

ブータン国  
インフラ・運輸省 陸上運輸局

ブータン国  
モンガル県における主要国道一号線  
橋梁架け替え計画準備調査

準備調査報告書  
(先行公開版)

2024年4月

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル

社基
JR(P)
24-049

ブータン国  
インフラ・運輸省 陸上運輸局

ブータン国  
モンガル県における主要国道一号線  
橋梁架け替え計画準備調査

準備調査報告書  
(先行公開版)

2024年4月

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル

# 序 文

独立行政法人国際協力機構は、ブータン国のモンガル県における主要国道一号線橋梁架け替え計画準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバルに委託しました。

調査団は、令和5年1月から令和6年4月までブータン国の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踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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。

令和6年4月

独立行政法人国際協力機構  
社会基盤部  
部長 田中 啓生

## 要 約

### (1) 国の概要

ブータン国（以下、「ブ」国）は国土（面積 38,394km<sup>2</sup>：九州の約 9 割）の大部分が険しい山岳地帯である。インドと中国と国境を接しており、ヒマラヤ山脈南麓に位置し、国土の標高差が南部の 100m から北部の 7,561m にわたっている。

主要産業は農業、林業、電力（水力発電）、観光等である。GDP 成長率は 2000 年から 2019 年の 20 年間で年平均 10.1% と堅調に推移していた。その後 2020 年初頭に発生した COVID-19 の影響により 2020 年の経済成長率は -10.2% と大きく低下してしまうが、2021 年には 4.4% にまで回復している。名目 GDP は、2021 年において 27.7 億米ドルであり、一人当たり GDP は、3,560 米ドルとなっている。

主要輸出品目はシリコン、電力、石類セメント等、主要輸入品目は軽油、石炭、ガソリン、米等である。2022 年の総貿易額は、輸出が約 569 億ニュルタム対して輸入が約 619 億ニュルタムとなっており、約 50 億ニュルタムの貿易赤字となっている。

### (2) プロジェクトの背景、経緯及び概要

「ブ」国は国土の大部分が険しい山岳地帯であり、道路交通が最も重要な交通・輸送手段である。「ブ」国の主要幹線道路ネットワークは、国土を東西に横断する国道一号線と、同路線を起点として、インド国境まで南下する 3 本の国道および 1 本のアジアハイウェイの計 4 路線のみである。さらに、地形及び財政面の制約のため、上記道路に分断が発生した際の代替ルートはほとんど整備されていないことから、平時の物資・旅客の輸送、及び傷病者等の救急搬送において、これらの道路ネットワークが人々の生活基盤を支えている。

特に東部地域においては、代替幹線道路が存在しない脆弱な道路ネットワークであることから、国道一号線は域内及び隣接地域における旅客・物流を支える極めて重要なライフラインとなっている。しかし、同路線上の橋梁は老朽化による安全性の低下、土石流による落橋、現行設計基準への不適合等の問題があり、安定的で強固なコネクティビティの確保が喫緊の課題となっている。

本事業の実施機関となるインフラ・運輸省は、2006 年に道路セクターマスタープラン（RSMP）を策定し、2027 年までの 20 年間に国道及び県道等の拡張・改修整備及び橋梁の補修・架け替え等の実施を掲げ、既存幹線道路等の強靱化を進めており、2007 年 4 月から 2021 年 6 月までの間に 1,451 橋の橋梁建設を完了する等、着実に整備を進めている。

このような背景の下、「ブ」国政府は、東部地域に位置する国道一号線上の橋梁補修・架け替えについて、我が国に無償資金協力による支援を要請した。

### (3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

当初、「ブ」国側の要請は 5 橋（ナムリン橋、パクダン橋、ダーダリ橋、リビダン橋、ローリン橋）の架け替えであったが、我が国の事業費予算の制約により、現地調査を踏まえた橋梁の優先順位付けを行った上で 2 橋を架け替え対象とすることとし、ナムリン橋、ダーダリ橋が選定された。一方、選定されなかったパクダン橋、リビダン橋、ローリン橋は、当面の安全な交通を確保するために必要な対応を検討した。以下に協力対象事業の概要を示す。

橋梁名称 (橋梁形式)	概要
ナムリン橋 (鋼単純トラス橋)	橋長：44.0m
	幅員：車線：3.75mx2
	取付道路：アスファルト舗装 (327.7m)
	付属施設、その他：一式
ダーダリ橋 (PC 単純箱桁橋)	橋長：34.5m
	幅員：車線：3.75mx2
	取付道路：アスファルト舗装 (359.1m)
	付属施設、その他：一式

出典：JICA 調査団

#### (4) プロジェクトの工期

プロジェクトの工期は、詳細設計・入札に13ヶ月、建設工事に31ヶ月の合計44ヶ月を予定している。

#### (5) プロジェクトの評価

##### 1) 妥当性

##### ● 「ブ」国の上位計画との整合性

JICA が策定支援を行った全国総合開発計画 (CNDP 2030) では、包括的かつ長期的なビジョンとして「ブータンの国家としてのアイデンティティ」を掲げ、達成されるべき8項目の開発目的及び2030年までに達成すべき目標を示している。道路セクターに関連する開発目的は、「総合的コミュニケーションによるネットワーク社会」とされており、東部地域と西部地域の移動時間の改善を目標としている。また、陸上交通の最優先プロジェクトとして「東西道路 (国道一号線) の整備」が挙げられており、本プロジェクトにおいて対象橋梁が架け替えられることは、上記の「ブ」国の上位計画にも合致しており、プロジェクト実施の妥当性は高いと判断される。

##### ● 道路ネットワークにおける国道一号線の重要性

「ブ」国内の道路ネットワークは、アジアハイウェイ (AH) および主要国道網5路線を中心に構成されている。しかし、国内を東西方向に横断する道路は現在国道一号線のみであり、また標高3,000m超の峠が5ヶ所以上存在し、雨季や冬季には頻繁に通行止めが生じる。通行止めになった場合は、インド国経由の迂回ルートに頼らざるを得ないため、「ブ」国における東西の主要幹線道路としての国道一号線の重要度は極めて高い。国道一号線の代替ルートとして南部東西回廊が計画され、現在、区間毎に分割して建設が進められているものの、資金不足や国立公園内の環境申請の問題等のため、現時点では南東部における一部の区間のみが建設されている状況であり、国内最重要路線としての国道一号線の位置付けは今後も変わらないものと想定される。

##### ● 技術的難易性の克服

本対象橋梁は厳しい地形の山岳道路区間に位置し、以下のような技術的難易性の高い作業が想定される。

☆ 「ブ」国技術水準では対処が困難な鋼トラス橋や径間長30mを超えるPC橋の設計・施工

- ◇ 地形の制約条件により限られた施工スペース内における安全な作業の実施
- ◇ 既設橋（鋼橋）の安全な解体・撤去作業
- ◇ 法枠工・アンカーボルトを用いた法面対策工の実施
- ◇ 工事用車両と一般車両の錯綜を回避するための、交通安全計画の策定

以上を鑑みると、「ブ」国の現有技術力では、対象橋梁の架け替え工事の実施は非常に困難であり、無償資金協力事業にて実施する妥当性は、非常に高いと判断する。

## 2) 有効性

本事業により期待される定量的な効果を以下に示す。

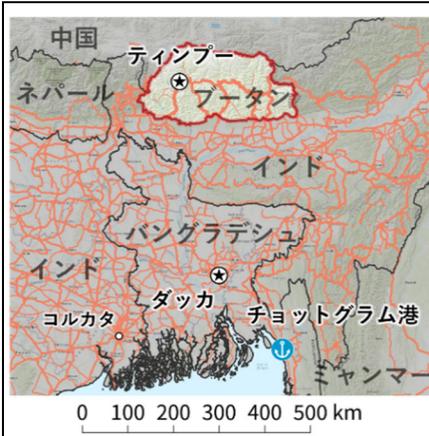
指標名	基準値 (2023年)	目標値 (2031年：事業完成3年後)
橋梁の落橋による通行不能日数	ナムリン橋：14日（2002年,2016年） ダーダリ橋：14日（2004年）	ナムリン橋：0日 ナムリン橋：0日
橋梁取付道路区間の斜面災害による年間通行不能日数	約3日/年（2018年～2022年）	0日/年
交通量	ナムリン橋：15,435台/年 ダーダリ橋：19,800台/年	ナムリン橋：25,180台/年 ダーダリ橋：32,797台/年
旅客量	ナムリン橋：62,258人/年 ダーダリ橋：68,230人/年	ナムリン橋：110,923人/年 ダーダリ橋：120,832人/年
落橋時の移動所要時間 (タシガン～モンガル間)	約12時間 (タシガンからブータン南部に迂回して モンガルへ向かうルート)	約2.5時間（落橋なし）
落橋時の移動所要時間 (タシガン～ティンブー間)	約21時間 (タシガンからブータン南部に迂回して ティンブーへ向かうルート)	約15時間（落橋なし）
落橋によって生じる経済損失の 回避額 [円/回]	0	約38,251千円

出典：JICA 調査団

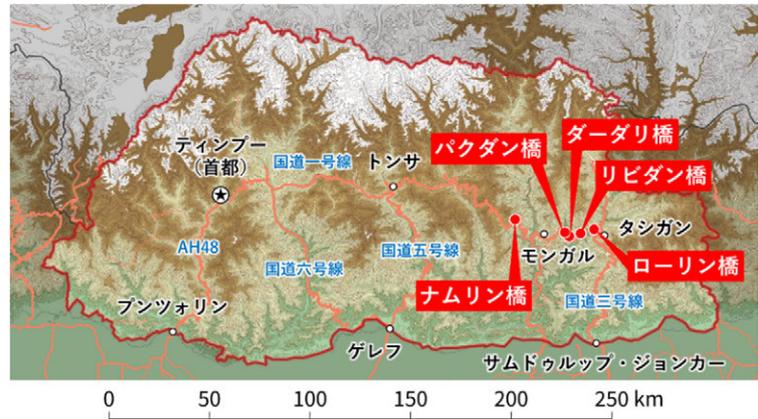
本事業により期待される定性的な効果を以下に示す。

● 橋梁の安全性の向上：	橋梁架け替えにより老朽化、幅員不足、耐荷力不足等の問題が改善され、車両走行における安全性が向上する。
● 医療へのアクセス強化 および人の移動や物流 の促進と円滑化：	「ブ」国東部の経済を支える国道一号線が抱える通行のボトルネックが解消され、安定した貨物輸送や救急医療の際の患者搬送が確保されることで、物流の促進および国民の日常生活における安全性向上に寄与する。
● 自然災害による被災 リスクの軽減：	対象橋梁は過去に土砂災害により落橋した経緯があり、毎年雨期中には道路封鎖を伴う土砂災害が懸念され、円滑な交通の妨げとなっている。新橋の架橋位置が現橋の下流側に移り、対土石流のクリアランスを確保することにより、土砂災害による通行止めのリスクを低減することができ、道路利用者の安全性向上にもつながる。

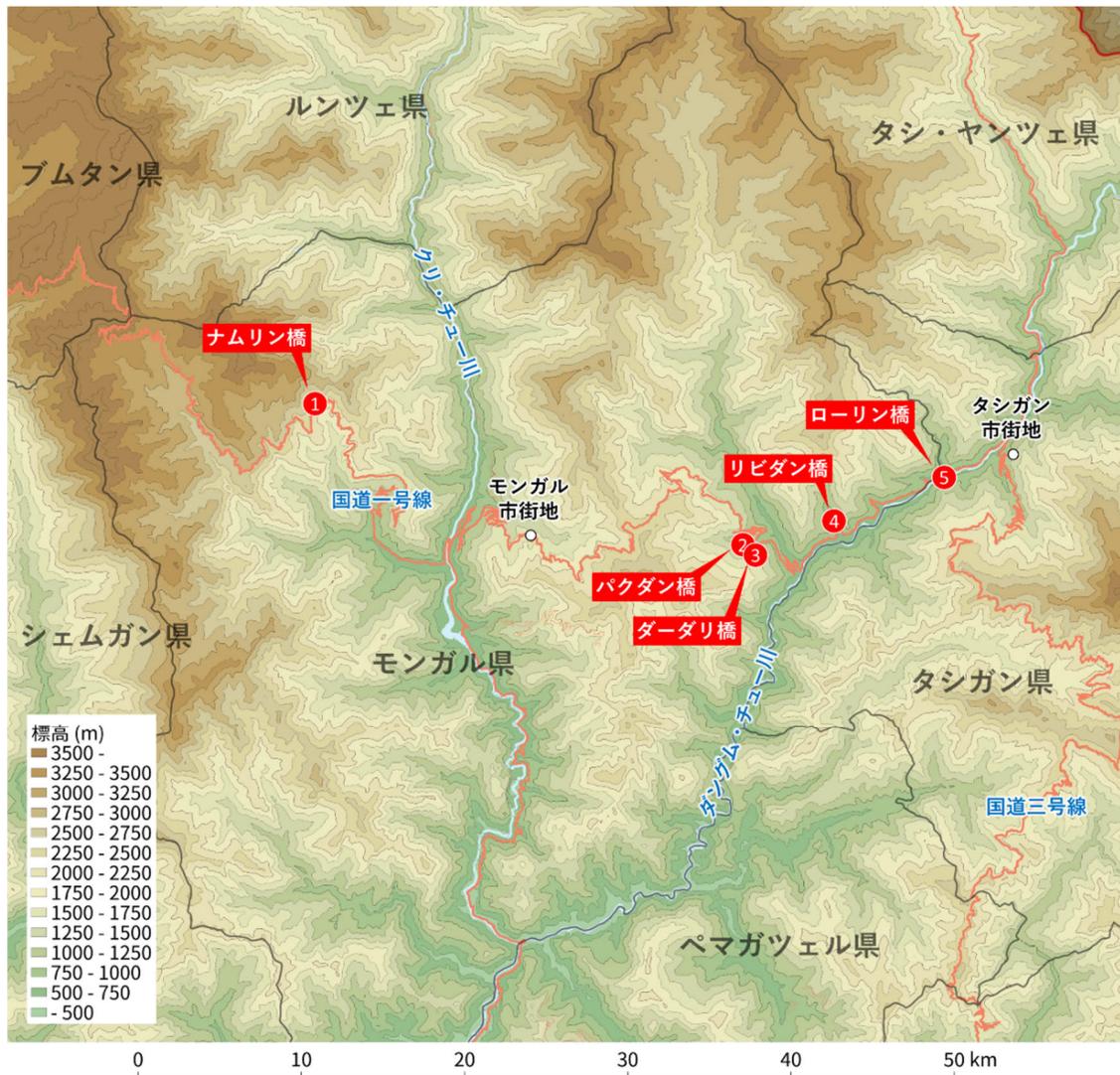
## 調査位置図



広域地図



全域地図



調査対象地 拡大図

## 完成予想図



ナムリン橋



ダーダリ橋

# モンガル県国道一号線 橋梁架け替え計画準備調査

## 報告書

要約  
調査位置図  
完成予想図  
目次  
図リスト  
表リスト  
略語表

## 目 次

	ページ
1. 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 .....	1-3
1.1.3 社会経済状況.....	1-4
1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要 .....	1-5
1.2.1 無償資金協力の背景・経緯 .....	1-5
1.2.2 無償資金協力の概要 .....	1-5
1.3 我が国の援助動向.....	1-6
1.3.1 概要 .....	1-6
1.3.2 運輸セクターに対する我が国及び JICA の協力方針等と本事業の位置づ け.....	1-7
1.4 他ドナーの援助動向 .....	1-8
1.4.1 インド政府（GOI） .....	1-8
1.4.2 アジア開発銀行（ADB） .....	1-10
1.4.3 世界銀行（WB） .....	1-10
2. 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.....	2-1

2.1.3	技術水準 .....	2-2
2.1.4	既存施設・機材 .....	2-2
2.2	プロジェクトサイト及び周辺の状況 .....	2-2
2.2.1	関連インフラの整備状況 .....	2-3
2.2.2	対象サイトの現状 .....	2-3
2.2.3	自然条件 .....	2-13
2.2.4	橋梁状況調査 .....	2-71
2.2.5	交通調査、交通需要予測 .....	2-99
2.2.6	社会状況調査 .....	2-107
2.2.7	環境社会配慮 .....	2-118
3.	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	プロジェクトの目的 .....	3-1
3.1.2	「ブ」国側の要請内容 .....	3-1
3.2	適用基準 .....	3-2
3.2.1	道路設計基準 .....	3-2
3.2.2	道路規格 .....	3-2
3.2.3	設計速度の緩和 .....	3-3
3.2.4	線形条件 .....	3-3
3.2.5	橋梁設計基準 .....	3-4
3.2.6	橋梁幅員 .....	3-5
3.2.7	荷重条件 .....	3-6
3.2.8	使用材料 .....	3-13
3.3	協力対象橋梁の選定 .....	3-14
3.3.1	橋梁の順位付け .....	3-14
3.3.2	概略事業費の算出及び協力対象橋梁の選定 .....	3-17
3.4	協力対象事業の概略設計 .....	3-52
3.4.1	設計方針 .....	3-52
3.4.2	基本計画 .....	3-58
3.4.3	概略設計図 .....	3-73
3.4.4	施工計画／調達計画 .....	3-73
3.4.5	安全対策計画 .....	3-89
3.5	相手国側分担事業の概要 .....	3-89
3.5.1	相手国負担事項 .....	3-89
3.5.2	相手国負担経費 .....	3-90
3.6	プロジェクトの運営・維持管理計画 .....	3-91
3.6.1	運営・維持管理体制 .....	3-91
3.6.2	維持管理方法 .....	3-91
3.7	プロジェクトの概略事業費 .....	3-92

3.7.1	協力対象事業の概略事業費 .....	3-92
3.7.2	運営・維持管理費 .....	3-93
4.	プロジェクトの評価 .....	4-1
4.1	事業実施のための前提条件 .....	4-1
4.2	プロジェクト全体計画達成に必要な相手方投入（負担）事項 .....	4-1
4.3	外部条件 .....	4-1
4.4	プロジェクトの評価 .....	4-1
4.4.1	妥当性 .....	4-1
4.4.2	有効性 .....	4-2
5.	協力対象外橋梁の補修・補強対策案検討 .....	5-1
5.1	補修・補強対策案検討方針 .....	5-1
5.2	各橋梁の補修・補強対策案検討 .....	5-1
5.2.1	パクダン橋 .....	5-1
5.2.2	リビダン橋 .....	5-5
5.2.3	ローリン橋 .....	5-7

[資料]

- 資料 1. 調査団員・氏名
- 資料 2. 調査工程
- 資料 3. 相手国関係者リスト
- 資料 4. 討議議事録
- 資料 5. 概略設計図

## 図リスト

ページ

図 1.1.1	「ブ」国の主要国道網.....	1-2
図 1.1.2	陸上運輸局（DoST）による道路拡幅工事（PNH-1）.....	1-2
図 1.2.1	プロジェクト位置図.....	1-6
図 1.4.1	WBによる「ブ」国に対するコミットメント額の推移（単位：百万ドル）...1-11	
図 2.1.1	DoST 組織図.....	2-1
図 2.2.1	主要国道（PNH）の幅員構成.....	2-3
図 2.2.2	ナムリン橋の周辺状況.....	2-4
図 2.2.3	パクダン橋、ダーダリ橋の周辺状況.....	2-5
図 2.2.4	リビダン橋の周辺状況.....	2-6
図 2.2.5	ローリン橋の周辺状況.....	2-6
図 2.2.6	「ブ」国国内気象観測所の対象流域付近のティーセン分割図.....	2-13
図 2.2.7	月間平均気温（2013-2022）.....	2-14
図 2.2.8	月間相対湿度（2013-2022）.....	2-15
図 2.2.9	3 観測所の月間平均降水量（-2022）.....	2-15
図 2.2.10	月間平均風速（2013-2022）.....	2-16
図 2.2.11	3 観測所の年間降水量の変化（-2022）.....	2-17
図 2.2.12	Autsho 観測所の日雨量（2005-2022、ナムリン橋）.....	2-17
図 2.2.13	Mongar 観測所の日雨量（1996-2022、パクダン橋とダーダリ橋）.....	2-18
図 2.2.14	Kanglung 観測所の日雨量（1996-2022、リビダン橋とローリン橋）.....	2-18
図 2.2.15	Autsho 観測所の IDF カーブ（ナムリン橋）.....	2-22
図 2.2.16	Mongar 観測所の IDF カーブ（パクダン橋とダーダリ橋）.....	2-22
図 2.2.17	Kanglung 観測所の IDF カーブ（リビダン橋とローリン橋）.....	2-23
図 2.2.18	Manas 川流域図と対象橋梁位置.....	2-24
図 2.2.19	収集した水文観測所の位置.....	2-24
図 2.2.20	4 観測所の月間平均流出量（-2022）.....	2-25
図 2.2.21	各観測所の流況曲線（-2022）.....	2-26
図 2.2.22	対象流域図.....	2-27
図 2.2.23	各橋梁の測量範囲下流点から最上流点までの河川縦断図.....	2-28
図 2.2.24	計画ハイトグラフ（100 年確率洪水、3 観測所）.....	2-29
図 2.2.25	HEC-HMS の流出モデル（パクダン、ダーダリ流域のみ）.....	2-30
図 2.2.26	各橋梁位置での 100 年確率洪水のハイドログラフ（時間流量曲線）.....	2-31
図 2.2.27	ナムリン橋の流速分布図（1 次元非定常流解析、100 年確率洪水）.....	2-32
図 2.2.28	ダーダリ橋の流速分布図（1 次元非定常流解析、100 年確率洪水）.....	2-32
図 2.2.29	渓床勾配による土砂移動形態の目安.....	2-34
図 2.2.30	流路沿いの異なるタイプの土砂移動のスキーム.....	2-35
図 2.2.31	渓床勾配からのリスク判定（ナムリン流域）.....	2-35
図 2.2.32	渓床勾配からのリスク判定（パクダンおよびダーダリ流域）.....	2-36
図 2.2.33	渓床勾配からのリスク判定（リビダン流域）.....	2-37

図 2.2.34	溪床勾配からのリスク判定（ローリン流域）	2-37
図 2.2.35	各流域内の斜面の傾斜分布図（1度毎の面積割合,%）	2-38
図 2.2.36	ベンチマーク位置（ナムリン橋）	2-41
図 2.2.37	ベンチマーク位置（パクダン橋）	2-42
図 2.2.38	ベンチマーク位置（ダーダリ橋）	2-43
図 2.2.39	ベンチマーク位置（リビダン橋）	2-44
図 2.2.40	ベンチマーク位置（ローリン橋）	2-45
図 2.2.41	測量成果の一部（ナムリン橋）	2-46
図 2.2.42	測量成果の一部（パクダン橋）	2-46
図 2.2.43	測量成果の一部（ダーダリ橋）	2-47
図 2.2.44	測量成果の一部（リビダン橋）	2-47
図 2.2.45	測量成果の一部（ローリン橋）	2-48
図 2.2.46	「ブ」国地質図	2-49
図 2.2.47	ナムリン橋右岸側の状況写真	2-50
図 2.2.48	ナムリン橋左岸側の状況写真	2-50
図 2.2.49	ボーリング位置（ナムリン橋）	2-51
図 2.2.50	ボーリング柱状図（ナムリン右岸側 BH-No.1）	2-52
図 2.2.51	ボーリング柱状図（ナムリン右岸側 BH-No.2）	2-52
図 2.2.52	ボーリング柱状図（ナムリン左岸側 BH-No.3）	2-53
図 2.2.53	ボーリング柱状図（ナムリン左岸側 BH-No.4）	2-53
図 2.2.54	岩級区分の概念	2-54
図 2.2.55	沈下量 S と載荷圧力 P の関係図（ナムリン橋右岸）	2-55
図 2.2.56	沈下量 S と載荷圧力 P の関係図（ナムリン橋左岸）	2-56
図 2.2.57	弾性波探査の試験位置（ナムリン橋右岸斜面）	2-56
図 2.2.58	P 波速度分布図（ナムリン橋右岸斜面）	2-57
図 2.2.59	弾性波速度、RQD、露頭観察による岩質区分（花崗岩）	2-57
図 2.2.60	弾性波探査の試験位置（ナムリン橋左岸斜面）	2-58
図 2.2.61	P 波速度分布図（ナムリン橋左岸斜面）	2-58
図 2.2.62	ダーダリ橋右岸側の状況写真	2-60
図 2.2.63	ダーダリ橋左岸側の状況写真	2-60
図 2.2.64	ボーリング位置（ダーダリ橋）	2-61
図 2.2.65	ボーリング柱状図（ダーダリ右岸側 BH-No.1）	2-62
図 2.2.66	ボーリング柱状図（ダーダリ右岸側 BH-No.2）	2-62
図 2.2.67	ボーリング柱状図（ダーダリ左岸側 BH-No.3）	2-63
図 2.2.68	ボーリング柱状図（ダーダリ左岸側 BH-No.4）	2-63
図 2.2.69	沈下量 S と載荷圧力 P の関係図（ダーダリ右岸）	2-65
図 2.2.70	沈下量 S と載荷圧力 P の関係図（ダーダリ左岸）	2-66
図 2.2.71	弾性波探査の試験位置（ダーダリ橋右岸斜面）	2-66
図 2.2.72	P 波速度分布図（ダーダリ橋右岸斜面）	2-67
図 2.2.73	弾性波探査の試験位置（ダーダリ橋左岸斜面）	2-67
図 2.2.74	P 波速度分布図（ダーダリ橋左岸斜面）	2-68
図 2.2.75	アスファルト舗装の構造	2-69
図 2.2.76	評価基準（1/2）	2-72

図 2.2.77	評価基準 (2/2)	2-73
図 2.2.78	橋梁点検状況	2-73
図 2.2.79	ナムリン橋周辺の道路線形	2-74
図 2.2.80	ナムリン橋周辺の斜面及び道路状況	2-75
図 2.2.81	ナムリン橋周辺の河川状況	2-79
図 2.2.82	パクダン橋周辺の道路線形	2-79
図 2.2.83	パクダン橋周辺の斜面及び道路状況	2-80
図 2.2.84	パクダン橋周辺の河川状況	2-84
図 2.2.85	ダーダリ橋周辺の道路線形	2-84
図 2.2.86	ダーダリ橋周辺の斜面及び道路状況	2-85
図 2.2.87	ダーダリ橋周辺の河川状況	2-89
図 2.2.88	リビダン橋周辺の道路線形	2-89
図 2.2.89	リビダン橋周辺の斜面及び道路状況	2-90
図 2.2.90	リビダン橋周辺の河川状況	2-94
図 2.2.91	ローリン橋周辺の道路線形	2-94
図 2.2.92	ローリン橋周辺の斜面及び道路状況	2-95
図 2.2.93	ローリン橋周辺の河川状況	2-99
図 2.2.94	交通量調査位置図	2-99
図 2.2.95	交通量調査ダイアグラム	2-100
図 2.2.96	各対象橋梁近傍交通の車種別割合	2-101
図 2.2.97	既往案件における軸重調査結果	2-104
図 2.2.98	行政境界と対象 5 橋の位置	2-107
図 2.2.99	国道沿いの集落の状況	2-108
図 2.2.100	調査対象世帯主の教育レベル	2-109
図 2.2.101	調査対象世帯の収入源	2-110
図 2.2.102	調査対象世帯が所有する車両のタイプ	2-111
図 2.2.103	モンガル東部地域中核病院、タシガン県病院への車での アクセス平均時間	2-112
図 2.2.104	Gewog 別にみた橋梁通行頻度	2-113
図 2.2.105	Gewog 別にみた橋梁が通行できない場合の対応策	2-114
図 2.2.106	病院利用者の橋梁通行頻度	2-115
図 2.2.107	病院利用者の橋梁が通行できない場合の対応策	2-115
図 2.2.108	バスターミナル利用者の橋梁通行頻度	2-116
図 2.2.109	バスターミナル利用者の旅行目的	2-116
図 2.2.110	バスターミナル利用者の橋梁が通行できない場合の対応策	2-117
図 2.2.111	「ブ」国の標高分布と事業対象地の位置	2-118
図 2.2.112	「ブ」国の保護区分布と事業対象地の位置	2-120
図 2.2.113	KBA/IBA の分布と事業対象地の位置	2-120
図 2.2.114	フルムセングラ国立公園のゾーニングとナムリン橋の位置	2-121
図 2.2.115	ナムリン橋架け替え地点周辺のゾーニング	2-123
図 2.2.116	法面対策エイメージ写真	2-123
図 2.2.117	「ブ」国の人口密度分布 (2017 年国勢調査)	2-125
図 2.2.118	モンガル県の土地被覆図	2-125

図 2.2.119	橋梁建設の EC 取得プロセス .....	2-126
図 2.2.120	DoSTにおける環境社会配慮の実施体制 .....	2-130
図 2.2.121	ダーダリ橋付近に建設された野菜売り場 .....	2-143
図 2.2.122	周辺住民の家庭やコミュニティにおける男女の役割 .....	2-145
図 2.2.123	環境社会配慮の実施体制（工事中） .....	2-156
図 2.2.124	環境社会配慮の実施体制（供用時） .....	2-156
図 2.2.125	第 1 回ステークホルダー協議実施状況 .....	2-157
図 2.2.126	第 2 回ステークホルダー協議実施状況 .....	2-159
図 3.2.1	国道の幅員構成 .....	3-3
図 3.2.2	歩道が不要な橋梁の幅員（ナムリン橋・ダーダリ橋） .....	3-5
図 3.2.3	歩道が必要な橋梁の幅員（パクダン橋） .....	3-6
図 3.2.4	歩道が必要な橋梁の幅員（リビダン橋・ローリン橋） .....	3-6
図 3.2.5	クラス A 荷重仕様 .....	3-7
図 3.2.6	クラス 70R 荷重仕様 .....	3-8
図 3.2.7	インドの地震ゾーンマップ .....	3-9
図 3.2.8	応答スペクトル .....	3-10
図 3.2.9	コンクリート床版の温度差 .....	3-12
図 3.2.10	鋼橋の温度差 .....	3-13
図 3.3.1	ナムリン橋道路線形案 .....	3-18
図 3.3.2	ナムリン橋周辺状況写真 .....	3-18
図 3.3.3	ナムリン橋橋台位置検討 .....	3-19
図 3.3.4	パクダン橋道路線形案 .....	3-20
図 3.3.5	パクダン橋周辺状況 .....	3-20
図 3.3.6	パクダン橋橋台位置検討（オプション 1） .....	3-21
図 3.3.7	パクダン橋橋台位置検討（オプション 2） .....	3-21
図 3.3.8	ダーダリ橋道路線形案（その 1） .....	3-22
図 3.3.9	ダーダリ橋周辺状況 .....	3-23
図 3.3.10	ダーダリ橋橋台位置検討（その 1） .....	3-23
図 3.3.11	ダーダリ橋道路線形案（その 2） .....	3-24
図 3.3.12	ダーダリ橋橋台位置検討（その 2） .....	3-24
図 3.3.13	ダーダリ橋 セミトレーラーの車両軌跡図 .....	3-25
図 3.3.14	リビダン橋道路線形案 .....	3-26
図 3.3.15	リビダン橋周辺状況 .....	3-27
図 3.3.16	リビダン橋橋台位置検討（オプション 1） .....	3-27
図 3.3.17	リビダン橋橋台位置検討（オプション 2） .....	3-28
図 3.3.18	リビダン橋橋台位置検討（オプション 3） .....	3-28
図 3.3.19	ローリン橋道路線形案 .....	3-29
図 3.3.20	ローリン橋周辺状況 .....	3-29
図 3.3.21	ローリン橋橋台位置検討（オプション 1） .....	3-30
図 3.3.22	固定支保工架設概念図 .....	3-31
図 3.3.23	開口部を設ける場合の固定支保工架設概念図 .....	3-31
図 3.3.24	移動支保工架設（ハンガータイプ）概念図 .....	3-32
図 3.3.25	押出し架設概念図 .....	3-32

図 3.3.26	ベント工法概念図	3-33
図 3.3.27	送出し工法概念図	3-33
図 3.3.28	ケーブル式架設工法概念図	3-33
図 3.3.29	ナムリン橋付近の河川周辺状況	3-34
図 3.3.30	中低床式セミトレーラー (20t)	3-36
図 3.3.31	PNH-1 上に存在する急カーブ	3-36
図 3.3.32	概略橋梁一般図 (ナムリン橋)	3-38
図 3.3.33	概略橋梁一般図 (パクダン橋)	3-39
図 3.3.34	概略橋梁一般図 (ダーダリ橋)	3-40
図 3.3.35	概略橋梁一般図 (リビダン橋)	3-41
図 3.3.36	概略橋梁一般図 (ローリン橋)	3-42
図 3.3.37	切土法面における法面保護工の選定フロー	3-44
図 3.3.38	法面对策工法の想定対象範囲および想定断面 (ナムリン橋)	3-45
図 3.3.39	法面对策工法の想定対象範囲および想定断面 (パクダン橋)	3-46
図 3.3.40	法面对策工法の想定対象範囲および想定断面 (ダーダリ橋)	3-48
図 3.3.41	法面对策工法の想定対象範囲および想定断面 (リビダン橋)	3-49
図 3.3.42	法面对策工法の想定対象範囲および想定断面 (ローリン橋)	3-51
図 3.4.1	ダーダリ橋の護床工	3-54
図 3.4.2	取付道路の舗装構成	3-59
図 3.4.3	切土法面における法面保護工の選定フロー	3-61
図 3.4.4	地すべり安定計算に用いるスライス分割の例	3-62
図 3.4.5	計算モデル図の例	3-63
図 3.4.6	岩盤の単位体積重量の測定例	3-64
図 3.4.7	せん断定数の測定例 (上段: 深成岩、下段: 泥岩)	3-65
図 3.4.8	流れ盤斜面の崩壊モード図	3-67
図 3.4.9	鉄筋挿入工の現場条件	3-67
図 3.4.10	想定地層縦断図	3-68
図 3.4.11	A1 橋台側面図	3-69
図 3.4.12	A2 橋台側面図	3-70
図 3.4.13	高水位側面図	3-70
図 3.4.14	想定地層縦断図	3-71
図 3.4.15	A1 橋台側面図	3-72
図 3.4.16	A2 橋台側面図	3-72
図 3.4.17	高水位側面図	3-73
図 3.4.18	ナムリン橋施工ステップ図	3-75
図 3.4.19	ナムリン橋建設のためのキャンプサイト及びコンクリートプラント、 アスファルトプラント、ストックヤードの候補	3-76
図 3.4.20	ダーダリ橋建設のためのキャンプサイト候補 (YADI 地域)	3-77
図 3.4.21	ダーダリ橋建設のためのコンクリートプラント及び アスファルトプラント設置場所候補 (パクダン橋左岸側上流)	3-78
図 3.4.22	ダーダリ橋建設のためのストックヤード候補	3-78
図 3.4.23	本邦や第三国から資機材を調達する場合の経路	3-85
図 3.4.24	「ブ」国国内の資機材輸送経路	3-86

図 3.4.25	ナムリン橋付近の拡幅工事看板 .....	3-86
図 3.4.26	事業実施工程 .....	3-89
図 5.2.1	パクダン橋 上部工損傷状況 .....	5-2
図 5.2.2	パクダン橋 下部工損傷状況 .....	5-2
図 5.2.3	パクダン橋 付属物損傷状況 .....	5-3
図 5.2.4	パクダン橋 アプローチ道路損傷状況 .....	5-3
図 5.2.5	コンクリート部材の補修工法選定フロー（パクダン橋） .....	5-4
図 5.2.6	伸縮装置の補修工法選定フロー（パクダン橋） .....	5-4
図 5.2.7	パクダン橋 補修一般図.....	5-5
図 5.2.8	リビダン橋 上部工損傷状況 .....	5-6
図 5.2.9	リビダン橋 下部工損傷状況 .....	5-6
図 5.2.10	リビダン橋 付属物損傷状況 .....	5-7
図 5.2.11	ローリン橋 上部工損傷状況 .....	5-8
図 5.2.12	ローリン橋 下部工損傷状況 .....	5-8
図 5.2.13	ローリン橋 付属物損傷状況 .....	5-9
図 5.2.14	ローリン橋 アプローチ道路損傷状況 .....	5-9
図 5.2.15	コンクリート部材の補修工法選定フロー（ローリン橋） .....	5-10
図 5.2.16	伸縮装置の補修工法選定フロー（ローリン橋） .....	5-10
図 5.2.17	ローリン橋 補修一般図.....	5-11

## 表リスト

ページ

表 1.2.1	協力対象事業の概要（架け替え対象）	1-6
表 1.3.1	「ブ」国交通セクターにおける我が国の協力実績	1-8
表 1.4.1	第11次5ヶ年計画に関するGOIの支援状況	1-9
表 1.4.2	第12次5ヶ年計画でのPNH-1追加拡幅工事区間	1-9
表 1.4.3	第ADBの道路・交通セクターにおける援助実績	1-10
表 2.2.1	ナムリン橋の諸元	2-7
表 2.2.2	パクダン橋の諸元	2-8
表 2.2.3	ダーダリ橋の諸元	2-9
表 2.2.4	リビダン橋の諸元	2-11
表 2.2.5	ローリン橋の諸元	2-12
表 2.2.6	データ収集した気象観測所一覧	2-14
表 2.2.7	年極値（年間最大日雨量）	2-19
表 2.2.8	各観測所の降雨強度式の定数	2-20
表 2.2.9	降雨継続時間毎の確率降雨量	2-21
表 2.2.10	各観測所の流況と流域面積当たり流況	2-26
表 2.2.11	対象流域の概要	2-27
表 2.2.12	必要な桁下余裕高	2-28
表 2.2.13	HEC-HMSによる洪水流出解析および平水量、低水量の結果	2-30
表 2.2.14	洪水量に対する土石流量の割増係数 $K_q$	2-31
表 2.2.15	各橋梁位置での設計水位	2-33
表 2.2.16	桁下余裕高	2-33
表 2.2.17	橋梁付近に必要な護床材料（捨石径）	2-33
表 2.2.18	土石流のリスク判定	2-38
表 2.2.19	各流域内の斜面の傾斜分布と斜面崩壊のリスク判定	2-39
表 2.2.20	土石流リスクの総合評価	2-39
表 2.2.21	各調査対象橋梁におけるベンチマーク設置位置	2-40
表 2.2.22	調査対象地域の分布地質	2-49
表 2.2.23	調査地点一覧	2-49
表 2.2.24	岩級区分の目安	2-54
表 2.2.25	岩級区分の結果（ナムリン橋）	2-55
表 2.2.26	室内岩石試験結果（ナムリン橋）	2-59
表 2.2.27	標準貫入試験結果（ダーダリ橋）	2-64
表 2.2.28	岩級区分の結果（ダーダリ橋）	2-64
表 2.2.29	室内岩石試験結果（ダーダリ橋）	2-68
表 2.2.30	室内土質試験結果（ダーダリ橋）	2-69
表 2.2.31	CBR試験結果	2-70
表 2.2.32	CBRの概略値	2-70
表 2.2.33	材料試験結果	2-71
表 2.2.34	既存橋梁のコンクリート強度試験結果	2-74

表 2.2.35	交通量調査実施概要 .....	2-100
表 2.2.36	各交差点における方向別交通量 .....	2-101
表 2.2.37	各対象橋梁近傍の交通量 .....	2-101
表 2.2.38	OD 調査実施概要 .....	2-102
表 2.2.39	OD 表一覧 .....	2-102
表 2.2.40	既往案件における軸重調査概要 .....	2-104
表 2.2.41	「ブ」国内における年別車両登録台数 .....	2-105
表 2.2.42	「ブ」国年別 GDP および人口 .....	2-105
表 2.2.43	回帰分析結果 .....	2-106
表 2.2.44	橋梁別将来交通量（2023 年／2031 年） .....	2-106
表 2.2.45	社会状況調査の概要 .....	2-108
表 2.2.46	社会経済調査（質問票調査）対象世帯の人数 .....	2-109
表 2.2.47	調査対象世帯の平均収入・支出 .....	2-111
表 2.2.48	Gewog 内の教育・医療施設までの徒歩によるアクセス平均所要間（分） .....	2-112
表 2.2.49	保護区内の各ゾーンの定義と保護レベル .....	2-122
表 2.2.50	フルムセングラ国立公園の野生動物 .....	2-124
表 2.2.51	環境配慮に関連する法令・基準等 .....	2-127
表 2.2.52	JICA 環境社会配慮ガイドラインと「ブ」国制度の乖離と対処方針 .....	2-128
表 2.2.53	環境関連許認可の申請者と発給者 .....	2-130
表 2.2.54	スコーピング結果 .....	2-130
表 2.2.55	調査 TOR .....	2-132
表 2.2.56	大気質調査結果 .....	2-134
表 2.2.57	河川水質調査結果 .....	2-135
表 2.2.58	本事業の工事で生じ得る廃棄物の種類と想定される処分方法 .....	2-136
表 2.2.59	騒音調査結果 .....	2-137
表 2.2.60	例外的に保護区で事業を実施するための 5 条件への適合性 .....	2-137
表 2.2.61	現地調査で確認された動物 .....	2-139
表 2.2.62	現地調査で確認された植物 .....	2-140
表 2.2.63	周辺住民へのインタビューに基づく 周辺地域に生息する可能性のある動物 .....	2-141
表 2.2.64	ナムリン橋、ダーダリ橋周辺地域の「重要な自然生息地」の 条件への適合性 .....	2-141
表 2.2.65	重要な生息地で事業を実施するための 3 条件への適合性（ナムリン橋） .....	2-142
表 2.2.66	重要な生息地で事業を実施するための 3 条件への適合性（ダーダリ橋） .....	2-142
表 2.2.67	周辺住民の民族構成 .....	2-144
表 2.2.68	子どもの権利に関する地域の認識・対応状況 .....	2-146
表 2.2.69	感染症・保健医療に関する地域の状況 .....	2-146
表 2.2.70	影響評価結果（ナムリン橋） .....	2-147
表 2.2.71	代替案（事業を実施しない案）との比較（ナムリン橋） .....	2-150
表 2.2.72	影響評価結果（ダーダリ橋） .....	2-150
表 2.2.73	代替案（事業を実施しない案）との比較（ダーダリ橋） .....	2-152
表 2.2.74	緩和策（ナムリン橋） .....	2-153
表 2.2.75	緩和策（ダーダリ橋） .....	2-154

表 2.2.76	モニタリング計画（ナムリン橋・ダーダリ橋共通）	2-155
表 2.2.77	第1回ステークホルダー協議の概要	2-157
表 2.2.78	第2回ステークホルダー協議の概要	2-160
表 2.2.79	JICA 環境チェックリスト	2-162
表 2.2.80	モニタリングフォーム	2-165
表 2.2.81	環境管理計画（環境許可申請用）	2-168
表 3.2.1	線形条件	3-4
表 3.2.2	歩道幅員	3-5
表 3.2.3	単位体積重量	3-6
表 3.2.4	クラス A 荷重軸重とタイヤの接地面積	3-7
表 3.2.5	主桁やトラスの設計に用いる群集荷重	3-8
表 3.2.6	クラス A 荷重の衝撃係数	3-8
表 3.2.7	クラス 70R の衝撃係数（コンクリート橋）	3-8
表 3.2.8	クラス 70R の衝撃係数（鋼橋）	3-9
表 3.2.9	時間平均風荷重（時間平均風速 47m/s）	3-11
表 3.2.10	抗力係数（CD）	3-11
表 3.2.11	設計温度範囲	3-12
表 3.2.12	コンクリート	3-13
表 3.2.13	鉄筋種別および降伏強度	3-13
表 3.2.14	鋼材	3-14
表 3.2.15	PC 鋼材種別および降伏強度	3-14
表 3.3.1	協力対象橋梁選定表	3-16
表 3.3.2	適用可能と考えられる橋梁形式	3-30
表 3.3.3	コンクリート橋の架設工法一覧	3-31
表 3.3.4	鋼橋の架設工法一覧	3-33
表 3.3.5	調査対象橋梁周辺状況	3-35
表 3.3.6	橋梁形式選定結果	3-37
表 3.3.7	切土に対する標準法面勾配	3-43
表 3.3.8	法面対策工法の検討結果（ナムリン橋）	3-44
表 3.3.9	法面対策工法の検討結果（パクダン橋）	3-46
表 3.3.10	法面対策工法の検討結果（ダーダリ橋）	3-47
表 3.3.11	法面対策工法の検討結果（リビダン橋）	3-49
表 3.3.12	法面対策工法の検討結果（ローリン橋）	3-50
表 3.3.13	協力対象橋梁選定結果	3-52
表 3.4.1	ナムリン橋とダーダリ橋の設計水位 (m)	3-53
表 3.4.2	ナムリン橋とダーダリ橋の桁下余裕高	3-53
表 3.4.3	協力対象橋梁のグレード	3-56
表 3.4.4	取付道路のグレード	3-57
表 3.4.5	国道の舗装構成	3-59
表 3.4.6	切土に対する標準法面勾配	3-60
表 3.4.7	ナムリン橋の強度定数一覧表	3-64
表 3.4.8	ダーダリ橋の強度定数一覧表	3-64
表 3.4.9	換算 N 値による場合の測定例	3-65

表 3.4.10	法面对策工法の検討結果（ナムリン橋）	3-66
表 3.4.11	法面对策工法の検討結果（ダーダリ橋）	3-66
表 3.4.12	橋台形式	3-69
表 3.4.13	品質管理計画（案）	3-82
表 3.4.14	主要資材の調達	3-83
表 3.4.15	主要建設機械の調達想定区分	3-84
表 3.4.16	「ブ」国国内の輸送経路の確認	3-87
表 3.4.17	通関手続きの状況	3-88
表 3.5.1	先方政府負担事項及び費用	3-90
表 3.6.1	点検の種類	3-92
表 3.6.2	定期点検の頻度	3-92
表 3.7.1	概算事業費（日本側負担）	3-93
表 3.7.2	維持管理項目と費用	3-94
表 4.4.1	協力対象事業による定量的効果	4-3
表 5.2.1	パクダン橋の主な損傷	5-1
表 5.2.2	パクダン橋の補修対策案	5-4
表 5.2.3	リビダン橋の主な損傷	5-5
表 5.2.4	ローリン橋の主な損傷	5-7
表 5.2.5	ローリン橋の補修・補強対策案	5-10

## 略語表

略語	英語	日本語
A/P	Authorization to Pay	支払い授受権
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AH	Asian Highway	アジアハイウェイ
AH48	Asian Highway No.48	アジアハイウェイ 48 号線
B/A	Bank Arrangement	銀行取決め
BHU	Basic Health Unit	ベーシック・ヘルス・ユニット
BMS	Bridge Management System	橋梁維持管理システム
CBR	California Bearing Ratio	
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	ワシントン条約
CNDP	Comprehensive National Development Plan for Bhutan	全国総合開発計画
DANTAK	Indian Border Roads Organization	インド陸軍工兵隊
DD	Detailed Design	詳細設計
DEC	Dzongkhag Environment Commission	県の環境委員会
DoST	Department of Surface Transport	陸上運輸局
DTA	Department of Treasury and Accounts	財務会計局
E/N	Exchange of Notes	交換公文
EC	Environmental Clearance	環境許可
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
FAB DEM	Forest And Buildings removed Copernicus DEM	
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GOI	Government of India	インド政府
GoJ	Government of Japan	日本政府
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation	衛星全球降水マップ
HEC	Hydraulic Engineering Circular	
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System	
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System	
IBA	Important Bird and Biodiversity Areas	重要野鳥生息地

略語	英語	日本語
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
IDA	International Development Association	国際開発協会
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IRC	Indian Road Congress	インド道路基準
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KBA	Key Biodiversity Areas	生物多様性重要地域
M/D	Minute of Discussion	議事録
MIGA	Multilateral Investment Guarantee Agency	多数国間投資保証機関
MoF	Ministry of Finance	財務省
MoIT	Ministry of Infrastructure and Transport	インフラ交通省
NCHM	National Centre for Hydrology and Meteorology	国立水文気象センター
NEC	National Environment Commission	国家環境委員会
Nu	Ngultrum	ニュルタム
OD	Outline Design	概略設計
OD 調査	Origin Destination Survey	
ORC	Outreach Clinic	アウトリーチ・クリニック
PHC	Primary Health Centre	プライマリーヘルスセンター
PNH	Primary National Highway	主要国道
PNH-1	Primary National Highway No.1	(主要) 国道 1 号線
PC 橋	Pre-stressed Concrete Bridge	プレストレストコンクリート橋
PQ	Pre-qualification	事前資格審査
RAP1	Rural Access Project 1	
RAP2	Rural Access Project 2	
RGoB	Royal Government of Bhutan	ブータン政府
ROW	Right of Way	道路用地
RQD	Rock Quality Designation	岩石品質指定
RSMP	Road Sector Master Plan	道路セクター・マスタープラン
SCS-CN	Soil Conservation Service - Curve Number	土壌保全サービス曲線数
STIs	Sexually transmitted infections	性感染症
TSS	Total suspended solid	浮遊物質量

---

略語	英語	日本語
UNODC	United Nations Office on Drugs and Crime	国連薬物犯罪事務所
USACE	U.S. Army Corps of Engineers	米国陸軍工兵隊
WB	World Bank	世界銀行
「ブ」国		ブータン国

---

# 1. プロジェクトの背景・経緯

---

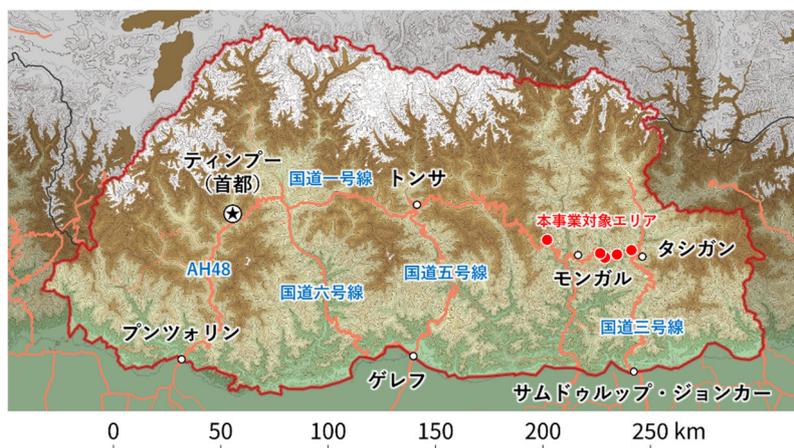
## 1.1 当該セクターの現状と課題

### 1.1.1 現状と課題

#### (1) 道路ネットワークの整備現況と課題

ブータン国（以下「ブ」国という。）の国内の道路ネットワークは、アジアンハイウェイ（AH: Asian highway）および主要国道（PNH: Primary National highway）網を中心に構成されており、東西方向に1路線（国道一号線（PNH-1: Primary National Highway No.1））、南北方向に4路線（西から AH48（Asian Highway No.48）、国道六号線、国道五号線および国道三号線）の計5つの主要路線が存在する（図 1.1.1 参照）。AH48 および国道三号線は、インド政府によって建設され、維持管理業務もインド陸軍（DANTAK）により行われている。現在、国内を東西方向に横断する道路は PNH-1 のみであり、同国道が通行止めとなった場合は、インド国経由の迂回ルートに頼らざるを得ないため、「ブ」国における東西の主要幹線道路としての PNH-1 の重要度は非常に高い。

PNH-1 の代替ルートとして南部東西回廊が計画され、区間毎に分割して建設が進められているが、資金不足や国立公園内の環境申請の問題等のため、現在は南東部における一部の区間のみが建設されている状況である。よって、国内最重要路線としての PNH-1 の位置付けは今後も変わらないものと想定される。更に同路線は、インド政府の資金援助を受けてティンプー側から順に道路拡幅工事（図 1.1.2 参照）が進められており、2023 年 3 月で約 9 割の区間において工事が完了している。



出典：Road Classification and Network Information of Bhutan 2020 を参考に JICA 調査団作成

図 1.1.1 「ブ」国の主要国道網



撮影：JICA 調査団

図 1.1.2 陸上運輸局 (DoST) による道路拡幅工事 (PNH-1)

## (2) 対象路線の道路・橋梁の現況と課題

本事業は「ブ」国東部に位置するモンガル県内の PNH-1 上の橋梁を対象としている。前述した道路拡幅工事において山側斜面を切土および削岩した後、斜面对策工はほとんど実施されておらず、更に、土砂災害リスクの高い箇所も散見される。ティンプー トンサ区間は拡幅工事が完了しており、車両の通行性が大きく改善されている。一方で、現在進められている工事区間（ブータン県ーモンガル県）は、当初 2018 年に完了予定であったが、新型コロナウイルスによるパンデミックの影響により進捗が大幅に遅れている状況であり、2024 年 6 月の完成となるとのことであった。

また、橋梁については、1980 年代にインドの援助により建設されたコンクリート橋が健全とは言えない状態ものが多数残存しており、更に、土石流等で流失した橋梁はベイリー橋として暫定的に架設され現在に至っているため、早期改善が望まれる。

## 1.1.2 開発計画

### (1) 開発計画および上位計画の整理

現在の「ブ」国における道路セクターの開発計画および上位計画としては、JICA が策定支援を行った全国総合開発計画（CNDP: Comprehensive National Development Plan for Bhutan 2030）、道路セクター・マスタープラン（RSMP: Road Sector Master Plan 2007-2027）、第12次5ヵ年計画（2018-2023）、Bhutan Transport 2040（Integrated Strategic Vision）などがある。

現在、カウンターパートである陸上運輸局（DoST: Department of Surface Transport、旧：道路局 DoR: Department of Roads）<sup>1</sup>は、アジア開発銀行（ADB: Asian Development Bank）の支援を受け、2040年を目標年次とする道路マスタープラン（Master Plan for National Highway Connectivity）を策定するための調査を実施中であり、2024年10月に調査完了予定である。

#### 1) 全国総合開発計画（CNDP 2030）

JICA が策定支援を行った全国総合開発計画（CNDP 2030）では、包括的かつ長期的なビジョンとして、「ブータンの国家としてのアイデンティティ」を掲げ、開発を通じて達成されるべき以下の8項目の開発目的について、2030年に達成する目標を示している。

- 国際的な幸福の中心地
- 豊かさと多様性
- 環境親和型のグリーンインダストリー
- 生計活動と経済の調和した環境管理
- 総合的コミュニケーションによるネットワーク社会
- 創造的な開発モデル
- 自立した社会
- 文化・伝統に恵まれた生活

道路セクターに関連する開発目的は、「総合的コミュニケーションによるネットワーク社会」とされており、東部地域と西部地域の移動時間の改善を目標としている。また、陸上交通の最優先プロジェクトとして、以下が挙げられている。

- 東西道路（PNH-1）の整備（ワンデュートンサ、トンサーブムタン、ブムンタンーモンガル、モンガルータシガン）
- 法面防護およびトンネルの技術移転プログラム（計画、設計、パイロット事業、OJT）
- 道路構造の設計基準の整備に係る技術移転（計画、設計、パイロット事業、OJT）

<sup>1</sup> 2022年12月30日に組織改編が行われ、組織名が変更された。

## 2) 道路セクター・マスタープラン (RSMP)

インフラ・運輸省 (MoIT: Ministry of Infrastructure and Transport、旧: 公共事業・定住省 MoWHS: Ministry of Works and Human Settlement)<sup>2</sup> 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は、2007 年から 20 年間における道路整備の目標として以下の項目が示されている。

- 市町村道路の建設 (対象 2,654km)
- 第 2 東西道路 (南部東西回廊) の建設
- 県間の連結・連携のための県道の建設 (対象 537km)
- 既存道路の線形改良とバイパス設置
- 主要幹線国道接続のためのトンネル設置などの調査の実施

## 3) 第 12 次 5 カ年計画 (2018-2023) (Gross National Happiness Commission, 2018)

現行の経済開発計画は第 12 次 5 カ年計画であり、「強固な地方分権を通じた調和のとれた持続可能な社会」の実現を目的としている。インフラ・運輸省は、同計画において、「ブータンの価値観を体現するバランスの取れた地域開発に向けて、人間居住と交通のための安全で信頼できる持続可能なインフラを提供する」ことを使命とし、以下の優先事業を挙げている。

- 人間居住の持続可能性の向上
- 建設産業におけるグリーン成長の促進
- 気候にレジリエントな道路網の維持向上

## 4) Bhutan Transport 2040 (Integrated Strategic Vision)

ADB の支援により策定された Bhutan Transport 2040 は、既存の交通関連計画、政策、構想、取り組みを統合し、国の長期的な包括的戦略を策定するものである。全体的なビジョンは以下のように要約されている。

- 国民が安全で信頼でき、手頃な価格で、便利で、費用対効果が高く、環境にやさしい交通システムを享受し、これにより戦略的な社会経済発展に寄与する。

また、これを達成するために以下の目標を定めている。

- 人々や企業が必要とする活動や物資へのアクセシビリティ
- 経済資源の効率的利用
- 環境の持続可能性
- 輸送の安全性 (特に道路セクター)

### 1.1.3 社会経済状況

経済成長率については、2000 年から 2019 年の 20 年間で年平均成長率 10.1% と堅調に推移していた。その後 2020 年初頭に発生した COVID-19 の影響により 2020 年の経済成長率は -10.2% と大

<sup>2</sup> 2022 年 12 月 30 日に組織改編が行われ、組織名が変更された。

大きく低下してしまうが、その後 2021 年には 4.4%にまで回復している。名目 GDP は、2021 年において 27.7 億米ドルであり、一人当たり GDP は、3,560 米ドルとなっている<sup>3</sup>。

「ブ」国の主要産業は農業、林業、電力（水力発電）、観光等であり、主要輸出品目はシリコン、電力、石類セメント等、主要輸入品目は軽油、石炭、ガソリン、米等である。2022 年の総貿易額は、輸出が約 569 億ニュルタム対して輸入が約 619 億ニュルタムとなっており、約 50 億ニュルタムの貿易赤字となっている<sup>4</sup>。

## 1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

### 1.2.1 無償資金協力の背景・経緯

「ブ」国は国土（面積 38,394km<sup>2</sup>：九州の約 9 割）の大部分が険しい山岳地帯であり、道路交通が最も重要な交通・輸送手段である。「ブ」国の主要幹線道路ネットワークは、国土を東西に横断する PNH-1 と、同路線を起点として、インド国境まで南下する 3 本の国道および 1 本のアジアハイウェイの計 4 路線のみである。さらに、地形及び財政面の制約のため、上記道路に分断が発生した際の代替ルートはほとんど整備されていないことから、平時の物資・旅客の輸送、及び傷病者等の救急搬送において、これらの道路ネットワークが人々の生活基盤を支えている。

特に東部地域においては、代替幹線道路が存在しない脆弱な道路ネットワークであることから、PNH-1 は域内及び隣接地域における旅客・物流を支える極めて重要なライフラインとなっている。しかし、同路線上の橋梁は老朽化による安全性の低下、土石流による落橋、現行設計基準への不適合等の問題があり、安定的で強固なコネクティビティの確保が喫緊の課題となっている。

本事業の実施機関となるインフラ・運輸省は、2006 年に道路セクターマスタープラン（RSMP）を策定し、2027 年までの 20 年間に国道及び県道等の拡張・改修整備及び橋梁の補修・架け替え等の実施を掲げ、既存幹線道路等の強靱化を進めており、2007 年 4 月から 2021 年 6 月までの間に 1,451 橋の橋梁建設を完了する等、着実に整備を進めている。

このような背景の下、「ブ」国政府は、東部地域に位置する PNH-1 上の橋梁補修・架け替えについて、我が国に無償資金協力による支援を要請した。加えて、「ブ」国国別開発協力方針（2015 年 5 月）における重点分野として「持続可能な経済成長」を定めており、道路・橋梁の整備等により地方部の生活改善の支援を行うとしている。さらに、JICA 国別分析ペーパー（2013 年 3 月）においても、特に地方部におけるアクセス改善に重要な役割を果たしている道路や橋梁の整備・建設が重点課題であると分析しており、本事業はこれらの方針・分析に合致する。

### 1.2.2 無償資金協力の概要

本事業は、「ブ」国モンガル県において、PNH-1 上の耐荷力が不足し落橋等の危険がある橋梁を架け替えることにより、基幹幹線道路の利便性・安全性の向上を図り、もって物流、人の移動、医療へのアクセス等の維持・改善を通じて「ブ」国の人間の安全保障を向上させ、社会経済の安

<sup>3</sup> 出典：世界銀行 HP, 2024 年

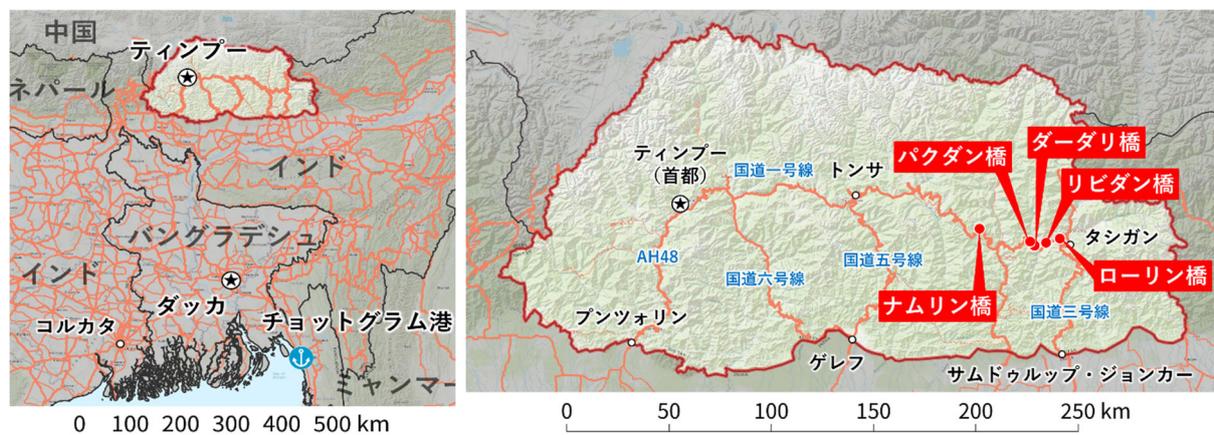
<sup>4</sup> 出典：外務省 HP, 2024 年

定と持続的な発展に寄与するものである。当初、「ブ」国側の要請は 5 橋の架け替えであったが、我が国の事業費予算の制約により、現地調査を踏まえた橋梁の優先順位付けを行った上で 2 橋を架け替え対象とすることとし、ナムリン橋、ダーダリ橋が選定された。一方、選定されなかったパクダン橋、リビダン橋、ローリン橋は、当面の安全な交通を確保するために必要な対応を検討した。なお、具体的な検討内容については「5. 協力対象外橋梁の補修・補強対策案検討」を参照いただきたい。表 1.2.1 に協力対象事業の概要を示す。

表 1.2.1 協力対象事業の概要（架け替え対象）

橋梁名称 (橋梁形式)	概要
ナムリン橋 (鋼単純トラス橋)	橋長：44.0m
	幅員：車線：3.75m×2
	取付道路：アスファルト舗装 (327.7m)
	付属施設、その他：一式
ダーダリ橋 (PC 単純箱桁橋)	橋長：34.5m
	幅員：車線：3.75m×2
	取付道路：アスファルト舗装 (359.1m)
	付属施設、その他：一式

出典：JICA 調査団



注) 国道路線番号は DoR が作成した Road Classification & Network Information of Bhutan (2020) に準拠

出典：JICA 調査団

図 1.2.1 プロジェクト位置図

## 1.3 我が国の援助動向

### 1.3.1 概要

「ブ」国に対する我が国の援助は、1964 年に農業専門家として派遣された故西岡京治氏の活動に始まった。その後、インフラ整備や農業開発をはじめとした無償資金協力と技術協力が中心となって実施されている。1987 年 4 月には両国間で青年海外協力隊派遣取極が署名され、翌年より隊員派遣を開始した。さらに 2007 年には有償資金協力が開始された。これらの 2021 年度までの

累計金額は、有償資金協力 57.63 億円、無償資金協力 414.79 億円、技術協力 252.30 億円となっている。

我が国は長年にわたり「ブ」国における主要ドナーの一つとして支援を実施しており、我が国のインフラ関連を中心とした高い技術力や、供与した施設／機材の機能性・耐久性は高く評価され、国王から一般国民に至る様々なレベルから累次にわたり感謝の意が表されている。

また、我が国援助の基本方針として、農村と都市のバランスの取れた自立的かつ持続可能な「ブ」国の国造りを支援し、「持続可能な経済成長」と「脆弱性の軽減」を重点分野と設定している。「ブ」国は内陸山岳国でありインフラ等の投資コストが大きい一方で、人口は少なく、かつ分散しているため費用対効果が小さい。それゆえ、インフラを含む公共サービス等が拡大しづらく、都市と地方の格差が拡大しやすい構造にあることから、経済成長の恩恵が都市のみに集中しないよう、地方とのバランスのとれた成長に配慮した協力を行う必要があるとしている。

### 1.3.2 運輸セクターに対する我が国及び JICA の協力方針等と本事業の位置づけ

我が国は、対「ブ」国事業展開計画の道路網整備プログラムにおいて、効率的・安定的な運輸・交通を確保し、地域の経済活性化を促進するため、道路網・橋梁整備への支援を行っていく方針としている。また対「ブ」国 JICA 国別分析ペーパーにおいても、依然として大きな都市部と農村部の地域間格差の是正を開発課題として捉え、特に地方部におけるアクセス改善に重要な役割を果たす道路・橋梁建設が重点課題であると分析しており、本事業はこれら計画・分析に合致する。なお、我が国はこれまで、「橋梁架け替え計画 (2000 年)」をはじめとする計 4 件の無償資金協力、総額 65.28 億円を供与して主要国道上の橋梁の架け替えを支援した他、「道路建設機材整備計画 (1987 年)」をはじめとする計 3 件、総額 15.72 億円の道路建設機材の整備に関する無償資金協力の供与実績がある。我が国のこれまでの協力実績一覧表を、表 1.3.1 に示す。

表 1.3.1 「ブ」国交通セクターにおける我が国の協力実績

協力内容	実施年度	案件名/その他	概要
無償資金協力	1987	道路建設機材整備計画	道路の整備に必要な機材の調達（道路建機 12 機種述べ 38 台）
無償資金協力	1995	第二次道路建設機材整備計画	既存道路の補修及び維持管理に必要な建設機械及び整備機器の調達（道路建機 12 機種述べ 35 台）
開発調査	1997～1998	橋梁整備計画調査	国道整備及び橋梁架替の基本計画の策定、優先プロジェクトについてのフィージビリティ調査の実施
無償資金協力	2001～2003	橋梁架替え計画	国道 1 号線上の 4 橋梁及び国道 4 号線上の 1 橋梁の架替え
無償資金協力	2003	道路建設機材整備拡充計画	老朽化した道路建設機材の更新及び整備機器の調達（道路建機 16 機種述べ 63 台）
無償資金協力	2005～2007	第二次橋梁架替え計画	国道 5 号線上の 1 橋梁及び県道上の 2 橋梁の架替え
技術協力プロジェクト	2006～2007	橋梁計画・設計・施工・保全に関わる人材育成プロジェクト	技術者の育成及びコンクリート橋梁の設計・施工・保全技術の向上を目指した技プロ
無償資金協力	2009～2012	第三次橋梁架替え計画	国道 5 号線上の 6 橋梁の架替え
無償資金協力	2011～2013	サイクロン災害復興支援計画	サイクロンで被災した橋梁や今後の豪雨で被災する可能性のある国道 5 号線上の 2 橋梁及び農道上の 3 橋梁の架替え
技術協力プロジェクト	2011～2014	農道架橋設計・実施監理能力向上プロジェクト	農林省農業局及び県の農道架橋にかかる調査設計、実施監理、及び維持管理能力の向上を目指した技プロ
開発計画調査型技術協力	2014～2016	道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト	継続的な斜面防災点検の実施及び DoR（現 DoST）による斜面カルテの維持・更新を目指した開調型技プロ
無償資金協力	2015～2017	国道一号線橋梁架け替え計画	国道 1 号線上の 3 橋梁の架替え
無償資金協力	2016～2020	国道四号線橋梁架け替え計画	国道 4 号線上の 4 橋の架け替え
技術協力プロジェクト	2019 年～現在	道路斜面对策工能力強化プロジェクト	道路斜面防災にかかる持続可能な対策工の整備および維持管理にかかる能力強化の支援

出典：JICA 調査団

## 1.4 他ドナーの援助動向

運輸セクターにおいて我が国以外で支援を行っている国及び機関は、以下に示す通り、インド政府（GOI: Government of India）、アジア開発銀行（ADB）、世界銀行（WB: World Bank）が主である。

### 1.4.1 インド政府（GOI）

#### (1) 援助方針

「ブ」国政府が 5 年計画で計画しているプロジェクトを遂行する際に、5 年計画で承認された事業費の内の 90%を GOI に支援を要請し、残りの 10%を自国資金で整備するという枠組みが一般的である。GOI は「ブ」国政府からの要請を受けて内部で審査し、支援の可否を決定する仕

組みである。両国政府は、5ヶ年計画の遂行に関して、年に2回程度 Plan Talk という協議を開催し、支援の内容や援助額の調整等を行っている。

## (2) 援助実績

第11次5ヶ年計画（2013年～2018年）期間におけるGOIの援助計画を表1.4.1に示す。2014年9月に両政府間で第11次5ヶ年計画に関する第3回 Plan Talk が行われ、表1.4.1に示す支援内容が確認、合意された。これによると、GOIからの支援によりPNH-1の拡幅工事に多額の予算が計上されていることがわかる。

また、第12次5ヶ年計画（2018年～2023年）では、表1.4.2に示すPNH-1の拡幅区間が追加され、現在拡幅工事が進められている。これにより、PNH-1の一部区間を除くすべての区間の拡幅工事が完了することとなる。

**表 1.4.1 第11次5ヶ年計画に関するGOIの支援状況**

No	プロジェクト名	目標整備延長 (Km)	見積予算額の合計 (百万 Nu)	GOIによって承認された支援額 (百万 Nu)	GOIからの受領済額 (2015年2月時点) (百万 Nu)
新規プロジェクト（第10次5ヶ年計画からの繰り越しプロジェクトは除く）					
1	シムトカーウオンディ (PNH-1) 道路改良	65.0	764.217	764.217	135.515
2	ウオンディーチュセルブ (PNH-1) 道路改良	82.0	1,156.061	693.637	133.570
3	チュセルブトンサ (PNH-1) 道路改良	45.0	1,138.676	683.206	59.953
4	トンサーナンガル (PNH-1) 道路改良	55.0	1,315.899	789.539	76.465
5	リミタンータシガン (PNH-1) 道路改良	138.0	2,843.279	1,705.615	0
6	パーチュ橋建設	1.0	71.529	71.529	3.020
7	地方道路の再舗装	486.0	1,803.800	1,400.930	0
8	シンカールーゴルガン (SNH) 道路建設	36.0	776.352	465.811	0
	合計	908.0	9,869.813	6,574.484	408.323

出典：DoST へのヒアリングをもとに JICA 調査団作成

**表 1.4.2 第12次5ヶ年計画でのPNH-1追加拡幅工事区間**

No	プロジェクト名	整備延長 (Km)	見積予算額の合計 (百万 Nu)	GOIによって承認された支援額 (百万 Nu)	GOIからの受領済額 (2024年1月時点) (百万 Nu)
1	ウラーセンゴル (PNH-1) 道路改良	51.0	573.65	474.100	474.100
2	センゴルドラマリン (PNH-1) 道路改良	37.6	418.968	418.622	418.622
	合計	88.6	992.618	892.722	892.722

出典：DoST へのヒアリングをもとに JICA 調査団作成

## 1.4.2 アジア開発銀行（ADB）

### (1) 援助方針

ADB の「ブ」国を含む南アジア地域における協力方針は、“Regional Cooperation Strategy (2011-2015)” (November 2011) に示されている。「ブ」国の開発に対する真摯で注意深いアプローチは、GDP の着実な上昇、全体的貧困率の減少、そしてミレニアム開発目標の達成に向けた着実な動きをもたらしたと評価している。ADB は、1966 年の設立以来、我が国と緊密なパートナーシップを持ちながら、加盟途上国支援を実施しており、現在 ADB は「ブ」国に対する最大の国際開発金融機関となっている。

### (2) 援助実績

ADB がこれまでに「ブ」国で行った道路・交通関連のプロジェクトリストを表 1.4.3 に示す（現在実施中も含む）。

**表 1.4.3 第 ADB の道路・交通セクターにおける援助実績**

No	プロジェクト名	援助形態	承認日	援助額 (千ドル)	「ブ」国 実施機関
1	South Asia Subregional Economic Cooperation Road Connectivity Project	Loan	—	50,350	—
2	Road Network Project II (Additional Financing)	Technical Assistance	2011/4/15	600	DoR
3	Road Network Project II	Technical Assistance	2008/9/10	650	DoR
4	Road Network	Loan	2005/9/30	27,600	DoR
5	Improving the Well-being of Road Workers	Grant	2005/8/9	—	DoR
6	Preparing Road Network Expansion Project	Technical Assistance	2003/7/2	500	DoR
7	Road Improvement	Loan	2000/10/3	—	DoR
8	Road Planning and Management Strengthening	Technical Assistance	2000/7/20	—	DoR
9	Roads and Transport Network Development	Technical Assistance	1998/12/3	—	Ministry of Communications

出典：Asian Development Bank

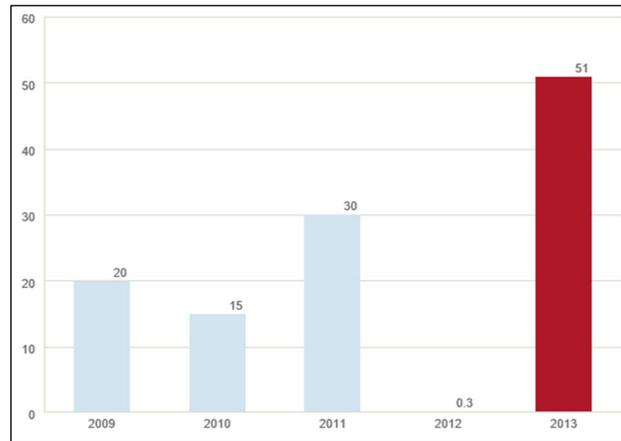
## 1.4.3 世界銀行（WB）

### (1) 援助方針

「ブ」国は、1981 年に WB 加盟国となった。WB のコンセッション的貸出機関である国際開発協会（IDA: International Development Association）は、低金利又は金利無しの融資を通じて、1980 年初頭から「ブ」国への援助プログラムを開始した。「ブ」国は、国際金融公社（IFC: International Finance Corporation）に 2003 年加入しており、また多数国間投資保証機関（MIGA: Multilateral Investment Guarantee Agency）への加盟を申請している。

## (2) 援助実績

図 1.4.1 に、WB の「ブ」国に対する援助実績を示す。2012 年に一度援助が停止されたが、2013 年から再開されている。道路分野での過去の主なプロジェクトとして、Rural Access Project 1 (RAP1) 及び Rural Access Project 2 (RAP2) が挙げられ、地方部におけるアクセスの改善が図られている。



注：国際復興開発銀行（IBRD: International Bank for Reconstruction and Development）及び IDA のコミットメントを含む

