

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

「ブ」国は、国土(46,500km²)の大部分が山岳地帯で道路交通が唯一の交通手段となっており、道路は基礎インフラとして最も重要である。「ブ」国の主要交通道路および橋梁の整備は、1961年に始まった第1次5ヵ年計画以来、常に重要課題として取り上げられて、全国の県庁所在地の主要都市を結ぶ幹線道路網整備を重点に実施されてきた。しかし、国道上の多くの橋梁は1970年～80年代に架橋された仮設ベイリー橋で既に耐用年数を過ぎており、損傷や老朽化が著しく、農業を中心とする地域経済の拡充による交通量や積載量の増加により、橋桁の変形、部材の摩耗、腐蝕および結合部の緩み、桁変形による橋のたわみ等の現象が見られ、崩落の危険性が指摘される橋梁も存在する。

このような状況の下、「ブ」国政府は橋梁架け替えの重要性に鑑み、公共事業・定住省が管轄する22橋に係る開発調査の実施を我が国に要請し、これを受け我が国は1997～1998年にかけて「橋梁整備計画調査」を実施した。同調査では22橋の中から緊急に架け替えの必要な12橋が選定された。その中で最も架け替えの優先度が高い5橋に関し、我が国は無償資金協力として「橋梁架け替え計画」を実施し、2003年に完成した。引き続いて3橋を対象とした「第二次橋梁架け替え計画」が実施され、2007年11月に完成した。

上記のプロジェクトに続く無償資金協力として、「ブ」国は我が国に対し2006年8月、国道5号線上にある、架け替えが行われていない11橋のうち6橋梁(ラワカー橋、バソチュ橋、ニャラチュ橋、ブリチュ橋、チャンチー橋、ローリン橋)について架け替えを要請した。この要請に対し、2007年10月に派遣された予備調査において下記の必要性を確認した。

- ① 国道5号線は、インドと接続している道路の中で唯一、自国で管理でき、また、南部平野部の開発地域を通過する道路でもあることから、非常に重要な道路である。そのため安全で円滑な道路交通を確保する必要がある。
- ② ①に関連し、国道5号線の橋梁のほとんどは仮設橋であるベイリー橋であり、永久橋として設計・施工されていない。現時点では落橋の危険性がないものの、将来の地域開発にともない交通量、特に大型車輛の増加に耐えうるだけの設計・施工はなされていないため、将来の安全な交通を確保する必要がある。

以上の結果を受けて、下記の当初要請内容について、2008年4月、プロジェクト実施に際しての無償資金協力の位置付け、効果といった観点から技術的・経済的妥当性を検証するため基本設計調査団が「ブ」国へ派遣された。

この調査結果を受けて、上記目標を達成するため、国道5号線にある11橋について架け替えを実施することとしている。これにより、国道5号線において安定した輸送が確保されると期待されている。この中において、無償資金協力事業は、要請された6橋について仮設橋から永久橋へ架け替えを行うとともに、要請対象でない5橋について「ブ」国側で架け替えることとしている。

＜当初の「ブ」国からの要請内容＞

ラワカー橋(橋長：45m)、バソチュ橋(橋長：30m)、ニャラチュ橋(橋長：45m)、ブリチュ橋(橋長：48m)、チャンチー橋(橋長：54m)、ローリン橋(橋長：120m)
(橋長はいずれも要請橋長)

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

本調査の対象橋梁が位置する国道5号線には12橋の橋梁があり、現在までに我が国の無償資金協力(第2次計画)で「ワクリタル橋」が、仮設橋であるベイリー橋からランガー橋に架け替えられている。しかし、残りの11橋についてはベイリー橋であり、調査の結果、設計寿命を超えており、制限荷重は8t～18t、幅員が3.25mと車両が安全で円滑に走行できる状況になく、これに加えて、たわみや落石などによる損傷、部材の摩耗、腐食などの老朽化がみられる状況である。この状況は、即座に落橋するような非常に危険な状況にあるわけではないが、南部地域の開発計画が進んだ場合、交通量、特に大型車両の増加が予測され、プロジェクト目標である、安定した人、物資の輸送に対して、既設橋梁がボトルネックになる可能性があり、既設橋梁の架け替えが必要とされている。国道5号線の円滑で安全な交通を確保するために、本プロジェクトにおける設計の基本方針は以下のとおりとした。

- ① 対象橋梁である6橋梁は、現地調査の結果、橋長が30mを超えるため、「ブ」国の実績、地形条件、調達事情などの観点から「ブ」国での実施は困難であり、我が国の無償資金協力による架け替えを行うこととした。対象外の5橋梁については「ブ」国の実績を考慮して、「ブ」国側により架け替えを行うこととした。
- ② 「ブ」国の道路基準である「Road Survey & Design Manual」によると国道5号線の幅員は6.0mであることから、走行性、安全性、連続性を考え有効幅員は6.0mを確保した。
- ③ 橋梁設計においては、ワクリタル橋(第2次計画)と同様に「The Indian Roads Congress (IRC 基準)」で定められている「Class A 活荷重」を用いることとした。
- ④ 「コスト削減」を意識し、必要最小限のコストで最大の効果を発揮できるよう設計、施工計画等について検討を行った。その結果、仮設橋であるベイリー橋から永久橋であるPC単純箱桁橋(4橋)、鋼単純合成I桁橋(1橋)、鋼単純ランガー橋(1橋)の建設を行うこととした。
- ⑤ 「ブ」国の維持管理能力、実績を考慮し、維持管理が大きな負担とならないよう、鋼橋である鋼単純合成I桁橋、鋼単純ランガー橋については耐候性鋼材を用いることとした。

3-2-1-2 自然条件に係わる方針

(1) 地形

国道5号線は山岳地帯を通過する路線であるため、急峻な地形に沿った道路線形であることに加え、対象サイトの多くはプナチャンチュ川に沿って位置している。そのため、施工計

画における輸送上の制限の有無や工事に必要なスペースを確保できるかを検討し、取付道路の道路線形にも反映させる方針とした。

(2) 気候

「ブ」国の気候は「2-2-2 自然条件」で述べたような特性を持っている。

これらの特性を、雨量に見合う排水設備の設計や、雨期における施工の可能性など、設計・施工計画・工程計画に反映させる方針とした。

(3) 地震

「ブ」国は地震国であるが、公式の発生履歴や規模、地震による被災状況をまとめた文書が無いため、正確な地震の分布は不明である。「ブ」国の地震の規模については、インド IRC 基準を見てみると、同基準の地震領域図には「ブ」国がいずれの領域に属するか示されていないため、隣接するインド・アッサム地方の地震条件(地震の影響が大きい「ゾーンV」)に準じるものとして設計に反映させる方針とした。

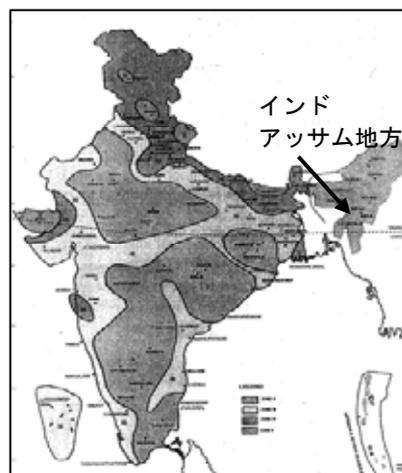


図 3-1 インド・アッサム地方の地震条件
(出典：IRC より)

3-2-1-3 社会経済条件に係わる方針

国道 5 号線を中心とした社会経済状況は下記のとおりである。

- ① 国道 5 号線は対象地域唯一の幹線道路であり、首都であるティンパーへのアクセスや地域内の主要都市であるワンディポダン、ダンブー、サルパン、ゲレフへの移動にも利用される路線であることから、バスなどの公共交通による人的交流において重要な路線である。
- ② 国道 5 号線沿線地域の産業は、森林地帯が多い北部は林業、南部の平野部では農業であり、国道 5 号線は、これら生産品をティンパー、ワンディポダン等へ輸送する路線として利用されている。
- ③ 国道 5 号線に沿ったプナチャンチュ川は水量が多く、地形が急峻なことから水力発電所に適した地形であり、既にバソチュ水力発電所が稼働している。また、現在ワンディポダン近郊にプナチャンチュ水力発電所建設の計画があり、既に送電線用の鉄塔建設が行われている。
- ④ 南部平野部の地形を利用し、ジグミリン工業団地建設計画、グリーンフィールド国際空港建設計画があげられており、これら計画の実施に際しては国道 5 号線が資機材の輸送路として使用される。

以上のような状況から、公共交通の利用を考慮すると安全で円滑な交通が確保できる橋梁および取付道路の設計を検討する必要がある。特に地域経済の発展による物資輸送の増加や

国道5号線沿道で計画されている開発計画から、将来、大型車交通が増加する可能性があり、既にDoRは一部区間の道路拡幅工事を行っていることから、大型車の円滑な走行を確保できるよう、橋梁および取付道路の設計に反映した。

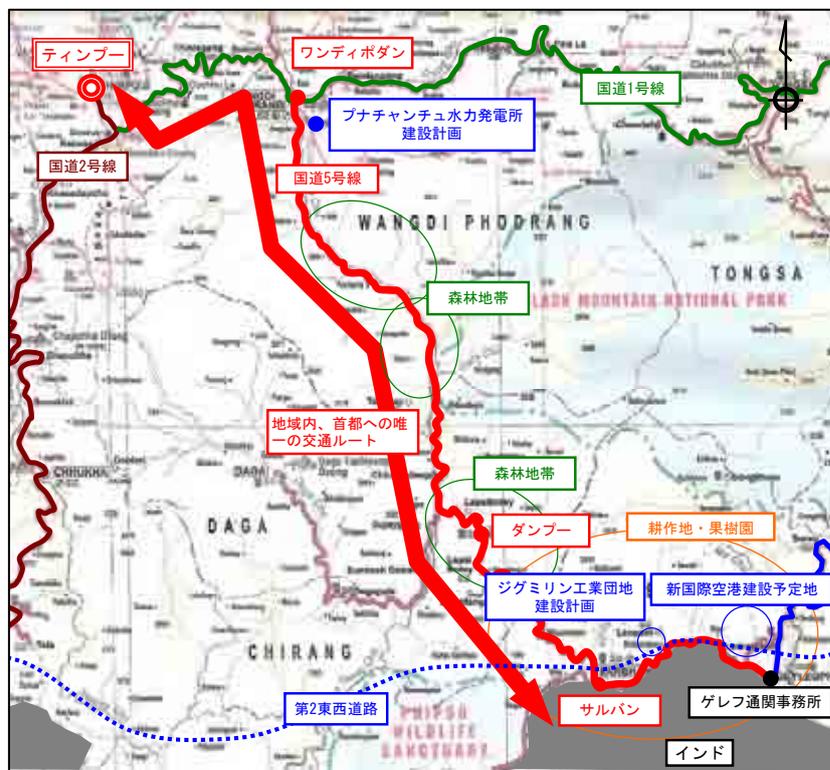


図 3-2 国道 5 号線沿線の状況



図 3-3 バス運行の様子



図 3-4 急カーブの拡幅状況

3-2-1-4 環境社会配慮に係わる方針

(1) 環境配慮について

① 環境承認について

本プロジェクトにおける環境承認の手続き状況について、環境承認は予備調査で IEE (Initial Environmental Examination) を実施し、予備調査期間中に申請が提出された。その結果、EIA (Environmental Impact Assessment) 調査を必要とするような環境配慮上の課題が見当たらないこともあり、2007 年 12 月に環境承認が了承された。環境承認の追加手続きの必要性について基本設計調査時に確認を行った結果、現在取得している承認で十分であ

