

ブータン王国

第二次橋梁架け替え計画

基本設計調査報告書

平成 16 年 12 月

独立行政法人国際協力機構  
株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル

無償

JR

04-218

ブータン王国

第二次橋梁架け替え計画

基本設計調査報告書

平成 16 年 12 月

独立行政法人国際協力機構  
株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル

## 序 文

日本国政府は、ブータン王国政府の要請に基づき、同国の第二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 16 年 6 月 18 日から 7 月 24 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 16 年 10 月 10 日から 10 月 16 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 16 年 12 月

独立行政法人国際協力機構  
理 事 小島 誠二

## 伝 達 状

今般、ブータン王国における第二次橋梁架け替え計画基本設計調査が終了しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 16 年 6 月より平成 16 年 12 月までの 6.5 ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ブータン国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 16 年 12 月

株式会社パシフィックコンサルタンツ  
インターナショナル

ブータン王国

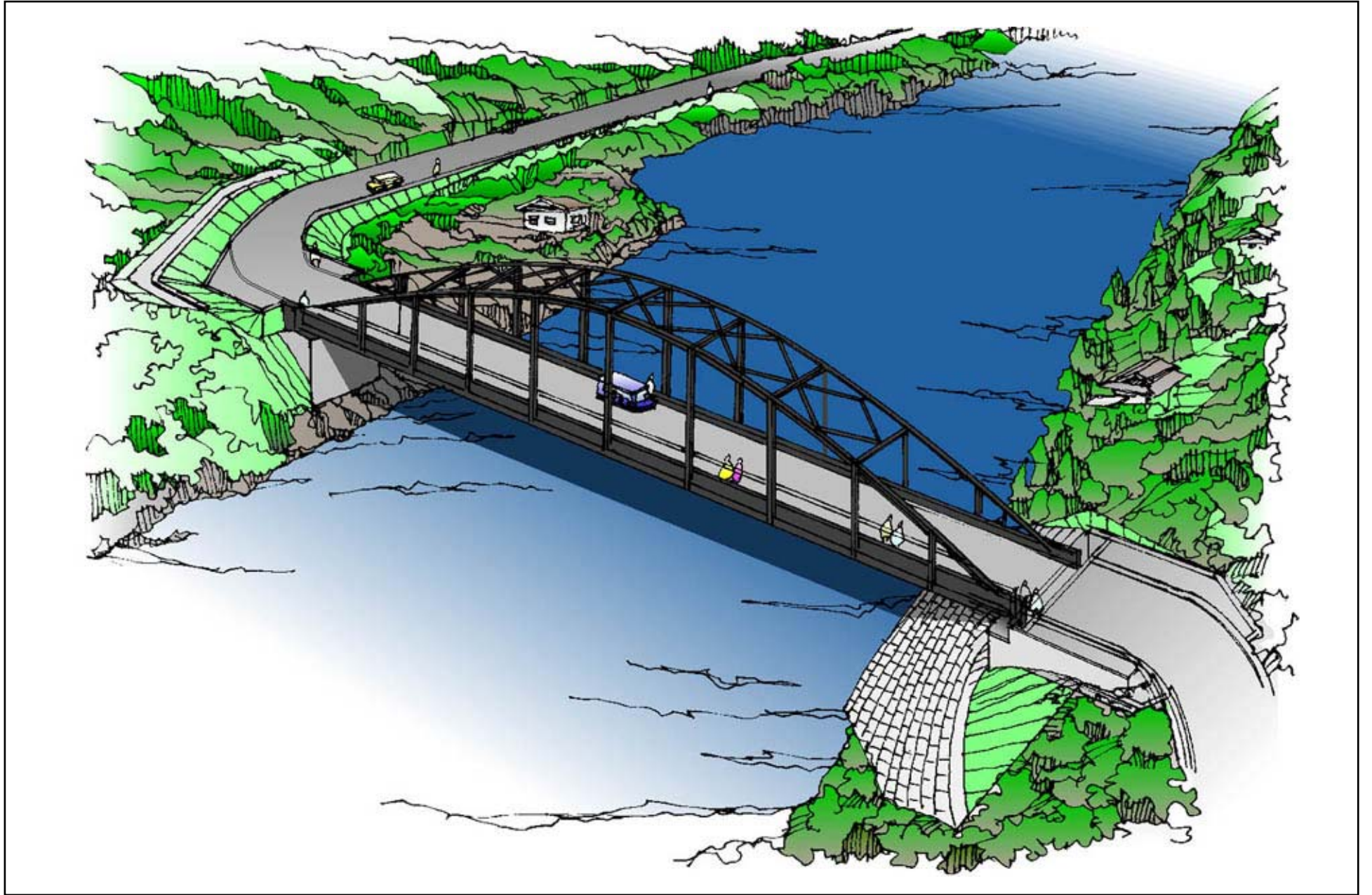
第二次橋梁架け替え計画基本設計調査

業務主任 米山 秀樹

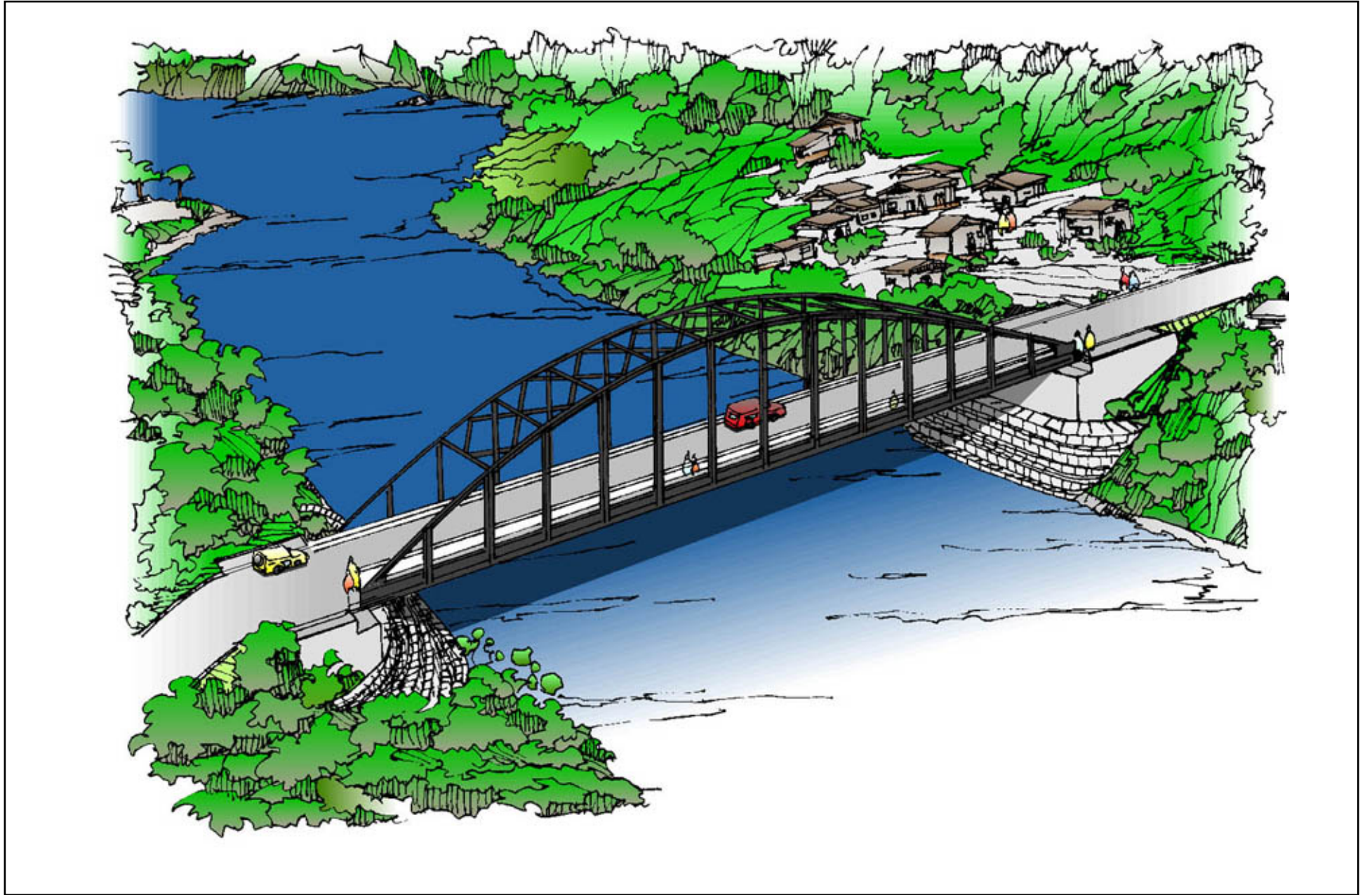




ワクリタル橋



タンマチュー橋



スンコシ橋



## 写 真

### (1) ワクリタル橋

形 式 ; ベイリー吊り橋

橋 長 ; 73.2 m

完 成 ; 1987 年



右岸上流からの橋の全景 (1)

雨期のため川は洪水流をなし、その影響が左岸橋台前に現れている。右岸は岩が露出している。



左岸下流からの橋の全景 (2)

左岸現橋台の上流側では、河川屈曲の影響が現れて、乱流化している。右岸と同様に、左岸でも岩が露出している。



左岸側状況 (3)

現道路構築のために道路山側を削岩し、岩塊を川側法面に残して、法防護としている。現橋の許容荷重は 18 t に制限されている。トラスに大きな撓み、座屈は見られない。



右岸側状況 (4)

70~80° の傾斜で掘削されたアンカー部山側法面は、地すべりも無く極めて硬く締まった地山を示す。アンカー上側に官用 2 家屋がある。

## (2) タンマチュー橋

形 式 ; ベイリー吊り橋

橋 長 ; 85.3 m

完 成 ; 1982 年



左岸上流からの橋の全景 (1)

雨期で川の流れは激流である。右岸下流すぐに民家が見える。



左岸下流からの橋の全景 (2)

主ケーブルがクリープにより設定よりも垂れ下がり、これを調整するためのハンガーの調整代が失われている。



トラック渡橋中

許容荷重は 8t に制限されている。このトラックは、積荷を満載してこの橋梁を渡ることはいできない。



座屈した補剛トラス

右側トラスが内側に座屈している。木床版はかなり傷んでいる。

### (3) スンコシ橋

形 式 ; ベイリー吊り橋

橋 長 ; 85.3 m

完 成 ; 1982 年



乾期左岸上流からの橋全景 (1)

乾期でも流速は早く、左岸現橋台での水深は深い。許容荷重は 12t である。トラスに大きな撓みは見られない。



雨期左岸上流からの橋全景 (2)

雨期で川の水位が上昇し、右岸にくらべ、左岸下流側の流れがボルダーにより激しく乱れている様が見える。



左岸側上流架橋地点状況 (3)

道路山側の急傾斜面は崩壊して地山が露出し、その崩壊土が道路山側の緩斜面に堆積している。堆積域の下流側は降雨時に流路となる。



右岸側上流架橋地点状況 (4)

右岸側に、コントロールポイントとなっている 2 家屋がある。そのすぐ上に現橋に取り付く道路線が見える。道路山側斜面は、ゆるい勾配を成している。

## 図リスト

図 2-1-1-1	公共事業・定住省道路局組織図 .....	2- 2
図 2-1-2-1	「ブ」国の道路セクター予算の推移 .....	2- 3
図 2-1-2-2	「ブ」国の道路関連予算の内訳 .....	2- 3
図 2-1-4-1	既存 7 橋の健全度調査結果 .....	2- 5
図 2-2-2-1	プナサン川（スンコシ川）流域内の雨量観測所における観測値 （1990 年～2003 年の平均値） .....	2- 8
図 2-2-2-2	クリ川流域内の雨量観測所における観測値 （1990 年～2003 年の平均値） .....	2- 9
図 2-2-2-3	プナサン川（スンコシ川）流域の流域平均降雨量と流出量の関係 .....	2-11
図 2-2-2-4	クリ川流域の流域平均降雨量と流出量の関係 .....	2-12
図 3-2-1-1	対象橋梁架け替えの妥当性検討フロー .....	3- 3
図 3-2-2-1	インド及び近隣地域の地震区域区分図 .....	3-11
図 3-2-2-2	橋梁形式選定手順 .....	3-17
図 3-2-4-1	輸送路障害状況 .....	3-66

## 表リスト

表 1-1-2-1	第9次五ヶ年計画における道路セクターの対象事業及び事業費 .....	1- 2
表 1-3-1	道路セクターに関連する無償資金協力の実績 .....	1- 4
表 1-4-1	他のドナー国・援助機関のプロジェクト実績 .....	1- 4
表 1-4-2	対象3 橋梁周辺の他ドナーによるプロジェクト（計画） .....	1- 5
表 2-2-2-1	対象橋梁近傍の気象観測所リスト .....	2- 8
表 2-2-2-2	プナサン川(スンコシ川)流域内の雨量観測所における観測値 （1990年～2003年の平均値） .....	2- 8
表 2-2-2-3	クリ川流域内の雨量観測所における観測値 （1990年～2003年の平均値） .....	2- 9
表 2-2-2-4	対象橋梁近傍の流量観測所リスト .....	2-10
表 2-2-2-5	各流量観測所における既往最大流量・流況係数（プナサン川流域） .....	2-10
表 2-2-2-6	各流量観測所における既往最大流量・流況係数（クリ川流域） .....	2-12
表 2-2-2-7	水位調査結果 .....	2-14
表 2-2-2-8	簡易流速測定結果 .....	2-14
表 2-2-2-9	調査対象橋梁地点の河川現況調査総括表 .....	2-14
表 2-2-2-10	50年確率の各架橋計画部における流量 .....	2-15
表 2-2-2-11	50年確率流量に対応する水位 .....	2-15
表 2-2-2-12	交通量調査結果一覧 .....	2-20
表 3-2-2-1	「ブ」国道路設計基準 .....	3- 9
表 3-2-2-2	調査・解析水位一覧表 .....	3-13
表 3-2-2-3	橋梁形式一次比較表（鋼橋・支間長 70～95m） .....	3-19
表 3-2-2-4	橋梁形式一次比較表（コンクリート橋・支間長 70～95m） .....	3-20
表 3-2-2-5	橋梁形式二次比較表 .....	3-22
表 3-2-2-6	上部構造形式一覧表 .....	3-21
表 3-2-2-7	護岸工形式 .....	3-23
表 3-2-2-8	道路設計成果一覧（完成形） .....	3-23
表 3-2-2-9	道路設計成果一覧（暫定形） .....	3-24
表 3-2-2-10	設計結果一覧 .....	3-24
表 3-2-4-1	土工に関する品質管理項目と頻度 .....	3-56
表 3-2-4-2	コンクリート工に関する品質管理項目と頻度 .....	3-56
表 3-2-4-3	セメント工場リスト .....	3-57
表 3-2-4-4	セメント価格の地域差 .....	3-57
表 3-2-4-5	骨材供給元 .....	3-58
表 3-2-4-6	「ブ」国での一般的なコンクリート配合 .....	3-60

表 3-2-4-7	コンクリート配合設計結果 ( $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ 、Kuri Bridge) .....	3-60
表 3-2-4-8	資材調達先.....	3-61
表 3-2-4-9	建設機械調達先.....	3-62
表 3-2-4-10	輸送車両 (コルカタ～パンチョリン).....	3-63
表 3-2-4-11	輸送ルート・輸送期間.....	3-63
表 3-2-4-12	輸送ルートにおける輸送障害リスト .....	3-64
表 3-2-4-13	輸送車両(パンチョリン～各サイト) .....	3-64
表 3-2-4-14	事業実施工程表.....	3-68
表 3-4-2-1	維持管理方法 .....	3-70
表 3-5-2-1	アスファルト舗装の補修費.....	3-72

## 略 語 集

ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
A/P	Authorization to Pay (支払授權書)
B/A	Bank Arrangement (銀行取極め)
B/D	Basic Design (基本設計)
DANTAK	Indian Corps of Engineers (インド陸軍工兵隊)
D/D	Detailed Design (詳細設計)
DOE	Department of Energy (エネルギー局)
EC	Environmental Clearance (環境に関する事業承認)
DOR	Department of Roads (道路局)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
F/S	Feasibility Study (開発調査)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
GLOF	Glacial Lake Outburst Flood (氷河湖決壊による洪水)
GNI	Gross National Income (国民総所得)
GNP	Gross National Product (国民総生産)
GOI	Government of India (インド政府)
GOJ	Government of Japan (日本政府)
HWL	High Water Level (高水位)
IEE	Initial Environmental Examination (初期環境調査)
IRC	The Indian Roads Congress (インド道路協会)
JICA	Japan International Cooperation Agency (独立行政法人国際協力機構)
MOWHS	Ministry of Works and Human Settlement (公共事業・定住省)
NEC	National Environmental Commission (国家環境委員会)
Nu.	Bhutanese Currency or Ngultrum (現地通貨：ニュルタム)
PC	Prestressed Concrete (プレストレストコンクリート)
RC	Reinforced Concrete (鉄筋コンクリート)
RGOB	Royal Government of Bhutan (ブータン政府)
SQCA	Standards and Quality Control Authority (品質管理・規準局)
TOR	Terms of Reference (業務委託項目)
UN	United Nations (国際連合)
UNDP	United Nations Development Programme (国連開発計画)
US\$	US Dollar (米国ドル)
WB	World Bank (世界銀行)

# 要 約



## 要 約

ブータン王国（以下、「ブ」国）は、北緯 27～28 度、東経 89～92 度に位置し、中国南西部のチベット自治区とインド北東部のアッサム地方に挟まれた内陸国である。国土の北部には標高 7000m を越えるヒマラヤの峰々が連なり、チベット自治区と接している。北部のヒマラヤの峰から南に向かって流れる幾筋かの河川は、150km 程度の距離で標高 100m に満たないインドアッサム地方の平地に達し、大河ブラマプトラ川に合流する。「ブ」国の総面積は九州よりわずかに広い 4 万 6500km<sup>2</sup>、人口は約 70 万人（2001 年）である。

「ブ」国の道路網は、東西道路（1 号線）と 4 本の南北線（2～5 号線）からなる国道網を骨格として構成され、主として公共事業・定住省（Ministry of Works and Human Settlement）の道路局（Department of Roads）が管理している（国道 2 号線、3 号線はインド政府が管轄）。国土の大部分が山岳地帯である「ブ」国では、これらの幹線道路を中心とする道路交通が唯一の交通・輸送手段である。そのため、効率的で安全な道路網を確立することが、「ブ」国の社会・経済の発展に不可欠となっている。

しかしながら、厳しい地形・自然条件の中で独自に橋梁整備を実施することは、「ブ」国政府には極めて困難な事業である。道路局が管轄する幹線道路上には、1980 年代以前に建設され、既に耐用年数に達したベイリー橋（仮設鋼橋）が数多く残されている。損傷や老朽化が著しいにも拘わらず、これら橋梁の架け替えは進んでおらず、「ブ」国にとって大きな課題となっている。

このような状況の下、「ブ」国政府は 1997 年に始まる第 8 次五ヵ年計画において、道路局が管轄する幹線道路上の 22 橋に係る開発調査を我が国に要請した。これを受けて日本政府は開発調査「橋梁整備計画調査」を実施し、22 橋の中から緊急に架け替えが必要な 12 橋を選定した。そのうち架け替え優先度の高い 5 橋に対しては、我が国の無償資金協力「橋梁架け替え計画」が実施され、2003 年 10 月には 5 橋の架け替えが完了している。

2002 年に始まった第 9 次五ヵ年計画においても、「橋梁架け替え」は道路セクタープロジェクトの重要な位置を占めている。2003 年 8 月、「ブ」国政府は、開発調査で緊急架け替えの必要性が指摘された 12 橋の中から新たに 3 橋の無償資金協力を「第二次橋梁架け替え計画」として我が国に要請した。

この要請を受け、日本政府は基本設計調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構（JICA）は基本設計調査団を平成 16 年 6 月 18 日から 7 月 24 日まで「ブ」国に派遣した。調査団は、本計画の実施機関である公共事業・定住省道路局と要請内容について確認・協議を行うとともに、同局のプロジェクト実施能力及び維持管理能力の調査、プロジェクトサイトの調査、上位計画・他ドナープロジェクトとの関連調査等を行い、必要な資料を収集した。

調査団は、これら現地調査の結果を踏まえて、協力対象事業の範囲、施設内容及び規模、事業費等を検討し、その結果を基本設計概要書にまとめた。JICA は基本設計概要説明調査団を平成 16 年 10 月 10 日から 10 月 16 日まで「ブ」国に派遣し、基本設計概要書の説明及び協議を行い、「ブ」国政府との間で基本合意を得た。

