

ブータン王国 第三次橋梁架け替え計画 基本設計調査報告書

平成 20 年 11 月
(2008 年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

委託先
株式会社 建設企画コンサルタント
株式会社 長 大

基盤

CR (1)

08-050

序 文

日本国政府は、ブータン王国政府の要請に基づき、同国の第三次橋梁架け替え計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成 20 年 4 月 15 日から 5 月 27 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ブータン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成 20 年 10 月 2 日から 10 月 9 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 20 年 11 月

独立行政法人国際協力機構

理事 橋 本 栄 治

伝 達 状

今般、ブータン王国における第三次橋梁架け替え計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 20 年 3 月より平成 20 年 11 月までの 9 ヶ月にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、ブータンの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 20 年 11 月

共同企業体

（代表者）株式会社 建設企画コンサルタント

（構成員）株式会社 長大

ブータン王国

第三次橋梁架け替え計画基本設計調査団

業務主任 小山 次郎

要 約

要 約

(1) 国の概要

ブータン王国(以下「ブ」国という)の総人口は 63.5 万人で、総面積 46,500km² の国土の大部分が山岳地帯である。北部の標高 7,000m を越えるヒマラヤ山脈から南へ向かって流れるいくつかの河川は、深い溪谷を形成しながら 150km 程度を下り、インド・アッサム地方でプラマプトラ川に合流している。気候は 6 月から 9 月の雨量の多いモンスーン期と 11 月から 3 月の乾期からなり、その他の月は中間期に当たる。

「ブ」国の経済は、一人当たり国民総所得 (GNI) は 1,410US\$ (2006 年、世界銀行)、近年の経済成長率 7.8%(2006 年、世界銀行)と、2.5%の比較的低い失業率 (2004 年、「ブ」国政府)により、社会情勢は安定している。産業別の GDP 構成比は第 1 次産業が 22%、第 2 次産業 38%、第 3 次産業 40%(2006 年、世界銀行)となっており、特徴的な産業は農業(米、麦等)、林業、電力である。また、輸出入の約 8 割をインドが占めており、隣国インドとの関係が深い。

(2) 要請プロジェクトの背景、経緯及び概要

「ブ」国においては、国土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な位置づけとなっている。このような状況の下、公共事業・定住省は 2006 年に道路整備に関するマスタープランとして「道路セクターマスタープラン」を策定し、2007 年から 20 年間における道路整備の目標を示した。これを基に、同省道路局は「第 10 次 5 ヶ年計画」を策定した。その中では、①過疎地へのアクセス性、利便性を向上することにより、貧困状態にある地域の現状を改善する、②移動時間の短縮、輸送費用の低減、交通事故の減少による道路網の信頼性、経済性、安全性、快適性などを強化する、などを上げている。

「ブ」国の総道路延長 4,545km のうち、国道の延長は 1,556km であり、その 99%がアスファルト舗装されている。道路網は、東西に 1 路線(国道 1 号線)、南北に 4 路線(国道 2 号～5 号線)の 5 つの主要路線で構成されており、国道 2 号線と国道 3 号線は「ブ」国の国道であるがインドによって建設され、現在の維持管理もインド陸軍に属する国境道路組織の Project Dantak により実施されている。

対象地域を通過する国道 5 号線は全般的にカーブが多く、見通しは必ずしも良いとは言えない。また、雨期には土砂崩れが発生し、道路が一時的に寸断されることもある。幅員構成は、「車道 3.5m、両側の路肩 1.5m」または「総幅員 6.5m」となっているが、多くの部分で 2 車線が確保されていない(1.5 車線)ため、車両のすれ違い時に速度を落とす必要があるものの、ほぼ全線が舗装(簡易舗装)されている。

橋梁については 1970 年～80 年代に架橋された仮設ベイリー橋が多いため、「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、1997 年から 1998 年にかけて「橋梁整備計画調査」が実施された。同調査では対象となった 22 橋の中から緊急に架け替えが必要なものは 12 橋とされ、中でも優先度の高い 5 橋に関し、我が国無償資金協力「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。こ

の3橋のうち、国道5号線上にあるワクリタル橋は永久橋である鋼橋に架け替えられたものの、同国道上の他の11橋は損傷や老朽化が著しいことに加え、耐荷力が20t以下の橋梁が多く、大型車交通に対応できる状況ではない。

このため、「ブ」国政府は上記プロジェクトに続く無償資金協力として、2006年8月、我が国に対し、国道5号線上の6橋梁の架け替えについて要請した。この要請に対して2007年10月、要請内容および対象地域ならびに既存橋梁・道路の確認、JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいたIEEの実施等を目的とし、本計画に係る予備調査を実施した。

本プロジェクトは、国道5号線にある11橋のうち、要請された下記の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、要請対象外の5橋について「ブ」国側で架け替えが行われることにより、国道5号線において安定した人・物資の輸送が確保されることを目的とする。

- ・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)
- (ただし、橋長はいずれも要請橋長)

(3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

独立行政法人国際協力機構（JICA）は、平成20年4月15日から5月27日まで基本設計調査団を現地に派遣した。調査団は「ブ」国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、要請橋梁および国道5号線上の要請対象外の橋梁の状況、プナチャンチュ水力発電所建設計画の進捗状況と影響、環境社会配慮に関する手続きの進捗状況、ゲレフを中心とした南部地域の開発計画等を調査し、要請対象橋梁の架け替えの必要性・緊急性を確認した。帰国後の国内作業において、次表に示す内容で要請された橋梁の架け替え計画を策定し、平成20年10月2日から10月9日まで基本設計概要書案の現地説明・協議を行い、「ブ」国政府の基本的な合意を得た。

1) 設計方針

本調査の対象橋梁が位置する国道5号線は、インドと接続する国道の中で唯一、「ブ」国が自国で管理でき、また、南部平野部の開発地域を通過する重要なルートである。国道5号線には12橋の橋梁があり、この内、現在までに我が国の無償資金協力(第二次橋梁架け替え計画)で「ワクリタル橋」が、仮設橋であるベイリー橋から永久橋である鋼製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を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。

2) 内容・規模

架け替え後の橋梁の概要を下表に示す。

表 架け替え後の橋梁の概要

橋 梁 名	ラワカー橋	バソチュ橋	ニャラチュ橋
橋 梁 形 式	鋼単純合成 I 桁橋	PC 単純箱桁橋	PC 単純箱桁橋
橋 長	45.0m	40.0m	40.0m
支 間 長	44.0m	39.0m	39.0m
桁 高 さ	2.2m×3 主桁	2.2m	2.2m
幅 員	6.0m (2 車線)	6.0m (2 車線)	6.0m (2 車線)
基 礎 形 式	直接式基礎(A1 橋台) 深礎基礎(φ 2.0m、A2 橋台)	直接式基礎(A1、A2 橋台)	直接式基礎 (A1、A2 橋台)
主 要 材 料	鋼材(SMA490、SMA400：耐候性 鋼材裸使用) コンクリート $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ (橋台) $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ (深礎基礎) $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ (上部工床版)	主桁コンクリート ($\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) コンクリート ($\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$)	主桁コンクリート ($\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) コンクリート ($\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ (橋台))
上部工架設工法	仮設ベント (2 本) を用いた 送り出し工法	支柱を用いた固定支保工+河 川の切り回し	支柱を用いた固定支保工+河 川の切り回し
土 留 め 工 法	A2 側橋台の土工には親杭横 矢板を用いた土留め壁を用い る。	A1、A2 側橋台の土工には親杭 横矢板を用いた土留め壁を用 いる。	A2 側橋台の土工には親杭横 矢板を用いた土留め壁を用い る。
特 記 事 項	➤ 既設橋の移設が必要となる。 ➤ プナチャンチュダムの取 付け道路の擁壁および国 道との分岐点が A1 橋台に 近接して計画されている。	➤ 橋台掘削時の湧水は水中 ポンプを用いた釜場排水 とする。	➤ 橋台は透水性の良い al 地 盤を支持層とするため、薬 液注入による止水壁と水 中ポンプを用いた釜場排 水工を併用する。 ➤ 本橋の道路高さは高いた め、既存の国道に摺付ける ためには交通規制を行う 必要がある。

