

パキスタン国
運輸通信省国道公団（NHA）

パキスタン国
土砂災害対策にかかる情報収集・確認調査
ファイナルレポート

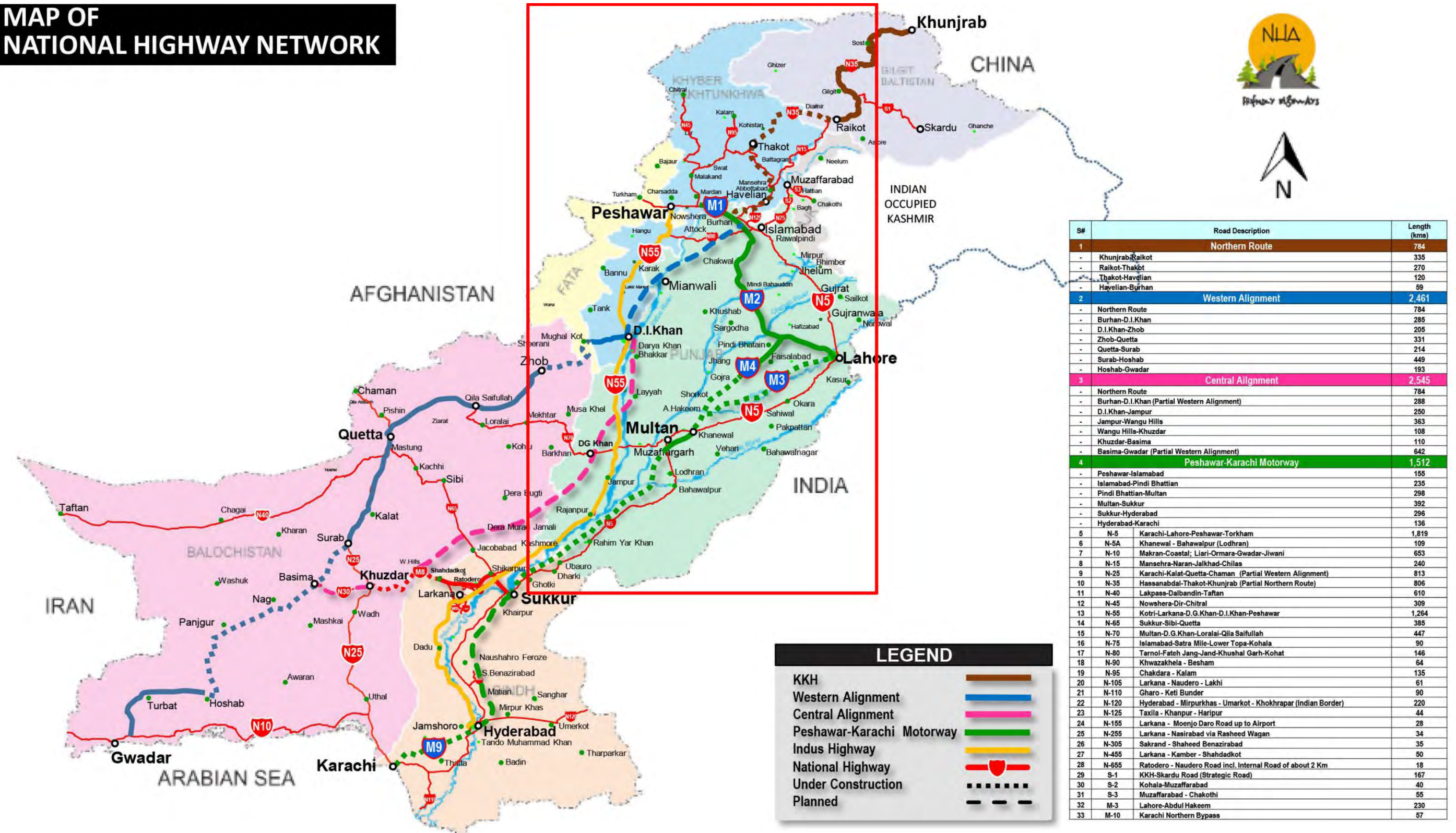
平成 31 年 1 月
(2019年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

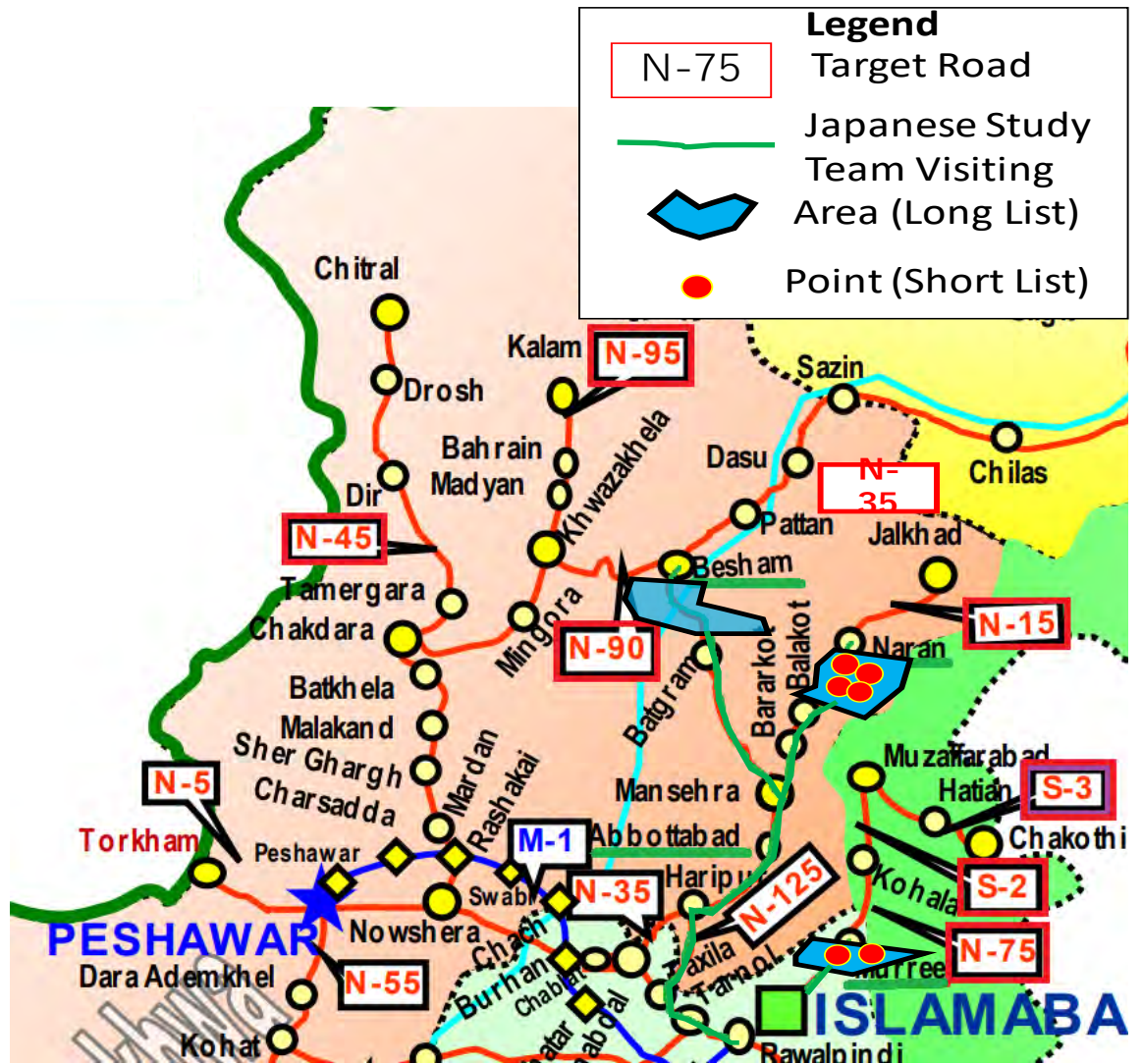
国際航業株式会社

南ア
JR
19-001

MAP OF NATIONAL HIGHWAY NETWORK



調査対象地域位置図



ショートリスト斜面位置図

通貨換算率

1 USD = 113.385000 JPY

1 PKR = 0.848780 JPY

PKR: パキスタン ルピー

出典：JICAレート2018年12月

写真帳



写真1 NHAとのプロジェクト協議



写真2 C&Wとのプロジェクト協議



写真3 セミナーの様子



写真4 セミナーの様子(右:NHA Chairman)



写真5 NHAとの現場視察



写真6 斜面崩壊箇所(N-15)



写真7 日本企業との現場視察(N-75)



写真8 N-15沿線の斜面崩壊箇所の調査



写真9 調査対象地域(N-15)



写真10 土石流発生箇所(N-15)



写真11 本邦招へいの講義の様子



写真12 NHAに対するDFRの説明・協議

目次

調査対象地域位置図

写真帳

目次

図目次

表目次

略語表

1	調査の概要	1
1.1	調査の背景	1
1.2	調査の目的	2
1.3	調査対象地域と関係機関	3
1.3.1	対象地域、対象国道	3
1.3.2	関係官庁・機関	3
1.4	調査手法	4
1.5	調査スケジュール	5
1.6	調査結果	6
1.6.1	成果1	6
1.6.2	成果2	8
1.6.3	成果3	12
1.6.4	成果4	13
2	関係機関にかかる政策・組織・体制	21
2.1	関連する上位政策	21
2.1.1	Vision2025の概要	21
2.1.2	公共セクター開発プログラム(PSDP: Public Sector Development Program)の概要	22
2.2	NHA	23
2.2.1	NHAの概観	23
2.2.2	NHA 5カ年開発計画(2018-2023年)	24
2.2.3	NHAの年次維持管理計画(2016-2017年)	24
2.2.4	NHAの組織	26
2.3	NHAの道路建設及び道路維持管理予算	31
2.3.1	道路建設予算計画及び維持管理予算計画	31
2.3.2	道路建設及び維持管理実績	31
2.3.3	2015年度のN-15, N-35, N-75の道路維持管理実績	32
2.3.4	2016-2017年度におけるNHA道路維持管理会計	33
2.3.5	他国における道路全般予算に占める緊急対策費の比較	33
2.4	道路維持管理業務の調達プロセス	36

2.5	N-75で実施された大規模斜面对策.....	38
2.6	道路土砂災害と対策工履歴データベース.....	39
2.7	Communication & Works (C&W).....	40
2.7.1	C&Wの概要.....	40
2.7.2	PJ州C&W.....	40
2.7.3	KP州C&W.....	43
2.7.4	C&Wが実施する予算計画及び維持管理.....	47
2.8	土砂災害に関連するその他関係機関.....	48
2.8.1	NDMAが保有する対象地域における土砂災害記録.....	48
2.8.2	国境地域公共事業体(FWO: Frontier Works Organization).....	48
2.8.3	NESPAK (National Engineering Service in Pakistan).....	49
3	各ドナーの関連支援状況.....	50
3.1	JICA.....	50
3.1.1	ハイバル・パフトウンハー州緊急農村道路復興事業(洪水災害対策)(円借款).....	50
3.1.2	東西道路改修事業(国道70号線)(I)(円借款).....	50
3.1.3	インダス・ハイウェイ建設プロジェクト(III)/2006(円借款).....	51
3.1.4	橋梁維持管理プロジェクト/2016.7-2019.4(技術協力プロジェクト).....	51
3.2	アジア開発銀行(ADB: Asian Development Bank).....	52
3.2.1	パキスタン国運輸政策マスタープラン調査.....	52
3.2.2	パキスタン国道路運輸セクターアセスメント戦略.....	52
3.3	世界銀行(WB: World Bank).....	53
3.3.1	Khyber-Pakhtunkhwa 緊急道路復旧プロジェクト(Under the KP/FATA/ Balochistan Multi Donor Trust Fund with USD 8 million in 2011 to 2015).....	53
3.3.2	Muzaffarabad市民安全対策斜面崩壊安定化プロジェクト(2017年10月).....	53
3.3.3	KP州地方道路改修プロジェクト.....	53
3.4	中国・パキスタン経済回廊(CPEC: China Pakistan Economic Corridor).....	54
4	土砂災害及び土砂災害対策の現状と課題.....	56
4.1	調査対象地域の自然条件・社会条件.....	56
4.1.1	調査対象地域の気象・地形・地質概要.....	57
4.1.2	調査対象地域の交通・産業・人口.....	62
4.1.3	調査対象地域の土砂災害履歴(道路土砂災害箇所位置図).....	63
4.2	対策優先個所の選定方法.....	68
4.3	ロングリストの作成.....	71
4.3.1	対象とする土砂災害の形態.....	73
4.3.2	地形判読.....	75
4.3.3	斜面カルテによる現地調査.....	82
4.4	土砂災害の分析と課題特定.....	100
4.4.1	対象道路における土砂災害の態様.....	100

4.4.2	パキスタンの道路における典型的な土砂災害の課題	104
4.5	土砂災害対策工の分析と課題特定	106
4.5.1	標準的な対策工の設定	106
4.5.2	対象道路における土砂災害対策工	106
4.5.3	パキスタンの道路における対策工の課題	114
4.5.4	恒久対策工と緊急対策工の比較	117
4.6	ミドルリストの作成	123
4.6.1	災害発生危険度による絞込み	124
4.6.2	社会経済条件による絞込み	127
4.6.3	総合評価	137
4.7	ショートリストの作成	139
4.7.1	対策工事実施に係る制約	139
4.7.2	想定される対策工法	141
4.7.3	想定される受注体制	151
4.7.4	ショートリスト	152
5	今後の支援方針の提言	154
5.1	土砂災害対策に関する課題の整理	154
5.2	土砂災害対策工事(案)(地盤調査結果、対策工断面図、積算結果)	156
5.3	土砂災害対策に関するキャパシティ・ディベロップメント	162
5.4	他ドナーとの連携可能性	165
6	本邦招へいによる技術紹介	166
6.1	本邦招へい	166
6.1.1	目的	166
6.1.2	現状と課題から整理される協議・見学内容	166
6.1.3	本邦招へい時期	167
6.1.4	招へい参加者	168
6.2	セミナー	169
6.3	斜面カルテにかかる技術移転	172

巻末資料

- ・巻末資料1: 地形判読結果
- ・巻末資料2: 斜面カルテによる調査結果
- ・巻末資料3: CATALOG OF COUNTERMEASURE WORK FOR SLOPE DISASTER (DRAFT)
- ・巻末資料4: ショートリスト斜面における対策工図面
- ・巻末資料5: ショートリスト斜面の地盤調査報告書
- ・巻末資料6: 日本人制限域における調査報告書

図目次

図 1.1 本調査の対象地域(主対象地域)(出典:調査団)	3
図 1.2 業務実施のフローチャート(出典:調査団)	5
図 1.3 NHAの基本戦略と各現状、課題および解決策	6
図 2.1 PSDPに関連する事前審査開発計画策定から最終審査プロセス	22
図 2.2 調査対象地域内のNHAが管轄する北部地域路線網(出典:NHAのHP)	24
図 2.3 NHA本部とゾーン事務所	27
図 2.4 道路維持管理に関連するNHA組織(出典:調査団)	28
図 2.5 NHA地域(ゾーン)別道路維持管理に関するゾーン事務所・地域事務所組織(出典:調査団)	28
図 2.6 NHA北部地域事務所と技術・調整局の道路維持管理に関する組織	29
図 2.7 斜面对策工に関する施工業者調達プロセス	36
図 2.8 2009年1月N-75で発生した土砂災害と対策工	38
図 2.9 2015年9月N-75で発生した土砂災害と対策工	38
図 2.10 PJ州C&W道路部門全体組織図	40
図 2.11 Rawalpindi事務所No.1とNo.2が管轄する地域	42
図 2.12 KP州C&Wと東部ゾーンの技術部の組織図	45
図 2.13 KP州C&W北部ゾーンの技術部の組織図	45
図 2.14 PKHAの組織図	46
図 2.15 PKHAが管理する道路地図	46
図 3.1 Thakot-Raikot N-35未工事区間(136 Km)	54
図 3.2 Thakot-Havelian N-35未工事区間	55
図 4.1 パキスタン人口密度地図	56
図 4.2 Thakot市の温度グラフ(左)及び雨温図(右)	57
図 4.3 Murree市の温度グラフ(左)及び雨温図(右)	58
図 4.4 調査対象地域を含むパキスタン北部の大地形分類図	59
図 4.5 インドプレートとヒマラヤプレートの沈み込みイメージ	59
図 4.6 ヒマラヤ西部(パキスタンヒマラヤ)の地質図	61
図 4.7 承認された技術レポートの記録の例(2012-2013年度、N15、Northern Areas)	64
図 4.8 NHAの記録による土砂災害箇所位置図	66
図 4.9 NHAの記録によるN-50沿いの土砂災害箇所位置図	67
図 4.10 対策優先箇所を選定するまでの過程	69
図 4.11 入域可能・不可能域ごとの対応	69
図 4.12 衛星写真判読、斜面カルテ作成、対策工事提案までの具体的な手順	70
図 4.13 日本人入域無制限地域(青)及び制限地域(赤)の位置図	72
図 4.14 ロングリスト作成の手順	73
図 4.15 斜面災害の分類	73
図 4.16 米国地質調査所と本報告書の災害区分の比較	75
図 4.17 Google Earthによる地形判読から得られた候補となる斜面の例(斜面崩壊・落石)	76
図 4.18 Google Earthによる地形判読から得られた候補となる斜面の例(土石流)	77
図 4.19 Google Earthによる地形判読から得られた候補となる斜面の例(地すべり)	77

図 4.20 斜面崩壊・落石における判読例(出典:調査団)	78
図 4.21 溪流(土石流)における判読例 (出典:調査団)	78
図 4.22 地すべり及びリニアメントの判読例	79
図 4.23 衛星写真の判読により抽出された候補となる斜面の例	80
図 4.24 ロングリスト候補斜面の位置図.....	81
図 4.25 調査団(青)及びパキスタン大学の関係者(赤)の調査範囲の位置図(出典:Google Earthを一部修正)	89
図 4.26 目視確認によるカルテ作成方法	90
図 4.27 災害種別の点検範囲の例.....	92
図 4.28 斜面崩壊・落石における代表的な地形.....	93
図 4.29 斜面崩壊・落石における代表的な変状.....	93
図 4.30 桁下高さと流路幅の取り方.....	94
図 4.31 代表的な地すべり地形	95
図 4.32 現地調査を実施した位置図(赤:当初予定箇所、緑:追加、黄:消去)	97
図 4.33 N-15の道路状況.....	100
図 4.34 N-15で交通に影響を与える崩壊地(左:N15_3、右:N15_6)(出典:調査団)	101
図 4.35 不適切な斜面切土の勾配(左)及び盛土(右)の例(出典:調査団)	101
図 4.36 岩壁面(N15_8)基盤浸食により既存擁壁が崩落した様子(N15_9)(出典:調査団)	101
図 4.37 N-35の道路状況(出典:調査団)	102
図 4.38 N-35の災害箇所の様子(出典:調査団).....	102
図 4.39 N-75の道路状況(出典:調査団)	103
図 4.40 不適切な盛土の例.....	104
図 4.41 不適切な切土勾配(左)及び盛土基礎の支持不足(右).....	105
図 4.42 N-75における道路谷側の石積(出典:調査団)	107
図 4.43 道路谷側に設置された表流水排除工(左)と道路を横断するボックスカルバート工(右):いずれも表流水の減勢処理が実施されている	107
図 4.44 コンクリート舗装の一例(N15_8斜面)と、冬季の雪氷の影響を緩和するため舗装を伏せ越しさせた箇所(N15_10斜面)(出典:調査団)	108
図 4.45 マイクロパイル(斜坑)を打設するために穴を掘っている状況(左)と、道路谷側の盛土崩壊状況(右)(N-75)(出典:調査団、2017年11月撮影).....	109
図 4.46 杭が地すべりの滑動を抑止するために検討を要する、地盤工学的な観点の要素について、NHAに説明をしたパワーポイントの一部.....	109
図 4.47 アンカー工設計における安全率を設定の基本式(左)と、アンカー工と地下水排除工を組み合わせ切土斜面の安定化対策を実施した模様式(出典:図中)	110
図 4.48 道路谷側の斜面における好ましくない盛土施工状況(N-75)	111
図 4.49 道路谷側の斜面における擁壁の好ましくない施工状況(N75_5斜面)	112
図 4.50 側溝の水たまり(左)と、片勾配による路面排水状況(右)(N75_2斜面)	112
図 4.51 地元大手建設コンサルタントNESPACIによるPJ州道路での「補強土工法」採用に対してPJ州政府からの表彰	113

図 4.52 中国企業(中国交建有限公司)によるN-35沿いの切土斜面安定化対策の状況(斜面上部からベンチカットで段を設けて切土した後、法枠を立ち上げる形で斜面に設置している状況。場所は、N-35、HavelianからAbbottabadの間)	114
図 4.53 N35Havelian区間の道路建設を施工する中国企業(中国交建有限公司)の道路斜面对策の状況	114
図 4.54 土砂災害による1次被害による損失	117
図 4.55 2次被害イメージ	118
図 4.56 土砂災害による2次被害による損失	119
図 4.57 恒久対策と緊急対策が限界耐力の近くに達し再度建設する場合のライフサイクルコスト	120
図 4.58 強靱対策と適切な維持管理を行った脆弱対策のライフサイクルコスト	121
図 4.59 日本政府により建設された強靱な護岸工	122
図 4.60 モルディブ国護岸整備事業による護岸管理省の維持管理費の推移	122
図 4.61 日本人入域無制限地域内に位置するロングリスト箇所図(25サイト)	123
図 4.62 交通量の実測で数えあげた車種の定義	128
図 4.63 IRI指数と路面性状の関係	129
図 4.64 N75-4を例とした迂回路の距離の測定方法の模式図	131
図 4.65 N15_3を例とした世帯数の数えあげ方法の模式図	133
図 4.66 現道部分の平坦面が幅広であるため谷側へシフト可能な箇所の例(N15_8)	134
図 4.67 現道部分の平坦面が幅細であるため谷側シフトが不可能な箇所の例(N35_8)	134
図 4.68 対岸部分で同等の道路建設が可能(橋梁等による迂回路建設が可能)な箇所の例(N35_3)	134
図 4.69 対岸部分が急峻な地形であり同等の道路建設が不可能(橋梁等による迂回路建設が不可能)な箇所の例(N15_8)	134
図 4.70 中国政府による国道沿いの資金協力事業区間	140
図 4.71 道路山側の斜面に対する対策工選定の基本的考え方	141
図 4.72 道路山側の斜面に対する対策工のイメージ	142
図 4.73 道路谷側の斜面に対する対策工選定の基本的考え方	143
図 4.74 選定された工法の概要(1/4)(出典:調査団)	144
図 4.75 選定された工法の概要(2/4)(出典:調査団)	145
図 4.76 選定された工法の概要(3/4)(出典:調査団)	146
図 4.77 選定された工法の概要(4/4)(出典:調査団)	147
図 5.1 資金協力に向けての前提条件	161
図 5.2 技術支援に向けての前提条件	162
図 5.3 本調査の成果と世界銀行が実施中のプロジェクト連携イメージ	165
図 6.1 日本の道路防災対策紹介の講義の様子	171
図 6.2 NHA Chairman及びJICAパキスタン事務所長による開会の挨拶	171
図 6.3 日本企業参加者との現場視察	171
図 6.4 パイロットOJTの状況	172
図 6.5 C/P向けOJT実施の様子(左)と、N75_2(右)	172

表目次

表 1.1	本調査業務の方針等	4
表 1.2	NHAの現状、課題および解決策	7
表 1.3	日本の斜面对策技術における知見・経験が活かされる対策工事	8
表 1.4	土砂災害対策に関する課題・キャパシティ・ディベロップメント案	12
表 1.5	ロングリスト箇所数	13
表 1.6	ミドルリスト評価結果	14
表 1.7	ショートリスト一覧	15
表 1.8	N15号線上の各斜面における各対策工事一覧	16
表 1.9	N75号線上の各斜面における各対策工事一覧	17
表 1.10	ショートリスト斜面に対する想定対策工事	18
表 2.1	NHAが所管する道路種別道路延長	23
表 2.2	NHAが所管する州別道路延長	23
表 2.3	地域事務所別維持管理予算内訳 2016-17年度(単位:Rs. Million)	25
表 2.4	北部地域事務所内Abbottabad、Balakot事務所での日常点検予算内訳 2016-17年度	26
表 2.5	NHA理事会メンバーの構成	27
表 2.6	NHA職員の等級号俸・職位	30
表 2.7	パキスタン国の年度別道路関連歳入 2009～2015年(単位:Rs. Billion)	31
表 2.8	NHA道路維持管理会計予算内訳2012～2016年度(単位:Rs. Million)	32
表 2.9	2015年度N-15, N-35, N-75で実施した道路維持管理実績(単位:Rs. Million)	33
表 2.10	2016年度道路維持管理歳入(単位:Rs. Million)	33
表 2.11	各国の道路全体予算に占める土砂災害対策費詳細	34
表 2.12	各国の道路全体予算に占める土砂災害対策費とGDP/Capita	35
表 2.13	PJ州政府予算2017～2019(単位:Rs. Million)	41
表 2.14	PJ州政府道路予算2012～2017(単位:Rs. Million)	42
表 2.15	PJ州C&W人件費2015-2017(単位:Rs. Million)	42
表 2.16	KP州政府2015～2018予算(単位:Rs. Million)	44
表 2.17	KP州政府道路2012～2018予算と支出(単位:Rs. Million)	44
表 2.18	KP州政府人件費(2016～2017)(単位:Rs. Million)	44
表 3.1	ハイバル・パフトウンハー州緊急農村道路復興事業(洪水災害対策)の基本情報	50
表 3.2	東西道路改修事業(国道70号線)(I)の基本情報	50
表 3.3	CPECハイウェイネットワークN-35の基本情報(2017年11月時点)	54
表 4.1	Thakot市の気候(KP州)	57
表 4.2	Murree市の気候(PJ州北部)	58
表 4.3	対象地域の地形(北から南)	58
表 4.4	対象地域の地質	60
表 4.5	2012～2017年にかけて承認された「Slide」に伴う業務	65
表 4.6	Google Earth画像の概要	76
表 4.7	Rapid eye衛星画像の概要	76
表 4.8	ロングリスト候補斜面リスト	82

表 4.9 評価シート(斜面崩壊・落石)の例	83
表 4.10 評価シート(土石流)の例	84
表 4.11 評価シート(地すべり)の例	85
表 4.12 スケッチシートの例	86
表 4.13 写真シートの例	87
表 4.14 パキスタン大学の関係者	88
表 4.15 斜面カルテ(共通)の記載事項	90
表 4.16 斜面カルテ(斜面崩壊・落石)の記載事項	90
表 4.17 斜面カルテ(土石流)の記載事項	91
表 4.18 斜面カルテ(地すべり)の記載事項	91
表 4.19 範囲の概要	91
表 4.20 ロングリスト個所数	96
表 4.21 ロングリスト	98
表 4.22 土砂災害の標準的な対策工の概要	106
表 4.23 各小規模な斜面对策の状況・課題等	115
表 4.24 ハザードランク評価に向けた斜面崩壊・落石における着目ポイント	124
表 4.25 ハザードランク評価に向けた土石流における着目ポイント	125
表 4.26 ハザードランク評価の凡例	125
表 4.27 災害履歴ランク評価の凡例	125
表 4.28 斜面崩壊の災害規模ランク評価の凡例	126
表 4.29 落石の災害規模ランク評価の凡例	126
表 4.30 土石流の災害規模ランク評価の凡例	126
表 4.31 自然条件の評価結果	127
表 4.32 走行経費調査斜面及びそれらで得た調査数値・評価が対象とする斜面	128
表 4.33 各交通経費調査箇所における日交通量	129
表 4.34 NHA Annual Maintenance Book 2016-2017によるIRI=4での大型車、中型車、の「道路の国際 ラフネス指数に基づいた自動車1台ごとの走行経費」	130
表 4.35 調査箇所の1時間の実測、昼間・夜間比率、日交通量、IRIに基づいた自動車1台ごとの走行経 費、車種別1日あたりの走行経費、1日あたりの走行経費	130
表 4.36 走行経費ランク評価の凡例	130
表 4.37 各サイトで災害が発生した際の代替路の可能性	132
表 4.38 代替路有無ランク評価の凡例	132
表 4.39 各サイトの近隣のコミュニティ	133
表 4.40 結節ランク評価の凡例	134
表 4.41 各サイトの路線計画上制約	135
表 4.42 路線計画上制約ランク評価の凡例	135
表 4.43 各サイトから最寄りの病院までの距離	136
表 4.44 近隣の病院有無ランク評価の凡例	136
表 4.45 社会経済条件の評価結果	137
表 4.46 自然条件の総合評価の凡例	138

表 4.47 総合評価結果	138
表 4.48 ショートリスト斜面に対する想定対策工事一覧表 (1/3)	148
表 4.49 ショートリスト斜面に対する想定対策工事一覧表 (2/3)	149
表 4.50 ショートリスト斜面に対する想定対策工事一覧表 (3/3)	150
表 4.51 ショートリスト選定一覧表.....	153
表 5.1 土砂災害対策に関する課題と対応案	155
表 5.2 標準貫入試験から推定される基盤・移動土塊の境界深度	157
表 5.3 N15号線上の各斜面における各対策工事一覧	158
表 5.4 N75号線上の各斜面における対策工事一覧	159
表 6.1 現地調査の内容を踏まえた本邦招へい.....	167
表 6.2表 本邦招へい参加者リスト.....	168
表 6.3 “JICA Landslide Seminar, Data Collection Survey on Landslide Measures”.....	169
表 6.4 “JICA Landslide Seminar, Data Collection Survey on Landslide Measures”アンケート集計結果	170

略語表

略語	正式名	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BOT	Built Operate Transfer	ビーオーティー
C&W	Communication & Works Department	公共事業局
CAREC	Central Asia Regional Economic Cooperation	中央アジア地域経済協力
CDWP	Central Development Working Party	中央開発部会
CPEC	China Pakistan Economic Corridor	中国・パキスタン経済回廊
DDMA	District Disaster Management Authority	地域防災管理庁
DDWP	Department Development Working Party	開発部会
ECO	Economic Cooperation Organization	ユーラシア経済協力機構
ECNEC	Executive Committee of National Economic Council	内閣国家経済評価会執行委員会
EPS	Expanded Poly Styrene	発泡スチロール
ERRA	Earthquake Reconstruction and Rehabilitation Authority	地震復興復旧庁
FWO	Front Work Organization	国境地域公共事業体
G.M.	General Manager	部長
GSP	Geological Survey of Pakistan	パキスタン地質調査所
HIES	Household Integrated Economic Survey data	総合家計経済調査データ
IMDC	Islamabad Murree Dual Carriageway	国道75号線
IRI	International Roughness Index	国際ラフネス指数
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KKH	Karakoram Highway	カラコルムハイウェイ
KP	Khyber Pakhtunkhwa	ハイバル・パフトウンハー州
NDMA	National Disaster Management Authority	国家防災庁
NDMA	National Disaster Management Act	国家防災法
NDMO	National Disaster Management Ordinance	国家防災管理令
NHA	National Highway Authority	運輸通信省国道公団
PC-1	Planning Commission Performa One	ピーシーワン
PJ	Punjab	パンジャブ州
PKHA	Pakhtunkhwa Highway Authority	パクトウンファ道路公社
PPP	Public Private Partnership	官民パートナーシップ
PSDP	Public Sector Development Program	公共セクター開発プログラム
RAMD	Road Asset Management Division	道路資産管理部
RMA	Road Maintenance Account	道路維持管理会計
Rs.	Pakistan Rupee	パキスタンルピー
SAARC	South Asian Association for Regional Cooperation	南アジア地域協力連合
SDO	Sub Division Officer	支部職員
WB	World Bank	世界銀行

1 調査の概要

1.1 調査の背景

自然災害常襲国であるパキスタンイスラム共和国（以下、パキスタン）は、北部大地震（2005年/M=7.6）を契機に、政府は、防災予防・被害軽減を軸とした防災体制強化に取り組んできている。一方、経済活動の基盤である道路インフラは、運輸通信省国道公団（以下、NHA）が国道（National Road）整備を担い、各州の州政府公共事業局（以下、C&W）が地方道（State Road、以下、州道）整備を担う形で、南アジア諸国の中でよい状態で整備されてきた。

しかしながら、パキスタン北部地域は、急峻で厳しい地理的条件や、度重なる自然災害（豪雨、地震）により、道路インフラの損壊が発生している。特に、雨季には北部の山岳地域の国道にて斜面崩壊が発生し、地域の孤立と経済活動を阻害している状況が依然続いている。また、損壊した道路インフラを補修するための対策工事に関する知見・経験不足などによる制約により、持続性のある恒久対策を施せない状況にあり、独立行政法人国際協力機構（以下、JICA）は本調査を実施するに至った。

1.2 調査の目的

パキスタン北部地域における土砂災害に関する情報収集・分析を行い、国道・州道の道路防災対策強化に必要となる諸課題を整理し、現地の土砂災害の実情に応じた課題解決策（対策工事案）及び課題解決策のための能力向上を日本の知見・経験が活かせる形で提案し、今後の協力事業への検討資料とすることが本調査の目的である。