合意を得た基本設計の概要を下表に示す。本プロジェクトでは、鋼橋の材料として、運営・維持管理が一般の鋼橋と比して格段に容易となる耐候性鋼材を採用した。本事業実施に必要な工期は、実施設計を含め 32.5 ヶ月と見込まれる。

#### 基本設計の概要

番号	橋梁名	県名	道路種別	橋長(m)	スパン長(m)	幅員(m)	橋梁形式	備考
1	ワクリタル橋	ワンディ・フォドラン県 (チラン県境)	国道	86.0	84.6	6.0	鋼ランガー	耐候性鋼材採用
2	タンマチュー橋	ルンツェ県	県道	70.0	68.6	5.5	鋼ランガー	耐候性鋼材採用
3	スンコシ橋	ダガナ県	県道	95.2	93.8	5.5	鋼ランガー	耐候性鋼材採用

ただし、各橋梁の取付道路建設工事については、「ブ」国側の負担とした。これは、以下の理由による。

- ① 既存橋梁（吊橋のアンカー及びケーブル）と干渉するため、日本側が新橋を完成し、その後、「ブ」国側が既存橋を撤去した後でなければ、工事を開始できない取付道路がある。
- ② 平成 17 年 2 月には「道路建設機材整備拡充計画」により道路建設機材が調達される予定であり、「ブ」国は取付道路を建設する十分な能力を有している。

「第二次橋梁架け替え計画」を我が国の無償資金協力で実施する場合に必要な事業費は 13.64 億円（日本側負担 13.49 億円、「ブ」国側負担 0.15 億円）と見込まれる。「ブ」国側の負担金額は、同国の 2003 年の道路関連予算 16 億 Nu.(約 36 億 8 千万円)のわずか 0.4% に過ぎないため、本計画は「ブ」国側にとって十分に実行可能な範囲にあると判断する。

本計画の実施による主な効果は、下記のとおりである。

#### 直接効果

- 現在、許容荷重をそれぞれ 18t、8t、12t に制限されているワクリタル橋、タンマチュー橋、スンコシ橋が、新たに整備されて許容荷重が 40t となる。
- 建設機械等の重量物の運搬において、橋梁を通過させるために建設機械等を分解・組立する作業（2 日を要す）、建設機械を橋梁部のみ自走させるための降車・積込作業（1 橋の通過に 30 分を要す）が不要となり、常に 1 分未満で橋梁部を通過できるようになる。

- 現在、2軸のトラック（積載重量8t以下で通行量はワクリタル橋26台/日、タンマチュー橋9台/日、スンコシ橋13台/日程度）のみ通行しているが、橋梁整備により、3軸以上のトラック、トレーラの通行が可能となる。

#### 間接効果

- 幹線道路にて制限されていた重車両の通行が認められて、当該橋梁周辺の地域開発計画が進展するとともに農産物・畜産物の迅速な出荷が可能となり、地域経済の活性化が促進される。
- 他地域と県都を結ぶ唯一の県道上にあるボトルネック橋梁が改善され、より安定した幹線道路で他地域と結ばれることで、他地域との経済的な結びつきが増して、経済格差が縮小する。
- 永久橋の建設と周辺の中小ボトルネック橋梁の整備により、市場・学校・病院等へのアクセスが容易となり、その結果、住民の生活レベルが向上する。

上記の効果は、幹線道路上の他の中小ボトルネック橋梁についても合わせて解消することで、より大きくなる。「ブ」国側は、本計画が完了する2007年度末までに、これら中小ボトルネックの解消（テンポラリーな対応を含む）を「ブ」国側の負担で図るとしている。

これらの幹線道路上のボトルネック橋梁が解消されることにより、ブータン国内の資機材・生産物の移送が容易となり、当該県はもとより、中長期的には、その周辺県の経済・産業開発をも促進する。その結果、地域間格差が是正され、国全体の均衡ある発展に寄与できる。よって、本計画の裨益人口は、「ブ」国全住民（約70万人）と想定される。

以上のように、本計画は、対象地域の道路網整備の早期実現に非常に有効で、対象橋梁を含む沿線の経済活性化、地域住民の生活向上に寄与するとともに、地域間格差の是正を通じて国土の均衡ある発展に寄与する。一方、要請対象の3橋梁は、スパンが70mを越える仮設のベイリー吊橋で、このような長スパン橋梁を「ブ」国側が独自に永久橋へ架け替えた実績はなく、技術的・資金的に架け替えは困難であることから、無償資金協力で架け替えを実施することが妥当であると判断される。

なお、本計画では、対象3橋梁の取付道路の建設を「ブ」国側の負担とし、幹線道路上の他の中小ボトルネックについても「ブ」国側が解消をはかることを前提としている。そのため、事業実施期間中において、これら「ブ」国側負担部分の予算化、工事着手が予定どおり実施されているかどうかを注意深くモニタリングする必要がある。

# 目 次

序文

伝達状

位置図／完成予想図／写真

図表リスト／略語集

要約

	ページ
第1章 プロジェクトの背景・経緯.....	1- 1
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1- 1
1-1-1 現状と課題.....	1- 1
1-1-2 開発計画.....	1- 1
1-1-3 社会経済状況.....	1- 2
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	1- 3
1-3 我が国の援助動向.....	1- 4
1-4 他ドナーの援助動向.....	1- 4
第2章 プロジェクトを取り巻く状況.....	2- 1
2-1 プロジェクトの実施体制.....	2- 1
2-1-1 組織・人員.....	2- 1
2-1-2 財政・予算.....	2- 3
2-1-3 技術水準.....	2- 4
2-1-4 既存の施設・機材.....	2- 4
2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況.....	2- 6
2-2-1 関連インフラの整備状況（ボトルネック調査結果）.....	2- 6
2-2-2 自然条件.....	2- 7
2-2-2-1 河川・水文.....	2- 7
2-2-2-2 地形・地質.....	2-15
2-2-2-3 その他.....	2-17
第3章 プロジェクトの内容.....	3- 1
3-1 プロジェクトの概要.....	3- 1
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標.....	3- 1
3-1-2 プロジェクトの概要.....	3- 1
3-2 協力対象事業の基本設計.....	3- 1
3-2-1 設計方針.....	3- 1
3-2-2 基本計画.....	3- 8
3-2-2-1 全体計画.....	3- 8
3-2-2-2 施設計画.....	3-14
3-2-3 基本設計図.....	3-24

3-2-4	施工計画／調達計画.....	3-53
3-2-4-1	施工方針／調達方針.....	3-53
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項.....	3-53
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分.....	3-54
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画.....	3-55
3-2-4-5	品質管理計画.....	3-56
3-2-4-6	資機材等調達計画.....	3-57
3-2-4-7	実施工程.....	3-67
3-3	相手国側分担事業の概要.....	3-69
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-70
3-4-1	維持管理体制.....	3-70
3-4-2	維持管理方法.....	3-70
3-5	プロジェクトの概算事業費.....	3-71
3-5-1	協力対象事業の概算事業費.....	3-71
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-72
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項.....	3-72
第4章	プロジェクトの妥当性の検証.....	4- 1
4-1	プロジェクトの効果.....	4- 1
4-2	課題・提言.....	4- 2
4-3	プロジェクトの妥当性.....	4- 3
4-4	結 論.....	4- 3

[資 料]

1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 当該国の社会経済状況
5. 討議議事録（M/D）
6. 事業事前計画表（基本設計時）
7. 参考資料／入手資料リスト
8. 環境に関する事業承認（EC）

# 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）は、北緯 27～28 度、東経 89～92 度に位置し、中国南西部のチベット自治区とインド北東部のアッサム地方に挟まれた内陸国である。国土の北部には標高 7000m を越えるヒマラヤの峰々が連なり、チベット自治区と接している。北部のヒマラヤの峰から南に向かって流れる幾筋かの河川は、深い峡谷を形成しながら、150km 程度の距離で標高 100m に満たないインドアッサム地方の平地に達し、大河ブラマプトラ川に合流している。

「ブ」国の道路網は、このような険しい山岳地帯と急流河川を縫うように建設されており、公共事業・定住省（Ministry of Works and Human Settlement）の道路局（Department of Roads）が、東西道路（1 号線）と 4 本の南北線（2～5 号線）からなる国道網、国道と県都を結ぶ地方道等、主な幹線道路を管理している（国道 2 号線、3 号線はインド政府が管轄）。「ブ」国では、これらの幹線道路を中心とする道路交通が唯一の交通・輸送手段であるため、効率的で安全な道路網を確立することが、「ブ」国の社会・経済の発展に不可欠となっている。

しかしながら、厳しい地形・自然条件の中で独自に橋梁整備を実施することは、「ブ」国政府には極めて困難な事業である。道路局が管轄する幹線道路上には、1980 年代以前に建設され、既に耐用年数に達したベイリー橋（仮設鋼橋）が数多く残されている。損傷や老朽化が著しいにも拘わらず、これら橋梁の架け替えは進んでおらず、「ブ」国にとって大きな課題となっている。

#### 1-1-2 開発計画

「ブ」国は 1960 年代初期まで鎖国政策をとってきたが、前国王の時代に民主化路線が敷かれて開国し、現在は外国からの経済支援を受けながら近代化を進めている。同国の少ない人的資源と厳しい地勢・地形に起因する地域開発上の制約は、この経済支援を取り込んだ 8 次にわたる五ヵ年計画により、徐々にではあるが克服されてきた。

1972 年に即位した現国王は、前国王からの近代化、民主化路線を継承したが、GNP の増大ではなく、「人間を経済発展に関する全ての努力の中心に置く」ことで"Gross National Happiness"の向上を目指すとして、以下の 5 つの目標を掲げた。

人材開発	: ブータン人の人間としての能力の発揮
文化的発展	: 豊かな文化遺産と、精神と感情の欲求の充足
公正な開発	: 社会の調和・安定・連帯の促進による社会の発展
制度整備	: 全ての人意思決定に参加できる制度の整備
環境面で持続可能な開発	: 生物多様性と自然環境の保全を可能とする開発

この目標に示されるように、「ブ」国の開発計画の重点施策は、伝統文化を踏まえた人材の育成と、環境保全及び国土の均衡ある発展に留意した経済開発にあるといえる。

「ブ」国の経済開発では、近年、とくに水力発電開発の比重が大きくなっている。首都のティンパー等一部の都市では1960年代に数百kWの水力発電所を有していたが、電力事業が目覚ましい発展を遂げるのは1980年代からである。1986年にインドの資金で開発されたチュッカ発電所(33.6万kW)が完成し、1987年には発電容量が100kW以下のマイクロ水力発電(我が国の援助による)9基が完成している。1990年には世界銀行(WB)と国連開発計画(UNDP)の援助のもとに電力システムマスタープラン(Power System Master Plan)が作成され、これに沿って、数百kWのミニ水力発電(インド、我が国の援助による)、数万～百万kWを越える大規模水力発電(インド資金、オーストリア援助による)等のプロジェクトが相次いで実施された。これらの電力の多くはインドに輸出され、2001年には同国の輸出額の45%を電力が占めるに至っている。

しかしながら、これらのプロジェクトを支えた「ブ」国の幹線道路網は、この時代に建設された数多くの仮設ベイリー橋がその耐用年数を迎えるに至って損傷や老朽化が進み、道路交通の信頼性・安全性を著しく低下する事態となっている。このような状況を改善するため、第9次五ヶ年計画(2002～2007年)の道路セクタープログラムでは、表1-1-2-1に示すように、道路の新設、維持補修のほかに、15橋の架け替えが計上された。この架け替え対象橋梁のうち、5橋は既に我が国の援助で2003年に完成したものである。また、3橋は架け替えを我が国に要請しているもの(本件の対象橋梁)である。残り7橋については、「ブ」国が独自資金で新しいベイリー橋に架け替えることを計画し、実施しているものである。

表 1-1-2-1 第9次五ヶ年計画における道路セクターの対象事業及び事業費

項目	対象	予算(百万Nu.)	備考
道路の新設	253.2km	2,524.6	国道77km、フィーダー道路123kmほか
橋梁架け替え	15橋	624.8	8橋を永久橋に(我が国援助)、7橋を新ベイリー橋に架け替え
道路改良	242.5km	1,002.9	1号線拡幅100km(ADB資金)ほか
道路再舗装	1,000km	1,100.0	
道路維持管理	2,200km	819.2	
橋梁維持管理	147橋	9.0	
道路新設計画	104km	2.1	F/Sの実施
その他		577.7	職員給与、機械維持管理費ほか
		6,660.3	

出典：公共事業・定住省道路局資料

### 1-1-3 社会経済状況

「ブ」国の総面積は九州よりわずかに広い4万6500km<sup>2</sup>、人口は約70万人(2001年)である。国民の多くはチベット・モンゴル系住民であり、チベット仏教を信仰している。また、



インド系、ネパール系の住民もいるが、その民族構成は明らかにされていない。2003年の「ブ」国の国民総所得（GNI）は578百万US\$で、一人あたりの所得は660US\$に止まる。しかしながら同国の経済成長率は6.7%に達し（2003年）、失業率は2%以下であり、内政は安定している。

「ブ」国の主要産業は農業（米、麦等）、農産物加工、牧畜業、林業等で、就労人口の9割以上がこれらの産業に属している。「ブ」国は、その自然条件から国内需要をはるかに越える水力発電ポテンシャルを有している。先に述べたように、近年、インド資金等による大規模水力発電の開発が「ブ」国各所で進められ、現在の輸出品目第一位は電力となっている。

「ブ」国の経済はインド経済に大きく依存しており、同国の輸出の95%、輸入の75%をインドが占めている。「ブ」国の通貨Nu.（ニュルタム）は、インドルピーと連動している。

## 1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

1980年代以前にインド政府によって建設されたベイリー橋は、損傷や老朽化が著しく、橋梁の許容荷重を低減する等して供用されてきた。しかし、許容荷重の小さい橋梁では建設機械を積んだトラックが通過できない等、地域開発の進行を阻害するボトルネックとなることから、「ブ」国政府は1997年に始まった第8次五ヵ年計画において、道路局が管轄する幹線道路上の22橋に係る開発調査を我が国に要請した。これを受けて我が国は開発調査「橋梁整備計画調査」を実施し、22橋の中から緊急に架け替えが必要な12橋を選定した。そのうち架け替え優先度の高い5橋に対しては、我が国の無償資金協力「橋梁架け替え計画」が実施され、2003年10月には5橋の架け替えが完了している。

2002年に始まった第9次五ヵ年計画においても、橋梁架け替えは道路セクタープロジェクトの重要な位置を占めている。2003年8月、「ブ」国政府は、開発調査で緊急架け替えの必要性が指摘された12橋の中から新たに3橋の無償資金協力を「第二次橋梁架け替え計画」として我が国に要請した。我が国への要請内容は、「国道5号線上の1橋と、国道5号線とダガナ県の県都を結ぶ県道上の1橋、及び国道1号線とルンツェ県の県都を結ぶ県道上の1橋」の架け替えである。

要請された3橋梁は、道路局の要請書「Project for Reconstruction of Bridges (Phase-II), 1<sup>st</sup> August, 2003」では、以下のように示されている。

- Wakleytal Bridge over Sunkosh River in Tsirang Dzongkhag  
(チラン県、スンコシ川のワクリタル橋)
- Tangmachu Bridge over Kuri River in Lhuntse Dzongkhag  
(ルンツェ県、クリ川のタンマチュー橋)
- Sunkosh Bridge over Sunkosh River in Dagana Dzongkhag  
(ダガナ県、スンコシ川のスンコシ橋)

### 1-3 我が国の援助動向

「ブ」国に対する我が国の援助は、技術協力と無償資金協力が中心であり、これまでに有償資金協力の実績はない。道路セクター関連では、以下の3件の技術協力が実施されている。

- 1997～1998年 橋梁整備計画調査（開発調査）
- 1998～現在 長期専門家派遣（橋梁専門家、延べ3名）
- 2002～2003年 地域農業・農道開発計画調査（開発調査）

一方、道路セクター関連の無償資金協力については、表1-3-1に示す7件の実績がある。

**表 1-3-1 道路セクターに関連する無償資金協力の実績**

年 度	プロジェクト名	限度額 (億円)	案件概要
1987	道路建設機材整備計画	4.12	道路建機 12 機種延べ 38 台の調達
1989～1990	パロ谷農業総合開発計画（第1年次）	10.59	灌漑施設、農道等の整備
1993～1995	パロ谷農業総合開発計画（第2年次）	21.59	灌漑施設、農道等の整備、及び建設機材調達
1995	第二次道路建設機材整備計画	5.57	道路建機 12 機種延べ 35 台の調達
2001～2003	橋梁架け替え計画	17.13	幹線道路上の既存 5 橋梁の架け替え
2004	道路建設機材整備拡充計画	6.03	道路建機 16 機種延べ 63 台の調達
2004	農村道路建設機材整備計画（実施中）	計画中	計画中

また、2005年には、「コンクリート橋に関する専門家派遣」の技術協力プロジェクトが計画されている。

### 1-4 他ドナーの援助動向

道路セクターにおける他ドナー国・援助機関のプロジェクト実績を表1-4-1に示す。また、本件の対象3橋梁の周辺で予定されているプロジェクトを表1-4-2に示す。

**表 1-4-1 他のドナー国・援助機関のプロジェクト実績**

ドナー名	プロジェクト名	援助内容	形態	実施期間	援助額 (百万 US\$)
インド政府	国道改良工事	インドが管轄する幹線道路の改良工事	無償	1997～2002	11.7
	フィーダー道路建設計画	フィーダー道路の新設	無償	1997～2002	0.8
	橋梁建設計画	永久橋 4 橋の新設	無償	1997～2001	2.2
スイス (HELVETAS)	歩行者用吊り橋計画	技術供与	無償	1985～1995	5.8
	橋梁建設・人材育成計画	橋梁技術者育成、新設橋梁 1 橋の建設	40%を無償	1999～2005	32.6 (無償分) 49.0 (有償分)

ドナー名	プロジェクト名	援助内容	形態	実施期間	援助額 (百万 US\$)
国連資本開発基金 (UNCDF)	道路新設計画	道路の新設	無償	1987～1996	5.2
国連開発計画 (UNDP)	道路新設計画	道路の新設	無償	1993～1996	0.1
世界銀行 (WB)	フィーダー道路建設 計画	道路の新設	有償	1999～2004	8.9 (実施中)
アジア開発銀行 (ADB)	東西道路補修計画	国道 1 号線の道路修復 及び定期的維持管理	有償	1994～1997 2002～2005	6.9 (実施中)

表 1-4-2 対象 3 橋梁周辺の他ドナーによるプロジェクト (計画)

位置	プロジェクト
ワンディ・フォドラン県 Wangdue Phodrang	<ul style="list-style-type: none"> <li>「インド資金」によるプナサンチュ水力発電プロジェクト。現在、詳細設計が実施されており、2年後には建設工事が開始される予定である。</li> <li>「インド資金」によるワンディーコトカ間 (32km) の道路建設。第 9 次五ヵ年計画に計上されている。プナサン川 (スンコシ川)、パザ川に架かる 2 橋の建設を含む。</li> <li>「インド資金」によるペレラーチディンガ間 (8km) の道路建設。第 9 次五ヵ年計画に計上されている。</li> <li>「ADB 資金」によるテキザムージェナ間 (8km) の道路建設計画。「道路網拡張プロジェクト」の一つとして、現在、F/S が実施されている。</li> <li>「ADB 資金」による国道 1 号線の道路再舗装計画。第 9 次五ヵ年計画に計上されている。</li> </ul>
ルンツェ県 Lhuntshi	<ul style="list-style-type: none"> <li>「WB 資金」によるルンツェードンカル間 (37km) の道路建設。第 9 次五ヵ年計画に計上されている。クリ川、キルン川に架かる 2 橋の建設を含む。</li> <li>「ADB 資金」によるルンツェ県ゴルガンとモンガル県テナンベ間 (56km) の道路建設計画。「道路網拡張プロジェクト」の一つとして、現在、F/S が実施されている。</li> </ul>
チラン県 Tsirang	<ul style="list-style-type: none"> <li>「ADB 資金」によるブリ川ーパタレ間 (11km) の道路建設計画。「道路網拡張プロジェクト」の一つとして、現在、F/S が実施されている。</li> </ul>

上表に挙げたプロジェクトのうち、とくに各橋梁と関連する開発計画の概要を以下に述べる。

#### (1) ワクリタル橋

「プナサンチュ水力発電プロジェクト (Punasangchhu Hydro-Electric Project)」は JICA により開発調査がなされ、現在、インドのコンサルタント WAPCOS 社により詳細設計が実施されている発電量 87 万 kW のプロジェクトである。建設は 2 年後の 2006 年頃に始まり、6 年後の 2012 年頃の完成が見込まれている。