出典：World Bank

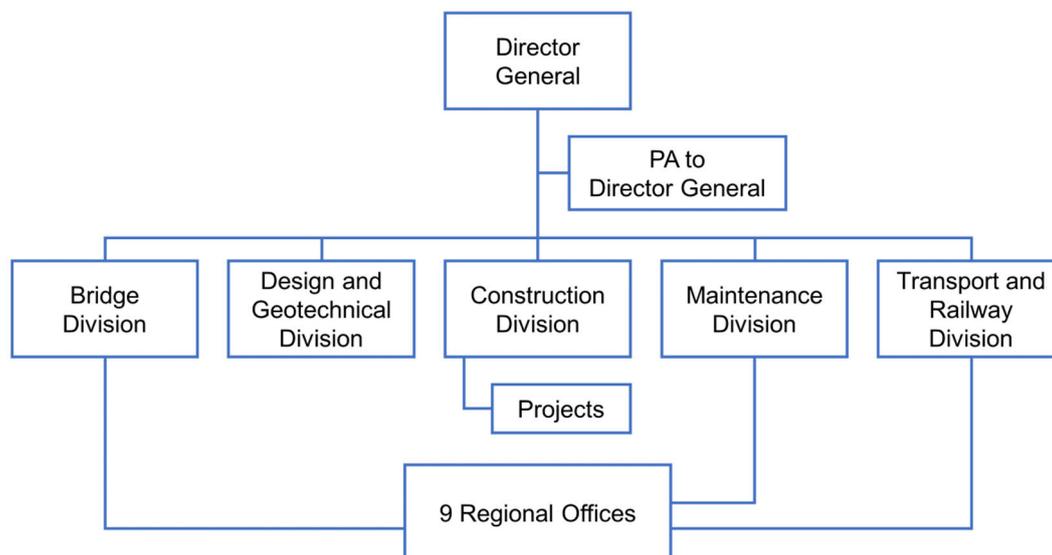
図 1.4.1 WB による「ブ」国に対するコミットメント額の推移（単位：百万ドル）

## 2. 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

本事業を担当する DoST の組織図を図 2.1.1 に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.1.1 DoST 組織図

現在の DoST の職員は本部及び地方事務所（Regional Office）を含めて約 400 名であり、橋梁の建設及び橋梁維持管理は橋梁部（Bridge Division）が担当する。また、道路の建設は建設部（Construction Division）が担当し、道路維持管理は、維持管理部（Maintenance Division）が担当している。なお、事業実施は、地方事務所が実務を行い、本部が事業を管理する。

#### 2.1.2 財政・予算

DoST 本部は、2022 年より全国 9 か所の地方事務所に対し、道路・橋梁の年間維持管理計画の策定を義務付け、この計画を基に適正な維持管理予算の配分を行うことを決定した。

これまで、各地方事務所は、配分される限られた年間維持管理予算（橋梁：26,000Nu／橋／年（全ての橋種、路線で同額）、道路：PNH では 115,000Nu／km／年、Secondary National Highway では 105,000Nu／km／年、Feeder Road では 44,000Nu／km／年、9つの地方事務所全て同額）で補修・改良箇所を選定した上で、対策工事を進めなければならなかった。しかし、今回の予算管理強化により、対策が必要な道路・橋梁を優先させた予算配分が可能となる。また、DoST 本部が維持管理計画のモニタリングを実施することで、より厳正かつ適切な予算管理の下で道路・橋梁維持管理が実施されることが期待されている。本事業に係る維持管理費用は年間約 22 万円（約 15 万 Nu）である。なお、落石等の異常時・緊急時に対する補修費はこれには含まれず、DoST 本部において被害状況に応じて対策が検討される。一方、DoST の年間維持管理予算は、約 3 億 7 千万円（約 2 億 5 千万 Nu）と見込まれる。DoST の年間維持管理予算規模に対して本事業対象施設の維持管理費用の割合は約 0.06%と軽微であり、財政上の問題はないことを認識している。

一方、上述した維持管理予算の他に、モンスーン・レストレーションと呼ばれる異常時・緊急時の対策のための予算がある。これは、毎年雨季明け（9 月または 10 月）に、DoST 本部スタッフ、財務省（MoF：Ministry of Finance）の Department of Treasury and Accounts（DTA）、DoST 地方事務所職員が補修・修復が必要な箇所を特定し、その後工事費を積算して予算申請を行うものである。これは雨季に発生した損傷に対する修復工事であるため、緊急度が高く予算の承認も早急に実施され、同年の冬には工事が開始される。

### 2.1.3 技術水準

DoST の橋梁設計・施工にかかる技術力は、ボックスカルバート、ベイリー橋、鉄筋コンクリート橋（RC 橋）や短径間（30m 未満）のプレストレストコンクリート橋（PC 橋）、及び鋼鉄桁橋の設計や施工ができるレベルであり、径間 30m 以上の PC 橋やトラス橋、アーチ橋を取り扱うことは困難である。一方、維持管理面における技術力については、橋梁点検車等の資機材の不足があるものの、技術協力「橋梁施工監理及び維持管理能力向上プロジェクト」（2016～2022 年）の成果である橋梁点検・診断（健全度評価）マニュアルや Bridge Management System（BMS）を活用するなど、適切な維持管理が実施されているようである。本プロジェクトにて整備される橋梁についても建設後に BMS へ登録されることとなっており、運営維持管理に必要な体制が整備されていると判断する。

### 2.1.4 既存施設・機材

既存施設（既存橋）の現況については「2.2.2 対象サイトの現状」および「2.2.4 橋梁状況調査」に詳述した。

## 2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

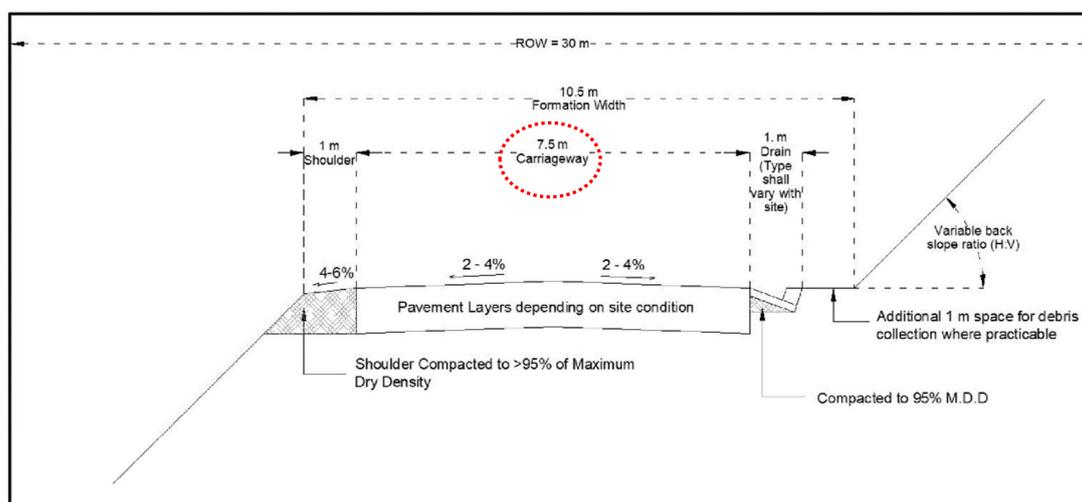
本報告書の構成上、以降では調査対象 5 橋に関して記述した節、および協力対象 2 橋に関して記述した節がある点を留意いただきたい。

## 2.2.1 関連インフラの整備状況

### (1) 国道一号線（PNH-1）の拡幅工事

インド政府の資金援助を受けて、現在、DoST が PNH-1 の拡幅工事を実施中である。DoST が作成した Road Classification and Network Information of Bhutan 2020 によると、同国道は“Primary National Highway”に分類され、車道幅員は 7.5m と規定されている（図 2.2.1 参照）。現在 DoST は、この幅員を確保すべく、同国道の狭幅員箇所の拡幅工事を進めており、2023 年 3 月時点で、約 9 割の区間で工事が完了している。ただし、地質及び地形状況が厳しい一部区間（ウォンディ〜トンサ間に位置するトマンクリフ区間等）においては、拡幅工事を保留している状況である。

上記のような狭幅員区間を除く PNH-1 全体の拡幅工事は、拡幅工事から舗装工事を含めて、2018 年 12 月末までに完了する計画であったが、工事の遅延、さらに新型コロナウイルス感染拡大の影響により未だ完了に至っていない状況にある。なお「ブ」国政府の方針によると、PNH-1 の工事が完了後、引き続き国道四号線の拡幅工事を実施することが検討されている。



出典：Road Classification and Network Information of Bhutan 2020

図 2.2.1 主要国道（PNH）の幅員構成

## 2.2.2 対象サイトの現状

### (1) 本調査対象範囲

本調査対象範囲は、「ブ」国側から要望のあったモンガル県内の PNH-1 上に存在する 5 橋（西からナムリン橋（Namling Bridge）、パクダン橋（Pakhdrang Bridge）、ダーダリ橋（Durdari Bridge）、リビダン橋（Revidrang Bridge）、ローリン橋（Rollong Bridge））である。なお、ナムリン橋は DoST のリメタン（Lingmethang）地方事務所、その他の 4 橋はタシガン（Trashigang）地方事務所の管轄である。

## (2) 本調査対象橋梁の周辺状況

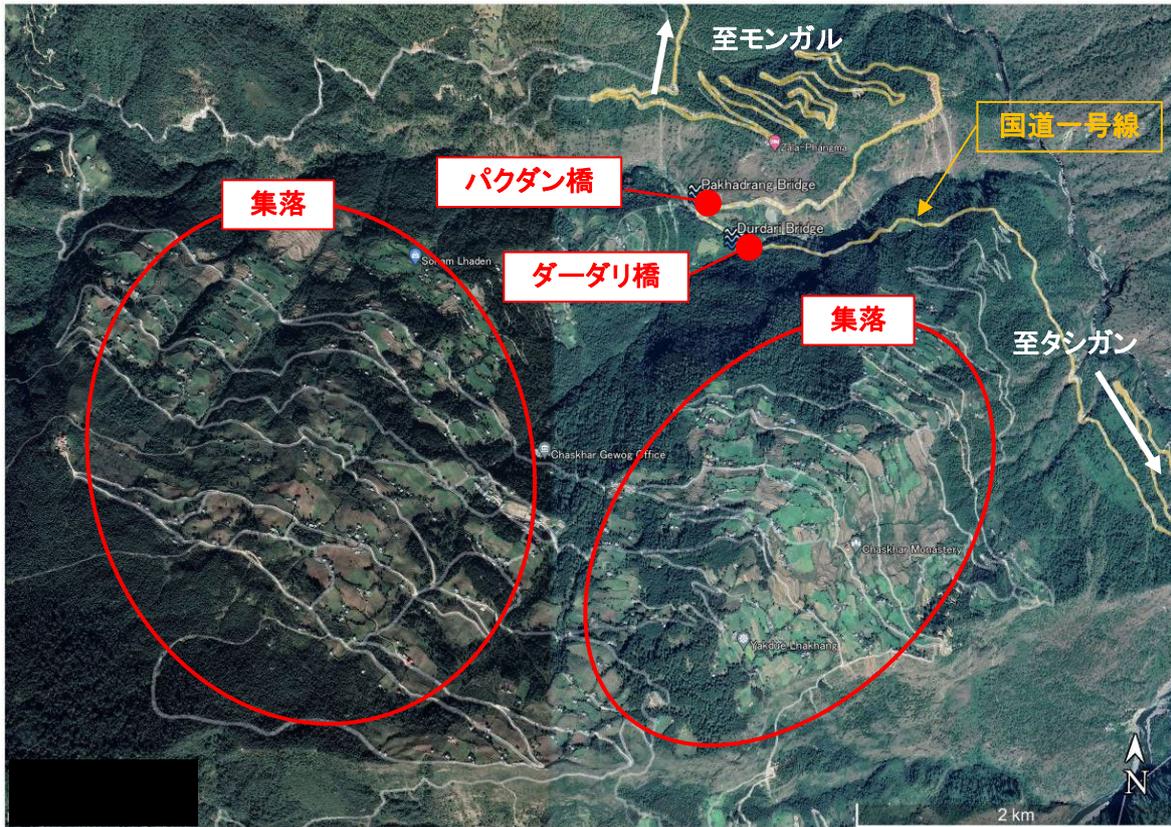
ナムリン橋は山岳部に位置し、周辺は標高 3,000m 級の山が存在しており、同橋位置も標高 2,300m と非常に高い。ナムリン橋からは、トンサ（Trongsa）側の集落であるセンゴル（Sengor）まで車で 60 分程度、モンガル（Mongar）側の集落であるリメタン（Lingmethang）まで 45 分程度要し、ナムリン橋周辺に集落が存在しないことを確認した。



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.2 ナムリン橋の周辺状況

パクダン橋とダーダリ橋は近接しており、付近の標高は 1,000m 程度である。周辺の山は 1,500m 級とナムリン橋と比べてかなり低く、橋梁の山側に集落が存在し、農作物を生産していることが伺える。DoST への聴き取りによると、図 2.2.3 において赤丸で示した集落の住民は、PNH-1 まで山を下り農作物を販売しているとのことであった。



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.3 パクダン橋、ダーダリ橋の周辺状況

リビダン橋の周辺状況を図 2.2.4 に示す。同橋は国際河川である Manas 川に流れ込む Drangme Chhu (Gongri Chhu) 川に沿いに位置している。同橋の標高は 800m 程度であり周辺の山は 1,200m ~1,300m 程度と、パクダン橋、ダーダリ橋と比較しても全体的に標高は低くなっている。同橋も前述した 2 橋同様に、橋梁の山側に集落が存在し、農作物を生産していることが伺える。



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.4 リビダン橋の周辺状況

ローリン橋もリビダン橋同様、Drangme Chhu (Gongri Chhu) 川に沿いに位置しており、同橋付近の PNH-1 沿いに民家が存在している。



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.5 ローリン橋の周辺状況

上述した通り、ナムリン橋は山岳部に位置しており周辺に民家は存在しないが、他の 4 橋については橋梁付近に集落や民家が存在している。このように、ナムリン橋と他 4 橋では周辺状況が異なっていることを確認した。

### (3) ナムリン橋 (Namling Bridge) の現状と課題

#### 1) ナムリン橋の現状

ナムリン橋は、現橋（ベイリー式仮設橋）の上流側に、かつてボックスカルバートが存在していたが、2002年に発生した土石流によって流失し、同時に兩岸の取付道路区間でも大規模な土砂崩れが発生した。翌2003年に仮設橋（現橋とは異なるベイリー式）が架設された。「国内交通網に係る情報収集・確認調査（2014年4月）」で、仮設橋の上流側の沢に砂防ダムの存在を確認し、建設年をDoSTに確認したが不明であった。その後、2016年に発生した土石流によって、同仮設橋も流失した（砂防ダムもこの時に決壊したと考えられる。）。その後、上流側に仮設迂回路を建設し、2020年4月に現橋を架設した。現橋の諸元を表2.2.1に示す。

表 2.2.1 ナムリン橋の諸元

写真		
	現橋	
		
	右岸側道路斜面	左岸側道路斜面
位置	モンガル県（リメタン地方事務所管轄）	
建設年	2016年（ただし、下部工は2003年に建設されたと考えられる）	
橋梁形式	ベイリー式（仮設橋）	
橋長	27.4m	
幅員	3.27m	
設計速度	20km/h	
通行可能 車両重量	30トン （重量車両は上流側の迂回路を通行）	

出典：BMSのデータ及びDoSTへのヒアリングを基にJICA調査団作成

一方、土砂災害については、2018年～2020年において、ナムリン橋付近で複数回土砂崩れが発生し、通行止めが発生したことを確認した。2021年には、斜面崩壊により5月12日と13日の2日間、通行止めが発生した。

## 2) ナムリン橋の課題

現橋の上部工構造がベイリー式（仮設橋）であり、また、「2.2.4 橋梁状況調査」で詳述するが、死荷重状態で支間中央部のたわみが確認され、応力的な余裕が無いことが推察されることから、早期の架け替えが必要である。加えて、橋梁前後の道路斜面は、非常に急峻で落石も多い状況であることから、斜面对策も急務である。

## (4) パクダン橋（Pakhdrang Bridge）の現状と課題

### 1) パクダン橋の現状

パクダン橋は、1982年の完成以降、土石流による被害を受けた履歴は確認されなかった。同橋の諸元を表 2.2.2 に示す。

表 2.2.2 パクダン橋の諸元

写真		
	現橋	
		
	右岸側道路斜面	左岸側道路斜面
位置	モンガル県（タシガン地方事務所管轄）	
建設年	1982 年	
橋梁形式	鉄筋コンクリート橋（1 桁橋）	
橋長	19.4m	
幅員	4.24m	
設計速度	20km/h	
通行可能 車両重量	40 トン	

出典：BMS のデータ及び DoST へのヒアリングを基に JICA 調査団作成

一方、土砂災害については、2018年～2020年において、モンガルからタシガンの間のPNH-1上で複数回土砂崩れが発生し、通行止めが発生したことを確認した。

## 2) パクダン橋の課題

現橋の床版下面及び主桁において鉄筋露出が確認され、鉄筋の腐食が確認された。現橋は鉄筋コンクリート橋のため、鉄筋腐食は致命的な損傷の一つであり、早急な架け替えが要求される。

## (5) ダーダリ橋 (Durdari Bridge) の現状と課題

### 1) ダーダリ橋の現状

ダーダリ橋は、現橋（ベイリー式）の上流側にボックスカルバートが存在していたが、2004年に発生した土石流によって流失した後、直ちに現橋が架設された。同橋の諸元を表 2.2.3 に示す。

表 2.2.3 ダーダリ橋の諸元

写真		
	現橋	
		
	右岸側道路斜面	左岸側道路斜面
位置	モンガル県（タシガン地方事務所管轄）	
建設年	2004年	
橋梁形式	ベイリー式（仮設橋）	
橋長	24.4m	
幅員	3.26m	
設計速度	20km/h	
通行可能 車両重量	40トン	

出典：BMS のデータ及び DoST へのヒアリングを基に JICA 調査団作成

一方、土砂災害については、パクダン橋同様 2018 年～2020 年において、モンガルからタシガンの間の PNH-1 上で複数回土砂崩れが発生し、通行止めが発生したことを確認した。

## 2) ダーダリ橋の課題

現橋の上部工構造がベイリー式（仮設橋）であり、一部の鋼部材の腐食も確認されていることから、早期の架け替えが必要である。

## (6) リビダン橋（Revidrang Bridge）の現状と課題

### 1) リビダン橋の現状

リビダン橋は、現橋上部工に深刻な損傷（曲げひび割れ）の発生が確認されたため、2019 年 1 月（または 2 月）に支間中央部にベントを設置し、補強が行われた。しかし、その後も損傷が進行したことから、2020 年 3 月に上流側に迂回路を建設し、現橋に対して通行止め措置が取られた。なお、同年雨季（6 月）の降雨により迂回路の路面上に越流が発生したが、構造損壊には至らず、通行性は保たれている。同橋の諸元を表 2.2.4 に示す。

表 2.2.4 リビダン橋の諸元

写真	 <p style="text-align: center;">現橋</p>	
	 <p style="text-align: center;">右岸側道路斜面</p>	 <p style="text-align: center;">左岸側道路斜面</p>
	位置	モンガル県（タシガン地方事務所管轄）
建設年	1992 年	
橋梁形式	鉄筋コンクリート橋（I 桁橋）	
橋長	19.1m	
幅員	4.3m	
設計速度	20km/h	
通行可能 車両重量	40 トン	

出典：BMS のデータ及び DoST へのヒアリングを基に JICA 調査団作成

一方、土砂災害については、パクダン橋同様 2018 年～2020 年において、モンガルからタシガンの間の PNH-1 上で複数回土砂崩れが発生し、通行止めが発生したことを確認した。

## 2) リビダン橋の課題

現在、現橋が通行止めとなっており、また、迂回路も雨季には越流が確認されており、幹線道路としての機能が十分に果たせていない状況であることから、早期の新橋建設が必要である。

## (7) ローリン橋（Rollong Bridge）の現状と課題

### 1) ローリン橋の現状

ローリン橋は、1968 年の完成以降、土石流による被害を受けた形跡や履歴は確認できなかった。同橋の諸元を表 2.2.5 に示す。

表 2.2.5 ローリン橋の諸元

写真	 <p style="text-align: center;">現橋</p>	
	 <p style="text-align: center;">右岸側道路斜面</p>	 <p style="text-align: center;">左岸側道路斜面</p>
	位置	モンガル県（タシガン地方事務所管轄）
建設年	1968 年	
橋梁形式	鉄筋コンクリート橋（1 桁橋）	
橋長	13.5m	
幅員	4.03m	
設計速度	20km/h	
通行可能 車両重量	40 トン	

出典：BMS のデータ及び DoST へのヒアリングを基に JICA 調査団作成

一方、土砂災害については、パクダン橋同様 2018 年～2020 年において、モンガル～タシガン間の PNH-1 上で複数回土砂崩れが発生し、通行止めが発生したことを確認した。

## 2) ローリン橋の課題

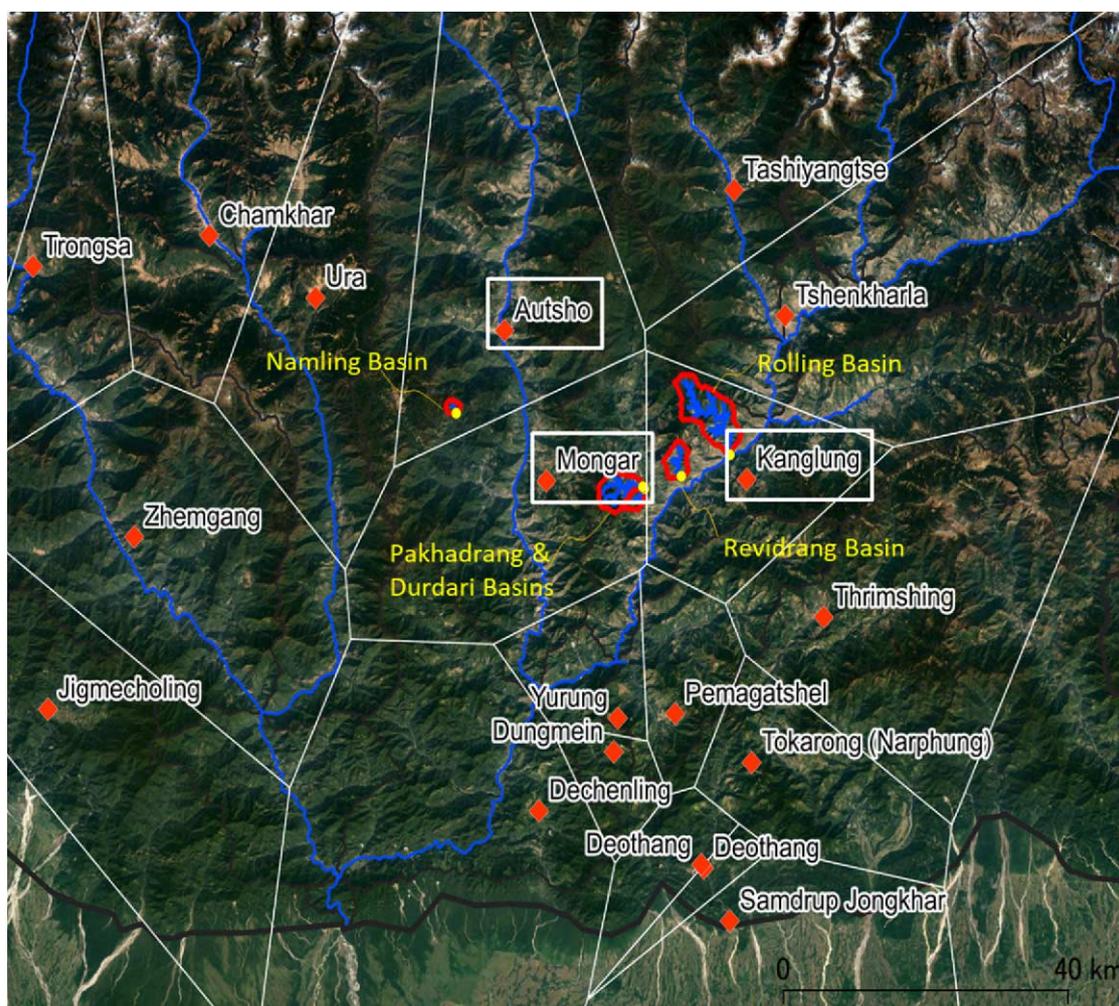
現橋の床版下面及び主桁において、鉄筋が露出しており、鉄筋の腐食が確認された。現橋は鉄筋コンクリート橋のため、鉄筋腐食は致命的な損傷の一つであり、早急な架け替えが要求される。

## 2.2.3 自然条件

### (1) 気象

本調査にかかる気象データは、国立水文気象センター（NCHM）より収集した。調査対象 5 橋梁の流域の気候は、ケッペンの気候区分で温暖冬季少雨気候（Cwb）に類し、中緯度高圧帯のモンスーンの影響による「夏季の雨季」と「冬季の乾季」の分化を特徴とする。四季は比較的是っきりと識別でき、春は 3-5 月、夏は 6-9 月、秋は 10-11 月、冬は 12-2 月となる。ベンガル湾から時折インドを横断するサイクロンの残滓による定期的な影響は、特に東部地域で比較的多くの降雨をもたらす。

「ブ」国で NCHM が所掌する気象観測所は 40 箇所あり、流域内平均気象データを取得するため、これらの観測所からティーセン分割法によって、調査対象橋梁流域の平均データとして代表できる観測所を選定した。ティーセン分割図を図 2.2.6 に示すが、ナムリン橋流域が Autsho 観測所、パクダン橋とダーダリ橋流域が Mongar 観測所、リビダン橋とローリン橋流域が Kanglung 観測所で代表でき、これらの観測所の気象データを収集した（表 2.2.6 参照）。



出典：国立水文気象センター（NCHM）、Google Earth

図 2.2.6 「ブ」国国内気象観測所の対象流域付近のティーセン分割図

表 2.2.6 データ収集した気象観測所一覧

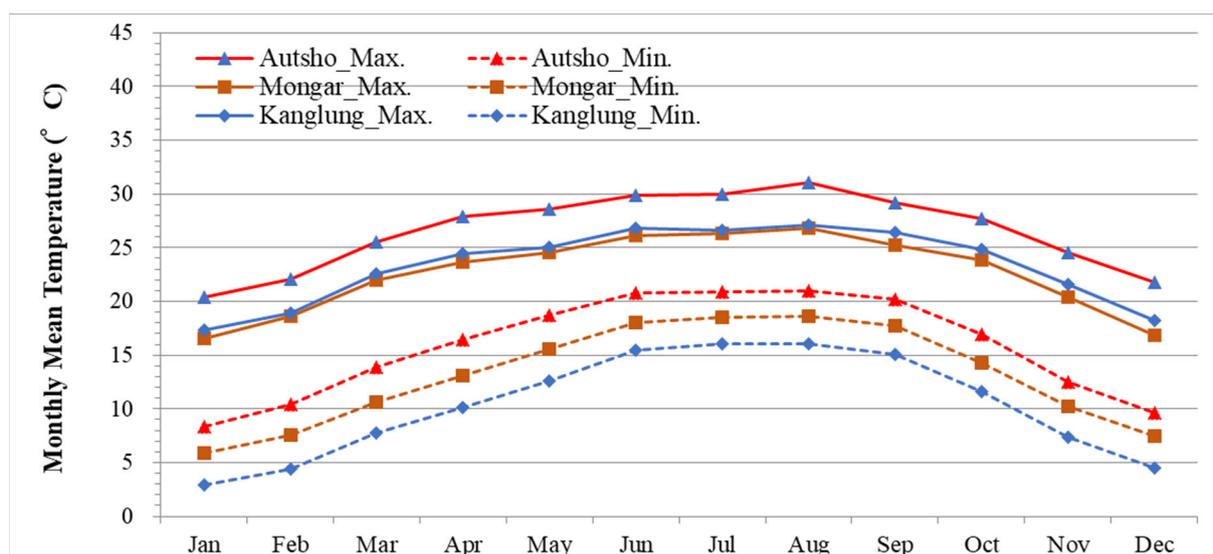
No.	観測所名称	観測所 ID	観測所タイプ	自動/手動区分	県名	緯度(度)	経度(度)	標高(m)	備考
1	Kanglung	17480046	Class A	手動	Trashigang	27.2780	91.5016	1,987	リビダン, ローリン橋
2	Mongar	16300046	Class A	手動	Mongar	27.2793	91.2357	1,564	パクダン, ダーダリ橋
3	Autsho	16400046	Class C	手動	Lhuntse	27.4400	91.1700	863	ナムリン橋

出典：国立水文気象センター（NCHM）

1) 一般気象

(a) 気温

月間平均気温は、観測所の標高によっても左右されるが、最高気温 17～31℃、最低気温 3～21℃の月別変化を示す（図 2.2.7 参照）。

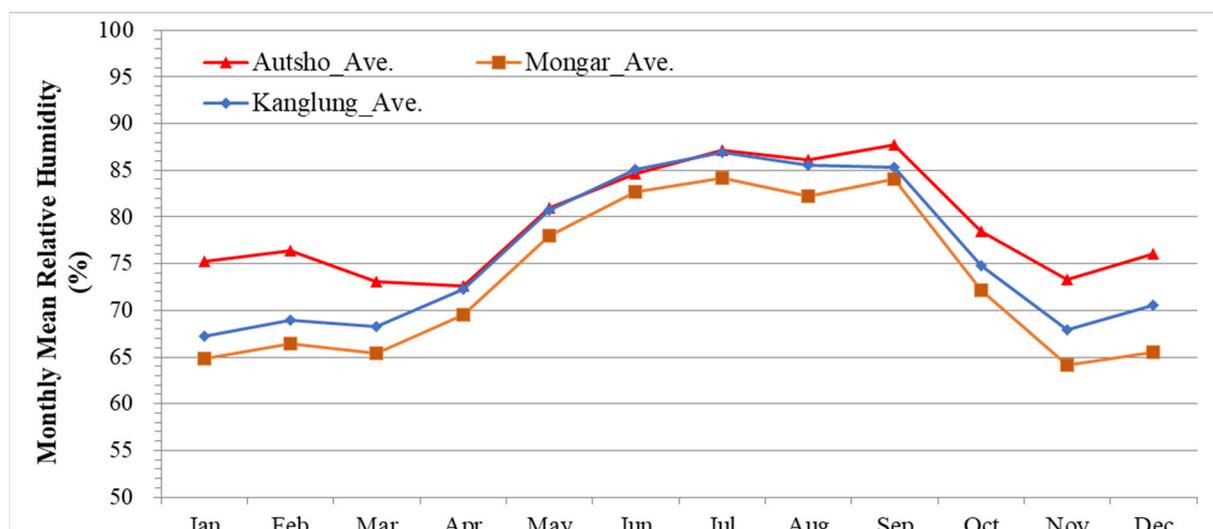


出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.7 月間平均気温（2013-2022）

(b) 湿度

湿度は雨季に高く、乾季に低く、通年で 64～87% で推移する（図 2.2.8 参照）。



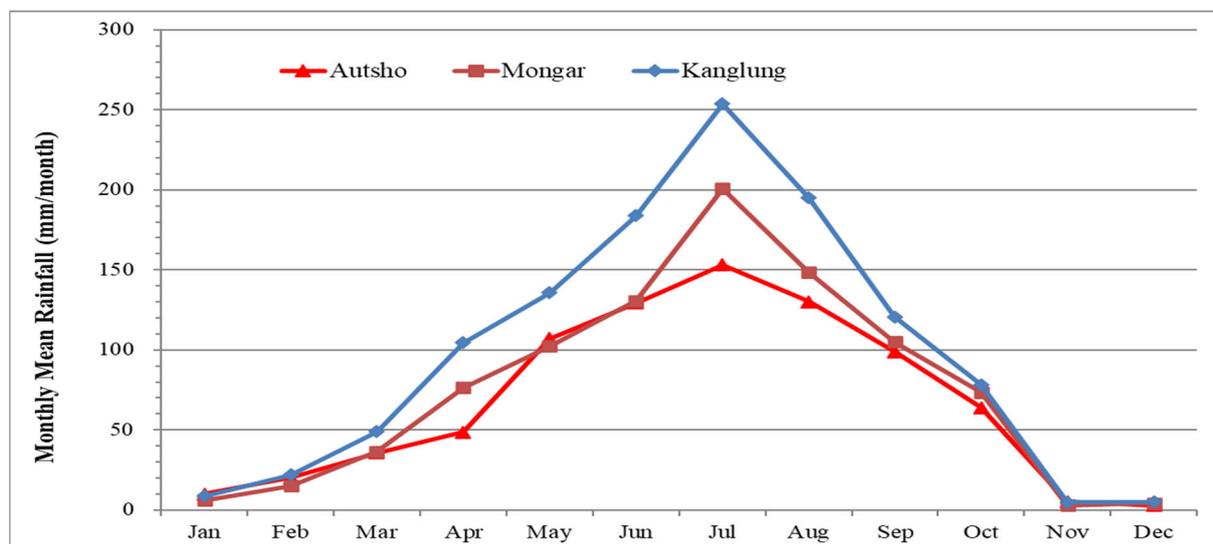
出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.8 月間相対湿度（2013-2022）

(c) 風速

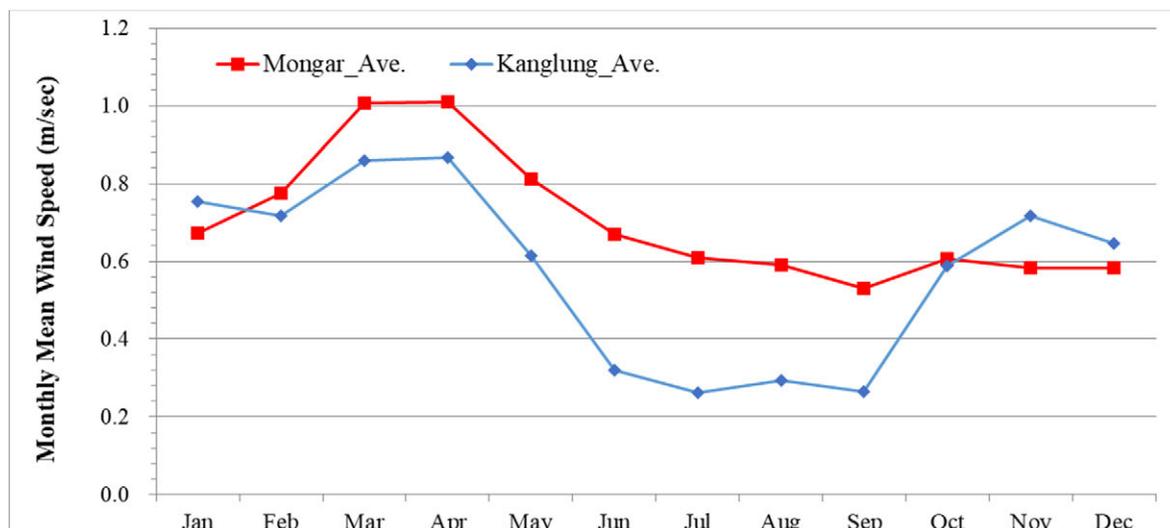
NCHM では、風速は 1 日の平均読み取り値しかデータしか取得していない。（図 2.2.10 参照。尚、Autsho 観測所では風速は計測していない。）

最大風速値は不明であるが、「ブ」国では、ベンガル湾で発生するサイクロンの残滓の影響はあるものの、強風が発生する地域ではない。「Compendium of Climate and Hydrological Extremes in Bhutan」によれば、1996 年 4 月に、ティンパー渓谷で 50-60 km/hr（13.9-16.7 m/sec）の強風が発生したと記録されている。



出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.9 3 観測所の月間平均降水量（-2022）



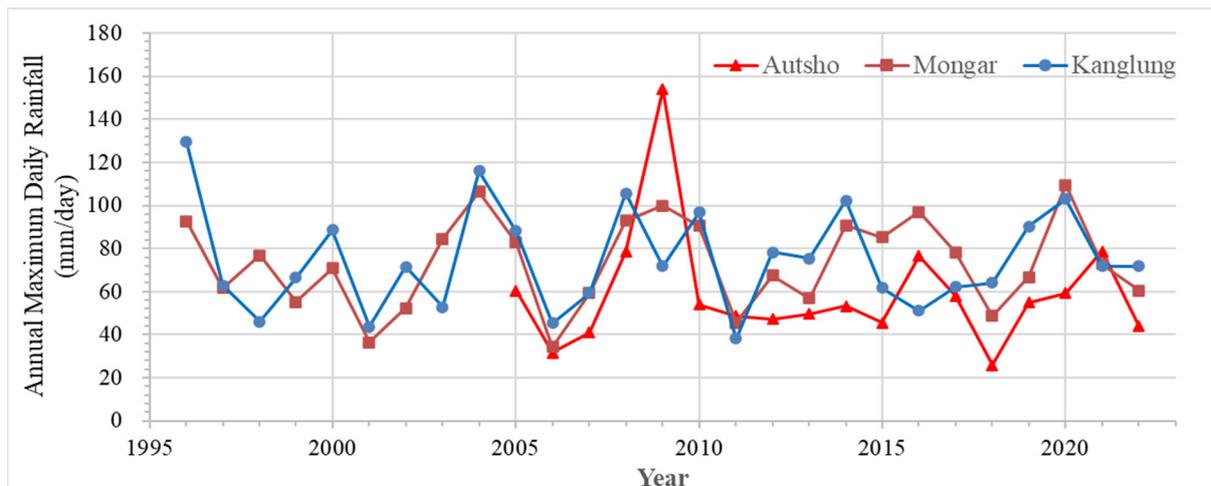
出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.10 月間平均風速（2013-2022）

## 2) 降雨の特性

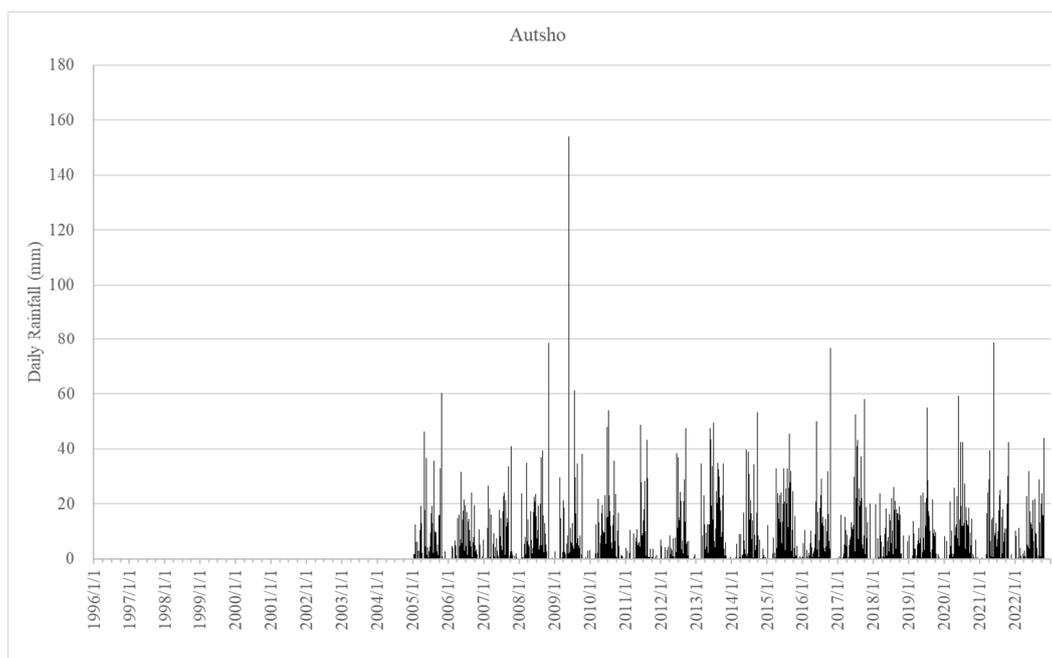
### (a) 年間、月間および日降雨量

前述した3観測所の月間平均降水量を図 2.2.9 に、年間降水量の変動を図 2.2.11 に示す。調査対象橋梁中、最も東に位置するローリン橋近傍の Kanglung 観測所での平均年間降水量は 1,162 mm、最も西方のナムリン橋近傍の Autsho 観測所では 806 mm である。モンスーンの影響により雨季（5～9月）の雨量は、年間総降水量の 76%以上を占め、7月に最も多く、8月がそれに続く。年間降水量は大きなバラツキを以て変動するが、気候変動に伴う降水量の微増を示す有意な年間変動の顕著な傾向は見られない。NCHM からの日降水量のデータは、Kanglung と Mongar 観測所は 27年間（1996-2022）、Autsho 観測所は 18年間（2005-2022）のデータを収集した。各観測所の日降水量を図 2.2.12～図 2.2.14 に示す。一方、時間雨量などの短時間降雨特性を把握するため、同データの入手を試みたが、近傍観測所には観測以来 5年間のデータしかなく、統計量としては、かなり信頼性に欠けるデータである。更に、日本の JAXA の衛星降雨量（GSMaP）の分布データから、各橋梁付近の 2000年3月以降の時間雨量を入手したが、観測所雨量と比べて 4～6割程度の年間雨量しかなく、信頼性に問題があると判断して採用しないこととした。



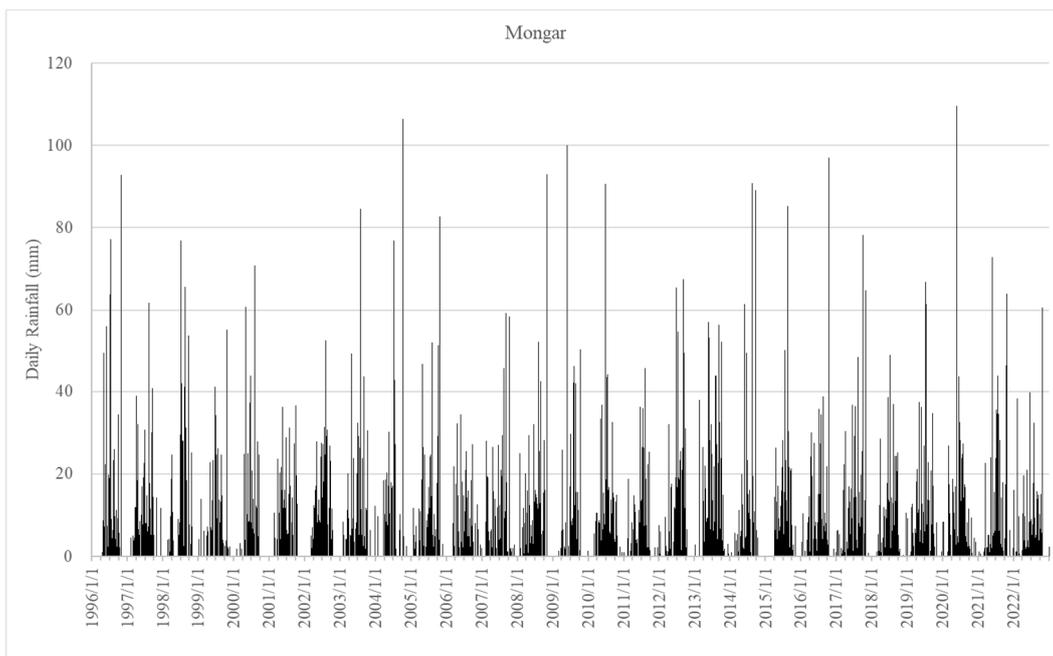
出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.11 3 観測所の年間降水量の変化（-2022）



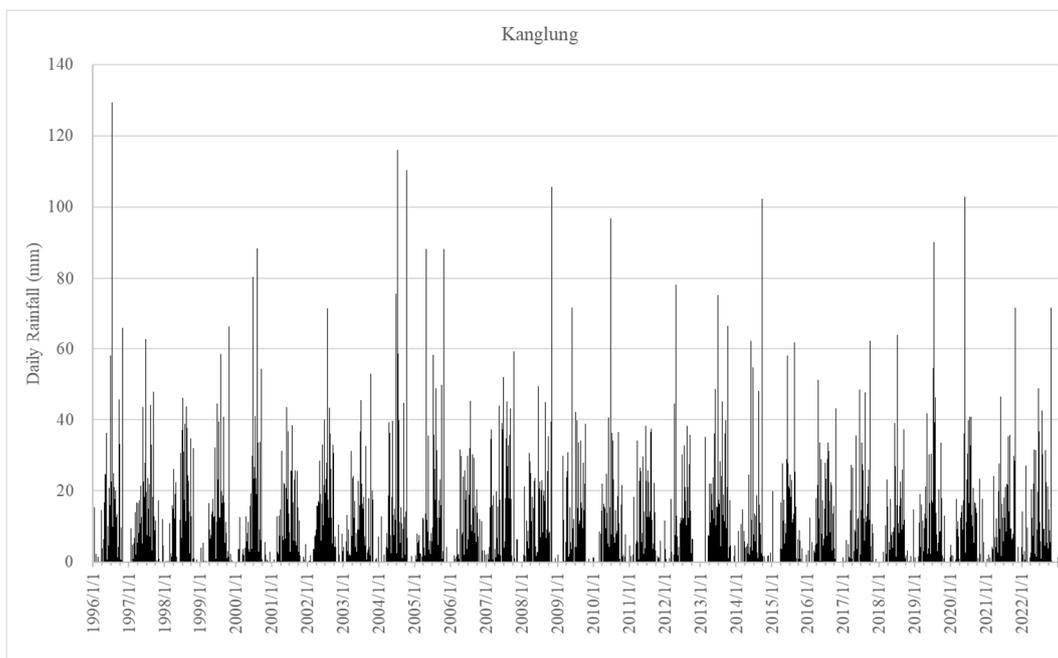
出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.12 Autsho 観測所の日雨量（2005-2022、ナムリン橋）



出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.13 Mongar 観測所の日雨量（1996-2022、パクダン橋とダーダリ橋）



出典：国立水文気象センター（NCHM）

図 2.2.14 Kanglung 観測所の日雨量（1996-2022、リビダン橋とローリン橋）

(b) 年間最大日降雨量（極値）

雨量統計解析上必要となる極値（年間最大日雨量）を表 2.2.7 に集計する。

表 2.2.7 年極値（年間最大日雨量）

年	Kanglung		Mongar		Autsho		備考
	ID	19116	ID	19001	ID	19016	
	経度 X	91.50160	経度 X	91.23570	経度 X	91.17000	
	緯度 Y	27.27800	緯度 Y	27.27930	緯度 Y	27.44000	
日最大 雨量	日付	日最大 雨量	日付	日最大 雨量	日付		
データ 数	27		27		18		年数
1996	129.4	1996/7/12	92.8	1996/10/29			
1997	62.8	1997/6/17	61.8	1997/8/10			
1998	46.2	1998/7/6	76.8	1998/7/5			
1999	66.5	1999/10/19	55.2	1999/10/18			
2000	88.5	2000/8/2	70.8	2000/8/2			
2001	43.6	2001/5/29	36.6	2001/10/1			
2002	71.6	2002/7/23	52.4	2002/8/5			ナムリン橋、流出
2003	52.9	2003/10/9	84.6	2003/7/26			
2004	116.0	2004/7/9	106.4	2004/10/7			ダーダリ橋、流出
2005	88.2	2005/4/23	82.8	2005/10/20	60.4	2005/10/22	
2006	45.4	2006/7/25	34.4	2006/5/28	31.6	2006/5/13	
2007	59.2	2007/10/9	59.2	2007/9/6	41.0	2007/10/10	
2008	105.6	2008/10/27	93.0	2008/10/28	78.6	2008/10/28	
2009	71.8	2009/5/25	100.0	2009/5/26	154.0	2009/5/26	サイクロン Aila
2010	96.8	2010/6/26	90.6	2010/6/26	54.0	2010/7/11	
2011	38.2	2011/6/16	45.6	2011/8/6	48.8	2011/6/1	
2012	78.2	2012/4/19	67.4	2012/9/2	47.4	2012/9/13	
2013	75.4	2013/6/25	57.0	2013/5/23	49.6	2013/6/27	
2014	102.4	2014/9/21	90.8	2014/8/14	53.4	2014/9/21	
2015	61.8	2015/8/19	85.2	2015/8/19	45.6	2015/8/19	
2016	51.2	2016/4/17	97.0	2016/10/12	76.6	2016/10/12	ナムリン橋、流出
2017	62.2	2017/9/29	78.2	2017/9/29	58.2	2017/9/29	
2018	64.2	2018/7/3	48.8	2018/7/3	26.0	2018/7/30	
2019	90.2	2019/7/10	66.8	2019/7/7	55.0	2019/7/8	
2020	103.0	2020/5/21	109.6	2020/5/21	59.4	2020/5/21	
2021	71.8	2021/10/19	72.8	2021/5/26	78.8	2021/5/26	
2022	71.8	2022/10/24	60.6	2022/10/24	44.0	2022/10/24	
2023							
Max	129.4	1996/7/12	109.6	2020/5/21	154.0	2009/5/26	
Average	74.6		73.2		59.0		
Min	38.2		34.4		26.0		

出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

(c) 降雨強度曲線（IDF カーブ）

降雨強度曲線、IDF カーブ、すなわち降雨強度（Intensity）－降雨継続時間（Duration）－降雨頻度（Frequency）曲線は、降雨継続時間毎の極値を統計処理して求めるが、今回の降雨データは日雨量しかないため、短時間雨量分布については、日本の物部式を用いて類推した。

水文統計計算から求められる各観測所や橋梁流域での確率降雨量を表 2.2.9 に示す。JAXA の時間雨量から推定した継続時間毎の確率量も参考データとして併記するが設計値としては採用しない。各観測所データから推定した降雨強度曲線（IDF カーブ）を図 2.2.15～図 2.2.17 に、降雨強度式の定数を表 2.2.8 に示す。各橋梁流域の流出解析は、この降雨強度式の計画降雨波形を使用する。

表 2.2.8 各観測所の降雨強度式の定数

確率年 (頻度) (年, %)		降雨強度式, $I = a / t^{2/3}$ (物部式)						備考
		Autsho (ナムリン用)		Mongar (パクダン, ダーダリ用)		Kanglung (リビダン, ローリン用)		
		式中 t の単位が下段の時の係数 a の値						
		時間	分	時間	分	時間	分	
1.1	90.9%	12.379	189.727	18.686	286.392	18.216	279.187	
2	50.0%	21.546	330.221	27.227	417.279	27.618	423.283	
3	33.3%	25.542	391.462	30.948	474.318	31.693	485.725	
5	20.0%	29.969	459.308	35.022	536.759	36.237	555.372	
10	10.0%	35.532	544.565	40.193	616.013	41.917	642.430	
20	5.0%	40.859	626.219	45.169	692.264	47.402	726.487	
25	4.0%	42.544	652.037	46.736	716.280	49.125	752.904	
30	3.33%	43.915	673.051	48.028	736.093	50.536	774.519	
50	2.0%	47.754	731.890	51.593	790.730	54.453	834.559	
80	1.25%	51.280	785.926	54.845	840.563	58.057	889.796	
100	1.0%	52.925	811.143	56.373	863.979	59.742	915.613	
150	0.667%	55.942	857.374	59.193	907.208	62.837	963.045	
200	0.5%	58.096	890.396	61.191	937.828	65.030	996.667	
300	0.33%	61.113	936.627	63.973	980.457	68.086	1043.499	
400	0.25%	63.228	969.049	65.971	1011.077	70.280	1077.121	
500	0.2%	64.874	994.266	67.498	1034.493	71.964	1102.939	

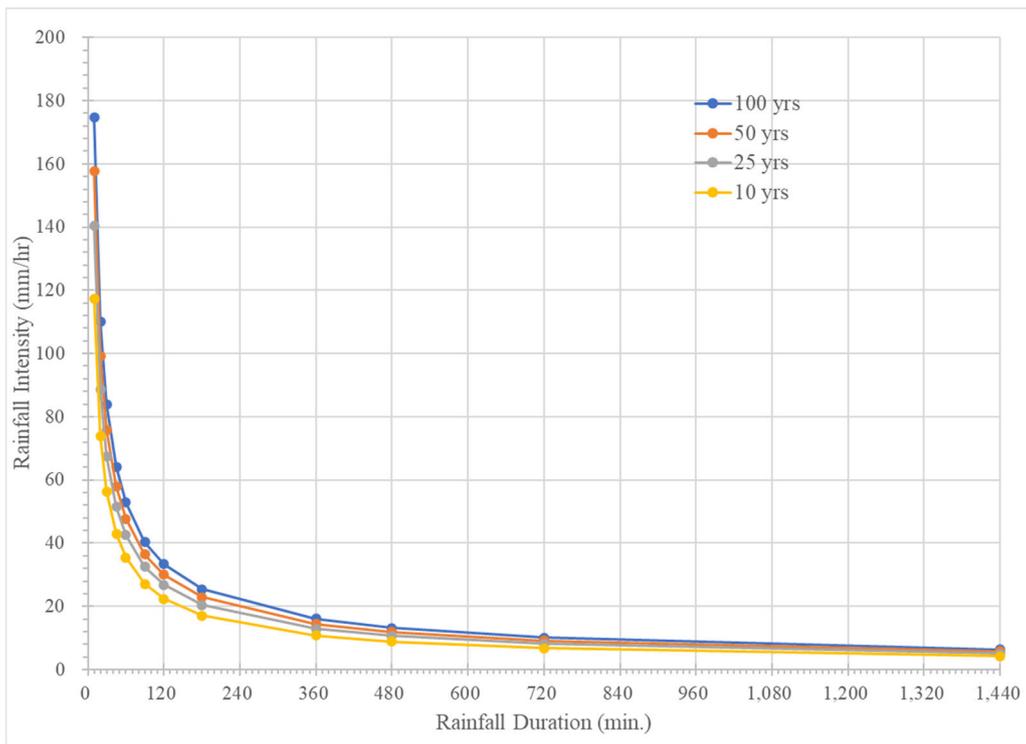
出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

表 2.2.9 降雨継続時間毎の確率降雨量

観測機関	NCHM		JAXA										備考						
	16300046		GSMaP																
	17480046	16400046	ナムリン (24時間雨量)	ナムリン (6時間雨量)	ナムリン (1時間雨量)	ナムリン (24時間雨量)	ナムリン (6時間雨量)	ナムリン (1時間雨量)	ナムリン (24時間雨量)	ナムリン (6時間雨量)	ナムリン (1時間雨量)	ナムリン (24時間雨量)		ナムリン (6時間雨量)	ナムリン (1時間雨量)				
観測所ID	Kanglung (日雨量)	Mongar (日雨量)	Autsho (日雨量)	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas
観測所名称	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas	Manas
河川名	91.5016	91.2357	91.17	91.1088	91.3748	91.4977	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748	91.3748
経度 (X)	27.278	27.2793	27.44	27.3504	27.2732	27.3097	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732	27.2732
緯度 (Y)	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
降雨継続時間 (分)	27	27	18	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
極値のデータ数	46.5	47.7	31.6	17	19.8	13.6	17.9	12	19.8	13.6	17.9	12	19.8	13.6	17.9	12	19.8	13.6	17.9
(Year)	90.90%	69.5	55	23.8	44.3	29.1	13.8	43	44.3	29.1	13.8	43	44.3	29.1	13.8	43	44.3	29.1	13.8
(%)	70.5	79	65.2	26.7	54.8	35.8	20.4	53.9	54.8	35.8	20.4	53.9	54.8	35.8	20.4	53.9	54.8	35.8	20.4
1.1	80.9	89.4	76.5	29.9	66.6	43.2	27.8	66	66.6	43.2	27.8	66	66.6	43.2	27.8	66	66.6	43.2	27.8
2	92.5	102.6	90.7	34	81.4	52.5	37.1	81.2	81.4	52.5	37.1	81.2	81.4	52.5	37.1	81.2	81.4	52.5	37.1
3	107	115.3	104.3	37.9	95.6	61.5	46	95.7	95.6	61.5	46	95.7	95.6	61.5	46	95.7	95.6	61.5	46
4	121	119.3	108.6	39.2	100.1	64.4	48.8	100.4	100.1	64.4	48.8	100.4	100.1	64.4	48.8	100.4	100.1	64.4	48.8
5	125.4	122.6	112.1	40.2	103.7	66.7	51.1	104.1	103.7	66.7	51.1	104.1	103.7	66.7	51.1	104.1	103.7	66.7	51.1
20	129	131.7	121.9	43	113.9	73.1	57.5	114.6	113.9	73.1	57.5	114.6	113.9	73.1	57.5	114.6	113.9	73.1	57.5
25	139	140	130.9	45.5	123.3	79	63.4	124.2	123.3	79	63.4	124.2	123.3	79	63.4	124.2	123.3	79	63.4
30	148.2	143.9	135.1	46.8	127.7	81.8	66.2	128.8	127.7	81.8	66.2	128.8	127.7	81.8	66.2	128.8	127.7	81.8	66.2
40	152.5	151.1	142.8	49	135.7	86.9	71.2	137	135.7	86.9	71.2	137	135.7	86.9	71.2	137	135.7	86.9	71.2
50	160.4	156.2	148.3	50.5	141.4	90.5	74.8	142.8	141.4	90.5	74.8	142.8	141.4	90.5	74.8	142.8	141.4	90.5	74.8
80	166	163.3	156	52.8	149.4	95.6	79.8	151.1	149.4	95.6	79.8	151.1	149.4	95.6	79.8	151.1	149.4	95.6	79.8
100	173.8	168.4	161.4	54.3	155.1	99.2	83.4	156.9	155.1	99.2	83.4	156.9	155.1	99.2	83.4	156.9	155.1	99.2	83.4
150	179.4	172.3	165.6	55.5	159.5	101.9	86.2	161.4	159.5	101.9	86.2	161.4	159.5	101.9	86.2	161.4	159.5	101.9	86.2
200	183.7	0.991	0.963	0.977	0.979	0.877	0.81	0.985	0.979	0.877	0.81	0.985	0.979	0.877	0.81	0.985	0.979	0.877	0.81
300	0.994	0.989	0.976	0.988	0.974	0.973	0.862	0.985	0.974	0.973	0.862	0.985	0.974	0.973	0.862	0.985	0.974	0.973	0.862
400	0.026	0.053	0.097	0.042	0.041	0.127	0.181	0.035	0.041	0.127	0.181	0.035	0.041	0.127	0.181	0.035	0.041	0.127	0.181
500	0.026	0.053	0.097	0.042	0.041	0.127	0.181	0.035	0.041	0.127	0.181	0.035	0.041	0.127	0.181	0.035	0.041	0.127	0.181
X値-相関係数(99%)	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
P値-相関係数(99%)	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
標準最小二乗規準SLSC(99%)	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
確率分布モデル	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel

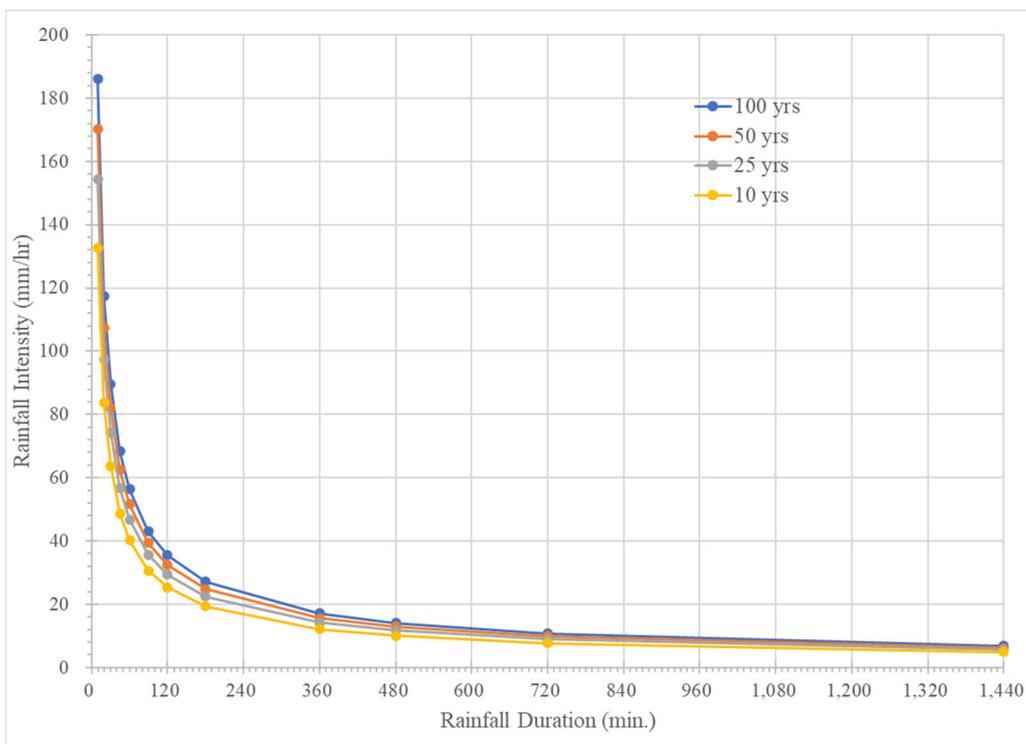
(三) 単位換算

出典：国立水文気象センター (NCHM)、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の (衛星全球降水マップ GSMaP) データより。但し、GSMaP の推定値は参考値とし採用しない。



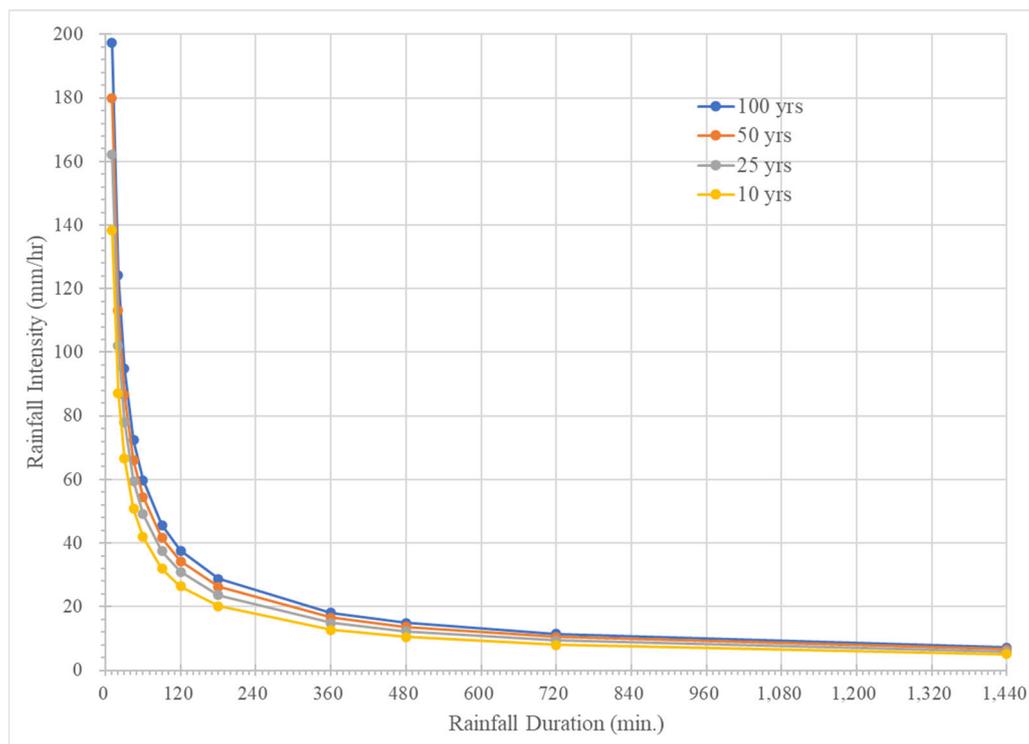
出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

図 2.2.15 Autsho 観測所の IDF カーブ（ナムリン橋）



出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

図 2.2.16 Mongar 観測所の IDF カーブ（パクダン橋とダーダリ橋）



出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

図 2.2.17 Kanglung 観測所の IDF カーブ（リビダン橋とローリン橋）

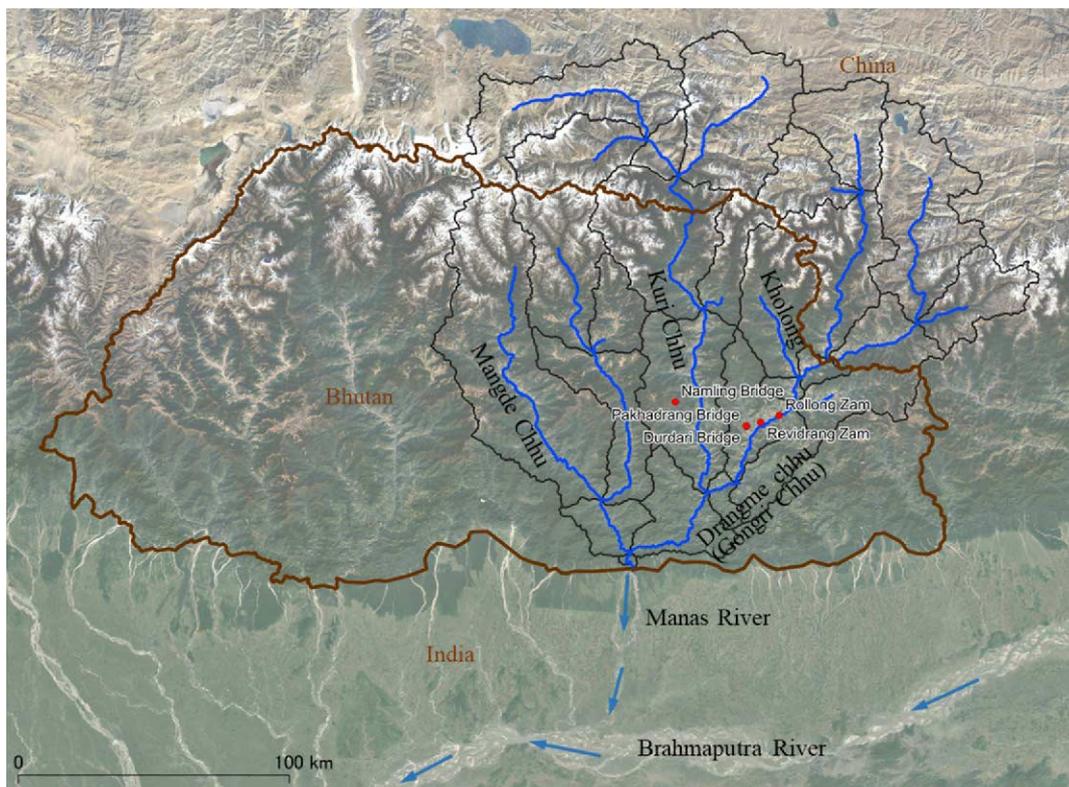
## (2) 水理・水文

水文データも気象データと同様に、国立水文気象センター（NCHM）より収集した。地形データは、広域データとしては解像度 30m の FAB DEM（Forest And Buildings Removed Copernicus DEM、英国ブリストル大学）、対象流域近傍では解像度 1m の AW3D（リモート・センシング技術センター）を使用した。更に、橋梁周辺は実測の河川測量および平板測量を行い、これらの結果と現地調査結果などを用いて、水理・水文解析を実施する。

### 1) 流域の概要

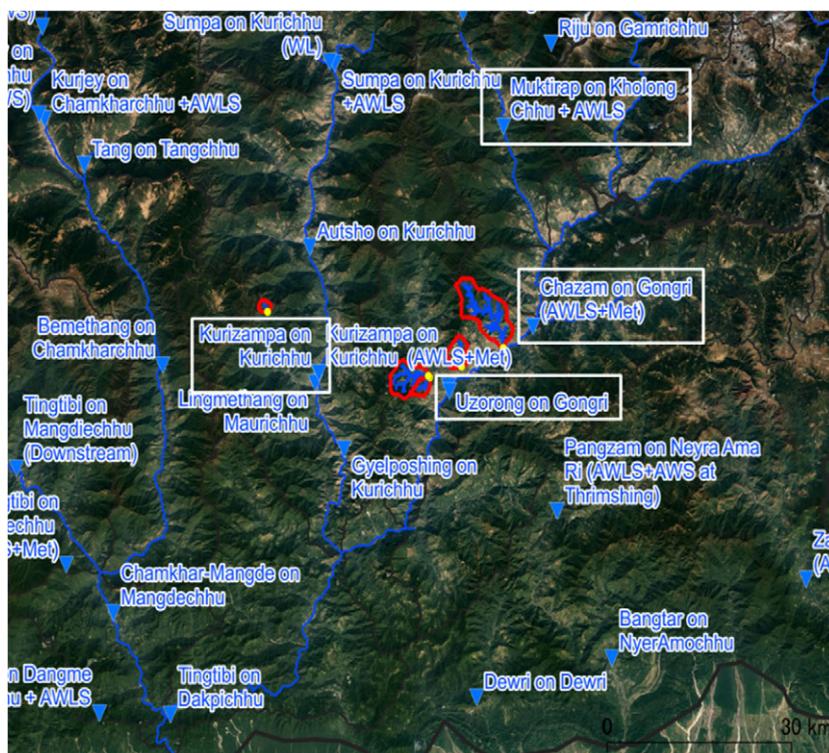
調査対象橋梁が位置する河川の流域は、国際河川である Manas 川の支流にあり、ナムリン橋の流域は Manas 川の支川の Kuri Chhu へ流れ込む小支川、残り 4 橋は Manas 支川の Drangme Chhu (Gongri Chhu) に流れ込む小支川の流域である（図 2.2.18 参照）。ローリン橋は Gongri Chhu との合流点付近にあり、Gongri Chhu からの背水の影響を受ける可能性がある。

「ブ」国の水文観測所は、対象橋梁のような小河川流域にはなく、ある程度の規模の流域を持つ大河川にのみ設置されている。本調査においては、流域の比流量を算出して参考値を得る事、ローリン橋との合流部の Gongri Chhu の流出量を推定することを目的に、対象橋梁の流域近傍の 4 か所の観測所の水文データを収集した。収集データ項目は、NCHM への聴き取り結果から収集可能な日水位、日流出量のみとした（図 2.2.19 参照）。



出典：HEC-HMS による流域界解析より、Google Earth 画像

図 2.2.18 Manas 川流域図と対象橋梁位置

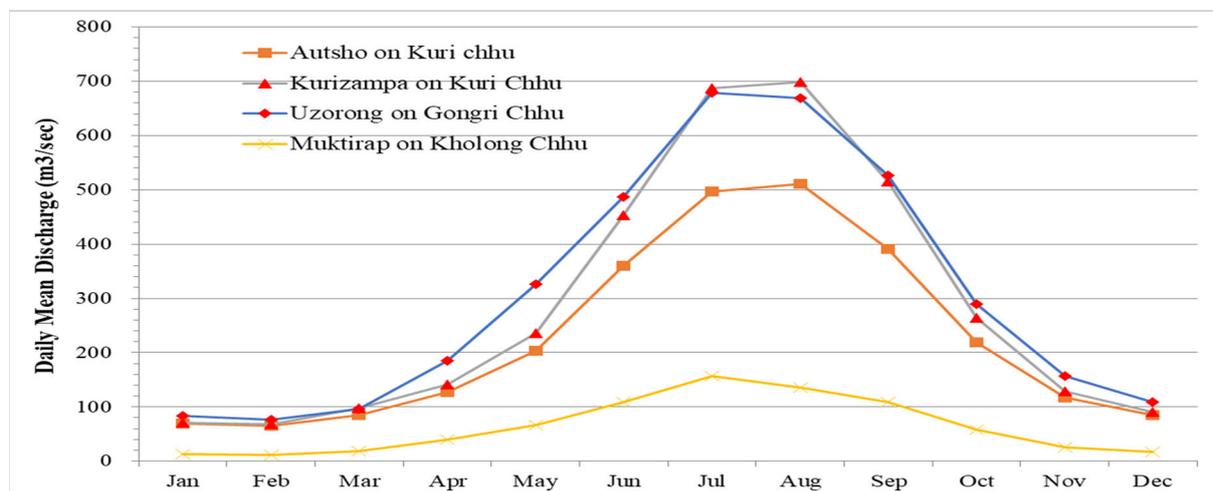


出典：国立水文気象センター（NCHM）、Google Earth 画像

図 2.2.19 収集した水文観測所の位置

(a) 各水文観測所での流量

NCHM から収集した水文データは、Kuri Chhu の Autsho 観測所は 32 年間（1990-2022、2005 年は欠測）、Kuri Chhu の Kurizampa 観測所と Gongri Chhu の Uzonrong 観測所は 31 年間（1992-2022）、Gongri Chhu の支川 Kholong Chhu の Muktirap 観測所は 22 年間（2001-2022）の日データである。収集した 4 観測所での月間平均流量を図 2.2.20 に示す。



出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

図 2.2.20 4 観測所の月間平均流出量（-2022）

各観測所の日流出量は、1 年間の日流量データを大きな流量から順に並べ替えて、流況曲線を作成し、豊水量、平水量、低水量、渴水量等の河川流況値を求める。調査対象 5 橋梁の平水量と低水量については、各流域面積に表 2.2.10 の面積当たり流況値を乗じて求める。

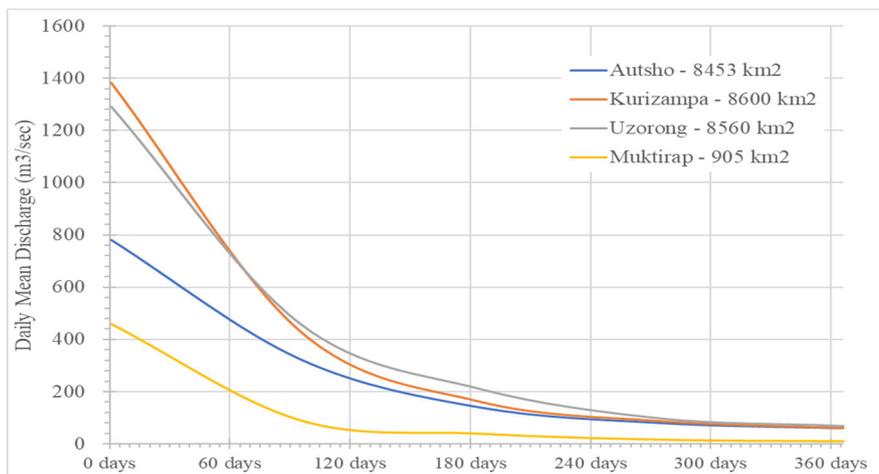
表 2.2.10 各観測所の流況と流域面積当たり流況

観測所 (流域面積; km <sup>2</sup> )	河川名	項目	年間最大 流量	豊水量	平水量	低水量	渇水量	年間最小 流量	河況係数	備考	
			1-day	95-day	185-day	275-day	355-day	365-day	Max/Min		
Autsho (8453)	Kuri Chhu	Ave.	781.1	326.2	140.8	81.4	63.6	61.4	13.6	1990- 2004, 05-22	
		Max.	1175.9	447.2	178.1	94.2	88.3	88.3	23.8		
		Min.	88.3	88.3	88.3	57.0	40.1	38.6	1.0		
Kurizampa (8600)		Ave.	1381.4	433.3	162.2	88.1	64.2	60.7	23.0		1992- 2022
		Max.	3711.6	550.1	202.8	132.9	109.9	96.9	62.8		
		Min.	938.3	356.4	130.0	71.5	50.7	47.8	10.7		
Uzorong (8560)	Gongri Chhu	Ave.	1291.5	462.0	210.8	97.9	72.0	68.6	19.6	1992- 2022	
		Max.	3332.7	616.8	245.1	126.6	102.6	100.0	38.4		
		Min.	735.4	360.5	166.5	67.6	46.5	33.7	9.8		
Muktirap (905)	Kholong Chhu	Ave.	459.3	91.6	39.4	16.7	11.1	10.5	44.7	2001- 2022	
		Max.	958.4	119.1	51.3	22.2	15.3	14.4	99.9		
		Min.	193.4	74.4	31.3	13.4	8.9	8.3	19.5		