り、これ以上の手続きは必要ないとの回答を国家環境委員会(The National Environment Commission : NEC)より得ている。特に動植物については、基本設計調査時においても沿道住民、NEC、農業省森林局、環境NGOへのヒアリングから、動植物への影響は少ないものの、工事に際しては環境に配慮した施工計画が求められた。

②環境負荷と低減策について

事業実施の配慮として、予備調査時に実施したIEEレベル調査において評価B以上の項目(多少のインパクトが見込まれる)が示されている。これら項目をレビューし、施工時の環境負荷を低減するための対策について検討を行った。表3-1、表3-2に示す項目について、施工計画・管理を行うとともに、事業実施中にモニタリングを行う必要がある。

表 3-1 本プロジェクトにおける環境負荷と低減策(1)

項目	留意点	対策	モニタリング時点		
			工事前	工事中	供用後
雇用や生計手段等の地域経済	全ての対象橋梁で工事にもなう通行制限の最小化検討	既設橋梁、既存道路を迂回路として利用し、交通の遮断を出来る限り避ける。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	—
土地利用や地域資源利用	・ラワカー橋に隣接する水路とその機能を確保するための橋梁取付道路改修方法の検討 ・チャンチー橋に隣接する森林局事務所用地の一部の収用申請の実施と移設の要否確認	・水路については道路改修を行っているときでも水の供給がとぎれないよう対策を講じる。 ・事務所の移設は「プ」国負担として移設可能の確認済みである。	設計、施工計画の確認	施工実施状況の確認	瑕疵検査時に確認
既存社会インフラや社会サービス	全ての対象橋梁で工事にもなう通行制限の最小化検討	既設橋梁、既存道路を迂回路として利用し、交通の遮断を出来る限り避ける。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	—
水利用、水への権利・共通の権利	ラワカー橋に隣接する水路とその機能を確保するための橋梁取付道路改修方法の検討	水路については道路改修を行っているときでも水の供給がとぎれないよう対策を講じる。	設計、施工計画の確認	施工実施状況の確認	瑕疵検査時に確認
公衆衛生	全ての対象橋梁で建設工事にもなうゴミ発生および工事関係者によるゴミ発生抑制と適正処理方法の検討	指定場所への確実な廃棄を実施する。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	—
災害	全ての対象橋梁で橋台基礎掘削工事中に降雨による災害リスクを回避・低減するための対策の検討	雨期に下部工工事を行わないよう施工計画を立案、実施する。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	—
地質、地形的特徴	全ての対象橋梁で橋台建設にもなう地形改変を最小化する橋台位置の選定と設計の検討	地形・地質調査結果を踏まえ、地形改変が最小化する施工方法を採用する。	設計、施工計画の確認	施工実施状況の確認	—

表 3-2 本プロジェクトにおける環境負荷と低減策(2)

項目	留意点	対策	モニタリング時点		
			工事前	工事中	供用後
動植物、生態系	環境保全地域内のニャラチュ橋とローリン橋において生態系への影響を回避低減するため、生物移動時期を避けた工事期間、発破作業の回避、騒音や照明などによる影響の回避策の検討、作業員による動植物捕獲防止の対策、植林等によるミチゲーションの検討	騒音環境基準など各種の環境基準に従った施工の実施、最小限の発破作業、作業員への動植物捕獲防止の教育、植生工の採用など、動植物への影響が出来るだけ小さくなる施工計画を立案する。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	瑕疵検査時に確認
景観	ローリン橋において橋梁架け替え工事にもなう樹木伐採等のミチゲーションの検討	植生工の採用などにより景観への影響を最小限にとどめる。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	—
水質汚濁	全ての対象橋梁で工事期間中の河川水質汚濁を防止するための橋台建設工事の工事期間設定と工法および水質保全対策の検討	雨期での工事を控え汚濁水の流出を防止する、工事現場からの汚濁水流出を防ぐ工法の採用、工事期間中に水質検査を行い水質の状況を把握する。	工法、施工計画の確認	施工実施状況の確認	—
廃棄物	全ての対象橋梁で既存橋梁の解体によって発生する廃棄物の再利用、再生利用、最終処分の適正化検討および工事関係者によるゴミ発生抑制と適正処理方法の検討	既設橋梁の撤去に際し、廃材がサイトに残ることの無いよう「フ」国に申し入れる。また、工事関係者によるゴミ発生に対しては、指定場所への確実な廃棄を実施する。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	瑕疵検査時に確認
騒音・振動	全ての対象橋梁で工事期間中の騒音・振動の発生を抑制するための適切な工法および対策の検討	騒音環境基準に従った施工を実施する。	施工計画の確認	施工実施状況の確認	—

これら環境モニタリングの実施については、環境承認においても環境モニタリング計画が求められており、承認として Environmental Codes of Practice(以下、ECoP という)に従うこととなっている。この ECoP によると、モニタリングおよび評価は DoR または外部機関が行うこととなっており、具体的には日常の管理は施工業者が行うことを求めており、定期的な管理は DoR が行うことが規定されている。以上から、環境モニタリングの実施に際しては DoR が適切にモニタリングを実施することが確認された。

なお、用地確保に関しては以下に詳細を示すこととする。

(2) 用地確保について

用地確保の観点からラワカー橋、ブリチュ橋、チャンチー橋については下記に示す対策を行うこととした。

①ラワカー橋

右岸(ダンプ側)には民家と水田があり、左岸(ワンディポダン側)はダム建設用道路が建設されていることから仮設ヤードの設置が難しい状況である。そのため、近隣のサイトであるバソチュ橋と共有することとする。下部工用の建設道路を右岸に設置する計画であるが、建設に際しては民家や水田に影響しないようにする。

また、右岸側道路にはボックスカルバートがあり、水田までの農業用水路として使われている。道路工事に際しての農業用水路への影響が無いよう、対策を講じることとする。

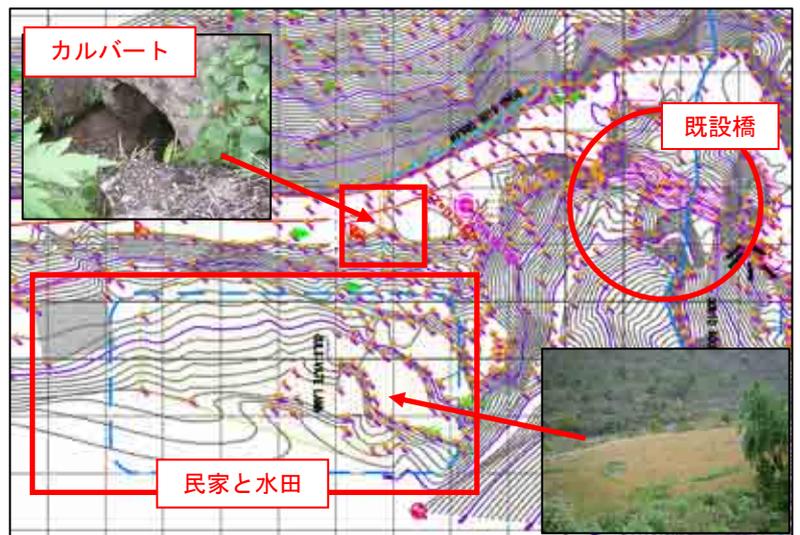


図 3-5 ラワカー橋右岸の様子

②ブリチュ橋

右岸(ワンディポダン側)に民家があるため、民家に影響を及ぼさない架橋位置、取付道路の線形とする。

③チャンチー橋

左岸(ダンプ側)に森林管理事務所があり、新橋への取付道路が事務所敷地に掛かる可能性がある。これについては事務所が政府関係の施設であり、「ブ」国負担として移設可能であるとの判断から、線形によっては事務所移設を行うこととする。



図 3-6 ブリチュ橋右岸の様子

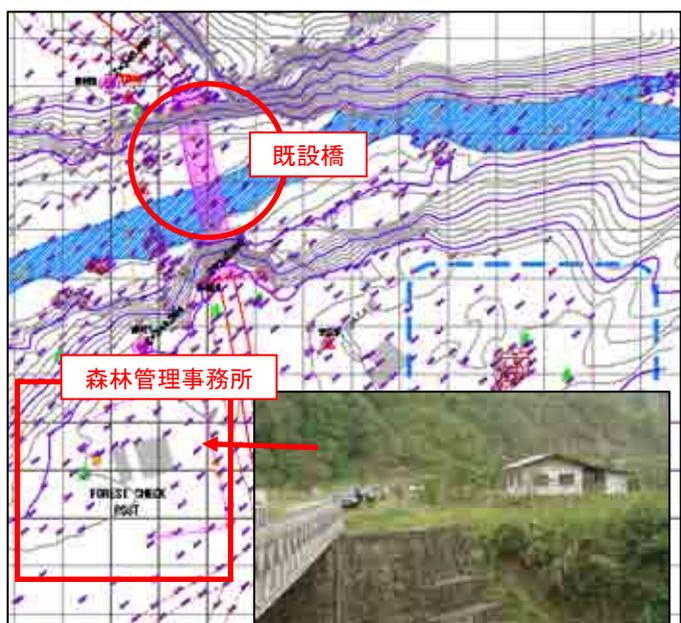


図 3-7 チャンチー橋左岸の様子

3-2-1-5 建設事情に係わる方針

(1) 現地建設事情

「ブ」国の2006年の実質経済成長率は8.5%（統計資料2007年）であり、建設関連部門のGDPに占める割合は農業部門や電力部門に次ぐ第3位の13.4%である。また、建設関連部門の就業人口割合も農業部門やその他部門に次ぐ第3位の12.4%である。「ブ」国の建設関連部門は、外貨収入の約半分を占める水力発電所の建設に寄与するばかりでなく、山岳国のライフラインである道路整備等に貢献する重要な部門となっている。道路整備の主な事業内容は新設道路建設、道路改良（路面再生舗装を含む）、橋梁建設であり、橋梁架け替えは少ない。

現地建設業界は活発な活動にも拘らず、以下の問題を持ち合わせている。

- ・建設作業員（特に熟練工）及び土木技術者の不足
- ・建設関連工業製品（セメント以外）の輸入依存
- ・建設機械の不足（＝機械化の遅れ）
- ・中規模以上の永久橋梁建設経験の不足
- ・橋梁を含む道路の通行制限のために大型重機/車両による作業制約

このような状況により、建設工事は品質低下や工期の遅れを招いている。

(2) 建設事情に係わる設計方針

上記の現地建設事情を踏まえて、設計方針を以下の通りとした。

- ・橋梁上部形式の選定に際しては、現地資材の活用及び橋梁技術の向上のためにPC橋梁も検討する。
- ・鋼製橋梁が選定される場合には、橋梁維持費削減のために耐候性鋼材を採用する。
- ・大型重機/車両を使用する場合は道路の通行制限を考慮した施工計画を検討する。
- ・現地建設業者の活用が容易となるように、取付道路には「ブ」国式の石積擁壁や排水施設を採用する。なお、アスファルト舗装作業では「ブ」国式の労働集約的な方法（人力による合材混合）を採用する。

3-2-1-6 プナチャンチュ水力発電所建設計画による影響に係わる方針

(1) 水位の上昇

経済省エネルギー局(Department of Energy、以下 DoE)のヒアリングによると、ダムが満水時には、国道5号線最北のヘソタンカ橋付近では、水位が道路面から15m近くまで上昇するが、対象6橋梁は全てダム予定地より下流にあるためダムの水位には影響されない。また、下図に示すようにダムから放流された水は延長8.5kmの導水トンネルを通して発電所を通過後、バソチュ橋とニャラチュ橋の間にある放水口から再びプナチャンチュ川にもどる。