＜期待される成果＞

成果 1：パキスタンにおける土砂災害発生原因の整理（道路設計から維持管理の課題等）、現状の組織体制・既存対策工の課題解決に関する技術レベルが的確に把握されること。

成果 2：他国支援との差別化の観点で、日本の斜面对策技術における知見・経験が、土砂災害対策工事（案）に活かされること。

成果 3：土砂災害対策に関するキャパシティ・ディベロップメント案の作成されること。

成果 4：国道における土砂災害対策工事（案）を提示し、今後の協力事業の基礎資料となること。

1.3 調査対象地域と関係機関

1.3.1 対象地域、対象国道

本調査は、土砂災害被害の多いパキスタン北部地域において、ハイバル・パフトゥンハー州（以下、KP 州）及びパンジャブ州（以下、PJ 州）の国道を主な調査対象として行うこととし、以下の地域の国道及び州道とする（図 1.1）。

- ① KP 州
- ② PJ 州北部

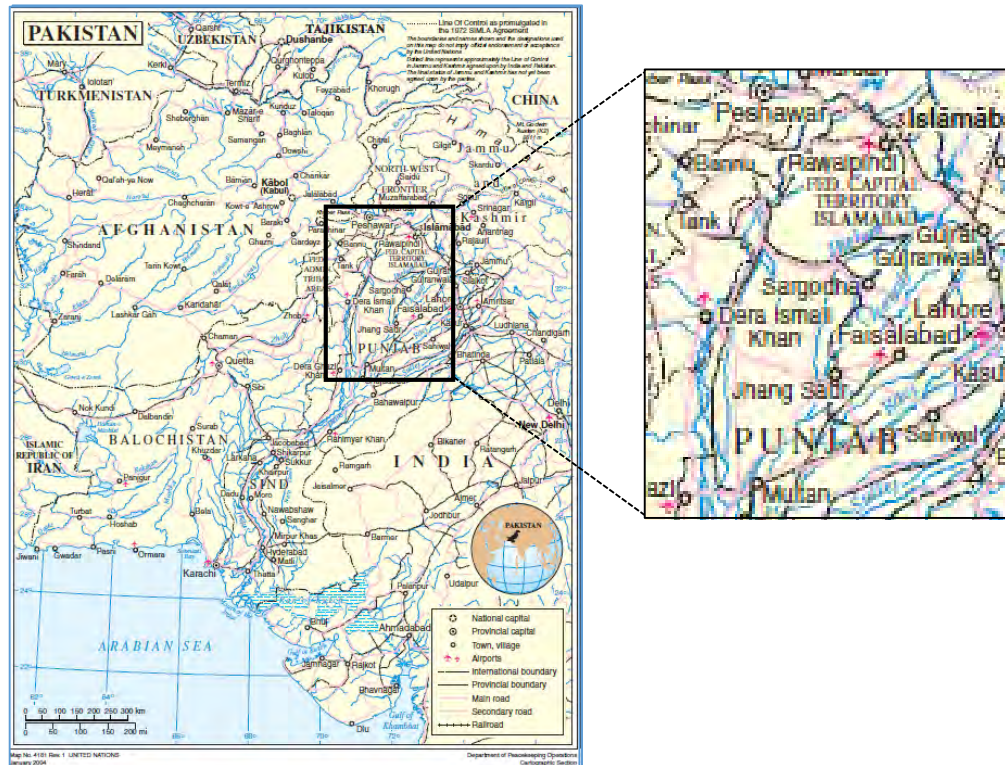


図 1.1 本調査の対象地域(主対象地域)(出典:調査団)

1.3.2 関係官庁・機関

本調査におけるパキスタン側における主要な関連機関を以下に示す。

- ① NHA
- ② PJ 州 C&W 及び KP 州 C&W

1.4 調査手法

本調査は、以下の基本方針に基づいて実施する。

表 1.1 本調査業務の方針等

基本方針	アプローチ	具体的活動、成果等
JICAによる援助アプローチの理解促進	パキスタンにおいて実施可能な道路土砂災害対策工を理解の促進	日本の高度成長期の高額でない工法の紹介、また中進国・中所得国の道路土砂災害対策の事例を紹介し、今までパキスタンで実施してこなかった対策工の理解を促進させる資料作り。
	道路防災行政の組織・運営の提言に対するバックアップ体制を充実	日本の土砂災害対策行政の経験者をメンバーに加え、助言と報告書等の照査を行う。外部メンバーとして地すべり学会副会長 落合氏の協力を受け、技術的な情報交換を行う。
	日本側の今後の支援を前提とした、案件形成・審査の内容、工程を踏まえた作業進捗	パキスタンでは、「道路防災」として、本調査が新規案件である。技術協力、無償、有償と広範囲な視点で情報収集や分析を行う。また、援助特性との整合性も観点として調査する。
	援助協調	道路関係で道路セクターを支援している世銀、ADB、UNDPからヒアリングし、プロジェクトの内容把握と連携体制を検討する。
	既往プロジェクトの教訓・提言に基づく提案	JICA既往プロジェクトや他ドナー案件の教訓・提言の整理し、本プロジェクトの実施及び後続案件の実施に際する留意点とする。
	既存データの有効利用	NHA,C&Wの資料はもとより、他機関の所有する資料(例えば、FWOの道路維持管理関係資料)についてもNHA,C&Wの協力を得て資料収集する。交通量調査もサンプル的に行う場合があるが、対象区間の長さ、路線数から見て、意味のある値は得にくいと考える。その為、統計書、各種センサス類から効率的にデータを取得する。パキスタン地質調査所(GSP)に対しては、パキスタン北部地域の地質図の提供を求め、調査対象道路と地質的な問題(層運動)などの関係についても調査する。
基礎情報収集・整理	ドナーの成果の活用	ADB「Khyber Pakhtunkhwa Provincial Road Improvement Project」のプロジェクト進行状況への問い合わせを皮切りに、ADBの道路支援施策の動向を情報収集する。
		UNDP「Field Manual on Slope Stabilization(Sep2008)」の成果内容について、現地事務所を訪問し編集当時(2005年北部大地震復興時)の道路斜面災害の状況や道路開発に伴う斜面災害発生状況、斜面对策における基本的な視点、斜面保護をめぐる現状と今後の在り方について情報共有を行う。
		WB「Khyber Pakhtunkhwa Province Emergency Roads Recovery Project 2011」を2010年に発生した洪水緊急対策として、同州の貧困地域における州道の拡幅及び復旧とそれに伴う住民移転、土地収用などを行った。このことを踏まえ、非自発的住民移転、土地収用等に関する教訓を把握する。
	実施体制と予算	NHAの技術者不足が懸念され、技術者数の現況及び今後の雇用計画につき把握する。また、NHAの道路建設・維持管理・土砂災害対策に関するそれぞれの予算及び支出を把握し、本調査の成果を持続可能なものとするための基礎資料とする。
	既存ガイドラインの現状把握	NHA、C&Wにおける道路斜面安定化に向けたガイドライン策定の意向を問い合わせる。また、ガイドライン策定・普及に伴う道路政策上のメリットを日本の事例を元に紹介し、「道路斜面对策及び法面保護ガイドライン(技術指針)(仮称)」のパキスタンにおける策定に向けた動きをプロモートする。
	現地確認調査	パキスタンの道路土砂災害の特徴、道路土砂災害対策工の現状を理解するため、効率的な現地確認調査を行う。

出典:調査団

1.5 調査スケジュール

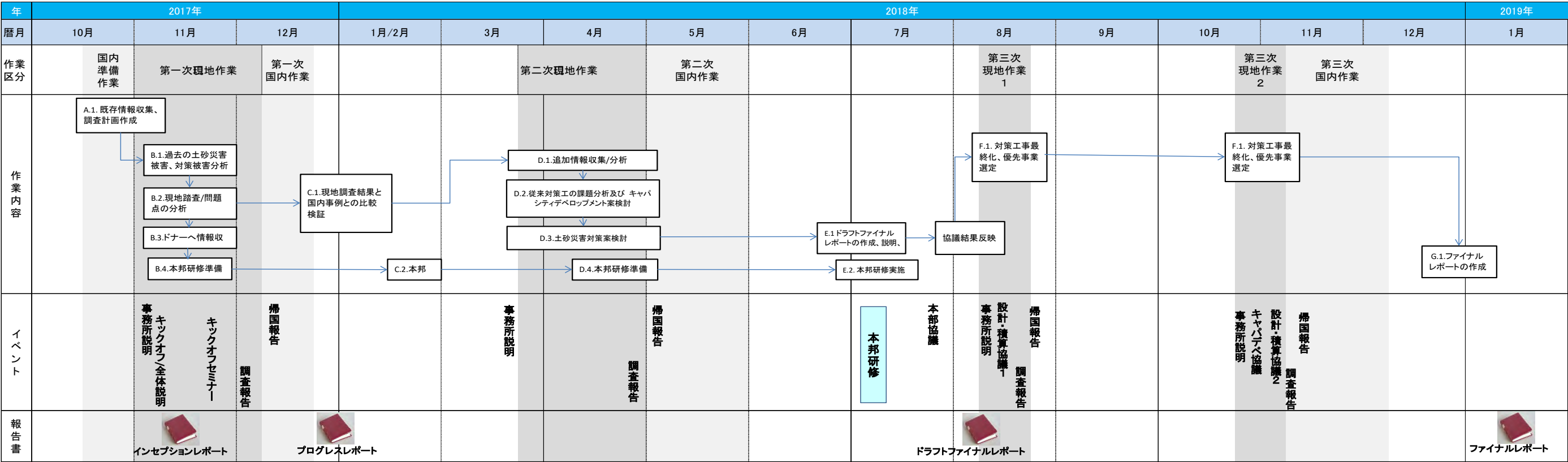


図 1.2 業務実施のフローチャート(出典:調査団)

1.6 調査結果

1.6.1 成果1

：パキスタンにおける土砂災害発生原因の整理（道路設計から維持管理の課題等）、現状の組織体制・既存対策工の課題解決に関する技術レベルが的確に把握されること

土砂災害発生の原因を整理し、基本戦略を提案し、同戦略に基づき以下 4 分野について課題及び解決を提案した。

NHA のこれまでの土砂災害に対する取り組みは、災害発生後の対策として斜面崩壊による啓開作業、緊急復旧工事を含む事後対応が主であり、実施された対策工は脆弱であった。今後の基本戦略として、「災害が発生する前から対策工を行う事前対応にシフト」し、併せて強靱な対策を設置することとした。（図 1.3）

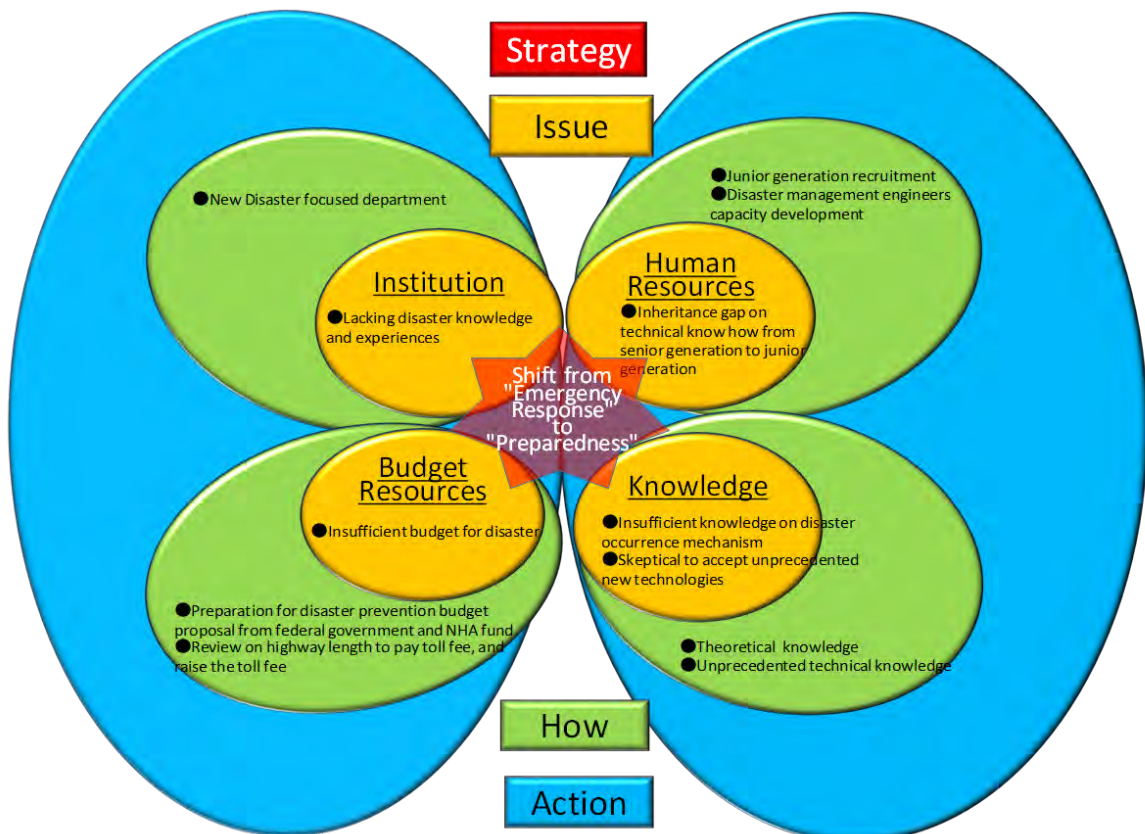


図 1.3 NHA の基本戦略と各現状、課題および解決策

上記基本戦略に基づき、以下4分野について現状、課題および解決策を下表のとおり提案した。

表 1.2 NHA の現状、課題および解決策

分野	現状	課題	解決策
人材育成	2011 年以降新規職員を採用していないため、組織人口動態は高年齢化が進んでおり、年齢別職員構成はピラミッド型から釣り鐘型に移行しつつある。 また、メンテナンスユニットの現場での若手職員数の配置が少ないことは、現場技術者より将来へのノウハウの継承の懸念がある。	中高年齢職員から若手職員への技術の継承がなされていない。	若手技術者を災害が多く発生する地域事務所に集中的に配置する。
知識	メンテナンスユニットは災害対策計画策定をコンサルタントに頼り切っている。	NHA 職員は災害発生メカニズムを十分認識していないまま、災害対策を講じている。 また、旧態依然とした技術に固執し、実施したことがない新技術を受け入れる素地が少ない。	NHA 職員が災害発生メカニズムに関する理論的な知識を習得する。 新技術の導入施工を行い、新技術の知識を習得する。
組織	災害履歴データベースが体系的にまとめられておらず、紙媒体でばらばらに保管されている。 また、NHA は災害対策に特化した部署がなく、道路維持管理部署の所掌業務の一部として災害対策業務を行ってきたため、必ずしも災害対策の経験・知識が効率的に蓄積されなかった。	地域事務所から本部に提出される対策計画策定案の審査プロセスにおいて、審査に関わる個人の主観的な記憶に拠ることが多く、効率的な審査が行われていない。	本部における災害対策に特化した部署を新設し、経験・知識を集中的・効率的に蓄積する。
財務予算	実際に配布される道路維持管理予算は、2009 から 2015 年度の間で、必要道路維持管理予算の 33% から 59% に留まっており、災害対策を含む道路維持管理が十分に実施されていない。	NHA が管轄する道路の内、料金徴収対象道路が限定的で、通行料金が低く設定されている。	中央財政当局からの防災対策予算の配賦を増やす。 道路維持管理会計の歳入を増加させるため、料金徴収対象道路の拡張、通行料金の改定を行う。

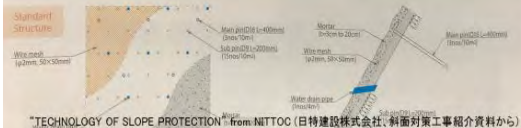
1.6.2 成果2

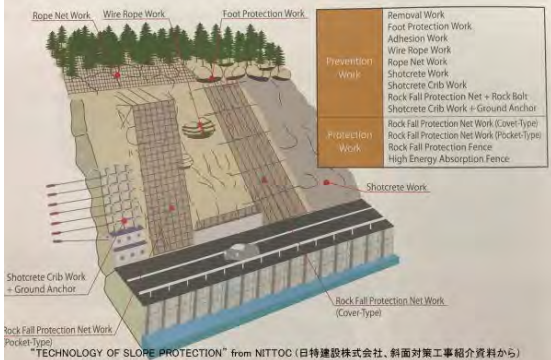
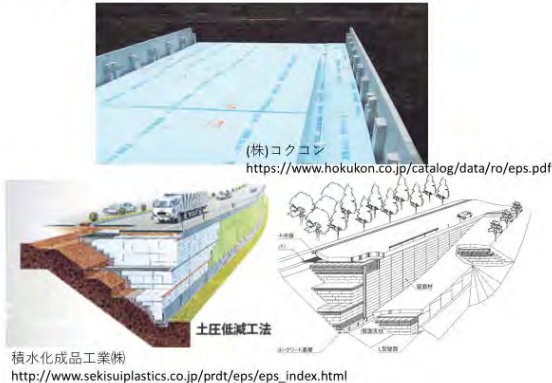
：他国支援との差別化の観点で、日本の斜面对策技術における知見・経験が、土砂災害対策工事(案)に活かされること

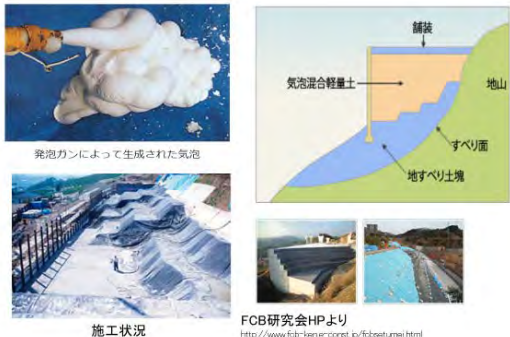
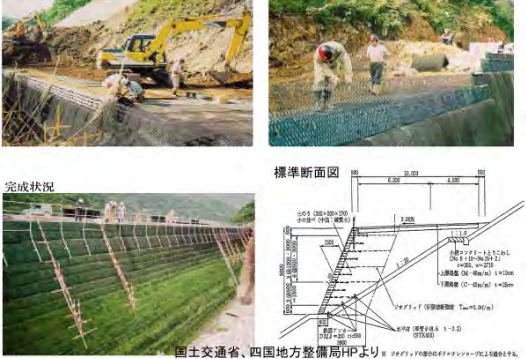
現地になく他国支援との差別化工法として日本の斜面对策技術における知見・経験が活かされる工法として下表工法を含む対策工事を選定した。

表 1.3 日本の斜面对策技術における知見・経験が活かされる対策工事

工法	地山補強土工法/ロックボルト	アンカー工
概念図		
説明	地山に鉄筋(ロックボルト)を挿入し、鉄筋の持つ抗張力性を活用して、鉄筋の一端を安定した地山(安定基盤)にモルタルを介して定着させるとともに、鉄筋の他端を移動土塊を締め付けるための定着具に固定して、移動土塊の動きを制約させる斜面安定化工法の一つである。力学的には、移動土塊が斜面を下ろうとして作用する主動土圧に対して、鉄筋の引っ張り抵抗力を持って、移動土塊の動きが抑止される作用を持つ地山補強土工法である。効用として、地山の持つ安定勾配以上に斜面勾配を急傾斜に形成させることができるので、切土量の低減や地山植生の保護に役立つ。	アンカー工は、鋼線(ピアノ線など)を複数に巻いたストランドの持つ大きな引張り抵抗力を活用して、モルタルを介して定着具(アンカー部)を安定基盤に固定する共に、ストランドの他端を受圧版を介して移動土塊に締め付けるように固定した斜面安定化対策工の一つである。ストランドの張力管理(締め付ける力の大きさを調整すること)を、ねじを締め付けるのと同じように行うことで、外側から人為的に張力管理を行うことができる。従って、斜面对策の安全率(斜面对策工の品質性能指標の一つである概念で、「斜面が滑動しようとする力」に対する「斜面安定化対策工事によってもたらされる移動土塊を止めようとする抑止力」との比)を、人為的に管理することができ、安全性の担保しやすい利点がある。また、受圧版の材料や形状に多数の工夫をすることができるので、技術開発の余地が高く、イノベーション性を有するインフラ技術である。

工 法	吹付け工法(特に、長繊維吹付け)	法枠工						
概 念 図	Mortar/Concrete Shotcrete spraying Construction Flow: Slope Cleaning → Wire Mesh Installation → Shotcreting Method: Wet type(Pre-mix type) machine of spraying is standard. Preparation of mortar/concrete is in-site or in-factory. Pumping Distance: Length of hose : less than 100m Slope height : less than 45m <table><tr><th>Mortar/Concrete Standard Compressive Strength</th><th>Wire Mesh Standard Compressive Strength</th></tr><tr><td>18N/mm²</td><td>45~55</td></tr><tr><td>Standard Combination</td><td>360~420</td></tr></table> Wire Mesh Installation Shotcreting Completion  Standard Structure: Wire mesh (20mm, 50x50mm), Mortar (or concrete) (20mm), Wire mesh (20mm, 50x50mm), Water drainage pipe (optional). "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOC (日特建設株式会社、斜面対策工事紹介資料から)	Mortar/Concrete Standard Compressive Strength	Wire Mesh Standard Compressive Strength	18N/mm ²	45~55	Standard Combination	360~420	Shotcrete Crib Work Construction Flow: Slope Cleaning → Wire Mesh Installation → Assemble → Shotcreting → Spraying between beams *Spraying between beam is selected mortar/concrete shotcrete, vegetation base material spraying, and stone pitching depend on slope condition. *Method, Pumping Distance, Standard Compressive Strength, Standard Combination are same as Mortar/Concrete Shotcrete Spraying.  Assemble of Reinforce Bar and Formwork Shotcreting Completion  "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOC (日特建設株式会社、斜面対策工事紹介資料から)
	Mortar/Concrete Standard Compressive Strength	Wire Mesh Standard Compressive Strength						
18N/mm ²	45~55							
Standard Combination	360~420							
説 明	砂質土と連続繊維(ポリエステル)をジェット水とともに噴射・混合して、法面に厚い土構造物を構築するもので、連続繊維補強土と地山との一体化を図る斜面安定化工法の一つである。主に切土法面で、斜面の侵食や風化防止、表層崩落防止などに適用できる。	法枠工は、格子型の枠材を斜面に取り付け安定化を図る斜面安定化工の一つである。枠材として、金網格子が多用され、現場打ち、プレキャスト枠(工場で事前に製作され、現場に搬入する枠)などがある。植生マット、吹付け、ロックボルト、アンカーなどの併用が可能である。						

工 法	落石対策工	軽量盛土工法 (Expanded Poly-styrol Construction Method)
概念図	There are two type measures for rock fall problem. One is a "Prevention Work" that prevents rock fall generation. The other is a "Protection Work" to prevent damage when rock fall occur.  Prevention Work: Rope Net Work, Wire Rope Work, Foot Protection Work, Removal Work, Foot Protection Work, Adhesion Work, Wire Rope Work, Rope Net Work, Shotcrete Work, Shotcrete Crib Work, Rock Fall Protection Net + Rock Bolt, Shotcrete Crib Work + Ground Anchor. Protection Work: Rock Fall Protection Net Work (Cover-Type), Rock Fall Protection Net Work (Picket-Type), Rock Fall Protection Fence, High Energy Absorption Fence, Shotcrete Work, Shotcrete Crib Work + Ground Anchor, Rock Fall Protection Net Work (Cover-Type), Rock Fall Protection Net Work (Picket-Type). "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOO (日特建設株式会社, 斜面対策工事紹介資料から)	EPS工法 (Expanded Poly Styrene)  (株)コクコン https://www.hokukon.co.jp/catalog/data/ro/eps.pdf 土圧低減工法 積水化成工業株式会社 http://www.sekisuiplastics.co.jp/prdt/eps/eps_index.html
説明	落石対策工は、落石が発生する斜面自体の安定化(落石が起こらないように、落石懸念の石や岩盤を吹付けや法枠で抑えたり、巨岩をワイヤーで斜面に留めたりすること)させる「落石予防工/緩和策・防災予防工事」と、落石が仮に発生したとしても、道路交通への影響だけは遮断するために壁体を道路端に設け、落石の侵入を止める「防護工/適応策」がある。パキスタンの地盤工学系の教授との議論から、「落石対策はパキスタンでは新しい技術概念である」ということがコメントされたことを受け、適用が想定される斜面(斜面N-15_8)では、従来形式の防護壁とはことなる新しい仕様での防護工を提案したい。	発泡スチロール(EPS)を土木構造物に使用する工法であり、超軽量性、自立性、施工性の特徴を利用して、軟弱地盤や急傾斜地の盛土、擁壁・橋台の裏込め、直壁等多くの用途がある。発砲ブロックの製法には、型内法と押し出し法がある。(出典: 軽量盛土工法、「土木用語大辞典(土木学会編集)」)

工 法	軽量盛土工法(FCB 工法)	盛土補強土工法
概 念 図	FCB工法 (Formed C*** B***)  発泡カンによって生成された気泡 気泡混合軽量土 地山 すべり面 地すべり土塊 施工状況 FCB研究会HPより http://www.fcb-research.com/jp/fcbosumei.html	ジオグリッド設置状況 前面壁組立状況  完成状況 標準断面図 国土交通省、四国地方整備局HPより http://www.skr.mlit.go.jp/yong/duties/research/douro/m.F-01_03.pdf
説 明	FCB 工法(気泡混合軽量土)は、軽量性、流動性、自立性など気泡混合軽量土「エアミルク(エアモルタル)」の優れた特徴を活かした軽量盛土工法で、軟弱地盤上や地すべり地の盛土、傾斜地拡幅盛土、構造物の背面盛土など、通常の土では施工が困難な場所における盛土が可能である(FCB 工法研究会 HP による)。	補強土工法(Reinforced Earth Method)は、土構造物の構築で、土中に土質以外の材料(補強材)を敷設あるいは挿入し、土と補強材との相互作用により土構造物全体の安定性と強度を高める工法である。このうち、盛土補強土工法は、鋼材、ジオテキスタイル、混合繊維を補強材として、盛土やテールアルメの裏込めとして活用されている工法である。補強材には、引張補強、圧縮補強、せん断補強、曲げ補強などの補強性能がある。補強土の設計にあたっては、内的安定(補強材の破断や引き抜けなどの補強領域内の安定)と外的安定(補強領域が一体化した時の補強領域以外の安定性)との両方を満足する必要がある。

1.6.3 成果3

:土砂災害対策に関するキャパシティ・ディベロップメント案が作成されること

パキスタンは、洪水、地震、土砂災害、サイクロンなど自然災害の常襲国であり、特に KP 州、PJ 州北等では、急峻な山岳地域という厳しい地理的条件や、度重なる自然災害（豪雨、地震）により、経済活動の基盤である道路インフラにおいて、毎年のように土砂災害が発生している。これら土砂災害に対して、抜本的な構造物対策（ハード対策）は実施されておらず、事前通行規制などのソフト対策も整備されていない。このような状況を踏まえて、パキスタンの国道における土砂災害対策に関する課題が次のように整理し、キャパシティ・ディベロップメント案を表 1.4 のとおりまとめた。詳細については「5.3 土砂災害対策に関するキャパシティ・ディベロップメント」を参照されたい。

表 1.4 土砂災害対策に関する課題・キャパシティ・ディベロップメント案

課題	キャパシティ・ディベロップメント案
土砂災害の調査・解析・モニタリング技術が不足している	土砂災害の調査・解析・モニタリングに係る能力強化
道路の土砂災害対策マスタープランが存在していない	道路の土砂災害対策マスタープラン作成に係る能力強化
土砂災害の効果的な構造物対策（ハード対策）が実施できていない	中小規模の構造物対策の実施に係る能力強化
土砂災害の事前通行規制などのソフト対策が整備されていない	土砂災害の事前通行規制の整備に係る能力強化

1.6.4 成果4

:国道における土砂災害対策工事(案)を提示し、今後の協力事業の基礎資料となること

土砂災害対策工事（案）を実施する優先箇所を選定する目的で、自然条件や社会条件に基づいて対象地域内でロングリスト→ミドルリスト→ショートリストを作成した。

地形判読により抽出された斜面より、対象国道沿いに存在する比較的規模の大きいものを優先的に選び、斜面カルテ（がけ崩れなど、道路斜面における危険個所を抽出し、斜面崩壊による交通遮断や災害を未然に未然に防ぐ対策を実施するための調査表）作成の対象となる斜面を「ロングリスト候補斜面」とした。安全上の理由により、本調査対象エリアの一部（N-15：Naran 以北、N-35：Besham 以北、N-75：Murree 以北、N-45、N-90、N-95）は、日本人の入域が制限されているため、日本人入域無制限地域での現地調査は調査団、日本人入域制限地域での現地調査はパキスタン大学の関係者により実施され、現地状況及び NHA 地域事務所等からの要望を踏まえて、最終的な「ロングリスト」（表 1.5）を作成した。

表 1.5 ロングリスト箇所数

路線	日本人入域無制限地域		日本人入域制限地域	
	計画	実施済	計画	実施済
N 15	10	10	10	10
N 35	5	9	25	25
N 45	0	0	5	5
N 75	5	6	5	5
N 90	0	0	5	5
N 95	0	0	5	5
合計	20	25	55	55

日本人入域無制限地域内に位置する「ロングリスト」箇所 25 サイトの中から表 1.6 の自然条件ランク「A」のサイト 11 箇所を「ミドルリスト」とした。なお、同表に記載のある「社会経済条件」については 4.6.2 に詳細を記載した。

表 1.6 ミドルリスト評価結果

番号	災害種類	自然条件評価			社会経済条件評価					総合評価	
		ハザード ランク	災害履歴 ランク	災害規模 ランク	走行経費 ランク	代替路 有無 ランク	結節 ランク	路線計画 上制約 ランク	近隣の病 院有無 ランク	自然条件	社会経済 条件
N15_1	土石流 + 斜面崩壊	b	b	c	2	2	2	1	1	B	8
N15_2	斜面崩壊	c	c	c	2	3	2	1	1	C	9
N15_3	斜面崩壊	a	a	a	2	3	2	2	2	A	11
N15_4	斜面崩壊 + 落石	b	c	b	2	3	1	2	2	B	10
N15_5	土石流	a	a	a	1	3	1	3	3	A	11
N15_6	斜面崩壊	a	a	a	1	3	1	1	3	A	9
N15_7	土石流	c	c	c	1	1	3	1	3	C	9
N15_8	落石	a	a	a	1	3	1	3	3	A	11
N15_9	斜面崩壊 + 落石	a	a	a	1	3	1	2	3	A	10
N15_10	土石流	a	a	a	1	3	1	2	3	A	10
N35_1	斜面崩壊 + 落石	b	b	a	3	3	1	2	1	A	10
N35_2	斜面崩壊 + 落石	c	c	b	3	3	1	1	1	B	9
N35_3	土石流	c	b	c	3	3	1	2	2	B	11
N35_4	土石流	c	c	c	2	1	2	3	2	C	10
N35_5	土石流	c	b	c	2	2	2	2	3	B	11
N35_6	斜面崩壊	b	c	c	3	3	1	1	1	B	9
N35_7	落石	b	b	b	2	2	1	2	3	B	10
N35_8	落石	a	a	a	2	2	1	2	3	A	10
N35_9	土石流	a	a	b	2	1	2	3	3	A	11
N75_1_1	斜面崩壊 + 土石流	c	c	c	3	2	1	1	2	C	9
N75_1_2	土石流	c	c	c	3	2	1	1	2	C	9
N75_2	斜面崩壊	a	b	a	3	2	2	3	1	A	11
N75_3	土石流	c	c	c	3	2	2	1	1	C	9
N75_4	土石流	c	c	c	3	1	2	1	1	C	8
N75_5	斜面崩壊 + 落石	a	b	a	3	2	2	2	1	A	10

「ミドルリスト」11 箇所から、以下の 6 条件を満たす箇所を、表 1.7「ショートリスト」6 箇所とした。

- ① 自然条件の総合評価が「A」
- ② 社会経済条件の総合評価が「9」以上
- ③ 中国工事区間を除く
- ④ 設計の相対難易度が「高」（＝調査・設計段階から日本側の大幅な技術支援が必要）
- ⑤ 施工体制が「A：日本企業が受注し、現地再委託先として入ったローカル企業に、技術指導しながら実施する」
- ⑥ 斜面对策構造物を計画している（N15_5 土石流の対策工「橋梁」を除く）

表 1.7 ショートリスト一覧

路線名および箇所名	対策の現状
N15_3	斜面崩壊
N15_6	斜面崩壊
N15_8	落石
N15_9	斜面崩壊+落石
N75_2	斜面崩壊
N75_5	斜面崩壊+落石

