

ブータン国  
公共事業・定住省 道路局 (DoR)

ブータン国  
道路斜面管理マスタープラン調査  
プロジェクト

ファイナルレポート  
【和文要約編】

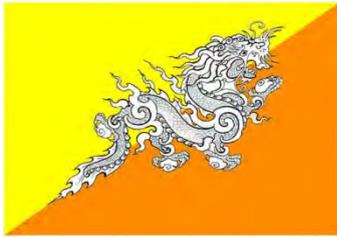
平成 28 年 8 月  
(2016 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

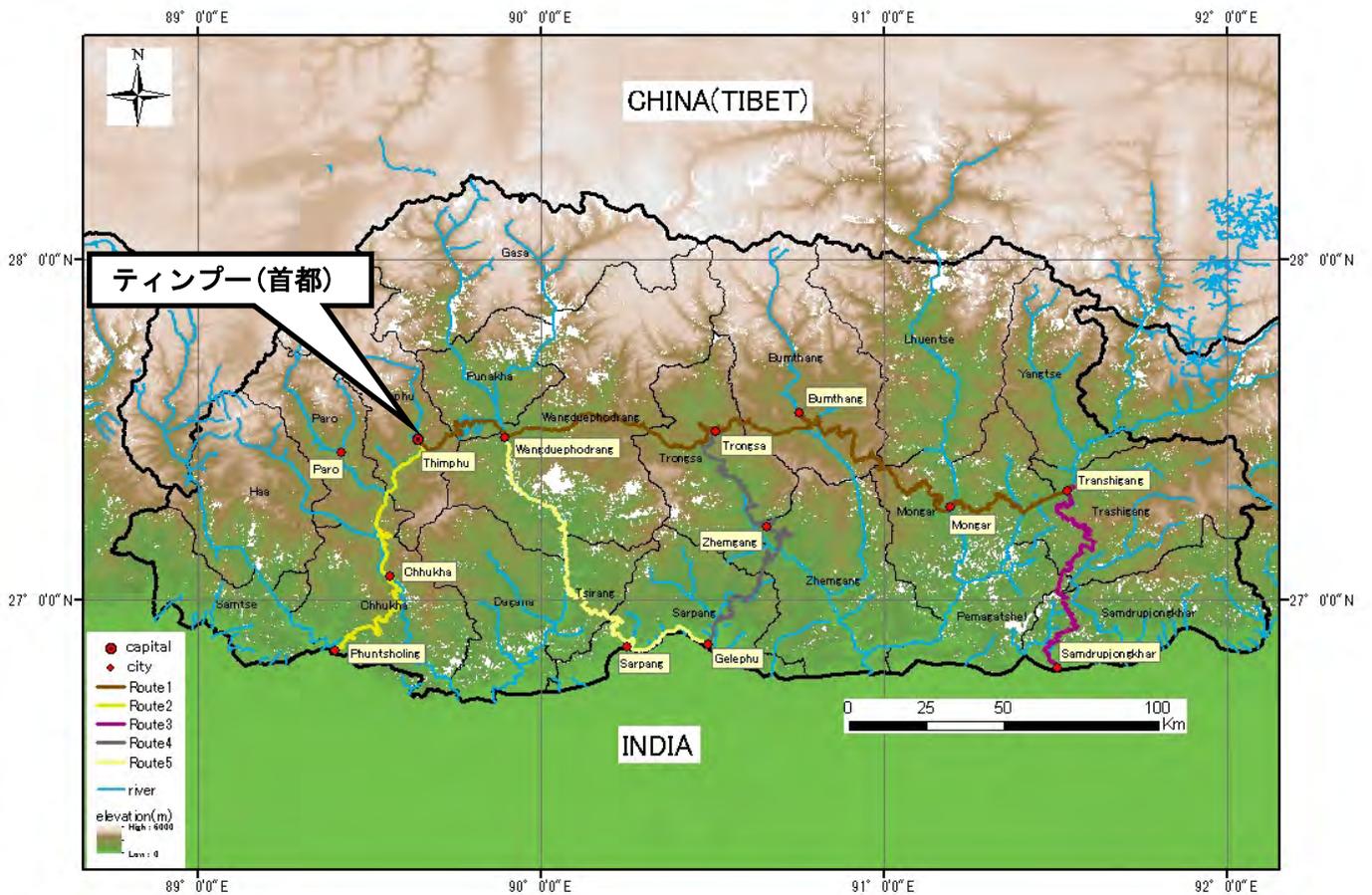
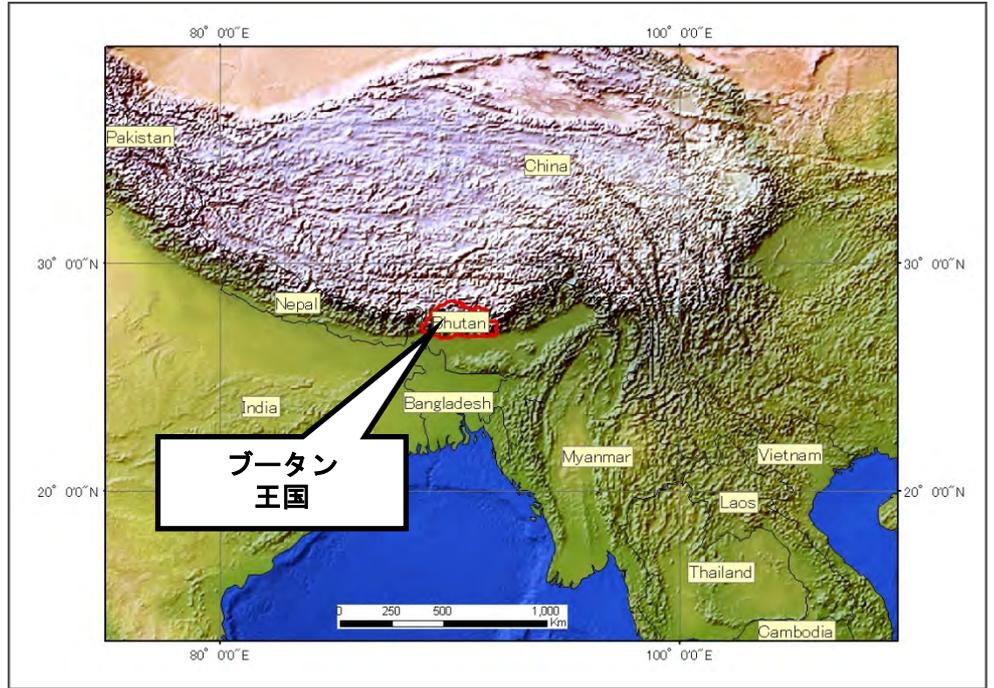
国際航業株式会社  
株式会社地球システム科学  
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル  
OYO インターナショナル株式会社



# 本プロジェクト における 調査位置図



Bhutan National Flag



調査位置図

## 通貨換算率

1 USD = 67.0887 BTN  
= 104.44 JPY

100 BTN = 1.492 USD  
= 155.83 JPY

BTN: ブータン・ニュルタム

2016年7月15日時点



道路局表敬訪問  
2014年7月10日(Thimphu)



第1回ステアリング・コミッティ  
2014年7月30日(Thimphu)



第1回セミナー「道路斜面災害の基礎」  
2014年8月19日(Thimphu)



JETによる斜面防災点検  
2014年10月2日(Trongsa)



第2回セミナー「防災点検・空中写真判読」  
2014年10月9日(Trongsa)



第3回セミナー「現場における防災点検【概要】」  
2014年12月10日(Trongsa)



第4回セミナー「現場における防災点検【方法論】」  
2014年11月21日(Trongsa)



第5回セミナー「道路斜面台帳の作成」  
2014年12月19日(Dochula)



第6回セミナー「道路維持管理・GIS データベース基礎」  
2015年2月6日(Trongsa)



第1回技術移転ワークショップ  
2015年2月17日(Thimphu)



第1回技術移転ワークショップ  
2015年2月17日(Thimphu)



第7回セミナー「GPS活用とGIS変換」  
2015年6月11日(Thimphu)



第8回セミナー「現場における防災点検【トレーニング】」  
2015年4月14日(Trongsa)



現地再委託業者による掘削作業  
2015年6月 (Bangla Pokto Area)



第9回セミナー「地質調査【実践】」  
2015年7月4日(Trongsa)



第10回セミナー「防災点検と斜面カルテ・地質調査【理論】」  
2015年7月6日(Thimphu)



本邦研修 (2015年7月8日-26日)



本邦研修 (2015年7月8日-26日)



第11回セミナー「カルテ点検」  
2015年8月28日(Lingmetheng)/9月4日(Trongsa)



第12回セミナー「斜面对策工」  
2015年10月20日(Thimphu)/10月26日(Trongsa)



第2回技術移転ワークショップ  
2015年10月21日(Thimphu)



第2回ステアリング・コミッティ  
2015年10月21日(Thimphu)



第2回技術移転ワークショップ  
2015年10月26日(Trongsa)



第13回セミナー「GISによるRegional Map作成」  
2015年12月22日(Thimphu)



第 14 回セミナー「GIS による Regional Map 作成 QGIS による地形解析・地形図作成」  
2016 年 1 月 15 日 (Thimphu) / 1 月 18 日 (Trongsa)



第 15 回セミナー「GIS によるマップ作成、GPS 道路線形取得と GIS 取込み方法、道路斜面維持管理、道路防災点検」  
2016 年 3 月 23-25 日 (Phuentsholing)



第 16 回セミナー「斜面对策の優先順位」  
2016 年 4 月 15 日 (Thimphu)



第 17 回セミナー 「GIS 斜面防災データベース 1」2016 年 6 月 1 日 (Thimphu)



DFR 及びマニュアル等の提出  
2016 年 6 月 8 日 (Thimphu)



第 3 回ステアリング・コミッティ  
2016 年 6 月 9 日 (Thimphu)



第3回ステアリング・コミッティ(供与機材引渡しに係る署名)  
2016年6月9日(Thimphu)



供与機材(車両)



第3回技術移転ワークショップ  
2016年6月10日(Thimphu)



第3回技術移転ワークショップ  
2016年6月10日(Thimphu)



第18回セミナー「GIS 斜面防災データベース 2」,  
2016年6月20-29日(Lobeysa, Transhigang, Thimphu  
and Phuentsholing)



第18回セミナー「GIS 斜面防災データベース 2」,  
2016年6月20-29日(Lobeysa, Transhigang, Thimphu  
and Phuentsholing)

# 目次

位置図  
プロジェクト写真  
目次  
図リスト  
表リスト  
略語表

ページ

<b>1</b>	<b>序論</b> .....	<b>1-1</b>
1.1	プロジェクトの概要 .....	1-1
1.2	プロジェクトの背景 .....	1-2
1.3	プロジェクトの目的 .....	1-3
	1.3.1 プロジェクト目標 .....	1-3
	1.3.2 期待される成果 .....	1-3
1.4	プロジェクトの実施範囲 .....	1-4
	1.4.1 調査地域 .....	1-4
	1.4.2 相手国関係機関 .....	1-4
	1.4.3 業務の期間 .....	1-4
	1.4.4 JICA調査団 .....	1-5
	1.4.5 カウンターパート .....	1-5
1.5	主要活動 .....	1-6
<b>2</b>	<b>マニュアル作成</b> .....	<b>2-1</b>
2.1	防災点検マニュアルの検討 .....	2-1
2.2	帳票フォーマットの検討 .....	2-3
2.3	斜面災害タイプの定義 .....	2-10
2.4	標準的な斜面对策工の設定 .....	2-16
	2.4.1 ハード対策 (Structural Measure) .....	2-16
	2.4.2 ソフト対策 (Non-structural Measure) .....	2-18
2.5	地形解析手法マニュアル .....	2-19
<b>3</b>	<b>斜面防災点検</b> .....	<b>3-1</b>
3.1	全国の地形、災害履歴及び対策工に関する情報収集 .....	3-1
3.2	危険度の判定と調査実施区間の選定 .....	3-2
	3.2.1 国道の概要 .....	3-2
	3.2.2 調査実施区間 .....	3-2
3.3	斜面のスクリーニング .....	3-4
	3.3.1 机上スクリーニング .....	3-4

3.3.2	調査実施区間の絞込み.....	3-6
3.4	調査対象斜面の選定 .....	3-9
3.5	道路斜面台帳の作成 .....	3-10
3.5.1	道路斜面台帳の作成方法と計画.....	3-10
3.5.2	危険度評価（ランク）の考え方.....	3-15
3.5.3	点検結果とりまとめ.....	3-16
3.6	追加調査の実施 .....	3-27
3.7	地形解析 .....	3-29
3.7.1	既存資料を活用した道路基図の作成.....	3-29
3.7.2	写真図化による地形解析.....	3-31
3.8	ブータンにおけるインフラ開発 .....	3-33
3.8.1	公共事業・定住省 道路局（MoWHS）の組織概要 .....	3-33
3.8.2	道路局（DoR）の組織概要 .....	3-34
3.9	ブータン国における道路維持管理 .....	3-36
3.9.1	DoRにおける道路維持管理業務 .....	3-36
3.9.2	道路維持管理の課題.....	3-37
<b>4</b>	<b>斜面カルテ作成 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	道路斜面災害要因の分析 .....	4-1
4.1.1	危険度分析の方法.....	4-1
4.1.2	危険度分析の結果.....	4-2
4.2	斜面カルテの作成 .....	4-8
4.2.1	斜面カルテのフォーマット検討.....	4-8
4.2.2	斜面カルテの作成方法と計画.....	4-12
4.2.3	斜面カルテに係る環境社会配慮条件.....	4-15
4.3	対策工が必要な斜面の優先度 .....	4-17
4.3.1	危険斜面の緊急性.....	4-18
4.3.2	対策工の実行可能性.....	4-18
4.3.3	斜面対策工実施の優先度.....	4-20
4.4	斜面カルテ点検の実施 .....	4-21
4.4.1	斜面カルテ点検の準備.....	4-21
4.4.2	斜面カルテ点検結果とりまとめ.....	4-21
<b>5</b>	<b>斜面防災データベース整備 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	斜面防災データベース概要 .....	5-1
5.2	モジュール及びシステム構成 .....	5-2
5.3	GISマップ機能.....	5-5
5.4	GISデータベースに係る技術移転.....	5-6
5.4.1	ブータン国道路の再分類作業.....	5-6
5.5	斜面防災データベース運用マニュアルの作成 .....	5-8

<b>6</b>	<b>DoRへの助言 .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	DoRにより施工されている既存の斜面对策工についての助言 .....	6-1
	6.1.1 ブータンでの典型的な道路斜面災害 .....	6-1
	6.1.2 斜面对策工 .....	6-1
6.2	JICA無償事業（トンネルプロジェクト）検討の背景 .....	6-3
	6.2.1 国道の重要性及びボトルネック箇所 .....	6-3
	6.2.2 本邦技術適用の必要性 .....	6-3
	6.2.3 プロジェクトの概要 .....	6-3
6.3	JICA無償事業（トンネルプロジェクト）に係る助言 .....	6-5
<b>7</b>	<b>技術移転 .....</b>	<b>7-1</b>
7.1	技術移転の方法論 .....	7-1
	7.1.1 技術移転の基本方針 .....	7-1
	7.1.2 技術移転の方法 .....	7-1
7.2	技術移転の構造 .....	7-2
7.3	技術移転ワークショップ .....	7-4
7.4	セミナー .....	7-5
7.5	本邦研修 .....	7-6
7.6	広報 .....	7-8
7.7	ステアリング・コミッティ .....	7-9
7.8	道路斜面管理マスタープランの策定に向けて .....	7-10

## 図リスト

	ページ
図 1.4.1	プロジェクトの調査地域..... 1-4
図 1.5.1	活動フローチャート..... 1-7
図 2.2.1	箇所別記録表の例..... 2-4
図 2.2.2	岩盤斜面崩壊・土砂斜面崩壊の安定度調査表の例..... 2-5
図 2.2.3	地すべりの安定度調査表の例..... 2-6
図 2.2.4	土石流の安定度調査表の例..... 2-7
図 2.2.5	岩盤斜面崩壊・土砂斜面崩壊・地すべりの写真帳の例..... 2-8
図 2.2.6	土石流の写真帳の例..... 2-9
図 2.3.1	斜面災害の分類..... 2-10
図 2.3.2	米国地質調査所による斜面災害タイプの区分..... 2-11
図 2.3.3	米国地質調査所と本報告書の災害区分の比較..... 2-12
図 2.3.4	ブータンにおける道路土砂斜面崩壊の状況..... 2-14
図 2.3.5	斜面災害の区分と斜面観察における留意点..... 2-15
図 2.5.1	地形解析マニュアルのサンプル..... 2-20
図 3.2.1	調査実施区間の位置図..... 3-3
図 3.3.1	机上スクリーニング作業のフロー図..... 3-4
図 3.3.2	Section 1の対象区間の位置図（縮尺：1:162,500）..... 3-6
図 3.3.3	Section 2の対象区間の位置図（縮尺：1:120,000）..... 3-7
図 3.3.4	Section 3の対象区間の位置図（縮尺：1:100,000）..... 3-7
図 3.3.5	対象区間の始点および終点の状況..... 3-8
図 3.5.1	道路斜面点検の流れ..... 3-10
図 3.5.2	流れ盤の例..... 3-12
図 3.5.3	不透水性基盤岩上の土砂..... 3-12
図 3.5.4	キャップロック構造の例..... 3-12
図 3.5.5	不安定な周辺岩盤の状況..... 3-13
図 3.5.6	斜面の高さや傾斜の計測手法..... 3-14
図 3.5.7	斜面の地形の特異性..... 3-14
図 3.5.8	各ランクの典型的斜面の例..... 3-16
図 3.6.1	サイト1の地質断面図..... 3-28
図 3.7.1	10,000分の1道路基図作成範囲..... 3-29
図 3.7.2	道路基図例..... 3-30
図 3.7.3	GIS技術に関する技術移転..... 3-31
図 3.7.4	地形データの違いによる比較（左図：SRTM、右図：PhotoScan）..... 3-32
図 3.8.1	MoWHS組織図..... 3-33
図 3.8.2	DoR組織図..... 3-34
図 4.1.1	数量化理論による解析法イメージ..... 4-1
図 4.1.2	説明変数として用いた安定度調査表の例..... 4-2
図 4.1.3	土砂斜面崩壊のカテゴリースコア..... 4-3
図 4.1.4	岩盤斜面崩壊の新安定度調査表..... 4-5
図 4.1.5	土砂斜面崩壊の新安定度調査表..... 4-6
図 4.1.6	地すべりの新安定度調査表..... 4-7
図 4.2.1	道路における斜面カルテ点検の位置づけ..... 4-8
図 4.2.2	斜面カルテ点検シートAの例..... 4-9
図 4.2.3	斜面カルテ点検シートBの例..... 4-10
図 4.2.4	斜面カルテ点検の写真帳の例..... 4-11
図 4.2.5	斜面崩壊の生じやすい地形地質条件..... 4-12
図 4.2.6	一般的な点検範囲..... 4-13
図 4.2.7	一般的な岩盤斜面崩壊点検のポイント..... 4-14

図 4.2.8	一般的な土砂斜面崩壊点検のポイント .....	4-14
図 4.3.1	優先度の評価フロー .....	4-17
図 5.2.1	道路斜面台帳の閲覧機能サンプル .....	5-2
図 5.2.2	GISマップ内の地すべりポリゴン .....	5-3
図 5.2.3	Androidシステムの道路災害・通行止め情報システム .....	5-4
図 5.4.1	技術移転セミナー風景 .....	5-7
図 5.5.1	手引書の目次 .....	5-8
図 6.2.1	Thumang Cliffの提案バイパスルート .....	6-3
図 6.2.2	Reotala Cliffの提案バイパスルート .....	6-4
図 7.2.1	技術移転と再技術移転の模式図 .....	7-2
図 7.2.2	ThimphuとTrongsaでの技術移転 .....	7-3

## 表リスト

	ページ
表 1.4.1 JICA調査団 .....	1-5
表 1.4.2 ステアリング・コミッティ .....	1-5
表 1.4.3 ワーキング・グループ .....	1-5
表 2.1.1 防災点検マニュアルの構成 .....	2-2
表 2.4.1 標準的な斜面災害対策工の概要 .....	2-17
表 2.5.1 地形解析マニュアルの内容 .....	2-19
表 3.2.1 調査区間 .....	3-3
表 3.3.1 二次スクリーニング作業注目点 .....	3-5
表 3.3.2 二次スクリーニング作業結果 .....	3-5
表 3.3.3 調査区間の選定 .....	3-6
表 3.5.1 地形的要素 .....	3-10
表 3.5.2 表土、周辺岩盤の安定性の基準 .....	3-13
表 3.5.3 ブータンにおける危険度ランク .....	3-15
表 3.5.4 現場点検の仕様 .....	3-16
表 3.5.5 点検一覧表(1) .....	3-18
表 3.5.6 点検一覧表(2) .....	3-19
表 3.5.7 点検一覧表(3) .....	3-20
表 3.5.8 点検一覧表(4) .....	3-21
表 3.5.9 点検一覧表(5) .....	3-22
表 3.5.10 点検一覧表(6) .....	3-23
表 3.5.11 セクションごとの対象斜面数 .....	3-23
表 3.5.12 災害種別ごとの対象斜面数 .....	3-24
表 3.5.13 危険度ランクごとの対象斜面数 .....	3-24
表 3.5.14 災害種別ごとの危険度ランクの数 .....	3-24
表 3.5.15 セクションごとの危険度ランクの数 .....	3-25
表 3.5.16 災害タイプ・危険度ランクごとの安定度調査表の得点（山側斜面） .....	3-25
表 3.5.17 災害タイプ・危険度ランクごとの安定度調査表の得点（谷側斜面） .....	3-26
表 3.6.1 追加調査一覧 .....	3-27
表 3.8.1 MoWHS設立にかかる年表 .....	3-33
表 3.8.2 主な業務と技術者数 .....	3-35
表 3.9.1 道路種別による延長（2015年6月） .....	3-36
表 3.9.2 道路種別による道路延長の推移 .....	3-36
表 3.9.3 DoRの年間予算 .....	3-37
表 4.1.1 土砂斜面崩壊のカテゴリーレンジと偏相関係数 .....	4-3
表 4.2.1 斜面カルテ点検の記載事項 .....	4-12
表 4.2.2 点検範囲の概要 .....	4-13
表 4.2.3 主要対策工に対する環境社会配慮項目の影響程度 .....	4-15
表 4.3.1 緊急性評価結果 .....	4-18
表 4.3.2 工事規模評価基準 .....	4-19
表 4.3.3 実行可能性評価のための項目点数配分 .....	4-19
表 4.3.4 実行可能性評価結果 .....	4-20
表 4.4.1 斜面カルテ一覧表(1) .....	4-22
表 4.4.2 斜面カルテ一覧表(2) .....	4-23
表 4.4.3 斜面カルテ一覧表(3) .....	4-24
表 4.4.4 斜面カルテの対象斜面数 .....	4-25
表 4.4.5 早急な補修作業が必要な斜面の数 .....	4-25
表 4.4.6 カルテ作業の結果によるランクの改訂 .....	4-26
表 5.3.1 GISマップレイヤー分類表 .....	5-5

表 7.1.1	技術移転の目的と内容.....	7-1
表 7.2.1	ワーキング・グループ.....	7-2
表 7.4.1	実施セミナー一覧.....	7-5
表 7.5.1	本邦研修の日程表.....	7-6

## 略 語 表

略語	英語	日本語
AE	Assistant Engineer	アシスタント・エンジニア
AH	Asian Highway	主要国道
CE	Chief Engineer	チーフ・エンジニア
CGISC	Centre for GIS Co-ordination	GIS 連携センター
C/P	Counterpart	カウンターパート
De	Difficulty of work	対策工の難易度
DEM	Digital Elevation Model	標高モデル
DSM	Digital Surface Model	地表モデル
DF/R	Draft Final Report	ドラフト・ファイナルレポート
DoR	Department of Roads	道路局
EE	Executive Engineer	エグゼクティブ・エンジニア
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNHC	Gross National Happiness Commission of Bhutan	国民総幸福委員会
GNSS	Global Network Satellite Survey	衛星測位システム
GPS	Global Positioning Satellite	全地球型測位システム
G2C	Government-to-Citizen	
ICT	Information Communication Technology	情報通信技術
Ise	Impact on social and environment (social and environmental impacts)	社会環境への影響度
IT/R	Interim Report	インテリム・レポート
JE	Junior Engineer	ジュニア・エンジニア
JET	JICA Expert Team	JICA 調査団
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MoWHS	Ministry of Works and Human Settlement	公共事業・定住省
NATM	New Austrian Tunneling Method	ナトム工法
NLC	National Land Commission	国家土地委員会
OJT	On-the-Job-Training	オン・ザ・ジョブ・トレーニング
PNH	Primary National Highway	主要国道
PRISM-DSM	Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping – Digital Surface Model	
PWD	Public Works Department	公共事業局
SC	Steering Committee	ステアリング・コミッティ
Sp	Score of Practicability	実行可能性スコア
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	シャトル立体地形データ
SW	Scale of work	対策工事の規模
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
WG	Working Group	ワーキング・グループ

# Chapter 1

---

---

序論

*Introduction*



# 1 序論

## 1.1 プロジェクトの概要

本レポートは、「ブータン国道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト（以下、本プロジェクト）」における 2014 年 8 月から 2016 年 7 月までの全活動結果をとりまとめたファイナルレポート（以下、F/R: Final Report）である。活動は、1) 防災点検マニュアルの作成、2) 道路斜面台帳と斜面カルテの作成、3) 斜面防災データベースの整備、4) パイロット・サイトに対する技術的助言、から構成される。

独立行政法人国際協力機構（以下、JICA: Japan International Cooperation Agency）は、本プロジェクトに対して 10 名の専門家からなる調査団（以下、JICA 調査団、本調査団）を派遣した。本プロジェクトは公共事業・定住省 道路局（以下、DoR, MoWHS: Department of Roads, Ministry of Works and Human Settlement）とともに実施し、実施時期は 2014 年 8 月から 2016 年 7 月までである。

## 1.2 プロジェクトの背景

ブータン王国（以下、ブータン）は、道路が主要な交通・輸送手段であり、効率的で安全な道路網整備がブータンの社会・経済の発展に不可欠である。国家開発大綱「ブータン 2020」\*<sup>1</sup>や「道路セクターマスタープラン（2007 - 2027）」\*<sup>2</sup>、「第 10 次五ヶ年計画（2008 - 2013）」\*<sup>3</sup>、「第 11 次五ヶ年計画（2013 - 2018）」\*<sup>4</sup>等が道路セクターの国家開発の軸となっており、実際に 1990 年に約 2,300km であった道路総延長は年々延伸している。特に「ブータン 2020」では、以下のような具体的数値目標を掲げ、大国家プロジェクトとして道路開発を強く推進している。

- 2007 年までに幹線道を 30t トラックが走行できるように改修する
- 2012 年までに全国民の 75% が半日の徒歩で到達するような道路網を形成する
- 2017 年までに第 2 東西道路（約 794km）を完成させる

しかしながら、国土の大部分が険しい山岳地帯で地質的地形的制約が大きく、道路の大部分が急傾斜地を通過しているため、十分な斜面防災対策を実施した道路はほとんどなく、斜面災害が頻発している。そのため、首都や国内の他地域から断絶される地域が発生し、農作物の出荷や人の移動に支障をきたしている。ブータン内の道路・橋梁の建設・維持管理を担う DoR は、道路斜面の緑化と補強を講じているものの、技術力及び経験の不足により、十分な斜面对策工を行えていない状況である。

このような背景のもと、ブータン政府は、斜面对策が必要な個所を把握し対策工を実施するための DoR の能力強化を目的とした技術協力を我が国に要請した。これを受け JICA は、ブータンの国道沿いの斜面对策に係るマスタープランを策定することによって必要な技術移転を図ることとし、開発計画調査型技術協力「道路斜面管理マスタープラン調査プロジェクト」を実施することとした。

## 1.3 プロジェクトの目的

### 1.3.1 プロジェクト目標

斜面防災点検手法を導入・定着させることにより、危険度の高い斜面を抽出し、道路斜面管理マスタープラン（調査、モニタリング、対策計画）の策定に資する。

### 1.3.2 期待される成果

成果 1：斜面防災点検・診断のマニュアルが作成される。

成果 2：選定された調査対象区間において、斜面防災点検（踏査・調査）が実施され、道路斜面台帳と斜面カルテが作成される。

成果 3：調査対象区間について、斜面カルテを含む斜面防災データベースが整備される。

成果 4：斜面カルテを作成した斜面のうち、DoR が斜面对策を実施する 1、2 箇所のパイロット・サイトに対して、助言が与えられる。

## 1.4 プロジェクトの実施範囲

### 1.4.1 調査地域

本プロジェクトにおける調査対象範囲は、国道1号線、4号線、5号線の下図の地域とする。

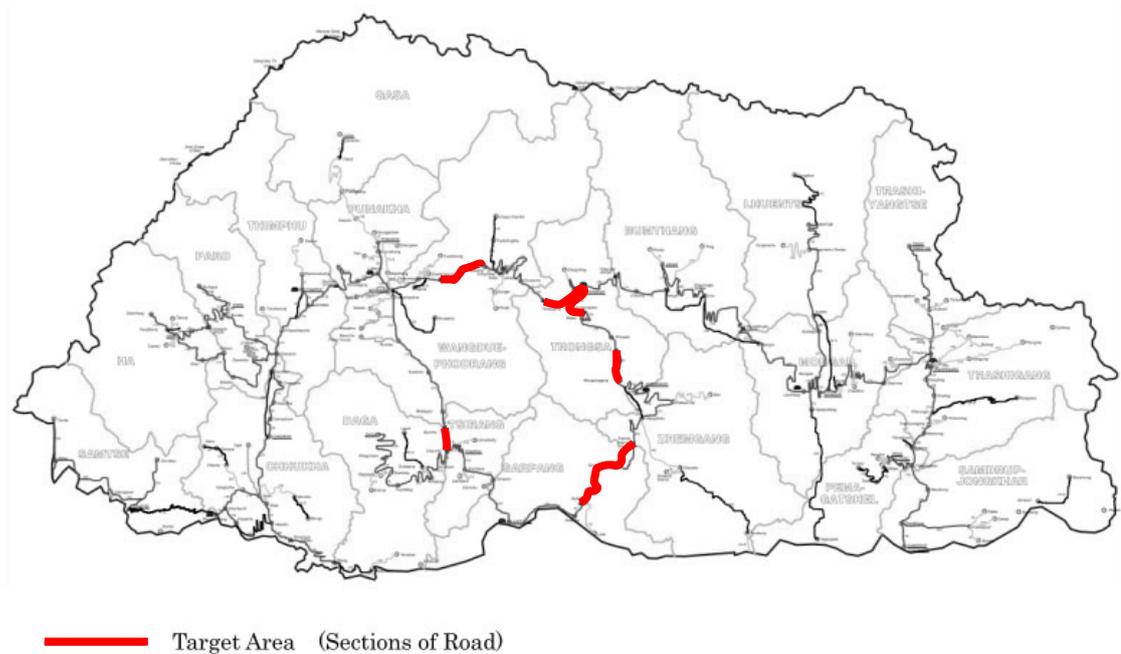


図 1.4.1 プロジェクトの調査地域 (出典: JICA 調査団)

### 1.4.2 相手国関係機関

- カウンターパート機関 (以下、C/P) : 公共事業・定住省 道路局 (Department of Road, Ministry of Works and Human Settlement: DoR)
- 直接裨益者 : DoR
- 間接裨益者 : 国民 (道路利用者)、関連セクター

### 1.4.3 業務の期間

2014年8月～2016年7月 (約24ヶ月)

#### 1.4.4 JICA調査団

表 1.4.1 JICA 調査団 (出典:JICA 調査団)

No	JICA調査団	担当
1	桑野 健	業務主任/斜面防災 (点検・マニュアル)
2	琴尾 公彦	副業務主任/斜面防災 (点検)
3	原 崇	斜面防災 (対策工)
4	戸沢 正徳	調査・モニタリング
5	岩崎 智治	斜面リスク分析
6	齋藤 高	斜面防災データベース
7	菅沼 泰久	道路維持管理
8	佐々木 央	地形解析
9	山本 陽介	業務調整/斜面防災補助/環境社会配慮
10	吉田 悠	業務調整/斜面防災補助/環境社会配慮

#### 1.4.5 カウンターパート

表 1.4.2 ステアリング・コミッティ (出典:JICA 調査団)

No	氏名	組織	役職
1	Karma Galay	DoR	局長
2	Tshering Wangdi 'B'	DoR	維持管理部 主任技師
3	Dorji Tshering	DoR	副幹部技師
4	桑野 健	JICA調査団	業務主任/斜面防災 (点検・マニュアル)
5	琴尾 公彦	JICA調査団	副業務主任/斜面防災 (点検)
6	Kunzang L. Sangay	GNHC	副主任計画官

※GNHC: Gross National Happiness Commission : 国民総幸福委員会

表 1.4.3 ワーキング・グループ (出典:JICA 調査団)

No	氏名	役職	組織
1	Dorji Tshering	副主任技師	Thimphu本局
2	Dilip Kr. Thapa	主任技師	Thimphu本局
3	Phuntsho Wangmo	設計技師補	Thimphu本局
4	Dhendup Dorji,	技師	Tashigang地方事務所
5	Nim Dorji	技師補	Lingmethang地方事務所
6	Wangchuk	技師	Trongsa地方事務所
7	Karma Dorji	主任技師	Sarpang地方事務所
8	Sonam Thinley	技師補	Lobesya地方事務所
9	Drakpa Wangdi	主任技師	Thimphu地方事務所
10	Neten Tshering	副主任部技師	Samdrup Jongkhar地方事務所
11	Karchung	副主任技師	Zhemgang地方事務所
12	Prabin Gurung	副主任技師	Phuentsholing.地方事務所

## 1.5 主要活動

本プロジェクトにおける活動は、1) 防災点検マニュアルの作成、2) 道路斜面台帳と斜面カルテの作成、3) 斜面防災データベースの整備、4) パイロット・サイトに対する技術的助言、から構成される (図 1.5.1)。

「マニュアル作成 (第 2 章)」では、帳票フォーマットの検討、斜面災害タイプの定義、標準的な斜面对策工の設定を行った上で、これらを含めてマニュアルとしてとりまとめた。また合わせて、地形解析手法の手引書を作成した。

「斜面防災点検 (第 3 章)」では、国道 1 号線と 4 号線の対象区間から机上および現地スクリーニングを行い約 460 箇所を斜面を選定した。選定斜面において防災点検を実施して道路斜面台帳を作成し、危険度ランクをランク 1、2、3 に分類した。また代表 2 地区において地質調査および地形解析を実施した。