このように、対象6橋梁地点ではダムの水位による影響を受けないため、新設橋梁の計画路面高は現状の水文データおよび取付道路高さにより決定することとした。

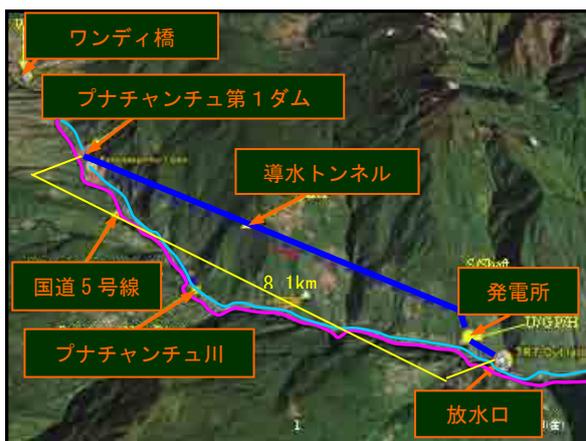


図 3-8 プナチャンチュダム導水トンネル
(出典：DoE 入手資料より)



図 3-9 プナチャンチュダム計画高水位・低水位
(出典：DoE 入手資料より)

(2) 発電所建設のための運搬車両の通行

DoEによると、発電所建設のための資材の輸送には国道5号線を利用し、発電機など重量物は国道2号線を利用するとのことであった。このため、対象6橋梁の設計には一般の国道橋と同様に、活荷重としてIRCのClass Aを適用することとした。

(3) 発電所建設のための仮設アプローチ道路

本調査時に予期せず、ラワカー橋の左岸側橋台付近でダム建設のためのアプローチ道路の建設が始まっていることを確認した。このため、やむを得ずこのアプローチ道路に干渉しないと思われる位置に新橋を建設することとし、既存橋を山側に移動して工事中の迂回路を確保することとした。



図 3-10 プナチャンチュダム・アプローチ道路の建設状況

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 適用基準

(1) 道路設計

道路設計には、「Royal Government of Bhutan, Ministry of Works & Human Settlement, Department of Roads, Thimphu, Road Survey & Design Manual (First Edition June 2005)」を使用した。

(2) 橋梁設計

橋梁設計には「Standard Specification and Code of Practice for Road Bridge, The Indian Roads Congress (IRC 基準)」を基本とするが、部材の耐荷力算出方法など上記基準に明確に示されていない部分などについては、我が国の道路橋示方書の規定を用いるものとした。

(3) 仮設構造物などの設計基準

橋梁を構築するための固定支保工などの仮設構造物および土留め構造の設計には、日本の仮設構造物の設計基準に従った。

3-2-2-2 道路設計の基本

(1) 道路規格

DoR は幹線国道の 2 車線化工事を進めている。今回の第三次橋梁架け替え計画の対象となる 6 橋の他、「ブ」国が実施する残り 5 橋の架け替えにおいてもすべて 2 車線を基本に計画されている。このことから本橋についても図 3-11 に示す 2 車線を基本とした。

- ・ 道路基準 : Class A
- ・ 道路規格 : National Highway (Double Lane)
- ・ 設計速度 : 60km/hr

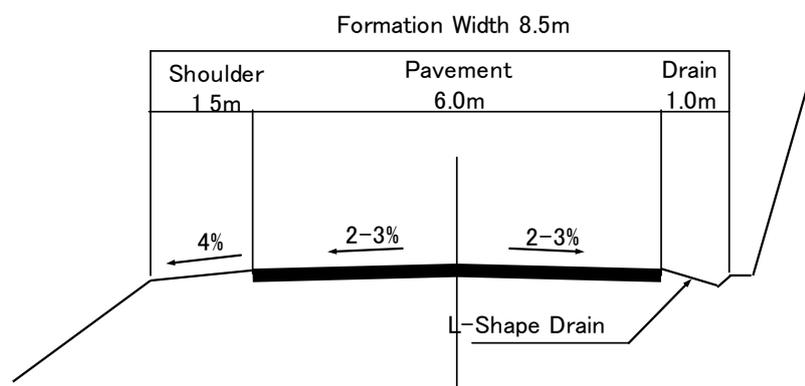


図 3-11 道路幅員構成図 (National Highway / Double Lane)

(2) 設計速度の緩和

国道5号線の設計速度は前項に示すように60km/hrであるが、橋梁の背後に規定の設計速度の線形確保が困難な急崖などがある箇所では、当面交通機能の著しい低下を招く恐れがないこと等から、取り付け道路の設計速度を20km/hrとした。

(3) 道路幅員

道路幅員は、第二次架け替え計画で架橋されたワクリタル橋も既に6mの幅員構成を採用しており、「ブ」国が実施する5橋の架け替えにおいても幅員は6mと予定されている。このことから、対象6橋の幅員も6mが妥当である。このことにより、国道5号線上の橋梁の幅員はすべて6mとなる。今回計画する基本幅員構成を図3-12、図3-13および図3-14に示す。

① 道路部

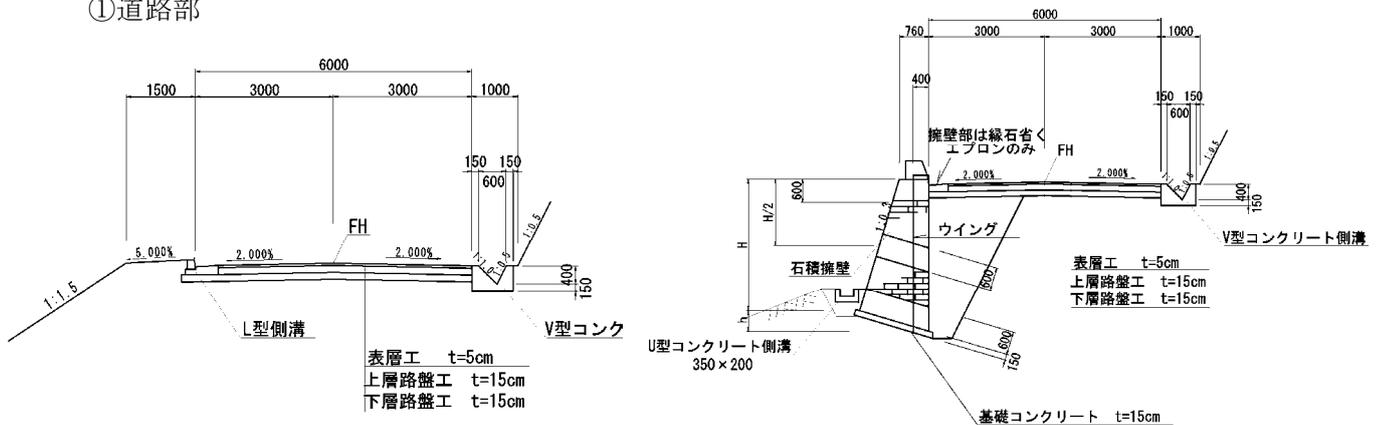


図 3-12 道路幅員(道路部・土工部)

図 3-13 道路幅員(道路部・石積擁壁部)

② 橋梁部

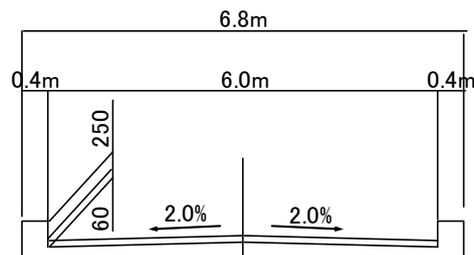


図 3-14 道路幅員(橋梁部)

(4) 最小平面曲線半径

架け替えの対象となる6橋のうち、バソチュ橋、ニヤラチュ橋およびローリン橋の3橋が国道とほぼ直交して架橋される。規定の設計速度を適用すると、取り付け道路の山側切土範囲が大規模となるため、これらの橋梁の取り付け道路は設計速度を緩和した。なお、第二次橋梁架け替え計画においては道路局が所有する全長13.5mのセミトレーラーの走行を前提とし

て、最小曲線半径 12.5m を採用したが、現時点ではトレーラーが大型化したため、規定通りの最小曲線半径（15m）を採用することとした。その他の 3 橋については、ほぼ直線区間となるため設計速度 60km/hr の規定を用いることとした。

(5) 平面・縦断線形

道路と橋梁がほぼ直交する部分の平面線形の設計に当たっては視距による拡幅は考慮するが片勾配の設置は行わない。また、橋面については排水を考慮して最小縦断勾配を 0.5% とした。

(6) 道路切り土法面および盛土勾配

各サイトにおける線形計画に伴い、やむを得ず地山の切り土が発生する場合には、切土高と地山の地質に応じて表 3-3 に示す切り土勾配を適用した。

表 3-3 切り土勾配

地山の土質及び地質		切土高	勾配（割）
硬岩～中硬岩		--	0.3～0.8
軟岩（風化岩）		--	0.5～1.2
礫質土、岩塊または 玉石混じり砂質土	粒度分布良	10m以下	0.8～1.0
		10～15m	1.0～1.2
	粒度分布 不良	10m以下	1.0～1.2
		10～15m	1.2～1.5

(7) 道路設計基準のまとめ

本計画で用いる道路設計基準をまとめると表 3-4、表 3-5 のとおりとなる。

表3-4 「ブ」国道路設計基準

道路の種類（交通量）			設計速度 60 (km/hr)
国道	CLASS A 2車線	車道	3.5m
		路肩	1.5m
		道路	6.5m

表3-5 道路の幾何構造

項目	単位	数値	
設計速度	Km/hr	60	20
横断勾配	%	2.0	2.0
最大片勾配	%	7	--
平面線形 : 最小曲線半径	m	120	15
縦断線形 : 最大縦断勾配	%	7.0	8.0
: 最小縦断勾配（橋面）	%	0.5	

3-2-2-3 橋梁設計

(1) 主要設計荷重

① 活荷重

「ブ」国側は本プロジェクトの他、残る 5 橋の架け替え工事も本橋の完成と合わせて建設する方針である。これらの橋梁も、ワクリタル橋などの第二次架け替えプロジェクトで援助を実施した橋梁と同様永久橋としての活荷重を用いて設計することとしている。よって、今回の設計活荷重も、「ブ」国における永久橋の活荷重として用いられる IRC 基準の Class A 活荷重を用いることとした。

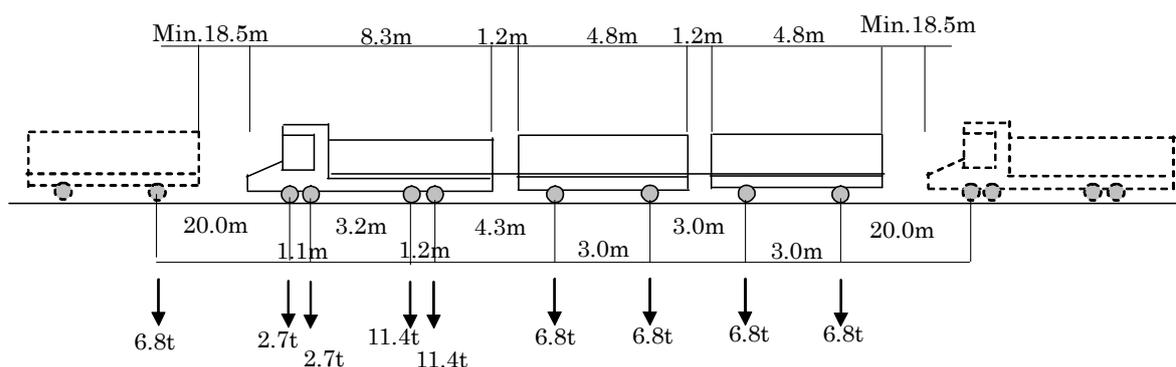


図 3-15 IRC 基準の Class A 活荷重

② 設計水平震度

IRC 基準の地震区域区分図には「ブ」国は表記されていないが、同図によると「ブ」国の南部および東部に接するインドのアッサム地方は最も地震の影響が大きい「ゾーンV」に属している。従って、「ブ」国全域にも「ゾーンV」を採用するのが妥当と考える。このことから、設計水平震度 (Ah) は、IRC 基準 222.5 に示される計算式から Ah=0.22 を採用した。なお、鉛直震度 (Av) は考慮しないこととした。

$$Ah = (Z/2) \times (Sa/g) / (R/I) \times \alpha = 0.216$$

ここで、Z : Zone factor (V) = 0.36

Sa/g : 2.5 (T < 0.5sec : h=0.05)