建設されるダムは堤高 141m、堤長 265m のコンクリート重力式ダムであり、ダムサイトはワクリタル橋の 43km 上流に位置する。この大規模な開発に必要な主要資機材はインドから搬入されるが、国道 5 号線南部のインド国境の町サルパンから資機材を搬入するには、荷重制限が 18t となっているワクリタル橋を通過しなければならない。現在、このダムサイト近傍にオーストリアの援助によるバソチュ発電所の建設が進められているが、この発電所の主要資機材の搬入ルートは、通関施設のあるブンチョリンから標高 3116m のド

チュラ峠を越えるルートをとっている。これは、インドアッサム地方独立派のゲリラが「ブ」国に侵入したため、政府がサルパン等南部国境を封鎖したことによるが、2003年12月にこのゲリラが「ブ」国政府軍により掃討されたことから、近い将来、サルパン経由の資機材搬入ルートが再開されると考えられる。ワクリタル橋を許容荷重40tとなるクラスAの永久橋（IRC規準のクラスA活荷重<sup>\*1</sup>で設計した橋梁）に架け替えなければ、ワクリタル橋自体がこの資機材搬入ルートのボトルネックとなってしまうことを道路局は懸念しており、本橋梁の架け替えを第9次五ヵ年計画に計上し、我が国へ無償援助を要請したものである。

## (2) タンマチュー橋

WB資金による「フィーダー道路建設プロジェクト（Construction of Feeder Roads）」の一つとして、ルンツェードンカル間（37km）の道路建設が現在進められている。このプロジェクトは4～5期に分けられる予定で、1期、2期は既に完了しており、現在3期目の工事が開始されている。その間、建設重機の搬入・搬出が幾度も実施されているが、唯一の搬入道路に制限荷重8tのタンマチュー橋があるため、重量物の通過には支障を来しているのが現状である。重機のアタッチメントやバケットを取り外し、可能な限り荷重を小さくして通過させているものの、この4年間だけでも以下に示すように3回も橋梁破損事故が生じている。

2003年9月9日 エキスカベータ（22t）通過時の補剛トラスの座屈

2002年8月8日 ブルドーザ（D7-G）通過時の補剛トラスの座屈

2000年7月23日 エキスカベータ通過時の補剛トラスの座屈

このような損傷事故が生じるたびに、道路局は交通を数日間遮断して復旧工事を実施している。タンマチュー橋自体がこの地域の開発計画にとってボトルネックとなっている現状を改善するために、道路局は、クラスA（許容荷重40t）永久橋への架け替えが急務であるとして、本橋梁の架け替えを第9次五ヵ年計画に計上し、我が国へ無償援助を要請したものである。

## (3) スンコシ橋

スンコシ橋は、ダガナ県と県外を結ぶ唯一の幹線道路上の橋梁である。ダガナ県は「ブ」国の中でも最も道路整備が遅れている県の一つであるが、このスンコシ橋を県外との窓口として、県内にADB資金による「道路網拡張計画（Road Network Expansion Project）」の一つ、ドルジェガンーラジャブ間（42.5km）道路建設計画が実施されることになった。この道路網拡張計画は、現在はF/Sの段階であるが、次期の五ヵ年計画に計上される予定である。

---

<sup>\*1</sup> “Standard Specifications and Code of Practice for Roads Bridges Section II Loads and Stress: The Indian Roads Congress”による

しかし、1982年に建設されたスンコシ橋は老朽化が進んで制限荷重は12tとされており、最近では2004年1月にはサスペンダーのスリップ事故により、一週間程度、トラックとバスの通行規制が実施されている。このような状況から、道路局は、クラスA（許容荷重40t）永久橋への架け替えが急務であるとして、本橋梁の架け替えを第9次五ヵ年計画に計上し、我が国へ無償援助を要請したものである。

## 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

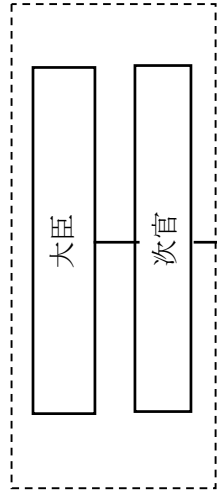
#### 2-1-1 組織・人員

本プロジェクトの「ブ」国側主管官庁は、公共事業・定住省であり、具体的なプロジェクトの実施機関は、同省傘下の道路局である。道路局の組織図を図 2-1-1-1 に示す。

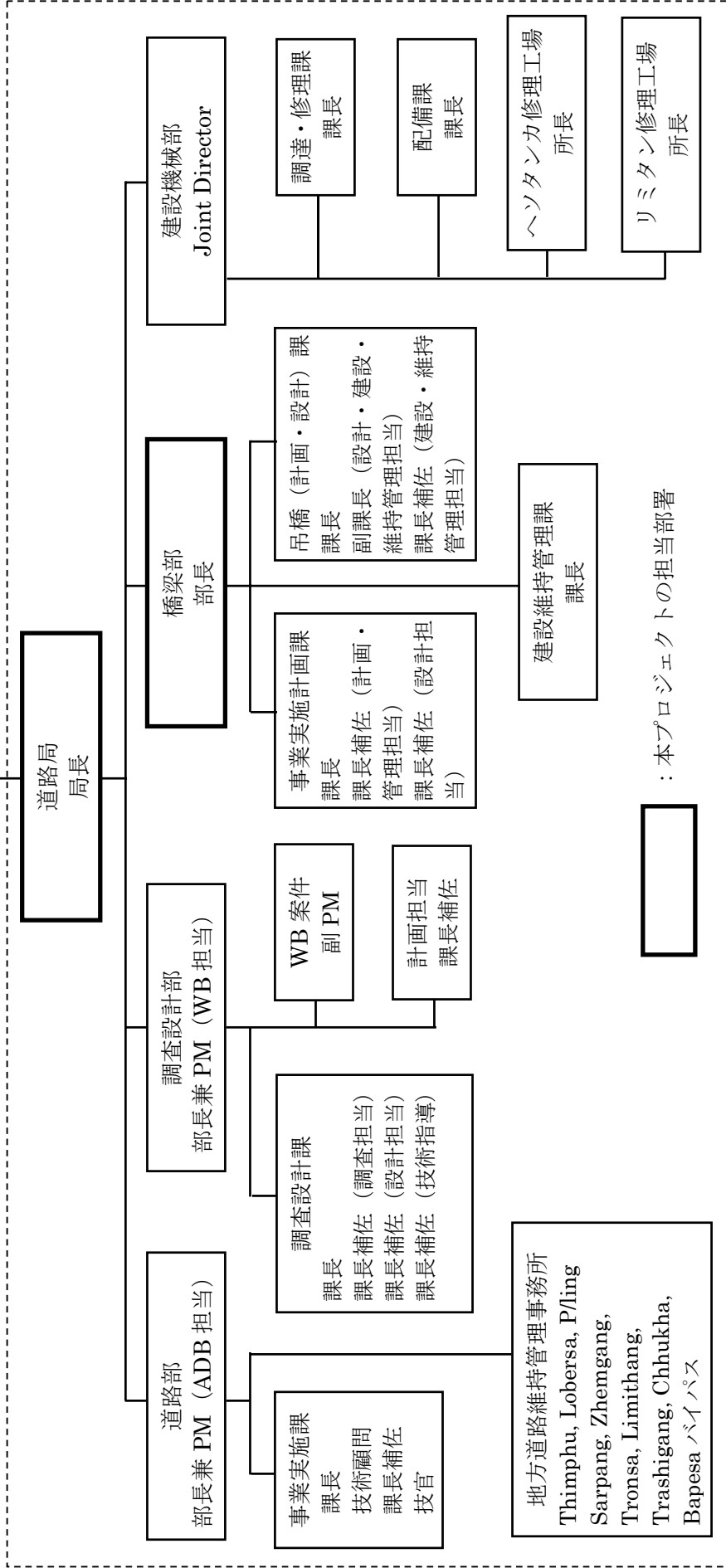
なお、道路局は、管轄する幹線道路における橋梁の運営・維持管理も行っている。ブータン国内の既存橋梁の多くは橋長 10～30m の仮設のベイリー橋であり、橋長 10m 以下の橋梁のみ永久橋であるコンクリートスラブ橋としていることが多い。したがって、道路局の橋梁に関する維持管理業務は、仮設のベイリー橋に対する補修、補強、更新が主体であり、これまで鋼製の永久橋に対する維持管理経験は少なかった。

第一次の橋梁架け替え計画では 5 橋すべてが鋼橋として建設されたが、運営・維持管理が一般の鋼橋に比して格段に容易となる耐候性鋼材を採用したことから、「ブ」国側は維持管理業務、費用の大幅な負担増を免れており、これまでに支障は生じていない。今回の対象 3 橋梁も耐候性鋼材により製作される予定であり、道路局は既に一次での維持管理経験を有していることから、本プロジェクトの 3 橋に対しても「ブ」国側の運営・維持管理能力は十分な水準にあるといえる。

公共事業・定任省



道路局



：本プロジェクトの担当部署

図2-1-1-1 公共事業・定任省道路局組織図



## 2-1-2 財政・予算

第9次五カ年計画における道路セクターの事業費は、66.6億Nu.（約166億円）であり、これは総予算約700億Nu.（約1750億円）のおよそ9.5%である。

第1次五カ年計画（1961年～1966年）からの道路セクター予算の伸びは、図2-1-2-1に示すとおりである。特に第8次五カ年計画が始まる1997年以降、道路セクターに対して手厚く予算配分がなされてきたことが分かる。

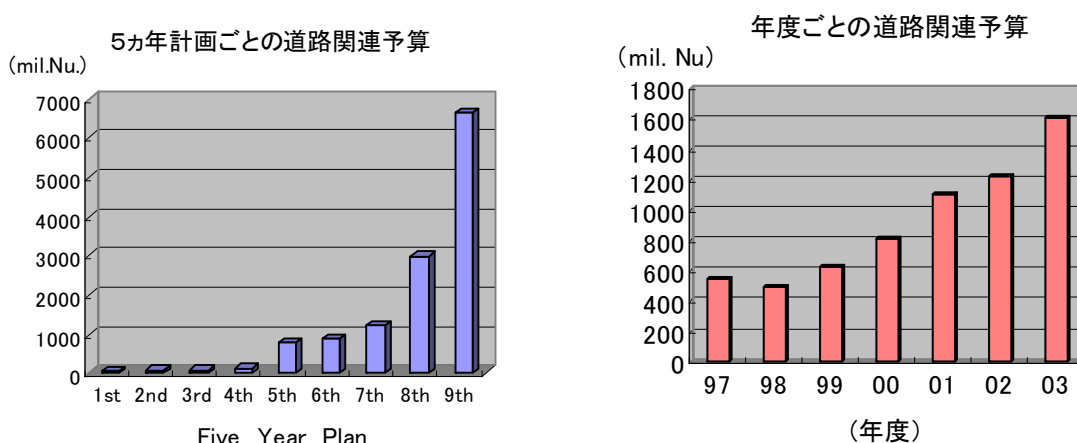


図2-1-2-1 「ブ」国の道路セクター予算の推移

第9次五カ年計画における道路関連予算の内訳は、図2-1-2-2に示すように「道路建設」が最も多く、次に「道路再舗装」、「道路改良（拡幅）」、「道路維持管理」、続いて「橋梁架け替え（永久橋のみ；ベイリー橋の更新を除く）」となっている。この「橋梁架け替え」の当初予算は、既に完成した第一次の5橋と第二次の3橋を合わせた額であり、全て我が国の援助を期待して計上されたものである。

一方、「ブ」国では、我が国からの援助による8橋のみでなく、いくつかの橋梁が建設中・あるいは計画されているが、それらは全て道路の新設プロジェクトの一部であるため「架け替え」には分類されず、右図では「道路建設」に含められている。

本計画での「ブ」国負担分は669万9000Nu.（約1530万円）である。「ブ」国側の会計年度は7月から翌年6月であり、事業実施当初に必要な用地確保・借り上げに要する費用は2005年7月～2006年6月の予算に、既

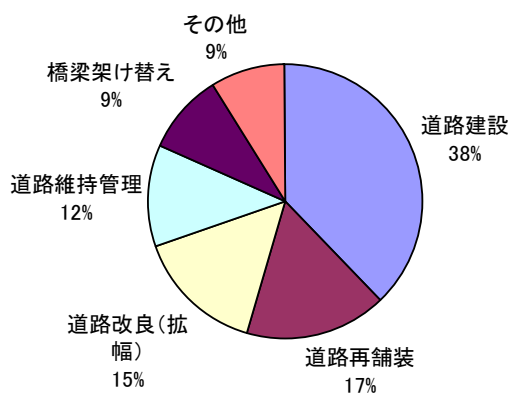


図2-1-2-2 「ブ」国の道路関連予算の内訳

存橋梁の撤去、取付道路建設に要する費用については、事業実施工程に沿って、順次 2007 年 7 月～2008 年 6 月予算までに計上するとしている。「ブ」国の年間道路関連予算は 2003 年には 16 億 Nu. (約 36 億 8 千万円) に達しており、本プロジェクトの「ブ」国側負担分は合計でそのわずか 0.4%に過ぎないため、「ブ」国側にとって十分に実行可能な範囲にあると判断する。

### 2-1-3 技術水準

「ブ」国の土木／機械／電気エンジニアの多くは、同国内の「王立工業専門学校 (Royal Bhutan Polytechnic)」を卒業している。また、2000 年には、「王立工科大学 (Royal Bhutan Institute of Technology)」が設立された。同校は、テクニシャン (Diploma) 課程と学士 (Degree) 課程で構成され、テクニシャン課程 (3 年間) は土木科 (60 名)、電気科 (50 名)、機械科 (10 名)、学士課程 (4 年間) は土木科 (20 名) と電気科 (20 名) に分かれている。また、少数であるが、インド等の国外の大学にて学んだエンジニアもいる。これら学校の卒業生は限られているが、大部分は道路局をはじめとする政府関係機関に勤務しており、橋梁完成後の維持管理を行う同局の技術水準については、大きな問題はないと考える。

### 2-1-4 既存の施設・機材

本基本設計調査では、開発調査の結果をレビューし、その後の状況変化を確認した。同開発調査で架け替え優先度下位に位置した 3 橋が今回要請された理由・妥当性を調査するため、同開発計画で架け替えの可能性が高いと判断されながら今回要請に含まれていない 4 橋 (ワンディガン、イシガンチュー、ラワカー、メチコーラ橋) についても損傷状況、老朽化の程度等の健全度調査を行った。

7 橋の健全度調査の結果は、図 2-1-4-1 のとおりであった。このうち、対象 3 橋 (ワクリタル橋、タンマチュー橋、スンコシ橋) の現状を以下に示す (巻頭の「写真」参照)。

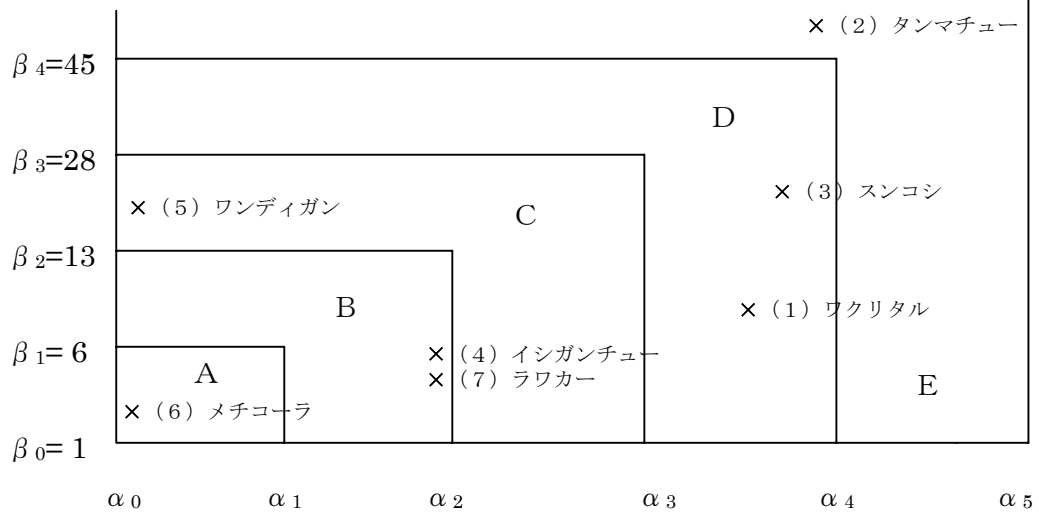
#### (1) ワクリタル橋

1987 年完成の橋長 73.2m のベイリー吊り橋で、通行車両により損傷を受けた事例はないが、橋の許容荷重は 18t に制限されている。支承部分では、一部に土砂詰まりが見られる。また、伸縮部の装置が無いため、温度変化その他による可動が制限され、縦桁その他に影響を受けている。主ケーブルのクリープが進んでケーブルが垂れ下がり、ハンガーの締め代がほとんど失われ、桁の変位調節が出来なくなっている。

#### (2) タンマチュー橋

1982 年完成の橋長 85.3m のベイリー吊り橋である。橋の許容荷重は、建設重機の通過時に生じた橋梁損傷事故の結果、8t に制限されている。橋を渡った上流の町ルンツェから奥地に向かって、WB によって延長 37km の道路工事中で、工事に使用する重機を度々渡す必要

	耐久性係数 ( $\alpha$ )	安全性係数 ( $\beta$ )	総合健全度
(1) ワクリタル橋	$1.5 \times 10^{39}$	7.3	D (注意)
(2) タンマチュー橋	$6.14 \times 10^{43}$	52.5	E (危険)
(3) スンコシ橋	$1.95 \times 10^{41}$	22.9	D (注意)
(4) イシガンチュー橋	$7.08 \times 10^{21}$	5.8	B (ほぼ健全)
(5) ワンディガン橋	$1.62 \times 10^2$	22.6	C (やや注意)
(6) メチコーラ橋	$1.62 \times 10^2$	1.2	A (健全)
(7) ラワカー橋	$7.08 \times 10^{21}$	4.0	B (ほぼ健全)



$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
1	$2 \times 10^{11}$	$2 \times 10^{22}$	$4 \times 10^{33}$	$5 \times 10^{44}$	$8 \times 10^{55}$

総合健全度判定

A ; 健全  
 B ; ほぼ健全  
 C ; やや注意  
 D ; 注意  
 E ; 危険

図 2-1-4-1 既存 7 橋の健全度調査結果

東京都建設局「橋梁の点検要領」(平成 6 年 2 月)の評価方法による

が生じるが、橋の許容荷重が小さいため、カウンターウェイトやアタッチメント、バケット等を外して橋を渡り、対岸で取り付け直している。このように、タンマチュー橋は、この地域の交通の大きな制約となっている。また、主ケーブルのクリープが進んでケーブルが垂れ下がっており、締めしろが失われたことで補剛トラスが座屈しやすくなっている。現在でも補剛トラスが5ヶ所で座屈したままとなっている。床版は木構造で、他で見られる轍部分の舗装もなされていない上、老朽化が著しく、地覆の脱落個所も多い。

### (3) スンコシ橋

1982年完成の橋長85.3mのベイリー吊り橋で、約12年前ハンガークリップが滑る事故が生じてのち、橋の許容荷重は12tに制限されている。主ケーブルのクリープが進んでケーブルが垂れ下がり、ハンガーの締めしろがほとんど失われ、桁の変位調節が出来なくなっている。横桁、縦桁の錆は激しい。床版は木製であり、舗装はされていない。

## 2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況（ボトルネック調査結果）

本基本設計調査では、対象橋梁に至るルートを確認し、途中でボトルネックとなる橋梁が有る場合には、その橋梁に関する情報を参考とし、対象3橋梁に適用する適切な設計活荷重を設定するものとした。ただし、ティンプー～ワンディ・フォドラン～リミタンに至る国道1号線については、我が国援助（第一次橋梁架け替え計画）で4橋の永久橋が建設され、ボトルネックは解消されているため、

- (1) ワンディ・フォドラン～ワクリタル橋～スンコシ橋まで（約80km）
- (2) リミタン～タンマチュー橋まで（約70km）

の2区間を調査対象とした。

#### (1) ワンディ・フォドラン～ワクリタル橋～スンコシ橋間

コンクリート橋7橋、ベイリー橋10橋の計17橋が調査対象となった。

##### コンクリート橋

コンクリート橋は全て橋長10m以下のスラブ橋で、道路局が建設している。そのスラブ厚からClass Aとして設計されていることが確認された。また、いずれも十分な幅員を有していることから、これらのコンクリート橋はボトルネックとは認められなかった。

##### ベイリー橋

ベイリー橋の橋長は、10m以下が1橋、10～20mが5橋、20m以上が4橋である。これらの許容荷重は12t～30tに制限されており、Class A活荷重とした場合の40tよりも小さいことから、10橋全てがボトルネックになるものと認められる。