橋 梁 名	ブリチュ橋	チャンチー橋	ローリン橋
橋 梁 形 式	PC 単純箱桁橋	PC 単純箱桁橋	鋼単純ランガー橋
橋 長	50.0m	45.0m	70.0m
支 間 長	48.9m	43.9m	68.6m
桁 高 さ	2.8m	2.5m	11.0m
幅 員	6.0m(2 車線)	6.0m(2 車線)	6.0m(2 車線)
基 礎 形 式	直接式基礎(A1、A2 橋台)	深礎基礎 (φ 3.0m、A1・A2 橋台)	直接式基礎(A1 橋台) 深礎基礎(φ 3.0m、A2 橋台)
主 要 材 料	主桁コンクリート ($\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) コンクリート ($\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ (橋台))	主桁コンクリート ($\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) コンクリート $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ (橋台) $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ (深礎基礎、上 部工床版))	鋼材(SMA490、SMA400：耐候性 鋼材裸使用) コンクリート $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ (橋台) $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ (深礎基礎、上 部工床版))
上部工架設工法	支柱を用いた固定支保工+河 川の切り回し	支柱を用いた固定支保工+河 川の切り回し	ケーブルエレクション+直吊 り工法
土 留 め 工 法	A1、A2 橋台の土工には親杭横 矢板を用いた土留め壁を用い る。	A1 側橋台の土工には親杭横 矢板を用いた土留め壁を用い る。	A2 側橋台の土工には親杭横 矢板を用いた土留め壁を用い る。
特 記 事 項	-	-	-

(4) プロジェクトの工期及び概算事業費

本計画を我が国の無償資金協力で実施する場合、概算事業費は 27.16 億円（日本側負担 26.02 億円、「ブ」国側負担 1.14 億円）と積算された。また、本計画の全体工期は、入札工程を含め 45.5 ヶ月（実施設計 8.0 ヶ月、工事期間 37.5 ヶ月）が必要とされる。

(5) プロジェクトの妥当性の検証

本計画の実施により、以下の直接のおよび間接的効果の発現が期待される。なお、裨益対象の範囲は、国道 5 号線沿線の 4 県（ワンディ県、ダガナ県、チラン県、サルパン県）の住民約 12 万人と考えられる。

1) 直接効果

- ① 橋梁の耐荷力が 18t（対象橋梁 6 橋の中の最小値）から 6 橋全て 40t に増加する。これにより通行車両の重量制限が大幅に緩和され、特に大型車交通が活性化される。
- ② 第 10 次 5 カ年計画において重点開発地域とされている南部開発の中心地・ゲレフと、首都・ティンブー間を大型車が移動する距離が大幅に減少する。

具体的には、国道 5 号線上の既設橋梁の耐荷力が 18t であるため、それ以上の大型車両は国道 5 号線を通過できない状況である。そのため、両都市は 18t 以上の大型車が通過できる国道 2 号線を利用しなければならず、その距離は約 380km となる（インド国内を通過）。本計画完了後、ティンブーからゲレフまでは、国道 1 号線、国道 5 号線を通過する約 260km のルートに転換されるため、約 120km の移動距離が短縮されるとともに、2 度の国境通過が省略される。

2) 間接効果

- ① 既設橋梁は対面交通ができず、通過に際しては速度を落として通過する状況であり、交通のボトルネックとなっていることに加え、橋梁区間が幅員狭小となることで交通事故を誘発する可能性があった。架け替えにより、耐荷力の増加だけでなく幅員も広くなることにより、橋梁部の走行性、安全性が向上する。
- ② 対象地域の交通は道路交通に依存しており、その唯一の幹線道路が国道 5 号線であるため、橋梁の架け替えによる国道 5 号線の走行性向上は、人の移動、物資流通を活性化し、地域経済の向上に寄与する。
- ③ 国道 5 号線沿線及び南部地域では開発計画（プナチャンチュ水力発電所建設計画、工業団地建設計画、新国際空港建設計画、第 2 東西道路建設計画）があることから、橋梁の架け替えは、これら計画の実施に際して資機材輸送の支援につながることから、これら開発計画の実施支援に寄与する。

本プロジェクトは、前述のように「ブ」国全体にとって多大な成果が期待されると同時に、広く住民の利便性の向上に寄与するものであることから、協力対象事業として我が国の無償資金協力で実施することの意義は大きいと判断される。これらの成果を長期的に機能させるため

の施設完成後の維持管理に関しても、「ブ」国実施機関のこれまでの実績や今後の取り組みを考慮すると十分に対応可能と考える。

ブータン王国
第三次橋梁架け替え計画
基本設計調査報告書

目 次

序 文

伝達状

要 約

目 次

位置図/完成予想図/写真

図表リスト/略語集

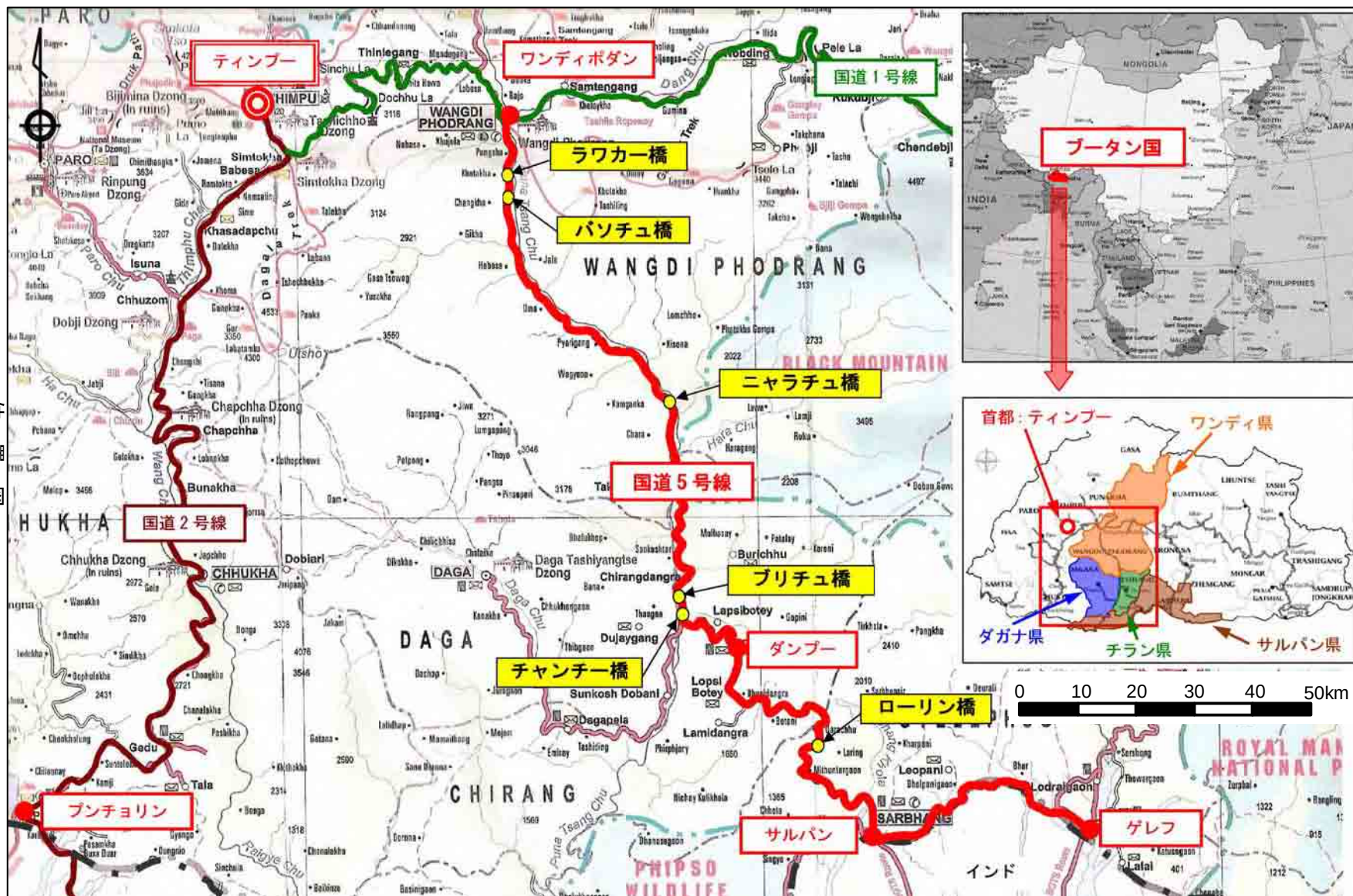
第1章 プロジェクトの背景・経緯.....	1
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1
1-1-1 現状と課題.....	1
1-1-2 開発計画.....	1
1-1-3 社会経済状況.....	2
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	3
1-3 我が国の援助動向.....	5
1-4 他ドナーの援助動向.....	5
第2章 プロジェクトを取り巻く状況.....	7
2-1 プロジェクトの実施体制.....	7
2-1-1 組織・人員.....	7
2-1-2 財政・予算.....	8
2-1-3 技術水準.....	8
2-1-4 既存施設・機材.....	9
2-2 プロジェクトサイト及び周辺状況.....	11
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	11
2-2-2 自然条件.....	13
2-2-3 環境社会配慮.....	15
第3章 プロジェクトの内容.....	17
3-1 プロジェクトの概要.....	17
3-2 協力対象事業の基本設計.....	18
3-2-1 設計方針.....	18
3-2-1-1 基本方針.....	18