また、上記 6 箇所における各対策工事一覧を表 1.8 及び表 1.9 のとおり作成した。

表 1.8 N15 号線上の各斜面における各対策工事一覧

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N15_3	山側	L=300m	N-15 No.3-①	斜面整形切土	m ²	339,000
			N-15 No.3-②	法枠工	枚	3,750
			N-15 No.3-③	ロックボルト工	本	750
			N-15 No.3-④	モルタル吹付工	m ²	11,100
			N-15 No.3-⑤	重力式擁壁工	m	300
			N-15 No.3-⑥	アンカー工	本	3,000
			N-15 No.3-⑦	法面排水工	m	300
	谷側	L=320m	N-15 No.3-⑧	水抜き孔工	箇所	2,240
			N-15 No.3-⑨	護岸ブロック工	m ²	6,720
			N-15 No.3-⑩	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,336
			N-15 No.3-⑪	道路横断排水工	m ²	20
共通仮設費					式	1
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N15_6	山側	L=320m	N-15 No.6-①	斜面整形切土	m ²	224,000
			N-15 No.6-②	法枠工	枚	4,000
			N-15 No.6-③	モルタル吹付工	m ²	8,480
			N-15 No.6-④	重力式擁壁工	m	320
			N-15 No.6-⑤	アンカー工	本	800
			N-15 No.6-⑥	ロックボルト工	本	3,200
			N-15 No.6-⑦	法面排水工	m	320
			N-15 No.6-⑧	水平排水孔工	m	9,000
	谷側	L=380m	N-15 No.6-⑨	ふとんかご工	m	320
			N-15 No.6-⑩	軽量盛土工(EPS, H=10.0m)	m ²	45,600
			N-15 No.6-⑪	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,774
			N-15 No.6-⑫	道路横断排水工	m	20
共通仮設費					式	1
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N15_8	山側	L=330m	N-15 No.8-①	待受け擁壁工・ブロック工(資機材費)	m	330
				待受け擁壁工・ブロック工(施工費)		
				待受け擁壁工・ブロック工(輸送費等)		
	谷側	L=300m	N-15 No.8-②	斜面整形切土	m ²	27,000
			N-15 No.8-③	法枠工	枚	3,750
			N-15 No.8-④	ロックボルト工	本	3,750
			N-15 No.8-⑤	ふとんかご工	m	300
			N-15 No.8-⑥	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,409
			N-15 No.8-⑦	排水工	m	300
			N-15 No.8-⑧	法面排水工	m	300
	共通仮設費				式	1
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工 法	単位	数量[m・本]	
N15_9	山側	L=130m	N-15 No.9-①	斜面整形切土	m³	87,100	
			N-15 No.9-②	法枠工	枚	3,250	
			N-15 No.9-④	アンカー工	本	650	
			N-15 No.9-⑤	ロックボルト工	本	2,600	
			N-15 No.9-⑥	重力式擁壁工	m	300	
			N-15 No.9-⑦	法面排水工	m	300	
	谷側	L=300m	N-15 No.9-⑧	道路舗装工＋地盤改良工(1m)	m²	2,190	
			N-15 No.9-⑨	道路横断排水工	m²	20	
	共通仮設費						
	斜面での合計					m	

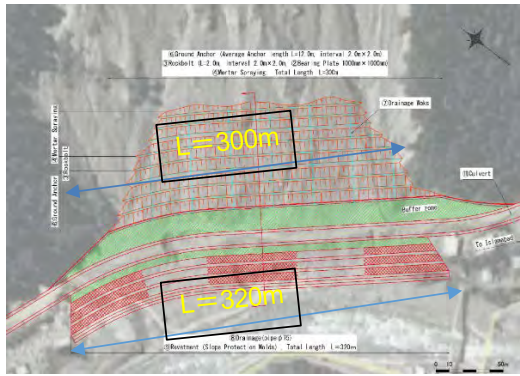
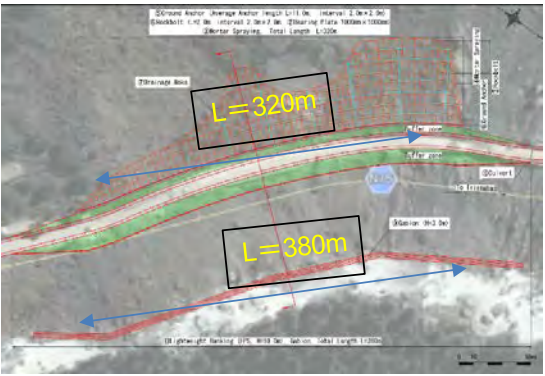
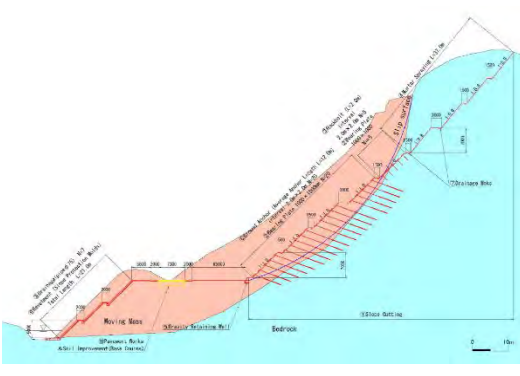
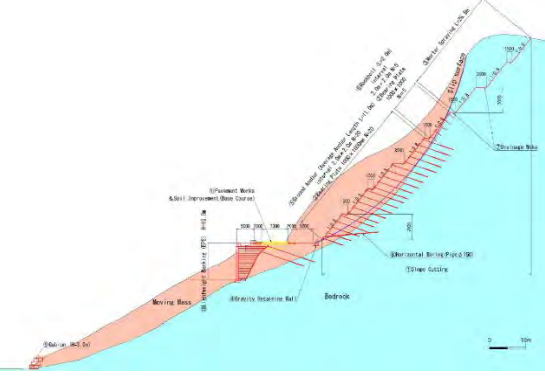
表 1.9 N75 号線上の各斜面における各対策工事一覧

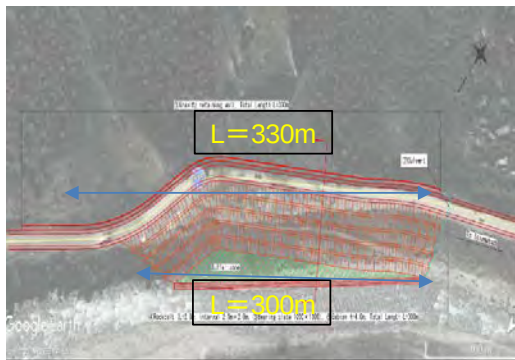
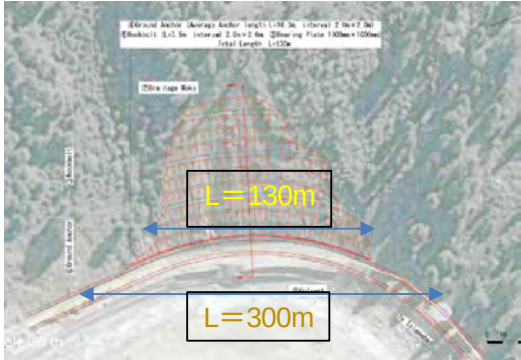
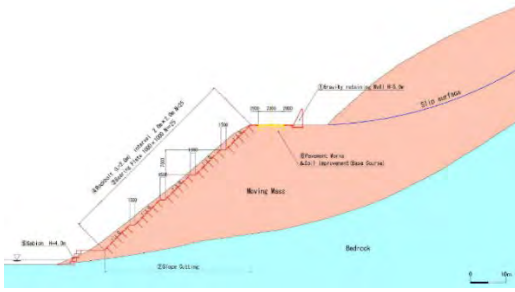
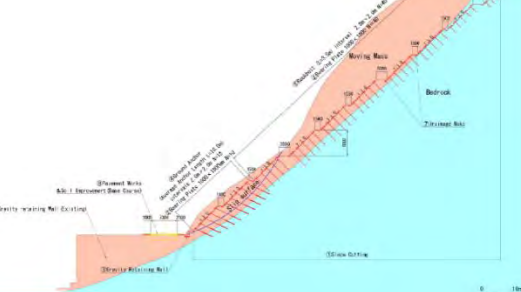
番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N75_2	山側	L=160m	N-75 No2-①	斜面形成切土	m ³	55,200
			N-75 No2-②	法枠工	枚	800
			N-75 No2-③	モルタル吹付工	m ²	7,040
			N-75 No2-④	ロックボルト工	本	800
			N-75 No2-⑤	重力式擁壁工	m	160
			N-75 No2-⑥	法面排水工	m	160
			N-75 No2-⑦	水平排水孔工	m	32,000
	谷側	L=160m	N-75 No2-⑧	盛土補強土工(ジオテキスタイル)	m ²	48,000
			N-75 No2-⑨	法面排水工	m	160
			N-75 No2-⑩	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,336
			N-75 No2-⑪	道路横断排水工	m	40
共通仮設費				式	1	
斜面での合計						

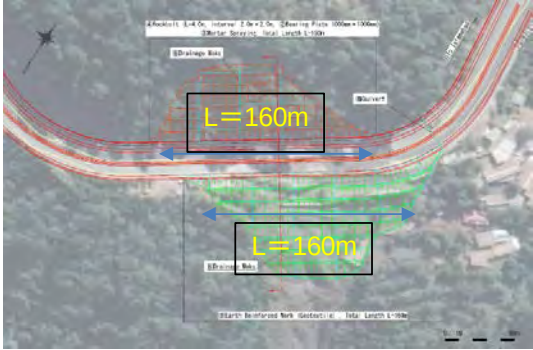
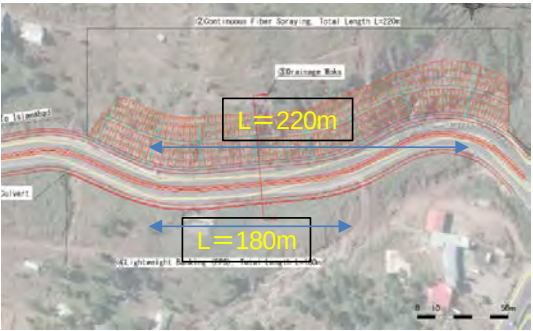
番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N75_5	山側	L=220m	N-75 No5-①	斜面形成切土	m³	48,400
			N-75 No5-②	長繊維吹付け工	m²	10,120
			N-75 No5-③	法面排水工	m	220
	谷側	L=180m	N-75 No5-④	軽量盛土工(EPS, H=16.5m)	m³	18,000
			N-75 No5-⑤	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m²	2,628
			N-75 No5-⑥	道路横断排水工	m	40
	共通仮設費				式	1
	斜面での合計					

ショートリスト 6 箇所に対する想定対策工事平面図・断面図を表 1.10 のとおり作成した。

表 1.10 ショートリスト斜面に対する想定対策工事

斜面名		N15_3	N15_6
主要な工法	平面図		
	断面図		
山側	谷側	法枠工、ロックボルト工、吹付工、擁壁工、アンカー工	法枠工、ロックボルト工、吹付工、アンカー工
	谷側	護岸工、道路舗装(地盤改良)	ふとんかご、擁壁工、軽量盛土(EPS)、道路舗装(地盤改良)

斜面名		N15_8	N15_9
断面図	平面図		
	断面図		
主要な工法	山側	待受け擁壁工	法枠工、吹付工、ロックボルト工、擁壁工
	谷側	法枠工、ロックボルト工、ふとんかご、道路舗装(地盤改良)	法枠工、アンカー工、ロックボルト工、道路舗装(地盤改良)、擁壁工

斜面名		N75_2	N75_5
断面図	平面図		
	断面図		
主要な工法	山側	法枠工、吹付工、ロックボルト工、擁壁工、	長繊維吹付け工
	谷側	盛土補強土工(ジオテキスタイル)、 道路舗装(地盤改良)	軽量盛土(EPS)、道路舗装(地盤改良)

2 関係機関にかかる政策・組織・体制

2.1 関連する上位政策

道路建設・土砂災害を含む道路維持管理に関連する上位政策としては、Vision 2025 と Public Sector Development Program（以下、PSDP）がある。Vision 2025 とはパキスタンの開発・成長を目指す長期的な戦略方針である。PSDP とは Vision 2025 の方針を実現するため各年度の開発プログラム実施方針と実施予定プロジェクトを取りまとめたものである。

2.1.1 Vision2025の概要

パキスタンの開発計画を推進することを目的とする計画・開発改革省が 2014 年 5 月に、2047 年までに高所得国達成を長期目標として、2025 年を目標年次とする経済発展を目指し、以下 7 本柱の戦略を推進するために策定した戦略計画である。同戦略は首相により定期的にレビュー、計画促進が行われている。なお、計画・開発改革省は本調査のカウンターパート（以下、C/P）機関である NHA を管轄する運輸通信省の上位機関である。

- ① 人材を第一とするため、人材育成及び人々のつながり強化
- ② 持続性を成就するため、個人の尊厳及び包摂的な成長
- ③ ガバナンス構築を進めるため、公的セクターの改編及び近代化
- ④ 水資源・エネルギー・食糧安全の確保
- ⑤ 成長を促進させるため、民間セクター及び起業家の育成
- ⑥ 付加価値を高めるため、知識の開発
- ⑦ 地域の連結性を強化するため、交通インフラの近代化

本調査に関連のある上記記載⑦に関し、Vision 2025 の目標として「輸送コストの低減・安全性確保、都市地域間の連結性の確保、都市間輸送高速化、主要都市間の輸送能力増強により、GDP を約 10%、雇用を約 6%向上させること」としている。その目標達成として、「道路は旅客・貨物輸送の 96%を占め将来も道路の重要性が確認され、道路密度を 100 km² 当たり 32 km から 62 km に、道路総延長を 260,000 km から 358,000km に延伸すること」としている。

また、道路延伸の具体的方策として、「国家予算のひっ迫により Built Operate Transfer（以下、BOT）、Public Private Partnership（以下、PPP）などを推進する」よう提案している。

地域間の連結強化として、以下との連携強化を基本方針としている。

- ① 中国・パキスタン経済回廊（以下、CPEC: China Pakistan Economic Corridor）¹による中国・インド洋を連結する道路回廊計画
- ② 南アジア地域協力連合（以下、SAARC: South Asian Association for Regional Cooperation）
- ③ 中央アジア地域経済協力（以下、CAREC: Central Asia Regional Economic Cooperation）
- ④ ユーラシア経済協力機構（以下、ECO: Economic Cooperation Organization）

上記地域諸国、地域機構または回廊の一部はパキスタンで土砂災害が発生する北部地域にも大

¹ 3.5章で詳細説明

きく関係する。

2.1.2 公共セクター開発プログラム(PSDP: Public Sector Development Program)の概要

PSDP は、経済発展促進に向けて Vision 2025 における上述全 7 本柱を着実に実施するため、同国の短期的マクロ経済分析、産業別セクター開発方針に基づき、年度毎に実施予定プロジェクトを取りまとめたプログラムである。PSDP は、毎年更新され、その更新は計画・開発改革省が担当している。なお、7 本柱の一つである「⑦インフラ交通の近代化」の基本方針は、道路建設プロジェクトを主眼としているものの、土砂災害対策に特化した方針には触れられてない。

2017 年度の同プログラム総予算は Rs. 2,113 billion で、内訳として NHA 配賦分を含む中央政府関連開発プログラム Rs. 1,001 billion と、地方州政府開発プログラム Rs. 1,112 billion に分かれる。PSDP に関連する道路建設予算計画策定から承認のプロセスについて、予算計画額により事前審査プロセスが異なる(図 2.1)。

事前審査プロセスでは、まず NHA 計画局(以下、Planning)が中心となり事前審査用開発計画案を策定する。その後、各計画案は、Rs. 40 million 未満、Rs. 40 million 以上 Rs. 200 million 未満、Rs. 200 million 以上に分類される。各計画案の予算により、NHA を管轄する運輸通信省開発部局の開発部会(DDWP: Department Development Working Party)、計画・開発改革省の計画委員会副委員長が主宰する中央開発部会(CDWP: Central Development Working Party)、内閣国家経済評価会執行委員会(ECNEC: Executive Committee of National Economic Council)にて事前審査を受ける。

事前審査で承認された計画案は、Planning が中心となり関連部署と連携をしながら、設計、積算などを含めて、PC-1(Planning Commission Performa One) と呼ばれる提案書を作成して、これを計画・開発改革省に提出する。計画・開発改革省は、他省庁より提出される開発計画案との調整を行いながら審査を行う。

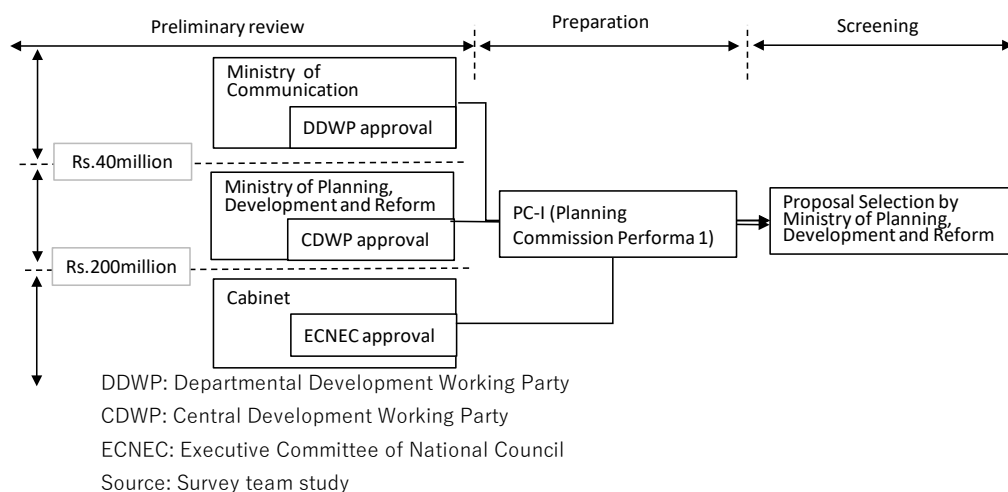


図 2.1 PSDP に関連する事前審査開発計画策定から最終審査プロセス

2.2 NHA

2.2.1 NHAの概観

NHA は主に国道（National Road）、高速道路（Motorway）、自動車専用道路（Expressway）²に関する計画立案、建設、運営管理、維持管理を目的とし 1991 年に設立された。NHA は 39 国道、自動車専用道路、高速道路など全路線 12,131km を管轄しており、その内訳を表 2.1 及び表 2.2 に示す。パキスタン国内全道路網 261,595Km の内 NHA が管轄する道路は全道路線網の 4.6%を占め、これは旅客輸送の 80%³、貨物輸送の 65%⁴を担っている。

表 2.1 NHA が所管する道路種別道路延長

Type of Road	Road Length (Km)
National Roads	9,489
Motorways	2,280
Expressway	100
Strategic Roads	262
NHA total roads	12,131

出典: NHA Annual Maintenance Plan F.Y.2016-17

表 2.2 NHA が所管する州別道路延長

Province	Road Length(Km)
PJ (Punjab)	2,731
Sindh	2,204
KP (Khyber Pakhtunkhwa)	1,888
Balochistan	4,565
GB (Gilgit Baltistan)	658
AJK (Azad Jammu & Kashmir)	95

出典: NHA Annual Maintenance Plan F.Y.2016-17

本調査の対象地域において NHA が管轄する路線網を図 2.2 に示す。以降、National Road、Strategic Road をそれぞれ N-#,S-#で示す。

² 高速道路とは時速100km以上で通行ができる自動車専用道路であり自動車専用道路と比較すると出入りランプの距離が長い。自動車専用道路とは時速100km以上で通行ができる自動車専用道路。国道とはNHAが管理し自動車およびそれ以外の歩行者等も通行可能で高速でない道路。

³ 旅客輸送80%とはkm・人を単位としている。

⁴ 貨物輸送65%とはkm・トン単位としている。

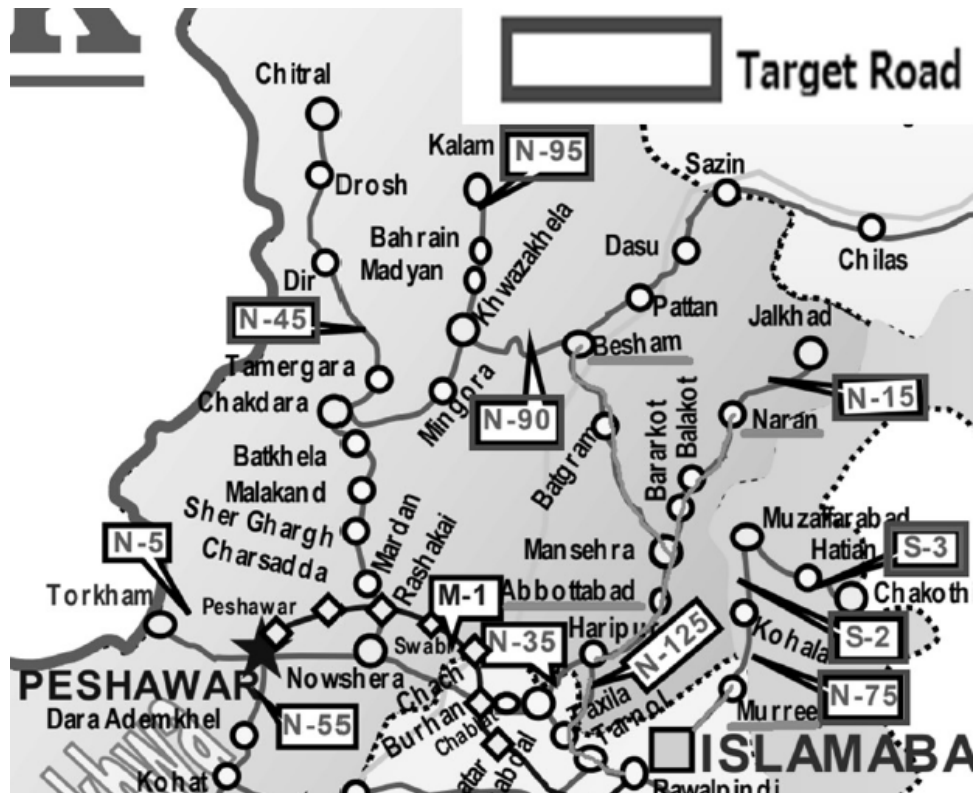


図 2.2 調査対象地域内の NHA が管轄する北部地域路線網（出典：NHA の HP）

2.2.2 NHA 5カ年開発計画(2018-2023年)

5 カ年開発計画は、国際的、地域的な連結性、戦略的に重要な位置づけにある道路を重点的に建設する主要開発プログラム、及び地方部における安全な道路建設を重点として実施するサブプログラムから構成されている。主要開発プログラムとサブプログラムの予算配分は 80:20 である。なお地方部の道路は、州間及び都市間の連結性に重点を置いている。

PSDP に沿って NHA が作成する道路建設プログラムは、前期 2012～2017 年の 5 カ年開発計画で建設を進めていた。前期計画において実施できなかったプロジェクトは、次期 2018～2023 年の 5 カ年開発計画において、着実に実施することを方針として挙げている。PSDP に沿った今後 5 年間の道路建設プロジェクトを着実に実施するために、NHA 計画局が 5 カ年開発計画案を立案した。計画案に基づいて策定された 2018～2023 年 5 カ年開発計画は、2016 年 12 月 21 日第 271 回 NHA 理事会（Executive Board）にて承認され、5 年間で計 84 道路建設プロジェクト等、総予算 Rs. 1,059 billion に沿った道路建設を進めている。なお、5 カ年開発計画の承認プロセスは、Planning が NHA 理事会に提出し、NHA 理事会が承認後、計画・開発改革省に提出し、計画・開発改革省内で案件選定を行う流れとなっている。

上記 2018～2023 年 5 カ年計画では、5,196km の高速道路、1,300km の自動車専用道路、36 の主要橋梁、7 トンネル等の建設を行うこととしている。また、道路、橋梁、トンネルの建設に関する優先順位付けは、NHA 職員への聞き取り調査から政治的影響が強いと思われる。なお、道路維持管理案件は 5 カ年開発計画ではなく、道路建設案件が全てを占める。

2.2.3 NHAの年次維持管理計画(2016-2017年)

NHA 年次維持管理計画は、各年度の道路維持管理に関する実施予定プロジェクトを積み上げた計画であり、道路資産管理部（以下、RAMD: Road Asset Management Division）が同計画を策

定している。2016-17 年維持管理計画は、2017 年 1 月 30 日第 273 回 NHA 理事会にて承認された。2016-17 年度内維持管理予算の合計は Rs. 38,559 million であり、地域事務所毎に日常・定期点検業務、道路復旧業務等について詳細な年度計画を策定している。

2016-17 年度維持管理予算の事業別内訳として、日常・定期点検・リハビリテーション等今後数年間の予測を HDM-4(Highway Development and Management System version4) 舗装管理支援システムにより推計しており、その予算は Rs. 17,696 million (45%)である。また、緊急対応・路線線形変更・橋梁維持管理等今後の予測が困難な予算 Rs. 6,065 million (16%)、その他前年度未払い金 Rs. 14,798 million (38%)となっている。

2016-17 年度の地域事務所別維持管理予算内訳を表 2.3 に示す。

各事務所の日常点検予算の詳細として、例えば調査対象地域の一つ Northern Area 地域事務所傘下 Abbottabad、Balakot 各事務所における 2016-17 年度内予算を表 2.4 に示す。積算方法は、年度内日常点検実施予定距離数に、日常点検キロ当たり作業単価を掛けた予算となっている。

一方、緊急対応・道路線形設計変更・橋梁維持管理等の短期的に維持管理予算の計画が困難な予算については、災害が発生し地域事務所が復旧工事に必要な予算を NHA 本部に申請し、NHA 本部は技術的見地から検討・承認している。したがって、緊急対応に関する予算は NHA 本部が管理するため地域事務所別予算計画は策定されていない。

表 2.3 地域事務所別維持管理予算内訳 2016-17 年度(単位:Rs. Million)

	Punjab North	Punjab South	Sindh North	Sindh South	Khyber Pakhtunkhwa	Balochistan North	Balochistan South	Balochistan Wet Makran	Northern Areas	Gilgit-Baltistan	Muzaffarabad	Murree	Total
Routine Maintenance	294.75	610.17	503.70	447.28	743.46	980.87	204.94	100.62	279.97	252.48	101.85	210.28	4,730.37
Periodic Maintenance (Functional Overlay)	546.62	256.10	579.58	283.05	288.66	404.36	256.10	417.84	377.40	202.18	489.00	646.98	4,747.87
Periodic Maintenance (Structural Overlay)	901.11	1,682.64	801.04	209.20	1,024.39	1,313.22							5,931.60
Rehabilitation	850.00			426.71								58.72	1,335.43
Highway Safety				150.00								801.11	951.11
Total													17,696.38

出典:NHA Annual Maintenance Plan F.Y.2016-17

※太字は本調査対象地域事務所を示す

表 2.4 北部地域事務所内 Abbottabad、Balakot 事務所での日常点検予算内訳 2016-17 年度
(単位: Rs. Million)

Abbottabad Maintenance Unit					
Route	km	km	Length (km)	Amount (Rs. Million)	
1 N-35	0+00	30+00	30.00	13.143	
2 N-35	30+00	50+00	20.00	14.169	
3 N-35	50+00	70+00	20.00	14.046	
4 N-35	70+00	100+00	30.00	13.852	
5 N-35	100+00	130+00	30.00	10.283	
6 N-35	130+00	150+00	20.00	13.083	
7 N-35	150+00	190+00	40.00	12.184	
Sub Total N-35			190.00	90.760	
8 N-125	0+00	20+00	20.00	10.836	
9 N-125	20+00	44+00	24.00	10.160	
Sub Total N-125			44.00	20.996	
Sub Total Abbottabad			234.00	111.756	

Balakot Maintenance Unit					
10 N-15	0+00	20+00	20.00	7.615	
11 N-15	20+00	40+00	20.00	8.728	
12 N-15	40+00	60+00	20.00	8.866	
13 N-15	60+00	80+00	20.00	11.252	
14 N-15	80+00	100+00	20.00	9.696	
15 N-15	100+00	123+00	23.00	10.923	
16 N-15	123+00	142+00	19.00	10.239	
17 N-15	142+00	162+00	20.00	10.438	
18 N-15	162+00	175+00	13.00	8.553	
19 N-15	175+00	191+00	16.00	8.553	
20 N-15	191+00	210+00	19.00	7.877	
21 N-15	210+00	234+00	24.00	7.877	
Sub Total N-15			234.00	110.617	
Grand Total Balakot			234.00	110.617	
Grand Total Northern Area			468.00	222.373	
FWO Routine Maintenance (N-35, 191-350)			120.00	57.600	
Grand Total Northern Area				279.973	

出典: NHA Annual Maintenance Plan F.Y.2016-17

2.2.4 NHAの組織

NHA の組織は図 2.3 に示す通り、本部とゾーン事務所に分かれている。本部では財務、総務、計画、技術・調整局(以下、Engineering Coordination)、またゾーン別では地域別に 4 ゾーン事務所及び 2 自動車専用道路事務所がある。

Planning には、PSDP への道路建設予算計画と維持管理予算計画の取り纏めと予算要求を担当する計画部門(Planning Division)、新規建設プロジェクトの設計を検討する設計部門 (Design Division)、年間道路維持管理計画を企画担当する RAMD がある。Engineering Coordination 傘下には、新規建設を管理する建設部門、民間資金の導入促進を担当する PPP 及び BOT 部門、施工業者、測量、設計、施工管理を行うコンサルタント業務の調達を担当する調達部門がある。

4 ゾーン事務所では各プロジェクトの建設設計、施工管理、維持管理を行っている。しかし、自動車専用道路地方事務所では各プロジェクトの建設設計、施工管理を行っているが、維持管理は行っていない。

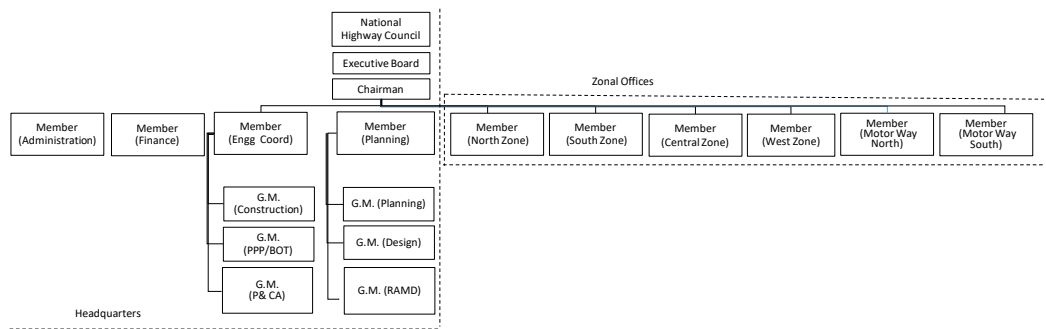


図 2.3 NHA 本部とゾーン事務所

(出典:調査団)

a. NHA理事会 (Executive Board)

NHA 理事会は NHA の事業方針、運営方針等を承認し、構成員は表 2.5 に示す 9 名であり、少なくとも 3 か月に一度は理事会を開催している。

表 2.5 NHA 理事会メンバーの構成

Title	Title in Executive Board
The Chairman NHA	Chairman
Inspector General, National Highways & Pakistan Motorway Police	Member
Additional Secretary (Finance)	Member
Member or Additional Secretary Planning & Development Division	Member
Joint Secretary (II), Ministry of Communications	Member
Senior Chief National Transport Research Center	Member
Vice President, NESPAK	Member
Member (Finance), NHA	Member
Member (Planning), NHA	Member

出典:NHA の HP

また、理事会の主な役割は以下のとおりである。

- ① Rs. 100 million 以上のプロジェクト審査及び承認
- ② 5 カ年開発計画及び年次維持管理計画の承認
- ③ 道路維持管理基金を原資とするプロジェクトの承認

b. 道路維持管理に関連するNHA組織

本調査に関連する道路維持管理に関わる NHA 組織を図 2.4 に示す。本部における道路維持管理の担当部署は RAMD であり、同部署は General Manager (以下、GM) of RAMD, Director of Road Asset Management System (以下、RAMS) 及び Deputy Director (部門別として Structures, RAMS, System Analyst, Surveys) で構成されている。

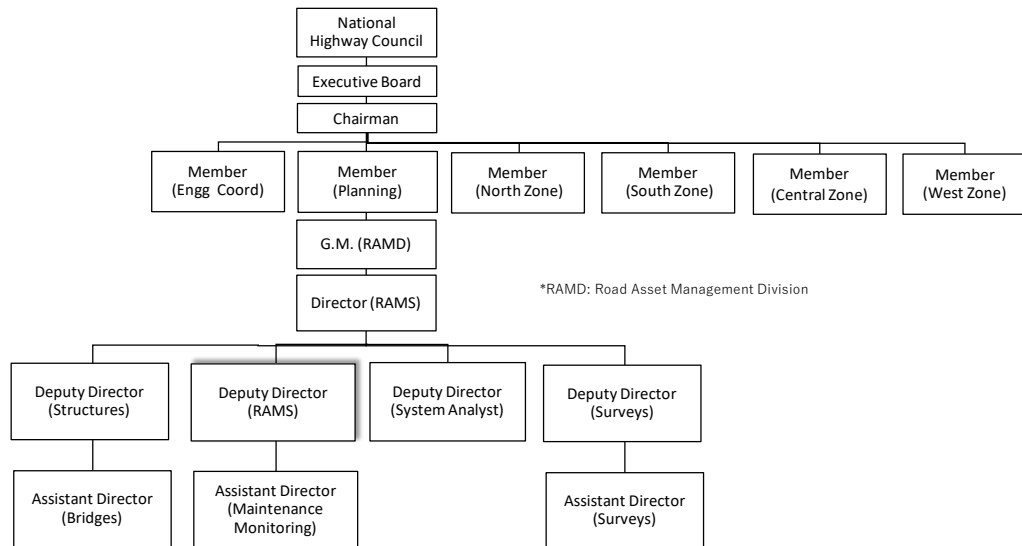


図 2.4 道路維持管理に関連する NHA 組織(出典:調査団)