「斜面カルテ作成 (第 4 章)」では、ランク 1 (63 箇所) とランク 2 (145 箇所) 斜面に対して斜面カルテを作成して、カルテ点検を実施した。またこれら点検結果に基づいて、対策工実施の優先度を含めた道路斜面管理マスタープランを提案した。

「斜面防災データベース整備 (第 5 章)」では、道路斜面台帳と斜面カルテを整理・表示するデータベースを構築した。プロジェクト終了後も DoR は本データベースを更新していく必要があることから、データベース運用マニュアルを作成した。

「DoR への助言 (第 6 章)」では、JICA 無償資金協力事業 (Thumang Cliff トンネル) への提案背景をとりまとめ、C/P に対して技術的助言を行った。

技術移転 (第 7 章) では、防災点検に関わる OJT に加えて、技術移転ワークショップ、セミナー、本邦研修等を実施した。またニュースレターを発行するなど広報活動も実施した。

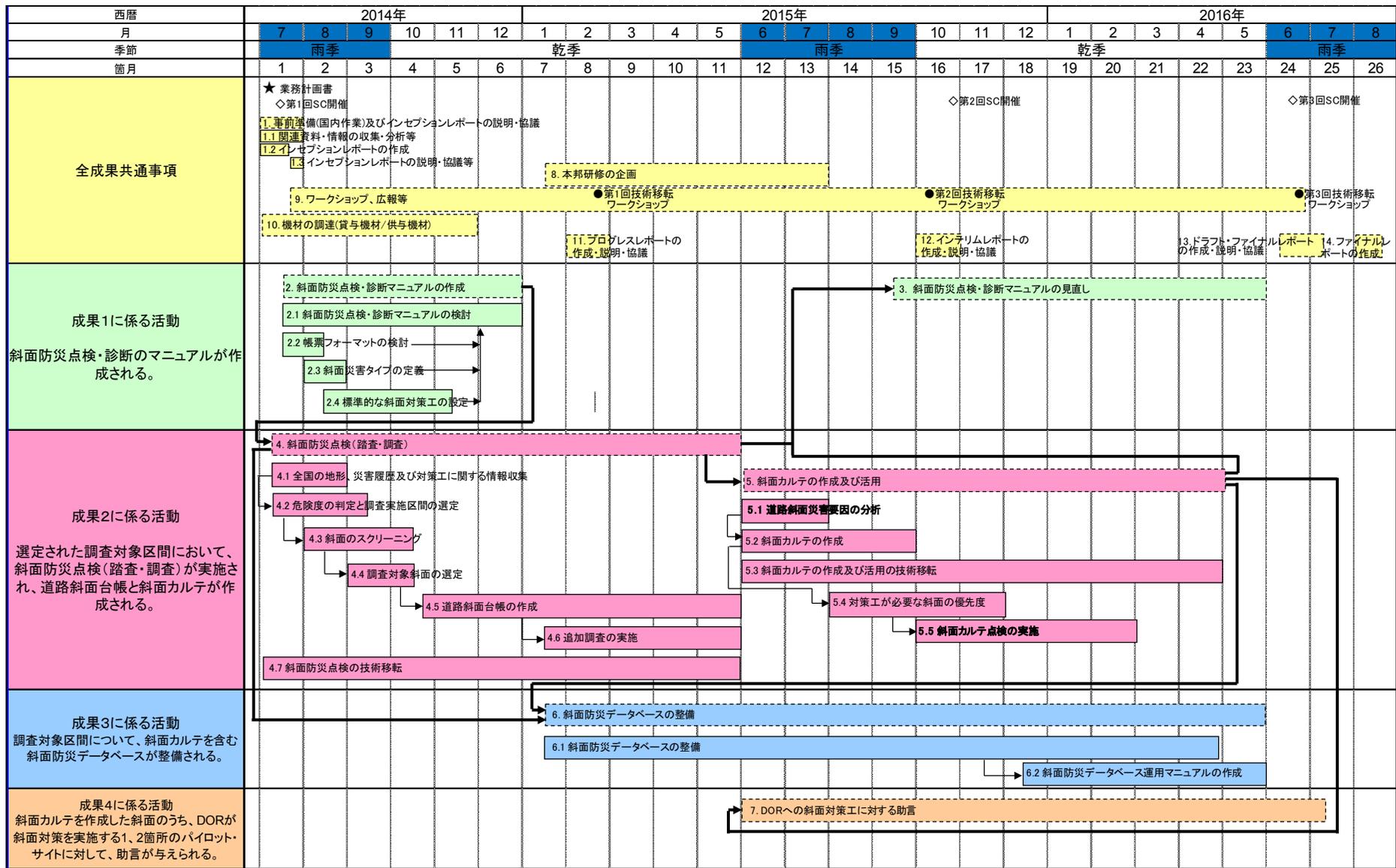


図 1.5.1 活動フローチャート(出典: JICA 調査団)

【引用文献】

- \*1 Planning Commission, Bhutan 2020: A Vision for Peace, Prosperity and Happiness, 2011
- \*2 Ministry of Works and Human Settlement, Road Sector Master Plan (2007-2027), 2006
- \*3 Gross National Happiness Commission, 10th Five Year Plan 2008-2013, 2009
- \*4 Gross National Happiness Commission, 11th Five Year Plan 2013-2018, 2013



# Chapter 2

---

---

マニュアル作成  
*Inspection Manual*



## 2 マニュアル作成

### 2.1 防災点検マニュアルの検討

ブータンにおける防災点検マニュアル（以下、本点検マニュアル）は、日本の「道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）：財団法人道路保全技術センター（平成19年9月）」と「道路防災カルテ運用・点検マニュアル（案）：財団法人道路保全技術センター（平成16年）」を元に作成した。

本点検マニュアルは、岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべり、土石流などの斜面災害に対して道路技術者がどのように点検を実施し、結果をどのようにとりまとめるかを示したものである。具体的には以下の項目が記載されている。

- (1) 標準的な点検手法
- (2) 着目すべき点検箇所
- (3) 斜面災害のハザード評価・リスク評価の方法
- (4) 点検結果のとりまとめ

さらに本レポートに詳述されている以下の項目を本点検マニュアルに記載した。

- 帳票フォーマットの検討
- 斜面災害タイプの定義
- 標準的な斜面对策工の設定

本点検マニュアルに記載する道路斜面台帳と防災カルテは、道路交通や道路構造物に影響を与える可能性がある潜在的な要因を評価することが目的であり、対策工の設計や施工に際しては、さらに詳細な調査や解析が必要となる。

本点検マニュアルの構成は次頁に示すとおりである。

表 2.1.1 防災点検マニュアルの構成 (出典: JICA 調査団)

章	タイトル	内容
0	まえがき	- 斜面災害の定義
1	道路防災点検の概要	- 序論 - 道路防災点検の目的 - 対象とする斜面災害 - 本マニュアルの重要性 - 道路防災点検の流れ
2	対象地域のスクリーニング	- 机上スクリーニング (第1段階) - 現場スクリーニング (第2段階)
3	道路斜面台帳の作成と実施	- 箇所別記録表 - 岩盤斜面崩壊・土砂斜面崩壊の安定度調査表と写真帳 - 地すべりの安定度調査表と写真帳 - 土石流の安定度調査表と写真帳
4	斜面災害の評価	- キャリブレーション - リスク評価 - 提案対策工
5	防災カルテの作成と実施	- 防災カルテの概要 - 防災カルテの実施方法 - 道路維持管理

道路防災点検は本点検マニュアルに沿って実施されるものであるが、将来的にマニュアルや帳票は実際の点検作業を通して、ブータンの実情に適したかたちに更新されていくべきである。

## 2.2 帳票フォーマットの検討

ブータンにおいて今後、道路斜面管理マスタープランが構築されていくためには、個々の斜面状況、安定度調査表、災害記録、変状を記載した防災カルテ等の一連の帳票を、道路斜面台帳として蓄積しておくことが極めて重要である。

本プロジェクトにおける道路斜面台帳（道路防災点検の帳票）は、日本の帳票を参考に、可能な限り簡便で分かりやすいものとしたが、ブータンの道路状況を網羅できるよう、必要な項目はすべて記載できるようにした。また定点写真撮影は変状を記録できることから、写真帳も含めた。帳票は以下から構成される。

- (1) 箇所別記録表
- (2) 安定度調査表
- (3) 写真帳

安定度調査表は、本プロジェクトで対象とする斜面災害である「岩盤斜面崩壊」、「土砂斜面崩壊」、「地すべり」、「土石流」それぞれ別個のものを使用する。ただし、「岩盤斜面崩壊」と「土砂斜面崩壊」は着目箇所が同様であることから、同じ安定度調査表を用いる（安定度調査表の項目の重み付け（点数）は、「岩盤斜面崩壊」と「土砂斜面崩壊」で異なるが、その詳細は「4.1 道路斜面災害要因の分析」の節で詳述する）。

次頁以降、箇所別記録表、安定度調査表、写真帳の例を示す。

## General Information Sheet

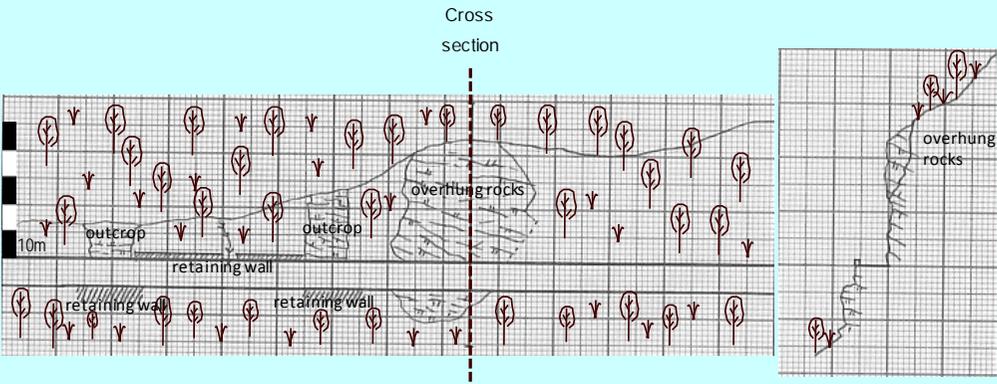
Management office	Trongsa			Road type/name	Primary National Highway No.4	
Management No.	T R 0 4 R F 0 7 0	Distance from start point	4.54 km from	Trongsa	Length on road	320 m
Inspector	Takeshi KUWANO			Organization	JICA Expert Team	
				Date	October/7/2014	
Full view photo / Schematic sketch				Road slope	<b>Mountain side</b>	<b>Valley side</b>
				Disaster type	<i>Rock slope failure</i>	<i>Rock slope failure</i>
				Description	<p><i>Rock slopes are mainly exposed at 3 parts. Overhung/ dip slope/ detached rocks with open cracks, which are highly unstable, are scattered in the outcrops. Roots of trees are penetrating into the cracks, which broaden the cracks. The height of the outcrop is 10-20m.</i></p> <p><i>Poor visibility by bad road alignment. The fallen rocks and rock masses would affect the road traffic. Countermeasure work is necessary.</i></p>	<p><i>Rock slopes are exposed in places. Overhung/ dip slope/ detached rocks with open cracks, which are unstable, are scattered in the outcrops.</i></p> <p><i>Several pitholes and exfoliation of the asphalt on the road surface are scattered. Erosion of the valley side would be exacerbated in the future.</i></p> <p><i>Though urgent countermeasure is not necessary, regular inspections are needed.</i></p>
				Year of occurrence	?	
				Judgment	<b>Rank 1B</b>	<b>Rank 2</b>
Location map				Estimated disaster volume	<p><i>Rockfall</i></p> <p><i>minimum: 50-300cm in diameter</i></p> <p><i>maximum: 5m * 4m * 3m =60m3</i></p>	<p><i>Collapse of the road</i></p> <p><i>Length: 60m</i></p>
				Proposed counter-measures (Type, Quantity)	<p><i>Cut slope</i></p> <p><i>Length: 15m, 15m, 30m * Height: 10-20m * depth: 2-3m</i></p>	<p><i>Reinforcement of the earth retaining walls</i></p> <p><i>Length: 60m</i></p>
						

図 2.2.1 箇所別記録表の例 (出典:JICA 調査団)

Management Number		T	R	0	4	R	F	0	0	7	0
<b>Evaluation sheet (rock/debris slope failure)</b>											
										Inspector	Takeshi KUWANO
										Organization	JICA Expert Team
[Causes] (A)											
topography	Collapsed factor	talus slope, clear convex break of slope, eroded toe of slope, overhang, water catchment slope		3 or more correspondences		✓					
				2 correspondences							
				1 correspondences							
				no correspondence							
Geological conditions	Soil	susceptible to erosion less strength with water		marked							
				a little marked							
			None		✓						
	Rock	high density of cracks and a weak layers, susceptible to erosion, fast weathering		marked		✓					
		a little marked									
				None							
Structure	dip slope of bedding plane		It corresponds.		✓						
			None								
	debris on impermeability bedrock, the upper part is a hard /the toe of slope is weak.		marked								
				a little marked							
				None							
Surface condition	Topsoil, detached rock and unsteady rock		instability		✓						
			a little unstable								
			stability								
	Spring water	notable spring water		seepage		✓					
		none									
Surface condition		bare land with minor vegetation intermediate (bare·grass·tree) mainly structure, mainly tree				✓					
Profile	Height (H), dip (i)	height	$H \geq 50m$								
			$30 \leq H < 50m$								
			$15 \leq H < 30m$		✓						
			$H < 15m$								
	dip	$i \geq 70^\circ$				✓					
		$45^\circ \leq i < 70^\circ$									
$i < 45^\circ$											
Anomaly	Surface collapse, small fallen rock, gully, erosion, piping hole, subsidence, heaving, bending of tree root, fallen tree, crack, open crack, anomaly of countermeasure		2 or more correspondences·clarity		✓						
			certain·unclearly								
			none								
sum total						(A)					
<b>Mountain side</b>											
[Disaster type]		Rock slope failure		✓							
		Debris slope failure									
[Main check object]		Cut slope		✓							
		Natural slope		✓							
[Countermeasure] (B) = (A) + a or (A) × 0											
Effectiveness of existing countermeasures										point (a)	check
Potential slope failure are prevented enough, or, it is defended enough when it is generated.										×0	✓
Potential slope failure are considerably prevented, or it is considerably defended w hen it is generated.										-20	✓
Potential slope failure are partly prevented, or it is partly defended w hen it is generated. How ever, it is not enough for the remaining factors.										-10	✓
There is no countermeasure, or there is not effective even if countermeasures are not performed.										±0	✓
sum total										(B)	
[History] (C)											
Level of disaster history										point	check
There is a history about large fallen rocks and slope failures that were obstacles to the road traffic after construction of recent measures.										100	✓
There is a history about large fallen rocks and slope failures that gets to the road though there is no obstacle to traffic.										70	✓
There is a history about small fallen rocks and slope failures that did not get to the road.										40	
No disaster records										0	
(C)										70	
(D) = MAX (B,C)											
Score in evaluation from cause										(B)	0
Score in evaluation from history										(c)	70
Among (B)&(C), large one.										(D)=MAX(B,C)	70
[Overall judgment]		Rank	Response	Check	[Description]						
		1	Countermeasure work is necessary.	✓	Rock slopes are mainly exposed at 3 parts. Overhung/ dip slope/ detached rocks with open cracks, which are highly unstable, are scattered in the outcrops. Roots of trees are penetrating into the cracks, which broaden the cracks. The height of the outcrop is 10-20m. Poor visibility by bad road alignment. The fallen rocks and rock masses would affect the road traffic. Countermeasure work is necessary.						
		2	Though urgent countermeasure is not necessary, regular inspections are needed.								
		3	Countermeasure work is not necessary.								

図 2.2.2 岩盤斜面崩壊・土砂斜面崩壊の安定度調査表の例 (出典:JICA 調査団)

Management number	T	R	0	4	L	S	0	0	9	0
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

### Evaluation sheet (landslide)

Inspector	Takeshi KUWANO
Organization	JICA Expert Team

**[Main body of landslide]**

Mountain side	
Valley side	
Both	✓

**[Causes] (A)**

		category	check	score
Topographical factor	Result of photo interpretation	exist clearly		
		exist but partial and not clear	✓	
		exist but not clear		
	Surface anomalies	large and new cracks, steps and subsidence	✓	
		small and old cracks, steps and subsidence		
		slight deformation		
no anomalies				
Geological conditions	Geological structure	fault, fracture zone		
		dip slope		
		undip slope/ no characteristic feature	✓	
	Main rock formation of landslide body	metamorphic rock (schist, quartzite, phyllite etc.)	✓	
		sedimentary rock (sandstone, limestone etc.)		
		igneous rock (granite etc.)		
		quaternary deposit (colluvial deposit etc.)		
	Hydrological feature	much springs / much seepage		
		little springs / little seepage	✓	
		trace of water		
no water observed				
sum total (maximum points:100)			(A)	

**[History] (B)**

		category	point	score
Records of Landslide	Existing record (documents or patrimony)	obvious	100	
		slight	75	
		none	0	0
	Damage on road facilities and houses	obvious	100	
		slight	75	
		none	0	
sum total (Among aboved scores, large one.)			(B)	100

**[Evaluation Summary]**

(C) = MAX(A,B)	
Score in evaluation from cause	(A) 0
Score in evaluation from history	(B) 100
Among (B)&(C), large one.	(C) = MAX(A,B) 100

**[Countermeasure] (D) = (c) + α or (c) x 0**

		category	point (α)	check
Effectiveness of countermeasure	No effect	There is no countermeasure	±0	✓
		Some effect	±0	
		High effect	x0	
			sum total	(D)

**[Overall judgment]**

Rank	Response	Check
1	Countermeasure work is necessary.	✓
2	Though urgent countermeasure is not necessary, regular inspections are needed.	
3	Countermeasure work is not necessary.	

**[Description]**

The area is an active landslide area (length: 100m, width: 50m, depth: 5m?) due to excavation at the bottom of the valley side by the construction of hydroelectric power plant.  
Slope failures (2\*3\*0.5m at the start point, 4\*3\*0.5m at the middle point, 2\*20\*0.5m at the end point) at the mountain side are being occurred by the landslide movement.  
There are significant deformations/cracks/subsidence by the landslide are identified on the road. Step with destruction of the ditch on the road is around 20cm at the start point, and more than 100cm at the end point. There is 20cm step at the road shoulder at the valley side.

図 2.2.3 地すべりの安定度調査表の例 (出典: JICA 調査団)

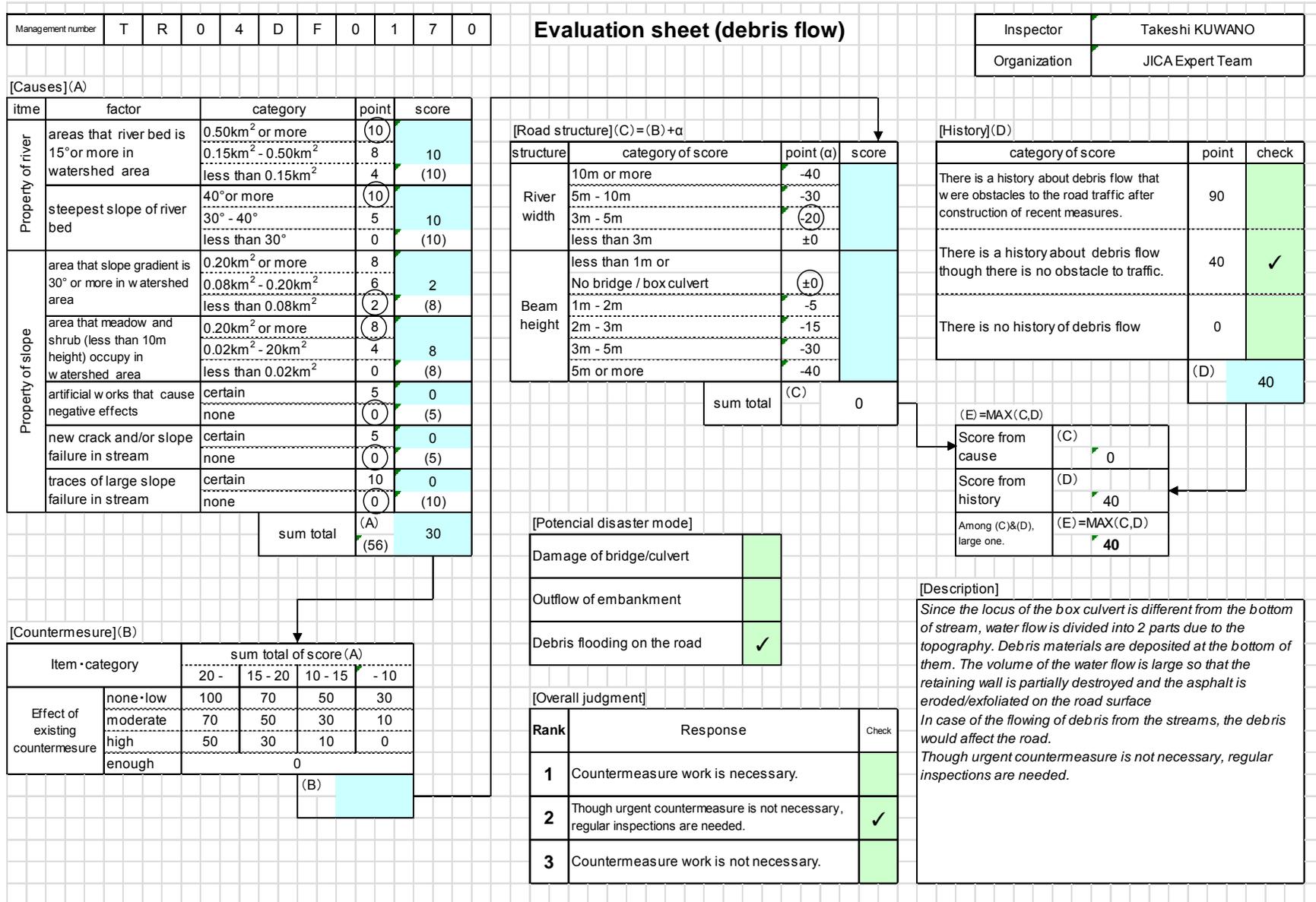


図 2.2.4 土石流の安定度調査表の例 (出典: JICA 調査団)

Management Number T R 0 4 R F 0 0 3 0

Photo sheet

Date

October/ 6/ 2014



Full view of the slope at start point



Full view of the valley side at start point



Full view of the valley side at middle point



Close view of detached rocks at start point



Close view of water flow on the rock



Close view of overhung rocks at end point

図 2.2.5 岩盤斜面崩壊・土砂斜面崩壊・地すべりの写真帳の例 (出典: JICA 調査団)

Management Number T R 0 4 D F 0 1 3 0

Photo sheet

Date October/ 13/ 2014



Full view of the stream



Close view of the inlet



Clearance between road and the debris from start side



Full view of the valley side



Close view of the outlet



Clearance between road and the debris from end side

図 2.2.6 土石流の写真帳の例 (出典: JICA 調査団)

## 2.3 斜面災害タイプの定義

斜面災害のタイプは現地踏査結果や日本での区分に準じて図 2.3.1 に示すように岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべり、土石流の 4 つに区分した。

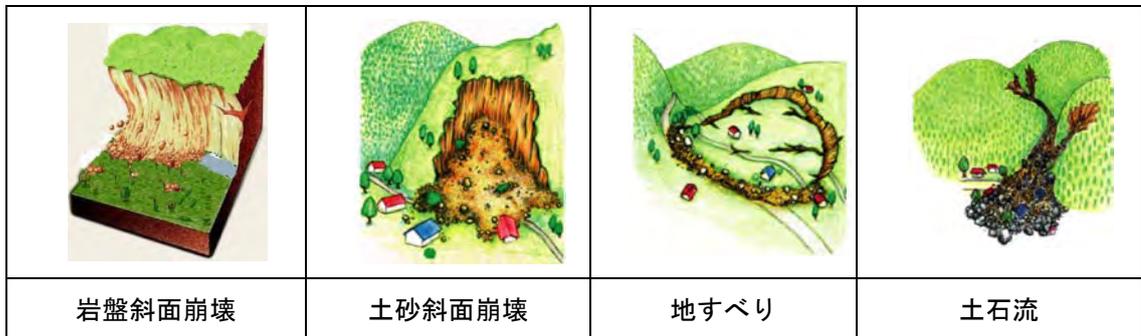


図 2.3.1 斜面災害の分類(出典:JICA 調査団)

斜面災害のタイプは国や地域によって表現が異なる点がある（米国地質調査所によると岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべりを一括して Landslide と表現している）が、本報告書では上記のタイプ分けを採用した。

Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		Rock fall	Debris fall Scree Debris cone	Earth fall Fine soil Rock Colluvium Debris cone
		Rock topple	Debris topple Debris cone	Earth topple Cracks Debris cone
SLIDES	Rotational	Single rotational slide (slump) Failure surface	Multiple rotational slide Crown Scarp Head Minor Scarp Failure surface Toe	Successive rotational slides
	Translational (Planar)	Rock slide	Debris slide	Earth slide
SPREADS				Earth spread e.g. cambering and valley bulging
FLOWS		Solifluction flows (Periglacial debris flows)	Debris flow	Earth flow (mud flow)

図 2.3.2 米国地質調査所による斜面災害タイプの区分(出典:Varnes D. J. 1978\*<sup>1</sup>)

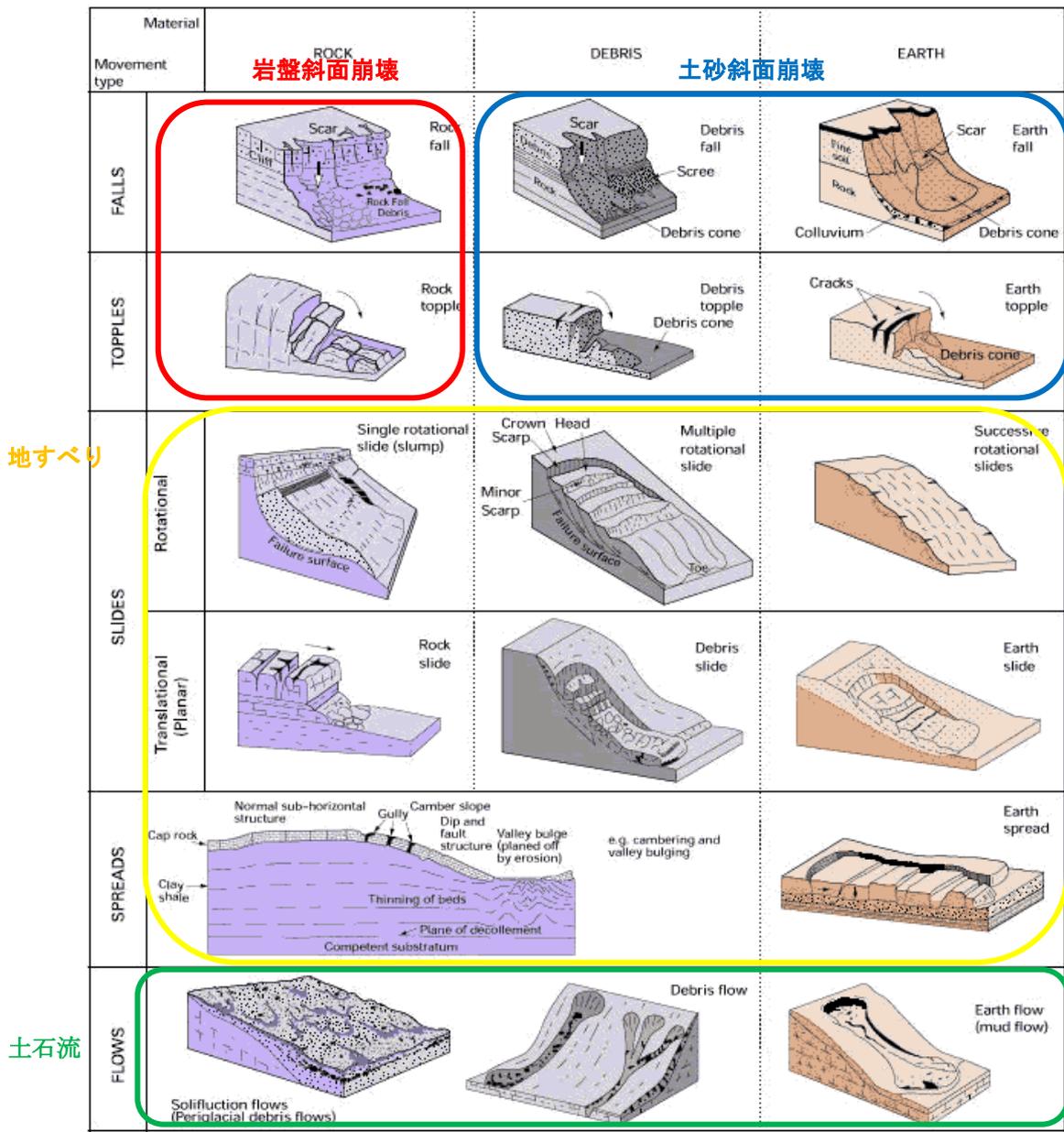


図 2.3.3 米国地質調査所と本報告書の災害区分の比較  
(出典: Varnes D. J. 1978\*<sup>1</sup> を一部改定)

岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべり、土石流の4タイプの詳細については以下に記述する。

### 岩盤斜面崩壊

岩盤斜面崩壊は岩塊の「落下」もしくは「転倒」による崩壊と定義され、基盤岩や露頭する岩の亀裂が広がることで岩片状や転石として崩落する現象である。岩盤斜面崩壊は降雨や地震によって岩盤斜面を構成する岩の耐性が低下して発生するもので、土砂斜面崩壊と比較して短時間で崩壊する。

## 土砂斜面崩壊

土砂斜面崩壊は土砂や土壌が落下することで、時として落石を伴う。土砂斜面崩壊は急崖や急斜面に隣接して分布する岩砕、風化岩の表層崩壊であり、岩塊の亀裂破壊を伴わない。土砂斜面崩壊は斜面の構成物が降雨や地震によって脆弱化して急激に崩壊する現象である。

## 地すべり

地すべりは地盤深部の一つもしくは複数のすべり面上の土塊が豪雨、地震、河川浸食、土工に起因してゆっくりと低標高へ移動することで発生する。地すべりは特異な地質構造の箇所が発生し、比較的広範囲の特異な地形（地すべり地形）をしめし、斜面斜度は土砂斜面崩壊に較べて緩やかであり、地下水が大きく影響すると言われる。

## 土石流

土石流は土砂や土壌の流れであり、それらが表流水や地下水で液状化して山岳地を流下する現象であり、一般的に破壊的なエネルギーを有する。土石流は集水域の急傾斜地に大量の不安定堆積物が分布する場合に多く発生し、土砂斜面崩壊が多数見られる集水域で発生危険性が高く、長雨や豪雨に伴う場合が多い。

岩盤斜面崩壊	土砂斜面崩壊
	
	
地すべり	土石流
	
	

図 2.3.4 ブータンにおける道路土砂斜面崩壊の状況(出典:JICA 調査団)

	①岩盤斜面崩壊	②土砂斜面崩壊	③地すべり	④土石流
イメージ図				
現象・被害の特徴	<p>【移動形態】 斜面を構成する岩盤の抵抗力が弱まり、急激に斜面が崩れ落ちる。</p> <p>【被災形態】 ・崩壊による衝撃力は大きい、個々の規模は一般に③④より小さい。 ・発生は地質条件のほか地形条件など特定の場所や区間で発生率が高くなることがある。</p>	<p>【移動形態】 斜面を構成する岩盤、土砂の抵抗力が弱まり、急激に斜面が崩れ落ちる。</p> <p>【被災形態】 ・崩壊による衝撃力は大きく、「ブ」国では最も一般的な斜面災害。</p>	<p>【移動形態】 斜面の土塊が地下水などの影響によりすべり面に沿ってゆっくりと斜面下方へ移動する。</p> <p>【被災形態】 ・一般に規模が大きいため影響が広範囲におよび、移動の力も大きく、複数施設を巻き込んで大きな被害を生じる可能性がある。 ・河川や溪流を堰き止めると上下流への二次的被害も懸念される。</p>	<p>【移動形態】 山腹や溪床を構成する土石礫が雨などによって水と一体となり、渓流内を一気に流下する。</p> <p>【被災形態】 ・20~40km/hという速度で大きな衝撃力を持ち、谷から平地に出ると減速して一部堆積を開始し、後続の土砂は全体として放射状に広がり、平面的に被害が拡大しやすい。 ・溪流沿いや谷出口の道路等施設が被災するおそれがある。</p>
現地調査での留意点	<p>現地状況に対応して①岩盤斜面崩壊、②土砂斜面崩壊、③地すべり、④土石流に区分して道路斜面の観察を実施する。斜面の平面的な広がり（斜面の幅）は50m程度を目安として区分するが、現地状況を観察者が判断して最終的に判断する。なお、一次スクリーニングの区分が目安として最適と現地で確認している。</p> <p>また、斜面の高さが5m以下で（平均の）傾斜角が15度以下、斜面が基盤岩（風化岩も含む）などで構成されていて安定していると判断できる場合は観察調査は実施しない。</p> <p>上記した留意点および下記の事項はあくまでも目安であり、現場での観察作業を効率的に実施するためのものであって、現場での判断が優先する。</p>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面は傾斜角80度以上で斜面高は15m以上。</li> <li>・斜面を構成するのは堅硬で密実な岩盤で、新鮮な亀裂面（挟在物がないか殆ど認められない）を有する。</li> <li>・斜面を構成する基盤岩の状況（亀裂および片理面など）を記載する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面は傾斜角30度以上、斜面高については規定しない。</li> <li>・斜面は風化した岩盤や砂礫を主体として構成される。</li> <li>・斜面が（風化）岩盤のみから構成されるのか、岩盤とそれを被覆する砂礫層の複合したものを記述する。</li> <li>・転石があれば、その分布状況も記載する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面は傾斜角30度以下を目安とする。</li> <li>・道路や付帯構造物の変状について記載する。</li> <li>・湧水など表流水や地下水の状況について記載する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土石流が想定される流路では地形図や衛星写真を詳細に確認して、集水域や下流域の土砂の分布状況を確認する。</li> <li>・土石流が想定される流路に構造物が存在する場合は、その規模や位置を記載する。</li> </ul>