3-2-1-2	自然条件に係わる方針	18
3-2-1-3	社会経済条件に係わる方針	19
3-2-1-4	環境社会配慮に係わる方針	20
3-2-1-5	建設事情に係わる方針	24
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	24
3-2-2	基本計画	26
3-2-2-1	適用基準	26
3-2-2-2	道路設計の基本	26
3-2-2-3	橋梁設計	29
3-2-2-4	計画路面高さ	31
3-2-2-5	橋梁形式の比較	31
3-2-3	基本設計図	45
3-2-3-1	橋梁の概要	45
3-2-3-2	基本設計図	46
3-2-4	施工計画	53
3-2-4-1	施工方針	53
3-2-4-2	施工上の留意事項	53
3-2-4-3	施工区分	54
3-2-4-4	施工監理計画	55
3-2-4-5	品質管理計画	58
3-2-4-6	資機材等調達計画	58
3-2-4-7	実施工程	62
3-3	相手国側負担事業の概要	64
3-3-1	我が国の無償資金協力事業における一般事項	64
3-3-2	本計画固有の事項	64
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	66
3-4-1	維持管理業務の内容	66
3-4-2	維持管理上の留意点	66
3-5	プロジェクトの概算事業費	67
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	67
3-5-2	運営・維持管理費	68
3-6	協力対象事業実施にあたっての留意事項	68
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	69
4-1	プロジェクトの効果	69
4-2	課題・提言	70
4-2-1	相手国側の取り組むべき課題・提言	70
4-2-2	技術協力・他ドナーとの連携	70

4-3 プロジェクトの妥当性·····	70
4-4 結論·····	70

[資 料]

1. 調査団員氏名・所属
2. 調査行程
3. 関係者(面会者)リスト
4. 討議議事録(M/D)
5. 事業事前計画表(基本設計時)
6. 参考資料/入手資料リスト
7. その他資料/情報





完成予想図(1/6) ラワカー橋



完成予想図(2/6) パソチュ橋



完成予想図(3/6) ニヤラチュ橋



完成予想図(4/6) ブリチュ橋



完成予想図(5/6) チャンチー橋



完成予想図(6/6) ローリン橋

写 真



写真 1：ラワカー橋の全景



写真 2：ラワカー橋 鉛直材に座掘が生じていることから、橋梁自体のたわみにより一部の鉛直部材に負荷がかかっていると考えられる。



写真 3：バスチュ橋の全景



写真 4：バスチュ橋 主構連結部分(ボルト)の浮き上がりが生じていることから、橋梁自体にたわみが生じ、連結部分が浮き上がっていると考えられる。



写真 5：ニャラチュ橋の全景



写真 6：ニャラチュ橋 床板が木製で大型車の通行に支障が生じている。対象橋梁 6 橋の幅員は、ほぼ同じであるので、橋梁上では車両のすれ違いができない。



写真 7：ブリチュ橋の全景



写真 8：ブリチュ橋 床板が木製で破損があり、フレームに歪みが生じている。また、沿道斜面からの落石による損傷も見られている。



写真 9：チャンチー橋の全景



写真 10：チャンチー橋 床版が木製で破損があり、フレームに歪みが生じている。床版が木製のため、大型車は通過する際に速度を落として走行しなければならない、ボトルネックとなっている。



写真 11：ローリン橋の全景



写真 12：ローリン橋 床版が木製で破損があり、フレームにも錆や破損が生じている。損傷の原因は老朽化の他に、沿道斜面からの落石が橋梁を直撃した時に生じる破損も見られた。



写真 13：ニャラチュ橋・国道 5 号線の通行車両は写真のようなトラックの他、マイクロバス、タクシー（軽ワゴン）、一般車両の通行が見られる。



写真 14：国道 5 号線は拡幅工事が行われており、日本からの援助機材を使用している。



写真 15：ワチーザム橋・本プロジェクトの設計に反映するため、第一次計画の橋梁の状況を調査した。



写真 16：ワクリタル橋・本プロジェクトの設計に反映するため、第二次計画の橋梁の状況を調査した。

図　　リ　　ス　　ト

図 1-1	「ブ」国の主要な道路	1
図 1-2	「ブ」国道路の舗装状況	1
図 1-3	国道 5 号線の沿道地域	2
図 1-4	農地の様子	3
図 1-5	農産物の販売	3
図 1-6	他ドナーのプロジェクト位置	6
図 1-7	G0I が整備した道路(ティンブー〜パロ間)	6
図 2-1	公共事業・定住省の組織図	7
図 2-2	国道 5 号線と周辺道路の概要	9
図 2-3	我が国無償供与機材による道路拡幅	11
図 2-4	土砂崩れ跡	11
図 2-5	1.5 車線の道路幅員(バスチュ付近)	12
図 2-6	2 車線確保された道路(ダンブー付近・幅員 6.5m)	12
図 2-7	道路清掃の様子(バスチュ付近)	12
図 2-8	道路拡幅の様子(ダンブー付近)	12
図 2-9	舗装補修の様子(ダンブー付近)	12
図 2-10	法面補修の様子	12
図 2-11	既存橋梁の損傷(たわみ)	12
図 2-12	既存橋梁の損傷(腐食)	12
図 2-13	観測地域の気象	13
図 2-14	調査対象地域の自然保護区域	16
図 3-1	インド・アッサム地方の地震条件	19
図 3-2	国道 5 号線沿線の状況	20
図 3-3	バス運行の様子	20
図 3-4	カーブの拡幅状況	20
図 3-5	ラワカー橋右岸の様子	23
図 3-6	ブリチュ橋右岸の様子	23
図 3-7	チャンチー橋左岸の様子	23
図 3-8	プナチャンチュダム導水トンネル	25
図 3-9	プナチャンチュダム計画高水位・低水位	25
図 3-10	プナチャンチュダム・アプローチ道路の建設状況	25
図 3-11	道路幅員構成図(National Highway / Double Lane)	26
図 3-12	道路幅員(道路部・土工部)	27
図 3-13	道路幅員(道路部・石積擁壁部)	27

図 3-14	道路幅員(橋梁部)	27
図 3-15	IRC 基準の Class A 活荷重	29
図 3-16	計画対象外 5 橋梁の位置	65

表　　リ　ス　ト

表 1-1	「ブ」国の人口	2
表 1-2	各県の産業別事業所数	3
表 1-3	我が国の支援動向	5
表 1-4	他ドナーの動向	5
表 2-1	道路局部署毎の人員	8
表 2-2	DoR の 2003/2004～2007/2008 の本部・地方事務所・プロジェクトの予算	8
表 2-3	国道 5 号線における既存橋梁の概略(12 橋)	10
表 2-4	各サイトの地形・地質	14
表 2-5	ボーリング位置	15
表 3-1	本プロジェクトにおける環境負荷と低減策(1)	21
表 3-2	本プロジェクトにおける環境負荷と低減策(2)	22
表 3-3	切り土勾配	28
表 3-4	「ブ」国道路設計基準	28
表 3-5	道路の幾何構造	28
表 3-6	河川からの条件一覧表	31
表 3-7	支間と橋梁形式の適合表	32
表 3-8	各橋梁の概要(1)	45
表 3-9	各橋梁の概要(2)	45
表 3-10	基本設計図目録	46
表 3-11	品質管理計画表	58
表 3-12	主要資材の調達区分	59
表 3-13	主要建設機材の調達区分	60
表 3-14	輸送車両(コルカタ～ブンチョリン)	61
表 3-15	輸送ルート・輸送期間	61
表 3-16	事業実施工程表	63
表 3-17	計画対象外 5 橋梁の概要	65
表 3-18	維持管理の内容	66
表 3-19	概算事業費(日本国側負担)	67
表 3-20	「ブ」国側負担事業内容・実施時期及び概算事業費	67
表 3-21	主な維持管理項目と費用	68
表 4-1	プロジェクト効果	69

略 語 集

<u>略 語</u>	<u>正式名称(英語)</u>	<u>和 名</u>
AADT	Annual Average Daily Traffic	年平均日交通量
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	アメリカ道路・運輸技術者協会
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
B/D	Basic Design Study	基本設計調査
BHU	Bhutan	ブータン
Dantak	Indian Border Roads	インド国境道路整備組織の道路建設チーム
DEC	District Environment Commission	県環境委員会
DoE	Department of Energy, Ministry of Economic Affairs	エネルギー局
DoR	Department of Roads, Ministry of Works and Human Settlement	道路局
EC	Environmental Clearance	環境承認
ECOP	Environmental Code of Practice	環境配慮規定
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
F/S	Feasibility Study	事業化調査
GDP	Gross Domestic Product	国民総生産
GNHC	Gross National Happiness Commission	国民総幸福委員会
GNI	Gross National Income	国民総所得
GOI	Government of India	インド政府
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IRC	Indian Road Congress	インド道路委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
MoA	Ministry of Agriculture	農業省
MoEA	Ministry of Economic Affairs	経済省
MoF	Ministry of Finance	財務省
MoWHS	Ministry of Works and Human Settlement	公共事業・定住省
NCD	Nature Conservation Division, Forest Department	森林局自然保護課
NEC	National Environmental Commission	国家環境委員会
NGO	Non-Governmental Organization	非政府団体
NH	National Highway	国道
NCL	National Land Commission	国家土地登記委員会
PC	Prestressed Concrete	プレストレスト・コンクリート
PHPA	Phunatshangchu Hydropower Authority	プナチャンチュ水力発電公社
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
ROW	Right of Way	道路敷地境界
RSPN	Royal Society of Protection Nature	王立自然保護協会
TA	Technical Assistance	技術援助
WB	World Bank	世界銀行
WWF	World Wide Fund for Nature	世界自然保護基金