本部では道路維持管理の計画予算策定、地域事務所が実施する道路維持管理に必要な技術的支援を行い、地域事務所では現場レベルの道路維持管理業務を行っている。

図 2.5 は道路維持管理に関連する NHA の地域（ゾーン）別全体組織を示す（図 2.5 で道路建設、総務等の部署は省略）。道路維持管理に関するゾーン事務所は 4 地域事務所と Engineering Coordination である。各 4 ゾーン事務所傘下には 2 から 4 の地域事務所（Regional Office）に細分化される。

N-75（別名 IMDC (Islamabad Murree Dual Carriageway)）は PJ 州北部に位置しており、本来ならば Central Zone ゾーン事務所、Punjab North 地域事務所に属するが、N-75 が首都に近いこと、及び政府として同国道の位置付けを重視しているため特例として NHA 本部にある Engineering Coordination の管轄下に位置付けている。

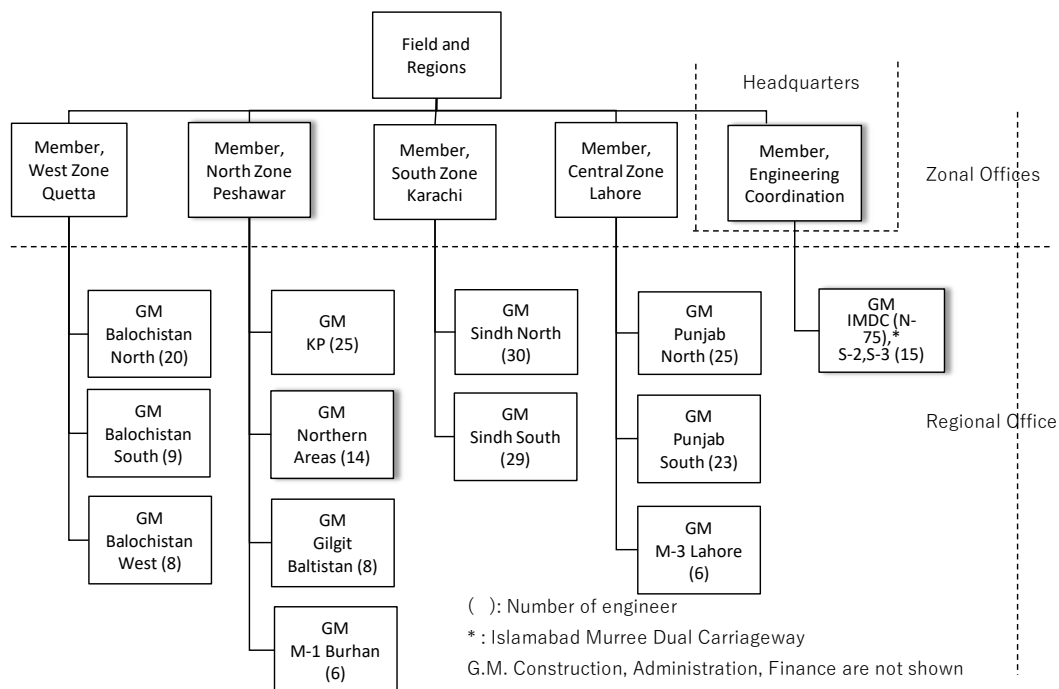


図 2.5 NHA 地域(ゾーン)別道路維持管理に関するゾーン事務所・地域事務所組織(出典:調査団)

本調査対象地域は、North Zoneゾーン事務所, Engineering Coordinationに属する。また本調査の日本人入域無制限地域にある対象路線を管轄する組織を図 2.6に示す。

IMDC (N-75)、S-2、S-3 地域事務所では維持管理 Director のもとに Murree メンテナンスユニット (Maintenance Unit) と Muzzaffarabad メンテナンスユニットがある (Muzzaffarabad メンテナンスユニットは本調査対象地域には該当しない)。また、Northern Area 地域事務所では 1 名の維持管理 Director のもとに、①N-15 を維持管理する Balakot メンテナンスユニット、②N-35 の 0-190Km 間を維持管理する Abbottabad メンテナンスユニット、③N-35 の 190-350Km 間を維持管理する Dassu メンテナンスユニットがある。

各メンテナンスユニットでは 1 名の Deputy Director のもとに 1~2 名の Assistant Director が配属され、さらに Assistant Director のもとに 1~2 名の Site Inspector が配属されている。Deputy Director は担当する全管轄区間を管理し、1~2 名の Assistant Director は Deputy Director が担当する全管轄区間を分割し管理を行っている。また、1~2 名の Site Inspector は Assistant Director が担当する全管轄区間をさらに分割し管理を行っている。

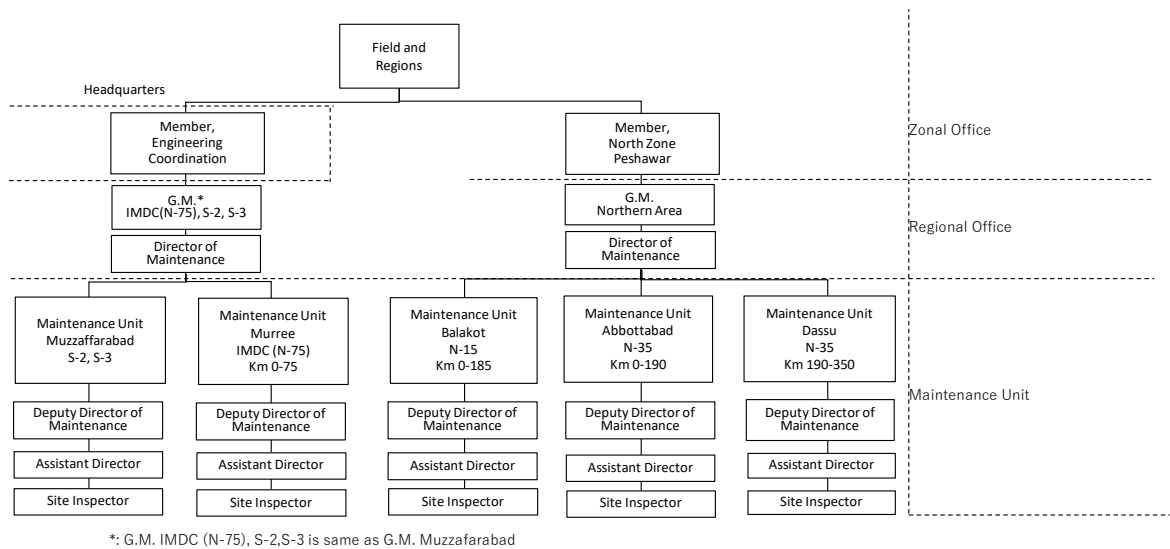


図 2.6 NHA 北部地域事務所と技術・調整局の道路維持管理に関する組織

(出典: 調査団)

メンテナンスユニットでの管理業務は主に下記 3 分野である。

- ① 日常・定期点検：道路とその附属構造物の清掃、構造物点検、補修等のための作業管理
- ② 緊急対応：緊急時に道路を機能させるための道路啓開作業管理、道路災害など斜面災害復旧及びその後の災害対策工対応
- ③ 特別点検：歩道橋などの点検、道路施設の更新、大規模修繕作業等の作業管理

メンテナンスユニットでの日常・定期点検調達プロセスは、各管轄区間を 20km に区間分けし、各区間の維持管理業務を 1 年毎に価格競争入札を実施し、各ゾーン事務所の Member レベルの承認権限で維持管理業者を決定している。

災害発生時の復旧対応として、発生区間の年間契約をしている日常・期維持管理作業者に道路

啓開作業を対応させる。道路啓開後に実施される災害対策工施工業者の調達プロセスは、メンテナンスユニットの技術者が標準設計図面に基づき入札図書を作成しているが、特殊な設計が必要な場合は NHA 本部の設計技術者の支援を要請している。

c. NHA職員の給与、職員年齢構成

全体職員数は 2016 年において 3,252 人で、このうち技術者は全員正規雇用職員である。職員の給与・手当は 75～80%が PSDP より、残りは NHA が通行料金を原資とする道路維持管理基金から支出されている。

職員の等級号俸・職位を表 2.6 に示す。なお、給与表は内部資料として管理され対外秘であるが聞き取りによると、2018 年時点で等級号俸 BPS-17 の採用 1 年目の最低月額給与は Rs. 30,370 で毎年 Rs. 2,300 増え、Rs. 76,370 が上限である。

表 2.6 NHA 職員の等級号俸・職位

Grade	Title
BPS-22	Chairman
BPS-21	Member
BPS-20	General Manager
BPS-19	Director
BPS-18	Deputy Director
BPS-17	Assistant Director
BPS-16	Inspector

出典：調査団

NHA が設立された 1991 年当時、NHA 設置法令で正規職員を 1,100 名としていた。その後、NHA は非正規職員採用を続け、2016 年時点で主に G.M.クラス以上を中心に正規職員(90%)と非正規職員(10%)合計 3,252 名⁵、人件費は Rs. 2,943 million で前年度比 5%増えている。なお、道路維持管理に係る本部、地方支局、地方事務所、メンテナンスユニット毎の技術者数は図 2.5 に示し、総勢 220 名である。

NHA は 2011 年以降新規職員を採用していない。その理由は上述 NHA 設置法令で正規職員を 1,100 名としていながら、NHA が非正規職員採用を続けていたため、政府関連組織等の職員枠の決定を担当する省庁が NHA 職員の新規雇用を前向きに考えていないためである。なお、2010 年に非正規職員を正規職員として雇用する訴えの裁判が開始され、未だ結論が出ていない。

能力のある職員は昇進するが、NHA 組織人口動態は高年齢化が進んでおり、年齢別職員構成はピラミッド型から釣り鐘型に移行しつつある。メンテナンスユニットの現場レベルでの若手職員数の配置が少なく、また現場技術者への育成は災害発生メカニズムを十分認識しないまま OJT のみ行われており、将来へのノウハウ継承の懸念がある。また、本部では旧態依然とした災害対策技術から抜け出せない原因の一つでもあり、今後の人材育成の足かせとなっている。

⁵ 2016年NHA Independent Auditors Report

2.3 NHA の道路建設及び道路維持管理予算

NHA 全体の予算は主に道路建設と維持管理に大別され、道路建設は国家開発予算である PSDP から、また維持管理は NHA が運営管理する道路維持管理会計の二つを原資としている。

2.3.1 道路建設予算計画及び維持管理予算計画

NHA の道路建設予算計画策定プロセスは 2.1.2 公共セクター開発プログラムで記載したとおりである。

土砂災害対策を含む維持管理予算の歳入の多くは NHA が運用する道路維持管理会計を原資としているが、上記国家開発予算である PSDP を原資とする道路建設計画予算額と比較すると極めて少ない。⁶

表 2.7 のとおり、HDM-4 舗装管理支援システムにより算出した計算上必要道路維持管理費用(表中 Unconstrained maintenance required under HDM-4 行)に対する、道路維持管理歳入の合計(表中 Maintenance Total)の割合は、33%から 59%(表中 Actual Maintenance per Unconstrained required 行下線数字)であり不足している。

実際の道路維持管理に必要となる額と予算額の乖離の要因として、NHA が管轄する道路総延長のうち一部路線のみでしか通行料金を徴収していないこと、さらには通行料金が低く設定されていること、等が考えられる。このため NHA では通行料金徴収対処路線の拡大、及び通行料金の改定などを検討し、道路維持管理が十分できる費用を捻出すべく努力をしている。

表 2.7 パキスタン国の年度別道路関連歳入 2009～2015 年(単位:Rs. Billion)

		FY2009	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014	FY2015
Construction (PSDP)		32.3	44.7	28.3	56.5	50.7	57.6	111.5
	Annual growth (%)	12.8	38.4	36.6	99.6	10.3	13.6	93.5
Maintenance								
	Toll revenue	6.5	8.3	10.4	12.4	12.8	14.0	16.0
	Federal grants	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6
	Others	1.4	2.0	1.6	25.0	2.3	2.9	4.6
	Total	8.8	11.3	13.1	16.1	16.5	18.4	22.2
	Annual growth (%)	-	28.3	15.9	22.9	2.5	11.5	20.6
	Unconstrained maintenance required under HDM-4	15.8	19.0	25.1	28.6	28.0	40.4	67.9
	Actual Maintenance required under HDM-4 (%)	<u>55.6</u>	<u>59.4</u>	<u>52.2</u>	<u>56.3</u>	<u>58.9</u>	<u>45.5</u>	<u>32.7</u>

出典:ADB Sector Assessment (Summary) Transport

2.3.2 道路建設及び維持管理実績

2017 年度に PSDP から NHA へ配布された道路建設配賦予算は Rs. 319.7 billion⁷であり、主に道路建設部署で予算執行された。一方、最新の道路維持管理計画年次報告書では 2016 年度の道路維持管理予算は Rs. 38.6 billion⁸であり、道路維持管理部署で予算執行された。

⁶ 表 2.7 Maintenance の Federal grants は PSDP からの配賦予算

⁷ PSDP 2017-2018

⁸ Annual Maintenance Plan F.Y. 2016-2017

NHA の道路維持管理会計を表 2.8 に示す。土砂災害対策費用は、Emergency Maintenance と Hill Slope Stability and Road Protection Works の費目から成っている。なお、実際の土砂災害対策費用は、Hill Slope Stability and Road Protection Works の費目からの支出を優先し、同費目予算が無くなった後に Emergency Maintenance の費目から支出される。

表 2.8 NHA 道路維持管理会計予算内訳 2012～2016 年度(単位:Rs. Million)

		FY2012	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016
Routine Maintenance		846	1,876	1,245	3,998	4,730
Periodic Maintenance (Functional Overlay)		2,110	2,859	3,811	4,824	4,747
Periodic Maintenance (Structural Overlay)		5,243	5,213	10,117	5,638	5,931
Rehabilitation		2,315	2,899	3,359	2,492	1,335
Highway Safety		500	550	1,000	1,274	951
Others						
	Corridor Management	200	150	50	30	150
	Toll Plaza & Weight Station	450	200	200	600	600
	Administration	775	1,300	1,475	1,418	1,600
	Logistic/ Survey Equipment	60	150	100	70	70
	Afforestation along Highways	80	50	30	30	85
	Emergency Maintenance	3,600	2,071	1,300	1,600	2,275
	Hill Slope Stability and Road Protection Works	50	50	50	30	200
	Consultancy Design and Supervision	200	100	80	100	100
	Geometrics Improvement	400	50	100	50	300
	Bridge/ Culvert Structural Maintenance	512	400	322	500	600
	Others	90	10	120	115	85
Grand Total		17,431	17,928	23,359	22,769	23,759

出典:NHA Annual Maintenance Program report

2.3.3 2015年度のN-15, N-35, N-75の道路維持管理実績

本調査で日本人入域無制限地域における 2015 年度の N-15, N-35, N-75 号線の道路維持管理実績は表 2.9 のとおりである。緊急対応(Emergency)は 2014 年の災害発生による N-35 に位置する Kayal 橋流失による構造物撤去の対応 1 件である。この他、毎年発生する洪水への対策として植林、控壁等の建設を N-35 において国境地域公共事業体（以下、FWO: Frontier Work Organization）を通じて実施している。

表 2.9 2015 年度 N-15, N-35, N-75 で実施した道路維持管理実績(単位:Rs. Million)

	N-15	N-35	N-75
Routine Maintenance	9.7	21.7	3.9
Periodic Maintenance	59.5	399.2	215.7
Rehabilitation	58.2	2.2	11.7
Emergency		13.7	
FWO*		150.9	
Total	127.4	587.7	231.3

*: Rain/ Flood damage, Construction of Retaining Wall, Causeway etc.

出典:NHA2016 年度版年次道路維持管理計画

2015 年度の 3 路線における復旧事業は、斜面崩壊・落石後に緊急で道路交通を確保するための砂撤去作業、胸壁・擁壁建設などの施工を実施している。N-15, N-35, N-75 でそれぞれ 32、3、1 件の施工業者を調達しており、各施工業者は 1 件から数件の業務を NHA から受注している。

2.3.4 2016-2017年度におけるNHA道路維持管理会計

NHA 道路維持管理会計は 2003 年に設立され、2016 年度の歳入は表 2.10 のとおりである。NHA が管轄する高速道路通行料金、違反による罰金、重量超過による罰金、NHA が所有する路線敷地内に立地する店舗からの土地借地料、一部 PSDP から道路維持管理に特化⁹する目的予算などを原資としている。

表 2.10 2016 年度道路維持管理歳入(単位:Rs. Million)

Total Revenue		21,402
	Toll Income	17,930
	Police Fine Income	1,890
	Weigh Fine Income	306
	Rental Income	992
	Others	284
Grant		2,375
	Maintenance	2,066
	KKH	238
	S-1	71
Total		23,777
Takeover from previous years		14,798
Total Resources		38,575

出典:Annual Maintenance Plan F.Y.2016-2017

2.3.5 他国における道路全般予算に占める緊急対策費の比較

緊急対策工事を実施するに当たり、人材・予算・技術は大きな 3 つの要素である。このため、表 2.11 は 3 要素の予算に関し、道路建設費及び維持管理費に占める土砂災害緊急対策費についてパキスタンとその他 2 開発途上国（スリランカ、東ティモール）毎の詳細である¹⁰。GDP/Capita が高くなれば土砂災害緊急対策に投入することが想定されるため、これら 3 カ国の左記割合と GDP/Capita を表 2.12 に比較した。

なお、パキスタン、スリランカの道路建設予算は政府予算からの配賦、道路維持管理予算は道路運営公社が運営する道路維持管理会計を主な原資としている。また、東ティモールは道路建設、維持管理ともに政府予算から配賦されている。

⁹ 表2.10中Grant MaintenanceがPSDPからの配賦である。

¹⁰ 道路建設費及び維持管理費に占める土砂災害緊急対策費はスリランカ、東ティモールのみ情報収集ができたため、同2国との比較を行った。

表 2.12 では GDP/Capita が USD3,000 以下のスリランカ、東ティモールでは、道路関係全体予算に占める緊急対策費は約 0.2%である。一方、GDP/Capita が USD5,000 以上のパキスタンでの割合は約 3%であり緊急対策に対する投入資金に対する問題意識が高いことが想像できる。即ち、経済成長とともに土砂災害対策への投資が増える傾向にあることが想定される。

この点につき、NHA Member of Planning とパキスタンと他 2 国との比較につき意見交換をし、「土砂対策の重要性を認識し道路維持管理会計からの歳入を増やす努力をしてきた結果かもしれない」との発言があった。しかし、「未だ必要な土砂災害対策工事費に対する予算は十分できていない」ことを認識しており、「今後の改善案として、旧態依然とした対策工設計、施工法から脱却し、新たな設計、施工法につき日本からの技術を期待している」旨の説明があった。

表 2.11 各国の道路全体予算に占める土砂災害対策費詳細

Pakistan		Unit: Rs. Billion			
		2012	2013	2014	2015
Government Budget					
	Construction	56.5	50.7	57.6	111.5
	Maintenance (1)	1.2	1.4	1.5	1.6
	Subtotal (2)	57.7	52.1	59.1	113.1
RMA (Road Maintenance Account)					
Maintenance	Routine	0.8	1.9	1.2	4.0
	Periodic	7.3	8.0	13.9	10.4
	Rehabilitation	2.3	2.9	3.4	2.5
	Emergency (3)	3.6	2.0	1.3	1.6
	Others	3.4	3.1	3.6	4.3
	Subtotal (4)	17.4	17.9	23.4	22.8
Gov/Maint.+RMA (1)+(4)		18.6	19.3	24.9	24.4
Emergency/Total road budget (3)/ {(2)+(4)}		4.8%	2.9%	1.6%	1.2%

出典: Road Budget 2009-2015 Federal Gov in Pakistan, NHA Road Maintenance Account FY012-2016

Sri Lanka		Unit: Rs. Billion			
		2009	2010	2011	Source
Construction	Expressway	72.9	71.0	86.0	Ministry of Finance
	Improvement	5.5	8.9	14.8	
	Upgrade	15.3	16.0	8.0	
	Subtotal (1)	93.7	95.9	108.8	
Maintenance	Routine	1.3	1.3	1.5	Road Dev. Agency
	Periodic	1.1	1.6	1.5	
	Emergency (2)	0.2	0.2	0.4	
	Others	0.4	1.1	1.6	
	Subtotal (3)	3.0	4.2	5.0	
Others (4)		6.6	7.7	7.5	MOF
Total (1)+(3)+(4)		103.3	107.8	121.3	
Emergency/Total road budget (2)/ {(1)+(3)+(4)}		0.2%	0.2%	0.4%	

出典: JICA Collection Survey on Road Landslide Measures in Sri Lanka, 2012

Timor-Leste		Unit: USD million
		2015
Emergency (1)		2.2
Total Road Infrastructure (2)		783.7
Emergency/Total		0.3%

出典: Timor-Leste Road Department, Timor-Leste Ministry of Finance Statistics

表 2.12 各国の道路全体予算に占める土砂災害対策費と GDP/Capita

	Emergency budget/Total road budget %	GDP/Capita (Unit: USD)	Year
Pakistan	3.0	5,490	2018
Sri Lanka	0.2	2,836	2011
Timor-Leste	0.2	1,767	2015

出典: 調査団

2.4 道路維持管理業務の調達プロセス

本節では道路維持管理のうち土砂災害発生後の緊急対応にかかる対策工設計から調達までのプロセスについて説明を行う。

道路維持管理は全ての日常・定期維持管理業務を現地の道路維持管理業者に発注しており、NHA 直営では維持管理業務を行っていない。

災害が発生した時点でメンテナンスユニットは、土砂災害復旧のため道路啓開を緊急に日常点検管理業者に作業を行わせ、その後、土砂災害対策工を設置するために設計・積算・発注・施工管理を行う。斜面对策工の計画から調達までのプロセスを図 2.7 に示す。

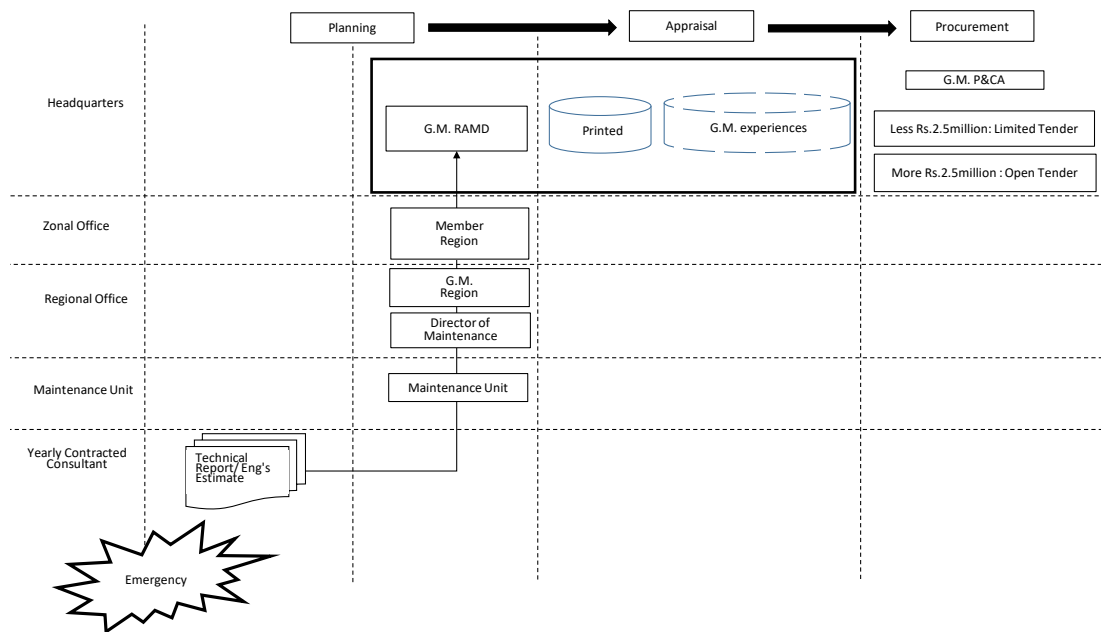


図 2.7 斜面对策工に関する施工業者調達プロセス

（出典：調査団）

斜面对策計画案策定に関し、RAMD は元 NHA 技術者が経営する社員数人程度のコンサルタント会社との年間契約を過去から継続的に行っている。この契約業務内容の一部として、同コンサルタントはメンテナンスユニットと相談しつつ土砂災害対策計画案が含まれる **Technical Report/ Engineer's Estimate**（以下、技術レポート）を策定し、地域事務所経由で本部に提出の支援を行っている。また、メンテナンスユニット若しくは地域事務所より土砂災害対策計画案策定を同コンサルタントに依頼し計画案を作成させるなどの支援をしている。このようなプロセスで策定された対策計画案が本部に提出される。なお、簡易な対策は地域事務所で行っている。

その後、地域事務所から本部に提出された対策計画策定案の審査は、これまで実施してきた斜面对策工実施前例を参照しながら G.M. of RAMD を中心に審査する。この審査において、対策工実施前例を NHA 本部が保有している場合や、地域事務所、メンテナンスユニットが保有している場合があるが、いずれも前例がデータベースで体系的にまとめられておらず紙媒体でばらばらに保管されているため、審査に関わる個人の主観的な記憶に拠ることが多く、効率的に審査がなされていない。また、元 NHA 技術者が経営するコンサルタントが提案するマイクロ

パイリング（H 形鋼を組み合わせた斜坑）等旧態依然とした技術¹¹に対し、新たな技術を逆提案できないことも事実である。

審査承認後の施工設業者への発注方法は、Rs. 2.5 million 未満は入札を実施せず随意契約で調達を行っている。Rs. 2.5 million 以上の場合は企業実績、業務従事者経験、価格を評価する入札方式を採り、その評価配分は経験 20%価格 80%とし、契約締結まで約 2 か月である。

¹¹ 詳細は4.5.2参照

2.5 N-75 で実施された大規模斜面对策

2009 年から 2015 年にかけて N-75 上で複数発生した土砂災害は、NHA として最初に土砂災害を重要と考える動機付けになった。このため、本節では NHA が採った対策工につき以下のとおりまとめた。

同区間で土砂災害発生後、Murree メンテナンスユニットは防護壁を設置したが災害が発生するたびにほとんど防護壁は機能せず、最終的には大規模な災害が発生した。図 2.8 は 2009 年 1 月に発生した土砂災害とその対策工、図 2.9 は 2015 年同じ地点で再び発生した土砂災害と追加対策工を示す。

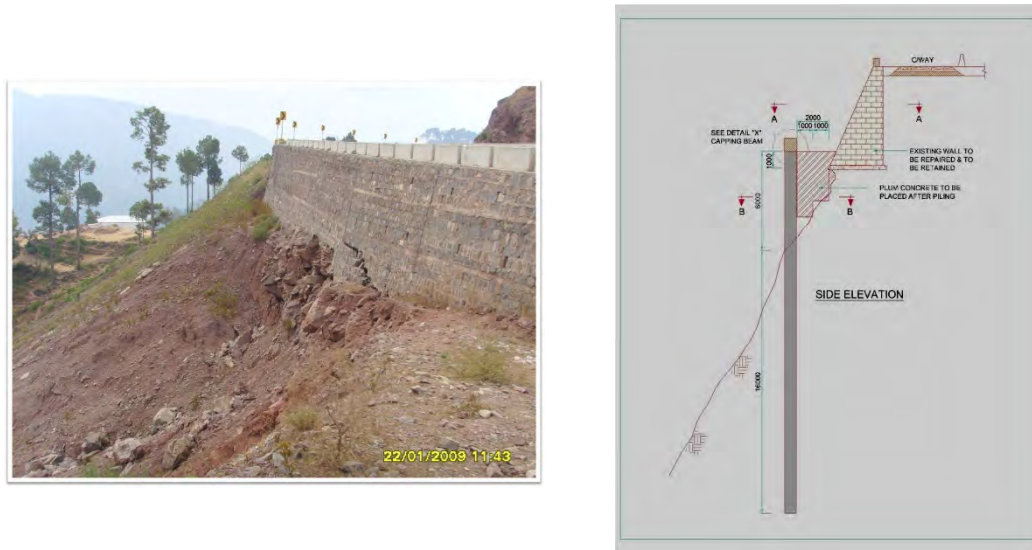


図 2.8 2009 年 1 月 N-75 で発生した土砂災害と対策工

(出典:調査団)



図 2.9 2015 年 9 月 N-75 で発生した土砂災害と対策工

(出典:調査団)

このような背景があり、N-75 は首都近郊であることから、政府の方針として RAMD に対策委員会を設置した。委員には、土質工学技術者、外部コンサルタントとして構造技術者を参加させた。

その後、2014年から2016年に、N-75の3個所でRs.250～300 million投入し大規模斜面对策工を実施し、図 2.9右側はその一例である。通常はRs.100 millionを超える大規模施工契約は道路建設を目的とするPSDP配賦予算から支出されるが、本工事は上記背景から特例としてNHA内部予算である道路維持管理会計から支出した経緯がある。

2.6 道路土砂災害と対策工履歴データベース

土砂災害履歴及び対策工履歴のデータベースは、既存データを一元的に永久保存、適切かつ効率的に保管・管理し、アクセシビリティ、共有可能性などを改善するために一般的に構築される。しかし、NHA は、道路土砂災害履歴及び対策工履歴のデータベースを保有しておらず、道路土砂災害、対策工に特化した記録は行っていない。唯一、土砂災害と対策工の記録が残っている資料は、NHA 地域事務所が本部の費用が必要となる工事・業務において NHA 本部へ提出する技術レポートである。この資料について、後述に説明する¹²。なお、本部の費用が必要となる業務のみにおいて作成されるため、小規模な対策工事、土砂災害による堆積物の除去業務は含まれない。なお、土砂災害と対策工の履歴を残すために作成されたものではないため、一貫性・信頼性が低く、データベースとして扱うことは適切でない。

¹² 4.1.3調査対象地域の土砂災害履歴（道路土砂災害箇所位置図）で詳細説明

2.7 Communication & Works (C&W)

2.7.1 C&Wの概要

C&W の前身となる、公共事業課（Public Works Department）が州政府下に、1849 年 PJ 州、北部国境地域の全公共事業を実施組織として設立された。1955 年、公共事業課の中に存在した、灌漑課が分離して、公共事業課の主な事業が公共施設の建設と道路管理となった。1979 年に公共事業課の名前が C&W に変更され、現在に至る。

C&W の主な事業は、道路管理と州関連公共施設建設を担当している。本調査の対象である道路関連活動の詳細な内容は以下となる。

- ① 州内の道路（国道、州道及び市道）、橋梁、トンネルの建設及び維持管理
- ② 道路網計画及び設計
- ③ 道路開発
- ④ 州内の道路及び橋梁における基準・仕様の策定

2.7.2 PJ州C&W

a. PJ州C&W道路部門概要

PJ 州政府 C&W 道路部門は PJ 州政府の年間開発（Annual Development Programme）プログラムに従い、PJ 州道路、橋梁、公共施設の建設、維持管理を行っている。C&W 内で道路計画を立てる部署は計画・設計部署（Planning & Design）となり、後述する 2017～20 年道路セクター中期開発計画に基づき事業を実施している。

PJ 州はほとんどの地域が平地であり、土砂災害が発生する山岳地域は北部のみとなる。C&W が管轄する北部ゾーン（North Zone）・中部ゾーン（Central Zone）・南部ゾーン（South Zone）の 3 地域の内、土砂災害が発生する地域を管轄するのは北部ゾーンとなる。PJ 州北部における本調査対象該当地域は図 2.11 に示す通り北部ゾーンに属し、北部ゾーンの中でも Murree¹³、Kotli Sattian、Kahuta 地域を管轄する Rawalpindi 事務所が担当している。

