：約 8.5m | | 高低差：約 7.5m | 床付け位置下：砂質 (N 値=8~15) |

出典：調査団

ii) ラブー橋 A2 橋台

A2 橋台床付け位置は、表 5-2-27 に示すように現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 33m、高低差も約 7.5m あることから、常時の通水幅との比率から考えても、橋台付近まで洗掘が到達する可能性は非常に低く、必要最小限の根入れを確保することとし、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり（0.5m 以上）を確保できる位置を床付け位置とした。

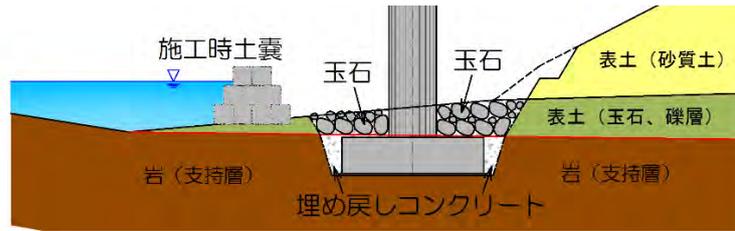
洗掘対策工は、付近の地質が岩盤であり洗掘の恐れがほとんど無いことや、橋台付近地表レベルが高く新設盛り土まで洪水が到達することが非常に希であると考えられることより、新たに設置する盛り土の洗掘対策として、地表から H.W.L まで布団かごによる洗掘対策工を行うこととした。

3) ラブー橋の橋脚床付け位置と洗掘対策工

河床部の地層として、河川内のボーリングデータでは、河床より強固な岩盤が現れる地層となっている。しかし、A2 側のボーリングデータでは、河床よりさらに 1m 程度低い位置より強固な岩盤が現れそれより上部は、N 値=10 程度の軟質な土砂層となっている。（一部玉石の存在により高い N 値となっている。）このため、橋脚位置付近の岩盤より上部の地層は軟弱な土砂層になっていると考えられ、フーチング周辺の洗掘対策として十分な土被り（2.0m 以上）を確保するか、又は、フーチング全体が強固な岩盤層内となりフーチング周辺の洗掘が発生しないように配慮することとした。

洗掘対策工としては、出典：調査団

図 5-2-22 に示すように、岩盤部のフーチング建設用の掘削部をコンクリート及び玉石で埋め戻すことにより対策することとした。



出典：調査団

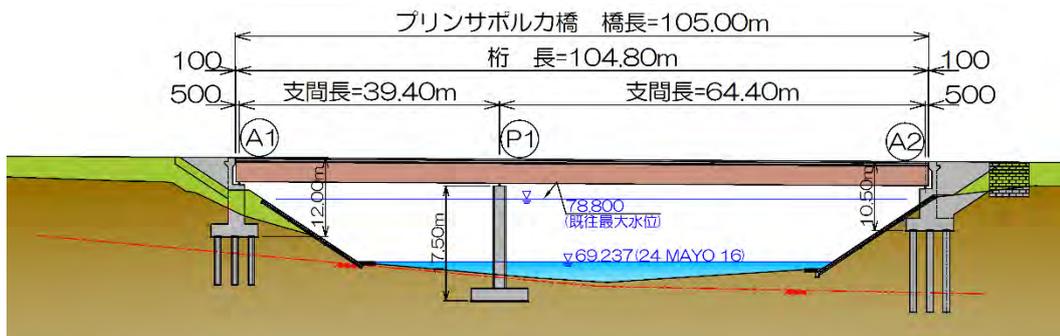
図 5-2-22 ラブー橋 橋脚の洗掘対策工

(4) プリンサポルカ橋の配置計画

1) プリンサポルカ橋の支間配置計画

プリンサポルカ橋の橋台、橋脚等の配置は、以下要領に従い、図 5-2-23 の通りとした。なお、検討対象の橋梁形式は、表 5-2-32 の検討結果より、鋼 2 径間連続板桁形式とする。

- ① 橋梁の斜角は、道路平面線形と河道法線の角度より 80° とした。
- ② 橋長は、既設橋梁の橋長 92.7m を上回る 93.0m として橋台の安定計算を行った結果、A2 橋台の杭基礎が不安定となった事や、支間配置のバランスも考慮して A1 および A2 橋台ともに 6m 河川外側に移動させ、105.0m とした。
- ③ A1,A2 橋台位置は、既設橋梁橋台位置を河道に平行に下流側に移動させた位置に対し、河川外側に約 6m 移動した位置とした
- ④ P1 橋脚は、河川内施工時の通水断面を確保するため、河川内進入路の確保が容易に可能な、始点側に移動することとした。この場合の移動する量については、常時の通水断面が広く通水断面の端部まで移動できないため、解析検討の結果より、A1 橋台部に支承損傷の原因になると言われる負反力が発生しない限界まで移動させることとした。



出典：調査団

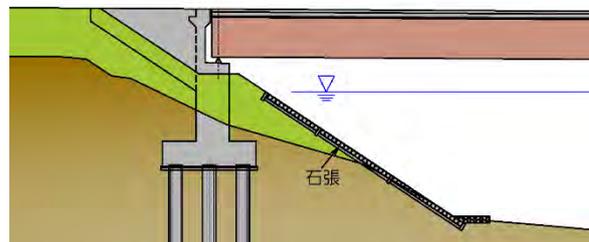
図 5-2-23 プリンサポルカ橋の支間配置計画

2) プリンサポルカ橋の橋台床付け位置と洗掘対策工の設定

i) プリンサポルカ A1 橋台

A1 橋台床付け位置は、表 5-2-28 に示すように現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 15m と短く、高低差も約 6.5m と少ないため、十分な土被りを確保するとともに強固な地盤内に支持することが望まれる。しかし、本橋台の支持層は、橋台上部より約 19m、地表から約 10m の深さにあり、この位置まで根入れを下げるのは経済的にも施工的にも現実的でない。このため、十分な洗掘対策工の実施を前提に、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり（0.5m 以上）を確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工は、図 5-2-24 に示すようにフーチング建設のための掘削により軟化した地盤の洗掘防止および新たに設置する盛り土の洗掘対策として、表層部に石張りによる洗掘対策工を行うこととした。



出典：調査団

図 5-2-24 プリンサポルカ A1 橋台周りの洗掘対策工

表 5-2-28 プリンサポルカ橋の橋台周りの状況

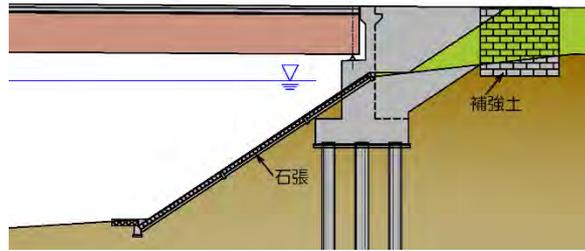
| A1 橋台周辺の地質 (杭基礎) | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | 常時通水幅 | 常時通水部端部 と橋台位置地表 との距離、高さ | A2 橋台周辺の地質 (杭基礎) |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| 床付け位置上：粘土 (N 値=8~28) | 水平距離：約 15m (0.2) | 約 75m (1.00) | 水平距離：約 15m (0.2) | 床付け位置上：粘土 (N 値=9~26) |
| 床付け位置下：砂礫 (N 値=≧50) | 高低差：約 6.5m | | 高低差：約 5.5m | 床付け位置下：粘土 (N 値=9~26) |

出典：調査団

ii) プリンサポルカ A2 橋台

A2 橋台床付け位置は、に示すように現在の常時通水部の端部から橋台までの距離が約 15m と短く、高低差も約 6.5m と少ないため、十分な土被りを確保するとともに強固な地盤内に支持することが望まれる。しかし、本橋台の支持層は、橋台上部より約 19m、地表から約 10m の深さにあり、この位置まで根入れを下げるのは経済的にも施工的にも現実的でない。このため、十分な洗掘対策工の実施を前提に、付近の地盤に対してフーチングが必要最小限の土かぶり（0.5m 以上）を確保できる位置を床付け位置とした。

洗掘対策工は A1 橋台側と同様に、図 5-2-25 に示すように石張りによる洗掘対策を行うこととした。



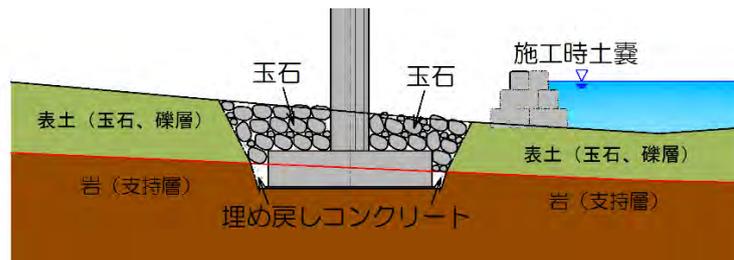
出典：調査団

図 5-2-25 プリンサポルカ A2 橋台周りの洗掘対策工

3) プリンサポルカ橋の橋脚床付け位置と洗掘対策工

河床部の地層として、河床より約 0.6m 付近まで軟質な礫層があり、その後 N 値 ≥ 50 の強固な礫層が現れ、4.8m 付近より強固な岩盤が現れる地層となっている。支持層としては、強固な礫層、岩盤層いずれも対応可能であるが、無理のない深さに強固な岩盤が現れることから、この岩盤を支持層にすることとした。橋脚の床付けとしては、この強固な岩盤層に 50cm 以上根入れする事とした。

洗掘対策工としては、図 5-2-26 に示すように、フーチング建設用の掘削部をコンクリート及び玉石で埋め戻すことにより対策することとした。



出典：調査団

図 5-2-26 プリンサポルカ橋 橋脚の洗掘対策工

5-2-2-6 橋梁形式の検討

(1) 上部工形式の第 1 次比較検討

上部工形式の検討では、概ねの橋長が 175m となるムルクク橋と、90m 程度となるリサウエ橋、ラプー橋、プリンサポルカ橋に分け基本的な上部工構造の比較検討を検討を行った。

1) ムルクク橋の上部工形式

ムルクク橋は、乾期においても 100m 前後の通水断面幅を持っており、河川中央付近に橋脚を設ける 2 径間または 4 径間の支間配置は施工性、経済性で不利であり、基本的に 3 径間の支間配置とする。具体的には、経済的支間比率とされる 1:1.25:1 の比率に近い、52.5m+70.0m+52.5m の比率を基本に検討を行うこととする。

上部工比較案について、上部工形式と標準的適用支間の関係をまとめた

表 5-2-29 より、連続構造を前提に適用可能な形式を選定すると、鋼連続鈹桁、鋼連続箱桁、鋼連続トラス、PC 連続箱桁（張出工法）が選定される。このうち、鋼連続箱桁形式については、曲線対応等が不要な場合において、経済性、施工性で鋼連続鈹桁より明らかに劣る形式であり、これを除外し、以下の 3 案を比較検討案として選定した。

- 第1案 鋼3径間連続鈹桁
- 第2案 鋼3径間連続トラス桁
- 第3案 PC3径間連続箱桁

比較検討の結果は、表 5-2-31 に示す通りであり、以下の理由により**第1案 鋼3径間連続鈹桁**を選定する。

- 構造的性、施工性、維持管理性、経済性において最も優れる案である。

表 5-2-29 上部工形式と標準適用支間長（ムルクク橋）

| 上部工形式 | 推奨適用径間 | | | 曲線適否 | |
|-------|-------------------|--------|-------|------|---|
| | 50 m | 100 m | 150 m | | |
| 鋼 | 単純合成鈹桁 | | | | × |
| | 単純鈹桁 | | | | × |
| | 連続鈹桁 | | ○ | | △ |
| | 単純箱桁 | | | | △ |
| | 連続箱桁 | | ○ | | ○ |
| | 単純トラス | | | | × |
| | 連続トラス | | ○ | | △ |
| | 橋 | 逆ランガー桁 | | | |
| 逆ローゼ桁 | | | | | × |
| アーチ | | | | | × |
| C | | プレテン桁 | | | |
| | 中空床版 | | | | × |
| | 単純T桁 | | | | × |
| | 連結T桁 | | | | △ |
| | 単純箱桁 | | | | △ |
| | 連続箱桁（片持工法） | | ○ | | ○ |
| | 連続箱桁（押し出しまたは支持工法） | | | | ○ |
| | π形ラーメン | | | | × |
| RC橋 | 中空床版 | | | | △ |
| | 連続充腹式アーチ | | | | △ |

出典：NEXCO 設計要領第二集

2) リサウエ橋、ラブー橋、プリンサポルカ橋の上部工形式

リサウエ橋、ラブー橋、プリンサポルカ橋は、概ねの橋長が90m程度であり、3径間の支間配置とした場合橋脚間距離が30m程度と短くなり、基礎工等河川内施工時の流下断面の確保が難しく、河川内施工に大きな課題を残すことになる。このため、支間配置案としては、2径間又は短径間を選定する。2径間案については、河川中央部での橋脚建設をできる限り回避するために、左右の支間長を変化させることが有効であり、 $50m+40m=90m$ の支間配置を基本とする。ただし、上部工比較案として選定される、PC2径間連結T桁については、適応可能な最大支間長が45mであり、この形式については、 $45m+45m=90m$ の支間配置を採用する。以上より、以下の3ケースの支間配置を基本に、上部工比較案を選定する。

- ケース1：50m+40m
- ケース2：45m+45m
- ケース3：90m

上部工比較案については、上部工形式と標準的適用支間の関係をまとめた表 5-2-30 より、

適用可能な形式を選定すると、鋼連続鈑桁、鋼単純トラス、PC 連結 T 桁、PC 連続箱桁（押し出し工法）、PC 連続箱桁（支持工法）が選定される。このうち、PC 連続箱桁（押し出し工法）は、架設設備が大掛かりで通常 200m 以下の橋長では経済的に明らかに不利である。また、PC 連続箱桁（支持工法）については、河川内に支持設備（総支保工）の設置が必要で雨期中の施工が不可能であり適用できない。以上より、以下の 3 案を比較検討案として選定した。

- 第 1 案 鋼 2 径間連続鈑桁
- 第 2 案 PC2 径間連結 T 桁
- 第 3 案 鋼単純トラス

比較検討の結果は、表 5-2-32 に示す通りであり、以下の理由により**第 1 案 鋼 3 径間連続鈑桁**を選定する。

- 構造的性、施工性、維持管理性、経済性において最も優れる案である。

表 5-2-30 上部工形式と標準適用支間長（リサウエ、ラブー、プリンサポルカ橋）

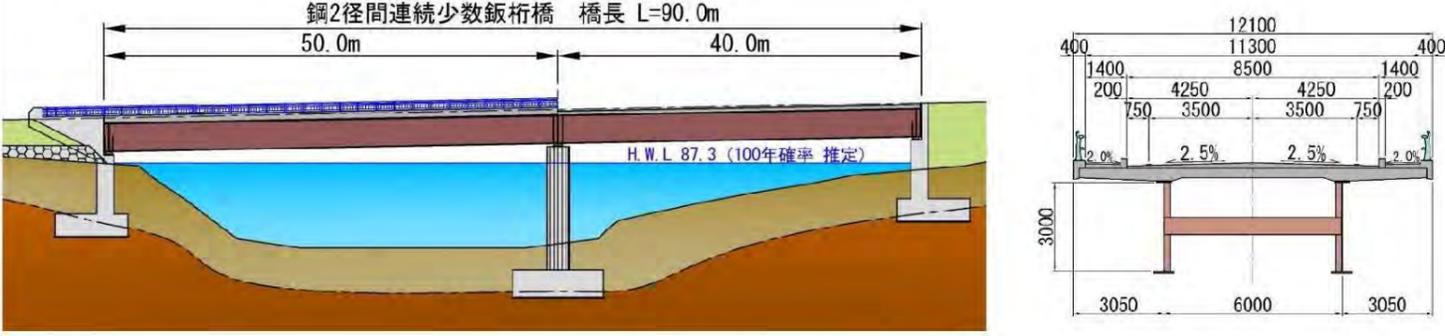
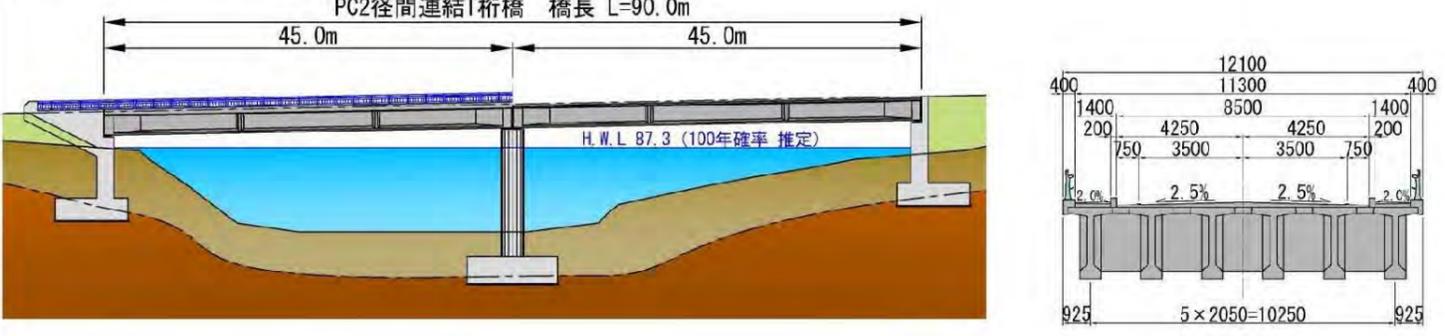
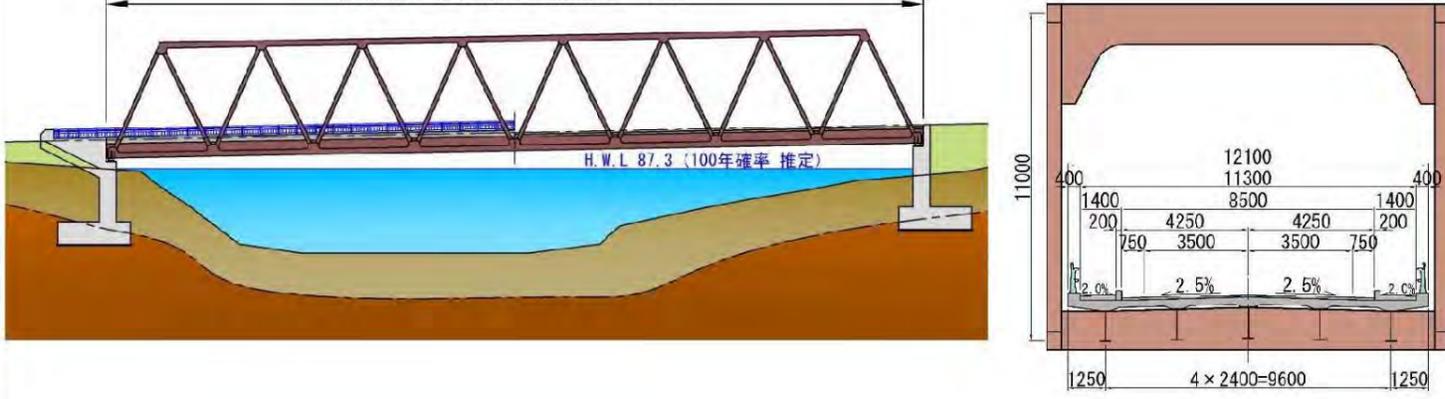
| 上部工形式 | 推奨適用径間 | | | 曲線適否 | | |
|---------|-----------------------|--------|-------|------|---|---|
| | 50 m | 100 m | 150 m | | | |
| 鋼 | 単純合成鈑桁 | | | | × | |
| | 単純鈑桁 | | | | × | |
| | 連続鈑桁 | ○ | | | △ | |
| | 単純箱桁 | | | | △ | |
| | 連続箱桁 | | | | ○ | |
| | 単純トラス | | ○ | | × | |
| | 連続トラス | | | | △ | |
| | 橋 | 逆ランガー桁 | | | | × |
| | | 逆ローゼ桁 | | | | × |
| | | アーチ | | | | × |
| 橋 | プレテン桁 | | | | × | |
| | 中空床版 | | | | × | |
| | 単純 T 桁 | | | | × | |
| | 連結 T 桁 | ○ | | | △ | |
| | 単純箱桁 | | | | △ | |
| | 連続箱桁（片持工法） | | | | ○ | |
| | 連続箱桁（押し出し または支持工法） | ○ | | | ○ | |
| | π形ラーメン | | | | × | |
| RC 橋 | 中空床版 | | | | △ | |
| | 連続充腹式アーチ | | | | △ | |