図 2.3.5 斜面災害の区分と斜面観察における留意点（出典：JICA 調査団）

## 2.4 標準的な斜面对策工の設定

斜面災害への対策は大きく、ハード対策とソフト対策に分類される。基本的には、危険斜面に対しての対策としてハード対策の適用が検討される。対象となる危険斜面や危険道路区間において、想定される災害の規模や工事の難易度、対策工の費用他効果などの理由によりハード対策が不利または困難である場合では、ソフト対策の適用が検討される。また、現場の状況に応じて、ハード対策とソフト対策を組み合わせるケースもある。

### 2.4.1 ハード対策(Structural Measure)

ハード対策とは、構造物を用いて斜面災害を抑止または軽減する対策を指す。斜面災害へのハード対策は種類が多く、災害の規模などで構造物の仕様が変わってくる。また、施工技術の難易度や構造物の部材の入手の可否により、選択する対策工も変わってくる。斜面防災点検では、点検を行った危険斜面に対して想定される対策工を提案する。しかしながら、ブータン国で実施可能な対策工は限られている。よって、多くの対策工種のうち、ブータン国で適用できる対策工を検討し、選定された対策工を標準的な斜面災害対策工 (Standard Countermeasure Work) とした。

標準的な斜面災害対策工の選定には、C/P となる DoR の技術職員に対して聞き取り調査を行い、ブータンで実施可能な対策工についてヒアリングを行った。聞き取り調査では、まず、日本で一般的な斜面对策工を紹介、説明した上で、彼らに対してそれぞれの対策工がブータンで可能かどうかを問い、また紹介した以外の対策工で彼らが実際に行っている対策工についても情報を収集した。

次にブータンで実施が可能な対策工のうち、ブータン国独自の技術で実施できるものと外部からの支援を必要とするものの2種類に分類した。

これらの対策工は対象となる災害種別毎に分類し、対策工の工種名、対策工の目的、利点/不利点、ブータン国独自の技術で実施の可否などをリストに取りまとめ、標準的な斜面对策工のカタログを作成した。分類した災害種別は、地すべり、土砂斜面崩壊、岩盤斜面崩壊、土石流、落石の5種類である。このカタログは本プロジェクトレポートの巻末資料に添付した。

選定された標準的な斜面災害対策工は、以下のとおりである。

表 2.4.1 標準的な斜面災害対策工の概要 (出典: JICA 調査団)

災害種	工種	目的	独自での対応可否
地すべり	表面排水路工	地すべり地内の表流水を域外に排出	国内技術
	明暗渠工	表流水と浅い地下水を排出	国内技術
	水平ボーリング工	地すべり内部の地下水の低下	国内技術
	頭部排土工	地すべり滑動力の軽減	国内技術
	押し盛土工	地すべりに対する抵抗力の増加	国内技術
	集水井工	深い地下水を排出	外部支援
	鋼管杭工	杭の抵抗力により地すべりを抑止	外部支援
	アンカー工	アンカーの引張力により地すべりを抑止	外部支援
土砂斜面崩壊	表面排水路工	対象斜面内の表流水を域外に排出	国内技術
	表面緑化	斜面を風化や浸食から保護	国内技術
	編柵工	斜面表層の土砂の定着	国内技術
	木枠工	斜面の安定化	国内技術
	石積み擁壁工	斜面の安定化	国内技術
	井桁擁壁工	斜面の安定化	国内技術
	土砂防護壁	道路への崩壊土砂到達防止	国内技術
	切土工	斜面の安定勾配を確保	国内技術
	コンクリート吹付工	斜面表層の風化浸食から保護	外部支援
	アンカー工	アンカーの引張力により斜面を安定化	外部支援
	法枠工	斜面の保護および安定化	外部支援
岩盤斜面崩壊	岩盤掘削工	不安定岩塊の除去	国内技術
	擁壁工	岩盤斜面の安定化	国内技術
	落石防護壁工	道路への落石到達防止	国内技術
	ワイヤーネット工	不安定岩塊の固定	外部支援
	ロックボルト工	不安定岩塊の固定	国内技術/外部支援
土石流	堰堤工	不安定岩塊の除去	内部技術
	カルバート工	流下土砂の流路確保	内部技術
	水路工	表流水の適切な排出	内部技術
落石	浮石除去工	不安定岩塊の除去	国内技術
	落石防護壁工	道路への落石到達防止	国内技術
	落石防護網	道路への落石到達防止	外部支援
	根固め工	不安定岩塊の固定	外部支援

斜面点検時には現場の斜面状況を考慮し、上記の標準的な斜面災害対策工のカタログから適切な対策工を選定し、提案することになる。

対策工の選定は、技術者の経験に左右されるケースが多い。斜面点検は複数の点検者により実施されるため、対策工選定の基準にばらつきが出てしまう可能性がある。従い、本プロジェクトでは、できるだけ統一した基準で対策工が選定されるよう、対策工選定のフローチャートを作成した。フローチャートは災害種別ごとに作成し、現場の状況を照らし合わせて、状況に応じた対策工を選定できるようになっている。このフローチャートを使用することで、概ね一定の基準で対策工が選定されることになる。この災害種別毎の対策工選定フローチャートは本プロジェクト英文レポート内に示した。

## 2.4.2 ソフト対策(Non-structural Measure)

ソフト対策は、ハード対策と異なり、通行規制や迂回路などにより災害からの直接の被害を回避するものである。今回の斜面点検では、ソフト対策は提案されていないが、いくつかの道路区間で、ハード対策よりソフト対策を適用した方が有利であると思われる箇所もあった。

以下に、道路斜面災害に対するソフト対策の例を示す。

### a. 早期警報システム

これは、モニタリング計器により斜面災害の予兆を察知し、災害が発生する前に通行規制や住民避難をさせ、災害による被害を回避する方法である。早期警報システムに適用されるモニタリング計器は現地の災害の特徴を考慮して選定されるが、いずれもリアルタイムの自動計測機能を有するものが望ましい。

日本の例では、斜面災害危険道路区間では、事前通行規制システムが導入されており、現地での降水量が規定値に達した場合に、その道路区間を通行止めにする。この通行止めは災害の発生の有無は関係ない。事前通行規制にする道路区間の設定では、迂回路の有無や公共施設の位置など多くの社会影響を検討する必要がある。現在のブータン国では迂回路がほとんどないため、長期間の通行規制の適用は難しい。

### b. 道路線形の変更

危険斜面のハード対策が困難な場合や対策工の費用対効果がきわめて低い場合などは、道路線形を変更し、危険道路区間を回避する方法である。道路線形を変更する場合、対象道路区間が短い場合は、小規模な道路線形の変更で対応できるが、危険道路区間が長く、ハード対策の適用が困難である場合は、地形条件にもよるが、多くはトンネルや橋梁などで危険道路区間を回避する。

本プロジェクトのパイロットサイトにおいても、Thumang Cliff と呼ばれる岩盤斜面道路区間では、地形条件によりハード対策の実施が困難で対策工事費も大きくなることが予想される。このような道路区間では、トンネル工事を考慮した道路線形の変更も検討するべきである。

### c. 道路標識による注意喚起

抜本的ではないが、基本的な対策である。危険斜面道路区間周辺に斜面災害の危険性を知らせる道路標識または、道路上のサインにより、道路利用者に注意を促す方法である。

## 2.5 地形解析手法マニュアル

DoR では、測量成果による地形情報や道路線形、各関係機関で一般に公開されているその他の地物データ（衛星標高データ、住居、病院、河川流域等）を用いた地図を所有していなかった。そのため、DoR 内部、特に地方局では道路整備・計画の参考となる基図が存在しない状態であった。

通常、こういった地図作成では GIS ソフトウェアの使用が一般的ではあるものの、DoR 内部で GIS を担当する専任職員または地図作成の経験を有する職員がいないため、整備が進んでいないことが課題であった。

そのため、本プロジェクトでは GIS ソフトウェアを用いた地形解析および地図作成に関するマニュアルを作成した。DoR との協議の結果、マニュアルの様式および内容は既存の一般的なユーザーガイドとは異なり、地形解析に関する各種ツールの使い方やプロセスを重視したものとした。マニュアルは下表に示した項目で構成され、OJT を通じて DoR 職員に技術移転を行った。

表 2.5.1 地形解析マニュアルの内容 （出典：JICA 調査団）

章	見出し	項目
1	GIS 概論	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ GIS 概論</li> <li>・ GIS できること</li> <li>・ QGIS 概論</li> <li>・ QGIS 利点</li> <li>・ データ形式</li> <li>・ QGIS データ形式</li> <li>・ 座標系</li> <li>・ GIS の関連用語</li> </ul>
2	QGIS 設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ダウンロード</li> <li>・ インストール</li> <li>・ 初期設定</li> <li>・ ツールバー設定</li> <li>・ 基本操作</li> </ul>
3	テーマ図作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 投影図</li> <li>・ 背景図の準備</li> <li>・ ベクトルデータ</li> <li>・ ラスターデータ</li> <li>・ GPS データ</li> <li>・ レイヤー管理</li> </ul>
4	データ編集	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 属性表の作成</li> <li>・ データ選択</li> <li>・ 属性表の編集</li> <li>・ 距離と面積の計測</li> <li>・ 形状の認識</li> </ul>
5	印刷構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 印刷構成</li> <li>・ 地図の追加 Add Map</li> <li>・ 項目の追加</li> <li>・ 印刷</li> <li>・ 印刷設定</li> <li>・ ファイルのエクスポート</li> <li>・ 地図アトラスのエクスポート</li> </ul>

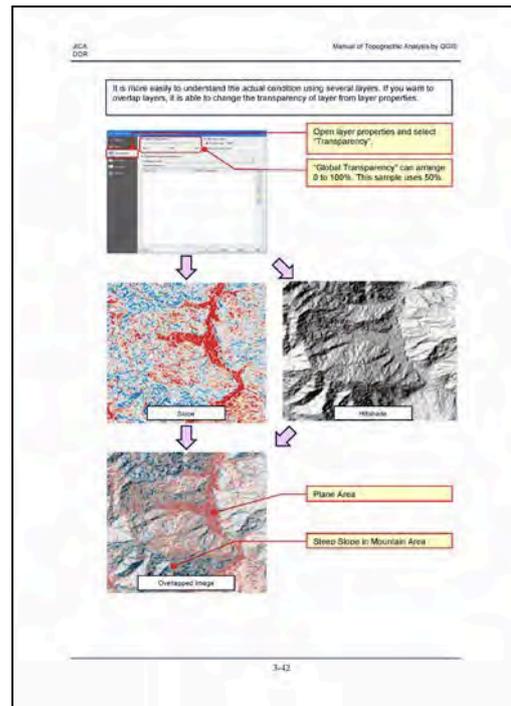
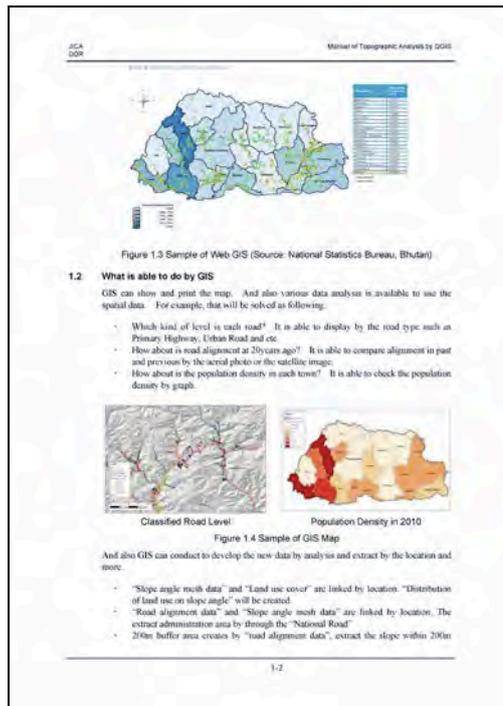


図 2.5.1 地形解析マニュアルのサンプル(出典:JICA 調査団)

【引用文献】

- \*1 Varnes D. J. (1978): Slope movement types and processes. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, National Academy of Sciences, pp. 11–33.



# Chapter 3

---

---

斜面防災点検

*Slope Inspection on Road*



### 3 斜面防災点検

#### 3.1 全国の地形、災害履歴及び対策工に関する情報収集

ブータンにおける斜面防災点検を実施するにあたり、基礎情報となる以下の関連データを収集し整理した。

- 地形図（標高分類）
- 土地利用分類
- 人口分布
- 道路ネットワーク
- 自然環境保護区
- 地質概要
- 道路における斜面災害履歴（ブータンでは災害記録をほぼ取得しておらず 45 箇所のみ）
- 既往対策工（道路斜面台帳に記載）

## 3.2 危険度の判定と調査実施区間の選定

### 3.2.1 国道の概要

調査区間は各スクリーニングの段階で、自然条件、社会条件、経済的影響などを考慮して選定した。ブータン国は急峻な地形を成し、道路建設は厳しい地形および地質条件に制約される。国民の多くは過疎地に生活するが、近年は都市部への住民の移動などに伴って資源や物資などの輸送も増加しており、道路輸送の重要性も高まっている。国道はそれらの中で最も重要であり、それらは以下の通りである。

#### 国道 1 号線

ブータン国を東西に結ぶ最も重要な国道であり、主要国道 (Primary National Highway) と呼ばれ、Thimphu - WangduePhodrang - Trongsa - Mongar - Trashigang を結ぶ。交通量は Trongsa より東部は、Thimphu から Trongsa までの区間に較べると少ない。

#### 国道 2 号線

インドへ通じる主要な国道 (Thimphu - Chukha - Phuentsholing) であり、新たに Asian Highway 48 と名付けられた。「国道 2 号線」は現在建設中の南部の東西横断道路に使用される予定である。

#### 国道 3 号線

インドへ通じる国道 (Trashigang - Samdrup Jongkhar) であるが、維持管理状況は進んでいない。

#### 国道 4 号線

インドへ通じる道路であるが、道路建設が特に遅れており、大規模な斜面崩壊も見られる。

#### 国道 5 号線

インドへ通じる国道 (WangduePhodrang - Damphu - Sarpang - Geylegphug) で、沿線では実施されている水力発電事業と伴って建設されている。

### 3.2.2 調査実施区間

一次スクリーニングでは 5 つの国道から自然条件や経済的な影響を考慮して国道 1 号線、国道 4 号線、国道 5 号線の総延長 140km を選定した。選定区間は表 3.2.1 および図 3.2.1 に示す通りである。

表 3.2.1 調査区間 (出典: JICA 調査団)

	国道	距離	位置	
			始点	終点
Section I	1号線	16.3km	N 27° 29' 58.34" E 90° 04' 03.44"	N 27° 32' 43.87" E 90° 08' 59.59"
Section II	1号線 4号線	44.2km	N 27° 27' 15.48" E 90° 23' 22.59"	N 27° 27' 46.48" E 90° 30' 03.37"
Section III	4号線	13.8km	N 27° 16' 54.56" E 90° 37' 15.57"	N 27° 13' 35.10" E 90° 37' 28.70"
Section IV	4号線	53.0km	N 27° 04' 22.77" E 90° 38' 23.46"	N 26° 56' 06.05" E 90° 30' 34.27"
Section V	4号線	13.7km	N 27° 06' 48.35" E 90° 04' 18.77"	N 27° 01' 37.09" E 90° 04' 32.38"

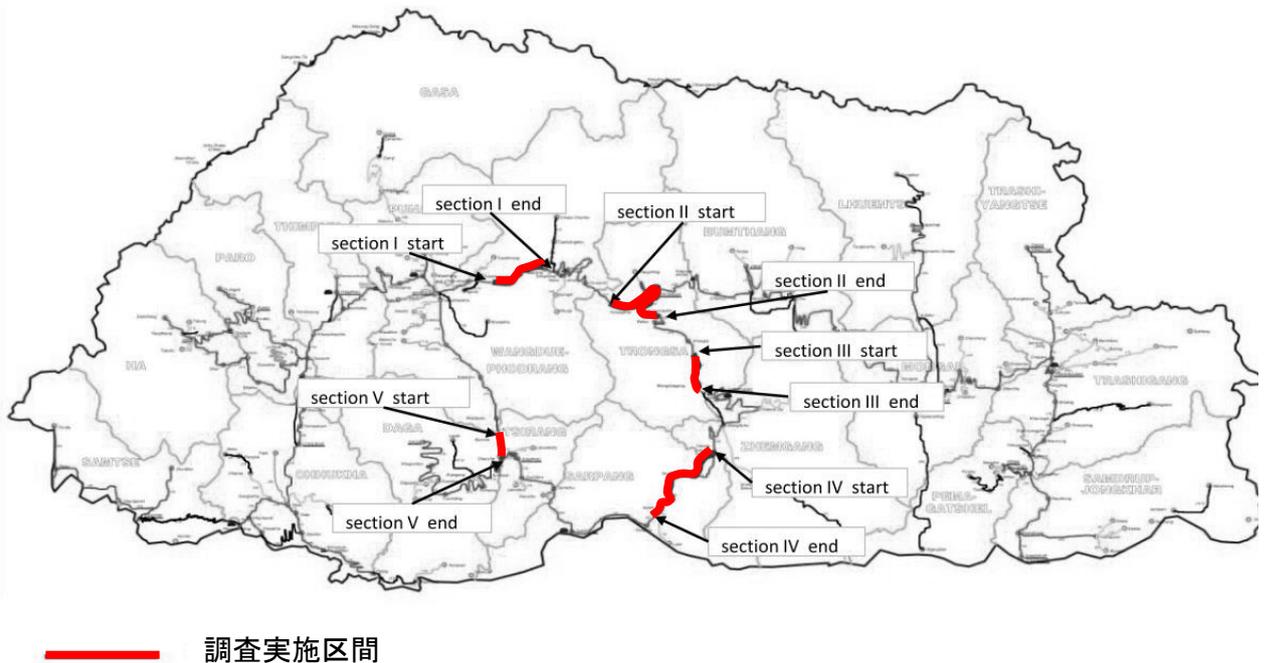


図 3.2.1 調査実施区間の位置図 (出典: JICA 調査団)

### 3.3 斜面のスクリーニング

#### 3.3.1 机上スクリーニング

スクリーニングとは、調査実施道路区間内で斜面防災点検の対象となりうる斜面を抽出する作業である。これにより、計画的にかつ効果的に現地で点検を行うことができる。前節で選定された5つの調査実施区間候補で、スクリーニング作業を行った。スクリーニングには、机上で行うものと、机上で抽出された斜面を現地で直接確認し、さらに点検対象斜面の絞り込みを行う作業の2つに分類される。

机上スクリーニングの作業の流れを以下のフロー図に示す。

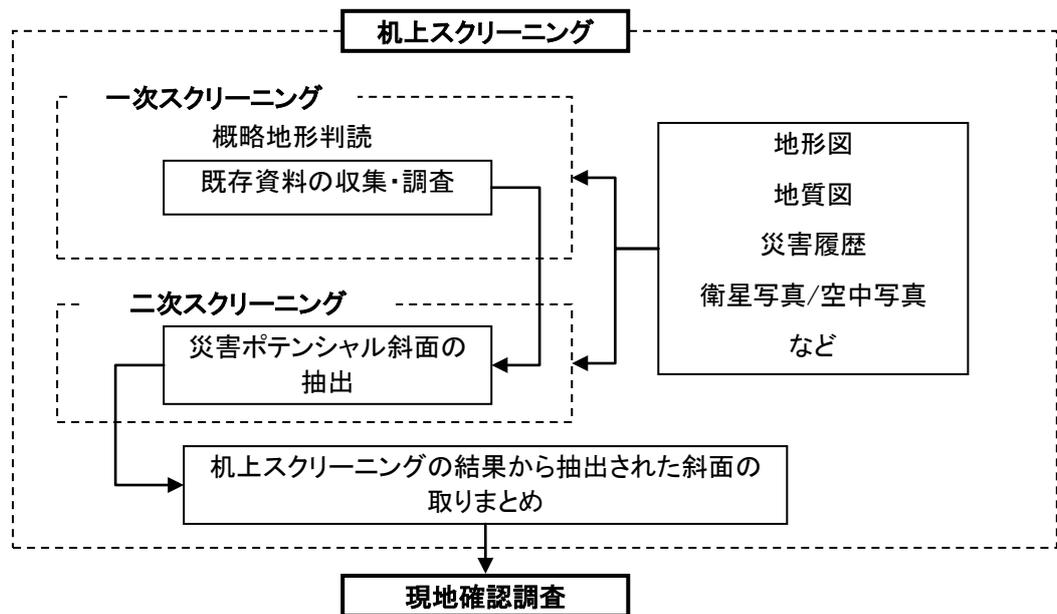


図 3.3.1 机上スクリーニング作業のフロー図（出典：JICA 調査団）

##### a. 一次スクリーニング

一次スクリーニングでは、対象道路区間の情報を収集し、概略の地形判読により点検対象区間の範囲を決定する。一次スクリーニングでは、主に以下の点に注目して作業を行う。

- 土地利用状況
- 斜面災害跡の有無
- 小縮尺の地形図での地すべり地形の有無
- 斜面と平坦地の区分
- 周囲の水系分布

一次スクリーニングの結果、斜面点検を行うべき斜面が集中し、また斜面災害の発生する可能性のある斜面が確認される道路区間が選定される。道路区間の起点と終点は、沢が道路と横切る位置とした。一次スクリーニングの結果図は、本プロジェクトレポー

トの巻末資料に添付した。

## b. 二次スクリーニング

ここでは、一次スクリーニングで絞り込まれた道路区間において、より大縮尺の地形図や空中写真などの資料を用いて、点検対象斜面を分類する。点検対象斜面は各斜面の範囲と想定される災害種別が概略で決められる。二次スクリーニング作業で、主に注目する点は以下のとおりである。

表 3.3.1 二次スクリーニング作業注目点 (出典:JICA 調査団)

対象項目	注目点
勾配/傾斜	集水域内の流路勾配
	30度以上の斜面
特徴的な地形及び地表状況	崩壊地形
	不安定岩塊の有無
	明瞭な遷急・遷緩線
	連続する段差/亀裂
	斜面の荒廃地
	ガリー(洗掘地形)
	谷の土砂堆積状況
	地すべり地形
	扇状地形
	段丘地形
リニアメント(線状地形)	
道路施設	道路線形
	盛土部の分布
	切土部の分布

この二次スクリーニングでは、対象となる災害種を土砂斜面崩壊、岩盤斜面崩壊、地すべり、土石流の4種類に分類した。これにより、対象道路区間の概略の点検対象斜面数と、災害種別毎の斜面数が算出される。

本プロジェクトのスクリーニング対象となった5道路区間の抽出された点検対象斜面数と、災害種別毎の斜面数は以下のとおりである。

表 3.3.2 二次スクリーニング作業結果 (出典:JICA 調査団)

	土砂斜面崩壊	岩盤斜面崩壊	地すべり	土石流	合計
道路区間Ⅰ	39	4	11	23	77
道路区間Ⅱ	160	3	30	70	263
道路区間Ⅲ	44	0	2	10	56
道路区間Ⅳ	268	3	15	38	324
道路区間Ⅴ	33	0	9	11	53
災害種別計	544	10	67	152	773

この結果を基に、現地で状況を確認し、最終的に点検対象斜面を確定させる。

### 3.3.2 調査実施区間の絞込み

道路斜面箇所のスクリーニングによってI~Vの各区間における災害タイプの分布状況などが新たに明らかとなったため、それらの結果に基づき調査実施区間の再検討を行った。それをもとにDoR およびJICA と協議を行って、I~IIIの区間で調査を実施することとした。再検討の内容は以下に示す通りである。

表 3.3.3 調査区間の選定 (出典：JICA 調査団)

区間	経済的要因	社会的要因	位置的要因	選定理由ほか	選定可否	斜面数
I	優	優	良	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primary National Highwayに位置する。</li> <li>On-the-job trainingに適する位置である。</li> <li>多様な斜面災害が分布する。</li> </ul>	選定	77
II	優	優	良	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primary National Highwayに位置する。</li> <li>On-the-job trainingに適する位置である。</li> <li>道路斜面点検に適する区間である。</li> </ul>	選定	263
III	良	良	良	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模の斜面災害箇所があり、Primary National Highwayの要衝であるTrongsaに近い。</li> <li>On-the-job trainingに適する位置である。</li> <li>多様な斜面災害が分布する。</li> </ul>	選定	56
IV	可	可	可	<ul style="list-style-type: none"> <li>Section I-IIIと比較して優先度が低く、将来的に点検を必要とする区間である。</li> </ul>	—	
V	可	可	可	<ul style="list-style-type: none"> <li>Section I-IIIと比較して優先度が低く、将来的に点検を必要とする区間である。</li> </ul>	—	

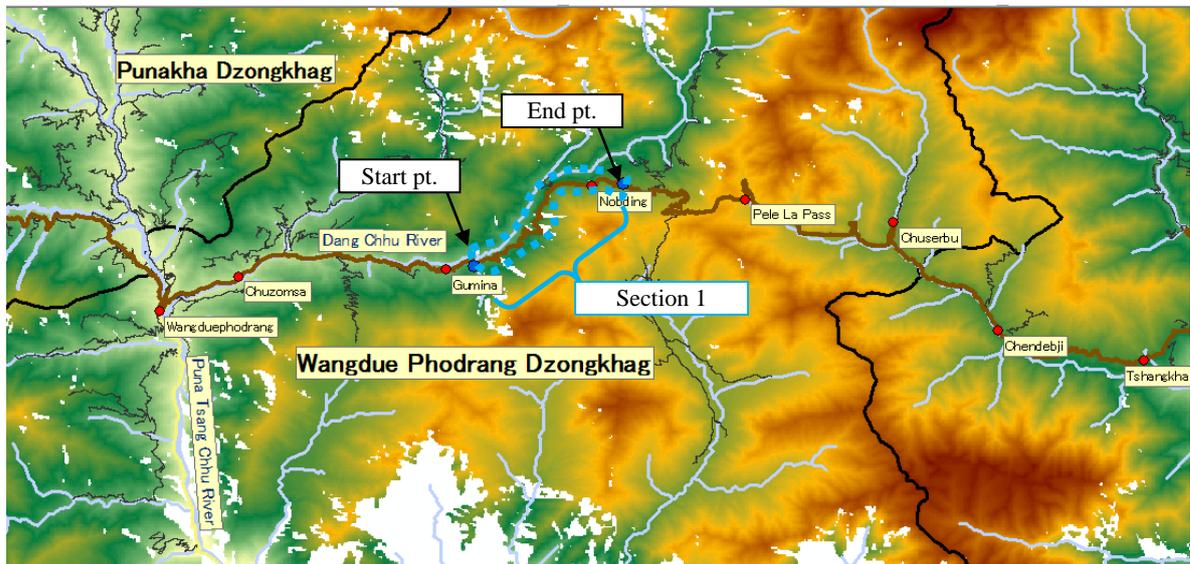


図 3.3.2 Section 1 の対象区間の位置図 (縮尺: 1:162,500) (出典: JICA 調査団)



Section 1		
	始点 N 27° 29' 58.34" E 90° 04' 03.44"	終点 N 27° 32' 43.87" E 90° 08' 59.59"
Section 2		
	始点 N 27° 27' 15.48" E 90° 23' 22.59"	終点 N 27° 27' 46.48" E 90° 30' 03.37"
Section 3		
	始点 N 27° 16' 54.56" E 90° 37' 15.57"	終点 N 27° 13' 35.10" E 90° 37' 28.70"

図 3.3.5 対象区間の始点および終点の状況 (出典: JICA 調査団)

### 3.4 調査対象斜面の選定

調査対象斜面の区間の決定に際しては、道路斜面の現地における評価作業に先駆けて、衛星写真などのリモートセンシング情報を基に空中写真判読（一次スクリーニング）を行った。斜面災害に係る地形が判読された箇所については、斜面災害の地形の形態分類（岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、土石流、地すべり）を行い、その結果を 1:10,000 地形図に落とし込み、現地確認を行って各選定区間で対象とする斜面を特定した。

判読された区間では、災害形態分類に応じた点検シートを使用して、現地におけるハザード評価の実施方法を決定した。その結果、各災害形態に応じた危険度評価を実際の現場で行い、道路の維持との関係性に応じてハザードレベルの評価（点数化）により、対象とする斜面を決定した。この際、各形態分類での代表的な斜面を現地で特定し、これらの斜面で実際の地形・地質的な特徴的な項目を実際に目合わせすることで、キャリブレーション（較正作業：統一的な基準を共有して、調査者ごとの判断によるばらつきを極力なくす作業）を、国道 1 号線 Trongsa 市近郊の Tshangkha 地区で 2014 年 10 月に行い、現地調査における品質レベルを確保した。

キャリブレーション作業における要点として、以下に示す地形・地質的な特徴を現地で確認し、点検シートでの評価方法を参加者で共有した。

#### 岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊

- 岩盤の露出状況（道路との関係で岩盤がオーバーハング状に露出している状況、風化や侵食により岩盤が脆く崩れやすい状況など）
- 斜面からの地下水の湧出状況（特に土砂斜面崩壊では、強雨時に間隙水圧の上昇により表土が流出しやすくなる危険性があるなど）

#### 土石流

- 強雨時に流出すると懸念される溪流堆積物の分布や量
- 交差する道路カルバートのサイズ（流出する土石流の許容量を決定する）

#### 地すべり

- 地すべり地形の特徴箇所（地すべり頭部に形成される滑落崖、沢・池などの地下水に起因する微地形など）
- 地すべり活動が道路構造物に及ぼす影響（たとえば、舗装面に形成される亀裂やその方向性、石積み擁壁に形成される亀裂など）。

### 3.5 道路斜面台帳の作成

#### 3.5.1 道路斜面台帳の作成方法と計画

道路斜面点検は対象区間のスクリーニングで選定された箇所において以下の流れで実施した。

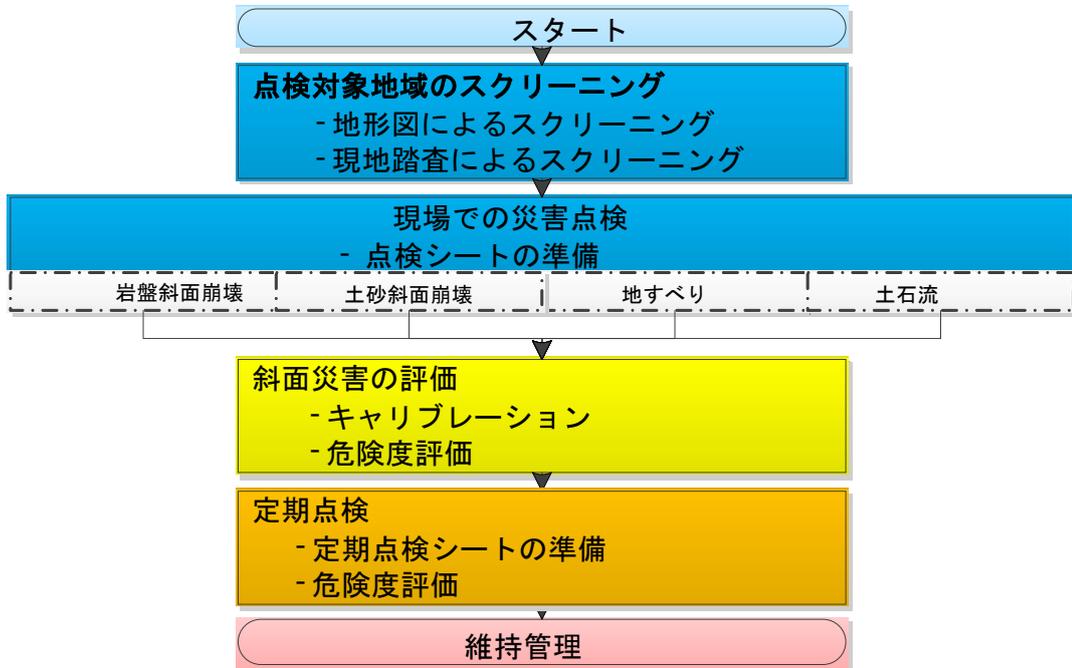
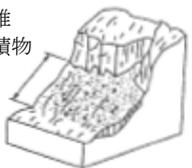


図 3.5.1 道路斜面点検の流れ (出典：JICA 調査団)

#### a. 地形

一般的に岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊などの地形は、それらが発生し易い地域で見られる。崩壊性要因を有する地形は以下に示す通りである。

表 3.5.1 地形的要素 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

<p>崖錐斜面</p>	 <p>崖錐 堆積物</p>	<p>斜面の低標高部が急激に緩やかな斜度となる。崖錐斜面は斜面高標高部から落下した土砂が堆積して形成される。崖錐は一般的に灰色でルースである。</p>
<p>遷急線が明瞭な斜面</p>	 <p>尾根 遷急線</p>	<p>遷急線は緩やかな尾根斜面から急崖となる地点を結ぶ線状の地形変換点であり、一般的に遷急線が明瞭な場合は浸食や崩壊が発生している。幾つかの遷急線が認められる場合は、最も顕著なものを対象とする。</p>

<p>脚部浸食著しい斜面</p>		<p>一般的に河川の湾曲部で河川流により斜面の低標高部が浸食されて形成される崖であり、露岩して裸地を形成している。</p>
<p>オーバーハング</p>		<p>オーバーハングは起伏の激しい岩盤もしくは土壌から形成される斜面で見られる。オーバーハングした斜面は 90°以上の斜度を示す。</p>
<p>集水型斜面</p>		<p>集水型斜面は集水盆の形状をした谷地形であり、下流域が狭く閉じている。より小さな集水域や山間部の溪流からの土石流の発生が顕著である。</p>

## b. 地質条件

崩壊現象が発生しやすい土壌、岩石や地質構造などの地質条件は以下の基準に基づき評価した。対象斜面の地質条件の観察が難しい場合は隣接する斜面状況に基づき評価した。また斜面条件が変化に富む場合は、最も不安定要素と考えられる条件に基づき評価した。