## (2) リミタン～タンマチュー橋間

コンクリート橋 5 橋、ベイリー橋 5 橋の計 10 橋が調査対象となった。

### コンクリート橋

コンクリート橋は全て橋長 10m 以下のスラブ橋で、道路局が建設している。そのスラブ厚から Class A として設計されていることが確認された。また、いずれも十分な幅員を有していることから、これらのコンクリート橋はボトルネックとは認められなかった。

### ベイリー橋

ベイリー橋の橋長は、10m 以下が 2 橋、10～20m が 2 橋、20m 以上が 1 橋である。これらの許容荷重はいずれも 24t に制限されており、Class A 活荷重とした場合の 40t よりも小さいことから、5 橋全てがボトルネックになるものと認められる。

## 2-2-2 自然条件

### 2-2-2-1 河川・水文

#### (1) 気候の概要

##### 1) 「ブ」国の気候概要

「ブ」国の気候は、インド洋ベンガル湾から「ブ」国の急峻な山岳地帯に向かって吹き付ける、モンスーンの影響を強く受けている。国土の内部は標高が大きく変化しており、標高によって大きく変化に富んだ気候分布を示している。すなわち、南部山麓の丘陵地帯における亜熱帯性気候（標高 1000m 以下）、中央部の温帯性気候（標高 1000m～4000m）及び北部高山気候（標高 4000m～7000m）の 3 気候帯に区分される。これに加え、峡谷平野部における乾燥気候等、険しい地形が地域的な気候分布を生み出している。年間降雨量は、南部山麓の丘陵地帯では 2500mm～5000mm、中央部では、1000mm～2500mm、北部山岳地帯では、500mm～1000mm という分布を示す。

例年、6 月～9 月はモンスーンの影響を受け雨量が多く、いわゆる雨期と呼ばれる時期となる。この時期は、河川の氾濫や土砂崩れが頻発し、道路・橋梁が損壊することがある。

##### 2) 対象橋梁近傍の気象観測所

対象橋梁近傍の気象観測所のリストを表 2-2-2-1 に掲げる。

表 2-2-2-1 対象橋梁近傍の気象観測所リスト

No.	観測所名	緯度	経度	標高(m)	関係する橋梁名
1	プナカゾン/Punakha Dzong	27:34:54 N	89:51:59 E	1236	スンコシ橋・ワクリタル橋
2	ノブディング/Nobding	27:32:52 N	90:09:10 E	2600	スンコシ橋・ワクリタル橋
3	フォジェカ/Phbjekha	27:28:00 N	90:11:00 E	2860	スンコシ橋・ワクリタル橋
4	ガセロ/Gaselo	27:25:03 N	89:53:17 E	1960	スンコシ橋・ワクリタル橋
5	バソチュー/Basochhu	27:21:05 N	89:55:00 E	980	スンコシ橋・ワクリタル橋
6	カミチュー/Kamichhu	27:15:15 N	90:15:34 E	710	スンコシ橋・ワクリタル橋
7	スンコシ/Sunkosh	27:01:00 N	90:04:16 E	410	スンコシ橋・ワクリタル橋
8	ドンカル/Dungkhar	27:49:23 N	91:06:58 E	2010	タンマチュー橋
9	コマチュー/Khomachhu	27:07:59 N	90:57:10 E	1380	タンマチュー橋
10	タンマチュー/Tangmachhu	27:35:42 N	91:11:48 E	1750	タンマチュー橋
11	オートショ/Autsho	27:26:30 N	91:10:35 E	800	タンマチュー橋

3) ワクリタル橋、スンコシ橋が属するプナサン川（スンコシ川）流域における雨量

プナサン川（スンコシ川）流域は、「ブ」国とインドの国境から上流部の「ブ」国内にある流域であり、同国の中央部に位置する。この流域内には、ワクリタル橋、スンコシ橋が位置している。当該流域で対象とした雨量観測所は、7箇所である。過去10年以上における各観測所の観測値を表 2-2-2-2 及び図 2-2-2-1 に示す。年間降雨量の過去14年間の平均値は、約 800mm～約 1800mm と流域内でおおよそ 2 倍の違いが見られる。

表 2-2-2-2 プナサン川（スンコシ川）流域内の雨量観測所における観測値  
(1990年～2003年の平均値)

No.	観測所名	月降雨量(mm/月)												年間降雨量 (mm/年)	備考
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
1	プナカゾン/Punakha Dzong	25.7	34.8	16.5	54.5	80.2	176.3	171.8	174.2	113.4	54.4	5.6	6.0	913.4	
2	ノブディング/Nobding	12.8	15.7	27.7	79.2	178.5	297.7	418.7	420.7	260.1	77.0	19.0	5.0	1812.1	
3	フォジェカ/Phbjekha	9.9	19.5	36.0	76.6	97.9	216.1	302.7	284.2	165.5	42.3	9.0	22.2	1281.9	1999年を除く
4	ガセロ/Gaselo	5.1	11.1	14.9	32.2	77.4	142.1	182.6	188.1	92.7	71.1	5.1	7.0	829.2	1992～1997年、2002年を除く
5	バソチュー/Basochhu	11.8	15.4	30.1	40.2	68.9	173.8	224.6	254.8	152.4	49.7	10.7	10.3	1042.6	
6	カミチュー/Kamichhu	13.1	15.4	36.2	63.6	55.3	310.5	279.4	136.6	121.2	29.4	2.0	15.1	1077.9	1991～1992年、1994年、1998年、1999年、2002年を除く
7	スンコシ/Sunkosh	13.3	16.5	29.3	62.7	130.9	308.0	409.2	323.2	161.9	65.1	30.6	8.2	1558.8	

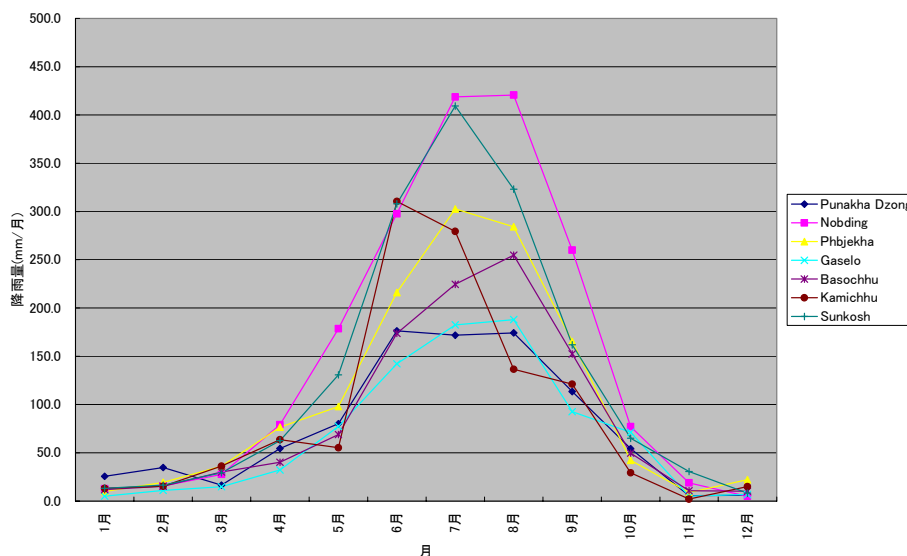


図 2-2-2-1 プナサン川（スンコシ川）流域内の雨量観測所における観測値  
(1990年～2003年の平均値)

4) タンマチュー橋が属するクリ川流域における雨量

クリ川流域には、タンマチュー橋が位置している。当該流域で対象とした雨量観測所は、4箇所である。過去10年以上における各観測所の観測値を表2-2-2-3及び図2-2-2-2に示す。年間降雨量は、コマチュー、タンマチュー、オートショの観測所では800mmであるが、その上流側に位置するドンカル観測所では約1400mmの年間降雨量が観測されている。

表 2-2-2-3 クリ川流域内の雨量観測所における観測値  
(1990年～2003年の平均値)

No.	観測所名	月降雨量(mm/月)												年間降雨量 (mm/年)	備考
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
8	ドンカル/Dungkhar	18.3	21.3	58.9	127.7	151.4	200.6	246.0	285.7	185.4	86.7	13.4	11.2	1406.5	1996～2001年を除く
9	コマチュー/Khomachhu	8.4	13.4	32.4	80.7	100.1	111.6	150.3	160.9	88.8	40.8	8.1	5.6	800.9	
10	タンマチュー/Tangmachhu	10.3	17.9	27.6	57.6	96.1	138.7	185.9	136.2	114.6	49.3	9.7	6.6	850.4	1997～1998年を除く
11	オートショ/Autsho	5.3	12.6	38.6	56.0	93.1	155.5	169.1	134.1	109.2	55.8	12.0	7.3	848.4	

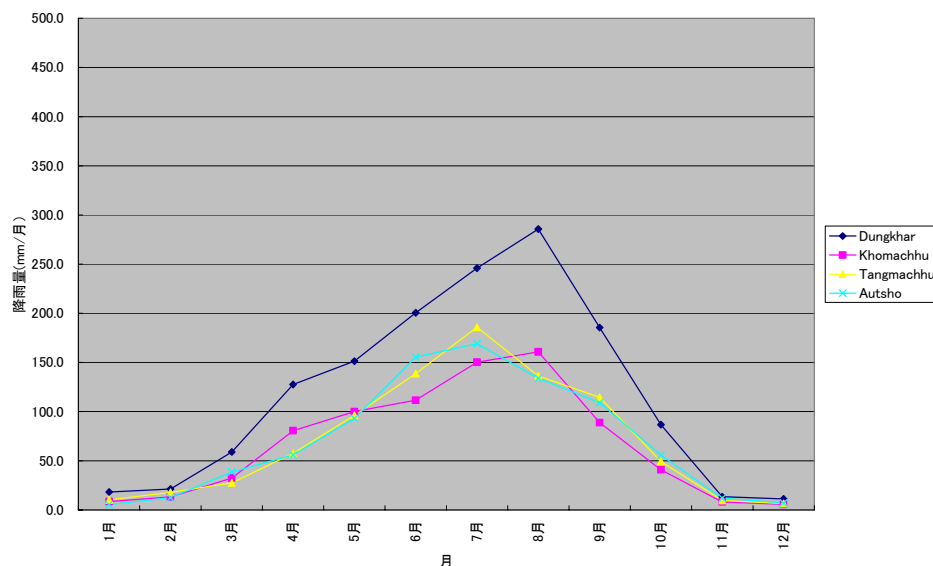


図 2-2-2-2 クリ川流域内の雨量観測所における観測値  
(1990年～2003年の平均値)

(2) 流域の概要

1) 「ブ」国の流域区分

「ブ」国の主要河川はすべてヒマラヤ山脈の氷河を源とし南方に流れ、アッサム平原に到達してからインド領内で西流するブラマプトラ川に合流する。また、多くの支川が東西方向から主要河川に合流している。「ブ」国の河川流域は、概ね北から南に向かって流下しており、5つの流域（アモ川、ワン川、プナサン川、マナス川、ニェレ・アマ川の5流域）に分類することが出来る。ワクリタル橋・スンコシ橋はプナサン川（スンコ

シ川) 流域に属する。また、タンマチュー橋はマナス川流域のサブ流域となるクリ川流域に属する。

2) 対象橋梁近傍の流量観測所

対象橋梁近傍の流量観測所のリストを表 2-2-2-4 に掲げる。

表 2-2-2-4 対象橋梁近傍の流量観測所リスト

No.	観測所名	緯度	経度	標高(m)	流域面積(km)	河川名	関係する橋梁名
1	イエベサ/Yebesa	27:37:59 N	89:49:03 E	1230	2320	モ(Mo)川	スンコシ橋・ワクリタル橋
2	ワンディーラピッツ/Wangdi Rapids	27:27:45 N	89:54:11 E	1190	6271	プナサン(Punatsang)川	スンコシ橋・ワクリタル橋
3	スンコシ/Sunkosh	27:00:38 N	90:04:27 E	265	8593	プナサン(Punatsang)川	スンコシ橋・ワクリタル橋
4	オートシヨ/Autsho	27:25:59 N	91:10:38 E	814	8453	クリ(Kuri)川	タンマチュー橋
5	クリザンパ/Kurizampa	27:16:26 N	91:11:37 E	519	8600	クリ(Kuri)川	タンマチュー橋

3) ワクリタル橋、スンコシ橋が属するプナサン川流域概要

プナサン川 (スンコシ川) 上流域は、ヒマラヤ山脈で氷河に覆われている。この地域が源流となっており、西側上流からはポー川、東側上流からはモ川が流れ込み、プナカで合流し、プナサン川として、「ブ」国とインド国の境界まで南に向かって流下している。流域面積は、9440km<sup>2</sup>である。プナサン川は「ブ」国で最も長い河川であり、その延長は、250km とされている。

a) 流量観測

流域内に 3 箇所 (イエベサ、ワンディーラピッツ、スンコシ) の流量観測施設が設置されており、1990 年前半より観測がなされている。それぞれの観測所における既往最大流量・流況係数<sup>\*2</sup>は、表 2-2-2-5 の通りである。

表 2-2-2-5 各流量観測所における既往最大流量・流況係数 (プナサン川流域)

観測所名	既往最大流量	流況係数 (平均値)
イエベサ (Yebesa)	741.7m <sup>3</sup> /s (比流量 0.32m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) (観測日 1998 年 8 月 5 日)	23.1
ワンディーラピッツ (Wangdi Rapids)	2,539.2m <sup>3</sup> /s (比流量 0.40m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) (観測日 1994 年 10 月 7 日)	24.0
スンコシ (Sunkosh)	2,526.6m <sup>3</sup> /s (比流量 0.29m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) (観測日 1998 年 8 月 17 日)	21.4

ワンディーラピッツ観測所では、1994 年に氷河湖決壊による影響で、観測開始以降の最大流量である 2539.2m<sup>3</sup>/s にも達した。この流量以外の既往最大流量は、1998 年 8 月 20 日に観測されており、その値は 1353.6m<sup>3</sup>/s(比流量 0.22m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)である。

\*2 最大日流出量と最小日流出量の比



## b) 降雨量と流出量の関係

対象流域内の流域平均降雨量と流出量の関係を図 2-2-2-3 に示す。流出量は、スンコシ橋近傍にある流域最下流部のスンコシ観測所の観測値に基づいて算定した。このグラフに示すように、流域平均降雨量と流出量は相関が高いことが理解される。月降水量が少ない乾期においては、降雨量よりも流出量が多い傾向が見られる。流域内における雨量観測所が比較的少ないこともその一因と考えられるが、これは最上流部の氷河及び雪解け水、また、それに起因する地下水からの流出の影響があるものと考えられる。

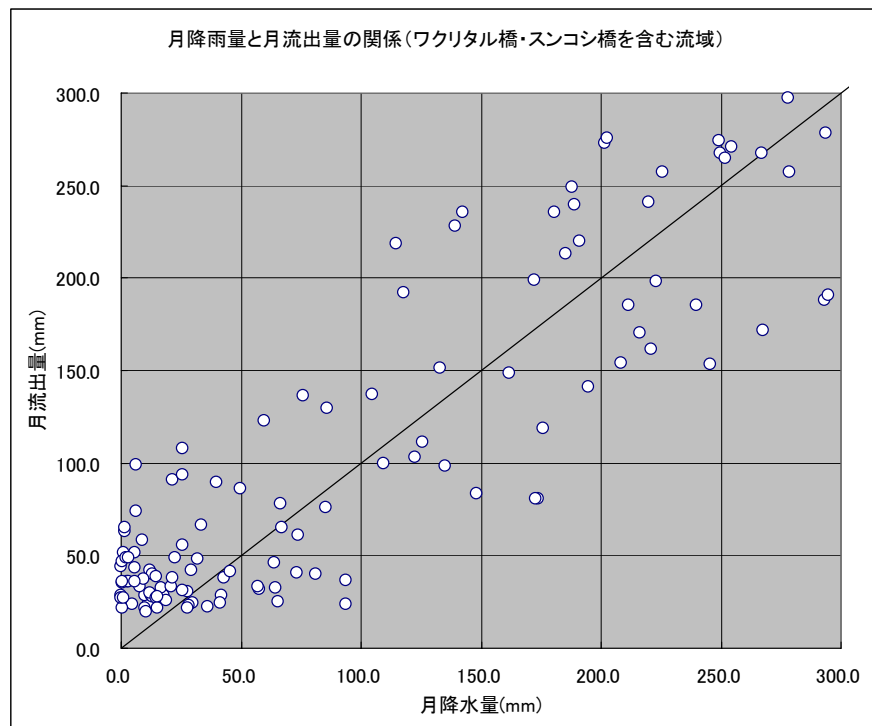


図 2-2-2-3 プナサン川（スンコシ川）流域の流域平均降雨量と流出量の関係

## 4) タンマチュー橋が属するクリ川流域概要

クリ川流域は、マナス川流域内のサブ流域であり、その最上流端は中国チベット地方の氷河地帯である。このクリ川源流からは、中国国内においては東向きに流下し、おおよそ 8km 流下したところで「ブ」国に流れ込む。その下流側では、左右両岸からの支川の流量を供給されながら南流し、ペマガセルの西方およそ 20km の地点で、ドラメ川に合流する。

### a) 流量観測

流域内に 2 箇所（オートショ、クリザンパ）の流量観測施設が設置されており、1990 年前半より観測がなされている。それぞれの観測所における既往最大流量・流況係数は、表 2-2-2-6 の通りである。

表 2-2-2-6 各流量観測所における既往最大流量・流況係数（クリ川流域）

観測所名	既往最大流量	流況係数（平均値）
オートショ	1,468.4m <sup>3</sup> /s (比流量 0.17m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) (観測日 89年 5月 29日)	13.8
クリザンパ	1904.3m <sup>3</sup> /s (比流量 0.22m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) (観測日 98年 8月 17日)	22.1

b) 降雨量と流出量の関係

対象流域内の流域平均降雨量と流出量の関係を図 2-2-2-4 に示す。流出量は、タンマチュー近傍にあるオートショ観測所の観測値に基づいて算定した。このグラフの傾向として、前掲のプナサン川流域と同様に流域平均降雨量と流出量は相関が高いことが理解される。月降水量が少ない乾期においては、降雨量よりも流出量が多い傾向が見られる。

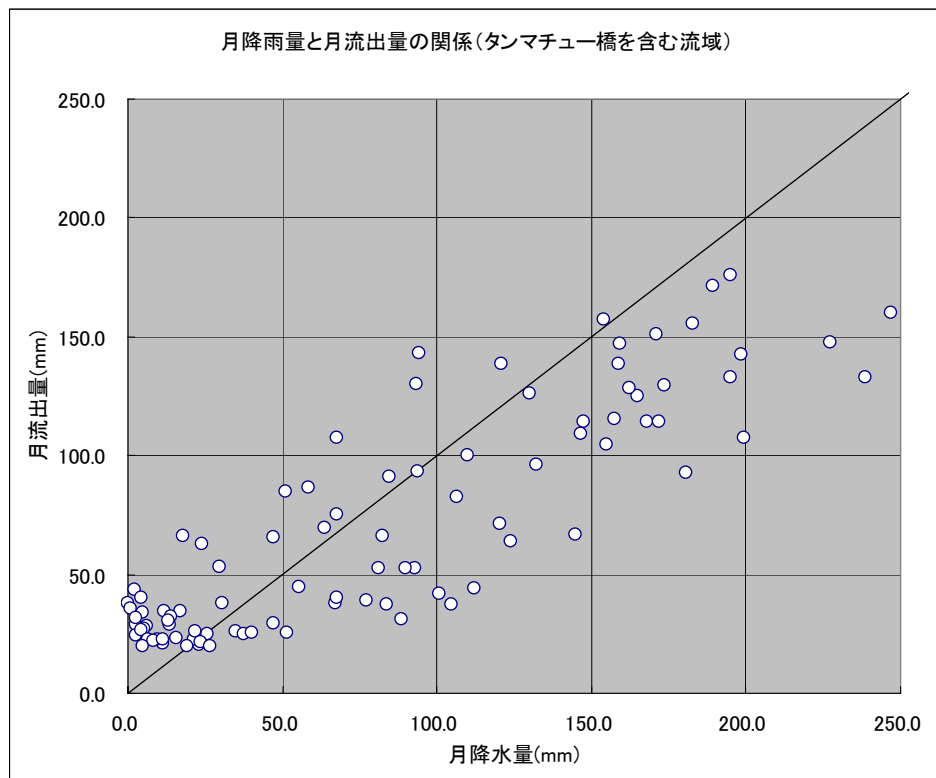


図 2-2-2-4 クリ川流域の流域平均降雨量と流出量の関係

### (3) 河川の概要

#### 1) 既設橋付近の河道特性

##### ワクリタル橋

- 既設橋梁上流側 200m～300m 付近に湾曲部がある。
- 湾曲部では、河川が右方向に湾曲しているがこの辺りでは主流は左岸側に生じている。既存橋梁上流左岸側には巨礫があり、主流の流向に影響を与え、このために既存橋脚断面においては、主流は右岸側に生じている。
- 左右両岸とも河床材料は巨礫で構成されており現況河道は安定している。現況河岸においては、河床の洗掘、侵食現象は発生していない。