出典：NEXCO 設計要領第二集

表 5-2-31 ムルクク橋上部工形式の比較検討表

| 橋梁形式 | | 特 性 | |
|--|--|--|--|
| 第1案 鋼3径間連続鈹桁 | | 構 造 性 <ul style="list-style-type: none"> プレキャストPC床版を有し、主桁本数を少なくした鈹桁橋である。 横桁等の2次部材を少なくすることができ、またロールH鋼材（既製H形鋼）を使用することで、鈹桁製作工数を少なくできる。 | |
| 第2案 鋼3径間連続トラス | | 本邦技術の使用範囲 <ul style="list-style-type: none"> SBHS鋼材を用いた耐候性鋼材の採用。 免震構造による支承構造及び落橋防止構造の採用。 床版防水技術の採用。 景観配慮型アルミ製車両防護柵の採用。 | |
| 第3案 PC3径間連続箱桁 | | 構 造 性 <ul style="list-style-type: none"> ラーメン構造を有するPC連続箱桁形式（張り出し架設）であり実績も多い。 上・下部工を剛結した連続ラーメン構造であるため、耐震性に優れている。 大規模洪水に対しても、流木等による橋体損傷の可能性は非常に少ない。 | |
| 本邦技術の適用 <ul style="list-style-type: none"> 床版防水技術の採用。 景観配慮型アルミ製車両防護柵の採用。 | | 構 造 性 <ul style="list-style-type: none"> ニカラグアでも実績の多い構造形式である。 大規模洪水に対して、流木等による橋体損傷の可能性はある。 | |
| 施 工 性 <ul style="list-style-type: none"> 主桁は送り出し架設による架設となり雨期でも施工は可能である。 プレキャスト床版であることから、現場打ちコンクリート量が非常に少なく、現場工期が短くできる。 | | 施 工 性 <ul style="list-style-type: none"> 上部工施工はケーブルクレーン架設を用いれば雨期でも施工は可能である。 床版は現場打ち床版となることから、現場施工期間が長くなる。 | |
| 維持管理性 <ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、腐食に関する維持管理は基本的に不要である。 プレキャストPC床版は床版の疲労耐久性が非常に高く、床版に対する維持管理が少なくなる。 | | 維持管理性 <ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、腐食に関する維持管理は基本的に不要であるが、トラス格点部の雨水滞水が懸念される部分の維持管理は必要となる。 RC床版は疲労損傷の発生確率が高いことから、疲労に対する維持管理が必要となる。 | |
| 経 済 性 <ul style="list-style-type: none"> 他案と比較して最も経済的である。 | | 経 済 性 <ul style="list-style-type: none"> 他の3径間案（第1案、第2案）と比較して経済性は中位である。 | |
| 総合評価 <ul style="list-style-type: none"> 構造化、施工性、維持管理性、経済性において最も優れる案である。 | | 総合評価 <ul style="list-style-type: none"> 構造高が低いことから、周辺地への影響は少ないが経済性、施工性、床版の疲労耐久性が他案と比較して劣る。 | |
| 総合評価 <ul style="list-style-type: none"> 他案と比較して最も高価となる。 | | 総合評価 <ul style="list-style-type: none"> 構造高が高いことから、取付け道路延長が長くなり周辺への影響が大きくなる。 | |

表 5-2-32 リサウェ、ラプー、プリンサポリカ橋の上部工形式の比較検討表

| 橋梁形式 | | 特性 | |
|---|--|--|--|
| 第1案 鋼2径間連続鉄桁  | | 構造性 <ul style="list-style-type: none"> プレキャストPC床版を有し、主桁本数を少なくした鋼鉄桁橋である。 横桁等の2次部材を少なくすることができ、またロールH鋼材（既製H形鋼）を使用することで、鋼桁製作工数を少なくできる。 | 本邦技術の使用範囲 <ul style="list-style-type: none"> SBHS鋼材を用いた耐候性鋼材の採用。 プレキャストPC床版（高耐久性床版）の採用。 免震構造による支承構造及び落橋防止構造の採用。 床版防水技術の採用。 景観配慮型アルミ製車両防護柵の採用。 主桁一括送り出し架設工法の採用。 |
| | | 施工性 <ul style="list-style-type: none"> 主桁は送り出し架設による架設となり雨期でも施工は可能である。 プレキャスト床版であることから、現場打ちコンクリート量が非常に少なく現場工期が短くできる。 橋脚は河川流心を避けた位置に設ける事ができるため、橋脚施工時の河川切り回し等が第2案と比較して優位である。 | 維持管理性 <ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、腐食に関する維持管理は基本的に不要である。 プレキャストPC床版の採用により床版の疲労耐久性が非常に高く床版に対する維持管理が少なくなる。 |
| | | 経済性 <ul style="list-style-type: none"> 他案と比較して最も経済的である。 | 総合評価 他案と比較して最も優れる案である。 【1.00】 ◎ |
| 第2案 PC2径間連結T桁  | | 構造性 <ul style="list-style-type: none"> ニカラグアでも実績の多いPC桁構造である。 主桁はT断面であるため、床版部の現場打ちコンクリート量が中米で多く採用されているI断面桁と比較して少なくなる。 | 本邦技術の使用範囲 <ul style="list-style-type: none"> 免震構造による支承構造及び落橋防止構造の採用。 床版防水技術の採用。 景観配慮型アルミ製車両防護柵の採用。 |
| | | 施工性 <ul style="list-style-type: none"> 上部工は架設桁架設であり、河川の影響を受けない。（雨期でも架設可能である） 桁製作ヤードの確保が難しい場合、ブロック桁により架設する事も可能である。 桁高が高く架設重量が重い事から桁架設に対する施工性は他案と比較して劣る。 | 維持管理性 <ul style="list-style-type: none"> コンクリート橋であり、維持管理は基本的に不要である。 PC構造のため床版及び橋体は疲労損傷の影響が少ないことから、疲労損傷に対する維持管理が少なくなる。 |
| | | 経済性 <ul style="list-style-type: none"> 他と比較して経済性は中位である。 | 総合評価 構造性、維持管理性は第1案と同等程度であるが、施工性、経済性が第1案と比較して劣る。 【1.03】 ○ |
| 第3案 鋼単純トラス  | | 構造性 <ul style="list-style-type: none"> ニカラグアでも実績の多い構造形式である。 大規模洪水に対して、流木等による橋体損傷の可能性がある。 | 本邦技術の使用範囲 <ul style="list-style-type: none"> SBHS鋼材を用いた耐候性鋼材の採用。 免震構造による支承構造及び落橋防止構造の採用。 床版防水技術の採用。 景観配慮型アルミ製車両防護柵の採用。 |
| | | 施工性 <ul style="list-style-type: none"> 上部工施工はケーブルクレーン架設を用いれば雨期でも施工は可能である。 床版は現場打ち床版となることから、現場施工期間が長くなる。 | 維持管理性 <ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、腐食に関する維持管理は基本的に不要であるが、トラス格点部の雨水滞水が懸念される部分の維持管理は必要となる。 RC床版は疲労損傷の発生確率が高いことから、疲労に対する維持管理が必要となる。 |
| | | 経済性 <ul style="list-style-type: none"> 他案と比較して最も高価となる。 | 総合評価 施工性や河川への影響で優れているが、経済性、施工性、床版の疲労耐久性が他案と比較して劣る。 【1.35】 △ |

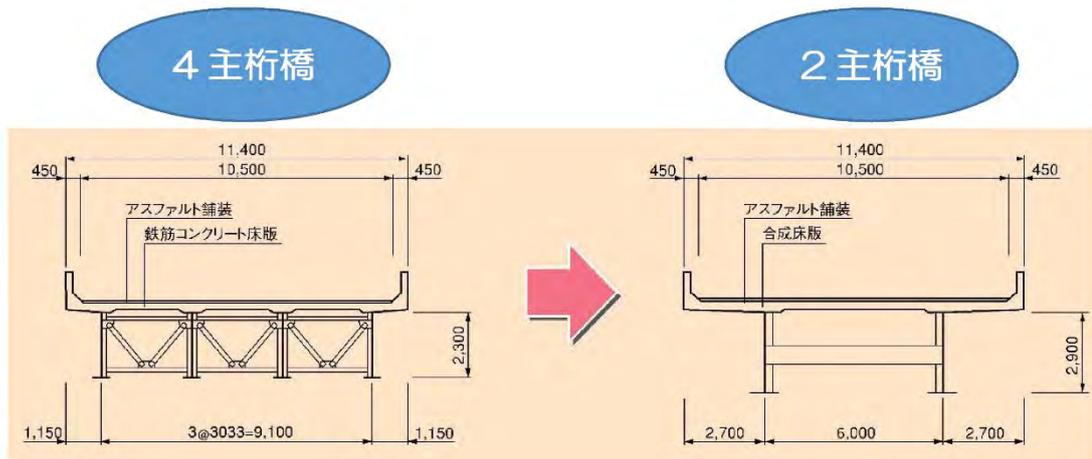
(2) 上部工形式の第2次比較検討（細部構造の比較検討）

1) 主桁構造の比較検討

第1次比較検討で選定された鋼板桁形式については、出典：橋梁建設業協会 HP

図 5-2-27 に示すように、旧来から用いられる鋼多数主桁形式と、近年開発実用化の進む鋼少数主桁形式とがあり比較検討を行うこととした。

比較検討の結果は、表 5-2-34 に示す通りであり、経済性、構造的性、施工性ともに優れる**第2案 鋼少数主桁形式**を選定した。



出典：橋梁建設業協会 HP

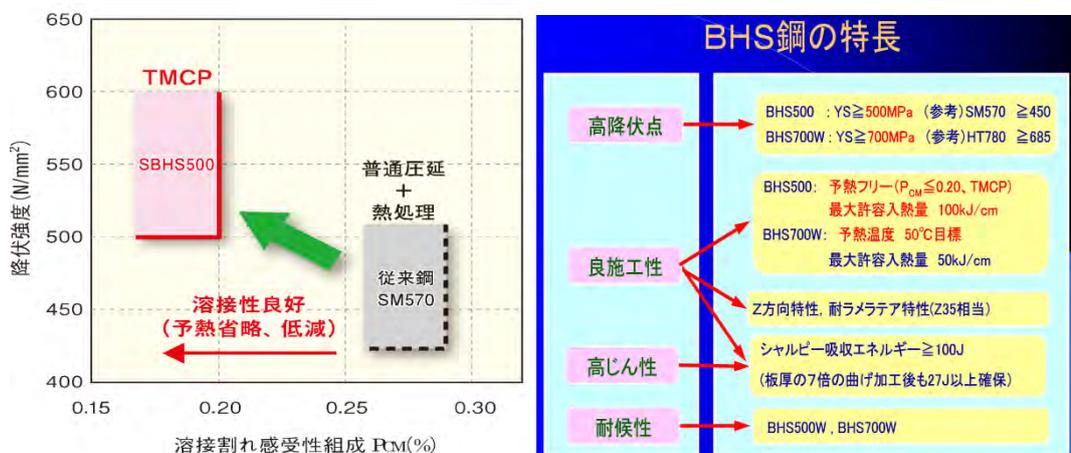
図 5-2-27 鋼多数主桁構造と鋼少数主桁構造

2) 主桁鋼材の比較検討

近年、主桁鋼材として出典：(社) 日本鉄鋼連盟カタログ

図 5-2-28 に示すように強度と溶接施工性を兼ね備えた SBHS 鋼材が開発されており、従来鋼材との比較検討を行うこととした。

比較検討の結果は、表 5-2-35 に示す通りであり、経済性、溶接施工性ともに優れる、**第2案 新型鋼材 (SBHS500W)** を選定した。



出典：(社) 日本鉄鋼連盟カタログ

図 5-2-28 従来鋼材と SBHS 鋼材

3) 床版構造の比較検討

少数主桁形式には、床版構造として100年以上の疲労耐久性を持つ高耐久性床版が用いられる。高耐久性床版には、構造と施工要領の組み合わせにおいて以下の3種類があり、比較検討を行うこととした。

- 第1案 プレキャストPC床版
- 第2案 場所打ちPC床版
- 第3案 鋼・コンクリート合成床版

比較検討の結果は、表5-2-36に示す通りであり、経済性、施工性、技術移転の有効性等に優れる。**第1案 プレキャストPC床版**を採用した。

なお、プレキャストPC床版の製作については、製作設備の簡略化からPCケーブルを1本ずつ緊張する簡易アバットを用いた簡易プレテン工場を現地に建設し、製作することとする。

簡易プレテン工場は、ケーブル定着部付近の金物が日本調達となるものの、その他へ現地材料を使用して製作されるものであり、本工事以降の、ニカラグア国による建設も比較的容易であり、技術の再利用が比較的容易に可能である。また、製作作業自体も、専門技術者の指導の下、同一作業を繰り返し行うものであり、確実な技術移転に繋がると考えられる。

4) 鋼桁架設工法の検討

鋼桁の架設工法については、本橋梁の形式や規模、地形条件より以下の3種類が考えられ、比較検討を行うこととした。

- 第1案 トラッククレーンベント工法
- 第2案 送り出し架設工法
- 第3案 ケーブル鋼・コンクリート合成床版

比較検討の結果は、表5-2-33に示す通りであり、雨期中の施工に対する安全性や経済性より、**第2案 送り出し架設工法**を選定した。

表 5-2-33 鋼桁架設工法の比較検討

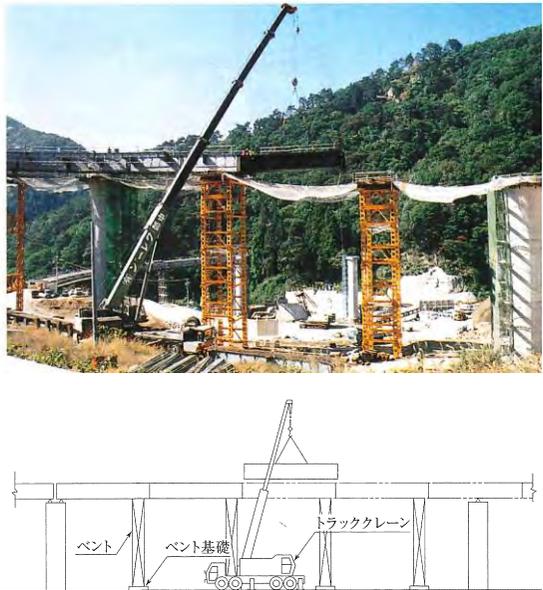
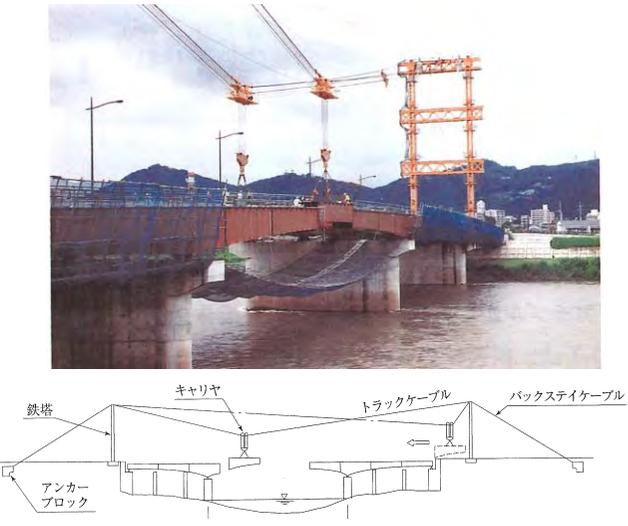
| | 第1案 トラッククレーンベント工法 | 第2案送り出し架設工法 | 第3案ケーブルクレーン工法 |
|---------|---|--|--|
| 概要図 |  |  |  |
| 工法概要 | 鋼部材を仮支持するベント設備を下部工構造間配置し、これらの仮支持点間に鋼桁を架設しボルト等で結合、鋼桁全体を架設する工法 | 橋台背面で鋼桁を組立、下部工支点上に設置した送り出し装置により所定の位置まで鋼桁を移動、鋼桁全体を架設する工法 | 構台背面に設けた鉄塔の上部にケーブルを配置し、このケーブルを用いて鋼桁を架設、鋼桁全体を架設する工法。仮支持点としては、ベント設備を用いる場合と別途設置したケーブル自体を仮支持点とする場合がある。 |
| 本橋への適合性 | 上部工の架設工事が雨期と成るため、クレーン設置用の栈橋建設やベント設備の流出対策が必要であり、コスト面、安全面で第2案より不利である。 | 桁下での作業が不要であり、雨期中の架設工事は容易である。また、少数主桁橋は、主桁剛性が高く手延べ機の小規模化が可能であること等より本工法への適合性が高い。 | 桁下での作業が不要であり、雨期中の架設工事は容易である。ただし、本工法は架設設備が大掛かりであり、技術的にも高度であることから、コスト面、安全面等で第2案より不利である。 |
| 評価 | △ | ○ | × |

表 5-2-34 主桁構造の比較検討

| | | 第1案 多数主桁形式 (従来鋼材 : SMA570W) | | 第2案 少数主桁形式 (新型鋼材 : SBHS500) | |
|------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------|-------------------|
| 標準断面図 | | <p>2径間 (リサウエ、ラブー、プリンサポルカ)</p> | <p>3径間 (ムルクク)</p> | <p>2径間 (リサウエ、ラブー、プリンサポルカ)</p> | <p>3径間 (ムルクク)</p> |
| 概略設計計算結果 | 橋長 | 50+40=90m | 52.5+80+52.5=175m | 50+40=90m | 52.5+80+52.5=175m |
| | 鋼重 | 237.9t (1.000) | 462.50t (1.000) | 170.8t (0.958) | 380.3t (0.938) |
| | 鋼材費 | (1.000) | (1.000) | (1.031) | (1.003) |
| | 製作工数 | (1.000) | (1.000) | (0.786) | (0.757) |
| | 工場製作原価 (諸経費等含む) | (1.000) | (1.000) | (0.939) | (0.922) |
| | 床版工 | (1.000) | (1.000) | (1.750) | (1.750) |
| | 架設工 | (1.000) | (1.000) | (0.719) | (0.754) |
| | 鋼桁輸送費 | (1.000) | (1.000) | (0.643) | (0.667) |
| | 架設工事原価 (諸経費等含む) | (1.000) | (1.000) | (1.027) | (1.045) |
| | 上部工工事費 (一般管理費含む) | (1.000) | (1.000) | (0.960) | (0.966) |
| | 床版打替費用 | (1.000) | (1.000) | ----- | ----- |
| LCC (100年) | (1.000) | (1.000) | (0.809) | (0.802) | |
| 構造的性 | <ul style="list-style-type: none"> RC床版の耐久性は、50年程度とされ、橋の供用期間を100年と考えると途中1回の打ち替えが必要となり、ライフサイクルコストとして大幅に不利となる。 鋼部材の疲労耐久性については、応力レベルの高い上下フランジ付近に取り付く部材が多いことや、死荷重に比べて活荷重の比率が大きいことより、第2案より不利である。 | | <ul style="list-style-type: none"> PC床版の耐久性は100年以上とされ、橋の橋梁期間を100年としも打ち替えは不要で、ライフサイクルコストとしても大幅に有利である。 鋼部材の疲労耐久性については、応力レベルの高い上下フランジ付近に取り付く部材を減少させ疲労耐久性の向上を図った構造であることや、死荷重に比べて活荷重の比率が小さいことより、第1案より有利である。 | | |
| 施工性 | <ul style="list-style-type: none"> 床版施工は、すべて橋梁上での高所作業であり、また、合板を用いた大作業による型枠施工等、施工性、安全性、品質確保等の面で第2案より不利である。 鋼桁架設は、4主桁同時の送り出しとなるため、ウェブの座屈防止に向けた反力管理等、高度な施工管理が必要で、第2案より施工性に劣る。 | | <ul style="list-style-type: none"> 床版施工は、簡易工場内での鋼製型枠、鉄筋組立台を用いた単純繰り返し作業によるプレキャスト床版の製作、クレーン用いた床版の架設、型枠作業を省略した間詰めコンクリート工等、施工性、安全性、品質確保等の面で第1案より有利である。 鋼桁架設は、2主桁同時の送り出しであり、施工時の安定性が高く、第1案より施工性に優れる。 | | |
| 総合評価 | 経済性、構造的性、施工性ともに第2案より劣る。 | | 経済性、構造的性、施工性ともに第1案より優れている。 | | |
| 判定 | △ | | ○ | | |