### b.1 土質

対象ののり面・自然切土の斜面の点検に当たっては、以下の項目について「顕著」、「普通」、「問題ない」の3段階の評価を実施した。

#### 浸食し易さ

火山灰、強風化岩、段丘堆積物、砂質土ほか

#### 浸潤劣化

シルト質砂、砂質シルト、膨潤性シルト質土、細粒土

### b.2 岩盤

土質の場合と同様に対象のり面・自然斜面の点検に当たっては、以下の項目について「顕著」、「普通」、「問題ない」の3段階の評価を実施した。

#### 割れ目や弱層の密度が高い岩

割れ目や弱層（亀裂、断層、層理面、片理面ほか）が 20cm～30cm 間隔で見られ、板状、柱状、サイコロ状等にブロック化している岩。

#### 浸食し易い岩

ハンマーで容易に碎ける軟岩。小規模の表層崩壊が多発する岩。

#### 劣化の早い岩

スレーキングしやすい膨潤性の鉱物を含有する岩盤（泥岩、頁岩、火山灰質堆積岩、風化片岩など）。これらの岩盤は堅硬に見えるが風化により容易に細片状になる。

### b.3 地質構造

土質、岩盤の場合と同様に対象のり面・自然斜面の点検に当たっては、以下の地質構造について「顕著」、「普通」、「問題ない」の3段階の評価を実施した。

#### 流れ盤

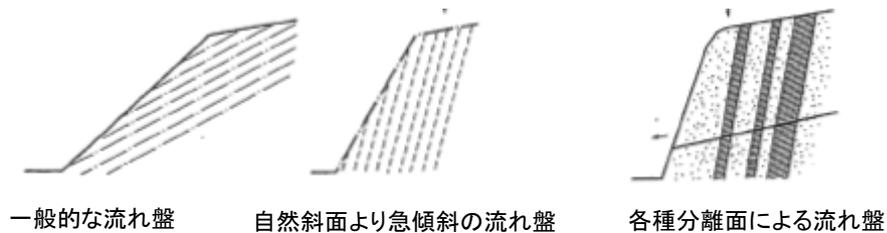


図 3.5.2 流れ盤の例 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

#### 不透水性基盤岩上の土砂

下図を参照して斜面状況を点検した。

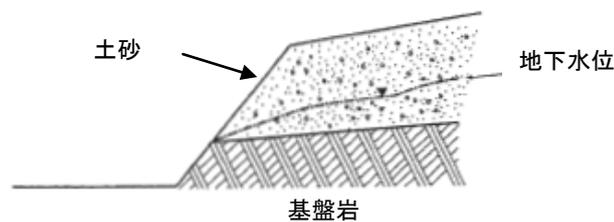


図 3.5.3 不透水性基盤岩上の土砂 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

#### 上位が堅硬で脚部が脆弱な岩の例

キャップロック構造と呼ばれ、点検では脚部の軟質部だけでなく、上位の堅硬な岩盤の縦亀裂にも留意する。

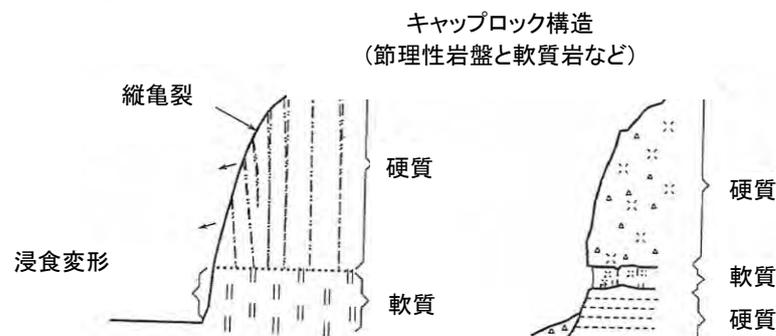


図 3.5.4 キャップロック構造の例 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

### c. 表層の状況

#### c.1 表土および浮石・転石の状況

のり面・自然斜面の安定度を評価する上で重要な要因であり、点検では入念な観察、判断を必要とする。表土と浮石・転石については安定度を表 3.5.2 に基づき評価した。

不安定性の評価は最近発生した土砂斜面崩壊、不安定岩盤、基盤岩、落下した岩盤、土壌、植生等の状況に基づき行った。

表 3.5.2 表土、周辺岩盤の安定性の基準 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

要素の カテゴリー	表 土	周 辺 岩 盤
不安定	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 厚い表土 (50cm 以上)</li> <li>- 浸食あり</li> <li>- 移動の痕跡あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 周辺岩盤の 2/3 が地表に露出している。</li> <li>- 露出した周辺岩盤が人力で移動出来るほど不安定化している。</li> </ul>
やや不安定	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 表土は厚く分布するが浸食されたり移動した軌跡は認められない。</li> <li>- 浸食されたり、移動した形跡は認められるが、表土は薄い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 周辺岩盤は見られるが、数量は少ない。</li> <li>- 周辺岩盤の露出は 2/3 以下である。</li> <li>- 多少露出しているが人力で移動することは難しいと評価される。</li> </ul>
安 定	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 表土はないか、あっても薄い。移動した形跡は認められない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 露出した岩盤は見られない。</li> <li>- 周辺岩盤は安定している。</li> </ul>

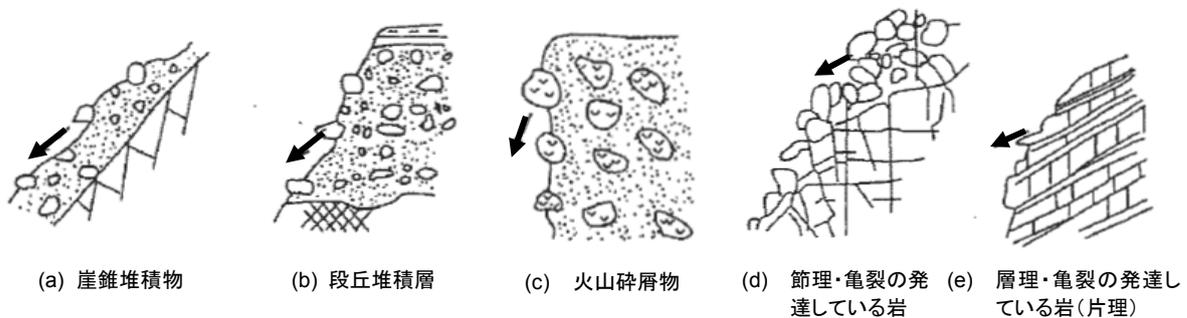


図 3.5.5 不安定な周辺岩盤の状況 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

#### c.2 湧水

湧水箇所数や湧水量は降雨の前後で異なるが、以下の3段階で評価した。

##### 湧水あり

少なくとも1箇所以上の湧水があって表流水として認められ土壌強度の劣化がある。

##### しみ出し程度

のり面・自然斜面が濡れているが、湧水量は「湧水あり」に満たない。

##### なし

### c.3 表層の被覆状況

以下の3段階に分けられる。

#### 裸地～植生主体

岩盤、砂礫、土壌から成る斜面や草木によって被覆される自然斜面

#### 複合 (植生なし、草木、樹木)

斜面表面は一様でなく、裸地、草木だけ、樹木だけの箇所などがある。

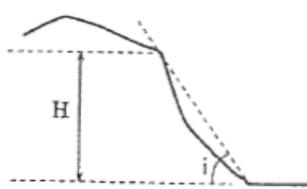
#### 構造物主体

人工的構造物や樹木から成る。

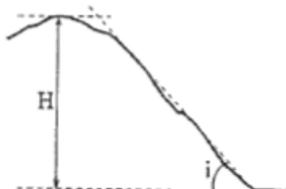
### d. 地形の形状

以下の地形的特徴に基づき、対象斜面の高さ (H) や斜度 (i) を点検する。

遷急線が明瞭な場合



遷急線が不明瞭な場合



複数の条件が重なる場合



図 3.5.6 斜面の高さや傾斜の計測手法 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

### e. 変状

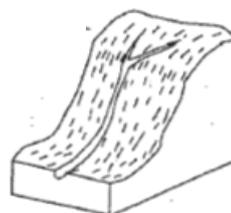
のり面・自然斜面の変状は斜面の安定性を評価する上で重要であり、以下に示す肌落ち、小落石、ガリー浸食、洗掘・リルや、地盤沈下や浮き上がり、木々の曲がり、倒木、既設対策工の変状などがある。



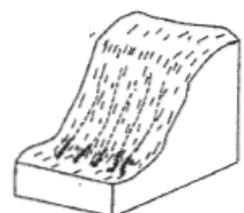
肌落ち



小落石



ガリー浸食



洗掘・リル

図 3.5.7 斜面の地形の特異性 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

### 3.5.2 危険度評価(ランク)の考え方

道路防災点検で確認した地形、地質、土質、既往対策工の効果、災害履歴等を踏まえて、各斜面の危険度評価を行った。点検者は評価結果に基づいて潜在的な災害の危険度をランク分けした。

危険度は、以下に示すとおり、ブータンでの適用を考慮して 4 ランクに分類した。各ランクの典型的な斜面の写真を示す。

表 3.5.3 ブータンにおける危険度ランク (出典:JICA 調査団)

ランク	内容
1A	対策必要 (技術支援必要)
1B	対策必要 (自国対応)
2	斜面カルテ点検対応
3	対策不要

#### ➤ ランク 1A : 対策必要 (技術支援必要)

【定義】道路交通に影響を及ぼす斜面災害が発生する可能性が高いため、対策を実施する必要がある。ブータンの技術では対策が困難と思われるため、技術支援が必要と考えられる。

→斜面カルテ点検調書を作成し、対策が完了し安定化が確認されるまで、斜面カルテ点検を実施する。

#### ➤ ランク 1B : 対策必要 (自国対応)

【定義】道路交通に影響を及ぼす斜面災害が発生する可能性が高いため、対策を実施する必要がある。ブータンの技術で対策が可能と思われる。

→斜面カルテ点検調書を作成し、対策が完了し安定化が確認されるまで、斜面カルテ点検を実施する。

#### ➤ ランク 2 : 斜面カルテ点検対応

【定義】道路交通に影響を及ぼす斜面災害が発生する可能性があるため、将来的に対策を実施することが望ましい。ただし、ランク 1 と比較して緊急度は低いため、現状では防災カルテ点検で対応する。

→斜面カルテ点検調書を作成し、対策が完了し安定化が確認されるまで、斜面カルテ点検を実施する。

#### ➤ ランク 3 : 対策不要

【定義】小崩壊、小落石、軽微な変状等は発生する可能性はあるが、日常の道路維持管理において対応可能であるため、現状では対策は不要である。

→斜面カルテ点検調書は作成せず、斜面カルテ点検も実施しない。

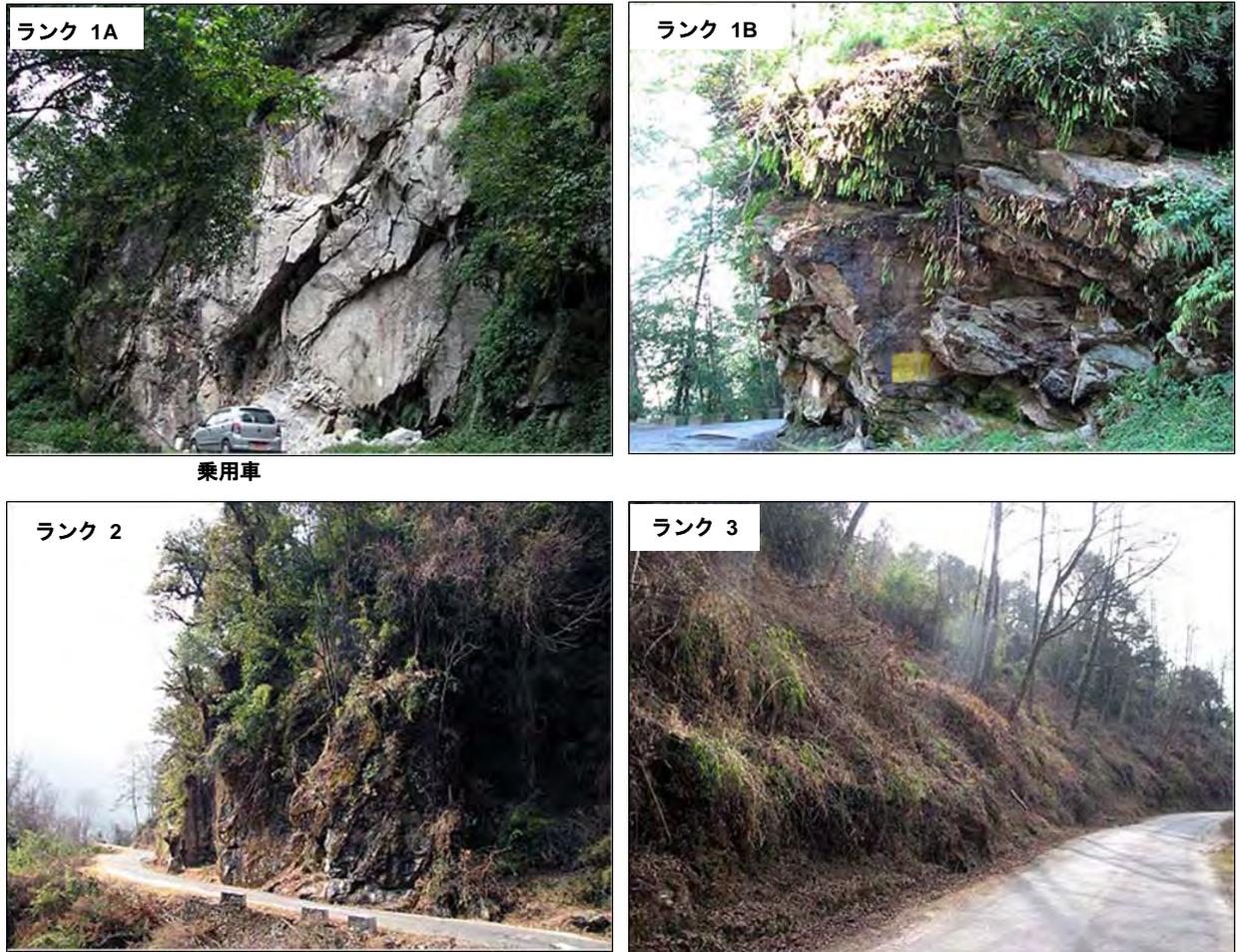


図 3.5.8 各ランクの典型的斜面の例 (出典:JICA 調査団)

### 3.5.3 点検結果とりまとめ

#### a. 概要

現場点検は、道路斜面台帳を作成するために実施した。道路斜面台帳は、3枚の点検シート(箇所別記録表、安定度調査表、写真帳)と点検一覧表で構成される。点検は乾期の間に実施する必要がある。そこで、初年度の乾期(2014年10月~2015年4月)に457斜面の全ての点検作業を効率的に実行した。

表 3.5.4 現場点検の仕様 (出典:JICA 調査団)

項目	仕様
調査範囲	セクション I, II, III
斜面数	457 斜面
調査員	JICA調査団、DoR
調査期間	2014年10月3日-2015年4月12日
キャリブレーション期間	2015年6月29日-2015年7月2日

キャリブレーション：点検が始まる前に調査方法と評価基準を標準化した。点検者と

地域特性によっては点検結果に幾らかの相違が発生する可能性がある。そこで、2015年6月～7月に、現場点検者と異なる専門家によって現場点検結果のキャリブレーションが行われた。これにより、点検結果は十分にクロスチェックされた。

**管理番号:** 対象斜面毎に固有の番号である。10桁のテキストの組合せで、管理事務所番号、道路の種類、道路番号と斜面番号で構成される。

## b. 点検の結果

点検シートは巻末付図に掲載し、点検結果を取りまとめて下表の点検結果一覧表に示す。

表 3.5.5 点検一覧表(1) (出典: JICA 調査団)

Basic Information							Final Judgment			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Distance Mark			Judgment & Score			
				km	from	to	Mountain	Score	Valley side	Score
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120010	40.34	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	45	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120020	40.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	28	Rank 2	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120030	39.73	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120040	39.34	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	56	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120050	39.33	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120060	39.19	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	10	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120070	39.17	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120080	39.16	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	27	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120090	39.07	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	61	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120100	39.02	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120110	38.78	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	70	Rank 2	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120120	38.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120130	38.56	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	41	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120140	38.55	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120150	38.30	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	18	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120160	38.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	35	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120170	38.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	22	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120180	37.90	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	18	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120190	37.84	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120200	37.64	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	86	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120210	37.63	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120220	37.43	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120230	37.42	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120240	37.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120250	37.19	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120260	37.03	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	44	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120270	36.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	100	Rank 2	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120280	36.71	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120290	36.54	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120300	36.46	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120310	36.41	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120320	36.38	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	73	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120330	36.37	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	95	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120340	36.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	28	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120350	36.14	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120360	35.97	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	48	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120370	35.90	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	56	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120380	35.89	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120390	35.84	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	55	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120400	35.84	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120410	35.61	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120420	35.49	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	7	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120430	35.27	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	18	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120440	34.93	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	7	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120450	34.83	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120460	34.71	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120470	34.53	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	80	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120480	34.52	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120490	34.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	54	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120500	34.13	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120510	34.07	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	89	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120520	33.88	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120530	33.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120540	33.78	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	90	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120550	33.61	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120560	33.60	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	45	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120570	33.44	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	71	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120580	33.42	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	35	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120590	33.23	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120600	33.19	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	41	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120610	33.06	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120620	32.98	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	7	Rank 1A	100
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120630	32.82	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120640	32.50	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120650	32.42	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	70	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120660	32.25	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	70	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120670	32.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120680	32.13	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120690	31.94	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	24	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120700	31.79	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	12	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120710	31.53	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120720	31.11	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	93	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120730	31.10	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120740	30.82	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120750	30.81	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	100	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120760	30.75	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	57	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120770	30.72	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120780	30.70	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	-	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120790	30.44	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	60	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120800	30.38	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120810	30.33	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	31	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120820	30.06	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	43	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120830	29.76	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	44	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120840	29.69	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	23	Rank 3	0

表 3.5.6 点検一覧表(2) (出典: JICA 調査団)

Basic Information							Final Judgment			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Distance Mark			Judgment & Score			
				km	from	to	Mountain	Score	Valley side	Score
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120850	29.48	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	5	Rank 3	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120860	29.30	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120870	29.11	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120880	28.27	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	94	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120890	28.26	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	23	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120900	28.26	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120910	28.12	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	23	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120920	27.95	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	50	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120930	27.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	29	Rank 2	40
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120940	27.73	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	0	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120950	27.34	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	16	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120960	27.03	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120970	26.99	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120980	26.93	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	76	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120990	26.92	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	35	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121000	26.85	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	66	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121010	26.67	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121020	26.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	92	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121030	25.73	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	95	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121040	25.72	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	35	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121050	25.51	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	37	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121060	25.35	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	41	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121070	25.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121080	24.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	7	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121090	24.56	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	35	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121100	24.36	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 2	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121110	24.25	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	53	Rank 2	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121120	24.10	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121130	24.07	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	61	Rank 2	70
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121140	23.98	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121150	23.96	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	30	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121160	23.66	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	60	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121170	23.65	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	90	-	-
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121180	23.58	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	86	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120010	122.93	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120020	122.75	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	17	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120030	122.55	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	11	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120040	122.19	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120050	121.39	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120060	121.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	37	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120070	121.03	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120080	121.00	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120090	120.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	24	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120100	120.56	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120110	120.42	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120120	119.86	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120130	119.79	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	100	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120140	119.38	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120150	118.92	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 1B	100
S-2	Trongsa	1	TPP0120160	118.40	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120170	118.40	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	56	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120180	118.06	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	100	Rank 1B	100
S-2	Trongsa	1	TPP0120190	117.39	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	16	Rank 1B	100
S-2	Trongsa	1	TPP0120200	117.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	30	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120210	117.13	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	10	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120220	117.12	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	30	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120230	116.92	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120240	116.66	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120250	116.41	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120260	116.39	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	30	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120270	116.26	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	21	Rank 2	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120280	116.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120290	115.96	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120300	115.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120310	115.72	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120320	115.38	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120330	115.06	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	47	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120340	114.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120350	114.50	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	22	Rank 2	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120360	114.28	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120370	114.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120380	113.89	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120390	113.62	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120400	113.40	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	50	Rank 3	40
S-2	Trongsa	1	TPP0120410	113.39	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120420	113.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	50	Rank 3	40
S-2	Trongsa	1	TPP0120430	112.99	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120440	112.96	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120450	112.76	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	46	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120460	112.42	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	27	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120470	112.40	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120480	112.20	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120490	111.96	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	39	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120500	111.80	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	28	-	-

表 3.5.7 点検一覧表(3) (出典: JICA 調査団)

Basic Information							Final Judgment			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Distance Mark			Judgment & Score			
				km	from	to	Mountain	Score	Valley side	Score
S-2	Trongsa	1	TPP0120510	111.76	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120520	111.72	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120530	111.46	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	32	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120540	111.28	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120550	111.25	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120560	110.94	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120570	110.75	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	74	Rank 2	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120580	110.72	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120590	110.45	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120600	110.11	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120610	109.80	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120620	109.53	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	35	Rank 2	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120630	109.29	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	52	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120640	109.01	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120650	108.77	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120660	108.43	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120670	108.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120680	108.10	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120690	107.94	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120700	107.93	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120710	107.81	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120720	107.80	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120730	107.63	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	46	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120740	107.61	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120750	107.38	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	42	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120760	107.17	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120770	106.89	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120780	106.75	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	24	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120790	106.64	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120800	106.62	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120810	106.53	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120820	106.51	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120830	106.45	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120840	106.43	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120850	106.27	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	100	Rank 1A	90
S-2	Trongsa	1	TPP0120860	106.25	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120870	105.94	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	69	Rank 3	40
S-2	Trongsa	1	TPP0120880	105.80	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	52	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120890	105.69	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	43	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120900	105.68	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120910	105.57	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120920	105.55	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120930	105.29	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	57	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120940	105.10	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	58	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120950	104.76	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120960	104.46	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	21	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120970	104.33	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	17	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0120980	104.31	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0120990	104.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	13	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121000	103.92	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	13	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121010	103.65	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	13	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121020	103.21	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	17	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121030	103.20	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121040	103.13	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	17	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121050	103.12	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	10	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121060	102.85	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	17	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121070	102.84	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121080	102.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121090	102.73	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121100	102.67	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121110	102.65	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121120	102.55	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121130	102.22	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121140	101.88	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121150	101.58	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	18	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121160	101.40	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121170	101.38	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121180	100.97	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	31	Rank 1A	100
S-2	Trongsa	1	TPP0121190	100.97	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	44	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121200	100.80	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121210	100.79	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121220	100.61	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	70	-	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121230	100.60	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	40	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121240	100.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121250	100.20	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121260	100.07	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	40
S-2	Trongsa	1	TPP0121270	99.89	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	32	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121280	99.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	35	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121290	99.75	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	35	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121300	99.45	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	46	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121310	99.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	75	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121320	99.17	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	64	Rank 2	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121330	99.02	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	73	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121340	98.86	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	77	-	-

表 3.5.8 点検一覧表(4) (出典: JICA 調査団)

Basic Information							Final Judgment			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Distance Mark			Judgment & Score			
				km	from	to	Mountain	Score	Valley side	Score
S-2	Trongsa	1	TPP0121350	98.80	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	45	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121360	98.55	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	46	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121370	98.35	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	90	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121380	98.28	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	44	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121390	98.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	89	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121400	98.10	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	73	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121410	98.09	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	20	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121420	97.99	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	22	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121430	97.99	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	55	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121440	97.99	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121450	97.96	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	61	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121460	97.86	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	33	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121470	97.86	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	43	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121480	97.77	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121490	97.64	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	16	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121500	97.50	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	43	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121510	97.49	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121520	97.30	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	80	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121530	97.29	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121540	97.24	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	0	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121550	97.23	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121560	97.20	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121570	97.19	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	20	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121580	97.09	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	34	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121590	97.05	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	0	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121600	97.03	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121610	96.76	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	30	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121620	96.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	20	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121630	96.59	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121640	96.50	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	40
S-2	Trongsa	1	TPP0121650	96.43	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121660	96.35	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	15	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121670	96.03	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121680	95.94	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	10	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121690	95.92	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	30	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121700	95.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	100	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121710	95.59	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	5	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121720	95.46	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	4	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121730	95.45	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	0	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121740	95.25	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	0	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121750	95.04	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	22	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121760	95.03	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	10	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121770	94.91	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	6	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121780	94.91	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121790	94.69	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121800	94.42	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121810	94.29	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121820	94.12	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121830	93.87	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121840	93.85	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	65	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121850	93.73	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121860	93.72	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	0	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121870	93.47	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	42	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121880	93.45	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121890	93.16	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121900	92.92	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121910	92.86	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	75	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121920	92.68	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	30	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121930	92.47	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	9	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121940	92.40	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	26	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121950	92.39	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121960	92.33	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	29	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121970	92.16	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	15	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0121980	92.15	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0121990	92.02	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	5	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122000	91.94	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	36	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0122010	91.85	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 2	70
S-2	Trongsa	1	TPP0122020	91.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122030	91.73	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0122040	91.70	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	73	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122050	91.62	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 2	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122060	91.61	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0122070	91.37	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	55	Rank 3	40
S-2	Trongsa	1	TPP0122080	91.28	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	38	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122090	91.26	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	45	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0122100	91.05	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122110	90.95	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122120	90.74	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122130	90.60	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	66	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122140	90.59	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	70	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0122150	90.44	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	76	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122160	90.37	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1B	77	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122170	90.36	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	50	-	-
S-2	Trongsa	1	TPP0122180	90.33	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	42	Rank 3	0

表 3.5.9 点検一覧表(5) (出典: JICA 調査団)

Basic Information				Distance Mark			Final Judgment			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Distance Mark			Judgment & Score			
				km	from	to	Mountain	Score	Valley side	Score
S-2	Trongsa	1	TPP0122190	90.30	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	50	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122200	90.20	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 2	55	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122210	90.19	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	25	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122220	89.91	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 1A	81	Rank 3	0
S-2	Trongsa	1	TPP0122230	89.90	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	40	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122240	89.55	Wangduephodrang	Trongsa	Rank 3	7	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450010	8.80	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	83	Rank 2	70
S-2	Trongsa	4	TRP0450020	8.78	Trongsa	Gelephu	Rank 2	50	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450030	8.64	Trongsa	Gelephu	Rank 3	11	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450040	8.62	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450050	8.42	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450060	8.11	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	Rank 3	40
S-2	Trongsa	4	TRP0450070	8.07	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	100	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450080	7.65	Trongsa	Gelephu	Rank 3	14	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450090	7.25	Trongsa	Gelephu	Rank 3	20	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450100	7.24	Trongsa	Gelephu	Rank 3	25	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450110	7.00	Trongsa	Gelephu	Rank 2	53	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450120	6.98	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450130	6.67	Trongsa	Gelephu	Rank 2	74	Rank 3	40
S-2	Trongsa	4	TRP0450140	6.33	Trongsa	Gelephu	Rank 3	14	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450150	6.14	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	80	Rank 3	40
S-2	Trongsa	4	TRP0450160	6.11	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450170	6.02	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	81	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450180	5.76	Trongsa	Gelephu	Rank 3	10	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450190	5.48	Trongsa	Gelephu	Rank 3	36	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450200	5.32	Trongsa	Gelephu	Rank 3	38	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450210	5.19	Trongsa	Gelephu	Rank 3	24	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450220	4.84	Trongsa	Gelephu	Rank 3	33	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450230	4.35	Trongsa	Gelephu	Rank 3	32	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450240	4.19	Trongsa	Gelephu	Rank 3	34	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450250	4.04	Trongsa	Gelephu	Rank 3	38	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450260	3.88	Trongsa	Gelephu	Rank 2	70	Rank 1B	100
S-2	Trongsa	4	TRP0450270	3.63	Trongsa	Gelephu	Rank 2	70	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450280	3.46	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	100	Rank 2	70
S-2	Trongsa	4	TRP0450290	3.43	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	90	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450300	3.28	Trongsa	Gelephu	Rank 3	20	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450310	3.28	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	82	Rank 2	70
S-2	Trongsa	4	TRP0450320	3.10	Trongsa	Gelephu	Rank 3	18	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450330	3.09	Trongsa	Gelephu	Rank 3	0	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450340	2.86	Trongsa	Gelephu	Rank 2	50	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450350	2.86	Trongsa	Gelephu	Rank 3	25	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450360	2.50	Trongsa	Gelephu	Rank 2	70	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450370	2.50	Trongsa	Gelephu	Rank 3	30	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450380	2.31	Trongsa	Gelephu	Rank 2	52	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450390	2.04	Trongsa	Gelephu	Rank 3	25	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450400	2.04	Trongsa	Gelephu	Rank 3	19	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450410	1.83	Trongsa	Gelephu	Rank 2	52	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450420	1.70	Trongsa	Gelephu	Rank 2	50	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450430	1.39	Trongsa	Gelephu	Rank 3	32	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450440	1.33	Trongsa	Gelephu	Rank 3	0	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450450	1.33	Trongsa	Gelephu	Rank 3	19	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450460	0.99	Trongsa	Gelephu	Rank 3	38	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450470	0.97	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	70	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450480	0.82	Trongsa	Gelephu	Rank 3	0	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450490	0.81	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	90	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450500	0.70	Trongsa	Gelephu	Rank 3	38	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450510	0.68	Trongsa	Gelephu	Rank 3	30	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450520	0.36	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450530	0.35	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450540	0.15	Trongsa	Gelephu	Rank 3	14	Rank 3	0
S-2	Trongsa	4	TRP0450550	0.03	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	100	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420010	82.92	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	78	Rank 2	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420020	82.61	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	78	Rank 2	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420030	82.29	Trongsa	Gelephu	Rank 2	40	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420040	81.98	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	78	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420050	81.71	Trongsa	Gelephu	Rank 2	88	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420060	81.50	Trongsa	Gelephu	Rank 2	58	Rank 2	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420070	81.29	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	50	Rank 2	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420080	80.94	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	58	Rank 2	40
S-3	Trongsa	4	TRP0420090	80.78	Trongsa	Gelephu	Rank 2	32	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420100	80.77	Trongsa	Gelephu	Rank 3	30	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420110	80.65	Trongsa	Gelephu	Rank 2	32	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420120	80.63	Trongsa	Gelephu	Rank 3	50	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420130	80.22	Trongsa	Gelephu	Rank 1B	70	Rank 1A	40
S-3	Trongsa	4	TRP0420140	80.21	Trongsa	Gelephu	Rank 3	100	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420150	80.10	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	95	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420160	79.79	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	100	Rank 1A	90
S-3	Trongsa	4	TRP0420170	79.72	Trongsa	Gelephu	Rank 3	44	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420180	79.70	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420190	79.46	Trongsa	Gelephu	Rank 3	45	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420200	79.44	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420210	79.24	Trongsa	Gelephu	Rank 2	40	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420220	78.87	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420230	78.85	Trongsa	Gelephu	Rank 2	40	-	

表 3.5.10 点検一覧表(6) (出典:JICA 調査団)

Basic Information							Final Judgment			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Distance Mark			Judgment & Score			
				km	from	to	Mountain	Score	Valley side	Score
S-3	Trongsa	4	TRP0420240	78.63	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420250	78.36	Trongsa	Gelephu	Rank 3	29	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420260	78.35	Trongsa	Gelephu	Rank 3	50	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420270	78.23	Trongsa	Gelephu	Rank 3	44	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420280	78.22	Trongsa	Gelephu	Rank 3	25	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420290	77.94	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420300	77.69	Trongsa	Gelephu	Rank 3	11	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420310	77.41	Trongsa	Gelephu	Rank 3	11	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420320	77.19	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420330	77.17	Trongsa	Gelephu	Rank 3	40	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420340	76.81	Trongsa	Gelephu	Rank 3	20	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420350	76.62	Trongsa	Gelephu	Rank 3	18	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420360	76.33	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420370	75.93	Trongsa	Gelephu	Rank 3	18	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420380	75.67	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420390	75.37	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420400	74.97	Trongsa	Gelephu	Rank 3	20	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420410	74.96	Trongsa	Gelephu	Rank 3	30	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420420	74.60	Trongsa	Gelephu	Rank 3	17	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420430	74.25	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420440	74.24	Trongsa	Gelephu	Rank 3	50	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420450	74.04	Trongsa	Gelephu	Rank 3	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420460	73.69	Trongsa	Gelephu	Rank 2	21	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420470	73.29	Trongsa	Gelephu	Rank 3	14	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420480	73.02	Trongsa	Gelephu	Rank 3	15	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420490	73.01	Trongsa	Gelephu	Rank 3	75	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420500	72.80	Trongsa	Gelephu	Rank 3	16	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420510	72.50	Trongsa	Gelephu	Rank 3	14	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420520	72.19	Trongsa	Gelephu	Rank 3	14	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420530	71.85	Trongsa	Gelephu	Rank 3	17	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420540	71.84	Trongsa	Gelephu	Rank 3	70	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420550	71.55	Trongsa	Gelephu	Rank 2	70	Rank 2	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420560	71.10	Trongsa	Gelephu	Rank 1A	70	Rank 1A	70
S-3	Trongsa	4	TRP0420570	70.74	Trongsa	Gelephu	Rank 2	70	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420580	70.73	Trongsa	Gelephu	Rank 2	40	-	-
S-3	Trongsa	4	TRP0420590	70.58	Trongsa	Gelephu	Rank 2	70	Rank 3	0
S-3	Trongsa	4	TRP0420600	70.33	Trongsa	Gelephu	Rank 3	24	Rank 3	0

### b.1 セクションごとの対象斜面数

各セクションの対象斜面数を下表に示す。セクション II は最も多くの対象斜面 (279 斜面) を有し、全 457 斜面の 61.1% を占めた。セクション I は 2 番目に多い 118 斜面で、セクション III は 60 斜面で最も少なかった。

表 3.5.11 セクションごとの対象斜面数 (出典:JICA 調査団)

セクション	斜面数	比率
セクション I	118 斜面	25.8%
セクション II	279 斜面	61.1%
セクション III	60 斜面	13.1%
合計	457 斜面	100.0%

### b.2 災害種別ごとの対象斜面数

各斜面災害種別の対象斜面数を下表に示す。最も多いのは、土砂斜面崩壊の 186 斜面で全体の 40.7% を占める。土石流は 120 斜面 (26.3%)、岩盤斜面崩壊は 108 斜面 (23.6%) である。地すべりは最も少なく、43 斜面 (9.4%) である。

表 3.5.12 災害種別ごとの対象斜面数 (出典: JICA 調査団)

災害種別	斜面数	比率
岩盤斜面崩壊	108 斜面	23.6%
土砂斜面崩壊	186 斜面	40.7%
土石流	120 斜面	26.3%
地すべり	43 斜面	9.4%
合計	457 斜面	100.0%

### b.3 危険度ランクごとの対象斜面数

危険度ランクごとの斜面数と比率を下表に示す。ランク 1 (対策工が必要) は 63 斜面で全体の 13.7%を占め、ランク 1A (技術援助が必要) とランク 1B (ブータンの技術で対応可能) の比率は 29:34 である。

表 3.5.13 危険度ランクごとの対象斜面数 (出典: JICA 調査団)

ランク	斜面数		比率	
ランク 1A	29 斜面	合計	6.3%	合計
ランク 1B	34 斜面	63 斜面	7.4%	13.7%
ランク 2	145 斜面		31.7%	
ランク 3	249 斜面		54.5%	
合計	457 斜面		100.0%	