##### タンマチュー橋

- 既設橋上下流の河道はほぼ直線である。
- 既設橋の橋台は左右両岸とも強固な岩盤上に築造されており橋梁部及びその上下流の河道の洗掘は発生していない。
- 左右両岸とも河床材料は巨礫で構成されている。

##### スンコシ橋

- 既設橋梁部で河川は右方向に湾曲していることから、主流は左岸側に生じている。右岸側は比較的流速が遅く、砂の堆積が見られる。
- 主流が左岸側に生じているが、左岸側の河床材料は岩で形成されているため、洗掘に対する問題は発生していない。
- 既設橋近傍においては河床の洗掘、侵食現象は発生しておらず現況河道は安定していると判断される。

#### 2) 現地踏査時における水位と流速

現地踏査においては、既往最大水位、毎年発生する高水位等のほか、流速についても簡易的に測定を行った。

##### a) 水位調査

水位に関しては、下記の調査を行った。

- 現地踏査時の水位（対象橋梁の桁下から水位までの高さ）
- 既往最高水位の調査（聞き取り及び痕跡調査）
- 毎年発生する HWL の調査（聞き取り及び痕跡調査）

調査結果は、表 2-2-2-7 に示すとおりである。

表 2-2-2-7 水位調査結果

	ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
1. W.L.. (現地調査時) ※1,2	10.0	11.0	14.8
2. W.L..(量水標) ※3	-	-	2.5
3. H.W.L.. (既往最大値) ※4,5	8.9	8.0	11.3
4. H.W.L.. (毎年) ※4,5	9.4	9.5	12.9

※1:W.L. (現地調査時) の値は対象橋梁の桁下から水位までの高さを示す。  
 ※2:水位に関しては、ワクリタル橋・スンコシ橋は6月25日、タンマチュー橋は6月30日にそれぞれ調査・測定した。  
 ※3:W.L.(量水標) の値は、橋梁直下に設置された量水標の値を示す。ワクリタル橋及びタンマチュー橋には設置されていない。  
 ※4:H.W.L. (既往最大値) 及び H.W.L. (毎年) の値は対象橋梁の桁下から水位までの高さを示す。  
 ※5:H.W.L. (既往最大値) 及び H.W.L. (毎年) の値は、洪水痕跡調査及び現地聞き取りに基づくものである。

b) 簡易流速測定

流速についても簡易的な方法で現地踏査時に測定した。測定結果は、表 2-2-2-8 に示すとおりである。

表 2-2-2-8 簡易流速測定結果

単位:m/s

		ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
1.左岸から川幅 1/4	1 回目	1.53	2.62	4.77
	2 回目	1.48	2.49	4.71
	平均値	1.50	2.55	4.74
2.左岸から川幅 1/2	1 回目	3.76	3.57	3.76
	2 回目	4.44	2.95	3.71
	平均値	4.10	3.26	3.74
3.左岸から川幅 3/4	1 回目	6.90	2.49	2.44
	2 回目	7.67	2.81	3.24
	平均値	7.28	2.65	2.84
4. 断面平均値=(1.+2.+3.)/3		4.30	2.82	3.77

※1: 流速は、対象橋梁から浮子(軽い木片)を左岸から川幅 1/4、川幅 1/2、川幅 3/4 の3地点から河道に投入する方法で簡易測定した。

※2: 流速に関しては、ワクリタル橋・スンコシ橋は6月25日、タンマチュー橋は6月30日にそれぞれ測定した。

調査対象橋梁の河川現況調査の総括表を表 2-2-2-9 に示す。

表 2-2-2-9 調査対象橋梁地点の河川現況調査総括表

		対象橋梁名称		
		ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
	流域名	プナサン川流域	クリ川流域	プナサン川流域
流域諸元	橋梁計画地点の流域面積	8,368km <sup>2</sup>	6,340km <sup>2</sup>	8,593km <sup>2</sup>
河川諸元	平面形状	橋上流部で湾曲	直線河道、橋下流部に緩やかな湾曲部	橋梁部で湾曲
	横断形状	単断面掘り込み	単断面掘り込み	単断面掘り込み、右岸一部砂
	縦断勾配	約 1/70	約 1/100	約 1/70
	河床変動の状況	無し	無し	無し
	河岸の侵食状況	無し	無し	無し
	河床の洗掘状況	無し	無し	無し
	河床材料	岩、巨礫、礫	巨礫、礫	巨礫、礫、一部砂

		対象橋梁名称		
		ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
流域名		プナサン川流域	クリ川流域	プナサン川流域
水理諸元	既往洪水痕跡水位	既存橋梁部桁下 8.9m	既存橋梁部桁下 8m	既存橋梁部桁下 11.3m
	近傍の流量観測所名称	-	-	スンコシ
	既往最大流量	-	-	2,526.6m <sup>3</sup> /s
	既往最大比流量	-	-	0.29m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
	流況係数	-	-	21.4
	流量観測期間	-	-	'92-'03

### 3) 高水位解析

スンコシ橋、ワクリタル橋、タンマチュー橋における高水位解析を行った。

なお、ワクリタル橋及びタンマチュー橋に関しては、近傍に流量観測所がないことから、それぞれスンコシ観測所及びオートショ観測所の値を参考にして求めた。

表 2-2-2-10 に 50 年確率の各架橋計画部における流量を解析した結果を示す。

表 2-2-2-10 50 年確率の各架橋計画部における流量

		対象橋梁名称		
		ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
流域名		プナサン川流域	クリ川流域	プナサン川流域
50 年確率流量		2,820m <sup>3</sup> /s	1,151m <sup>3</sup> /s	2,896m <sup>3</sup> /s

上表の 50 年確率流量に対応する水位は、表 2-2-2-11 の通りである。

表 2-2-2-11 50 年確率流量に対応する水位

		対象橋梁名称		
		ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
流域名		プナサン川流域	クリ川流域	プナサン川流域
50 年確率流量に対する水位		382.475m	1,113.459m	344.571m

## 2-2-2-2 地形・地質

### (1) ワクリタル橋

地形：標高は海拔約 400m で、ワンディ・フォドランの交通検問所から 54km に位置する。計画橋梁の両サイド地形は 45 度~80 度と切り立っている。右岸の堆積層には交通検問所の官舎が設置されている。また、この層は樹木の状況からここ 40~50 年間は安定していると判断される。左岸は珪岩が露出している。両岸ともに地下漏水は見られない。

地 質：ワクリタル地域の基盤岩盤はチェカ（Cheka）層に属する珪岩（Quartzite）であり、黒雲母等を含む。渓谷の両岸斜面に露頭するチェッカ層には不規則な節理<sup>\*3</sup>が見られる。橋軸位置におけるボーリング調査結果より、左岸においては地表から 2m 程度は礫層が確認されたが、それ以深には強固な岩盤が確認された。右岸に関しても同様で、表層 1m まで礫層が確認され、それ以深は岩盤となっている。橋台基礎部は、両岸とも岩盤であり、直接基礎の支持層としては十分な耐力を有している。

## (2) タンマチュー橋

地 形：タンマチュー橋の標高は海拔約 1125m で、ルンツェ市街から約 14km 南、モンガル市街から約 63km 北に位置する。橋梁計画地点の両岸は緩やかな斜面（約 25～30 度）を形成している。両岸ともに地下漏水は見られない。

地 質：タンマチュー地域の基盤岩盤はティンプー層のサブ層にあたるスーレ（Sure）層に属する片麻岩（Gneiss）であり、黒雲母等を含む。橋軸位置におけるボーリング調査結果によると、左岸側は礫質土が主体の表土が 5m、それ以深は岩盤となっている。これに対して右岸側は、礫質土の表土が 10m で、その下に岩盤が確認されている。右岸側橋台の基礎部は、礫質土に位置するが、いずれも N=50 以上を示しており、橋台基礎の支持層として十分な耐力を有していると考えられる。ただし、施工時には直接載荷試験によって地耐力の確認の必要があると考えられる。

## (3) スンコシ橋

地 形：スンコシ橋はワクリタル橋の 20km 下流に位置し標高は海拔約 355m である。橋梁計画地点の右岸は約 40 度となだらかな勾配斜面を形成し、左岸は崖錐堆積物で形成されている。左岸の新橋梁取付部付近には、雨期に発生する小沢がみられる。

地 質：スンコシ地域の基盤岩盤は結晶片麻岩や千枚岩を伴う黒雲母片麻岩を主体とするティンプー層に属している。右岸では、橋梁計画地点の 100m 上下流に黒雲母片麻岩が見られるものの、計画地点には砂礫を主体とする堆積層が厚く存在する。左岸には旧扇状崩積物がみられるが、その植生状況から、最近生じた地滑りはないと思われる。橋軸位置におけるボーリング調査結果によると、左岸側で 5～8m、右岸側で 7m の礫質土層が表層に存在し、その下に岩盤が確認されている。両岸の橋台基礎位置は、いずれも礫質土層であるが、いずれも N=50 以上を示しており、橋台基礎の支持層として十分な耐力を有していると考えられる。ただし、施工時には直接載荷試験による地耐力の確認が必要である。

<sup>\*3</sup> 水平方向にずれのない岩盤中の明瞭な割れ目

### 2-2-2-3 その他

#### (1) プロジェクト・サイト周辺の環境

##### 1) ワクリタル橋周辺の環境

動植物： 周辺地域でイノシシ、野生猫、シカ、ジャッカル等が、また河川にはニジマス等が生息しているものの、貴重な種は確認されていない。

社会環境： 橋梁計画地点には、交通検問所関係の施設があるのみである。

##### 2) タンマチュー橋周辺の環境

動植物： 周辺地域でサル、ジャッカル、イノシシ等が、また河川にはニジマス等が生息しているものの貴重な種は確認されていない。

社会環境： 橋梁計画地点周辺には、一軒の民家があるのみである。計画橋梁は同民家の所有者が経営するオレンジ園を横切るが、同地の提供は道路局と所有者間で了承済みである。工事中には騒音等の影響を受けることが考えられるため、何らかの対策が必要となる。

##### 3) スンコシ橋周辺の環境

動植物： 周辺地域でイノシシ、シカ、ジャッカル、サル等が確認されている。ワクリタル橋と共通する動植物が多い。貴重な種は確認されていない。

社会環境： 橋梁計画地点周辺には、約 20 件の民家が存在する。しかし、道路局が新橋架設予定区域の家屋建設を差し止めており、本計画ではその区域を利用することとしたため、橋梁建設による民家の立ち退きは発生しない。工事中には、近接する数軒の民家は騒音等の影響を受けるので、何らかの対策が必要である。

#### 4) IEE レベルの調査

3 橋梁について「橋梁整備計画調査 (F/S)、1997～98 年」で実施されたレベルの環境調査 (スクリーニング) を実施した。3 橋梁とも住民移転はなく、周辺地域には貴重な動植物の生息は確認されていない。タンマチュー橋梁建設予定地点は、東側に広がるブデリン野生生物保護地域と西側に広がるスルムシグラ国立公園を結ぶ、生物回廊に指定されている。しかし、タンマチュー橋架け替え工事の影響地域は、これらの保護地域や国立公園に対して極小の面積であること等から、長期的には負の環境影響はない。短期的には、「橋梁整備計画調査 (F/S)、1997～98 年」に示されたと同じように、工事中の作業キャンプの設置に係わる問題 (し尿排水、ゴミ、衛生等) や工事騒音問題があるが、これらは施工計画に適正な対策を盛り込むことで回避可能である。

## 5) 事業許可

「ブ」国環境アセスメント法（2000年6月）及び同規則（2002年4月）によれば、政府の実施するプロジェクトは、すべて国家環境委員会（National Environment Commission）のコンサルティングの下、所轄の官公庁が法令、規則に基づいてプロジェクトごとに許可を出すことになっている。

本計画については、ワクリタル橋、タンマチュー橋、スンコシ橋の3橋について、所轄官庁である公共事業・定住省（Ministry of Works and Human Settlement）内の担当局（Standard & Quality Control Authority）が、実施機関である道路局（Department of Roads）に対して許可書（Environmental Clearance）を発出しており、すでに3橋の架け替えに対する事業許可は取得されている。【資料-8参照】

## 6) 用地収用

用地収用については、以下のとおり、3橋とも、建設用地の確保に問題ないことを確認した。

### ① ワクリタル橋

基本設計調査団は、ワクリタル橋の左右岸ともに政府所管の土地であること、住民移転は生じないことを、現地調査時に確認している。

### ② タンマチュー橋

タンマチュー橋右岸において私有地（現況は果樹園）の取得が必要となるが、2004年6月、道路局は土地所有者より既に合意を得ている。

基本設計調査団は、住民移転は生じないことを現地調査時に確認している。

### ③ スンコシ橋

スンコシ橋右岸において私有地の取得が必要となる。この私有地は都市計画によれば宅地であるが、2004年3月、公共事業・定住省の都市開発・住宅局（Department of Urban Development and Housing）はスンコシ橋のあるダガナ県の知事に対して、橋梁予定地にかかる5区画の建設見合わせを要請した。

基本設計調査団は、これらの区画が更地となっており、住民移転は生じないことを現地調査時に確認している。

なお、タンマチュー橋とスンコシ橋の用地収用時期は、実施機関である道路局によれば、次年度（2005年7月～2006年6月）の始め（7月または8月）となる。本件の工事開始は2005年9月以降を予定しており、事業実施に問題はない状況である。ただし、コンサルタントは、詳細設計期間において、「ブ」国側の用地収用に関する予算確保の状況、収用の進捗状況についてモニタリングを行う必要がある。



## (2) プロジェクト・サイトの交通量

### 1) 交通量調査の目的

「橋梁整備計画調査 (F/S)、1997～98 年」では、国道 5 号線のカミチュ付近 (ワンディ・フォドランとワクリタル橋の中間地点)、タンマチュー橋位置、スンコシ橋位置において交通量調査を実施している。しかし、この調査は、主に道路局が管理する国道上の自動車交通流動の現状把握、及びその結果を基に将来の長期的な交通需要予測を行い、F/S 時の調査対象橋梁 22 橋の社会経済評価に供することを目的に実施されたものである。

一方、本調査においては、対象 3 橋梁位置における車種別交通量の現状を把握し、橋梁施設の適切な規模を確認するために実施した。

### 2) 交通量調査の内容

本調査で実施した交通量調査の実施内容を以下に示す。

- － 調査地点：架け替え対象橋梁 3 地点 (ワクリタル・タンマチュー・スンコシ)
- － 調査期間：午前 7 時から午後 7 時までの 12 時間、土日を含む連続 5 日間で実施
- － 調査方法：橋梁利用交通量を車種別 (歩行者含む)、方向別、時間帯別に観測

なお、調査結果を表 2-2-2-13 に示す。

調査結果から、各橋梁利用交通量の特性について以下のようなことが言える。

#### ① ワクリタル橋

- － 橋梁周辺の集落も小さく、近傍に大きな集落も無いため歩行者の利用は少ない。
- － 自動車の利用は 98～107 (台/12 時間) で、1997 年の F/S 時 (国道 5 号線カミチュ地点) の 55～62 (台/12 時間) と比較して 2 倍に増加している。
- － 自動車交通量のうち、62.6～73.8%程度が乗用車である。
- － 一日のうち最も交通量が多いのは、午前 9 時と午後 6 時である。

#### ② タンマチュー橋

- － 近傍村落からの歩行者利用が多い。
- － 自動車交通量は、11～28 (台/12 時間) で、1997 年の F/S 時の 30～45 (台/12 時間) と比較して半減している。これは、F/S 時の許容荷重が 12t であったのに対し、橋梁の老朽化により現在の許容荷重はさらに下げられ、8t となっていることが影響しているものと考えられる。

③ スンコシ橋

- － チラン県とダガナ県を結ぶ県道に位置し、橋梁近傍にも集落があるため、歩行者の利用量が多い。
- － 自動車交通量は、F/S 時の 16～22 台に対して 60～96（台/12 時間）と 3 倍以上増加している。特に金曜、土曜の交通量が多いが、これは土曜に開催される市場の利用者がいるためであると考えられる。
- － 自動車交通量のうち、64.6～84.4%程度が乗用車である。

表 2-2-2-12 交通量調査結果一覧

観測地点	項目	観測交通量									
		2 Jul. (金)		3 Jul. (土)		4 Jul. (日)		5 Jul. (月)		6 Jul. (火)	
	日付	台	割合	台	割合	台	割合	台	割合	台	割合
ワクリタル	歩行者(人/12時間)	6	—	9	—	6	—	7	—	9	—
	バイク(台/12時間)	6	5.8	8	8.1	8	7.9	10	9.3	9	9.2
	乗用車(台/12時間)	72	69.2	62	62.6	65	64.4	79	73.8	62	63.3
	バス(台/12時間)	11	10.6	12	12.1	9	8.9	5	4.7	11	11.2
	トラック(台/12時間)	15	14.4	17	17.2	19	18.8	13	12.1	16	16.3
	全自動車台数(台/12時間)	104	100.0	99	100.0	101	100.0	107	100.0	98	100.0
		日付	9 Jul. (金)		10 Jul. (土)		11 Jul. (日)		12 Jul. (月)		13 Jul. (火)
タンマチュー	歩行者(人/12時間)	21	—	8	—	8	—	8	—	35	—
	バイク(台/12時間)	5	20.0	4	19.0	5	17.9	6	21.4	2	18.2
	乗用車(台/12時間)	10	40.0	9	42.9	12	42.9	12	42.9	5	45.5
	バス(台/12時間)	2	8.0	2	9.5	3	10.7	3	10.7	2	18.2
	トラック(台/12時間)	8	32.0	6	28.6	8	28.6	7	25.0	2	18.2
	全自動車台数(台/12時間)	25	100.0	21	100.0	28	100.0	28	100.0	11	100.0
		日付	17 Jul. (金)		18 Jul. (土)		19 Jul. (日)		20 Jul. (月)		21 Jul. (火)
スンコシ	歩行者(人/12時間)	106	—	66	—	59	—	62	—	61	—
	バイク(台/12時間)	14	14.6	13	13.7	8	11.6	4	5.2	35	58.3
	乗用車(台/12時間)	62	64.6	68	71.6	53	76.8	65	84.4	11	18.3
	バス(台/12時間)	3	3.1	3	3.2	3	4.3	2	2.6	3	5.0
	トラック(台/12時間)	17	17.7	11	11.6	5	7.2	6	7.8	11	18.3
	全自動車台数(台/12時間)	96	100.0	95	100.0	69	100.0	77	100.0	60	100.0

乗用車：ミニバン(タクシー)、ハイラックス(乗用小型トラック)、ランドクルーザー等

## 第3章 プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

「第二次橋梁架け替え計画」は、「ブ」国公共事業・定住省が第9次五ヵ年計画で進める道路網整備計画、すなわち国道の拡幅、地方道の新設、既存道路・橋梁の維持・補修、及び既存橋梁架け替え等のプロジェクトの一部として位置付けられている。これらプロジェクトの上位目標は、第9次五ヵ年計画のセクタープログラムによれば、以下のように設定されている。

- ① 各種社会サービスへのアクセス向上による地方居住者の生活レベルの向上
- ② インド領域内道路に頼らない交通網の確立
- ③ 信頼性の高い道路網の確立による、利便性・安全性の向上

本プロジェクトは、第8次五ヵ年計画で我が国無償資金協力により実施された5橋に続き、幹線道路（国道及び県道）の老朽化した主要橋梁3橋を架け替えるものである。架け替え対象のワクリタル橋、タンマチュー橋、スンコシ橋は、老朽化と維持管理の不足により許容荷重がそれぞれ18t、8t、12tと小さい。その上、迂回路も存在しないことから、3橋は当該地域における開発計画を進める上での制約条件となっており、現在の社会ニーズに対して下回るグレードの橋梁であるといえる。本プロジェクトは、このような「地域開発の進展を阻害するボトルネック橋梁の解消」を目標としている。