R : Response reduction factor (=2.5)

I : Importance factor (=1.5 Importance Bridge)

α : 減衰定数の違いによる補正係数(=0.8)

③ その他の荷重

死荷重、土圧などの荷重は一般的な算出式を用いて算出した。

(2) 使用コンクリート

1) コンクリート設計基準強度

a) 下部構造

コンクリートは現場において移動式のみキサで混練されるため、計量の精度は十分でない。そのため、配合強度は高めに、設計基準強度は低めに押さえ、強度のバラツキや施工時の運搬などによる強度低下に備える必要がある。このことから下部構造に用いるコンクリートの設計基準強度は RC 構造としての最低設計基準強度である、

$\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ (CYLINDER) とした。

b) 上部構造

① プレストレス・コンクリート桁

「ブ」国において PC 橋の実績はまだ少ないものの最近増加しつつある。これらの設計基準強度は、 $30\text{N/mm}^2 \sim 40\text{N/mm}^2$ が用いられている。現在工事中（ほぼ完成）の PANGZURMANI BRIDGE (GELEPHU-TRONGSA HIGHWAY) では、 40N/mm^2 のコンクリートを用いている。一方、材料調達調査によると、「ブ」国において良く用いられるコンクリートの最高設計基準強度は、 32N/mm^2 であり、 40N/mm^2 はまだまれなケースと考えられる。我が国の道路橋示方書では、ポストテンション方式の最低設計基準強度は、 30N/mm^2 である。従って、PC 橋梁はポストテンション方式に限定して考えることとし、この場合のコンクリートの設計基準強度を $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ (CYLINDER) とした。なお、配合強度は一定の品質と密実なコンクリートを得るため更に上のクラスの強度とすることが望ましい。

② 床版

床版は密実なコンクリートとすることが望ましい。また施工条件も下部構造に比べ良好であるため、合成桁と PC 桁の床版コンクリートの設計基準強度を $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ (CYLINDER)、その他は $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ とする。

(3) 橋梁部舗装

「ブ」国でしばしば用いられているセメントコンクリート舗装は防水層を設けることが出来ないため、舗装コンクリートのひび割れを通じて床版への浸水が懸念され、床版の耐久性を低下させる可能性がある。従って、本計画には、アスファルト舗装（60mm）を採用した。

(4) 道路付帯構造物設計基準

擁壁、排水側溝、橋梁周辺の付帯構造物については、現地労働力および資材調達の面から可能な限り「ブ」国で用いられている方式を採用し、設計についても IRC 基準を基本的に用

いるが、規定されていない条項については、「道路土工設計要覧」（社団法人日本道路協会）によった。

3-2-2-4 計画路面高さ

架け替え予定の 6 橋梁の河川状況から計画路面高さおよび橋脚の設置に与える条件を整理すると表 3-6 のとおりとなる。

表3-6 河川からの条件一覧表

橋梁名	H. W. L. (m)	H. W. L.の影響	橋脚設置の可否
ラフカー橋	1173.0	桁下余裕は十分あり、路面高さは現況に合わせる。	地形条件より設置不可能
バソチュ橋	1032.0		
ニヤラチュ橋	526.0	桁下高さを現橋の路面より1m上げる必要がある。	急流による洗掘、転石の衝突の可能性があることから、避けるのが望ましい。
ブリチュ橋	373.0	桁下余裕は十分あり、路面高さは現況に合わせる。	
チャンチー橋	336.0		
ローリン橋	1093.0		地形条件より設置不可能

3-2-2-5 橋梁形式の比較

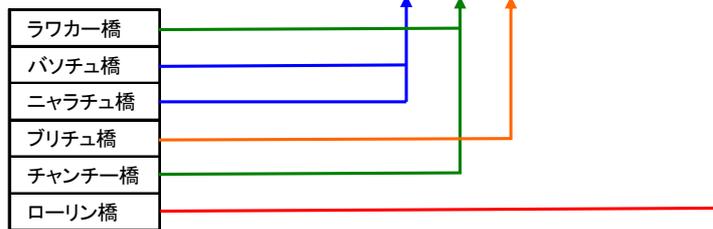
次ページ以降に、1)ラフカー橋、2)バソチュ橋、3)ニヤラチュ橋、4)ブリチュ橋、5)チャンチー橋、および6)ローリン橋について橋梁形式の選定比較のため、下記の検討を行った。

- 架橋位置の状況
- 架橋ルート of 検討
- 橋台位置および支障条件
- 地形・地質および水文条件と基礎形式の関係
- 上部工施工法の選定基本条件
- 考えられる橋梁上部工形式（一次選定結果）
- 橋梁形式検討

これら検討内容の総括表を次ページ以降に示す。なお、橋梁上部工形式の選定に当たっては表3-7の支間と橋梁形式の適合表を用いた。この表は過去の実績から、支間長に対する適用橋梁形式を整理したものである。

表 3-7 支間と橋梁形式の適合表

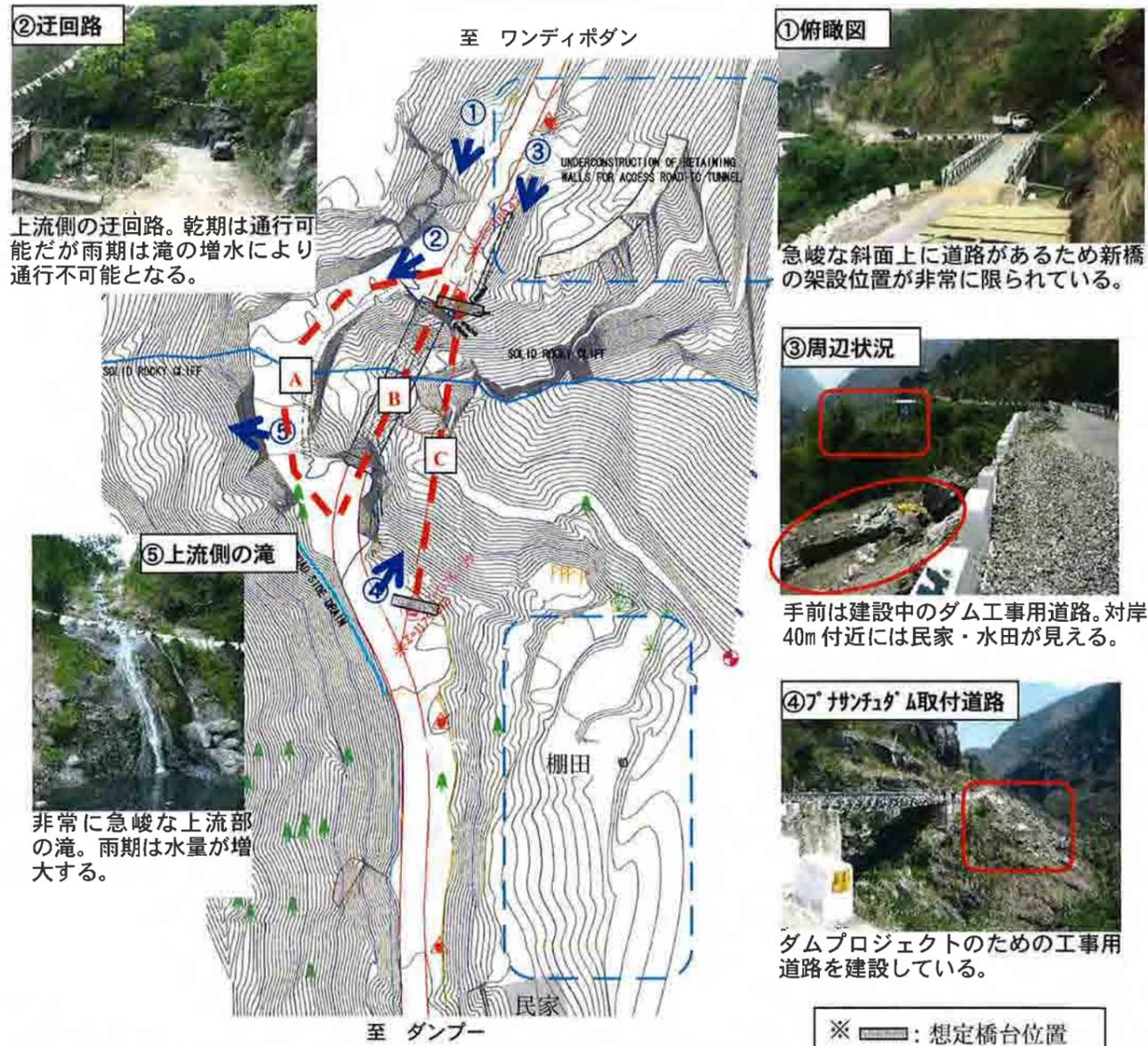
橋種		20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m	75m	80m	85m	90m			
鋼橋	単支間	桁橋																	
		合成I桁橋																	
		ポニートラス																	
		下路式トラス																	
		下路式 アーチ系	ランガー桁橋																
			ローゼ桁橋																
アーチ桁橋																			
リート コンク 橋	単支間	桁橋	ポストT桁橋																
			PC箱桁橋																
		下路式アーチ橋																	



凡例 { : 一般的によく適用される範囲
 : 比較的に適用される範囲

なお、基礎形式は比較的浅い部分に支持層を求めることが出来るため、直接基礎を基本とするが、支持層が深い場所や急斜面上では、大型の施工機械を必要とせず人力で杭を構築する深礎工法を用いることとした。

1. ラワカー橋



(1) 現場状況

- ワンディーポダンより約9kmの地点。
- 既存橋の山側には滝が流れ込んでおり、谷側は急峻な崖になっている。また、乾期は滝の水流は少なく車両は山側迂回路を通過可能であるが、雨期には滝の水量が増加し飛沫が現橋まで掛かる程になり、山側迂回路は通行不可能となる。
- 今回調査にて確認した結果、左岸側でプナチュグム水力発電所建設に使用する工事用道路の建設がなされていた。この道路工事はラワカー橋の直近で実施されており本計画の線形および施工計画などに制限を与える。
- 右岸側40m付近には民家及び水田が存在し施工時には土地の一部借用が必要になる。
- 既存ユーティリティーとして橋梁に水道パイプが添架されている。

(2) ルート検討

以下の3ルートが考えられる。

ルート	概要	評価
A	雨期は増水した滝により通行不可能となるため不可。	×
B	施工時の通行確保が出来ないため不可。 (山・谷側ともスペースがないため仮橋や既設橋の移設が不可能)	×
C	唯一実施可能な線形。 既設擁壁は掘削などによる影響(崩壊等の恐れ)が予測できないため、既設擁壁を避けた線形とすることが望ましい。但し、左岸側は既設擁壁上以外にスペースがないため慎重な計画・施工が必要となる。	○

(3) 橋台位置および支障条件

ワンディーポダン側橋台(A1)は、周辺が急峻な斜面となっており橋台を設置できるスペースが既設擁壁の内側しかない。ダンブー側橋台(A2)は現道谷側に斜面が存在するため、「橋長を短くすること」「上部工架設用スペースの確保」を目的にこの斜面上に橋台を設置する。この場合、橋長は約45mとなる。なお、A1橋台位置は既存橋梁の橋台と競合するため、施工時に既存橋梁の上部工の移設と橋台の取壊しが必要となる。