### b.4 災害種別ごとの危険度ランクの数

災害種別ごとの危険度ランクの数を下表に示す。ランク 1A とランク 1B に関して、岩盤斜面崩壊が 35 斜面で、すべての災害種別中で最も多数である。土砂斜面崩壊は 13 斜面、土石流は 8 斜面、地すべりは 7 斜面で、岩盤斜面崩壊に比較すると少ない。

表 3.5.14 災害種別ごとの危険度ランクの数 (出典: JICA 調査団)

災害種別	斜面数				
	ランク 1A	ランク 1B	ランク1合計	ランク 2	ランク 3
岩盤斜面崩壊	18	17	(35)	41	32
土砂斜面崩壊	7	6	(13)	53	120
土石流	2	6	(8)	39	73
地すべり	2	5	(7)	12	24

### b.5 セクションごとの危険度ランクの数

セクションごとの危険度ランクの数を下表に示す。ランク 1A とランク 1B に関して、セクション II は 36 斜面で、全セクションで最多である。セクション I は 18 斜面、セクション III は 9 斜面と、セクション II よりかなり少ない。

表 3.5.15 セクションごとの危険度ランクの数 (出典: JICA 調査団)

セクション	斜面数				
	ランク 1A	ランク 1B	ランク合計	ランク 2	ランク 3
セクション I	6	12	(18)	55	45
セクション II	14	22	(36)	78	165
セクション III	9	0	(9)	12	39

### b.6 危険度ランクごとの評価シートの得点

このプロジェクトにおいて、JICA 調査団は、道路斜面のための災害要因分析結果に基づいて、ブータンにおける斜面点検のための新しい安定度調査表（第4章の4.1）を提案した。新しい安定度調査表の得点は、最大で 100 点となるように調節されている。各ランクにおける安定度調査表の得点は以下に示すとおりである。

表 3.5.16 災害タイプ・危険度ランクごとの安定度調査表の得点(山側斜面)(出典: JICA 調査団)

得点 の範囲	度数 (山側)											
	土砂斜面崩壊			岩盤斜面崩壊			土石流			地すべり		
	ランク 1	ランク 2	ランク 3									
- 10	0	0	14	0	0	2	0	0	8	0	0	2
11 - 20	0	0	36	0	0	3	0	0	3	0	0	2
21 - 30	0	6	36	0	0	9	0	2	23	0	1	7
31 - 40	1	19	35	0	5	14	0	7	23	0	2	12
41 - 50	3	5	4	1	5	6	1	13	13	0	4	3
51 - 60	1	5	0	2	11	0	0	1	0	0	1	0
61 - 70	1	16	0	7	9	1	1	12	1	0	1	0
71 - 80	2	0	0	8	7	0	0	4	1	1	3	0
81 - 90	0	0	0	9	1	0	3	0	0	1	0	0
91 - 100	2	0	0	8	0	0	3	0	1	3	0	0
合計	10	51	125	35	38	35	8	39	73	5	12	26

表 3.5.17 災害タイプ・危険度ランクごとの安定度調査表の得点(谷側斜面)(出典:JICA 調査団)

得点 の範囲	度数 (山側)					
	土砂斜面崩壊			岩盤斜面崩壊		
	ランク 1	ランク 2	ランク 3	ランク 1	ランク 2	ランク 3
- 10	0	11	207	0	5	26
11 - 20	0	0	0	0	0	0
21 - 30	0	0	0	0	0	0
31 - 40	0	2	6	1	10	4
41 - 50	0	0	0	0	0	0
51 - 60	0	0	0	0	0	0
61 - 70	0	7	0	1	7	0
71 - 80	0	0	0	0	0	0
81 - 90	1	0	0	1	0	0
91 - 100	5	0	0	1	0	0
合計	6	20	213	4	22	30

### 3.6 追加調査の実施

日本国内における斜面对策における代表的な調査手法を例示する目的で、追加的な地質調査を実施した。追加調査では、本プロジェクトの調査範囲（セクション I、II、III）でよく目にする斜面地形である地すべり地形や斜面崩壊を念頭に、測量、物理探査（弾性波探査）、ボーリング調査、土質試験を実施した。

追加調査は、地形判読（空中写真判読）で地すべりと判読された区域に対して、地下の地盤工学的な情報（硬軟の程度、地下水位の変化など）を得るために実施した。追加調査から得られた情報は、一般的に地すべり対策の設計に利用される。道路計画との関係では、このような調査以後の対策工の計画において、計画されるルートでの対策工の施設の種類・数量・組み合わせなどを踏まえて、経済性判断がなされる。そのため信頼性の高い調査結果が、判断の合理性に大きく影響することとなる。

本プロジェクトで実施した調査項目は、以下の通りである。

- 測量（トータルステーション（光波）測量）
- 物理探査（弾性波探査）
- ボーリング調査（コア採取）と標準貫入試験
- 土質試験（現位置での土質試料の採取、密度/粒径分布/含水比などの物理試験）

これらの試験を以下の2サイトで実施した。

サイト1：Thumang Cliff 近くの道路斜面（大規模斜面崩壊を念頭に置いた選定）

サイト2：Bangla Pokt 地区の地すべり地（地すべりを念頭に置いた選定）

表 3.6.1 追加調査一覧（出典：JICA 調査団）

調査項目		サイト		備考
大項目	小項目	サイト1	サイト2	
場所		Thumang Cliff	Bangla Pokt	
測量	平面測量	200m*200m	200m*300m	国家土地委員会の基準を参照
	水準測量	3 sections	1 section	
物理探査	弾性波	200m*3sections	300m*1section	ネパール業者活用
ボーリング	コア採取	3 bores (BH-1,2,3) 60m,60m,50m	2 bores (BH-4,5) 25m,25m	
	標準貫入試験	Every 1m	Every 1m	
土質試験	物理試験	密度、含水比、粒径分布、液性/塑性限界、せん断試験（粘着力、せん断抵抗角）		

サイト1では、ボーリング調査結果と弾性波探査結果を総合すると、斜面上部では地表から約10m程度までは土塊の締まりが比較的緩い表層堆積物が分布し、以深で風化の影響を受けていない花崗片麻岩が主体の安定的な基盤層が分布する。現状の道路が位置する斜面下部では、表層堆積物や風化の影響を受けた基盤弱層が深度30m程度まで分布すると解釈された。なお、ボーリング調査におけるコア採取技術の未熟さは否めなかった。

このような調査結果を受け、道路の維持管理との観点では、表層堆積物内に発生する

地下水位の上昇を抑えるため、地表水排除工や地下水排除工、加えて道路の路肩側斜面の浸食防止が望まれる。

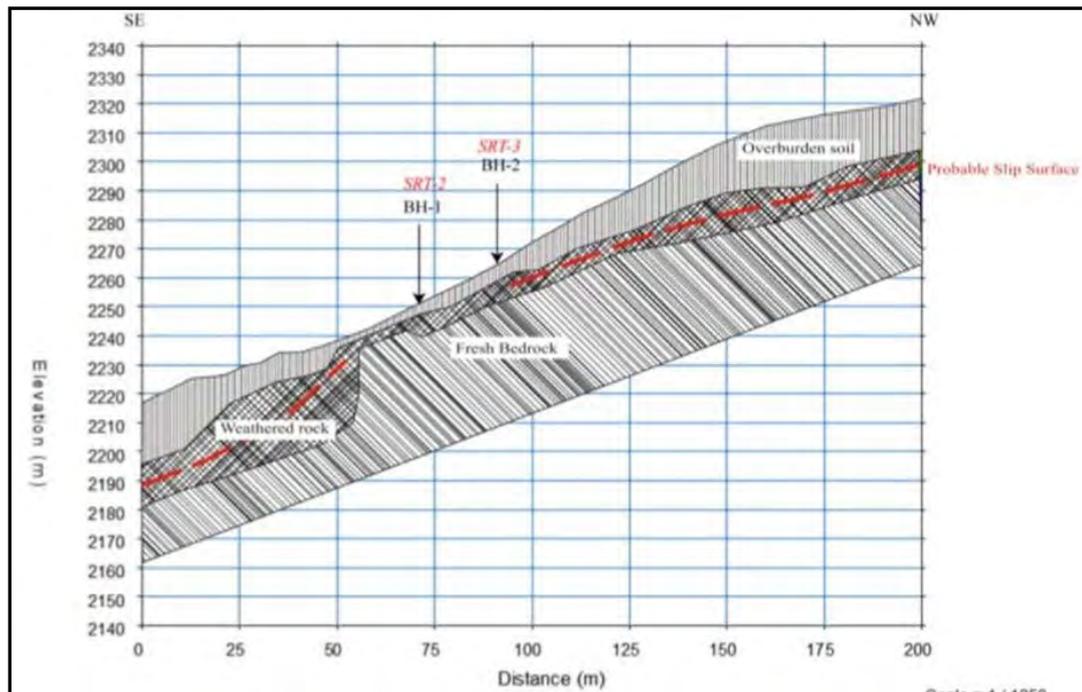


図 3.6.1 サイト1の地質断面図 (出典:JICA 調査団)

サイト2では、ボーリング調査結果と弾性波探査結果を総合すると、表層から約5m程度までは地すべり土塊が分布し、以深で花崗片麻岩の基盤層が分布する。このサイトでは地形勾配が緩く分離小丘などもみられ、かつ地すべり土塊(表層部分の比較的緩い堆積物)も比較的小規模で複数にわたって分散して分布している。この点を踏まえると、地すべり活動の終期ではないかと考えられる。

このような調査結果を受け、道路の維持管理との観点では、モンスーン季に突発的に発生する強雨を念頭に、表流水排除工を充実することが望まれる。

### 3.7 地形解析

#### 3.7.1 既存資料を活用した道路基図の作成

技術協力プロジェクト「国家地理空間情報作成プロジェクト」(2015年2月～2017年9月)では、ブータン国南部地域 9,870 km<sup>2</sup> を対象として地形図作成および衛星画像を基にしたオルソフォトマップの整備が進められており、地形図データは2017年9月頃までには使用可能となる(ただし対象の南部地域のみ)。また、CGISC (Center of GIS Co-ordination) の活動を通して、各機関のGISデータ情報の共有化を行っているなど、近年、ブータン国における地図整備が進んでいる。

そこで本プロジェクトでは、既存の衛星データを用いた地形解析を実施し、DoR で整備している最新の道路線形およびその他情報(境界、各種施設等)を統合した道路基図の作成(縮尺 1:10,000)を行った。道路基図作成対象は、各県およびブータン国内の主要国道沿い(Asian Highway (AH) 及び Primary National Highway (PNH))とした。道路基図作成範囲は約 7,158 km<sup>2</sup> であり、ブータン全土における 18% 程度である。各県において作成した道路基図の範囲を図 3.7.1 に示す。

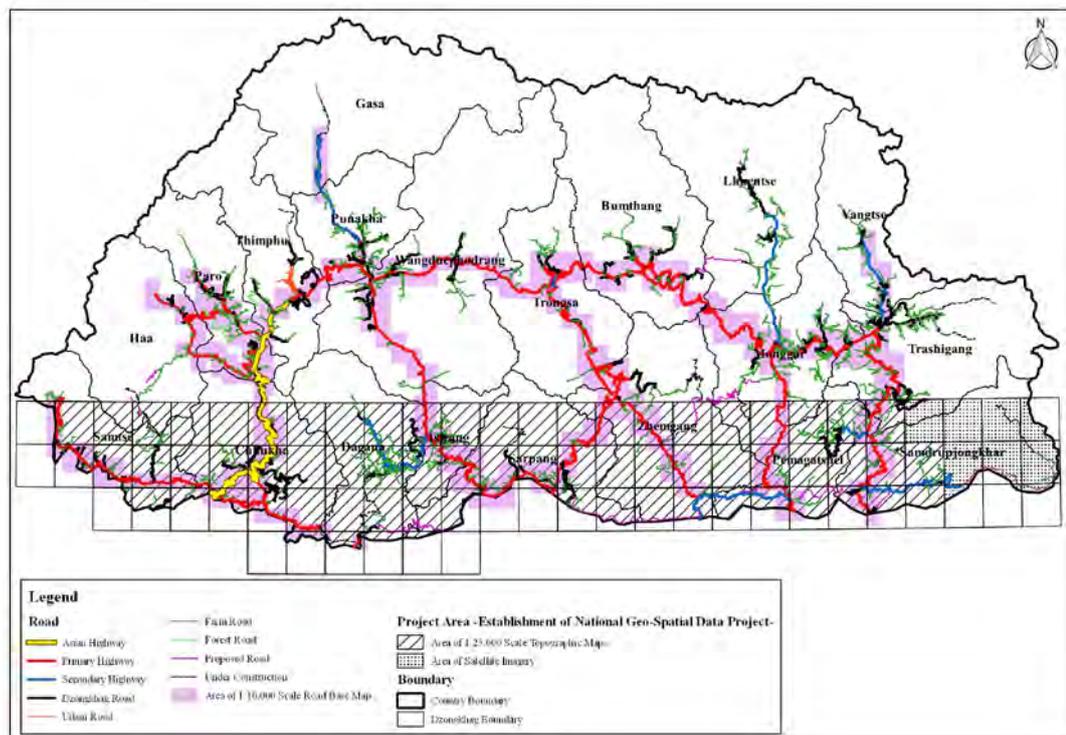
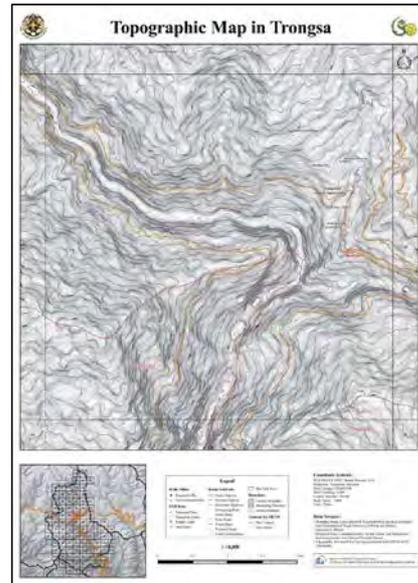


図 3.7.1 10,000 分の 1 道路基図作成範囲 (出典: JICA 調査団)



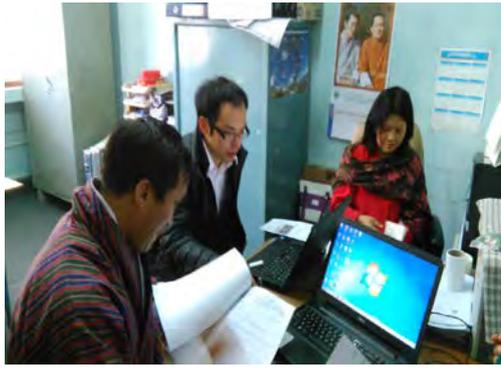
Trongsa県における道路ネットワーク



10,000分の1道路基図(Section 2)

図 3.7.2 道路基図例 (出典:JICA 調査団)

上記した道路基図作成に関する作業は、QGIS を用いて DoR 維持管理部職員に対して オン・ザ・ジョブ・トレーニング (OJT: On-the-Job-Training) 形式で実施した。DoR では GIS 専任の職員が在籍してらず、ワーキンググループ 12 名のうち、地方局も含めた職員全員に対して OJT を行うことは難しいことから、実質的な作業については DoR 本局に勤務する 3 名とした。地方事務所に所属するワーキンググループメンバーには、GIS 技術や地図作成に関するセミナーを開催し、DoR 内での情報の共有ならび能力向上を図った。また、プロジェクト終了後においても DoR 職員が自ら新規の地図作成や更新が可能のように、2.6 で述べている地形解析マニュアルを作成し、共有した。



OJTによる作業状況



セミナーの様子(Thimphu)



セミナーの様子(Trongsa)



作成した道路基図に関する協議

図 3.7.3 GIS 技術に関する技術移転 (出典:JICA 調査団)

### 3.7.2 写真図化による地形解析

広範囲における道路基図整備を目的とした場合、一定の精度を持った地形データとして PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) -DSM (Digital Surface Model) もしくは SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) は有用なデータである。それ以外の手法として、対岸斜面からの写真測量を用いて、小規模な範囲における詳細地形図の作成に関する OJT および研修を別途実施した。写真図化に関して、プロジェクトから専用の図化ソフト (Agisoft 社 PhotoScan) を供与した。

PhotoScan による地形解析は、高精度な解析が可能な一方で、範囲は小規模であり、使用するコンピュータのスペックにもよるが解析時間を要する。そのため、適用方法としては、限定的な範囲における高精度の地形情報の入手、もしくは簡便なデータ取得法 (現地での写真撮影) による現状の把握を目的とする場合が多い。よって、本プロジェクトでも、地すべり発生の可能性が懸念される斜面を対象とし、地すべりが発生した際の参考資料として活用できるように技術移転を行った。

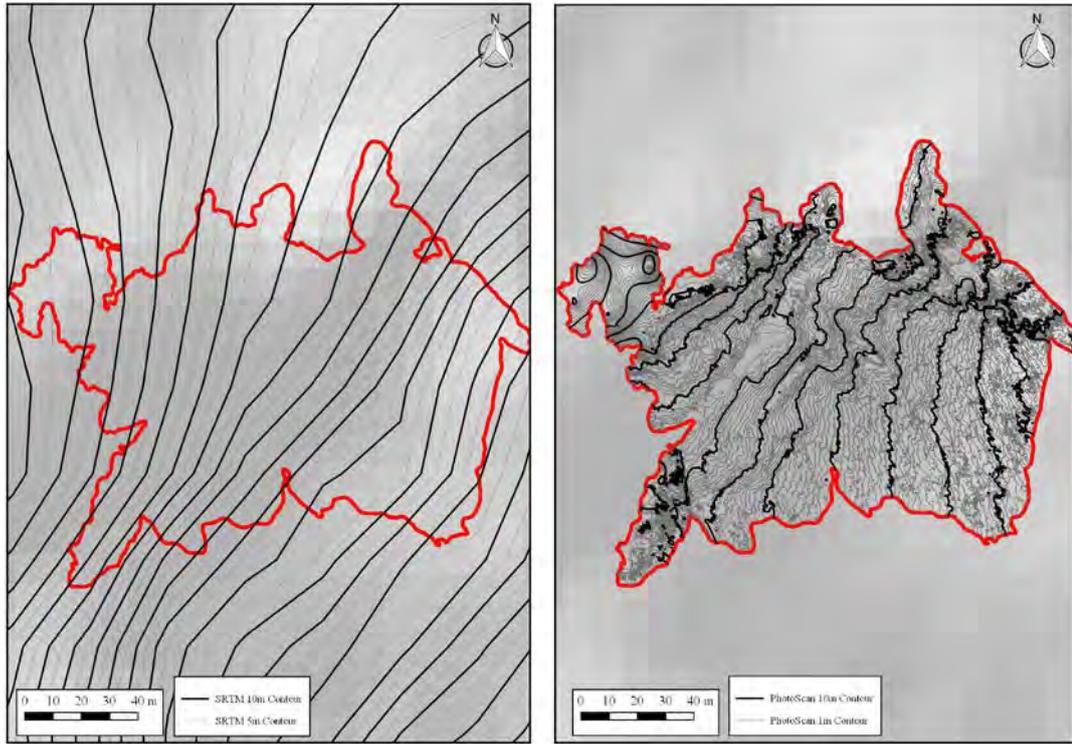


図 3.7.4 地形データの違いによる比較(左図:SRTM、右図:PhotoScan) (出典:JICA 調査団)

### 3.8 ブータンにおけるインフラ開発

#### 3.8.1 公共事業・定住省 道路局(MoWHS)の組織概要

##### a. MoWHS設立の背景

ブータンは、1960年代より道路や橋梁建設等のインフラ開発を進めており、MoWHSの前身であるブータン・エンジニアリング・サービスが1961年に設立された。

表 3.8.1 MoWHS 設立にかかる年表 (出典:MoWHS)

西暦	事柄
1961年	ブータン・エンジニアリング・サービス設立。公共インフラを実施。
1966年	ブータン・エンジニアリング・サービスが、公共事業局 (Public Works Department (PWD)) に名称変更され、開発省 (Ministry of Development) の下に編成された。
1999年	省庁再編
2003年	公共事業・定住省 (MoWHS) 設立

##### b. MoWHSの組織図

MoWHS は、3つの技術局（道路局、都市開発・エンジニアリングサービス局及び定住局）とその他の課からなる。

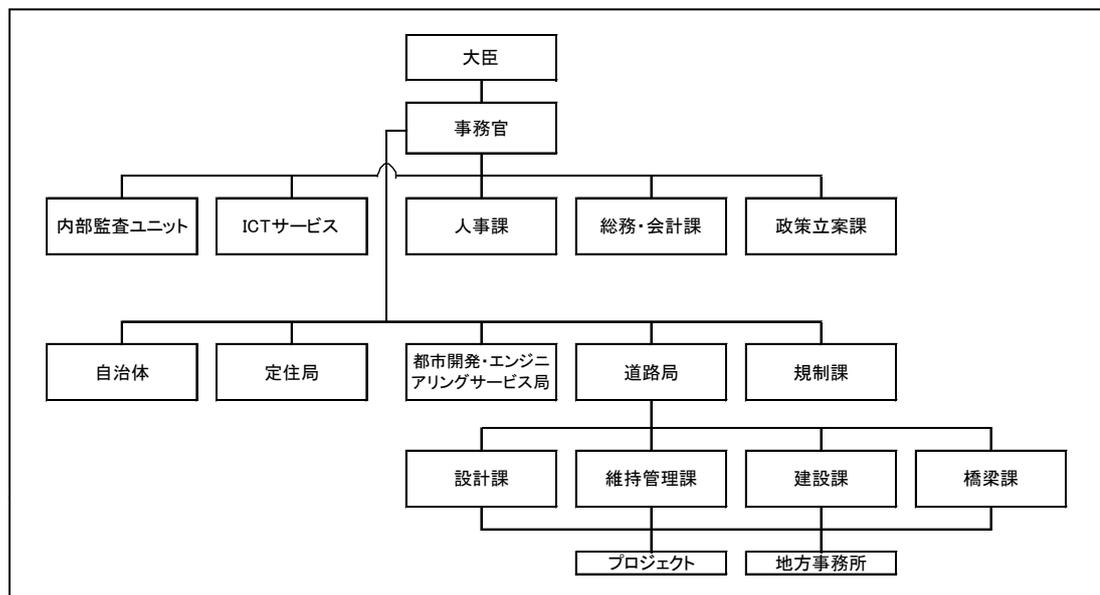


図 3.8.1 MoWHS 組織図 (出典:MoWHS)

##### c. MoWHSの役割

MoWHS の役割は、安全且つ長期に渡って活用できるインフラを整備することである。インフラを整備することにより、人々の生活や交通網を改善し、国の発展に貢献する。

#### d. MoWHSの主な業務

MoWHSの主な業務は、インフラ関連の政策及び計画立案や規制の制定、人材育成、建設業務の推進、調査等である。

### 3.8.2 道路局(DoR)の組織概要

#### a. DoR設立の背景

ブータンは、1959年に Phuntsholing・Thimphu 間の道路のフェージビリティ調査を実施して以来、過去数十年間にわたって道路開発を進めてきた。当初の名称は公共事業局だったが、道路局に変更され、現在は MoWHS の中に編成されている。

#### b. DoRの役割

DoR は主に道路の建設、改良及び維持管理を行っている。また、環境に配慮した道路建設を進めるため、建設・維持管理方法の改善に努めている。

#### c. DoRの組織図

DoR は、設計課、維持管理課、建設課及び橋梁課の4つの課から成り立っている。

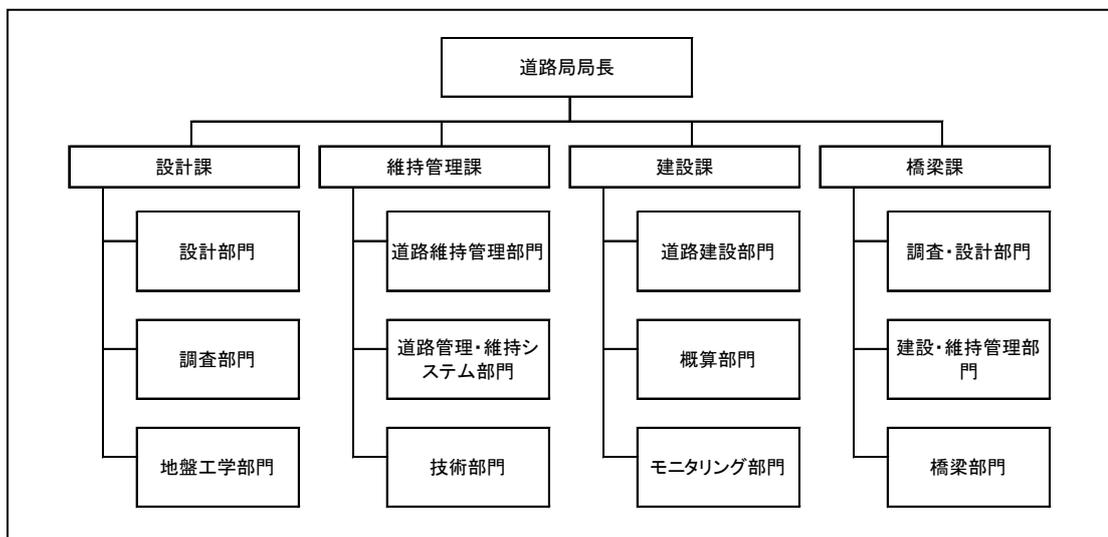


図 3.8.2 DoR 組織図 (出典: MoWHS)

各課の主な業務と技術者の人数は以下のとおり。

表 3.8.2 主な業務と技術者数 (出典:MoWHS)

課名	主な業務	技術者数 (人)
設計課	道路設計 地方事務所の業務支援	8
維持管理課	既存の道路の維持管理 斜面管理 地方事務所の業務支援	5
建設課	新規道路及び橋梁の建設 地方事務所の業務支援	7
橋梁課	橋梁の設計・建設・施工管理 既存の橋梁の維持管理 地方事務所の業務支援	6

#### d. GIS

本プロジェクトの実施により、GIS の重要性が DoR に認識され、現在技術者 1 名が GIS の業務を行っている。Gewog 道路図のデジタル化や、斜面災害を地図上に示す作業が進められている。

#### e. DoRに対する海外からの支援

現在、ブータンにおいて斜面災害管理支援を行っているのは、本プロジェクトのみである。他国や国際機関は、道路建設や道路改良を中心に支援している。

### 3.9 ブータン国における道路維持管理

#### 3.9.1 DoRにおける道路維持管理業務

DoR における道路維持管理業務は、本省の維持管理課が主に行っている。橋梁の維持管理については、橋梁課が主担当である。実際の現場における作業については、国内に9つある DoR 地方事務所のスタッフが行っている。

DoR は一部の農道を除いて、ブータン国内のほとんどすべての道路を管轄している。表 3.9.1 に道路種別による延長と割合を、また、表 3.9.2 に道路種別による道路延長の推移を示す。

表 3.9.1 道路種別による延長 (2015年6月) (出典: MoWHS)

道路種別	距離 (km)	割合 (%)
Expressway	6.20	0.06
Primary National Highway	1,974.64	17.66
Secondary National Highway	584.47	5.23
Dzongkhag Roads	1,504.32	13.46
Urban Road	396.78	3.55
Farm Road	5,240.32	46.88
Forest Road	684.51	6.12
Access Road	674.65	6.04
Power Tiller Track	111.10	0.99
合計	11,176.99	100.00

表 3.9.2 道路種別による道路延長の推移 (出典: MoWHS)

年	Express way	Primary National Highway	Secondary National Highway	Dzongkhag Roads	Urban Road	Farm Road	Forest Road	Access Road	Other	合計
2004	—	1577.20	459.00	1213.21	117.42	244.27	542.60	Nil	Nil	4153.70
2005	—	1571.00	459.00	1278.26	125.11	388.54	570.60	Nil	Nil	4392.50
2006	—	1556.00	510.95	1246.91	130.22	525.85	574.80	Nil	Nil	4544.73
2007	6.2	1628.1	481.2	818.2	161.3	1012.3	559.6	534.7	148.1	4946.6
2008	6.2	1621.1	482.0	820.7	163.0	1045.6	528.9	554.2	140.8	5362.4
2009	6.2	1696.79	490.65	883.36	206.64	1395.62	536.80	562.64	203.60	5982.31
2010	6.2	1753.83	505.59	1066.09	295.00	1980.26	583.39	580.57	149.20	6920.13
2011	6.2	1757.19	516.35	1107.50	304.87	3236.41	630.75	619.87	134.90	8314.04
2012	6.2	1768.65	521.18	1050.94	326.91	4380.93	667.25	634.50	134.90	9491.47
2013	6.2	1860.12	578.26	1178.29	349.67	5255.19	667.25	563.18	120.10	10578.26
2014	6.2	1860.12	578.26	1178.29	349.67	5255.19	667.25	563.18	120.10	10578.26
2015	6.2	1974.64	584.47	1504.32	396.78	5240.32	684.51	674.65	111.10	11176.99

#### a. 維持管理業務

日常維持管理業務は2005年に発行された「Road Maintenance Manual」\*<sup>2</sup>及び、2006年に作成された「Cost Estimate for Routine Maintenance of Roads under the Divisions for 2006-2007 for Administrative Approval and Financial Sanction」\*<sup>3</sup>を元に行われている。ただし、斜面点検は日常維持管理業務に含まれていない。

## b. 地方事務所の組織図

DoR には 9 つの地方事務所があり、各地方事務所には、Chief engineer (CE) を筆頭に、5 名程度の Executive engineer (EE) または Assistant engineer (AE) がおり、各 EE または AE の下に 3～5 名の junior engineer (JE) が所属している。

## c. 予算

DoR は MoWHS 経由にて毎年 2 月に財務省へ予算案を提出し、6 月には内閣で承認される。ブータンの会計年度は 7 月から翌 6 月までとなっている。DoR の年間予算について下表に示す。

表 3.9.3 DoR の年間予算 (出典 : MoWHS)

(百万 Nu)

活動内容	2013.7- 2014.6		2014.7- 2015.6		2015.7- 2016.6
	要求予算	配賦予算	要求予算	配賦予算	要求予算
<b>計画</b>					
1 道路建設・拡張・改善	3,524.905	3,480.445	4,256.14	2,222.41	4,753.375
2 橋梁建設	338.74	309.30	243.00	213.43	213.525
3 道路施設維持管理	823.08	843.78	570.89	365.29	530.799
<b>計画外</b>					
1 道路建設 (非主要道)	20.000	107.590	0.000	9.999	-
2 改良工事	1.400	8.199	74.786	0	-
3 橋梁建設	1.24	10.84	18.60	11.24	-
<b>合計</b>	<b>3,184.746</b>	<b>3,320.292</b>	<b>3,321.509</b>	<b>1,941.571</b>	<b>5,668.729</b>

## 3.9.2 道路維持管理の課題

### a. 維持管理体制

DoR 本省の職員が非常に限られているため、地方事務所の職員の能力向上をはかり、作業を分担できるようにする必要がある。

現在 DoR においては中長期の維持管理予算計画の策定は行われていない。したがって、今後は中長期の維持管理予算計画の策定及び詳細なデータベースに基づく道路維持管理の実施が重要である。

### b. 道路設計

道路線形を計画する際は、断層・破砕地帯、地すべり地帯など大規模災害が懸念される地帯を極力避けて選定すべきである。

### c. 維持管理業務の種類と内容

メンテナンスマニュアルの内容は貧弱であり、また実施には活用されておらず形骸化している。現場では作業員は個人の経験に基づいて作業している。特に、斜面点検・維持管理に関する内容はほとんど記載されていない。

日常管理において、斜面の点検・維持管理費用が適切に見込まれていない。また斜面崩壊を事前に防ぐための点検や予防的維持管理は全く行われていない。

#### d. 予算

慢性的な予算の不足が問題である。ブータン政府に維持管理予算の見積もりを提出すると、書類ベースの報告だけでは政府の担当者の理解を得るのが難しいため、毎年必ず減額されてしまう。よって、より信頼性のある状況説明をするためには、写真や図面等を使って損傷状況を分かりやすく示す必要があり、そのためには、情報を一元管理できるデータベースの整備が必要である。

【引用文献】

- \*1 財団法人道路保全技術センター、道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）、2007
- \*2 Ministry of Works and Human Settlement, Road Maintenance Manual, First Edition, June 2005
- \*3 Ministry of Works and Human Settlement, Cost Estimate for Routine Maintenance of Roads under the Divisions for 2006-2007 for Administrative Approval and Financial Sanction, 2006

# Chapter 4

---

---

斜面カルテ作成  
*Regular Check on Road*



## 4 斜面カルテ作成

### 4.1 道路斜面災害要因の分析

DoR 技術者は十分な道路斜面災害対策・管理の経験を持っていないことから、道路斜面災害の危険度評価を行ったうえで適切な対策工法を選定することは容易ではない。日本で通常利用されている点数表は、定量的に点数を加算・減算していただくだけで斜面災害の危険度を比較的簡単に評価できることから、ブータンの道路斜面災害においても利用することが望ましい。点数表は、専門家の評価結果に基づいて考案されており、対象地区の斜面災害の特徴を反映している。

本プロジェクトでは、ブータンの道路斜面災害の危険度を、多変量統計解析の一種である数量化理論による解析により評価した。解析にあたっては JICA 調査団が現地の防災点検で作成した安定度調査表を用いた。数量化理論の解析結果は、DoR の道路斜面管理に活用される。

#### 4.1.1 危険度分析の方法

道路斜面災害の要因は、地形条件、地質性状、水理条件など様々な質的データが複雑に絡み合っており、互いに影響しあっている。多変量統計解析の一種である数量化理論は、このような複雑に絡み合った質的データの影響因子やその影響度合いを算出することができる手法であり、説明変数と目的変数の種類によって I 類～IV 類までの 4 つに分類される。

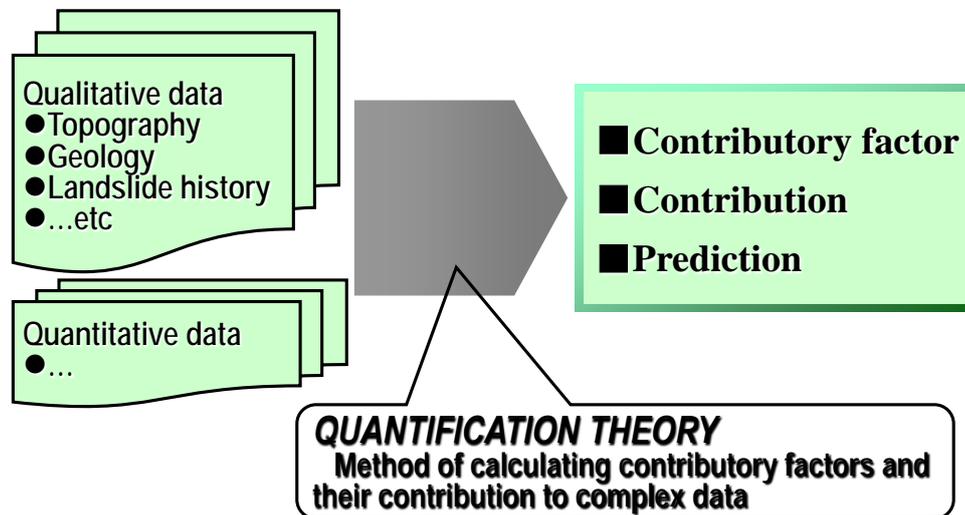


図 4.1.1 数量化理論による解析法イメージ (出典:JICA 調査団)