表 5-2-35 主桁用鋼材の比較検討

| | | 第1案 従来鋼材 (SMA570W) | | 第2案 新型鋼材 (SBHS500W) | |
|----------|----------------|--|---|--|---|
| 標準断面図 | | <p>2径間 (リサウエ、ラブー、プリンサポルカ)</p> | <p>3径間 (ムルクク)</p> | <p>2径間 (リサウエ、ラブー、プリンサポルカ)</p> | <p>3径間 (ムルクク)</p> |
| 概略設計計算結果 | 橋長 | 50+40=90m | | 52.5+80+52.5=175m | |
| | 最大断面 | 上フランジ 800x53mm ウェブ 2800x16mm 下フランジ 800x52mm | 上フランジ 1000x68mm ウェブ 3000x16mm 下フランジ 1000x68mm | 上フランジ 800x50mm ウェブ 2700x13mm 下フランジ 800x51mm | 上フランジ 1000x55mm ウェブ 2900x14mm 下フランジ 1000x55mm |
| | 鋼重 | 176.8t (1.000) | | 417.2t (1.000) | |
| | 鋼材費 | (1.000) | | (1.000) | |
| | 製作工数 | (1.000) | | (1.000) | |
| | 工場製作原価 (鋼材費含む) | (1.000) | | (1.000) | |
| 溶接施工性 | 溶接条件 | P _{CM} 値 (溶接割れ感受性組成) : 0.29 以下、予熱温度 : 80°、最大入熱量 : 7,000J/mm、パス間温度 : 230°、組立溶接時の最小溶接延長 : 80mm | | P _{CM} 値 (溶接割れ感受性組成) : 0.20 以下、予熱温度 : 不要、最大入熱量 : 10,000J/mm、パス間温度 : 300°、組立溶接時の最小溶接延長 : 50mm | |
| | 溶接施工性の評価 | 上記溶接施工条件より、本鋼材は、溶接施工時に予熱が必要である他、最大入熱量が小さいことによる溶接パス数の増加、パス間温度が低いことによる溶接待ち時間の増加、組立溶接延長が長いことによる組立作業の作業性の低下等により、製作コストを増加させるとともに、予熱による作業環境の悪化や溶接割れの発生し易い材質は、溶接欠陥の発生確率を増加させ、溶接品質を低下させることになる。 | | 上記溶接施工条件より、本鋼材は、溶接施工時の予熱が不要である他、最大入熱量が大きいことによる溶接パス数の減少、パス間温度が高いことによる溶接待ち時間の減少、組立溶接延長が短いことによる組立作業の作業性の向上等により、製作コストを減少させるとともに、予熱が不要なことによる作業環境の改善や溶接割れの発生し難い材質は、溶接欠陥の発生確率を減少させ、溶接品質を向上させることになる。 | |
| 総合評価 | | 経済性、溶接施工性ともに第2案より劣る。なお、板厚 50mm を上回る SMA570W については、平成 14 年の道路橋示方書より使用が可能となっており、同板厚範囲の鋼材では、使用実績において第1案との優劣はない。 | | 経済性、溶接施工性ともに第1案より優れている。 | |
| 判定 | | △ | | ○ | |

表 5-2-36 床版構造の比較検討

| | 第1案 プレキャストPC床版（現地製作） | 第2案 現場打ちPC床版 | 第3案 鋼・コンクリート合成床版（日本製作） |
|----------|---|--|--|
| 概略図 | | | |
| 軸方向継手構造 | | <p>※現場打ちであるため、基本的に軸方向継手はなく連続している。</p> | |
| 構造概要 | <p>プレキャストPC床版は、橋軸直角方向にプレストレス（プレテンション方式）を与えたプレキャストPC床版を主桁上に設置した後、橋軸方向を一体化させた床版である。 PC床版はプレストレスを導入することにより、ひび割れを大幅に抑えられた高耐久な床版である。 橋軸方向の接合にはループ継手によるRC構造、RC+軸力構造（PRC構造）、PC構造があり環境条件、施工性及び経済性を考慮して床版の機能と耐久性レベルが選択できる。</p> | <p>現場打ちPC床版は、橋軸直角方向にプレストレス（ポストテンション方式）を現場にて導入する床版構造である。 PC床版はプレストレスを導入することにより、ひび割れを大幅に抑えられた高耐久な床版である。 現場打ちであるため、斜橋、曲線橋等への対応は容易である。</p> | <p>鋼・コンクリート合成床版は、鋼板や形鋼等の鋼部材とコンクリートが一体となって荷重に抵抗するよう、合成構造として設計される床版である。鋼少主桁向けに長期耐久性を確保する床版として開発されてきた。合成床版の底鋼板は、リップ等のジベル材によりコンクリートと一体化された構造であり、各メーカータイプにより合成構造が異なる。</p> |
| 現場施工性 | <p>搬送重量（1パネルの設置重量）は鋼・コンクリート床版と比較して重い。 現場打ちコンクリート量は他案と比較してかなり少ないため、現場工期は他案と比較して短い。</p> | <p>全てが現場打ちコンクリートであるため現場工期は長くなる。また、現場打ちコンクリートの品質管理が重要となる。現場での支保工の組立及び解体作業があるとともに、PC鋼材の緊張工という特殊作業が必要となるため十分な現場管理が要求される。特殊ワーゲン台車が必要となる。</p> | <p>搬送重量（1パネルの設置重量）がプレキャストPC床版と比較して軽いものの、全面コンクリート打設が必要となることから、天候にも大きく左右され現場工期は長くなる。また、現場打ちコンクリートの品質管理が重要となる。合成床版は型枠面で現場施工の合理化が図られたものであるが、その反面現場での十分な現場管理が要求される。</p> |
| 品質と耐久性 | <p>プレキャストPC床版は工場製作で安定した高品質・高耐久性製品である。（ただし、間詰部は場所打ち施工）</p> | <p>PC構造物であるため耐久性は高いものの、現場打ちであることからプレキャストPC床版と比較して品質がやや劣る。</p> | <p>鋼パネルは工場製品で均一な品質。コンクリートは現場施工で天候など現場条件の影響を受ける。</p> |
| 維持管理性 | <p>過載荷重等によるひび割れの変状を全周面に亘って直接目視確認ができ、品質確認・維持管理が容易。</p> | <p>過載荷重等によるひび割れの変状を全周面に亘って直接目視確認ができ、品質確認・維持管理が容易。</p> | <p>底鋼板で覆われているため、過載荷重等による床版コンクリート下面のひび割れ等の変状を直接確認できない。</p> |
| 技術移転の可能性 | <p>プレテンションの技術は、他構造への応用が可能であり、技術移転の可能性は高い。</p> | <p>一般的なPC構造物であり、技術移転の可能性はあまり期待できない。</p> | <p>日本国内で多くが製作される技術であり、技移転の可能性はほとんど無い。</p> |
| 製作地 | <p>架橋位置周辺に製作工場を建設し、現地にて作成する。</p> | <p>全ての作業工程が現場作業となる。</p> | <p>日本国内もしくは第三国にて底版、トラス部材等の鋼製品を製造し現地まで海上輸送する。</p> |
| 経済性 | <p>1.00</p> | <p>1.07</p> | <p>1.81</p> |
| 評価 | <p>構造的、施工性、経済性等全てにおいて他案と比較して優れる。 ◎</p> | <p>施工性、経済性においてプレキャストPC床版と比較して劣る。 △</p> | <p>施工性、維持管理性、経済性においてプレキャストPC床版と比較して劣る。 △</p> |

(3) 下部工形式の検討

橋台形式は、計画された橋台の高さが各橋梁ともに7.5m~12.0mの間に有るため、表5-2-37に示す下部工形式選定表より逆T式橋台を選定する。

橋脚形式は、いずれの橋脚も河川内に位置するため、水の抵抗が小さく、流水への影響の少ない、小判型橋脚を選定する。

表 5-2-37 下部工形式選定表

| 種類 | 形式 | 適用高さ (m) | | | 適用条件 |
|----|-----------|----------|----|----|--|
| | | 10 | 20 | 30 | |
| 橋台 | 1.重力式 | | | | 支持地盤が浅く、直接基礎の場合に適する。 |
| | 2.逆T式 | | | | 適用例の多い形式であり、直接基礎及び杭基礎に適する。 |
| | 3.控壁式 | | | | 橋台が高い場合に適する。使用材料は少ないが工期が長い。 |
| | 4.箱式 | | | | 高橋台用に開発された形式である。工期が若干長い。 |
| 橋脚 | 1.柱式 | | | | 低い橋脚、交差条件の厳しい場合、河川中等に適する。 |
| | 2.ラーメン式 | | | | 比較的高い橋脚で広幅員の橋梁に適する。河川中では洪水時流下を阻害することがある。 |
| | 3.パイルベント式 | | | | 最も経済的な形式であるが、水平力の大きい橋梁には適さない。また、河川中では洪水時流下を阻害する。 |
| | 4.小判形、矩形 | | | | 高橋脚、外力の大きい橋梁に適する形式である。特に、小判形は河川中に適する。 |

出典：調査団

(4) 基礎工形式の選定

基礎工形式としては、直接基礎の適用が最も経済的であり、表5-2-39を参考に地表からの支持層までの深さが5m以下の場合には、表5-2-38に示すように直接基礎工を選定することとした。

杭基礎形式については、支持層が岩層であることや中間層に硬質な礫層が存在する箇所があること等より、掘削能力の高い、全回転式オールケーシング工法を採用することとした。

表 5-2-38 基礎工形式の選定

| | | 支持層深さ | 採用基礎形式 |
|----------|-------|-------|--------|
| ムルクク橋 | A1 橋台 | 8.2m | 杭基礎 |
| | P1 橋脚 | 0m | 直接基礎 |
| | P2 橋脚 | 0m | 直接基礎 |
| | A2 橋台 | 9.5m | 杭基礎 |
| リサウェ橋 | A1 橋台 | 7.7m | 杭基礎 |
| | P1 橋脚 | 2.6m | 直接基礎 |
| | A2 橋台 | 5.9m | 杭基礎 |
| ラプー橋 | A1 橋台 | 1.1m | 直接基礎 |
| | P1 橋脚 | 0m | 直接基礎 |
| | A2 橋台 | 11.4m | 杭基礎 |
| プリンサポルカ橋 | A1 橋台 | 6.3m | 杭基礎 |
| | P1 橋脚 | 0.9m | 直接基礎 |
| | A2 橋台 | 10.5m | 杭基礎 |

出典：調査団

表 5-2-39 杭基礎形式の選定

| 基礎形式 選定条件 | | 直接基礎 | 打込杭基礎 | | 中掘り杭基礎 | | | | 場所打ち杭基礎 | | ケーソン基礎 | | 鋼管矢板基礎 | 地中連続壁基礎 | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------|----------------|---------|------|--------|--------|--------|------------|---------|--------|------------|--------------|--------|---------|------|--------|----|---------|------|---|---|
| | | | RC杭 | PHC杭 | 鋼管杭 | 最終打撃方法 | 噴出攪拌方式 | コンクリート打撃方式 | 最終打撃方法 | 噴出攪拌方式 | コンクリート打撃方式 | 全回転式オールケーシング | | | リバース | アースドリル | 深礎 | ニューマチック | オープン | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 支持層までの状態 | 中間層に軟弱地盤がある | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| | 中間層に極堅い層がある | ○ | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | | | |
| | 中間層に礫がある | 礫径 5 cm 以下 | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | | 礫径 5 cm～10 cm | ○ | × | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | | |
| | | 礫径 10 cm～50 cm | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | ○ | × | × | ○ | ○ | △ | × | △ | | |
| | 液状化する地盤がある | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | 支持層の土質 | 支持層の深度 | 5 m 未満 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | |
| | | | 5～15 m | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | |
| | | | 15～25 m | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | 25～40 m | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 40～60 m | | | × | × | △ | ○ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | × | × | △ | ○ | ○ | ○ | |
| 60 m 以上 | | × | × | × | △ | × | × | × | × | × | × | × | △ | × | × | × | △ | △ | △ | | |
| 支持層の土質 | | 粘性土 (20 ≤ N) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | △ | ○ | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 砂・砂礫 (30 ≤ N) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 岩層 | | ○ | × | × | × | × | × | △ | × | × | △ | ○ | △ | × | ○ | ○ | △ | △ | △ | | |
| 傾斜が大きい (30° 以上) | | ○ | × | △ | ○ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | △ | △ | △ | | |
| 支持層面の凹凸が激しい | ○ | △ | △ | ○ | △ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | ○ | | | |
| 地下水の状態 | 地下水位が地表面近い | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | 湧水量が極めて多い | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | | |
| | 地表より 2 m 以上の被圧地下水 | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | △ | △ | ○ | × | × | | |
| | 地下水流速 3 m/分以上 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | × | × | × | × | × | ○ | △ | ○ | × | × | | |
| 荷重規模 | 鉛直荷重が小さい(支間 20 m 以下) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | △ | × | × | × | | |
| | 鉛直荷重が普通(支間 20 m～50 m) | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | 鉛直荷重が大きい(支間 50 m) | ○ | × | △ | ○ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | 鉛直荷重に比べ水平荷重が小さい | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | | |
| | 鉛直荷重に比べ水平荷重が大きい | ○ | × | △ | ○ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| 支持形式 | 支持杭 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | | |
| | 摩擦杭 | △ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | | |
| 施工条件 | 水上施工 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | ○ | △ | × | △ | △ | ○ | × | | |
| | 水深 5 m 未満 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | ○ | △ | × | △ | △ | ○ | × | | |
| | 水深 5 m 以上 | × | △ | △ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | △ | × | × | △ | △ | ○ | × | | |
| | 作業空間が狭い | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | △ | △ | × | △ | | |
| | 斜杭の施工 | △ | △ | ○ | ○ | × | × | × | △ | △ | △ | △ | × | × | × | △ | △ | △ | △ | | |
| 周辺環境 | 有毒ガスの影響 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | 振動騒音対策 | ○ | × | × | × | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | | |
| 隣接構造物に対する影響 | ○ | × | × | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | ○ | | | |

出典：杭基礎設計便覧 (社) 日本道路協会

5-2-2-7 耐震構造の検討

5-2-2-2(4)耐震設計条件に示すように本橋梁は、比較的大きな地震力を受けるとともに、比較的高い橋脚を有しており、以下に示す手法により耐震性向上を図ることとした。

(1) 免震支承

免震支承は橋梁の地震力低減のための最も有効な手段として多用されている。免震支承には、大きく分けて、以下の3種類があるが、近年開発実用化が進み、通常の適用条件において最も経済的な、図 5-2-29 に示すような、すべり型免震支承を提案する。

- ・ すべり型免震支承
- ・ 鉛プラグ入り免震支承
- ・ 高減衰ゴム免震支承



出典：(株)BBM、HP

図 5-2-29 免震支承の例

(2) ねじふし鉄筋、プレートフック

大きな地震力の作用により、橋脚鉄筋は太径になるため、過密な配筋によるコンクリートの充填不良を回避し品質や施工性向上を図る必要がある。出典：東京鐵鋼(株)、HP

図 5-2-30 に示すねじふし鉄筋は、太径鉄筋で用いられる機械継ぎ手の結合作業をねじ状のふしを持った鉄筋を使用することにより簡略化するとともに、継ぎ手施工の確実性や継ぎ手のコンパクト化によるかぶり厚の拡大等のメリットをもち、特に施工管理の難しい途上国において非常に有利な構造である。また、鉄筋の定着部に用いられるプレートフックもコンクリートの充填不良を回避する意味で有効であり、ねじふし鉄筋と合わせ、必要箇所に使用することとする。なお、ねじふし鉄筋は、通常の鉄筋と同様な単価が設定されている。



出典：東京鐵鋼(株)、HP

図 5-2-30 ねじふし鉄筋、プレートフック

5-2-2-8 車両防護柵構造の検討

図 5-2-31 に示す景観配慮型アルミ製車両防護柵は、景観に配慮した美しいデザインであるとともに、衝突実験による車両の逸脱に対する安全性や、錆等の劣化が無いアルミ材料の使用による長期耐久性とこれによる維持管理コストの縮小が図られた優れた製品であり、本橋梁用の車両防護柵として採用する。



出典：住軽日軽エンジニアリング HP

図 5-2-31 景観配慮型車両防護柵

5-2-2-9 コンクリート保護構造の検討

床版や下部構造のコンクリート部材に発生する塩害や中性化等による劣化損傷は、構造物の耐久性を低下させるために十分な配慮が必要である。道路橋示方書では、耐久性の検討として、塩害が懸念される地域において、塗装鉄筋やコンクリート塗装の使用を規定しているが、本橋梁は、海岸より遠く離れた山間部で凍結防止剤の使用もない、塩害の可能性のない地域に分類されるため、塗装鉄筋やコンクリート塗装は採用しないこととする。ただし、中性化による鉄筋の劣化が考えられるため、適切なコンクリートかぶり厚を確保することとする。なお、プレキャスト PC 床版継ぎ手部については、漏水による鉄筋の劣化が懸念されるため、適切な防水層を設定することとする。

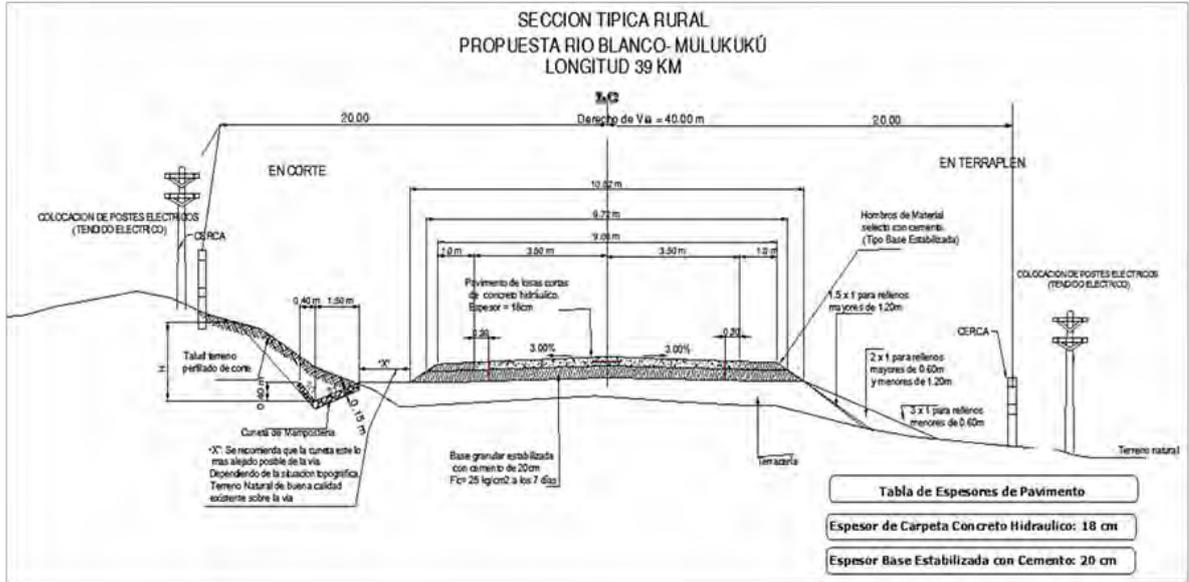
5-2-2-10 取付道路構造の検討

橋梁前後の取付道路構造については、現在 MTI が世銀、IDB、CABEI 支援により実施中である、リオ・ブランコーシウナ間道路プロジェクトにて採用されている構造に準じることとし、路線全体の整合を図ることを基本とする。

リオ・ブランコーシウナ間道路プロジェクトでは、舗装設計を AASTHO 手法により実施している。

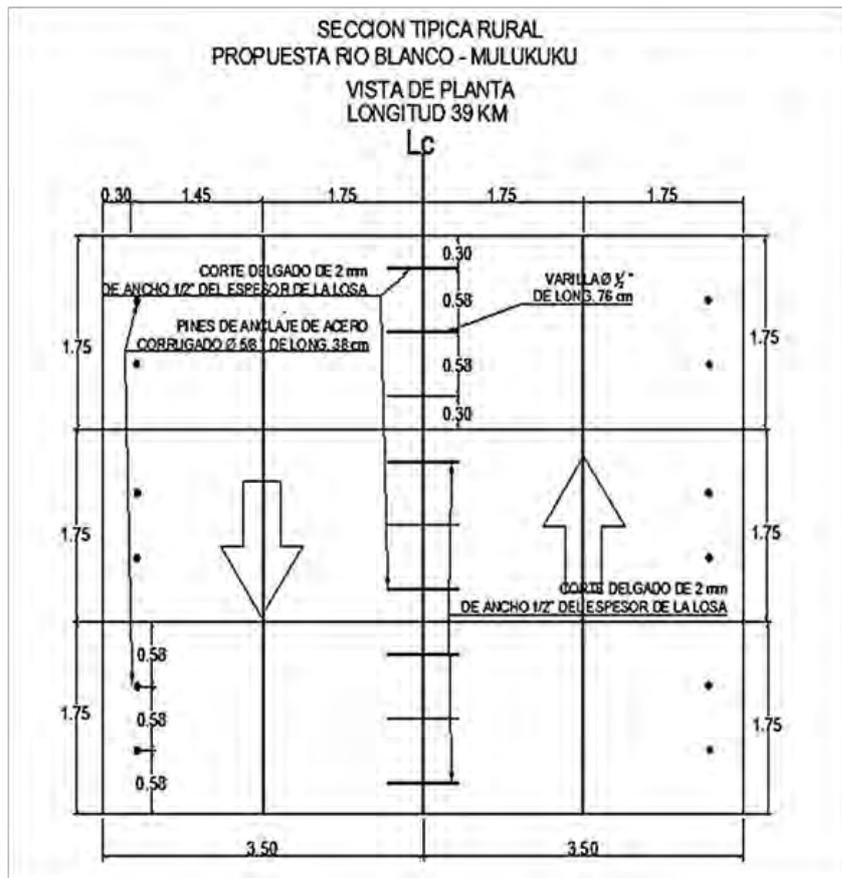
本事業区間において、CBR 試験を実施し道路区間の設計条件と照らし同一の路床条件となることが確認され、また交通条件も道路プロジェクトと整合を図っていることから、同一の舗装構成を採用することが問題ないとする。