(面積当たり流況値)

観測所	河川名	流域 面積 (km <sup>2</sup> )	年間最大 流量	豊水量	平水量	低水量	渇水量	年間最小 流量	備考
			1-day	95-day	185-day	275-day	355-day	365-day	
Autsho	Kuri Chhu	8,453	0.0924	0.0386	0.0167	0.0096	0.0075	0.0073	
Kurizampa		8,600	0.1606	0.0504	0.0189	0.0102	0.0075	0.0071	ナムリン橋用
Uzorong	Gongri Chhu	8,560	0.1509	0.0540	0.0246	0.0114	0.0084	0.0080	他4橋用
Uzorong	Kholong Chhu	905	0.5075	0.1012	0.0436	0.0185	0.0122	0.0116	

出典：JICA 調査団



出典：国立水文気象センター（NCHM）のデータより

図 2.2.21 各観測所の流況曲線 (-2022)

(b) 各橋梁の流域および河道特性

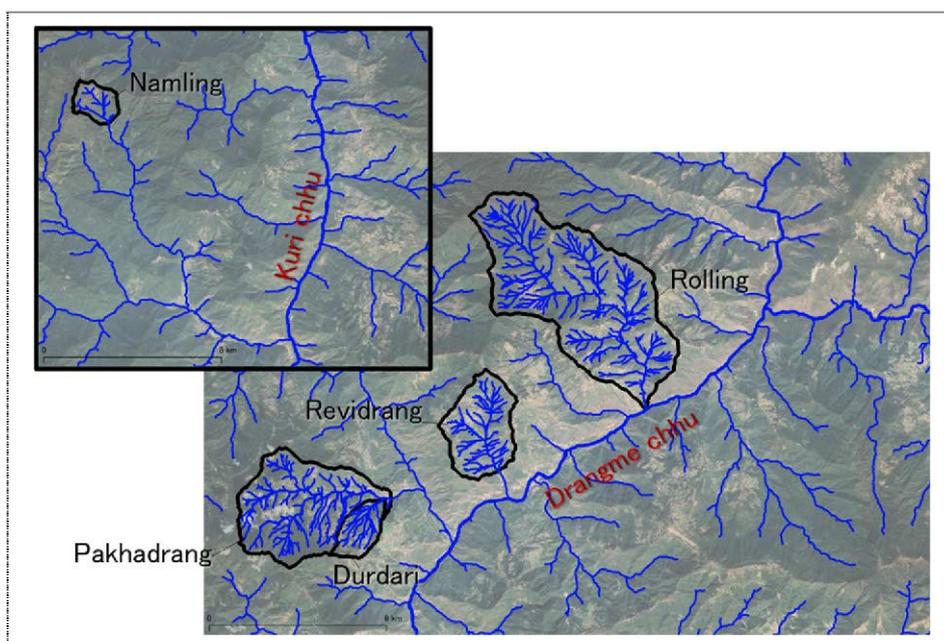
今回の5橋梁の対象流域は、比較的小流域の山地河川のものである（表2.2.11、図2.2.22参照）。各流域の橋梁位置付近から最遠点までの河川縦断を図2.2.23に示すが、ナムリン、ダーダリ、リビダン、パクダン、ローリン橋の順に、非常に急勾配の河道形状をもつ。このような急流河川では、洪水の到達時間が短く、洪水波形も鋭く流れのエネルギーも大きいため、土砂移動し易く、

侵食・洗掘による河道の変化を伴う洪水の危険性の高い河川である。また、周辺の斜面や不安定な河道の崩壊に伴う土石流のリスクも高い河川でもある。なお、流域の一部では、比較的高高度の標高を持つ地域があり、春の残雪からの融雪洪水も懸念されるが、雨季の流出量に比べれば小さい。ただし、春の融雪災害としては、斜面崩壊は懸念される。

表 2.2.11 対象流域の概要

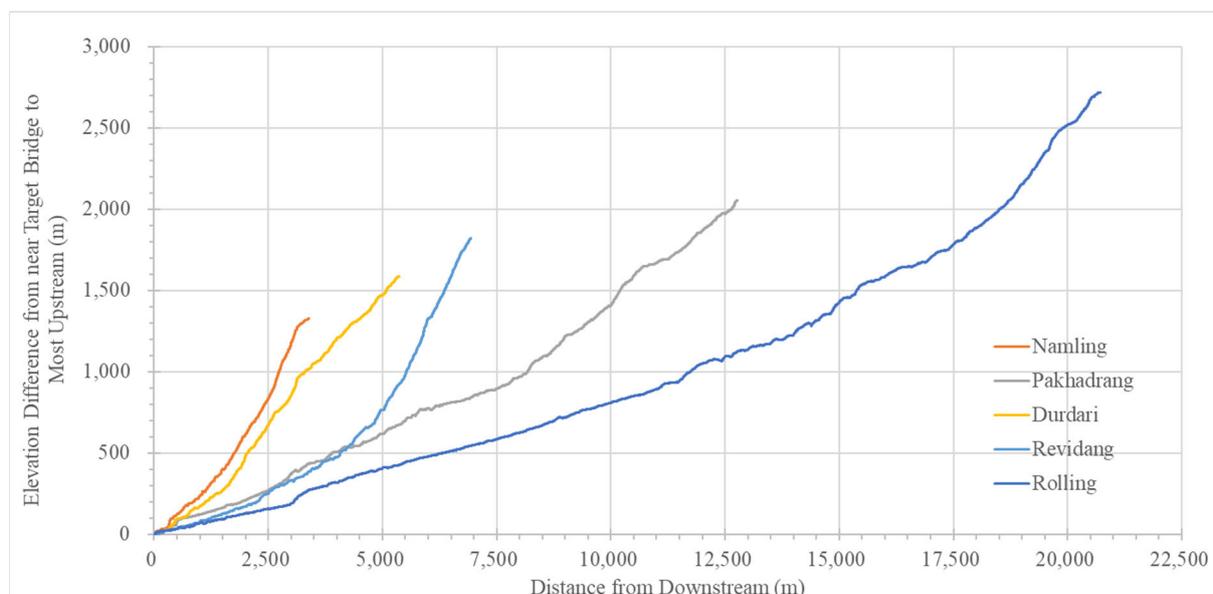
橋梁名	下流河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	最大高度 (m)	最低高度 (m)	最長流路長 (km)
ナムリン	Kuri Chhu – Manas	2.50	3,424	2,160	2.589
パクダン	Drangme Chhu - Manas	21.33	2,919	982	10.467
ダーダリ	Drangme Chhu - Manas	3.94	2,440	955	4.215
リビダン	Drangme Chhu - Manas	11.17	2,612	793	5.474
ローリン	Drangme Chhu - Manas	45.73	3,378	635	18.364

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団、Google Earth

図 2.2.22 対象流域図



出典：AW3D データおよび地形測量結果より

図 2.2.23 各橋梁の測量範囲下流点から最上流点までの河川縦断面図

## 2) 流出解析

流出解析は、対象橋梁の流域について、表 2.2.8 の降雨強度曲線から 24 時間中央集中型ハイエトグラフを求めて、米国陸軍工兵隊 (USACE) のソフトウェア HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System) を用いた解析を行う。ローリン橋のみは、Manas 川 (Gongri Chhu) の流域が橋梁下流で合流する事より、ローリン橋流域の流量は HEC-HMS の結果に、Manas 本川流域からの流量として、近傍観測所の流量統計解析結果の値を加算する。

### (a) 設計確率年および桁下余裕高 (フリーボード)

橋梁の桁下余裕高を決定する際の設計規模 (設計確率年) は、ブータン設計基準 (インド基準) より 100 年確率洪水量として、桁下余裕高は 100 年確率洪水位 (HFL) に対して表 2.2.12 の余裕を確保する (但し、参考まで、100 年確率洪水量に対する土石流量時も照査する)。

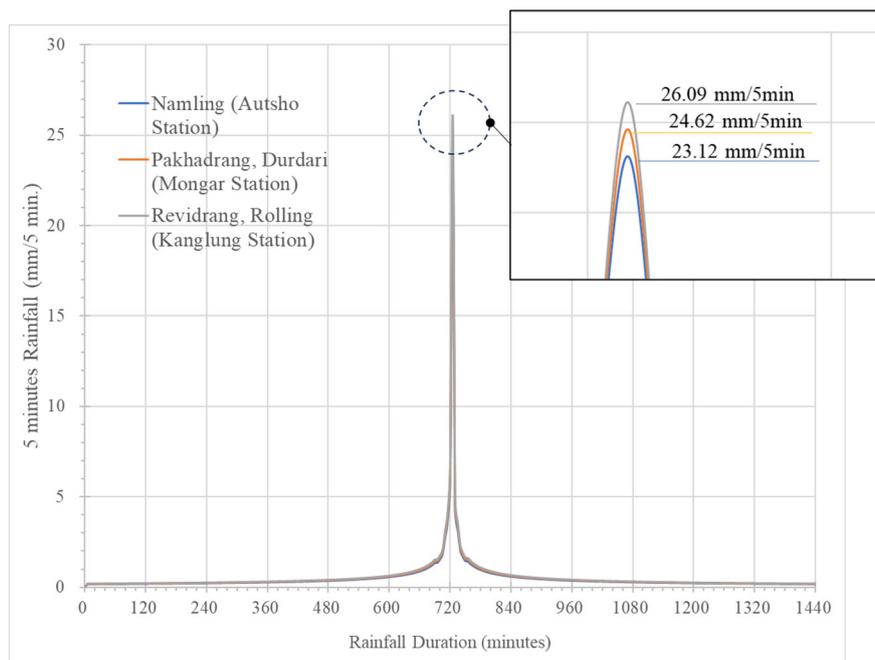
表 2.2.12 必要な桁下余裕高

流出量 (m <sup>3</sup> /s)	最小フリーボード (mm)	備考
Q < 0.3	150	
0.3 ≤ Q < 3.0	450	
3.0 ≤ Q < 30.0	600	
30.0 ≤ Q < 300	900	ナムリン, パクダン, ダーダリ, リビダン
300 ≤ Q < 3000	1200	ローリン
Q ≥ 3000	1500	

出典：IRC-5 (Indian Roads Congress, Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridges)

### (b) 計画ハイエトグラフ

各降雨観測所の計画ハイエトグラフを図 2.2.24 に示す。計画ハイエトグラフは、下図の 100 年確率降雨の他、1.1, 5, 10, 25, 50 年確率のハイエトグラフもそれぞれ算出する。



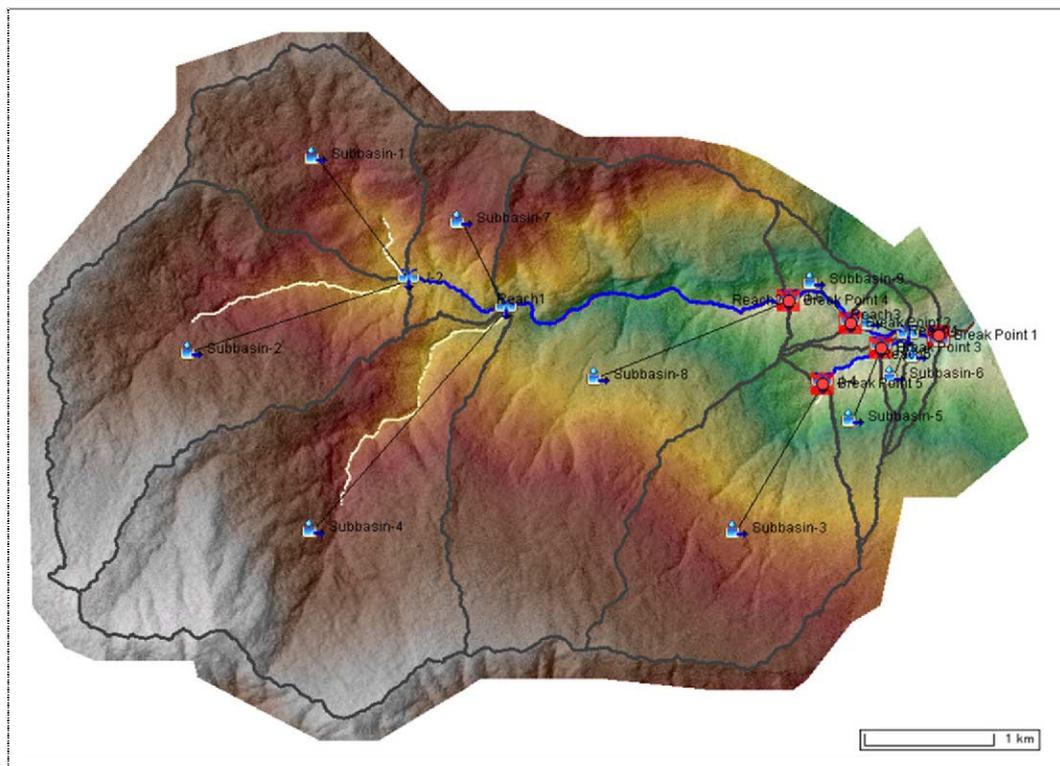
出典：JICA 調査団

図 2.2.24 計画ハイエトグラフ（100 年確率洪水, 3 観測所）

### (c) HEC-HMS による流出解析

HEC-HMS を用いて流出解析を行う。流出モデルは、米国土壌保全局によって考案された Soil Conservation Service - Curve Number 法（SCS-CN 法）による降雨流出モデルを用いた SCS 単位図法が、実務的なモデルとして海外において広く利用されており、本検討でも採用する。流域は、図 2.2.25 に示す通り小流域に分割され、各橋梁位置と測量実施範囲を含めた位置までの流域と河道をモデル化する。

流出解析から求められた 1.1 年から 100 年確率ピーク洪水量と、表 2.2.10 から求めた平水量と低水量の結果を表 2.2.13 に示す。また、結果となる時間流量曲線の中で、各橋梁位置での 100 年確率洪水量のみを図 2.2.26 に示す。参考として、100 年確率洪水量に対する土石流量を勘案する場合は、日本の基準を参照して、表 2.2.14 に示す係数  $Kq$  を乗じて求める。



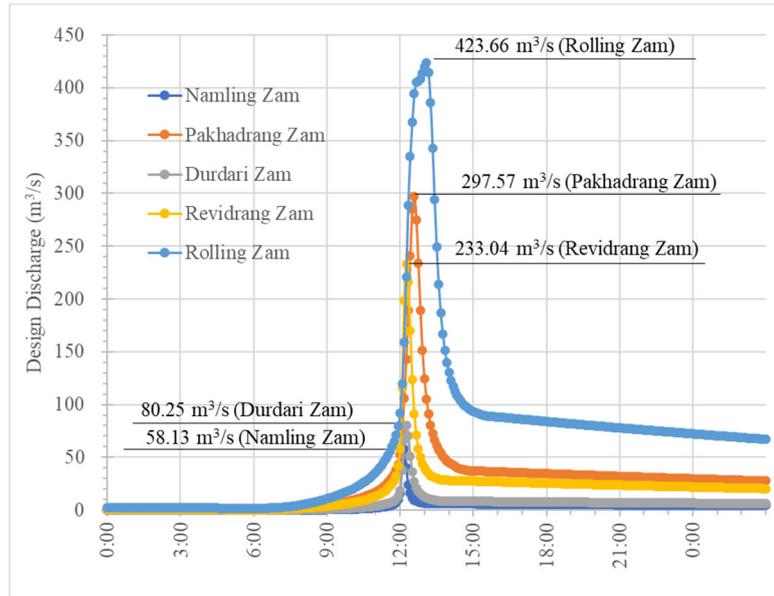
出典：JICA 調査団

図 2.2.25 HEC-HMS の流出モデル (パクダン, ダーダリ流域のみ)

表 2.2.13 HEC-HMS による洪水流出解析および平水量、低水量の結果

河川 / 橋梁	計算河川 区間	河川 測点	流域 面積 (km <sup>2</sup> )	平水量	低水量	1.1 年 確率 洪水	5 年 確率 構造	10 年 確率 洪水	25 年 確率 洪水	50 年 確率 洪水	100 年 確率 洪水	100 年 確率 土石流	備考
ナムリン	区間 1	1133.93	1.62	0.04	0.02	0.17	12.25	17.92	25.65	31.70	37.88	99.92	
ナムリン橋	区間 1	597.63	<b>2.50</b>	<b>0.06</b>	<b>0.03</b>	<b>0.26</b>	<b>18.71</b>	<b>27.42</b>	<b>39.31</b>	<b>48.61</b>	<b>58.13</b>	<b>153.33</b>	橋梁位置
	区間 1	502.50	2.87	0.07	0.03	0.29	20.27	29.80	42.80	52.97	63.40	167.22	
ダーダリ橋	上流	1227.25	<b>3.94</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>5.83</b>	<b>33.76</b>	<b>44.37</b>	<b>58.49</b>	<b>69.35</b>	<b>80.25</b>	<b>211.64</b>	Bridge
	上流	590.06	4.05	0.10	0.05	5.79	33.00	43.43	57.32	68.00	78.74	207.65	
パクダン橋	上流	1568.47	<b>21.33</b>	<b>0.53</b>	<b>0.24</b>	<b>22.13</b>	<b>125.35</b>	<b>164.66</b>	<b>216.96</b>	<b>257.16</b>	<b>297.57</b>	<b>595.15</b>	Bridge
	上流	851.88	21.55	0.53	0.25	22.01	122.97	161.81	213.52	253.31	293.31	586.63	
リビダン橋	下流	285.17	25.87	0.64	0.30	24.66	135.07	177.40	233.71	277.01	320.53	641.06	
	区間 1	1488.08	<b>11.17</b>	<b>0.27</b>	<b>0.13</b>	<b>14.91</b>	<b>96.36</b>	<b>127.58</b>	<b>169.17</b>	<b>200.91</b>	<b>233.04</b>	<b>466.07</b>	Bridge
Drangeme	区間 1	888.05	11.59	0.29	0.13	15.15	95.87	127.06	168.63	200.38	232.51	465.03	
	下流	836.16	9058.61	223.1	103.6	908.9	1571.5	1781.8	2046.5	2242.4	2437.3	3284.6	
ローリン橋	上流	1032.39	9012.88	221.9	103.1	907.2	1568.6	1778.5	2042.7	2238.2	2432.8	2432.8	
	区間 1	1504.73	<b>45.73</b>	<b>1.13</b>	<b>0.52</b>	<b>28.32</b>	<b>175.70</b>	<b>232.29</b>	<b>307.71</b>	<b>365.32</b>	<b>423.66</b>	<b>847.31</b>	Bridge

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団（HEC-HMS 結果）

図 2.2.26 各橋梁位置での 100 年確率洪水のハイドログラフ（時間流量曲線）

表 2.2.14 洪水量に対する土石流量の割増係数  $K_q$

対象河川・橋梁	石材比重	水比重	内部摩擦角	渓床勾配		土石流濃度		容積土砂濃度	土石流の単位体積重量	$C_s/(C_s-C_d)$	
	$\sigma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (deg.)	$\tan \theta$	$\theta$ (deg.)	$C_d'$	$C_d$	$C_s$	$\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$K_q'$	$K_q$
ナムリン橋	2.60	1.2	35.0	0.2121	11.977	0.373	0.373	0.6	2.08	2.64	= 2.64
パクダン橋	2.60	1.2	35.0	0.0930	5.315	0.131	0.300	0.6	2.18	1.28	→ 2.00
ダーダリ橋	2.60	1.2	35.0	0.2121	11.976	0.372	0.372	0.6	2.08	2.64	= 2.64
リビダン橋	2.60	1.2	35.0	0.0696	3.983	0.095	0.300	0.6	2.18	1.19	→ 2.00
ローリン橋	2.60	1.2	35.0	0.0776	4.437	0.107	0.300	0.6	2.18	1.22	→ 2.00

出典：“砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）”（国土交通省, 国土技術政策総合研究所, 2016）

### 3) 水理解析

水理解析も水文解析と同様、USACE のソフトウェア、HEC-RAS（Hydrologic Engineering Center - River Analysis System）を用いた解析を行う。なお、水理解析は、ナムリン橋、ダーダリ橋を対象として実施する。

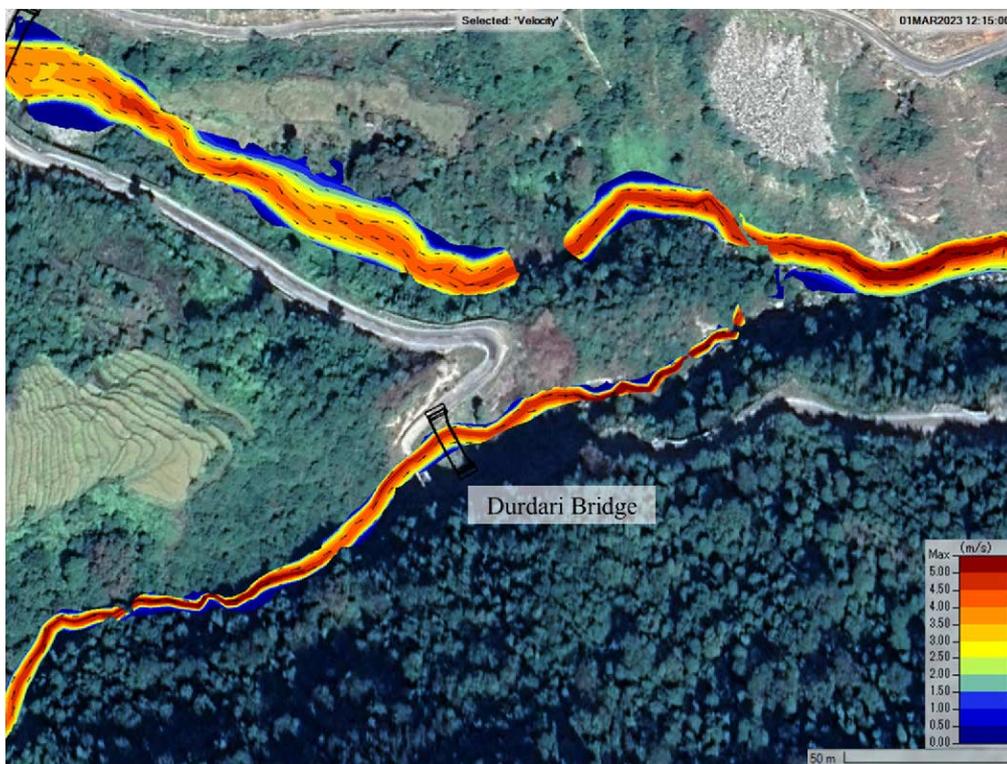
解析範囲は、河川断面測量範囲として、水理解析手法は、一次元定常流（ピーク値の一定量）および非定常流解析（時間的に変化する流れ）として、河道毎に HEC-HMS で求めた流出量（ピーク値およびハイドログラフ）を入力する。

水理解析から得られた設計水位を表 2.2.15 に示す。確保できた桁下余裕高を表 2.2.16 に示すが、100 年確率洪水水位に対して、必要な余裕高は確保できている。また、参考として 100 年確率土石流量時の値も示す。また、最大水位時の流速分布図を図 2.2.27～図 2.2.28 に示すが、渓床勾配が非常に急で、最大流速が 5 m/s を超える激流区間が多くあることが確認できる。



出典：JICA 調査団（HEC-RAS 結果）、Google Earth 画像

図 2.2.27 ナムリン橋の流速分布図（1次元非定常流解析、100年確率洪水）



出典：JICA 調査団（HEC-RAS 結果）、Google Earth 画像

図 2.2.28 ダーダリ橋の流速分布図（1次元非定常流解析、100年確率洪水）

表 2.2.15 各橋梁位置での設計水位

橋梁名	平水量	低水量 (LWL)	1.1年 確率洪水	5年 確率洪水	10年 確率洪水	25年 確率洪水	50年 確率洪水	100年 確率洪水 (HFL)	100年 確率 土石流
ナムリン	2170.55	2170.52	2170.63	2173.34	2173.57	2173.83	2174.01	2174.17	2175.34
ダーダリ	955.37	955.35	956.02	956.99	957.23	957.49	957.68	957.84	959.29

出典：JICA 調査団 (HEC-RAS 結果)

表 2.2.16 桁下余裕高

橋梁名	最低下面レベル (桁下) (m)	50年 確率 洪水水位	100年確率洪水水位 (HFL)	100年確率 土石流時 水位	備考
ナムリン	2199.87	25.86	25.70 > Fb 0.90	24.53	
ダーダリ	964.35	6.67	6.50 > Fb 0.90	5.05	

出典：JICA 調査団

#### 4) 護岸・護床材料の検討

橋梁建設に伴い橋梁付近の河川を改修する場合、河川の特長や、現地での材料調達などの容易性を勘案した上で、護岸・護床材料は選定する必要がある。

今回対象となる河川は、河床勾配も急で侵食も進み、河道では岩盤が露出している所が多い。また、過去の土石流被害によって多くの巨石が河床に存在する。

したがって、河道で露岩している部分には、なるべく護岸・護床材料は設置せず、土砂が河道に堆積している部分のみを河川改修する事が望まれる。水衝部となる露岩部分を掘削する場合は、貧配合のコンクリート等で埋め戻すことが望ましい。

また、護岸・護床の防護材料は急流に対しても流されることなく、かつ、河道洗掘等による地盤変化に対しても、個々に追従する柔軟性の高い材料が望ましい。よって、現地調達の観点からも、石材（捨石や布団籠工）を利用した護岸・護床工を設置するのが最適と考える。表 2.2.17 に、橋梁付近の水理要件（100年確率）から求めた、護床材料の必要捨石径を示す。

表 2.2.17 橋梁付近に必要な護床材料（捨石径）

項目	橋梁名	計算河川区間 (測点)	1.1年 確率 洪水	5年 確率 洪水	10年 確率 洪水	25年 確率 洪水	50年 確率 洪水	100年 確率 洪水 (HFL)	100年 確率 土石流	備考
捨石サイズ: $D_{50}$ (m, $=D_{30} * 1.2$ )	ナムリン	451.76	0.027	0.184	0.228	0.272	0.311	0.343	0.628	防護は不要（岩盤河床のため）
	ダーダリ	D 590.06	0.134	0.289	0.326	0.368	0.398	0.426	0.688	平均粒径 $D_{50}=0.6m$
水深: y (m)	ナムリン	451.76	0.10	0.66	0.80	0.95	1.08	1.20	2.19	
	ダーダリ	D 590.06	0.47	1.03	1.16	1.31	1.41	1.51	2.36	
平均流速: $V_{ave}$ (m/s)	ナムリン	451.76	0.98	2.54	2.82	3.08	3.29	3.46	4.68	
	ダーダリ	D 590.06	2.16	3.18	3.38	3.59	3.73	3.86	4.89	

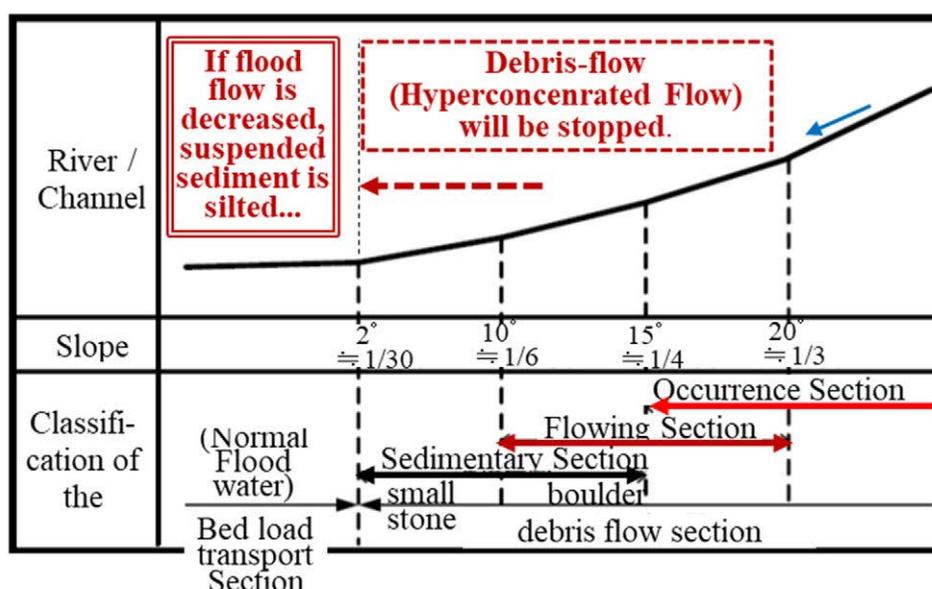
注：捨石の安息角 ( $\phi = 32 \text{ deg.}$ ), 捨石の比重 ( $S_g=2.65 \text{ t/m}^3$ )。計算は、米国 USACE 1994 (HEC-23)の式による。  
 $D_{50}$  は、石材の平均粒径を示す。

出典：JICA 調査団

### (3) 土石流リスク

土石流のリスクを整理するには、流域内溪流沿いの斜面自体の崩壊危険度、さらに斜面崩壊によって溪流内へダムアップされた砂礫体が決壊するリスクや、溪流自体に不安定に堆積している溪床土砂などの形状や量を把握して総合的に検討するなど、大規模な現地調査と解析が必要である。今調査では、解像度 1m の電子標高モデル (DTM、AW3D) を購入することによって、地形解析により流域界の抽出を行い、流域内山腹斜面の斜度や流域内溪流の河床勾配などを求めて、土石流のリスク評価を行う。

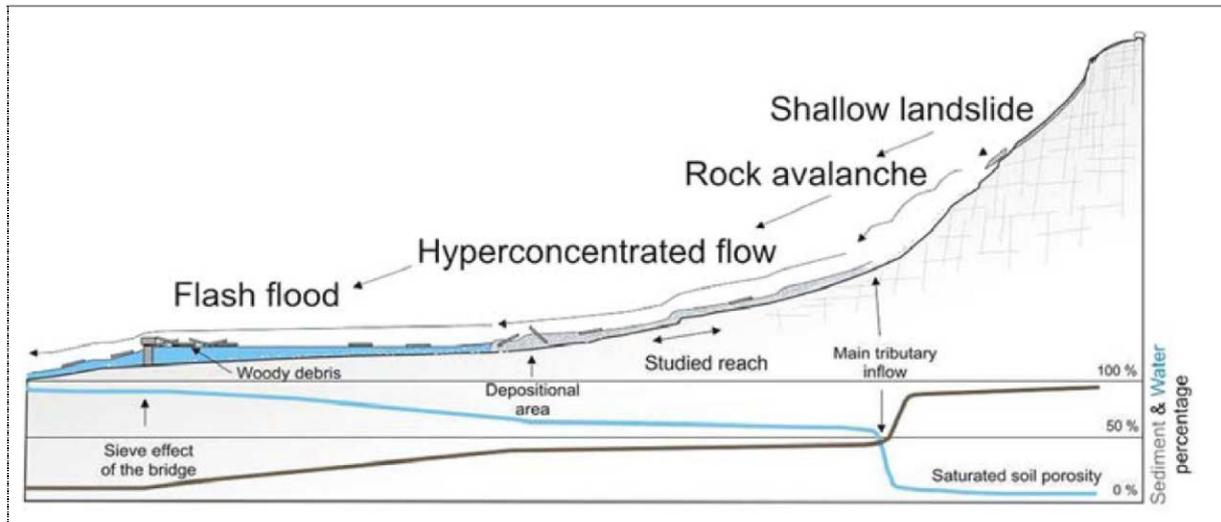
日本の基準によれば、土石流は、「溪床勾配 15 度以上の区間で発生し、おおむね 10 度で堆積を開始し、砂礫型土石流の場合は 3 度までに停止する」と示されている (図 2.2.29 参照)。一方、山腹斜面は、30 度以上の急斜面が特別警戒区域に指定され、勾配 45 度以上の斜面はリスクが高く、60-70 度以上はかなりの危険を潜むと判断されている。



出典：土石流・流木対策設計技術指針 解説 (国土交通省, 国土技術政策総合研究所, 2016)

図 2.2.29 溪床勾配による土砂移動形態の目安

なお、日本では、砂礫や土砂が停止する区間までを一律に土石流 (debris flow) と定義しているが、海外では、溪床勾配 14 度以下の堆積区間から、下層は集合流動で上層に水の層のある流れとなるため、掃流状集合流動 (hyperconcentrated flow) または土砂流 (sediment flow) と呼び、14 度以上で流れ全体に砂礫が分散するような流れに対して土石流 (debris flow) として区分をしている。



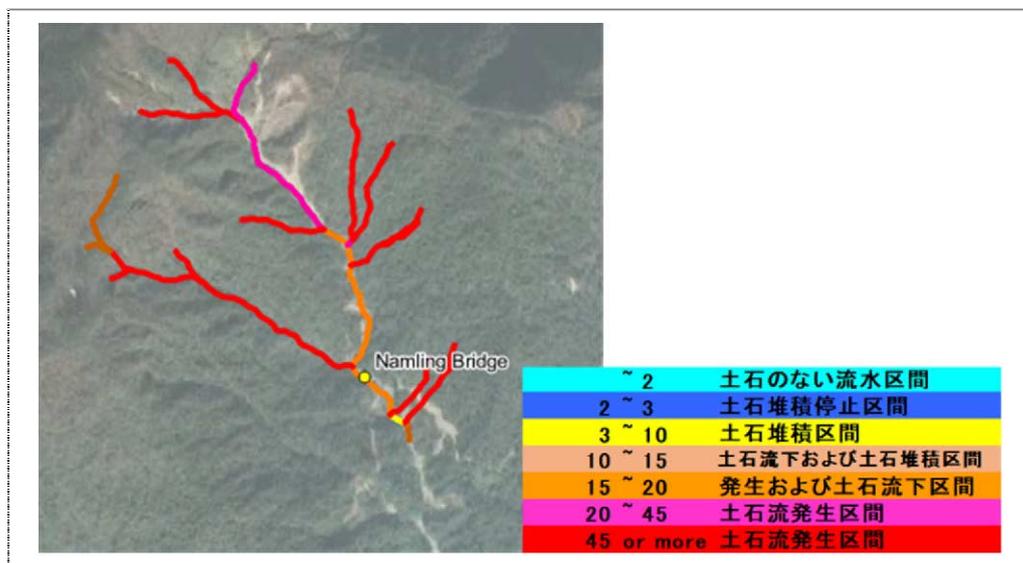
出典：Water Resources Research Vol.47 (American Geophysical Union, 2011)

図 2.2.30 流路沿いの異なるタイプの土砂移動のスキーム

1) 一次評価

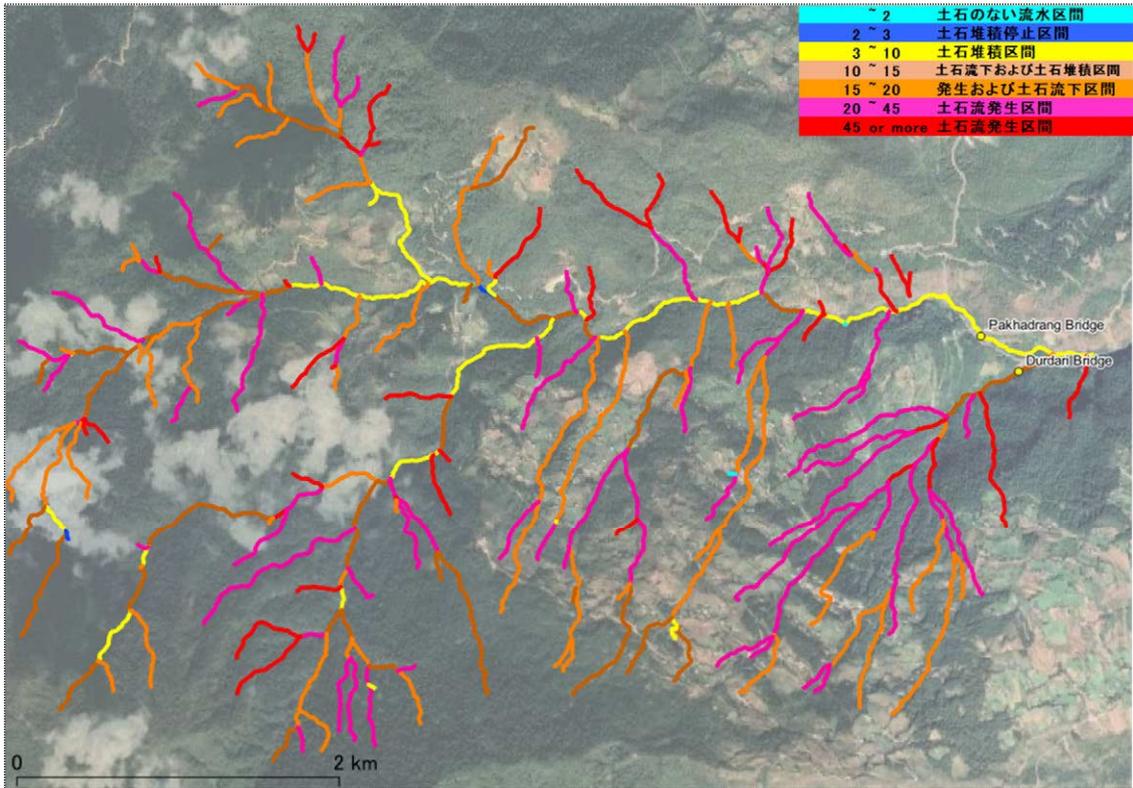
(a) 溪床勾配

GIS による地形解析より、流域および流路を抽出して、各河川の溪床勾配を算出した（図 2.2.31～図 2.2.34 参照）。



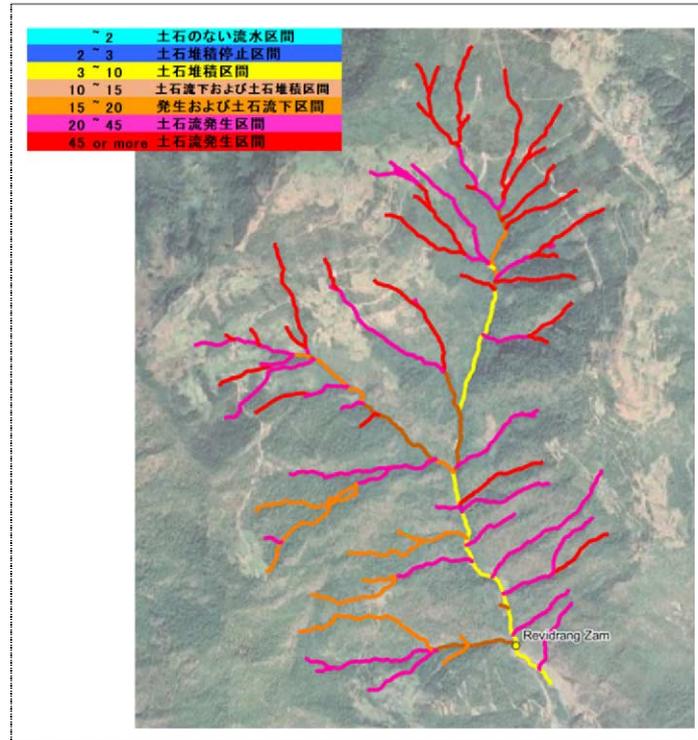
出典：JICA 調査団

図 2.2.31 溪床勾配からのリスク判定（ナムリン流域）



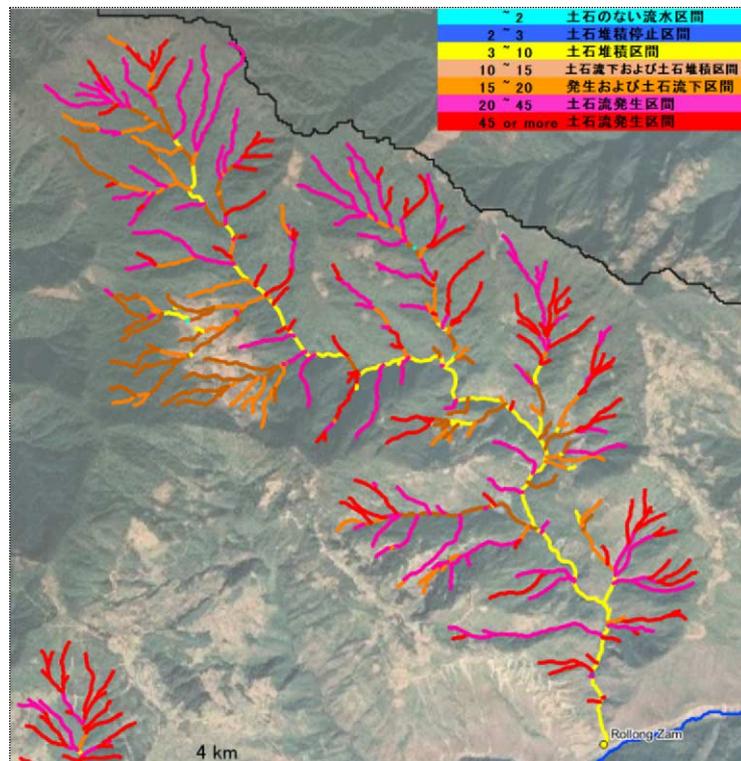
出典：JICA 調査団

図 2.2.32 溪床勾配からのリスク判定（パクダンおよびダーダリ流域）



出典：JICA 調査団

図 2.2.33 溪床勾配からのリスク判定（リビダン流域）



出典：JICA 調査団

図 2.2.34 溪床勾配からのリスク判定（ローリン流域）

上図の溪床勾配から勘案した各橋梁付近の土石流の土砂移動形態を表 2.2.18 に示す。斜面崩壊の危険度や溪流河床の土砂堆積量などの大規模な現地調査は行っていないが、ナムリン橋とダーダリ橋が過去に流出事故があった事実や、流域内溪流の危険度や橋梁直上流の勾配を鑑みても、この 2 河川の土石流リスクは高いと判断できる（土石流の量は、清水の洪水量に対する割増しを考慮するが、この 2 河川のリスクは高い）。

表 2.2.18 土石流のリスク判定

橋梁名		通常の洪水 区間	土石流停止 区間	土石流堆積 区間	土石流流下 / 堆積区間	土石流発生 / 流下区間	土石流発生 区間	土石流発生 区間	流域内総 流路延長 (m, %)	流域内溪床勾配の 不安定リスク		Stream Slope (degree) of upstream at bridge / Extra Coefficient to Normal Flood / Status	
		0 ≤ 2 deg.	2 < 0 ≤ 3 deg.	3 < 0 ≤ 10 deg.	10 < 0 ≤ 15 deg.	15 < 0 ≤ 20 deg.	20 < 0 ≤ 45 deg.	0 > 45 deg.					
ナムリン	Length	0.0 m	0	80.8	659.4	1,115.00	6,524.50	0	8,379.70	0.936	1	11.977	2.638
	%	0.00%	0.00%	1.00%	7.90%	13.30%	77.90%	0.00%	100.00%			1 (Flow. section)	
パクダン	Length	87.4 m	279.4	9,653.80	16,605.30	26,405.80	31,787.10	0	84,818.80	0.787	5	5.315	1.28
	%	0.10%	0.30%	11.40%	19.60%	31.10%	37.50%	0.00%	100.00%			3 (Sedi. section)	
ダーダリ	Length	0.0 m	21.3	153.2	895.3	4,207.60	13,028.70	70.5	18,376.50	0.929	2	11.976	2.637
	%	0.00%	0.10%	0.80%	4.90%	22.90%	70.90%	0.40%	100.00%			1 (Flow. section)	
リビダン	Length	26.0 m	61.5	2,990.90	2,730.70	7,163.30	30,544.60	0	43,516.90	0.899	3	3.983	1.187
	%	0.10%	0.10%	6.90%	6.30%	16.50%	70.20%	0.00%	100.00%			5 (Sedi. Section)	
ローリン	Length	196.1 m	233.8	17,809.00	29,506.20	25,196.50	93,197.80	0	166,139.40	0.832	4	4.437	1.217
	%	0.10%	0.10%	10.70%	17.80%	15.20%	56.10%	0.00%	100.00%			4 (Sedi. Section)	
Weighting coefficient		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	-	-	-	-	-

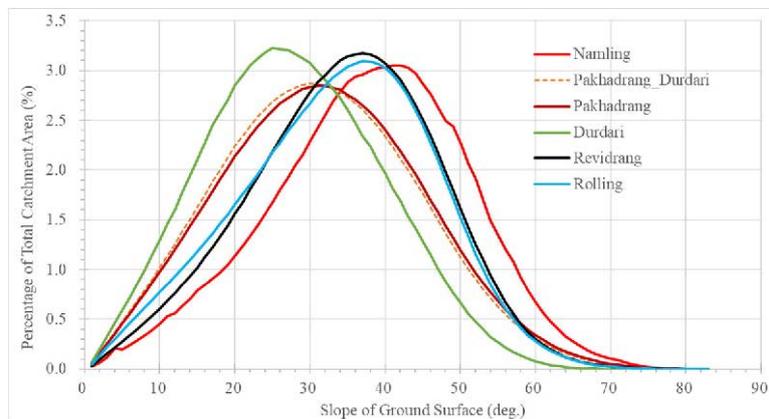
Note. 1. Ranking of risk for Instability of stream slope in the basin was determined by considering the weighting factors by the study team. 2. Extra coefficient for debris-flow discharge to normal flood discharge was calculated according to Japanese standards.

注：表内の着色は図 2.2.31～図 2.2.34 の各溪床勾配の色に対応

出典：JICA 調査団

(b) 流域内の斜面分布

地形解析より、流域内の斜面の分布、および、斜面崩壊リスクの高い区域（傾斜角 ≥ 30 or 45 度）の割合を求めた。結果を図 2.2.35 と表 2.2.19 に示す。30 度（45 度）以上の斜面崩壊のリスクが最も高い橋梁はナムリン橋である。



出典：JICA 調査団

図 2.2.35 各流域内の斜面の傾斜分布図（1 度毎の面積割合, %）

表 2.2.19 各流域内の斜面の傾斜分布と斜面崩壊のリスク判定

斜面(度)	ナムリン	パクダン	ダーダリ	リビダン	ローリン	備考
0 ~29	25.6	44.3	56.7	33.7	36.0	
30 ~44	42.7	38.3	34.7	44.9	43.8	日本では 30 度以上の斜面は特別警戒区域.
45 ~59	27.9	15.4	8.4	20.0	18.9	高いリスク
60 ~69	3.4	1.8	0.3	1.3	1.2	最も高いリスク
70 ~	0.4	0.2	0.0	0.1	0.1	最も高いリスク
Σ	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
30 ~最大値	74.4	55.7	43.3	66.3	64.0	30 度以上の斜面の割合
45 ~最大値	31.7	17.4	8.6	21.4	20.2	45 度以上の斜面の割合
リスク	1	4	5	2	3	

注：表内の着色は図 2.2.31～図 2.2.34 の各渓床勾配の色に対応

出典：JICA 調査団

## 2) 総合評価

橋梁位置直上流の溪流の土石移動区分、流域内溪流全体の土石流リスク、および、流域内斜面崩壊リスクを総合的に評価して、各橋に対する土石流の危険度を判定する（橋梁位置直上流の土石流の移動区分が最も重要であり、このランキングを 2 倍として、その他ランクを足し合わせて、点数の低いものがリスクが高くなると判断した。）。表 2.2.20 より、最も土石流リスクの高い橋梁（河川）は、ナムリン橋、ダーダリ橋の順で、その他 3 橋梁は、同程度のリスクと評価される。

表 2.2.20 土石流リスクの総合評価

橋梁名	橋梁付近の渓床勾配	直上流の土石流の土石移動区分 ①		流域内溪流の土石流の危険度 ②		流域内斜面の危険度 ③		総合判定 (点数=①*2+②+③)	備考
ナムリン橋	0.2121	1	土石流流下および堆積区間	1	0.936	1	74.4%	1 (4)	リスクは最も大（流域内危険溪流が最も多い。）
パクダン橋	0.0931	3	土石流堆積区間	5	0.787	4	55.7%	3 (15)	
ダーダリ橋	0.2121	1	土石流流下および堆積区間	2	0.929	5	43.3%	2 (9)	土石流下区間であり、リスク大
リビダン橋	0.0696	5	土石流堆積区間	3	0.899	2	66.3%	3 (15)	
ローリン橋	0.0661	4	土石流堆積区間	4	0.832	3	64.0%	3 (15)	

注：表内の着色は図 2.2.31～図 2.2.34 の各渓床勾配の色に対応

出典：JICA 調査団

## (4) 地形測量

### 1) 地形概況

「ブ」国はヒマラヤ造山帯東端に位置するため、北部は標高 7,000m 級の連峰から南部は 200m 以下の平地となっている。ヒマラヤ造山運動により新生代古第三紀から第四紀にかけて発生した活発な隆起運動を起源とする河川浸食により、急峻な地形が形成された。北部はヒマラヤ地域と呼ばれ、7,541m のガンカーブンズム峰を最高峰とした山岳地帯で、氷河地形を形成している。中部は中央地帯と呼ばれ、雨季の豪雨により斜面崩壊や地滑りが発生する急緩斜面であるが、谷

合のわずかな河谷平野に都市が形成されており、定住可能な山岳地帯である。南部は南部山麓地帯と呼ばれ、インドの大平原に移行する丘陵地となる。

## 2) 地形測量

地形測量は、2023年2月～4月にかけて調査対象橋梁全てを対象として実施し、道路・橋梁計画／設計に必要な平板測量、道路縦断／横断測量、支障物調査を行うとともに、水理・水文、土石流解析に必要な河川縦断／横断測量、および聴き取り調査を実施した。

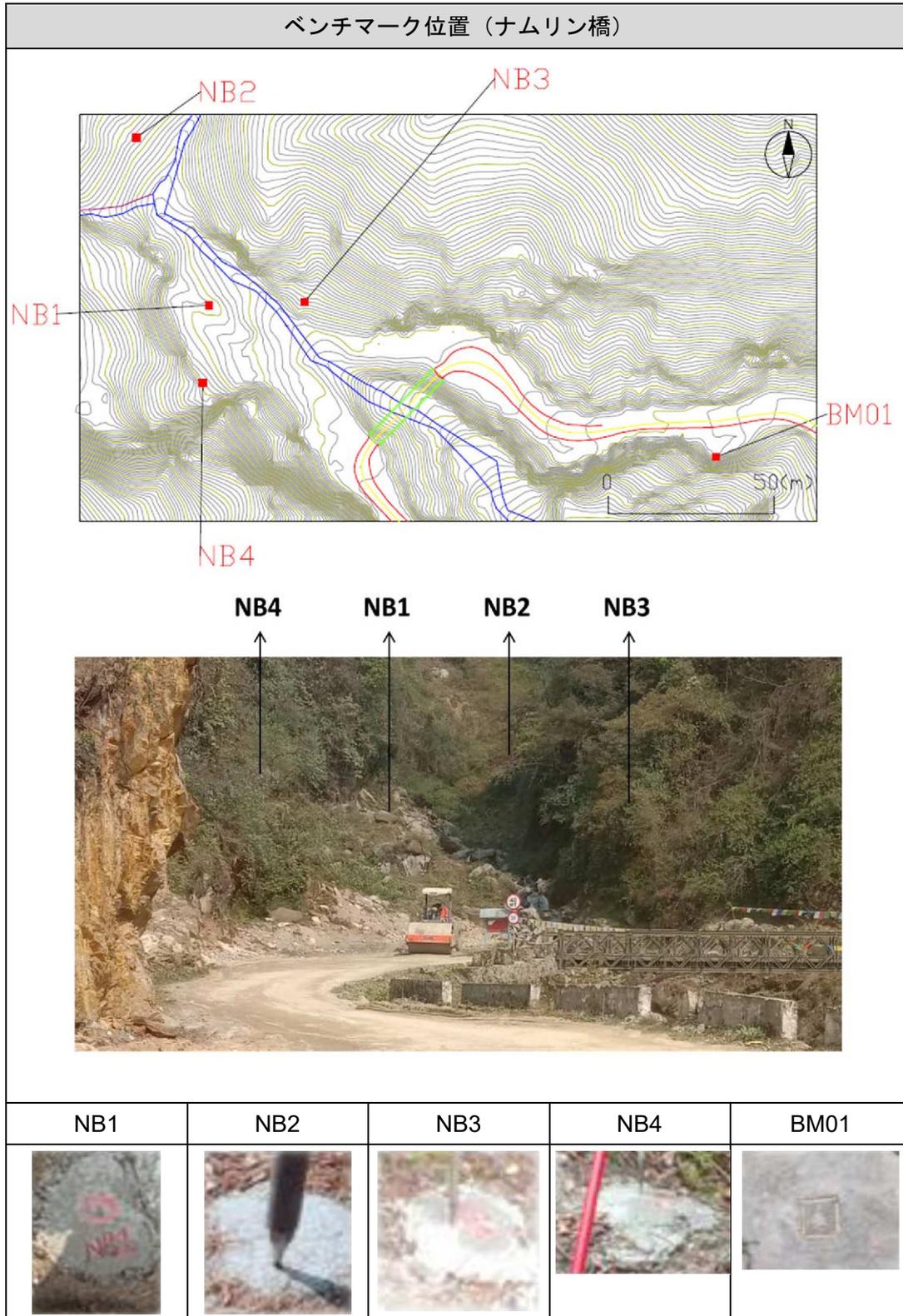
### (a) 測量結果

本調査では、GPS 測量により広範囲な測量を実施し、地形的に入り組んだ場所や衛星信号が到達できない空間に対してはトータルステーション測量を実施した。以下に本調査にて設置したベンチマークの情報および測量成果（平板測量）を示す。なお、座標系は「WGS 84 / UTM zone 46N」（世界測地系）を用いた。

**表 2.2.21 各調査対象橋梁におけるベンチマーク設置位置**

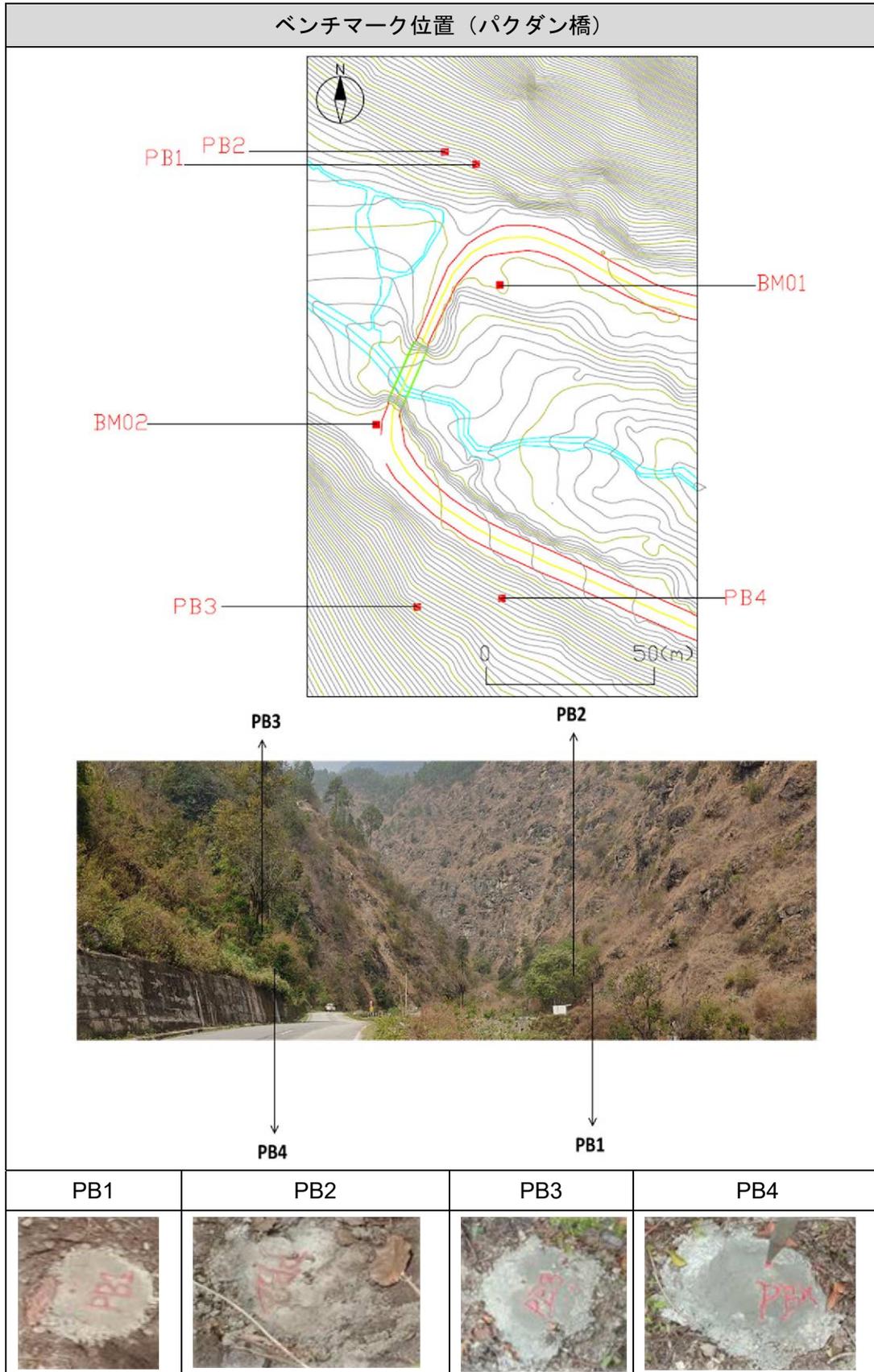
対象橋梁	ID	Easting	Northing	Elevation (MSL)	備考
ナムリン橋	NB1	312889.689	3026675.508	2215.769	新規設置
	NB2	312867.889	3026726.152	2227.570	〃
	NB3	312918.427	3026676.674	2213.211	〃
	NB4	312887.796	3026652.088	2219.504	〃
	BM01	313041.845	3026629.617	2199.402	既設
パクダン橋	PB1	339153.914	3017802.625	1001.985	新規設置
	PB2	339144.583	3017806.535	1002.752	〃
	PB3	339136.429	3017670.431	1008.454	〃
	PB4	339161.546	3017672.920	997.278	〃
	BM01	339160.945	3017766.530	990.390	既設
	BM02	339124.406	3017724.969	990.433	〃
ダーダリ橋	DB1	339357.879	3017488.126	970.391	新規設置
	DB2	339340.096	3017476.365	966.314	〃
	DB3	339376.116	3017563.199	987.123	〃
	DB4	339365.071	3017555.603	991.440	〃
	BM03	339438.042	3017590.143	978.161	既設
	BM04	339494.043	3017531.809	959.402	〃
リビダン橋	BR1	344491.286	3019000.250	823.613	新規設置
	BR2	344501.585	3019012.362	817.558	〃
	BR3	344531.664	3019031.030	808.299	〃
	BR4	344532.067	3019045.129	809.981	〃
ローリン橋	RB1	351343.326	3021647.834	670.417	新規設置
	RB2	351306.677	3021631.443	675.544	〃
	RB3	351395.890	3021625.890	665.193	〃
	RB4	351428.342	3021631.841	678.134	〃
	GONG5	351418.390	3021640.259	679.112	既設

出典：JICA 調査団



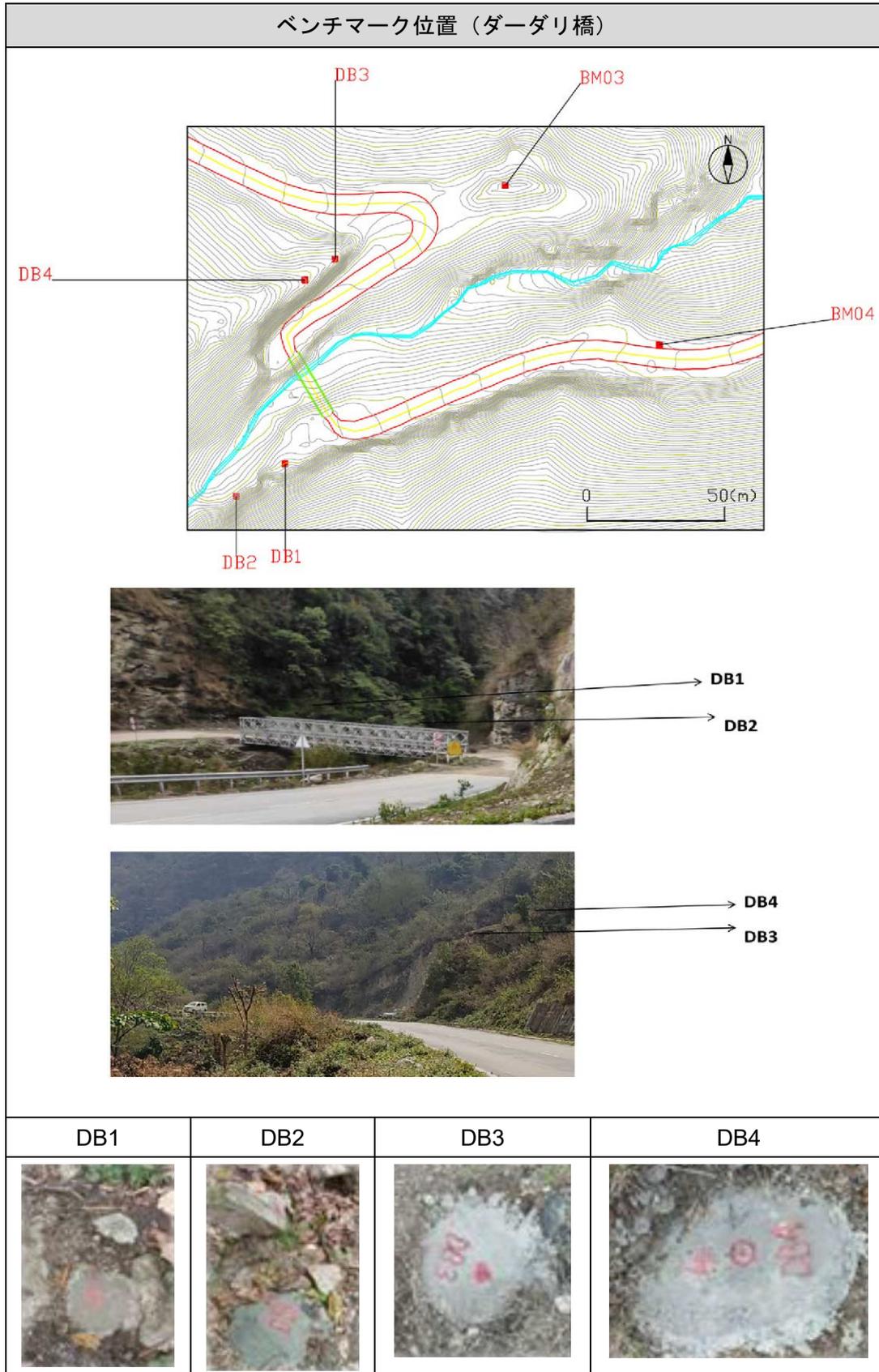
出典：JICA 調査団

図 2.2.36 ベンチマーク位置 (ナムリン橋)



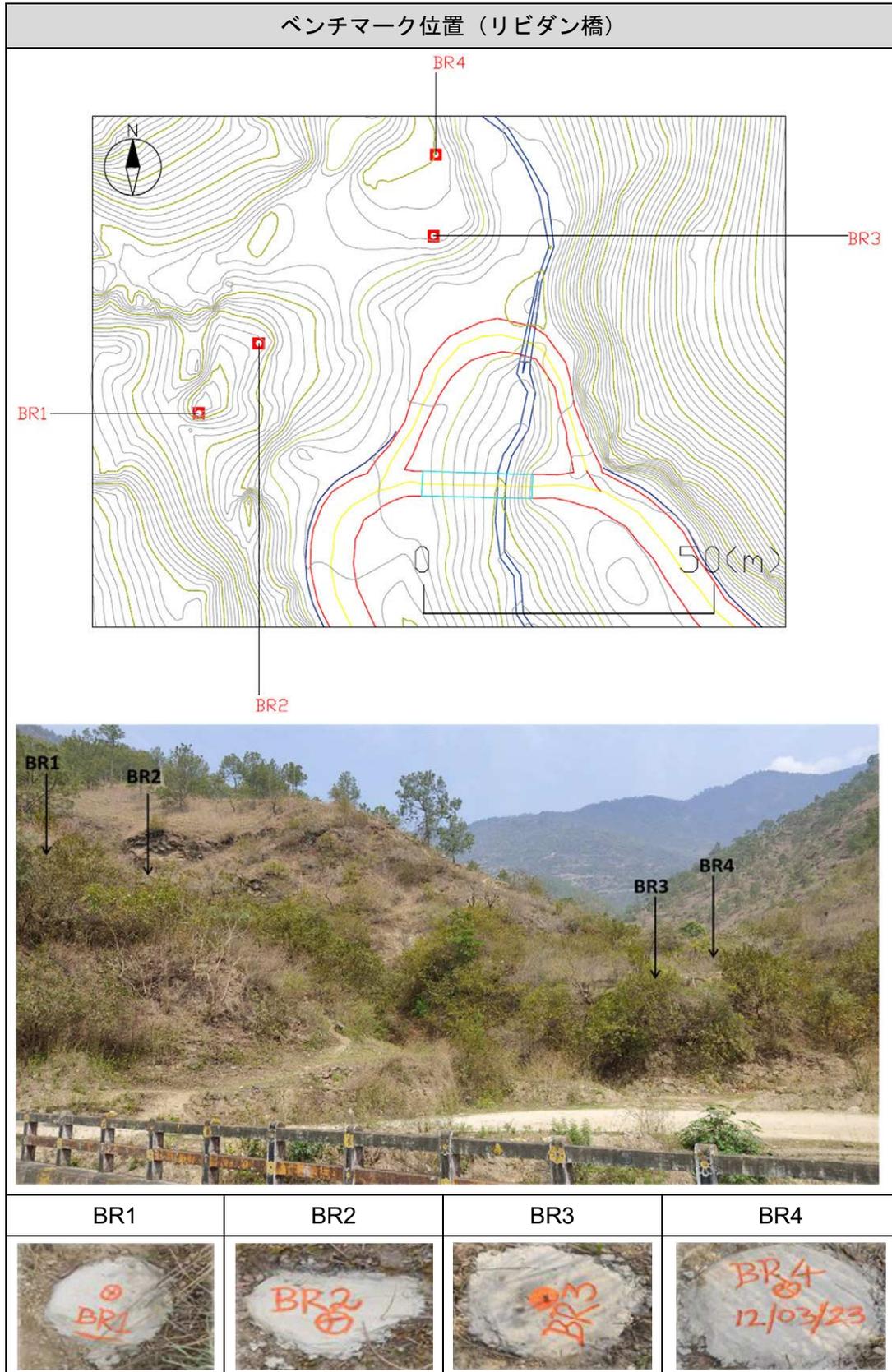
出典：JICA 調査団

図 2.2.37 ベンチマーク位置 (パクダン橋)



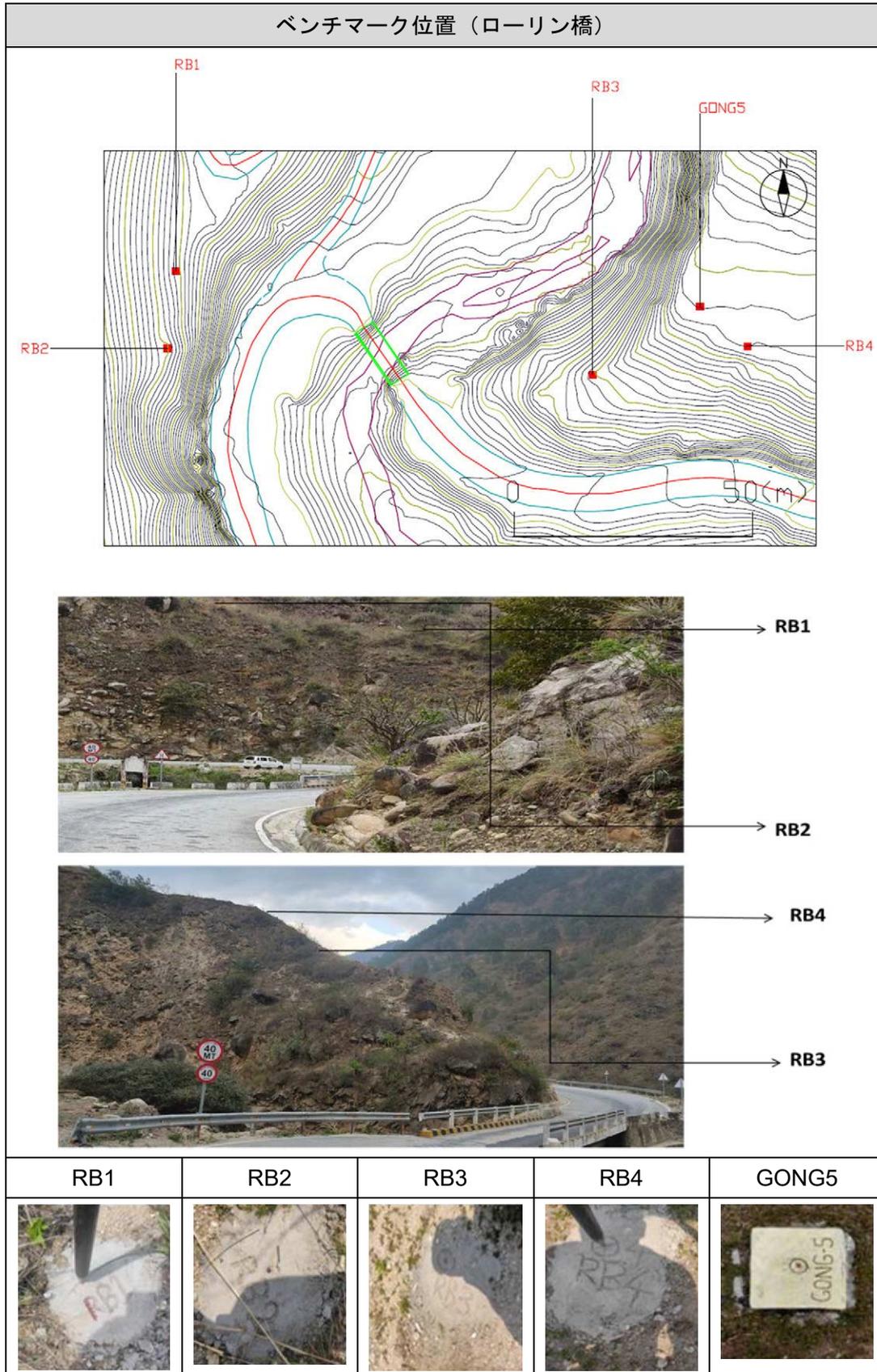
出典：JICA 調査団

図 2.2.38 ベンチマーク位置 (ダーダリ橋)