#### 3-1-2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、日本側が3橋の建設に係る無償資金協力を、「ブ」国側が建設用地の確保、建設機械（我が国無償資金協力「道路建設機材整備拡充計画」で調達される機械）の貸与、既存橋梁の撤去、取付道路の建設を行うものである。これにより、「老朽化して許容荷重の小さい橋梁が、現在の社会ニーズに合致したグレードの橋梁に架け替えられる」ことが期待されている。この中において、協力対象事業は、ワクリタル橋、タンマチュー橋、スンコシ橋の橋台・護岸の建設、及び上部工の製作・架設である。

### 3-2 協力対象事業の基本設計

#### 3-2-1 設計方針

##### (1) 基本方針

ワクリタル、タンマチュー、スンコシの3橋梁は、1997年に「ブ」国の要請により我が国が実施した開発調査「橋梁整備計画調査」の対象22橋梁のうち、緊急性が高い12橋（うち優先順位の高い5橋は第一次の架け替え計画で建設済み）の中に挙げられている。ただし、その時点での3橋梁の優先順位は、12橋のうちでは低位であった。

本基本設計調査では、要請された 3 橋の架け替えに関する妥当性を、図 3-2-1-1 に示す手順で検討した。

第一に、調査団は、同図に示すように対象橋梁「選定」の妥当性を検討するため、本件の実施機関である「ブ」国公共事業定住省道路局に対して 3 橋の要請経緯を確認した。その結果、これら 3 橋は本川に架かる長スパンの橋梁であり、開発調査で緊急性が高いとされた 7 橋（第一次で建設された 5 橋を除く）のうちでもテンポラリーな補強・迂回路の建設が困難な橋梁であること、そのため、建設重機等の重車両の通過に支障をきたしていること、が判明した。よって、要請された 3 橋梁は、協力対象として適切であると判断した。

第二に、橋梁の許容荷重を 40t とすることの妥当性を検討するため、同フローに示す「既存橋のボトルネック調査」を実施した。「ブ」国では永久橋に架け替える場合の設計活荷重は IRC 基準（インド道路協会の設計基準）の Class A 活荷重に統一されており、そのように改修された橋梁の許容荷重は 40t となる。ボトルネック調査は、首都ティンブーから対象 3 橋梁に至る道路上に存在する、他の中小ボトルネック橋梁の実態（幅員、許容荷重が小さい橋梁）を把握するものである。これらの中小ボトルネック橋梁が 3 橋梁の架け替え以降も残されるのであれば、3 橋の許容荷重を 40t とする効果が減じられるため、より小さい設計活荷重を採用することになる。

ボトルネック調査の結果、対象 3 橋梁がある地域には、幅員や許容荷重の小さい中小ボトルネック橋梁が存在し、水力発電や道路延伸プロジェクトで用いられる建設機械や変圧器等の重量物の運搬に支障を来していること、道路局は、そのようなボトルネック橋梁を順次永久橋に架け替え、解消する計画であることがわかった。しかし、3 橋の架け替え完了時までには、これら中小ボトルネック橋梁を全て架け替えることは困難であるので、道路局としては、当面は既存橋のサポート・補強も含めてこのような状況を改善し、3 橋の架け替え効果を発現するとしている。

一方、これらの中小ボトルネック橋梁と異なり、本川に架かる吊橋に対してはテンポラリーな補強・迂回路の建設は困難であるため、道路局はこれら 3 橋を許容荷重 40t の永久橋へ架け替えることを強く望んでいる。よって、調査団は「架け替え」となる場合の設計活荷重として Class A 活荷重の採用が妥当であると判断した。

第三に、調査団は、「既存橋梁の健全度調査」を行い、橋梁架け替えの代替案として、既存橋を部分補修、あるいは全面改修する案についても検討した。ただし、既存のベイリー吊橋の許容荷重は建設当時でも 24t に過ぎないことから、部分補修のみでは、許容荷重を 40t にすることは困難であるといえる。

全面改修する案についても、ベイリー吊橋の改修には幾つかの問題がある。ベイリー橋はもともと仮設・緊急用であり、部材は輸送を容易にするために軽量化が図られている。そのため、一つひとつの部材は小さく薄くなっており、耐久性に乏しく、維持管理が適切に行われた場合でもその耐用年数は 20～25 年とされている。既にこの耐用年数に達している

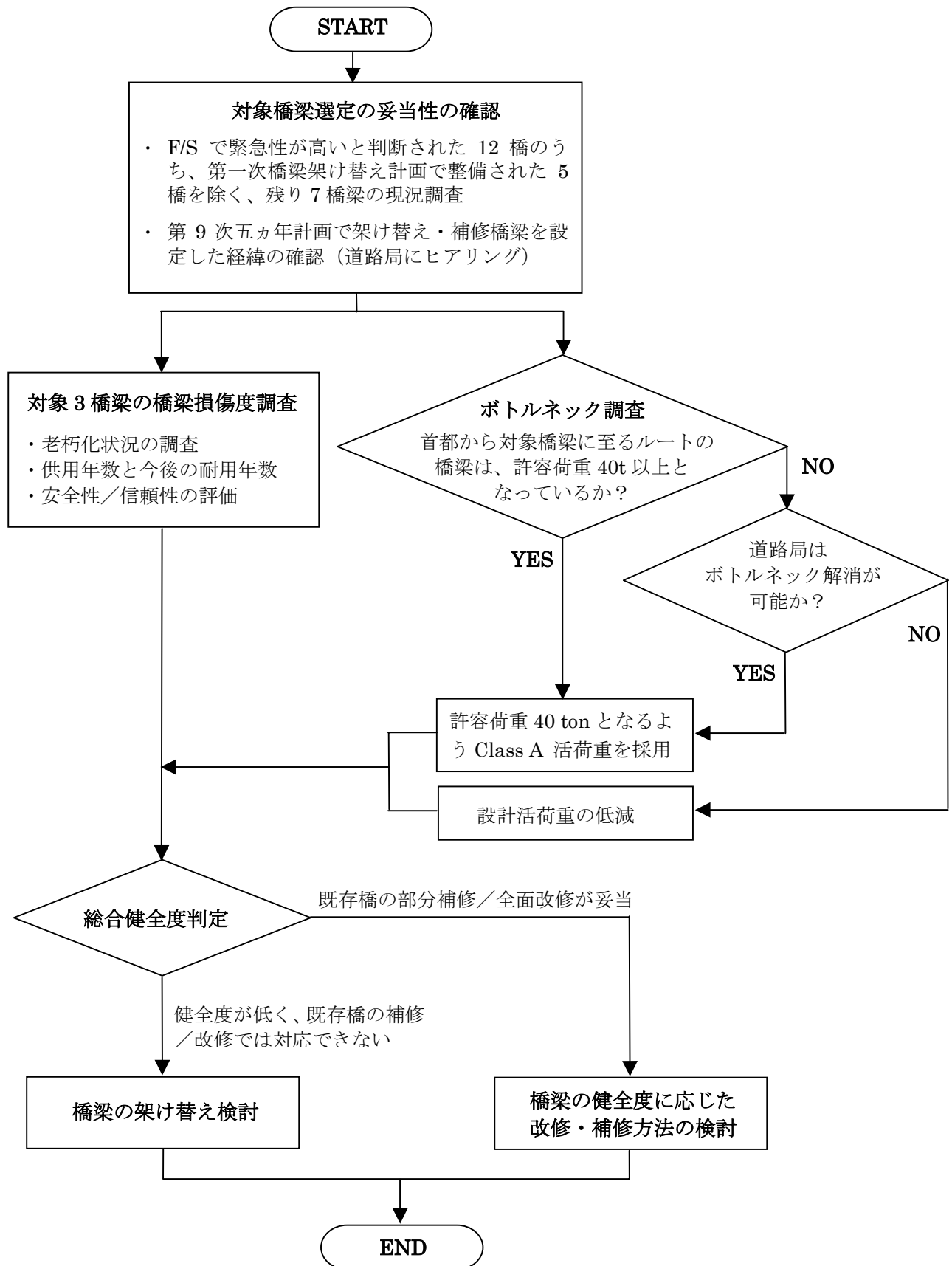


図 3-2-1-1 対象橋梁架け替えの妥当性検討フロー

対象 3 橋梁について、ベイリー吊橋のケーブル、タワー、パネル等に補強を施しアップグレードを図っても、今後期待できる供用年数はせいぜい 10～20 年程度と考えられ、我が国の無償資金協力の対象としては適切ではない。

したがって、対象 3 橋梁については、許容荷重 40t の橋梁として架け替える案が妥当であると判断した。ただし、許容荷重 40t の架け替え案の採用は、その効果発現の観点から、「ブ」国側による中小ボトルネック橋梁の解消が前提であることを道路局に伝えた。

対象 3 橋梁を「架け替え」とする場合の設計方針を以下に述べる。

## (2) 自然条件に対する方針

### 1) 気象条件

「ブ」国では、雨期（6 月～9 月）と乾期（10 月～5 月）が明確に分かれており、降雨はモンスーンの季節である雨期に集中している。雨期には、地滑り・崖崩れ・土石流等により、幹線道路であっても頻繁に遮断されることがある。また、標高 3000m を越える峠道は、冬季には路面が凍結することがある。これらの気象条件は、資機材の運搬時期の設定において留意し、工程計画の立案に反映する。

### 2) 河川条件

架橋位置、橋長及び構造形式、護岸工範囲の設定においては、水文解析の結果を十分に考慮する。対象 3 橋梁位置における対象河川の計画高水位は、既往最大流量、50 年確率流量及び洪水痕跡を総合的に検討して設定する。また、雨期における流速を測定し、中間橋脚設置の可否を検討する。

なお、対象河川の上流には多くの氷河湖が存在しており、地球温暖化や地震等の影響によって氷河湖が決壊し、下流側に甚大な洪水被害をおよぼすことが懸念されている。そのため、上述の計画高水位に加え氷河湖決壊の影響を考慮した高水位についても、橋梁計画に反映させる。

### 3) 地形条件

急峻な地形を持つサイトにおいては、取付道路設計に際し地山の切土量が過大とならないように配慮する。橋梁架設計画では、橋軸位置の地形に合った経済的な工法を選定する。工事中の落石事故が懸念されるような急斜面に対しては、落石防護ネット等の安全対策を検討する。

### 4) 地質条件

各サイトにおける地質調査結果に基づき、橋台位置及び橋台基礎構造、取付道路舗装厚を決定する。両岸に岩盤が露頭しているワクリタル橋については、橋梁形式選定においてコンクリートアーチ橋の可能性についても検討する。

## 5) 地震条件

「ブ」国の地震条件の設定には IRC 基準を適用するが、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。そのため、隣接するインド・アッサム地方の地震条件に準じるものとして設計する。

### (3) 社会・経済事情に対する方針

橋梁位置の設定においては、極力、住民移転が生じないように配慮する。また、対象橋梁が当該県の経済を支える重要幹線道路上に位置し、かつ迂回路がないことから、現況交通が常に確保できることを念頭に、取付道路計画、橋梁架設計画を検討する。

### (4) 建設事情／調達事情／、業界の特殊事情／商習慣に対する方針

資機材の調達は、可能な限り「ブ」国内より調達する。ただし、「ブ」国内の市場で調達できる資機材の多くは、「ブ」国内では生産されておらず、隣国インドから輸入されたものである（鉄筋、燃料、アスファルト等）。その場合、「ブ」国内での資材価格は通関施設のある国境の町プンチョリンからの距離で異なるため、積算単価の設定において留意する。

橋梁上部工の形式選定においてコンクリート構造を選定する場合には、セメント、砂、骨材等、鉄筋を除く主要資材のほとんどを「ブ」国内で調達することが可能となる。しかし、鋼製橋梁が選定される場合には、「ブ」国内での調達はできないため、我が国又は第三国調達となる。鋼製橋梁の第三国調達先としては、我が国の鋼橋製作者との合弁会社が存在し、我が国の技術指導のもとに橋梁製作を行った実績を有するタイ国を想定する。隣国インドの鋼橋製作者にはこのような実績がなく、かつ、インド産鋼材はミルシートが付かない状態で出荷される等、品質・納期の面で問題があることから、今回はインド産鋼材（引張試験によって「ブ」国内での品質確認ができる鉄筋、仮設工で使用する形鋼等を除く）、インドの鋼橋製作者は調達先の検討対象から除外する。

建設機械の調達については、我が国無償資金協力「道路建設機材整備拡充計画」で調達された機械を道路局は優先的に協力対象事業の施工業者に貸与するとしており、これらを利用した施工計画を立案する。

### (5) 現地業者の活用に対する方針

「ブ」国の建設業者は、業務規模に応じて A～D のクラスに分けて登録されている。本計画の実施の際に、労務の調達のみでなく、土木工事の下請け、機械リース等も可能である業者は、複数のエンジニア、現場監督、熟練工、主要建設機材を擁することが要件となっているクラス A の建設会社で、「ブ」国内で 52 社が登録されている。

このような現地業者の活用が容易となるよう、設計面では取付道路における「ブ」国式擁壁工の採用、施工計画面ではアスファルト舗装作業における「ブ」国式労働集約的作業の採用、等の対応を図る。



## (6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

「ブ」国内の幹線道路に架かる橋梁は、すべて公共事業・定住省の道路局（道路局）が管理している（インドが管轄する国道 2 号線、3 号線上の橋梁を除く）。本プロジェクトの対象橋梁 3 橋についても、運営・維持管理は、実施機関である道路局が行う。

「ブ」国内では 10～30m の橋梁の多くはベイリー橋であり、10m 以下はコンクリートスラブ橋とされることが多い。したがって、道路局の橋梁に関する維持管理業務は仮設のベイリー橋に対する補修、補強、更新が主体であり、鋼製の永久橋に対する維持管理経験は少ない。しかしながら、第一次の橋梁架け替え計画で耐候性鋼材による永久橋 5 橋が建設され、その運営・維持管理に関する要点は「ブ」国に長期滞在する JICA 橋梁専門家より道路局に対して十分に伝達されている。よって、今回の対象橋梁についても、耐候性鋼材により製作された橋梁であれば、「ブ」国側の運営・維持管理能力は十分な水準にあることから、特別な対応は不要である。

## (7) 施設、機材等のグレードの設定にかかる方針

### 1) 橋梁の設計活荷重に対する考え方

本基本設計調査では、首都ティンブーから対象橋梁に至るルートの途中にボトルネックとなる橋梁が有る場合には、その橋梁に関する情報を収集し、対象 3 橋梁に適用する適切な設計活荷重を設定するものとした。この調査の結果、以下のボトルネック橋梁が存在することがわかった。

- ① ワンディ・フォドラン～ワクリタル橋～スンコシ橋間のベイリー橋 10 橋  
(Hesothangkha, Lawakha, Basochu, Rurichu, Baychu, Kamichu, Nyarachu, Necheychu (Mechekola), Burichu, Chachey)
- ② リミタン～タンマチュー橋間のベイリー橋 5 橋  
(No.4 Bridge, Rewanchu, Phawan, Karma Shangshong, Rongmanchu)

これらボトルネックと認められた計 15 橋について、そのまま残置されるようであれば、対象橋梁の設計活荷重は、ボトルネック橋梁の許容荷重に合わせて低減することになる。そこで、ボトルネック橋梁に対する方針を道路局に確認したところ、以下のような方針であることがわかった。

- 橋長 10m 以下のベイリー橋については、1～2 年でコンクリート橋 (Class A) に架け替える。
- 橋長 10m～20m のベイリー橋については、その後に順次コンクリート橋 (Class A) に架け替えるが、それまでの間は、ベイリーパネルの補強、迂回路の建設等により対応する。
- 橋長 20m 以上の橋梁については、今回要請の 3 橋が完成するまでに永久橋へ架け替えることは、技術的にも、資金的にも困難であるので、当面、ベイリーパネルの補強、迂回路の建設等により対応する。

道路局は 20m 未満の橋梁についてはコンクリート (RC) 橋の標準設計を有しており、技術的には問題ない、としている。また、ボトルネックを解消するための事業資金の手当てについては、以下の可能性を示した。

- 英国企業のソフトローンを利用して、モジュラーブリッジ（ベイリー橋よりも強度・耐久性を向上させた組立式鋼橋）に架け替える計画について、財務省に対して承認申請を図っている。
- プナサンチュ水力発電計画の進展に伴い、このプロジェクトファンドを利用して、ワクリタル橋近傍の中小橋梁の架け替えを図る。

以上のように、「ブ」国側は前向きに具体的なボトルネック解消方法を示し、資金調達方法についても検討している。よって、要請橋梁の架け替えにおける設計活荷重は、「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、低減することなく適用することが妥当であると判断した。

## 2) 鋼橋の第三国調達に対する考え方

本基本設計調査では、橋梁製作費のコストダウンを目的として、タイ国において橋梁を製作するケースについて検討した。タイ国内の製作工場には、我が国との合弁企業等において、既に鋼桁を製作した実績を有する工場がある。しかし、本プロジェクトの橋梁形式として想定される鋼ランガー橋の製作実績はなく、その場合には、日本製と同レベルの品質を確保するための日本人技術者の派遣を前提として、鋼橋の第三国調達を許容するものとした。

## 3) 耐候性鋼材の適用に対する考え方

2)で述べたように、タイ国において橋梁を製作するものとして、以下の 2 ケースを比較した。

- タイ製普通鋼材でタイにて製作、I 塗装する場合（I 塗装：日本道路公団の橋梁で一般に用いられている薄膜重防食塗装）
- 日本製の耐候性鋼材でタイにて製作、裸仕様とする場合

この 2 ケースは、初期コストにおいてほぼ等しく、その差は僅かであることがわかった。

一方、塗装の塗り替え・補修費は、「耐候性鋼材」の場合は、ほぼ 0 となる。これに対して、「普通鋼材 + I 塗装」では、100 年間のライフサイクルを考えると、上部工製作費の約 7 割に及ぶ費用を塗装の塗り替えに関する維持補修の費用として「ブ」国側が負担せねばならない。

このように、初期コストほぼ同じでありながら、相手国の維持管理費用を大きく低減できること、及び、「ブ」国の自然条件、環境社会条件は、日本道路公団で耐候性鋼材の使用を認める以下の 3 条件も満足していることから、本プロジェクトでは、耐候性鋼材を採用するものとした。

- 飛来塩分規定の遵守 → 「ブ」国は内陸国であり、飛来塩分はない。
- 凍結防止剤の不使用 → ワクリタル橋、スンコシ橋（標高 400m 以下）は亜熱帯湿潤気候、タンマチュー橋（標高 1100m 程度）は亜熱帯気候に属し、冬季においても橋面が凍結することはない。
- 環境配慮 → 耐候性鋼材で建設された一次 5 橋の錆の生成は順調であり、無塗装橋梁が地域住民に受け入れられており、環境問題にはなっていない。

#### (8) 工法／調達方法、工期にかかる方針

橋梁の架設工法には、鋼橋の場合、トラッククレーンベント工法、送り出し工法、ケーブルエレクション工法等があるが、現地の地形に適し、かつ経済的な工法を選定する。また、鋼材を耐候性とする場合には日本産の鋼材を用いるものとするが、製作については、上記のように第三国調達も許容するものとした。

工期は、6月～10月の雨期を考慮して計画する。特に、平成17年10月から平成18年5月までの第一年次の乾期を極力利用し、老朽化が激しく最も緊急を要するタンマチュー橋の早期着手、早期完成を図る。そのためには、本年度中に実施設計を進行させるA国債による必要がある。

### 3-2-2 基本計画

#### 3-2-2-1 全体計画

##### (1) 道路設計条件

###### 1) 「ブ」国道路設計基準

道路種別による標準的な道路幅は、表 3-2-2-1 のように規定されている（設計速度 60km/h 以下の場合のみ示す）。本計画の道路区間は設計速度 60km/h 以下であるが、取付道路では、セミトレーラーの通行や、ゲート手前の待機車両スペース等も考慮して舗装幅を設定する。取付道路の設計速度は、本調査における架橋位置がいずれも背後に取付道路のセットバックの困難な急崖があること、現在の交通機能の著しい低下を招く恐れがないこと等から、20km/h とする。「ブ」国では、平面、縦断、視距等の道路幾何構造基準は設計速度に応じて決定されており、これらは我が国の道路構造令とほぼ同様である。

表 3-2-2-1 「ブ」国道路設計基準

道路種別		設計交通量 (台)	設計速度 60km/h 以下の道路	
国道	Class AA 2 車線	>200	舗装巾 (m)	6.0
			路肩巾 (m)	1.0
			道路巾 (m)	8.0
	Class A 1 車線	100~200	舗装巾 (m)	3.5
			路肩巾 (m)	1.5
			道路巾 (m)	6.5
県道	Class B 1 車線	50~100	舗装巾 (m)	3.5
			路肩巾 (m)	1.0
			道路巾 (m)	5.5
フィーダー 道路	Class C 1 車線	<50	舗装巾 (m)	3.0
			路肩巾 (m)	0.75
			道路巾 (m)	4.5