舗装については、前後区間と同様にコンクリート舗装を採用することとする。



出典：SANTA FE 報告書

図 5-2-32 取付道路構造



出典：SANTA FE 報告書

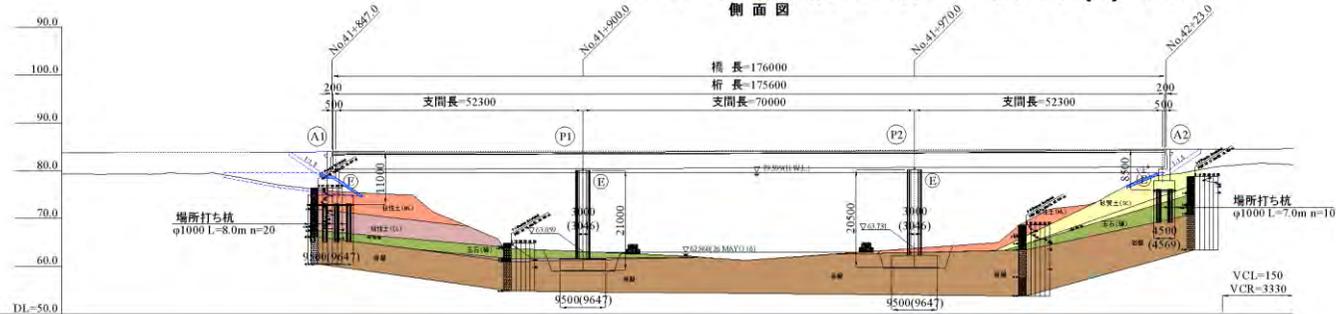
図 5-2-33 コンクリート舗装詳細

5-2-3 概略設計図

以上の基本計画に基づいて作成した概略設計図面を次ページより掲載する。

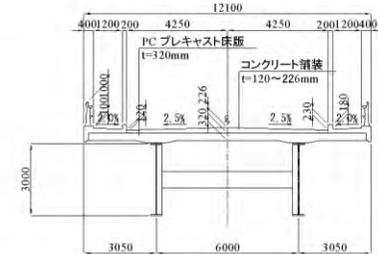
ムルクク橋全体一般図(1) S=1:500

側面図

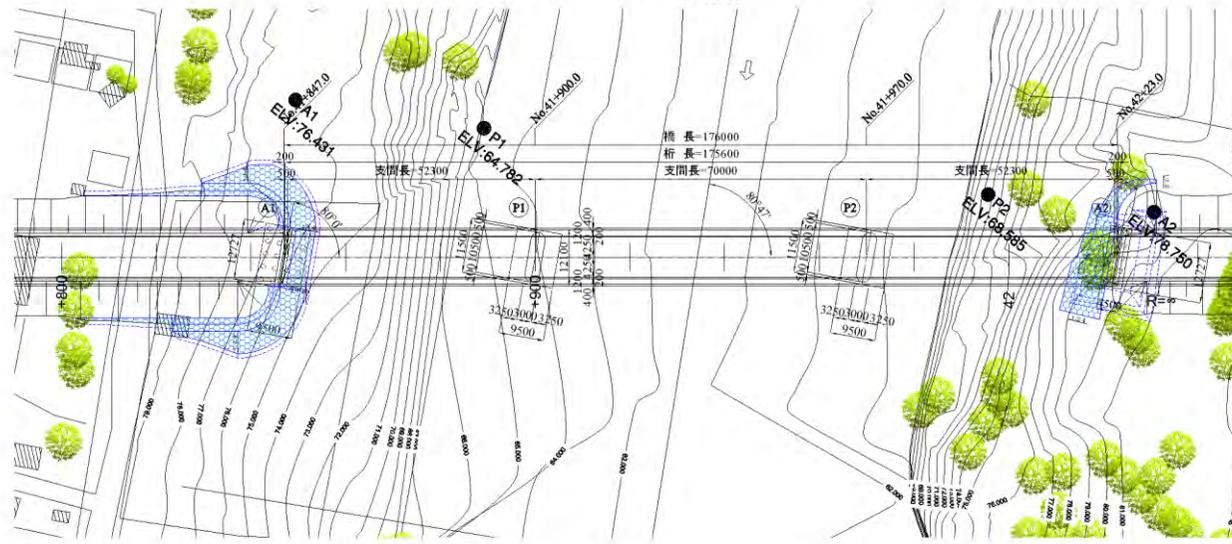


| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 勾配 | L=0.300% L=510.000 | | | | | | | | | | | |
| 計四高 | 83.824 | 83.883 | 83.945 | 84.005 | 84.065 | 84.125 | 84.185 | 84.245 | 84.305 | 84.365 | 84.425 | 84.485 |
| 地盤高 | 79.000 | 79.000 | 76.526 | 75.189 | 66.609 | 63.026 | 62.174 | 62.000 | 63.048 | 64.450 | 72.131 | 78.611 |
| 測点 | +800 | +820 | +840 | +860 | +880 | +900 | +920 | +940 | +960 | +980 | 42 | +40 |
| 曲率 | R=∞ L=553.699 | | | | | | | | | | | |
| 片勾配 すりつけ図 | 2.5% | | | | | | | | | | | |

上部工断面図 S=1:100



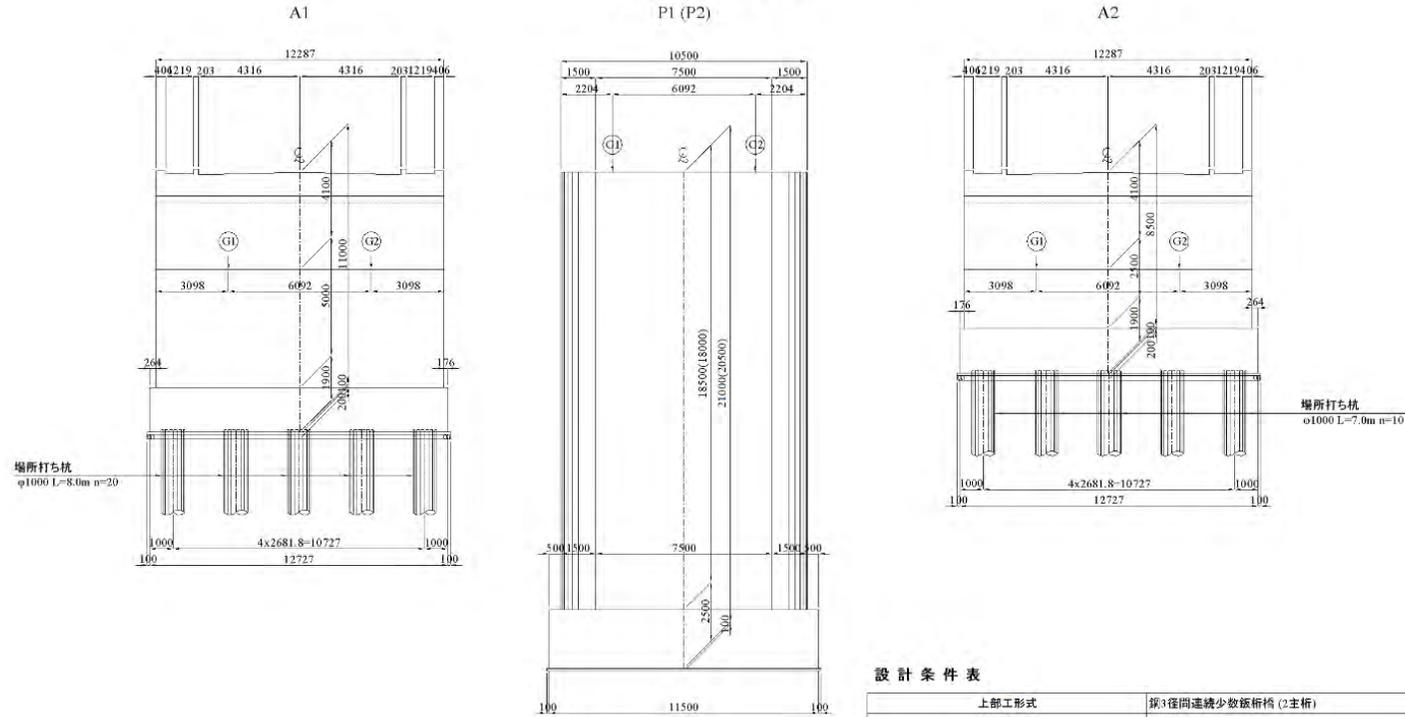
平面図



| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|----|------|----|---------------|----|------|
| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
| ニカラグア国「リオ・ブランコーシウナ幹線道路橋梁整備事業」準備調査 | 運輸インフラ省 | QCEVITAL セントラルコンサルタント(株) | | | | ムルクク橋全体一般図(1) | 図示 | |

ムルクク橋全体一般図(2) S=1:100

下部工断面図 S=1:100



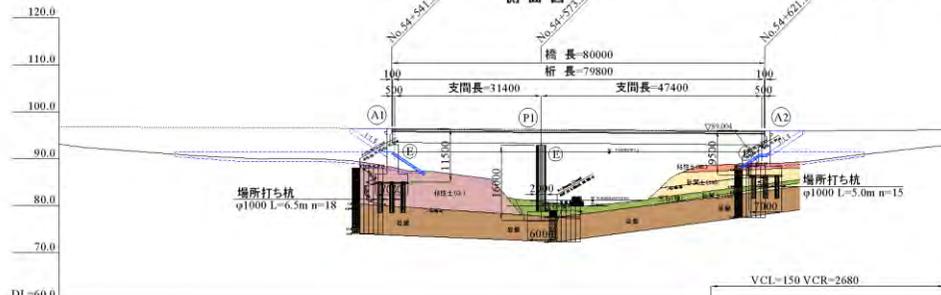
設計条件表

| | |
|--------|---|
| 上部工形式 | 鋼3径間連続少敷板桁橋(2主桁) |
| 活荷重 | B活荷重 |
| 橋長 | 176.000m |
| 支間長 | 52.300m+70.000m+52.300m |
| 幅員 | 0.400m+1.200m(歩道)+0.200m+8.500m(車道)+0.200m+1.200m(歩道)+0.400m |
| 斜角 | 0-80° |
| 舗装 | コンクリート舗装(最小値 t=120mm) |
| 使用材料 | PCプレキャスト床版 コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ PCケーブル 1S15.2 |
| | 上部工 無塗装耐蝕性鋼材 SBIS400W SBIS500W |
| | 下部工 コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 鉄筋 SD345 |
| | 場所打ち杭 コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ (呼び強度 $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) 鉄筋 SD345 |
| 設計水平震度 | レベル1 $kh_0=0.14$ (I種地盤) $kh_0=0.16$ (II種地盤) レベル2 タイプ2 $kh_0=1.35$ (I種地盤) $kh_0=1.12$ (II種地盤) |
| 適用基準 | 道路橋示方書・同解説 平成24年3月(社)日本道路協会 |

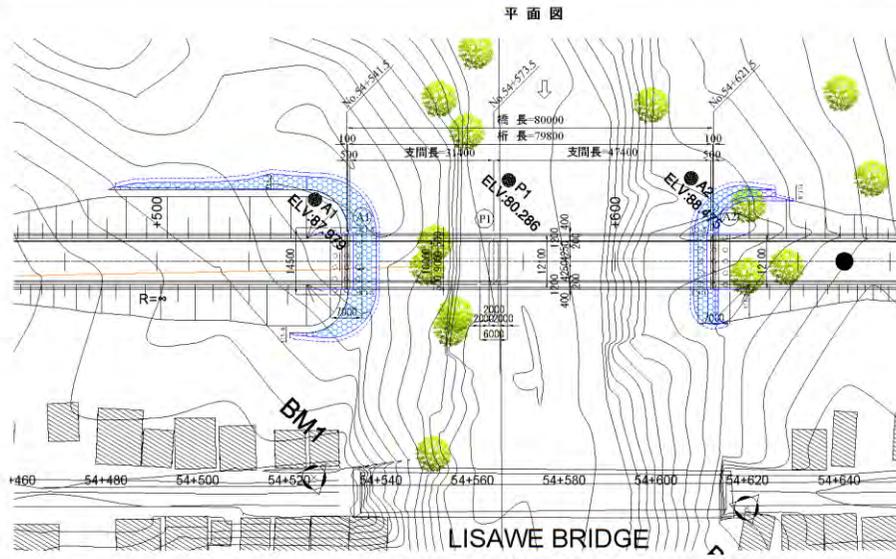
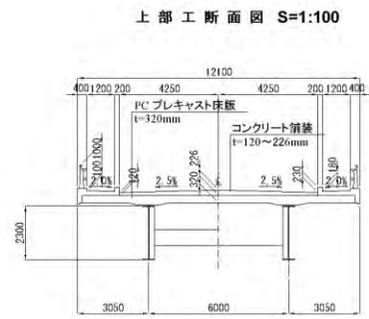
S-90

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|----|------|----|---------------|----|------|
| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
| ニカラグア国「リオ・ブランコシウナ幹線道路橋梁整備事業」準備調査 |  運輸インフラ省 |  セントラルコンサルタント(株) | | | | ムルクク橋全体一般図(2) | 図示 | |

リサウエ橋全体一般図(1) S=1:500



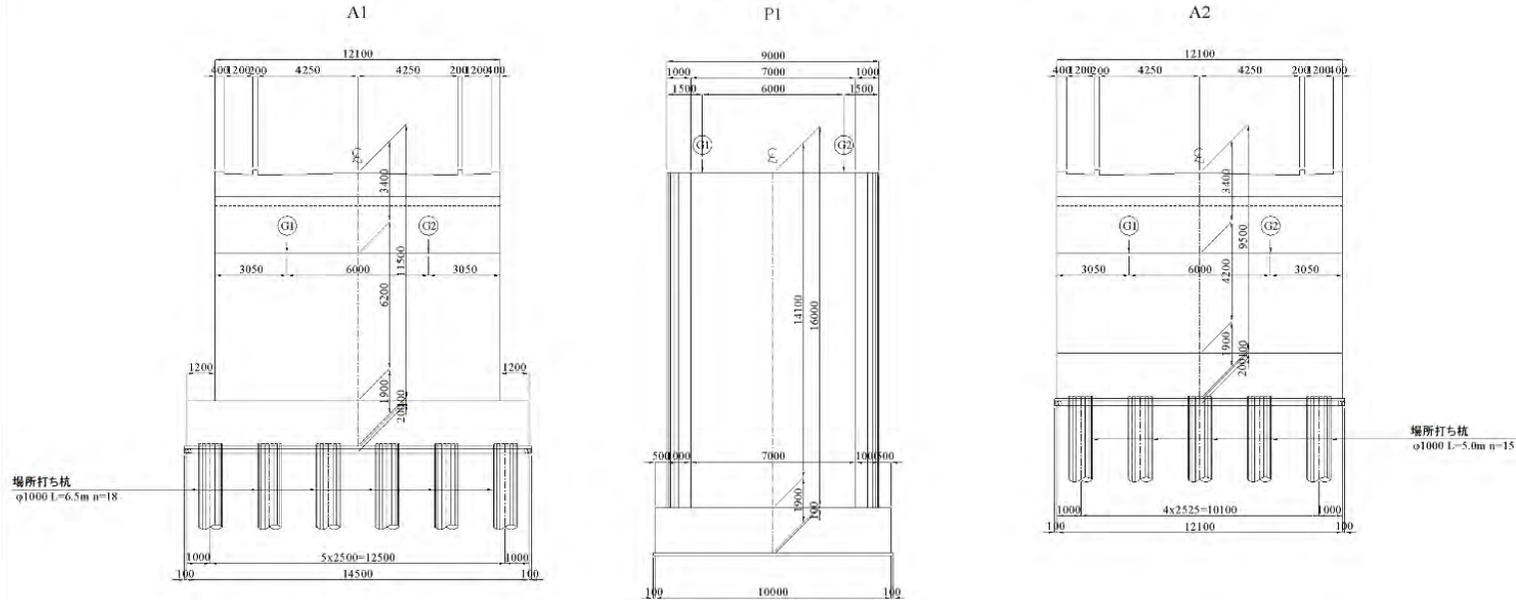
| 勾配 | -0.600% L=580.000 | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 計画高 | | | | | | | | | | |
| 地盤高 | | | | | | | | | | |
| 測点 | +4.80 | +5.00 | +5.20 | +5.50 | +5.60 | +5.80 | +6.00 | +6.20 | +6.40 | +6.50 |
| 曲率 | R=∞ L=301.676 | | | | | | | | | |
| 片勾配 すりつけ図 | L=50.25 A=1.50 L=214 | | | | | | | | | |



| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
|----------------------------------|---------|-----------------|----|------|----|---------------|----|------|
| ニカラガ国「リオ・プランコーシワナ幹線道路橋梁整備事業」準備調査 | 運輸インフラ省 | セントラルコンサルタント(株) | | | | リサウエ橋全体一般図(1) | 図示 | |

リサウエ橋全体一般図(2) S=1:100

下部工断面図 S=1:100



設計条件表

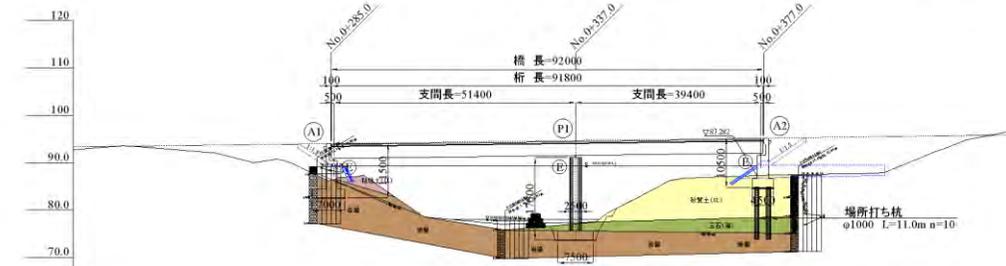
| | |
|--------|---|
| 上部工形式 | 鋼2径間連続少数版桁橋(2主桁) |
| 活荷重 | B活荷重 |
| 橋長 | 80.000m |
| 支間長 | 31.400m+47.400m |
| 橋員 | 0.400m+1.200m(歩道)+0.200m+8.500m(車道)+0.200m+1.200m(歩道)+0.400m |
| 斜角 | θ=90° |
| 舗装 | コンクリート舗装(最小幅w=120mm) |
| 使用材料 | PCプレキャスト床版 コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=50N/mm^2$ PCケーブル 1815.2 |
| | 上部工 無塗装耐水性鋼材 SBHS400W SBHS500W |
| | 下部工 コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=24N/mm^2$ 鉄筋 SD345 |
| | 場所打ち杭 コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=24N/mm^2$ (呼び強度 $\sigma_{ck}=30N/mm^2$) 鉄筋 SD345 |
| 設計水平震度 | レベル1 kh0=0.14 (I種地盤) kh0=0.16(II種地盤) レベル2 タイプ2 kh0=1.35 (I種地盤) kh0=1.12(II種地盤) |
| 適用基準 | 道路橋示方書・同解説 平成24年3月 (社)日本道路協会 |

S-92

| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
|-----------------------------------|---|---|----|------|----|---------------|----|------|
| ニカラグア国「リオ・ブランコーシウナ幹線道路橋梁整備事業」準備調査 |  運輸インフラ省 |  セントラルコンサルタント(株) | | | | リサウエ橋全体一般図(2) | 図示 | |