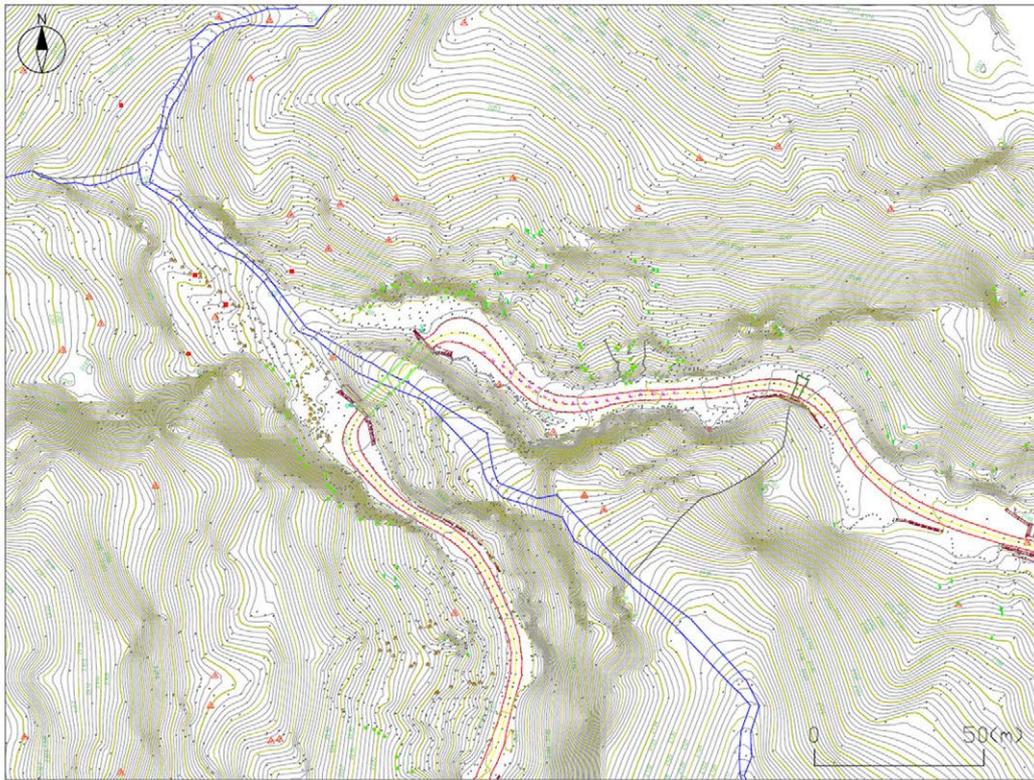
出典：JICA 調査団

図 2.2.39 ベンチマーク位置（リビダン橋）



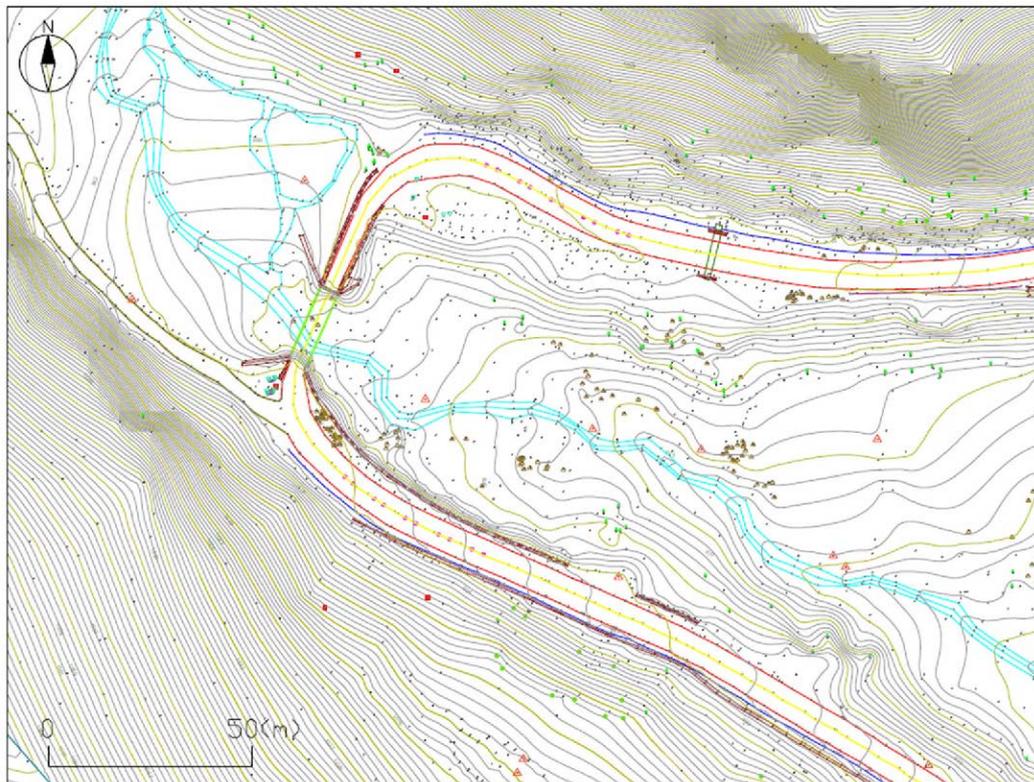
出典：JICA 調査団

図 2.2.40 ベンチマーク位置（ローリン橋）



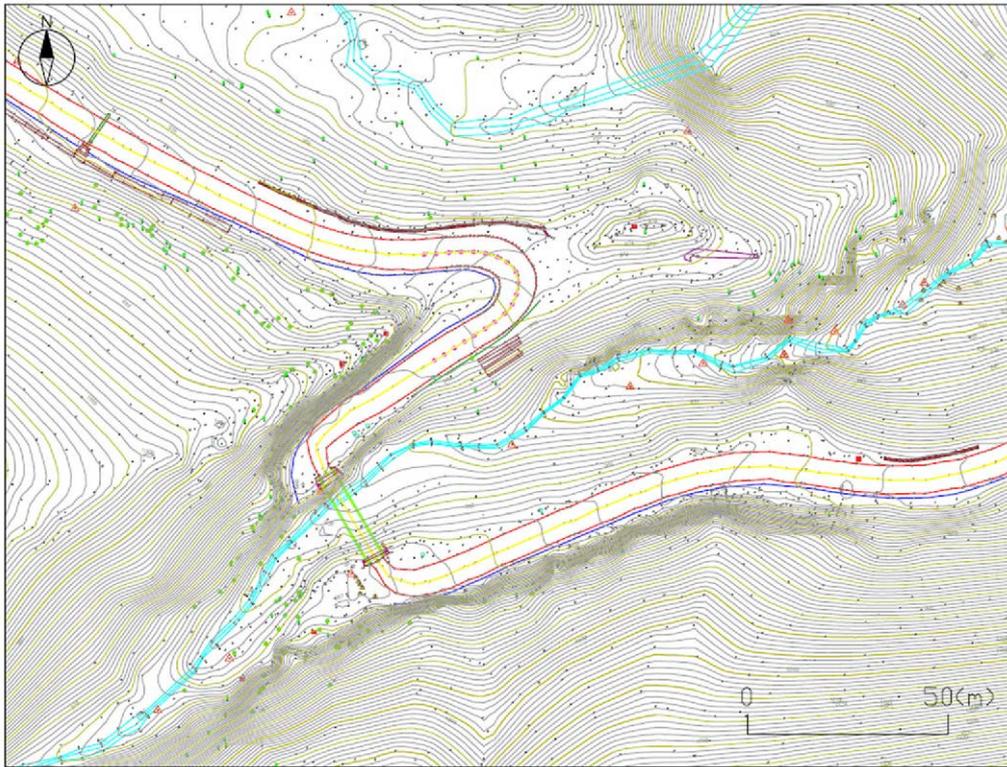
出典：JICA 調査団

図 2.2.41 測量成果の一部（ナムリン橋）



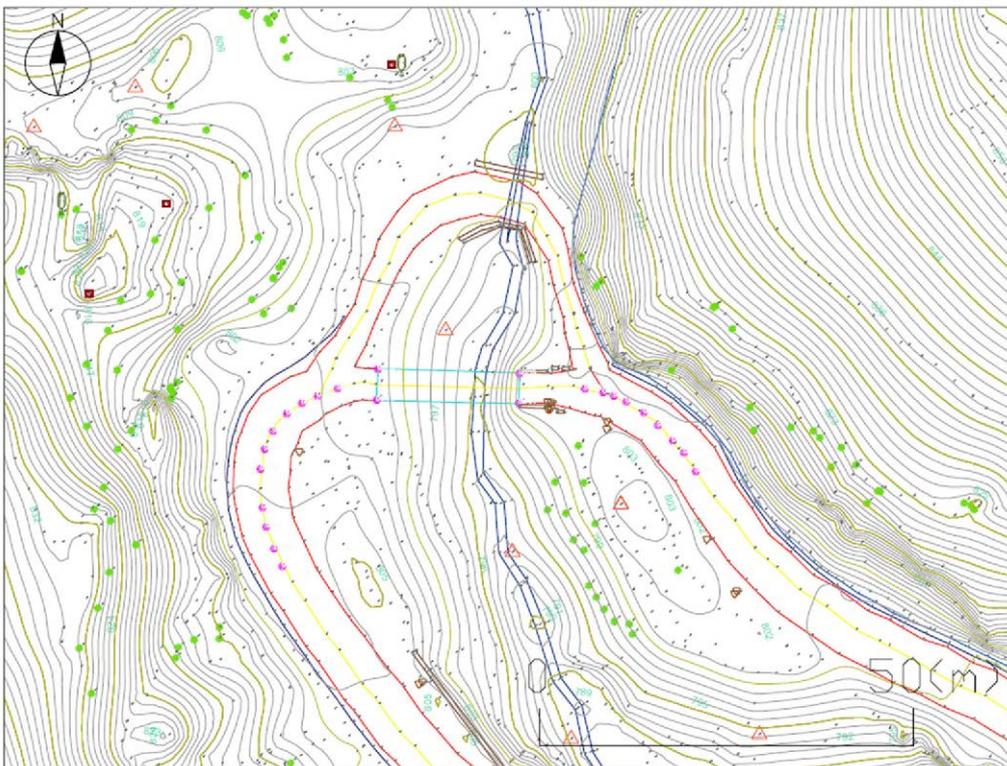
出典：JICA 調査団

図 2.2.42 測量成果の一部（パクダン橋）



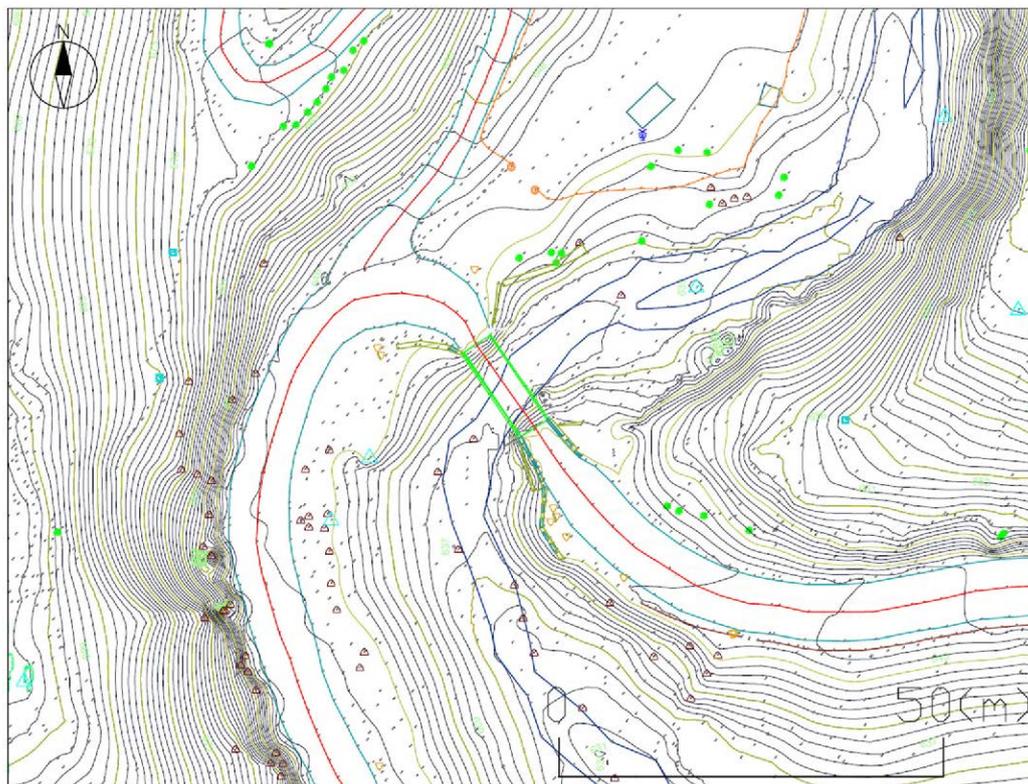
出典：JICA 調査団

図 2.2.43 測量成果の一部（ダーダリ橋）



出典：JICA 調査団

図 2.2.44 測量成果の一部（リビダン橋）



出典：JICA 調査団

図 2.2.45 測量成果の一部（ローリン橋）

## (5) 地質調査及び材料調査

地質調査及び材料調査は、協力対象橋梁（ナムリン橋、ダーダリ橋）を対象として実施した。

### 1) 地質概況

#### (a) 「ブ」国全体の地質概況

「ブ」国は、ユーラシア大陸とインド大陸との衝突により形成されたヒマラヤ造山帯に位置し、南部は標高 300m 程度の熱帯地域（ゲレフ周辺）から標高 3,000~4,000m の冷涼帯（中部）、及び北部の高標高地域から構成されている。インド地塊の北上によるプレート活動により、太古の海底堆積物（泥岩、頁岩、砂岩等）が陸上に押し上げられた後、衝上断層（逆断層）や褶曲活動を例とする変成運動（岩石の構成成分の再構成を伴う熱力学的な運動）により、地表の岩石を構成する地質構成が非常に脆い状態にある。

#### (b) 本調査対象地域の地質概況

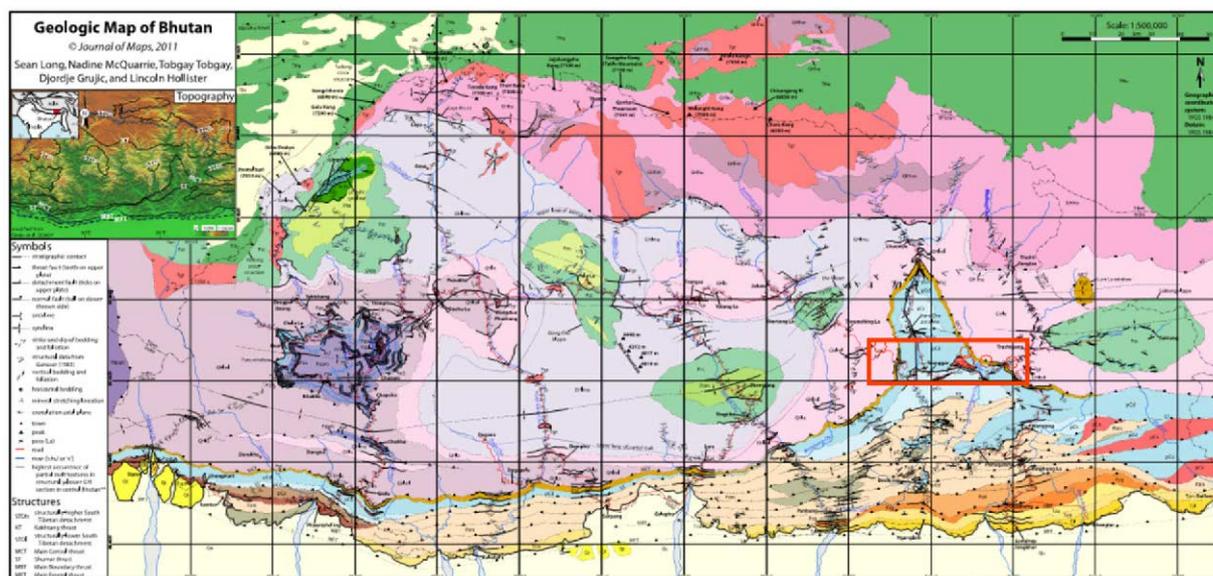
「ブ」国の地質構造は、大きくは南部山麓地帯（Siwalik Hills）、低ヒマラヤ地帯（Lesser Himalaya）、高ヒマラヤ地帯（Greater Himalaya）に分かれ、調査対象 2 橋（地質図中の赤枠）は、低ヒマラヤ地帯と高ヒマラヤ地帯の境界に近接する地域に該当し、両地帯の境界は大規模な断層帯（Main Central Thrust）が存在する。この断層帯の近隣では、風化を伴った変成岩（主に粘板岩や泥質片岩など）の破碎帯が存在し、雨季には土砂崩壊による道路封鎖が多発するこ

とが知られており、対象 2 橋でも同様に岩石の破砕が見られる可能性がある。なお、地質図から出現が想定される地質状況を表 2.2.22 に整理した。

表 2.2.22 調査対象地域の分布地質

対象橋梁	形成年代	地質グループ/岩主
Namling 橋	先カンブリアン～オルドビス紀	Paro 層群の片麻岩
Durdari 橋	古原生代	Daling 層群の片岩、千枚岩 低ヒマラヤ地帯の片岩 Jaishidanda 層群の片岩、珪質片岩

出典：JICA 調査団



出典：Department of Geology in Bhutan, Journal of Maps 2011

図 2.2.46 「ブ」国地質図

## 2) 地質調査及び材料調査

ボーリング調査は、2 橋梁で合計 8 本実施した。同調査及び付随する試験を表 2.2.23 に示す。

表 2.2.23 調査地点一覧

地点名		標高	掘進長	地盤調査	位置関係
橋梁名	調査位置	[m]	[m]		
ナムリン Namling	右岸/BH-No.1	2201.60	15	・標準貫入試験 (N 値) ・地下水観測孔及び自記記録式水位計設置	モンガル 北西 約 15.0km
	右岸/BH-No.2	2201.81	15		
	左岸/BH-No.3	2201.40	15		
	左岸/BH-No.4	2201.43	15		
ダーダリ Durdari	右岸/BH-No.1	962.10	15		モンガル東 約 13.5km
	右岸/BH-No.2	966.07	15		
	左岸/BH-No.3	967.75	15		
	左岸/BH-No.4	967.93	15		
合計			120		

出典：JICA 調査団

### (a) ナムリン橋の地質調査結果概要

ナムリン橋は、モンガルの北西約 15.0km の山岳部に位置し、その周辺斜面には岩が露出している。また、道路面下には深い谷地形の急崖を形成している。

右岸側の道路斜面は、図 2.2.47 に示すように一部で崩壊地がみられた。なお、現況道路は緩いカーブを形成しており、その道路沿いの露岩部分における片理面が緩い受け盤構造となっている。



撮影：JICA 調査団

図 2.2.47 ナムリン橋右岸側の状況写真

左岸側の道路斜面は、図 2.2.48 に示すように一部で崩壊跡地があり、さらに斜面上を降雨等による表面水が流下している状況であった。なお、計画架橋位置の左岸側では、現況道路沿いの露岩部分における片理面が切土斜面（50° 程度）より緩い流れ盤構造となっている。



撮影：JICA 調査団

図 2.2.48 ナムリン橋左岸側の状況写真

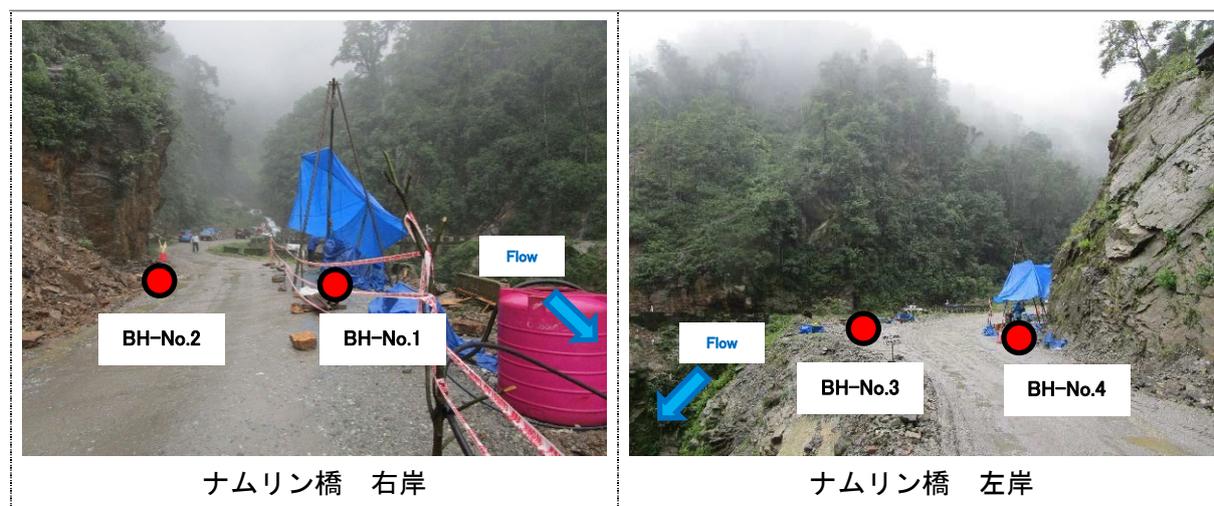
ナムリン橋におけるボーリング調査位置を図 2.2.49 に示し、調査結果を以下に述べる。同橋ではボーリング調査を右岸側（BH-No.1, BH-No.2）と左岸側（BH-No.3, BH-No.4）で計 4 地点、それぞれ深度 15m まで実施した。

右岸側では、表層から GL-0.5~1.0m までは岩片を混入する砂質土主体の崩積土層、それ以深は片麻岩層が厚く分布している。岩のコア採取率は概ね 90%程度、RQD は BH-No.1 の GL-4.0m

まで概ね 20%前後、それ以深で概ね 70%前後、BH-No.2 の GL-10.0m まで概ね 10~30%程度、それ以深で概ね 70%前後となっている。

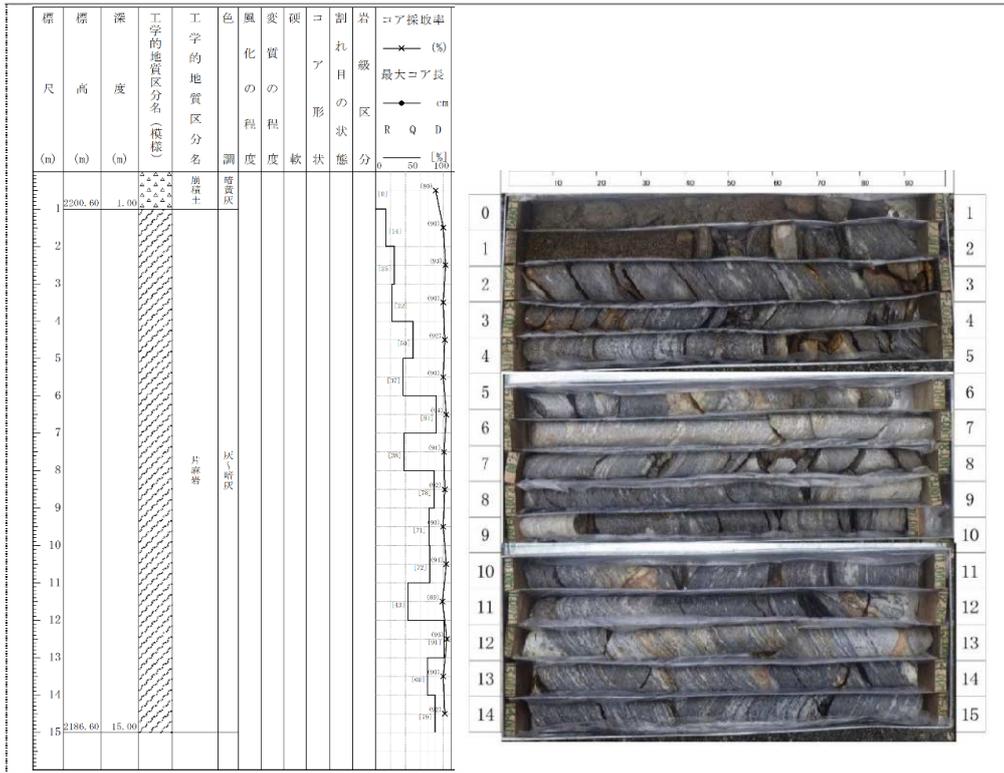
左岸側では、表層から片麻岩層が厚く分布している。岩のコア採取率は概ね 95%程度、RQD はBH-No.3 の GL-13.0m まで概ね 70%前後、それ以深で概ね 10~40%程度、BH-No.4 の GL-15.0m まで概ね 60~80%程度となっている。

なお、同橋の調査では、削孔翌朝などに孔内水位を確認しているが、削孔終了後には孔内水が岩盤亀裂等から流出し、ほとんど地下水が無い状況であった。そのため、ボーリング地点 (BH-No.1~BH-No.4) では、地下水観測孔 (PVC 管) 及び自記記録式水位計の設置が必要無いと判断した。



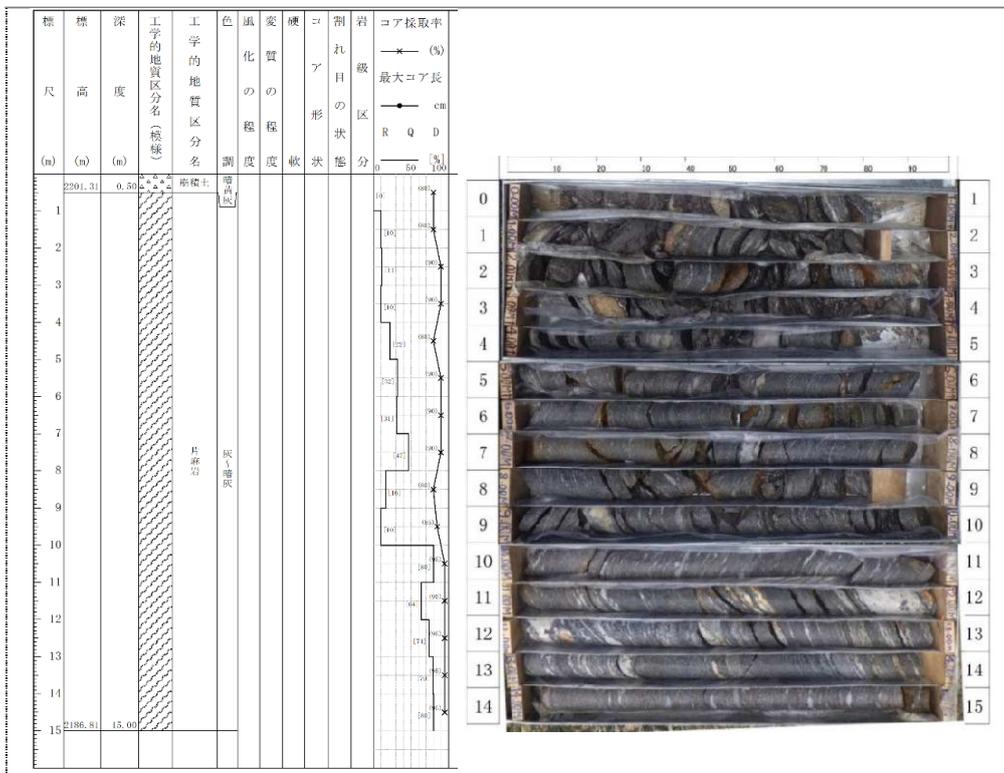
撮影：JICA 調査団

図 2.2.49 ボーリング位置 (ナムリン橋)



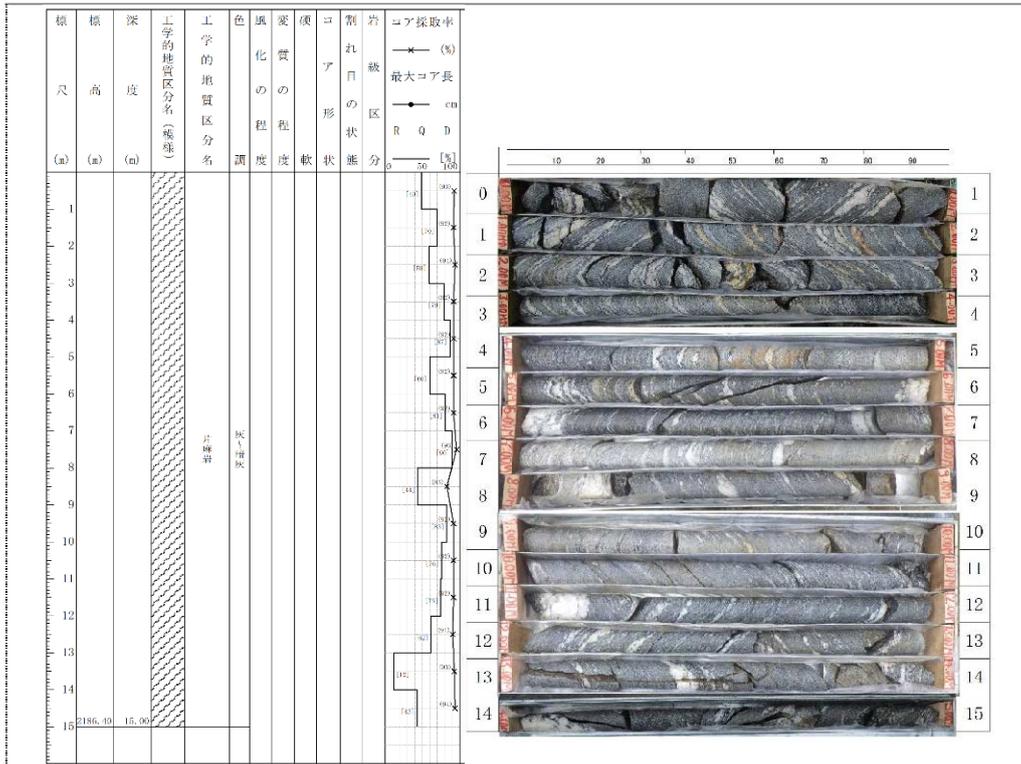
出典：JICA 調査団

図 2.2.50 ボーリング柱状図 (ナムリン右岸側 BH-No.1)



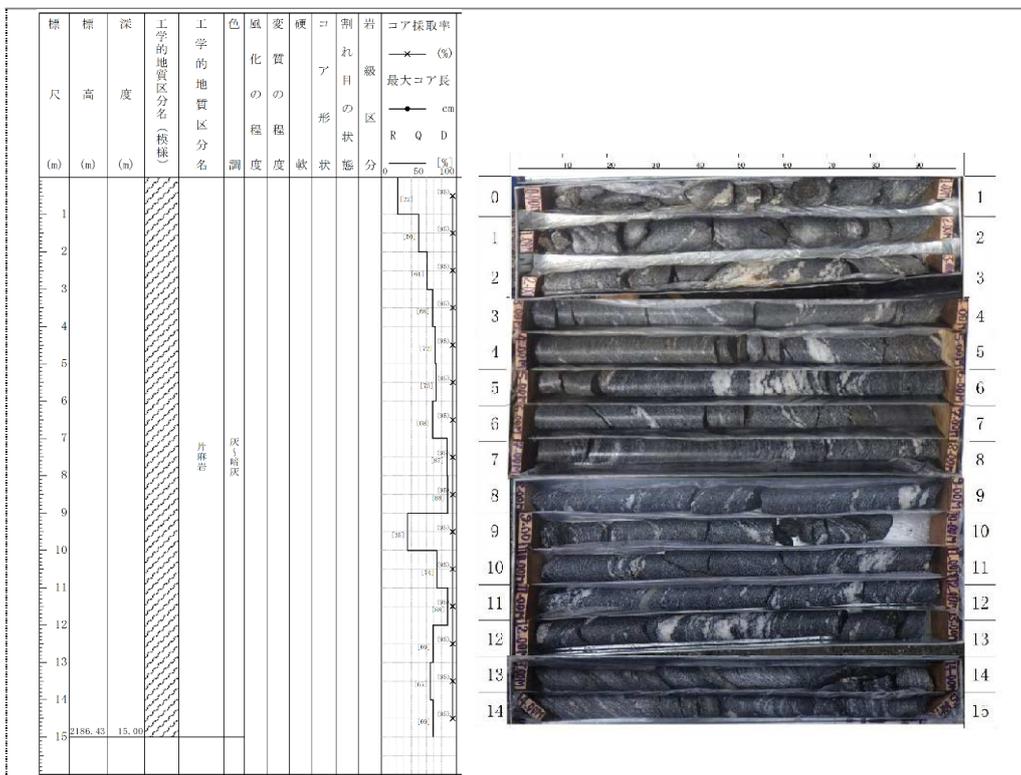
出典：JICA 調査団

図 2.2.51 ボーリング柱状図 (ナムリン右岸側 BH-No.2)



出典：JICA 調査団

図 2.252 ボーリング柱状図 (ナムリン左岸側 BH-No.3)



出典：JICA 調査団

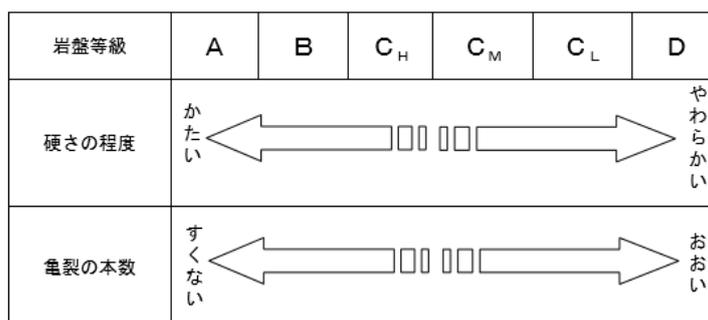
図 2.253 ボーリング柱状図 (ナムリン左岸側 BH-No.4)

(i) 標準貫入試験

ナムリン橋における調査では、表層付近から岩盤（片麻岩）が出現したことから、標準貫入試験で錘を自由落下させても貫入しない（反発）状況であった。そのため、標準貫入試験を実施していない。

(ii) 岩級区分

橋台基礎の岩盤評価の目安として、岩盤の等級区分を図 2.2.54 および表 2.2.24 による基準で判定している。これは地質（岩盤）の状態（硬さの程度）を判断する目安として使われているものであり、風化による硬さの違いや、亀裂の頻度による岩片のもろさの違いを反映する。



出典：設計要領第一集 土工事編 平成 27 年 7 月、NEXCO

図 2.2.54 岩級区分の概念

表 2.2.24 岩級区分の目安

名称	特徴
A	極めて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。亀裂、節理はよく密着し、それらの面に沿って風化の跡はみられないもの。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した（たとえ 1 mm でも）亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C <sub>H</sub>	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染され、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
C <sub>M</sub>	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しており、ハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C <sub>L</sub>	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面は粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩質鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

出典：土木技術者のための地質学入門（山海堂）

BH-No.1～BH-No.4 に分布する片麻岩は、図 2.2.54 の岩級区分の目安から CM～CH 級に区分されるものと判断した。（表 2.2.25 参照）

表 2.2.25 岩級区分の結果（ナムリン橋）

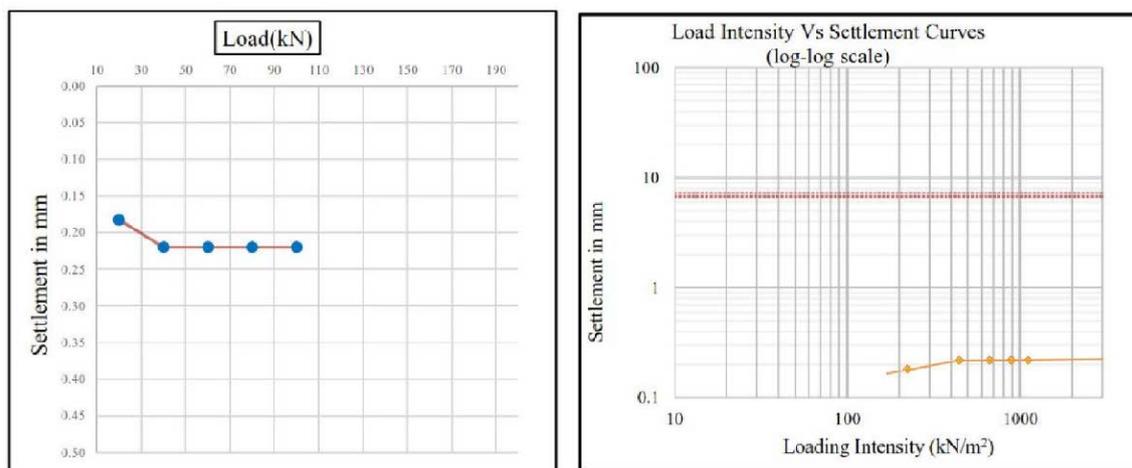
Right Bank(BH-No.1)		Right Bank(BH-No.2)	
Depth(m)	Rock Classification	Depth(m)	Rock Classification
0.00 - 1.00	colluvial deposit	0.00 - 0.50	colluvial deposit
1.00 - 6.00	CM	0.50 - 10.00	CM
6.00 - 15.00	CH	10.00 - 15.00	CH
Left Bank(BH-No.3)		Left Bank(BH-No.4)	
Depth(m)	Rock Classification	Depth(m)	Rock Classification
0.00 - 1.00	CM	0.00 - 3.00	CM
1.00 - 13.00	CH	3.00 - 15.00	CH
13.00 - 15.00	CM		

出典：JICA 調査団

(iii) 平板載荷試験

平板載荷試験は、ナムリン橋兩岸の実施可能な箇所（表層付近）において、地耐力を確認するために実施した。

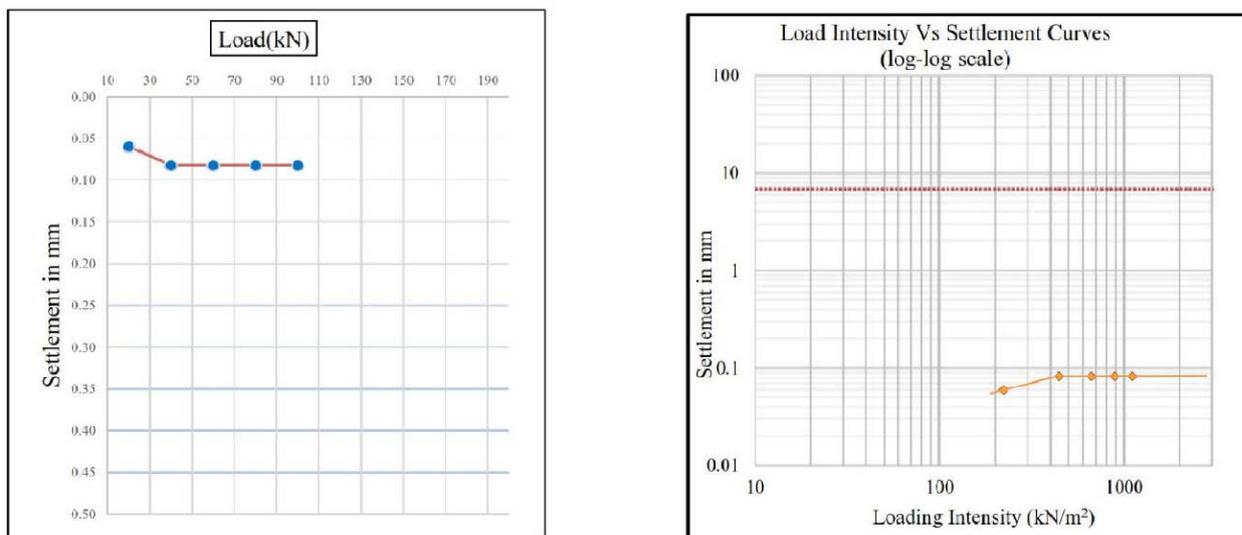
同橋右岸における平板載荷試験結果を図 2.2.55 に示す。同橋右岸では、表層付近から岩盤が出現したことから、最終荷重（ $P=1111\text{kN/m}^2$ ）の沈下量は  $S=0.22\text{mm}$  と非常に小さく、今回の載荷荷重の範囲においては、極限支持力度  $P_u$  には至っていないものと判断した。



出典：JICA 調査団

図 2.2.55 沈下量 S と載荷圧力 P の関係図（ナムリン橋右岸）

ナムリン橋左岸における平板載荷試験結果を図 2.2.56 に示す。同橋左岸では、表層付近から岩盤が出現したことから、最終荷重 ( $P=1111\text{kN/m}^2$ ) の沈下量は  $S=0.08\text{mm}$  と非常に小さく、今回の載荷荷重の範囲においては、極限支持力度  $P_u$  には至っていないものと判断した。



出典：JICA 調査団

図 2.2.56 沈下量  $S$  と載荷圧力  $P$  の関係図 (ナムリン橋左岸)

#### (iv) 弾性波探査

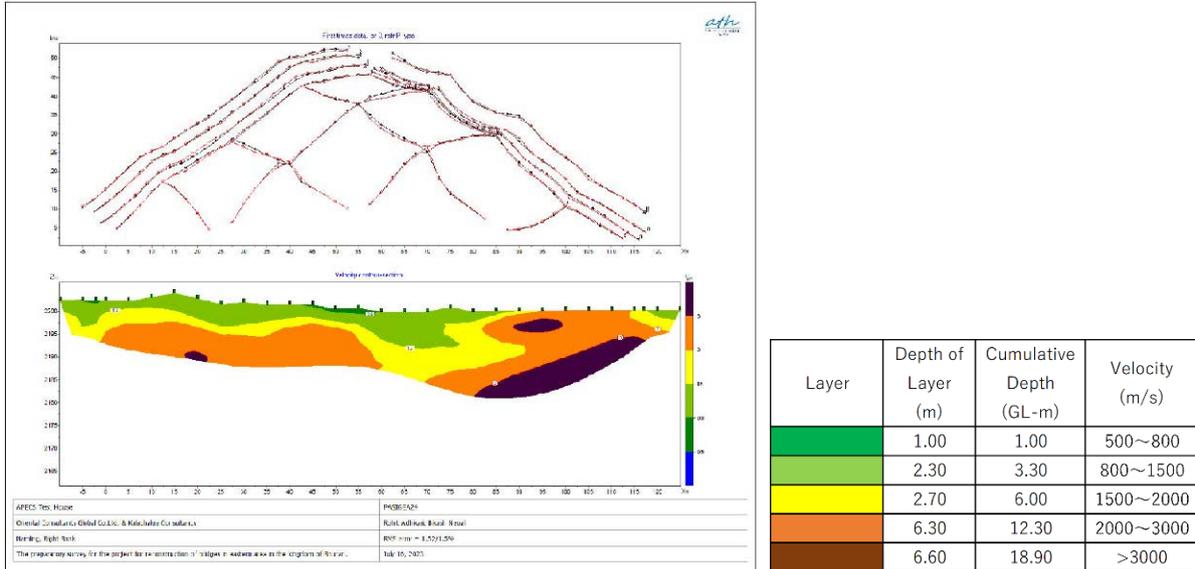
ナムリン橋付近の斜面は急崖であり、現況道路の横断方向に機材を設置することができない状況であった。そのため、弾性波探査は現況道路沿いの縦断方向に機材を設置して実施した (図 2.2.57、図 2.2.60 参照)。



撮影：JICA 調査団

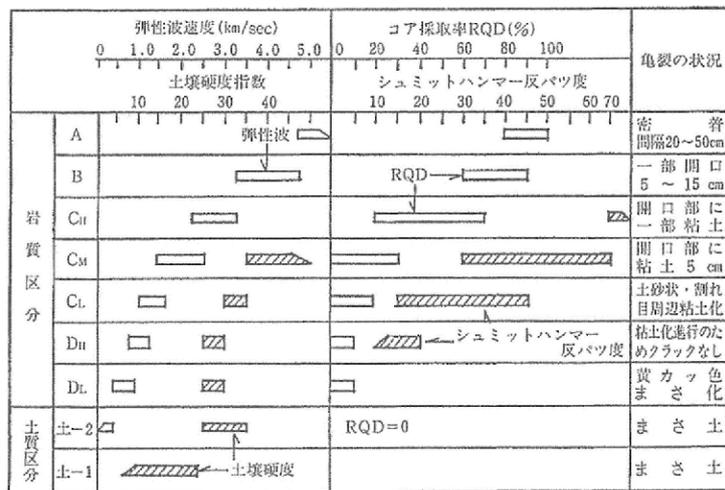
図 2.2.57 弾性波探査の試験位置 (ナムリン橋右岸斜面)

ナムリン橋右岸斜面における弾性波探査結果を図 2.2.58 に示す。表層付近から概ね  $V_p=800 \sim 1500\text{m/s}$  を示すが、図 2.2.59 の例を参考とすると岩質が  $V_p=500\text{m/s}$  以上で区分されており、ボーリング地点 (BH-No.2) で岩盤層が出現していることと一致した結果である。また、深度方向に向かってP波速度は大きくなり、徐々に硬質化していることが予想される。



出典：JICA 調査団

図 2.2.58 P 波速度分布図 (ナムリン橋右岸斜面)



出典：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例—急傾斜地崩壊防止工事指針— (全国治水砂防協会)

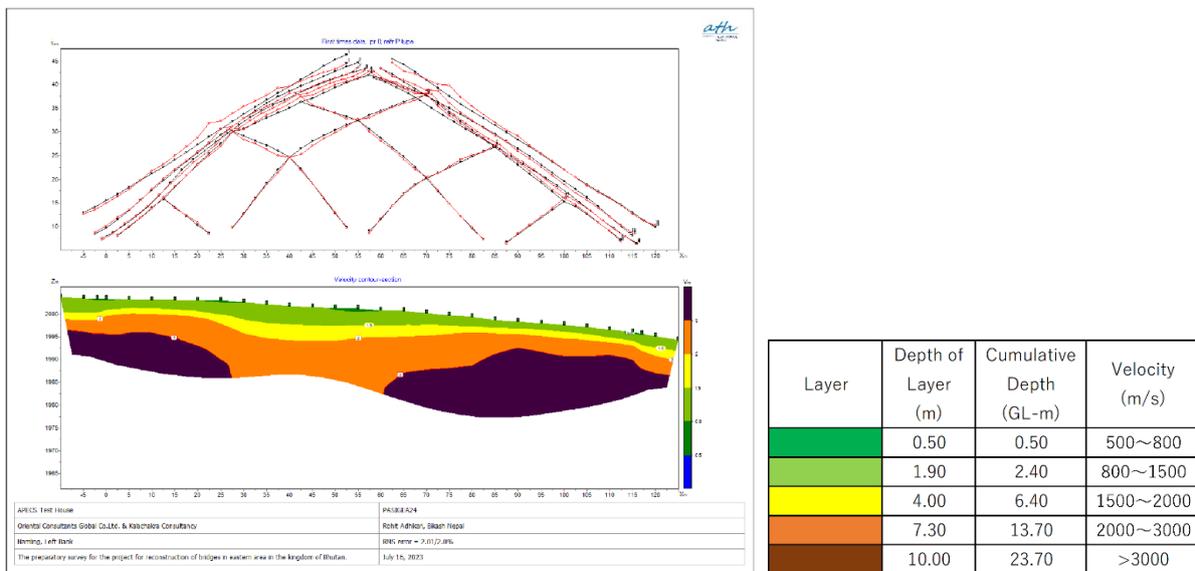
図 2.2.59 弾性波速度、RQD、露頭観察による岩質区分 (花崗岩)



撮影：JICA 調査団

図 2.2.60 弾性波探査の試験位置（ナムリン橋左岸斜面）

ナムリン橋左岸斜面における弾性波探査結果を図 2.2.61 に示す。右岸側と同様に表層付近から概ね  $V_p=800\sim 1500\text{m/s}$  を示すが、図 2.2.59 の例を参考とすると岩質が  $V_p=500\text{m/s}$  以上で区分されており、ボーリング地点（BH-No.4）岩盤層が出現していることと一致した結果となった。また、深度方向に向かって P 波速度は大きくなり、徐々に硬質化していることが予想される。



出典：JICA 調査団

図 2.2.61 P 波速度分布図（ナムリン橋左岸斜面）

(v) 室内試験

室内岩石試験は、ボーリングコアを用いて、物理特性及び力学特性を把握することを目的として実施した。試験結果の概略を表 2.2.26 に示す。

**表 2.2.26 室内岩石試験結果（ナムリン橋）**

bridge	BH No.	Sample Identity	Depth	Density test (g/cm <sup>3</sup> )		UCS (MN/m <sup>2</sup> )	
Namling	BH-No.1	BH-1-1	6.00 - 6.60	2.660	2.652	44.72	41.94
				2.643		39.16	
	BH-No.2	BH-1-2	8.50 - 9.15	2.803	2.719	20.63	38.55
				2.686		67.76	
		2.668	27.25				
	BH-No.2	BH-2-1	5.50 - 6.20	2.778	2.778	25.69	25.69
		BH-2-2	7.70 - 8.25	2.794	2.759	20.47	15.25
			2.724	10.02			
	BH-No.3	BH-3-1	4.70 - 4.90	2.710	2.710	37.77	37.77
		BH-3-2	9.00 - 9.70	2.794	2.794	20.34	17.54
	2.794			14.74			
	BH-No.4	BH-4-1	4.00 - 4.45	2.731	2.731	16.84	16.84
BH-4-2		7.20 - 7.70	2.753	2.753	33.31	33.31	

注1)BH-1-1,BH-1-2,BH-2-2,BH-3-2のコア供試体は複数で試験を実施したため、平均値を併記して示す

出典：JICA 調査団

(b) ダーダリ橋の地質調査結果概要

ダーダリ橋は、モンガルから約 13.5km 東方の山岳部に位置し、その周辺斜面には岩が露出している。また、同橋下部を流下する河川により谷地形を形成しているが、ナムリン橋ほどの高低差は見られない。

右岸側の道路斜面は、図 2.2.62 に示すように岩（片岩）が露出した箇所と巨石混じり砂礫となる箇所が見られる。なお、現況道路沿いはほぼ垂直的な切土斜面を形成しており、その露岩部分における片理面が切土斜面（65° 程度）より緩い流れ盤構造となっている。



撮影：JICA 調査団

図 2.2.62 ダーダリ橋右岸側の状況写真

左岸側の道路斜面は、図 2.2.63 に示すように右岸側と同様に岩（片岩）が露出した箇所と巨石混じり砂礫となる箇所が見られる。なお、計画架橋位置の左岸側では、現況道路沿いの露岩部分における片理面が緩い受け盤構造となっている。



撮影：JICA 調査団

図 2.2.63 ダーダリ橋左岸側の状況写真

ダーダリ橋におけるボーリング調査位置を図 2.2.64 に示し、調査結果を以下に述べる。同橋ではボーリング調査を右岸側（BH-No.1, BH-No.2）と左岸側（BH-No.3, BH-No.4）で計 4 地点、それぞれ深度 15m まで実施した。

右岸側の BH-No.1 では、表層から GL-5.75m まで岩片を混入する砂質土主体の崩積土層、それより深は泥質片岩層が厚く分布している。また、BH-No.2 では表層付近より片岩層（珪質片岩及び泥質片岩）が分布している。岩のコア採取率は BH-No.1 の GL-8.0m まで概ね 20～30%程度、それより深で概ね 70～90%程度、BH-No.2 の GL-13.0m まで概ね 20～30%程度、それより深で概ね 60～90%程度となっている。RQD は BH-No.1 の GL-11.0m まで概ね 0～30%程度、それより深で概ね 50%前後、BH-No.2 の GL-14.0m まで 0%、それより深で 10%となっている。

なお、コア採取率や RQD の低下については、ボーリング技術者の技術レベルによって左右される傾向があり、さらに片岩は片理面に沿って板状に割れやすい面状構造を呈しているため削孔時に粉砕された可能性もある。

左岸側では、GL-0.5~1.0m まで改良土又は崩積土による表土層、それ以深は片岩層（珪質片岩及び泥質片岩）が分布している。岩のコア採取率は概ね 50~90%程度であるが、BH-No.3 の GL-12.0m 以深で 0~50%に低下している。RQD は BH-No.3 の GL-9.0m まで概ね 20~30%前後、それ以深で概ね 0~10%程度、BH-No.4 の GL-9.0m まで概ね 0~30%程度、それ以深で概ね 20~40%程度となっている。コア採取率や RQD の低下については、右岸側と同じボーリング技術者、岩盤であるため、同様の理由と推測される。

なお、ダーダリ橋のボーリング調査では、掘削終了後に孔内水位があることを確認しているため、ボーリング地点（BH-No.1,~BH-No.4）では、地下水観測孔（PVC管）及び自記記録式水位計を設置した。



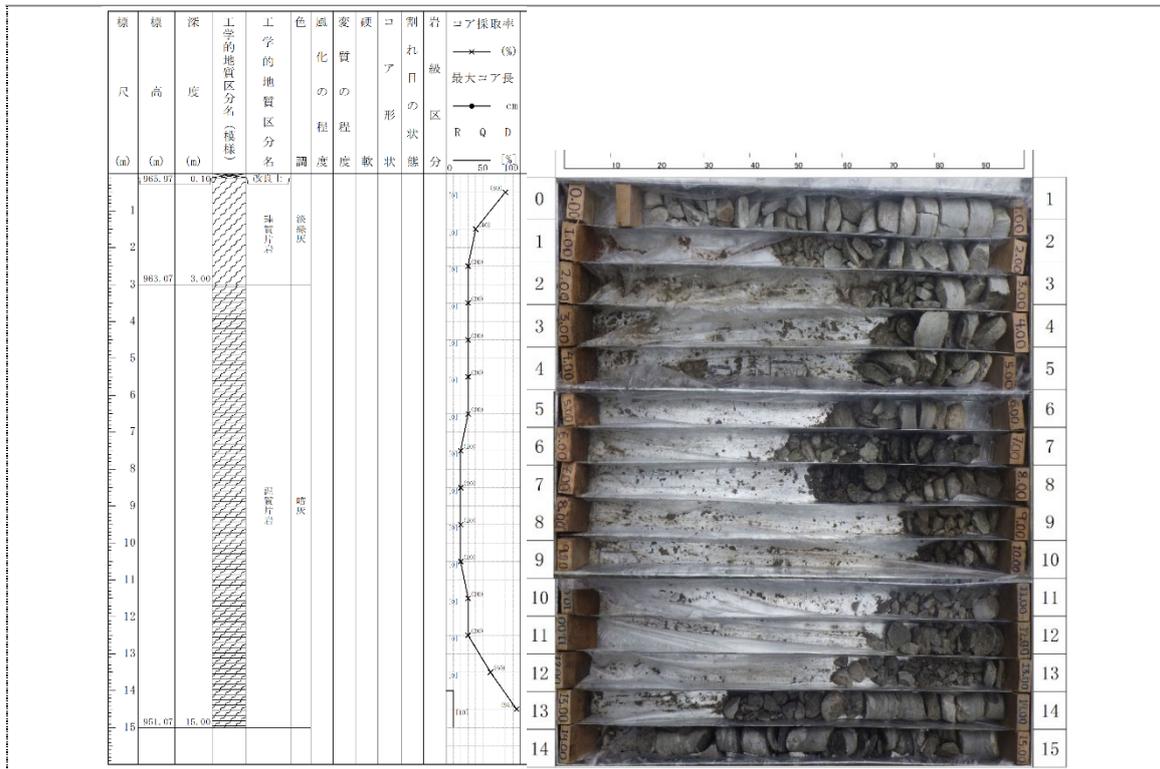
撮影：JICA 調査団

図 2.2.64 ボーリング位置（ダーダリ橋）



出典：JICA 調査団

図 2.2.65 ボーリング柱状図 (ダーダリ右岸側 BH-No.1)



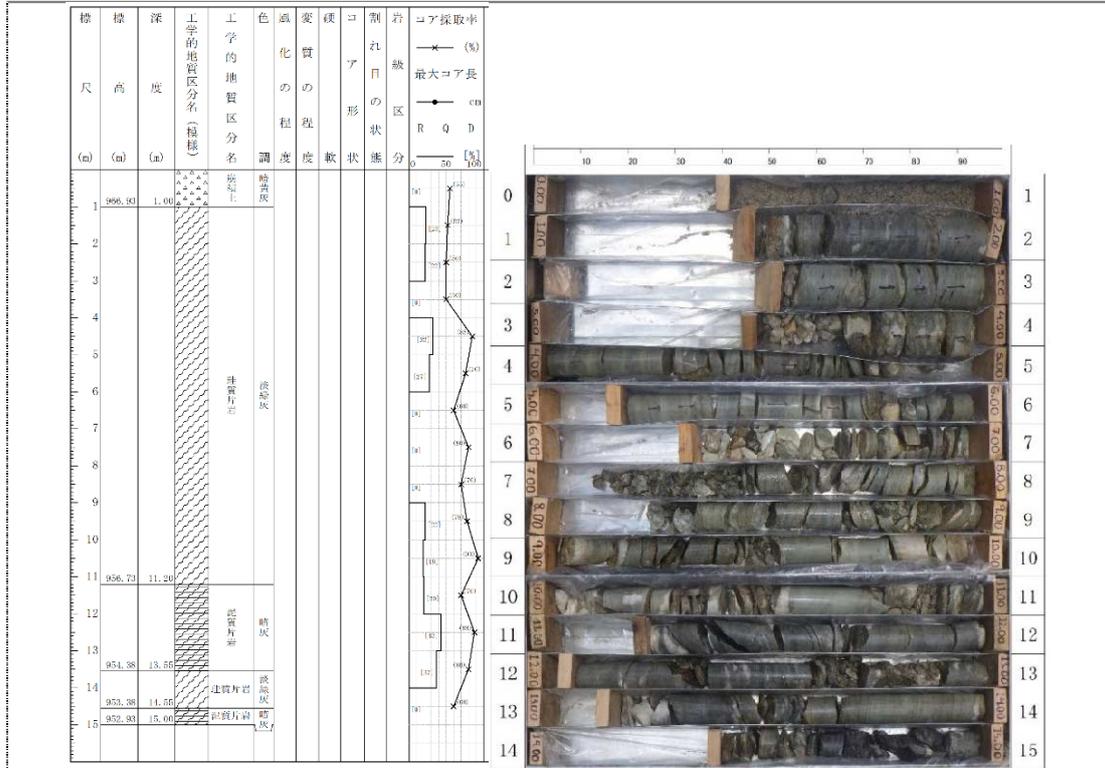
出典：JICA 調査団

図 2.2.66 ボーリング柱状図 (ダーダリ右岸側 BH-No.2)



出典：JICA 調査団

図 2.2.67 ボーリング柱状図 (ダーダリ左岸側 BH-No.3)



出典：JICA 調査団

図 2.2.68 ボーリング柱状図 (ダーダリ左岸側 BH-No.4)

(i) 標準貫入試験

ダーダリ橋における標準貫入試験の結果を表 2.2.27 に示す。同橋におけるボーリング調査では、BH-No.1 で崩積土層が GL-5.75m まで分布していたことから、標準貫入試験を実施した。その結果、GL-3m 付近まで玉石等を混入する砂礫のため N 値 50 以上を示したが、それ以深で砂質土主体となり N 値 25~42 を示した。なお、BH-No.1 以外の地点 (BH-No.2~BH-No.4) では、表層付近から岩盤 (片岩) が出現したことから、標準貫入試験で錘を自由落下させても貫入しない (反発) 状況であった。そのため、標準貫入試験を実施していない。

表 2.2.27 標準貫入試験結果 (ダーダリ橋)

Right Bank (BH-No.1)		
Depth(m)	N value	Geology
1.00	34	colluvial deposit
2.00	>50	
3.00	42	
4.00	25	
5.00	>50	
6.00 or deeper	Refusal	Rock(Pelitic schist)

出典：JICA 調査団

(ii) 岩級区分

BH-No.1~BH-No.4 に分布する片岩 (泥質片岩又は珪質片岩) は、表 2.2.24 の岩級区分の目安から CL~CM 級に区分されるものと判断した (表 2.2.28 参照)。

表 2.2.28 岩級区分の結果 (ダーダリ橋)

Right Bank(BH-No.1)		Right Bank(BH-No.2)	
Depth(m)	Rock Classification	Depth(m)	Rock Classification
0.00 - 5.75	colluvial deposit	0.00 - 0.10	improved soil
5.75 - 11.00	CL	0.10 - 15.00	CL
11.00 - 14.00	CM		
14.00 - 15.00	CL		
Left Bank(BH-No.3)		Left Bank(BH-No.4)	
Depth(m)	Rock Classification	Depth(m)	Rock Classification
0.00 - 0.50	improved soil	0.00 - 1.00	colluvial deposit
0.50 - 1.50	CL	1.00 - 15.00	CL
1.50 - 2.50	CM		
2.50 - 15.00	CL		

出典：JICA 調査団

### (iii) 平板載荷試験

平板載荷試験は、ダーダリ橋兩岸の実施可能な箇所（右岸側：GL-1.5m 程度、左岸側：表層付近）において、地耐力を確認するために実施した。

同橋右岸における平板載荷試験結果を以下に述べる。同橋右岸では、表層付近から盛土と想定される土砂が分布していたことから、最終荷重（ $P=790.2\text{kN/m}^2$ ）の沈下量は $S=55.36\text{mm}$ と非常に大きい。

極限支持力度  $P_u$  は、図 2.2.69 の  $P-S$  曲線において、沈下量が急激に増加し、沈下軸にほぼ平行となる場合の荷重とするが、明白な極限支持力度を判定できない場合、沈下量が 30mm 以内において、以下のとおり判定する。

①  $P-S$  曲線において、沈下量が直線的に増加する荷重。

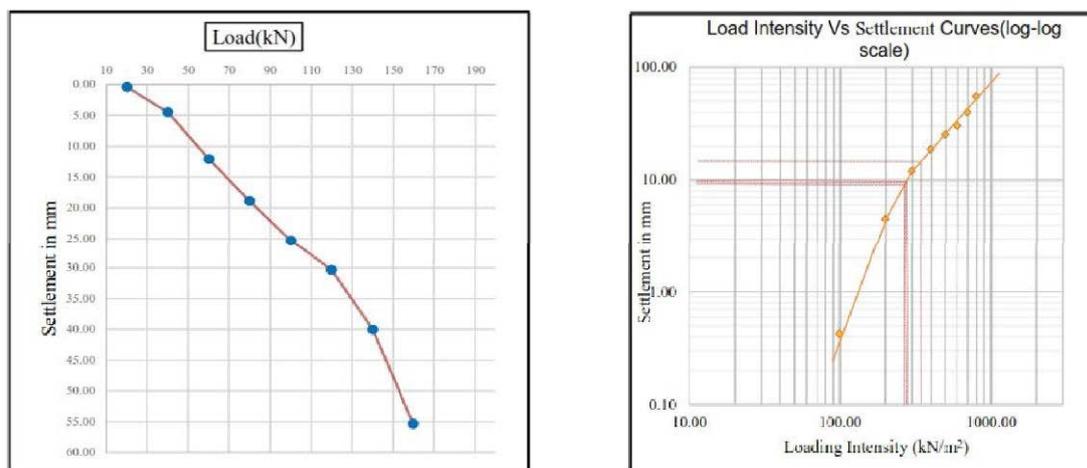
沈下量が 30mm 以内で、①の荷重が認められないとき、

② 最大試験荷重を極限支持力度とする。

ここで、7段階目の荷重（ $P=691.36\text{kN/m}^2$ ）の沈下量（ $S$ ）は  $S=40\text{mm}$  であり、試験終了の判断基準である沈下量 30mm を上回っており、十分な沈下量に至っていると判断できる。また、両グラフから荷重 6 段階目以降、沈下量の増加が認められることから、荷重 6 段階目の荷重（ $P_u=592.59\text{kN/m}^2$ ）を極限支持力度と判断した。

一般に、荷重と沈下量の関係を両対数グラフ（ $\log P-\log S$  曲線）にプロットすると、明瞭な屈折点が表れる場合が多く、この屈折点に相当する荷重を降伏荷重  $P_y$  とする。

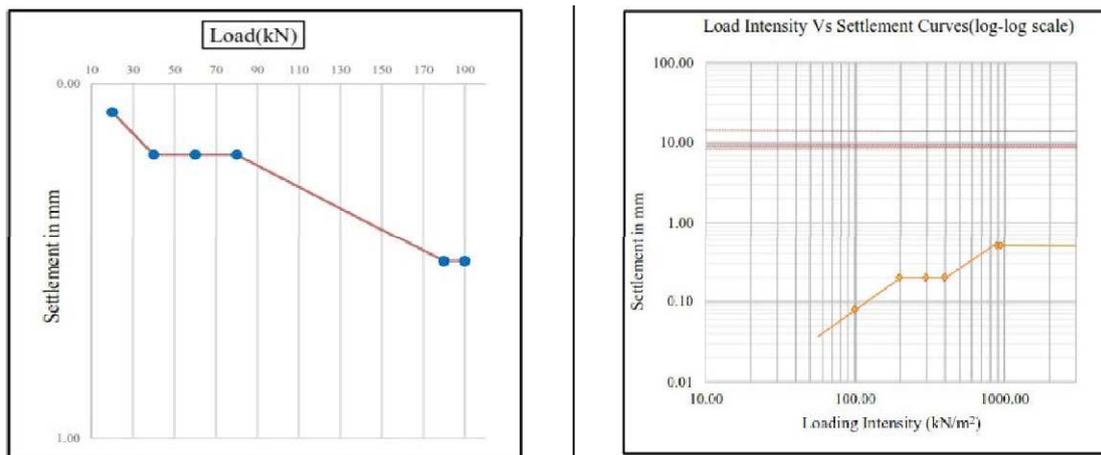
ここで、図 2.2.69 の  $\log P-\log S$  曲線に示すように、その変曲点から降伏荷重  $P_y=296.3\text{kN/m}^2$  と判断した。



出典：JICA 調査団

図 2.2.69 沈下量  $S$  と載荷圧力  $P$  の関係図（ダーダリ右岸）

ダーダリ橋左岸における平板載荷試験結果を以下に述べる。同橋左岸では、表層付近から岩盤が出現したことから、最終荷重（ $P=938.27\text{kN/m}^2$ ）の沈下量は $S=0.50\text{mm}$ と非常に小さく、今回の載荷荷重の範囲においては、極限支持力度  $P_u$  には至っていないものと判断された。



出典：JICA 調査団

図 2.2.70 沈下量 S と载荷圧力 P の関係図（ダーダリ左岸）

(iv) 弾性波探査

ダーダリ橋における弾性波探査は、現況道路沿いの急崖上から背面に向かう横断方向に機材を設置して実施した（図 2.2.71 参照）。

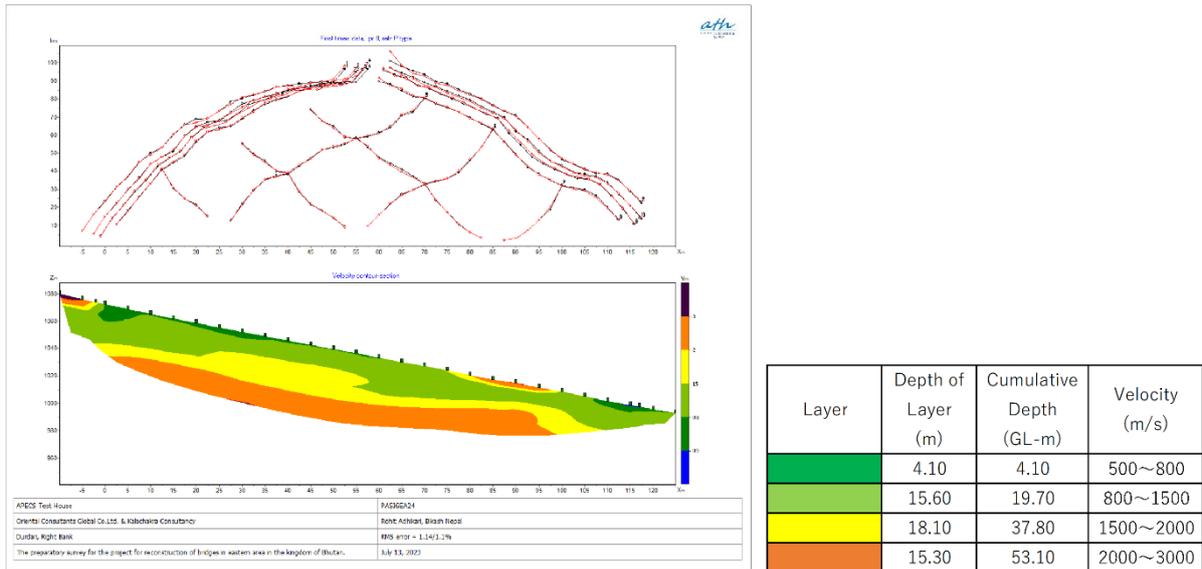


撮影：JICA 調査団

図 2.2.71 弾性波探査の試験位置（ダーダリ橋右岸斜面）

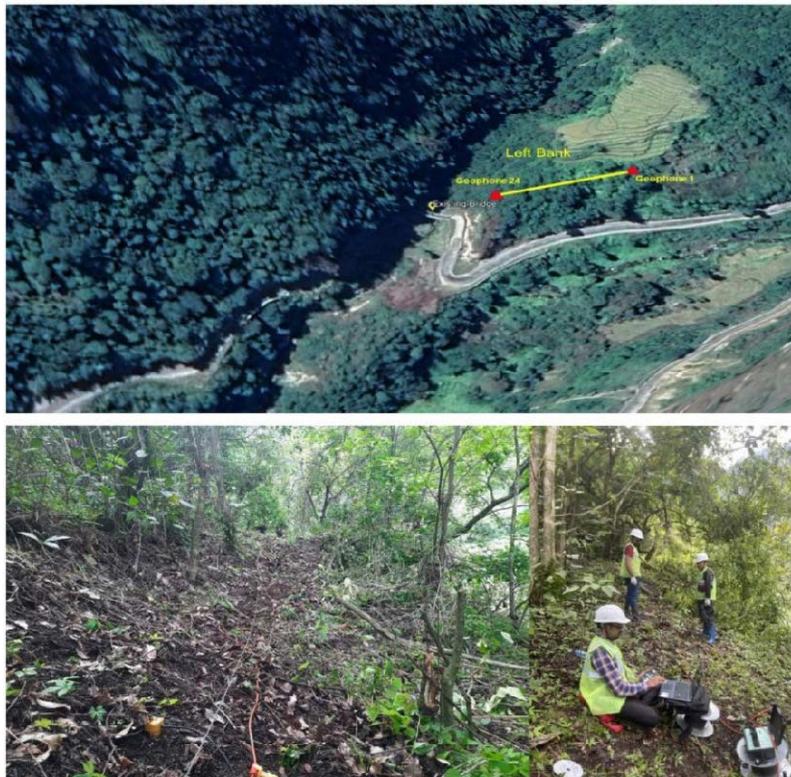
ダーダリ橋右岸斜面における弾性波探査結果を以下に述べる。本探査は急崖上から斜面の横断方向に実施しており、表層付近から概ね  $V_p=800\sim 1500\text{m/s}$  を示した。前述した図 2.2.59 の例を参考とすると岩質が  $V_p=500\text{m/s}$  以上で区分されており、当該斜面の値は急崖直下のボーリン

グ地点 (BH-No.2) で岩盤層が出現していることと一致した結果であり、斜面横断方向にも岩盤層が分布していることが想定される。また、深度方向に向かって P 波速度は大きくなり、徐々に硬質化していることが考えられる。



出典：JICA 調査団

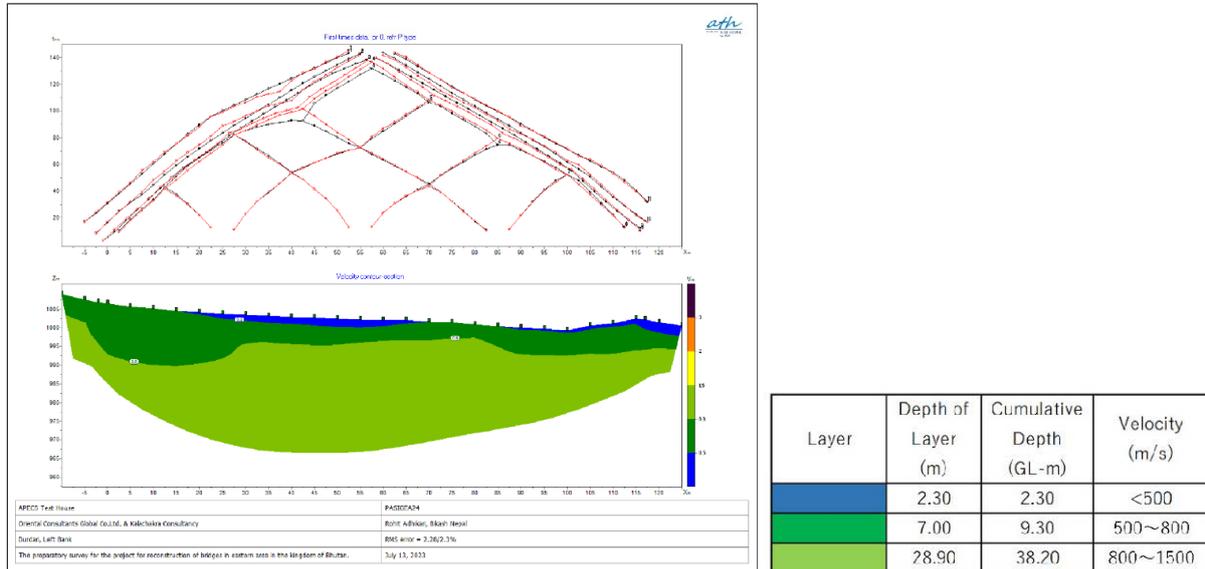
図 2.2.72 P 波速度分布図 (ダーダリ橋右岸斜面)



撮影：JICA 調査団

図 2.2.73 弾性波探査の試験位置 (ダーダリ橋左岸斜面)

ダーダリ橋左岸斜面における弾性波探査結果を以下に述べる。表層付近から概ね  $V_p=500\sim 800\text{m/s}$  とやや小さい値を示すことから、崩積土層又は強風化岩層が厚く堆積している可能性がある。ただし、本探査の実施箇所が急崖背面側の緩斜面であることから、急崖直下のボーリング地点 (BH-No.4) で確認した岩盤層が表層付近には分布していないことが想定される。



出典：JICA 調査団

図 2.274 P 波速度分布図 (ダーダリ橋左岸斜面)

#### (v) 室内試験

室内土質・岩石試験は、標準貫入試験で得られた試料及びボーリングコアを用いて、物理特性及び力学特性を把握することを目的として実施した。試験結果の概略を表 2.2.29 及び表 2.2.30 に示す。

表 2.2.29 室内岩石試験結果 (ダーダリ橋)

bridge	BH No.	Sample Identity	Depth	Density test (g/cm <sup>3</sup> )		UCS (MN/m <sup>2</sup> )	
Durdari	BH-No.1	BH-1-1	6.80 - 6.90	-	-	-	-
		BH-1-2	8.40 - 8.64	2.615	2.615	55.50	55.50
		BH-1-3	11.20 - 11.90	2.738 2.725	2.732	33.13 41.48	37.31
	BH-No.2	BH-2-1	14.20 - 14.30	-	-	-	-
	BH-No.3	BH-3-1	6.40 - 6.70	2.675	2.675	33.58	33.58
		BH-3-2	7.80 - 8.00	2.672	2.672	47.59	47.59
	BH-No.4	BH-4-1	4.00 - 4.20	2.619 2.617	2.618	34.87 23.96	29.42
		BH-4-2	5.20 - 5.50	2.650	2.650	56.43	56.43
		BH-4-3	9.50 - 9.70	-	-	-	-

注1)BH-1-3,BH-4-1のコア供試体は複数で試験を実施したため、平均値を併記して示す

注2)「-」はコア整形で十分な供試体が得られず試験が実施できなかった試料を示す

出典：JICA 調査団

表 2.2.30 室内土質試験結果（ダーダリ橋）

bridge	BH No.	Sample Identity	Depth		土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)
Durdari	BH-No.1	DBH-1	2.00	- 2.45	2.63	2.17	22.5	NP
		DBH-2	3.00	- 3.45	2.78	7.02	26.0	NP
		DBH-3	4.00	- 4.45	2.38	8.64	24.0	NP
		DBH-4	5.00	- 5.45	2.63	15.62	19.2	NP

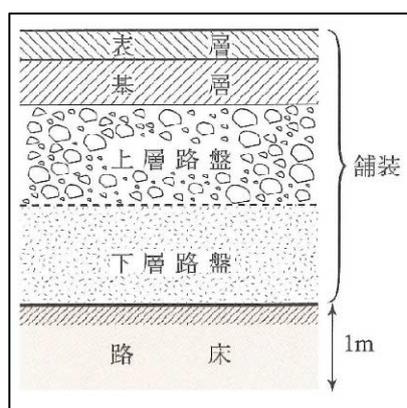
出典：JICA 調査団

### (c) 材料調査

材料調査は、2 橋梁及び土取場で合計 11 試料を採取して実施した。

#### (i) CBR 試験

道路舗装は、下から基盤や現地盤である路体・路床、支持力を発揮する路盤、および、タイヤを介して車の荷重を受ける表層・基層の 3 層構造が基本となる構成である（図 2.2.75 参照）。



出典：土質試験 基本と手引き、地盤工学会

図 2.2.75 アスファルト舗装の構造

CBR テスト (California Bearing Ratio) の概念は、道路舗装構造における路床 (Subgrade) の支持力を評価する試験であり、室内で行う材料試験である「室内 CBR 試験」と、試験装置を直接現場に持ち込み実施する「現場 CBR 試験」に大別される。このうち、「室内 CBR 試験」は、アスファルト舗装の厚さを決定するために行われ、アスファルト舗装が敷かれる路床に適切な支持力が保たれているかどうかを試験する「設計 CBR 試験 (路床レベルで実施する試験)」と、路盤材料が持つ材料剛性 (壊れにくさや変形のしにくさ) を評価する「修正 CBR 試験 (路盤材料で実施する試験)」とに分かれる。

今回の試験は「室内 CBR 試験」として、路床レベルから採取された土質試料 (砂礫や採石など) を室内に持ち込んで行った「設計 CBR 試験」を行い、11 地点 (2 橋梁×左右岸 4 地点、土取場 3 地点) に対して適用した。

「室内 CBR 試験」では、最適含水比に調整された現場採取試料を容器 (モールド) に入れ突き固めた後、ピストンを介して荷重を加え、荷重変形特性 (荷重と貫入深さとの関係) を求め、

貫入量が所定量に達したときの荷重を求めた後、別途得られている標準荷重との比を取り、材料ごとで異なる規定値との関係を吟味することで、現場で採取された試料の適否検討を行った。今回の試験における試験項目・結果の一覧表を表 2.2.31 に示す。

表 2.2.31 CBR 試験結果

試験項目	目的	実施場所	実施位置	試料名	試験結果
					設計CBR(%)
室内CBR試験	舗装厚の設計	ナムリン橋	右岸BH-1	N-RB-1	18.0
			右岸BH-2	N-RB-2	13.0
			左岸BH-3	N-LB-1	12.5
			左岸BH-4	N-LB-2	13.2
		ダーダリ橋	右岸BH-1	D-RB-1	29.0
			右岸BH-2	D-RB-2	26.0
			左岸BH-3	D-LB-1	35.0
			左岸BH-4	D-LB-2	37.0
		NRDCL Crusher quarry	ナムリン橋周辺	NSQ-S	40.0
		Domdhe Stone quarry	ダーダリ橋周辺	DSQ-S	7.4
		Borrow pit location	ダーダリ橋周辺	BS-S	5.0

出典：JICA 調査団

試験結果の解釈について、表 2.2.32 を参考にすると CBR が 3%未満の場合、路床土は舗装材料として不適切であると判断される。各試験値は、ナムリン橋の試料で CBR12.5~18.0、ダーダリ橋の試料で CBR26.0~37.0 を示し、各土質が砂質土又粒径分布の良い砂であると判断できる。

表 2.2.32 CBR の概略値

路床土の種類	現場 CBR (%)
粘土、シルト分が多くしかも含水比の高い土 含水比の高い火山灰質粘性土	3未満
粘土、シルト分が多くても含水比が比較的低い土 含水比のあまり高くない火山灰質粘性土	3~5
砂まじりの粘性土	3~7
粘性土まじりの砂質土 含水比が低い砂混じりの粘性土	7~10
砂質土	7~15
粒径分布のよい砂	10~30

出典：地盤材料試験の方法と解説、地盤工学会

## (ii) その他の材料試験

その他の材料試験については、表 2.2.33 の結果一覧表に示すとおりである。

**表 2.2.33 材料試験結果**

Sample location		Sample Identity	土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	LAA (%)	ACV (%)
Namling	右岸側	N-RB-1	2.67	4.91	24.0	NP	–	–
		N-RB-2	2.69	4.81	24.5	NP	–	–
	左岸側	N-LB-1	2.70	5.94	24.0	NP	–	–
		N-LB-2	2.69	4.13	23.5	NP	–	–
Durdari	右岸側	D-RB-1	2.69	5.08	NP	NP	–	–
		D-RB-2	2.69	6.42	NP	NP	–	–
	左岸側	D-LB-1	2.63	8.20	21.0	NP	–	–
		D-LB-2	2.64	4.51	23.2	NP	–	–
NRDCL Crusher quarry	ナムリン橋周辺	NSQ-S	2.60	–	–	–	–	–
		NSQ-A	2.67	–	–	–	42.38	23.51
Domdhe Stone quarry	ダーダリ橋周辺	DSQ-S	2.70	–	–	–	–	–
		DSQ-A	2.59	–	–	–	38.48	21.20
Borrow pit location	ダーダリ橋周辺	BS-S	2.63	–	–	–	–	–

注) LAA : 骨材のすりへり試験、ACV : 骨材の破砕試験

出典 : JICA 調査団

## 2.2.4 橋梁状況調査

### (1) はじめに

2023年2月28日～3月5日にかけて全調査対象橋梁（ナムリン橋、パクダン橋、ダーダリ橋、リビダン橋、ローリン橋）の健全度調査を実施した。本調査では、過年度実施した技術協力プロジェクト「橋梁施工監理及び維持管理能力向上プロジェクト」にて作成された点検・診断マニュアルを活用した。なお、本マニュアルは、国土交通省「橋梁定期点検要領」を参考としており、橋梁の健全度評価項目は①橋梁全体、②上部工、③下部工、④付帯構造物について、劣化項目ごとに a～e の 5 段階評価したうえで最終的な健全度を評価している。評価基準の内容を図 2.2.76 及び図 2.2.77 に示す。

**1. Overall Condition of Bridge**

Structure	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)
Whole Bridge	Extraordinary deflection	Extraordinary sagging	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
	Settlement Movement Inclination	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
	Scouring	Scouring of pier or foundation	a:Not found b:- c:Slightly d:- e:Severely
	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on Deck, Girder (Steel) or Abutment	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
	Others	Graffiti, bird damage, fire damage, etc.	Only record

**2. Condition of Damage(Super Structure)**

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)
Super Structure	Deck Slab	Con	Crack	Appendix
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b:- c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)
			Water leakage/Free lime	a:Not found b:- c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid
			Partial loss of concrete	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
		Honeycomb	a:Not found b:- c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
		Steel	Corrosion	Appendix
			Crack	a:Not found b:- c:Less than 3mm (length) d:- e:3mm or more (length)
			Looseness/Omission	a:Not found b:- c:Less than 5% d:- e:5% or more
	Fracture		a:Not found b:- c:- d:- e:Found	
	Deterioration of Painting		a:Not found b:- c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust	
	Main Girder		Con	Crack
		Peeling/Rebar exposure		a:Not found b:- c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)
		Water leakage/Free lime		a:Not found b:- c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid
		Honeycomb		a:Not found b:- c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)
		Steel	Corrosion	Appendix
			Crack	a:Not found b:- c:Less than 3mm (length) d:- e:3mm or more (length)
			Looseness/Omission	a:Not found b:- c:Less than 5% d:- e:5% or more
			Fracture	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
	Deterioration of Painting	a:Not found b:- c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust		

**3. Condition of Damage(Sub Structure)**

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)
Sub Structure	Body	Con	Crack	Appendix
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b:- c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)
			Water leakage/Free lime	a:Not found b:- c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid
			Honeycomb	a:Not found b:- c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)
	Con/masonry	Damage/Deformation	a:Not found b:- c:Partial Damage d:- e:Deformation	

**4. Presence of Damage**

Structure	Member	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)
Bearing	Bearing	Defect	Severe corrosion, defect / hardening / missing parts	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
		Noise	Extraordinary noise during passing vehicle	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
	Base Mortar (Bearing Sheet)	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on/around base mortar	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
		Deformation/ Loss	Crack of mortar, partial defect	a:Not found b:- c:Partially d:- e:Severely
Ancillary Facilities	Railing	Deformation/ Damage	Deformation or broken part	a:Not found b:- c:Less than 50% d:- e:50% or more
			Dangerous parts for bridge users	a:Not found b:- c:Less than 50% d:- e:50% or more
Deck Surface	Pavement	Abnornity	Hole, big pothole, crack	a:Not found b:- c:Cracks d:- e:Pot Holes
		Unevenness	Dangerous parts for bridge users	a:Not found b:- c:Less than 2cm d:- e:More than 2cm
		Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on pavement	a:Not found b:- c:- d:- e:Found
	Expansion joint	Abnornity	Broken	a:Not found b:- c:Minor d:- e:Separating or Squeezing
Unevenness		Level difference	a:Not found b:- c:less than 2cm d:- e:2cm or more	
Drainage Facilities	Clogging	Clogging with soil and overlay	a:Not found b:- c:- d:- e:Found	
	Water Leakage	Broken or drained water affected to girder or other member	a:Not found b:- c:- d:- e:Found	

出典：「ブ」国点検・診断マニュアル \*Appendixは、図 2.2.77 を参照

図 2.2.76 評価基準 (1/2)

Appendix

【Crack on Deck Slab】		Crack phenomenon
a	<p>【Crack spacing &amp; crack characteristic】 Crack has occurred only on one direction and more than 1.0m as minimum crack spacing.</p> <p>【Crack width】 Less than 0.05mm of maximum crack width. (such as hair crack)</p>	
b	<p>【Crack spacing &amp; crack characteristic】 Crack has mainly occurred on one direction and crack spacing of between 1.0m~0.5m, but not square-block type.</p> <p>【Crack width】 Mainly less than 0.1mm, but partly over 0.1mm.</p>	
c	<p>【Crack spacing &amp; crack characteristic】 Crack has occurred on about 0.5m before square-block type.</p> <p>【Crack width】 Mainly less than 0.2mm, but partly over 0.2mm.</p>	
d	<p>【Crack spacing &amp; crack characteristic】 Crack has occurred on 0.5m~0.2m and also square-block type.</p> <p>【Crack width】 Over 0.2mm and partly peeling off concrete.</p>	
e	<p>【Crack spacing &amp; crack characteristic】 Crack has occurred on less than 0.2m and mainly square-block type.</p> <p>【Crack width】 More than 0.2mm and continuously peeling off concrete.</p>	

【Corrosion on Steel】		Corrosion phenomenon
a	Nothing	
b	Corrosion has occurred on steel surface, but impossible to see reduction of its thickness. Furthermore very minor area of corrosion damage.	
c	Corrosion has occurred on steel surface, but impossible to see reduction of its thickness. And rust has occurred entirely on focusing parts or some spread area.	
d	Corrosion has occurred on steel surface, also possible to see slightly reduction of its thickness. And rust has occurred entirely on focusing parts or many spread area.	
e	Corrosion has apparently expanded on steel surface, also possible to see definitely reduction of its thickness. And rust has occurred entirely with many spread area.	