出典：Road Design Manual, Public Works Department, Ministry of Social Service, Royal Government of Bhutan

## 2) 最小曲線半径の設定

橋梁整備計画調査(F/S)では、取付道路の山側切土を最小限にするため、「ブ」国を走行している車両のうちで当時最も大きいとされた幅 2.5m 長さ 8.2m のトラックの走行を可能にするよう、最小曲線半径 6m を採用するものとした。

しかしながら、第一次 5 橋の橋梁架け替えでは、当時建設中のタラ、バソチュ、クリチュ発電所の建設で、既にセミトレーラー (L=14.8m,W=2.50m) が重機等を積載するために使われていること、さらにプナサンチュ橋、ゲレフ橋等をはじめとする各地の橋梁架け替えや水力発電等の建設のために、その後も重機等を積載するセミトレーラーが日常的に使われることを予想し、取付道路の最小曲線半径は 15.0m に変更された。

今回の第二次橋梁架け替えの対象となる 3 橋についても、ワクリタル橋近傍ではインド資金による「プナサンチュ水力発電プロジェクト (Punasangchhu Hydro-Electric Project)」、タンマチュー橋近傍では WB 資金による「フィーダー道路建設プロジェクト (Construction of Feeder Roads)」、スンコシ橋近傍では ADB 資金による「道路ネットワーク拡張計画 (Road Network Expansion Project)」等が予定されている。

したがって、これらの事実を踏まえ、本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、取付道路の最小曲線半径は 12.5m とし、これを考慮した平面線形・縦断線形及び橋長の設定を行う。

なお、「ブ」国側からも、道路局が所有する全長 13.5m のセミトレーラーの通行を確保するような取付道路の平面線形検討が要請されている。

## 3) 平面・縦断線形

本基本設計では、前述のように取付道路の設計速度を 20 km/h とし、これに基づき取付道路の平面、縦断、視距等の幾何構造を決定する。

取付道路の縦断勾配は 8%以下とし、現況勾配よりも緩くするか、少なくとも同程度とする。また、橋面については、排水を考慮して、0.5%以上の縦断勾配を確保する。

#### 4) 幅員

交通量調査の結果、県道上にあるタンマチュー橋とスンコシ橋の幅員は、開発調査 (F/S) で提案された 5.5m が妥当であると判断する。幅員 5.5m は、バス・トラック等の大型車 (全幅 2.5m 程度) が橋梁上を通行、あるいは停車していても、乗用車が問題なく通行できる幅員として設定されている。

しかし、国道上にあるワクリタル橋については、道路局としては、現在、幹線国道の 2 車線化 (幅員を 6m に拡幅する) 工事を進めていることから、6.0m を希望している。ワクリタル橋の大型車の通行量は、現在のところ 18~29 (台/12 時間) と少ないが、橋梁完成時 (2007 年頃) には、「プナサンチュ水力発電プロジェクト」の工事がはじまり、飛躍的に大型車交通量が増すものと予想される。そのため、バス・トラック等の大型車 (全幅 2.5m 程度) が橋梁上を通行、あるいは停車していても、対向する大型車が問題なく通行できる幅員として、6.0m が妥当であると判断する。

#### (2) 橋梁設計条件

##### 1) 設計基準

「ブ」国側との協議での合意に基づき、橋梁設計には「Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridges, The Indian Roads Congress (IRC 基準)」を採用する。

##### 2) 活荷重

「ブ」国では歴史的に国道全線がインドの管理下に置かれていたため、インド政府により架設された永久橋 (RC 桁橋、PC 桁橋が多い) は、IRC 基準の Class A 活荷重 (許容荷重 40t) が採用されている。対象 3 橋梁に適用する活荷重についても、「3.2.1(1) 基本方針」で述べたように、「ブ」国側による「対象 3 橋梁に至るまでの他の中小ボトルネック橋梁の解消」を前提として、Class A 活荷重とすることが妥当である。

##### 3) 設計水平震度

IRC 基準の地震区域区分を、図 3-2-2-1 に示す。IRC 基準はインド国を対象としているため、同基準にある「インドにおける地震区域図」には「ブ」国は表記されていない。しかし、同図によると、「ブ」国の南部及び東部で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」とされている。したがって、「ブ」国全域に「ゾーン V」を適用するのが妥当と考える。以下の式により、設計水平震度は、0.12 とする。

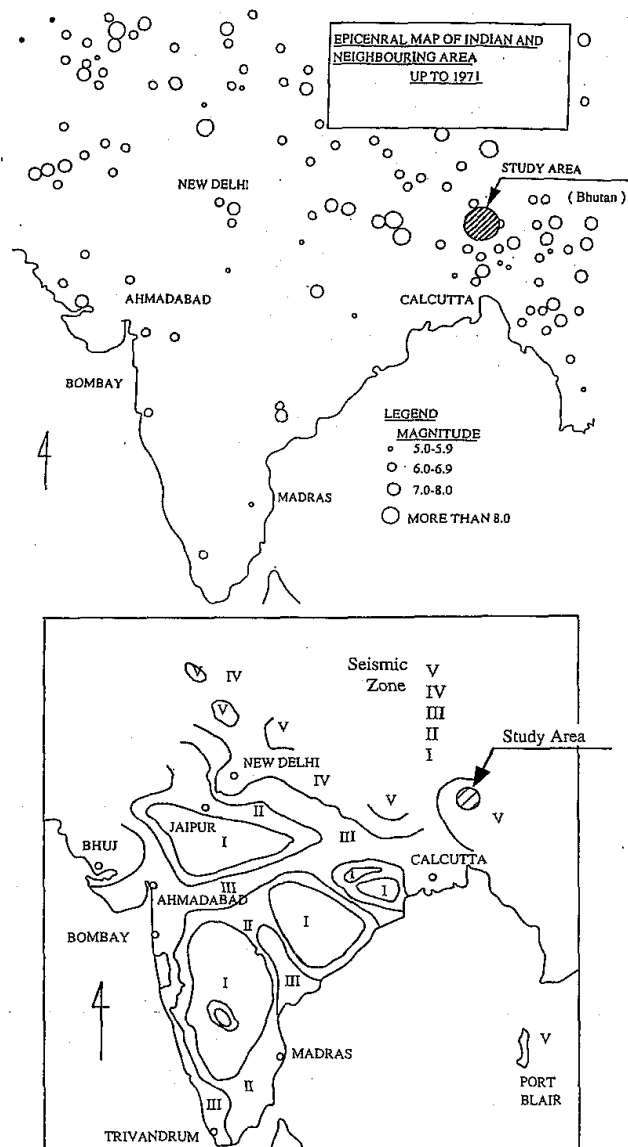
$$\alpha_h (\text{設計水平震度}) = \beta \times I \times \alpha_0 = 1.0 \times 1.5 \times 0.08 = 0.12$$

ここで、 $\beta$  : 地盤状況により定まる係数

$I$  : 構造物の重要度による係数

$\alpha_0$  : 地域区分による係数

なお、橋梁設計に関して IRC 基準に規定されていない条項に関しては、「道路橋示方書・同解説」によるものとする。



Source : "Elements of Earthquake Engineering" A.R. Chandrasekaran , Professor, School of Research & Training in Earthquake, Engineering University of Roorkee, Roorkee, India , 1976

図 3-2-2-1 インド及び近隣地域の地震区域区分図

#### 4) 橋梁部舗装

橋梁部の舗装としては、以下の構造を検討した。

- a) アスファルト舗装
  - b) コンクリート舗装
- a) アスファルト舗装

「ブ」国では、アスファルトコンクリートプラントが存在しないため、道路舗装のためのアスファルトコンクリートは現場で加熱混合されている。このため、品質の確保に問題がある。

b) コンクリート舗装

インド政府援助で架設された橋梁は、セメントコンクリート舗装が使用されている。床版コンクリート打設後にセメントコンクリート舗装を施工すると、舗装コンクリートにひびわれが生じやすいため、通常、床版との一体打設が行われる。そのような場合は、床版と舗装コンクリートの間に防水層が配置されないため、舗装コンクリートのひびわれを通じて、床版への浸水が懸念される。

以上より、維持管理性を重視し、橋梁部の舗装としてアスファルト舗装を選定する。アスファルト舗装の課題である品質確保については、施工時の品質管理を厳重にすることを前提とした計画とする。

なお、アスファルト舗装厚については、「アスファルト舗装要綱」（日本道路協会）を参考とし、60mm とする。

5) 付帯構造物設計基準

擁壁、排水溝等、橋梁周辺の付帯構造物の設計についても IRC 基準に依るが、規定されていない条項については、「道路土工設計要領」（社団法人日本道路協会）によるものとする。

6) コンクリート設計基準強度

a) 下部工

対象が橋台構造であり、曲げを受けることがほとんどないため、第一次 5 橋と同様に、 $21\text{N/mm}^2$  とする。

b) 上部工（床版コンクリート）

近年、日本国内でも床版のひび割れに伴う浸水によって起こる床版の損傷が大きな問題となっている。そういった損傷を避けるため、より密実なコンクリートにする必要がある。そのため、コンクリートの設計基準強度は、 $24\text{N/mm}^2$  とする。

7) 河川条件

「ブ」国内には、大小 2700 もの氷河湖が確認されており、そのうち 24 の氷河湖は決壊の危険性があるとされている<sup>\*4</sup>。対象橋梁であるワクリタル橋、スンコシ橋の架かるスンコシ川（プナサン川）上流では、929 の氷河湖のうち、13 箇所の氷河湖が「危険」とされている。また、タンマチュー橋の架かるクリ川上流流域では「ブ」国内のみで 179 の氷河湖があり、そのうち少なくとも 1 箇所は「危険」とされており、クリ川流域に含まれる中国側については「危険」な氷河湖の数は把握されていない。

<sup>\*4</sup> Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods, International Centre for Integrated Mountain Department (ICMOD), 2001 による。

そこで、河川条件を検討する際には、氷河湖決壊の影響についても考慮に入れるものとした。表 3-2-2-2 に、検討した水位の一覧表を示す。

表 3-2-2-2 調査・解析水位一覧表

対象橋梁名	高水位 (氷河湖決壊の影響を含む)	高水位 (50年確率流量に対応)	高水位 (聞き取り及び痕跡調査による既往最高水位)	高水位 (聞き取り及び痕跡調査による毎年の最高水位)
ワクリタル橋	386.914m	382.475m	379.653m	379.253m
タンマチュー橋	1,119.852m	1,113.459m	1,112.463m	1,110.963m
スンコシ橋	348.923m	344.571m	341.732m	341.232m

氷河湖決壊の影響を考慮した高水位は、50年確率流量による高水位に氷河湖決壊の影響を足し合わせた数値であり、考えられる最高水位である。氷河湖決壊は、近年の地球規模の温暖化を考慮すると橋の供用期間中に発生する可能性は高いと思われるが、既存のデータから、その発生時期(確率)・規模を予測するのが極めて困難である。ただし、50年確率での降水と氷河湖決壊が同時期に起こる可能性は、降雨が氷河湖決壊の要因ではないために、極めて小さいと考えられる。そのため、氷河湖決壊の影響を含む高水位で橋梁設計を行うことは、非常に不経済となり、適切はでない。よって、橋梁設計上の HWL は、橋面高さの設定以外については、50年確率流量での高水位を用いるものとする。

一方、橋面高さの設定では、氷河湖決壊による洪水時でも、流木・ボルダーの衝突による上部構造への被害を十分に避けられるよう、氷河湖決壊の影響を含んだ高水位（流量 5800～7500m<sup>3</sup>/s）に対して、1.5m の桁下余裕をとるものとする。

### 3-2-2-2 施設計画

#### (1) 架橋位置の選定

##### 1) ワクリタル橋

架橋地点として、現橋から上流側 2 箇所、下流側 1 箇所を検討した。各箇所の検討内容は以下のとおりである。

##### a) 現橋架橋位置から上流側に 100m 程度の位置

左岸側に旧歩道橋橋台があったが、この箇所は左岸側が河川屈曲点であり流速が速く、

- 橋台の洗掘される危険性が高い
- 左岸側に道路を新設する場合、急峻な山側斜面の掘削が必要となる
- 急峻な箇所であるため、雨期に斜面が崩壊する危険性が高い
- 左右岸の高低差が大きく新設道路建設による切土・盛土量が大きくなる

等の理由から、架橋位置として不適であると判断した。



b) 現橋架橋位置から上流側 15m 程度の位置

左岸側が河川屈曲点の影響を受け、流速が速く、

- 橋台の洗掘される危険性が高い
- 左岸側に道路を新設する場合、急峻な山側斜面の掘削が必要となる

等の理由から、架橋位置として不適であると判断した。

c) 現橋架橋位置から下流側右岸約 30m 左岸側 100m 程度の位置

右岸側が河川屈曲点の影響を受けて流速が遅く、

- 橋台が洗掘される危険性が低い
- 右岸側に取付道路を新設するため、山側斜面の掘削が必要となるが、左岸側に比べ急峻でないため、切土・盛土量が少ない

等の理由から、この地点を架橋位置とする。この位置では、左岸側道路線形を確保するため、橋軸は河川軸に対して斜となるが、橋梁構造は直橋とする。

2) タンマチュー橋

架橋地点として、現橋に対して上流側と下流側を検討した。各箇所を検討内容は以下のとおりである。

a) 現橋に対して上流側

- 橋長が約 70m と比較的短くて済む
- 民地の占有（買収）が少なく済む
- 川の流れが直線的であり、安定している
- 取付道路の縦断勾配を現状のまま、大きく変える必要が無い
- 右岸下流の民家を取り壊さなくて済む

等の理由から、この地点を架橋位置とする。なお、現橋と新橋の橋軸の間隔は、以下の理由により 15m とするのが適当であると考える。

- 15m 以上とすると川幅が広がり、橋長が長くなる
- 15m 以下とすると、既存橋の基礎に近くなりすぎ、問題となる

b) 現橋に対して下流側

- 橋長は約 60m と更に短くなり、既存道路との取り付けも容易となるが、右岸側で民地の占有が広くなり、少なくとも工事中は、現橋右岸下流にある民家を移転しなくてはならない。その場合、2004年7月より適用される用地収用に関する法規により、現況民家は道路用地内となり、一旦移転すると元の場所には再建出来なくなるため、大きな問題が生じる。

等の理由から、架橋地点として不適であると判断した。

### 3) スンコシ橋

架橋地点としては、現橋より下流左岸側は洗掘され河幅が広く、下流右岸側は家屋立ち退きが生ずる恐れがあり、適当でない。したがって、架橋地点として、現橋より 300m 上流側と 100m 上流側の 2 箇所を検討した。

#### a) 現橋架橋位置から上流側に 300m 程度の位置

- アプローチ道路の高低差が、左右岸で 6m 以上あり、既設道路の切土及び盛土量が大きくなる。

等の理由から、架橋位置として不適であると判断した。

#### b) 現橋架橋位置から上流側に 100m 程度の位置

- 右岸側に民有地があるものの、「ブ」国側で架橋予定としている区域がある。その区域については家屋建設の差し止め処置が取られており、家屋の立ち退きといった問題は生じない。
- 左右岸の高低差がほとんどなく、右岸側アプローチ道路で数 m の盤下げが必要となるが、すり付けは十分可能である。

等の理由から、この地点を架橋位置とする。

## (2) 計画架橋部の河動測定

### 1) 計画架橋部の河道特性

#### ワクリタル橋

- 既設橋梁の架け替えは、直下流側に架橋する計画としている。架橋部の下流側は直線河道となっている。
- 既設橋梁の橋台は、新橋の防護という観点から、架け替え後も残しておくことが望ましい。
- 河床材料は礫で構成されており、架橋部近傍においては河床の洗掘、侵食現象は発生していない。現況河道を著しく狭めない限り、河床変動の問題は発生しないと判断される。

#### タンマチュー橋

- 既設橋梁の架け替えは、直上流側に架橋する計画としている。上流側は直線河道であり、数 100m 下流側は緩やかに右方向にカーブしている。
- 架橋部近傍においては河床の洗掘、侵食現象は発生していないが、既設橋梁の橋台は新橋架け替え後も残しておき、現況河道特性を変えないように配慮する必要がある。
- 現況河道を著しく狭めない限り、架橋後は河床の洗掘、侵食等の河床変動といった問題は発生しないと判断される。

## スンコシ橋

- 既設橋梁の架け替えは、約 100m 上流側に計画している。この橋梁上流部は直線河道である。
- 計画架橋部近傍においては河床の洗掘、侵食現象は発生していないが、架橋によって河道断面を狭めることは、河床の洗掘、侵食等の河床変動といった問題が発生することが予想され、注意を要する。
- 既設橋梁の橋台は新橋架け替え後も残しておき、現況河道特性を変えないように配慮する必要がある。

### (3) 橋梁形式の選定

#### 1) 橋梁形式の選定方針

##### a) 現地調査により、明らかとなった諸点

- 対象 3 橋梁の渡河地点における河川流速がかなり速く、また流量も多い。また、河川中央地点では水深が 4~5m 以上あり、いずれもかなり深くなっている。そのため、築堤等による河川切回しは困難である。
- 河床は、3 橋とも砂礫・ボルダー混じり層で構成されているため、締切鋼矢板壁の打設が困難である。
- スンコシ橋、タンマチュー橋は兩岸とも表面に岩が露出していないが、ワクリタル橋は兩岸に岩が露出している。

##### b) 現地調査結果を踏まえた橋梁形式の設定

- a)に示した河川条件から、中間橋脚の施工は困難であり、中間橋脚を設置した多径間案は採用できない。よって、3 橋とも単径間の橋梁とする。
- 3 橋は、橋長 70~95m の範囲であり、橋梁形式としては、鋼橋ではトラス、ランガー、ローゼ等のアーチ橋が、コンクリート橋ではアーチ橋が適合する。

##### c) 橋梁形式の選定手順

はじめに、3 橋を鋼橋とした場合、コンクリート橋とした場合のそれぞれについて、最適な形式を検討する。

つぎに、岩盤が露出しておりアーチ系橋梁に適したワクリタル橋で、鋼橋とコンクリート橋の比較検討を行い、その結果を踏まえて、スンコシ橋、タンマチュー橋の橋梁形式を検討する。

選定手順を図 3-2-2-2 のフローに示す。

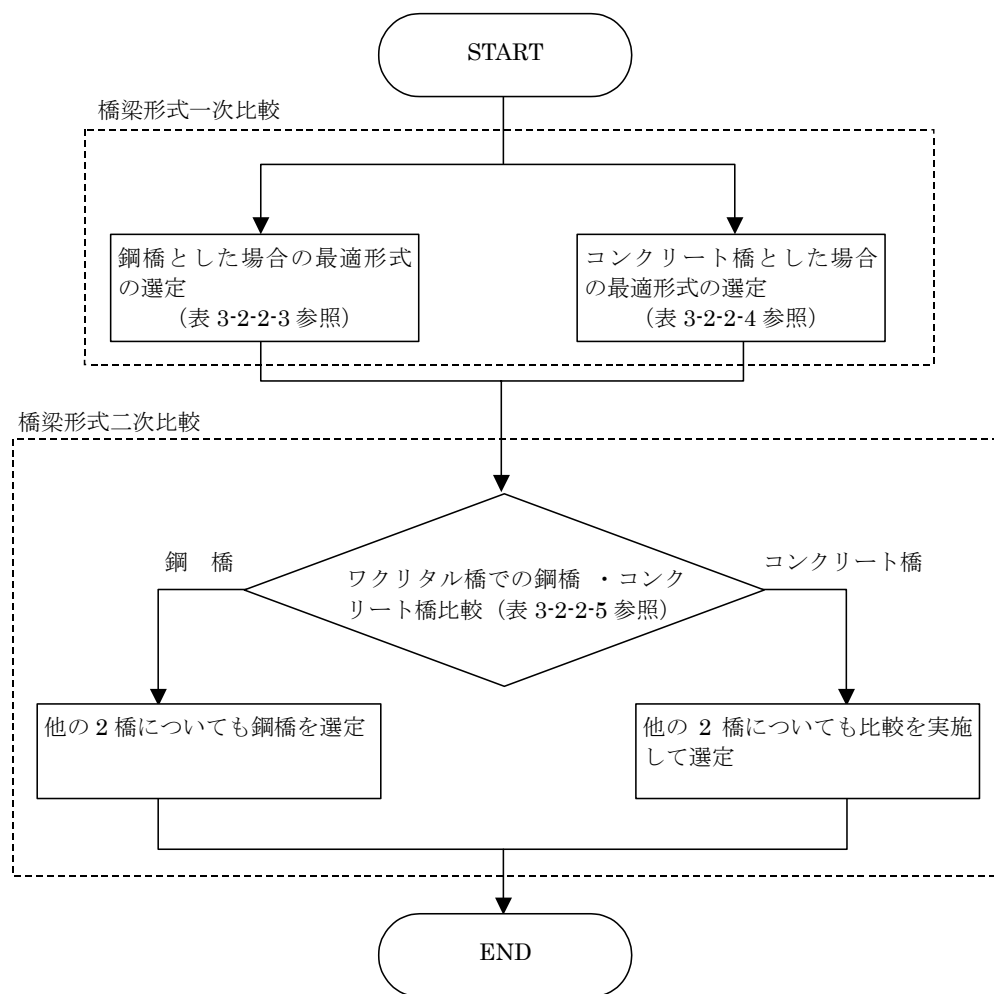


図 3-2-2-2 橋梁形式選定手順

## 2) 橋梁形式一次比較

### a) 鋼 橋

鋼製のトラス橋・アーチ橋とする場合には、上路式、中路式、下路式が考えられる。ただし、以下の理由により、下路式橋梁を選定する。

- 氷河湖決壊時の流量を考慮すれば、上路式、中路式では桁下空間が十分確保できず、アーチとして必要なライズを確保できない。同様にトラス橋として必要な構造高(12m 程度は必要)を確保できない。
- 50 年確率降雨強度による流量を考慮した場合は、上路式、中路式でもある程度の構造高を確保することは可能である。しかし、氷河湖決壊時の影響は、鋼橋では自重が軽く断面剛性がコンクリート橋と比較して小さいため、コンクリート橋以上に、ボルダーや流木の衝突で構造物に甚大な被害が生じる可能性が高い。