(4) 地形・地質および水文条件と基礎形式

A1橋台付近は急傾斜の片麻岩が露頭しているため、基礎形式は直接基礎が考えられる。一方、A2橋台側は表層に埋土が堆積し、その下に旧崖層および片麻岩層が分布している。直接基礎とした場合、橋台の掘削が国道まで及び交通の障害となるため、基礎の形状寸法が最も小さくなり、大型の掘削機械が不要である深礎杭を前提に検討を進める。また、橋脚の設置は、河床の地質・地形条件および土石流などによる損傷を考慮し設置しないこととする。なお、洪水痕跡およびヒアリングによる高水位は、EL+1173mであり、桁下余裕は十分ある。

(5) 上部工施工法の選定基本条件

架橋位置の河床は急傾斜で凹凸が激しく油圧式クレーンの進入は困難であるが、桁下高さは20m以下であり架設用の仮ベントの設置は困難である。従って、全支保工方式を用いる場所打ちコンクリート橋等の施工法は採用できない。また、A1,A2橋台の背面のスペースは限られるため、架設桁を用いるPC-T桁などの採用も不可能である。

(6) 考えられる橋梁上部工形式(一次選定結果)

支間長約40~45mとなる場合、実績等から、以下の4つの橋梁形式が考えられるが、上述した基本条件より一次選定を行った結果、比較検討を行う橋梁形式は下表に示す2形式とする。

橋梁形式	概要	評価
1) 鋼単純合成桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
2) 鋼単純ポニートラス橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
3) PC単純箱桁橋	河道が急且つ岩塊により大きな不陸があることから、支保工の設置が不可能であるため架設不可能	×
4) RC単純下路式アーチ橋		×

(7) 橋梁形式検討 (LAWAKHA Bridge)

本橋架設位置で考えられる、以下の2橋について、施工性・経済性の観点から比較を行う。

橋梁形式		Case-1 鋼単純合成 I 桁橋	Case-2 鋼単純ポニーラス橋
構造一般図			
橋梁概要		<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純合成 I 桁橋。 下部工形式：A1橋台は直接基礎形式、A2橋台は深礎基礎形式が有力である。橋台幅は6.8mとなり、ポニーラス形式に比較し最小となる。 構造的問題：実績も多い橋梁形式であり、構造的問題は無い。 取付け道路：路面高さは現道標高に合わせて決定する。 桁下余裕高：桁下余裕高さは約4.4m (>1.0m) で、十分な余裕がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純ポニーラス橋で、構造的問題は無い。 下部工形式：A1橋台は直接基礎形式、A2橋台は深礎基礎形式が有力である。橋台幅は10.0mとなり、鉸桁形式に比較し広い。 構造的問題：「ブ」国内で5橋の実績があり、構造的問題も無い。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：桁下余裕高さは約5.4m (>1.0m) で、十分な余裕がある。
評価項目	施工性	<ul style="list-style-type: none"> ポニーラスに比較し部材高が高く運搬上の問題があるが、腹板高さを2.2m以下とすることで問題は回避できる。 部材数が少なく工期は短い。 橋台幅がポニーラスに比べ3.2m狭いためA1側の施工は有利である。 	<ul style="list-style-type: none"> 部材断面寸法が小さく輸送は有利である。 トラス形式で部材数が多くなるため工期が幾分長い。 橋台幅が鉸桁橋に比べ3.2mだけ広いためA1側の施工は不利である。
	工期	全体工期 19ヵ月	全体工期 19ヵ月
	工費	1.000 (基準)	1.069倍
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、安定錆が定着することにより塗装が不要であり、維持管理を最小にすることが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左
総合評価		<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はなく問題は無い。 橋台幅が3.2m狭い分、既存橋梁の橋台との施工余裕が確保できる。 工費は安価となる 維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 橋台幅が3.2m広く、既存橋梁の橋台との施工余裕は厳しい。 工費は若干高くなる。 維持管理上の差はない。

1

2

2. バンチュ橋

①左岸側から対岸への眺め



至 ワンディボダン

②左岸側平地



起点側 60m 付近にある平地。半径約 10m の円形をしている。但し上空約 5m には電線が通っている。

③俯瞰図



既設橋の桁下は約 9m。橋台付近には岩盤が露出しているのが分かる

④側面



既設橋の山側は岩が露出した斜面が続く。谷側は滝壺のようななだらかな地形。

※ [Symbol] : 想定橋台位置



⑤激流



上流のダムが放流されるとこのように激流となる。

至 ダンプー

(1) 現場状況

- ワンディーボダンより約13kmの地点。
- 既存橋の山側は岩が露出した斜面が続いている。また、橋梁付近から谷側にかけては滝壺のようななだらかな地形を呈している。
- 通常は、上流にある水力発電ダムにより河川水量がコントロールされ橋梁付近の水深は浅いが、ダムから放流された時は流量が増大し激流となる。河床に大きな岩が点在していることからそのすさまじさが伺える。
- 起点側60m付近には施工ヤード・資材置場となりうる平地がある。しかし、その上空には電線が通っており施工時の障害になる恐れがある。

(2) ルート検討

以下の3ルートが考えられる。

ルート	概要	経済性	評価
A	谷側両岸の岩盤斜面のためスペースがないため不可能。	—	×
B	実現可能なルート。ただし、左岸側に鋭いクランクカーブができることになり線形及び橋梁構造（幅員拡幅等）に無理が生じる。橋長はルートCと同程度（40m）となることから工費もほぼ同額となる。	1.00	△
C	実現可能なルート。左岸側の線形に無理がなく理想的なルート。橋台の設置位置が平坦である。工費はルートBとほぼ同程度となる。	1.00	○

(3) 橋台位置および支障条件

ワンディーボダン側橋台(A1)およびダンプー側橋台(A2)とも、現橋の下流部約40mの比較的平坦な位置に設置することが出来る。橋台は地形踏査結果より洪水時に現橋の橋台により守られるよう死水域内で、出来る限り橋長を短くするように決定した場合、橋長は約40mとなる。なお支障条件として施工ヤードに予定している平地の電力線が考えられる。

(4) 地形・地質および水文条件と基礎形式

架橋位置の地質構成は、上層から、河床堆積物、旧崖錘層および片麻岩層となる。基礎の支持層としては旧崖錘層（30<N≤50の礫層）が望ましい。この場合、A1橋台では支持層の深さが浅いため、直接基礎が選定されるが、A2側は支持層が深いため、直接基礎あるいはオープンケーソン基礎の採用が考えられる。本橋でも、土石流などによる損傷を考慮し、橋脚は用いない。なお、洪水痕跡およびヒアリングによる高水位はEL+1996mであり現道の標高から路面高さを決定しても桁下余裕は十分である。

(5) 上部工施工法の選定基本条件

河床は比較的なだらかで、国道からの重機の進入路が可能であれば、桁下高さが8m程度であるため濁水期にベントの設置は可能である。このことから、一部に河川の開口部を設けた(a)仮ベント+押し出し工法、(b)仮ベント+クレーン架設工法および(c)オールステーディング工法の何れでも採用が可能である。しかしながら、PC-T桁は橋台の前面から国道までの間に架設桁や主桁を橋軸方向に仮置するスペースが無いため採用は不可能である。

(6) 考えられる橋梁上部工形式（一次選定結果）

支間長約40mとなる場合、実績等から、以下の4つの橋梁形式が考えられるが上述した基本条件より一次選定の結果、比較を行う橋梁形式は下表に示す3形式とする。

橋梁形式	概要	評価
1) 鋼単純合成I桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
2) 鋼単純ポニーラス橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
3) PC-ポステション方式T桁橋	橋梁の両岸に桁を送り出すスペースが無いことから検討対象から除外する。	×
4) PC単純箱桁端	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○

(7) 橋梁形式検討 (BASOCHU Bridge)

本橋架設位置で考えられる、以下の3橋について、施工性・経済性の観点から比較を行う。

橋梁形式		Case-1 鋼単純合成 I 桁橋	Case-2 鋼単純ポニートラス橋	Case-3 PC単純箱桁橋
構造一般図				
概要		<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純合成 I 桁橋。 下部工形式：A1,A2橋台とも旧崖錘層を支持層とする逆T式直接基礎かオープンケーソン基礎が望ましい。 構造的問題：実績も多く、構造的な問題点はない。 取付け道路：路面縦断線形は現道に合わせて決定し、勾配は0.6%である。 桁下余裕高：桁下余裕は約2.1m (>1.0m) で十分である。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純ポニートラス橋。 下部工形式：同左、ただし橋台幅は約10mとなる。 構造的な問題：「プ」国において5橋の実績がある。構造的な問題はない。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：桁下余裕は約3.0m (>1.0m) で十分である。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：ポストテンション方式PC単純箱桁橋。 下部工形式：同左、ただし橋台幅は最小の6.8mとなる。 コンクリートの設計基準強度を30N/mm²とし材料に関するリスクを回避しているため構造的な問題はない。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：桁下余裕は約2.2m (>1.0m) で十分である。
評価項目	施工性	<ul style="list-style-type: none"> ポニートラスに比較し部材高が高く運搬上の問題があるが、腹板高さが2.0mとなるため問題はない。 架設中の剛性がポニートラスに比べ小さいが、部材数が少なく工期は短い。 	<ul style="list-style-type: none"> 部材断面寸法が小さく輸送は有利である。 トラス形式で部材数が多くなるため工期が幾分長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 渇水期を利用すれば全支保工による施工が可能である。 材料の多くを「プ」国内で調達することが可能であり、架橋地点で桁を構築するため大型資材を輸送する必要がない。 工期は鋼橋に比べ若干長くなる。
	工期	全体工期 22ヵ月	全体工期 22ヵ月	全体工期 22ヵ月
	工費	1.177倍	1.284倍	1.000 (基準)
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、安定錆が定着することにより塗装が不要であり、維持管理を最小にすることが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に耐久性に優れる。維持管理費用は最小である。
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は3案中2番目である 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は3案中最も高い 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は3案中最も安価である。 維持管理上最も優れる。 	
		2	3	1