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

ブータン王国(以下「ブ」国)の道路網は、東西に1路線(国道1号線)、南北に4路線(国道2号～5号線)の5つの主要路線で構成されている。

国道2号線と国道3号線は「ブ」国の国道であるがインドによって建設され、現在の維持管理もインド陸軍に属する国境道路組織 Project Dantak により実施されている。

「ブ」国の道路総延長 4,545km のうち国道の延長は 1,556km であり、国道以外は県道、市町村道、都市内道路、農道、森林道に区分されている。国道は延長の 99%がアスファルト舗装となっているが、その他の道路は土道が多く、「ブ」国全体の舗装率は 55%となっている。



図 1-1 「ブ」国の主要な道路

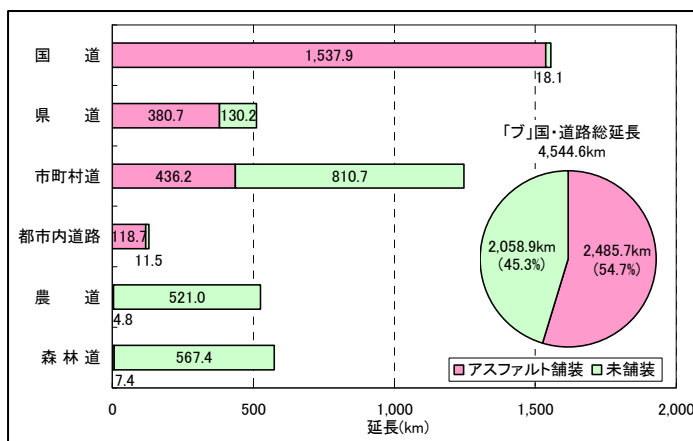


図 1-2 「ブ」国道路の舗装状況

1-1-2 開発計画

1) ブータン 2020

道路セクターだけでなく経済、産業、教育、文化、人材育成、環境と幅広く 20 年後の「ブ」国としての将来像が書かれている。道路セクターについては以下の目標が示されている。

- ① 2007 年までに幹線道路を 30 トントラックが走行できるように改修する。
- ② 2012 年までに全国民の 75%が半日の徒歩で到達するような道路網を形成する。
- ③ 2017 年までに第 2 東西道路(ジョモツングハ～シプス間)を完成させる。

2) 道路セクターマスタープラン(2007-2027)

公共事業・定住省が 2006 年 5 月に策定した道路整備に関するマスタープランであり、2007 年から 20 年間にわたる道路整備の目標が示されている。

- ① 市町村道路の建設 (2,654km)
- ② 第 2 東西道路の建設(南東部ジョモツングハ～南西部シプス間、約 794km)
- ③ 県間の連結・連携のための県道の建設(約 537km)
- ④ 既存道路の線形改良とバイパス設置
- ⑤ 主要幹線国道接続のための調査の実施(トンネル設置など)

3) 第10次5ヶ年計画（案）

第10次5ヶ年計画（案）の道路関連部分は、公共事業・定住省 道路局がブータン2020及び道路セクターマスタープラン(2007-2027)を基に、第9次5カ年計画の目標の達成度を精査し策定された。第10次5カ年計画の特徴は、貧困削減を優先課題として上げており、道路セクターがこれに寄与する目標として以下の項目を掲げている。

- ① 地方人口の75%が最寄りの道路まで半日以内の徒歩で到達できるようにする。
- ② 南部の東西道路247kmを新設又は改良する。
- ③ 南部東西道路に20橋梁を新設する。
- ④ 国道を145km建設する。
- ⑤ 国道に20橋梁を建設する。
- ⑥ 国道の内、40kmを2車線化する。
- ⑦ 国道の内、51kmの線形を改良する。
- ⑧ 水力発電所サイトへの重車両（170tトラック）アクセス道路を28km建設し、278km改良する。

1-1-3 社会経済状況

1) 社会状況

「ブ」国の人口は63.5万人であり、このうち、国道5号線沿線の人口は約11万人(ワンディ県、ダガナ県、チラン県、サルパン県の合計)、総人口の約17%を占めている地域である。国道5号線はこの地域唯一の幹線道路であること、首都であるティンプーへのアクセスなどから考えても、これら地域の住民は社会的、経済的に何らかの形でこの道路を利用していると考えられる。

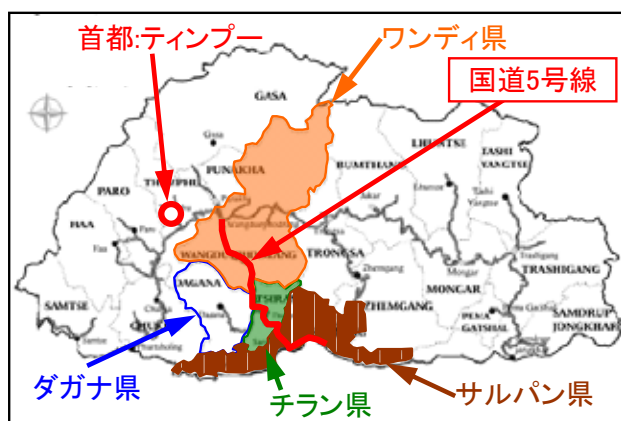


図1-3 国道5号線の沿道地域

表1-1 「ブ」国の人口

県名	人口(人)	構成比
ワンディ県	31,135	17%
ダガナ県	18,222	
チラン県	18,667	
サルパン県	41,549	
その他県	525,409	83%
総人口	634,982	100%

(出典:「Statistical Yearbook of Bhutan 2006」より作成)

2) 経済状況

「ブ」国の経済状況を見ると、一人当たり国民総所得（GNI）は1,410US\$（2006年、世銀）で、近年の経済成長率7.8%（2006年、世銀）と、2.5%と比較的低い失業率（2004年、「ブ」国政府）により、社会情勢は安定している。産業別のGDP構成比は第1次産業が22%、第2次産業38%、第3次産業40%（2006年、世界銀行）となっており、特徴的な産業は農業（米、麦等）、林業、電力である。また、輸出入の約8割をインドが占めており、隣国インドとの関係が深い。

地域産業を見てみると、表1-2にもあるように、農業関連産業ではサルパン県、建設産業ではワンディ県で事業所数が多い状況である。特に農業、林業面では、国道5号線沿線はプナサンチュ川に沿い森林地帯となっており、また、ダンブーやサルパンの付近では耕作地・果樹園などの農業が盛んである。これは、ほとんどが山岳地帯である「ブ」国において、この地域付近一帯だけが年間平均降雨量が2,500mmもあり高温多湿の気候で農作物の生育に恵まれているからである。

また、国道5号線に沿ったプナサンチュ川は水量が多く、周辺の地形が急峻であることから水力発電所の立地に適しているため、既にバソチュにおいてオーストリアの援助によって建設されたバソチュ水力発電所が稼働しており、農業に加えて電力供給地としても重要な地域である。このような地形を利用して、プナサンチュ水力発電所の建設も計画され、国道5号線沿道では送電線の鉄塔の建設が行われている。

表 1-2 各県の産業別事業所数

県 名	産業別事業所数					
	農業関連	林業関連	鉱業関連	サービス	建設	その他
ワンディ県	2	11	5	190	628	2
ダガナ県	-	-	-	1	32	-
チラン県	8	3	-	112	124	-
サルパン県	38	20	5	373	425	8
地域合計	48	34	10	676	1,209	10

（出典：「Statistical Yearbook of Bhutan 2006」より作成）



図 1-4 農地の様子
(サルパン・水田とオレンジ)



図 1-5 農産物の販売
(ワンディポダン・マーケット)

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「ブ」国においては、国土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な位置づけとなっている。このような状況の下、公共事業・定住省は2006年に道路整備に関するマスタープランとして「道路セクターマスタープラン」を策定し、2007年から20年間における道路整備の目標を示した。これを基に、同省道路局は「第10次5ヶ年計画」を策定した。その中では、①過疎地へのアクセス性、利便性を向上することにより、貧困状態にある地域の現状を改善する、②移動時間の短縮、輸送