【Crack on Concrete Structure】		Crack phenomenon
a	Nothing	
b	-	
c	Small crack width (less than 0.2mm in case of RC structure)	
d	Midium crack width (more than 0.2mm to less than 1.0mm in case of RC structure)	
e	Large crack width (more than 1.0mm in case of RC structure)	

出典：「ブ」国点検・診断マニュアル

図 2.2.77 評価基準 (2/2)

点検は近接可能な部位については近接目視点検および打音検査を実施し、近接が困難な部位は遠方目視点検を実施した。また、既存橋梁のコンクリート強度を把握するために、リバウンドハンマーによる非破壊試験を実施した。リバウンドハンマーは、技術協力プロジェクトにて供与されたものを DoST 地方事務所より借り受けて使用した。調査状況を図 2.2.78、既存橋梁のコンクリート強度試験結果を表 2.2.34 に示す。

コンクリート強度は、ナムリン橋（ベイリー橋のため測定不可）およびローリン橋（近接が困難なため測定不可）を除いて実施した。ダーダリ橋はベイリー橋であるが、台座コンクリートに対して強度測定を実施した。ダーダリ橋およびリビダン橋のコンクリート強度は、 $30\text{N/mm}^2$  以上ありコンクリートの品質は良好である。また、パクダン橋のコンクリート強度は、 $22\text{N/mm}^2$  であり、旧道路橋示方書における RC コンクリート橋の設計基準強度  $21\text{N/mm}^2$ （現在の設計基準強度は  $24\text{N/mm}^2$ ）を満たす状況であった。



撮影：JICA 調査団

図 2.2.78 橋梁点検状況

表 2.2.34 既存橋梁のコンクリート強度試験結果

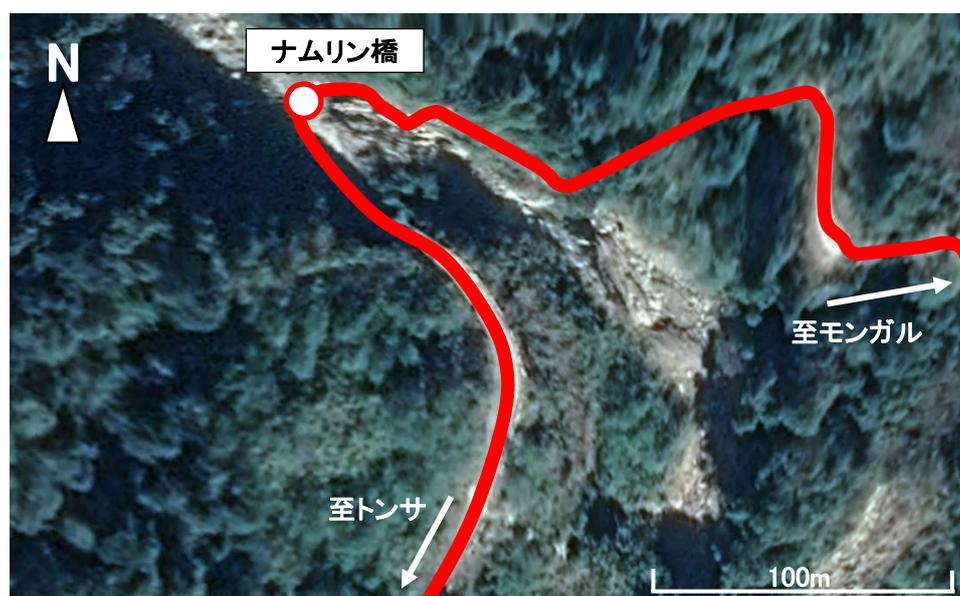
橋梁名	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	備考
ナムリン橋	—	ベイリー橋により測定不可
バクダン橋	22	主桁側部を測定
ダーダリ橋	32	ベイリー橋の台座コンクリートを測定
リビダン橋	36	主桁下面を測定
	32	橋台前面を測定
ローリン橋	—	近接困難により測定不可

出典：JICA 調査団

## (2) ナムリン橋（Namling Bridge）の調査結果

### 1) 橋梁周辺の道路の調査結果

ナムリン橋は山岳部に位置し、周辺を標高 3,000m 級の山々に囲まれているため、橋梁前後の道路線形が悪くカーブが連続している（図 2.2.79 参照）。路面は未舗装で多数の凹凸が見られるため、車両の走行速度はかなり遅く、乗り心地も悪い。PNH-1 では 2 車線化の拡幅工事が進められており、同橋周辺の道路も現在拡幅中である。しかし、拡幅後も急カーブは解消されないことから、引き続き、低速走行となることが予想される。



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.79 ナムリン橋周辺の道路線形

ナムリン橋前後の道路の状況を図 2.2.80 に示す。右岸側の斜面は岩が露出し、垂直に近い勾配で切り立っている状況であり、部分的な落石を確認した。一方、左岸側は岩と土砂が混じっている状態であり、斜面中腹に岩塊が点在していることから落石の危険性が高い。また、斜面中腹では湧水が確認されており、年間を通して同様の状況であると思われる。道路については未舗装の状態、幅員は 1 車線分のみであったが、部分的に拡幅工事が完了した区間があるため、車両同士のすれ違いは可能である。



右岸側（トンサ側）斜面の状況



左岸側（モンガル側）斜面の状況



道路の状況



車両通行時の状況

出典：JICA 調査団

図 2.2.80 ナムリン橋周辺の斜面及び道路状況

## 2) 橋梁本体の調査結果

### (a) 調査結果概要

ナムリン橋の調査結果を以下に示す。

全 体：橋梁全体にたわみが確認され ((d) 劣化写真 No.1 参照)、洗堀により下部工基礎が露呈しており ((d) 劣化写真 No.2 参照)、落橋の危険性がある。

上 部 工：ベイリー橋のため仮設構造物である。鋼材に腐食を確認した。 ((d) 劣化写真 No.4 参照)

下 部 工：下部工基礎の露呈が確認されるものの、躯体自体に大きな損傷は見られない。

付帯構造物：舗装に損傷がある。 ((d) 劣化写真 No.6 参照)

(b) 橋梁台帳

橋梁名	ナムリン橋		路線名	国道一号線	
写真説明	トンサ側より撮影		写真説明	モンガル側より撮影	
現地 状況 写真					
	写真説明	トンサ側下流より撮影	写真説明	モンガル側下流より撮影	
					
	写真説明	トンサ側上流より撮影	写真説明	モンガル側上流より撮影	
					
	写真説明	橋上より下流側を撮影	写真説明	橋上より上流側を撮影	
					

出典：JICA 調査団

(c) 点検結果

1. Overall Condition of Bridge

Structure	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Whole Bridge	Extraordinary deflection	Extraordinary sagging	a:Not found b:c: d: e:Found	e
	Settlement	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b:c: d: e:Found	a
	Movement Inclination	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b:c: d: e:Found	a
	Scouring	Scouring of pier or foundation	a:Not found b:c:Slightly d: e:Severely	e
	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on Deck, Girder (Steel) or Abutment	a:Not found b:c: d: e:Found	e
Others	Graffiti, bird damage, fire damage, etc.	Only record	-	

2. Condition of Damage(Super Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Super Structure	Deck Slab	Con	Crack	Appendix	
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b:c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Water leakage/Free lime	a:Not found b:c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	
			Partial loss of concrete	a:Not found b:c: d: e:Found	
			Honeycomb	a:Not found b:c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
		Steel	Corrosion	Appendix	c
			Crack	a:Not found b:c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	a
			Looseness/Omission	a:Not found b:c:Less than 5% d: e:5% or more	a
			Fracture	a:Not found b:c: d: e:Found	a
			Deterioration of Painting	a:Not found b:c:Partially d:Peeling e:Peeling and Rust	e
	Main Girder	Con	Crack	Appendix	
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b:c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Water leakage/Free lime	a:Not found b:c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	
			Honeycomb	a:Not found b:c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Corrosion	Appendix	c
		Steel	Crack	a:Not found b:c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	a
			Looseness/Omission	a:Not found b:c:Less than 5% d: e:5% or more	a
			Fracture	a:Not found b:c: d: e:Found	a
			Deterioration of Painting	a:Not found b:c:Partially d:Peeling e:Peeling and Rust	e

3. Condition of Damage(Sub Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Sub Structure	Body	Con	Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b:c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Water leakage/Free lime	a:Not found b:c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Honeycomb	a:Not found b:c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
		Con/masonry	Damage/Deformation	a:Not found b:c:Partial Damage d: e:Deformation	Not Exsist

4. Presence of Damage

Structure	Member	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Bearing	Bearing	Defect	Severe corrosion, defect / hardening / missing parts	a:Not found b:c: d: e:Found	a
		Noise	Extraordinary noise during passing vehicle	a:Not found b:c: d: e:Found	a
	Base Mortar (Bearing Sheet)	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on/around base mortar	a:Not found b:c: d: e:Found	a
		Deformation/ Loss	Crack of mortar, partial defect	a:Not found b:c:Partially d: e:Severely	a
Ancillary Facilities	Railing	Deformation/ Damage	Deformation or broken part	a:Not found b:c:Less than 50% d: e:50% or more	Not Exsist
			Dangerous parts for bridge users	a:Not found b:c:Less than 50% d: e:50% or more	Not Exsist
Deck Surface	Pavement	Abnormity	Hole, big pothole, crack	a:Not found b:c:Cracks d: e:Pot Holes	e
		Unevenness	Dangerous parts for bridge users	a:Not found b:c:Less than 2cm d: e:More than 2cm	a
		Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on pavement	a:Not found b:c: d: e:Found	e
	Expansion joint	Abnormity	Broken	a:Not found b:c:Minor d: e:Separating or Squeezing	Not Exsist
Unevenness		Level difference	a:Not found b:c:less than 2cm d: e:2cm or more	Not Exsist	
Drainage Facilities	Water Leakage	Clogging	Clogging with soil and overlay	a:Not found b:c: d: e:Found	Not Exsist
			Broken or drained water affected to girder or other member	a:Not found b:c: d: e:Found	Not Exsist

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

(d) 劣化写真

Photograph									
Category	e	Type of Damage	Extraordinary deflection	Pic.No.1	Category	e	Type of Damage	Scouring	Pic.No.2
									
Category	e	Type of Damage	Scouring	Pic.No.3	Category	c	Type of Damage	Corrosion	Pic.No.4
									
Category	e	Type of Damage	Deterioration of Painting	Pic.No.5	Category	e	Type of Damage	Abnormity	Pic.No.6
									
Category	e	Type of Damage	Sediment Deposition	Pic.No.7	Category		Type of Damage		Pic.No.8
									

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

### 3) 河川上下流の調査結果

目視点検の結果、現橋付近や下流側に巨石の存在を確認するとともに、現橋付近から下流側において、非常に急勾配な河川であることを確認した。上流側は草木が生い茂っており、目視による状況確認ができなかったが、購入した衛星写真のデータによると、上流付近においても15～20度の勾配となっており、土石流の発生および流下区間となっていることが判明した。



既存橋上流側の河川状況



既存橋下流側の河川状況

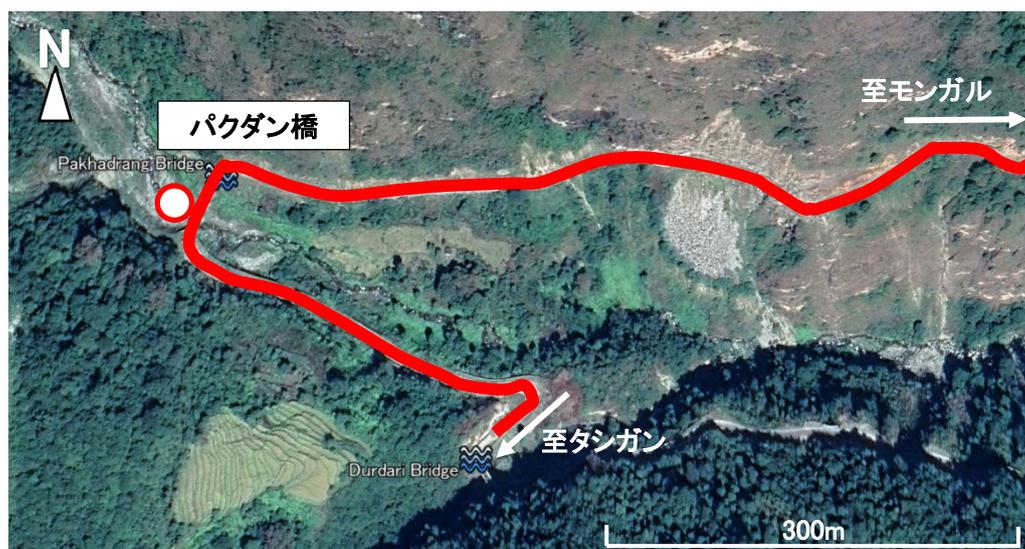
出典：JICA 調査団

図 2.2.81 ナムリン橋周辺の河川状況

### (3) パクダン橋（Pakhdrang Bridge）の調査結果

#### 1) 橋梁周辺の道路の調査結果

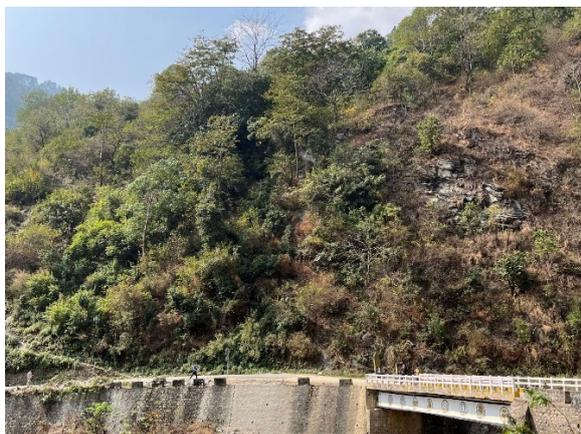
パクダン橋の周辺道路は2車線拡幅が完了しており、また舗装されているため走行しやすい状況である。同橋の前後および同橋とダーダリ橋の間で急カーブが存在するものの、その他は比較的曲線半径が緩いため、ある程度の速度での走行が可能である。（図 2.2.82 参照）



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.82 パクダン橋周辺の道路線形

パクダン橋前後の道路の状況を図 2.2.83 に示す。右岸側の斜面は比較的緩やかで斜面上部の耕作地へ登る住民用の道が存在する。当該斜面は草木が生い茂っており落石の可能性は少なく、また高さも左岸側と比べると低く、法面の施工は比較的容易であると思われる。一方、左岸側は岩と土砂が混じっており、勾配はかなり急であることから、降雨時に落石が懸念される。道路は、すでに拡幅工事による 2 車線化およびアスファルト舗装工事が完了しており、高速での車両走行が可能である。



右岸側(タシガン側)斜面の状況



左岸側(モンガル側)斜面の状況



右岸側(タシガン側)道路の状況



左岸側(モンガル側)道路の状況

出典：JICA 調査団

図 2.2.83 パクダン橋周辺の斜面及び道路状況

## 2) 橋梁本体の調査結果

### (a) 調査結果概要

パクダン橋の調査結果を以下に示す。

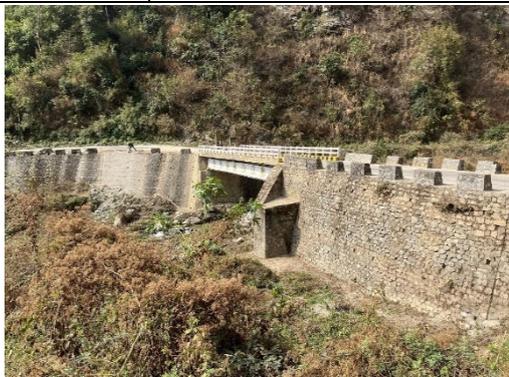
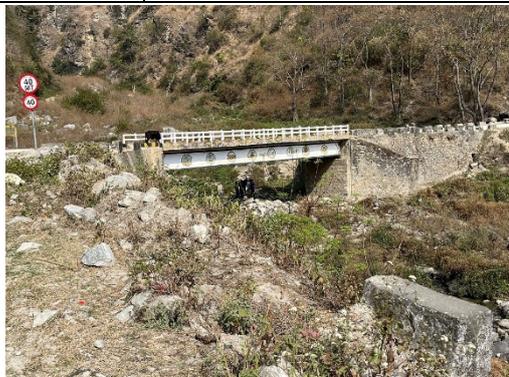
全 体：上部工を補修・補強することで供用期間の延長が見込まれる。

上 部 工：部分的に床版下面のかぶりコンクリートの剥離が発生し、鉄筋が露出しており、施工不良によるジャンカが確認された。((d) 劣化写真 No.2 参照) コンクリート強度が部分的に低下している可能性がある。

下 部 工：部分的な断面欠損が生じているが、補修済み。((d) 劣化写真 No.3 参照)

付帯構造物：舗装および伸縮装置に損傷がある。((d) 劣化写真 No.4,6 参照)

(b) 橋梁台帳

橋梁名	パクダン橋	路線名	国道一号線	
現 地 状 況 写 真	写真説明	モンガル側より撮影	写真説明	タシガン側より撮影
				
	写真説明	モンガル側下流より撮影	写真説明	タシガン側下流より撮影
				
	写真説明	モンガル側上流より撮影	写真説明	タシガン側上流より撮影 (旧写真)
				
	写真説明	下流側を撮影	写真説明	橋上より上流側を撮影
				

出典：JICA 調査団

(c) 点検結果

1. Overall Condition of Bridge

Structure	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Whole Bridge	Extraordinary deflection	Extraordinary sagging	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Settlement	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Movement Inclination	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Scouring	Scouring of pier or foundation	a:Not found b: c:Slightly d: e:Severely	a
	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on Deck, Girder (Steel) or Abutment	a:Not found b: c: d: e:Found	a
Others	Graffiti, bird damage, fire damage, etc.	Only record	-	

2. Condition of Damage(Super Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Super Structure	Deck Slab	Con	Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	e
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Partial loss of concrete	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a	
		Steel	Corrosion	Appendix	
			Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	
	Fracture		a:Not found b: c: d: e:Found		
	Main Girder	Con	Deterioration of Painting	a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust	
			Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
		Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	c	
		Steel	Corrosion	Appendix	
			Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	
Looseness/Omission			a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more		
Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found				
Deterioration of Painting	a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust				

3. Condition of Damage(Sub Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Sub Structure	Body	Con	Crack	Appendix	
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
		Con/masonry	Damage/Deformation	a:Not found b: c:Partial Damage d: e:Deformation	c

4. Presence of Damage

Structure	Member	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Bearing	Bearing	Defect	Severe corrosion, defect / hardening / missing parts	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Noise	Extraordinary noise during passing vehicle	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Base Mortar (Bearing Sheet)	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on/around base mortar	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Deformation/ Loss	Crack of mortar, partial defect	a:Not found b: c:Partially d: e:Severely	a
Ancillary Facilities	Railing	Deformation/ Damage	Deformation or broken part	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	a
			Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	a
Deck Surface	Pavement	Abnormity	Hole, big pothole, crack	a:Not found b: c:Cracks d: e:Pot Holes	e
		Unevenness	Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 2cm d: e:More than 2cm	e
	Expansion joint	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on pavement	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Abnormity	Broken	a:Not found b: c:Minor d: e:Separating or Squeezing	c
Drainage Facilities	Clogging	Level difference	Level difference	a:Not found b: c:less than 2cm d: e:2cm or more	e
			Clogging with soil and overlay	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Water Leakage	Broken or drained water affected to girder or other member	a:Not found b: c: d: e:Found	a	

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

(d) 劣化写真

Photograph									
Category	e	Type of Damage	Re-bar exposure	Pic.No.1	Category	e	Type of Damage	Honeycomb	Pic.No.2
									
Category	c	Type of Damage	Damage	Pic.No.3	Category	e	Type of Damage	Abnormity	Pic.No.4
									
Category	e	Type of Damage	Unevenness	Pic.No.5	Category	c	Type of Damage	Abnormity	Pic.No.6
									
Category	e	Type of Damage	Unevenness	Pic.No.7	Category		Type of Damage		Pic.No.8
									

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

### 3) 河川上下流の調査結果

目視点検の結果、パクダン橋の上流側、下流側ともに巨石を確認したことから、過去に土石流が発生したと考えられる。現地調査実施時期が乾季であったことから、河川内に水はほとんど流れていない状況であった。同橋から見通せる範囲では、河床勾配はほとんど無いように見受けられた。衛星写真のデータによると、同橋付近の河床勾配は、3～10度となっており、土石流堆積区間となっていることが判明した。



現橋の上流側の河川



現橋の下流側の河川

出典：JICA 調査団

図 2.2.84 パクダン橋周辺の河川状況

### (4) ダーダリ橋（Durdari Bridge）の調査結果

#### 1) 橋梁周辺の道路の調査結果

ダーダリ橋の周辺道路は、パクダン橋同様 2 車線化拡幅および舗装工事が完了しているため、走行しやすい状況である。ダーダリ橋の前後及びパクダン橋とダーダリ橋の間で急カーブが存在するものの、その他は比較的曲線半径が緩く、ある程度の速度での走行が可能である。（図 2.2.85 参照）



出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.85 ダーダリ橋周辺の道路線形

ダーダリ橋前後の道路の状況を図 2.2.86 に示す。右岸側、左岸側ともに斜面は急勾配であり、石や岩が露呈し落石の危険性が懸念される状況である。道路については、2 車線で舗装されており、高速での走行が可能である。



右岸側(タシガン側)道路及び斜面の状況



左岸側(モンガル側)道路及び斜面の状況

出典：JICA 調査団

図 2.2.86 ダーダリ橋周辺の斜面及び道路状況

## 2) 橋梁本体の調査結果

### (a) 調査結果概要

ダーダリ橋の調査結果を以下に示す。

全 体：下部工前面の石積み護岸が損傷しており、上部工の土台への影響が懸念される ((d) 劣化写真 No.1 参照)

上 部 工：ベイリー橋のため、仮設構造物である。鋼材腐食、一部欠損箇所がある。 ((d) 劣化写真 No.2~6 参照)

下 部 工：護岸の損傷が見られ上部工の土台への影響が懸念されるものの、沓座や土台自体に大きな損傷はみられない。

付帯構造物：舗装の損傷がある ((d) 劣化写真 No.7 参照)

(b) 橋梁台帳

橋梁名	ダーダリ橋	路線名	国道一号線	
現地状況写真	写真説明	モンガル側より撮影	写真説明	タシガン側より撮影
				
	写真説明	モンガル側下流より撮影	写真説明	タシガン側下流より撮影
				
	写真説明	モンガル側上流より撮影	写真説明	タシガン側上流より撮影
				
	写真説明	下流側を撮影	写真説明	橋上より上流側を撮影
				

出典： JICA 調査団

(c) 点検結果

1. Overall Condition of Bridge

Structure	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Whole Bridge	Extraordinary deflection	Extraordinary sagging	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Settlement	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Movement Inclination	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Scouring	Scouring of pier or foundation	a:Not found b: c:Slightly d: e:Severely	e
	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on Deck, Girder (Steel) or Abutment	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Others	Graffiti, bird damage, fire damage, etc.	Only record	-

2. Condition of Damage(Super Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Super Structure	Deck Slab	Con	Crack	Appendix	
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	
			Partial loss of concrete	a:Not found b: c: d: e:Found	
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
		Steel	Corrosion	Appendix	c
			Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	a
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	a
			Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found	a
			Deterioration of Painting	a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust	e
	Main Girder	Con	Crack	Appendix	
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Corrosion	Appendix	b
		Steel	Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	a
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	a
			Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found	e
			Deterioration of Painting	a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust	d

3. Condition of Damage(Sub Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Sub Structure	Body	Con	Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
		Con/masonry	Damage/Deformation	a:Not found b: c:Partial Damage d: e:Deformation	

4. Presence of Damage

Structure	Member	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Bearing	Bearing	Defect	Severe corrosion, defect / hardening / missing parts	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Noise	Extraordinary noise during passing vehicle	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Base Mortar (Bearing Sheet)	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on/around base mortar	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Deformation/ Loss	Crack of mortar, partial defect	a:Not found b: c:Partially d: e:Severely	a
Ancillary Facilities	Railing	Deformation/ Damage	Deformation or broken part	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	Not Exist
			Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	Not Exist
Deck Surface	Pavement	Abnormity	Hole, big pothole, crack	a:Not found b: c:Cracks d: e:Pot Holes	e
		Unevenness	Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 2cm d: e:More than 2cm	e
		Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on pavement	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Expansion joint	Abnormity	Broken	a:Not found b: c:Minor d: e:Separating or Squeezing	Not Exist
Unevenness		Level difference	a:Not found b: c:less than 2cm d: e:2cm or more	Not Exist	
Drainage Facilities	Water Leakage	Clogging	Clogging with soil and overlay	a:Not found b: c: d: e:Found	Not Exist
			Broken or drained water affected to girder or other member	a:Not found b: c: d: e:Found	Not Exist

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

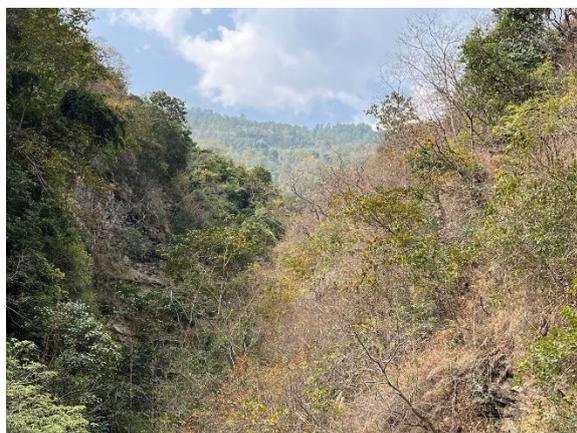
(d) 劣化写真

Photograph									
Category	e	Type of Damage	Scouring	Pic.No.1	Category	c	Type of Damage	Corrosion	Pic.No.2
									
Category	e	Type of Damage	Deterioration of Painting	Pic.No.3	Category	b	Type of Damage	Corrosion	Pic.No.4
									
Category	e	Type of Damage	Fracture	Pic.No.5	Category	d	Type of Damage	Deterioration of Painting	Pic.No.6
									
Category	e	Type of Damage	Abnormity	Pic.No.7	Category	e	Type of Damage	Unevenness	Pic.No.8
									

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

### 3) 河川上下流の調査結果

目視点検の結果、ダーダリ橋の上流側、下流側ともに河川内が草木で覆われており、河川の状態を確認することができなかった。このことから、河川の水はほとんど流れていないと考えられる。衛星写真のデータによると、上流～下流にかけて 10～20 度の勾配となっており、土石流発生および堆積区間となっていることが判明した。



現橋の上流側の河川



現橋の下流側の河川

出典：JICA 調査団

図 2.2.87 ダーダリ橋周辺の河川状況

### (5) リビダン橋（Revidrang Bridge）の調査結果

#### 1) 橋梁周辺の道路の調査結果

リビダン橋の周辺道路は、パクダン橋およびダーダリ橋同様、2 車線化拡幅および舗装工事が完了しているため、走行しやすい状況である。リビダン橋の前後のみ急カーブが存在するものの、その他は比較的曲線半径が緩く、ある程度の速度での走行が可能である。（図 2.2.88 参照）



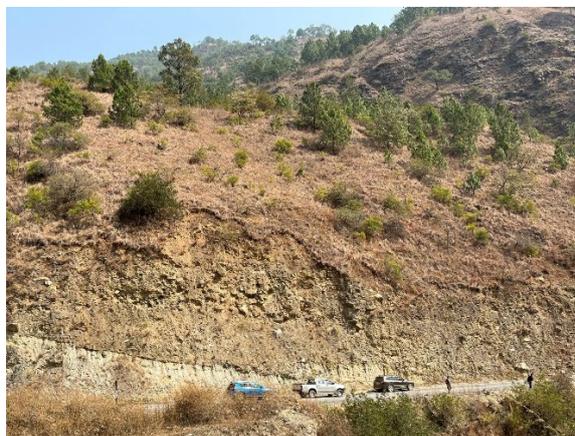
出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.88 リビダン橋周辺の道路線形

リビダン橋前後の道路の状況を図 2.2.89 に示す。右岸側の斜面は岩が主体であるが勾配はかなり急であり、雨季中の落石が懸念される。一方、左岸側は土砂主体で石や岩が混じっている。勾配はかなり急であるが植生が確認されており、比較的安定していると考えられるが、雨季は降雨の影響により土砂崩れや落石の発生が懸念される。道路については、2 車線で舗装されており、高速での走行が可能である。



右岸側(モンガル側)斜面の状況



左岸側(タシガン側)斜面の状況



右岸側(モンガル側)道路の状況



左岸側(タシガン側)道路の状況

出典：JICA 調査団

図 2.2.89 リビダン橋周辺の斜面及び道路状況

## 2) 橋梁本体の調査結果

### (a) 調査結果概要

リビダン橋の調査結果を以下に示す。

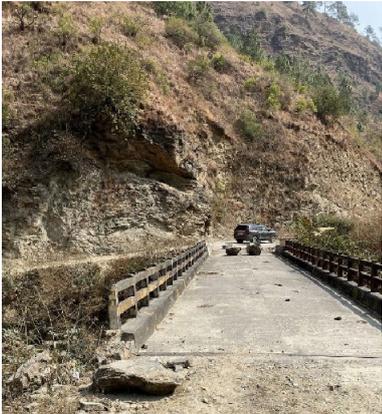
全 体：現在通行止めの状況である。洗堀により下部工基礎が露呈している。 ((d) 劣化写真 No.1 参照)

上 部 工：最大 0.5mm 程度のひび割れが、主桁橋軸直角方向に発生している。 ((d) 劣化写真 No.2 参照)

下 部 工：右岸側の橋台にひび割れが卓越し、鉄筋露出を伴う被りコンクリートの剥離が見られる。 ((d) 劣化写真 No.3,4 参照)

付帯構造物：舗装および伸縮装置の損傷がある ((d) 劣化写真 No.7,8 参照)

(b) 橋梁台帳

橋梁名	リビダン橋		路線名	国道一号線	
	写真説明	モンガル側より撮影	写真説明	タシガン側より撮影	
現地 状況 写真					
	<b>写真説明</b>	モンガル側下流より撮影	<b>写真説明</b>	タシガン側下流より撮影	
					
	<b>写真説明</b>	モンガル側上流より撮影	<b>写真説明</b>	タシガン側上流より撮影	
					
	<b>写真説明</b>	橋上より下流側を撮影	<b>写真説明</b>	上流側を撮影	
					

出典：JICA 調査団

(c) 点検結果

1. Overall Condition of Bridge

Structure	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Whole Bridge	Extraordinary deflection	Extraordinary sagging	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Settlement Movement Inclination	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Scouring	Scouring of pier or foundation	a:Not found b: c:Slightly d: e:Severely	e
	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on Deck, Girder (Steel) or Abutment	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Others	Graffiti, bird damage, fire damage, etc.	Only record	-

2. Condition of Damage(Super Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Super Structure	Deck Slab	Con	Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Partial loss of concrete	a:Not found b: c: d: e:Found	a
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
		Steel	Corrosion	Appendix	
			Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	
			Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found	
			Deterioration of Painting	a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust	
	Main Girder	Con	Crack	Appendix	d
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Corrosion	Appendix	
		Steel	Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	
			Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found	
			Deterioration of Painting	a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust	

3. Condition of Damage(Sub Structure)

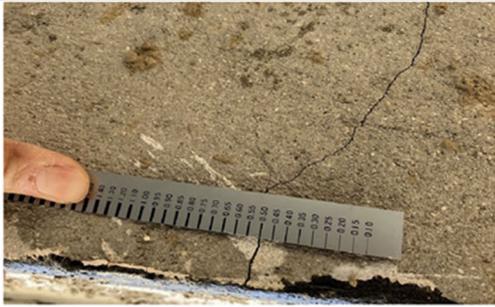
Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Sub Structure	Body	Con	Crack	Appendix	e
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	e
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	e
		Con/masonry	Damage/Deformation	a:Not found b: c:Partial Damage d: e:Deformation	c

4. Presence of Damage

Structure	Member	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Bearing	Bearing	Defect	Severe corrosion, defect / hardening / missing parts	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Noise	Extraordinary noise during passing vehicle	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Base Mortar (Bearing Sheet)	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on/around base mortar	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Deformation/ Loss	Crack of mortar, partial defect	a:Not found b: c:Partially d: e:Severely	a
Ancillary Facilities	Railing	Deformation/ Damage	Deformation or broken part	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	a
			Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	a
Deck Surface	Pavement	Abnormity	Hole, big pothole, crack	a:Not found b: c:Cracks d: e:Pot Holes	a
		Unevenness	Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 2cm d: e:More than 2cm	a
		Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on pavement	a:Not found b: c: d: e:Found	e
	Expansion joint	Abnormity	Broken	a:Not found b: c:Minor d: e:Separating or Squeezing	c
Unevenness		Level difference	a:Not found b: c:less than 2cm d: e:2cm or more	a	
Drainage Facilities	Water Leakage	Clogging	Clogging with soil and overlay	a:Not found b: c: d: e:Found	a
			Broken or drained water affected to girder or other member	a:Not found b: c: d: e:Found	a

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

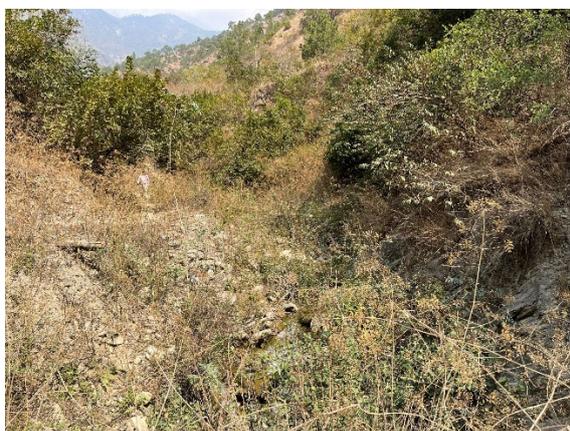
(d) 劣化写真

Photograph									
Category	e	Type of Damage	Scouring	Pic.No.1	Category	d	Type of Damage	Crack	Pic.No.2
									
Category	e	Type of Damage	Crack	Pic.No.3	Category	e	Type of Damage	Rebar exposure	Pic.No.4
									
Category	e	Type of Damage	Honeycomb	Pic.No.5	Category	e	Type of Damage	Damage	Pic.No.6
									
Category	e	Type of Damage	Sediment Deposition	Pic.No.7	Category	c	Type of Damage	Abnormality	Pic.No.8
									

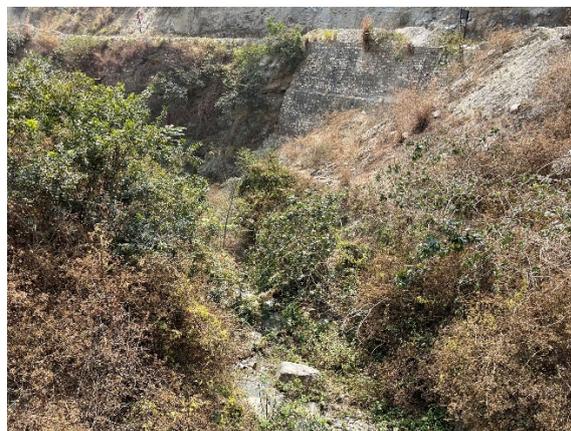
出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

### 3) 河川上下流の調査結果

目視点検の結果、リビダン橋付近に巨石の存在を確認した。上流側は草木が生い茂っており、目視での状況確認ができなかったが、下流側の河床勾配はほとんど無いように見受けられた。また、現地調査時期が乾季であったことから、水はほとんど流れていない状況であった。衛星写真のデータによると、3～10度の勾配となっており、土石流堆積区間となっていることが判明した。



既存橋の上流側の河川



既存橋の下流側の河川

出典：JICA 調査団

図 2.2.90 リビダン橋周辺の河川状況

### (6) ローリン橋（Rollong Bridge）の調査結果

#### 1) 橋梁周辺の道路の調査結果

ローリン橋の周辺道路はナムリン橋を除く 3 橋と同様、2 車線化拡幅および舗装工事が完了しているため、走行しやすい状況である。ローリン橋の前後のみ急カーブが存在するものの、その他は比較的曲線半径が緩く、ある程度の速度での走行が可能である。（図 2.2.91 参照）



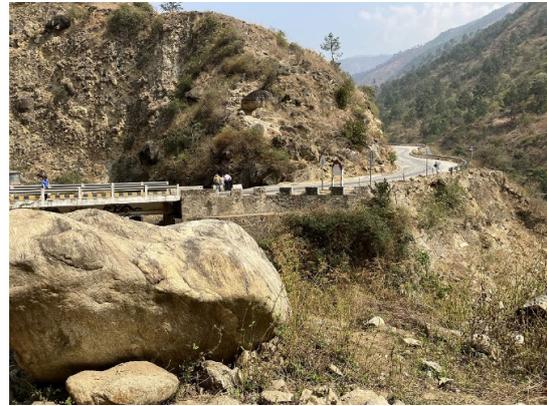
出典：Google Earth を基に JICA 調査団作成

図 2.2.91 ローリン橋周辺の道路線形

ローリン橋前後の道路の状況を図 2.2.92 に示す。右岸側、左岸側ともに斜面は土砂が主体であり、多数の巨礫が混じっている。勾配はかなり急であり、雨季中の落石や土砂崩れが懸念される。道路については、2車線で舗装されており、高速での走行が可能である。



右岸側(モンガル側)斜面の状況



左岸側(タシガン側)斜面の状況



右岸側(モンガル側)道路の状況



左岸側(タシガン側)道路の状況

出典：JICA 調査団

図 2.2.92 ローリン橋周辺の斜面及び道路状況

## 2) 橋梁本体の調査結果

### (a) 調査結果概要

ローリン橋の調査結果を以下に示す。

全 体：洗堀により下部工基礎が露呈しているが ((d) 劣化写真 No.1 参照)、橋長も短く、適切な補修により供用期間の延長が見込まれる。

上 部 工：部分的に床版下面の被りコンクリートの剥離が発生し、鉄筋が露出している。  
((d) 劣化写真 No.2 参照)

下 部 工：部分的な断面欠損が確認された。 ((d) 劣化写真 No.3 参照)

付帯構造物：伸縮装置の損傷がある。 ((d) 劣化写真 No.4 参照)

(b) 橋梁台帳

橋梁名	ローリン橋	路線名	国道一号線	
現 地 状 況 写 真	写真説明	モンガル側より撮影	写真説明	タシガン側より撮影
				
	写真説明	モンガル側下流より撮影	写真説明	タシガン側下流より撮影
				
	写真説明	モンガル側上流より撮影 (旧写真)	写真説明	タシガン側上流より撮影
				
	写真説明	橋上より下流側を撮影	写真説明	橋上より上流側を撮影
				

出典：JICA 調査団

(c) 点検結果

1. Overall Condition of Bridge

Structure	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Whole Bridge	Extraordinary deflection	Extraordinary sagging	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Settlement	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Movement Inclination	Settlement, movement, inclination of foundation or bearing, etc	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Scouring	Scouring of pier or foundation	a:Not found b: c:Slightly d: e:Severely	e
	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on Deck, Girder (Steel) or Abutment	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Others	Graffiti, bird damage, fire damage, etc.	Only record	-

2. Condition of Damage(Super Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Super Structure	Deck Slab	Con	Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	d
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Partial loss of concrete	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a	
		Steel	Corrosion	Appendix	
			Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	
			Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found	
	Deterioration of Painting		a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust		
	Main Girder	Con	Crack	Appendix	a
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	a
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	a
		Steel	Corrosion	Appendix	
			Crack	a:Not found b: c:Less than 3mm (length) d: e:3mm or more (length)	
			Looseness/Omission	a:Not found b: c:Less than 5% d: e:5% or more	
			Fracture	a:Not found b: c: d: e:Found	
Deterioration of Painting			a:Not found b: c:Partially d:Peelling e:Peelling and Rust		

3. Condition of Damage(Sub Structure)

Structure	Member	Material	Damage	Damage evaluation criterion (a~e)	Evaluation
Sub Structure	Body	Con	Crack	Appendix	
			Peeling/Rebar exposure	a:Not found b: c:Peeling d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
			Water leakage/Free lime	a:Not found b: c:Water leakage d:Free lime e:Free lime+Rust fluid	
			Honeycomb	a:Not found b: c:Extensively d:Rebar exposure (small) e:Rebar exposure (large)	
	Con/masonry	Damage/Deformation	a:Not found b: c:Partial Damage d: e:Deformation	c	

4. Presence of Damage

Structure	Member	Damage	Contents	Damage evaluation criterion(a~e)	Evaluation
Bearing	Bearing	Defect	Severe corrosion, defect / hardening / missing parts	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Noise	Extraordinary noise during passing vehicle	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Base Mortar (Bearing Sheet)	Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on/around base mortar	a:Not found b: c: d: e:Found	a
		Deformation/ Loss	Crack of mortar, partial defect	a:Not found b: c:Partially d: e:Severely	a
Ancillary Facilities	Railing	Deformation/ Damage	Deformation or broken part	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	a
			Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 50% d: e:50% or more	a
Deck Surface	Pavement	Abnormity	Hole, big pothole, crack	a:Not found b: c:Cracks d: e:Pot Holes	a
		Unevenness	Dangerous parts for bridge users	a:Not found b: c:Less than 2cm d: e:More than 2cm	a
		Sediment Deposition	Dirt/litter deposited on pavement	a:Not found b: c: d: e:Found	a
	Expansion joint	Abnormity	Broken	a:Not found b: c:Minor d: e:Separating or Squeezing	c
Unevenness		Level difference	a:Not found b: c:less than 2cm d: e:2cm or more	e	
Drainage Facilities	Water Leakage	Clogging	Clogging with soil and overlay	a:Not found b: c: d: e:Found	a
			Broken or drained water affected to girder or other member	a:Not found b: c: d: e:Found	a

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

(d) 劣化写真

Photograph									
Category	e	Type of Damage	Scouring	Pic.No.1	Category	d	Type of Damage	Rebar exposure	Pic.No.2
									
Category	c	Type of Damage	Damage	Pic.No.3	Category	c	Type of Damage	Abnormity	Pic.No.4
									
Category	e	Type of Damage	Unevenness	Pic.No.5	Category		Type of Damage		Pic.No.6
									
Category		Type of Damage		Pic.No.7	Category		Type of Damage		Pic.No.8

出典：「ブ」国点検・診断マニュアルを基に JICA 調査団にて作成

### 3) 河川上下流の調査結果

目視点検の結果、ローリン橋の上流側に巨石の存在を確認した。また、河床勾配はほとんど無いように見受けられたが、衛星写真のデータによると、上流～下流にかけて 3～10 度の勾配となっており、土石流堆積区間となっていることが判明した。



既存橋の上流側の河川



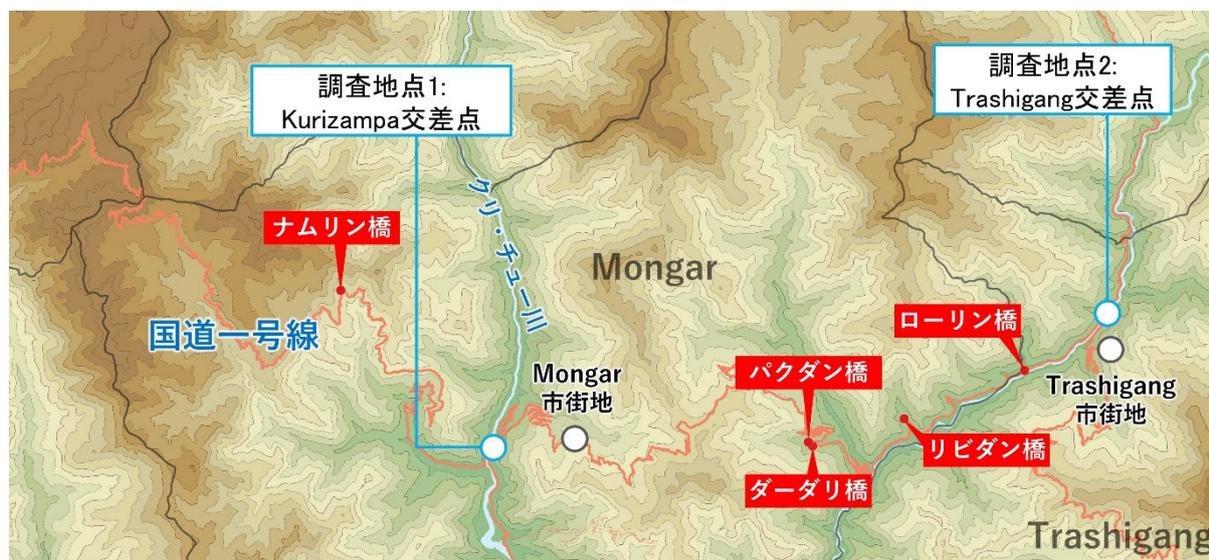
既存橋の下流側の河川

出典：JICA 調査団

図 2.2.93 ローリン橋周辺の河川状況

### 2.2.5 交通調査、交通需要予測

調査対象地域の交通特性を把握するため各種交通調査を実施した。これらの調査から得たデータは、道路設計及び将来交通需要予測の算出に活用するとともに、事業の整備効果の算出に使用する。交通量調査の位置を図 2.2.94 に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.2.94 交通量調査位置図

(1) 交通量調査

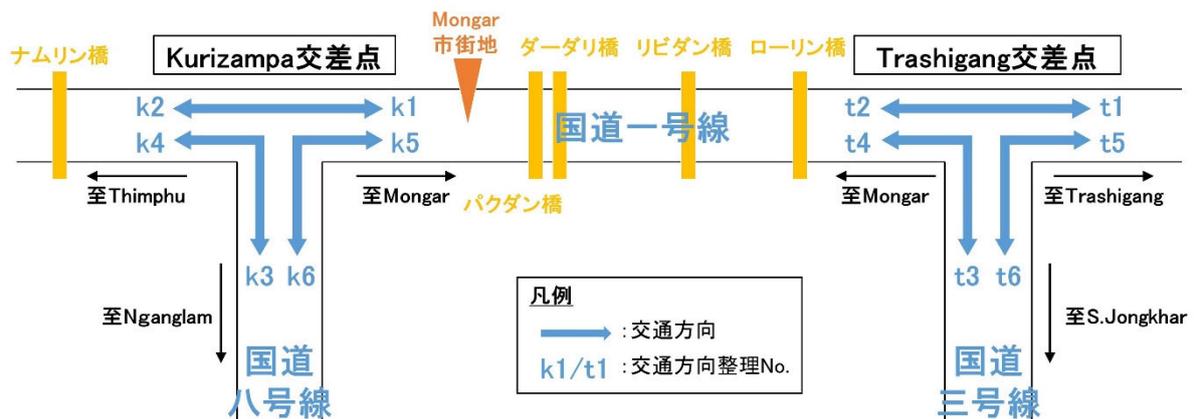
1) 概要

調査対象地域の交通量を把握するために、表 2.2.35 に示す内容で現地再委託方式により交通量調査を実施した。

表 2.2.35 交通量調査実施概要

項目	内容
調査手法	調査員による道路断面交通量(車種別・方向別)調査 ・方向：各交差点：6方向（図 2.2.95 参照） ・車種：car, van, mini bus, large bus, pickup truck, track(2,3,4axles), pedestrian, others
調査位置	Kurizampa 交差点（国道一号線および八号線交差点）、Trashigang 交差点（国道一号線および三号線交差点）各 1 箇所、計 2 箇所
調査期間	第一回調査： ・2023年3月26日（休日）および28日（平日）の合計2日間実施 第二回調査： ・2023年7月11日（平日）および15日（休日）の合計2日間実施
調査時間	6時～翌6時 24時間調査

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 2.2.95 交通量調査ダイアグラム

2) 調査結果の整理

各交差点における方向別の交通量は以下の通りであった。

表 2.2.36 各交差点における方向別交通量

交差点	No.	交通方向	交通量 (台/日)			
			3/26(休日)	3/28(平日)	7/11(平日)	7/15(休日)
Kurizampa	k1	Thimphu → Mongar	50	45	73	59
	k2	Mongar → Thimphu	57	44	70	63
	k3	Thimphu → Nganglam	32	31	89	70
	k4	Nganglam → Thimphu	36	25	95	65
	k5	Nganglam → Mongar	64	48	57	64
	k6	Mongar → Nganglam	70	45	83	73
Trashigang	t1	Mongar → Trashigang	44	53	107	64
	t2	Trashigang → Mongar	77	69	87	59
	t3	Mongar → S.jongkher	45	29	79	66
	t4	S.jongkher → Mongar	31	27	60	77
	t5	S.jongkher → Trashigang	49	43	73	59
	t6	Trashigang → S.jongkher	84	71	117	97

出典：JICA 調査団

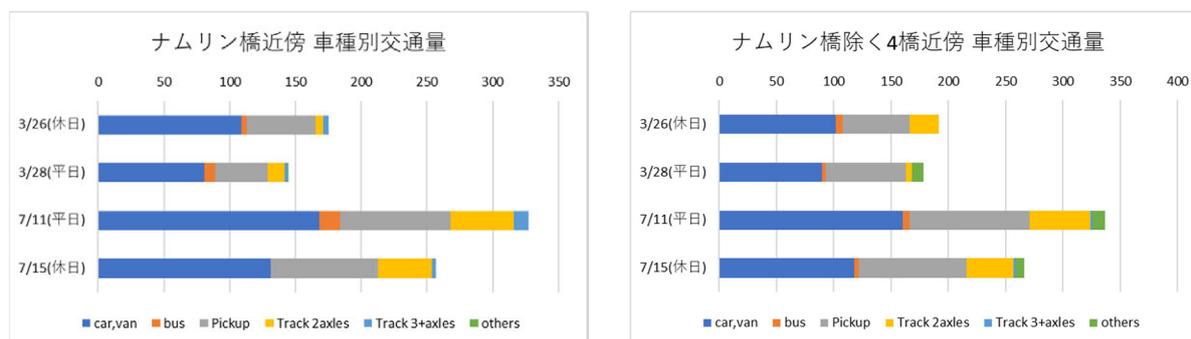
上記結果および図 2.2.95 から、各対象橋梁近傍の交通量は表 2.2.37 に示す通り推計する。

表 2.2.37 各対象橋梁近傍の交通量

対象橋梁	3/26(休日)	3/28(平日)	7/11(平日)	7/15(休日)	方向別交通量との対応
ナムリン橋	175	145	327	257	k1+k2+k3+k4
パクダン橋	197	178	333	266	t1+t2+t3+t4
ダーダリ橋					
リビダン橋					
ローリン橋					

出典：JICA 調査団

また、各対象橋梁近傍交通の車種割合は以下の通りである。



出典：JICA 調査団

図 2.2.96 各対象橋梁近傍交通の車種別割合

## (2) OD 調査

### 1) 概要

交通量調査の実施と同時に表 2.2.38 に示す OD 調査を現地再委託方式により実施した。

表 2.2.38 OD 調査実施概要

項 目	内 容
調査手法	調査員によるインタビュー方式で実施（調査票に記入） インタビュー項目は以下の通り A. 個人車両： 車種、乗車人数、移動目的、出発地、最終目的地、出発時刻、到着予定時刻 B. バス車両（乗客数のうち約 20%を対象にインタビューを実施する） 車種、乗客定員、乗客数、乗客の移動目的、出発地および最終目的地、出発時刻および到着予定時刻、バスの運行ルート C. 貨物車両： 車種、移動目的、最大積載容量、積載量、積載品目、出発地、最終目的地、出発時刻、到着予定時刻、関税その他コスト
調査位置	Kurizampa 交差点、Trashigang 交差点各 1 箇所、計 2 箇所（交通量調査と同地点）
調査期間	交通量調査と同日に実施
調査時間	6 時～22 時 18 時間調査

出典：JICA 調査団

## 2) 調査結果の整理

調査で得られた出発地・到着地を県ごとに区分し、以下の通り OD 表を作成した。

表 2.2.39 OD 表一覧

OD表 Kurizampa交差点 3/26 (休日)

着 発	Bumthang	Chukha	Lhuntse	Mongar	Pemagatshel	Samdrup Jongkhar	Sarpang	Thimphu	Trashigang	Trashiyangtse	Trongsa	Wangdue Phodrang	Zhemgang	計
Bumthang			2	2					3	3				10
Chukha			1	1	1				3	1				7
Lhuntse		2		3				1	1		1			8
Mongar	3	3	5	186	4	1	1	9	3	2	1		3	221
Pemagatshel	1			5					3					9
Punakha											1			1
Samdrup Jongkhar			1	3										4
Sarpang				1							1			2
Thimphu			1	5					1	4				11
Trashigang	1			3	2			1				1		8
Trashiyangtse	1			1	1			2				1		6
Trongsa				2					1	1				4
Wangdue Phodrang				1										1
計	6	5	10	213	8	1	1	13	15	13	2	2	3	292

OD表 Kurizampa交差点 3/28 (平日)

着 発	Bumthang	Chukha	Lhuntse	Mongar	Pemagatshel	Samdrup Jongkhar	Thimphu	Trashigang	Trashiyangtse	Wangdue Phodrang	Zhemgang	計
Bumthang				2				2	1			5
Chukha								2	1			3
Lhuntse	2			2	1		3	1				9
Mongar	3	2	2	154	2	3	5	3	3	2		179
Pemagatshel				2								2
Punakha								1				1
Samdrup Jongkhar				2								2
Thimphu				4				1	4			9
Trashigang	2			4	1		1					8
Trashiyangtse					1		1				1	3
Trongsa			1	2						1		4
計	7	2	3	172	5	3	10	10	10	2	1	225

OD表 Kurizampa交差点 7/11 (平日)

着 発	Bumthang	Lhuntse	Mongar	Samdrup Jongkhar	Thimphu	Trashi- gang	Trashi- yangtse	Wangdue Phodrang	計
Bumthang		1	4			3			8
Dagana			1						1
Lhuntse	1		6		1				8
Mongar	3		130	2	1	2	1		139
Pemagatshel			5						5
Punakha			1			1			2
Samdrup Jongkhar			4						4
Sarpang			1						1
Thimphu		3	6			3			12
Trashigang	2		1		5			1	9
Wangdue Phodrang						1			1
計	6	4	159	2	7	10	1	1	190

OD表 Kurizampa交差点 7/15 (休日)

着 発	Bumthang	Haa	Lhuntse	Mongar	Pema- gatshel	Thimphu	Trashi- gang	Trashi- yangtse	Wandue Phodrang	Zhemgang	Chukha	計
Bumthang				5			1	1				7
Chukha				1				2				3
Lhuntse				2	1	3					1	7
Mongar	6	1	3	116	1	6	1	1	1	2		138
Pema gatshel				1								1
Punakha							1					1
Sarpang								1				1
Thimphu			3	3			3	1				10
Trashigang	1			2	2	1						6
Trashiyangtse				2	1	1						4
Trongsa								1				1
Wangdue Phodrang			1	3		1	1					6
計	7	1	7	135	5	12	7	7	1	2	1	185

OD表 Trashigang交差点 3/26 (休日)

着 発	Chukha	Lhuntse	Mongar	Paro	Pema- gatshel	Punakha	Samdrup Jongkhar	Thiphu	Trashi- gang	Trashi- yangtse	Wangdue Phodrang	計
Pemagatshel									1	1		2
Samdrup Jongkhar			1						5	2		8
Trashigang	1	2	15	1	2	1	9	2	127	50	1	211
計	1	2	16	1	2	1	9	2	133	53	1	221

OD表 Trashigang交差点 3/28 (平日)

着 発	Bumthang	Mongar	Samdrup Jongkhar	Trashi- gang	Trashi- yangtse	計
Pemagatshel		1			1	2
Samdrup jongkhar		3			3	6
Trashigang	1	13	8	115	62	199
Trashiyangtse				1		1
計	1	17	8	116	66	208

OD表 Trashigang交差点 7/11 (平日)

着 発	Bumthang	Lhuntse	Mongar	Pema- gatshel	Samdrup Jongkhar	Thimphu	Trashi- gang	Trashi- yangtse	Trongsa	Wandue Phudrang	計
Mongar								1			1
Samdrup Jongkhar		1	12				7				20
Trashigang	2	2	31	5	8	2	187	30	1	1	269
Trashiyangtse							4				4
計	2	3	43	5	8	2	198	31	1	1	294

OD表 Trashigang交差点 7/15 (休日)

着 発	Lhuntse	Mongar	Pema- gatshel	Samdrup Jongkhar	Thimphu	Trashi- gang	Trashi- yangtse	計
Chukha		1						1
Samdrup Jongkhar	2	7				8	5	22
Trashigang	3	31	3	4	7	160	24	232
計	5	39	3	4	7	168	29	255

出典：JICA 調査団

上記結果から、Kurizampa 交差点を通過する交通では Mongar 域内での移動が 7 割と主であったが、Thimphu や Trashigang、Trashiyangtse 等の域外の目的地への東西方向の移動も多くあることを把握した。また、Trashigang 交差点を通過する交通ではおよそ 9 割が Trashigang 域内および東の Trashiyangtse 方面の移動であったが、Mongar 方面への移動も一定数見られた。

### (3) 軸重調査データ収集

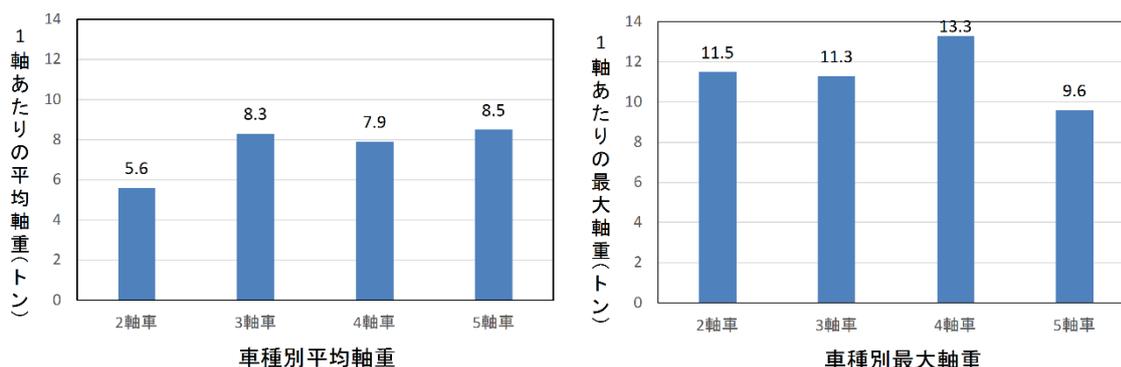
大型車の積載量や過積載の状況を把握するため、既往案件「国道一号線橋梁架け替え計画準備調査」において実施した軸重調査結果を活用する。表 2.2.40 に軸重調査結果の概要および結果を示す。

表 2.2.40 既往案件における軸重調査概要

項目	内容
調査手法	軸重計による計測
調査位置	チュカ県・カルバンディ・チェックポスト
調査期間	2014 年 9 月 8 日 (月)
調査時間	9 時～18 時
サンプル数	65 (2 軸車 : 23 台、3 軸車 : 21 台、4 軸車 : 16 台、5 軸車 : 5 台)



出典 : JICA 調査団



出典 : JICA 調査団

図 2.2.97 既往案件における軸重調査結果

### (4) 将来交通量推計

本交通量調査地点及びその付近において観測された過去の交通量データの入手を試みたが DoST では記録が保存されておらず、入手することはできなかった。そのため車両登録台数の過去データを用い、その伸び率を求めることによって交通量の将来値を算出する。車両登録台数の伸び率の算出においては、GDP および人口を説明変数として回帰分析を行う。「ブ」国内の年別の車両登録台数を表 2.2.41 に示す。また、年別の GDP 及び人口を表 2.2.42 に示す。

表 2.2.41 「ブ」国内における年別車両登録台数

集計対象年	乗用車				大型車			
	Light Vehicle	Medium Vehicle	Taxi	乗用車合計	Heavy Vehicle	Bus	Earth Moving Equipment	大型車合計
2011	37,538	1,126	no data	38,664	7,264	no data	1,463	8,727
2012	38,683	1,321	5,299	45,303	8,243	no data	1,842	10,085
2013	39,392	1,344	5,271	46,007	8,547	no data	1,953	10,500
2014	39,661	1,353	5,159	46,173	8,494	no data	1,981	10,475
2015	45,533	1,457	3,839	50,829	8,537	no data	2,059	10,596
2016	51,458	1,536	4,126	57,120	9,041	no data	2,411	11,452
2017	57,010	1,657	4,283	62,950	9,832	no data	2,834	12,666
2018	62,097	1,784	4,518	68,399	10,972	no data	3,199	14,171
2019	no data							
2020	72,040	1,935	5,513	79,488	8,603	606	3,662	12,871
2021	74,492	1,639	5,886	82,017	11,878	557	3,734	16,169
2022	80,666	1,789	6,162	88,617	12,032	586	4,059	16,677

出典：Road Safety and Transport Authority: Annual Report より JICA 調査団作成

表 2.2.42 「ブ」国年別 GDP および人口

年	GDP(USD)	人口(人)	備考	
2011	1,777,102,586	713,331	過去数値についてはWorld Bank Open Data値を採用	
2012	1,781,280,170	721,145		
2013	1,756,214,304	728,889		
2014	1,907,090,362	736,357		
2015	2,003,596,824	743,274		
2016	2,158,971,718	749,761		
2017	2,450,366,108	756,121		
2018	2,446,867,582	762,096		
2019	2,535,655,609	767,459		
2020	2,325,185,521	772,506		
2021	2,539,551,327	777,486		
2022	3,216,265,314	782,455		
2023	3,486,206,390	821,289		将来推計値（左表黄色セル）は、 ▶GDPについては1980年～2021年データを用いて指数関数近似 (近似式： $y=6E-62e^{0.0806x}$ 、決定係数=0.9527) ▶人口については1960年～2022年データを用いて線形近似 (近似式： $y=9584.6x-2E+7$ 、決定係数=0.9872)
2024	3,778,803,613	830,851		
2025	4,095,958,515	840,414		
2026	4,439,732,220	849,976		
2027	4,812,358,845	859,539		
2028	5,216,260,015	869,101		
2029	5,654,060,600	878,664		
2030	6,128,605,778	888,226		
2031	6,642,979,522	897,789		
2032	7,200,524,644	907,351		
2033	7,804,864,514	916,914		
2034	8,459,926,617	926,476		
2035	9,169,968,066	936,039		

出典：JICA 調査団作成

次に、回帰分析により車両登録台数の将来の伸び率を算出する。乗用車の登録台数は人口の増加の影響を大きく受け、大型車は産業の成長、ひいては GDP の増加の影響を大きく受けると予想されることから、乗用車においては人口を説明変数（予測を行うために用いる値）とし、大型車は GDP を説明変数として回帰分析を行った。結果を表 2.2.43 に示す。

表 2.2.43 回帰分析結果

年	回帰分析1：人口×乗用車登録台数		乗用車登録台数 2023年比伸び率	回帰分析2：GDP×大型車登録台数		大型車登録台数 2023年比伸び率
	説明変数 人口（人）	目的変数 乗用車登録台数（台）		説明変数 GDP（USD）	目的変数 大型車登録台数（台）	
2011	713,331	38,664	-	1,777,102,586	8,727	-
2012	721,145	45,303	-	1,781,280,170	10,085	-
2013	728,889	46,007	-	1,756,214,304	10,500	-
2014	736,357	46,173	-	1,907,090,362	10,475	-
2015	743,274	50,829	-	2,003,596,824	10,596	-
2016	749,761	57,120	-	2,158,971,718	11,452	-
2017	756,121	62,950	-	2,450,366,108	12,666	-
2018	762,096	68,399	-	2,446,867,582	14,171	-
2019	767,459	-	-	2,535,655,609	-	-
2020	772,506	79,488	-	2,325,185,521	12,871	-
2021	777,486	82,017	-	2,539,551,327	16,169	-
2022	782,455	88,617	-	3,216,265,314	16,677	-
2023	821,289	112,221	100%	3,486,206,390	20,760	100%
2024	830,851	119,100	106%	3,778,803,613	22,677	109%
2025	840,414	125,979	112%	4,095,958,515	24,756	119%
2026	849,976	132,858	118%	4,439,732,220	27,009	130%
2027	859,539	139,738	125%	4,812,358,845	29,451	142%
2028	869,101	146,617	131%	5,216,260,015	32,098	155%
2029	878,664	153,496	137%	5,654,060,600	34,967	168%
2030	888,226	160,375	143%	6,128,605,778	38,077	183%
2031	897,789	167,254	149%	6,642,979,522	41,448	200%
2032	907,351	174,133	155%	7,200,524,644	45,102	217%
2033	916,914	181,012	161%	7,804,864,514	49,062	236%
2034	926,476	187,892	167%	8,459,926,617	53,355	257%
2035	936,039	194,771	174%	9,169,968,066	58,008	279%
データ数	11 (2011-2018年,2020-2022年)			11 (2011-2018年,2020-2022年)		
係数	0.719			5.37E-06		
切片	-4.79E+05			3.18E+02		
有意F	3.31E-07			2.00E-04		
決定係数	0.951			0.860		

出典：JICA 調査団作成

得られた回帰分析結果について有意 F（説明変数が目的関数に対して無意味である確率）は十分小さく、また決定係数（回帰式のデータへの当てはまりの良さ）も十分大きいことから、この回帰分析の妥当性は高いと言える。以上の結果、得られた車両登録台数の伸び率を本 OD 調査結果に乗ずることにより、将来交通量は以下の通り推計される。

表 2.2.44 橋梁別将来交通量（2023年／2031年）

交通量 [台/年]	2023年	2031年
ナムリン橋	15,435	25,180
ダーダリ橋	19,800	32,797

出典：JICA 調査団作成

## 2.2.6 社会状況調査

### (1) 調査概要

調査対象 5 橋はいずれもモンガル県に位置し、県 (Dzongkhag) の下の行政区分である Gewog でみると、ナムリン橋は Saling、パクダン、ダーダリ橋は Chaskhar、リビダン、ローリン橋は Dramatse に位置している (図 2.2.98)。周辺で人口の多い市街地はナムリン橋とパクダン橋の間に位置するモンガルと、ローリン橋の東のタシガン県タシガン (Samkhar Gewog) であり、長距離バスのターミナルや病院もモンガルとタシガンに位置している。国道沿いのそれ以外の範囲は山間に農地と家屋が散在する状況にあり (図 2.2.99)、パクダン～ローリン 4 橋付近では集落は国道沿いの斜面を登った上にあるため国道から確認することはできないが、住民が国道まで徒歩で降り、通行車両に乗り合わせて国道を移動する様子が見られた。

本社会状況調査では、対象サイト周辺住民への橋梁改修の裨益効果を検討するため、5 橋が位置する Saling、Chaskhar、Dramatse に加え、市街地や国道沿いに集落が確認される Mongar、Ngatshang、タシガン県の Samkhar の 6 つの Gewog を対象とし、表 2.2.45 に示す調査を現地再委託により実施した。



出典：JICA 調査団

図 2.2.98 行政境界と対象 5 橋の位置



出典：JICA 調査団

図 2.2.99 国道沿いの集落の状況

表 2.2.45 社会状況調査の概要

項目	方法	調査地 (Gewog)
1. 医療・教育施設の立地	既存資料、コミュニティリーダー等へのインタビュー、現地確認	Saling, Mongar, Ngatshang, Chaskhar, Dramatse, Samkhar
2. 周辺住民の生活・経済状況	住民への質問票調査、コミュニティリーダー等へのインタビュー	同上
3. 対象橋梁の通行頻度・目的、通行できない場合の対応策	住民への質問票調査、コミュニティリーダー等へのインタビュー	同上
	病院利用者への質問票調査	Mongar, Samkhar
	バスターミナル利用者への質問票調査	同上