3. ニヤラチュ橋

①全体図



既設橋の背面に崩壊を繰り返す崖錘層が見える。そのため、山側のAルートは安全上避けるべき。

②岩盤の露出

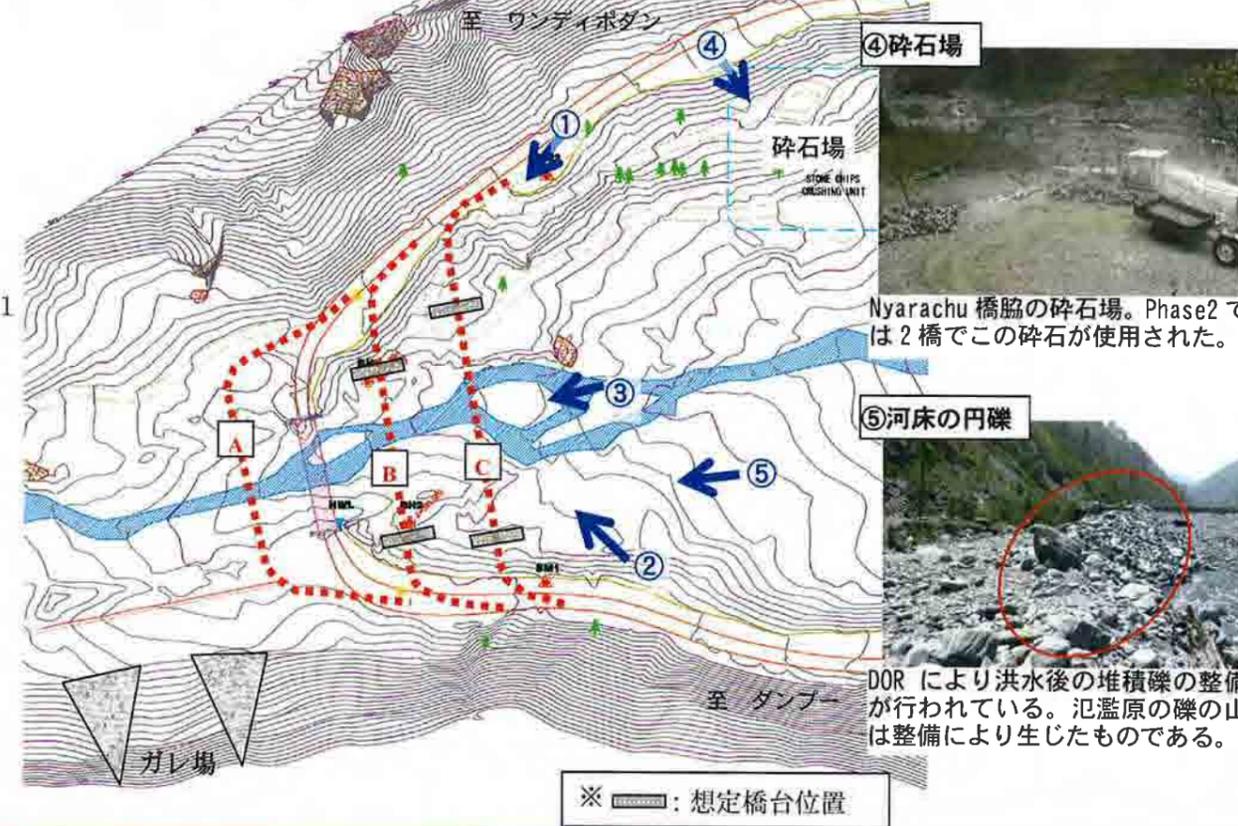


左岸側の斜面に岩盤が露出しているの見える。

③側面図



河床に円礫が広がっており、勾配が3~4%と急であることが分かる。



(1) 現場状況

- ワンディーポダンより約50kmの地点。
- 既存橋の前後は河川勾配3~4%の傾斜が続いている。河床には土石流による円礫が一面に広がっている。河川の両側は急傾斜の山に囲まれており、この斜面上には崩壊を繰り返す崖錘層(特に右岸側)が存在する。
- 橋台付近は土石流による円礫が広がるが、両岸背後の斜面上部には岩が露頭している箇所がある。このため橋台付近の地中にも岩盤が存在していると考えられる。
- 近年の最大洪水時(2007年9月)には水位は既設橋路面付近まで上昇し、取付道路から橋梁路面に水が流れ込むほどであった。また円礫が河床に数10cmも堆積した。このためDORは洪水後に河床整備を実施している。
- 左岸側の谷側140m付近には採石場がある。Phase2のワクリタルおよびスンコシ橋建設にはこの砕石を

活用している。

(2) ルート検討

以下の3ルートが考えられる。

ルート	概要	経済性	評価
A	右岸側の橋台背面に崩壊を繰り返す崖錘層が存在するため本ルートは不適切。	-	×
B	実現可能なルート。道路線形としてはルートCと同等である。但し、ルートCに比べ橋長を10m程短く出来るため経済的なルートといえる。	1.00	○
C	実現可能なルート。道路線形としてはルートBと同等であるが、橋長が5m程度長くなることから不経済なルートといえる。	1.10	△

(3) 橋台位置および支障条件

ワンディーポダン側(A1)およびダンブー側(A2)橋台とも比較的平坦な位置に設置することが出来る。橋台は現地踏査結果より洪水時に現橋の橋台により守られるよう死水域内で、出来る限り橋長を短くするように決定した場合、橋長は約40mとなる。

(4) 地形・地質および水文条件

架橋位置の地質構成は、上層から河床堆積物、旧崖錘層で構成される。基礎の支持層としては旧崖錘層(30<N ≤50の礫層)が望ましい。両橋台位置とも旧崖錘層が深いため、直接基礎が望ましいが、オープンケーソン基礎等の基礎形式も検討する。本橋は、増水時に巨礫が運搬され堆積するため定期的に浚渫が行われている。また、2007年の増水時には現橋の路面まで水位が上がったため、本橋においては、この水位(EL+526m)から桁下余裕高さを1.0m高く計画するため、橋梁部の路面高さが高くなる。

(5) 上部工施工法の選定基本条件

河床は比較的なだらかで、国道からの重機の進入が可能であり、桁下高さも6m程度であるため濁水期にベントの設置は可能である。このことから、一部に河川の開口部を設けた(a)仮ベント+押し出し工法、(b)仮ベント+クレーン架設工法および(c)オールステージング工法の何れでも採用が可能である。しかしながら、PC-T桁は橋台の前面から国道までの間に架設桁や主桁を橋軸方向に仮置するスペースが無いため採用は不可能である。

(6) 考えられる橋梁上部工形式(一次選定結果)

支間長約40mとなる場合、実績等から、以下の4つの橋梁形式が考えられるが上述した基本条件より一次選定の結果、比較を行う橋梁形式は下表に示す3形式とする。

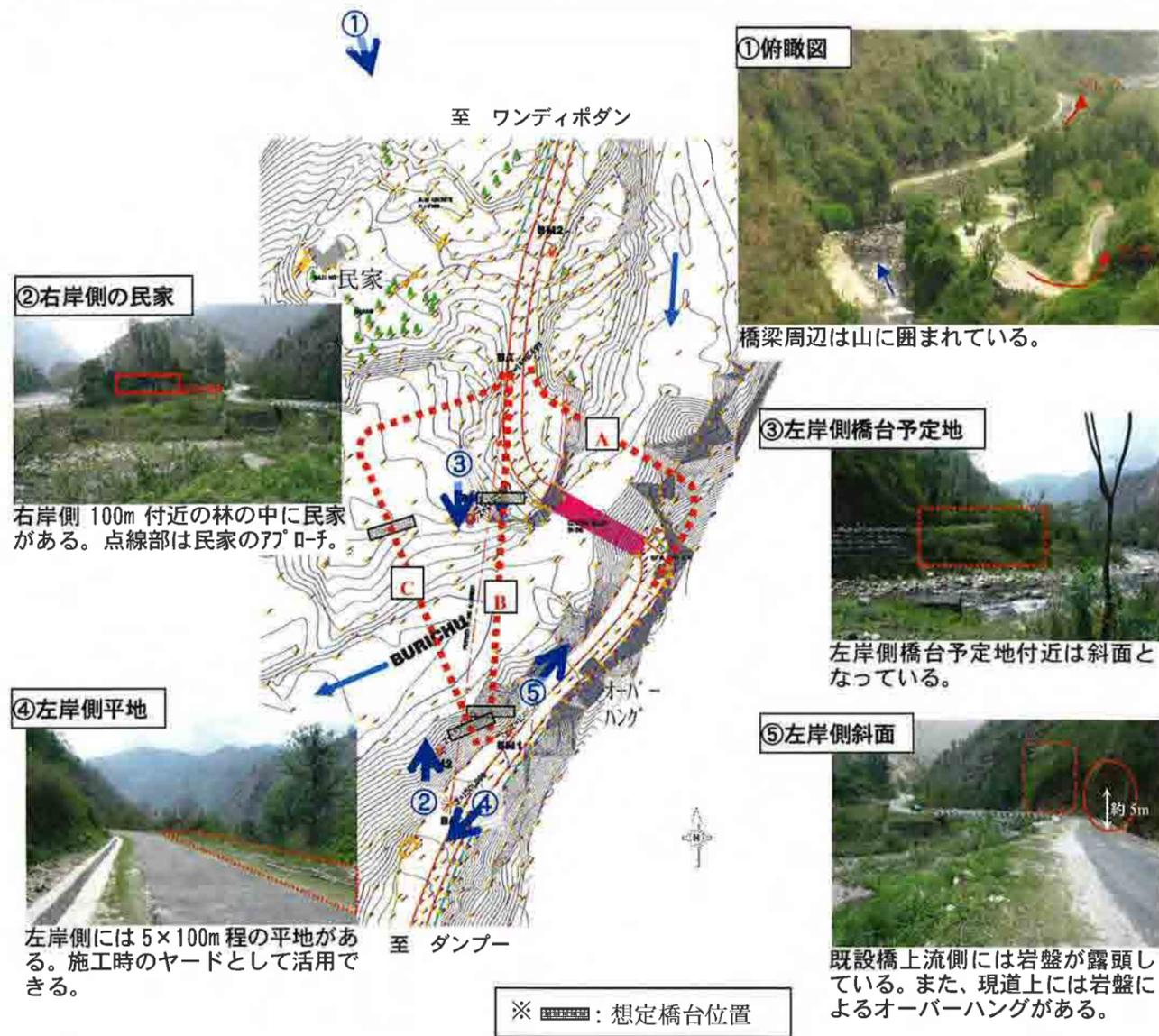
橋梁形式	概要	評価
1) 鋼単純合成I桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
2) 鋼単純ポニーラス橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
3) PC-ボーステーション方式T桁橋	橋梁の両岸にヤードで製作した桁を送り出すスペースが無いことから検討対象から除外する。	×
4) PC単純箱桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○

(7) 橋梁形式検討 (NYARACHU Bridge)

本橋架設位置で考えられる、以下の3橋について、施工性・経済性の観点から比較を行う。

橋梁形式		Case-1 鋼単純合成 I 桁橋	Case-2 鋼単純ポニートラス橋	Case-3 PC単純箱桁橋
構造一般図				
橋梁概要		<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純合成 I 桁橋。 下部工形式：A1,A2とも旧崖錘層を支持層とする逆T式直接基礎かオープンケーソン基礎が望ましい。 構造的問題：実績も多く、構造的問題点はない。 取付け道路：路面縦断線形はHWLを考慮すると現橋よりも高くなるため、最急勾配の8%を採用し橋梁に縦断曲線を挿入する。 桁下余裕高：桁下余裕はHWLから最小の1.0mを確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純ポニートラス橋。 下部工形式：同左、ただし橋台幅は約10mとなる。 構造的問題：「プ」国において5橋の実績がある。構造的問題はない 取付け道路：同左。 桁下余裕高：同左。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：ポストテンション方式PC単純箱桁橋。 下部工形式：同左、ただし橋台幅は最小の6.8mとなる。 コンクリートの設計基準強度を30N/mm²とし材料に関するリスクを回避しているため構造的問題はない。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：同左。
評価項目	施工性	<ul style="list-style-type: none"> ポニートラスに比較し部材高が高く運搬上の問題があるが、腹板高さが2.0mとなるため問題はない。 架設中の剛性がポニートラスに比べ小さいが、部材数が少なく工期は短い。 	<ul style="list-style-type: none"> 部材断面寸法が小さく輸送は有利である。 トラス形式で部材数が多くなるため工期が幾分長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 湯水期を利用すれば全支保工による施工が可能である。 材料の多くを「プ」国内で調達することが可能であり、架橋地点で桁を構築するため大型資機材を輸送する必要がない。 工期は鋼橋に比べ若干長くなる。
	工期	全体工期 22ヵ月	全体工期 22ヵ月	全体工期 22ヵ月
	工費	1.205倍	1.307倍	1.000 (基準)
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、安定錆が定着することにより塗装が不要であり、維持管理を最小にすることが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に耐久性に優れる。維持管理費用は最小である。
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は3案中2番目である 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は3案中最も高い 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は3案中最も安価である。 維持管理上最も優れる。 	
		2	3	1