本プロジェクトでは、JICA 調査団と DoR 技術者が協力して 450 箇所以上の自然斜面に対して道路防災点検を実施し、その危険度をランク 1～3 に分類した(詳細は 3.5 章参照)。この 3 ランクを数量化理論の解析のための目的変数とし、JICA 調査団と DoR 技術者が作成した安定度調査表の各項目(地形、地質、水理、災害記録等)を説明変数とした。

Item	factor	category of score	check	score	
topography Collapsed factor	talus slope, clear convex break of slope, eroded toe of slope , overhang, water catchment slope	3 or more correspondences			
		2 correspondences			
		1 correspondences	✓		
		no correspondence			
Geological conditions	Soil susceptible to erosion less strength w ith water	marked			
		a little marked			
		None	✓		
	Rock	high density of cracks and a weak layers, susceptible to erosion, fast w eathering	marked		
		a little marked	✓		
		None			
Structure	dip slope of bedding plane	It corresponds.			
		None	✓		
	debris on impermeability bedrock, the upper part is a hard /the toe of slope is weak.	marked			
		a little marked	✓		
		None	✓		
Surface condition	Topsoil, detached rock and unsteady rock	instability			
		a little unstable	✓		
		stability			
	Spring w ater	notable spring w aster			
		seepage			
		none	✓		
	Surface condition	bare land with minor vegetation			
		intermediate (bare·grass·tree)	✓		
		mainly structure, mainly tree			
Profile	Height (H), dip (i)	height	$H \geq 50m$		
			$30 \leq H < 50m$		
			$15 \leq H < 30m$	✓	
		dip	$H < 15m$		
			$i \geq 70^\circ$		
			$45^\circ \leq i < 70^\circ$	✓	
		$i < 45^\circ$			
Anomaly	Surface collapse, small fallen rock, gully, erosion, piping hole, subsidence, heaving, bending of tree root, fallen tree, crack, open crack, anomaly of countermeasure	2 or more correspondences·clarity			
		certain·unclearity	✓		
		none			
sum total			(A)		

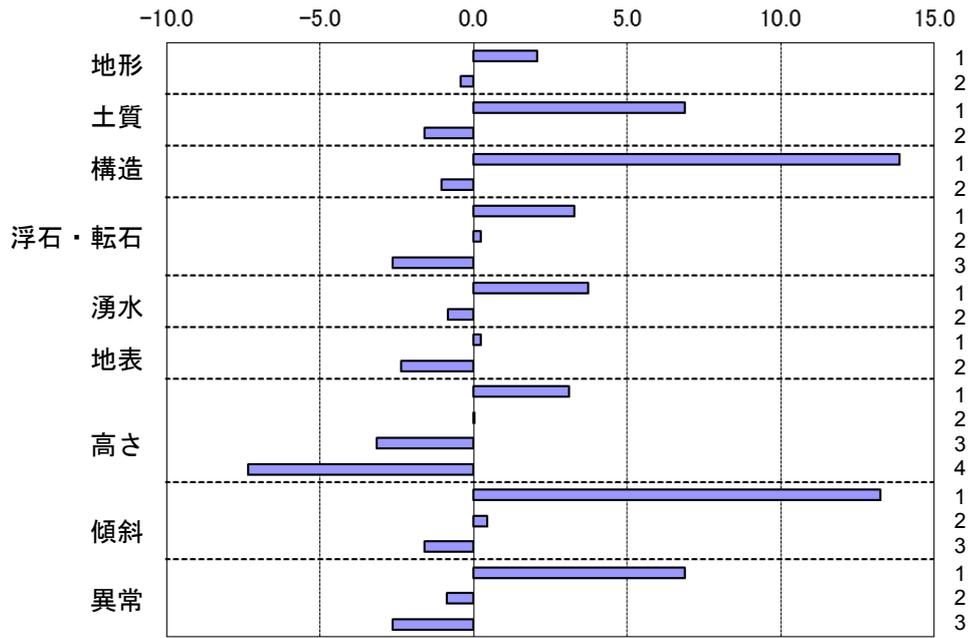
図 4.1.2 説明変数として用いた安定度調査表の例 (出典:JICA 調査団)

#### 4.1.2 危険度分析の結果

##### a. カテゴリースコアと偏相関係数

数量化理論による解析の結果から得られるカテゴリースコアとは、各カテゴリーの寄与度を示す係数であり、目的変数に直接影響を与えるものである。すなわち、カテゴリースコアが大きいほど斜面災害の危険度が高くなり、小さいほど危険度は低くなるといえる(図 4.1.3)。これらの解析により、各要因(地形、地質、災害履歴など)がどの程度、斜面災害の危険度に影響を与えているかを定量的に評価することができる。

各アイテムのカテゴリーレンジと偏相関係数を表 4.1.1 に示す。カテゴリーレンジは各アイテム内でのカテゴリースコアの最大値と最小値の差であり、目的変数への寄与度を直接的に示す値である。すなわち、カテゴリーレンジが大きいアイテムは、目的変数の予測に大きく影響を与えることになる。また偏相関係数も目的変数に対する各アイテムの寄与度を示す係数であり、その値が 1.0 に近づくほど、目的変数への寄与度が高いといえる。



アイテム	地形	地質		地表状況			断面		異常	
	崩壊要因	土質	構造	表土及び浮石・転石の状況	湧水	地表状況	高さ	傾斜		
カテゴリ	1	該当2以上	顕著	該当する	不安定	顕著 or 染み出し	裸地～植生あり or 複合(植生・構造物)	H $\geq$ 50m	$\geq$ 70°	該当2以上/明瞭
	2	該当1以下	やや顕著 or 該当しない	該当しない	やや不安定	該当しない	構造物主体 or 植生主体	30 $\leq$ H < 50m	45° $\leq$ i < 70°	やや明瞭
	3				安定			15 $\leq$ H < 30m	i < 45°	なし
	4							H < 15m		

図 4.1.3 土砂斜面崩壊のカテゴリースコア (出典: JICA 調査団)

表 4.1.1 土砂斜面崩壊のカテゴリーレンジと偏相関係数 (出典: JICA 調査団)

アイテム	カテゴリーレンジ		偏相関係数	
地形	2.493	9位	0.063	8位
土質	8.501	5位	0.219	5位
構造	14.929	1位	0.244	1位
浮石・転石	5.924	6位	0.097	7位
湧水	4.571	7位	0.114	6位
地表	2.586	8位	0.052	9位
高さ	10.427	3位	0.228	4位
傾斜	14.855	2位	0.236	2位
異常	9.508	4位	0.231	3位

数量化理論による斜面災害の危険度評価の結果は巻末資料に示す。また計算法の詳細については、英文レポートを参照されたい。

## b. ブータン専用の安定度調査表の提案

数量化理論を用いた解析に基づいて、ここではブータン専用の道路防災点検の安定度調査表を提案する。これは、目的変数（斜面災害の危険度）に直接的に影響を与えるカテゴリースコアを利用しており、ブータンの地質性状・地形条件等が反映されている。新規の安定度調査表では、カテゴリースコアの相対値を利用して 100 点満点換算で算出できるようにした。

プロジェクト終了後は、DoR が自身で、本安定度調査表を活用して、各項目をチェックし点数（100 点満点）を算出して道路斜面災害の危険度評価を行うことを期待する。

次頁以降に、岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべりの安定度調査表を示す。

Management Number										T R 0 1 R F 0 0 1 0										Evaluation sheet (rock slope failure)										Inspector		Takeshi KUWANO	
[Causes] (A)										Mountain side										Organization		JICA Expert Team											
topography	Collapsed factor	talus slope, clear convex break of slope, eroded toe of slope, overhang, w ater catchment slope	category of score		Point	score	[Disaster type]	[Countermeasure] (B) = (A) +α or (A) ×0		Effectiveness of existing countermeasures		point (α)	check	[Main check object]	[History] (C)		Level of disaster history		point	check	[Overall judgment]	[Description]											
			3 or more correspondences	2 correspondences	10	9		Rock slope failure	Potential slope failure are prevented enough, or, it is defended enough w hen it is generated.	×0	100	1	There is a history about large fallen rocks and slope failures that were obstacles to the road traffic after construction of recent measures.		100	1	Rank	Response	Check	[Description]													
Geological conditions	Soil	susceptible to erosion less strength w ith w ater	category of score		Point	score	Debris slope failure	Potential slope failure are considerably prevented, or it is considerably defended w hen it is generated.	-20	70	1	There is a history about large fallen rocks and slope failures that gets to the road though there is no obstacle to traffic.	70	1	1	Countermeasure work is necessary.	1	sum total	(B)		0	(C)	0	(D)=MAX(B,C)									
			1 correspondences	no correspondence	6	-10	Cut slope	Potential slope failure are partly prevented, or it is partly defended w hen it is generated. How ever, it is not enough for the remaining factors.	-10	40	1	There is a history about small fallen rocks and slope failures that did not get to the road.	40	1	2	Though urgent countermeasure is not necessary, regular inspections are needed.	2																
			marked	a little marked	16	4	Natural slope	There is no countermeasure, or there is not effective even if countermeasures are not performed.	±0	0	1	No disaster records	0	1	3	Countermeasure work is not necessary.	3																
	marked	a little marked	8	7																													
Structure	dip slope of bedding plane	category of score		Point	score																												
		marked	a little marked	-	-	*																											
Surface condition	Topsoil, detached rock and unsteady rock	category of score		Point	score																												
		instability	a little unstable	17	0																												
		stability		-1																													
	Spring w ater	category of score		Point	score																												
notable spring w aster		seepage	12	6																													
Surface condition	category of score		Point	score																													
	bare land w ith minor vegetation	intermediate (bare·grass·tree)	7	6																													
		mainly structure, mainly tree	6	6																													
Profile	Height (H), dip (i)	height	category of score		Point	score																											
			H ≥ 50m	30 ≤ H < 50m	12	10																											
		dip	category of score		Point	score																											
			i ≥ 70°	45° ≤ i < 70°	13	-2																											
Anomaly	Surface collapse, small fallen rock, gully, erosion, piping hole, subsidence, heaving, bending of tree root, fallen tree, crack, open crack, anomaly of countermeasure	category of score		Point	score																												
		2 or more correspondences·clarity	certain·unclarity	6	5																												
			none	2																													
sum total					(A)	0																											
					* : No score																												

図 4.1.4 岩盤斜面崩壊の新安定度調査表 (出典:JICA 調査団)



Mangement number	T	R	0	1	R	F	0	0	1	0
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

### Evaluation sheet (landslide)

Inspector	Takeshi KUWANO	
Organization	JICA Expert Team	

[Main body of landslide]

Mountain side	■
Valley side	■
Both	■

[Causes] (A)

category	Point	score	
	<b>Topographical factor</b>		
Result of photo interpretation	exist clearly	10	■
	exist but partial and not clear	9	
	exist but not clear	6	
Surface anomalies	large and new cracks, steps and subsidence	47	■
	small and old cracks, steps and subsidence	7	
	slight deformation	-2	
	no anomalies	-6	
<b>Geological conditions</b>			
Geological structure	fault, fracture zone	3	■
	dip slope	4	
	undip slope/ no characteristic feature	11	
Main rock formation of landslide body	metamorphic rock (schist, quartzite, phyllite etc.)	7	■
	sedimentary rock (sandstone, limestone etc.)	-5	
	igneous rock (granite etc.)	0	
	quaternary deposit (colluvial deposit etc.)	20	
Hydrological feature	much springs / much seepage	12	■
	little springs / little seepage	11	
	trace of water	10	
	no water observed	2	
sum total (maximum points:100)		(A)	0

[History] (B)

category	point	score	
	<b>Records of Landslide</b>		
Existing record (documents or patrimony)	obvious	100	■
	slight	75	
	none	0	
Damage on road facilities and houses	obvious	100	■
	slight	75	
	none	0	
sum total (Among aboved scores, large one.)		(B)	0

(C)=MAX(A,B)

Score in evaluation from cause	(A)	0
Score in evaluation from history	(B)	0
Among (B)&(C), large one.	(C)=MAX(A,B)	0

[Countermeasure] (D) = (c) + α or (c) x0

category	point (α)	check
There is no countermeasure	±0	■
Effectiveness of countermeasure	No effect	±0
	Some effect	-30
	High effect	x0
sum total		(D)

[Overall judgment]

Rank	Response	Check
1	Countermeasure work is necessary.	■
2	Though urgent countermeasure is not necessary, regular inspections are needed.	■
3	Countermeasure work is not necessary.	■

[Description]

図 4.1.6 地すべりの新安定度調査表 (出典:JICA 調査団)

## 4.2 斜面カルテの作成

### 4.2.1 斜面カルテのフォーマット検討

斜面カルテ点検は、先の道路防災点検の危険度評価において、ランク 1 ないしランク 2 と判定された斜面に対して実施する。斜面カルテは道路斜面災害の維持管理に利用される。道路斜面に対する斜面カルテ点検は、災害リスクを軽減させる管理手法の一つであり、岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべり、土石流などの斜面災害を、点検者が防災カルテと呼ばれる点検帳票を用いて、斜面ごとで潜在的な災害要因をチェックしていくことである。

斜面カルテ点検を実施することにより、DoR の技術者は、斜面災害が発生する前に岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべり、土石流の前兆や異常を発見することが可能となる。さらに、年々悪化する道路状況の劣化状況や斜面状況の風化程度を把握することにより、その安全性や安定性を判断する手助けとなる。

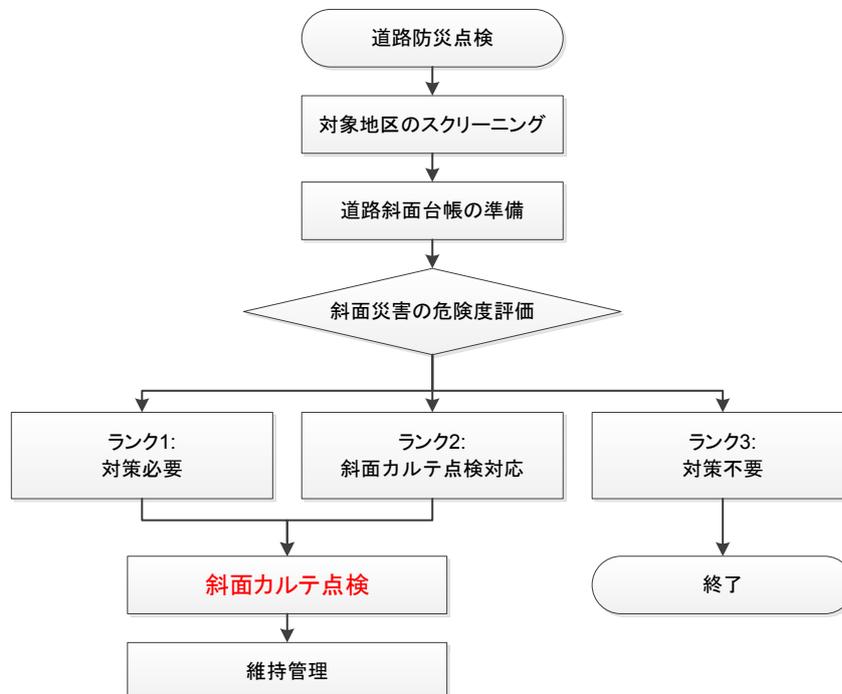


図 4.2.1 道路における斜面カルテ点検の位置づけ(出典:JICA 調査団)

本プロジェクトにおける斜面カルテ点検の帳票は、日本の帳票を参考に、可能な限り簡便で分かりやすいものとしたが、ブータンの道路状況を網羅できるよう、必要な項目はすべて記載できるようにした。また定点写真撮影は変状を記録できることから、写真帳も含めた。帳票は以下から構成される。

- (1) 斜面カルテ点検シート A (点検斜面の基本情報)
- (2) 斜面カルテ点検シート B (点検結果の記載)
- (3) 写真帳

次頁以降に、斜面カルテ点検の調書の例を示す。

### Regular Check Sheet A

Management office	Trongsa			Road type/name	Primary National Highway	No.1
Management No.	T R 0 1 D F 0 0 4 0	Distance from start point	km from	Trongsa	Length on road	10 m
Inspector	Takeshi KUWANO			Organization	JICA Expert Team	
				Date	February/9/2015	
Schematic sketch				Road slope	Mountain side	Valley side
				Disaster type	Debris flow	
				Judgment	Rank 2	
				Estimated disaster volume	Damage to the box culvert.	
				To be checked	① Enlarged crack on rock slope, Erosion of unstable rock ② New/enlarged step/cliff ③ Increased spring water ④ New/enlarged step/settlement on road ⑤ Clogged drainage	
				Timing of regular check	- After rainy season (every October) - Heavy rainfall (ex. 2-3 days continuous rainfall) - Big earthquake	
Location map (S = 1:50,000)				Environmental & social consideration	- Noise and vibrations by construction. - Interception of wild animals/livestocks/habits - Discharge of sediment by construction	
				Proposed counter-measures (Type, Quantity)	Repair of the box culvert.	

図 4.2.2 斜面カルテ点検シート A の例 (出典: JICA 調査団)

Regular Check Sheet B

Management office	Trongsa				Road type/name	Primary National Highway	No.1														
Management No.	T	R	0	1	D	F	0	0	4	0	Distance from start point	0	km from	Trongsa	Length on road	10	m	latitude	N 27°27'15.6"	longitude	E 90°23'46.4"
Mountain side	Debris flow				Rank	2	Valley side	0				0									
Date	June 18, 2015																				
① Enlarged crack on rock slope, Erosion of unstable rock	small rock fall at the bottom																				
② New /enlarged step/cliff	None																				
③ Increased spring water	None																				
④ New /enlarged step/settlement on road	None																				
⑤ Clogged drainage	None																				
Checker	Takeshi KUWANO																				
Condition	Several small rock falls (20-30cm) were found at the bottom of the slope. However, no bad effect to the road.																				
Proposed remedial action	No problem No need remedial action																				

図 4.2.3 斜面カルテ点検シート B の例 (出典: JICA 調査団)

Management Number										Photo sheet										Date	
T	R	0	4	R	F	0	1	3	0											October/ 15/ 2014	
																					
Full view of the slope at the start point										Close view of the outcrop at middle point										Full view of the slope at the end point	
																					
Full view of the valley side at the start point										Clearance between road and the slope										Full view of the valley side at the end point	

図 4.2.4 斜面カルテ点検の写真帳の例 (出典: JICA 調査団)

#### 4.2.2 斜面カルテの作成方法と計画

457箇所 of 道路斜面点検を通して、災害タイプ、規模、危険度を区分して、危険度の高い（危険度ⅠとⅡ）207箇所を選定して斜面カルテを作成した。斜面カルテ点検の記載事項は表 4.2.1 に示す通りである。

表 4.2.1 斜面カルテ点検の記載事項（出典：JICA 調査団）

点検事項	内容
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 総合的な評価</li> <li>➢ 技術的なコメント</li> </ul>	点数評価に反映されない災害要素にも着目して専門家のコメントを追加する。
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 実施可能な対策工</li> <li>➢ 環境および社会的配慮についてのコメント</li> </ul>	環境および社会的評価についてのコメントを含めた実施可能な対策工やそのためのガイドラインや手法について記載する。
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 点検位置および点検方法</li> <li>➢ 点検位置を写真に示す</li> </ul>	点検の準備、写真の撮影位置など考慮すべき点について記載する。
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 道路の変状について記載する</li> <li>➢ 道路変状の程度および進行状況</li> </ul>	道路の変状やその程度および進行状況について記載する。
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 点検の実施時期</li> </ul>	ブータンでは豪雨や地震の後、融雪の時期などに点検が必要である。測定回数についても記載する。
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 災害タイプの想定</li> </ul>	災害タイプや規模について記載する。
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 道路維持のために必要な対策</li> </ul>	道路管理と通行維持のために求められる段階ごと（一時的および恒久的）対策について記載する。

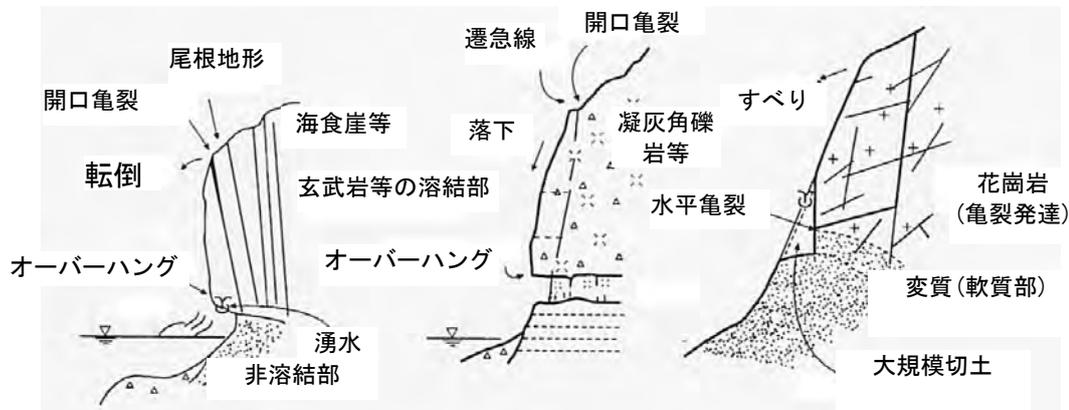


図 4.2.5 斜面崩壊の生じやすい地形地質条件（出典：財団法人道路保全技術センター2007\*1）

##### a. 道路災害における点検範囲とポイント

斜面カルテ点検は岩盤斜面崩壊、土砂斜面崩壊、地すべり、土石流などの道路災害の可能性のある斜面において実施した。擁壁、蛇籠、チェックダム、フェンス等がある場合、それら構造物の変形だけでなく、これら構造物背面の新しい岩や土砂についてもチェックする必要がある。点検において留意した点は以下の通りである。

## a.1 点検範囲

点検範囲は道路災害タイプによって以下のように異なる。

表 4.2.2 点検範囲の概要 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

災害のタイプ	点検範囲	備考
岩盤斜面崩壊	遷急線以低。不安定岩石が直接道路に災害を与える範囲。	必要であれば、遷急線以高も点検する。
土砂斜面崩壊	遷急線以低。表層の不安定土塊が直接道路に災害を与える範囲。斜面脚部が浸食された場合は、斜面全体、特にあらゆる凹部を点検する。	
地すべり	地すべり崖の前後を含む、道路に直接影響する地すべりの範囲。	必要であれば、対象地すべり周辺を精査する。
土石流	道路を横断するカルバート、道路やチェックダム周辺の河川。河床から勾配10°以内の斜面で、道路周辺に分布する土石流堆積物。	必要であれば、対象流域の上流域を精査する。

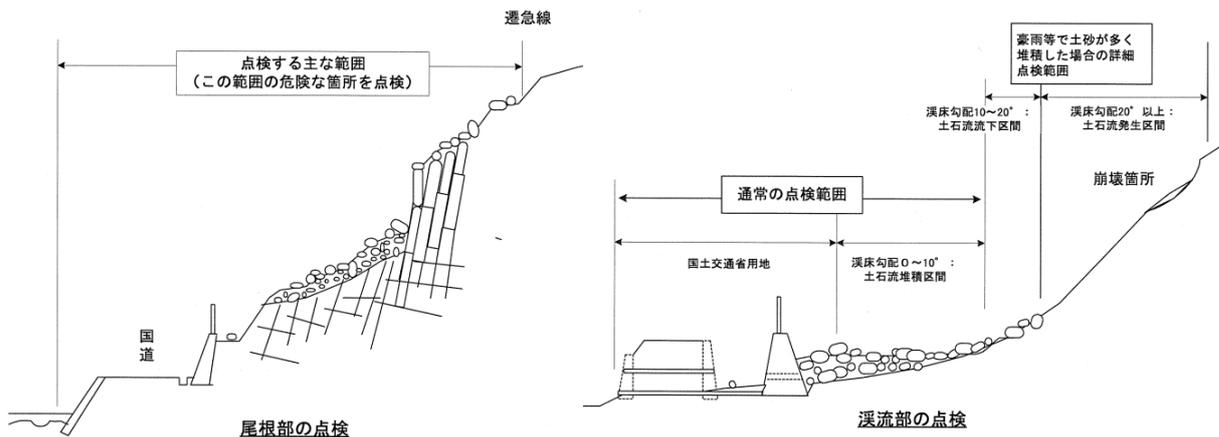


図 4.2.6 一般的な点検範囲 (出典：財団法人道路保全技術センター2007\*<sup>1</sup>)

## a.2 点検のポイント

斜面災害の発生に先立って亀裂の拡大、水の流れの変化、新しい変形、植生の流失、風化などの変状が頻繁に観察される。道路災害タイプ毎に見られる変状は以下に示す通りである。

### a.2.1 岩盤斜面崩壊

岩盤斜面崩壊における点検ポイントは、図 4.2.7 に示す他に、路面上に大小の落石が見られることや斜面上に不安定岩盤がありその周辺が浸食されていること、それに既設対策工の背面に落石が見られることである。

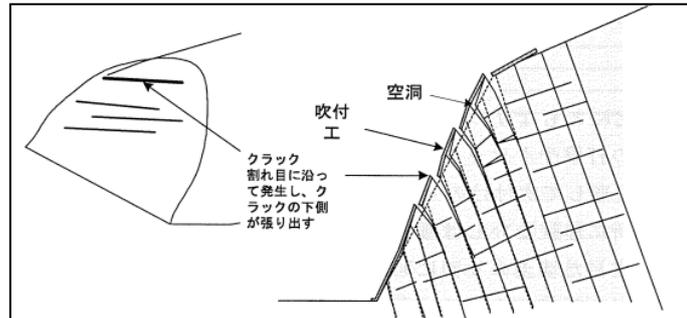


図 4.2.7 一般的な岩盤斜面崩壊点検のポイント(出典:財団法人道路保全技術センター2007\*1)

### a.2.2 土砂斜面崩壊

土砂斜面崩壊における点検ポイントは、図 4.2.6 に示す他に、路面上や既設構造物の背面に大小の落石や土砂が見られること、既設構造物に変形が見られること等である。

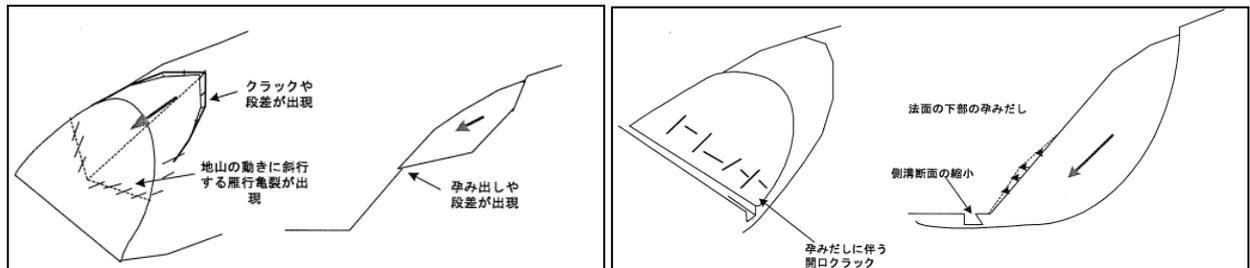


図 4.2.8 一般的な土砂斜面崩壊点検のポイント(出典:財団法人道路保全技術センター2007\*1)

### a.2.3 地すべり

地すべりにおける点検ポイントは、路面や既設構造物に亀裂、沈下、浮き上がりなどの変形が見られ、湧水の発生、地下水位の変化、斜面上の樹木の捻じれや変形が見られることである。

### a.2.4 土石流

土石流における点検ポイントは、チェックダム等の既設構造物背面の新しい土石流堆積物、上流域の土砂斜面崩壊発生、河川の土石流堆積物の増加の有無、構造物の亀裂、沈下、浮き上がりなどの変形、湧水の発生、地下水位の変化、斜面上の樹木の捻じれや変形などである。

## b. 斜面カルテ点検票

斜面カルテ点検票は専門技術者が対象斜面を点検して作成した。道路斜面点検票と同様に、点検の日時、道路の管理者、施設管理番号、位置、距離、災害のタイプ、所在地住所、周辺のランドマーク、緯度経度を記載すると共に、以下の事項についても記載する。また斜面カルテ点検においては定点撮影した写真が有用であり、初回の斜面カルテ点検でも実施した。

### 岩盤斜面崩壊

岩盤斜面崩壊は亀裂の発達した斜面や風化の進行が早い斜面で生じ易く、そのような斜面で通行に支障となる新しい落石が見られたり、亀裂が広がったりする等の変状について記載した。

### 土砂斜面崩壊・地すべり

土砂斜面崩壊や地すべりは地形・地質条件から潜在的に生じやすい斜面で発生して反復性も認められるため、そのような斜面で通行に支障となる新しい崩壊や道路の浮き上がり等の変状などを記載した。

### 土石流

土石流は溪流の勾配、集水面積や堆積土砂量などによって潜在的に生じやすい溪流が認められるため、そのような溪流の集水域での新しい崩壊、通行に支障となる土石流の発生、土石流による道路を横断する排水溝の目詰まり等の変状について記載した。

### その他

湧水の増加、減少、濁り、路面の亀裂や段差、既往対策工の変状などについても計測結果など詳細なデータとともに記載する。また、それら変状への対策や対策工の提案について記載した。

## 4.2.3 斜面カルテに係る環境社会配慮条件

本プロジェクトでは、斜面カルテの帳票中に「想定される対策工」とその対策工に係る「環境社会配慮条件」を記載する。環境社会配慮条件は「環境社会配慮ガイドライン（2010）：JICA」のチェックリストで規定されている項目について、その影響の内容と程度を評価した。

下表は、チェックリストで規定されている環境社会配慮項目に対する、主要な斜面災害対策工法の影響の程度を検討した結果である。環境社会配慮に係る各評価結果は巻末資料に示すとともに、詳細については、英文レポートを参照されたい。

表 4.2.3 主要対策工に対する環境社会配慮項目の影響程度（出典：JICA 調査団）

項目	内容	表面排水工	切土工 岩切工	盛土工	コンクリート 法枠工	擁壁工	砂防 ダム
大気質	建設工事による大気汚染	3	3	3	3	3	3
水質	建設工事による水質汚染	4	2	2	4	4	4
	排水による水質悪化	3	3	3	4	4	3
廃棄物	建設工事からの廃棄物	3	1	3	3	3	2
	建設工事からの掘削土・浚渫土砂	3	1	3	3	3	2
騒音・振動	建設工事による騒音・振動	2	2	2	2	2	2
地盤沈下	掘削による地下水位の低下により 地盤沈下	3	4	4	4	4	4
交通事故・作 業上の事故	建設工事による交通事故	2	2	2	2	2	2
	建設工事による労働災害	2	2	2	2	2	2
保護区	法律・国際条約等に定められた保 護区	2	2	2	2	2	2
生態系	野生生物・植物及び水生生物など	2	2	2	2	2	2

	の重要な生息地						
	貴重種の生息地	2	2	2	2	2	2
	生態系への重大な影響	2	2	2	2	2	2
	野生生物及び家畜の移動経路の遮断、生息地の分断	2	2	2	2	2	2
	外来種、病害虫等	4	3	3	4	4	4
	未開発地域での自然環境の変化	3	2	2	3	3	3
水象	地表水・地下水への悪影響	2	3	3	4	4	4
地形・地質	悪い地質による斜面災害	3	1	1	3	3	3
	盛土・切土等による斜面災害	3	1	1	3	3	3
	建設工事に関わる土壌流出	3	1	1	3	3	3
	地形・地質構造の大規模な改変	3	1	1	3	3	3
住民移転・住民への配慮	住民移転・住民への配慮	2	2	2	2	2	2
生活・生計	生活・生計(地域経済)	2	2	2	2	2	2
景観	景観	3	1	1	1	2	2
労働環境	労働環境	2	2	2	2	2	2

注釈: 1: 重度の影響が予想される  
2: 中度の影響が予想される  
3: 軽度の影響が予想される  
4: 影響は予想されない

### 4.3 対策工が必要な斜面の優先度

斜面点検および斜面カルテ作成のための斜面カルテ点検を実施する目的は、道路斜面の状況を点検し、危険斜面の分布や危険度を把握することである。基本的には、危険斜面には早急に対策を講じ、道路交通の安全を確保するべきである。しかしながら、予算や対応能力の制約により、全ての危険斜面に対して短期間に対策を講じることは不可能である。そのため、道路管理者はそのキャパシティに応じた中・長期の道路斜面管理計画を策定し、その計画に沿って危険斜面の対応を行う。この道路斜面管理計画を策定する上で、数多くの危険斜面の中から優先的に対策するべき危険斜面を把握することは、より効果的かつ効率的な計画の策定に資する。

ここでは、本プロジェクトのパイロットサイトの道路斜面に対し、対策工が必要な斜面の優先度について評価を行った。優先度は危険斜面の緊急性（Urgency）と対策工の実行可能性（Practicability）の2項目を考慮し、評価を行った。この2項目は、さらに以下に示す5項目を図4.3.1に示す評価フローを基に、評価を行った。