また、「ブ」国内の搬入路は、幅員が狭く、カーブが急であり、部材輸送を行うトレーラが制約されて、長尺物・重量物の輸送が困難な状況にあることにも留意する必要がある。

以上の点を考慮した鋼橋に関する一次比較表を表 3-2-2-3 に示す。同表より、以下のよう  
に判断した。

- ローゼ下路橋形式は、アーチリブが曲線部材となり、部材輸送が困難となるので不適である。
- トラス下路橋は、部材輸送の難点はないが、橋長が長いワクリタル橋、スンコシ橋への適用は難しい。

以上より、鋼橋の橋梁形式案は、以下のとおりとなる。

ワクリタル橋（橋長：86m） ⇒ ランガー下路橋

タンマチュー橋（橋長：70m） ⇒ トラス下路橋、もしくはランガー下路橋

スンコシ橋（橋長：95m） ⇒ ランガー下路橋

なお、タンマチュー橋の架設は、地形からケーブルエレクション工法となるが、トラス橋をこの工法で架設すると、施工精度の確保が困難である。よって、タンマチュー橋においてもランガー橋を選定する。

#### b) コンクリート橋

本調査で対象となる河川は、乾期においても河川の流が早く、流量が豊富である。そのため、河川内に支保工を設置することが非常に困難である。そこで、コンクリートアーチ橋の中でも、河川内支保工を必要としない「合成アーチ巻立て工法」（鋼箱パイプアーチをケーブルクレーンにより架設し、その鋼箱パイプアーチにコンクリートを巻立てる工法）による施工を考える。

以上の点を考慮したコンクリート橋に関する一次比較表を、表 3-2-2-4 に示す。比較表より、以下のよう  
に判断した。

- 上路橋では、上床版の施工を「合成アーチ巻立て工法」により施工するアーチリブを、仮橋として使用できる。一方、中路・下路の形式では、アーチリブの下にある路面スラブを施工するための支保工を別途設ける必要があり、本橋梁に関しては適用が難しい。
- アーチ橋では、アーチアクションにより下部工に強い水平力が作用するが、強固な支持地盤が確認されているワクリタル橋に関しては、適用性が高い。

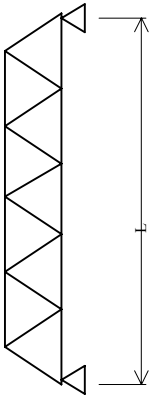
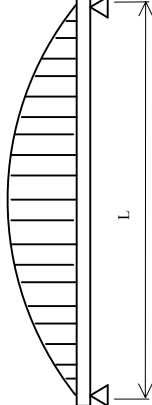
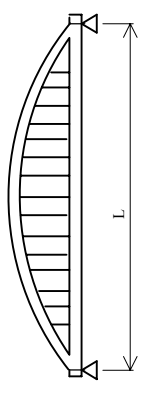
以上より、コンクリート橋の橋梁形式案は、以下のとおりとする。

ワクリタル橋（橋長：86m） ⇒ RC 上路橋

なお、より地盤の悪いタンマチュー橋、スンコシ橋については、図 3-2-2-2 のフロー図に示すように、二次比較でワクリタル橋が RC 下路となる場合にのみ、コンクリート橋の検討を行うものとした。

表 3-2-2-3 橋梁形式一次比較表 (鋼橋・支間長 70~95m)

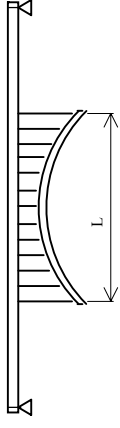
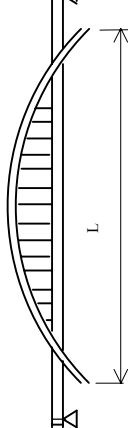
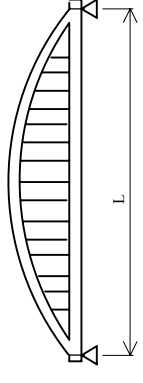
本計画対象地域に対する制約事項：「ブ」国内の搬入路は、幅員が狭く、カーブが急で、トレーラに制約があり、長尺物・重量物の輸送が困難である。

	概要図	構造特性	適用の妥当性	評価
トラス橋		<ul style="list-style-type: none"> <li>荷重を全て軸力に変換し、全ての部材で支持する形式。</li> <li>適用支間は、55~85m 程度である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部材も小割にでき運搬上、非常に有利となる。</li> <li>橋長 86m のワクリタル橋では、適用支間のほぼ上限であり、補剛アーチ橋に比べ、経済性に劣る。</li> </ul>	△ (○)*
ランガー下路橋		<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ部材は、軸力のみを負担する構造。</li> <li>アーチ部材はスレンダーな部材寸法となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>曲線となるアーチ部材断面がローゼ下路橋と比較し小さくでき、運搬で有利となる。</li> </ul>	◎
ローゼ下路橋		<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ部材と補剛材とで、軸力、曲げを負担する構造</li> <li>アーチ部材、補剛材共にほぼ同様の部材寸法となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ部材寸法が大きいため、必要以上に部材分割数を増やす必要があり不経済となる。</li> </ul>	△

※：橋長が最も短いタンマチュー橋に関する評価

表 3-2-2-4 橋梁形式一次比較表（コンクリート橋・支間長 70～95m）

本計画対象地域に対する制約事項：乾季においても河川の流れが早く流量が豊富であり、河川内に支保工を設置することが困難である。

	概要図	構造特性	適用の妥当性	評価
上路橋		<ul style="list-style-type: none"> <li>不静定構造であり、アーチ部に強い水平力が発生する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ部を合成桁とすることにより、スラブを施工する際の支保工を確保できる。</li> </ul>	△ (◎)*
中路橋		<ul style="list-style-type: none"> <li>不静定構造であり、アーチ部に強い水平力が発生する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ下のスラブを施工するための支保工を別途設ける必要がある。本現場では、中間に支保工を設置するのが非常に困難であり、不適当である。</li> </ul>	△
下路橋		<ul style="list-style-type: none"> <li>静定構造であり、通常の桁橋と同様である。</li> <li>コンクリート橋の静定構造物であるため、橋台に大きな鉛直力が作用する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーチ下のスラブを施工するための支保工を別途設ける必要がある。本現場では、中間に支保工を設置するのが非常に困難であり、不適当である。</li> </ul>	△

※：アーチの強い水平力を支持できる強固な岩盤を確認できるワクリタル橋に関する評価

### 3) 橋梁形式二次比較

表 3-2-2-5 に、ワクリタル橋の橋梁形式二次比較表を示す。二次比較表より、両者の工費や工期には大きな差がないことがわかる。しかし、コンクリートアーチ橋では、橋体の一部が氷河湖決壊時の河川断面を侵してしまい、氷河湖決壊時のボルダー・流木の衝突による上部工の損傷が懸念される。

以上より、ワクリタル橋の橋梁形式としては、鋼ランガー橋が適切である。

なお、タンマチュー橋・スンコシ橋は、両橋梁とも支持地盤が岩盤ではなく砂礫層であり、コンクリートアーチ橋にすると、アーチ効果からくる水平力を支持して水平変位を抑えるために、アーチ基礎がワクリタル橋の場合と比較して非常に大きくなる。そのため、この 2 橋についてはコンクリートアーチ橋の建設費が鋼ランガー橋の建設費に比べて大きくなると考えられる。よって、図 3-2-2-2 のフローに示したように、ワクリタル橋に鋼ランガー橋を採用したことを受けて、タンマチュー橋・スンコシ橋の 2 橋についても鋼ランガー橋を採用するものとした。

### (3) 橋梁上部工計画

以上の検討の結果、本調査で採用した橋長、支間長、幅員及び上部構造形式を表 3-2-2-6 に示す。

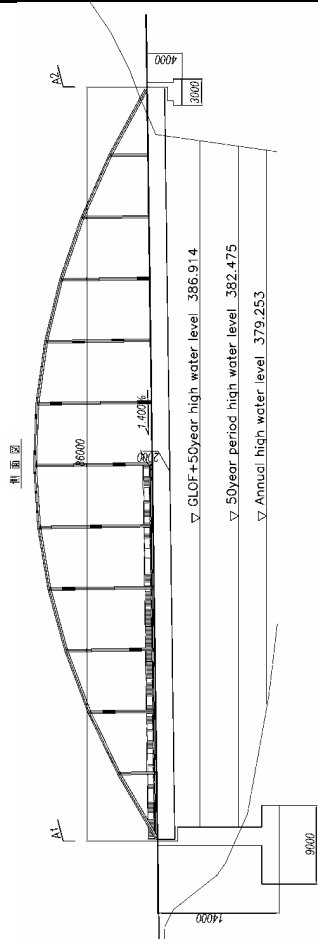
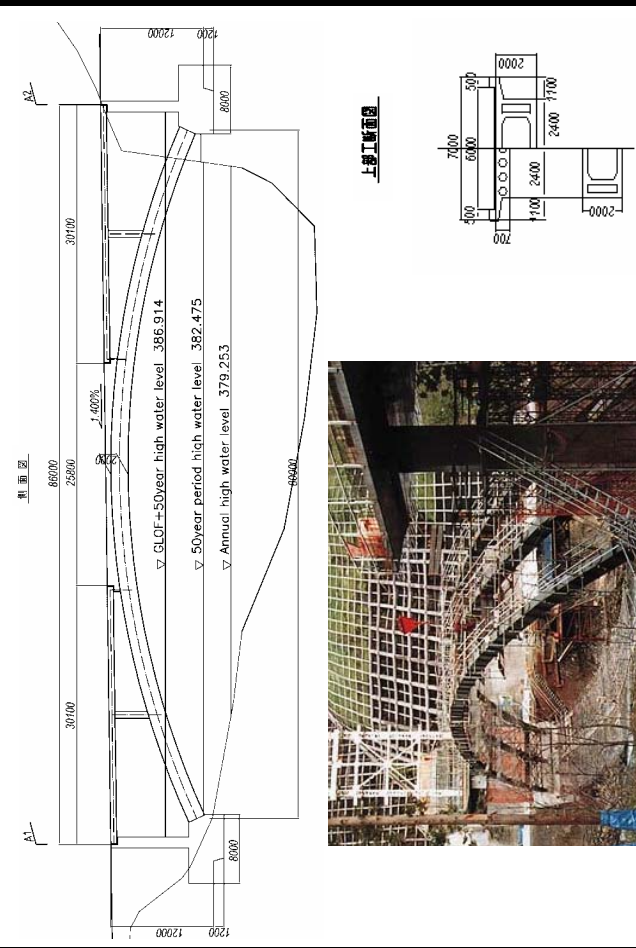
表 3-2-2-6 上部構造形式一覧表

橋梁名	橋長 [m]	支間長 [m]	有効幅員 [m]	構造形式
ワクリタル橋	86.0	84.6	6.0	鋼ランガー
タンマチュー橋	70.0	68.6	5.5	鋼ランガー
スンコシ橋	95.2	93.8	5.5	鋼ランガー

なお、架設後の維持管理を容易にするため、使用鋼材は耐候性鋼材とする。また、架橋地点までの輸送条件及び架設工法を考慮して、最大部材長を 8m とするなど、上限の部材長・部材断面及び部材重量を決める。



表3-2-2-5 橋梁形式二次比較表

	<p style="text-align: center;"><b>下路式鋼ランガ一橋</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>模式図</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>上路式コンクリートアーチ橋(合成アーチ巻き立て工法による)</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>上部工断面図</b></p>
<p><b>構造概要</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋長86mの下路式鋼ランガ一橋</li> <li>アーチライズ:13.5m、ライズ比:1/6.4</li> <li>アーチリブ:箱断面、補剛桁:断面、吊材:H断面、床組・横構:断面</li> <li>床版:RC床版</li> <li>下部工:逆T橋台、基礎工:直接基礎(支持地盤は、岩)</li> <li>HWLからのクリアランスは、10m、桁下余裕は、1.5m程度確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋長86mの上路式コンクリートアーチ橋(合成アーチ巻き立て工法による)</li> <li>アーチライズ:9m、ライズ比:1/9.6</li> <li>上床版は、PC中空床版構造でアーチクラウン部でアーチリブと剛結構造とする。</li> <li>鉛直材は、メナゼヒンジを用いたピン構造で、アーチリブと上床版部に接合する。</li> <li>下部工:逆T橋台、基礎工:直接基礎(支持地盤は、岩)</li> <li>HWLからのクリアランスは、10m</li> <li>必要なアーチライズを確保するため、道路縦断を1m程度高くする必要がある。</li> <li>ケーブルクレーンで両岸から鋼箱パイプアーチを組み立てる。その後、鋼箱パイプにコンクリート充填。アーチ巻き立てに特殊移動作業車使用。</li> <li>ケーブルクレーンで両岸から鋼箱パイプアーチを組み立てる。その後、鋼箱パイプにコンクリート充填。</li> <li>RC構造であるため、メンテナンスフリーである。</li> <li>ただし、定期的点検は必要である。</li> <li>現場打ちのため、材料の品質管理、打設労働者の習熟度、天候等諸要素に影響されるので、技術者に細心の配慮が要求される。</li> <li>曲線がよく山間に合いモニュメントになる。</li> <li>水河湖決壊に対し、河川断面内にアーチリブの下部が入るため、ボルダー一流木の衝突による上部工の破壊が懸念される。</li> <li>水河湖決壊による流量増加で最も厳しい条件</li> </ul>
<p><b>施工概要</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>送り出し工法でも施工が可能である。</li> <li>ワクリタル橋では、ケーブルクレーン工法についても検討中。</li> <li>耐候性鋼材では、メンテナンスフリーである。ただし、定期的点検は必要となる。</li> <li>一般鋼材を用いた場合は、5年に1回程度、再塗装を行う必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場製作のため、信頼できるが、輸送・ヤードでの取り扱いには細心の注意を要する。</li> <li>曲線がよく山間に合いモニュメントになる。</li> <li>水河湖決壊に対し、橋台以外河川断面内に無く、安全な形式である。</li> </ul>
<p><b>災害予想</b></p>	<p>水河湖決壊は、その発生時期・規模予測は困難であるが、近年の温暖化を考慮すると、発生する可能性を否定できない。水河湖決壊による流量増加で最も厳しい条件(GLOF+50yearHWL)を考慮すると、河川断面内の構造物が被害を受けることは十分考えられる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水河湖決壊に対し、河川断面内にアーチリブの下部が入るため、ボルダー一流木の衝突による上部工の破壊が懸念される。</li> <li>水河湖決壊による流量増加で最も厳しい条件</li> </ul>
<p><b>工費及び工期</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>直接工費:(1,00)</li> <li>工期⇒上部工:7ヶ月、下部工:7ヶ月</li> <li>工期を考慮した総事業費:(1,485)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>直接工費:(0,97)</li> <li>工期⇒上部工:10ヶ月、下部工:7ヶ月</li> <li>工期を考慮した総事業費:(1,494)</li> </ul>
<p><b>評価</b></p>	<p style="text-align: center;">◎</p>	<p style="text-align: center;">○</p>

(4) 護岸工計画

橋台基礎を保護するための護岸工は、橋台基礎が HWL 以下で、かつ基礎土質が岩盤でない場所に対して、ふとん籠による護岸を行う。基礎土質が岩盤である場合は、ウィングを岩盤に根入れさせることで対応する。各橋台の護岸工形式について、表 3-2-2-7 に示す。

表 3-2-2-7 護岸工形式

橋梁名	橋台 No.	護岸工形式	備考
ワクリタル橋	A1	ウィング岩着	支持地盤が岩による
	A2	なし	橋台基礎が HWL 以上による
タンマチュー橋	A1	なし	橋台基礎が HWL 以上による
	A2	ふとん籠	支持地盤が礫層による
スンコシ橋	A1	ふとん籠	支持地盤が礫層による
	A2	ふとん籠	支持地盤が礫層による

(5) 取付道路計画

本計画では、取付道路の整備は「ブ」国負担事項となっている。ただし、橋梁建設後、「ブ」国により「完成形」の取付道路が整備されるまでの間は、日本側が整備した「暫定形」の取付道路（工事用として使用した道路）を利用して交通を確保するため、本調査においては、「ブ」国整備の「完成形」と日本側整備の「暫定形」の 2 種類について設計を行う。

「完成形」と「暫定形」の取付道路設計結果を表 3-2-2-8、表 3-2-2-9 に整理する。

表 3-2-2-8 道路設計成果一覧（完成形）

	ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
平面線形	R= ∞ ⇒ R=15m ⇒ R= ∞ ⇒ R=40m⇒R=∞	R= ∞ ⇒ R=15m ⇒ R= ∞ ⇒ R=15m⇒R=∞	R= ∞ ⇒ R=15m ⇒ R= ∞ ⇒ R=15m⇒R=∞⇒R=50m
縦断線形	8.0%⇒3.0%⇒LEVEL ⇒8.0%⇒15.0%	0.311%⇒5.0%⇒8.0%	5.15%⇒0.5%⇒0.5% ⇒3.3%⇒8.0%
有効幅員	6.0m	6.0m	6.0m
舗装	アスファルト舗装	アスファルト舗装	アスファルト舗装
取付道路延長 (起点側)	43.0m	81.3m	96.4m
(終点側)	101m	58.7m	141.4m

表 3-2-2-9 道路設計成果一覧 (暫定形)

	ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
平面線形	R=15m⇒R=∞⇒R=20m⇒R=∞⇒R=15m	R=15m⇒R=∞⇒R=15m	R=∞⇒R=15m⇒R=∞⇒R=15m⇒R=∞
縦断線形	3.0%⇒LEVEL⇒13.0%	2.08%⇒1.5%⇒14.5%	9.823%⇒0.5%⇒0.5% ⇒0.8%
有効幅員	6.0m(起点側) 4.0m(終点側)	6.0m	6.0m(起点側) 4.0m(終点側)
舗装	碎石による簡易舗装	碎石による簡易舗装	碎石による簡易舗装
取付道路延長 (起点側)	22.97m	26.3m	96.4m
(終点側)	59.65m	29.3m	141.4m

(6) 設計結果一覧

本計画での対象3橋梁について、その計画規模、形式等(取付道路延長を含む)を表3-2-2-10に設計結果一覧として示す。

表 3-2-2-10 設計結果一覧

	ワクリタル橋	タンマチュー橋	スンコシ橋
橋梁平面線形	R=∞	R=∞	R=∞
縦断線形	3.0%	1.5%	0.5% 0.5%
橋長	86.0m	70.0m	95.2m
有効幅員	6.0m	5.5m	5.5m
上部工形式	鋼ランガー橋	鋼ランガー橋	鋼ランガー橋
下部工形式	逆T式橋台 (段差フーチング)	逆T式橋台	逆T式橋台
橋台高 A1	15.0m	8.0m	15.0m
A2	4.0m	10.5m	15.0m
取付道路延長(起点側)	43.0m	81.3m	96.4m
(終点側)	101.0m	58.7m	141.4m

3-2-3 基本設計図

基本設計図として、ワクリタル橋・タンマチュー橋・スンコシ橋の順に

- 橋梁一般図
- 道路平面図
- 道路縦断図
- 道路横断図

を以下に示す。また、「ブ」国負担事項である取付道路完成形の図面を、「(4) 参考図面」(p3-39以降)に示す。