4. ブリチュ橋



(1) 現場状況

- ワンディーポダンより約63kmの地点。
- 既存橋の谷側180m付近にはスンコシ川本流が流れている。河床は本流から2mほど高く勾配は1~2%程度である。洪水時は水深が3m程度上昇するが、河川断面が明確であるため河道は安定している。
- 右岸側100m付近には民家が存在する。取付道路用地として民家のアプローチを使用する可能性があるが、この土地はDOR所有の道路用地であるため問題はない。
- 既存橋の前後には幅5m×長さ100m程度の平地があり施工時のヤードとして活用できる。
- 既存橋の左岸側25m付近には、上空約5m付近に岩盤によるオーバーハングが存在する。

(2) ルート検討

以下の3ルートが考えられる。

ルート	概要	経済性	評価
A	左岸側に切立った岩盤の斜面が存在し、道路用地がないため不可。	—	×
B	実現可能なルート。線形に無理がなく理想的なルート。既設擁壁は掘削などによる影響（崩壊など）が予測できないため、これを避けた線形とする。橋長は50m程度となり工事範囲はCルートより小さい。よって、ルートCに比べ経済的なルートとなる。	1.00	○
C	実現可能なルート。川を直角に横切り直橋とすることを狙ったルート。橋長は約50mとなるが、取付道路部がBルートに比べ非常に長くなり工事範囲が広がる。よって、ルートCに比べ不経済なルートとなる。	1.10	△

(3) 橋台位置および支障条件

ワンディーポダン側橋台(A1)予定位置は6m程度の擁壁に囲まれており河川断面が明確な箇所であるため既設擁壁より陸側に設置する。一方、ダンパー側橋台(A2)は河川内の現橋橋台により作られる死水域に設置する。この結果橋長は約50mとなる。

(4) 地形・地質および水文条件と基礎形式

架橋位置の地質構成は、A1側とA2側では異なり、A1側は上から旧崖錘層、片麻岩層となるが、A2層は上から段丘堆積物、片麻岩層となる。基礎の支持層としては旧崖錘層および段丘堆積物 (30<N≤50の礫層) を選定出来るため、両橋台とも直接基礎が望ましい。本橋も橋脚への土石流や巨礫の衝突が考えられるため、橋脚は用いないこととする。なお、洪水痕跡およびヒアリングによる高水位はEL+1494mであり現道の標高から路面高さを決定しても桁下余裕は十分である。

(5) 上部工施工法の選定基本条件

河床は比較的なだらかで、国道からの重機の進入路が可能であり、桁下高さも10m以下であるため湯水期にベントの設置は可能である。このことから、一部に河川の開口部を設けた(a)仮ベント+押し出し工法、(b)仮ベント+クレーン架設工法および(c)オールステーシング工法の何れでも採用が可能である。

(6) 考えられる橋梁上部工形式 (一次選定結果)

支間長約50mとなる場合、橋梁形式は実績等から以下の4形式が考えられるが上述した基本条件より一次選定の結果、比較を行う橋梁形式は下表に示す2形式とする。

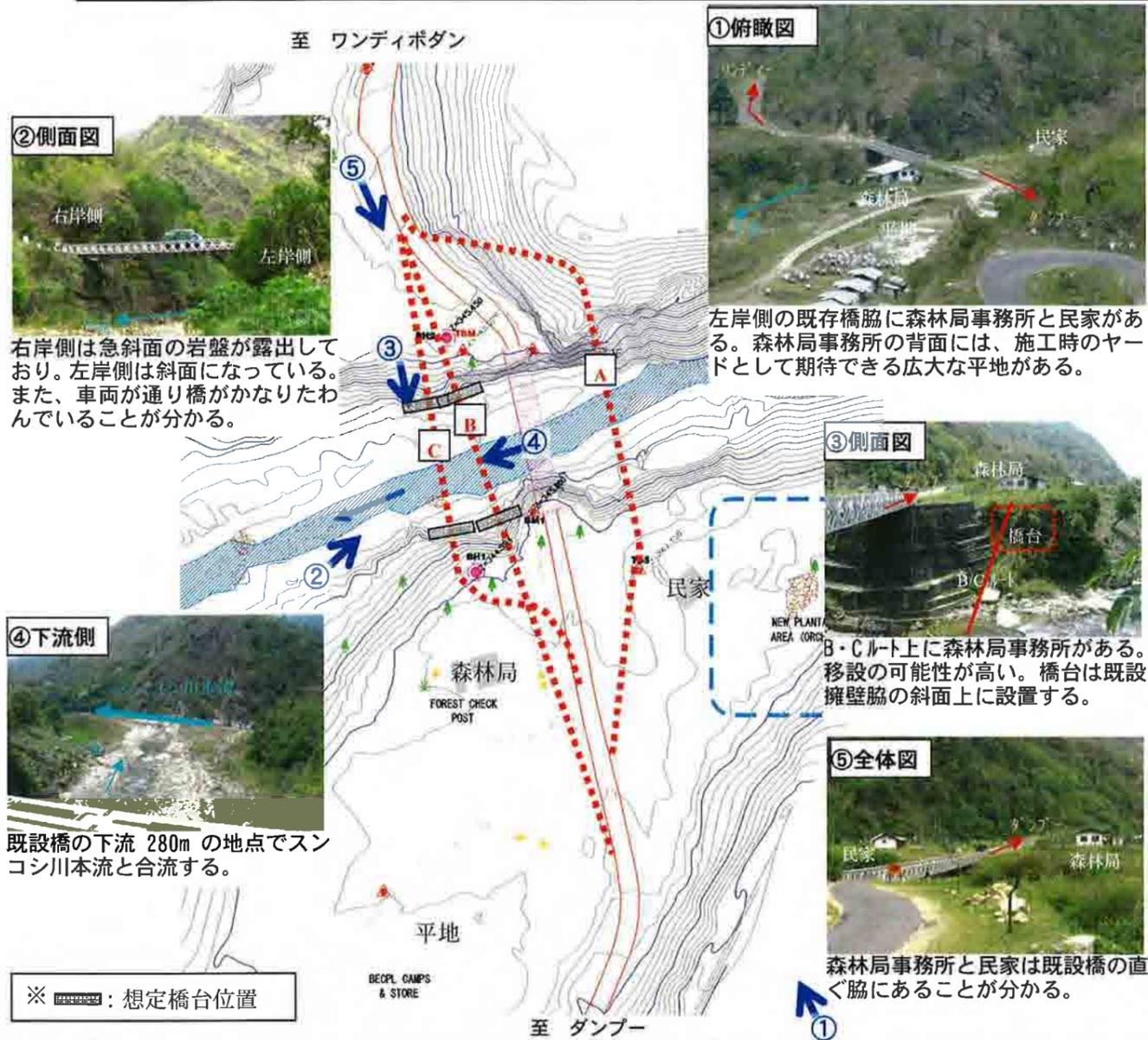
橋梁形式	概要	評価
1) 鋼単純合成I桁橋	クラス最大級 (橋長45m以上) の構造。不経済となるため不適。	×
2) 鋼単純ポニーラス橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
3) PC単純箱桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
4) RC単純下路式アーチ橋	[3]PC-BOX] (桁橋) に比べ構造・架設が複雑であるため、工費は明らかに不経済となる。よって比較形式から除外する。	×

(7) 橋梁形式検討 (BURICHU Bridge)

本橋架設位置で考えられる、以下の2橋について、施工性・経済性の観点から比較を行う。

橋梁形式		Case-1 鋼単純ポニーラス橋	Case-2 PC単純箱桁橋
構造一般図			
橋梁概要		<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純ポニーラス橋。 下部工形式：A1,A2橋台とも直接基礎形式が有力である。橋台幅は10.0mとなり、PC単純箱桁橋に比較して広い 構造的問題：「プ」国内で5橋の実績がある。構造的問題は無い。 取付け道路：路面縦断線形は現道に合わせて決定し、勾配は3.0%である。 桁下余裕高：桁下余裕は約3.4m (>1.0m) であり十分な余裕がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：ポストテンション方式PC単純箱桁橋。 下部工形式：同左、ただし橋台幅は最小の6.8mとなる。 コンクリートの設計基準強度を30N/mm²とし材料に関するリスクを回避しているため構造的問題は無い。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：桁下余裕は約2.0m (>1.0m) で十分である。
評価項目	施工性	<ul style="list-style-type: none"> 部材断面寸法が小さく輸送は有利である。 トラス形式で部材数が多くなるため工期が幾分長い。 	<ul style="list-style-type: none"> 渇水期を利用すれば全支保工による施工が可能である。 材料の多くを「プ」国内で調達することが可能であり、架橋地点で桁を構築するため大型資機材を輸送する必要がない。 工期は鋼橋に比べ若干長くなる。
	工期	全体工期 22ヵ月	全体工期 22ヵ月
	工費	1.316	1.000
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、安定錆が定着することにより塗装が不要であり、維持管理を最小にすることが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に耐久性に優れる。維持管理費用は最小である。
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は2案中2番目である 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 ポニーラス案に比べ安価である。 維持管理上の差はない。 	
		2	1

5. チャンチャー橋



(1) 現場状況

- ワンディーボダンより約69kmの地点。
- 既存橋の谷側280m付近にはスコンシ川本流が流れている。河床は本流から7mほど高く勾配は2~3%程度である。洪水時は水深が3m程度上昇するが、河川断面が明確であるため河道は安定している。
- 左岸側20m付近には森林局事務所と民家が存在する。森林局事務所は土地・建物とも政府所有であるため、必要な際は移設が可能であることを確認した。
- 左岸側の森林局事務所の裏手には、他プロジェクトの資材置場として活用されている広大な平地がある。ここは施工時のヤードとして活用できる。

(2) ルート検討

以下の3ルートが考えられる。

ルート	概要	経済性	評価
A	右岸側は切立った岩盤の斜面が存在しスペースがないため不可。	—	×
B	実現可能なルート。線形に無理がなく理想的なルート。線形を若干左に振ることで取り付け道路を短縮した。また、森林局事務所は政府所有であるため、これの移設は問題がないことを確認している。	1.00	○
C	実現可能なルート。取り付け道路を最短とすることを意図したルート。本ルートは直線のとに急なSカーブを造ることになり、交通事故や渋滞を誘発する可能性が高く、道路線形上好ましくない。	1.00	△

(3) 橋台位置および支障条件

ワンディーボダン側橋台(A1)予定位置は15m程度の擁壁に囲まれており河川断面が明確な箇所であるため既設擁壁より陸側に設置する。一方、ダンブー側橋台(A2)は河川内の現橋の橋台により作られる死水域に設置する。この結果橋長は約45mとなる。なお、ダンブー側には森林局事務所があり移設が必要である。

(4) 地形・地質および水文条件と基礎形式

架橋位置の地質構成は、A1、A2側とも段丘堆積物で構成されている。橋台の支持層としては段丘堆積物(30<N ≤50の礫層)を選定出来るため、両橋台とも直接基礎が望ましい。本橋も橋脚への土石流や巨礫の衝突が考えられるため、橋脚は用いないこととする。なお、洪水痕跡およびヒアリングによる高水位はEL+336mであり現道の標高から路面高さを決定しても桁下余裕は十分である。

(5) 上部工施工法の選定基本条件

河床は比較的なだらかで、国道からの重機の進入路が可能であり、桁下高さは14mと高いが、濁水期にベントの設置は可能である。このことから、一部に河川の開口部を設けた(a)仮ベント+押出し工法、(b)仮ベント+クレーン架設工法および(c)オールステージング工法の何れでも採用が可能である。

(6) 考えられる橋梁上部工形式 (一次選定結果)