出典：JICA 調査団

## (2) 医療・教育施設の立地

モンガル県の県庁所在地であるモンガルには 150 床を備える東部地域中核病院 (Eastern Regional Referral Hospital) があり、県病院としても機能している。このほかの県内の保健医療施設としては、Gyelpozhing に 10 床の 1 級ベーシック・ヘルス・ユニット (BHU) があるほか、Gewog レベルで 22 の 2 級 BHU と 5 つのサブポスト、村レベルで 59 のアウトリーチ・クリニック (ORC) がある。伝統医療ユニットも 4 つあり、住民に幅広い医療の選択肢を提供している。PNH-1 が通過する地域では Gewog ごとに BHU と複数のアウトリーチ・クリニックがあるが、病状等に応じてはより設備の整った地域中核病院やタシガンの県病院にかかる必要がある。

モンガル県は、タシガン県に次いで国内で 2 番目に学校数が多いとされ、後期中学校 4 校 (私立 1 校を含む)、中期中学校 2 校、前期中学校 7 校、小学校 37 校、拡張教室 8 校があり、1 万人に教育を提供している。国道沿いの地域でも Gewog ごとに小学校が立地しており、子どもたちは徒歩で通学しているが、中学校以上では Gewog をまたぐ移動が必要となる。

### (3) 周辺住民の生活・経済状況

モンガル県の PNH-1 が通過する 5 つの Gewog (Saling、Mongar、Ngatshang、Chaskhar、Drametse) とタシガン県の Samkhar Gewog (Tashigang town) において、2023 年 5 月に 696 世帯を対象とした質問票調査を行った。各世帯の人数 (表 2.2.46) は平均 3.9 人であり、国の平均世帯人数 (都市部 4 人、地方 3.8 人) とほぼ同じであった。調査世帯全体の人口は 2,746 人であり、これは 2017 年のセンサスによる地域全体の人口と比較すると 10.6% に相当する。

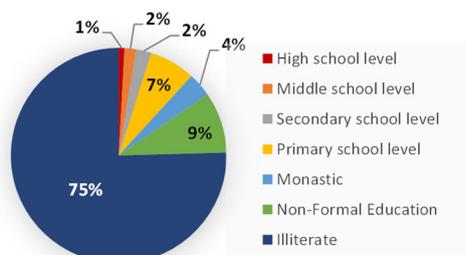
表 2.2.46 社会経済調査 (質問票調査) 対象世帯の人数

Bridge location	●Namling			●Pakhdrang ●Durdari	●Revidrang ●Rollong		
Gewog	Saling	Mongar	Ngatshang	Chaskhar	Drametse	Samkhar	Total
<b>Household members</b>							
Single member	5	2	4	9	4	4	28
Two members	29	14	25	23	36	9	136
Three members	27	22	47	32	33	4	165
Four members	32	8	33	30	27	5	135
Five members	11	18	19	19	24	7	98
Six members	13	9	12	20	15	1	70
Seven members	4	7	4	10	9		34
Eight members	3	7	1	2	2		15
Nine members	2	1	2	4			9
Ten members		1	1	2		1	5
Twelve members		1					1
<b>Total surveyed household numbers</b>	<b>126</b>	<b>90</b>	<b>148</b>	<b>151</b>	<b>150</b>	<b>31</b>	<b>696</b>
<b>Total surveyed population</b>	<b>475</b>	<b>408</b>	<b>558</b>	<b>628</b>	<b>572</b>	<b>105</b>	<b>2,746</b>
Gewog population by census in 2017	2,881	11,130	2,375	2,494	1,848	5,146	25,874
Ratio of surveyed population	16.5%	3.7%	23.5%	25.2%	31.0%	2.0%	10.6%

出典 : JICA 調査団

#### 1) 教育

調査対象 696 世帯の世帯主の教育レベルを図 2.2.100 に示す。教育を受けず、読み書きのできない (illiterate) 世帯主の割合は全体の 75% を占めていた。次いで多かったのは教育機会のなかった成人を対象としたプログラム (Non-Formal Education) の履修者 (9%)、小学校レベル (7%) となっていた。



出典 : JICA 調査団、N=696

図 2.2.100 調査対象世帯主の教育レベル

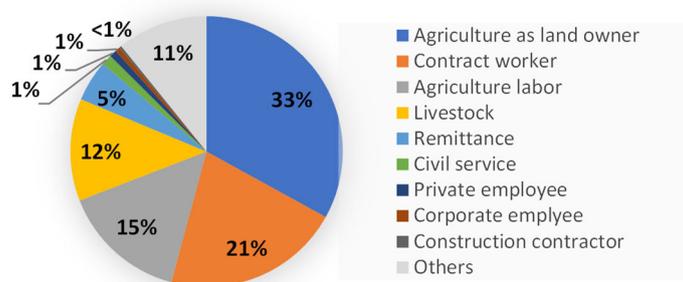
## 2) 生計手段・経済状況

調査対象 696 世帯の収入源を図 2.2.101 に示す。農業、畜産、請負労働を生計手段としている世帯が多かったが、親戚からの送金を主な収入源としてあげた世帯もみられた。

モンガル県の経済は農業に依存しており、栽培されている農作物は小麦、トウモロコシ、米、大麦、そば、雑穀のほか、オレンジ、柿、バナナ、クルミ、アレカナッツ、プラム、梨、桃、リンゴなどの果実も栽培されている。生姜、ニンニク、タマネギ、ジャガイモ、唐辛子、キャベツ、カリフラワー、グリーンリーフ、大根、キュウリ、カボチャ、豆果、菜の花、カルダモン、大豆などの野菜や、牛乳、バター、チーズ、卵、牛肉、豚肉などの畜産物も生計を支えている。工業分野では、製材所や家具工場がいくつかあるほかは、大きな産業はみられない。

農民の自助グループとしては、モンガル県内に合計 38 の農民グループ、協会、協同組合が登録されている。これらは農畜産物の県内での販売と他県への移出促進を目的として形成されている。

調査対象世帯の平均収入・支出を表 2.2.47 に示す。平均収入はモンガル県の各 Gewog では 3,537～6,644 Nu/月、タシガン県では 9,148 Nu/月であり、平均支出はモンガル県で 1,530～4,127 Nu/月、タシガン県で 3,919 Nu/月であった。支出目的は主に米、小麦粉、衣料品、その他の生活必需品である。「ブ」国で目安とされている貧困ラインは収入 2,195.95 Nu/月であり（Poverty Analysis Report 2017, the National Statistical Bureau）、696 世帯のうち Saling Gewog で 3 世帯、Ngatshang Gewog で 1 世帯の計 4 世帯、貧困ラインを下回る世帯が確認された。一方、100,000Nu/月を超える高所得世帯も、696 世帯中計 7 世帯（Saling 3, Ngatshang 2, Chaskhar 1, Dremetse 1）確認された。



出典：JICA 調査団、N=696

図 2.2.101 調査対象世帯の収入源

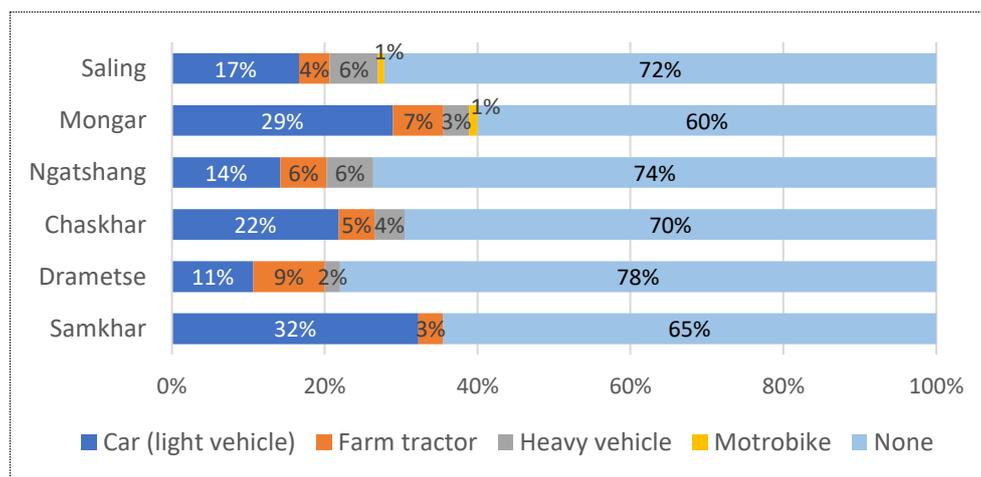
表 2.2.47 調査対象世帯の平均収入・支出

Dzongkhag Gewog	Mongar					Trashigang
	Saling	Mongar	Ngatshang	Chaskhar	Drametse	Samkhar
平均収入 (Nu/月)	6,644	4,478	3,875	4,517	3,537	9,148
平均支出 (Nu/月)	4,127	3,706	1,615	2,159	1,530	3,919
696 世帯中貧困ライン (収入 2,195.95Nu/ 月) 未満の世帯数	3	0	1	0	0	0
696 世帯中収入 100,000Nu/月を上回 る高所得世帯数	3	0	2	1	1	0

出典：JICA 調査団

### 3) 移動手段

調査対象 696 世帯の車両タイプ別保有率を図 2.2.102 に示す。いずれの Gewog でも車両を所有していない世帯が多く 60～78%を占めていた。車両タイプとしては自家用車等の軽車両が多く、所有する世帯はMongarとSamkharが多かった。車両をもたない住民の長距離移動手段としては、バス、タクシー、または他の車への便乗となる。



出典：JICA 調査団

図 2.2.102 調査対象世帯が所有する車両のタイプ

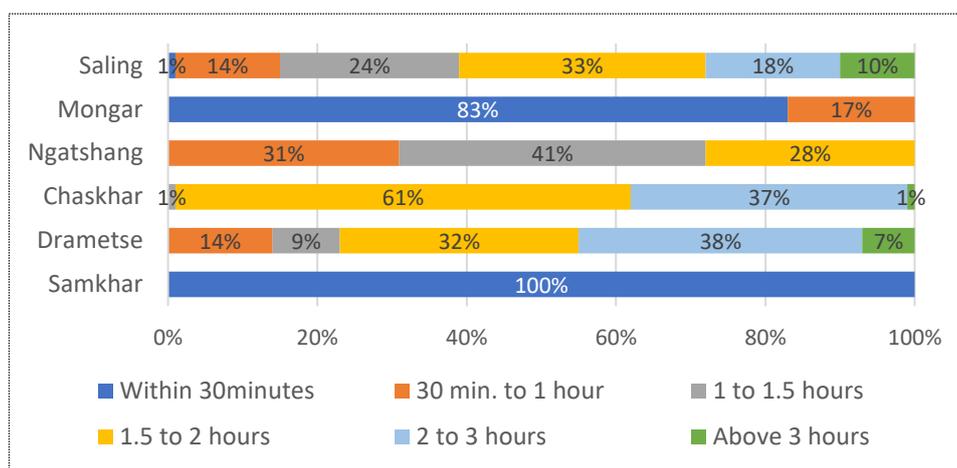
### 4) 教育・医療へのアクセス

2.2.6 (2) 節に示したように、各 Gewog には教育施設として小学校、保健医療施設としてベーシック・ヘルス・ユニット (BHU) とアウトリーチ・クリニック (ORC) が設置されている。質問票調査による各施設への徒歩によるアクセス平均時間は表 2.2.48 のとおりである。一方、BHU や ORC で対応できない病状等の場合は、住民は東部地域中核病院、県病院にかかる必要がある。これらの病院への車でのアクセス時間は図 2.2.103 のとおりであり、東部地域中核病院が立地するモンガル、タシガン県病院があるタシガンでは病院までの所要時間は 30 分以内が多いが、病院から遠い Saling、Drametse では最大 3 時間以上をかけて移動する必要がある。

表 2.2.48 Gewog 内の教育・医療施設までの徒歩によるアクセス平均所要間（分）

Dzongkhag Gewog	Mongar					Trashigang
	Saling	Mongar	Ngatshang	Chaskhar	Drametse	Samkhar
小学校	42	41	51	70	46	20
BHU	79	98	48	45	66	60
ORC	38	31	14	40	56	30

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

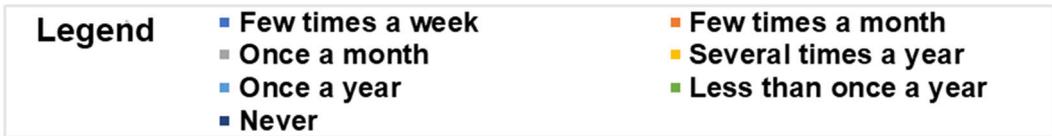
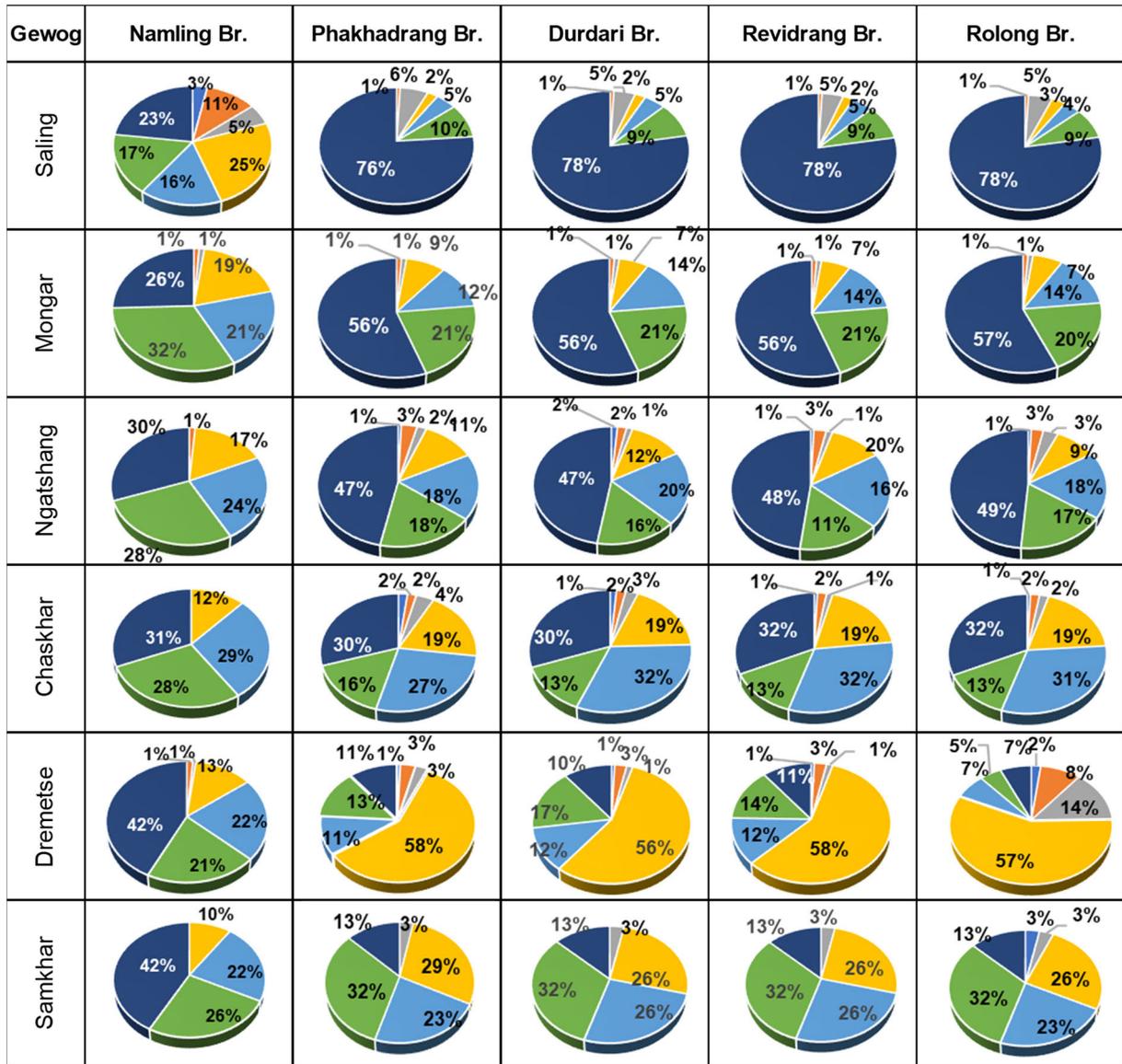
図 2.2.103 モンガル東部地域中核病院、タシガン県病院への車でのアクセス平均時間

#### (4) 対象橋梁の通行頻度等

##### 1) Gewog 別の橋梁通行頻度等

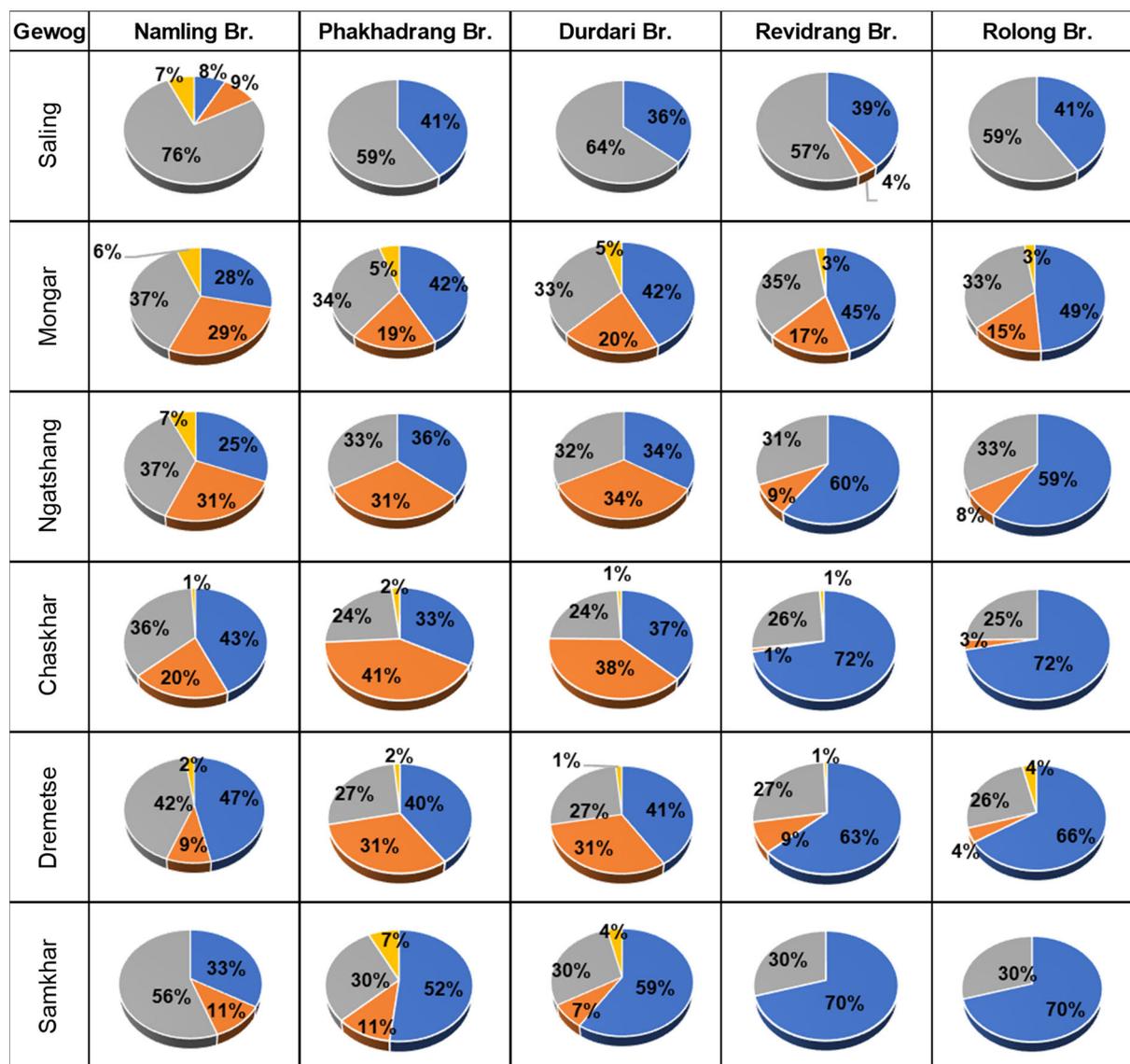
質問票調査において、6つの Gewog の住民（696世帯）に対して、5橋梁それぞれを渡る頻度について調査した結果を図 2.2.104 に示す。ナムリン橋は同橋の位置する Saling Gewog の住民に比較的好く利用されており、6割の世帯が年1回以上利用すると回答した。他の5つの Gewog では橋から遠ざかるほど利用頻度が低かったが、最も遠いタシガン県 Samkhar でも約3割の世帯が年1回以上利用すると回答し、ナムリン橋が広域の住民に利用されていることを表していた。他の4橋は、4橋よりも西に位置する Saling、Mongar では利用率が低かったものの、東側の住民には比較的好く利用されており、とくにリビダン、ローリン橋の位置する Drametse では、4橋いずれについても6割以上の世帯が年数回以上利用すると回答した。5橋を通る移動の目的は様々であったが、17%の世帯が医療目的をあげた。このほかでは、友人/親戚及び巡礼地の訪問が35%と多かったほか、仕事、買い物、通学、農産物の販売などがあげられ、5橋が日常的な目的に利用されていることがうかがえた。

対象橋梁が通行できない場合の対応策について質問した結果では（図 2.2.105）、Saling Gewog では回答者の過半数が復旧するまで待つと回答した。それ以外の Gewog では移動のキャンセルや別ルート（農道）を利用するとの回答もみられたが、リビダン橋、ローリン橋が通行できない場合には移動をキャンセルするとの回答が多かった。

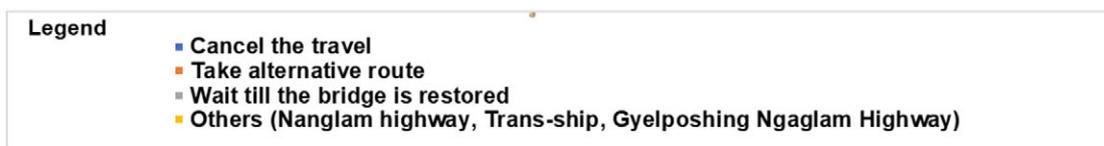


出典：JICA 調査団

図 2.2.104 Gewog 別にみた橋梁通行頻度



Note: Pakhadrang and Durdari when blocked people used the Chaskhar farm road



出典：JICA 調査団

図 2.2.105 Gewog 別にみた橋梁が通行できない場合の対応策

## 2) 病院利用者の橋梁通行頻度等

モンガルに立地する東部地域中核病院、タシガンに立地するタシガン県病院の 2 か所において、病院利用者の橋梁利用状況を質問票調査により調査した。調査した病院利用者数は、東部地域中核病院 40 人、タシガン県病院 33 人の計 73 人である。回答者の居住地をもとに、病院に至るまでに通過したとみられる橋梁の頻度を図 2.2.106 に整理した。地域中核病院の利用者はモンガル県住民のほか、東部のタシガン県及びタシガン県の北に位置するタシヤンツェ県の住民が来訪して

おり、モンガルの東に位置する 4 橋梁（パクダン～ローリン橋）を通行してきた利用者が多かった。タシガン県病院には、タシガン県とモンガル県の住民が来訪していたが、通行してきたとみられる橋梁は 5 橋梁のうち病院に最も近いローリン橋のみであった。回答者の病院への訪問頻度は、モンガルの地域中核病院では 47%、タシガン県病院では 88%が年数回以上訪問すると回答した。

途中の橋梁が通行できない場合の対応策については（図 2.2.107）、両病院の利用者とも、多くが橋梁の復旧を待つか訪問をキャンセルすると回答した。

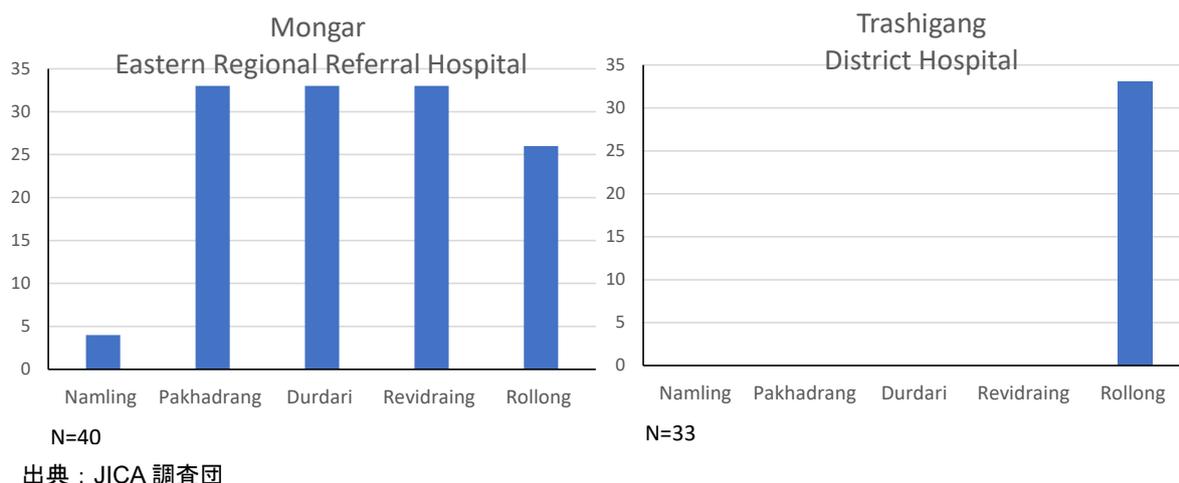


図 2.2.106 病院利用者の橋梁通行頻度

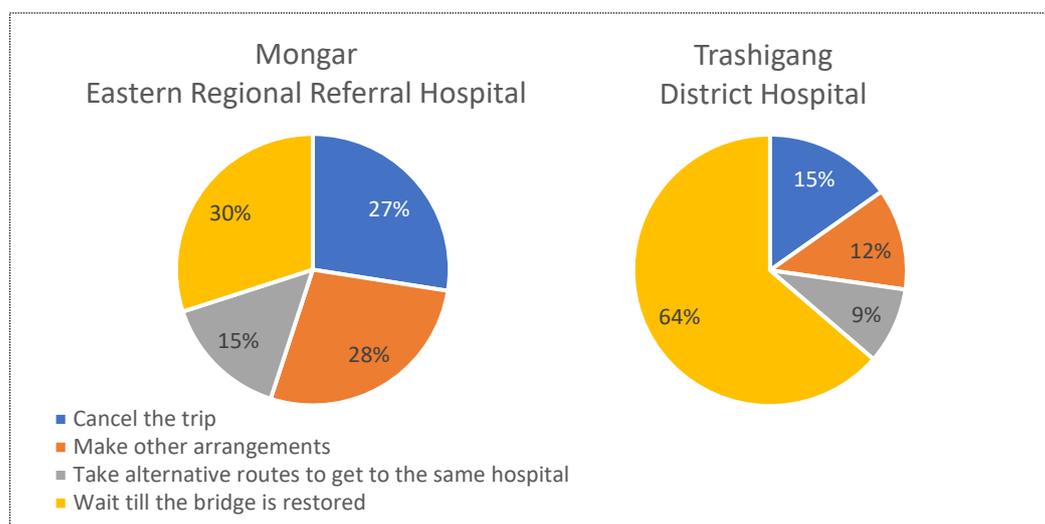


図 2.2.107 病院利用者の橋梁が通行できない場合の対応策

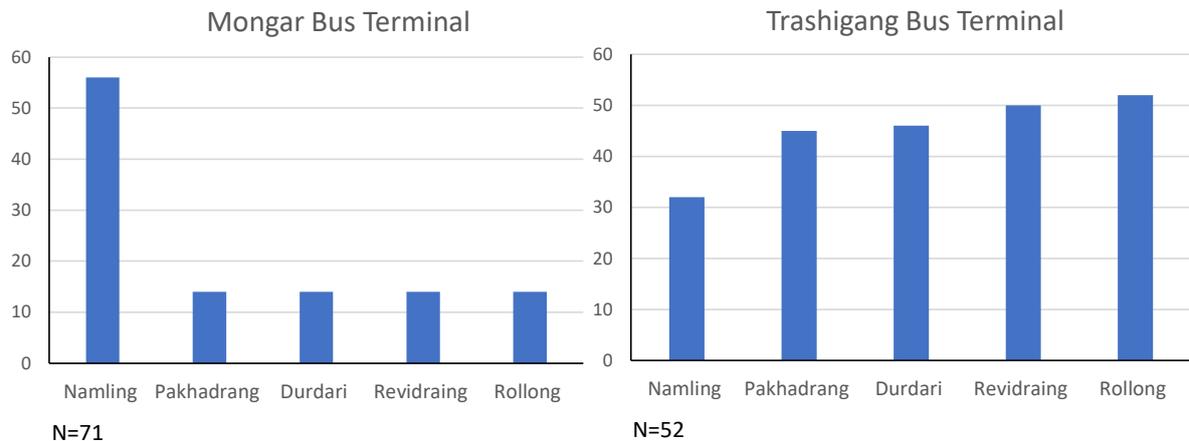
### 3) バスターミナル利用者の橋梁通行頻度等

モンガル及びタシガンのバスターミナルにおいて、旅行者の橋梁利用状況を質問票調査により調査した。調査人数は、モンガル 71 人、タシガン 52 人の計 123 人であり、このうちモンガルではタシガン（東）方面に向かう旅行者 14 人、ティンパー（西）方面 57 人、タシガンでは全てがモンガル、ティンパー（西）方面に向かう旅行者である。

旅行者の対象橋梁の通行頻度は図 2.2.108 のとおりであり、モンガルバスターミナルでは西に向かう旅行者が多かったため、ナムリン橋の頻度が高かった。タシガンバスターミナルでは、出発地から遠く西にある橋梁ほど頻度が低くなっているが、最も西のナムリン橋でも半数以上の旅行者が通行していた。

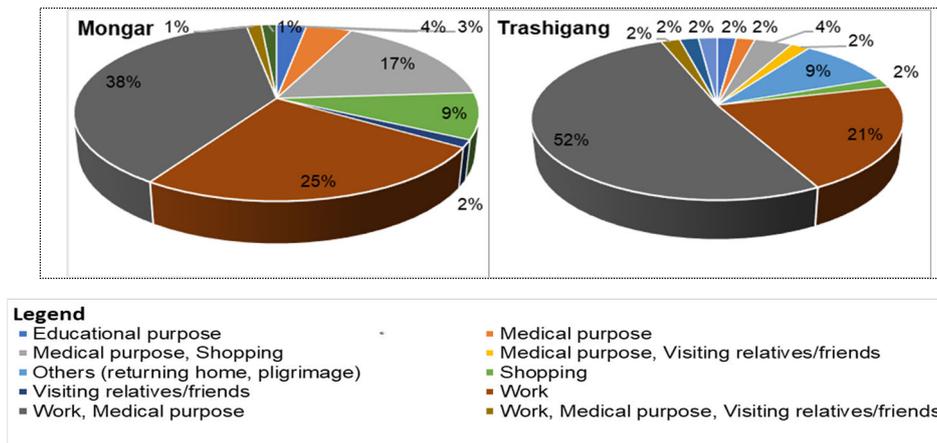
旅行者の旅行目的としては、仕事または仕事と医療をあげた回答者が多かった（図 2.2.109）。旅行頻度は、両ターミナルの旅行者とも半数以上が年数回以上と回答し、週数回以上と回答した高頻度の旅行者もモンガルで 10%、タシガンで 4%確認された。

橋梁が通行できない場合の対応策（図 2.2.110）では、モンガルバスターミナルでは 52%、タシガンでは 73%が旅行をキャンセルすると回答した。



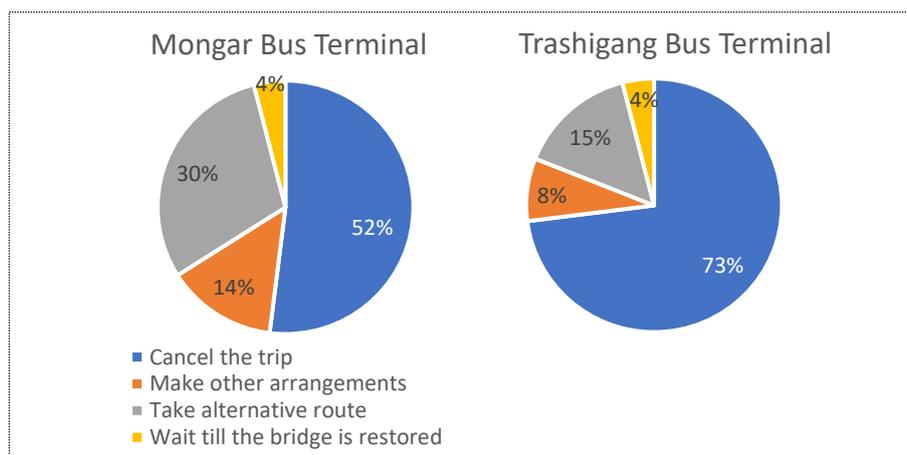
出典：JICA 調査団

図 2.2.108 バスターミナル利用者の橋梁通行頻度



出典：JICA 調査団

図 2.2.109 バスターミナル利用者の旅行目的



出典：JICA 調査団

図 2.2.110 バスターミナル利用者の橋梁が通行できない場合の対応策

### (5) 橋梁改修の必要性と効果

対象の 5 橋梁は「ブ」国東部の主要都市であるモンガルとタシガンを通過する PNH-1 上にある。本調査では橋梁改修の裨益効果を検討するため、対象橋梁付近の 6 つの Gewog において橋梁の利用状況を調査した。その結果、6 つの Gewog の住民は必ずしも頻繁に 5 橋を利用するわけではないものの、ナムリン橋については地元 Saling Gewog の住民によく利用されていることのほか、最も遠いタシガン県 Samkhar でも約 3 割の世帯が年 1 回以上利用すると回答し、ナムリン橋が広域の住民に利用されていることがうかがえた。これは、ナムリン橋がタシガン、モンガルから首都ティンプー方面に向かう途上にあり、東部を首都方面と結ぶ重要な位置にあることを反映していると考えられる。他の 4 橋はモンガルよりも東の住民によく利用されており、地域の移動に重要な役割を担っていると考えられた。

橋梁の通行目的は様々であったが、医療を目的としてあげた回答者は多く、これは病院で行った調査からも裏付けられた。特に、モンガルの東部地域中核病院は、モンガル県内のほかタシガン県など東側の県外からも住民が来訪しており、東から病院に向かう途上に位置する 4 橋が交通上重要であることが示唆された。

Gewog 住民、病院利用者、バスターミナル利用者の調査において共通したのは、橋梁が通行できない場合の対応策として、多くの回答者が移動をキャンセルするか橋梁が復旧するのを待つと回答したことである。代替ルートをとるとの回答もみられたが、これはより時間のかかる農道やインドを経由するなどの大幅な迂回を意味しており、必ずしも現実的とは限らない。安全で現実的な迂回ルートがなければ住民は復旧を待つしかなく、経済活動や生計が滞るだけでなく、医療へのアクセスの制約により場合によっては生命の危険にもつながりかねない。PNH-1 とこれに架かる橋梁は実質的に地域住民が利用可能な唯一のルートであり、5 橋いずれについても落橋などで通行できなくなるリスクを取り除くことは急務と考えられ、架け替え、改修の裨益効果は高い。

## 2.2.7 環境社会配慮

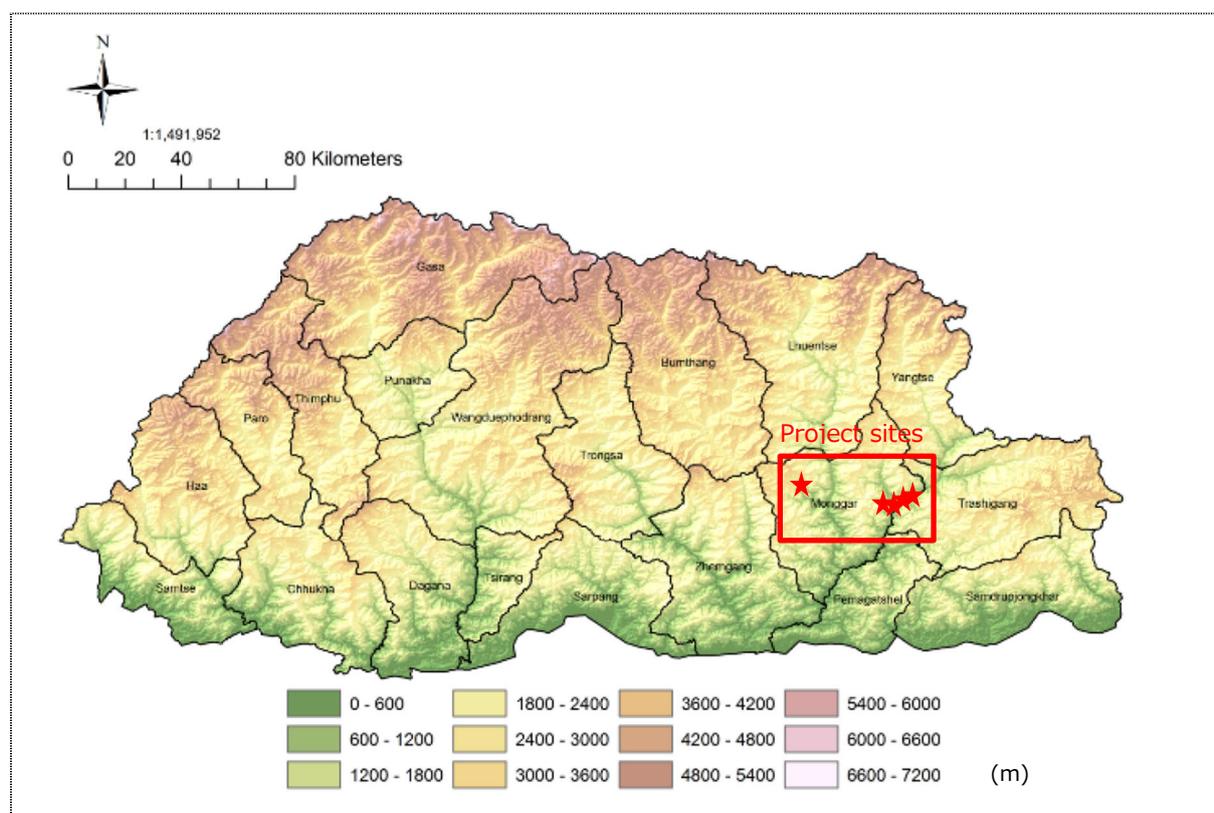
### (1) 環境社会配慮に係る調査

#### 1) ベースとなる環境社会の状況

##### (a) 地形・地質

本事業の対象橋梁が位置するモンガル県は、多様で険しい地形に特徴づけられるヒマラヤ山脈東部に位置している。県内の標高は約 200m から 4,000m 以上とかなりの高低差があり、連なる山脈、深い溪谷、急斜面は風光明媚な山岳景観を形成している。

モンガル県が位置する地域の地質は主に沖積土から成り、斜面などでは丸い転石が露出しているのが確認される。このような沖積堆積物は中程度の粗さの土壌を生み、細砂質または極細砂質ロームに分類される地質を形成している。



出典：Bhutan State of the Environment Report 2022, National Environment Commission

図 2.2.111 「ブ」国の標高分布と事業対象地の位置

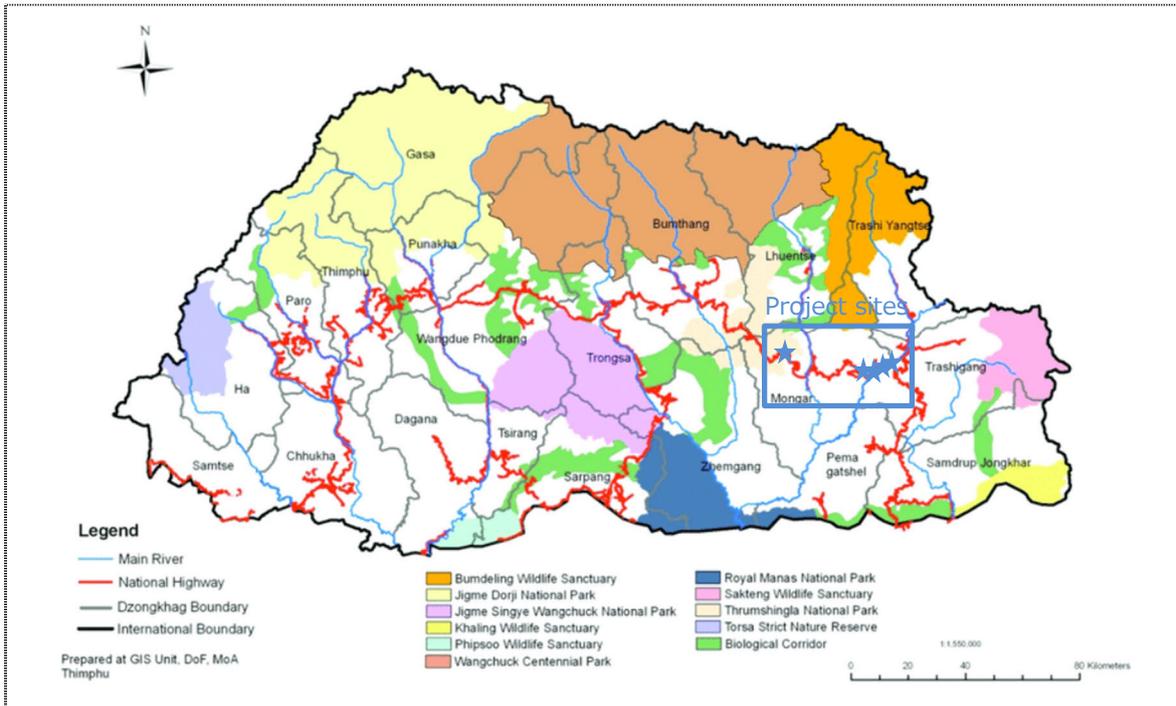
##### (b) 保護区

「ブ」国では森林自然保護法（Forest and Nature Conservation Act, 2023）に基づき保護区を指定し、エネルギー・天然資源省森林・公園サービス局の管理の下で保護している。同法の細則である森林自然保護規則（Forest and Nature Conservation Rules and Regulations, 2017）によれば、保護区の指定条件は (1) 対象地が国または全世界にとって生物学的に重要である場合、(2) 特定の生息域が脅威にさらされておりその保護が国益である場合、(3) 水文学的または流域学的な理由から保護または保全が必要な地域、(4) その地域が文化または自然遺産として重要である場合とされ

ており、現在、10の地域が保護区とされ、各保護区はバイオロジカル・コリドーで結ばれている（図 2.2.112）。これらの保護区の多くは、BirdLife International 等の国際機関によって Key Biodiversity Areas (KBA)、Important Bird and Biodiversity Areas (IBA)ともされている（図 2.2.113）。

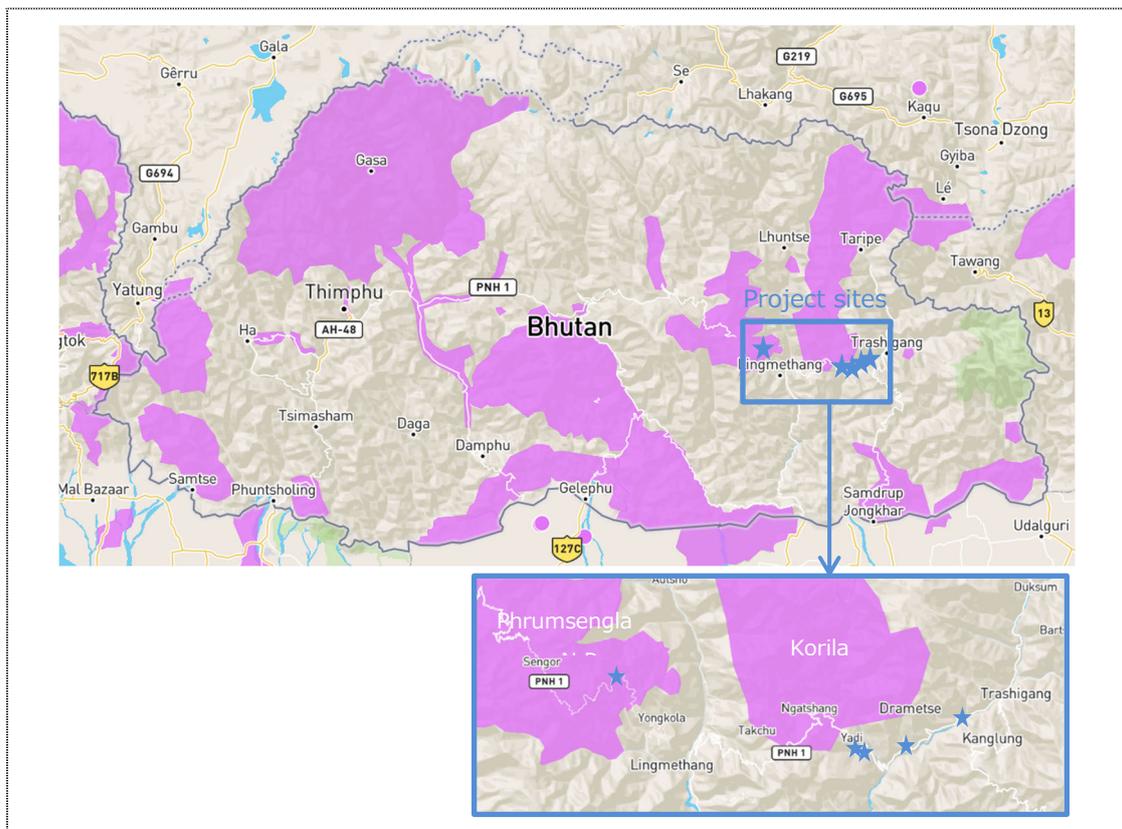
対象橋梁のナムリン橋は、温帯生態系の保護を目的として制定された保護区のフルムセングラ国立公園（Phrumsengla National Park）の中に位置している。同公園管理者は森林・公園サービス局フルムセングラ国立公園管理事務所であり、公園管理計画の策定、運用を行っている。公園内は森林・公園サービス局により、森林自然保護法と同局のゾーニングガイドライン(2020)に基づいて Core zone、Transition zone、Buffer zone、Multiple use zone の4つにゾーニングされている。保護のレベルは Core zone で最も高く、Transition zone、Buffer zone、Multiple use zone の順に人間活動を許容する程度が大きくなる（表 2.2.49）。2023年に策定、運用開始されたフルムセングラ国立公園のゾーニングは図 2.2.114 のとおりであり、同図及び国立公園事務所への確認によれば、国道の Right of Way (ROW) である幅 100 フィート（約 30m）の範囲は Multiple use zone、その両側それぞれ 150m の範囲は Buffer zone とのことである。そのため、既存のナムリン橋については Multiple use zone に位置しており、架け替え計画地点（既存橋の 50m 下流）は、ROW 内（橋台部付近）については Multiple use zone、ROW 外は Buffer zone に位置するものとみなされる。このことより、本事業では、ナムリン橋の上部工の一部及び法面对策工の一部が Buffer zone に位置する状況である（図 2.2.115）。法面对策の工事は、バックホウと発破を併用して法面の切土を行う。発破は、1.5ヶ月程度の期間に小規模な発破を何度か行い、地山の表面を最大 4m 程度掘削する。法面对策工のイメージ図を図 2.2.116 に示す。

ゾーニングガイドラインによれば、Buffer zone、Multiple use zone とも、必要な許可を得ることでインフラ開発は可能である。本事業で必要とされる許可の種類は Forestry clearance と Environmental clearance の2つであり、発破工法を用いる場合にもこれらの許可は取得可能である。なお、発破工法は、ナムリン橋周辺の PNH-1 の拡幅工事においても適用されている。



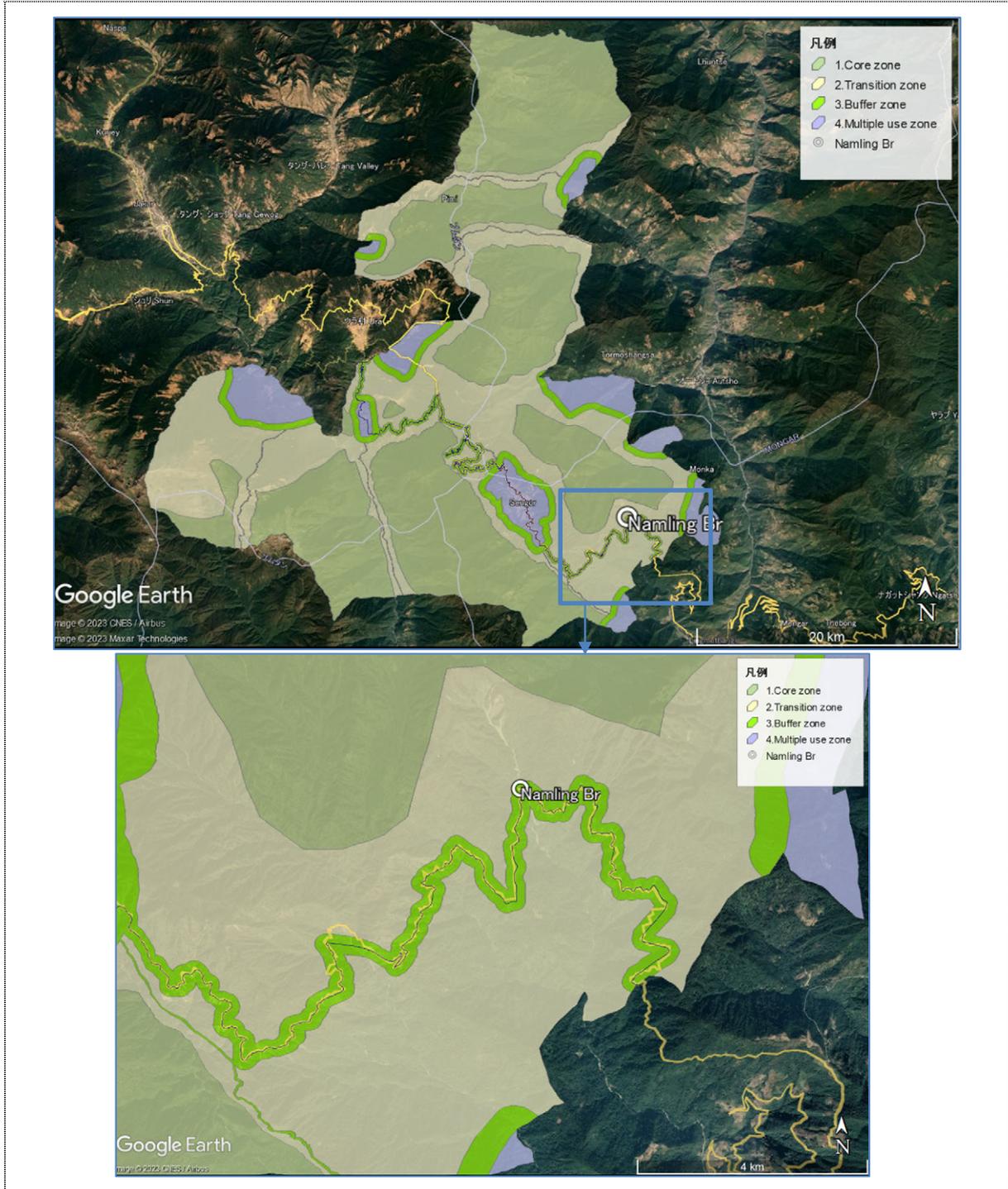
出典：Department of Forests & Park Services

図 2.2.112 「ブ」国の保護区分布と事業対象地の位置



出典：Integrated Biodiversity Assessment Tool

図 2.2.113 KBA/IBA の分布と事業対象地の位置



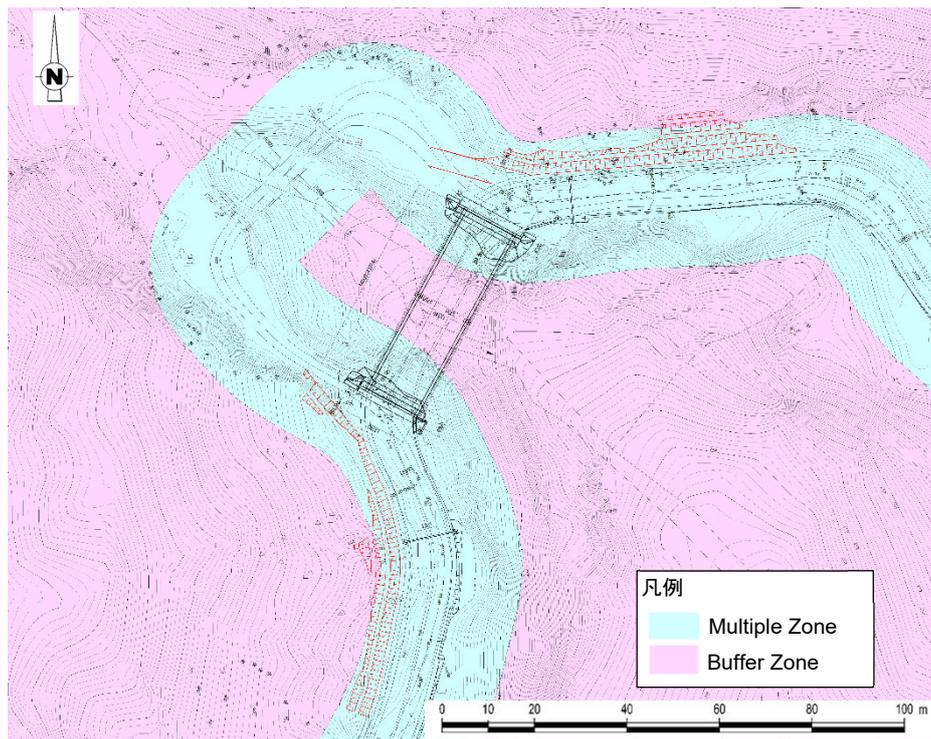
出典：フルムセングラ国立公園事務所

図 2.2.114 フルムセングラ国立公園のゾーニングとナムリン橋の位置

表 2.2.49 保護区内の各ゾーンの定義と保護レベル

ゾーン名	定義と保護レベル
1. Core zone	国際的、地域的、国家的に重要な動植物の存続に重要なサービスを提供する高い保全価値を持つ地域。制限された研究やモニタリングのみ可能。
2. Transition zone (移行帯)	野生生物と地域社会が相互依存関係にあり、天然資源の持続的利用のための伝統的・法的権利が一定期間認められる地域（例：冬虫夏草採取地や牧草地など）。伝統的・法的な利用権のある季節や一定期間の利用を除き、保護レベルは Core zone と同等。
3. Buffer zone (緩衝帯)	Core zone や Transition zone が保護区内外からの人為的な攪乱の近くにある場合、その緩衝帯として指定される。Transition zone を通過する道路も、両側に最小限の緩衝帯の幅を割り当てたうえで、Buffer zone に含まれる。 Multiple use zone よりも人為的な介入は少ないエリアであり、環境教育、観光、伝統的な資源利用、レクリエーション施設を受け入れることができる。 Buffer zone では以下の活動は禁止されるが、関係機関から必要な許可を得た場合はこの限りではない。 ・インフラ開発 ・木材の採取 ・非木材森林生産物の採取
4. Multiple use zone (多目的利用ゾーン)	集落、市街地、私有地、保護区住民のための資源配分区域が含まれることがある。このゾーンは” zone of cooperation ”とも呼ばれ、公園管理者と住民が、人、野生生物、生物多様性、環境のために、持続可能な方法で地域を管理・利用するために協力することに同意するゾーンである。資源マッピングの実施と、公園内の地域コミュニティの資源ニーズ評価に基づいて分類され、薪炭などの資源利用、エコツーリズム、送電線や道路等のインフラ建設、農地利用、放牧、ビクターセンター、キャンプサイト等が含まれる。 Multiple use zone では以下の活動は制限されるが、森林・公園サービス局の書面による許可があり、その活動が自然保護および保護区のゾーン指定の目的を達成するため必要な活動である場合はこの限りではない。 ・木材の採取 ・地域住民による地域のための採石 ・開発活動

出典 : Department of Forests and Park Services, Forest and Nature Conservation Code of Best Management Practices of Bhutan, Vol IV: Protected Area Management,  
Nature Conservation Division, Department of Forests and Park Services, Ministry of Agriculture and Forests, Protected Area Zonation Guidelines of Bhutan, 2020.



出典：JICA 調査団

図 2.2.115 ナムリン橋架け替え地点周辺のゾーニング



吹付法枠工 (Teleganchu 橋)



落石防護柵

出典: 左 : JICA 調査団、右 : [https://www.proteng.co.jp/product\\_detail.php?Srch=y&keyno=10](https://www.proteng.co.jp/product_detail.php?Srch=y&keyno=10)

図 2.2.116 法面对策工イメージ写真

### (c) 貴重種等

既存資料に基づくフルムセングラ国立公園の野生動物種を表 2.2.50 に示す。レッサーパンダ、ドール、トラ、ヤマジャコウジカなど、IUCN レッドリストで Endangered に分類される種や、ワシントン条約 (CITES) で取引規制されている種の生息が確認されている。

表 2.2.50 フルムセングラ国立公園の野生動物

No.	Order	Family	Common Name	Scientific Name	和名	Protected status			
						IUCN	National legislation	CITES	
1	Primates	Cercopithecidae	Assam Macaque	<i>Macaca assamensis</i>	アッサムモンキー	NT			
2			Black Capped Langur	<i>Trachypithecus pileatus</i>	ボウシラングール	VU		I	
3	Carnivora	Ailuridae	Red Panda	<i>Ailurus fulgens</i>	レッサーパンダ	EN	FNCA & FNCRR	I	
4		Canidae	Dhole	<i>Cuon alpinus</i>	ドール	EN		II	
5			Asian Red Fox	<i>Vulpes vulpes</i>	アカギツネ	LC			
6		Felidae	Asian Golden Cat	<i>Catopuma temminckii</i>	アジアゴールデンキャット	NT		II	
7			Asian Leopard Cat	<i>Prionailurus bengalensis</i>	ベンガルヤマネコ	LC	FNCA & FNCRR	II	
8			Clouded Leopard	<i>Neofelis nebulosa</i>	ウンビョウ	VU	FNCA & FNCRR	I	
9			Leopard	<i>Panthera pardus</i>	ヒョウ	VU	FNCA & FNCRR	I	
10			Tiger	<i>Panthera tigris</i>	トラ	EN	FNCA & FNCRR	I	
11			Marbled Cat	<i>Pardofelis marmorata</i>	マーブルキャット	NT		I	
12		Mustelidae	Asian Small-clawed Otter	<i>Anonyx cinereus</i>	コツメカワウソ	VU			
13			Himalayan Yellow Throated Martin	<i>Martes flavigula</i>	キエリテン	LC			
14		Ursidae	Himalayan Black Bear	<i>Ursus (Selenarctos) thibetanus</i>	ツキノワグマ	VU	FNCA & FNCRR	I	
15		Cetartiodactyla	Bovidae	Himalayan Goral	<i>Naemorhedus goral</i>	ヒマラヤゴール	NT		I
16				Barking Deer/ Muntjac	<i>Muntiacus muntjak</i>	インドキョン	LC		
17	Mainland Serow			<i>Capricornis sumatraensis</i>	スマトラカモシカ	VU			
18	Takin (Bhutan Takin)			<i>Budorcas taxicolor whitei</i>	ブータンターキン	VU	FNCA & FNCRR	II	
19	Cervidae		Sambar Deer	<i>Rusa unicolor</i>	サンバー	VU	FNCRR		
20	Moschidae		Alpine musk deer	<i>Moschus chrysogaster</i>	ヤマジャコウジカ	EN		I	
21	Suidae	Himalayan Wild Pig	<i>Sus scrofa</i>	イノシシ	LC				
22	Lagomorpha	Ochotonidae	Royle's Pika	<i>Ochotona roylei</i>	ロイルナキウサギ	LC			
23	Insectivora	Soricidae	Himalayan Water Shrew	<i>Chimarrogale himalayica</i>	トガリネズミ	LC			
24	Rodentia	Rodentia	Malayan Porcupine	<i>Hystrix brachyura</i>	マレーヤマアラシ	LC			
25		Sciuridae	Orange-bellied Himalayan Squirrel	<i>Dremomys lokriah</i>	アカハラオナガリス	LC			
26			Three-Striped Himalayan Squirrel	<i>Funambulus palmarum</i>	インドヤシリス	LC			
27			Parti-coloured Flying Squirrel	<i>Hylapetes alboniger</i>	ソメワケオビモモンガ	LC			
28			Black Giant Squirrel	<i>Ratufa bicolor</i>	クロオオリス	NT			

Notes) IUCN categories/EN:Endangered, VU:Vulnerable, NT:Near Threatened, LC:Least Concern

National legislation/FNCA: Protected by Forest and Nature Conservation Act 1995

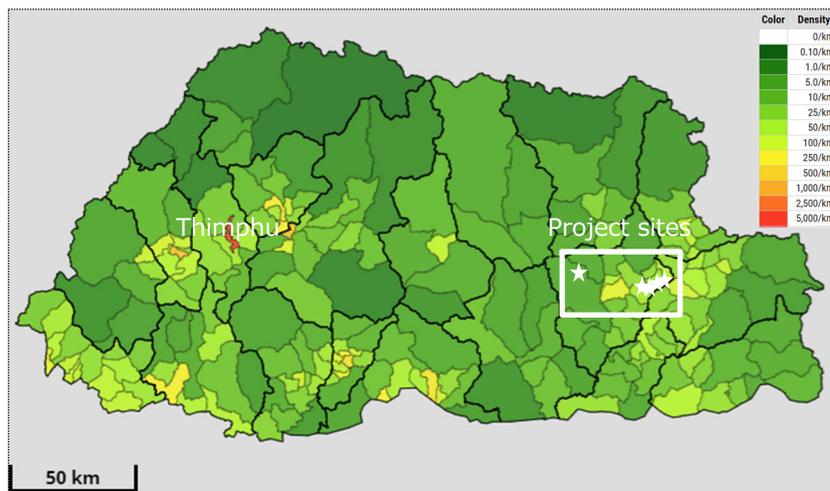
FNCRR: Protected by Forest and Nature Conservation Rules and Regulation 2017

CITES(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora)/ I:threatened with extinction, II:trade must be controlled,

出典 : Wangchuk, R. & Namgyel, U. 2016. Faunal Diversity of Phrumsengla National Park. Department of Forests and Park Services, Ministry of Agriculture and Forests, Royal Government of Bhutan. Ura: Bumthang.より調査団作成

#### (d) 人口

「ブ」国の人口密度分布を図 2.2.117 に示す。2017 年の人口センサスによれば「ブ」国の人口は 727,145 人であり、うち 114,551 人が首都であるティンブー市に集中している。本事業対象地であるモンガル県の人口は 37,150 人であり、うち Gewog/Town 別にみると、県都の Mongar で 4,452 人、ナムリン橋の位置する Saling で 1,929 人、パクダン、ダーダリ橋の位置する Changsakhhar で 2,494 人、リビダン、ローリン橋の位置する Dramedtse で 1,848 人とされている。

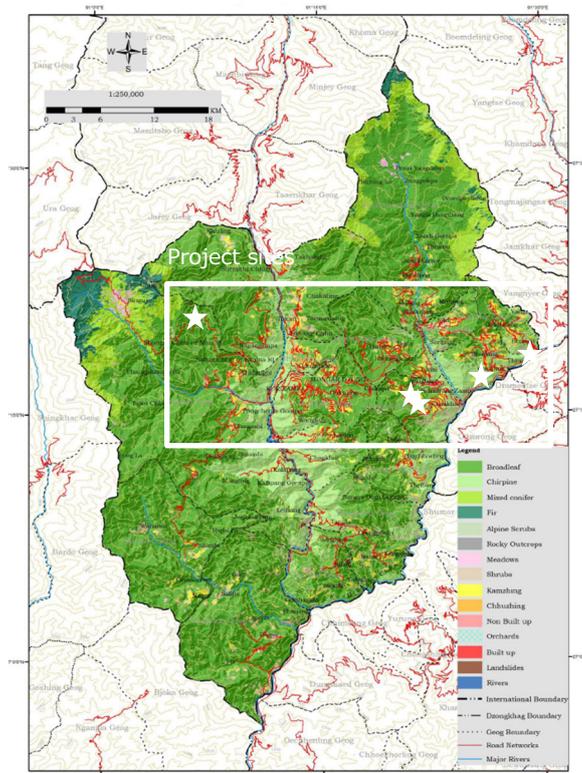


出典：CITYPOPULATION

図 2.2.117 「ブ」国の人口密度分布（2017年国勢調査）

(e) 土地被覆

モンガル県の土地被覆図を図 2.2.118 に示す。モンガル県は面積の 90%以上が広葉樹や針葉樹から成る森林で覆われており、合間で米、トウモロコシ、小麦、ジャガイモ、野菜などの栽培が行われている。耕作地のタイプは Kamzhing (dry land use)と Chhuzhing (wet land use)の両方がみられる。市街地はモンガル中心部などにわずかにみられるが、面積は1%以下と限られている。



出典：Land Use and Land Cover of Bhutan 2016, Forest Resources Management Division

図 2.2.118 モンガル県の土地被覆図

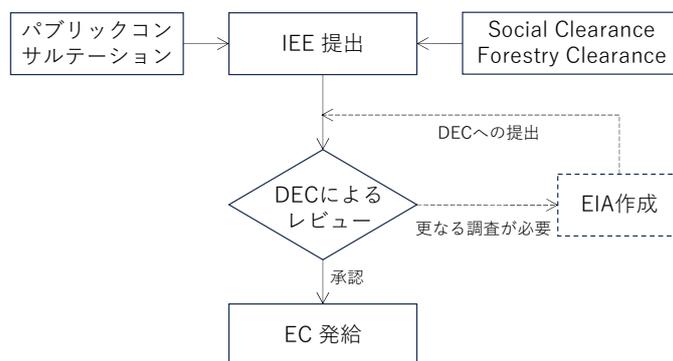
## 2) 「ブ」国の環境社会配慮制度・組織

### (a) 環境配慮に関連する法令・基準等

「ブ」国の環境関連法令、基準、ガイドラインを表 2.2.51 に示す。「ブ」国の環境アセスメントについては環境アセスメント法（Environmental Assessment Act, 2000）に規定されており、事業実施においては環境許可（EC: Environmental Clearance）の取得が必要とされている。「ブ」国の環境及び環境管理を所管する国家環境委員会（NEC: National Environment Commission）のガイドライン（A Guide to Environmental Clearance Application Procedure, May 2022）によれば、EC 取得の必要性和プロセスは事業種類に応じて規定されており、Green に分類される事業では EC 取得は不要、Blue では EC が必要であるが初期環境調査（IEE: Initial Environmental Examination）で取得可能、Red では環境影響評価（EIA: Environmental Impact Assessment）の実施が必要とされている。

橋梁建設の場合は上記ガイドラインで Blue に分類され、IEE に基づく EC 取得が必要である。橋梁建設の EC 取得プロセスを図 2.2.119 に示す。申請先は県の環境委員会（DEC: Dzongkhag Environment Commission）とされており、本事業では対象橋梁がモンガル県に位置するため、モンガル県の環境委員会が申請先となる。

上記ガイドラインでは IEE の様式についても定めており、事業者は事業内容や規模等を既定の様式に記入し、環境管理計画、パブリックコンサルテーションの記録とともに DEC に提出することが求められる。DEC は提出された IEE を審査し、環境許可を発給するが、審査を通してさらなる調査が必要と判断される場合は EIA の実施が求められることもあるが、モンガル県の環境担当者によれば、本事業は既存橋の架け替えであることから、EIA は必要とはならないとのことである。また、EC 取得にあたっては、事業者は地元政府からの同意書（Social Clearance）を取得するとともに、Forest and Nature Conservation Rules and Regulations, 2017 に基づく Forestry Clearance を取得する必要がある。Forestry Clearance は土地利用許可に相当し、事業者のオンライン申請によって森林・公園サービス局が発給する。なお、県及び森林・公園サービス局によれば、手続きの所要日数は、Forestry Clearance については 10 日程度、IEE の申請から EC 発給までは 1 週間程度とのことである。



出典：JICA 調査団

図 2.2.119 橋梁建設の EC 取得プロセス

表 2.2.51 環境配慮に関連する法令・基準等

区分	名称	概要	
環境保全一般	National Environment Protection Act, 2007	環境保全に関する基本法	
環境アセスメント	法令	Environmental Assessment Act, 2000	環境アセスメント
		Regulation for Environmental Clearance of Projects, 2016	上記手続きの細則
	ガイドライン	Environmental Assessment Guideline - May 2012	EIAの技術的ガイドライン
		A Guide to Environmental Clearance Application Procedure - May 2022	EC申請手続きの詳細、様式等を定めている
環境基準	Environmental Standards, 2020	環境基準、排出基準を定めている	
森林・生物多様性保全	Forest and Nature Conservation Act, 2023	森林、野生動物、自然資源の保全と持続的利用について定める	
	Forest and Nature Conservation Rules and Regulations, 2017	森林管理、利用の実施細則	
	Biodiversity Act, 2022	生物学的遺伝資源の保全と利用について定める	
廃棄物管理	Waste Prevention and Management Act, 2009	廃棄物管理の基本原則を定める	
	Waste Prevention and Management Regulation, 2012	廃棄物管理の実施細則	
	Waste Prevention and Management Regulation, 2016	同上	
用地取得・住民移転	Land Act, 2007	土地の所有、登録、用地取得、取引、借地、土地に関わる権利等を定める	
	Land Rules and Regulations, 2007	上記の細則	
	Land Compensation Rate, 2019	土地、構造物の補償額	
労働	Labour and Employment Act, 2007	労働条件、賃金、雇用者の安全衛生管理義務等を定める	

出典：JICA 調査団

(b) JICA 環境社会配慮ガイドラインとの乖離及びその解消方法

「ブ」国の環境社会配慮に係る法制度と JICA ガイドラインとの乖離を分析し、対応方針を表 2.2.52 に整理した。

表 2.2.52 JICA 環境社会配慮ガイドラインと「ブ」国制度の乖離と対処方針

対象事項	JICA 環境社会配慮ガイドライン	ブータン国制度	対処方針 (結果)
基本的事項	- プロジェクトを実施するにあたっては、その計画段階で、プロジェクトがもたらす環境や社会への影響について、できる限り早期から、調査・検討を行い、これを回避・最小化するような代替案や緩和策を検討し、その結果をプロジェクト計画に反映しなければならない。(JICA ガイドライン、別紙 1.1)	事業者は開発許可を得るにあたり、法律に基づく環境影響評価を行うことが義務付けられている。 (Environmental Assessment Act, 2000)	特になし
情報公開	- 環境アセスメント報告書(制度によっては異なる名称の場合もある)は、プロジェクトが実施される国で公用語または広く使用されている言語で書かれていなければならない。また、説明に際しては、地域の人々が理解できる言語と様式による書面が作成されねばならない。 - 環境アセスメント報告書は、地域住民等も含め、プロジェクトが実施される国において公開されており、地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能であり、また、コピーの取得が認められていることが要求される。(JICA ガイドライン別紙 2)	環境アセスメント報告書の言語に関する規定はない。 環境アセスメント報告書は公開され、コピーの取得が認められている。 (Regulation for Environmental Clearance of Projects, 2016)	本事業では環境アセスメント報告書の作成は必要とされないが、IEEによる環境管理モニタリング計画案をゾンカ語で作成し、住民協議において住民に配布した。
住民協議	- 環境アセスメント報告書作成に当たり、事前に十分な情報が公開されたうえで、地域住民等のステークホルダーと協議が行われ、協議記録等が作成されていなければならない。 - 地域住民等のステークホルダーとの協議は、プロジェクトの準備期間・実施期間を通じて必要に応じて行われるべきであるが、特に環境影響評価項目選定時とドラフト作成時には協議が行われていることが望ましい。 (JICA ガイドライン、別紙 2.カテゴリ A に必要な環境アセスメント報告書)	環境許可の申請にあたり、住民協議を行い、事業に反映することが求められている。 (Regulation for Environmental Clearance of Projects, 2016) 回数や時期に関する規定はない。	環境影響評価項目選定時とドラフト作成時の2回、住民協議を開催した。
影響評価対象項目	- 環境社会配慮に関して調査・検討すべき影響の範囲には、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、気候変動、生態系及び生物相等を通じた、人間の健康と安全及び自然環境への影響(越境の又は地球規模の環境影響を含む)並びに以下に列挙する様な事項への社会配慮を含む。非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地域経済、土地利用や地域資源利用、社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織、既存の社会インフラや社会サービス、貧困層や先住民族など社会的に脆弱なグループ、被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性、ジェンダー、子どもの権利、文化遺産、地域における利害の対立、HIV/AIDS等の感染症、労働環境(労働安全を含む)。 (JICA ガイドライン、別紙 1.検討する影響のスコープ.1) - 調査・検討すべき影響は、プロジェクトの直接的、即時的な影響のみならず、合理的と考えられる範囲内で、派生的・二次的な影響、累積的影響、不可分一体の事業の影響も含む。また、プロジェクトのライフサイクルにわたる影響を考慮することが望ましい。(JICA ガイドライン、別紙 1、検討する影響のスコープ.2)	調査・検討すべき影響として、移転や生計への影響、土地利用の変化、生息地への影響や分断、大気汚染、騒音、水質汚濁、廃棄物、労働者の流入、事故のリスク、健康被害、交通渋滞等、様々な観点があげられており、間接的、累積的な影響も省かれないよう留意すべきとされている。 (Environmental Assessment Guideline, 2012) 社会的に脆弱なグループ、被害と便益の分配、ジェンダー、子どもの権利、利害対立に着目した規定はみられない。	調査・検討項目は JICA ガイドラインに基づいた。

対象事項	JICA 環境社会配慮ガイドライン	ブータン国制度	対処方針（結果）
モニタリング、苦情処理等	<ul style="list-style-type: none"> <li>- モニタリング結果を、当該プロジェクトに関わる現地ステークホルダーに公表するよう努めなければならない。（JICA ガイドライン、別紙1、モニタリング.3）</li> <li>- 第三者等から、環境社会配慮が十分でないなどの具体的な指摘があった場合には、当該プロジェクトに関わるステークホルダーが参加して対策を協議・検討するための場が十分な情報公開のもとに設けられ、問題解決に向けた手順が合意されるよう努めなければならない。（JICA ガイドライン、別紙1、モニタリング.4）</li> </ul>	<p>モニタリング結果に特化した規定はないが、プロジェクトの環境情報は公開が推奨されている。</p> <p>(National Environment Protection Act, 2007)</p> <p>環境許可発給後の苦情に対しては、関係機関が調査し、必要に応じて緩和措置、補償、環境許可の条件の見直し等が行われる。決定に不服がある場合は、国家環境委員会または裁判所に上訴することができる。（Regulation for Environmental Clearance of Projects, 2016）</p>	モニタリング結果は DoST が住民等の要請に応じて随時提供する。
生態系及び生物相	プロジェクトは、重要な自然生息地または重要な森林の著しい転換または著しい劣化を伴うものであってはならない。	森林は Forest and Nature Conservation Act, 1995 により保護されており、利用には許可が必要。	特になし
先住民	プロジェクトが先住民に及ぼす影響は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。このような検討を経ても回避が不可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補填するために、実効性ある先住民のための対策が講じられなければならない。	先住民の保護に関する法律は見られない。	保護の対象となる先住民は確認されていない。