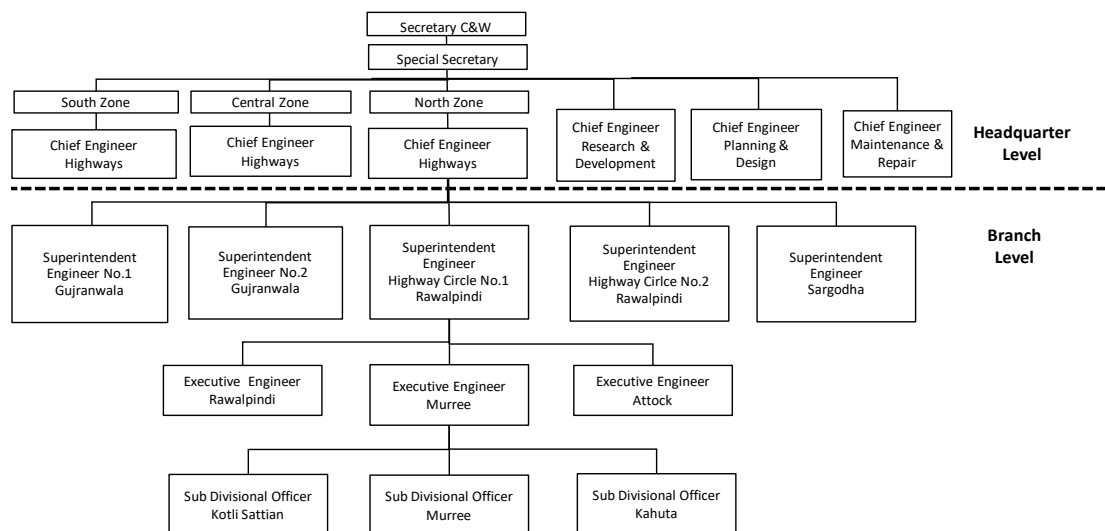


図 2.10 PJ 州 C&W 道路部門全体組織図

（出典：C&W updated information）

¹³ “Murree District” の正式名称は “Tehsil of District Rawalpindi”

b. 2017~20年道路セクター中期開発計画

PJ 州政府は 2017~20 年中期開発計画を発表し、道路セクターの目標として地方における道路網の近代化及び維持管理について、最も経費的に効率的な開発と運用を目標に掲げている。

開発計画の大枠として、下記を目標としている

- ① 産業分野の生産性を向上させること
- ② 中小企業育成を促進させること
- ③ 商業取引を促進させること

c. PJ州政府予算

2017~20 年の PJ 州政府予算は表 2.13 のとおりである。2017-18 の総予算は Rs. 635 billion、その内 14%である Rs. 90.7 billion は道路関連予算である。

2012~17 年の道路建設及び維持管理予算は表 2.14 のとおりであり、道路土砂災害対策復旧工事費は維持管理予算から支出され、2017 年における維持管理予算(Rs. 5,635 million)は全道路関連予算(Rs. 100,635 million)の 5.6%であった。表 2.15 によると、人件費に関しては全体予算の 6.9%¹⁴程度であった。2017 年に 2 倍に増加した理由としては、2016 年以前は支局に属している職員は PJ 州 C&W からの直接支払いではなく、州政府からの直接支払いであったため、PJ 州 C&W の予算に含まれていなかった。しかし、2017 年以降に支払形式の変更が生じて、事務所の職員への支払も PJ 州 C&W からの直接支払いとなった為に予算が増加した。

表 2.13 PJ 州政府予算 2017~2019(単位:Rs. Million)

Sector	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Social Sector	201,636	221,799	243,979
Infrastructure Development	172,164	189,380	208,318
Roads	90,700	99,770	107,747
Irrigation	41,031	45,134	49,648
Energy	9,000	9,900	10,890
Public Building	15,000	16,500	18,150
Urban Development	16,433	18,076	19,884
Production Sector	516,974	56,867	62,553
Services Sector	103,350	113,685	125,054
Others	17,803	19,583	21,542
Grand Total	635,000	689,500	768,350

出典: Middle Term Development Framework 2017-20 Vol. II

¹⁴ この人件費には道路部門と公共施設部門が含まれている為、表 2.13のRoads(Rs. 90,700 million)とPublic Building(Rs. 15,000 million)をあわせたものとなり、その合計がRs. 105,700 million (2017年)となる。この合計と表 2.15の人件費Rs. 7,303 million (2017年)を比較すると6.9%となる。

表 2.14 PJ 州政府道路予算 2012~2017(単位:Rs. Million)¹⁵

Year	Development	Maintenance	Total
2012-2013	26,193	1,977	28,170
2013-2014	33,837	2,234	36,071
2014-2015	40,837	1,725	42,562
2015-2016	69,400	4,683	74,083
2016-2017	79,000	5,641	84,641
2017-2018	95,000	5,635	100,635

出典:Punjab C&W 作成資料

表 2.15 PJ 州 C&W 人件費 2015-2017(単位:Rs. Million)

	2015	2016	2017
Staff Salary	3,612	3,531	7,303

出典:調査団のヒアリングに基づく

d. PJ州C&W道路部門組織体制

PJ 州政府 C&W 道路部門の全体組織図は図 2.10 のとおりであり、本調査の主となる C/P は Rawalpindi 事務所の Superintendent Engineer Highway Circle No.1 Rawalpindi である。Rawalpindi 事務所は No.1 と No.2 の 2 地域に分かれており（図 2.11 参照）、土砂災害が発生しやすい地域を管轄するのは No.1 の管轄下にある Murree 事務所となる。Rawalpindi 事務所 No.1 では、Murree 地域以外に 2 地域を管轄するが、その 2 地域は平地に位置しており土砂災害はない。Murree 地域で土砂災害が発生するのは、雨季（7 月～10 月）に集中しており、現在 2 箇所対策工の事業を進めている。

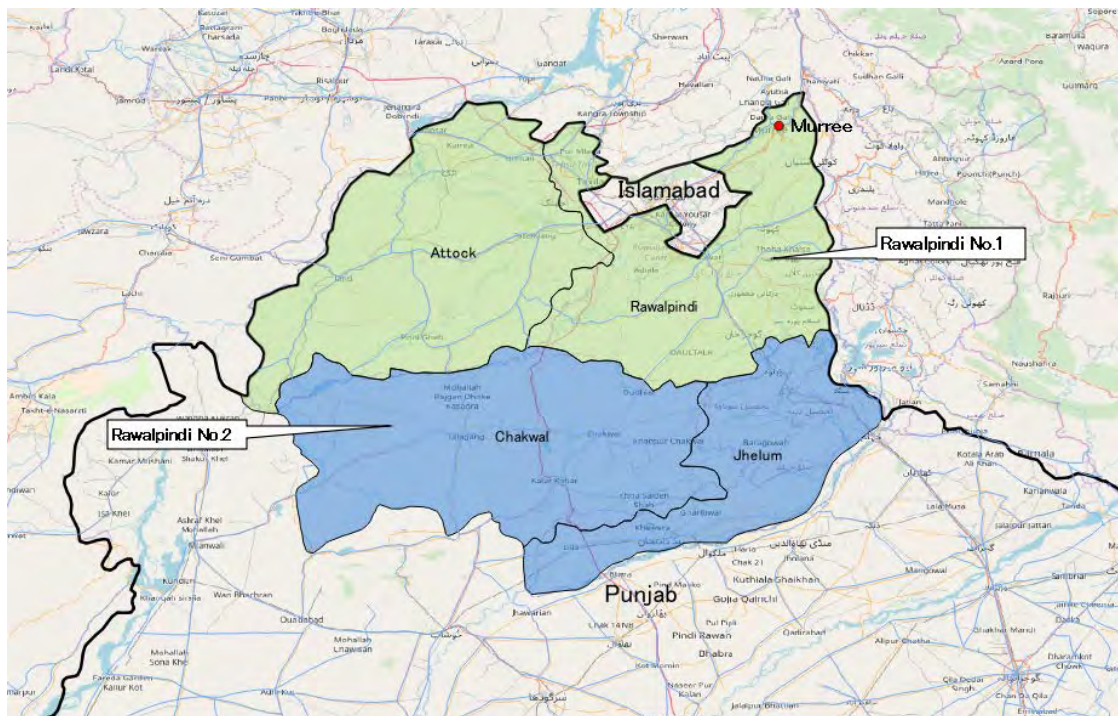


図 2.11 Rawalpindi 事務所 No.1 と No.2 が管轄する地域

(出典:調査団)

¹⁵人件費は除外

e. 土砂災害対策工に関する施工業者の調達プロセス

州道沿いで土砂災害が発生した際に、予算を執行して修繕を行う際には、図 2.10 に示す事務所の Sub Division Officer（以下、SDO）かその下の Sub Engineer が現場視察を行い、レポートを作成する。そのレポートには、現場の写真、修繕設計、見積もりが含まれる。それを事務所の Executive Engineer が Superintendent Engineer に提出し、Chief Engineer を通して Secretary の本部まで承認されていく仕組みとなる。Secretary では見積もりや設計の妥当性を確認し、承認後入札の準備を進める。

入札した後、入札額により承諾権限が分かれ、Rs. 6 million 以下の場合は、事務所 Superintendent Engineer が承認を行い、Rs. 6 million 以上の場合は Chief Engineer が承認を行う。

土砂災害対策工はすべて外注しており、入札形式で設計と施工業者を決定する。過去 3 年間の設計業務は全て NESPAK¹⁶と契約している。その理由としては、NESPAK は入札での設計の質が明らかに高く、他のコンサルタントが太刀打ちできないからである。NESPAK 以外の事業者が育たない理由としては、道路建設などの工事に対して、土砂災害対策工の工事の数が少なく、土砂災害対策に注力しようとする業者が少ないことが一つの理由として考えられる。

ラワルピンディ事務所の中では技術者は不足しており、本部への人員増加の打診はしているものの、予算上の問題から新たな技術者を増やすことは難しく、現職の者が退職しない限りは新規採用ができないのが現実である。ラワルピンディ事務所 No.1 の中には 4 名の Executive Engineer、9 名の SDO、24 名の Sub Engineer が在籍し、SDO や Sub Engineer が現場の日々の点検業務や外注しているコンサルや施工業者の管理を行う為、業務が集中している。

2.7.3 KP州C&W

a. 2014～18年KP州統合開発計画

KP 州政府は 2014 年～2018 年の KP 州統合開発計画を発表し、教育や保健などに次ぐ州の優先課題として道路ネットワークの確保を掲げている。道路セクターの目標としては、質の高い統合的な道路ネットワークの確保と、道路ネットワーク確保による地域経済の反映としている。

計画の大枠として、下記を目標としている

- ① 都市間を繋ぐ為の新道路の建設と、既存の道路の維持
- ② 道路維持管理の為の組織強化
- ③ PPP を活用した道路事業

b. KP州政府予算

表 2.16 に KP 州政府における 2015～2017 年の予算を示す。過去 3 年において、総予算の内、道路関連予算は 9～10%（Rs. 11.5～13.7 billion）を占めている。

¹⁶ 2.10章で詳細説明

表 2.16 KP 州政府 2015～2018 予算(単位:Rs. Million)

Sector	2015-16	2016-17	2017-18
Social Sector	523	460	460
Infrastructure Development			
Roads	13,500	11,553	13,730
Irrigation	6,870	7,050	7,050
Energy	3,400	3,700	40
Public Building	1,275	1,439	1,439
Urban Development	17,766	5,552	6,163
Production Sector	3,471	1,641	1,641
Service Sector	18,480	23,104	26,000
Others	76,715	74,164	69,476
Grand Total	142,000	125,000	125,999

出典:調査団

表 2.17 に 2012～2017 年における KP 州 C&W の道路建設及び道路維持管理の予算及び支出を示す。この予算計画に関しては C&W の本部内にある計画課が担当している。

斜面对策の予算は道路維持管理の予算から賄っており、土砂災害対策用の予算は存在しない。その為、土砂災害対策工を行う際には年間の予算配分などを鑑みながらどの箇所の土砂災害対策を行うか決定する。

表 2.17 KP 州政府道路 2012～2018 予算と支出(単位:Rs. Million)¹⁷

Year	Development		Maintenance		Total	
	Budget	Expenditure	Budget	Expenditure	Budget	Expenditure
2012-13	13,704	12,697	872	769	14,576	13467
2013-14	10,258	16,134	1,881	1,829	12,139	17963
2014-15	9,590	11,840	1,495	1,405	11,085	13245
2015-16	13,500	15,767	2,321	2,216	15,821	17984
2016-17	11,553	21,108	1,969	1,919	13,522	23027
2017-18	13,730	8,879	2,678	-	16,408	8879

出典:調査団

表 2.18 によると、事業費総額と人件費の割合は、人件費が 16.5%¹⁸程度となっている。

表 2.18 KP 州政府人件費(2016～2017)(単位:Rs. Million)

	2016	2017
Staff Salary	1,300	2,500

出典:調査団

¹⁷人件費は除外

¹⁸この人件費には道路部門と公共施設部門が含まれている為、表 2.16のRoads(Rs.13,730)とPublic Building(Rs. 1,439)をあわせたものとなり、その合計が15,169 Rs million (2017年)となる。この合計と表 2.18の人件費Rs. 2,500 million (2017年)を比較すると16.5%となる。

c. KP州C&W道路部門組織

KP 州 C&W 道路部門の組織図は PJ 州と同様に、Secretary を中心として、各地域・部署の長として Chief Engineer が在籍する。本調査の対象となる地域・部署は北部ゾーン（North Zone）と東部ゾーン（East Zone）の管轄である Abbottabad や Mansehra 等の一部地域と、さらに JICA 事業¹⁹を担当する事業担当部署（Project Management Unit）となる。その組織図は図 2.12～図 2.13 のとおりである。

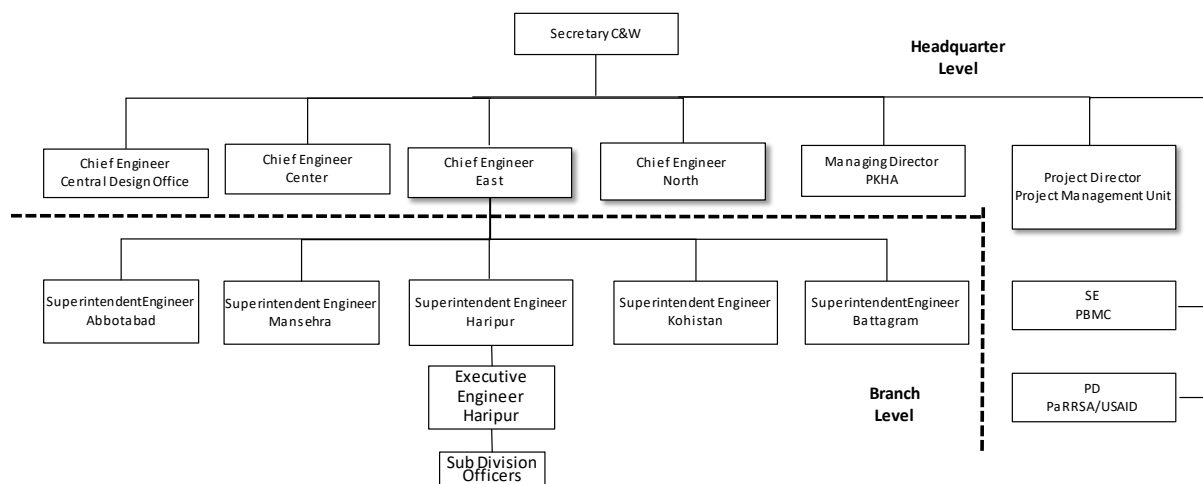


図 2.12 KP 州 C&W と東部ゾーンの技術部の組織図

(出典:調査団)

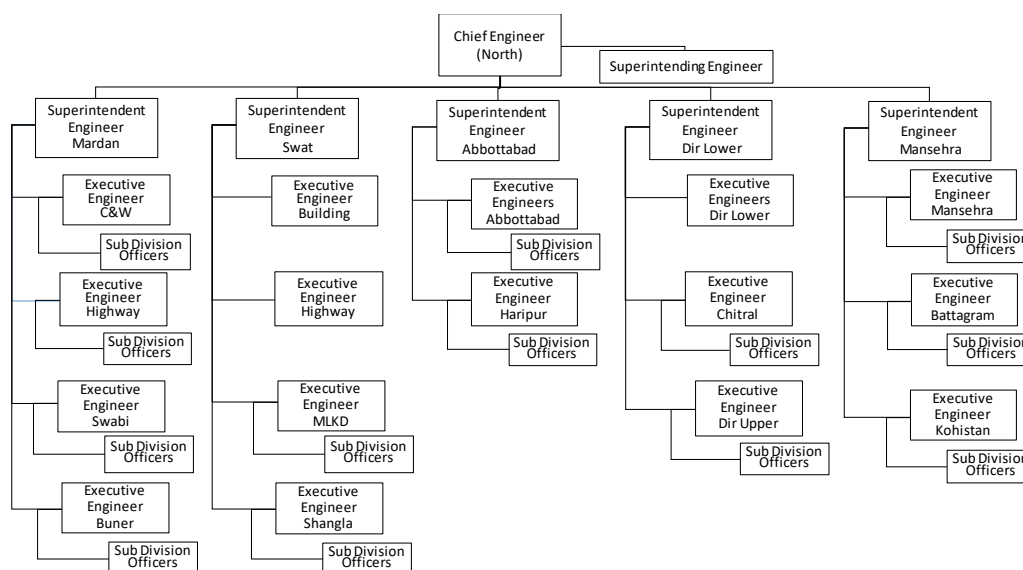


図 2.13 KP 州 C&W 北部ゾーンの技術部の組織図

(出典:KP 州 C&W HP)

PJ 州と同様に、道路維持管理は基本的には各管轄範囲に配属されている SDO かその下の Sub Engineer による目視点検であり、モニタリング機器は一切使用されていない。なお、KP 州において、最も災害が多い区間は Chitral 地区の Chitral – Garam – Chasma Road である。この区間は、毎年雨季後に多くの土砂災害が発生し、道路封鎖せざるを得ない状況である。なお、土砂災害が発生して、外注発注するプロセスに関しては上述²⁰と同じである。

¹⁹ ハイバル・パフトゥンハー州緊急農村道路復興事業（洪水災害対策）（円借款）

²⁰ 2.7.2章のe.

d. パクトゥンファ道路公社 (PKHA: Pakhthunkwa Highway Authority)

KP 州のみ、地域間道路 (Inter-district Road) が存在し、地域間道路はパクトゥンファ道路公社 (以下、PKHA : Pakhthunkwa Highway Authority) が管轄する。PKHA は 2001 年に KP 州 C&W 直下に設立され、KP 州 C&W Secretary 直下に位置し、他の Chief Engineer と同じ位置関係ではあるが、独立した採算体制をとっている。その為、自分達が管理している道路で徴収した通行料金などの収入を利用して運営維持を行っているが、不足分に関しては KP 州 C&W 予算より配分を受けている。現在、地域間道路を 33 路線、距離にすると 2,782km の道路を管轄している。詳細は図 2.15 に示す。

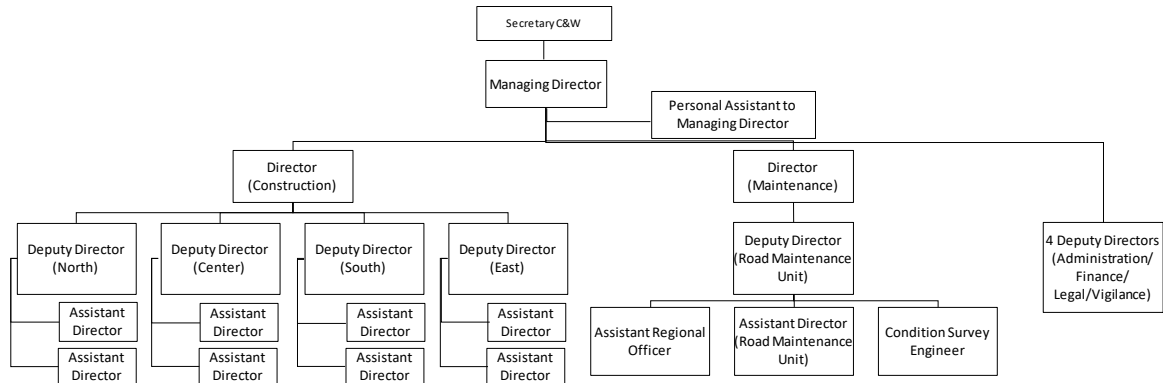


図 2.14 PKHA の組織図

(出典： KP州C&WのHP)



図 2.15 PKHA が管理する道路地図

(出典： KP 州 C&W の HP)

2.7.4 C&Wが実施する予算計画及び維持管理

C&W 道路部門では、各州政府が策定する中期開発計画や統合開発計画を基本として、新設道路建設や、日常・定期点検及びリハビリ事業計画を立案し予算要求をしている。例えば PJ 州 C&W 道路部門の 2017 年度道路関係プロジェクトは約 200 件が計画されており、C&W の各プロジェクトは地域に密着しているため NHA と比較するとミクロ的な建設計画となっている。

道路維持管理については、日常・定期点検等は各管轄範囲に配属されている SDO かその下の Sub Engineer の目視点検である。さらに、SDO や Sub Engineer の知識に基づいて、修繕案を作成し設計や見積もりを作るため、現場技術者の能力に拠る部分が多い。そのような理由から、現場の技術者の能力が向上しなければ、新しい斜面对策工の導入は困難と考える。さらに、大規模土砂災害対策については、NESPAK に設計・積算の段階から業務発注を行っている。ただし、NESPAK から提出される設計・積算を精査できる人材が C&W 側に育成されておらず、NESPAK の能力に依存する関係性が構築されている。その為、後述する技術者に対する能力強化案を実行することが重要である。

2.8 土砂災害に関連するその他関係機関

2.8.1 NDMAが保有する対象地域における土砂災害記録

国家防災庁（以下、NDMA: National Disaster Management Authority）は、2005 年北部大地震を契機に、国家防災管理令（National Disaster Management Ordinance2006）、及び災害の予防軽減に主軸を置いた防災行政を進める国家防災法（National Disaster Management Act）により設立された。

2010 年 3 月に制定された National Disaster Response Plan²¹では、地すべり（Landslide：世界的には、斜面を構成する土・岩盤などが滑動・落下する現象を総称して「Landslide」と表現することが多い）に対する意識や対策行動について、以下の表記がなされており、土砂災害に対する緊急的な対応を取るための基本的な認識は妥当と判断する（なお、ここでは、地すべりによる災害と土砂災害とを同じものとして取り扱う）ただし、本邦における防災基本計画及び防災業務計画など、道路防災に関連した基本計画/行動計画への言及はなかった。

災害種として、地震、雪崩、氷河湖決壊による土石流、洪水とともに主要な災害種であること。現象論として、締固めの弱い固結度の低い堆積土砂が強雨により斜面を落下する現象であること。パキスタン北部の山地、Murree 地方等でよく見られること。その影響として、人命の損失と道路寸断による地域の孤立を招くことが指摘されている。

また、土砂災害が発生する地方としては、KP 州の kaghan、Naran、Chitral 等が特定されている。

土砂災害が発生した場合の緊急的措置としては、地域における災害対応を主管する District Disaster Management Authority（以下 DDMA）が、District Nazim で緊急災害である旨の宣言がなされると、DDMA で初動対応を実施し、Provincial Disaster Management Authority（以下 PDMA）/NDMA などの上位組織や地域の NGO（Non-Governmental organization）が DDMA の災害対応を支援する形をとる。

2.8.2 国境地域公共事業体(FWO: Frontier Works Organization)

HP によると、主に社会インフラ構造物の建設・整備を担うパキスタン陸軍のエンジニアリング組織²²で、特に、アフガニスタン、中国、インドとの国境地域（辺境地域）における社会インフラ（道路、橋梁、ダム、電力施設など）整備を手掛ける。1991 年湾岸戦争時には、地雷原での道路復興整備（約 3,000 km/クウェート）を行っている。また、カラコルムハイウェイの整備（KKH もしくは N-35）では、中国側企業とも連携して、パキスタン側ルートの整備を担ってきた。

今回、特に、N-35 号線における道路構造物の被害とその維持管理対策について、管理記録が残されているという記述が、論文「Structural and Climate of Mass Movements Along the Karakoram Highway」²³にあったことから、FWO に対して、道路斜面災害状況や対策状況などのヒヤリングを NHA を介して申し入れたが、回答はなかった（CPEC という戦略上重要なルートであり、情報開示の許諾がなされなかったと考える）。

²¹ NDMA (2010): National Disaster Response Plan,. <http://www.ndma.gov.pk/plans/NDRP-2010.pdf>

²² Frontier Works Organization HP: <http://fwo.com.pk>

²³ Ali, S., Schneiderwind, S., & Reicherter, K. (2017): Structural and Climatic Control of Mass Movements Along the Karakoram Highway, Advancing Culture of Living with Landslides (pp. 509-516), Springer.

2.8.3 NESPAK (National Engineering Service in Pakistan)

HPによると、パキスタン大手の建設コンサルタント会社であり、主要なインフラ整備の調査・設計・施工管理などを手掛ける²⁴。本社は Lahore にあり、1973 年に設立され、5,314 人の従業員を抱えるパキスタンにおけるリーディングカンパニーである。

Lahore の PJ 州 C&W との意見交換（2017 年 11 月 1 日）でも、NESPAK の技術者も同席し、PJ 州における山岳道路の斜面对策での調査設計・施工管理の状況を説明した。道路防災に係る土砂災害関連部門としては、地盤工学部門 (GEOTECH & GEOENVIRONMENTAL DIVISIONS) が Lahore にあり、N-75 の Murree における道路防災対策は、この部門が調査・設計・施工管理を行っている。

²⁴ NESPAK HP: <http://www.nespak.com.pk>

3 各ドナーの関連支援状況

3.1 JICA

3.1.1 ハイバル・パフトウンハー州緊急農村道路復興事業(洪水災害対策)(円借款)

表 3.1 ハイバル・パフトウンハー州緊急農村道路復興事業(洪水災害対策)の基本情報

Loan Agreement signed on	January 21, 2011
Term	実施中
Total Amount of Aid	14,700 million Yen
Project Location	Khyber Pakhtunkhwa Province
Receipient Organization	Communication and Works Department, Government of Khyber Pakhtunkhwa

出典：調査団

a. 背景

2010 年 7 月から 8 月にインダス川大洪水にともない当該地域に甚大な洪水被害が発生した。世界銀行（以下、WB: World Bank）・アジア開発銀行（以下、ADB: Asian Development Bank）等ドナーによる合同洪水被害ニーズアセスメント調査により、KP 州全体の総被害額は USD690 million、その内道路被災額は USD338 million と算定された。

b. 目的

洪水被害地域における交通の復旧・復興を図り、もって経済社会活動の早期回復、並びに農村部の貧困緩和及び地域格差是正に寄与することを目的とする。

c. プロジェクト概要

被災した地域の住民の経済・社会基盤を早期に回復させるため、洪水被害ニーズアセスメント調査に基づき崩壊した道路・橋梁の迅速な復旧を行った。

3.1.2 東西道路改修事業(国道70号線)(I)(円借款)

a. 背景

N-70 は山岳地域を通過しており、落石、土石流、斜面崩壊等が発生するなど周辺状況が厳しい地域を通過している。また、道路幅は狭く、急峻且つ急カーブが続くため対向車が通過するまで待機する地点が多い。このため、大型車両は同路線を通らず代替路線である N-65 を通過することが多い。

表 3.2 東西道路改修事業(国道 70 号線)(I)の基本情報

Loan Agreement signed on	May 3, 2008
Term	実施中
Total Amount of Aid	15,492 million Yen
Project Location	Punjab Province
Receipient Orgazation	National Highway Authority (NHA), Ministry of Communications

出典：調査団

b. 目的

PJ 州と Balochistan 州を通過しパキスタン国内の東西を結ぶ N-70 を通過する旅客・貨物の輸送量を増強させることにより経済・社会発展に寄与することを目的とする。

c. プロジェクト概要

- ① 土木工事（既存道路の拡幅、一部線形修正等）
- ② コンサルティング・サービス（詳細設計、入札補助、施工監理等）

3.1.3 インダス・ハイウェイ建設プロジェクト(III)/2006(円借款)

プロジェクトの目標は中央・北部 Sindh 州におけるインダスハイウェイ（N-55）の Sehwan・Ratodero 間約 200km の追加 2 車線建設により当該地域における経済・社会発展を加速させ、ひいては国内・国際貿易を促進させるものである。

同国道はインダス川の右岸に位置し Karachi・Peshawar 間を結ぶ道路で、パキスタンの南北主要幹線の位置づけとして重要な道路である。同国道はインダス川左岸に位置する N-5 と比較し両都市間で約 500km 短縮されるものである。

国際協力銀行（JBIC）は同国同建設について、Kohat トンネル建設を含み約 60.1 billion 円の有償資金協力を実施するものである。残り区間についてはパキスタン政府及び ADB により融資が実施され建設中である。本プロジェクト完成により同国道全線が通行可能となり、両都市間の交通量が増加し、また隣国アフガニスタンからの貿易も促進されることが期待されている。また、Sindh 州同国道近隣の農村地域から主要都市へのアクセスが改善され、これに伴い農村地域の経済が発展することも期待されている。

3.1.4 橋梁維持管理プロジェクト/2016.7-2019.4(技術協力プロジェクト)

NHA が管轄する 5,500 橋、16,000 個所のカルバートの管理は橋梁管理システムにより実施されている。しかし、効率的なシステム運用と持続的なシステム運用は道路アセットマネジメントの視点から重要なカギとなっている。その背景には、橋梁点検要員の経験不足、点検測定器具の不足、地域支局と工事事務所間の意思疎通などの問題ある。また、橋梁、カルバートの維持管理については計画的な維持管理計画無しに実施してきたことも問題要因である。さらに交通量の増加、大型車両の重量化、設計・建設時の不備等の要因により橋梁の劣化が進み橋梁及び構造物の損壊リスクが高まっている。

プロジェクトは NHA に対し下記業務を行う。

- ① NHA において橋梁管理システムを持続的に運用できるようにする
- ② 橋梁点検方法、手法、ガイドラインの改善をする
- ③ NHA 職員に対し迅速・効率的な維持管理体制ができるようにする
- ④ 橋梁・構造物について建設及び維持管理を実施するための必要予算計上のメカニズムを構築できるようにする

3.2 アジア開発銀行(ADB: Asian Development Bank)

3.2.1 パキスタン国運輸政策マスタープラン調査

a. 道路災害分野の政策

8 本の主要政策を含む国家運輸政策の一つの主要政策として「環境保全」が含まれており、同主要政策の次のレベルとして「事前予防、適応対策、気候変動対策による自然災害による影響の最小化」を位置付けている。

b. マスタープランの進捗状況

パキスタン政府による国家運輸政策の承認が得られ次第、2018 年 8 月までに同マスタープランが完成する予定であったが、同国政府の承認が遅れたため未だ完成していない。

3.2.2 パキスタン国道路運輸セクターアセスメント戦略

a. 今後のADB支援策

ADB パキスタン 2015~19 開発戦略では、地域間連結性とエネルギーに焦点を当てており、具体的には以下の 3 点が焦点である。

- ① Gwadar 港から Karachi 間における CAREC 回廊延伸
- ② Turkmenistan–Afghanistan–Pakistan–India 間ガスパイプラインプロジェクト建設
- ③ 地域及びその周辺における経済成長のための経済回廊の開発に主眼を置く貿易運輸関連施設建設

これまでの対パキスタン交通回廊関連支援の評価については実施前と比較し改善がみられる²⁵。一方、NHA の歳入に関しては不十分であり、また特に地方部における道路アセットマネジメント、維持管理を行うため十分な歳入見込み、維持管理外注、適材投資、運営管理等が十分機能しておらず、ADB はこれまでの海外での実績・経験に基づく支援を行う予定である。

2015~19 年間の ADB 対パキスタン運輸政策は経済・社会開発運輸インフラ政策を推進すべく目標として実施してきた。道路セクターにおいては、地方部における連結性強化、輸送の効率性向上、道路の安全性向上を目標とし特に CAREC 回廊を中心として実施する予定である。また、国道、州道において継続的に建設、リハビリテーションを実施するとともに、道路安全、戦略性のある計画策定、運輸政策立案、道路アセットマネジメント、コンプライアンス、調達等を含む能力強化を進めることとしている。

Provincial Roads Improvement Project in Khyber Pakhtunkhwa は KP 州政府を C/P として準備作業中であるが、現在想定される具体的協力内容は次のとおりである。

- ① KP 州州道 350km のリハビリテーション
- ② 地方部高速道路と地方部道路を含む約 200km を対象とする性能規定型道路維持管理契約の実施
- ③ 道路アセットマネジメントに関する能力強化

²⁵ ADB Sector Assessment (Summary): Transport より

3.3 世界銀行(WB:World Bank)

3.3.1 Khyber-Pakhtunkhwa 緊急道路復旧プロジェクト(Under the KP/FATA/ Balochistan Multi Donor Trust Fund with USD 8 million in 2011 to 2015)

紛争後における KP 州での緊急道路復旧の実施を目的とし、2010 年に発生した大規模洪水により大打撃を受けた Swat Valley 沿いを中心とする道路復旧の実施を行うプロジェクトである。同プロジェクトの主な活動内容は以下のとおりである。

コンポーネント 1：戦略道路及び橋梁の改修

コンポーネント 2：上記実施に関するプロジェクト運営管理

本プロジェクトの改善成果として輸送コストの低減、通行時間の短縮としている。成果指標として道路改修延長距離数、橋梁修復箇所数としている。これらの支援を通じ KP 州政府の効率的な運営及び安定した州政府運営が期待される。なお、本プロジェクトは Frontier Highways Authority (FHA) という KP 州政府の道路建設独立組織が実施する。