- 対象道路の重要度
- 斜面の危険度ランク
- 対策工の難易度
- 対策工事による社会環境への影響度
- 対策工事の規模（概算工事費）

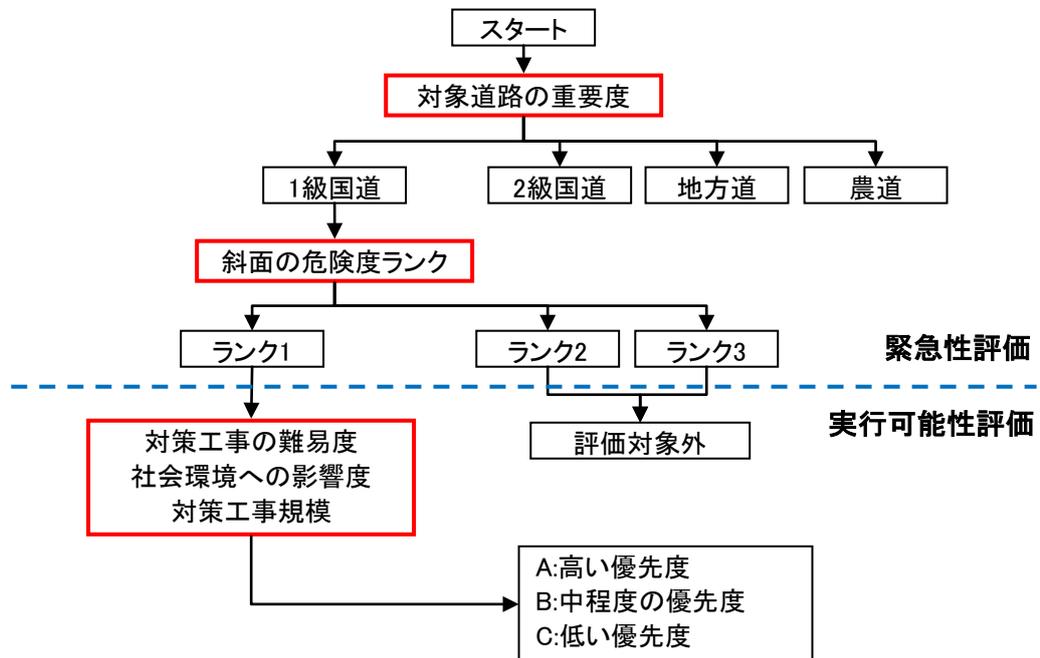


図 4.3.1 優先度の評価フロー（出典：JICA 調査団）

#### 4.3.1 危険斜面の緊急性

危険斜面の緊急性は、対象となる道路の規格（路線の重要度）と斜面の危険度の 2 つの項目から評価した。

##### a. 対象道路の重要度

ブータンの道路は上位から、一級国道、二級国道、地方道路、農業道路の大きく 4 つの規格に分類される。上位規格道路である一級国道は主に国内の主要幹線道路に相当する。従い、道路の規格が上がるほど道路の重要度も高いと評価される。緊急性を評価する際には、複数の規格道路斜面を一緒に評価するのではなく、規格道路毎に分類しそれぞれ評価する。その際の緊急性は、道路の規格の上位順に比例して高く評価する。

##### b. 斜面の危険度ランク

斜面点検および定期的な斜面カルテ点検において、斜面の危険度を 3 段階に評価する（3.5.2 章参照）。この危険度を斜面の緊急性に考慮して評価した。危険度が高いと評価された斜面は、緊急性も高いと評価した。

##### c. 危険斜面の緊急性

上記の緊急度評価の結果、パイロットサイトの点検対象斜面 457 箇所を 3 つの評価に分類した。

表 4.3.1 緊急性評価結果（出典：JICA 調査団）

緊急性	斜面数	割合
高緊急度（ランク 1）	63	13%
中緊急度（ランク 2）	145	32%
低緊急度（ランク 3）	249	55%
合計	457	100%

#### 4.3.2 対策工の実行可能性

緊急斜面への対策工の実行可能性は、対策工事の難易度と社会環境への影響度、対策工事の規模の 3 つの項目で評価した。なお、対策工の実行可能性の評価は、緊急度評価で、緊急度が高い（ランク 1）と評価された危険斜面のみを対象とした。

##### a. 対策工事の難易度

点検時に提案される対策工は、基本的に 2.4 章で述べた標準的な斜面災害対策工の中から選定される。また各対策工は、ブータン独自で施工の可否について検討されている。従い、提案された対策工によって、対策工事の難易度（ブータン独自で施工が可能かどうか）が判断される。ここでは、ブータン独自で施工が可能な対策工は B ランク、外部からの技術的・予算的支援が必要な対策工は A ランクと評価した。この難易度は、点検票の中では、危険度評価に併記してランク 1A もしくはランク 1B のように表記される。

##### b. 社会環境への影響度

想定される対策工事による社会環境への影響度を評価した。本来であれば工事による社会環境への影響の程度で評価すべきであるが、現場点検の段階では影響度合いを定量的に評価するのは困難である。従い、ここでは各対策工事を実施した際に想定される社会環境への影響項目の項目数の多少で評価した。想定される影響項目については、4.2.3章で詳述される。影響項目数により、危険斜面で対策工事を実施した場合の社会環境への影響度を大、中、小程度の3つに分類した。

### c. 対策工事の規模

危険斜面の点検票には、想定される対策工種と工事数量を記載することになっている。よって、対策工別の概算工事単価を決めることで、各危険斜面の対策工の概算工事費が算出される。この工事単価は、基本的にブータンの工事歩掛かり (DoR 2012) を基準に算出した。外部からの技術支援が必要な対策工や、ブータンの工事歩掛かりで算出ができない工事については、日本の標準的な工事単価を採用した。

工事規模は、以下に示す DoR での判断基準を基に概算工事費によって評価した。

表 4.3.2 工事規模評価基準(出典:DoR 2012\*<sup>2</sup>)

工事規模	評価基準
大規模工事	15,000,000Nu 以上
中規模工事	15,000,000Nu 未満、4,000,000Nu 以上
小規模工事	4,000,000 未満

### d. 対策工の実行可能性

上記の評価項目に対してそれぞれ点数付けをし、下式 (式 4.3.1) を用いて数値化し、実行可能性を評価した。

$$Sp = De \times Ise \times Sw \text{ ----- (式 4.3.1)}$$

ここに、

- Sp: 実行可能性スコア
- De: 対策工の難易度
- Ise: 社会環境への影響度
- Sw: 対策工事の規模

表 4.3.3 実行可能性評価のための項目点数配分 (出典:JICA調査団)

評価項目	評価	配点
工事の難易度	A: 外部支援が必要	1
	B: 独自で対応が可能	2
社会環境への影響度	影響度大	1
	影響度中	3
	影響度小	6
工事規模	大規模工事	1
	中規模工事	2
	小規模工事	3

上述の対策工の実行可能性評価の結果、評価対象斜面 63 箇所を 3つの評価に分類した。

表 4.3.4 実行可能性評価結果 (出典:JICA 調査団)

実行可能性	評価基準	斜面数
A: 実行可能性大	Sp: 18 以上	9
B: 実行可能性中	Sp: 10 以上、18 未満	6
C: 実行可能性小	Sp: 10 未満	48

ここでは、実行可能性が大きいほど、斜面对策工実施の優先度が高いと評価した。

### 4.3.3 斜面对策工実施の優先度

本プロジェクトでは危険斜面に対する対策工実施の優先度を斜面の緊急性と対策工の実行可能性で評価した。この評価は、技術面のみからの評価である。しかし、本来、道路斜面管理計画を策定する際は、技術面だけでなく、予算面や道路管理者もしくは政府の行政判断等も考慮されるべきである。よって、今回技術面から評価した優先度をそのまま管理計画に反映されない可能性もあるものの、計画策定時の重要な判断材料となりうる。

## 4.4 斜面カルテ点検の実施

### 4.4.1 斜面カルテ点検の準備

斜面カルテ点検はこれまでに記載された内容に従い実施するもので、日常管理において特に斜面安定に留意するものである。点検の実施頻度は斜面状況、交通量、その他の工学的条件、また社会条件に応じて決めるものであり、点検の主な目的は斜面の安定度を評価することや、通行や環境に関する災害の防止のための迅速で適格な対策を立てることである。

斜面カルテ点検は毎年10月（雨期明け）および数日の累計雨量が異常な時（2～3日の累計雨量が200mm以上を目安とする）に実施する。なお、斜面カルテ点検を実施する要件は今後とも道路局と協議を続けて最終的に決定する。斜面カルテ点検は2015年10月から2016年2月にかけて初回点検を実施した。

### 4.4.2 斜面カルテ点検結果とりまとめ

斜面カルテの作成は、本プロジェクトで斜面カルテの対象として選定されたランク1と2の208斜面に対して、JICA調査団とC/Pによって実施された。斜面カルテの結果は「斜面カルテ点検シートA（点検斜面の基本情報）、斜面カルテ点検シートB（点検結果の記載）、写真帳」および「斜面カルテ一覧表」に取りまとめた。

表 4.4.1 斜面カルテ一覧表(1) (出典：JICA 調査団)

Basic information					Regular Check Result			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Disaster type		Judgment		Remedial Action
				Mountain side	Valley side	Mountain side	Valley side	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120020	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 3	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120040	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120050	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120070	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120090	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120100	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120110	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 2	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120120	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120130	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120140	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120190	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120200	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120210	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120220	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120230	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120240	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120250	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120260	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120270	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120290	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120300	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120310	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120320	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120330	Debris flow	-	Rank 1A	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120360	Landslide	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120370	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120390	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120410	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120460	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120470	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120490	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120500	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120510	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120540	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120570	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120600	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120620	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 3	Rank 1A	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120640	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120650	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120660	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 2	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120670	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120710	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120720	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 2	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120740	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120750	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120760	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120770	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120780	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120790	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120810	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 3	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120820	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120830	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120870	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120880	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120900	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120910	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 3	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120920	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120930	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 3	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120970	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0120980	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121000	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121020	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121030	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121070	Landslide	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121090	Landslide	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121100	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121110	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121120	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121130	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121140	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121160	Landslide	-	Rank 2	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121170	Debris flow	-	Rank 1B	-	
S-1	Wangduephodrang	1	WPP0121180	Landslide	-	Rank 1B	-	

表 4.4.2 斜面カルテ一覧表(2) (出典：JICA 調査団)

Basic information						Regular Check Result		
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Disaster type		Judgment		Remedial Action
				Mountain side	Valley side	Mountain side	Valley side	
S-2	Trongsa	1	TPP0120060	Landslide		Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120070	Landslide		Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120080	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120100	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120110	Landslide	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120120	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120130	Debris flow	-	Rank 1B	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120140	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120150	Landslide	Debris slope failure	Rank 3	Rank 1B	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120160	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120170	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120180	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 1B	
S-2	Trongsa	1	TPP0120190	Landslide	Debris slope failure	Rank 3	Rank 1B	
S-2	Trongsa	1	TPP0120220	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120260	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120270	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-2	Trongsa	1	TPP0120280	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120300	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120320	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120330	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120340	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120350	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 3	Rank 2	
S-2	Trongsa	1	TPP0120370	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120380	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120390	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120400	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120420	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120430	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120440	Debris flow	Debris flow	Rank 1B	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120450	Landslide	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120490	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120500	Landslide	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0120530	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120570	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 2	
S-2	Trongsa	1	TPP0120620	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-2	Trongsa	1	TPP0120630	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120670	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120730	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120750	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120760	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120770	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120780	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120820	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120850	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 1A	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120860	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120870	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0120880	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 3	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120910	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 3	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120930	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 3	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0120940	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121080	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121090	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121120	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121130	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121180	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 3	Rank 1A	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121200	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121230	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121310	Landslide	-	Rank 1B	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121320	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-2	Trongsa	1	TPP0121330	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121340	Landslide	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121370	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 3	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121390	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121400	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121430	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121440	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121450	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 3	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121500	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121520	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0121530	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121700	Landslide	-	Rank 1A	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121780	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121840	Debris flow	-	Rank 2	-	

表 4.4.3 斜面カルテ一覧表(3) (出典：JICA 調査団)

Basic information					Regular Check Result			
Section	Management Office	Road No.	Management No.	Disaster type		Judgment		Remedial Action
				Mountain side	Valley side	Mountain side	Valley side	
S-2	Trongsa	1	TPP0121880	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121900	Landslide	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	1	TPP0121910	Landslide	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121950	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0121980	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122010	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 3	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122030	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122040	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122050	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-2	Trongsa	1	TPP0122060	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122070	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122090	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122100	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122130	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122140	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122150	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122160	Rock slope failure	Debris slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122170	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122190	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	1	TPP0122200	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	1	TPP0122220	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450010	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 2	
S-2	Trongsa	4	TRP0450020	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450070	Landslide	-	Rank 1A	-	✓
S-2	Trongsa	4	TRP0450110	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450130	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450150	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450170	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450260	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 1B	✓
S-2	Trongsa	4	TRP0450270	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-2	Trongsa	4	TRP0450280	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	
S-2	Trongsa	4	TRP0450290	Debris flow	-	Rank 1B	-	
S-2	Trongsa	4	TRP0450310	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 2	
S-2	Trongsa	4	TRP0450340	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450360	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450380	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450410	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450420	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-2	Trongsa	4	TRP0450470	Debris flow	-	Rank 1B	-	✓
S-2	Trongsa	4	TRP0450490	Debris flow	-	Rank 1B	-	✓
S-2	Trongsa	4	TRP0450550	Landslide	-	Rank 2	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420010	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	
S-3	Trongsa	4	TRP0420020	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	
S-3	Trongsa	4	TRP0420030	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420040	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420050	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420060	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-3	Trongsa	4	TRP0420070	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 2	
S-3	Trongsa	4	TRP0420080	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 2	✓
S-3	Trongsa	4	TRP0420090	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420110	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420130	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1B	Rank 1A	✓
S-3	Trongsa	4	TRP0420150	Debris flow	-	Rank 1A	-	✓
S-3	Trongsa	4	TRP0420160	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 1A	Rank 1A	✓
S-3	Trongsa	4	TRP0420210	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420230	Debris flow	-	Rank 2	-	✓
S-3	Trongsa	4	TRP0420460	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420550	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 2	
S-3	Trongsa	4	TRP0420560	Rock slope failure	Rock slope failure	Rank 1A	Rank 1A	
S-3	Trongsa	4	TRP0420570	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	
S-3	Trongsa	4	TRP0420580	Debris flow	-	Rank 2	-	
S-3	Trongsa	4	TRP0420590	Debris slope failure	Debris slope failure	Rank 2	Rank 3	

### a. 斜面カルテの対象斜面数

斜面カルテの対象斜面は、下表に示す 208 斜面である。災害種別としては、岩盤斜面崩壊が 76 斜面と最も多く、次に土砂斜面崩壊、3 番目は土石流である。地すべりは 19 斜面で最も少ない。セクション別では、セクション II が 114 斜面で最も多い。

表 4.4.4 斜面カルテの対象斜面数 (出典:JICA 調査団)

災害種別				
災害種別	ランク 1A	ランク 1B	ランク 2	合計
岩盤斜面崩壊	18	17	41	76
土砂斜面崩壊	7	6	53	66
地すべり	2	5	12	19
土石流	2	6	39	47
合計	29	34	145	208
セクション				
災害種別	ランク 1A	ランク 1B	ランク 2	合計
セクション I	6	12	55	73
セクション II	14	22	78	114
セクション III	9	0	12	21
合計	29	34	145	208

### b. 補修作業

斜面カルテを実施した 208 斜面の内、46 斜面において早急な補修作業が必要であることが分かった。以下に、それらの特徴を述べる。

表 4.4.5 早急な補修作業が必要な斜面の数 (出典:JICA 調査団)

災害種別	ランク 1A	ランク 1B	ランク 2	合計
岩盤斜面崩壊	7	7	1	15
土砂斜面崩壊	3	2	1	6
地すべり	2	2	1	5
土石流	2	3	15	20
合計	14	14	18	46

#### b.1 道路横断カルバートに対する補修作業 -土石流-

補修作業が必要な箇所は、土石流の場合に最も多く合計 20 箇所であった。それら箇所では、既存のカルバートが土砂・石で塞がれていたり、あるいは道路拡幅工事によって破壊されており、補修作業としてカルバート内の土砂・石の除去またはカルバートの再建を速やかに実施する必要がある。

## b.2 岩盤/土砂斜面崩壊現場の切土斜面に対する補修作業

岩盤斜面崩壊および土砂斜面崩壊現場の切土斜面では、不安定なオーバーハングや転石が斜面上にあり、補修作業としてそれらを迅速に撤去すべきである。また、多くの道路側溝が道路拡幅工事によって破壊されており、すぐにこれらの再設置を実施する必要がある。

## b.3 地すべりに対する補修作業

地すべりにおいては、地表や溪流からの水の供給がその安定性に大きな影響を与える。既存の道路側溝が道路拡幅工事によって破壊されている地すべりの現場では、補修作業としてこれら道路側溝の復旧が急務である。

## c. 斜面カルテによるランクの改訂

斜面カルテを実施した結果、4つの斜面で当初設定したランクが下表の通りに改訂された。

表 4.4.6 カルテ作業の結果によるランクの改訂（出典：JICA 調査団）

管理番号	セクション	道路 No.	当初のランク	改訂後
WPP0120200	山側	S-1	ランク 1B	ランク 2
TPP0121450	山側	S-2	ランク 2	ランク 3
TPP0122010	谷側	S-2	ランク 2	ランク 3
TRP0450550	山側	S-2	ランク 1B	ランク 2

**WPP0120200**：山側の切土斜面は、道路拡幅のために再建された。その結果、不安定なオーバーハングは消滅したため、判定は「ランク 1B」から「ランク 2」に改訂された。しかし、若干の不安定な岩が斜面上に残っているため「ランク 3」に改訂するには至らなかった。

**TPP0121450**：対象の岩盤斜面は、道路拡幅工事によって掘削され、不安定なオーバーハングは消失した。その結果、この斜面の判定は「ランク 2」から「ランク 3」に改訂された。

**TPP0122010**：目標斜面は、発掘作業により消失した。その結果、斜面の判定は「ランク 2」から「ランク 3」に改訂された。

**TRP0450550**：この現場では、斜面点検後に地すべり対策工が実施された。その結果、判定は「ランク 1B」から「ランク 2」に改訂された。しかし、若干のクラックが新しい擁壁上に認められるため、「ランク 3」に改訂するには至らなかった。

## d. 提案した対策工

斜面カルテでは、各斜面に対して対策工を提案した。なお、対策工提案の詳細（対策工種、対策数量など）については、第4章の「4.3 対策工が必要な斜面の優先度」に記載したので参照されたい。

【引用文献】

- \*1 財団法人道路保全技術センター、道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）、2007
- \*2 Ministry of Works and Human Settlement, Bhutan Schedule of Rates (Civil), 2012



# Chapter 5

---

斜面防災データベース整備  
*Database of Slope Disaster*



## 5 斜面防災データベース整備

### 5.1 斜面防災データベース概要

本斜面防災データベースは、①本プロジェクトで作成した道路斜面台帳と斜面カルテ点検調書を一元的に効率よく管理すること、②一般道路利用者が災害や道路工事に関連した道路状況や通行止め状況を把握することを目的としている。以下に本データベースの特徴及び方針を示す。

- データベースに格納されている道路斜面台帳、斜面カルテ点検調書、箇所道路情報が位置図として、GIS マップとリンクする機能を付加する。
- 情報を一元的に管理することを目的とすることと、関係する複数の DoR 職員が、Web 上で閲覧及び更新することができるよう Web アクセスのデータベースを構築する。
- DoR 維持管理部の DoR 職員によって管理されることを想定し、専門的なシステム知識を持っていない利用者でも操作ができるデータベースシステムとする。
- 維持管理・操作するための手引書を作成する。

## 5.2 モジュール及びシステム構成

本データベースは、①道路斜面台帳、斜面カルテ点検調書を管理するためのモジュール（メインモジュール）、②道路災害・通行止め情報システムの2つのモジュールから構成される。

データベースエンジンは MySQL から派生したオープンソースのデータベース管理システムである MariaDB であり、Android などのモバイル用システムへの応用が可能となるシステムである。

### 5.2.1 道路斜面台帳・斜面カルテ点検調書を管理するためのモジュール

#### a. 構成

各道路斜面台帳及び斜面カルテ点検調書は、DoR 本局サーバー室に設置されている DoR 維持管理部専用サーバーに格納し、Web 上で各点検帳票にアクセスし、閲覧・編集するシステムとなっている。アクセス方法としては、MoWHS ウェブページ (<http://www.mowhs.gov.bt/>) からのリンクとしてアクセスし、本モジュールは DoR 関係職員に限定したログインシステムを採用している。

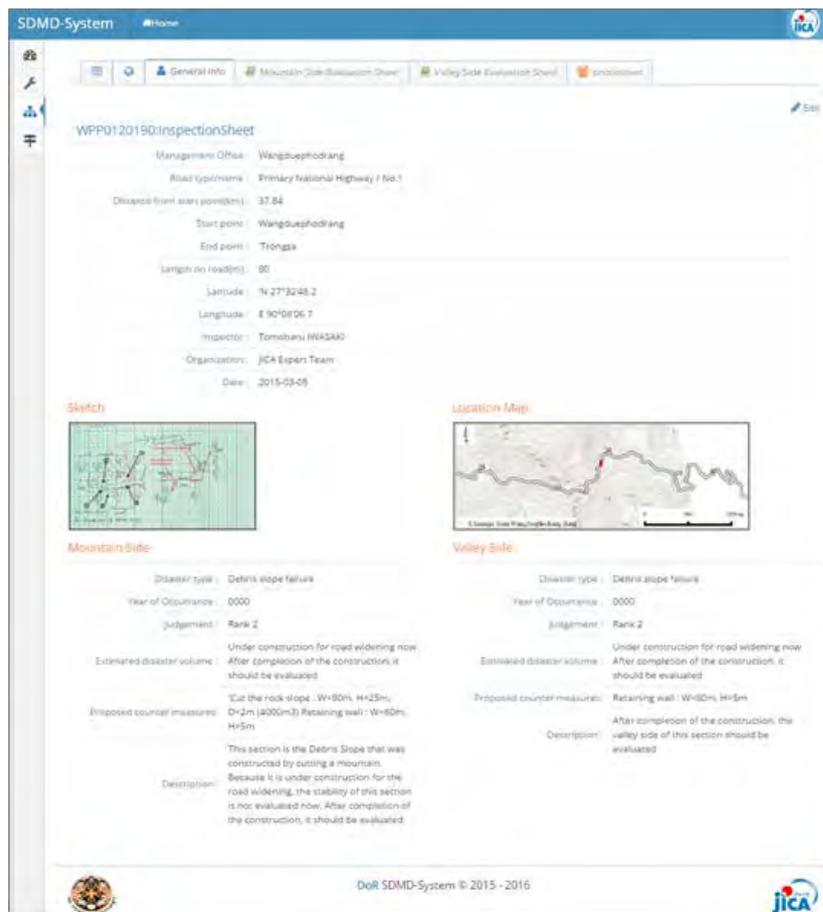


図 5.2.1 道路斜面台帳の閲覧機能サンプル（出典：JICA 調査団）

## b. モジュールの特徴

データ入力者によるシステムのバグやファイルの破損を防ぐために入力フォームを固定し、チェックインチェックアウト・プルダウン・固定エリア入力システムとしている。また、データベースに格納されている道路斜面台帳及び斜面カルテ点検調書は、印刷して現場で使用されることを想定し、A3サイズフォームで印刷できる機能を付加している。

## c. GISマップとのリンク機能

各道路斜面台帳と斜面カルテ点検調書は、GIS マップの各地点とリンクしており、マップの地点を選択することにより、各道路斜面台帳と斜面カルテ点検調書にアクセスし閲覧及び編集することができる。また、GIS マップ上で示す地点は、土石流、地すべりはポリゴン（幾何学枠）、土砂斜面崩壊、岩盤斜面崩壊は道路線形上の線形ラインとして表示することとしている。また、これらポリゴン及びポリラインを編集・更新するためには、本データベースとは独立した GIS ソフトウェアを使用して GIS Shape ファイルとして作成し、そのデータを本データベースへ格納することとなっている。GIS ソフトウェアによるポリゴン、ポリラインの作成方法は、セミナー等により C/P に技術移転を行った。



図 5.2.2 GIS マップ内の地すべりポリゴン（出典：JICA 調査団）

## 5.2.2 道路災害・通行止め情報システムモジュール

本モジュールは、一般道路利用者が災害・工事による道路通行止め情報、豪雨・雪による道路及び路面状況を Web 上で把握するためのシステムである。本モジュールは災害発生後の情報となるが、将来はリアルタイム雨量観測による事前交通規制の先駆けとなるシステムである。

### a. 構成

本モジュールは、①重点箇所情報、②災害地点情報の 2 つから構成される。

- ① 重点箇所情報は、主要道路の山岳峠道など、気象条件が道路状況に影響を受けやすい箇所もしくは長期的に道路工事が行われる場所を固定箇所として設定し、定期的（雨

季は毎日)に情報を表示・更新する。

- ② 災害地点情報は、斜面災害などにより道路が封鎖された箇所についての情報を提供し、災害が発生した箇所について情報が公示されるシステムである。

## b. 情報伝達システム

まず、DoR 地方事務所管轄内の道路管理者が現場写真や情報を収集し、それらの情報を DoR 本局の維持管理部へ送る。そして、DoR 維持管理部の職員によって本データベースを使って定期的に更新する。

## c. モバイルスマートフォンによる利用

上記のモジュールは、パソコンの Web 上で情報を閲覧できるシステムを想定して開発している。しかし、ブータン国内ではスマートフォンが普及しており、本モジュールを一般道路利用者が利用する場合は、スマートフォンによる利用がメインとなることが想像される。

そこで、本プロジェクトにおけるデータベース開発活動に関連し、DoR による Android と iOS システム上でのアプリケーション開発が同時に行われている。

この活動は MoWHS 大臣直轄機関である G2C と DoR が共同で実施しているものであるが、将来的には本データベースにリンクするシステムとなり、本データベースの情報を更新すれば自動的に Android・iOS システムにアップデートされるシステムを目指している。

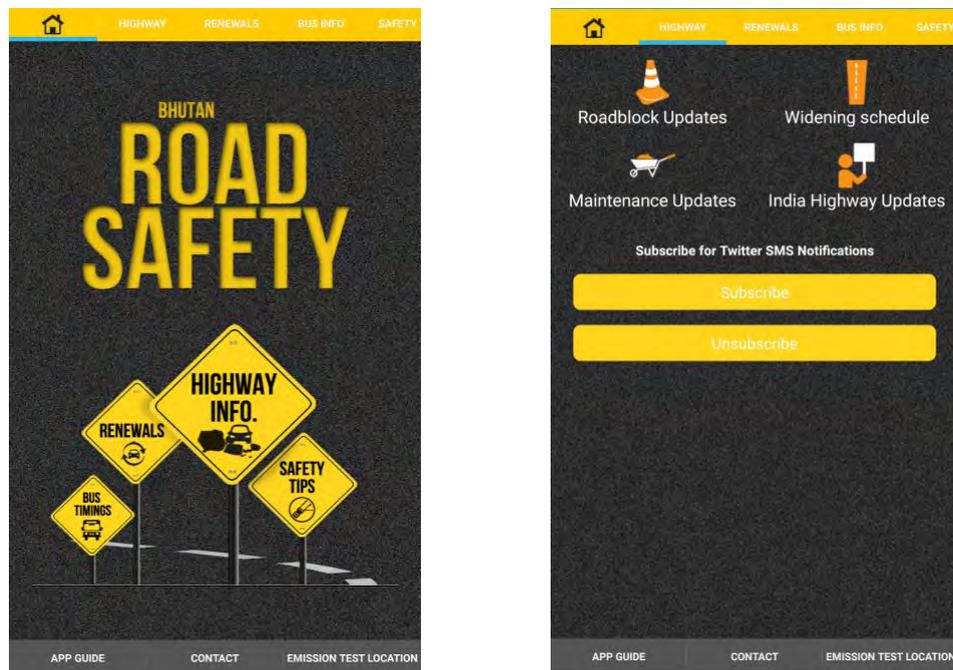


図 5.2.3 Android システムの道路災害・通行止め情報システム (出典: DoR 内部資料)

### 5.3 GIS マップ機能

本データベースには GIS マップ機能により道路斜面台帳、斜面カルテ点検調書、道路交通情報とリンクしており、レイヤーによるチェックイン・チェックアウトのシステムにより、利用者の必要に応じて行政・地形情報をオーバーレイ表示する機能を持っている。表 5.3.1 に分類表を示す。

表 5.3.1 GIS マップレイヤー分類表 (出典:DoR 内部資料、JICA 調査団)

分類	レイヤーの種類	データ諸元	備考
行政情報	・ 国境 ・ 県境界(Dzongkhag) ・ 群境界(Gewog)	NLC	
	・ 町	NLC, DoR, public map	県庁所在地 第2都市 その他主要都市
道路	・ 道路線形と分類	DoR	Asian Highway Primary Highway Secondary Highway Dzongkhag Road Firm Road
DoR 組織情報	・ DoR 地方事務所箇所	DoR	

## 5.4 GIS データベースに係る技術移転

### 5.4.1 ブータン国道路の再分類作業

#### a. 分類作業の技術移転

本データベースには道路種別によって分類された全国の道路線形を組み込むことになっているが、DoR 内で管理している道路線形情報は 2010 年から更新されていない。このような背景から DoR 職員と協働で道路線形データの更新及び再分類作業を行った。既存の道路線形データは、プロジェクト開始当初、AutoCAD 形式で作成されていたが、本活動内で GIS データベースとして使用することを想定し、これを GIS 形式のデータに変換し、GIS 上で管理することとしている。

#### b. CGISC(Central for GIS Co-ordination)との連携

NLC 下に設置されている CGISC (Center for GIS Co-ordination) は、GIS 活動に関し、GIS ユーザー間での活動実績や操作技術を共有するためのユニットである。

現時点で MoWHS は CGISC のメンバーに加盟しているが、DoR レベルでの加盟は行っていない。しかし、本プロジェクト活動をきっかけに DoR の維持管理部内では、GIS により独自でブータン全土の道路線形データ、Gewog Office 地点データの収集及び整備を実施していることから、省庁間でより有効に活用することを目的とし、DoR レベルで CGISC に加盟すべきであると JET から指摘した。

### 5.4.2 GISアプリケーション操作の技術移転

本データベースモジュールの 1 つである道路斜面台帳、斜面カルテ点検調書を管理するためのモジュールでは、GIS マップ上で位置情報とリンクすることを想定している。この方法は、地図上でただ点としてリンクするのではなく、災害種別ごとにポリゴン・ラインで表現することとなっている。このポリゴン・ラインの作成及び更新に際しては、本データベースそのものの複雑化・デバックを避けるために、本データベースとは切り離れた GIS ソフトウェア (ArcGIS、QGIS) で Shape ファイルとして作成し、データベースに格納する方法を取ることとなっている。

そこで、新規道路や拡張工事等による道路線形変更に伴い、既存の道路線形を GIS ソフトウェアで追加・修正していく場合は、DoR 職員がこれらの作業を行う必要があり、GIS ソフトウェアの基本的操作方法及びこの作業を習得する必要がある。そのため本プロジェクトでは DoR 職員を対象に GIS ソフトウェアの技術移転をセミナー形式で実施した。主なセミナー項目は以下のとおりである。

#### a. DoR本局職員を対象にした災害種別ポリゴン・ライン作成技術移転

本プロジェクト活動の現場業務で作成された道路斜面台帳を基に、災害種別ポリゴン・ラインの作成作業を、技術移転も兼ねた協働作業として実施した。対象者は GIS 担当の Phuntsho 女史を主担当とし、本活動に関係する Dorji 氏 (HQ、維持管理部)、Tempa 氏 (地質技術部) とした。

#### b. Gewog Center Road データ収集のための技術移転

現在、DoR 内では国道・県道などの主要道路から Gewog office (郡役所に相当) までを

結ぶ Gewog Center Road (以下、GC Road) の整備が進められている。これら GC Road は当初、Gewog (郡に相当) で管理されていたが、2015 年からは DoR の管轄下に置かれることとなり、DoR 内で GC Road の地図化が進められている。その具体的な方法は、現地にてポータブル GPS を使いトラックログデータを取得し、そのデータを GIS Shape ファイルとして既存の道路マップに組み込む。

本プロジェクトでは、この一連の流れを DoR 職員が習得するために OJT 形式で技術移転を実施した。主な対象者は DoR 本局職員であるが、技術移転セミナーとして地方職員に対しても技術移転を行っている。

### c. QGISによる地方事務所管内地図の作成及びその技術移転

DoR 地方事務所には地方事務所管内地図が存在せず、DoR からの要請もあり、地方事務所管内地図の作成及びその技術移転を DoR 本局職員及び地方事務所職員を対象に実施した。この作業の目的は、地方事務所担当レベルまで GIS ソフトウェア (QGIS) の基本操作を取得することを目的とし、将来的に本データベースの道路線形修正や、本データベースに組み込む災害種ごとのポリゴン・ラインを地方事務所職員でもできるようにすることを目的としている。



フィールドでのポータブル GPS 技術移転セミナー (地方事務所にて)



室内での GIS 技術移転セミナー (地方事務所にて)

図 5.4.1 技術移転セミナー風景 (出典: JET 調査団)

## 5.5 斜面防災データベース運用マニュアルの作成

本データベースを、DoR 職員によって管理・データ更新していくための手引書を作成した。本手引書は、システムエンジニアでない DoR 職員を対象とした内容となっており、基本的な操作方法を主体とした内容となっている。また、本データベースに関連する作業についての GIS アプリケーション操作方法も別添資料として掲載している。図 5.5.1 に手引書の目次を示す。

<b><u>Table of Contents</u></b>	
<b>1</b>	<b>General..... 1</b>
<b>2</b>	<b>Initial Operation..... 2</b>
2.1	How to Start Database..... 2
<b>3</b>	<b>Module Operation..... 3</b>
3.1	The Module for Management of Slope Inspection sheet and Regular Check Sheet..... 3
3.1.1	Structure..... 3
3.1.2	Initial Operation..... 4
3.1.3	Viewing and Editing Function..... 6
3.1.4	Linkage with GIS Map..... 16
3.1.5	How to make the New Sheet..... 17
3.2	The Module for Road Condition Information System ..... 19
3.2.1	Structure..... 19
3.2.2	Initial Operation -Operation for public-..... 19
3.2.3	How to edit and upload information –Operational restriction only for DoR-..... 20
<b>4</b>	<b>System Structure..... 23</b>
 <b>Appendix</b>	
1.	How to make road line by GIS software - Taking track log data ~ Import GIS -
2.	How to make Polygon and Polyline categorized by disaster type by GIS software

図 5.5.1 手引書の目次 (出典:JICA 調査団)



# Chapter 6

---

---

*DoRへの助言*  
*Advice to DoR*



## 6 DoR への助言

### 6.1 DoR により施工されている既存の斜面对策工についての助言

#### 6.1.1 ブータンでの典型的な道路斜面災害

斜面点検により把握された道路斜面災害状況から、切土斜面の崩壊と盛土斜面の崩壊のケースが多く確認された。切土斜面崩壊の原因として、切土勾配が斜面の地質条件に対して適切な安定勾配となっていないことが挙げられる。また、盛土斜面崩壊の原因は1) 盛土が適切に施工されていない(転圧不足や含水量管理が不十分など)、2) 盛土擁壁の基礎の支持力が不足している、3) 盛土内の排水施設がない/不十分であることが挙げられる。従い、事前の調査および設計、施工管理が適切になされていれば、ある程度の斜面災害を軽減することが可能であると考ええる。