費用の低減、交通事故の減少による道路網の信頼性、経済性、安全性、快適性などを強化する、などを上げている。

対象地域を通過する国道 5 号線は全般的にカーブが多く、見通しは必ずしも良いとは言えない。また、雨期には土砂崩れが発生し、道路が一時的に寸断されることもある。幅員構成は、「車道 3.5m、両側の路肩 1.5m」または「総幅員 6.5m」となっているが、多くの部分で 2 車線を確保されていない(1.5 車線)ため、車両のすれ違い時に速度を落とす必要があるものの、ほぼ全線が舗装（簡易舗装）されている。

橋梁については 1970 年～80 年代に架橋された仮設ベイリー橋が多いため、「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、1997 年から 1998 年にかけて「橋梁整備計画調査」が実施された。同調査では対象となった 22 橋の中から緊急に架け替えが必要なものは 12 橋とされ、中でも優先度の高い 5 橋に関し、我が国無償資金協力「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。この 3 橋のうち、国道 5 号線上にあるワクリタル橋は永久橋である鋼橋に架け替えられたものの、同国道上の他の 11 橋は損傷や老朽化が著しいことに加え、耐荷力が 20t 以下の橋梁が多く、大型車交通に対応できる状況ではない。

このため、「ブ」国政府は上記プロジェクトに続く無償資金協力として、2006 年 8 月、我が国に対し、国道 5 号線上の 6 橋梁の架け替えについて要請した。この要請に対して 2007 年 10 月、要請内容および対象地域ならびに既存橋梁・道路の確認、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づいた IEE の実施等を目的とし、本計画に係る予備調査を実施した。

本プロジェクトは、国道 5 号線にある 11 橋のうち、要請された下記の 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、要請対象外の 5 橋について「ブ」国側で架け替えが行われることにより、国道 5 号線において安定した人・物資の輸送が確保されることを目的とする。

- ・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)
- (ただし、橋長はいずれも要請橋長)

1-3 我が国の援助動向

「ブ」国における、道路セクターに関する我が国の支援実績は表 1-3 のとおりである。

表 1-3 我が国の支援動向

援助形態	プロジェクト名	実 施 年	金 額
開発調査	橋梁整備計画調査	1997 年～1998 年	-
専門家派遣	長期専門家派遣(橋梁専門家・延べ 4 名)	1998 年～2007 年	-
技術協力 プロジェクト	橋梁計画・設計・施工・保全に関わる人材育成プロジェクト	2004 年～2007 年	-
無償資金協力	道路建設機材整備計画	1987 年	4.12 億円
	第二次道路建設機材整備計画	1995 年	5.57 億円
	橋梁架け替え計画(5 橋・292.2m)	2001 年～2003 年	17.13 億円
	道路建設機材整備拡充計画	2003 年	6.03 億円
	第二次橋梁架け替え計画(3 橋・251.5m)	2005 年～2007 年	13.02 億円

1-4 他ドナーの援助動向

他ドナーの援助動向については、DoR にヒアリングを行ったところ、近年の主要援助機関は WB(世界銀行)、ADB(アジア開発銀行)、GOI(インド政府)であり、DoR 内にこれらドナーに対応する部署を設けている。対応部署への援助動向をヒアリングした結果を表 1-4 に示す。また、この表にあるプロジェクトの実施箇所を図 1-6 に示す。

表 1-4 他ドナーの動向

No.	プロジェクト名	予算	位置	実施機関	ドナー	援助形式	特記
1	第2地方道計画	10.01 百万 US\$	1-1 ワンディ	DoR	WB	無償	
			1-2 ダガナ				
			1-3 ペマテル				
2	バベサ～ブンチョリン間道路2車線化計画	1,887 百万 Nu.	2 テンブー - ブンチョリン	DANTAK	GOI	無償	
3	チュウザム～パロ道路2車線化計画	424 百万 Nu.	3 チュウザム - パロ	DoR	GOI	無償	
4	ゴンブ～バンバン道路建設計画	15 百万 Nu.	4 ゴンブ - バンバン	DoR	GOI	無償	調査
5	ゲルボジン～ナングラム間道路整備計画	150 百万 Nu.	5 ゲルボジン - ナングラム	DoR	GOI	無償	
6	ゲレフ～トンサ間国道整備計画	11.0 百万 US\$	6 トンサ - ゲレフ	DoR	ADB	有償	
7	支線道路改良計画	14.0 百万 US\$	7-1 ミルチム - ボンゴ	DoR	ADB	有償	
			7-2 テキザム - ジェナ				
			7-3 アウチョー - ガルバタン				
			7-4 カルツングラ - カンパラ				

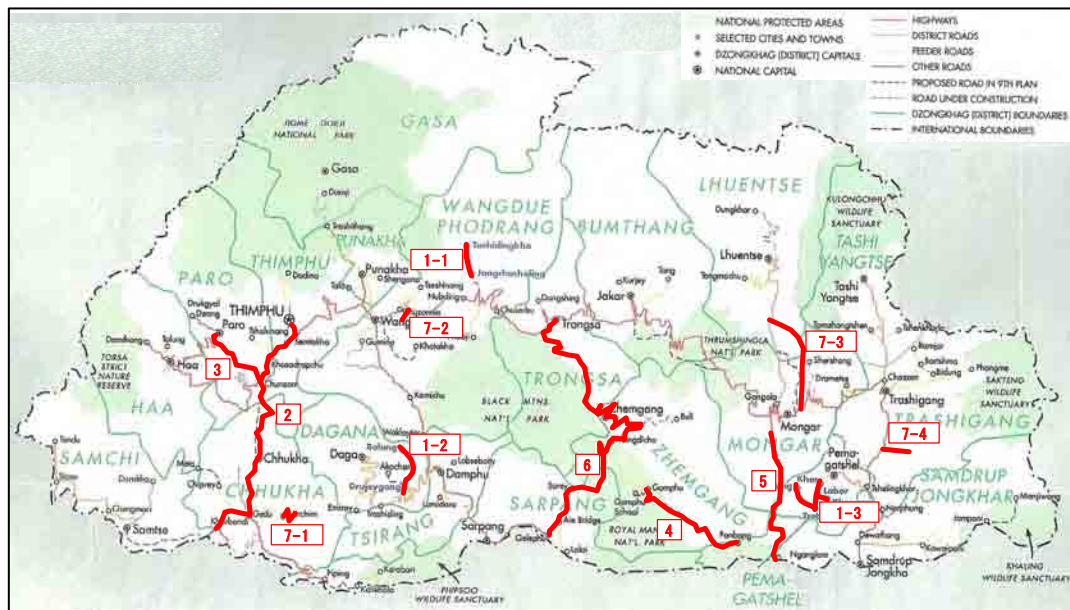


図 1-6 他ドナーのプロジェクト位置

他ドナーの道路セクターにおける援助の動向は、橋梁整備を含めた道路整備が主であり、その路線は国道 2 号線、国道 4 号線、国道 3 号線といった、インドとのアクセスを背景にした南北軸の整備が多くなっている。

本計画の対象路線である国道 5 号線については隣接する路線の整備はあるものの、国道 5 号線沿線でのプロジェクトは見受けられない。



図 1-7 GOI が整備した道路(ティンパーパ間)

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

(1) 組織

本事業実施の責任を有する主管官庁は「公共事業・定住省 (Ministry of Works and Human Settlement、以下 MoWHS)」であり、実施機関は同省傘下の「道路局 (Department of Roads、以下 DoR)」である。

主要幹線道路を管理している DoR の前身は、1959 年にインド政府の援助で始まった国道 2 号線の建設に伴って設立された組織で、1979 年には公共事業局 (PWD) の傘下に組み入れられ、その後 2003 年に MoWHS 傘下の部局として今日に至っている。本部の下に 8 地方管理事務所と世銀、ADB のプロジェクト部署がある。以下に公共事業・定住省の組織図を示す。