3.3.2 Muzaffarabad 市民安全対策斜面崩壊安定化プロジェクト(2017年10月)

Muzaffarabad 市は地質が悪く洪水、降雨による土砂災害は頻発している。また 2005 年 10 月に発生した地震により、山岳地帯では斜面崩壊が進み地滑りが発生しやすい状況になっている。このため、農地、宅地等生活インフラの開発促進に恒久的影響が発生している。

a. プロジェクトの目的

- ① Muzaffarabad 市を対象とする地形図作成及び生活インフラに影響すると考えられる斜面崩壊、土石流等のリスクマップ作成
- ② 斜面崩壊、土石流リスク箇所の分析
- ③ 上記分析に基づく対策工の提案、設計、積算

b. プロジェクトの現況

2017 年 10 月に同プロジェクトを実施するためコンサルタントを調達する工事を行ったが、結果的にプロジェクトを実施できる能力を有するコンサルタントを調達できなかったため、世界銀行は同プロジェクトを中止とした。

3.3.3 KP 州地方道路改修プロジェクト

道路維持管理性能規程実施コンポーネント 2017 年 10 月。

KP 州の道路維持管理を実施する PKHA の運営状況は好ましくない状態であり、道路の日常点検、定期点検が適切に実施されていない。このため、計画通りに道路維持管理を実施するために以下の協力を実施するものである。

- ① 日常点検（通年、1 年を周期とする）
- ② 定期点検（通年、7~12 年を 1 周期とする）
- ③ 緊急点検（点検周期はなく突発的対応）

3.4 中国・パキスタン経済回廊(CPEC: China Pakistan Economic Corridor)

パキスタン国北部地域での CPEC 道路網計画は 2013 年に始まり、2030 年を目標完成年としている。KP 州及び PJ 州北部における CPEC 道路網に関する最新情報は表 3.3 及び図 3.1、図 3.2 のとおりである。

表 3.3 CPEC ハイウェイネットワーク N-35 の基本情報(2017 年 11 月時点)

Project Title	KKH Thakot - Raikot N35 remaining portion (136 Km)
Estimated Cost	USD 719.8 million
Project Progress Update	- Feasibility and PC-I completed - LOI forwarded to Chinese side - Procedural formalities to be completed shortly

出典:<http://cpec.gov.pk/infrastructure>

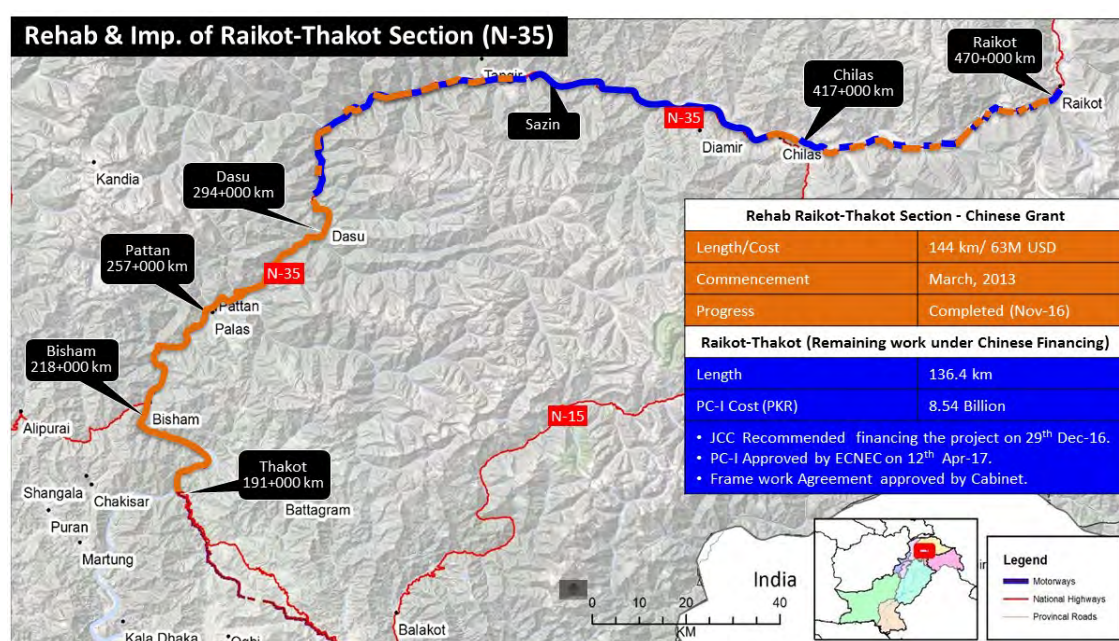


図 3.1 Thakot-Raikot N-35 未工事区間(136 Km)

(出典:NHA によるプレゼンテーション)

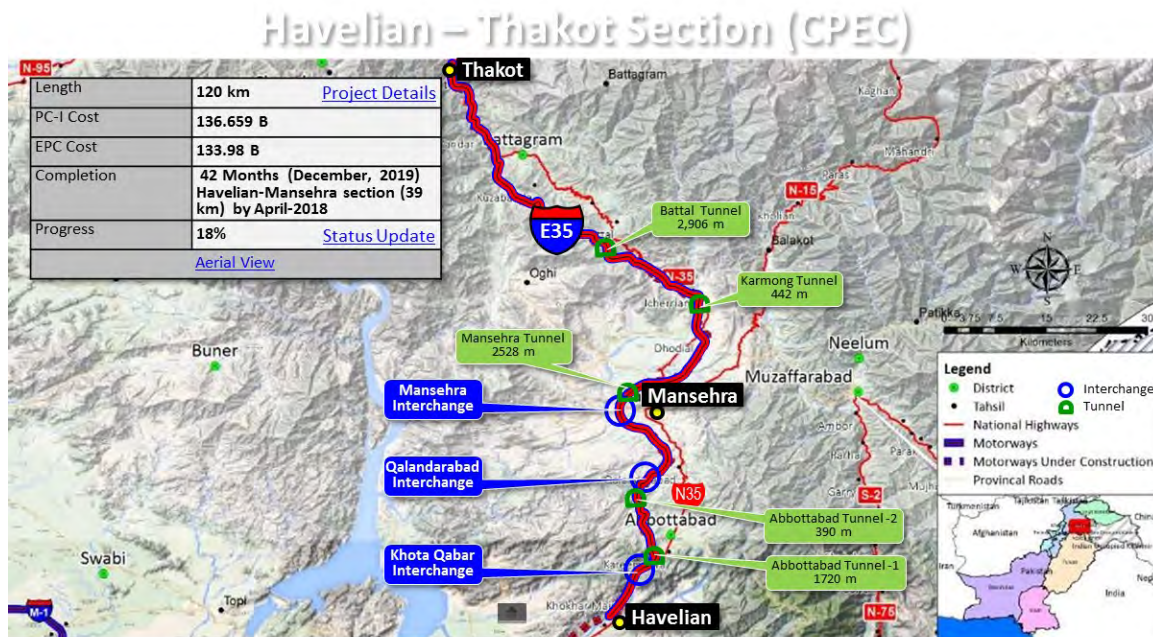


図 3.2 Thakot-Havelian N-35 未工事区間

(出典: NHA によるプレゼンテーション)

一帯一路 (One Belt One Road) の政策により、パキスタンにおける KKH の重要性は、紅海（特にイラン）からの石油を中心とした鉱産資源の輸送ルートとして重要視されている。近年、中国政府によるパキスタンにおける社会インフラ²⁶支援が活発化しており、道路、鉄道、電力分野を中心に、中国企業の進出が目立つ。地元紙 DWAN によると、2017 年 11 月 21 日、中期計画 (Long Term Plan) が改訂され、中期的な視点での CPEC におけるプロジェクトが改訂・公開される予定である²⁷。

道路分野、特に、N-15・N-35 との関連では、N-15 における光ファイバー網の敷設が、N-35 では Attabad Lake における 5 つのトンネルの支援 (China Friendship Tunnel) が目を引く。N-15 における光ファイバー敷設は、中国本土 (チベット地区) から Kunjerab 峠を経て、N-35 から Chilas を通り、N-15 と、光ケーブルが敷設され、中国本土からの情報ハイウェイをもたらす計画である。N-15 ルート上にある地方都市 Naran までは日本人入域無制限地域であるが、この Naran を中心とした N-15 は、ロングリストの候補となる斜面が多く存することから、斜面对策工事が計画される場合、施工中における重機設置圧、及び地中掘削に伴う地中埋設物 (光ファイバー) の切断事故が無いよう配慮を要する。斜面調査では、地中埋設された位置の確認を予定しているが、地中埋設が存在することの標識の未設置や埋め戻し痕が消失していることなど、不確実性が存することは避けられない。さらに、NHA における埋設物管理の強化が求められる。具体的には、埋設物台帳 (道路のどの位置に埋設物が存在しているかの記録・管理台帳) や、光ファイバー埋設工事における NHA 職員による立会や管理標識の設置が求められる。N-35 では、Attaabad Lake 地すべりにより寸断された N-35 の代替路として、5 つのトンネルを含む 24 km の区間が 2015 年 9 月に竣工された²⁸。これにより、N-35 の耐斜面災害能力が向上したと共に、交通の安全性が確保された形となった。

²⁶ China Pakistan Economic Corridor: <http://cpec.gov.pk/>

²⁷ DWAN, <https://www.dawn.com/news/1372344>

²⁸ Reconstruction of Karakoram Highway, https://en.wikipedia.org/wiki/Reconstruction_of_the_Karakoram_Highway

4 土砂災害及び土砂災害対策の現状と課題

4.1 調査対象地域の自然条件・社会条件

パキスタンは、南アジアの西部に位置して、北東に中国、北西にアフガニスタン、東にインド、西にイラン、南にインド洋に接している。パキスタンの国土面積は79.6万km²（日本の約2倍）であり、総人口は2億780万人²⁹で、人口密度は260人/km²である。首都は北部に位置するイスラマバードであるが、最大人口の都市は南部に位置しインド洋に面するカラチである。人口は主に北部ヒマラヤ山脈・カラコルム山脈の麓から南に広がる平野部、西部インドとの国境沿い及びインダス川沿いの地域に集中している。

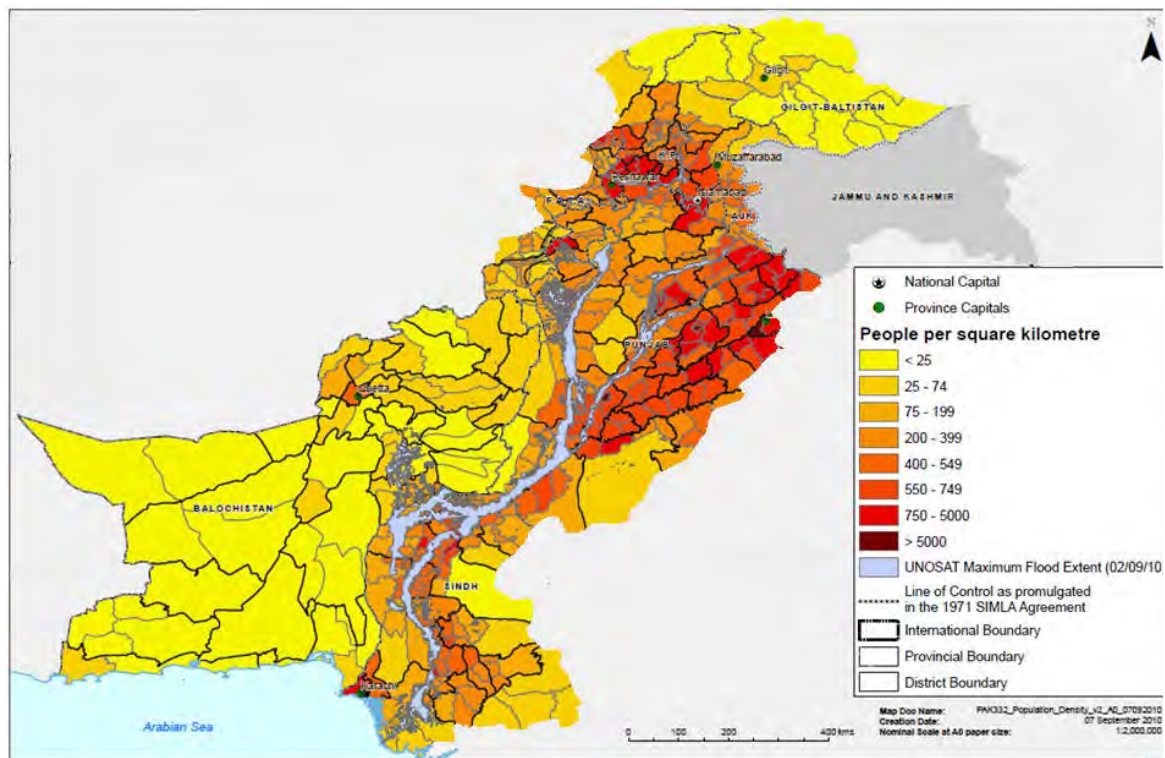


図 4.1 パキスタン人口密度地図

(出典:国際連合人道問題調整事務所HPを一部修正)

パキスタンの本土はアジア大陸にあり、地理的には北部高原、東部インダス沖積平野、西部バローチスターン陸海という3つの主要な地域に区分され、本調査の対象であるKP州及びPJ州北部は北部高原地域に該当する。北部高原はヒマラヤ山脈の西部（パキスタンヒマラヤ、またはコヒスタンアークとも呼ばれる）、カラコルム山脈、ヒンズークシュ山脈、パミール高原とその輪郭の山岳地帯を包括する広い地域を指し、いずれの山脈も7,000m級以上の高山及び最大級の氷河群を誇る。パキスタンの北部における観光産業が活発であるにもかかわらず、この地域を通過する道路は、厳しい気象、地形、地質的条件から土砂災害等によるリスクが非常に高いため、観光産業に悪い影響を与えている。

²⁹ 2017年パキスタン国勢調査

4.1.1 調査対象地域の気象・地形・地質概要

a. 調査対象地域の気象

パキスタン北部には四季が見られ、乾燥した中央アジアと、モンスーンの影響を受ける南アジアに挟まれているため、気候は季節と高度によって大きく変化し、全ての季節において1日の寒暖日較差が著しい。夏季（6月～9月）は、南からのモンスーンの大気塊がレッサーヒマラヤ（外郭山脈）に阻まれ北部地域の降水量が大きく増加する。なお、北部の山岳部に進むほど徐々に降水量が低下する。冬季（12月～2月）は、地中海からの低圧帯によって北部地域一帯に大量の積雪をもたらす、山岳地帯の氷河形成や地下水の涵養に影響をあたえる。春季と秋季は、これら冬季と夏季の移行期である。

KP州の一例として表 4.1に日本人入域無制限地域にあるThakot市の気候の平年値を示す。当地区はケッペン気候区分において、温帯に属する温暖湿润気候（Cfa）に相当する。年間降水量は約900mmで、年間平均気温は21.1℃である。

表 4.1 Thakot 市の気候(KP 州)

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日平均気温(℃)	9.5	12	16.6	21.4	26.3	31.3	30.7	29.3	27.1	22.1	16.2	11.1
平均最低气温(℃)	3.3	5.9	10	14.5	18.8	23.5	24.3	23.4	20.3	14.1	8.3	4.4
平均最高气温(℃)	15.7	18.2	23.2	28.3	33.9	39.1	37.1	35.3	34	30.2	24.2	17.9
平均降水量(mm)	68	85	105	81	44	47	154	157	68	26	19	42

出典: CLIMATE-DATA.ORG (<https://es.climate-data.org/>)

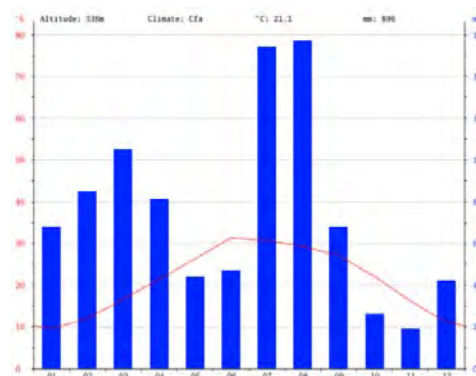
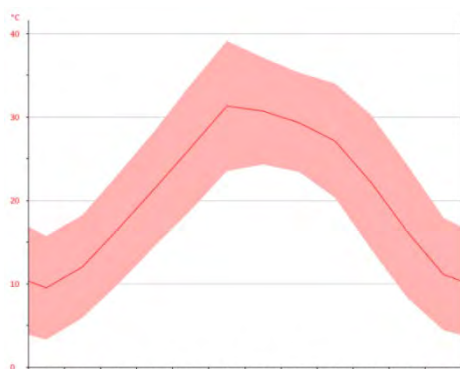


図 4.2 Thakot 市の温度グラフ（左）及び雨温図（右）

（出典：CLIMATE-DATA.ORG (<https://es.climate-data.org/>)）

PJ州北部の一例として及び図 4.3にMurree市の気候を示す。Murree市はケッペンの気候区分において、温帯に属する温帯夏雨気候（Cwb）に相当する。年間降水量は1,440mmで、年間平均気温は12.7℃である。

表 4.2 Murree 市の気候(PJ 州北部)

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日平均気温(°C)	3.2	3.7	8.3	13.5	17.4	21	19.4	18.6	17.2	14.4	9.8	5.7
平均最低気温(°C)	-0.3	0	4.4	9.1	12.6	16.3	15.7	15.3	13.1	9.7	5.2	1.6
平均最高気温(°C)	6.7	7.5	12.2	17.9	22.2	25.8	23.2	22	21.4	19.1	14.4	9.8
平均降水量(mm)	102	106	131	104	76	99	286	290	124	51	27	44

出典: CLIMATE-DATA.ORG (<https://es.climate-data.org/>)

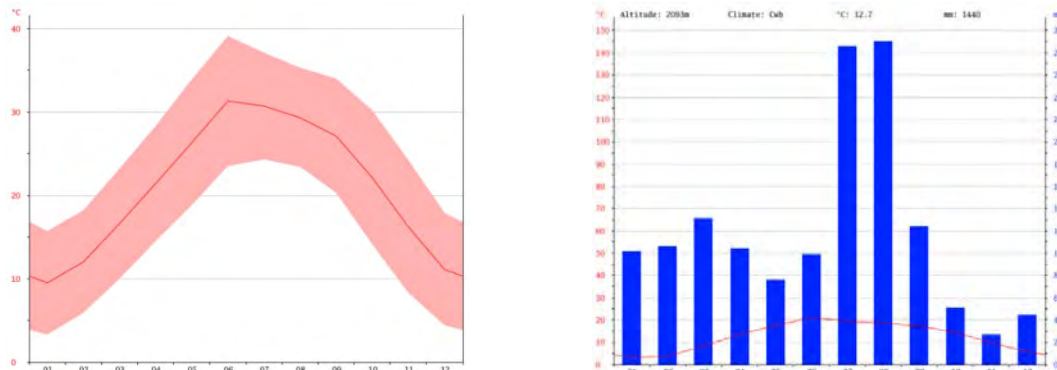


図 4.3 Murree市の温度グラフ(左)及び雨温図(右)

(出典: CLIMATE-DATA.ORG (<https://es.climate-data.org/>))

b. 調査対象地域の地形

パキスタンの北部高原は、インドプレートがユーラシアプレートに沈み込む収束境界で形成された大規模な造山帯にある。対象地域は、ヒマラヤの大地形で分類されるサブヒマラヤ、レッサーヒマラヤ及びハイ(グレート)ヒマラヤを包括し、東から西にかけて300km以上(インドとの国境からアフガニスタンとの国境まで)の幅があり、南北へ約250km以上にかけて急に標高が高くなる。5,000m以上の高度差を有し、高さ6,000m以上の峰が多数存在する起伏が非常に大きい地形が特徴である。主稜線は、造山帯を東南東ー西北西に横断する主な衝上断層に平行し、これらの山脈をまたいで縦谷が複数並ぶ。なお、主要な河川の流路は造山帯が急激に上昇したため、北東北から南西南へ流れる。

表 4.3 対象地域の地形(北から南)

北	ハイ(グレート)ヒマラヤ地形	ヒマラヤの大地形分類で最も平均標高が高く、8,000m級の峰まで存在する。MCTは地形的な遷移線をつくっている。MCTより北は山が急激に上昇し、大岩壁が削られゴルジュ帯が数多く広がる ³⁰ 。
	レッサーヒマラヤ地形	MBTの背後に立つ、南北幅100~150kmで標高2,000~3,000m級の山脈である。この山脈は隆起した準平原の削り残しである侵食小起伏面などが含まれる台地(段丘)地形が一般的である。ハイヒマラヤとの北縁はMCT(Main Central Thrust)衝上断層帯によって境界線が定められている。
	サブヒマラヤ地形	150mから1200mの標高で南北幅最大90kmの全体的になだらかな斜面と緩やかな河床勾配が視られる丘陵地帯である。MBT(Main Boundary Thrust)衝上断層帯によって北部にあるレッサーヒマラヤと分かれている
南		

出典: 調査団

³⁰出典: 酒井治孝(2000): ヒマラヤの自然誌, 東海大学出版会、Whitehouse, I.E. (1990): Geomorphology of the Himalaya: A Climato - Tectonic Framework, New Zealand Geographer, Vol. 46-2, pp. 75-85 を一部修正

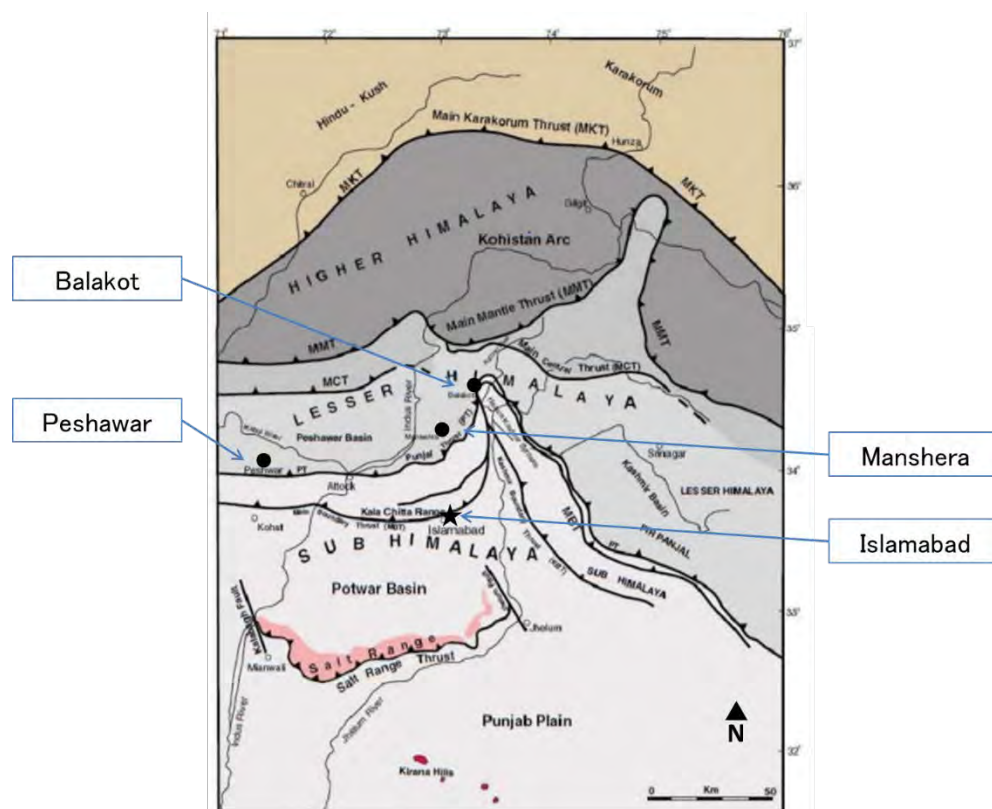


図 4.4 調査対象地域を含むパキスタン北部の大地形分類図
 (出典: Bahria University Islamabad, 2005³¹を一部修正)

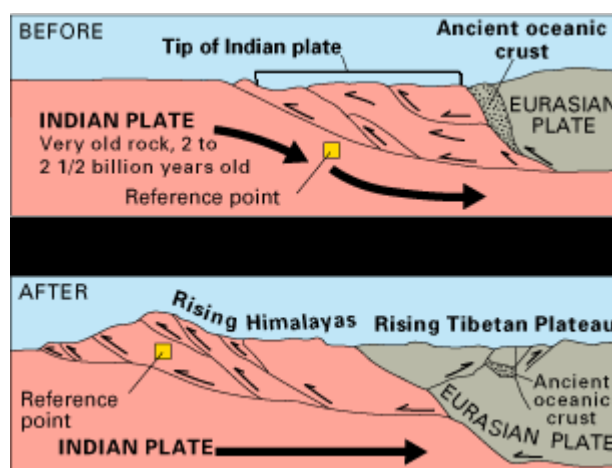


図 4.5 インドプレートとヒマラヤプレートの沈み込みイメージ
 (出典: http://www.indiana.edu/~g105lab/images/gaia_chapter_13/Fig24left.gif)

特にレッサーヒマラヤ地形及びハイヒマラヤ地形では非常に急峻で長大な斜面が多く、これが主な地形要因として道路等が建設されている箇所では斜面災害が多発する。また、衝上断層帯の付近では褶曲地形が多く視られ節理と亀裂などの割れ目の発達が著しいため、斜面災害の素因となっている。

³¹ Qadir, A., Ahmad, W. (2015): Geology of Norther Pakistan, A Review, Bahria University

標高4,000m以上の峰や谷の多くは懸垂氷河・谷氷河に覆われて、これらに作用を受けた活発な地形・微地形の変化が生じているため、周辺一帯に典型的な氷河地形、周氷河地形が確認できる。その他、河川作用や斜面災害による侵食、崩壊地形が顕著である。

c. 調査対象地域の地質

パキスタン北部では先カンブリア界から新第三紀までの堆積岩、火成岩、変成岩が存在し、複雑な地質構造、構造発達史をもつ。コヒスタンアークの地質は様々な分類ができるが、下表の地質構造が最も代表的である。

表 4.4 対象地域の地質

シワリークモラッセ	サブヒマラヤ大地形に分布し、ヒマラヤ山脈から河川によって南へ運ばれた碎石堆積物（新第三紀モラッセ）の地層からなる。厚さは深い箇所では5,000mまであり礫岩、砂岩、泥岩の碎屑岩の互層で形成される。
レッサーヒマラヤ	主に変成作用を受けた先カンブリア界、古生界の変成岩及び古生界の堆積岩と火山岩によって形成される。MBT と MCT の衝上断層帯内に広がる。レッサーヒマラヤは幅が比較的短く、断層による褶曲作用が著しいため地質が脆弱である。
ハイヒマラヤ	古第三紀に隆起した先カンブリア界の変成岩（主に結晶片岩、大理石、片麻岩、角閃岩及びミグマタイト）及び無色鉱物が多く、花崗岩の貫入がレッサーヒマラヤの上部に重なる。
チラス構造帯 (Chilas Complex)	ハイヒマラヤ地形の北部に位置し、ハイヒマラヤ地質構造区分の北縁に隣接し、南北幅約40km、東西幅約300kmにわたって広がる有色鉱物の体積比が多い火成岩体の特徴である ³² 。

出典：調査団

・テクトニクス：調査対象地域は、インドプレートとユーラシアプレートの収束境界にあるため造山運動が非常に活発である。この造山運動に伴い複数もの活断層が滑動し、それらからなる断層帯は南北に横断する道路を交差する。主な断層帯としては、MMT帯、MKT帯があり、横断層型、逆断層型の運動が生じている。これらの断層に近づくほど地質の性質が脆くなり、斜面災害が発生しやすくなる。また、調査対象地域では地震活動が活発であり、プレート境界型地震、内陸地殻内型地震が発生し、地震に伴う斜面災害も多く生じる。

造山運動に伴う斜面災害の他、斜面崩壊、落石、土石流などこれらの地形形成にかかわる斜面災害は、カラコラム山地特有の長大で急傾斜の斜面形と風化作用に加えて、脆弱な岩質と寒冷で乾燥した気候環境に起因すると考えられる³³。

³² Khan, A., Jan, Q., Windley, B.F., Tarney, J., Thirlwall, M.F. (1989): The Chilas Mafic-Ultramafic Igneous Complex; The root of the Kohistan Island Arc in the Himalaya of northern Pakistan, Geological Society of America, Special Paper 232, pp. 75-93.

³³ 藁谷哲也（2008）：パキスタン北部山岳地帯、アッパー・フンザの地形・地質および気候環境の特徴，日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要，No.43, pp.67-75.

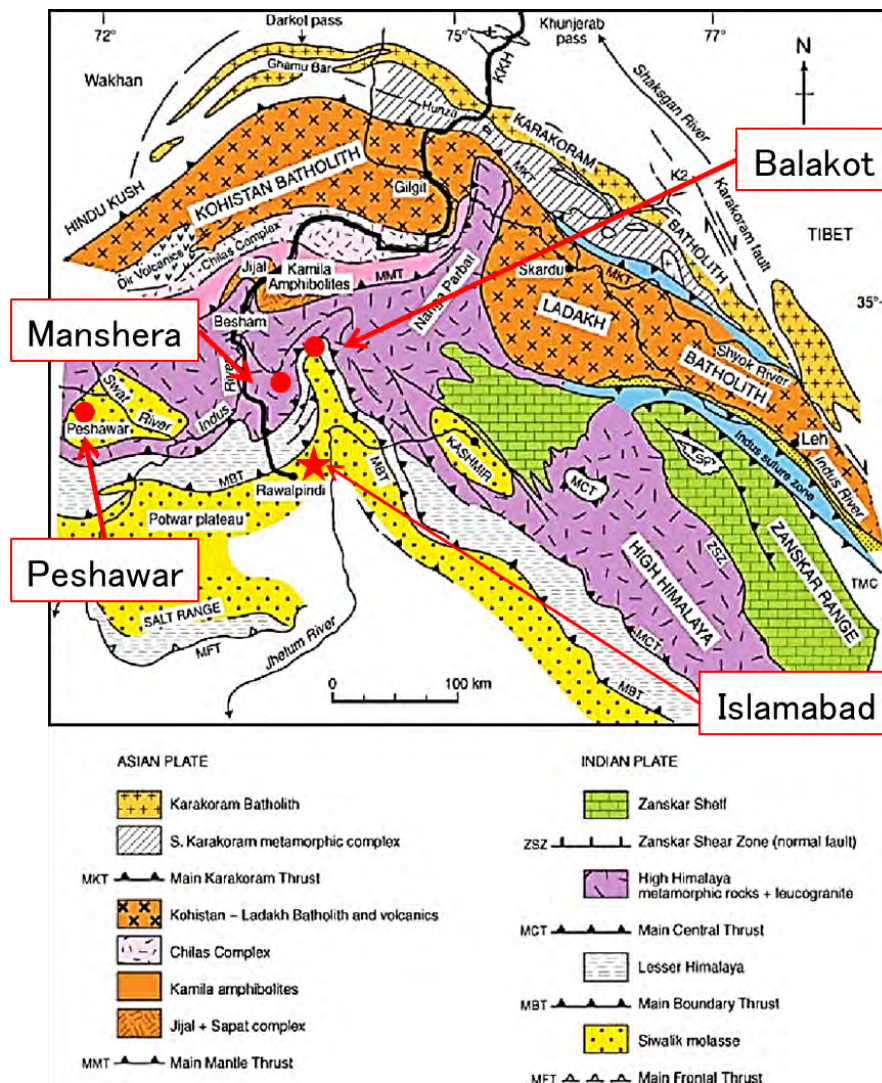


図 4.6 ヒマラヤ西部(パキスタンヒマラヤ)の地質図

(出典: Searle & Treloar, 2010³⁴)

³⁴ Searle, M.P., Treloar P.J. (2010): Was Late Cretaceous-Paleocene obduction of ophiolite complexes the primary cause of crustal thickening and regional metamorphism in the Pakistan Himalaya?, Geological Society London Special Publications 338-1, pp. 345-359.