支間長約45mとなる場合、橋梁形式は実績等から以下の4形式が考えられるが上述した基本条件より一次選定の結果、比較を行う橋梁形式は下表に示す2形式とする。

橋梁形式	概要	評価
1) 鋼単純合成I桁橋	クラス最大級(橋長45m以上)の構造。不経済となるため不適。	×
2) 鋼単純ポニートラス橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
3) PC単純箱桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
4) RC単純下路式アーチ橋	[3]PC-BOX(桁橋)に比べ構造・架設が複雑であるため工費は明らかに不経済。	×

(7) 橋梁形式検討 (CHANCHEY Bridge)

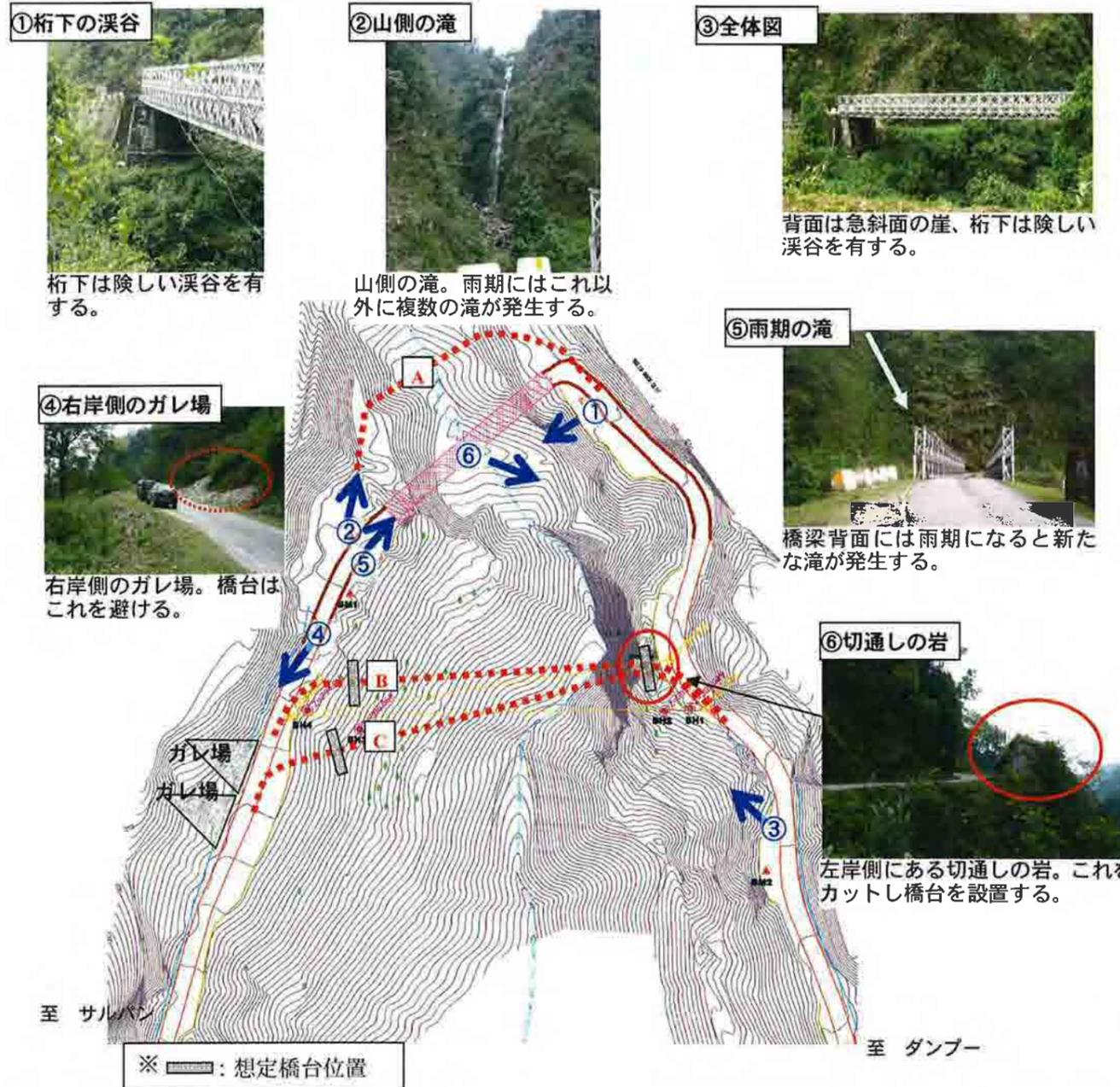
本橋架設位置で考えられる、以下の2橋について、施工性・経済性の観点から比較を行う。

橋梁形式		Case-1 鋼単純ポニートラス橋	Case-2 PC単純箱桁橋
構造一般図			
橋梁概要		<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純ポニートラス橋で、構造的問題は無い。 下部工形式：A1,A2橋台とも旧崖錘層を支持層とする直接基礎形式が有力である。橋台幅は10.0mとなり、PC単純箱桁橋に比較し広い 構造的問題：「ブ」国内で5橋の実績がある。構造的問題は無い。 取付け道路：路面縦断線形は現道に合わせて決定し、勾配は1.0%である。同左。 桁下余裕高：桁下余裕は約8.8m (>1.0m) であり十分な余裕がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：ポストテンション方式PC単純箱桁橋。 下部工形式：同左、ただし橋台幅は最小の6.8mとなる。 コンクリートの設計基準強度を30N/mm²とし材料に関するリスクを回避しているため構造的問題は無い。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：桁下余裕は約7.6m (>1.0m) で十分である。
評価項目	施工性	<ul style="list-style-type: none"> 部材断面寸法が小さく輸送は有利である。 トラス形式で部材数が多くなるため工期が幾分長い。 	<ul style="list-style-type: none"> 渇水期を利用すれば全支保工による施工が可能である。 材料の多くを「ブ」国内で調達することが可能であり、架橋地点で桁を構築するため大型資機材を輸送する必要がない。 工期は鋼橋に比べ若干長くなる。
	工期	全体工期 22ヵ月	全体工期 22ヵ月
	工費	1.267倍	1.000 (基準)
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、安定錆が定着することにより塗装が不要であり、維持管理を最小にすることが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に耐久性に優れる。維持管理費用は最小である。
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費は2案中2番目である 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 ポニートラス案に比べ安価である。 維持管理上の差はない。 	

2

1

6. ローリン橋



(1) 現場状況

- ワンディーポダンより約127kmの地点。他の5橋からかなり離れた地点に位置する。
- 既存橋の山側は、複数の滝およびガレ場を有する急斜面に囲まれており、谷側は深さ50mを越える険しい渓谷を有する地形を呈している。
- 雨期には既存橋の山側斜面上の滝の数・流量が増大し、付近のガレ場からの落石も頻発している。また、既存橋梁周辺の道路にも滝からの流水が流れ込み交通に支障をきたすこともある。
- 道路沿い及び橋梁周辺には平地がほとんどなく施工ヤードが限定される。また、付近の道路幅も小さく新設する取付道路の幅員も十分確保できない箇所も生じると思われる。このようにローリン橋は橋梁架設においては非常に厳しい条件下にある。

(2) ルート検討

以下の3ルートが考えられる。

ルート	概要	経済性	評価
A	ルート上には複数のガレ場が存在すること。また、雨期にはルートが滝に埋まってしまうことから不可能。	—	×
B	実現可能なルート。橋梁前後は岩盤の斜面であり土砂崩れなどの心配がない。本橋において最適なルートである。	1.00	○
C	実現可能なルート。但し、右岸側の橋台背面の斜面はガレ場であり、土砂崩れによる橋梁の損傷、また通行止め等が心配される。よって、本ルートはBルートに比べ交通安全性で大きく劣り避けるべきである。	1.00	×

(3) 橋台位置および支障条件

ダンパー側橋台(A1)は、そびえ立つ崖と急峻な谷に挟まれスペースが少ない。よって、橋台の設置位置の確保と出来るだけ橋台位置を前方に設置することを目的に、現道の谷側の岩を掘削し橋台を設置する。サルバン側橋台は、現道の交通確保と取付道路の摺付けのため現道谷側の斜面に橋台を設置する。この場合、橋長は約70mとなる。なお、ダンパー側取付道路の幅員確保のため橋台背面の地山の掘削を行う必要がある。

(4) 地形・地質および水文条件と基礎形式

A1側橋台の地質は片麻岩が露頭しているため直接基礎形式を選定する。A2側橋台は旧崖錘層が薄く堆積しその下に片麻岩が存在している。支持層は谷側に45°程度で傾斜しているため支持地盤は片麻岩層を選定する。A2側橋台の掘削が国道にまで及ぶ可能性があるため、直接基礎を基本とするが深礎基礎の検討も行う。

(5) 上部工施工法の選定基本条件

桁下は深い谷で斜面も急であるためベントの設置は困難である。また桁下にはクレーンの進入は出来ないため、クレーンの使用は両側の取付け部に限定される。従って、架設工法はケーブルエレクション+直下吊り工法が考えられる。

(6) 考えられる橋梁上部工形式 (一次選定結果)

支間長約70mとなる場合、橋梁形式は実績等から以下の4形式が考えられるが上述した基本条件より一次選定の結果、比較を行う橋梁形式は下表に示す2形式とする。

橋梁形式	概要	評価
1) 鋼単純下路式トラス橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
2) 鋼単純ランガー桁橋	本架設地点において施工可能な橋梁形式	○
3) 鋼単純下路式アーチ橋	部材が曲線となり運搬時の1ブロックが大きくなる。本橋へ至る運搬路は狭く、オーバーハング(3m程度)も多いなど地形上の制約条件があまりに多い。よって、運搬ブロックが大きくなる本形式は不適切であり検討から除外する。	×
4) RC単純下路式アーチ橋	谷が急峻で非常に深い地形であるため、架設用の支保工が構築できず施工不可能となる。	×

(7) 橋梁形式検討 (LORING Bridge)

本橋架設位置で考えられる、以下の2橋について、施工性・経済性の観点から比較を行う。

橋梁形式		Case-1 鋼単純トラス橋	Case-2 鋼単純ランガー橋
構造一般図			
橋梁概要		<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純トラス橋。 下部工形式：A1橋台は岩盤上の直接基礎、A2橋台は旧崖錘層上の直接基礎形式または深礎基礎である。 構造的問題：実績も多く問題は無い。 取付け道路：A1側の法面は最小曲線半径を確保するため大規模に掘削する必要がある。また、橋梁区間の縦断勾配は現道標高が異なるため7%程度の最急勾配を採用する。 桁下余裕高：桁下余裕は谷が深いため十分である。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部工形式：耐候性鋼材を用いた単純ランガー橋。 下部工形式：同左。 構造的問題：「ブ」国で4橋の実績を有する。構造的問題は無い。 取付け道路：同左。 桁下余裕高：同左。
評価項目	施工性	<ul style="list-style-type: none"> 架橋位置の地形は、谷が深く斜面も急なため、ベントの設置は困難である。このため、クレーンの使用は両側の橋台背面部に限定されることから、架設工法はケーブルエレクション直吊り工法が考えられる。ケーブルのアンカーは背面の岩山の中腹にロックアンカーを施工する。 ランガー橋に比べ部材数が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左。 トラスに比べ部材数が少ない分有利である。
	工期	全体工期 24ヵ月	全体工期 24ヵ月
	工費	1.046倍	1.000 (基準)
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性鋼材の使用により、安定錆が定着し、塗装が不要である。維持管理を最小にすることが出来る。 	同左
総合評価		<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費はランガー橋に劣る。 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 構造特性、施工性、工期に大きな差はない。 工費はトラス橋より安価となる。 耐候性鋼材の使用により、維持管理上の差はない。

2

1