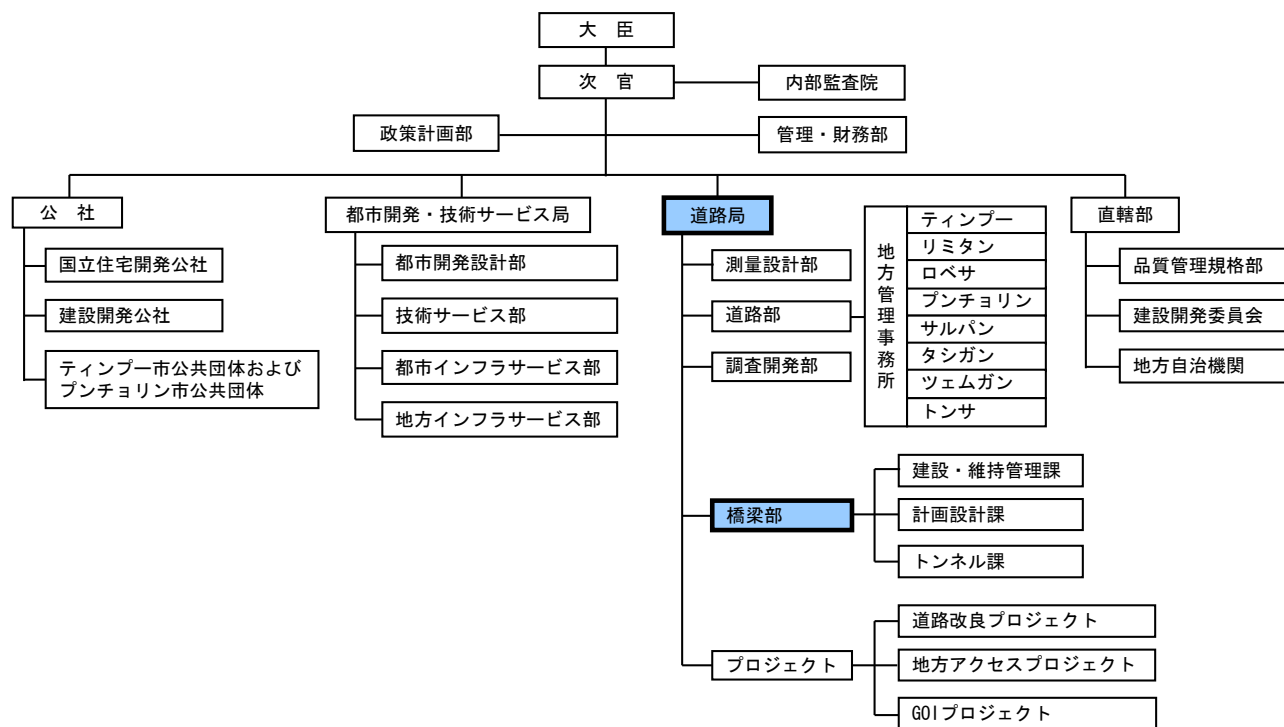


図 2-1 公共事業・定住省の組織図

(2) DoR の人員

DoR の本部と地方管理事務所における階級毎の人員を表 2-1 に示す。DoR 全体としては約 400 人体制で運営されており、各地方事務所は 30 人～50 人の体制で運営を行っている。本計画の対象地域を管轄するロベサ事務所は 49 人と各事務所の中でも最も多い人員配置となっているが、これは所管するエリアが他の事務所と比べても広範にわたるためと考えられる。

表 2-1 道路局部署毎の人員

部署	局長・ 副局長	上級技師	技師	事務職・ その他	合計
道路局本部	2	12	37	50	101
ティンブー管理事務所	0	1	11	21	33
リミタン管理事務所	0	1	18	22	41
ロベサ管理事務所	0	1	18	30	49
ブンチョリン管理事務所	0	1	11	15	27
サルパン管理事務所	0	1	13	21	35
タシガン管理事務所	0	1	18	19	38
ツェムガン管理事務所	0	1	15	22	38
トンサ管理事務所	0	1	12	20	33
合計	2	20	153	220	395

(出典：DoR2006 年資料)

2-1-2 財政・予算

道路分野の予算推移として、DoR における 2003/2004～2007/2008 年度の予算を表 2-2 に示す。2003/2004 から 2006/2007 にかけて予算は減少しているが、2007/2008 は大幅に増加している。これは世界銀行や ADB のプロジェクト予算が計上されたためであり、各事務所の予算推移は減少または微増傾向である。本計画の対象地域を管轄するロベイサ事務所は微増傾向に転じており、また、サルパン事務所は増加傾向にある。

表 2-2 DoR の 2003/2004～2007/2008 の本部・地方事務所・プロジェクトの予算

(単位：百万 Nu.)

部署/プロジェクト	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
本部	601.706	194.781	166.337	171.757	1,187.553
トンサ	106.327	186.668	125.819	128.798	91.716
ロベイサ	159.586	170.876	150.437	135.683	146.206
リミタン	235.466	286.625	329.127	214.553	131.977
ティンブー	78.325	104.963	105.790	228.075	248.053
ツェムガン	88.476	127.334	126.462	129.835	54.406
サルパン	96.836	84.938	110.060	130.697	145.278
ブンチョリン	50.174	81.486	80.298	102.030	118.074
タシガン	140.901	126.651	85.523	144.618	115.609
チュッカ	3.471	-	-	-	-
世銀地方道プロジェクト	-	-	-	-	217.237
ADB Japan Fund	-	-	-	-	17.053
その他	51.135	-	-11.720	23.054	-
合計	1,612.403	1,364.322	1,291.573	1,409.100	2,473.162

(出典：DoR 資料)

2-1-3 技術水準

「ブ」国の土木技術者は、訓練学校を経て主に現場を管理する「技能員」、および工業専門学校/大学を経て短大を卒業した「技術者」から成る。

技能員の多くは西部の Phuentsholing に 1965 年に設立された「王立技術学校 (Royal Technical Institute)」の電気科、機械科、自動車科、建築科、製図科を終了している。現

在、当該学校は解体されて、「職業訓練学校(Vocational Technical Institute)」となり、各地に移転された。

土木/機械/電気技術者の多くは「ブ」国内の「王立工業専門学校(Royal Bhutan Polytechnic)」を卒業している。また、少数であるが、インド等の海外の大学にて学んだ技術者もいる。なお、1974年に東部の Dewathang に設立された当該学校は 2000 年に西部の Phuentsholing に移転し、「王立工科大学(Royal Bhutan Institute of Technology)」に格上げされた。現在、専門課程(Diploma)と学士課程(Degree)で構成され、前者課程(3年間)は土木科(60名)、電気科(50名)、機械科(10名)、後者課程(4年間)は土木科(20名)と電気科(20名)に分れている。これらの学校の卒業生は人数が限られているとともに、彼等は政府関係機関に優先的に勤務するので、民間企業は技術者不足に直面している。このような事情のために、建設業者は外国人、すなわちインド人の技術者によりその不足を補っている。

DOR の職員中、約 20 名の上級技師は上述の「技術者」で、それ以外の約 150 名の技師は「技能員」である。

2-1-4 既存施設・機材

(1) 道路

本計画の対象橋梁がある国道 5 号線は、ワンディポダンで国道 1 号線と接続し、この接続点を起点として、「ブ」国南部・インドとの国境の町であるサルパンを通過しゲレフを終点とする全長約 190km の路線である。ワンディポダンからスンコシ付近の延長約 70km の区間はプナチャンチュ川沿いの山間部斜面中腹に道路が走り、スンコシ以南の 70km~150km は山を越えるルートとなり、この山を越えゲレフまでは平地を通過する。

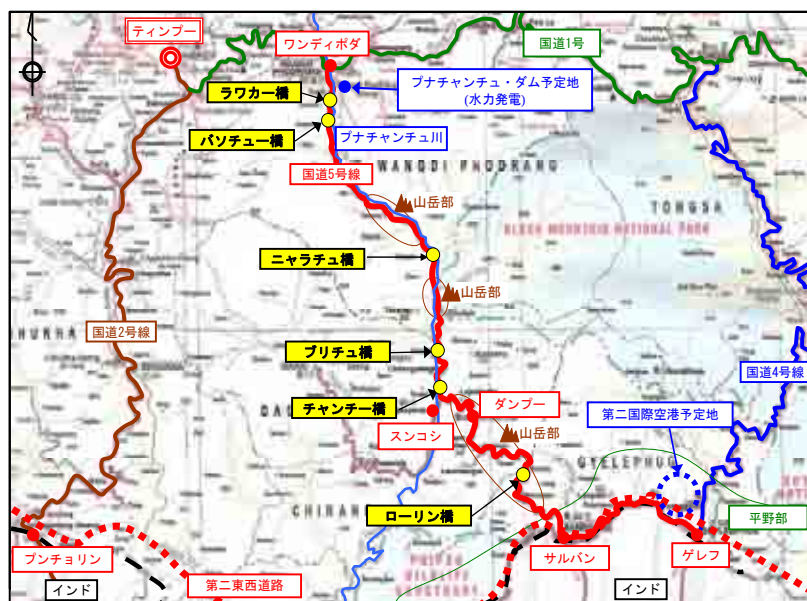


図 2-2 国道 5 号線と周辺道路の概要

(2) 橋梁

国道 5 号線上には 12 橋の橋梁がある。このうち、ワクリタル橋は第 2 次橋梁架け替え計画により 2007 年に架け替えが終わっている。従って、本計画の対象 6 橋以外に、未整備の橋梁が 5 橋ある。これらの橋梁は全て橋長 20m 以下の仮設ベイリー橋である。

各橋梁の概略については下表に示すとおりである。いずれの橋梁も 1980 年～1990 年代に仮設されており、また、耐荷力も 18t 以下で、老朽化や損傷が目立っている。

表 2-3 国道 5 号線における既設橋梁の概略(12 橋)