DoR では斜面の切土勾配に関する設計指針\*1 がある。一方で、施工された切土斜面で崩壊が発生しているケースが多く確認された。上述したように、これは斜面の地質条件に対して適切な切土勾配で設計されていないことが考えられる。このことから、この指針をより設計者が適切な斜面勾配の決定をしやすく、また実際の現場条件に合うように見直しを行うことも有益であると考ええる。

一般的に、斜面災害が発生した後に実施する対策工の費用は、道路建設時に実施する斜面災害対策工の費用に比べ、施工条件が厳しくなることで割高になるケースがほとんどである。従い、設計指針の整備に加え、適切な事前調査がなされ、その調査結果に基づいた設計、施工管理を行うことが必要である。これらの一連の作業が適切になされることはブータンの道路災害軽減に寄与するであろう。

#### 6.1.2 斜面对策工

ブータンの国道沿いの斜面では多くの斜面对策工がなされている。多くは切土もしくは盛土により道路幅員を確保し、それらの斜面を安定させる目的で斜面对策工がなされている。

プロジェクト開始時に DoR の C/P に対してブータンで施工が可能な対策工についてアンケート調査を実施した。この結果からは切土や盛土などの基本的な土木工事や、擁壁などの比較的技術的難度の高くない工法については、ブータン国でも実施可能であるが、アンカー工や杭工など専用の機材が必要でかつ、技術的にも難度の高い工法は、他国の施工業者に頼らざるを得ないことが分かった(2.4.2 Structural Countermeasure 参照)。一方で、実際の道路斜面では、想定される対策工種は比較的難易度の高くないものであるが、施工対象が大きいためそれに伴い工事費が大きくなり、実施が困難なケースもある。

##### a. 小規模な斜面对策

DoR で実施されている斜面对策工は、比較的規模の小さい斜面崩壊に対して実施されている。また実施されている対策工の多くは斜面を安定勾配にする切土工や蛇かご工や石積み擁壁工による斜面末端部の安定工である。

これらの対策工でも、適切な対策施設の配置や仕様であれば小規模な斜面災害に対して効果が期待される。従い、十分に現地での調査を行うことで想定される災害の形態や規模、現場状況を把握し、それを基に適切な対策工の設計を行う必要がある。また、対

策施設の効果を十分に享受するためには、施工管理を適切に行い要求される品質を確保しなければならない。

一方で、これらの DoR が一般的に適用している対策工だけでは災害対策としても限界がある。より規模の大きな災害に対しても抑止力を有する対策工を採用していく必要がある。

上述の対策工は、斜面崩壊や落石に対してのものであり、土石流や地すべりに関しては抜本的な対策工はあまり実施されていない。本プロジェクトでは斜面崩壊や落石に比べ、地すべり危険斜面は多くなく現時点では緊急度も比較的高くはないが、土石流危険斜面は多く確認された。多くの土石流危険斜面は、土砂や流水に対しての排水施設が不十分であるケースが多い。道路での土石流対策は、基本的にカルバートや橋梁などで道路の下を流下させる対策が主となる。多くの土石流危険斜面は、既存のカルバート断面の拡大や排水施設の整備で対応が可能なケースが多い。これらの工事は斜面对策に対して比較的实施の難易度は高くなく、工事費も高価でないことから、道路維持管理の面から、実施優先度を高くすることを提案する。

## b. 大規模な斜面对策

本プロジェクトで実施した斜面点検の結果において、危険度が高くかつ想定される工事費が1億 Nu を超える斜面が、11 斜面抽出された。

これらの斜面では、アンカー工や大規模な土工、高擁壁などが提案されている。この中でも、特に頻繁に崩壊が発生し危険度が極めて高く、かつ施工条件の厳しい2斜面 Management No. TPP0120850 (Thumang Cliff) と Management No. TRP0420160 (Reotala Cliff) では、従来の斜面对策工法での施工が困難であることが想定される。Thumang cliffは不安定かつ長大のり面であることから、想定される工事費だけでなく、莫大な仮設工事費なども必要となることが想定される。これらの2箇所の斜面の対策工として、トンネルによる危険斜面回避策を検討した。

## 6.2 JICA 無償事業(トンネルプロジェクト)検討の背景

### 6.2.1 国道の重要性及びボトルネック箇所

山岳国であるブータンでは、国道を中心とする道路ネットワークが最も重要な交通インフラである。ブータン政府は、第 11 次 5 ヶ年計画（2013-2018 年）において国道 1 号線の拡幅工事を行うように DoR に指示した。国道 1 号線は国内唯一の東西連結路線であり、国内の物資や人流の移動にとって非常に重要であるのに加えて、現在進行中の Punatsangchu -I、Punatsangchu -II、Mangdechu の水力発電プロジェクトにおける資機材運搬のためにも重要である。

しかし国道 1 号線には、Trongsa 県内に Thumang Cliff と呼ばれる斜面崩壊箇所が存在する。当該箇所における道路拡幅が技術的に非常に困難であるため、DoR も当該箇所を含む区間の拡幅工事を保留にしており、国道 1 号線の全線拡幅を実現する上での重要地区となっている。

また、Trongsa と Gelephu とを結ぶ南北国道である国道 4 号線沿線には、Reotala Cliff と呼ばれる斜面崩壊箇所が存在し、毎年雨期には斜面崩壊による道路封鎖が頻繁に発生しており、同国道における円滑な交通確保の妨げ（ボトルネック）となっている。

### 6.2.2 本邦技術適用の必要性

国道の拡幅工事に関して、ブータン国内には大規模な斜面对策工やトンネルを計画・建設する技術は存在しない。よって、我が国の高度な土木技術を適用した事業を検討することは有効であるといえる。

### 6.2.3 プロジェクトの概要

前述の 2 ヶ所の国道上のボトルネック箇所について、斜面对策工案とトンネル建設によるバイパス案の両者について経済性や技術的難易度等の比較検討を行うことが考えられる。以下に各箇所のバイパスルート案を示す。



図 6.2.1 Thumang Cliff の提案バイパスルート（出典:JICA 調査団）



図 6.2.2 Reotala Cliff の提案バイパスルート (出典:JICA 調査団)

### 6.3 JICA 無償事業(トンネルプロジェクト)に係る助言

重要道路である国道1号線において、ブータンの建設技術では、経済需要を満たすための道路拡幅が実現困難なボトルネック箇所がいくつかある。Thumang Cliffもその一つである。

亀裂の発達した花崗片麻岩の急崖からなるThumang Cliffでは、強雨のたびに落石や小規模な岩盤崩壊が多発し、その崩落土砂が道路を封鎖する事例が多くみられる。合わせて、道路斜面上に散在する巨大な転石や崩落の可能性が高い未固結土砂は、通行者を危険に陥れる。さらにこのThumang Cliff及び周辺箇所は、急崖を形成する尾根部に凸状地形をなすため、道路の線形計画上、通過時間を要する箇所でもある。

このよう場合、日本ではトンネルを計画することにより、落石の危険性を排除するとともに、バイパスとすることで走行時間を短縮化させる。これを実現する技術として、山岳道路トンネルに多用されてきたNATM (New Austrian Tunneling Method) 技術があり、日本の山岳道路トンネルの構築に多数寄与してきた。NATMとは、岩盤自体が有するアーチ形成効果を利用して、長期的にトンネル内空を確保する技術である。最近では、技術改良が進み、比較的緩い堆積物や土砂地山が分布する都市域での適用についても多数の事例がある。以下にNATMの実施概略を述べる。

- 1) 自由断面掘削機により、任意の大きさでトンネル断面を掘削する。
- 2) 掘削直後にショットクリート（コンクリート吹き付け）を行い、トンネル表面の肌落ちを防止し、内面を固定する。
- 3) 放射状にロックボルトを挿入し、トンネル内空を形成する岩盤を縫い付け、円周方向の岩盤強化を行う。
- 4) ロックボルト頭部を支保工で内側から連結し、トンネル内空の固定化を図る。
- 5) トンネル側面をライナープレートやインバートで覆い、トンネル内空断面を、より安定化させる。

このような NATM 工法を含めたトンネル建設では、地盤が持つ不確実性を如何に調査で低減するかが、トンネル建設の経済性を左右する重要な点の一つである。Thumang Cliff でトンネルを実施する場合の主な留意点を以下に示す。

- 1) トンネルが計画される路線を含む範囲の地形情報の入手と、地形的な問題点（地すべりなどの異常箇所や断層などの線状地形）を把握する。そのため、航空測量といった広域的な測量技術とともに、GPS (Global Positioning Satellite) に代表される GNSS (Global Network Satellite Survey) 技術の導入や、トータルステーションによる測量技術による信頼度の高い地形情報の入手が求められる。
- 2) トンネルの支保パターンを決める地山等級を決めるための基礎的な情報を提供する技術の導入が求められる。具体的には、以下のような地質工学的な要素技術の向上が求められる。
  - 高いコア採取率を確保できるようなボーリング技術
  - 岩盤の一軸圧縮強度を決める情報を与える弾性波探査解析技術
  - トンネル建設で問題となる地下水情報を得るための技術
- 3) 個別の要素技術に加え、トンネルの建設手法や建設重機、加えて建設管理手法や安全対策手法の確立も同時に求められる。

- 4) ブータンという変動帯で山岳トンネルを長期的に維持することが、トンネル導入後の DoR の道路維持管理上の役割となることが予想される。このため、単にトンネル建設技術のみならず、トンネルの維持管理技術や交通上の安全対策（運転者に対する啓蒙など）も必要である。このような技術・知見・ノウハウは、高度経済成長期に社会インフラを多数蓄積してきた日本の建設産業、特に独立行政法人土木研究所や国土交通省国土技術政策総合研究所に蓄積されている。

【引用文献】

- \*1 Ministry of Works and Human Settlement, Guideline on use of Standard Work Items for Common Road Works



# Chapter 7

---

---

技術移転

*Technical Transfer*



## 7 技術移転

### 7.1 技術移転の方法論

#### 7.1.1 技術移転の基本方針

JICA 調査団が、本プロジェクトの一環として DoR とともに道路防災点検ならびに斜面カルテ点検に係る技術および知識の移転を行う際、以下の基本方針に則って実施する。

- セミナーの活用
- C/P メンバーの固定
- 技術情報の関係者への共有の促進
- グループ単位での技術移転

#### 7.1.2 技術移転の方法

本プロジェクトにおける技術移転活動は大きく分けて、OJT、パイロット事業、技術移転ワークショップ、セミナー、本邦研修、広報の 6 つに分類される。各技術移転項目の目的及び内容について、効果的な技術移転を実施していくために下表のとおりまとめた。

表 7.1.1 技術移転の目的と内容（出典：JICA 調査団）

項目	目的	内容
OJT	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 道路斜面災害に係るスクリーニング、点検、評価、データベース、対策工の理解</li> <li>・ 道路斜面管理マスタープランの検討とマニュアル作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 机上作業、現地点検、踏査、モニタリング</li> <li>・ DoR との対策工協議</li> <li>・ マニュアル作成</li> </ul>
パイロット事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査・解析の計画・実施の方法の理解</li> <li>・ 現地住民やステークホルダーとの協力の重要性の理解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査・解析の計画・実施</li> <li>・ 現地住民への宣伝活動</li> </ul>
技術移転ワークショップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロジェクトの進捗管理と協議</li> <li>・ 基本技術の習得</li> <li>・ 道路斜面管理に係る理解と教育</li> <li>・ 関係機関に対する斜面管理技術のトレーニング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【第 1 回】</li> <li>・ プロGRESSレポート内容説明</li> <li>・ 日本での事例紹介</li> <li>【第 2 回】</li> <li>・ インタリムレポート内容説明</li> <li>【第 3 回】</li> <li>・ ドラフト・ファイナルレポート内容説明</li> <li>・ 道路斜面管理の講義</li> </ul>
セミナー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロジェクトで習得した特定テーマの理解強化 <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 異なった地域</li> <li>➤ 複数回の実施</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 道路防災点検セミナー(現地トレーニング)</li> <li>・ スクリーニングセミナー</li> <li>・ 道路斜面台帳作成と防災カルテ作成セミナー</li> <li>・ GIS データベースセミナー</li> <li>・ 対策工セミナー</li> <li>など</li> </ul>
本邦研修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「斜面災害とは」「防災管理とは」を理解したうえで、将来的なブータンでの防災行政への活用</li> <li>・ 具体的斜面対策工法・管理方法の理解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国土交通省訪問</li> <li>・ 都道府県の土木部訪問</li> <li>・ 大学や研究施設訪問</li> <li>・ 民間企業訪問</li> </ul>
広報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロジェクト内部および外部に対する技術理解の共有</li> <li>・ プロジェクト結果の利用促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ DoR ホームページ更新</li> <li>・ ニュースレター発行</li> </ul>

## 7.2 技術移転の構造

道路防災点検と斜面管理に係る技術と知識は DoR の C/P メンバー、特に表 7.2.1 に示すワーキング・グループ (WG) メンバーに移転される。WG は Thimphu 本局と、ブータン全土カバーする 9 つの地方事務所の技術者で構成されており、国内の各地方事務所での効率的で効果的な技術移転を促進するために結成された。WG メンバーは、自分たちが本プロジェクトを通して習得した技術を、各地方事務所でも OJT、セミナー、ワークショップに参加できなかった他の技術者に対して、再技術移転を行うこととなっている (図 7.2.1)。そのため、JICA 調査団は WG メンバーに対して、OJT、ワークショップ、セミナーで使用した説明資料に加えて、そのデジタルデータを配布した。これにより、参加できなかった技術者への技術の再移転が可能となる。

表 7.2.1 ワーキング・グループ (出典: JICA 調査団)

No	氏名	役職	組織
1	Dorji Tshering	副主任技師	Thimphu本局
2	Dilip Kr. Thapa	主任技師	Thimphu本局
3	Phuntsho Wangmo	設計技師補	Thimphu本局
4	Dhendup Dorji,	技師	Tashigang地方事務所
5	Nim Dorji	技師補	Lingmethang地方事務所
6	Wangchuk	技師	Trongsa地方事務所
7	Karma Dorji	主任技師	Sarpang地方事務所
8	Sonam Thinley	技師補	Lobesya地方事務所
9	Drakpa Wangdi	主任技師	Thimphu地方事務所
10	Neten Tshering	副主任部技師	Samdrup Jongkhar地方事務所
11	Karchung	副主任技師	Zhemgang地方事務所
12	Prabin Gurung	副主任技師	Phuentsholing.地方事務所

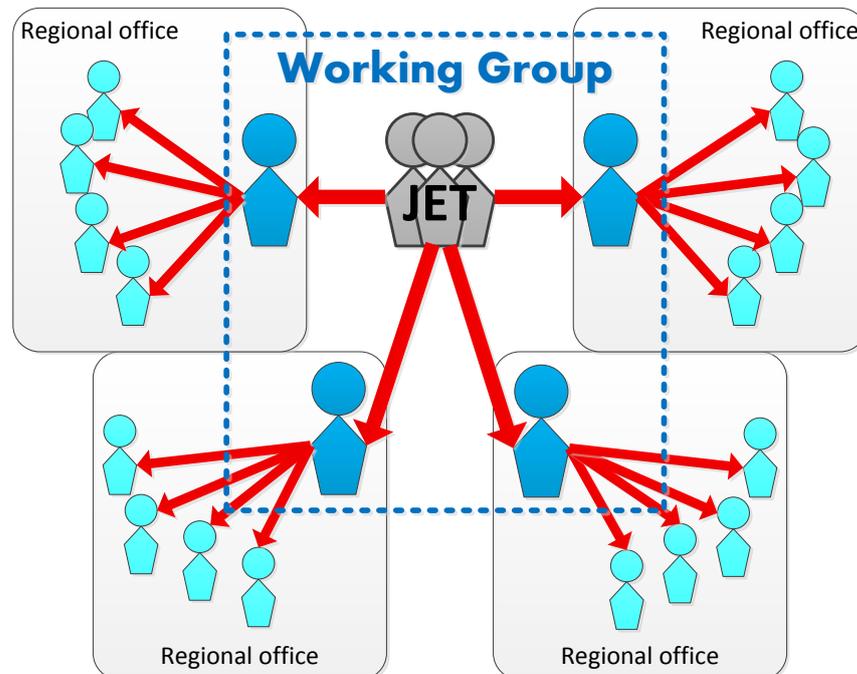


図 7.2.1 技術移転と再技術移転の模式図 (出典: JICA 調査団)

一方で、WG メンバーは各地方事務所の主任技師や副主任技師であり、膨大な日常業務を抱えているため、ワークショップやセミナーに参加することは容易ではない。東部主要都市 Trashigang から首都 Thimphu までほぼ 2 日かかることから分かります。特にブータンでの国内移動は非常に時間がかかるため、さらに参加を困難なものとしている。

そのため、本プロジェクトでは、首都 Thimphu (ブータン西部) と Trongsa (ブータン中部) の国内 2 都市で同テーマのセミナーやトレーニングを実施することとした。すなわち、西部地域の地方事務所のメンバーは Thimphu での活動に参加し、中部地域ならびに東部地域の地方事務所のメンバーは Trongsa での活動に参加した。これによりすべての WG メンバーが比較的容易に本プロジェクトに参加できることとなった。

また Thimphu と Trongsa 以外においても、DoR 職員が参加できるのであれば可能な限りワークショップやセミナーを開催するようにした。この場合、すでに技術移転が行われた WG メンバーが講師となり、JICA 調査団はオブザーバーとして参加するようにした。

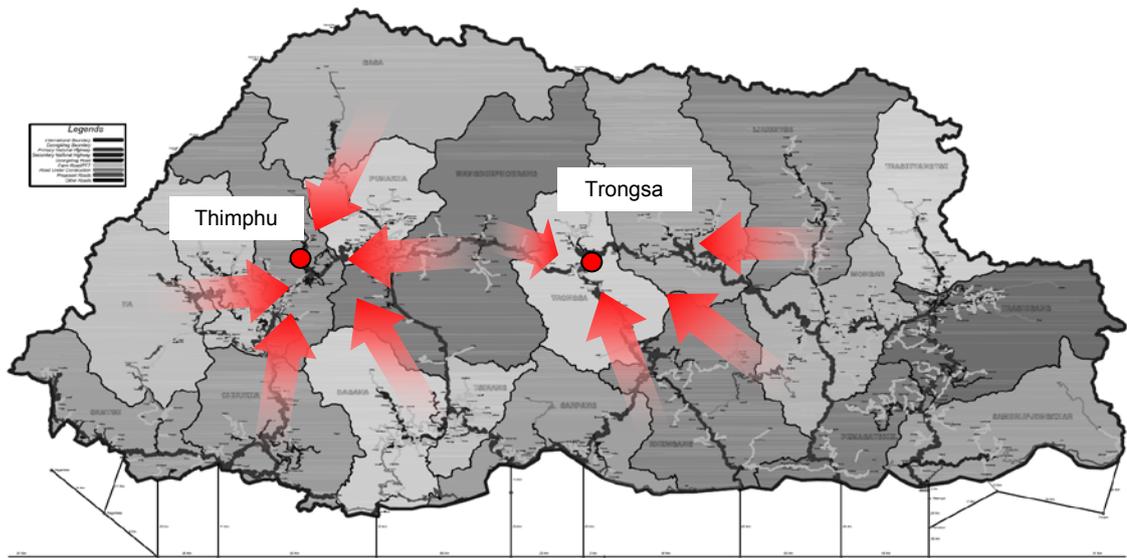


図 7.2.2 Thimphu と Trongsa での技術移転 (出典: JICA 調査団)

### 7.3 技術移転ワークショップ

技術移転ワークショップは本プロジェクトの技術的進捗を確認して議論する場であり、プロジェクト期間中に提出される3つのレポートの時期に開催された。ワークショップの参加者はC/P機関のほか、慣例する省庁や民間企業、大学などである。

第1回技術移転ワークショップは、Thimphuで2015年2月17日に、Trongsaで同年3月3日に開催された。ワークショップでは、本プロジェクトの内容・方針・実施方法を説明したうえで、コンポーネント1「防災点検マニュアル」およびコンポーネント2「道路防災点検」について参加者に説明した。発表者はJICA調査団およびC/Pメンバーである。

第2回技術移転ワークショップは、Thimphuで2015年10月21日に、Trongsaで同年10月26日に開催された。ワークショップでは、コンポーネント1「防災点検マニュアル」、コンポーネント2「道路防災点検」、コンポーネント3「斜面防災データベース」、コンポーネント4「DoR斜面对策工に対する助言」の結果について参加者に説明した。発表者はJICA調査団およびC/Pメンバーである。

第3回（最終）技術移転ワークショップは、Thimphuで2016年6月10日に開催された。ワークショップでは、プロジェクトの全調査結果について参加者に説明した。関係する全C/PがThimphuに集合したことから、開催はThimphuのみとなった。オープニングスピーチはMoWHSの事務次官Phuntsho Wangdi氏により行われた。

なお、第3回（最終）技術移転ワークショップでは、C/Pから「本プロジェクトを通して技術移転された道路防災点検やGISデータベースについては、ぜひとも自らが発表したい」との強い申し入れがあったことから、第1～2回とは異なり発表者はC/Pメンバーとし、JICA調査団がC/Pを補佐した。

## 7.4 セミナー

セミナーは、本プロジェクトに係る専門技術の特定テーマについて理解を深めるために、C/Pメンバーに対して合計18回のセミナーを実施した。内容は、下表に示すとおり、スクリーニング、点検、解析、評価、管理、GIPマップなど多岐にわたるものとした。

表 7.4.1 実施セミナー一覧 (出典: JICA 調査団)

No.	テーマ	日時	開催場所	C/P	JICA調査団
1	道路斜面災害の基礎	2014/8/19, 14:30-16:00	DoR, Thimphu	12	琴尾, 原
		2014/8/22, 14:00-16:00	DoR, Trongsa	14	
2	防災点検 空中写真判読	2014/9/30, 14:30-16:30	DoR, Thimphu	7	桑野, 戸沢, 山本
		2014/10/9, 14:30-16:30	DoR, Trongsa	10	
3	現場における防災点検 【概要】	2014/11/12, 13:30-16:30	Wangdue Phodrangの東、 1号線	7	琴尾
		2014/10/10, 8:30-10:30	Trongsaの西、1号線	7	
4	現場における防災点検 【方法論】	2014/11/12, 13:30-16:30	Wangdue Phodrangの東、 1号線	7	琴尾
		2014/11/21, 9:30-11:30	Trongsaの西、1号線	6	
5	道路斜面台帳の作成	2014/12/19, 13:30-16:30	Dochula、1号線	7	琴尾
		2014/12/12, 9:30-16:30	Trongsaの西、1号線	5	
6	道路維持管理 GISデータベース基礎	2015/2/9, 14:00-15:30	DoR, Thimphu	6	菅沼, 斎藤
		2015/2/6, 9:00-11:00	DoR, Trongsa	9	
7	GPS活用とGIS変換	2015/3/10, 10:00-17:30	Kawang, Mewang, Genekha, Dagala	2	斎藤
		2015/3/11-13, 10:00-17:00			
8	現場における防災点検 【トレーニング】	2015/4/14, 8:30-14:30	Trongsa、1号線	5	琴尾
9	地質調査【実践】	2015/6/4, 8:45-10:30	Trongsa付近Nalajin村	6	戸沢, 桑野, 岩崎
10	防災点検と斜面カルテ 地質調査【理論】	2015/6/6, 14:00-16:00	DoR, Thimphu	12	戸沢, 桑野, 岩崎
11	カルテ点検【実習】	2015/8/28, 8:30-15:30	DoR, Lingmetheng	7	琴尾
		2015/9/4, 10:30-14:30	DoR, Trongsa	5	
12	斜面对策工【実習】	2015/10/20, 14:00-17:00	No.1 road near Thimphu	6	原, 戸沢, 桑野
		2015/10/26, 13:00-16:00	No.4 road near Trongsa	7	
13	GISによるRegional Map作成	2015/12/22, 9:15-15:30	DoR, Thimphu	12	齋藤, 佐々木
14	QGISによる地形解析・地形 図作成	2016/1/15, 9:30-16:00	DoR, Thimphu	4	佐々木
		2016/1/18, 10:00-16:00	DoR, Trongsa	3	
15	GISによるマップ作成 GPS道路線形取得とGIS取 込み方法 道路斜面維持管理、道路防 災点検	2016/3/23, 9:00-17:00	DoR Phuentsholing, Phuentsholing付近4号線と Gewog道	14	斎藤 斎藤 琴尾
		2016/3/24, 9:00-17:00			
		2016/3/25, 9:00-17:00			
16	斜面对策の優先順位	2016/4/15, 14:00-16:00	DoR, Thimphu	7	原, 桑野
17	GIS斜面防災データベース 1	2016/6/1, 14:00-16:30	DoR, Thimphu	9	齋藤
		2016/6/20, 9:00-14:00	DoR, Lobeyasa	13	
18	GIS斜面防災データベース 2	2016/6/23, 14:00-17:30	DoR, Trashigang	16	齋藤
		2016/6/27, 10:00-14:00	DoR, Thimphu	5	
		2016/6/29, 9:00-12:00	DoR, Phuentsholing	6	

## 7.5 本邦研修

本邦研修は、C/P に対して日本の道路防災点検に関わる技術だけでなく、維持管理やメンテナンス、対策工法など幅広い知識を理解してもらうために実施した。研修は 15 日間、室内講義に加えて、現場視察に十分な時間を設けた。

参加者は 12 名で、本局および 9 つの地方事務所から参加しており、現地点検など本プロジェクトに積極的に関わっている人材を優先的に選定してもらうようにした。研修は 2015 年 7 月 8 日～26 日で行われ、プロジェクト 1 年目で現場点検とそのとりまとめが終了して道路斜面管理についてある程度の理解した後の時期で、かつ 2 年目の斜面カルテ点検を実施する前の時期とした。研修受入れ先は、国道や高速道路の管理機関ならびに道路斜面防災に係る研究機関等を主体とした。研修生は、各道路ごとで実際の維持管理技術を学び、ブータンで適用可能な基礎技術を習得した。

表 7.5.1 本邦研修の日程表 (出典:JICA 調査団)

日	月日	移動	研修先	研修内容	宿泊	
1	2015/7/8	水	タイ	飛行機移動	【KB128】11:30～15:30	バンコク
2	2015/7/9	木	タイ	ビザ取得		バンコク
3	2015/7/10	金	タイ	ビザ取得		バンコク
4	2015/7/11	土	-札幌	飛行機移動	【TG670】23:45～08:30	機中泊
5	2015/7/12	日				札幌市
6	2015/7/13	月	札幌	【JICA札幌】	午前:規定ブリーフィング 午後:オリエンテーション	札幌市
7	2015/7/14	火	札幌	【北海道開発局 道路維持課】 【寒地土木研究所】	午前:北海道における斜面防災対策の取組み(講義) 午後:北海道における斜面防災対策事例(講義)	札幌市
8	2015/7/15	水	札幌	【北海道開発局 札幌道路事務所】 【北海道開発局 千歳道路事務所】	午前:国道230号(定山溪)斜面防災対策視察 午後:国道453号(支笏湖)斜面防災対策視察	札幌市
9	2015/7/16	木	小樽	【北海道開発局 小樽開発建設部】	忍路トンネルほか斜面对策視察	札幌市
10	2015/7/17	金	小樽	【北海道大学】	午前:機構解析・研究事例 午後:移動	JICA東京
11	2015/7/18	土				JICA東京
12	2015/7/19	日				JICA東京
13	2015/7/20	月				JICA東京
14	2015/7/21	火	高崎市	【国土交通省 高崎河川国道事務所】	国道17,18号の斜面防災対策など現場視察	JICA筑波
15	2015/7/22	水	つくば	【土木研究所】 【地質調査総合センタ】	午前:斜面リスク管理 午後:要因研究、地質・地形	JICA東京
16	2015/7/23	木	町田市 東京都	【NEXCO総研】 【JICA東京】	午前:高速道路の斜面对策 午後:プロジェクト協議	JICA東京
17	2015/7/24	金	東京都	【JICA東京】	午前:プロジェクト協議 午後:JICA評価会	JICA東京
18	2015/7/25	土	-タイ	飛行機移動	【TG683】10:35～15:05	バンコク
19	2015/7/26	日	-ブータン	飛行機移動	【KB129】04:45～06:45	

本邦研修における所見を以下に示す。

- 各研修先において、研修時間を超えて熱心に質問していた。幅広い質問内容で、今回の研修内容を、今後ブータンにおいて十分に活用していく意気込みが感じられた。
- 講義中はメモを取り、講義後もブータンでの適用性について議論していたことから、非常に関心が高い内容であったと思われる。
- 講義や現場視察では熱心にメモを取り、日々研修内容や学んだことをまとめており、最終日の報告会では非常に質の高いプレゼンテーション発表を行った。本研修で学んだ日本の事例を、どのようにブータンに導入するか考察しており、分かりやすくまとめられていた。
- ブータンの現状としては、まだまだ開発途上ではあるが、今後、日本の例を参考にしながらブータンの地すべり対策を発展させていきたいとのコメントがあった。今回の研修で多くのことを学び、また今後に活かそうとする強い意欲が感じられたことから、本研修は実りある研修だったと思われる。
- 全ての受入機関で快く受け入れていただいた。研修生の細かい質問にも丁寧に答えていただいた。現場視察では飲料水や軽食の差し入れもあり、多大な配慮をいただいた。
- 研修生は全員が、集合時間前に集合完了しており、スケジュールが遅れることはなかった。
- いままでは写真や室内セミナーだけの「対策工事」であったが、具体的な構造を見られたことにより、理解が深まったと話していた。
- 限られた時間で、到達目標をカバーする研修内容だったと史料する。
- 研修生からは、すでに対策工事が完了した現場ではなく、対策工事を実施中の現場視察を増やしてほしいと要望があった。
- 各機関において、詳細な説明資料を作成していただき、当日の講義・現場視察の理解を深めるだけでなく、今後も有効活用してもらいたいと考える。
- テキストは英語で準備していただいたおかげで、研修生にとっても分かりやすいものとなった。
- 各機関において、講義用の機材（プロジェクター等）を準備していただいたほか、現場視察ではヘルメットや長靴等も貸与していただき、研修を安全且つ滞りなく進めることができた。

## 7.6 広報

JICA 調査団は、本プロジェクトの活動内容、セミナー、ワークショップ等の情報共有を図るため、ニュースレターを半年に 1 回程度、合計 4 回（2014 年 8 月、2015 年 2 月、2015 年 10 月、2016 年 6 月）発行した。

ニュースレターはセミナーや SC の際に MoWHS、GNHC 及び DoR 地方事務所に配布されているほか、JICA ブータン事務所での配布も依頼した。

## 7.7 ステアリング・コミッティ

ステアリング・コミッティ (SC) は、本プロジェクトの円滑な協力体制の構築と進捗・課題の共有、課題解決を目的に、関係機関と共に、プロジェクト期間中に 3 回程度、実施する。SC の設立と運営は、基本的に C/P が実施するものであり、JICA 調査団は C/P を補佐するものとした。

第 1 回 SC は、SC の意義、プロジェクト概要、対象地域の設定、各ステークホルダーの役割分担等を説明・協議するために、2014 年 7 月 30 日に DoR 本局会議室で実施された。参加機関は DoR、GNHC、JICA、JICA 調査団で、合計 14 名が参加した。第 1 回 SC の協議議事録は巻末資料に示す。

第 2 回 SC は、IT/R の内容、新規トンネル事業の背景と提案、今後の活動計画を説明・協議するために、2015 年 10 月 21 日に DoR 本局会議室で実施された。参加機関は DoR、JICA、JICA 調査団で、合計 14 名が参加した。第 2 回 SC の協議議事録は巻末資料に示す。

第 3 回 (最終) SC は、DF/R の内容、機材供与、F/R までのスケジュールを説明・協議するために、2016 年 6 月 9 日に DoR 本局会議室で実施された。参加機関は DoR、GNHC、JICA、JICA 調査団で、合計 16 名が参加した。第 3 回 SC の協議議事録は巻末資料に示す。

## 7.8 道路斜面管理マスタープランの策定に向けて

本プロジェクトにおけるプロジェクト目標は「斜面防災点検手法を導入・定着させることにより、危険度の高い斜面を抽出し、道路斜面管理マスタープランの策定に資する」ことである。

道路斜面管理マスタープランとは、効率的かつ効果的に斜面对策・管理を実施していくための計画のことであり、一般的に以下のような流れで策定される。

- 1) 斜面災害の現状の危険度を評価する
- 2) 危険度が高い斜面に対して対策工法を提案し、対策工費を算定する
- 3) 斜面危険度、対策工法、対策工費に基づいて、対策優先順位を決定する

※ 対策が完了するまでの間は適切な維持管理が実施される

道路斜面管理マスタープランが策定されることにより、根拠に基づいた、斜面对策の優先順位が決定されるため、以降は順次予算をつけて着実に対策を行っていくことが可能となる。

本プロジェクト開始以前は、ブータンでは斜面災害の現状の危険度を評価する技術がなかったことから、ここでいう道路斜面管理マスタープランに基づいた道路建設工事や道路改良（道路拡幅）、維持管理は実施されてこなかった。DoR は、あくまでも道路交通の利便性や都市の規模などからこれら工事の優先順位を決定しており、ブータンにおける道路交通で最も深刻な影響を与える斜面災害を踏まえた優先順位付けは考慮されていなかった。

本プロジェクトでは、日本で一般的である道路防災点検の技術を導入したことにより「斜面災害の現状の危険度」がランク 1~3 として高精度で評価されることとなった。さらに危険度が高いと判断された箇所（ランク 1~2）について「対策工法を提案し対策工費を算定」し、これらに基づいて「対策優先順位を決定」した。また防災カルテ点検を用いたことにより、現場での「適切な維持管理」を行うことが可能となり、斜面防災データベースが「適切な維持管理」実施上の強力なツールとなった。

このように本プロジェクトで実施・導入した各技術は、ブータンにおける道路斜面管理マスタープラン策定に大きく貢献することとなった。また、これらの一連の作業を DoR 職員と共同で実施してきたことから、マスタープランの策定に係る技術移転が成功裏に終わった。

しかしながら、本プロジェクトは国道 1 号線と 4 号線、両路線のごく一部の限定された区間の 450 箇所あまりで実施したパイロット的な内容であるため、今後は本プロジェクトで移転された各技術を用いて、DoR がブータン国内全域の道路に対して引き続き道路防災点検を実施して、国全体の道路斜面管理マスタープランを策定していくことが強く望まれる。