ラブー橋全体一般図(1) S=1:500

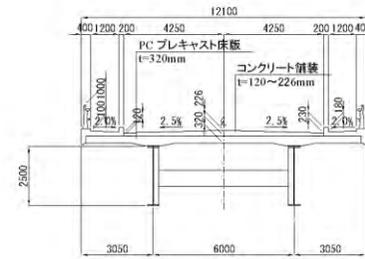
側面図



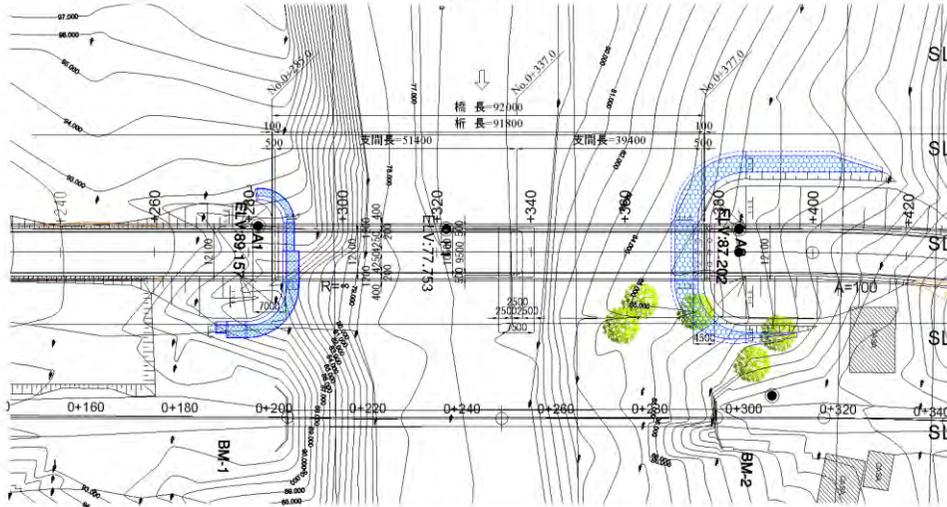
VCL=170 VCR=3180
60.0

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 勾配 | 1.250% 1.506.7797 | | | | | | | | | |
| 計面高 | | | | | | | | | | |
| 地盤高 | +200-93.500 | +260-92.045 | +280-88.292 | +300-82.071 | +320-77.499 | +340-77.493 | +360-87.432 | +380-87.497 | +400-87.920 | +420-94.755 |
| 測点 | +200 | +260 | +280 | +300 | +320 | +340 | +360 | +380 | +400 | +420 |
| 曲率 | R=∞ L=171.675 | | | | | | | | | |
| 片勾配 すりつけ図 | L=50 X=100 2.5% 3.84.231 2.5% 338.893 1/168 2.5% 413.893 | | | | | | | | | |

上部工断面図 S=1:100



平面図



プロジェクト名

施主

コンサルタント

作成

チェック

承認

図面名

縮尺

図面番号

ニカラグア国「リオ・ブランコーシウナ
幹線道路橋梁整備事業」準備調査



運輸インフラ省



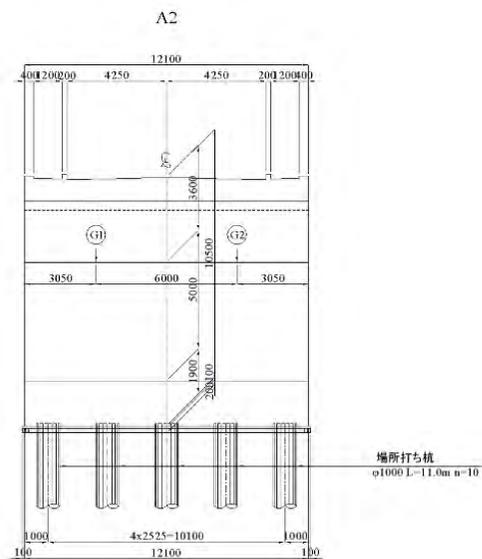
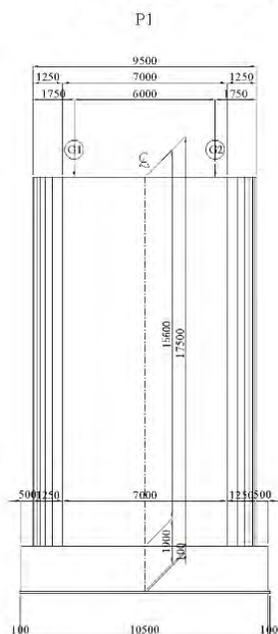
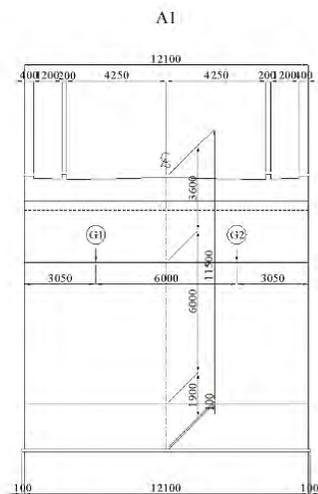
セントラルコンサルタント(株)

ラブー橋全体一般図(1)

図示

ラブリ橋全体一般図(2) S=1:100

下部工断面図 S=1:100



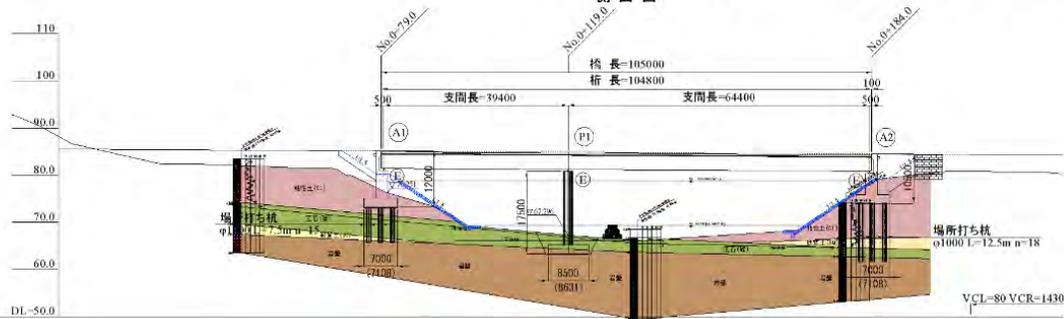
設計条件表

| | |
|--------|---|
| 上部工形式 | 鋼2径間連続少径版桁橋(2主桁) |
| 活荷重 | B活荷重 |
| 総長 | 92.000m |
| 支間長 | 51.400m+39.400m |
| 幅員 | 0.400m+1.200m(歩道)+0.200m+8.500m(車道)+0.200m+1.200m(歩道)+0.400m |
| 斜角 | θ=90° |
| 舗装 | コンクリート舗装(最小値 t=120mm) |
| 使用材料 | PCプレキャスト床版 |
| | コンクリート設計基準強度 cck=50N/mm ² |
| | PCケーブル 18L15.2 |
| | 上部工 難塗装耐腐性鋼材 |
| | SBHS400W SBHS500W |
| 下部工 | コンクリート設計基準強度 cck=24N/mm ² |
| | 鉄筋 SD345 |
| 場所打ち杭 | コンクリート設計基準強度 cck=24N/mm ² (呼び強度 cck=30N/mm ²) |
| | 鉄筋 SD345 |
| 設計水平震度 | レベル1 kh0=0.14 (I種地盤) kh0=0.16(II種地盤) レベル2 タイプ2 kh0=1.35 (I種地盤) kh0=1.12(II種地盤) |
| 適用基準 | 道路橋示方書・同解説 平成24年3月 (社)日本道路協会 |

| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
|-----------------------------------|---|---|----|------|----|--------------|----|------|
| ニカラグア国「リオ・ブランコーシウナ幹線道路橋梁整備事業」準備調査 |  運輸インフラ省 |  セントラルコンサルタント(株) | | | | ラブリ橋全体一般図(2) | 図示 | |

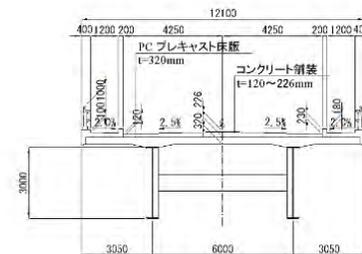
プリンサポルカ橋全体一般図(1) S=1:500

側面図

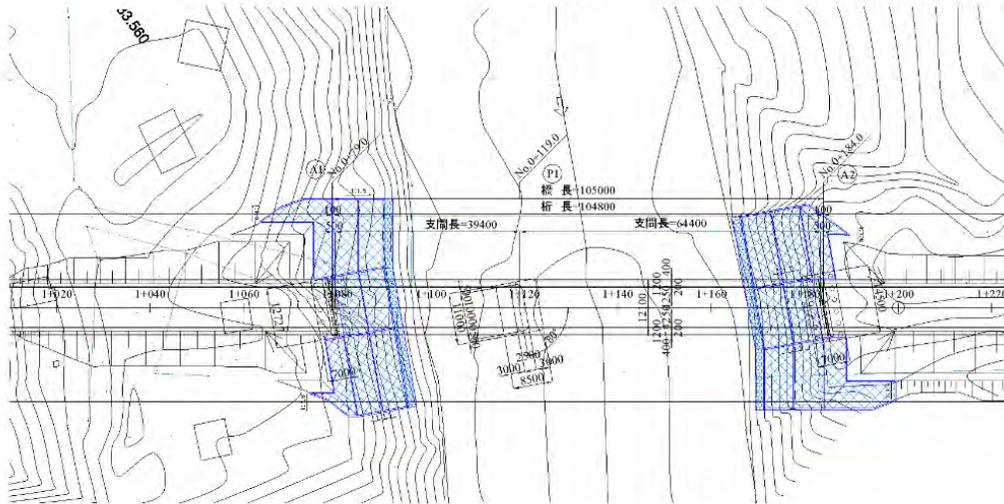


| | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 勾配 | E=0.600% L=577.167 | | | | | | | | | | |
| 計画高 | | | | | | | | | | | |
| 地盤高 | | | | | | | | | | | |
| 測点 | +20 | +40 | +60 | +80 | +100 | +120 | +140 | +160 | +180 | +200 | +220 |
| 曲率 | R=∞ L=649.355 | | | | | | | | | | |
| 片勾配 すりつけ図 | L.5% | | | | | | | | | | L.5% |

上部工断面図 S=1:100



平面図

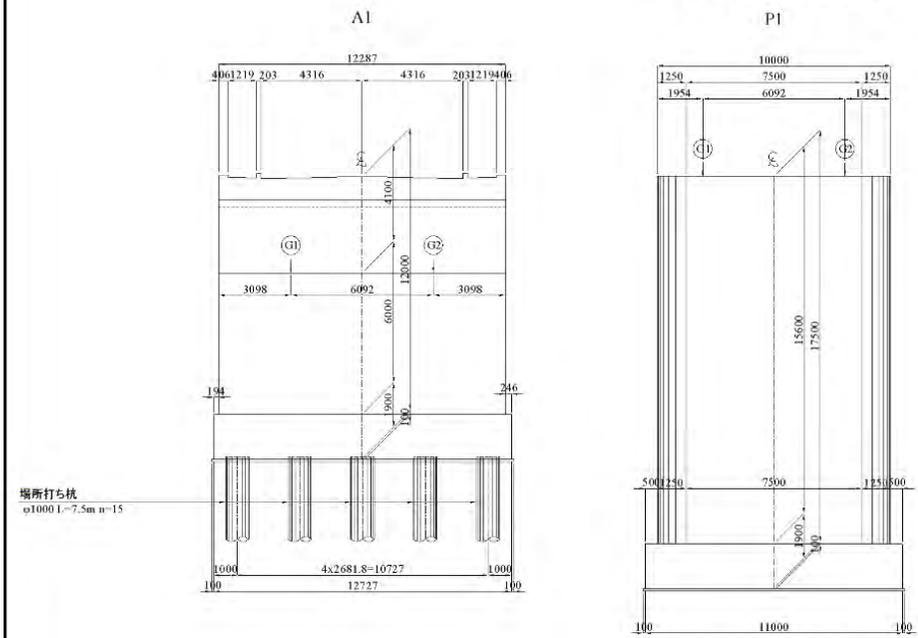


| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|-----------------|----|------|----|------------------|----|------|
| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
| ニカラグア国「リオ・ブランコーシナ 幹線道路橋梁整備事業」準備調査 | 運輸インフラ省 | セントラルコンサルタント(株) | | | | プリンサポルカ橋全体一般図(1) | 図示 | |

プリンサボルカ橋全体一般図 (2)

S=1:100

下部工断面図 S=1:100



設計条件表

| | |
|--------|---|
| 上部工形式 | 斜2径間連続少数径桁橋 (2主桁) |
| 活荷重 | B活荷重 |
| 橋長 | 105.000m |
| 支間長 | 39.400m+64.400m |
| 幅員 | 0.400m+1.200m(歩道)+0.200m+8.500m(車道)+0.200m+1.200m(歩道)+0.400m |
| 斜角 | $\theta=80^\circ$ |
| 舗装 | コンクリート舗装 (段小径 $t=120\text{mm}$) |
| 使用材料 | PCプレキャスト床版 コンクリート設計基準強度 $\text{ock}=50\text{N/mm}^2$ |
| | PCケーブル PCケーブル IS15.2 |
| | 上部工 無差装耐候性鋼材 SBHS400W SBHS500W |
| | 下部工 コンクリート設計基準強度 $\text{ock}=24\text{N/mm}^2$ 鉄筋 SD345 |
| 場所打ち杭 | コンクリート設計基準強度 $\text{ock}=24\text{N/mm}^2$ (呼び強度 $\text{ock}=30\text{N/mm}^2$) 鉄筋 SD345 |
| 設計水平震度 | レベル1 $\text{kh}0=0.14$ (I種地盤) $\text{kh}0=0.16$ (II種地盤) レベル2 タイプ2 $\text{kh}0=1.35$ (I種地盤) $\text{kh}0=1.12$ (II種地盤) |
| 適用基準 | 造路橋示方書・同解規 平成24年3月 (社)日本造路協会 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-----------------|----|------|----|-------------------|----|------|
| プロジェクト名 | 施主 | コンサルタント | 作成 | チェック | 承認 | 図面名 | 縮尺 | 図面番号 |
| ニカラグア国「リオ・ブランコ・シウナ幹線道路橋梁整備事業」準備調査 | 運輸インフラ省 | セントラルコンサルタント(株) | | | | プリンサボルカ橋全体一般図 (2) | 図示 | |

5-2-4 施工計画

5-2-4-1 施工方針

本計画は日本国の有償資金協力の枠組みで実施されることを想定し、施工方針として以下の事項を考慮する。

- ① 地域経済の活性化、雇用機会の創出、技術移転の促進に資するため、本計画の実施に際しては現地の技術者、労務者、資機材を最大限に活用する。
- ② 本計画実施に必要な用地確保（家屋移転及び土地収用）を本計画開始までに、実施することをニカラグアへ要請する。
- ③ 本計画実施関係者の出入国にかかる便宜供与を図ることをニカラグアに要請する。
- ④ 地質状況及び降雨、出水状況を勘察し適切な施工方法を採用し、現実的な施工計画を立案する。特に橋脚は乾期の4か月の間に施工することとし、工事開始後最初の乾期に4橋とも施工する工事工程とする。
- ⑤ 本事業実施に必要な用地確保等（道路用地、障害物撤去）を本事業開始までに、ニカラグア負担事項として実施することとをニカラグアに要請する。また工事のために必要な用地確保（施工ヤード、工事用道路、土取場、砕石場採掘等）も合わせて要請する。

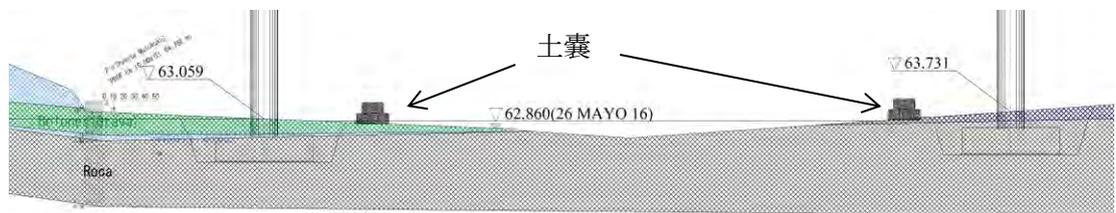
5-2-4-2 施工上の留意事項

建設計画実施に際して留意すべき事項を以下に示す。

(1) 工事期間中の安全確保

工事期間中の安全確保として、主に下記の配慮を行う。

- ・ 今回4橋とも現橋位置と異なる場所に施工する計画であるため、一般交通への影響は比較的少ないが、4橋間で資材や重機の運搬が生じるため、一般交通のある道路に面する箇所や、工事用関係車両の出入口は、看板の設置や警備員の配置等、交通事故の防止十分配慮する。
- ・ 雨期において、突然の出水に注意した計画を行う。特に河川内の掘削に伴う橋脚施工においては、乾期（1月～4月）に実施することを基本とし、大型土嚢に仮締切を行い、オープン掘削による施工を行う。締切内に水が浸入する場合はポンプによる排水を適切に行い、工事の安全性、円滑性を確保する。



出典：調査団

図 5-2-34 土嚢による仮締切

(2) 工事期間中の環境保全

工事期間中の環境保全として、主に下記の配慮を行う。

- ・ 工事用車両の走行に伴う粉塵については、散水やスピード規制等により粉塵の発生を抑制する。

- ・ 土取場、土捨て場からの汚濁水の漏水が無いよう配慮する。
- ・ 民家が近接する場合には、建設機械からの騒音・振動の発生に留意し、早朝及び夜間工事を回避する。騒音が問題となる場合は、仮囲いによる対策を行う。
- ・ 岩掘削が生じる橋脚下部工掘削では周辺環境に配慮して、大型ブレーカーでの掘削を行う。(火薬を使用した掘削は行わない。)

(3) 労働基準法の遵守

建設業者はニカラグアの現行建設関連法規に遵守し、雇用に伴う適切な労働条件や慣習を尊重し、労働者との紛争を防止すると共に安全を確保するものとする。

(4) 通関事情

日本或いは第三国から調達される全ての建設資機材は、コリント港まで海上輸送とし、荷卸しを行う計画とした。これに伴う通関手続き、陸上輸送期間等の所要日数を考慮し、適切な輸送計画を立案する。

5-2-4-3 施工区分

(1) 日本及びニカラグア政府の負担事項

施工実施に当たり、施工業者及びニカラグア政府それぞれの実施事項の概要は以下を想定する。

表 5-2-40 日本及びニカラグア政府それぞれの負担事項

| 施工業者実施事項 | ニカラグア側実施事項 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 4 橋の建設工事 ・ 橋梁前後の取付道路 ・ 仮設ヤード（現場事務所、プラント等）の建設撤去 ・ 工事期間中の環境汚染防止対策。 ・ 工事期間中の一般交通、一般歩行者の安全確保。 ・ 「資機材調達計画」に示された建設資機材の調達、輸入及び輸送。輸入機材については調達国への再輸出。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 本計画に必要な土地収用と影響を受ける施設・家屋の撤去の実施。 ・ 本協力対象事業に必要な仮施設用地及び迂回路用地の無償提供。 ・ ユーティリティ（電柱・水道）の移設 ・ 現橋（4 橋）の撤去。 ・ 本協力事業工事に必要な土捨て場、廃材処分場の提供。 ・ 工事期間中のニカラグア政府関係者による監督。 ・ ニカラグア政府が課す関税、国内税、その他税政上の課徴金等の免除。 ・ 本協力事業に関係する日本人及び第三人の入国、滞在等に対する便宜供与。 |