4.1.2 調査対象地域の交通・産業・人口

a. 調査対象地域の交通

パキスタン国内では鉄道、飛行機による移動も存在するが、道路が主な交通手段である。更に山岳地帯にある調査対象地域では現在運行中の鉄道はなく、バス、トラック、車、二輪車を使った道路での移動が唯一の交通手段となる。近年では、新たな高速道路、国道、州道が次々と整備・拡幅され貿易と物流が日々改善している。対象地域を横断する国道は、主にN-15、N-35、N-45、N-75、N-90とN-95でパキスタン北部の都市をつなぐための重要な役割を荷う。また、パキスタン北部は旅行の目的地で有名であるため、高山や氷河を訪れる観光客のための主要なアクセス手段である。特にN-35は、カラコルム山脈を横断し中国とパキスタンをつなげる陸路での唯一の交易路であるため、パキスタンの国家政策で重視されCPECの一環として、改修工事（道路の拡幅、トンネル開通、斜面災害対策工事など）が実施されている。

近年の活発な開発に伴って国道及び州道の建設、交通が増加したと同時に継続的な地すべり、斜面崩壊、土石流の影響で、土砂災害のリスクがますます大きくなっている。特に雨季である夏季に土砂災害によって道路が何時間も寸断されることが多く、代替路として十分に機能する他道路はないため現地の経済に大きく影響を与えていると考えられる。

b. 産業

・PJ州北部：PJ州はパキスタンの州の中で最もGDPに寄与している地域でGDPの50%以上を占める。第一次産業は、水路灌漑システムによる穀物及び綿の生産が最も多いが、米、サトウキビ、トウモロコシ、果物も栽培している。家畜に関しては家禽産業が最も重要である。第二次産業ではパキスタンで一番進んでおり、生産量が多いものとして繊維産業、重機産業、電気製品産業、手術器具産業、セメント工業などがあげられる。また、PJ州の第三次産業はパキスタンのGDPの50%以上を占め、他地域と比較して重要性が高い。

・KP州：KP州の総生産は、パキスタンのGDPの約10%を占め、主要産業は農業、林業、鉱業などの第一次産業、及び農業に伴う第二次産業である。主な農業生産物は穀物、トウモロコシ、サトウキビ、タバコ及び様々な果物である。第二次産業は同地域で収穫した一次製品の加工・精製を中心的に行っている。鉱業における地下資源は石灰岩、大理石、岩塩、石膏の採取が主である。各産業分類の具体的な割合の数字はないが、KP州の第三次産業はマイナーであると考えられる。

両州でも一次産品、二次産品の運搬はトラックによる道路輸送が中心的である。

c. 人口

・PJ州：PJ州の人口は110,012,442人³⁵で、パキスタンの人口の半分以上を占める。人口密度は536人/km²であり、都市部であるイスラマバード首都圏を除き、最も人口密度の高い州である。人口の最大都市は、ラホール市である。人口の約60%は都市部に居住し、残りの40%は農村部に住む。対象地域のPJ州はパキスタンの中でも貧困率³⁶が最も低く、開発が比較的繁盛している。PJ州の貧困率は約30%であり、性比は103.5である。

・KP州：KP州の人口は30,523,371人³⁷で、2000年からの人口増加率が最も高いパキスタンの州であるが、都市部に居住する住民の割合は20%にも及ばない。なお、主にアフガニスタン、

³⁵ 2017年パキスタン国勢調査

³⁶ 貧困率は2013-2014年度Household Integrated Economic Survey data (HIES：総合家計経済調査データ)に基づいたPakistan's Poverty Line（パキスタン貧困線）の収入を下回る国民の割合とした。2013-2014年度のパキスタンの貧困線は約300Rs./日である。

³⁷ 2017年パキスタン国勢調査

タジキスタンから移民して、住民登録をしていない人口が約 150 万人程度いると考えられている。KP 州の貧困率は約 50%であり、性比は 102.7 である。

4.1.3 調査対象地域の土砂災害履歴(道路土砂災害箇所位置図)

NHAは道路土砂災害の記録を直接行っていないため、一貫性がありかつ信頼性の高い履歴リストは保有しない。唯一、土砂災害の記録が残っているものはメンテナンスユニットから本部に提出される技術レポートである。

技術レポートとは、メンテナンスユニットが管轄道路において、本部からの予算を必要とする工事・業務が発生した場合、工事・業務内容を提案し、工事・業務の発注のための承認を本部に要請するための資料である。技術レポートに記載される主な内容は下記の通りである。

- ① 基礎情報(日程、位置情報)
- ② 確認された・生じた問題の報告とその原因の説明(道路構造物の破損や土砂災害による道路の寸断など)
- ③ 解決策の提案(既存の構造物の改修、新規構造物の施工や土砂の除去など)
- ④ 提案される対策の概算
- ⑤ 現場の状況写真

簡易な構造物の施工が必要なときは設計図、積算もレポートに添付され、概算工事費を提示することで、工事の承認を要請する。工事が困難でありメンテナンスユニットでは解決できない場合、NHA本部に専門家派遣を要請することもある。この場合、専門家(外部コンサルタント)は現場の調査を行い、メンテナンスユニットの技術者に代わり対策案の提案、設計、積算などを実施する。また、技術レポートには道路構造物の施工、改築、修繕業務の要請以外、土砂災害によって道路に崩落した土砂の排除業務の要請も含まれる。なお、この報告書、要請書には定型のフォーマットはない。

NHA本部はこれらの技術レポートを照査し、工事・作業の必要性・緊急性は高いか、提案されている対策工は妥当か、経済的に実施可能であるか、予算が確保できるかなどを内部で検討し、工事の承認を下すか却下をする。NHA RAMDは2012年度より、発注業務の管理を行うため、年度ごとに承認された技術レポートを記録している。記録している情報は、該当メンテナンスユニット、道路、整理番号、工事・業務内容、距離標(キロポスト)、コントラクター、発注日、予算などである。技術レポートは適切に管理されておらず、処分されるか無作為に倉庫に保管される。

NATIONAL HIGHWAY AUTHORITY MONTHLY PROGRESS REPORT OF MAINTENANCE CONTRACTS, F.Y. 2012-13 NORTHERN AREAS									
S. No	Maintenance Unit	Route	Financial Year	Scope of Work	Location	Name of Contractor	Date of Award	Engineer's Estimate	Bid Cost (Rs.)
									Original
1	Bkt	N-15	2012-13	Emergency maintenance work	26.000	M/s Gul Haider & Sons	2013/4/2	1,952,935	1,952,935
2		N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	80.000			3,256,359	
3		N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	100.000			7,333,333	
4		N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	123.000			2,731,953	
5		N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	140.000			2,818,755	
6	Bkt	N-15	2012-13	Construction of temporary Toll Plaza	40.000	M/s Gul Haider Khan & Sons	2012/11/22	6,368,574	7,705,975
7		N-15	2012-13	Emergency maintenance for keeping diversion operational at Battakundi Nallah	138.600			913,828	
8		N-15	2012-13	Slide clearance	40.000			779,789	
9		N-15	2012-13	Slide clearance	64.000			746,661	
10		N-15	2012-13	To keep diversion operational	138.600			719,095	
11	Bkt	N-15	2012-13	Removal of slides and rocks from road surface	124.000	M/s Dhangla Par Construction	18-9-2013	885,392	885,392
Sub Total (N-15)								28,506,674	10,544,302

図 4.7 承認された技術レポートの記録の例(2012-2013 年度、N15、Northern Areas)

(出典:NHA)

調査対象地域の国道に該当する上記記録を入手し、「Slide」（主に土砂災害によって道路上に堆積した土砂の排除業務）と記載されている欄を抽出し、それらの位置情報を下表及び下図に示した。

表 4.5 2012～2017 年にかけて承認された「Slide」に伴う業務

番号	道路名	年度	業務内容	距離標	地域事務所
1	N-50	2012-13	Repair / construction of damaged retaining walls	387.00	KP
2	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	387.00	KP
3	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	400.00	KP
4	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	405.00	KP
5	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	412.00	KP
6	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	417.00	KP
7	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	420.00	KP
8	N-50	2012-13	Emergency maintenance work (removal of hill slide material)	430.00	KP
9	N-90	2012-13	Mechanical clearance of snow / slide disposal	10.000	KP
10	N-95	2012-13	Mechanical clearance of snow / slide disposal	95.000	KP
11	N-95	2012-13	Mechanical clearance of snow / slide disposal	106.000	KP
12	N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	80.000	NA
13	N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	100.000	NA
14	N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	123.000	NA
15	N-15	2012-13	Removal of snow / glaciers / slides	140.000	NA
16	S-2	2012-13	Removing of huge landslide and maintenance	3.000	PJ
17	N-15	2013-14	Snow/avalanches/slides clearance	119.000	NA
18	N-15	2013-14	Snow/avalanches/slides clearance	135.000	NA
19	N-15	2013-14	Snow/avalanches/slides clearance	150.000	NA
20	N-15	2013-14	Removal of slide	56.450	NA
21	N-15	2013-14	Removal of slide	68.500	NA
22	N-35	2013-14	Removal of slides	165.000	NA
23	S-2	2013-14	Clearance of slide and construction of breast wall	0.000	NA
24	N-75	2013-14	Removal of landslide	41.500	PJ
25	N-75	2013-14	Construction of Culvert and Landslide Area Remediation	34.900	PJ
26	N-90	2015-16	Removal of Hill Slides	41.680	KP
27	N-90	2015-16	Removal of Hill Slides	15.000	KP
28	N-95	2014-15	Restoration of Road due to Rain/Flood & Removal of Slides	82	KP
29	N-15	2014-15	For removal of snow/glaciers/slides clearance	105.000	NA
30	N-15	2014-15	For removal of snow/glaciers/slides clearance	119.375	NA
31	N-35	2014-15	Construction of diversion over Dassu Slides	298.000	NA
32	N-15	2014-15	Removal of snow / glaciers / slides	119.375	NA
33	N-75	2014-15	Removal of land slide	27.600	PJ
34	N-75	2014-15	pre-cautionary measure for the collapsed SBC due to Landslide	39+000	PJ
35	N-75	2014-15	Removal of Land Slide	45+600	PJ
36	N-75	2014-15	Removal of Land Slide	27+600	PJ
37	N-50	2015-16	Clearance of Hill slides, slush & big shoulders	425.000	KP
38	N-50	2015-16	Clearance of Hill slides, slush & big shoulders	410.000	KP
39	N-90	2015-16	Removal of Hill Slides	27.625	KP
40	N-90	2015-16	Removal of Hill Slides	9.400	KP
41	N-90	2015-16	Restoration of damages, Removal of slides & Washedout Road	8.500	KP
42	N-90	2015-16	Restoration of damages, Removal of slides & Washedout Road	25.000	KP
43	N-90	2015-16	Restoration of damages, Removal of slides & Washedout Road	17.015	KP
44	N-95	2015-16	Removal of hill slides	4.225	KP
45	N-95	2015-16	Removal of Hill Slides	41.680	KP
46	N-95	2015-16	Removal/Clerance of Slide Material/Boulders	77	KP
47	N-75	2015-16	Highway Safety Measures due to active slip circles land slide	29	PJ
48	N-75	2015-16	Failure of slope	26.300	PJ
49	N-15	2015-16	Removal of slides	56.450	NA
50	N-15	2015-16	Removal of Slides	63+900	NA
51	N-15	2015-16	Removal of Slides	97+500	NA
52	N-15	2015-16	Removal of Slides	60+100	NA
53	N-15	2015-16	Removal of Slides	64	NA
54	N-15	2015-16	Removal of slides	142.000	NA
55	N-15	2015-16	Removal of Slides	64.000	NA
56	N-15	2015-16	Removal of Slides	127.000	NA
57	N-15	2015-16	Removal of Slides/Blasting	97+800	NA
58	N-15	2015-16	Removal of Slides	119.000	NA
59	N-15	2015-16	Removal of Slides	127.000	NA
60	N-35	2015-16	Clearance of Slides/Debris	127.000	NA
61	N-35	2015-16	Clearance of Keyal Slides and Repair of damage Keyal Bridge	266.000	NA
62	N-35	2015-16	Diversion Over Dassu Slides and Repair	190.000	NA
63	N-45	2016-17	Removal of Slide Material/Debris	248.00	KP
64	N-45	2016-17	Removal of Slide Material/Debris	310.00	KP
65	N-90	2016-17	Removal of Hill Slides	27.600	KP
66	N-90	2016-17	Removal of Hill Slides	15.000	KP
67	N-90	2016-17	Removal of Hill Slides due to rain	22.300	KP
68	N-90	2016-17	Removal of Hill Slides due to rain/flood	28.700	KP
69	N-95	2016-17	Removal of Hill Slides	109.000	KP
70	N-75	2016-17	Slope stability measures of road section due to landslide	28.230	PJ

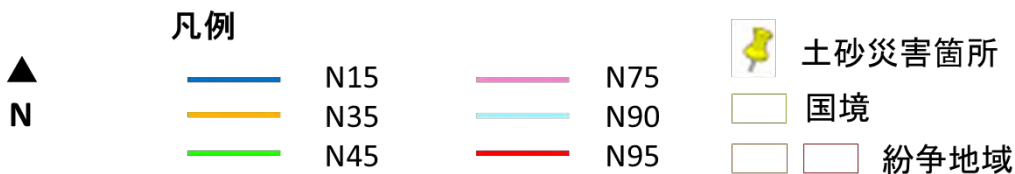
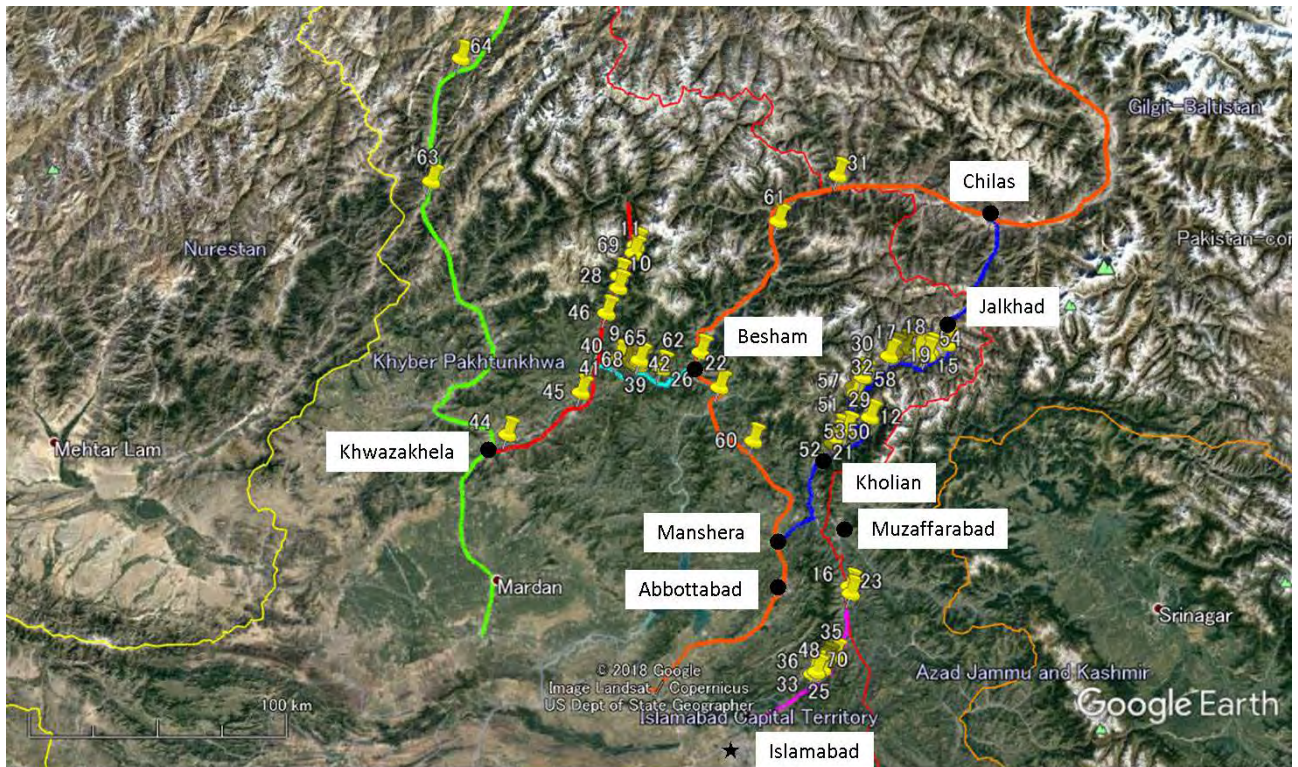


図 4.8 NHA の記録による土砂災害箇所位置図

(出典:Google Earth を一部修正)

このリストからは、発生した災害種、規模、道路への影響、被災状況など基本的な情報は確認できないが、災害箇所を地図に配置することによってある程度の災害傾向が認められる。地図によって読み取られる主な土砂災害傾向を下記に示す。

- ① 2012 年から NHA が記録している土砂災害の大半は N-15 沿いの Kholian 市から北部の Jalkhad 市にかけて生じている。
- ② 道路延長から相対的に N-90 沿いに生じた土砂災害が多い。
- ③ 道路延長から相対的に N-35 沿いに生じた土砂災害は少ない。
- ④ 本調査の調査対象地域ではないが、N-50 の Balochistan 州においても土砂災害が多く発生している。(下図参照)

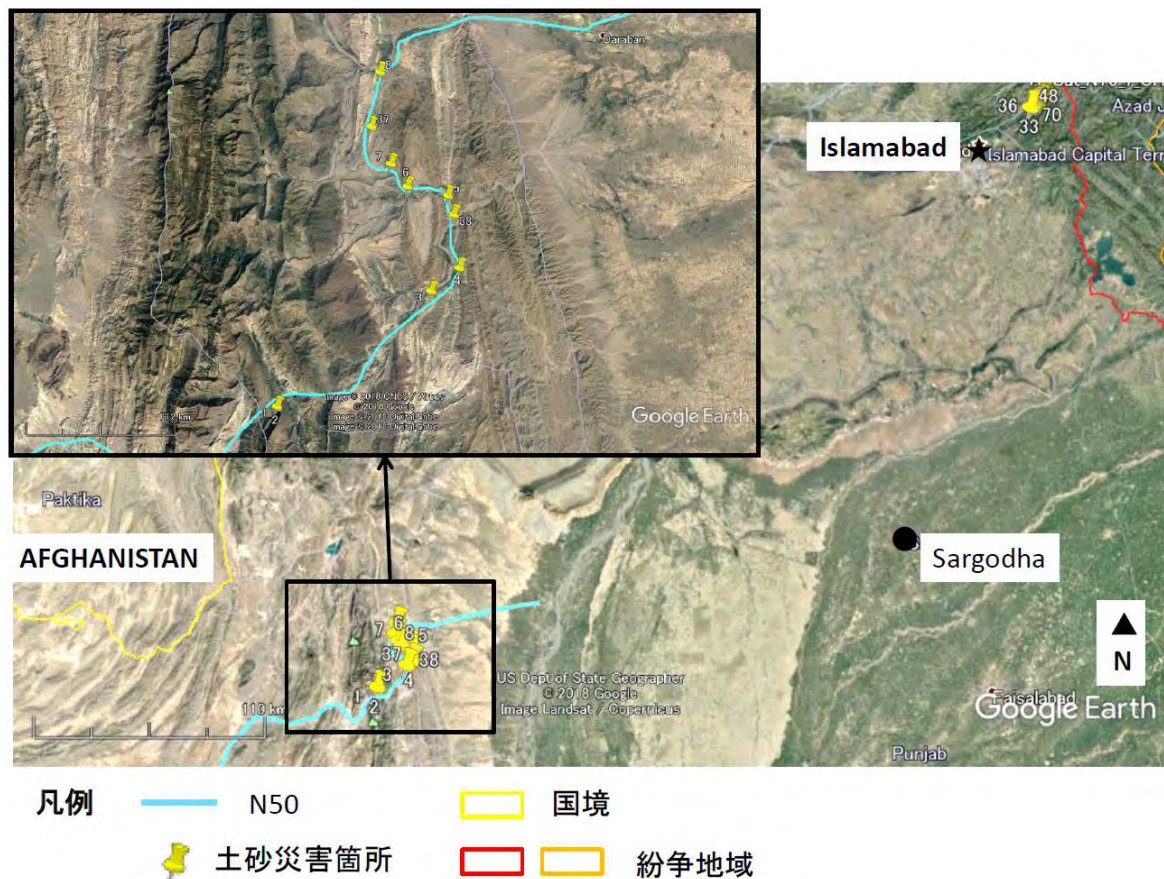


図 4.9 NHA の記録による N-50 沿いの土砂災害箇所位置図

(出典: Google Earth を一部修正)

4.2 対策優先個所の選定方法

対策優先個所の選定は、以下のフローの通り、大きく3つの段階を経て、作業を行った（各リスクで選定した箇所の位置情報については、巻末資料2「斜面カルテによる調査結果」を参照されたい）。

ロングリストの作成：

- 本プロジェクトで対象とする災害形態（地すべり、斜面崩壊・落石、土石流）を決定した。
- パキスタン北部地域をカバーする衛星写真を入手し、対象範囲における国道沿いの斜面や地形変状（斜面地形の変状や断層などの線状地形）を判読し、道路の土砂災害危険斜面を災害種別ごとに抽出した。
- 抽出した土砂災害危険斜面から、主要国道 N-15, N-35, N-75 沿いに存在する比較的規模の大きいものを選び、斜面カルテ（調査票）を現場で作成する対象となるサイトを「ロングリスト候補斜面」とした。
- 日本側の調査団の知見と、パキスタン大学関係者（地質系）による助言を合わせて、現場における斜面調査の書式である「パキスタン適応型簡易診断カルテ」を作成した。日本側の調査団はロングリスト候補斜面のうち入域可能範囲で現地調査を行い、パキスタン大学関係者は日本人入域制限地域の現地調査を行った。現地調査時に NHA 地方支局等からの意見や現地状況等を踏まえて、最終的な「ロングリスト」を作成した。

ミドルリストの作成：

- ロングリストから、自然条件（斜面の幅・高さなどの災害ハザードの規模、崩壊が懸念される土砂量、道路との遠近関係など）、社会経済条件（交通量、迂回路有無といった路線の冗長性、地域コミュニティに対する災害時の緊急路としての重要性など）を考慮して対策優先度が高いサイトである「ミドルリスト」を作成した。なお、ミドルリストは日本人入域無制限地域から選定した。

ショートリストの作成：

- 各斜面で想定される斜面对策の規模、技術的難易度、対策技術の差別化要素の有無などといった技術的観点や、他支援国のインフラ活動の有無などといった戦略的な観点も踏まえ、「ショートリスト」を絞り込んだ。ショートリストは、入域可能範囲から6サイト程度選定され、今後の支援策の対象斜面とした。

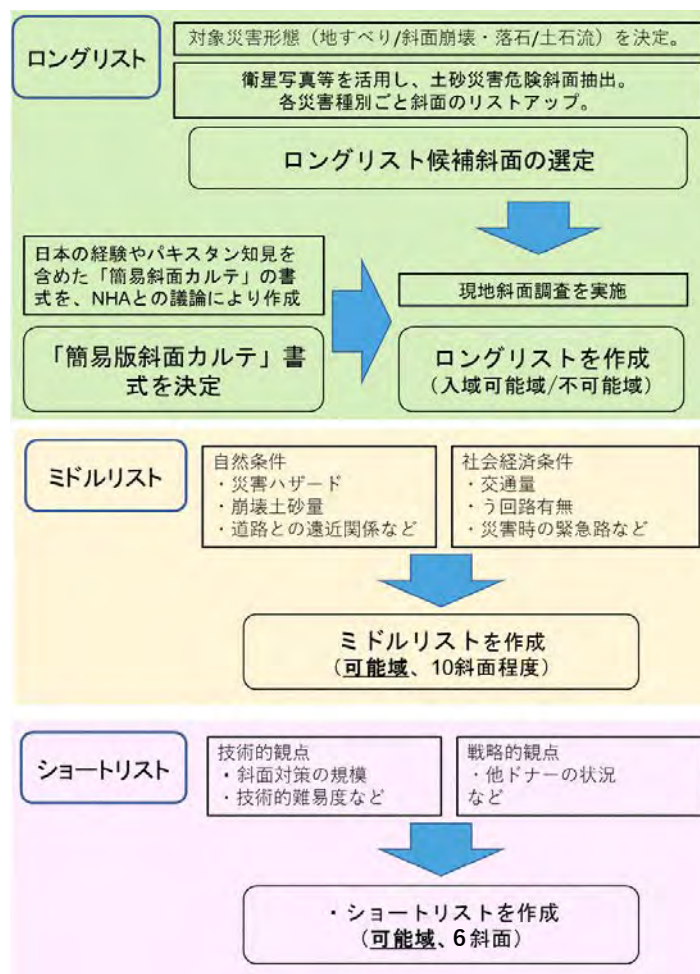


図 4.10 対策優先個所を選定するまでの過程

(出典:調査団)

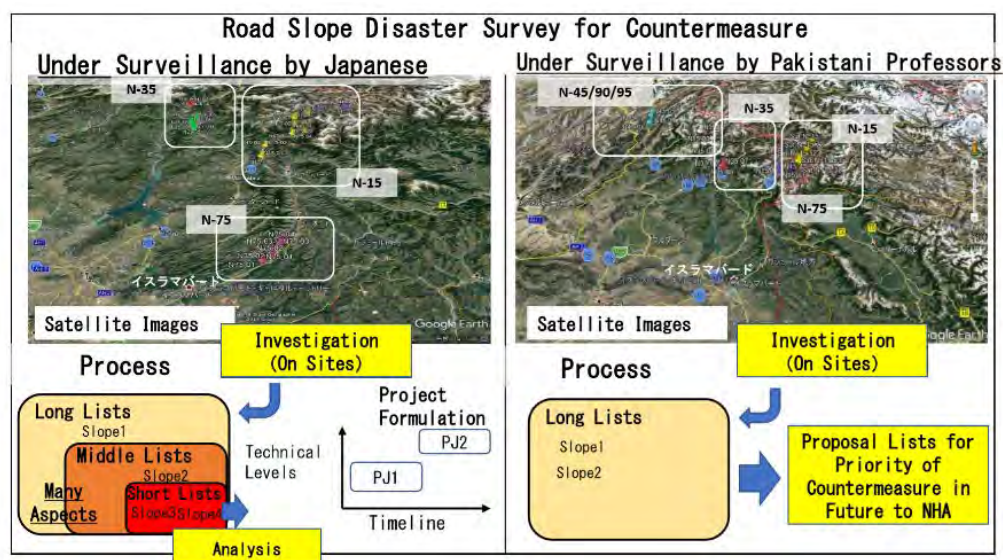


図 4.11 入域可能・不可能域ごとでの対応

(出典:調査団)

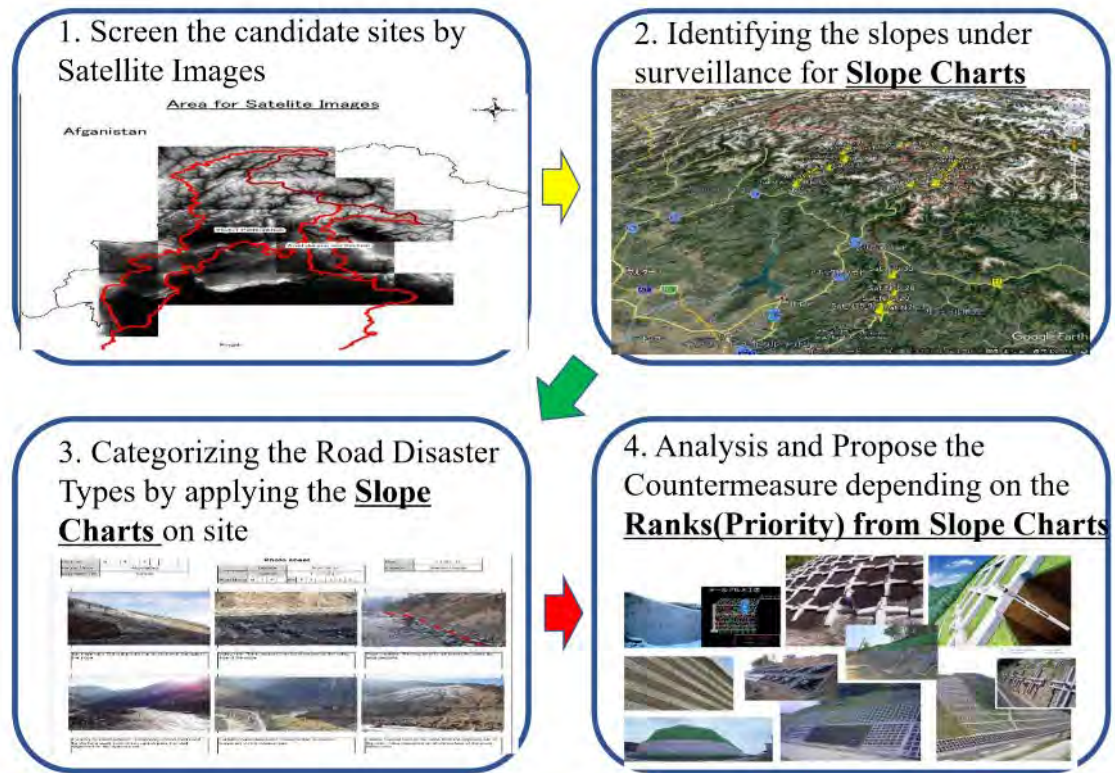


図 4.12 衛星写真判読、斜面カルテ作成、対策工事提案までの具体的な手順

(出典:調査団)

4.3 ロングリストの作成

ロングリストの作成にあたり、まずは本調査で対象とする災害形態（斜面崩壊・落石、土石流、地すべり）を決定した³⁸。

次に候補斜面を衛星画像（Rapid Eye）及び Google Earth を用いた地形判読により本調査の対象となる国道沿いの災害（斜面崩壊・落石、土石流、地すべり）を抽出した³⁹。

地形判読により抽出された斜面より、対象国道沿いに存在する比較的規模の大きいものを優先的に選び、斜面カルテ作成の対象となる斜面を「ロングリスト候補斜面」とした。なお、安全上の理由により、本調査対象エリアの一部（N-15：Naran 以北、N-35：Besham 以北、N-75：Murree 以北、N-45、N-90、N-95）は、日本人の入域が制限されているため、日本人入域無制限地域での現地調査は調査団、日本人入域制限地域での現地調査はパキスタン大学の関係者により実施され、現地状況及び NHA 地方支局等からの要望を踏まえて、最終的な「ロングリスト」を作成した⁴⁰。

下図に日本人入域無制限地域と制限地域の位置図を示す。

³⁸ 4.3.1対象となる土砂災害の形態で詳細説明

³⁹ 4.3.2地形判読で詳細説明

⁴⁰ 4.3.3斜面カルテによる現地調査で詳細説明

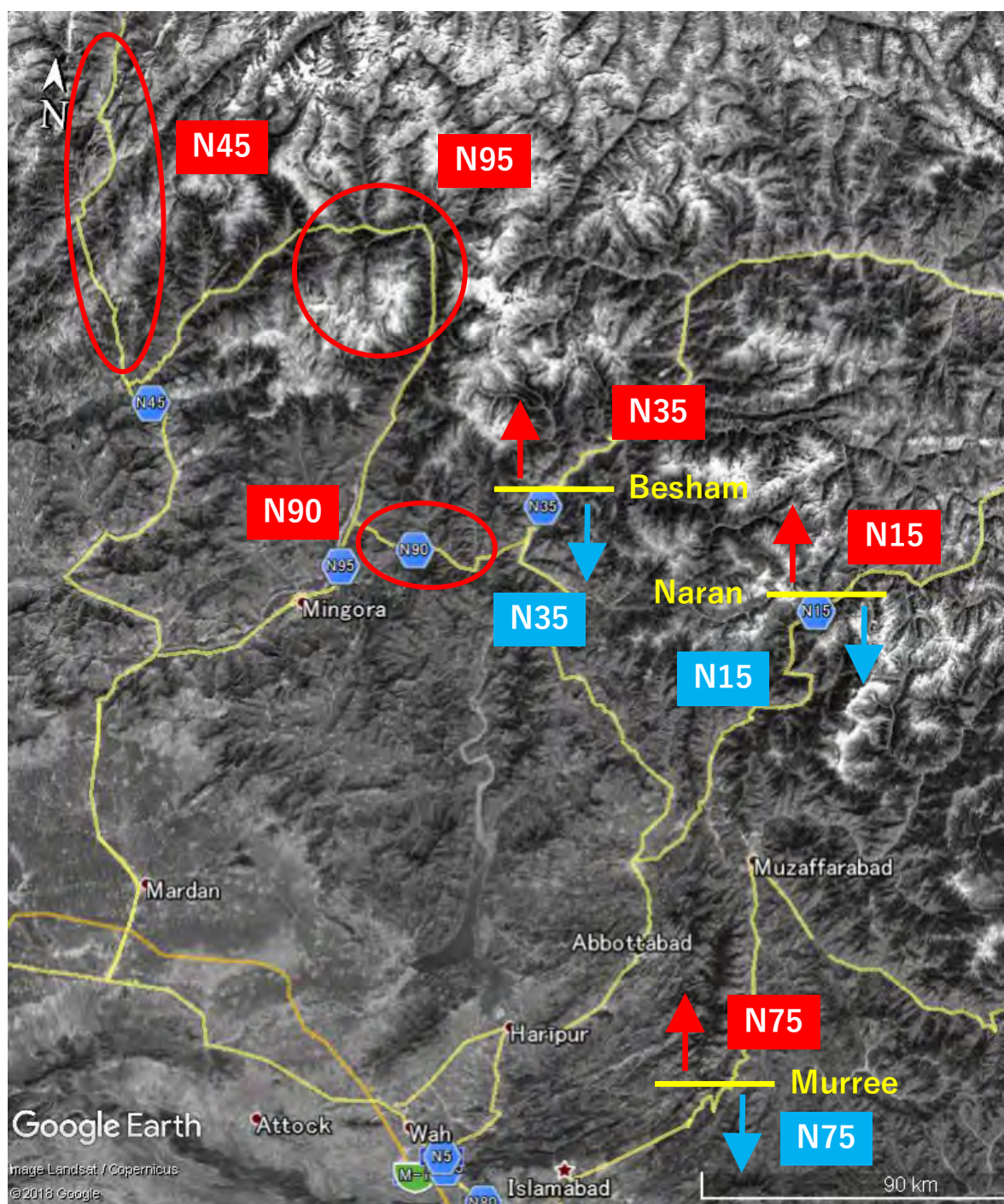


図 4.13 日本人入域無制限地域(青)及び制限地域(赤)の位置図

(出典: Google Earth 一部修正)