橋 名	キロ程 km	橋梁形式	橋長 m	支間 m	有効幅員 m	総幅員 m	クリアランス m	耐荷力 ton	建造年
ヘソタンカ橋	2.4	SSR-Bailey (30')	9.55	9.3	3.27	4.1	5	18	1985
ラウカー橋	8.7	DSR-Bailey (100')	31.0	30.0	3.27	4.9	10	18	1988
パソチュ橋	13.4	TSR-Bailey (60')	19.0	18.0	3.27	5.4	10	15	1985
ルリチュ橋	18.5	TSR-Bailey (50')	16.0	15.0	3.27	5.4	7	18	1987
バイチュ橋	23.6	SS-Bailey (50')	16.0	15.0	3.27	4.5	7	17	1985
カミチュ橋	31.5	SSR-Bailey (60')	19.0	18.0	3.27	4.0	4	15	1986
ニャラチュ橋	49.5	DS-Bailey (100')	31.0	30.0	3.27	5.0	5	18	1991
ワクリタル橋	52.6	ランガー橋	86.0	84.6	6.0	6.8	20	40	2007
メチコラ橋	53.9	SSR-Bailey (60')	19.0	18.0	3.27	4.0	3	8	1990
ブリチュ橋	63.1	DS-Bailey (90')	28.0	27.0	3.27	5.0	6	18	1985
チャンチー橋	69.4	TS-Bailey (130')	40.0	39.0	3.27	5.4	15	18	1986
ローリン橋	126.8	DDR-Bailey (169')	49.2	48.9	3.27	5.0	27	18	1992

注記

- 1) キロ程の原点はワンデュ・ポダンからの距離
- 2) 「クリアランス」は橋面から水面までの高さ
- 3) 橋梁形式 ○○○-Bailey、最初の○：横断方向の主構数=S, D, T、2 番目の○：主構の段数=S, D, T、最後の○：補強有り=R、
S=Single, D=Double, T=Triple
- 4) は本計画における調査対象橋梁である

(3) DoR の保有機材

「ブ」国では拡大する工事量の消化のために工事の機械化を進めており、現地建設企業は小規模な道路工事の土工、道路工、運搬工、コンクリート工に関する建設機械を保有している。

また、本計画の実施機関である DoR の機械課から 2006 年に組織上独立した建設開発会社 (Construction Development Corporation Limited、以下 CDCL) はティンブーの本部とヘソタンカ、リグメタン、ゲレフの支部に約 300 名の職員と約 160 台の重機を所有している。これらの保有機械は DoR の機械課時代に海外からの援助や自国資金により購入したものである。この中には下記の我が国無償資金協力により供与されたものも含まれており、写真の様に国道 5 号線の改良に現在も利用されている。

- ・ 1987 年：道路建設機材整備計画
- ・ 1995 年：第二次道路建設機材整備計画
- ・ 2003 年：道路建設機材整備拡充計画



図 2-3 我が国無償供与機材による道路拡幅

一方、橋梁架設に必要な自走式クレーンについては、ベイリー橋架設に利用できる DoR 所有の 20t 小型トラック・クレーンはあるが、ラフター・クレーン、トラック・クレーン等の大型クレーンは「ブ」国では流通していない。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

サイトへのアクセスは国道 5 号線のみである。また、電気・水道・通信については整備されておらず、プロジェクトの実施には別途、手配が必要となる。本計画の対象 6 橋は国道 5 号線上にある。

国道 5 号線は斜面の中腹に建設された道路のため、全般的にカーブが多く、見通しは必ずしも良いとは言えない。特に、国道 5 号線の起点であるワンディポダンから 70km を過ぎた南側山岳地域は道路勾配がきつく、つづら折りの道路が続く。また、雨期には大雨により土砂崩れが発生し、道路が一時寸断されることもある。



図 2-4 土砂崩れ跡

国道 5 号線は「ブ」国の道路構造に関するマニュアルによると、「車道 3.5m、両側の路肩 1.5m」または「総幅員 6.5m」となっている。図 2-5 にあるように路線の多くは 2 車線を確保されておらず (1.5 車線)、車両のすれ違い時に速度を落とす必要がある道路であるが、ほぼ全線が舗装 (簡易舗装) されており、走行性は比較的良い状態である。これに加えて、維持管理の面では日常の道路清掃

が行われている。舗装補修や土砂災害後の法面補修なども行われており、道路の維持管理面において十分な対応が行われていると判断できる。



図 2-5 1.5 車線の道路幅員
(バスチュ付近)



図 2-6 2 車線確保された道路
(ダンプー付近・幅員 6.5m)



図 2-7 道路清掃の様子
(バスチュ付近)

また、現在、プナチャンチュ水力発電所建設工事による大型車両交通の増加を見込んで、急カーブにおける安全かつ円滑な走行を確保するための拡幅工事が行われており、この工事は 2011 年には全線完成の予定である。

橋梁については、国道 5 号線沿線には 12 橋あり、この内、ワクリタル橋は我が国の無償資金協力(第 2 次架け替え計画)にて、2007 年に鋼橋に架け替え工事が完了している。その他 11 橋については、仮設ベイリー橋であり、1970 年～80 年代に架橋されたため、損傷や老朽化が著しいことに加え、耐荷力が 20t 以下の橋梁が多く、大型車交通に対応できる状況ではない。



図 2-8 道路拡幅の様子
(ダンプー付近)



図 2-9 舗装補修の様子
(ダンプー付近)



図 2-10 法面補修の様子



図 2-11 既設橋梁の損傷(たわみ)



図 2-12 既設橋梁の損傷(腐蝕)

2-2-2 自然条件

(1) 気象条件

「ブ」国の気候は6月から9月の雨量の多いモンスーン期と11月から3月の乾期からなり、その他の月は中間期に当たる。この傾向は対象サイトも同様であるが、サルパンはインドに近いこともあり、雨期の雨量がワンディポダン、スンコシよりも多い状況である。また、ワンディポダンは緯度、標高ともにスンコシ、サルパンよりも高いため、気温については他の2地点よりも低く推移している。

(2) 地形・地質

各橋梁サイトの地形的特徴、地質、河川勾配を表2-4に示す。また、地形・地質の詳細を巻末に資料として添付する。

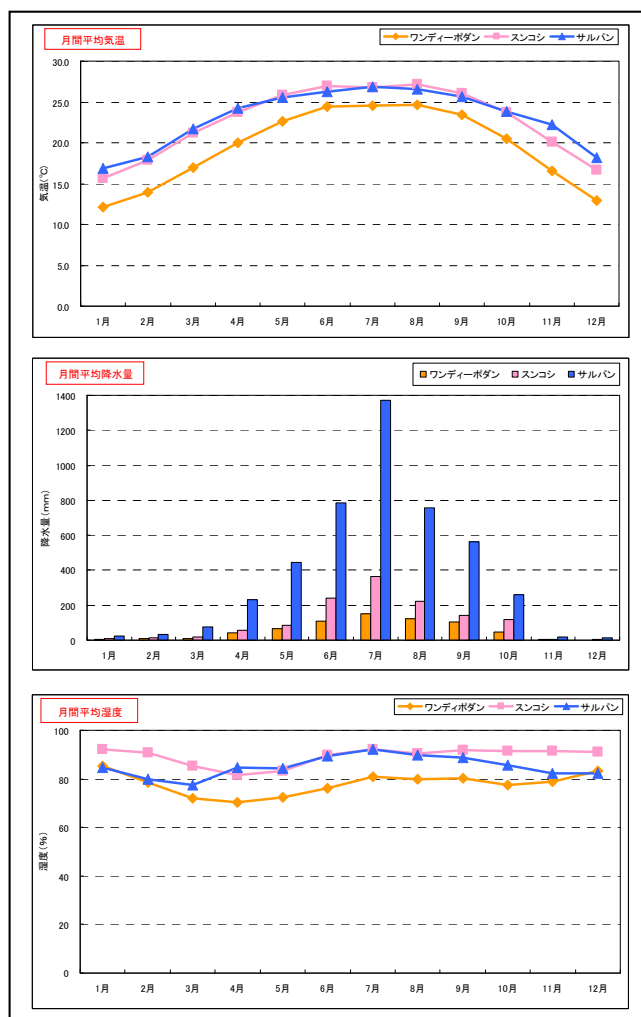


図 2-13 観測地域の気象

(出典：「ブ」国・経済省エネルギー局資料より作成)