出典：調査団

(2) 仮設ヤード

仮設ヤードは以下を想定する。

①ムルクク

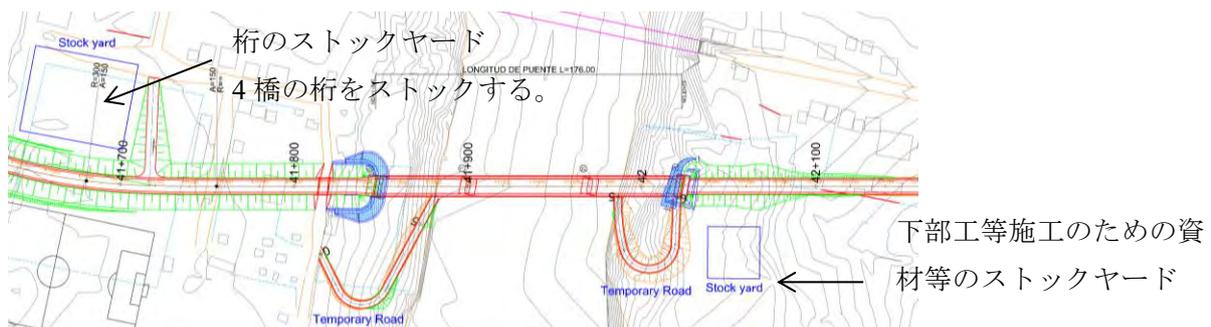


図 5-2-35 ムルクク施工ヤード

②リサウエ

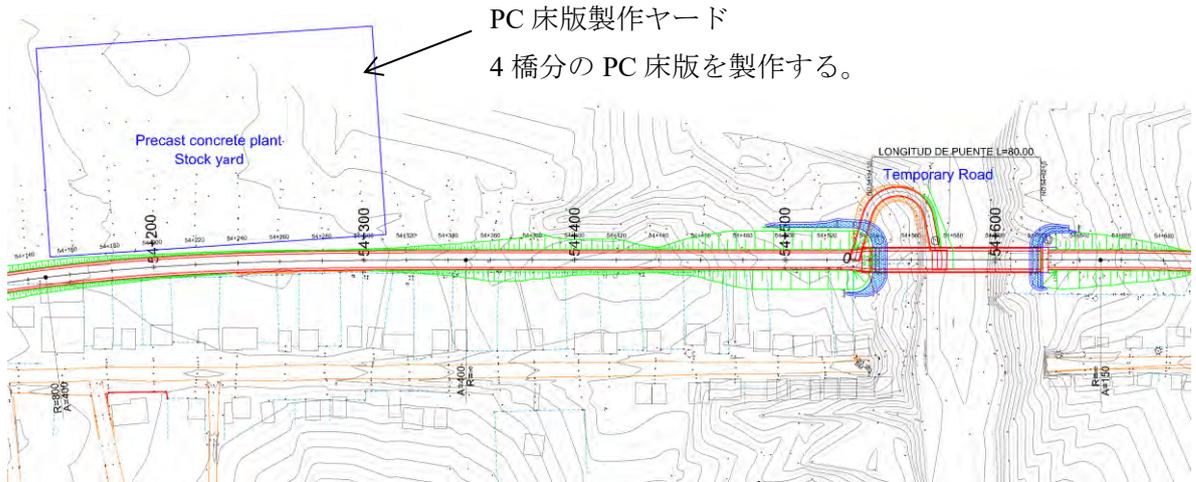


図 5-2-36 リサウエ施工ヤード

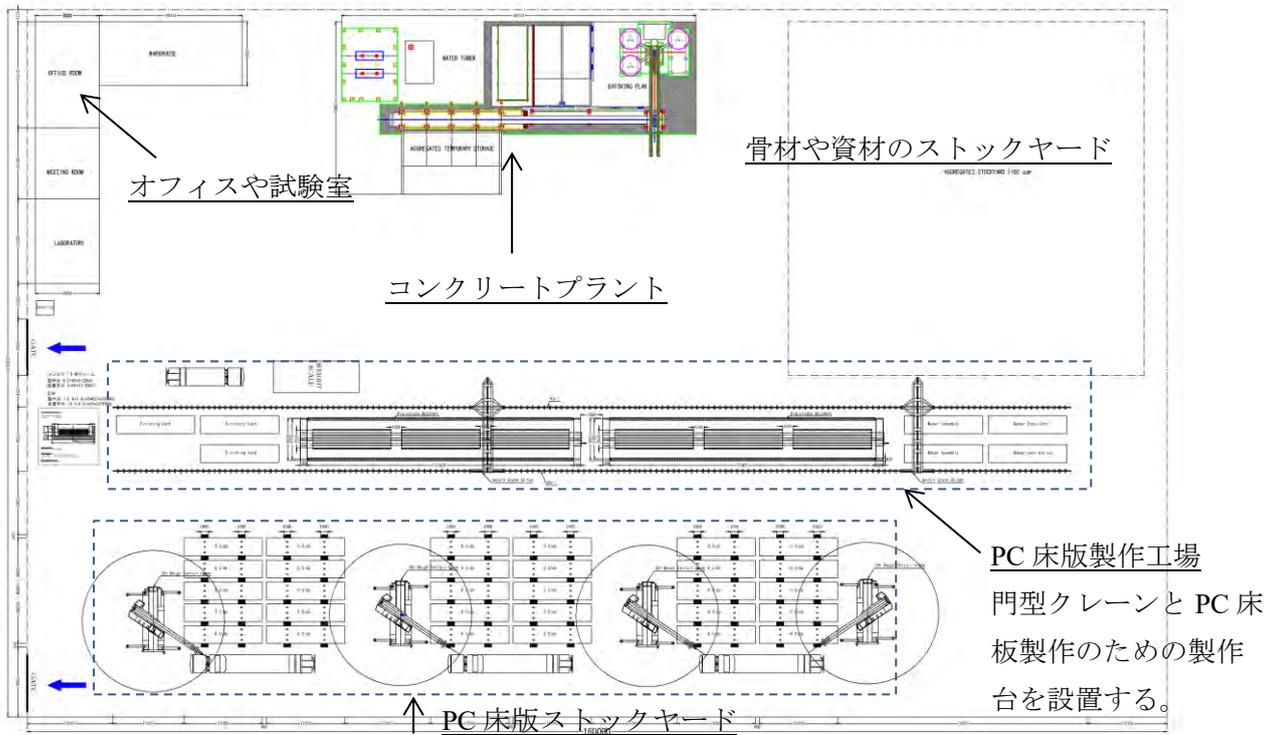


図 5-2-37 リサウエ PC 床版製作ヤード概略図

③ラブー

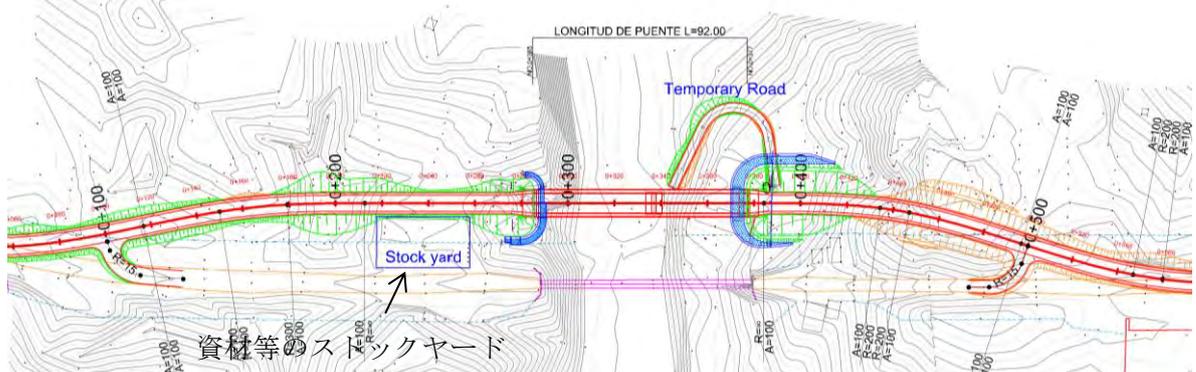


図 5-2-38 ラブーPC 床版製作ヤード概略図

④プリンサポルカ

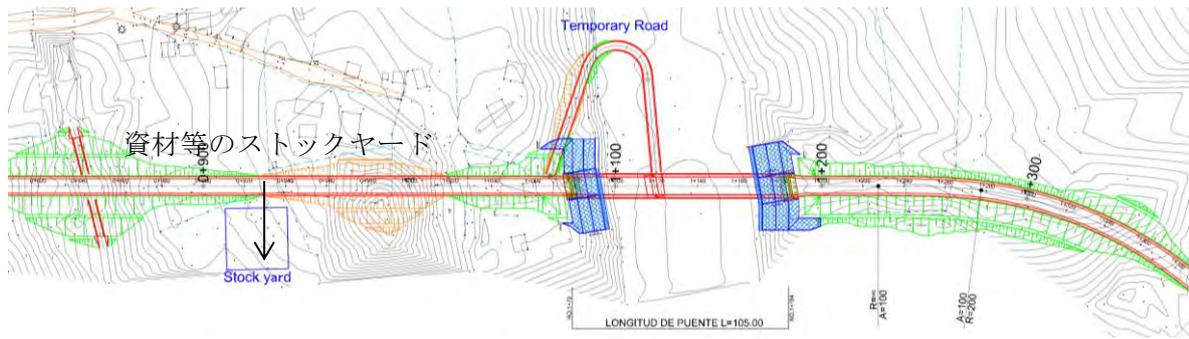


図 5-2-39 ラブー施工ヤード

(3) ユーティリティ

以下に既存のユーティリティを示す。新橋ができてから既存橋が撤去されるまでの間に、下記に示す水道（ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad ニカラグア水道公社) が管理) 及び電力（ENACAL(Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados ニカラグア電力公社) が管理) の移設を実施する必要がある。

①ムルクク



②リサウエ



③ラブー ユーティリティ無し



④プリンサポルカ



5-2-4-4 施工監理計画

(1) 施工監理業務の基本方針

本事業の、施工管理業務の基本方針として下記事項を掲げる。

- 工事の品質は完成した施設の寿命・耐久性に大きく影響を及ぼすので、品質監理を最優先課題として掲げ、施工監理業務を遂行する。
- 品質監理に続く監理項目として進捗監理、安全監理、支払い監理を重視する。
- これら課題を達成するために、週1回の間隔で建設者とコンサルタントとで合同現場点検と定例会議を開催し、問題点の確認と対処方針を協議する。
- これに加え、月1回顧客であるMITと建設者、コンサルタントとで定例会議を開催し、問題点の確認と対処方針を協議する。
- インスペクターとして現地技術者を雇用し、施工監理技術である品質監理、進捗監理、安全監理手法等に関して技術移転に努める。
- 建設者への指示、全ての会議の記録、顧客への報告等は文書で残し、文書でもって報告するものとする。

(2) コンサルタントの施工監理業務

コンサルタント契約に含まれる主な業務内容を以下に示す。

1) 入札図書作成段階

概略設計調査報告書の結果に従い、各施設の実施設計を行う。次に工事契約図書の作成を行い、下記成果品に対しニカラグア政府のMTIの承認を得る。

- 設計報告書
- 設計図
- 入札図書

2) 工事入札段階

MTIはコンサルタントの補佐の下、公開入札により日本国籍の工事業者を選定する。またこの公開入札及びその後の工事契約に参加するニカラグアにより人選された代理人は、工事契約に係わる全ての承認権を持つ者とする。コンサルタントは以下の役務に関し、MTIを補佐する。

- 入札公示
- 事前資格審査

- ・ 入札及び入札評価

3) 施工監理段階

入札の結果選定された建設業者とニカラグアの代表者である MTI との工事契約調印を経て、コンサルタントは工事業者に対し工事着工命令を発行し、施工監理業務に着手する。施工監理業務では工事進捗状況を MTI、在ニカラグア日本大使館及び JICA へ直接報告するとともに、その他関係者には必要に応じて月報を郵送にて報告する。施工業者には作業進捗、品質、安全、支払いに関わる事務行為及び技術的に工事に関する改善策、提案等の監理業務を行う。

また、施工監理の完了から1年後、瑕疵検査を行う。これをもってコンサルティング・サービスを完了する。

(3) 要員計画

詳細設計、工事入札、施工監理段階にそれぞれ必要とされる要員、役割は下記の通りである。

1) 詳細設計段階

i) 日本人技術者

- ・ 業務主任：業務調整全般の監督及び顧客への主対応責任者
- ・ 副業務主任：橋梁詳細設計の専門技術者による、詳細設計作業の計画、レビュー、照査等監督を行う。
- ・ 橋梁技術者（上部工）：上部工設計に係る現地調査、構造計算、設計図作成、数量算出を行う。
- ・ 橋梁技術者（下部工）：下部工設計に係る現地調査、構造計算、設計図作成、数量算出を行う。
- ・ 道路技術者：道路設計として線形の確定計算、標準断面の確定道路排水設計、設計図作成及び数量計算を行う。
- ・ 施工計画・積算：施工計画の作成、及び、詳細設計成果からの設計数量・工事単価を用いた積算作業を行う。
- ・ 自然条件調査：ボーリング等の追加調査を実施する。
- ・ 環境・社会配慮技術者：生態系調査、用地取得・住民移転に係る活動の監督
- ・ 入札図書：入札図書作成を行う。

ii) ローカル技術者

- ・ 橋梁技術者：日本人技術者とともに、橋梁設計業務を実施する。
- ・ 道路技術者：日本人技術者とともに、道路設計業務を実施する。
- ・ 施工計画・積算：日本人技術者とともに、施工計画・積算業務を実施する。
- ・ 自然条件調査：日本人技術者とともに、ボーリング等の追加調査を実施する。
- ・ 環境・社会配慮技術者：日本人技術者とともに、生態系調査、用地取得・住民移転に係る活動の監督を行う。
- ・ 入札図書：日本人技術者とともに、入札図書作成を行う。
- ・ 秘書：プロジェクトチームの事務全般を行う。
- ・ キャドオペレーター：各種の作図補助を行う。
- ・ 通訳：スペイン語の通訳を行う。
- ・ 管理人：事務所の管理を行う。

2) 工事入札段階

事前資格審査図書及び入札図書の最終化、事前資格審査の実施、工事入札評価において、MTI の補助を行う。

i) 日本人技術者

- ・ 業務主任：入札作業全般を通して、上記コンサルタントサービスを監督する。
- ・ 入札図書：入札図書の承認、及び入札評価の補助を行う。

ii) ローカル技術者

- ・ 入札図書：日本人技術者とともに、入札図書の承認、及び入札評価の補助を行う。
- ・ 秘書：プロジェクトチームの事務全般を行う。
- ・ キャドオペレーター：各種の作図補助を行う。
- ・ 通訳：スペイン語の通訳を行う。
- ・ 管理人：事務所の管理を行う。

3) 工事監理段階

i) 日本人技術者

- ・ 業務主任：工事監理におけるコンサルタントサービス全般を監督する。
- ・ 橋梁技術者：業務主任とともに、橋梁工事全般の施工監理を実施する。
- ・ 環境技術者：環境のモニタリングを行う。

ii) ローカル技術者

- ・ 橋梁技術者（上部工）：日本人技術者とともに、PC 床板の製作および、鋼桁架設のための施工監理を実施する。
- ・ 橋梁技術者（下部工）：日本人技術者とともに、下部工の施工管理を実施する。
- ・ 環境技術者：日本人技術者とともに、環境のモニタリングを行う。
- ・ 材料管理技術者：日本人技術者とともに、コンクリートや盛り土材料等工事に使用する材料の管理を行う。
- ・ 出来高管理技術者：日本人技術者とともに、出来高管理を行う。
- ・ 秘書：プロジェクトチームの事務全般を行う。
- ・ キャドオペレーター：各種の作図補助を行う。
- ・ 通訳：スペイン語の通訳を行う。
- ・ 管理人：事務所の管理を行う。

5-2-4-5 管理人：事務所の管理を行う。品質管理計画

技術仕様書と施工監理計画に基づき、各種品質管理及び出来形管理を行うものとする。主な工事として、土工事・舗装工事・構造物工事がある。従って、コンサルタントは、表 5-2-41 に示すような材料の選定・現場での品質管理を行うことが必要となる。

表 5-2-41 品質管理項目一覧

| 区分 | 項目 | 種別 | 管理項目 | 試験・管理内容 | 検査時期/頻度 |
|-----------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| 構造物 | コンクリート | 材料 | セメント | 品質証明 | 工事開始前及び材料変更時 |
| | | | | 成分分析表 | |
| | | | コンクリート用混和剤 | 規格との適合性 | 〃 |
| | | | 水 | 有害物の含有量 | 〃 |
| | | | 細骨材 | 絶乾比重 | 〃 |
| | | | | 吸水率 | |
| | | | | ふるい分け | |
| | | | | 洗い試験 (75 μ mふるい) | |
| | | | | 粘土塊 | |
| | | | | 安定性 | |
| | 粗骨材 | アルカリ骨材反応 | 〃 | | |
| | | 絶乾比重 | | | |
| | | 吸水率 | | | |
| | | ふるい分け | | | |
| | | すりへり | | | |
| | | 洗い試験 (75 μ mふるい) | | | |
| | | 粘土塊 | | | |
| 安定性 | | | | | |
| 配合施工 | 生コンクリート | スランプ | 施工毎 | | |
| | | 空気量 | | | |
| | | 生コン温度 | | | |
| | | 塩化物含有量 | | | |
| | | 圧縮強度 (7日、28日) | | 適宜 | |
| 鉄筋 | 材料 | 鉄筋 | 材料の品質保証 | 工事開始前及び材料変更時 | |
| | | | 引張り・曲げ試験 | | |
| 土工事 | 盛土・埋戻 | 材料 | 路体・埋戻 | CBR | 工事開始前及び材料変更時 |
| | | | | 締固め | |
| | | | | ふるい分け | |
| | | 路床・裏込 | CBR | 〃 | |
| | | | 締固め | | |
| | | | ふるい分け | | |
| | | | 塑性指数 | | |
| | | | 洗い試験 (75 μ mふるい) | | |
| | 施工 | 路体・埋戻 | 締固め | 適宜 | |
| | | | 含水比 | | |
| | | | 仕上り厚 | | |
| | | 路床・裏込 | 締固め | 〃 | |
| | | | 含水比 | | |
| | | | 仕上り厚 | | |
| プルーフローリング | | | 完了時 | | |

出典：調査団

| 区分 | 項目 | 種別 | 管理項目 | 試験・管理内容 | 検査時期/頻度 |
|----------------|----------------|---------------|------------|--------------|--------------|
| 舗装 | 路盤 | 材料 | 下層路盤 | 修正CBR | 工事開始前及び材料変更時 |
| | | | | 締固め | |
| | | | | ふるい分け | |
| | | | | 塑性指数 | |
| | | | | すりへり | |
| | | | 修正CBR | | |
| | | 締固め | | | |
| | | ふるい分け | | | |
| | | 塑性指数 | | | |
| | | 液性限界 | | | |
| | | すりへり | | | |
| | | 施工 | 下層路盤 | 締固め | 適宜 |
| | 含水比 | | | 完了時 | |
| | プルーフローリング | | | 完了時 | |
| | 上層路盤 | | 締固め | 適宜 | |
| | | | 含水比 | 完了時 | |
| | | | プルーフローリング | 完了時 | |
| | コンクリート舗装 | 材料 | セメント | 品質証明 | 工事開始前及び材料変更時 |
| | | | | 成分分析表 | |
| | | | コンクリート用混和剤 | 規格との適合性 | 〃 |
| | | | 水 | 有害物の含有量 | 〃 |
| | | | 細骨材 | 絶乾比重 | 〃 |
| | | | | 吸水率 | |
| | | ふるい分け | | | |
| 洗い試験 (75μmふるい) | | | | | |
| 粘土塊 | | | | | |
| 安定性 | | | | | |
| 粗骨材 | | アルカリ骨材反応 | 〃 | | |
| | | 絶乾比重 | | | |
| | 吸水率 | | | | |
| | ふるい分け | | | | |
| | すりへり | | | | |
| | 洗い試験 (75μmふるい) | | | | |
| 配合施工 | 生コンクリート | スランプ | 施工毎 | | |
| | | 空気量 | | | |
| | | 生コン温度 | | | |
| | | 塩化物含有量 | | | |
| | | 圧縮強度 (7日、28日) | | 適宜 | |
| | | 材料の品質保証 | | 工事開始前及び材料変更時 | |
| 引張り・曲げ試験 | | | | | |

注) 使用する材料は、調達前と現地到着後に品質証明書を確認する。ただし、コンサルタントが必要に応じて材料試験の実施を施工業者に指示する。

出典：調査団

5-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 建設資材調達

1) 土取場

4橋の道路計画の内、リサウエ橋、ラブー橋、プリンサポルカ橋の3橋は土工のバランスが比較的取れている。そのため、土取場から多くの土を運搬する必要はない。必要な計画となった場合でも、比較的現場近くに土取場があるため、土の確保は可能であることを確認した。ムルクク橋については盛土量が多いため、土取場の確保が重要となる。現地調査の結果、ムルクク橋より4kmの地点に土取場を確認することができた。

2) 砕石場

砕石場はムルクク橋から北へ5km（砕石場①）と南へ43km（砕石場②）の地点にあることを確認した。SANTA FEという施工業者がムルクク橋からリサウエ橋の間の舗装工事（コンクリート舗装）を実施しており、両砕石場ともそのために利用している。本事業の工事が開始される時点では、SANTA FEの舗装工事は完了している予定であるが、マナグア市内にはSANTA FEを含め、移動式の砕石プラントを所有している建設業があるため、砕石の調達は可能であることを確認した。また、マナグア近郊にも砕石場があることを確認した。

3) コンクリート

ムルクク橋から26km南側の地点とムルクク橋近くにコンクリートプラントを確認した。プラントは全自動で60m³/h程度の能力があり、熱対策として、チラー2台使用して冷却水（4℃～5℃程度をキープ）を使用していた。このプラントは砕石場同様、SANTA FEが舗装工事のために設置したものである。また、本事業の工事が開始される時点では、SANTA FEの道路工事は完了している予定であることから、このプラントを使用することは困難である。一方、マナグアのセメント会社やコンクリート会社が移動式のコンクリートプラントを所有していることから、このプラントが使用できない場合でも、マナグアからの調達が可能であることを確認した。

4) 処分場

ムルクク市、シウナ市にコンクリート等を廃棄するための処分場を確認した。ムルクク市の処分場はムルクク橋より約4km程度離れており、ムルクク橋とリサウエ橋の建設で出た廃棄物の処分場として考えられる。シウナ市の処分場はプリンサポルカ橋より約24km離れており、ラブー橋とプリンサポルカ橋の建設で出た廃棄物の処分場として考えられる。この場所は、既存の処分場（土取場①付近）が満杯になったため、新たに処分場されたものであり、今月より利用が開始されていることを確認した。