出典：JICA 調査団

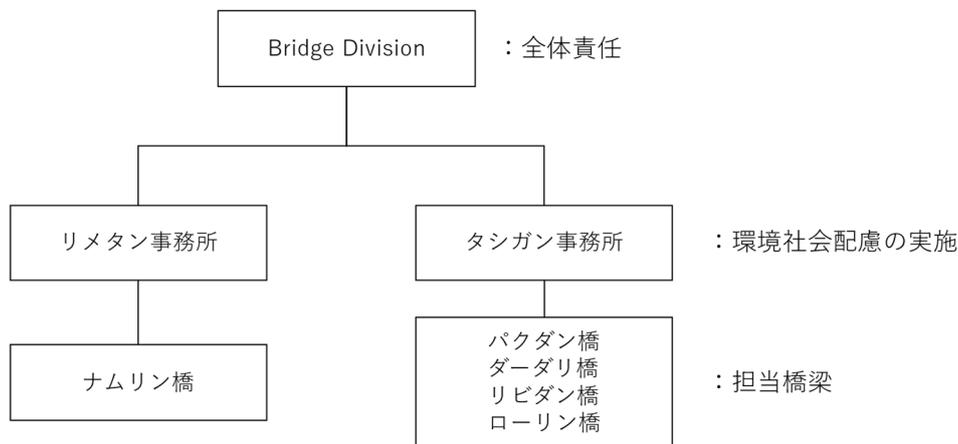
### (c) 関係機関の役割

本事業では、「ブ」国の法制度上の IEE により、環境許可（EC）を取得する。EC の申請者は実施機関である DoST であり、環境許可は、県の環境委員会（DEC）が発給する。他の関連許認可とあわせて申請者と許認可発給者を表 2.2.53 に整理した。なお、許認可は橋梁ごとに申請、発給され、申請者はナムリン橋については DoST のリメタン事務所、その他の橋梁はタシガン事務所となる。

表 2.2.53 環境関連許認可の申請者と発給者

許認可名	申請者	発給者	取得状況 (2023年11月現在)
環境許可 (EC)	DoST (Regional Office)	県環境委員会 (DEC)	取得準備中 (2024年3月までに取得予定)
Forestry Clearance	DoST (Regional Office)	森林・公園サービス局	2023年10月 (ダーダリ橋)、11月 (ナムリン橋) に取得済み
Social Clearance	DoST (Regional Office)	事業実施場所の地元政府 (Gewog)	2023年10月に取得済み

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 2.2.120 DoST における環境社会配慮の実施体制

### 3) スコーピング

ナムリン橋とダーダリ橋を対象とし、両橋の架け替え事業のスコーピング結果を表 2.2.54 に示し、本 IEE の調査 TOR を表 2.2.55 に整理した。

表 2.2.54 スコーピング結果

分類		影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	✓		汚染対策  供用時：通行車両が大気汚染物質を排出するが、橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による大気汚染の増加は見込まれない。
	2	水質汚濁	✓		工事中：土工や捨石工により河川に濁りが生じる可能性がある。工事労働者のキャンプから生活排水が発生する。 供用時：橋梁の供用に伴う水質汚染は想定されない。
	3	廃棄物	✓		工事中：残土等の建設廃棄物、使用済みオイル等の有害廃棄物の発生可能性がある。工事労働者のキャンプから生活廃棄物が発生する。 供用時：橋梁の供用に伴う廃棄物の発生は想定されない。
	4	土壌汚染	✓		工事中：建設機械及び車両等から油等が漏出する可能性がある。 供用時：橋梁の供用に伴う土壌汚染は想定されない。

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
	5 騒音・振動	✓		<b>工事中</b> ：建設機械・車両の移動等による騒音・振動が想定される。 <b>供用時</b> ：車両の通行により騒音・振動が発生するが、橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による新たな騒音・振動は生じない。
	6 地盤沈下			地盤沈下を引き起こすような作業(大量の地下水の利用)等は想定されない。
	7 悪臭			悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8 底質			底質悪化の原因となる作業は想定されない。
自然環境	9 保護区	✓	✓	自然環境
	10 生態系	✓	✓	<b>工事中</b> ：工事区域及び周辺の動植物の生息・生育場が攪乱される可能性がある。 <b>供用時</b> ：完成後の橋梁で野生動物が交通事故にあう可能性がある。
	11 水象			河川の流況に変化をもたらす作業等は想定されない。
	12 地形、地質	✓		<b>工事中</b> ：周辺の切土により地形が変化する。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による地形・地質への影響は想定されない。
社会環境	13 住民移転	✓		社会環境 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う用地取得、住民移転は想定されない。
	14 貧困層	✓	✓	事業区域周辺の住民の経済状況を把握したうえで影響の有無を評価する。
	15 少数民族・先住民	✓	✓	事業区域周辺に少数民族・先住民は存在しないとみられるが、確認が必要。
	16 雇用や生計手段等の地域経済	✓	✓	<b>工事中</b> ：工事による雇用機会の増加が期待される。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えにより落橋等の危険が少なくなることから、地域経済の安定化が期待される。
	17 土地利用や地域資源利用			<b>工事前</b> ：工事予定域は限定的であり、土地利用等への影響は生じない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う土地利用の変化は想定されない。
	18 水利用	✓		<b>工事中</b> ：工事は大量の水を利用するものではないが、河川周辺での工事となるため、河川における水利用状況について確認が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う水利用への影響は想定されない。
	19 既存の社会インフラや社会サービス	✓	✓	<b>工事前</b> ：工事は国道の交通の妨げにならないよう配慮が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えにより落橋等の危険が少なくなることから、病院等への社会サービスへのアクセスの安定化が期待される。
	20 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織			本事業は国道の利便性・安全性確保を目的とした国（DoST）の事業であり、地域の意思決定機能への影響は想定されない。
	21 被害と便益の偏在	✓	✓	被害と便益の偏在につながる要因は想定されないが、周辺社会の状況ふまえて評価する。
	22 地域内の利害対立	✓	✓	地域内の利害対立をまねく要因は想定されないが、周辺社会の状況ふまえて評価する。
	23 文化遺産	✓	✓	周辺の文化遺産等の確認が必要。
	24 景観	✓	✓	景観への配慮の必要性を確認する必要がある。
	25 ジェンダー	✓	✓	地域社会の特性を把握したうえで影響の有無を評価する。
	26 子どもの権利	✓		<b>工事中</b> ：工事における児童労働の可能性について確認が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による子どもの権利への影響は想定されない。

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
	27 HIV/AIDS等の感染症	✓		<b>工事中</b> ：工事作業員の流入により、HIV及びCovid-19等の感染症が広がる可能性が考えられる。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による感染症の拡大は想定されない。
	28 労働環境（労働安全を含む）	✓		<b>工事中</b> ：工事作業員に対する労働安全上の配慮が必要である。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う労働は生じない。
その他	29 事故	✓	✓	その他 <b>供用時</b> ：新橋梁における交通事故の可能性について配慮が必要。
	30 越境の影響、及び気候変動			<b>工事中</b> ：工事範囲は限定的で一時的であることから、越境の影響や気候変動への影響は想定されない。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による温室効果ガスの増加は想定されない。

出典：JICA 調査団

表 2.2.55 調査 TOR

分類	項目	調査項目	調査手法
汚染対策	大気汚染	- 大気質現況把握（CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、TSP）（乾季、雨季） - 現地環境基準の確認 - 工事区域周辺の住居、学校、病院等の有無	- 現地調査（各橋梁付近 1 地点、乾季・雨季） - 法令等の確認 - 調査結果と現地環境基準値との比較
	水質汚濁	- 河川水質現況調査（BOD、pH、TSS、水温、大腸菌群数）（乾季、雨季） - 現地環境基準の確認 - 河川水の生活利用状況	- 現地調査（各橋梁付近 1 地点、乾季・雨季） - 法令等の確認 - 調査結果と現地環境基準値との比較
	廃棄物	- 工事廃棄物の種類（残土、廃材、有害廃棄物、労働者キャンプの生活廃棄物）及び処理方法	- 現地調査（処分場の状況等） - 関係機関等への聞き取り
	土壌汚染	- 工事中のオイル漏れの可能性と防止策	- 施工内容・方法・機械設備の確認
	騒音・振動	- 騒音現況把握 - 現地環境基準の確認 - 工事区域周辺の住居、学校、病院等の有無	- 現地調査（各橋梁付近 1 地点、乾季・雨季） - 法令等の確認
自然環境	保護区（ナムリン橋）	- 保護区関連法令、管理計画の確認	- 法令等の確認 - 公園管理者への聞き取り
	生態系	- 周辺の動植物	- 現地調査（各橋梁周辺、乾季・雨季） - 既存資料が存在する場合は収集または周辺住民への聞き取り
	地形・地質	- 切土箇所と量	- 施工内容の確認
社会環境	非自発的住民移転	- 施工範囲の土地所有	- 関係機関への聞き取り、既存資料が存在する場合は収集
	貧困	- 周辺住民の経済状況	- 質問票調査（国道沿いの住民 696 世帯）
	少数民族・先住民族	- 少数民族・先住民族の有無	- 質問票調査（国道沿いの住民 696 世帯）

分類	項目	調査項目	調査手法
	雇用・生計などの地域経済	- 周辺住民の生計手段 - 周辺住民の橋梁利用状況と架け替えによる地域経済への寄与	- 質問票調査（国道沿いの住民 696 世帯）
	水利用	- 河川水の利用状況	- 周辺住民への聞き取り
	社会インフラ・サービス	- 周辺住民の橋梁利用状況と架け替えによる住民生活への寄与	- 質問票調査（国道沿いの住民 696 世帯）
	被害と便益の偏在	- 橋梁架け替えに関する住民意見	- 住民協議
	地域的な利害の対立	- 橋梁架け替えに関する住民意見	- 住民協議
	文化遺産	- 文化遺産の有無と場所	- 現地調査 - 周辺住民への聞き取り
	景観	- 観光地、配慮を要する景観の有無	- 現地調査 - 周辺住民への聞き取り
	ジェンダー	- 家庭等における女性の決定権	- 質問票調査
	子どもの権利	- 児童労働の可能性	- 周辺住民、地元政府への聞き取り
	感染症	- HIV/AIDS 等性感染症（STI）の罹患状況	- 地元政府への聞き取り
	労働環境	- 工事労働者の労働環境	- 地元政府への聞き取り
その他	事故	- 近隣における交通事故発生状況	- 地元政府への聞き取り

出典：JICA 調査団

#### 4) 影響の予測

ナムリン橋とダーダリ橋を対象とした架け替え事業について、予測結果を含む環境社会配慮調査結果を以下に示す。

##### (a) 汚染対策

##### a) 大気汚染

各橋梁付近で観測した大気質は表 2.2.56 のとおりであり、乾季、雨季ともに「ブ」国の環境基準を十分に下回っていた。本事業では、工事に伴い粉塵や排気ガスの一時的な発生が見込まれるが、現状で大気汚染物質の濃度が低いこと、対象橋梁として選定されたナムリン、ダーダリ橋周辺には住居や学校、病院等の施設はみられないことから、適切な対策を講じることで自然環境、生活環境への影響は生じないと見込まれる。

表 2.2.56 大気質調査結果

調査日: 2023年3月25～27日 (乾季)

項目	調査結果		「ブ」国基準値		国際基準値	(参考調査結果)		
	ナムリン	ダーダリ	Mixed area	Sensitive area	(参考)	バクダン	リビダン	ローリン
CO (ppm)	BDL	BDL	2,000	1,000	-	BDL	BDL	BDL
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	0.088	0.051	80*	30*	40 (1 year)	0.116	0.042	0.101
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	BDL	BDL	80	30	125 (Interim target-1) 50 (Interim target-2) 20 (guideline)	BDL	BDL	BDL
PM10 (μg/m <sup>3</sup> )	25.89	35.73	100	75	150 (Interim target-1) 100 (Interim target-2) 75 (Interim target-3) 50 (guideline)	24.41	35.44	25.55
PM2.5 (μg/m <sup>3</sup> )	23.24	17.73	60	60	75 (Interim target-1) 50 (Interim target-2) 37.5 (Interim target-3) 25 (guideline)	19.65	23.76	15.87
TSPM (μg/m <sup>3</sup> )	34.93	36.44	200	100	-	33.15	46.62	27.70
気温 (°C)	12.64	20.26	-	-	-	26.20	25.97	31.90
風速 (m/sec)	1.31	0.83	-	-	-	1.47	1.17	1.07
風向	South-east	South-east	-	-	-	South-east	South-east	South-east
相対湿度 (%)	75.49	56.27	-	-	-	57.60	51.94	54.12

調査日: 2023年7月12～14日 (雨季)

項目	調査結果		「ブ」国基準値		国際基準値	(参考調査結果)		
	ナムリン	ダーダリ	Mixed area	Sensitive area	(参考)	バクダン	リビダン	ローリン
CO (ppm)	BDL	BDL	2,000	1,000	-	BDL	BDL	BDL
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	0.116	0.103	80*	30*	40 (1 year)	0.106	0.109	0.116
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	BDL	BDL	80	30	125 (Interim target-1) 50 (Interim target-2) 20 (guideline)	BDL	BDL	BDL
PM10 (μg/m <sup>3</sup> )	13.52	22.41	100	75	150 (Interim target-1) 100 (Interim target-2) 75 (Interim target-3) 50 (guideline)	20.77	12.87	14.78
PM2.5 (μg/m <sup>3</sup> )	11.06	12.66	60	60	75 (Interim target-1) 50 (Interim target-2) 37.5 (Interim target-3) 25 (guideline)	17.81	9.42	10.01
TSPM (μg/m <sup>3</sup> )	15.69	30.05	200	100	-	30.27	14.89	17.63
気温 (°C)	17.41	23.64	-	-	-	29.36	25.86	29.14
風速 (m/sec)	0.79	0.94	-	-	-	1.29	0.81	1.26
風向	South-east	South-east	-	-	-	South-east	South-east	South-east
相対湿度 (%)	89.35	65.13	-	-	-	69.26	68.02	63.92

1. BDL: Below Detectable Limit

2. 「ブ」国基準値: Environmental Standards, 2020, National Environment Commission of Bhutan

3. Mixed area: 居住地、商業エリア、またはそれらの混合

4. Sensitive area: 病院、学校、影響を受けやすい生態系等があるエリア

5. \*はNO<sub>x</sub>の基準値を示す。

6. 国際基準値: International Finance Corporation, General Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines, 2007

Interim targets are provided in recognition of the need for a staged approach to achieving the recommended guidelines.

出典: JICA 調査団

## b) 水質汚濁

各橋梁地点における河川の水質は表 2.2.57 のとおりであり、乾季、雨季とも「ブ」国基準からみて良好であるが、雨季には浮遊物質量（TSS）が乾季の数十倍高くなっており、降雨による増水に伴い濁りが生じることを示していた。周辺集落へのヒアリングによれば、いずれの橋梁でも周辺での河川水の利用はされていないが、ナムリン橋下流約 10km 付近の集落（Thridangbi Chiwog）では 50～60 世帯が灌漑用水として使用しているとのことである。

本事業では土工（ナムリン及びダーダリ橋）及び捨石工（ダーダリ橋）による濁りや労働者キャンプ等からの生活排水が河川に流入する可能性があるが、濁りについては河道内の掘削は行わないため量的に限られること、自然変動が大きいため多少の濁りが生じたとしても変動範囲内におさまると考えられることから、影響はほとんどないと見込まれる。生活排水についても、飲料水としての水利用がないため影響は想定されないが、衛生管理の観点から適切な処理が必要である。

**表 2.2.57 河川水質調査結果**

調査日：2023年3月25-28日（乾季）

項目	調査結果		「ブ」国基準			日本の環境基準(参考)	(参考調査結果)		
	ナムリン	ダーダリ	A	B	C		バクダン	リビダン	ローリン
BOD (mg/L)	1.07	1.22	2	5	50	10	1.26	2.87	1.54
pH	7.34	7.61	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.5-8.5	7.55	7.84	7.23
TSS (mg/L)	2.34	2.19	25	100	-	-	2.12	2.64	1.86
水温 (°C)	15.6	22.1	-	-	-	-	22.4	22.5	22.1
糞便性大腸菌群数 (MPN/100mL)	4	6	50*	5000*	10000*	-	4	5	3
大腸菌群数 (MPN/100mL)	7	9	20*	2000*	5000*	-	8	8	5

調査日：2023年7月12-20日（雨季）

項目	調査結果		「ブ」国基準			日本の環境基準(参考)	(参考調査結果)		
	ナムリン	ダーダリ	A	B	C		バクダン	リビダン	ローリン
BOD (mg/L)	3.62	2.12	2	5	50	10	2.74	3.19	1.86
pH	7.46	7.51	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.5-8.5	7.28	7.74	7.31
TSS (mg/L)	128.96	67.21	25	100	-	-	78.74	84.92	96.99
水温 (°C)	15.9	22.8	-	-	-	-	23.4	23.1	22.5
糞便性大腸菌群数 (MPN/100mL)	9	13	50*	5000*	10000*	-	11	7	6
大腸菌群数 (MPN/100mL)	13	14	20*	2000*	5000*	-	14	12	9

1. 「ブ」国基準値：Environmental Standards, 2020, National Environment Commission of Bhutan

2. A: (Very good) Drinking water source without conventional treatment, but after disinfection whenever necessary

3. B: (Good) Drinking water source with conventional treatment

4. C: (Moderate) Used for irrigation, industrial cooling, etc.

5. 日本の環境基準：生活環境の保全に関する環境基準（河川、工業用水3級・環境保全）

出典：JICA 調査団

## c) 廃棄物

本事業の工事で生じる廃棄物の種類と想定される処分方法を表 2.2.58 に示す。周辺地形の切土によって生じる残土は DoST の許可を得た近隣の用地に運搬、処分する予定である。そのほかの建設廃棄物、固形の生活廃棄物は既存の処分場に運搬、処分する。周辺の処分場としては、モンガル県 Gyelposhing、タシガン県 Satshalo に確認されている。有害廃棄物としては建設機械の使用済みオイルが生じる可能性があり、これらの処分場で受け入れ可能とされている。

生活廃棄物のうち食品残渣等の有機物については、コンポスト等、衛生環境に配慮した処分方法を採用する必要がある。なお、本事業に際して廃棄物に関連する許認可は必要とされない。

**表 2.2.58 本事業の工事で生じ得る廃棄物の種類と想定される処分方法**

廃棄物の種類	処分方法
周辺地形の切土工事等により生じる残土	DoST の許可を得た近隣の用地に運搬、処分
非有害建設廃棄物（コンクリート片、アスファルト、伐採樹木等）	既存の処分場に運搬、処分
有害廃棄物（使用済みオイル等）	既存の処分場に運搬、処分
生活廃棄物	プラスチック等の固形廃棄物は既存の処分場に運搬、処分。 食品残渣等の有機物はコンポスト処分。

出典：JICA 調査団

#### d) 土壌汚染

本事業の工事で使われる有害物質は建設機械のオイル等で量的に限られることから、土壌汚染が生じることは無いと考えられる。

#### e) 騒音・振動

各橋梁付近での騒音観測結果は表 2.2.59 のとおりであり、道路に位置するため昼夜とも 50-65 Db のレベルである。ナムリン橋は国立公園に位置するため「ブ」国の Sensitive area の基準と比較すると、日中は基準（55dB）とほぼ同等、夜間は基準（45dB）を上回っていた。ダーダリ橋についても、Mixed area の基準と比較すると、日中は基準（65dB）を満たすものの、夜間（55dB）は上回っていた。工事中はこれらに工事騒音が加わるため、とくに工事が行われる昼間の騒音レベルが高まり、夜間だけでなく昼間も基準値を超える可能性がある。しかし、両橋とも近くに住居、学校、病院等のセンシティブリセプターがないことから生活環境への影響はほとんどないと考えられる。また、ナムリン橋については生態系への配慮が必要であるが、多目的利用ゾーン及びバッファゾーン（緩衝帯）内であること、一時的な影響であることから、許容範囲と考えられる。

工事の振動についても、付近に住居等がないことから、切土作業などにおいて一時的に生じた場合も大きな影響はないと考えられる。

表 2.2.59 騒音調査結果

調査日: 2023年3月25～27日 (乾季)

	調査結果		「ブ」国基準値			国際基準値	(参考調査結果)		
	ナムリン	ダーダリ	Industrial area	Mixed area	Sensitive area	(参考)	パクダン	リビダン	ローリン
日中 [6 am-10 pm] (Db)	54.65	56.92	75	65	55	55	58.50	54.95	63.33
夜間 [10 pm-6 am] (Db)	51.63	59.68	65	55	45	45	52.60	52.39	65.09

調査日: 2023年7月12～14日 (雨季)

	調査結果		「ブ」国基準値			国際基準値	(参考調査結果)		
	ナムリン	ダーダリ	Industrial area	Mixed area	Sensitive area	(参考)	パクダン	リビダン	ローリン
日中 [6 am-10 pm] (Db)	56.20	58.03	75	65	55	55	54.94	60.07	55.40
夜間 [10 pm-6 am] (Db)	56.33	57.79	65	55	45	45	54.60	59.38	53.78

- 「ブ」国基準値: Environmental Standards, 2020, National Environment Commission of Bhutan
- Mixed area: 居住地、商業エリア、またはそれらの混合
- Sensitive area: 病院、学校、影響を受けやすい生態系等があるエリア
- 国際基準値: Guidelines for Community Noise, World Health Organization (WHO), 1999

出典: JICA 調査団

## (b) 自然環境

### a) 保護区 (ナムリン橋)

ナムリン橋が位置するフルムセングラ国立公園は「ブ」国政府が法令で自然保護のため指定している保護区であるが、既存橋の架け替えであることから法令上本事業が実施可能であることを確認している。一方、JICA ガイドラインでは、事業は原則として保護区の外で実施されねばならないとしており、実施にはガイドラインFAQに示される5条件すべてを満たす必要があるとされている。そこで、本事業について同5条件への適合性を検討した。表 2.2.60 に示すとおり、本事業は5条件すべてを満たすことから、JICA ガイドライン上も実施可能と考えられた。

表 2.2.60 例外的に保護区で事業を実施するための5条件への適合性

例外的に保護区で事業を実施するための5条件	ナムリン橋架け替え事業の条件への適合性
(1) 政府が法令等により自然保護や文化遺産保護のために特に指定した地域（以下「同地域」）以外の地域において、実施可能な代替案が存在しないこと。	○ ナムリン橋は保護区内に位置するため、ナムリン橋の架け替え事業は保護区内での実施を意味し、代替案は存在しない。仮にナムリン橋の架け替え以外の保護区外での事業で道路交通を維持しようとする場合、距離数十キロ以上の新設迂回道路を建設する必要があり、現実的でない。
(2) 同地域における開発行為が、相手国の国内法上認められること。	○ ナムリン橋の場所は保護区内の多目的利用ゾーン、バッファゾーンに位置づけられており、関係機関からの許可を得ることによって事業の実施は国内法上認められる。
(3) プロジェクトの実施機関等が、同地域に関する法律や条例、保護区の管理計画等を遵守すること。	○ フルムセングラ国立公園管理計画 <sup>7</sup> では、人と生物多様性の共存を目指し、関連法令の下で以下のプログラムが策定され、公園事務所により実施されている。 1) 公園内の景観、種の構成、生息数の理解の向上 2) 多目的利用ゾーンとバッファゾーンにおける野生生物の生息地の充実と種のレジリエンス向上 3) 自然資源の持続的 management と利用を確保するための地域コミュニティのエンパワーメント 4) 人と野生動物の衝突の低減、地域社会の生計向上 5) 持続可能なエコツーリズムとレクリエーションの手段の多様化と促進

例外的に保護区で事業を実施するための 5条件	ナムリン橋架け替え事業の条件への適合性
	6) 組織能力の強化 7) 適切な廃棄物管理と環境教育の強化 本事業では、実施機関（DoST）が工事や関連する活動を管理し、上記プログラムが目指す成果を妨げないことに責任をもつ。とくに作業員の立ち入りによる動植物の違法採取、廃棄物管理に留意する。
(4) プロジェクトの実施機関等が、同地域の管理責任機関、その周辺の地域コミュニティ、及びその他適切なステークホルダーと協議し、事業実施について合意が得られていること。	○ 森林・公園サービス局のフルムセングラ国立公園事務所から合意を得ており、同局から Forestry Clearance が発給されている（2023年11月）。周辺コミュニティに対しては、2023年5月、10月にナムリン橋が位置する Saling Gewog にて住民協議を行い、事業実施に賛同を得ている。
(5) 同地域がその保全の目的に従って効果的に管理されるために、プロジェクトの実施機関等が、必要に応じて、追加プログラムを実施すること	○ 現段階では追加プログラムの必要性はとくに認められないが、今後のモニタリング等を経て必要となった場合は、DoST は公園事務所と協議のうえ、速やかに計画を策定し実施する。

\* Phrumsengla National Park. (2019). Phrumsengla National Park: Management Plan (2019– 2029). Department of Forests and Park Services, Ministry of Agriculture and Forest. Royal Government of Bhutan. Ura: Bumthang.  
出典：JICA 調査団

## b) 生態系

現地調査により各橋付近（橋梁から距離100m程度の範囲）で確認された動植物は表2.2.61、表2.2.62のとおりであり、いずれの場所でも貴重な種は確認されなかった。また、各橋下の河川に魚類等の水生動物は確認できなかった。

一方、表2.2.50に示したように、ナムリン橋の位置するフルムセングラ国立公園は、IUCN レッドリストで Endangered (EN)、Vulnerable (VU)、Near Threatened (NT) に分類される野生生物の生息が報告されている。また、補足的に各橋梁の周辺で住民にインタビューを行い、地域に生息する野生動物について聞き取りを行った結果（表2.2.63）、国立公園内だけでなく、公園外の4橋周辺地域においても EN、VU、NT に分類される種を含む動物の生息の可能性が示された。

JICA ガイドラインでは、「プロジェクトは、重要な自然生息地または重要な森林の著しい転換または著しい劣化を伴うものであってはならない」としており、事業を実施する場合には「重要な自然生息地」以外の地域において実施可能な代替案が存在しないことを確認した上で、「重要な自然生息地または重要な森林の著しい転換または著しい劣化を伴わないこととするため、ガイドラインFAQに示される3条件すべてを満たす必要があるとされている。本事業は既存橋の架け替えであることから、別の地域における代替案は存在しない。ナムリン橋、ダーダリ橋周辺域について、世界銀行の環境社会ポリシー等を参考に定義された「重要な自然生息地」の条件への適合性を表2.2.64に整理した。本事業対象地周辺域は重要な自然生息地に該当する可能性があるため、重要な自然生息地で事業を実施するための3条件に対する本事業の適合性を確認し、表2.2.65、表2.2.66に整理した。その結果、本事業はナムリン橋、ダーダリ橋とも3条件すべてを満たすことから、事業は実施可能と考えられる。

表 2.2.61 現地調査で確認された動物

調査日：2023年3月25日～4月7日（乾季）

No.	Class	Family	Common name	Scientific name	和名	調査地点					Protected status*
						ナムリン	バクダン	ダーダリ	リビダン	ローリン	
1	Mammalia	Cervidae	Barking deer	<i>Muntiacus muntjac</i>	インドキョン					✓	LC
2	Gastropoda	Achatinidae	Gain African Snail	<i>Lissachatina fulica</i>	アフリカマイマイ		✓	✓	✓		-
3	Insecta	Acrididae	Autumnal Grasshopper	<i>Aiolopus strepens</i>	-			✓			-
4		Tettigoniidae	Bush cricket	<i>Stilpnochlora couloniana</i>	-	✓		✓			-
5		Chlorocyphidae	Black Emperor	<i>Aristocypha quadrimaculata</i>	-		✓		✓		LC
6	Amphibia	Ranidae	Sucker frogs	<i>Amolops</i>	-				✓		-

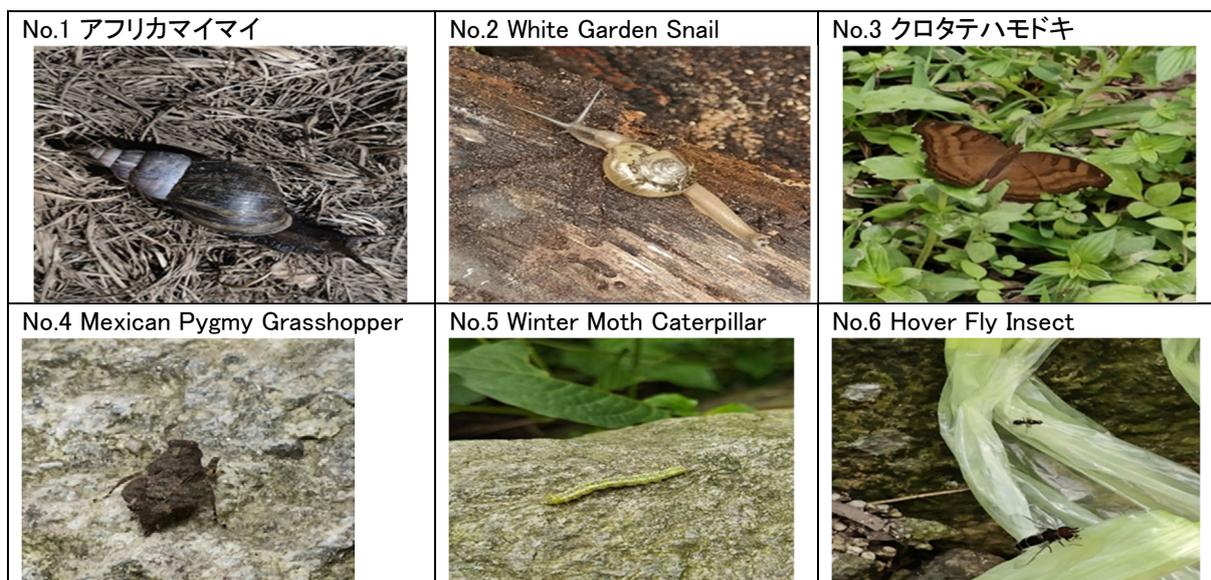
\*IUCN Redlist/ LC: Least Concern



調査日：2023年7月12～17日（雨季）

No.	Class	Family	Common name	Scientific name	和名	調査地点					Protected status*
						ナムリン	バクダン	ダーダリ	リビダン	ローリン	
1	Gastropoda	Achatinidae	Gain African Snail	<i>Lissachatina fulica</i>	アフリカマイマイ	✓					-
2		Helicidae	White Garden Snail	<i>Theba pisana</i>	-	✓		✓	✓		-
3	Insecta	Nymphalidae	Chocolate Pansy	<i>Junonia iphita</i>	クロタテハモドキ		✓	✓	✓	✓	-
4		Tetrigidae	Mexican Pygmy Grasshopper	<i>Paratettix mexicanus</i>	-		✓		✓	✓	-
5		Geometridae	Winter Moth Caterpillar	<i>Operophtera</i> sp.	-				✓		-
6		Strphidae	Hover Fly Insect	<i>Allograpta obliqua</i>	-	✓	✓	✓			-

\*IUCN Redlist/ LC: Least Concern



出典：JICA 調査団

表 2.2.62 現地調査で確認された植物

調査日：2023年3月25日～4月7日（乾季）

No.	Order	Family	Common name	Scientific name	調査地点					Protected status*
					ナムリン	バクダン	ダーダリ	リビダン	ローリン	
1	Asterales	Asteraceae	Siam weed	<i>Chromolaena odorata</i>	✓	✓				-
2			Common mugwort	<i>Artemisia vulgaris</i>		✓		✓		-
3			Mexican devil	<i>Ageratina adenophora</i>		✓				-
4			Hairy fleabane	<i>Conyza bonariensis</i>					✓	-
5			Falconer's Thistle	<i>Cirsium falconeri</i>	✓					-
6			Crofton weed	<i>Ageratina Adenophora</i>	✓		✓		✓	-
7	Rosales	Cannabaceae	Marijuana	<i>Cannabis sativa</i>		✓			✓	-
8		Urticaceae	Nettle	<i>Urtica ardens</i>				✓		-
9	Saxifragales	Crassulaceae	Christmas kalanchoe	<i>Kalanchoe pinnata</i>					✓	-
10	Malpighiales	Euphorbiaceae	Castor bean	<i>Ricinus communis</i>			✓			-
11	Lamiales	Lamiaceae	Hill glory bower	<i>Clerodendrum infortunatum</i>			✓			-
12	Caryophyllales	Polygonaceae	Vietnamese coriander	<i>Persicaria odorata</i>					✓	-
13			Thrumbula	<i>Aconogonon molle</i>	✓					-
14	Ericales	Primulaceae	Wrinkled leaf wild berry	<i>Maesa rugosa</i>	✓					-
15		Symplocaceae	Saphire Berry	<i>Symplocos ramosissima</i>	✓					LC
(周辺の樹木)										
1	Sapindales	Meliaceae	Chinaberry	<i>Melia azedarach</i>		✓				LC
2	Myrtales	Lythraceae	Lampatey	<i>Duabanga grandiflora</i>			✓			LC
3	Pinales	Pinaceae	Chirpine	<i>Pinus roxburghii</i>				✓		LC

\*IUCN Redlist/ LC: Least Concern

調査日：2023年7月12～17日（雨季）

No.	Order	Family	Common name	Scientific name	調査地点					Protected status*
					ナムリン	バクダン	ダーダリ	リビダン	ローリン	
1	Agaricales	Omphalotaceae	Spindleshank	<i>Gymnopus sp</i>	✓					-
2	Alismatales	Araceae	Taro	<i>Colocasia esculenta</i>		✓		✓		-
3	Asterales	Asteraceae	Crofton weed	<i>Ageratina adenophora</i>	✓		✓		✓	-
4			Firweed	<i>Crassocephalum crepidioides</i>		✓		✓		-
5			Santa Maria	<i>Parthenium hysterophorus</i>				✓	✓	-
6			Artemisia myriantha	<i>Artemisia myriantha</i>			✓	✓		-
7	Boraginales	Boraginaceae	Gorget ne not	<i>Cynoglossum furcatum</i>	✓					-
8	Caryophyllales	Polygonaceae	Knot weed	<i>Aconogonon molle</i>				✓		-
9	Cornales	Hydrangeaceae	Dichora	<i>Hydrangea febrifuga</i>	✓		✓			-
10	Fabales	Fabaceae	Tick clover	<i>Desmodium sp.</i>		✓		✓	✓	-
11	Lamiales	Lamiaceae	Hill glory	<i>Clerodendron infortunatum</i>	✓		✓			-
12			Hat Plant	<i>Holmskioldia sanguinea</i>			✓	✓		-
13	Malpighiales	Euphorbiaceae	Royle	<i>Sapium insigne</i>		✓		✓		-
14			Physic nut	<i>Jatropha curcas</i>			✓			LC
15			Croton	<i>Croton bonplandianus</i>	✓		✓			-
16			Astor	<i>Ricinus communis</i>					✓	-
17	Myrtales	Lythraceae	Colombian weed	<i>Cuphea carthagenensis</i>		✓	✓			-
18	Ophioglossales	Ophioglossaceae	Fern Pteridophyte	<i>Ophioglossum</i>				✓		-
19	Polypodiales	Dryopteridaceae	Male fern	<i>Dryopteris filix-mas</i>				✓		-
20	Poales	Poaceae	Lemon Grass	<i>Cymbopogon flexuosus</i>		✓			✓	-
21		Cyperaceae	Carex	<i>Carex sp.</i>	✓		✓			-
22	Rosales	Moraceae	Fig	<i>Ficus semicordata</i>				✓		LC
23		Urticaceae	Clearweed	<i>Pilea scripta</i>	✓		✓			-

\*IUCN Redlist/ LC: Least Concern

出典：JICA 調査団

表 2.2.63 周辺住民へのインタビューに基づく周辺地域に生息する可能性のある動物

No.	Class	Family	Common name	Scientific name	和名	橋梁名					Protected status*
						ナムリン	バクダン	ダーダリ	リビダン	ローリン	
1	Primates	Cercopithecidae	Assamese Macaque	<i>Macaca assamensis</i>	アッサムモンキー	✓	✓	✓	✓	✓	NT
2			Capped Langur	<i>Trachypithecus pileatus</i>	ボウシラングール		✓	✓	✓		VU
3	Carnivora	Canidae	Dhole	<i>Cuon alpinus</i>	ドール	✓	✓	✓	✓	✓	EN
4		Felidae	Leopard Cat	<i>Prionailurus bengalensis</i>	ベンガルヤマネコ		✓	✓		✓	LC
5			Common Leopard	<i>Panthera pardus</i>	ヒョウ	✓	✓		✓	✓	VU
6		Mustelidae	Yellow-throated Martin	<i>Martes flavigula</i>	キエリテン	✓		✓	✓	✓	LC
7			Yellow-bellied Weasel	<i>Mustela kathiah</i>	キバライタチ		✓		✓	✓	
8		Ursidae	Himalayan Black Bear	<i>Ursus (Selenarctos) thibetanus</i>	ツキノワグマ	✓		✓			VU
9	Cetartiodactyla	Bovidae	Himalayan Goral	<i>Naemorhedus goral</i>	ヒマラヤゴラル		✓	✓	✓	✓	NT
10			Barking Deer	<i>Muntiacus muntjak</i>	インドキョン		✓			✓	LC
11		Cervidae	Sambar Deer	<i>Rusa unicolor</i>	サンバー			✓	✓	✓	VU
12		Suidae	Wild Boar	<i>Sus scrofa</i>	イノシシ	✓	✓	✓	✓	✓	LC
13	Rodentia	Rodentia	Porcupine	<i>Hystrix brachyura</i>	マレーヤマアらし	✓		✓		✓	LC
14		Sciuridae	Orange-bellied Himalayan Squirrel	<i>Dremomys lokriah</i>	アカハラオナガリス	✓			✓	✓	LC
15			Black Giant Squirrel	<i>Ratufa bicolor</i>	クロオオリス	✓		✓		✓	NT

\*IUCN Redlist/ LC: Least Concern, NT: Near Threatened, VU: Vulnerable, EN: Endangered

出典：JICA 調査団

表 2.2.64 ナムリン橋、ダーダリ橋周辺域の「重要な自然生息地」の条件への適合性

重要な自然生息地の条件	条件への適合性	
	ナムリン橋周辺	ダーダリ橋周辺
(1) 国際自然保護連合 (International Union for Conservation of Nature: IUCN) のレッドリストにおける「絶滅危惧 (Threatened)」とされる「絶滅危惧IA類 (CR)」、「絶滅危惧IB類 (EN)」、「絶滅危惧II類 (VU)」、及び「準絶滅危惧種 (NT)」に該当する種にとって重要な生息地	△ ナムリン橋が位置するフルムセングラ国立公園は EN、VU、NT に該当する野生動物の生息が確認されていることから、重要な自然生息地である可能性がある。	△ ダーダリ橋周辺域については、周辺住民へのインタビューにより EN、VU、NT 該当種の生息の可能性が示されたため、重要な自然生息地である可能性がある。
(2) 固有種及び／または分布域が限られている種にとって重要な生息地	△ フルムセングラ国立公園には、ブータン固有種のブータンターキンが生息するとされており、重要な生息地である可能性がある。	× 固有種、分布域が限られている種は確認されていない。
(3) 移動性生物種及び／または群れを成す種の世界的に重要な集合体を支える生息地	× 該当する情報はない。	× 該当する情報はない。
(4) 極めて危機的な生態系及び／または独特な生態系が認められる地域	× 該当する情報はない。	× 該当する情報はない。
(5) 重要な進化のプロセスに関連している地域	× 該当する情報はない。	× 該当する情報はない。

△：適合する可能性がある ×：適合しない

出典：JICA 調査団

表 2.2.65 重要な生息地で事業を実施するための3条件への適合性（ナムリン橋）

重要な生息地で事業を実施するための3条件	本事業の条件への適合性	
(1) 「重要な自然生息地」に存在するような生物多様性の価値、ならびに、生態系の主要な機能に重大な負の影響をもたらさないこと。	○	ナムリン橋は、絶滅危惧種が生息する国立公園内に位置していることから、周辺はこれらの種にとって重要な自然生息地である可能性がある。しかし、本事業の工事範囲は車両の行き交う既存道路沿いに限定されることから、重要な自然生息地の価値や機能に重大な負の影響をもたらすことはないと考えられる。
(2) 合理的な期間にわたって、以下に示す絶滅危惧種の個体数に純減をもたらさないこと。 IUCNのレッドリストにおいて Critically Endangered (CR)、Endangered (EN)に該当する種、もしくは相手国の制度上の分類で、左記分類に該当する種。	○	上記のとおり、本事業は既存道路周辺の限られた範囲で行われ、工事範囲に絶滅危惧種は確認されていない。また、国立公園事務所によれば、絶滅危惧種を含む野生動物のロードキルは発生していないとのことであり、動物が国道に出てくることは稀と考えられる。そのため、付近に絶滅危惧種が生息する場合にも、工事中及び供用後の新橋梁に絶滅危惧種が近づき事故等にあう可能性は低く、本事業が個体数に影響を与えることはないと考えられる。
(3) 上記(1)及び(2)について、効果的で長期的な緩和策及びモニタリングが実施されること。	○	工事期間中及び供用後、野生動物の目撃情報やロードキルの発生を記録し、影響が懸念される場合は必要な対策を実施する。

出典：JICA 調査団

表 2.2.66 重要な生息地で事業を実施するための3条件への適合性（ダーダリ橋）

重要な生息地で事業を実施するための3条件	本事業の条件への適合性	
(1) 「重要な自然生息地」に存在するような生物多様性の価値、ならびに、生態系の主要な機能に重大な負の影響をもたらさないこと。	○	ダーダリ橋の位置する地域は農地や集落の点在する森林域であり、絶滅危惧種の重要な自然生息地である可能性がある。しかし、本事業の工事範囲は車両の行き交う既存道路沿いに限定されることから、重要な自然生息地の価値や機能に重大な負の影響をもたらすことはないと考えられる。
(2) 合理的な期間にわたって、以下に示す絶滅危惧種の個体数に純減をもたらさないこと。 IUCNのレッドリストにおいて Critically Endangered (CR)、Endangered (EN)に該当する種、もしくは相手国の制度上の分類で、左記分類に該当する種。	○	上記のとおり、本事業は既存道路周辺の限られた範囲で行われ、工事範囲に絶滅危惧種は確認されていない。本事業予定地周辺には農地等もみられて人の影響があり、住民によれば橋梁付近で野生動物を目撃することはないとのことである。そのため、付近に絶滅危惧種が生息する場合にも、工事中及び供用後の新橋梁に絶滅危惧種が近づき事故等にあう可能性は低く、本事業が個体数に影響を与えることはないと考えられる。
(3) 上記(1)及び(2)について、効果的で長期的な緩和策及びモニタリングが実施されること。	○	工事期間中及び供用後、野生動物の目撃情報やロードキルの発生を記録し、影響が懸念される場合は必要な対策を実施する。

出典：JICA 調査団

### c) 地形・地質

新橋梁への接続のため道路線形を改変することに伴い、付近の斜面を掘削し、地形を改変する必要がある。しかし、改変範囲は道路に沿った限られた範囲であり、掘削量ができるだけ少なくなる位置に橋梁の配置を計画していることから、地形への影響は限定的である。また、掘削後の斜面は法面対策を施すことから、施工後の斜面崩壊や土壌流出は生じない見込みである。

## (c) 社会環境

### a) 非自発的住民移転

ナムリン橋、ダーダリ橋とも、工事範囲に住居等はなく、農地等としての土地利用もされていないことから、非自発的住民移転は発生しない。また、道路中心線から左右に 50 フィート（約 15m）は ROW であり、事業はその範囲内で行われることから、新たな用地取得の必要性も生じない。

一方、ダーダリ橋から数十 m の距離の ROW 内に、本調査開始後の 2023 年 6～10 月の間に地元政府(Gewog)によって野菜売り場が建設された（図 2.2.121）。野菜売り場は 2023 年 10 月現在使用されている様子は確認されなかったが、法面对策を行う箇所に面しているため、工事の際には利用者と十分な調整が必要である。なお、野菜売り場は本事業の実施範囲外にあり、施設の移転の必要はない。



出典：JICA 調査団

図 2.2.121 ダーダリ橋付近に建設された野菜売り場

### b) 貧困

国道が通過するモンガル県の 5 つの Gewog（Saling, Mongar, Ngatshang, Chaskhar, Drametse）及びタシガン県 Samkhar で計 696 世帯を対象に行った質問票調査（2.2.6 (3) 節参照）によれば、「ブ」国で目安とされている貧困ラインを下回る世帯数は Saling Gewog で 3 世帯、Ngatshang Gewog で 1 世帯確認されたものの、Gewog 別にみた集落全体の平均月収としては貧困ラインを上回っていた。本事業は特定の世帯に影響を及ぼすものではないことから、貧困層に対する特段の配慮はとくに必要でないと考えられる。

### c) 少数民族・先住民族

上記質問票調査によれば、周辺住民には Sharschop と呼ばれる民族が多く、Saling では Bumthap、Kurtoep など混合して集落が形成されている（表 2.2.67）。少数民族とみなされる民族は確認されなかったことから、特定の民族に対する配慮はとくに必要でないと考えられる。宗教については、すべての回答者が仏教徒と回答した。

表 2.2.67 周辺住民の民族構成

D zongkhag Gewog Ethnicity	Mongar					Trashigang	Total
	Saling	Mongar	Ngatshang	Chaskhar	Dremtse	Samkhar	
Bumthap	28 (22.22%)			1 (0.66%)			29 (4.17%)
Khengpa	13 (10.32%)	1 (1.11%)					14 (2.01%)
Kurtsep	28 (22.22%)	1 (1.11%)	1 (0.68%)				30 (4.31%)
Sharschop	44 (34.92%)	87 (96.67%)	147 (99.32%)	149 (98.68%)	150 (100.00%)	31 (100.00%)	608 (87.36%)
Others	13 (10.32%)	1 (1.11%)		1 (0.66%)			15 (2.16%)
Total	126 (100.00%)	90 (100.00%)	148 (100.00%)	151 (100.00%)	150 (100.00%)	31 (100.00%)	696 (100.00%)

出典：JICA 調査団

#### d) 雇用・生計などの地域経済

質問票調査による周辺住民の生計手段は 2.2.6 (3) 節に記載のとおりであり、農業や畜産業で生計をたてている世帯が多い。ナムリン橋周辺の Saling Gewog の住民によれば、以前にナムリン橋が洪水で流失した際には、交通の分断により農業にも影響が生じたとのことである。ダーダリ橋が位置する Chaskhar Gewog でも、橋梁が危険な状態にある場合は農道で迂回しなければならない等の困難に直面するとの声がきかれ、橋梁架け替えによる道路交通の安定化は生計や地域経済にプラスの効果をもたらすと考えられる。工事中については、工事に関連する物資の調達や作業員の滞在に伴うビジネス、雇用の機会が生じうる。

#### e) 水利用

住民への聞き取りによれば、ナムリン橋、ダーダリ橋とも、橋梁周辺での河川水の利用は確認されなかった。ナムリン橋下流約 10km 付近の集落 (Thridangbi Chiwog) では 50~60 世帯が河川水を灌漑用水として使用しているとのことであるが、本事業は水量の低下等を招くものではないため、水利用への影響は生じない。

#### f) 社会インフラ・サービス

対象橋梁が位置する PNH-1 は「ブ」国を東西方向に結ぶ唯一の主要路線であることから、橋梁架け替えによる落橋リスクの解消は、道路交通の安定化に大きく寄与するものである。一方、架け替え工事は国道上で行われるため、一時的であっても通行止めや規制を行う場合は、その間の国内交通に大きな影響を与える可能性がある。本工事では、法面对策のため行う斜面の発破等に併い一時的に通行止めをせざるを得ないことが想定されるため、通行止めの時間をできるだけ短くすることや、関係機関や周辺住民への事前周知を徹底する等の配慮が必要である。

#### g) 被害と便益の偏在・地域的な利害の対立

対象橋梁の位置する Gewog で行った住民協議では、参加者は橋梁の架け替えによる道路交通の安定化を一様に歓迎しており、本事業において被害と便益の偏在や地域的な利害対立が生じうる要因は確認できなかった。

## h) 文化遺産

ナムリン橋、ダーダリ橋とも、橋梁から 1 キロ圏内に文化遺産や宗教的な場所は確認されなかった。ただし、ナムリン橋から約 3 キロ西の山には Gokpula と呼ばれる神 (Kayla/Tsen) が住むと信じられており、住民協議では工事がこれを侵す懸念が示された。そのため、特にナムリン橋の工事にあたっては、地元の宗教的感情に配慮する必要がある。

## i) 景観

ナムリン橋、ダーダリ橋とも、山間部の谷にかかる橋梁であり、架け替えによって景観が大きくかわることはない。

## j) ジェンダー

質問票調査によれば、家庭内での意思決定、資産所有、コミュニティのイベント参加における男女比は図 2.2.122 のとおりであり、いずれの項目でも女性の比率のほうが高かった。これは、家庭やコミュニティにおいて女性の発言権が確保されていることを示していると考えられる。

一方、政治参加や就労等の経済活動においては、「ブ」国では一般に女性の割合が低く、政府は男女平等を目指した女性のエンパワーメントを推奨している (National Gender Equality Policy 2020)。本事業は、女性に特化した影響を引き起こすものではないが、上記政策及び JICA のジェンダー配慮方針をふまえ、工事の雇用においては女性を積極的に雇用する等の配慮が推奨される。



出典：JICA 調査団

図 2.2.122 周辺住民の家庭やコミュニティにおける男女の役割

## k) 子どもの権利

各 Gewog において、子どもの権利に関して得られた情報を表 2.2.68 に示す。地域においては、子どもの権利が確保されるよう、注意喚起や取り組みがなされていることがわかる。特に、児童労働については、Labour and Employment Act 2007 において、危険を伴う機械作業や重労働、有害物質、温度、騒音、振動の影響を受ける環境での子どもの就労が禁じられており、本事業の工事でも遵守される見込みである。

表 2.2.68 子どもの権利に関する地域の認識・対応状況

Gewog	内容
Saling	Gewog の行政は子どもの教育を受ける権利、児童労働、家庭内暴力、児童虐待の可能性について注視しており、そのような事例は監視し、必要な啓発や支援を行う必要があると認識している。
Chaskhar	Gewog 長によれば、開発が進むとともに、人々はテレビやラジオを通して子どもの権利について認識するようになった。また、学校の教師も、子どもの世話や暴力を用いないしつけの重要性を保護者に説明している。
Drametse	UNODC（国連薬物犯罪事務所）によりモンガルで子どもに対する犯罪、子どもの人身売買、子どもの薬物乱用などの問題に焦点を当てたワークショップが開催され、子どもの権利に関する知識が Gewog に共有された。

出典：JICA 調査団

#### l) 感染症

感染症・保健医療に関する各 Gewog の状況を表 2.2.69 に示す。HIV/AIDS については、「ブ」国の新規感染率は人口 1000 人あたり 0.10 と低く（HIV Country Profile 2022, WHO）、啓発活動は医療機関や保健スタッフによって定期的に行われているとのことである。新型コロナウイルスについては、「ブ」国では早期に厳格な対策を行って感染拡大を防いでおり、各 Gewog ではとくに感染が懸念される情報は確認されなかった。

表 2.2.69 感染症・保健医療に関する地域の状況

Gewog	内容
Saling	主な健康上の問題は、風邪、消化器系の疾患、皮膚感染症、目の感染症、業務上の怪我である。保健医療機関としては ORC (Outreach Clinic) 3、PHC (Primary Health Centre) 2 があり、健康保険はすべての Chiwog に行き届いている。
Chaskhar	主な健康上の問題は、風邪や咳、皮膚感染症、目の感染症、業務上の怪我である。保健医療機関としては ORC 4、BHU (Basic Health Unit) 1 があり、健康保険はすべての Chiwog に行き届いている。
Drametse	主な健康上の問題は、風邪や咳、皮膚や皮下組織の疾患、急性咽頭炎、扁桃炎、消化器系疾患、末梢疾患を含む神経疾患、筋骨格系疾患、皮膚感染症、消化性潰瘍症候群などである。保健医療機関としては ORC 3、BHU 1 があり、健康保険はすべての Chiwog に行き届いている。

出典：JICA 調査団

#### m) 労働環境

「ブ」国の労働環境は Labour and Employment Act 2007 のもとで管理されており、県の監督官が監視を行っている。同法には、同一労働同一賃金の規定、子どもの建設工事への雇用の制限やその他の雇用に関する規制、授乳中の母親の休憩時間、労働者の休暇や週末の休日、適切な労働時間の付与、時間外労働など、雇用や労働者保護に関する条項が定められている。本事業の工事においても、工事業者は監督官の監視のもと、これらの遵守が求められる。

#### (d) その他

##### a) 事故

モンガル県の道路安全交通局によれば、2023 年、モンガル交通警察は 5 月までに Sengor から Rolong までの区間で 15 件の自動車事故を記録した。事故原因としては、飲酒運転、無免許運転、過積載、速度超過、車線違い、追い越し、道路状況（砂利による滑り）、霧、車両の不具

合とされる。新橋梁が新たな交通事故原因になることはないが、工事資材や土砂の運搬等に伴う工事車両の通行においては、安全走行や車両メンテナンスの徹底が必要である。

本工事は、高所での作業や斜面の発破工が含まれるため、落下を防ぐ安全設備の設置、火薬や有害物質の適切な管理が必要である。

## 5) 影響の評価及び代替案の比較検討

ナムリン橋、ダーダリ橋それぞれの架け替え事業について、影響の評価及び代替案について以下に示す。

### a) ナムリン橋

ナムリン橋架け替え事業の影響評価結果を表 2.2.70 に示す。本事業は既存橋の架け替えであり、架け替え位置は周辺の切土が少なく桁下のクリアランスを十分に確保できる位置で、橋長をできるだけ短くできる位置が選定されていることから、比較対象とすべき代替案はなく、本検討では事業を実施しない案との比較を行った。比較結果は表 2.2.71 のとおりであり、工事中の汚染対策と工事に伴う一時的な通行止めを適切に管理することで、本事業の実施は地域の道路交通の安定化を通じ、社会環境の向上に貢献すると考えられた。

表 2.2.70 影響評価結果（ナムリン橋）

分類	No.	影響項目	スコーピング時の評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：工事用車両・重機の稼働に伴う粉塵や排気ガスの一時的な増加が見込まれるものの、基準値を満たす見込みであり、また、工事場所周辺に配慮が必要な住居、学校、病院などは存在しない。 <b>供用時</b> ：通行車両が大気汚染物質を排出するが、橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による大気汚染の増加は見込まれない。
	2	水質汚濁	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：周辺での水利用はなく、増水時には自然条件でも濁りが高まるため工事の濁りが生活・自然環境に影響を与える可能性は低い。工事労働者のキャンプ等からの生活排水について、衛生管理の観点から適切な処理が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う水質汚染は想定されない。
	3	廃棄物	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：周辺地形の切土による残土は、DoSTの許可を得た近隣の用地に運搬、処分する。このほか、コンクリート片等の建設廃棄物、建設機械から使用済みオイル、工事労働者による生活廃棄物の発生の可能性があり、適切な処分が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う廃棄物の発生は想定されない。
	4	土壌汚染	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：土壌汚染を引き起こすほど大量のオイルや有害物質は使われない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う土壌汚染は想定されない。
	5	騒音・振動	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：現状の騒音は、影響を受けやすい生態系等の基準と比較すると昼間は基準値と同程度、夜間は上回っていた。工事騒音に加わることで、とくに昼間の騒音レベルが高まり、昼夜とも基準値を超える可能性があるが、周辺に住居等はないため生活環境への影響はほとんど生じない。

分類	No.	影響項目	スコアリング時の評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
							<b>供用時</b> ：車両の通行により騒音・振動が発生するが、橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による新たな騒音・振動は生じない。
	6	地盤沈下	-	-	N/A	N/A	地盤沈下を引き起こすような作業(大量の地下水の利用)等は想定されない。
	7	悪臭	-	-	N/A	N/A	悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8	底質	-	-	N/A	N/A	底質悪化の原因となる作業は想定されない。
自然環境	9	保護区	✓	✓	B-	D	<b>工事中</b> ：国立公園内に位置しているが、既存橋の架け替えについては法令上実施可能。JICA ガイドライン上も、例外的に保護区で事業を実施するための5条件を満たしている。 <b>供用時</b> ：新橋梁の存在が保護区の指定や管理に影響を与えることはない。
	10	生態系	✓	✓	B-	B-	<b>工事中</b> ：架け替え地点では貴重な動植物は確認されなかったが、国立公園内ではEN、VU、NTに分類される種の生息が報告されている。同公園はこれらの種にとって重要な自然生息地である可能性があるものの、JICA ガイドライン上、重要な自然生息地で事業を実施するための3条件を満たしている。また、工事は多目的利用ゾーン、バッファゾーン内で行われること、一時的な影響であることから、許容範囲と考えられる。 <b>供用時</b> ：頻度は低いとみられるものの、完成後の橋梁で野生動物が交通事故にあう可能性がある。
	11	水象	-	-	N/A	N/A	河川の流況に変化をもたらす作業等は想定されない。
	12	地形、地質	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：切土は限られた範囲で行われるため、影響は限定的。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による地形・地質への影響は想定されない。
社会環境	13	住民移転	✓	-	D	N/A	<b>工事前</b> ：住民移転、用地取得は生じない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う用地取得、住民移転は想定されない。
	14	貧困層	✓	✓	D	D	対象橋が位置するSaling Gewogの平均月収は国の貧困ラインを上回っていること、事業は特定の世帯に影響を与えるものではないことから、特段の配慮は必要とされない。
	15	少数民族・先住民族	✓	✓	D	D	事業区域周辺に少数民族・先住民族は存在しない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	✓	✓	B+	B+	<b>工事中</b> ：工事に関連するビジネスや雇用機会が生じうる。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えによる道路交通の安定化は、生計や地域経済にプラスの効果をもたらす。
	17	土地利用や地域資源利用	-	-	N/A	N/A	<b>工事前</b> ：工事予定域は限定的であり、土地利用等への影響は生じない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う土地利用の変化は想定されない。
	18	水利用	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：付近では河川水の利用は確認されず、下流の灌漑利用への影響も生じない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う水利用への影響は想定されない。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	✓	✓	B-	B+	<b>工事中</b> ：工事に伴う国道の通行止めや通行規制は地域及び国内の交通に影響を与える。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えによる落橋リスクの解消は、地域及び国内の道路交通を安定化する。

分類	No.	影響項目	スコoping時の評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	-	-	N/A	N/A	本事業は国道の利便性・安全性確保を目的とした国（DoST）の事業であり、地域の意思決定機能への影響は想定されない。
	21	被害と便益の偏在	✓	✓	D	D	被害と便益の偏在が生じうる要因は確認できない。
	22	地域内の利害対立	✓	✓	D	D	地域的な利害対立が生じうる要因は確認できない。
	23	文化遺産	✓	✓	B-	D	<b>工事中</b> ：直接影響を与える文化遺産や宗教施設等はないが、橋梁から距離3キロ程度の山には神が住むと信じられ、工事によりそれが侵されることが懸念されているため、地元の宗教的感情への配慮が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う文化遺産、宗教的感情への影響は想定されない。
	24	景観	✓	✓	D	D	架け替えによって景観が大きくかわることはない。
	25	ジェンダー	✓	✓	D	D	女性に特化した影響を引き起こすものではない。
	26	子どもの権利	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：工事における児童労働は法律で規制されており、地域においても子どもの権利が確保されるよう、地域の行政機関によって見守られている。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による子どもの権利への影響は想定されない。
	27	HIV/AIDS等の感染症	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：HIV/AIDS、Covid-19の感染率は低く、地域や国でも対策が行われていることから、工事による感染拡大の可能性は低いと考えられる。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による感染症の拡大は想定されない。
	28	労働環境(労働安全を含む)	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：工事作業員に対する労働安全上の配慮は、Labour and Employment Act 2007に基づき行われる。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う労働は生じない。
その他	29	事故	✓	✓	B-	D	<b>工事中</b> ：工事車両による交通事故を防ぐため、安全走行や車両メンテナンスの徹底が必要。工事中の事故防止のため、安全設備の設置、火薬・有害物質の適切な管理が必要。 <b>供用時</b> ：新橋梁が新たな交通事故原因になることはない。
	30	越境の影響、及び気候変動	-	-	N/A	N/A	<b>工事中</b> ：工事範囲は限定的で一時的であることから、越境の影響や気候変動への影響は想定されない。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えは既存の交通を維持するため、新橋梁の供用による温室効果ガスの増加は想定されない。

A+/-: 重大な正/負の影響、B+/-: ある程度の正/負の影響、C: 影響不明（調査が必要）、D: 影響はない

出典：JICA 調査団

表 2.2.71 代替案（事業を実施しない案）との比較（ナムリン橋）

項目	架け替え事業を実施する場合	事業を実施しない場合
汚染	架け替え工事に伴い、車両や重機の稼働による粉塵や排気ガス、騒音が発生する。 切土によって残土が発生し、有害廃棄物として建設機械の使用済みオイル、その他の廃棄物として工事労働者の生活廃棄物が発生する。	左記の汚染物質は発生しない。
自然環境	架け替え場所は貴重な種が生息する国立公園内に位置することから、工事車両や完成後の橋梁を通行する車両により、貴重な野生動物のロードキルのリスクがある。	新橋梁を建設しない場合も、既存道路及び橋梁において、通行車両による貴重な野生動物のロードキルのリスクがある。
社会環境	工事に伴い工事場所の国道の一時的な通行止めの必要が生じるが、期間を短くすることや事前周知により、交通分断の影響を最小化することができる。	架け替えをせずに落橋した場合、交通が長期にわたり分断することから、地域住民の生活や地域経済に大きな影響が生じる。

出典：JICA 調査団

b) ダーダリ橋

ダーダリ橋架け替え事業の影響評価結果を表 2.2.72 に示す。また、代替案については、ナムリン橋と同様に桁下のクリアランスが十分に確保でき、かつ、橋長をできるだけ短くできる位置が選定されていることから、比較対象とすべき代替案はなく、事業を実施しない案との比較を行った。比較結果は表 2.2.73 のとおりであり、工事中の汚染対策、切土や植生除去の最小化および工事に伴う一時的な通行止めを適切に管理することで、本事業の実施は地域の道路交通の安定化を通じ、社会環境の向上に貢献すると考えられる。

表 2.2.72 影響評価結果（ダーダリ橋）

分類	No.	影響項目	スコーピング時の評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：工事用車両・重機の稼働に伴う粉塵や排気ガスの一時的な増加が見込まれるものの、基準値を満たす見込みであり、また、工事場所周辺に配慮が必要な住居、学校、病院などは存在しない。 <b>供用時</b> ：通行車両が大気汚染物質を排出するが、橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による大気汚染の増加は見込まれない。
	2	水質汚濁	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：周辺での水利用はなく、増水時には自然条件でも濁りが高まるため工事の濁りが生活・自然環境に影響を与える可能性は低い。工事労働者のキャンプ等からの生活排水について、衛生管理の観点から適切な処理が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う水質汚染は想定されない。
	3	廃棄物	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：周辺地形の切土による残土は、DoSTの許可を得た近隣の用地に運搬、処分する。このほか、コンクリート片等の建設廃棄物、建設機械から使用済みオイル、工事労働者による生活廃棄物の発生の可能性があり、適切な処分が必要。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う廃棄物の発生は想定されない。
	4	土壌汚染	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：土壌汚染を引き起こすほど大量のオイルや有害物質は使われない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う土壌汚染は想定されない。

分類	No.	影響項目	スコoping時の評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
自然環境	5	騒音・振動	✓	-	B-	N/A	<b>工事中</b> ：現状の騒音は、基準値と比較すると昼間は基準値を満たすものの夜間は上回っていた。工事騒音が加わることで、とくに昼間の騒音レベルが高まり、昼夜とも基準値を超える可能性があるが、周辺に住居等はないため生活環境への大きな影響は生じない。 <b>供用時</b> ：車両の通行により騒音・振動が発生するが、橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による新たな騒音・振動は生じない。
	6	地盤沈下	-	-	N/A	N/A	地盤沈下を引き起こすような作業(大量の地下水の利用)等は想定されない。
	7	悪臭	-	-	N/A	N/A	悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8	底質	-	-	N/A	N/A	底質悪化の原因となる作業は想定されない。
	9	保護区	-	-	N/A	N/A	対象橋梁は保護区には位置していない。
	10	生態系	✓	✓	B-	B-	<b>工事中</b> ：架け替え地点では貴重な動植物は確認されなかったが、周辺住民へのインタビューにより周辺地域にEN、VU、NTに分類される種が生息する可能性が示された。周辺地域はこれらの種にとって重要な自然生息地である可能性があるものの、JICAガイドライン上、重要な自然生息地で事業を実施するための3条件を満たしている。 <b>供用時</b> ：頻度は低いとみられるものの、完成後の橋梁で野生動物が交通事故にあう可能性がある。
	11	水象	-	-	N/A	N/A	河川の流況に変化をもたらす作業等は想定されない。
	12	地形、地質	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：切土は限られた範囲で行われるため、影響は限定的。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による地形・地質への影響は想定されない。
社会環境	13	住民移転	✓	-	D	N/A	<b>工事前</b> ：住民移転、用地取得は生じない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う用地取得、住民移転は想定されない。
	14	貧困層	✓	✓	D	D	対象橋が位置するChaskar Gewogの平均月収は国の貧困ラインを上回っていること、事業は特定の世帯に影響を与えるものではないことから、特段の配慮は必要とされない。
	15	少数民族・先住民族	✓	✓	D	D	事業区域周辺に少数民族・先住民族は存在しない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	✓	✓	B+	B+	<b>工事中</b> ：工事に関連するビジネスや雇用機会が生じうる。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えによる道路交通の安定化は、生計や地域経済にプラスの効果をもたらす。
	17	土地利用や地域資源利用	-	-	N/A	N/A	<b>工事前</b> ：工事予定域は限定的であり、土地利用等への影響は生じない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う土地利用の変化は想定されない。
	18	水利用	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：付近では河川水の利用は確認されていない。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う水利用への影響は想定されない。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	✓	✓	B-	B+	<b>工事前</b> ：工事に伴う国道の通行止めや通行規制は地域及び国内の交通に影響を与える。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えによる落橋リスクの解消は、地域及び国内の道路交通を安定化する。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	-	-	N/A	N/A	本事業は国道の利便性・安全性確保を目的とした国(DoST)の事業であり、地域の意思決定機能への影響は想定されない。

分類	No.	影響項目	スコoping時の評価		調査に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
	21	被害と便益の偏在	✓	✓	D	D	被害と便益の偏在が生じうる要因は確認できない。
	22	地域内の利害対立	✓	✓	D	D	地域的な利害対立が生じうる要因は確認できない。
	23	文化遺産	✓	✓	D	D	影響を与える文化遺産や宗教施設等はない。
	24	景観	✓	✓	D	D	架け替えによって景観が大きくかわることはない。
	25	ジェンダー	✓	✓	D	D	女性に特化した影響を引き起こすものではない。
	26	子どもの権利	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：工事における児童労働は法律で規制されており、地域においても子どもの権利が確保されるよう地域の行政機関によって見守られている。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による子どもの権利への影響は想定されない。
	27	HIV/AIDS等の感染症	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：HIV/AIDS、Covid-19の感染率は低く、地域や国でも対策が行われていることから、工事による感染拡大の可能性は低いと考えられる。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用による感染症の拡大は想定されない。
28	労働環境(労働安全を含む)	✓	-	D	N/A	<b>工事中</b> ：工事作業員に対する労働安全上の配慮は、Labour and Employment Act 2007に基づき行われる。 <b>供用時</b> ：橋梁の供用に伴う労働は生じない。	
その他	29	事故	✓	✓	B-	D	<b>工事中</b> ：工事車両による交通事故を防ぐため、安全走行や車両メンテナンスの徹底が必要。工事中の事故防止のため、安全設備の設置、火薬・有害物質の適切な管理が必要。 <b>供用時</b> ：新橋梁が新たな交通事故原因になることはない。
	30	越境の影響、及び気候変動	-	-	N/A	N/A	<b>工事中</b> ：工事範囲は限定的で一時的であることから、越境の影響や気候変動への影響は想定されない。 <b>供用時</b> ：橋梁の架け替えは既存の交通を維持するものであるため、新橋梁の供用による温室効果ガスの増加は想定されない。

A+/-: 重大な正/負の影響、B+/-: ある程度の正/負の影響、C: 影響不明（調査が必要）、D: 影響はない

出典：JICA 調査団

表 2.2.73 代替案（事業を実施しない案）との比較（ダーダリ橋）

項目	架け替え事業を実施する場合	事業を実施しない場合
汚染	架け替え工事に伴い、車両や重機の稼働による粉塵や排気ガス、騒音が発生する。 切土によって残土が発生し、有害廃棄物として建設機械の使用済みオイル、その他の廃棄物として工事労働者の生活廃棄物が発生する。	左記の汚染物質は発生しない。
自然環境	範囲は限定的であるが、切土に伴う植生の除去等が生じる。	植生の除去等は生じない。
社会環境	工事に伴い工事場所の国道の一時的な通行止めの必要が生じるが、期間を短くすることや事前周知により、交通分断の影響を最小化することができる。	架け替えをせずに落橋した場合、交通が長期にわたり分断することから、地域住民の生活や地域経済に大きな影響が生じる。

出典：JICA 調査団

## 6) 緩和策・モニタリング計画

緩和策について、ナムリン橋を表 2.2.74、ダーダリ橋を表 2.2.75 に示し、モニタリング計画（両橋梁共通）を表 2.2.76 に示す。

表 2.2.74 緩和策（ナムリン橋）

分類	概要（緩和策）	実施機関	責任機関	費用
[工事中]				
汚染対策				
大気汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 建設機材のメンテナンスによる排気ガス削減</li> <li>- 不要なアイドリングの禁止</li> <li>- 土砂の飛散防止（車両積載時にシートで被う等）</li> <li>- 散水による粉じん防止</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工事労働者キャンプにおける生活排水処理施設（排水処理ピット等）の設置と適切な使用、メンテナンス</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 残土の近隣用地への運搬、処分</li> <li>- 国立公園内の廃棄物管理方針の確認、遵守</li> <li>- 固形廃棄物、建設機械からの使用済みオイル等有害廃棄物の処分場への運搬、処分</li> <li>- 作業員の食品残渣等の有機廃棄物の処分</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
騒音	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 夜間工事の制限</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
自然環境				
保護区	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 国立公園の管理計画の遵守（違法採取の禁止、廃棄物管理等）</li> <li>- 国立公園事務所との調整、協力</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
生態系	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 作業員による国立公園内の動植物採取の禁止</li> <li>- 作業員に対する国立公園の生態系保全の啓発（ゴミの投棄の禁止、森林への立ち入りの制限等）</li> <li>- 樹木の伐採の最小化</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
社会環境				
既存の社会インフラや社会サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 通行規制や通行止めを行う場合の事前周知</li> <li>- 通行止め時間の最小化</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
文化遺産	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 地元住民の Kayla/Tsen 信仰への配慮（工事前に儀式を行う等）</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
その他				
事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工事車両ドライバー、作業員への安全教育</li> <li>- 工事車両のメンテナンス</li> <li>- 標識、交通整理員の配置</li> <li>- 安全設備の設置</li> <li>- 火薬・有害物質の管理</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
[供用後]				
自然環境				
生態系	モニタリング結果に基づく対策（新橋梁が野生動物のロードキルを助長する等の現時点で予測できなかった問題が確認された場合、専門的な調査や対策を行う等）	DoST	DoST	-

出典：JICA 調査団

表 2.2.75 緩和策（ダーダリ橋）

分類	概要（緩和策）	実施機関	責任機関	費用
[工事中]				
汚染対策				
大気汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 建設機材のメンテナンスによる排気ガス削減</li> <li>- 不要なアイドリングの禁止</li> <li>- 土砂の飛散防止（車両積載時にシートで被う等）</li> <li>- 散水による粉じん防止</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工事労働者キャンプにおける生活排水処理施設（排水処理ピット等）の設置と適切な使用、メンテナンス</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 残土の近隣用地への運搬、処分</li> <li>- 固形廃棄物、建設機械からの使用済みオイル等有害廃棄物の処分場への運搬、処分</li> <li>- 作業員の食品残渣等の有機廃棄物の処分</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
騒音	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 夜間工事の制限</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
自然環境				
生態系	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 樹木の伐採の最小化</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
社会環境				
既存の社会インフラや社会サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 通行規制や通行止めを行う場合の事前周知</li> <li>- 通行止め時間の最小化</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
その他				
事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工事車両ドライバー、作業員への安全教育</li> <li>- 工事車両のメンテナンス</li> <li>- 標識、交通整理員の配置</li> <li>- 安全設備の設置</li> <li>- 火薬・有害物質の管理</li> </ul>	施工業者	DoST	工事費に含む
[供用後]				
自然環境				
生態系	モニタリング結果に基づく対策（新橋梁が野生動物のロードキルを助長する等の現時点で予測できなかった問題が確認された場合、専門的な調査や対策を行う等）	DoST	DoST	-

出典：JICA 調査団

表 2.2.76 モニタリング計画（ナムリン橋・ダーダリ橋共通）

分類	項目	地点	頻度	実施機関	責任機関	費用
[工事中]						
汚染対策						
大気汚染	CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , TSPM	工事場所周辺 1 地点	2 回/年（乾季、雨季）	DoST	DoST	DoST
水質汚濁	BOD, pH, TSS, 水温, 糞便性大腸菌群数, 大腸菌群数	工事場所周辺 1 地点	2 回/年（乾季、雨季）	DoST	DoST	DoST
廃棄物	廃棄物の種類別発生量、処分方法	工事場所、労働者キャンプ	随時	施工業者	DoST	工事費に含む
騒音	騒音	工事場所周辺 1 地点	2 回/年（乾季、雨季）	DoST	DoST	DoST
自然環境						
生態系	作業員等による野生動物の目撃情報、ロードキル	工事場所周辺	随時	施工業者・DoST・公園管理者*（*ナムリン橋）	DoST	工事費に含む
社会環境						
既存の社会インフラや社会サービス	住民等からの苦情・意見と対応	工事場所周辺	随時	施工業者・DoST	DoST	工事費に含む
文化遺産（ナムリン橋）	地元住民の Kayla/Tsen 信仰への配慮（工事前に儀式を行う等）	住民と協議のうえ決定	住民と協議のうえ決定	施工業者・DoST	DoST	工事費に含む
その他						
事故	工事に関連する事故、原因	工事場所周辺、工事車両通行経路	随時	施工業者	DoST	工事費に含む
[供用後]						
自然環境						
生態系	野生動物の目撃情報、ロードキル等	工事場所周辺	随時	DoST・公園管理者*（*ナムリン橋）	DoST	DoST（必要に応じ）