表 2-4 各サイトの地形・地質

地点名		ラワカー橋	バンチュー橋	ニャラチュー橋	ブリチュー橋	チャンチー橋	ローリン橋
概略図							
地形的特徴		左岸側は計画位置に岩盤が露出。雨季は現橋まで滝の飛沫が掛かる。左岸は旧崖錐層が被服している。	右岸、左岸共に現橋台は岩盤上にある。橋の背後及び 40m 下流も滝となっている。計画位置はこの滝と滝の間に砂が堆積している流れの緩やかな箇所位置する。	河床には土石流による円礫があり、両岸には崩壊を繰り返す崖錐層がある。特に右岸側の崩壊が著しい。	右岸は低位段丘であり、右岸は岩盤とその崖錐層からなる。左岸の現橋付近は岩盤があり、85 度の急斜面であるが、より終点側は 36 度の緩斜面である。	両岸とも中位段丘面上に道はあり、現橋の右岸の橋台は岩盤にあり、左岸の橋台は河床に位置している。	急峻な山岳の谷である。上流に滝があり、雨季には始点側 30m の範囲に滝が出現する。起点側にも規模は小さいが沢があり、沖積錐（土砂）が分布する。
河川勾配		現橋梁位置での比高差は約 10m。本流との差は 50m 以上で本流までは滝の連続である。	現橋梁位置での比高差は約 7m。本流との差は 25m 程度で本流までは滝の連続である。	上流の河床勾配は 3%、下流は 4% 以上である。本流との標高差は 60m である。	本流から 180m 付近に現橋があり、河床は本流から 2m ほど高い。勾配は 1～2%程度である。	本流から 280m 付近に現橋があり、河床は本流から 7m ほど高い。勾配は 2～3%程度である。	河床は急峻であり、雨季に水量は増すが、流速が早いいためか、水位の上昇は少ない(2m)程度。
H. W. L.		1,173.0m	1,032.0m	526.0m	373.0m	336.0m	1,093.0m
基盤岩	層序	ティンブー層	ティンブー層	チェカ層	ティンブー層	ティンブー層	ティンブー層
	岩名	細粒片麻岩	眼球片麻岩	硬質砂岩	眼球片麻岩	眼球片麻岩	片麻岩
	特徴	橋の中心に向背軸があり右岸左岸共に受盤である。岩盤にクラックは多くなく、塊状で硬質である。	岩盤は現在の橋台付近に限られている。片理は南に 55 度で傾斜している。新鮮さあるがクラックは比較的多い。	橋台付近には岩盤は存在しないが、両岸の斜面上部に崩壊地として存在している。層理はやや北側に傾斜している。	左岸の橋台から 30m の範囲にしか分布が確認されない。層理は東に 15 程度落ちている。切土でも風化されている。	岩盤が右岸橋台付近にあるが、背後が段丘堆積物であり、崖との間を考慮すると 2m 程度の厚さである。	両岸とも道路上には基盤岩が分布し、層理は北西方向に 50 度程度傾斜している。岩盤は硬質であるが、亀裂が 5～10cm で入る。
被覆層	層名	旧崖錐層	河床堆積物、旧崖錐層	河床堆積物、旧崖錐層、新崖錐層	低位段丘堆積物、旧崖錐層、	中位段丘堆積物	旧崖錐層、新崖錐層
	特徴	右岸に旧崖錐層があり、角礫とシルト質砂からなり、締りが良い。ただし、道路下には建設時の盛溢された礫があり、ルーズである。	河床には 1m 以上の巨礫と砂が堆積している。道路脇の切土は円礫と角礫の混ざった崖錐層である。	河床堆積物は雨季に土石流状に堆積している。旧崖錐層は両岸に分布している。右岸の旧崖錐層は崩壊を繰り返し、新崖錐層を堆積。	低位段丘は礫混じりシルト質砂であり、比較的ルーズである。旧崖錐層は角礫混じり砂質シルトであり、比較的締まっている。	中位段丘堆積物は円礫を主体としており砂質層である。起点側には基盤岩の巨礫が含まれている。	右岸の道路下には崖錐層がある。旧崖錐の上に新崖錐層が覆っており、ルーズである。
ボーリング (145.52m)	位置	右岸（終点側）1 箇所：道路路肩	左岸（起点側）1 箇所：河床 右岸（終点側）1 箇所：河床	左岸（起点側）1 箇所：河床 右岸（終点側）1 箇所：河床	左岸（起点側）1 箇所：雨期河床 右岸（終点側）2 箇所： 1 箇所：道路下斜面 2 箇所：道路路肩	左岸（起点側）1 箇所：道路脇 右岸（終点側）1 箇所：道路脇	左岸（起点側）1 箇所：道路路肩 右岸（終点側）2 箇所： 1 箇所：道路下斜面 2 箇所：道路擁壁下
	延長	La-1：13.1m	Ba-1：9.94m Ba-2：10m	N-1：10m N-2：10m	Bu-1：10m Bu-2：10m Bu-3：15m	C-1：8.67m C-2：17.97m	L-1：5.05m L-3：13.1m L-4：12.69m
	岩着	La-1：GL-8.75m	Ba-1：GL-7.95m Ba-2：GL-10m以深	N-1：GL-10m以深 N-2：GL-10m以深	Bu-1：GL-10m以深 Bu-2：GL-10m以深 Bu-3：GL-12.55m	C-1：GL-8.0m C-2：GL-16m	L-1：GL-2m L-3：GL-10.1m L-4：GL-7.64m
	被覆層 の N 値	測定値：貫入不能 設定 N 値：50（旧崖錐層）	測定値：貫入不能 設定 N 値：30（河床堆積物） 50（旧崖錐層）	測定値：25～貫入不能 設定 N 値：30（河床堆積物）	測定値：21～貫入不能 設定 N 値：30（旧崖錐層） 50（段丘堆積物）	測定値：11～貫入不能 設定 N 値：50（段丘堆積物）	測定値：16～貫入不能 設定 N 値：50（旧崖錐層）

(3) 自然条件調査の実施

地形・河川測量および地質調査を下記要領にて実施し、その成果を基本設計に反映した。

1) 測量

対象道路区間について、地形測量を現地再委託業務として実施した。測量作業はベンチマークの設置、道路中心線測量（縦断）、道路横断測量、既設構造物測量および河川測量である。成果品として、現橋梁を含む周辺の平面図を作成した。

2) 地質（ボーリングおよび室内試験）

現地再委託業務として、ボーリング調査は、構造物付近の支持層の確認を目的として、以下の13地点を選定し実施した。現地の状況は、部分的にシルトを含んだ砂質土～巨礫混じり砂質土が10～15mの深度まで分布し、N値は20～50であった。巨礫の混入が多いために、硬質な岩掘削が主となった。一部で10m掘進しても基盤岩の確認が出来なかったところもあるが、多くの地点で基盤岩を確認した。ボーリング調査地点を表2-5に示す。

原地盤材及び工事材料の確認を目的としたサンプリングと室内試験を実施した。室内試験では、採取した土の物理試験、岩の強度試験を実施した。また、2箇所砕石所のサンプルで骨材試験を行った。

表 2-5 ボーリング位置

No.	地点名	ボーリング	
		本数	名前
1	ラワカー	1	Bh1(right)
2	バソチュー	2	Bh1(left)
			Bh2(right)
3	ニャラチュー	2	Bh1(left)
			Bh2(right)
4	ブリチュー	3	Bh1(right)
			Bh2(left-down)
			Bh3(left-up)
5	チャンチー	2	Bh1(right)
			Bh2(left)
6	ローリン	3	Bh1(right)
			Bh3(left-down)
			Bh4(left-up)
総箇所数		13	

2-2-3 環境社会配慮

(1) 環境関連の手続き

環境関連の手続きは、2000年に施行した環境法、2002年に施行したガイドラインに基づき行われている。これまでは国家環境委員会(The National Environment Commition:NEC)によって環境に関連する調査・手続きが行われてきたが、行政改革によって NEC 以外の関係省庁が独自で環境評価を行い、環境承認(Environmental Clearance:EC)を発行する責任機関を設置することとした。本計画における関係省庁とは、公共事業・定住省(MoWHS)であり、同省内の建設基準・品質管理機関が審査を実施し、その結果に基づき環境承認を発行する。環境承認を取得するための調査および資料・申請書等の作成は、実施機関および DoR 環境ユニットが担当する。

(2) 自然環境

本計画の対象地域では、図 2-14 に示す様にニャラチュ橋が「シグミ・シング・ワンチュク国立公園」と「生態系連絡路」に面しており、また、ローリン橋が「生態系連絡路」内に位置している。

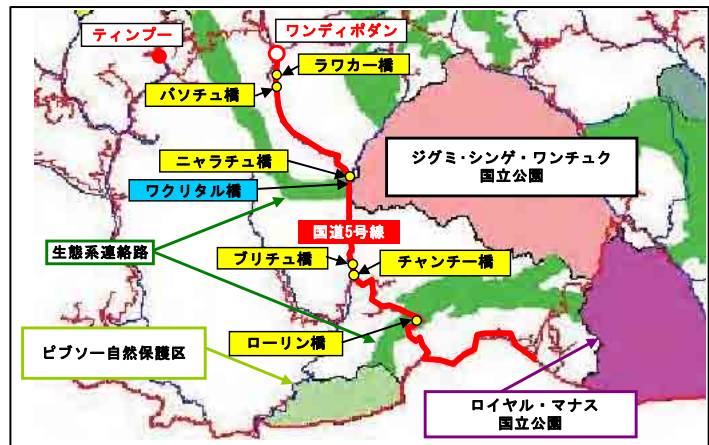


図 2-14 調査対象地域の自然保護区域

第3章 プロジェクトの内容