5) セメント

マナグアのセメント会社（①CEMEX NICARAGUA, S.A ②HOLCIM NICARAGUA, S.A）とコンクリート会社（③PROINCO）よりセメントタイプにはGU(3000pci)とHE(5000pci)の2種類があることを確認した。配合にもよるが、GU(3000pci)では24N/mm²程度の強度を出すことに適している。HE(5000pci)は早強タイプのセメントであり、高強度のコンクリートにも適している。プレキャスト製品を製作しているConcretera Totalでは過去に50N/mm²以上の強度を使用した実績を確認した。

6) 鉄筋

鉄筋はニカラグア国内では生産されていないが、メキシコやコスタリカより輸入している業者（①INDENICSA ②CEMEX ③ASENUCA）を確認した。

7) 木材

合板材料等、マナグア市内で調達可能である。

8) 鋼桁

現地には流通していないため日本調達とする。

表 5-2-42 主要建設資材の調達先

| 項目 | 調達先 | | | 日本調達とする理由 |
|----------|-----|----|-----|---|
| | 現地 | 日本 | 第三国 | |
| 盛土材 | ○ | | | 架橋位置周辺に土取場を確認したため現地調達とする。 |
| PC 鋼材 | | ○ | | 対象国には流通していない。周辺第三国からの調達は可能であるが、スペックを満足することが明確でない。 |
| アルミ製高欄 | | ○ | | 高欄は通行者の目につきやすい材料であるので、周辺第三国の製品では品質のばらつき、出来上がりの不具合が生じる可能性もある。 |
| 仮設・架設用鋼材 | | ○ | | 現地調達できないリース製品は日本調達とする。 |
| ゴム支承 | | ○ | | 対象国では流通していない。周辺第三国からの調達は可能であるが、材料（ゴム）の品質にばらつきがあり、本件の仕様を満足しない可能性もある。 |
| 骨材 | ○ | | | 架橋位置周辺に骨材採取場を確認したため現地調達とする。 |
| セメント | ○ | | | ニカラグア内に流通しており、50n/mm ² の実績も確認したことから現地調達とする。 |
| 伸縮装置 | | ○ | | 対象国には流通していない。周辺第三国からの調達は可能であるが、品質に大きなばらつきがあり、本件の仕様を満足しない可能性がある。 |
| セメント用添加剤 | | ○ | | 品質の面から日本調達とする。 |
| 鉄筋 | ○ | ○ | | 対象国では生産されていない。メキシコ等から輸入されておりマナグアで購入が可能である。耐震設計に影響する鉄筋については日本調達とする。 |
| 型枠用木材 | ○ | | | |
| 型枠用合板 | ○ | | | |
| 鋼製主桁 | | ○ | | 対象国には流通していない。 |
| 軽油 | ○ | | | |
| ガソリン | ○ | | | |

出典：調査団

(2) 建設機械

道路の土工工事に使用する重機はマナグアの現地コントラクターが所有している。また、リース業者も数社あり、マナグアで調達可能であることを確認した。クレーンについては、近年風力発電建設が盛んであることから、大型クレーンのリース会社もある。100 トン程度のクレーンであればマナグアで調達可能であることを確認した。なお、本工事で使用される最大のクレーンは杭打ちに使用される60 トンクレーン程度であり、現地調達可能である。架設については本邦技術を採用することから、日本からの調達とする。主要建設機械の調達先と本邦調達とする理由を下表に示す。

表 5-2-43 主要建設機械の調達先

| 機種 | 調達先 | | | 使用工種 |
|--|-----|----|-----|--------------|
| | 現地 | 日本 | 第三国 | |
| ダンプトラック (2t, 4t, 10t) | ○ | | | 土砂運搬 |
| ブルドーザ(15t,20t, 32t) | ○ | | | 盛土の敷き均し、締め固め |
| バックホウ (0.45m ³ (山積)、0.80m ³ (山積)) | ○ | | | 掘削 |
| トラクタショベル (ホイールローダー) 1.2m ³ | ○ | | | 碎石積み込み |
| トレーラー (25t,35t) | ○ | | | 鋼桁等運搬 |
| トラッククレーン | ○ | | | 鉄筋等つり込み |
| クーリングプラント | | ○ | | 暑中コンクリートの冷却 |
| モーターグレーダ | ○ | | | 路盤材敷き均し |
| 散水車 | ○ | | | 散水 |
| タイヤローラー | ○ | | | 舗装締め固め |
| 振動ローラ | ○ | | | 舗装、路盤材締め固め |
| アジテータトラック | ○ | | | コンクリート運搬 |
| コンクリートプラント | ○ | | | コンクリート練り混ぜ |
| コンクリートフィニッシャー | | ○ | | コンクリート舗装 |
| コンクリートポンプ車 | ○ | | | コンクリート打設 |
| 架設機材一式 | | ○ | | 上部工架設 |
| 全旋回式杭打機 | | ○ | | 杭打ち |

出典：調査団

5-2-4-7 実施工程

以下に実施工程表を示す。

表 5-2-44 実施工程表

| 項目 | 1年目 | | | | | | | | | | | | 2年目 | | | | | | | | | | | | 3年目 | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|----|----|----|--|--|--|--|--|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | |
| 施工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 鋼桁製作(日本) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 鋼桁輸送 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| コンクリートプラント調達(現地) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| コンクリートプラント設置(リサウェ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床版簡易工場建設(リサウェ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床板製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本調達 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 材料調達 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 調達材料輸送 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ① ムルック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 仮設ヤード造成工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工事用道路 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 取付道路工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1橋脚 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P2橋脚 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設設備撤去工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床板架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床版設置工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 橋面工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ② リサウェ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 仮設ヤード造成工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工事用道路 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 取付道路工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1橋脚 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設設備撤去工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床板架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床版設置工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 橋面工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ③ ラブー | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 仮設ヤード造成工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工事用道路 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 取付道路工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1橋脚 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設設備撤去工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床板架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床版設置工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 橋面工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ④ プリンサボルカ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 仮設ヤード造成工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工事用道路 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 取付道路工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2橋台 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1橋脚 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設準備工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桁架設設備撤去工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床板架設工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PC床版設置工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 橋面工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

① 乾期の期間: 1月~4月 ② 雨期の期間: 5月~12月

出典 調査団

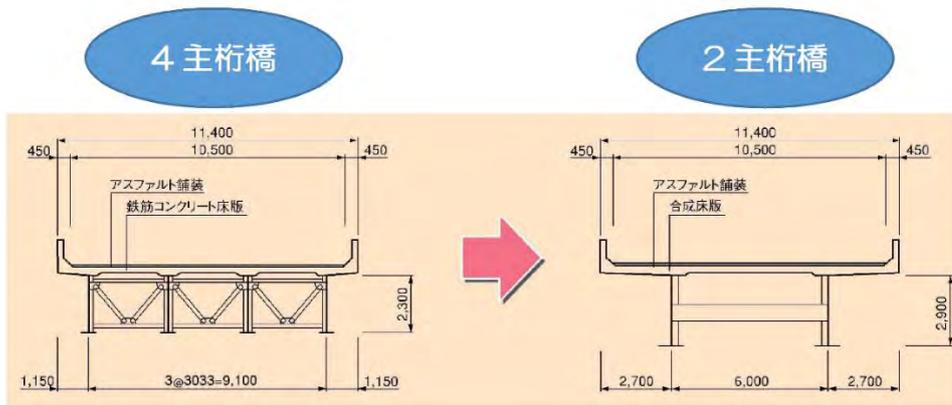
5-2-5 本邦技術調達比率の検討

5.2.1 設計方針や5.2.2 基本計画で本橋梁への適用が決定した少数主桁橋梁形式や耐震構造等は、耐久性や経済性、施工性の部分で優れた構造であるとともに、比較的多くの本邦技術が適用されている。ここでは、本案件がSTEP案件として適用可能であるか否かについて検証する。

STEP案件として適用可能であるためには、本邦技術の調達比率が30%以上である必要があり、先ずどの要素技術が本邦技術であるかを検討、その後、本邦調達比率について確認する。

5-2-5-1 少数主桁橋梁形式

(1) 少数主桁橋梁形式の概要



出典：日本橋梁建設業協会 HP

図 5-2-40 鋼多数主桁橋梁と鋼少数主桁橋梁

日本では高速道路などの連続高架橋等で経済的な支間長となる40～80m程度の橋梁が数多く建設され、これに伴って、同支間長に適した耐久性や経済性に優れた橋梁形式（上部工）の開発が急速に進むこととなった。中でも、北海道縦貫自動車道の工事で採用されて以降、高耐久性床版の採用による耐久性向上と、鋼桁のスリム化による経済性向上を同時に可能とした少数主桁橋梁形式は、近年日本で開発された代表的構造形式である。

(2) 少数主桁橋梁形式の本邦技術要素

1) プレキャスト PC 床板

i) 概要

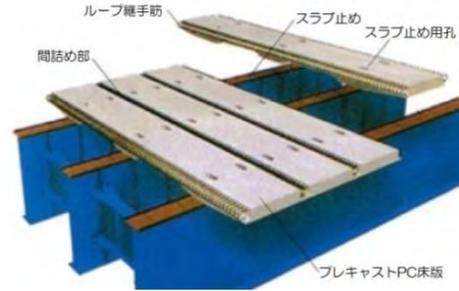
少数主桁橋梁形式の床版構造としては、表 5-2-34 及び表 5-2-36 の結果より、経済性、施工性に優れるプレキャスト PC 床版の採用が決定している。

日本では、昭和40年頃より RC 床版のひび割れや抜け落ち等の疲労損傷が多発したため、下図に示すような輪荷重走行試験機を開発、これを用いた高耐久性コンクリート床版の研究が盛んに行われた。この結果、床板にプレストレスを導入した PC 床版構造と、床版下面に鋼板を配置し上部に充填するコンクリートと合成した合成床版構造の2種類が床版の耐久性を飛躍的に向上させることが判明した。本事業で選定されたプレキャスト PC 床版は、PC 床版構造をさらに改良しもので、現場工期の短縮、高所作業の減少による安全性の向上、及び、プレテンション技術の技術移転等が期待される構造で、途上国での使用に際して、多くもメリットを持つ構造である。なお、合成床版構造は、日本からの鋼部材の輸送が必要であり経済的に不利となった。



輪荷重走行試験機

出典：PC 建設業協会 HP

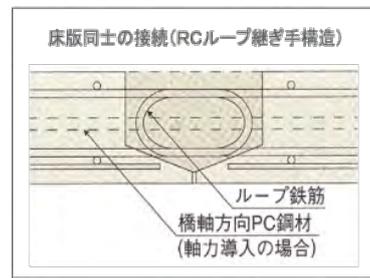


プレキャスト PC 床版の例

図 5-2-41 プレキャスト PC 床版の概要

ii) 技術の独自性・合理性・水準

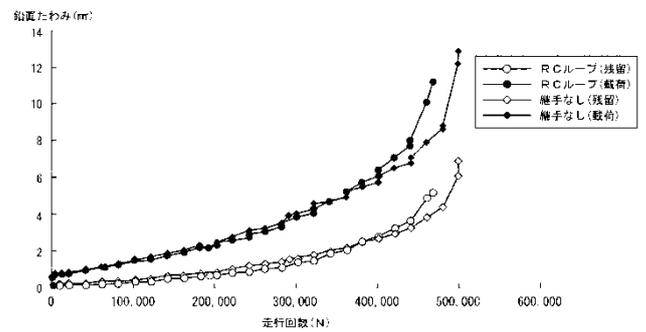
- 本プレキャスト PC 床版は、右図に示すような、ループ継ぎ手を基本とする日本独特の継ぎ手構造が採用され、プレキャスト版相互を強固に結合するとともに、型枠施工の省略による現場工期の短縮や高所作業の減少による安全性向上、コスト縮減を可能にしている。なお、プレキャスト床版の継ぎ手部は、構造的弱点となりやすいため、継ぎ手を含んだ供試体による輪荷重走行試験機を用いた疲労耐久性の確認試験が行われ、右のグラフに示すように継ぎ手を含まない PC 床版と同等の 100 年以上と言われる疲労耐久性が確認されている。(独自性、合理性)



出典：PC 建設業協会 HP

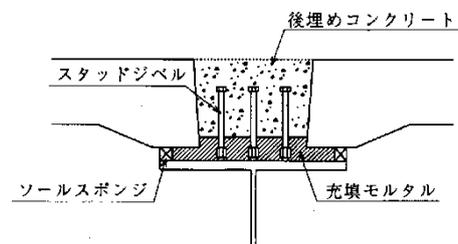
図 5-2-42 スープ継ぎ手

- プレキャスト PC 床版と鋼桁との結合は、下図に示すように、プレキャスト版にあらかじめ箱抜きを設け、鋼桁上のスタッドジベルがこの箱抜き内となるようにプレキャスト版をセット、充填モルタルや後埋めコンクリートを打設して鋼桁とプレキャスト版を結合することとなる。この際、プレキャスト版に設けられる箱抜きは、PC 鋼材や鉄筋配置の支障となることから、出来る限り小さくする必要があり、スタッドジベルは、少ない箇所に密に配置することとなり、応力が集中、疲労耐久性等に不安が残されることになる。この部分の安全性については



出典：PC 建設業協会 HP

図 5-2-43 輪荷重走行試験結果



出典：PC 床版施工マニュアル (案)

図 5-2-44 床版結合構造

この部分の安全性については荷重試験を含む研究が行われ、本構造独自の設計手法が設定されている。なお、本研究論文は、土木学会田中賞を受賞している。(高度な技術水準)

- 本床版構造は、構造的独自性や合理性によって高い品質を得るだけでなく、設計や製作・現場施工の各段階を最適に実施するために、国土技術政策総合研究所をはじめとする関係機関によって、設計基準や製作基準・現場施工の基準（【補足事項】参照）が整備され、所定の品質が安定して確保できるよう、技術体系が整えられている。なお、ニカラグア国内は、AASHO 設計荷重（HS25 相当）をもとにした設計が行われているが、日本の B 活荷重はこれらを上回る荷重条件であり、日本国内基準の適用は可能である。

（高度な技術水準）

- 日本国内では約 20 万橋と言わせる橋梁が建設され、この中でも比較的数の多い 20m 程度の支間長の橋梁として、経済性に優れるプレテンション PC 桁橋梁が数多く建設され、現時点においては全国に 50 箇所以上の工場が存在している。これは狭い国土の中で輸送コストを比較的低廉に抑えられることが大きな原因で、他国に比べると圧倒的に数が多く、その技術水準は、非常に高いレベルにあり、数多くの専門技術者も存在している。

（高度な技術水準）

iii) 海外使用に対する適合性

- プレテンション技術は元々工場製作による量産化を基本に発展したものであり、単純繰り返しによる製作作業は、現地での単品製作を基本とするポストテンション技術と比べても、品質確保が容易で、海外使用に対する品質面での適合性は高い。また、製作ライン（簡易プレテン工場）を作成するための初期投資が、ポストテンション桁と比べ高価となるが、本計画程度の規模があれば、製作ラインの作成コストは、製作架設コストの 10%程度と小さく、コスト面での適合性も十分高いものとなる。
- 工事発注に際しては、国土技術政策総合研究資料 鋼道路橋 PC 床版の施工品質向上策に関する検討(I)－PC 床版施工マニュアル（案）・施工管理要領（案）－に従って、適当な資格をもつ技術者を常駐させるとともに、各種施工機器や検査機器のキャリブレーションの実施を義務付けることとし、JIS 認定工場と同等の品質管理体制及び製造設備を確保する。
- JIS で規定されるプレキャスト床版の実物大載荷試験を現地にて実施し、品質を確認する。

iv) 本邦技術としての適合性と範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、床版構造の製作及び架設とする。

【補足事項】

＜PC 床版の設計及び製作基準・架設基準＞

以下のような基準類が整備され、設計から製作、架設に至るまで要領及び管理基準等が示されている。また、規格統一に向けた JIS 化も図られている。

- 平成 6 年 3 月 プレキャスト床版設計施工マニュアル：(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 平成 10 年 3 月 PC 床版 2 主桁橋の最適化に関する技術検討 第二東名・名神 鋼少数主桁橋の設計・施工指針（案）：(財)高速道路技術センター

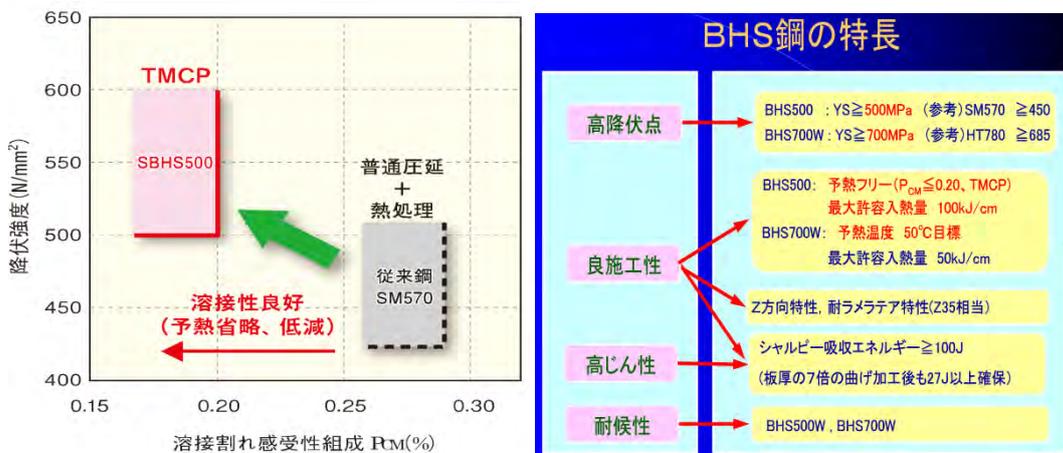
- 平成11年5月 PC床版設計・施工マニュアル(案) : (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 平成15年8月 国土技術政策総合研究資料 鋼道路橋PC床版の施工品質向上策に関する検討(I) : PC床版施工マニュアル(案)・施工管理要領(案)プレキャストPC床版編 : 国土交通省 国土技術政策総合研究所-PC床版施工マニュアル(案)・施工管理要領(案)
- 平成16年3月 設計・製造便覧 : JIS A 5373 プレキャストプレストレストコンクリート製品 附属書2(規定)橋りょう類 推奨仕様2-4 道路橋用プレキャスト床版 (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 平成16年7月 道路橋用プレキャスト床版設計・製造便覧(JIS A 5373-2004) : (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

2) 橋梁用高性能鋼材 (SBHS400, 500)

i) 概要

少数主桁橋梁形式の主桁鋼材としては、主桁用鋼材の比較検討の結果より、経済性、施工性に優れるSBHS鋼材の採用が決定している。

SBHS鋼材は、橋梁製作時に要求される高い加工性と強度を同時に実現する鋼材として、日本の製鋼技術を駆使して開発されたものである。



出典 : (社)日本鉄鋼連盟カタログ

図 5-2-45 SBHS 鋼材の概要

ii) 技術の独自性・合理性・水準

- SBHS鋼材は、日本で開発された熱加工制御 (TMCP) 技術が用いられている。TMCPとは、Thermo-Mechanical Control Process の略で、鋼板製造時における加熱・圧延および圧延後の冷却の各プロセスを適切にコントロールする製造技術で、良好な強度、靱性、溶接性などを鋼板に付与することができる。海外でSBHSと同等の性能を持つ鋼材は製作されていない。(独自性、高い技術水準)
- 少数主桁橋梁の場合、溶接施工性に課題のあるSM570クラス鋼材を多用するため、SBHS500鋼材の使用により、品質改善とコスト縮減が同時に可能となる。なお、SBHS500鋼材の重さあたりの材料単価は、SM570鋼材よりも高価であるが、使用鋼材量の低下、製作コストの縮小により、全体の桁製作費用は、低廉となっている。(合理性)

- 本鋼材は、鋼橋の建設コスト削減のために産学連携研究プロジェクトの成果に基づき開発された高性能な鋼材である。**(高い技術水準)**。
- SBHS 鋼材間を溶接結合する溶接材料については、溶接時の熔融状態の後もその品質が母材 (SBHS 鋼材) の性能を上回る必要があり、日本の溶接材料製造技術を集約して開発されたもので、高性能な材料である。**(高い技術水準)**

iii) 海外使用に対する適合性

日本国内で製造されるものであり、海外での使用に対して問題はない。

iv) 本邦技術としての適合性と範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、鋼材費、溶接材料及び SBHS 鋼材を使用した溶接作業が本邦技術の対象となる。

3) 耐候性鋼材の採用

i) 概 要

少数主桁橋梁形式の主桁鋼材としては、維持管理の簡略化を目的に耐候性鋼材の採用が決定している。耐候性鋼材は鋼材表面の安定錆が塗装の代わりとなり、塗装塗り替えが不要で、維持管理コストの縮小が可能となる。なお、塗装塗り替えは、4 橋梁で約 2 億円 (約 20 年周期) 必要と考えられ、ニカラグア国に対して大きな経済的負担になる。