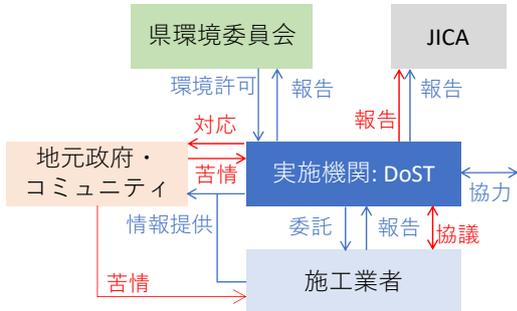
出典：JICA 調査団

## 7) 実施体制

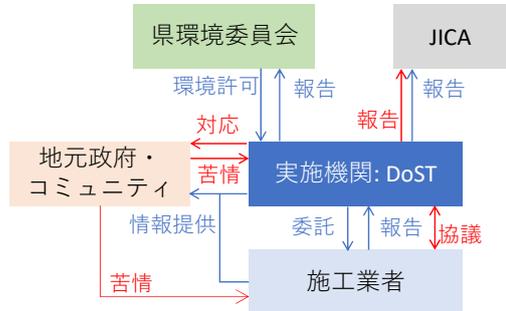
ナムリン橋、ダーダリ橋の架け替え工事における環境社会配慮の実施体制を図 2.2.123、供用時の体制を図 2.2.124 に示す。実施責任は事業者である DoST にあり、環境管理モニタリング結果を JICA に報告するとともに、工事中は環境許可の発給機関であるモンガル県環境委員会に対し、許可発給に際して定められる内容の報告を行う。地元政府（Gewog）及びコミュニティに対しては、DoST 及び施工業者が必要な情報提供を随時行くとともに、ナムリン橋の事業においては国立公園事務所と協力、連携する。地元政府、コミュニティ、住民等からの苦情は、実施機関が口頭（電話を含む）、書面を問わずに受け付け、記録、対応するとともに他のモニタリング結果とともに JICA に報告する。なお、実施機関においてはナムリン橋についてはリメタン事務所、ダー

ダリ橋はタシガン事務所が現地における実務を担う。苦情処理においても事務所が受付、記録、対応を行うが、苦情の内容に応じて実施機関内の他部署や他の機関とも対応を調整する。苦情の対応結果は、苦情提出者と協議のうえで公開する。

<ナムリン橋>



<ダーダリ橋>



—— 苦情処理 —— その他の環境社会配慮

出典：JICA 調査団

図 2.2.123 環境社会配慮の実施体制（工事中）

<ナムリン橋>



<ダーダリ橋>



—— 苦情処理 —— その他の環境社会配慮

出典：JICA 調査団

図 2.2.124 環境社会配慮の実施体制（供用時）

8) ステークホルダー協議

ステークホルダー協議は、JICA ガイドラインにもとづき、スコーピング段階と報告書案作成段階の2回行った。各回の概要を以下に示す。

a) 第1回目協議

2023年5月に、ナムリン橋が位置する Saling、パクダン、ダーダリ橋が位置する Chaskhar、リビダン、ダーダリ橋が位置する Dremetse の3つの Gewog において、Gewog 代表者及び住民一般を対象にスコーピング段階のステークホルダー協議を行った（図 2.2.125）。開催の案内は、Gewog 長から各 Chiwog、各 Chiwog から各世帯に、SNS や電話を用いて連絡された。協議では、現地コンサルタントから事業概要と調査スケジュールを説明し、参加者に環境社会影響に関する意見を求めた。各協議の概要を表 2.2.77 に示す。なお、Gewog、Chiwog から代表者の参加が得られていることから、高齢者等の社会的弱者を含む住民全般に対し、必要な情報が共有されたとみなされる。



出典：JICA 調査団

図 2.2.125 第 1 回ステークホルダー協議実施状況

表 2.2.77 第 1 回ステークホルダー協議の概要

Saling Gewog (ナムリン橋)

項目	概要
開催日時	2023 年 5 月 16 日 (火) 午後 2~3 時
場所	Gewog meeting hall
開催案内日	2023 年 5 月 10 日 (水) に行い、15 日 (月) に再確認。
参加者	Saling Gewog の住民 男性 7 名、女性 8 名

[参加者発言概要]

発言者属性	性別	意見／質問	回答 (コンサルタント)
地区長	男性	調査の目的はなにか	周辺の社会経済状況、道路と橋梁の利用状況とともに、事業による正と負の影響を把握するため。
Limithang 住民	女性	工事はいつ開始されるか	調査の後、優先順位が検討される。
Masangdaza 住民	男性	日本の資金援助による橋は質がよく美しい。JICA の支援に感謝する。	橋梁架け替えが東部の各県に裨益することを期待する。
Limithang 住民	女性	ナムリン橋は Limithang の我々の土地を結んでいる。我々は米作やトウモロコシ栽培を主要な収入源としているが、以前、ナムリン橋が洪水で流失した際、米作ができなくなり、Limithang にある Gewog センターの事務も遅れた。	ナムリン橋の建設は Sengor Chiwog だけでなく、東西を移動する多くの人々に利益をもたらすだろう。
地区長	男性	ナムリン橋は、ブータンの東部と中部、西部を結ぶ生命線である。Gyelposhing-Ngaglam Highway を除けば、代替の迂回路はない。ナムリン橋がモンスーン季の雨で損傷し、車両の移動が妨げられ、東部からも西部からも人々の移動に支障をきたしたことが過去に何度かあった。ナムリン橋の架け替えは、農作物や果物で収入を得ている Saling Gewog だけでなく、東部の他の地域の人々にも大きな利益をもたらすだろう。Limithang のビジネス界も、ハイウェイの利用者が増えることによる恩恵を受けるだろう。 一方で、雨などの季節変化をつかさどる Kayla/Tsen(地元の神)が侵される心配がある。乳幼児や子供の病気が増えるのではないかとはいえ、縁起の良い日に工事を開始する、Sachur Bumther (宗教的な品物) を置くなどによって、懸念は軽減されるだろう。JICA、DoST、Gewog 行政は地元の人々や宗教関係者と適切に調整する必要がある。	コミュニティの宗教的感情を尊重し、懸念を DoST に伝える。

Chaskhar Gewog (パクダン、ダーダリ橋)

項目	概要
開催日時	2023年5月26日(金) 午前11~12時
場所	Gewog meeting hall
開催案内日	2023年5月17日(水)
参加者	Chaskhar Gewogの住民男性7名、女性8名

[参加者発言概要]

発言者属性	性別	意見/質問	回答(コンサルタント)
地区長	男性	調査の目的はなにか	周辺の社会経済状況、道路と橋梁の利用状況とともに、事業による正と負の影響を把握するため。
Borphai 住民	女性	工事はいつ開始されるか	調査の後、優先順位が検討される。
Kheshingra 住民	女性	日本の資金援助による橋は質がよく美しい。JICAの支援に感謝する。	橋梁架け替えが東部の各県に裨益することを期待する。
農業分野担当者	男性	以前、我々はパクダンの近くにMarketing shedの建設を計画していたが、用地取得の問題で計画は実現しなかった。パクダン橋の建設で農畜産物の販売場所も提供されることを期待する。	用地取得がパクダン橋の建設の支障にならないことを願う。Gewog行政は被影響世帯の用地取得を支援すべき。影響を受けるのは1世帯ときいている。
地区長	—	パクダン橋かダーダリ橋のどちらかが危険な場合、通行者はChaskhar GewogとDungsingma Pam村を通る農道を使わなければならない。これは過去にパクダン橋が損傷したときに実際に起こった。農道を利用する場合、仮設の3つのベイリー橋を渡らなければならない。本事業で農道/Gewog道路沿いのベイリー橋を改良することは可能か。	国道の2橋が恒久的なものに改修されれば、農道を使用する必要は将来的にはなくなる。

Dremetse Gewog (リビダン、ローリン橋)

項目	概要
開催日時	2023年5月30日(火) 午前10~11時
場所	Gewog meeting hall
開催案内日	2023年5月21日(日)
参加者	Drametse Gewogの住民 男性6名、女性11名

[参加者発言概要]

発言者属性	性別	意見/質問	回答(コンサルタント)
地区長	男性	調査チームを歓迎し、世帯へのインタビュー調査を全面的に支援する。	Gewogの支援および本協議の参加者から意見を共有いただくことに感謝する。
議会メンバー	男性	橋梁の架け替えはJICAの無償協力が、国の借款か。	無償協力である。JICAは国にとって重要な開発パートナーである。
Nangkhar 住民	女性	我々はTrongsaとWandueでJICAが資金協力した橋をみてきたが、その品質は疑う余地がない。我々はリビダンやローリンでも同じ品質の橋が建設されることを望んでいる。対面車線が望ましい。	JICAは量より質を重視し、タイムリーな事業の実施を優先してきた開発パートナーの一つである。
議会メンバー	男性	新しい橋の建設は東部6県の人々に多大な恩恵をもたらすだろう。東部の人々はモンガルの病院を利用しており、現在のローリン橋は古く、特に雨季の通行にはリスクがある。リビダン橋は現在閉鎖さ	意見に感謝し、情報を報告書に記載する。

		<p>れ、バイパス道路が仮設されている。今後モンスーンの季節になると、リビダン橋は大雨の流入により、特に小型車は通行できなくなる。そうでなかったとしても、雨季には人々が橋を渡るのは難しくなる。</p> <p>両橋とも、人と車の移動を促進する。建設工事中に橋の通行が一時的に妨げられ、多少の不便は生じるかもしれないが、完成後の恩恵を考えれば許容範囲である。</p> <p>リビダン橋付近 1000m 以内の土地所有は以下のとおりである。</p> <p>1.Baging chiwog (16 世帯) -湿地 (6~7 エーカー)、乾燥地 (3~4 エーカー)</p> <p>2.Zangkhar chiwog (4 世帯) -湿地 (1.5 エーカー)</p> <p>注：参加者による土地所有概略情報</p>	
--	--	---	--

出典：JICA 調査団

### b) 第 2 回目協議

本事業の対象橋梁をナムリン橋、ダーダリ橋とすることが決定されたのち、2023 年 10 月にナムリン橋が位置する Saling、ダーダリ橋が位置する Chaskhar の 2 つの Gewog において、2 回目のステークホルダー協議を行った（図 2.2.126）。開催案内の方法、参加者及び社会的弱者への配慮は第 1 回目と同様である。協議では、現地コンサルタントから事業計画及び環境社会配慮調査結果の概要（環境社会への影響と緩和策）を説明し、意見交換を行った。各協議の概要を表 2.2.78 に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.2.126 第 2 回ステークホルダー協議実施状況

表 2.2.78 第2回ステークホルダー協議の概要

Saling Gewog (ナムリン橋)

項目	概要
開催日時	2023年10月17日(火) 午前10~12時
場所	Gewog meeting hall
開催案内日	2023年10月4日(水)
参加者	Saling Gewogの住民(男性5名、女性8名) 森林・公園サービス局フルムセングラ国立公園事務所2名、DoST 3名

[参加者発言概要]

発言者属性	性別	意見/質問	回答(DoST/コンサルタント)
国立公園事務所	男性	ナムリン橋の現在の耐荷重量は40トンとのことだが、新橋梁では何トンか。	新橋梁の耐荷能力は70トンである。
議会メンバー	男性	JICAの資金協力による橋梁の質は高い。新橋梁はどのようなものか。	現在の橋梁はベイリー橋であるが、新橋梁はモンガルに向かう途中にあるKurizampa橋と同じ鋼トラス橋の計画である。
国立公園事務所	男性	新橋梁が計画された場所のちょうど下にハチの巣が7つあり、絶滅が危惧される鳥(インドミツオシエ,NT)がハチの幼虫やロウを食べにくる。鳥は工事中には別のハチの巣に行くと思われるが、作業は鳥をおびやかさないよう気を付ける必要がある。 注意:ハチが工事作業員を攻撃する可能性がある。	鳥が工事後に戻ってくるよう、生息環境を攪乱しないよう注意する。
国立公園事務所	男性	ナムリン橋は国立公園内にあるため、工事中は廃棄物管理が重要である。工事業者には、廃棄物の処分を監視するとともに、公園が準拠する国の廃棄物管理ガイドラインに基づく管理を行ってほしい。	本事業は廃棄物の問題を認識し、廃棄物管理ガイドラインを厳守する。廃棄物は分別し、適切な場所に運搬する予定である。
事業者	男性	工事に伴う道路通行止めの情報は、地元政府と事業者にも共有されるか。	BBSテレビを通して道路通行止めの情報を一般の人々に知らせる。さらに、DoSTは交通警察と交通安全交通局にも通知する。
事業者	女性	リメタン地域で生まれた子どもたちはナムリンの神(地元ではGokpulaと呼ばれる)と結びついている。このため、ナムリンの流域では喫煙、野外排泄、肉を焼くなどの人間活動による汚染がないようにする必要がある。	本事業は社会文化的信仰を尊重し、懸念されるような汚染を最小限にする。また、実施段階では労働者キャンプでの啓発を行う。
副地区長	男性	私たちの国では重要な仕事に着手する際には縁起のよい日を選ぶよう信じられている。作業は地元政府に相談してそのような日を選んで開始してほしい。できれば時には「サン・スール」の供養をするとよい。	実施段階で工事業者と協議する。

Chaskhar Gewog (ダーダリ橋)

項目	概要
開催日時	2023年10月18日(水) 午前10~12時
場所	Gewog meeting hall
開催案内日	2023年10月14日(土)
参加者	Chaskhar Gewogの住民(男性12名、女性2名) DoST 3名

[参加者発言概要]

発言者属性	性別	意見/質問	回答 (DoST/コンサルタント)
DoST	男性	ダーダリ橋の耐荷重量は2004年の橋梁建設完了時には40トンだったが、現在、老朽化に伴い24トンとなっている。Gewog政府は関係者に情報共有してほしい。	資料中の耐荷重量値を修正する。
地区長	男性	工事中には粉じんや大気汚染を最小化するため、時々散水をするとうい。	工事業者と協議し、そのような緩和策が確実に行われるようにする。
村の長老	男性	橋梁の下流に集落はなく、商業用にも家庭用にも飲料水として使われていないため、水質汚染は心配でない。	情報に感謝する。本事業では労働者キャンプに排水処理ピットを設置するとともに、工事現場で水質のモニタリングを行う予定。
DoST	男性	JICAの資金協力による橋梁は間違いなく質が高い。JICAは必要な書類や許認可が関係者に準備されるよう進めている。DoSTは環境許可を取得するため、Social clearanceとForestry clearanceの取得を準備する。	コンサルタントはDoSTの協力を感謝する。
地区長	男性	Gewogは労働者キャンプの生活廃棄物の処分先の特定に協力する。Yadi town近くのYongbariにある現在の処分場は工事現場から離れている。	工事現場での廃棄物問題は最小限に抑えられるが、本事業では廃棄物管理を重視して、廃棄物処分を監視する。Gewog政府による支援を歓迎する。
森林担当	男性	工事現場内の廃棄物処分場所に係るForest clearance発行に問題はない。ただし、工事完了後の処分場の持続性と管理については関係者で協議し合意する必要がある。	Gewog政府は森林担当とさらに協議し、工事後の運営管理の計画とともに適切な処分場所を特定する必要がある。
地区長	男性	ダーダリ橋の近くに新たに建設された野菜売り場は近隣の農家を経済的に後押しするだろう。また、これは労働者キャンプの労働者や国道の通行者に新鮮な地元の野菜を提供する。Gewog政府は本事業に対し、橋梁建設とともに野菜売り場前の駐車スペースをつくることを要望する。	要望については工事業者と協議する。

出典：JICA調査団

9) 環境チェックリスト・モニタリングフォーム・「ブ」国法制度上の環境管理計画

JICA環境チェックリスト(12.橋梁)とモニタリングフォームを表2.2.79、表2.2.80に示す。また、環境許可申請時に必要な環境管理計画を表2.2.81に示す。なお、環境管理計画の書式はEnvironmental Codes of Practice,2000に準拠している。

表 2.2.79 JICA 環境チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1) EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書（EIA レポート）等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N/A (b) N (c) N/A (d) N	(a) 本事業はEIAは必要とされていない。IEEにより環境許可を申請予定。 (b) IEE フォームをモンゴル県環境委員会に提出、承認を得る予定。（遅くとも2024年3月まで） (c) 承認時に確認 (d) 上記に先立ち、地元政府から Social clearance、森林・公園サービス局から Forestry clearance を取得する必要がある。2橋とも2023年11月現在取得済み。
	(2) 現地 ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) Y	(a) ステークホルダー協議を事業予定地付近で開催し、事業内容、影響、環境管理計画について説明して理解を得ている。 (b) コメントは環境管理計画に反映し、環境許可申請時にモンゴル県環境委員会に提出予定。
	(3) 代替 案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は（検討の際、環境・社会に係る項目も含めて）検討されているか。	(a) Y	(a) 本事業は既存の橋梁の架け替えであることから、条件を最適に満たす案が検討され、事業を実施しない案との比較を環境・社会面を含めて行っている。
2 汚染対策	(1) 大気 質	(a) 通行車両等から排出される大気汚染物質による影響はあるか。当該国の環境基準等と整合するか。 (b) ルート付近において大気汚染状況が既に環境基準を上回っている場合、プロジェクトが更に大気汚染を悪化させるか。大気質に対する対策は取られるか。	(a) N (b) N/A	(a) 車両等の通行に利用されている既存橋梁の架け替えであり、供用時に大気質への影響は想定されない。工事中は大気質に対する緩和策やモニタリングを実施する。 (b) 事業予定地における現状の大気汚染物質濃度はブータン国の環境基準をはるかに下回っている。
	(2) 水質	(a) 盛土部、切土部等の表土露出部からの土壌流出によって下流水域の水質が悪化する か。 (b) プロジェクトによる周辺の井戸等の水源への影響はあるか。	(a) N (b) N	(a) 切土後の表土露出部は法面対策が施されるため、土壌流出による水質悪化は想定されない。 (b) 周辺に井戸等の水源は確認されない。
	(3) 騒 音・振動	(a) 通行車両や鉄道による騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。 (b) 通行車両や鉄道による低周波音は当該国の基準等と整合するか。	(a) N (b) N/A	(a) 事業予定地における現状の騒音は、ブータン国の industrial area の基準は満たすものの、sensitive area、mixed area の夜間の基準を上回っている。本事業は既存橋梁の架け替えであることから、通行車両の騒音レベルが本事業によって変化することはないと考えられる。 (b) ブータン国は低周波音の基準をもっていない。本事業は既存橋梁の架け替えであることから、通行車両の騒音レベルが本事業によって変化することはないと考えられる。
3 自然 環境	(1) 保護 区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) Y, N	(a) ナムリン橋はブータン国の法令で定められたフルムセングラ国立公園内に位置している。本事業は既存橋梁の架け替えであり、工事区域は既存道路とその周辺に限定されるため、保護区に影響を与えることはないと考えられる。ダーダリ橋は保護区内に立地しない。
	(2) 生態 系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) 野生生物及び家畜の移動経路の遮断、生息地の分断、動物の交通事故等に対する対策はなされるか。 (e) 橋梁・道路が出来たことによって、開発に伴う森林破壊や密猟、砂漠化、湿原の乾燥等は生じるか。外来種（従来その地域に生	(a) N (b) N (c) N/A (d) N/A (e) N	(a) サイトは既存の国道上とその隣接地にあり、原生林、熱帯自然林、珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟を含まない。 (b) 周辺地域には貴重種が生息するとみられるものの、サイトは国道上とその隣接地にあり貴重種の生息地を含まない。 (c) 既存橋梁の架け替えであるため、本事業による生態系への重大な影響は懸念されない。 (d) 国立公園事務所によれば野生動物の交通事故は生じておらず、対策の必要性は低い。 (e) 既存橋梁の架け替えであることから、当該の影響は生じない。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
		息していなかった)、病害虫等が移入し、生態系が乱される恐れがあるか。これらに対する対策は用意されるか。		
	(3) 水象	(a) 構造物の設置による水系の変化に伴い、地表水・地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a) 構造物は水流中には設置されないため、影響は生じない。
	(4) 地形・地質	(a) ルート上に土砂崩壊や地滑りが生じそうな地質の悪い場所はあるか。ある場合は工法等で適切な処置がなされるか。 (b) 盛土、切土等の土木作業によって、土砂崩壊や地滑りは生じるか。土砂崩壊や地滑りを防ぐための適切な対策がなされるか。 (c) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土壌流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。	(a) N (b) Y (c) N	(a) 地質が悪い場所は確認されない。橋の両側の既存道路沿いの斜面には法面対策工を講じる。 (b) 土砂崩壊を防ぐため、盛土、切土は乾季に実施する。 (c) 法面対策を講じるため、土壌流出は生じない。工事は雨季を避けて行うため、工事による土壌流出は想定されない。
4 社会 環境	(1) 住民 移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。(e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a) N (b) N/A (c) N/A (d) N/A (e) N/A (f) N/A (g) N/A (h) N/A (i) N/A (j) N/A	(a) 非自発的住民移転は生じない。 (b) N/A (c) N/A (d) N/A (e) N/A (f) N/A (g) N/A (h) N/A (i) N/A (j) N/A
	(2) 生活・生計	(a) 新規開発により橋梁・アクセス道路が設置される場合、既存の交通手段やそれに従事する住民の生活への影響はあるか。また、土地利用・生計手段の大幅な変更、失業等は生じるか。これらの影響の緩和に配慮した計画か。 (b) プロジェクトによりその他の住民の生活に対し悪影響を及ぼすか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (c) 他の地域からの人口流入により病気の発生(HIV等の感染症を含む)の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮は行われるか。 (d) プロジェクトによって周辺地域の道路交通に悪影響を及ぼすか(渋滞、交通事故の増加等)。 (e) プロジェクトによって住民の移動に障害が生じるか。 (f) 陸橋等による日照障害、電波障害は生じるか。	(a) N/A (b) N (c) N (d) N (e) N (f) N	(a) 本橋梁建設は既存橋梁の架け替えであり新規開発には該当しない。 (b) 橋梁の架け替えによる道路交通の安定化は、生計や地域経済にプラスの効果をもたらす。悪影響は及ぼさない。工事中は、工事に関連するビジネスや雇用機会が生じうる。 (c) HIV/AIDS、Covid-19の感染率は低く、地域や国でも対策が行われていることから、感染者の流入による感染拡大の可能性は低い。 (d) 架け替えによって落橋のリスクが低減することから、道路交通にプラスの効果をもたらす。工事中は、一時的に国道を通行止めとすることが想定されるが、通行止めの時間をできるだけ短くする、関係機関や周辺住民への事前周知を徹底する等の配慮を行う。 (e) 架け替えによって国道を使った住民の移動が確保される。工事中の一時的な国道通行止めは住民の移動に影響を与えるが、上記のとおり配慮する。 (f) 周辺に家屋等はないため、日照障害、電波障害は想定されない。
	(3) 文化 遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a) N	(a) 直接影響を受ける文化遺産や宗教施設等はないが、ナムリン橋梁から距離3キロ程度の山には神が住むと信じられ、工事によりそれが侵されることが懸念されているため、地元の宗教的感情への配慮が必要。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
	(4) 景観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。	(a) N	(a) 事業予定地に特に配慮すべき景観はなく、悪影響は想定されない。
	(5) 少数民族、先住民族	(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a) N/A (b) N/A	(a) 事業予定地周辺に少数民族・先住民族は確認されない。 (b) N/A
	(6) 労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) DoST と施工業者は Labour and Employment Act 2007 を遵守する。 (b) 工事の安全設備の設置、有害物質の管理は DoST の責任のもと施工業者によって措置される。 (c) 工事の安全衛生計画の策定、作業員への安全教育は DoST の責任のもと施工業者により実施される。 (d) 警備要員を配置する場合には、DoST の責任のもと、地域住民等への配慮教育を行う。
5 その他	(1) 工事 中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) Y (b) Y (c) Y	(a) 緩和策（夜間工事の制限、散水による粉じん対策、機材メンテナンスによる排ガス削減、廃棄物の適切な処理等）は環境管理計画に記載され、環境許可申請時にモンガル県に提出される。 (b) 工事範囲は既存道路沿いに限定されることから、著しい影響は生じない。緩和策として、樹木の伐採の最小化を行うとともに、国立公園に位置するナムリン橋については作業員への生態系保全の啓発等を行う。 (c) 工事による国道の通行止めが想定されるが一時的。緩和策として通行止め時間の最小化、事前通知を行う。
	(2) モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) 工事中、供用時とも DoST によるモニタリングが計画・実施される。 (b) 工事中は大気、水質、騒音の現地観測を年 2 回行い、廃棄物発生量・処分方法、野生動物の目撃情報・ロードキル、住民からの苦情と対応、工事関連事故を随時記録する。供用時は、野生動物の目撃情報・ロードキルを記録する。 (c) 工事中は、環境管理のモニタリングは施工業者が行い、環境測定は DoST が別途予算を確保する。供用時は、DoST が通常業務の一環で行うか、必要に応じて予算を確保する。 (d) 環境許可発給時の条件において定められる。
6 留意点	他の環境 チェック リストの 参照	(a) 必要な場合は、道路、鉄道、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（大規模な伐採を伴う場合等）。 (b) 必要な場合には送変電・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（送変電・配電施設の建設を伴う場合等）。	(a) N/A (b) N/A	(a) 本事業では大規模な伐採は行わない。 (b) 本事業では送変電・配電施設の建設は行わない。
	環境 チェック リスト使用上の 注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) N/A	(a) 本事業では廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素は考えられない。

出典：JICA 調査団

**表 2.2.80 モニタリングフォーム**

【工事中】

**1. Pollution**

1.1 Air quality

Survey date Parameter	Baseline				Monitoring results		Standards	
	Dry season March 2023		Rainy season July 2023		dd/mm/yy		Mixed area	Sensitive area
	Namling	Durdari	Namling	Durdari	Namling	Durdari		
CO (ppm)	BDL	BDL	BDL	BDL			2,000	1,000
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	0.088	0.051	0.116	0.103			80*	30*
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	BDL	BDL	BDL	BDL			80	30
PM10 (μg/m <sup>3</sup> )	25.89	35.73	13.52	22.41			100	75
PM2.5 (μg/m <sup>3</sup> )	23.24	17.73	11.06	12.66			60	60
TSPM (μg/m <sup>3</sup> )	34.93	36.44	15.69	30.05			200	100

1. BDL: Below Detectable Limit
2. Standards: Environmental Standards, 2020, National Environment Commission of Bhutan
3. Mixed area means area where residential, commercial or both activities take place
4. Sensitive area means area where sensitive targets are in place like hospitals, schools, sensitive ecosystems
5. Standards with \* shows those for Nox

Comments on the monitoring results (Causes of exceeding standards, etc.):

1.2 Water quality

Survey date Parameter	Baseline				Monitoring results		Standards		
	Dry season March 2023		Rainy season July 2023		dd/mm/yy		A	B	C
	Namling	Durdari	Namling	Durdari	Namling	Durdari			
BOD (mg/L)	1.07	1.22	3.62	2.12			2	5	50
pH	7.34	7.61	7.46	7.51			6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
TSS (mg/L)	2.34	2.19	128.96	67.21			25	100	-
Water temperature (°C)	15.6	22.1	15.9	22.8			-	-	-
Fecal Coliform (MPN/100mL)	4	6	9	13			50*	5000*	10000*
Total Coliform (MPN/100mL)	7	9	13	14			20*	2000*	5000*

1. Standards: Environmental Standards, 2020, National Environment Commission of Bhutan
2. A: (Very good) Drinking water source without conventional treatment, but after disinfection whenever necessary
3. B: (Good) Drinking water source with conventional treatment
4. C: (Moderate) Used for irrigation, industrial cooling, etc.

Comments on the monitoring results (Causes of exceeding standards, etc.):

### 1.3 Noise

Survey date	Baseline				Monitoring results		Standards		
	Dry season March 2023		Rainy season July 2023		dd/mm/yy		Industrial area	Mixed area	Sensitive area
	Namling	Durdari	Namling	Durdari	Namling	Durdari			
Day time [6 am-10 pm] (Db)	54.65	56.92	56.20	58.03			75	65	55
Night time [10 pm-6 am] (Db)	51.63	59.68	56.33	57.79			65	55	45

1. Standards: Environmental Standards, 2020, National Environment Commission of Bhutan
2. Mixed area means area where residential, commercial or both activities take place
3. Sensitive area means area where sensitive targets are in place like hospitals, schools, sensitive ecosystems

Comments on the monitoring results (Causes of exceeding standards, etc.):

### 1.4 Waste

Reporting period: from (dd/mm/yy) to (dd/mm/yy)

Source of waste	Type of waste *	Method of disposal	Volume/Weight
Construction site (Bridge: )			
Workers' camp			

\*Surplus soil/Removed vegetation/Hazardous waste (oil, etc.)/

Organic waste (food residue, etc.) /Non-organic solid waste

## 2. Natural Environment

Record of encountered wildlife including roadkill

Date	Location	Species	Details of encountering

## 3. Social Environment

Complaint handling record

Complaint reception		Status for solution	
Date		Date	
Complainant		Responsible agency	
Details of complaint		Action taken	

#### 4. Others

Record of project related accidents including construction and traffic accidents

Date	Location	Details of accidents including causes

【供用時】

#### 1. Natural Environment

Record of encountered wildlife including roadkill

Date	Location	Species	Details of encountering

#### 2. Social Environment

Complaint handling record

Complaint reception		Status for solution	
Date		Date	
Complainant		Responsible agency	
Details of complaint		Action taken	

出典：JICA 調査団

表 2.2.81 環境管理計画（環境許可申請用）

Activity	Potential Negative Environmental Impacts	Mitigation Measures	Public Participation and Coordination	Socio-Economic and Cultural Considerations	Budgeting	Supervision	Monitoring/Evaluation
1. Purchase aggregates/sand from commercial aggregate pits.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
2. Transportation of materials and equipment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dust and emission from vehicles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance of vehicles,</li> <li>• Avoidance of unnecessary idling,</li> <li>• Prevention of scattering of soil in such way as covering with sheet after loading vehicles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
3. Spoil Disposal (including temporary stockpiling of material)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slides of piled materials</li> <li>• Damage to vegetation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deposit materials in suitable location designated by DoST,</li> <li>• Place materials in proper shape,</li> <li>• Minimize cutting trees in the deposit site.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protect adjoining properties</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
4. Bridge installation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emission from equipment</li> <li>• Construction noise</li> <li>• Accidents while working at heights</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance of vehicles,</li> <li>• Restrict nighttime works,</li> <li>• Equip safety tools.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
5. Slope protection work on both sides of bridge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slope failure</li> <li>• Hinder the highway traffic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoid slope works during rainy season,</li> <li>• Notify local government and communities prior to blocking the traffic,</li> <li>• Minimize the blocking period.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinate with traffic agency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
6. Work Camp Location, Operation & Closure, restrictions on workers (sanitation, fuelwood collection, poaching)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conflict with locals</li> <li>• Garbage, oil &amp; grease pollution</li> <li>• Domestic wastewater discharge</li> <li>• Damage to Vegetation and wildlife</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proper siting,</li> <li>• Prohibit collecting wild animals and plants by workers,</li> <li>• Provide sanitary facilities including wastewater treatment pit,</li> <li>• Segregate solid waste and transport to proposed disposal site,</li> <li>• Compost disposal of organic waste,</li> <li>• Minimize cutting trees.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dzongkhag administration and local people</li> <li>• Awareness of labors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consider local,</li> <li>• Culture, use state land,</li> <li>• Comply with national waste management guidelines,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>

Activity	Potential Negative Environmental Impacts	Mitigation Measures	Public Participation and Coordination	Socio-Economic and Cultural Considerations	Budgeting	Supervision	Monitoring/ Evaluation
7. Explosives & Toxic Waste Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fire &amp; explosion hazard</li> <li>• Ground &amp; surface water pollution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Do not store near surface waters,</li> <li>• Use plastic sheeting under hazardous materials,</li> <li>• Use Magazine to store explosive materials,</li> <li>• Collect wastes properly and dispose safely.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contact Ministry of Home Affairs in case of hazard or needing material annihilation.</li> <li>• Contact Ministry of Home Affairs for explosive materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
8. Air and noise management	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dust generation by earth work</li> <li>• Excessive noise disrupting livestock and wildlife</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spraying water in the project area,</li> <li>• Conduct blasting during day times,</li> <li>• Restricting nighttime works.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>
9. Safety operation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loss of human life</li> <li>• Loss of property</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Safety training for drivers and workers,</li> <li>• Maintenance of vehicles and equipment,</li> <li>• Traffic sign and flagman.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Include in project cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge division, DoST</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoST</li> </ul>

出典：JICA 調査団

## 3. プロジェクトの内容

---

### 3.1 プロジェクトの概要

#### 3.1.1 プロジェクトの目的

モンガル県において、PNH-1 上の耐荷力が不足し落橋等の危険がある橋梁を架け替えることにより、基幹幹線道路の利便性・安全性の向上を図り、物流、人の移動、医療へのアクセス等の維持・改善を通じて当国の人間の安全保障を向上させ、経済社会の安定と持続的な発展に寄与することを目的とする。

#### 3.1.2 「ブ」国側の要請内容

「ブ」国側からの要請内容は以下 5 橋の架け替えであったものの、事業費予算の制約によりナムリン橋とダーダリ橋の 2 橋の架け替えとなることを「ブ」国政府と協議し、合意に至った。

- ① ナムリン橋（モンガル県、リメタン地方事務所管轄）の架け替え  
（現橋）
  - 橋長：27.4m
  - 幅員：3.27m（1車線）
  - 橋種：ベイリー式
- ② パクダン橋（モンガル県、タシガン地方事務所管轄）の架け替え  
（現橋）
  - 橋長：19.4m
  - 幅員：4.24m（1車線）
  - 橋種：RC-I 桁橋
- ③ ダーダリ橋（モンガル県、タシガン地方事務所管轄）の架け替え  
（現橋）
  - 橋長：24.4m
  - 幅員：3.26m（1車線）
  - 橋種：ベイリー式
- ④ リビダン橋（モンガル県、タシガン地方事務所管轄）の架け替え  
（現橋）
  - 橋長：19.1m
  - 幅員：4.3m（1車線）
  - 橋種：RC-I 桁橋

- ⑤ ローリン橋（モンガル県、タシガン地方事務所管轄）の架け替え  
（現橋）
- 橋長：13.5m
  - 幅員：4.03m（1車線）
  - 橋種：RC-I 桁橋

## 3.2 適用基準

### 3.2.1 道路設計基準

DoST と協議した結果、道路の設計基準について、以下の基準を採用することを合意した。

#### (1) 道路設計基準

##### 「ブ」国基準

- DoR 2020: Road Classification and Network Information of Bhutan
- DoR-BTS 342-2021: Road-Geometric Design and Alignment Requirements

##### 本邦基準

- 道路構造令

#### (2) 舗装設計基準

##### 「ブ」国基準

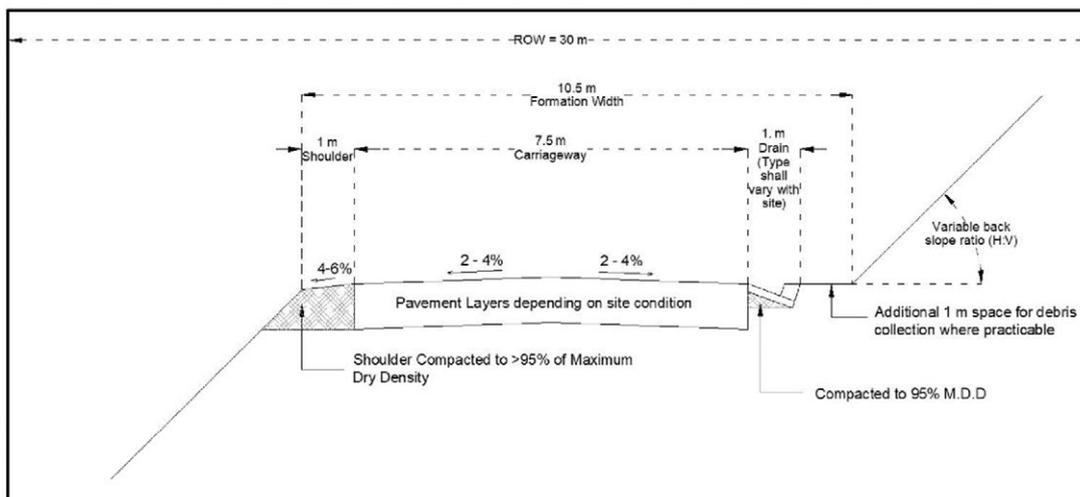
- Pavement Design Manual: DoR

### 3.2.2 道路規格

DoST は国道（Primary National Highway）の 2 車線化工事を進めているため、当該区間についても 2 車線として整備する。

- 道路区分：Primary National Highway
- 設計速度：60km/h（ただし、橋梁区間は 20km/h）

前述した通り、DoST が作成した Road Classification and Network Information of Bhutan 2020 によると、国道一号線は“Primary National Highway”に分類され、図 3.2.1 に示のように車道部幅員を 7.5m（路肩含む）、保護路肩を 1.0m 確保することが規定されている。



出典：Road Classification and Network Information of Bhutan 2020

図 3.2.1 国道の幅員構成

### 3.2.3 設計速度の緩和

国道の設計速度は前述の通り 60km/h が基本であるが、橋梁の前後に規定の設計速度の線形確保が困難な急カーブがある箇所では、当面交通機能の著しい低下を招く恐れがないこと等から、現地の状況を踏まえて橋梁位置での設計速度を 20km/h とする。

### 3.2.4 線形条件

設計基準及び DoST との協議結果を基に設定した線形条件を表 3.2.1 に示す。ダーダリ橋の取付道路の左岸側の一部区間について、非常に厳しい地形の制約により、同表の線形条件を満足できない箇所がある。対策として、現地で確認したセミトレーラー（最大で 5 軸）（L=16.5m、W=2.5m）がインドから「ブ」国内に入ることを想定し、曲線部の拡幅量を設定した。これについて、DoST の同意を得た。

表 3.2.1 線形条件

項目	単位	設計値	備考
<b>1. 橋梁区間</b>			
設計速度	km/h	20	
車道幅員（路肩含む）	m	7.5	DoST 基準に準じる
標準横断勾配	%	2.0	同上
最大片勾配	%	7.0	同上
最大縦断勾配	%	8.0	同上
<b>2. 道路区間</b>			
設計速度	km/h	20（取付道路） 40（本線）	DoST 基準に準じる
車道幅員（路肩含む）	m	7.5	同上
（保護）路肩幅員	m	1.0	同上
標準横断勾配	%	車道: 2.0 路肩: 4.0	同上
最大片勾配	%	7.0	曲線区間
縦断勾配	%	例外値: 8.0 通常: 5.0	DoST 基準に準じる
最小曲線半径	m	通常: 50.0 ヘアピンカーブ: 15.0	同上
拡幅幅	m	100<曲線半径≤300→0.6 60<曲線半径≤100→0.9 40<曲線半径≤60→1.2 20<曲線半径≤40→1.5 曲線半径≤20→1.5	同上

出典：JICA 調査団

### 3.2.5 橋梁設計基準

DoST と協議した結果、橋梁の設計基準について、以下の基準を採用することを合意した。

#### 「ブ」国基準

- SB001-2015: General Specifications for Bridges

#### インド基準

- IRC:5-2015 Standard Specification and Code of Practice for Road Bridge, Section I - General Features of Design
- IRC:6-2017 Standard Specification and Code of Practice for Road Bridge, Section II Loads and Load Combinations
- IRC:24-2010 Standard Specification and Code of Practice for Road Bridge, Steel Road Bridges
- IRC:38-1988 Guideline for Design of Horizontal Curves for Highways and Design Tables
- IRC:78-2014 Standard Specification and Code of Practice for Road Bridges, Section VII Foundation and Substructure
- IRC:112-2020 Code of Practice for Road Bridge, Concrete Road Bridges

- IRC:SP:114-2018 Guidelines for Seismic Design of Road Bridges

本邦基準

- 道路橋示方書

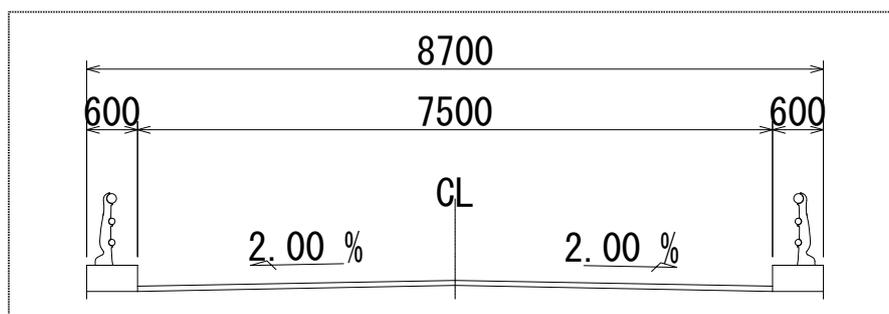
### 3.2.6 橋梁幅員

橋梁部の車道幅員は、「ブ」国基準（DoR 2020: Road Classification and Network Information of Bhutan）に従い 7.5m とする。一方、歩道については、DoST より要望があり、パクダン橋、リビダン橋、ローリン橋に歩道を設置する方針となった。なお、パクダン橋とダーダリ橋は近接しているが、パクダン橋側に集落へ続く道路があり、その集落の住民がパクダン橋付近の国道一号線沿いで商売をしているとのことで、同橋に歩道設置の要望があった。また、DoST にダーダリ橋への歩道の設置についても確認したが、歩道の設置は不要との回答を得た。歩道は、集落を考慮し、山側に設置することとする。歩道幅員については、歩行者のすれ違いを考慮し、道路構造令に基づき 1.5m とした。なお、「国道四号線橋梁架け替え計画準備調査」においても、同様の理由で歩道幅員を 1.5m としている。

表 3.2.2 歩道幅員

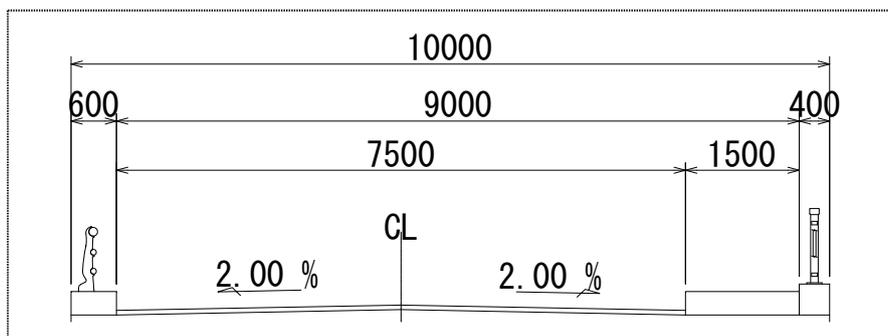
橋梁	歩道幅員
ナムリン橋	歩道不要
パクダン橋	1.5m
ダーダリ橋	歩道不要
リビダン橋	1.5m
ローリン橋	1.5m

出典：JICA 調査団



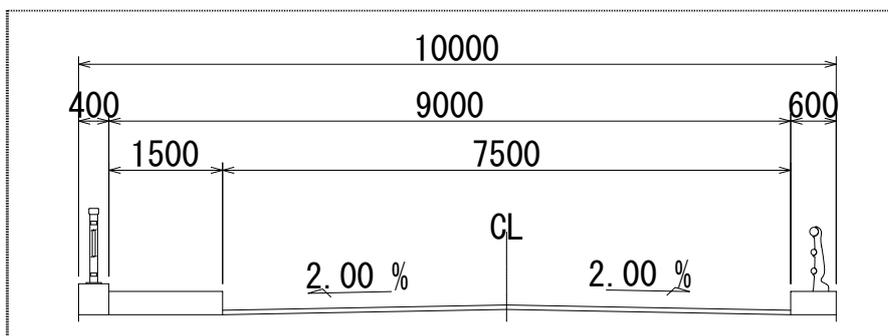
出典：JICA 調査団

図 3.2.2 歩道が不要な橋梁の幅員（ナムリン橋・ダーダリ橋）



出典：JICA 調査団

図 3.2.3 歩道が必要な橋梁の幅員（パクダン橋）



出典：JICA 調査団

図 3.2.4 歩道が必要な橋梁の幅員（リビダン橋・ローリン橋）

### 3.2.7 荷重条件

#### (1) 死荷重

死荷重は、「ブ」国基準に準拠し、表 3.2.3 に示すとおりである。

表 3.2.3 単位体積重量

材料	単位重量 (kN/m <sup>3</sup> )
鋼材	77.0
鉄筋コンクリート	24.5
プレストレストコンクリート	24.5
無筋コンクリート	23.0
セメントモルタル	21.0
アスファルト舗装	22.5
木材	8.0

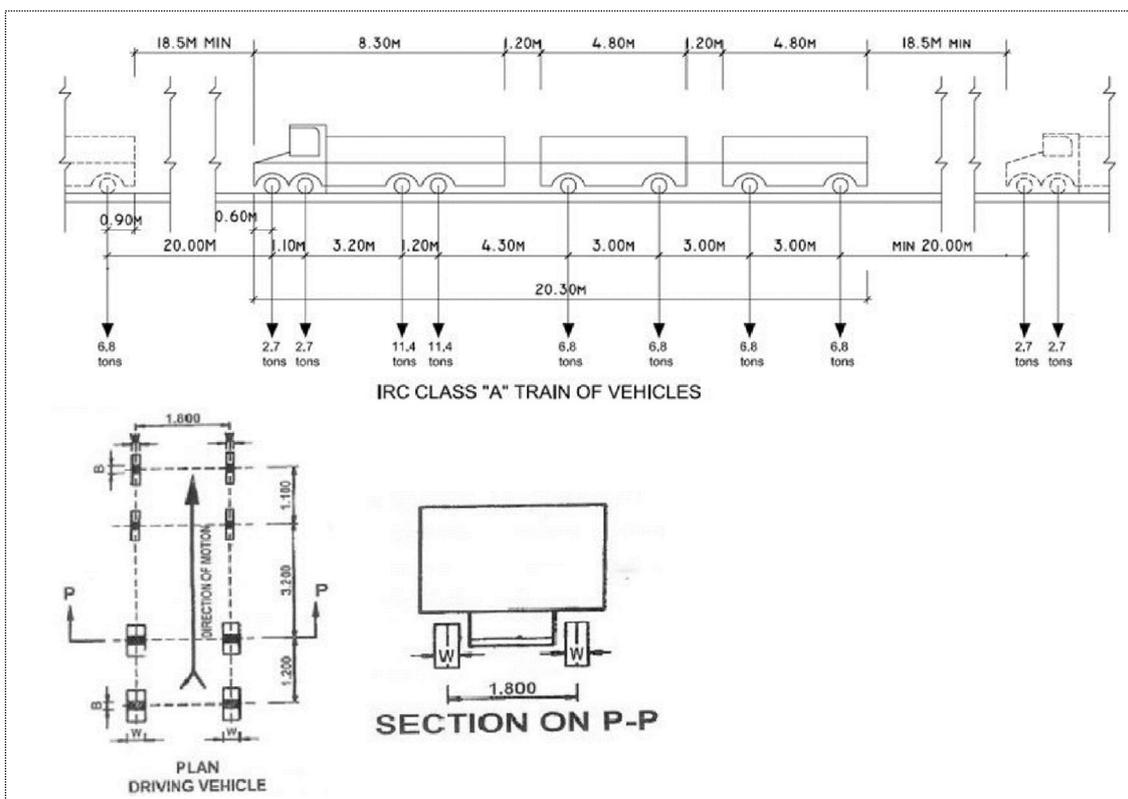
出典：SB001-2015

#### (2) 活荷重

活荷重は、「ブ」国基準に準拠し、IRC: 6-2017 のクラス A 荷重もしくはクラス 70R 荷重を考慮する。

## 1) クラス A 荷重

クラス A 荷重の仕様を図 3.2.5 及び表 3.2.4 に示す。



出典：SB001-2015

図 3.2.5 クラス A 荷重仕様

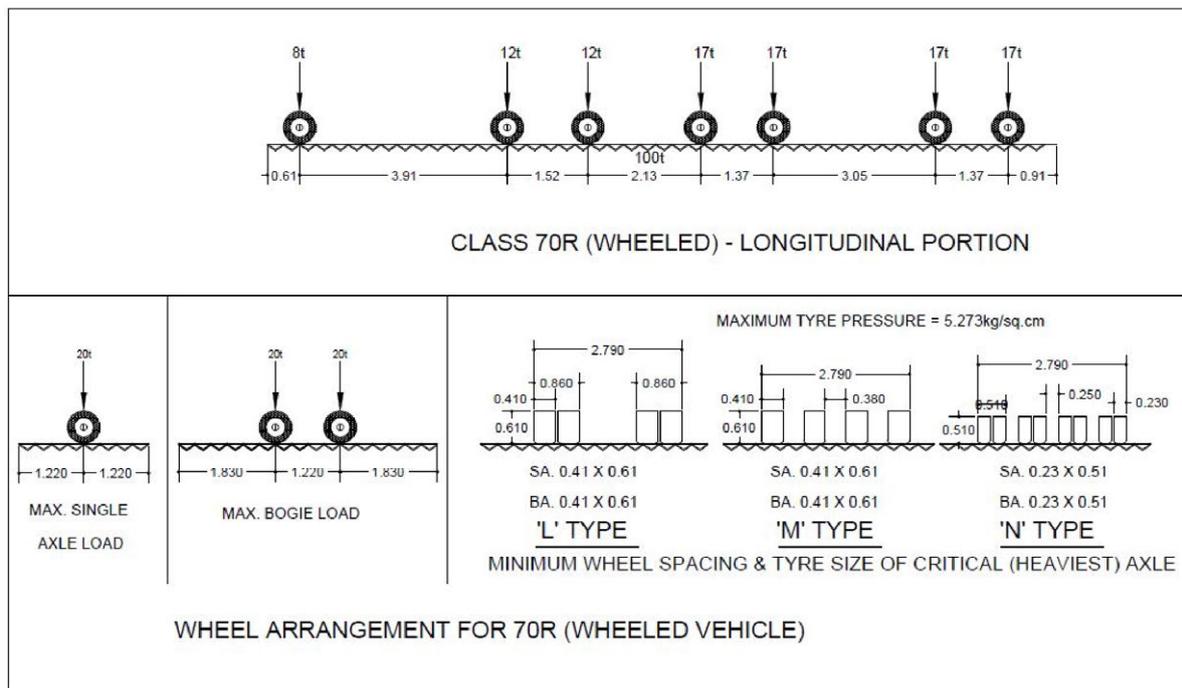
表 3.2.4 クラス A 荷重軸重とタイヤの接地面積

軸重 (トン)	接地面積	
	橋軸方向の接地長 (mm)	橋軸直角方向の接地長 (mm)
11.4	250	500
6.8	200	380
2.7	150	200

出典：SB001-2015

## 2) クラス 70R 荷重

クラス 70R 荷重の仕様を図 3.2.6 に示す。



出典：SB001-2015

図 3.2.6 クラス 70R 荷重仕様

### 3) 群集荷重

歩道に群集荷重として、5.0kN/m<sup>2</sup>を考慮する。また、主桁等の構造部材の設計には、表3.2.5に示す荷重を用いる。

表 3.2.5 主桁やトラスの設計に用いる群集荷重

支間長 (L)	$L \leq 80\text{m}$	$80\text{m} < L \leq 130\text{m}$	$130\text{m} < L$
群集荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	3.5	4.3-0.01L	3.0

出典：SB001-2015

### 4) 衝撃係数

衝撃係数は、表 3.2.6～表 3.2.8 に示すとおりである。

表 3.2.6 クラス A 荷重の衝撃係数

支間長 (L)	$L < 3\text{m}$	$3\text{m} \leq L \leq 45\text{m}$	$L > 45\text{m}$
コンクリート橋	50%	$4.5/(6+L)$	8.8%
鋼橋	54.5%	$9/(13.5+L)$	15.4%

出典：SB001-2015

表 3.2.7 クラス 70R の衝撃係数 (コンクリート橋)

支間長 (L)	$L < 12\text{m}$	$12\text{m} \leq L \leq 45\text{m}$	$L > 45\text{m}$
コンクリート橋	25%	$4.5/(6+L)$	8.8%

出典：SB001-2015

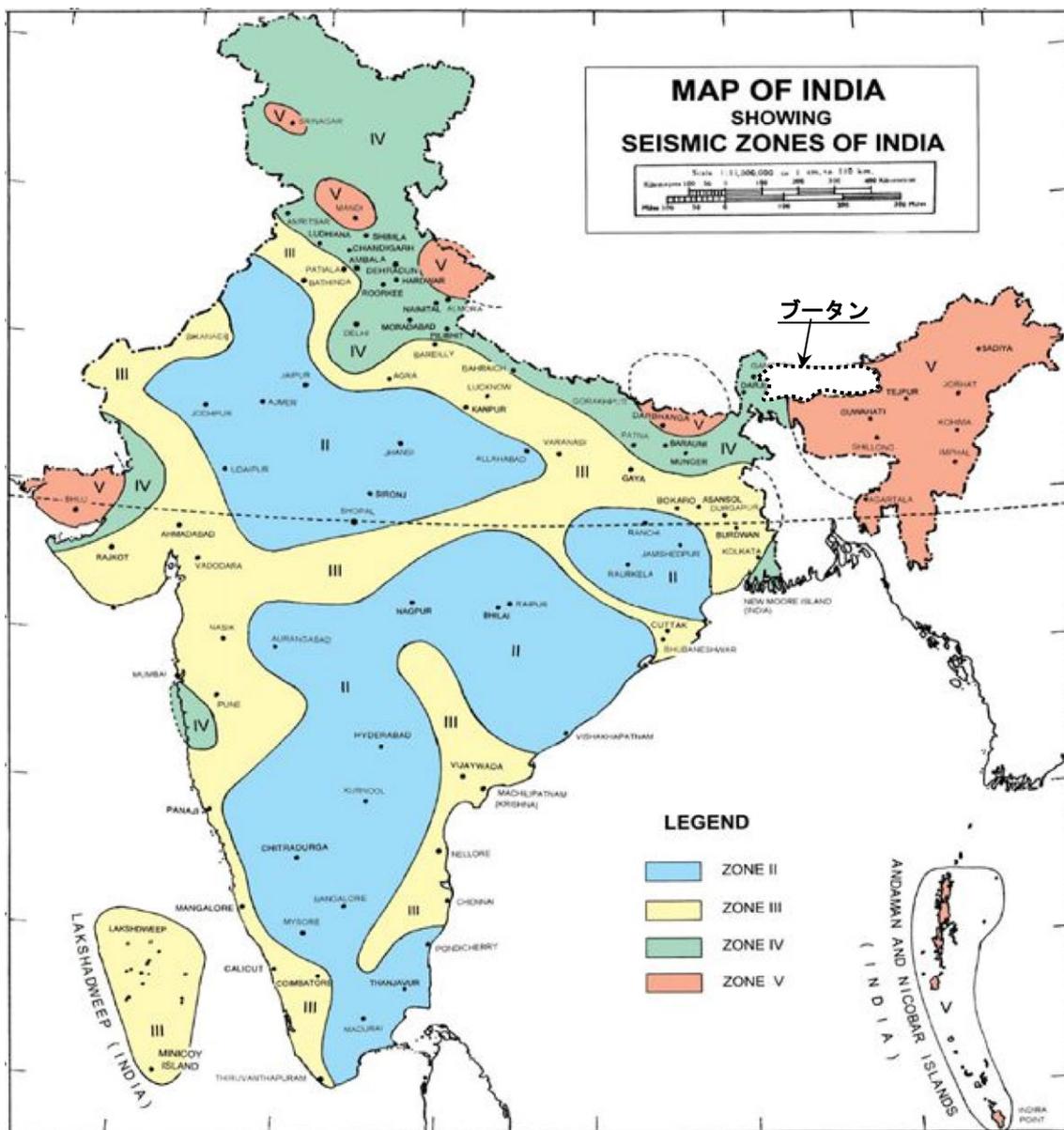
表 3.2.8 クラス 70R の衝撃係数（鋼橋）

支間長 (L)	$L \leq 23m$	$23m < L \leq 45m$	$L > 45m$
鋼橋	25%	$9/(13.5+L)$	15.4%

出典：SB001-2015

### (3) 地震荷重

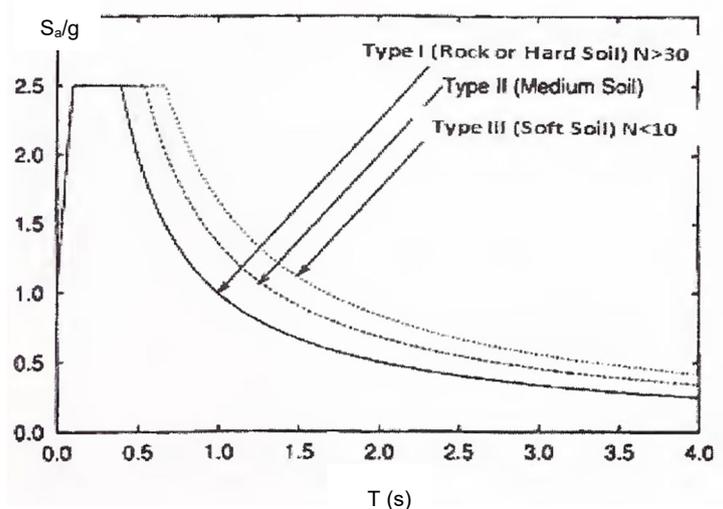
地震のゾーンは、インドの地震マップを参考とした。事業対象地域はゾーン V に該当することから、地域係数 Z は 0.36 となる。



出典：IRC:SP:114-2018

図 3.2.7 インドの地震ゾーンマップ

地震荷重は、IRC: 6-2017 および IRC:SP114-2018 に準拠して算出する。また、設計水平震度は図 3.2.8 に示す応答スペクトルを基に算出する。



出典：SB001-2015

図 3.2.8 応答スペクトル

設計水平震度の算出は下記の公式を用いて算出する。

$$F_{eq} = A_h = (Z/2) \times (I/R) \times (S_a/g)$$

ここに、

$F_{eq}$ ： 地震抵抗力

$A_h$ ： 地震力係数

$Z$ ： 地域係数 ( $Z=0.36$ )

$I$ ： 重要度係数 ( $I=1.5$ )

$R$ ： 返答低減係数

$S_a/g$ ： 応答係数 (図 3.2.8 より算出)

#### (4) 風荷重 (WL)

風荷重は、SB001-2015 に準拠して算出する。

##### 1) 基本風速

プロジェクト地域での時間平均風速は 47m/s である。また、時間平均風速より算出される時間平均風荷重を表 3.2.9 に示す。

表 3.2.9 時間平均風荷重（時間平均風速 47m/s）

陸上からの 橋梁位置	橋梁位置					
	平地		障害物のある地形		丘陵・山岳地帯	
	Vz (m/s)	Pz (N/mm <sup>2</sup> )	Vz (m/s)	Pz (N/mm <sup>2</sup> )	Vz (m/s)	Pz (N/mm <sup>2</sup> )
10m 以下	39.60	940.90	25.35	385.55	27.75	462.65
10~15m	41.60	1038.35	27.90	467.05	30.55	560.45
15~20m	43.15	1117.15	29.90	536.40	32.75	643.70
20~30m	44.70	1198.85	32.45	631.80	35.55	758.15
30~50m	47.10	1331.10	35.45	754.00	38.85	904.80
50~60m	47.85	1373.80	36.45	797.15	39.95	956.60
60~70m	48.40	1405.55	37.30	834.80	40.85	1001.75
70~80m	49.00	1440.60	38.30	880.15	41.95	1056.20
80~90m	49.70	1482.05	39.15	919.65	42.90	1103.60
90~100m	50.30	1518.05	40.15	967.20	44.00	1160.65

出典：SB001-2015

## 2) 上部工設計風荷重

### (a) 橋軸直角方向風荷重

橋軸直角方向風荷重は下記の公式を用いて算出する。

$$FT = PZ \times A_1 \times G \times CD$$

ここに、

P<sub>Z</sub>：時間平均風荷重（N/m<sup>2</sup>）

A<sub>1</sub>：面積（m<sup>2</sup>）

G：突風係数（支間長 150m 未満の場合：2.0）

C<sub>D</sub>：橋梁形状に応じた抗力係数（表 3.2.10）

表 3.2.10 抗力係数（C<sub>D</sub>）

	床版橋	1 主桁および 1 箱桁の場合		2 主桁以上および 2 箱桁 以上の場合	プレートガーダー橋	
		b/d=2.0	b/d>6		1 主桁	2 主桁以上
C <sub>D</sub> 値	1.1	1.5	1.3	1 主桁および 1 箱桁の場 合の C <sub>D</sub> の値の 1.5 倍	2.2	2x(1+c/20D) ただし最大は 4

注：b は床版幅、d は床版厚、c は主桁間隔、D は桁高

出典：SB001-2015

### (b) 橋軸方向風荷重

橋軸方向風荷重は、桁橋、箱桁橋、プレートガーダー橋の場合、橋軸直角方向風荷重の 25% とし、トラス橋の場合、橋軸直角方向風荷重の 50% とする。

### (c) 鉛直方向風荷重

鉛直方向風荷重は下記の公式を用いて算出する。

$$F_v = P_z \times A_3 \times G \times C_L$$

ここに、

$P_z$  : 時間平均風荷重 (N/m<sup>2</sup>)

$A_3$  : 面積 (m<sup>2</sup>)

$C_L$  : リフト係数 (床版橋、箱桁橋、I 桁橋、プレートガーダー橋の場合 : 0.75)

$G$  : 突風係数 (支間長 150m 未満の場合 : 2.0)

(d) 活荷重に作用する風荷重

a) 橋軸直角方向

橋軸直角方向風荷重の式を用いて算出する。 $C_D$  は 1.2 とする。また、活荷重の面積は橋長×高さ (3m) とする。

b) 橋軸方向

活荷重に作用する橋軸方向風荷重は、活荷重に作用する橋軸直角方向風荷重の 25% とする。

(5) 温度

1) 設計温度範囲

温度荷重は「ブ」国基準に準拠して、表 3.2.11 の通りとする。

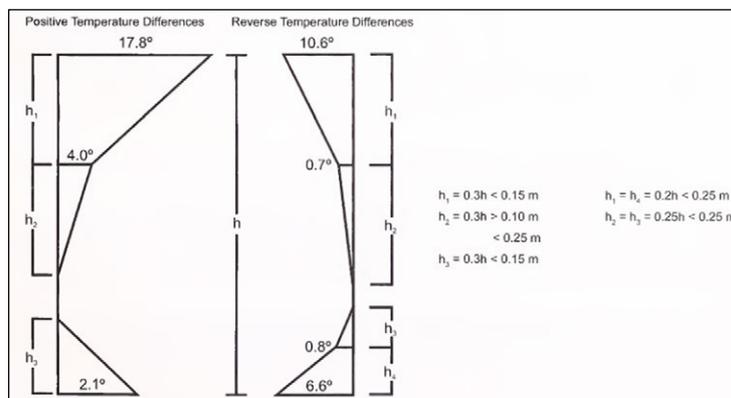
**表 3.2.11 設計温度範囲**

橋梁	鋼橋	コンクリート橋
パクダン橋、ダーダリ橋、 リビダン橋、ローリン橋	-18~50°C	-12~27°C
ナムリン橋	-35~50°C	-18~24°C

出典 : SB001-2015

2) 温度差

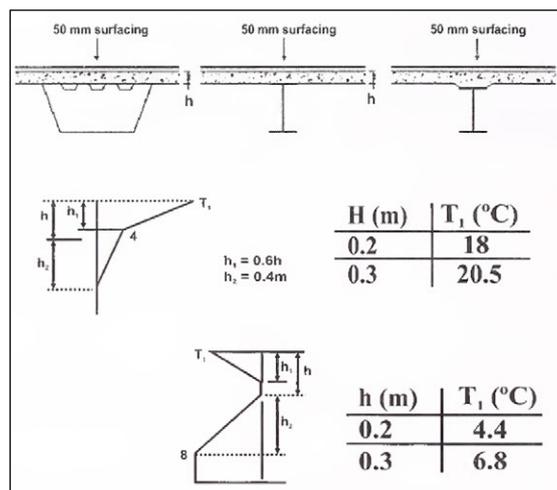
コンクリート床版の温度差は、SB001-2015 に準拠して、図 3.2.9 に示すような温度差を想定する。図 3.2.9 の温度差は、舗装厚 50mm の時に適用される。



出典 : SB001-2015

**図 3.2.9 コンクリート床版の温度差**

また、鋼橋については、図 3.2.10 に示すような温度差を想定する。図 3.2.10 の温度差は、舗装厚 50mm の時に適用される。



出典：SB001-2015

図 3.2.10 鋼橋の温度差

### 3.2.8 使用材料

#### (1) コンクリート

DoST と協議した結果、部材毎に使用するコンクリートの強度は表 3.2.12 に示す通りとする。

表 3.2.12 コンクリート

適用部材	圧縮強度 (MPa)
上部工 (RC 橋)	25
上部工 (PC 橋)	30
下部工	25
基礎工	25

出典：JICA 調査団

#### (2) 鉄筋

DoST と協議した結果、表 3.2.13 に示す鉄筋を使用する。

表 3.2.13 鉄筋種別および降伏強度

種別	降伏強度 (MPa)	ヤング係数 (GPa)
Fe 500	500	200

出典：IRC: 112-2020

#### (3) 鋼材

DoST と協議した結果、表 3.2.14 に示す鋼材を使用する。

表 3.2.14 鋼材

種別	引張強度 (MPa)
SMA400W	400
SMA490W	490
SMA570W	570

出典：JICA 調査団

#### (4) PC 鋼材

PC 鋼材は IRC: 112-2020 に準拠し、PC 鋼材種別および降伏応力度を表 3.2.15 に示す。

表 3.2.15 PC 鋼材種別および降伏強度

クラス	PC 鋼材種別	断面積 (mm <sup>2</sup> )	降伏強度 (kN)	降伏強度 (低リラクセーション) (kN)
I	11.1mm 7 本より	70.0	105.86	108.00
	12.7mm 7 本より	92.9	139.60	144.10
	15.2mm 7 本より	139.0	192.83	216.20
II	11.1mm 7 本より	74.2	117.21	124.10
	12.7mm 7 本より	98.8	156.11	165.30
	15.2mm 7 本より	140.0	222.23	234.60

出典：IRC: 112-2020

### 3.3 協力対象橋梁の選定

「ブ」国側からの要請は、モンガル県における PNH-1 上の 5 橋梁（ナムリン橋、パクダン橋、ダーダリ橋、リビダン橋、ローリン橋）の架け替えであるが、事業予算の制約上、全ての橋梁を架け替えることは難しく、架け替え対象橋梁を絞り込む必要がある。そこで、緊急性、施工難易度、裨益効果、落橋時の社会的影響、環境規制、事業費等の多角的な視点を用いて、比較検討を行って総合的に評価し、対象橋梁を選定する。

#### 3.3.1 橋梁の順位付け

現地調査及び DoST と協議を行った結果、通行止めのリスク及び施工難易度が高い橋梁を協力対象橋梁として選定することが重要であると判断した。この理由として、調査対象橋梁は、「ブ」国で最も重要な PNH-1 上に位置しており、通行止めとなった場合の物資の輸送や救急医療へ与える負の影響が非常に大きいこと、また施工難易度が高い橋梁は、DoST 独力では建設できないため、落橋するまで適切な対応が取られない可能性が高いためである。このことを踏まえ、下記の指標を設定した。

##### 構造健全度

本調査対象橋梁は、代替ルートが容易に確保できない PNH-1 上に位置するため、部材に発生した損傷や経年劣化により構造強度が低下した結果、落橋が発生した場合、周辺住民の生活に対する大きな支障となるだけでなく、同国道の広域道路ネットワークとしての機能不全に陥ること

が危惧される。したがい、対象橋梁の健全度の調査・評価を実施して、落橋リスクの順位付けを行う。

#### 河川災害リスク

本調査対象橋梁が架かる河川は、急峻な山岳地帯を流れるものが多く、また、ナムリン橋やダグダリ橋のように、上流の山肌から崩落した土砂や岩塊が土石流となって、下流の橋梁を流失させた事例も有る。したがい、上述した「構造健全度」と同様に、橋梁が流失した場合の、地域やネットワークに対する負の影響の深刻度を鑑みて、水理・水文調査・解析を実施して、各河川の災害リスクの順位付けを行う。

#### 道路斜面安定性

橋梁取付道路区間の斜面が崩壊し、道路が通行不能な状態になった場合、上述 2 項目と同様に地域やネットワークに対する負の影響が懸念されるため、各斜面の安定性にかかる調査・評価を実施して、斜面崩壊リスクの順位付けを行う。

#### 施工難易度

DoST の橋梁設計・施工にかかる技術力は、ボックスカルバート、ベイリー橋、鉄筋コンクリート橋（RC 橋）や短径間（30m 未満）のプレストレストコンクリート橋（PC 橋）、及び鋼鈹桁橋の設計や施工ができるレベルであり、径間 30m 以上の PC 橋やトラス橋、アーチ橋を取り扱うことは困難である。本事業の新橋架橋位置によっては、橋長が長くなったり、地形制約のため技術的難易度の高い架設工法を採用する可能性があるため、各橋の施工難易度にかかる検討・評価を実施して順位付けを行う。

#### 既設橋落橋時の道路分断リスク

既設橋が落橋した際の仮設迂回路建設については、各橋周辺や河川内の地形条件によって施工難易度や施工期間が異なるため、これらが住民の移動や物資輸送に影響を及ぼすことが懸念される。したがい、各橋の道路分断リスクの検討・評価を実施して順位付けを行う。

#### 環境への影響（参考）

新橋／取付道路建設工事に伴う周辺地形の改変範囲の推定・評価を実施して、環境への影響にかかる順位付けを行う。

#### 裨益効果（既存交通への影響）

各既設橋の落橋時に生じる経済損失額を試算して、順位付けを行う。

上記で設定した評価項目を基に協力対象橋梁の順位付けを行った。その結果を表 3.3.1 に示す。

表 3.3.1 協力対象橋梁選定表

		ナムリン	パカダン	ダーダリ	リビダン	ローリン
緊急性	構造健全度 (上部工)	・ 現橋はベイヤ式で仮設構造物のため、長期間の供用は、本来望ましくない。 ・ 支間中央部でたわみが発生。 ・ トラス部材に部分的な腐食が発生。	・ 床版コンクリートの部分的な剥離により、鉄筋が露出。 ・ 施工不良によりジャンカ(骨材の偏り)が発生しているが、構造的に危機的な状態ではない。	・ 現橋はベイヤ式で仮設構造物のため、長期間の供用は、本来望ましくない。 ・ トラス部材に部分的な腐食や変形が発生。	・ 上部工に重篤な損傷(曲げひび割れ)が発生したため、現在、車両通行が禁止されている。	・ 床版コンクリートの部分的な剥離により、鉄筋の露出が見られる。 ・ しかし他4橋と比較して構造全体の健全度は最も高い。
	構造健全度 (下部工・基礎工)	・ 両岸基礎工の一部が露呈しているが、躯体自体には大きな損傷は見られない。	・ 左岸橋台に部分的な欠損が見られるが、補修済み。	・ 両岸のベイヤ架設用台座は比較的健全。 ・ 左岸側護岸工が部分的に損壊している。	・ 右岸橋台のひび割れが発達し、鉄筋露出を伴うコンクリート剥離が発生。 ・ 左岸橋台基礎部が洗堀により露呈。	・ 右岸側橋台(練石積)の部分的な欠損と基礎工に洗堀が発生。
	河川災害リスク	土石流発生区間に位置し、過去に発生した土石流により、上部工が数回流失した。	土石流堆積区間に位置しているが、橋梁への影響は低い。	土石流発生区間に位置し、2004年に発生した土石流により、ホックスカルパートが流失した。	土石流堆積区間に位置しているが、橋梁への影響は低い。	土石流堆積区間に位置しているが、橋梁への影響は低い。
	道路斜面安定性 (右岸)	・ 露呈した岩が垂直に切り立っており、部分的な落石を確認した。 ・ 本工事による掘削が発生するため、斜面对策工が必要。	・ 比較的緩勾配の斜面(土羽)は、既存擁壁も設置されているため、安定している。 ・ 拡幅工事が完了しており、本工事による掘削はほとんど発生しない。	・ 露呈した岩が垂直に切り立っており、落石のリスクがある。 ・ 本工事による掘削が発生するため、斜面对策工が必要。	・ 拡幅工事が完了しており、本工事による掘削は発生しない。 ・ しかし、岩主体の急勾配の斜面には、落石のリスクがあるため、斜面对策工が必要。	・ 岩と土砂混りの急勾配の斜面の中腹に岩塊が点在している。 ・ 本工事による掘削が発生するため、斜面对策工が必要。
	道路斜面安定性 (左岸)	・ 岩と土砂混りの急勾配の斜面の中腹に岩塊が点在している。 ・ 湧水が発生。 ・ 本工事による掘削が発生するため、斜面对策工が必要。	・ 拡幅工事が完了しており、本工事による掘削はほとんど発生しない。 ・ しかし、岩と土砂混りの急勾配の斜面には、落石のリスクがあるため、斜面对策工が必要。	・ 露呈した岩が垂直に切り立っており、落石のリスクがある。 ・ 本工事による掘削が発生するため、斜面对策工が必要。	・ 拡幅工事が完了しており、本工事による掘削は発生しない。 ・ しかし、岩と土砂混りの急勾配の斜面には、落石のリスクがあるため、斜面对策工が必要。	・ 岩と土砂混りの急勾配の斜面の中腹に岩塊が点在している。 ・ 本工事による掘削が発生するため、斜面对策工が必要。
施工難易度	・ 河川内の谷が深く、かつ施工用地が狭いため、橋梁・斜面对策工ともに難易度が高い。	・ 河川内が浅く固定支保工による橋梁施工が可能。 ・ 斜面对策工の難易度は中程度。	・ 河川内は深い固定支保工による橋梁施工が可能。 ・ 斜面对策工の難易度は高い。	・ 河川内が浅く固定支保工による橋梁施工が可能。 ・ 斜面对策工の難易度は中程度。	・ 河川内が浅く固定支保工による橋梁施工が可能。 ・ 斜面对策工の難易度は高い。	
既設橋落橋時の道路分断リスク	上流側に盛土による迂回路の建設は可能であるが、土石流による流失のリスクが高い。	河川内が浅いため、上流側に盛土による迂回路の建設は比較的容易。	河川内が深いため、迂回路の建設は難しく、復旧に時間がかかる。	河川内が浅いため、上流側に盛土による迂回路の建設は比較的容易。	河川内が浅いため、上流側に盛土による迂回路の建設は比較的容易。	
工事による地形改変のレベル (参考)	両岸の斜面对策工による、地形の改変面積が大きい。	左岸側に斜面对策工が必要であるが、地形の改変面積は5橋中で最小。	左岸側の斜面对策工による、地形の改変面積が大きい。	両岸に斜面对策工が必要であるが、地形の改変面積は中程度。	両岸に斜面对策工が必要であるが、地形の改変面積は中程度。	
裨益効果 (既存橋落橋の場合に生じる経済損失額)	約211,000USD	約15,000USD	約32,000USD	約22,000USD	約16,000USD	
評価	架替優先度1位	架替優先度5位	架替優先度2位	架替優先度3位	架替優先度3位	

出典：JICA 調査団