耐候性鋼材の適用条件として、海からの飛来塩分や寒冷地の凍結防止剤に含まれる塩分を回避する必要があるが、架橋位置はこれらの影響が無く、良好な適用条件である。耐候性鋼材は、SBHS 鋼材と機能を兼ねることができる。

ii) 技術の独自性・合理性・水準

耐候性鋼材は、耐候性を付与する過程で溶接施工性を低下させるが、日本の優れた製鋼技術は、耐候性と溶接施工性を兼ね備えた鋼材の製造を可能にしている。**(高い技術水準)**

iii) 海外使用に対する適合性

日本国内で製造されるものであり、海外での使用にたいして、問題はない。

iv) 本邦技術としての適合性と範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、鋼材費用が本邦技術の対象となる。

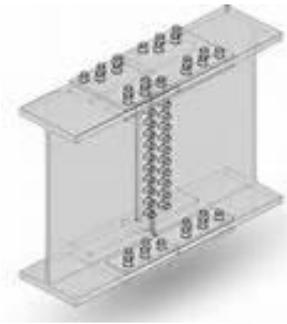
4) トルシア型高力ボルト

i) 概 要

少数主桁橋梁架設時の現場継手には溶接接合と高力ボルト接合が用いられている。このうち溶接接合は、溶接割れ等の重大な欠陥を残す可能性が有り、施工条件の悪い途上国では、基本的に採用しない方がよい。一方、高力ボルト接合は、比較的施工条件に左右されず、中でもトルシア型高力ボルトは、締め付け管理等が容易で、途上国での鋼橋の現場継ぎ手として優れた工法である。

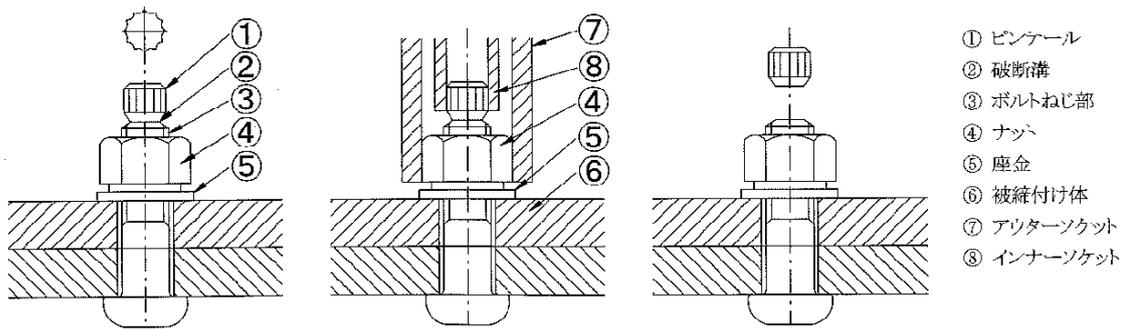
ii) 技術の独自性・合理性・水準

- トルシア形高力ボルトは、ボルト軸部の先端に付したピンテールで締め付けトルクの反力を受け、この反力によりピンテール部が破断することにより、締め付けトルクを制御できる。このため、現場管理が容易な上、締め忘れ防止対策にもなる。道路橋分野では公益社団法人日本道路協会から「摩擦接合用高力ボルト・六角ナット・平座金のセット」として規格化され国内で広く普及している。**(独自性、合理性)**
- 締め付け軸力は、材料の機械的性質とピンテール部の加工精度、ねじ山およびナット・座金間の摩擦力に依存するため、製品自体の高度な性能と精緻な加工精度および繊細な表面処理技術が要求される。**(高い技術水準)**



出典：日鉄住金ボルテン HP

図 5-2-46 トルシア型高力ボルトの概要



出典：日鉄住金ボルテン HP

図 5-2-47 トルシア型高力ボルトの概要 2

iii) 海外使用に対する適合性

日本国内で製造されるものであり、海外での使用に対して問題ない。

iv) 本邦技術としての適合性と範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、ボルト材料およびボルト締め付け作業が本邦技術の対象となる。

5) 送り出し架設工法の採用

i) 概要

少数主桁橋梁形式の架設工法としては、送り出し架設工法が選定されている。鋼板桁橋は、主桁部材の重量が重く、大型クレーンの無い途上国での適応に対する一つの障壁であった。送り出し架設工法とは、橋台、橋脚の各支点に桁移動が可能な専用のジャッキを設置し、片側より徐々に桁を移動、所定の位置に架設する工法であり、大型クレーンが不要で、鋼板桁橋の適用を優位にする工法である。

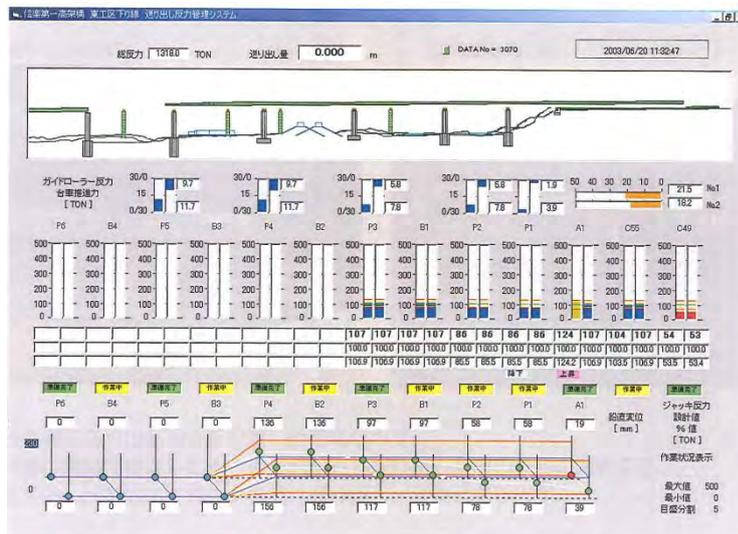


出典：調査団

図 5-2-48 送り出し架設工法

ii) 技術の独自性・合理性・水準

- 鉄道や道路、河川との立体交差橋梁の多い日本では、桁下を利用することない安全な架設工法として、送り出し架設工法が多用されてきた。鋼桁は、薄い鋼板を組み合わせることにより想定した外力に合理的に抵抗するように設計されているため、送り出し架設時に発生する完成形と異なる反力や曲げモーメントの反転等に対して脆弱で、各所に局部的座屈を発生させる可能性を持っている。本架設工法は、これら架設途中の座屈事故を克服する過程で多くの技術開発が行われて来ている。下図は、各支点の反力を適正に値に保つための計測管理システムの例を示したものである。また、送り出し作業に用いられるジャッキには、鋼桁との接地面に偏った圧力が作用することによる座屈が発生しないよう、接地圧の均等化のための制御装置が取り付けられている。**(高い技術水準)**



出典：調査団

図 5-2-49 計測管理システムの例

- 桁下からの作業が無く、栈橋や大型クレーンが不要で、架設機材の小規模化によるコスト削減が可能となる。**(合理性)**
- 少数主桁橋梁は、主桁数が少ないことから全主桁を同時に送り出すことが可能で、架設時の安定性が高く安全な施工が可能であるとともに、比較的経済的に送り出し架設工法

が適用できる。(合理性)

iii) 海外使用に対する適合性

架設設備自体は比較的小規模であり、資機材の輸送コストは低廉となる。また、日本国内のほとんどの鋼桁メーカーが送り出し架設を経験しており、工事発注に際しては、送り出し架設経験者を派遣することが可能である。

iv) 本邦技術としての適合性と範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、送り出し架設工事全体が本邦技術の対象となる。

5-2-5-2 耐震構造

(1) 耐震構造の概要

ニカラグアが地震国であることから、5-2-2-7 耐震構造の検討において各種の耐震構造の採用が決定しており、本邦技術の対象になるか検討する。

(2) 耐震構造における本邦技術要素

1) すべり型免震支承

i) 概要

免震支承は、地震力を低減して橋全体のコスト縮減を図るものであり、大規模地震を経験している日本では、数多くの技術・製品が開発されている。選定されたすべり型免震支承は、鉛直と水平の支持機構を分離した機能分離型の免震支承であり、各構造がコンパクトとなることから、経済的にも優れた構造である。

ii) 技術の独自性・合理性・水準

すべり型免震支承は、円形のゴム支承上部に配置したテフロン板と上支承下部に配置したステンレス板との接触面に働く摩擦力により地震力を減少させる構造である。ゴム支承は、内部に配置されたリング補強部材により

25N/mm²の高面圧が可能となり、これによるコンパクト化によりコスト縮減が可能となっている。摩擦を利用した免震システムや、高面圧を可能にしたリング補強部材は日本国内で独自に開発されたものである。(独自性、合理性)

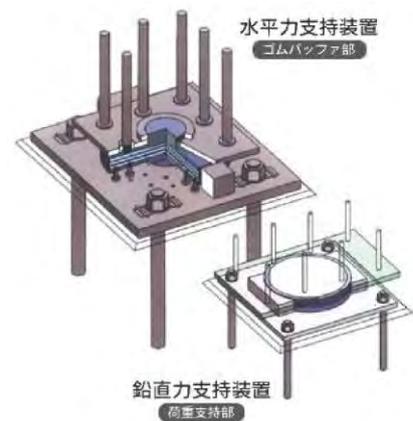
iii) 海外使用に対する適合性

日本国内で製造されるものであり、海外での使用に対して、問題はない。

iv) 本邦技術の範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、支承材料費が本邦技術の対象となる。



出典：(株)BBM、HP

図 5-2-50 免震支承の例

2) ねじふし鉄筋、プレートフック

i) 概要

選定されたねじふし鉄筋、プレートフックは、大規模地震を考慮した耐震設計において、鉄筋が大径化し、配筋作業の作業性の悪化や、コンクリートの充填不良の発生を防止するものである。



出典：東京鐵鋼（株）、HP

図 5-2-51 ねじふし鉄筋、プレートフック

ii) 技術の独自性・合理性・水準

- ねじふし鉄筋は、日本国内で開発実用化されたもので、鉄筋のふしがねじ状に配置され、鉄筋同士を結合するカップラーは、このねじふしを利用して結合されるものであり、結合作業が容易であるとともに、カップラー自体の外形も細く、コンクリートの充填性も良好である。なお、ねじふし鉄筋のコストは、一般の鉄筋と同等の単価が設定され経済的デメリットはない。**(独自性、合理性)**
- プレートフックもこのねじふしを利用したもので、半円形フック等による鉄筋の錯綜を回避することができる。**(独自性、合理性)**

iii) 海外使用に対する適合性

日本国内で製造されるものであり、海外での使用にたいして、問題はない。

iv) 本邦技術の範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、・ねじふし鉄筋、カップラー、プレートフックの材料費が本邦技術の対象となる。

5-2-5-3 アルミ製車両防護柵

(1) 景観配慮型のアルミ製車両防護柵の概要

0 景観配慮型アルミ製車両防護柵は、材料単価の高いアルミ材料の使用を極力減らすために、横棧部材に楕円形の部材を使用し、重圧感の軽減による景観性向上と使用材料の減少による経済性向上が図られている。また、アルミ材料自体が錆等の劣化の無い材料であり、維持管理コストの縮小も可能となっている。



出典：住軽日軽エンジニアリング HP

図 5-2-52 景観配慮型アルミ製防護柵

(2) アルミ製車両防護柵における本邦技術要素

1) 技術の独自性・合理性・水準

- アルミ材料は、鋼材に比べ高価であるが、加工が比較的容易であることから量産化により鋼製の防護柵に近いコストにできる。日本では比較的古くからアルミ製の防護柵が実用化され、量産化が進み、現在では鋼製の防護柵とほとんど変わらないコスト設定となっている。景観配慮型アルミ製車両防護柵は（社）日本アルミニウム協会参加各社により共同開発されたものであり、景観性への配慮による量産化と使用材料減少によるコスト縮減により景観性と経済性を兼ねた防護柵となっている。**(独自性、合理性)**
- 日本では、防護柵設置基準・同解説が比較的古くから整備され、比較的強度の弱いアルミ製防護柵においても、鋼製の防護柵と同等の強度が確保されている。**(高い技術水準)**

2) 海外使用に対する適合性

日本国内で製造されるものであり、海外での使用にたいして、問題はない。

3) 本邦技術の範囲

以上に示したような技術の独自性、合理性、水準や海外使用に対する適合性より、本要素技術は、本邦の優れた技術であると考えられる。

本邦技術の範囲としては、景観配慮型アルミ製車両防護柵の材料費が本邦技術の対象となる。

5-2-5-4 本邦技術一覧

本邦技術の活用にする一覧表を表 5-2-46 に示す。

5-2-5-5 本邦調達比率

以上までに摘出した本邦技術の事業費に対する比率は、以下の通り 30%を上回っており、STEP 案件としての適用可能と考える。

表 5-2-45 本邦調達比率

| |
|-----|
| 非公開 |
|-----|

表 5-2-46 本邦技術の活用検討表

| | 日本語名称 | 英語名称 | 西語名称 | 活用箇所 | メンテナンスの省力化 | 災害耐久性 | 現地資機材活用可能 | その他 | 機能 | 日本の優位性 | 取扱い日本企業 | 取扱い海外企業 | 海外での活用経験の有無及び国 | 類似技術 | それに対する優位性 |
|---|------------------------|---|---|--------------|------------|-------|-----------|--------------------|--|--|---|---------|------------------|--------------------|--|
| ① | 少数主桁橋 梁形式 | Bridge having small number of main girders | Tipo puente con reducido número de vigas principales | 上部工 (全体) | ○ | | | 経済性 | 主桁数の減少による経済性向上と、高耐久性床版の採用による耐久性向上を両立した形式である。 | 主桁数を減らしただけの類似品はあるが、基準化が進み実用化が進むのは日本だけ。 | 日本橋梁建設業協会 会員 | 無し | 無し | 多数主桁橋 梁形式 | 耐久性 経済性 |
| ② | プレキャスト PC床版 | Preformed concrete pre-stressed slabs | Losas de hormigón presentado y prefabricado | 上部工 (床版) | ○ | | ○ | 経済性 施工性 技術移転 | プレストレスの導入によりコンクリート床版の耐久性を向上させている。また、プレキャスト床版の継ぎ目は、ループ継ぎ手の採用と独自の形状により、耐久性の向上と型枠施工の省略を可能にしている。 | 類似のプレキャスト床版はあるが、結合構造や製造方法の基準化が進み、実用化が進むのは日本だけ。 | プレストレスト建設業協会 会員 | 無し | 無し | 合成床版 | 経済性 |
| ③ | 耐候性鋼材 | Weathering Steel | Materiales de acero resistentes al clima | 上部工 (鋼桁) | ○ | | | | 耐候性鋼材とは、鋼材表面に形成される緻密なさびの層によりさびの進行を防止、初期及び塗り替え塗装の省略を可能にした鋼材。 | 他国の耐候性鋼材と比べ耐候性と溶接施工性を兼ね備えた優れた性能を持つ。 | 新日鉄住金(株)、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所 | 無し | 有り (ニカラグア国等) | 通常鋼材 | 塗装及び塗り替えが必要 |
| ④ | トルシア型 高力ボルト | Torshear type high strength bolt | Perno de alta resistencia tipo Torshear | 上部工 (鋼桁) | | | | 施工性 | ボルト軸部の先端に付したピンテールで締め付けトルクの反力を受け、この反力によりピンテール部が破断することにより、締め付けトルクを制御できる構造。現場管理が容易な上、締め忘れ防止対策にもなる。 | 日本固有の技術 | 高力ボルト協会 会員 | 無し | 有り (ニカラグア国等) | 高力六角 ボルト | 左記ボルトは、締め付け管理を締め付け機材に依存するため、施工性と管理の確実性に劣る。 |
| ⑤ | SBHS400,500 鋼材 | SBHS400,500 (steel material) | Nuevo material de acero (SBHS 400, 500) | 上部工 (鋼桁) | | | | 経済性 製作 施工性 | 日本で開発された熱加工制御 (TMCP) 技術により鋼板製造時における加熱・圧延および圧延後の冷却の各プロセスを適切にコントロールし強度、靱性、溶接性などを鋼板に付与している。高強度化と溶接施工性の向上及びこれに伴う経済性向上を可能にした鋼材。 | 他国の鋼材と比べ強度と溶接施工性を兼ね備えた優れた性能を持つ。 | 新日鉄住金(株)、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所 | 無し | 無し | SMA490W SMA570W | 左記、鋼材や強度が低い上に、溶接施工時の予熱(施工前の加熱)が必要等施工性劣る。 |
| ⑥ | すべり型 免震支承 | Sliding base isolator | Aislamiento sísmico de base tipo rodamiento corredero | 上、下部工連 結部 | | ○ | | 経済性 | 円形のゴム支承上部に配置したテフロン板と上支承下部に配置したステンレス板との接触面に働く摩擦係数により地震力を減少させる構造である。ゴム支承部は、内部に配置されたリング補強部材により 25N/mm ² の高面圧が可能となり、これによるコンパクト化によりコスト削減が可能となっている。 | 日本固有の技術 | (社)BBM | 無し | 無し | 落橋 防止装置 | 左記構造は、支承部が損傷した後、落橋を防止するために設けるものであり、地震力を低減するものではなく、損傷の発生を防止することができず、地震後の健全性において劣る。なお、本橋梁は、道路橋示方書において、形状的に落橋の危険性が低く、落橋防止装置の設定が不要な範囲となっている。 |
| ⑦ | ねじふし 鉄筋 | Screw-knot reinforcement | Redondo de acero con nudos | 橋脚鉄筋 | | ○ | | 施工性 | 鉄筋のふしがねじ状に配置され、鉄筋同士を結合するカプラーは、このねじふしを利用して結合されるものであり、結合作業が容易であるとともに、カプラー自体の外形も細く、コンクリートの充填性も良好である。 | 日本固有の技術 | 東京鉄鋼(株)、JFE条鋼(株)、共英製鋼(株)、(株)伊藤製鋼、その他計10社程度 | 無し | 有り (ホンジュラス国等) | 竹ふし鉄筋 (普通鉄筋) | 左記鉄筋は、ねじふし鉄筋に比べ、継ぎ手作業が煩雑で、施工性劣る。 |
| ⑧ | プレート フック | Hook plates | Gancho cuneiforme | 橋脚鉄筋 | | ○ | | 施工性 | 上記、ねじふし鉄筋端部にプレートフックをねじ込み定着し、定着構造を簡略化、半円形フック等による鉄筋の錯綜を回避することができる。 | 日本固有の技術 | 東京鉄鋼(株)、JFE条鋼(株)、共英製鋼(株)、(株)伊藤製鋼、その他計10社程度 | 無し | 無し | 鉄筋をゆげ加工したフック | 左記構造は、狭隙部で鉄筋が錯綜し、配筋できなくなる場合があり、コンクリートの充填不良の可能性が高まる。 |
| ⑨ | 景観配慮型 アルミ製 車両防護柵 | Landscape-conscious aluminum vehicle fence | Las vallas de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia | 防護柵 | ○ | | | 安全性 景観性 | 景観に配慮した美しいデザインであるとともに、衝突実験による車両の逸脱に対する安全性や、錆等の劣化が無いアルミ材料の使用による長期耐久性とこれによる維持管理コストの縮小が図られた優れた製品である。 | アルミを使用しただけの類似品はあるが、基準化が進み、強度が確認、保証され、実用化が進むのは日本だけ。 | 日本アルミニウム協会 会員のうち4社の協同開発 (住軽日軽エンジニアリング(株)、天野アルミニウム(株)、三協立山アルミ(株)、JFE建材(株)) | 無し | 無し | 鋼製 防護柵 | 維持管理しやすい構造。錆等の劣化が無いアルミ材料が使用され、高耐久性や維持管理コストの縮小が図られている。量産体制の確立や楕円レールの採用等による使用材料の減少に伴う初期コスト削減や、楕円レールや支柱形状の改善等による景観性の向上が図られている。 |
| ⑩ | 送り出し 架設工法 | Launching Erection Method for Bridge Girder | Método de extrusión para la construcción de puente | 上部工 架設工法 | | | | 施工性 | 橋台、橋脚の各支点到桁移動可能な専用のジャッキを設置し、片側より徐々に桁を移動、所定の位置に架設する工法であり、大型クレーンが不要で、鋼板桁橋の適用を優位にする工法である。河川内での施工を省略できるとともに、施工時の安全性を改善した架設工法である。 | 送り出し支点的反力制御等を行わない類似工法はあるが、適切な反力制御が行われ、座屈等に対する安全性を向上させた優れた技術。 | 日本橋梁建設業協会 会員 | 無し | 無し | クレーン 架設 | 河川内にベント設備の設置が必要なことや、河川内からの架設作業となるため、雨期中の施工は危険である。 |