ロングリストの作成フローを図 4.14 に示す。

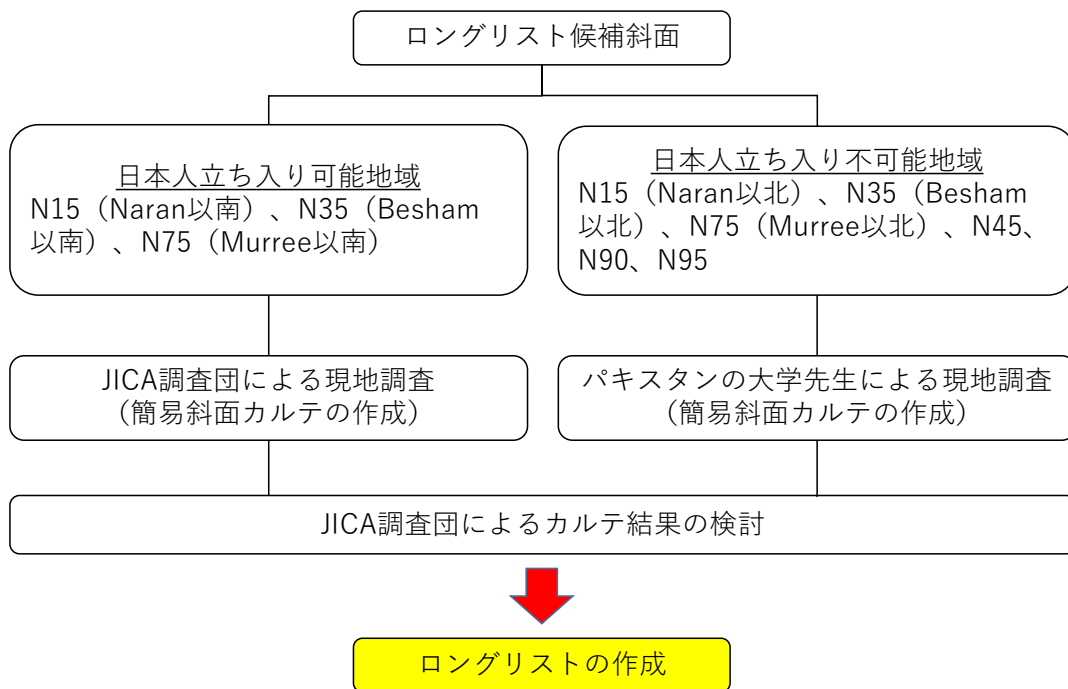


図 4.14 ロングリスト作成の手順

(出典:調査団)

4.3.1 対象とする土砂災害の形態

土砂災害の形態は、現地踏査結果や写真判読、日本での区分に準じて、本調査では下図に示すように地すべり、斜面崩壊・落石、土石流の3つに区分した。

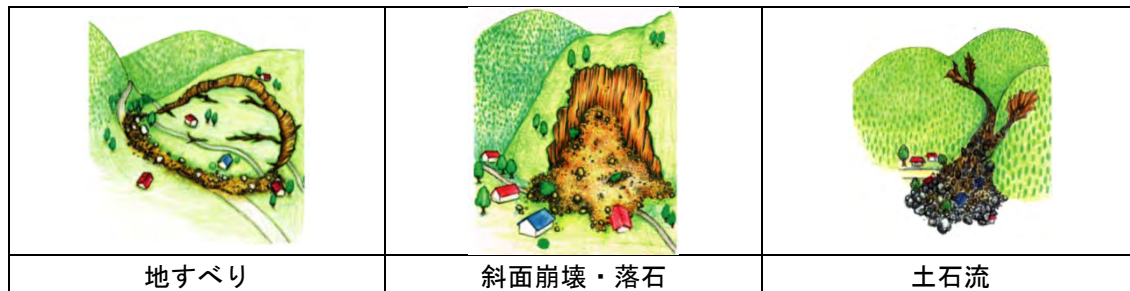


図 4.15 斜面災害の分類

(出典:調査団)

土砂災害の形態は、国や地域によって表現が異なる点があるが、本報告書では上記のタイプ分けを採用した。米国地質調査所によると地すべり、斜面崩壊、土石流を一括して Landslide と表現しており (Cruden⁴¹, Varnes⁴²)、その定義は以下のとおりである。

Landslide は「岩、土あるいはその混合物の斜面下降運動」と定義され¹、「マスウェイスティング (=マスマーブメント)」すなわち、重力の影響により岩や土が下方方向に移動することである。Landslide は、落石、トップリング、すべり、スプレッド、フローを含み、泥流や泥す

⁴¹ Cruden D. M., A Simple Definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 43, pp. 27-29, 1991

⁴² Varnes D. J., Slope movement types and processes. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, Analysis and Control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33, 1978

べり、土石流なども含まれることになる⁴³。Landslide は、降雨や地震、火山活動、地下水位変化、人工的切土盛土、及びこれらの混合によって発生する。本報告書では、この定義による Landslide を土砂災害とする。

米国地質調査所による Varnes の分類²は広く世界的に使用されている（図 4.16）。

本調査で用いる地すべり、斜面崩壊・落石、土石流の 3 形態の詳細について、以下に記述する。

a. 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、土木工事等に起因として、ゆっくりと低標高へ移動する現象と定義される。地すべりは、特異な地質構造の箇所で発生し、比較的広範囲の特異な地形（地すべり地形）を示し、地下水が大きく影響することが多い。斜面崩壊に比べて、発生する斜面の傾斜は緩やかであり、移動時間は長期間にわたる。

b. 斜面崩壊・落石

斜面崩壊・落石は、土砂や土壌、岩塊が下方に落下する現象と定義される。土砂斜面の場合は急崖や斜面の表面に分布する土砂や岩砕、風化岩の表層部分が崩壊する、岩盤斜面の場合は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。斜面の構成物が降雨や地震によって脆弱化する、もしくは岩盤斜面の場合は構成する岩の耐性が低下して、急激に発生する。地すべりと比較して、斜面の傾斜は急であり、短時間で発生する。

c. 土石流

土石流は、主に溪流に滞積する土砂や土壌、岩塊が、表流水や地下水で液状化して山岳地を流下する現象と定義される。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、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。

⁴³ Cruden D. M. and Varnes D. J., Landslide Types and Processes, in Turner, A. K., and R.L. Schuster, Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board Special Report 247, National Research Council, Washington, D.C.: National Academy Press, 1996

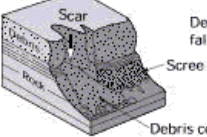
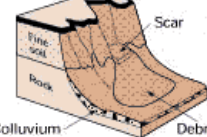
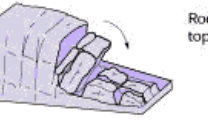
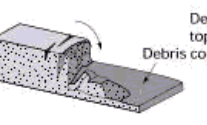
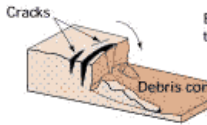
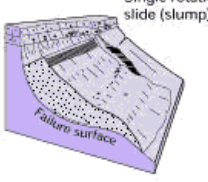
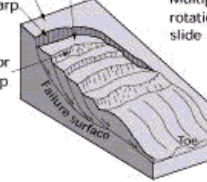
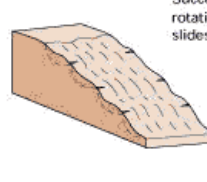
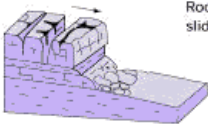
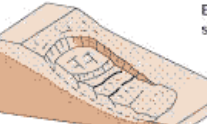
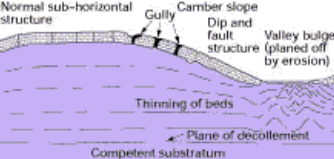
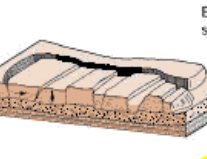
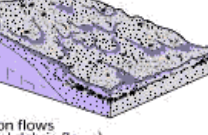
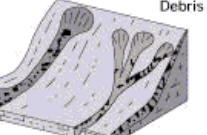
Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS	FALLS			
	TOPPLES			
SLIDES	Rotational			
	Translational (Planar)			
SPREADS				
FLOWS	土石流			

図 4.16 米国地質調査所と本報告書の災害区分の比較

(出典: Varnes⁴⁴を一部修正)

4.3.2 地形判読

ロングリスト候補斜面の抽出において、航空写真及び地形図が入手不可能なため、衛星画像 (Rapid Eye) 及び Google Earth により対象範囲における国道沿いの斜面や地形変状 (斜面地形の変状や断層などの線状地形) を判読し、災害種別 (斜面崩壊・落石、土石流、地すべり) ごとに抽出した。

基本的には Google Earth による地形判読であるが、日本人入域制限地域の一部は積雪で覆われている時期が長いことから、期間設定が限定的である Google Earth 画像では地形判読が困難な状況である。そのため、日本人入域制限地域 (N15 : Naran 以北、N35 : Besham 以北、N75 : Murree 以北) においては、撮影期間を選択できる衛星画像 (Rapid Eye) を用いた。表 4.6 に Google Earth、表 4.7 に Rapid Eye の概要を示す。

⁴⁴ Varnes D. J., Slope movement types and processes. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, Analysis and Control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33, 1978

表 4.6 Google Earth 画像の概要

入手画像	755×566 ピクセル
解像度	1～15m
位置精度	4m (RMSE)
ファイル形式	JPEG
画像データ方向	斜面軸
衛星	Earthsat、DigitalGlobe、Bluesky
座標系	測地系: WGS84

出典: Google Earth

表 4.7 Rapid eye 衛星画像の概要

入手画像	オルソ画像 (Level 3B)
解像度	5m
位置精度	15m (RMSE) 25m (CE90)
ファイル形式	GeoTIFF
画像データ方向	マップ・ノースアップ
画像フレーム	25km×25km
座標系	測地系: WGS84、地形投影: UTM

出典: 一般財団法人リモート・センシング技術センターHP

Google Earth による判読方法は、対象道路付近において本調査対象となる災害（斜面崩壊・落石、土石流、地すべり）の地形の特徴が見られる部分を抽出してそれぞれ番号（例：N75_3）をつけた。図 4.17～図 4.19 に Google Earth での斜面抽出の例を示す。

斜面崩壊・落石においては、①周辺と比べて植生がない、②斜面下部に崖錐堆積物が確認できる箇所を判読した。

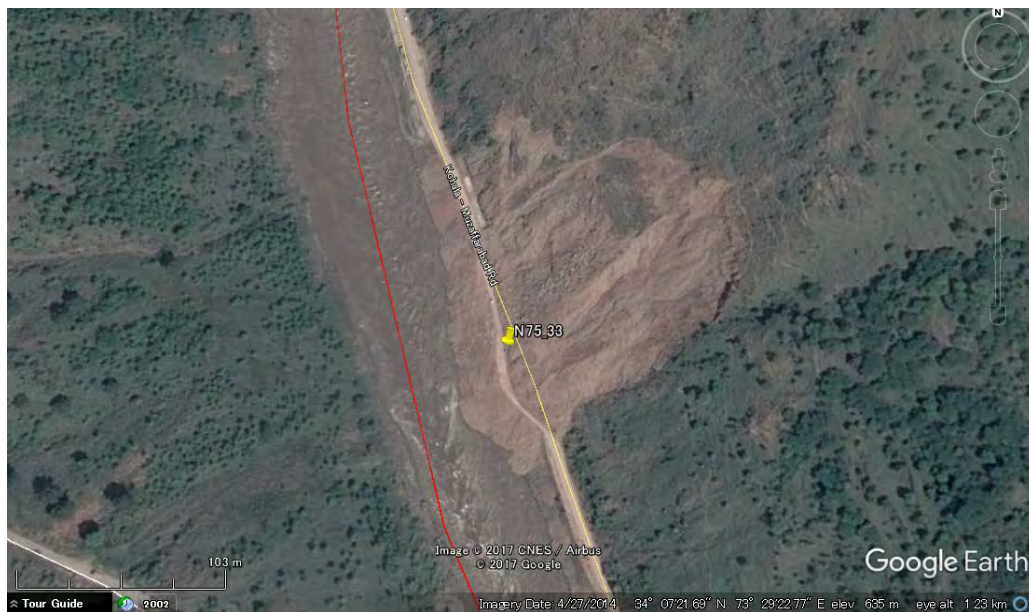


図 4.17 Google Earth による地形判読から得られた候補となる斜面の例（斜面崩壊・落石）

（出典: Google Earth）

土石流においては、①沢の出口付近で扇状に土砂や岩塊の堆積が見られる、②溪流内に山腹崩壊している箇所を判読した。



図 4.18 Google Earth による地形判読から得られた候補となる斜面の例(土石流)

(出典: Google Earth)

地すべりにおいては、①土砂や岩盤が地山から分離した滑落崖などの地形、②横断亀 裂や圧縮リッジなどの地形が見られる箇所を判読した。

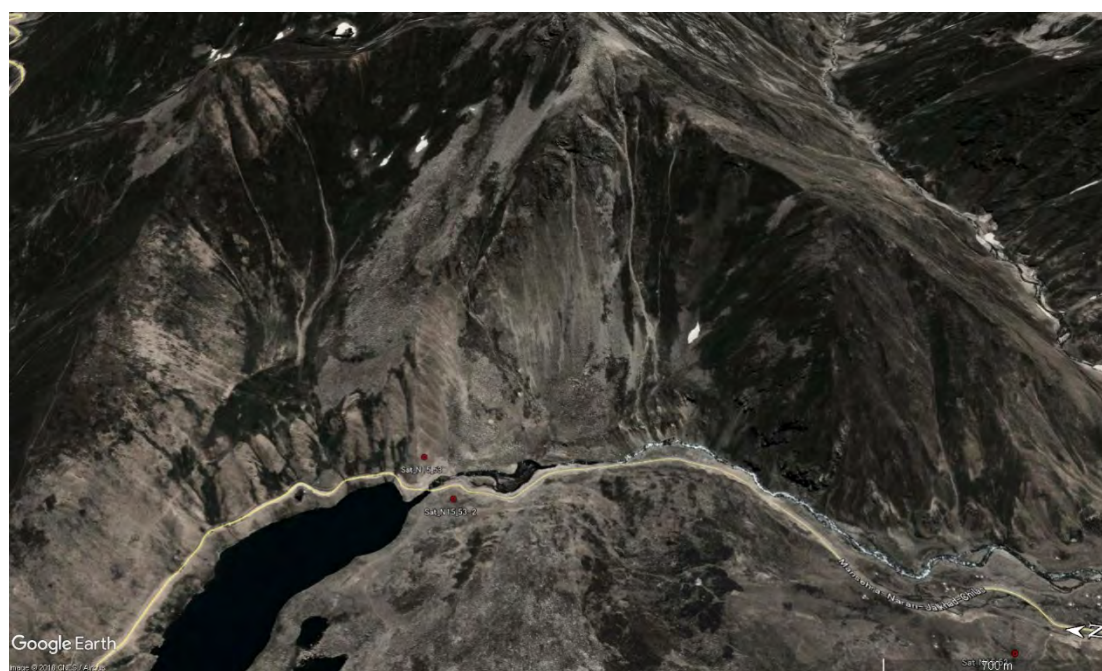


図 4.19 Google Earth による地形判読から得られた候補となる斜面の例(地すべり)

(出典: Google Earth)

Rapid Eye 画像においては、GIS ソフトウェア (ArcGIS) を用いて、溪流 (土石流)、地すべり、斜面崩壊・落石、崖錐堆積物、扇状地及びリニアメントを抽出した。各属性及び着目ポイントについて、下記に示す。

a. 斜面崩壊・落石

【発生域】

斜面上部と中腹部では土塊の変動、下部で河川浸食により発生した崩壊を判読する。確認できない場合は、遷急線を判読する。

【崖錐堆積物】

崩壊地の下部に見られる崖錐（半円錐状の堆積地形）の有無を確認する。



発生域

崖錐堆積物

図 4.20 斜面崩壊・落石における判読例(出典:調査団)

b. 溪流（土石流）

【溪流】

道路の山側で確認できる溪流（谷地形）について、発生源と見られる箇所まで判読する。発生源が確認できない場合は、0次谷もしくは山脈上部まで判読する。

【扇状地】

勾配の緩い円錐体及び扇頂は谷の出口に土砂が堆積しているかを確認する。



溪流

扇状地

図 4.21 溪流(土石流)における判読例 (出典:調査団)

c. 地すべり

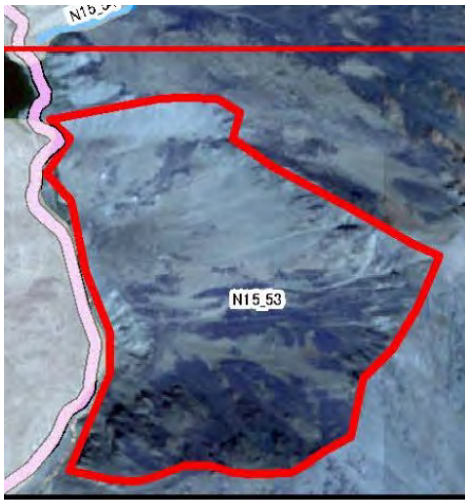
【地すべり土塊】

地すべり地形（滑落崖、段差地形、横断クラック）を判読する。確認できない場合は、周辺地形とのコントラストを確認する。

d. その他

【リニアメント】

道路付近（衛星画像の範囲内）で確認される線状模様を判読する。



地すべり



リニアメント

図 4.22 地すべり及びリニアメントの判読例

（出典：調査団）

上記の確認ポイントを基に、判読した結果を図 4.23 のようにまとめた（巻末資料 1）。地すべり、斜面崩壊・落石及び土石流に関しては、すべて番号（例：Sat_N35_01）を属性情報として追加した。



図 4.23 衛星写真の判読により抽出された候補となる斜面の例

(出典:調査団)

e. ロングリスト候補斜面の作成

上記の地形判読により抽出された斜面から「ロングリスト候補斜面」を作成した。Google Earth 及び Rapid Eye 画像により判読された斜面の内、①災害発生が確認できる、②斜面発生時に被害が大きいと考えられる比較的規模の大きいものを選び、「ロングリスト候補斜面」とした。

図 4.24 に最終的な「ロングリスト候補斜面」の位置図、表 4.8 に各路線のロングリスト候補斜面を示す。

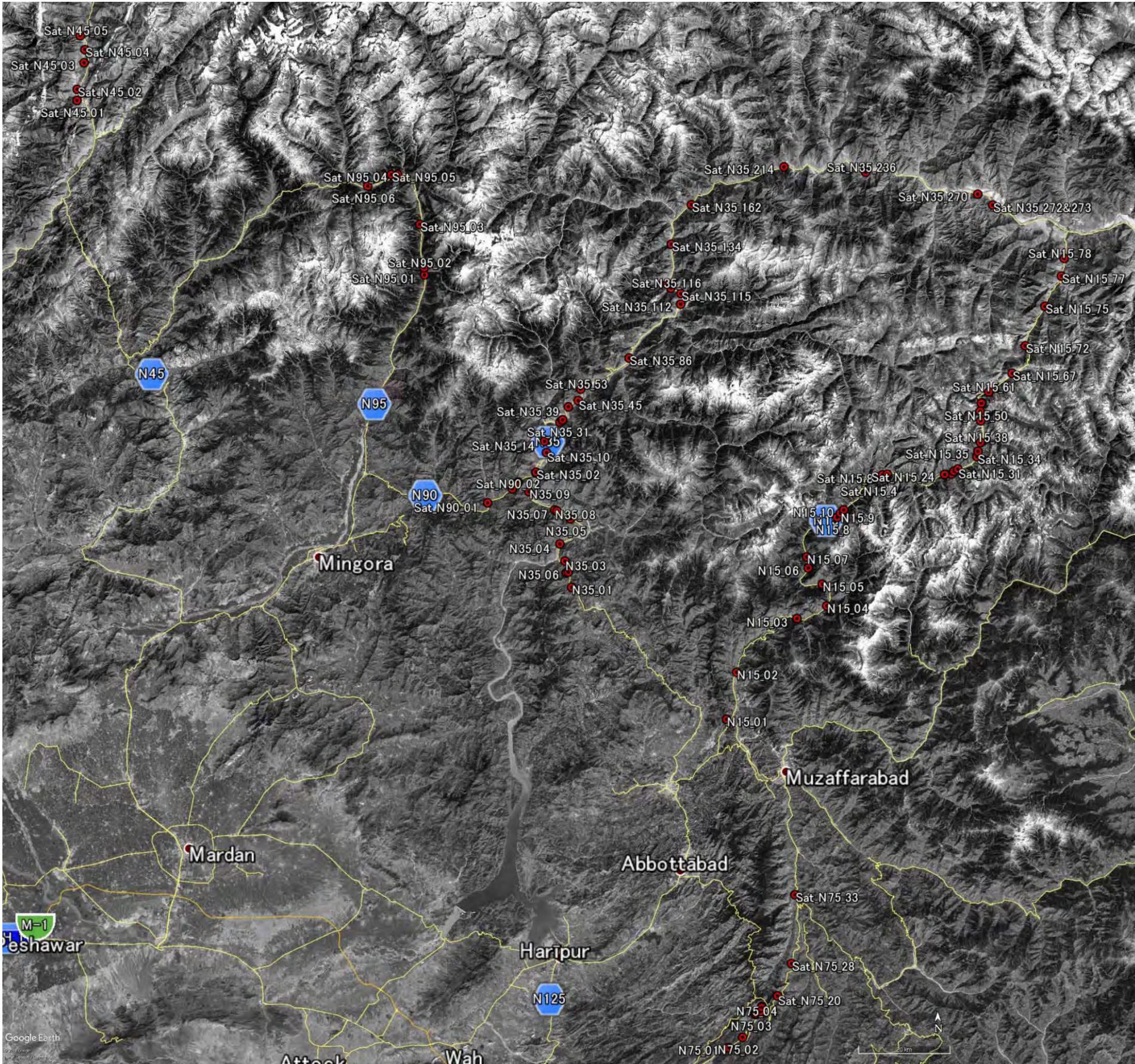


図 4.24 ロングリスト候補斜面の位置図

(出典: Google Earth を一部修正)

表 4.8 ロングリスト候補斜面リスト

N15	災害	N35	災害	N75	災害
N15_01	土石流	N35_1	斜面崩壊	N75_1_1	斜面崩壊
N15_02	斜面崩壊	N35_2	斜面崩壊/落石	N75_2	斜面崩壊
N15_03	斜面崩壊	N35_3	土石流	N75_3	土石流
N15_04	斜面崩壊/土石流	N35_4	土石流	N75_4	土石流
N15_05	土石流	N35_5	土石流	Sat_N75_7	土石流
N15_06	斜面崩壊	Sat_N35_1	斜面崩壊	Sat_N75_9	土石流
N15_07	土石流	Sat_N35_2	土石流	Sat_N75_20	土石流
N15_08	土石流	Sat_N35_10	土石流	Sat_N75_28	土石流
N15_09	土石流	Sat_N35_14	斜面崩壊	Sat_N75_33	斜面崩壊
N15_10	土石流	Sat_N35_28	斜面崩壊/落石	N45	災害
Sat_N15_4	地すべり	Sat_N35_29	斜面崩壊		
Sat_N15_8	土石流	Sat_N35_30	斜面崩壊	Sat_N45_1	落石
Sat_N15_9	土石流	Sat_N35_31	斜面崩壊	Sat_N45_2	落石
Sat_N15_24	斜面崩壊	Sat_N35_39	土石流	Sat_N45_3	斜面崩壊
Sat_N15_29	土石流	Sat_N35_45	斜面崩壊	Sat_N45_4	斜面崩壊
Sat_N15_30	斜面崩壊	Sat_N35_53	斜面崩壊	Sat_N45_5	斜面崩壊
Sat_N15_31	土石流	Sat_N35_54	斜面崩壊	N90	災害
Sat_N15_34	土石流	Sat_N35_86	斜面崩壊		
Sat_N15_35	斜面崩壊	Sat_N35_112	落石	Sat_N90_1	斜面崩壊
Sat_N15_38	土石流	Sat_N35_115	落石/斜面崩壊	Sat_N905_2	斜面崩壊
Sat_N15_50	土石流	Sat_N35_116	斜面崩壊	Sat_N905_3	斜面崩壊
Sat_N15_52	土石流	Sat_N35_119	斜面崩壊	Sat_N90_4	斜面崩壊
Sat_N15_53	地すべり	Sat_N35_134	斜面崩壊	Sat_N90_5	土石流
Sat_N15_53-2	地すべり	Sat_N35_162	斜面崩壊/落石	N95	災害
Sat_N15_61	土石流	Sat_N35_214	土石流		
Sat_N15_67	土石流	Sat_N35_236	斜面崩壊	Sat_N45_1	斜面崩壊
Sat_N15_72	土石流	Sat_N35_270	土石流	Sat_N45_2	土石流
Sat_N15_75	土石流	Sat_N35_272	土石流	Sat_N45_3	土石流
Sat_N15_77	土石流			Sat_N45_4	斜面崩壊
Sat_N15_78	土石流			Sat_N45_5	土石流

4.3.3 斜面カルテによる現地調査

ロングリスト作成のため、地形判読により抽出された「ロングリスト候補斜面」に対し、現地調査を実施した。現地調査の手段として、日本の道路防災総点検⁴⁵で活用されている「防災点検調書」をパキスタンの条件に合った形で改良を加えた「パキスタン適応型簡易診断カルテ（以下、斜面カルテ）」を導入した。斜面カルテは3つのシート「評価シート」、「スケッチシート」及び「写真シート」で構成されている。

評価シートについては、以下の災害種に分けられている；

- 斜面崩壊・落石
- 土石流
- 地すべり

次ページ以降に、「評価シート」（災害種別）、「スケッチシート」及び「写真シート」の例を示す。

⁴⁵ 道路防災点検の手引き「豪雨・豪雪等」（全国地質調査業協会連合会、平成19年9月）

表 4.9 評価シート(斜面崩壊・落石)の例

Evaluation sheet (Slope failure/Rockfall)									
Code no.	N	1	5	3					
Region Office	Abbottabad								
Maintenance Unit	Balakot								
Coordinates					Latitude	N 34° 39' 27"		Date	14-Dec-17
					Longitude	E 73° 30' 4.2"		Inspector	Makoto Tokuda
Road name					N	1	5	Km	7
						2	3	0	0
[Causes]									
Item	factor	category of score	Check	[Countermeasure]					
topography	talus slope, clear convex break of slope, eroded top of slope, overhang, water catchment slope	3 or more correspondences 2 correspondences 1 correspondences no correspondence	✓	Type of countermeasures					
	Collapsed	marked a little marked None	✓	Retaining wall					
	Soil	susceptible to erosion less strength with water	✓	Effectiveness of existing countermeasures					
	Rock	high density of cracks and a weak layers, susceptible to erosion, fast weathering	✓	Potential slope failure are prevented enough, or, it is defended enough when it is generated.					
Geological conditions	Structure	dip slope of bedding plane	✓	Potential slope failure are considerably prevented, or it is considerably defended when it is generated.					
		debris on impermeability bedrock, the upper part is a hard / the toe of slope is weak.	✓	Potential slope failure are partly prevented, or it is partly defended when it is generated. However, it is not enough for the remaining factors.					
			✓	There is no countermeasure, or there is not effective even if countermeasures are not performed.					
[History]									
Surface condition	Topsoil, detached rock and unsteady rock	instability a little unstable stability	✓	Level of disaster history					
	Spring water	notable spring water seepage none	✓	Check					
	Surface condition	bare land with minor vegetation intermediate (bare - grass - tree) mainly structure, mainly tree	✓	There is a history about large fallen rocks and slope failures that were obstacles to the road traffic after construction of recent measures. There is a history about large fallen rocks and slope failures that gets to the road though there is no obstacle to traffic. There is a history about small fallen rocks and slope failures that did not get to the road. No disaster records					
[Hazard]									
Profile	Height (H), dip (i)	height H ≥ 50m 30 ≤ H < 50m 15 ≤ H < 30m H < 15m dip i ≥ 70° 45° ≤ i < 70° i < 45°	✓	[Description]					
Anomaly	Surface collapse, small talus 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-uncertainty none	✓	A: the possibility of collapse/fall is high					
				B: the possibility of collapse/fall is moderate					
				C: the possibility of collapse/fall is low/none					
The massive slope failure was triggered by the earthquake on 2013. Actual road is still buried 5m under the talus deposit. The removal of the talus deposit is still ongoing though it the work has to be done carefully as the small surface failure is continuously occurring at the site. Outcrop (quartzite, shale) can be observed from the scarp of the slope. By pass road were constructed on the opposite of the river though the long-sized truck has a difficulty due to road alignment. Optical fibre cable is buried at the mountain side of the bypass road.									

表 4.10 評価シート(土石流)の例

Evaluation sheet (debris flow)									
Code no.	N 1 5	5							
Region Office	Abbottabad								
Maintenance Unit	Balakot								
Coordinates		Latitude		N 34° 43' 34.1"					
		Longitude		E 73° 33' 36.4"					
Road Name	N 1 5	Km	8	6	+	4	0	0	
Date					Inspector		Makoto Tokuda		
13-Dec-17									
[Causes]									
Item	factor	category	Check						
Property of river	areas that river bed is 15° or more in watershed area	0.50km ² or more 0.15km ² - 0.50km ² less than 0.15km ²	✓						
	steepest slope of river bed	40° or more 30° - 40° less than 30°	✓						
	area that slope gradient is 30° or more in watershed area	0.20km ² or more 0.08km ² - 0.20km ² less than 0.08km ²	✓						
Property of slope	area that meadow and shrub (less than 10m height) occupy in watershed area	0.20km ² or more 0.02km ² - 20km ² less than 0.02km ²	✓						
	artificial works that cause negative effects	certain none	✓						
	new crack and/or slope failure in stream	certain none	✓						
	traces of large slope failure in stream	certain none	✓						
[Countermeasure]				[Hazard]					
Type of countermeasure	Retaining Wall								
Effect of existing countermeasure	none・low moderate high enough	✓							
[Road structure]				[Potential disaster mode]					
structure	10m or more 5m - 10m 3m - 5m less than 3m			category of score			Check		
River width							✓		
Beam height	less than 1m or No bridge / box culvert 1m - 2m 2m - 3m 3m - 5m 5m or more						✓		
[History]				[Expected size of disaster] (width, length, depth, etc.)					
category of score				200m(l)*3m(w)*2(d)=1,200m ³					
Check				✓					
There is a history about debris flow that were obstacles to the road traffic after construction of recent measures.									
There is a history about debris flow though there is no obstacle to traffic.									
There is no history of debris flow									
[Description/comments]				Continuous debris flow is reported in this site. According to the disaster record, the debris could cover 100m along the road. Also, extra precaution shall be given for the big boulders located near the exit of the stream on the mountain side. Optical fibre cable is buried 1m at the mountain side of the road.					

表 4.11 評価シート(地すべり)の例

Evaluation sheet (landslide)									
Code no.	N	7	5	7					
Region Office	Murree								
Maintenance Unit									
Coordinates		Latitude		33.53.34.5		Longitude		73.24.38.0	
Road Name		N	7	5	7	km			
[Countermeasure]									
Category		There is no countermeasure		Effectiveness of countermeasure		Check		Type of countermeasure	
						No effect Some effect High effect		Retaining walls to protect road	
[Causes]									
Topographical factor		Result of photo interpretation		Category		Check			
		exist clearly				v			
		exist but partial and not clear							
		exist but not clear							
		large and new cracks, steps and subsidence							
		small and old cracks, steps and subsidence							
		slight deformation				v			
		no anomalies							
		fault, fracture zone							
		dip slope							
		undip slope/no characteristic feature				v			
		metamorphic rock (schist, quartzite, phyllite etc.)							
		sedimentary rock (sandstone, limestone etc.)				v			
		igneous rock (granite etc.)							
		quaternary deposit (colluvial deposit etc.)							
		much springs / much seepage							
		little springs / little seepage				v			
		trace of water							
		no water observed							
[History]									
Records of Landslide		Existing record (documents or patrimony)		category		Check			
		obvious				v			
		slight							
		none							
		obvious				v			
		slight							
		none							
[Evaluation Rank]									
A: the possibility of debris flow is high		B: the possibility of debris flow is moderate		C: the possibility of debris flow is low/none		✓			
[Description]									
The landslide N-75-7 along the Murree expressway, is an old landslide with around 3 km ² area. Lithology of the site is characterized by claystone, siltstone and sandstone of the Miocene Murree Formation. The visible scarp of the landslide indicates this as an old landslide and has been reactivated many time in the past. Consequently, small landslides were also observed within the landslide. The upper part of the slide is stable, however, the toe of the landslide material is active with potential for future landslide. The right side of the slide is reactivated and can be considered as potential threat to the road in future. Although, the retaining walls is already built to protect the road. However, the displacement upto 4 cm has been observed also in the retaining wall.									
[Expected size of disaster] (width, length, depth, etc.)									
L= 1020 m, W= 650, D, 10-15 m									

表 4.12 スケッチシートの例

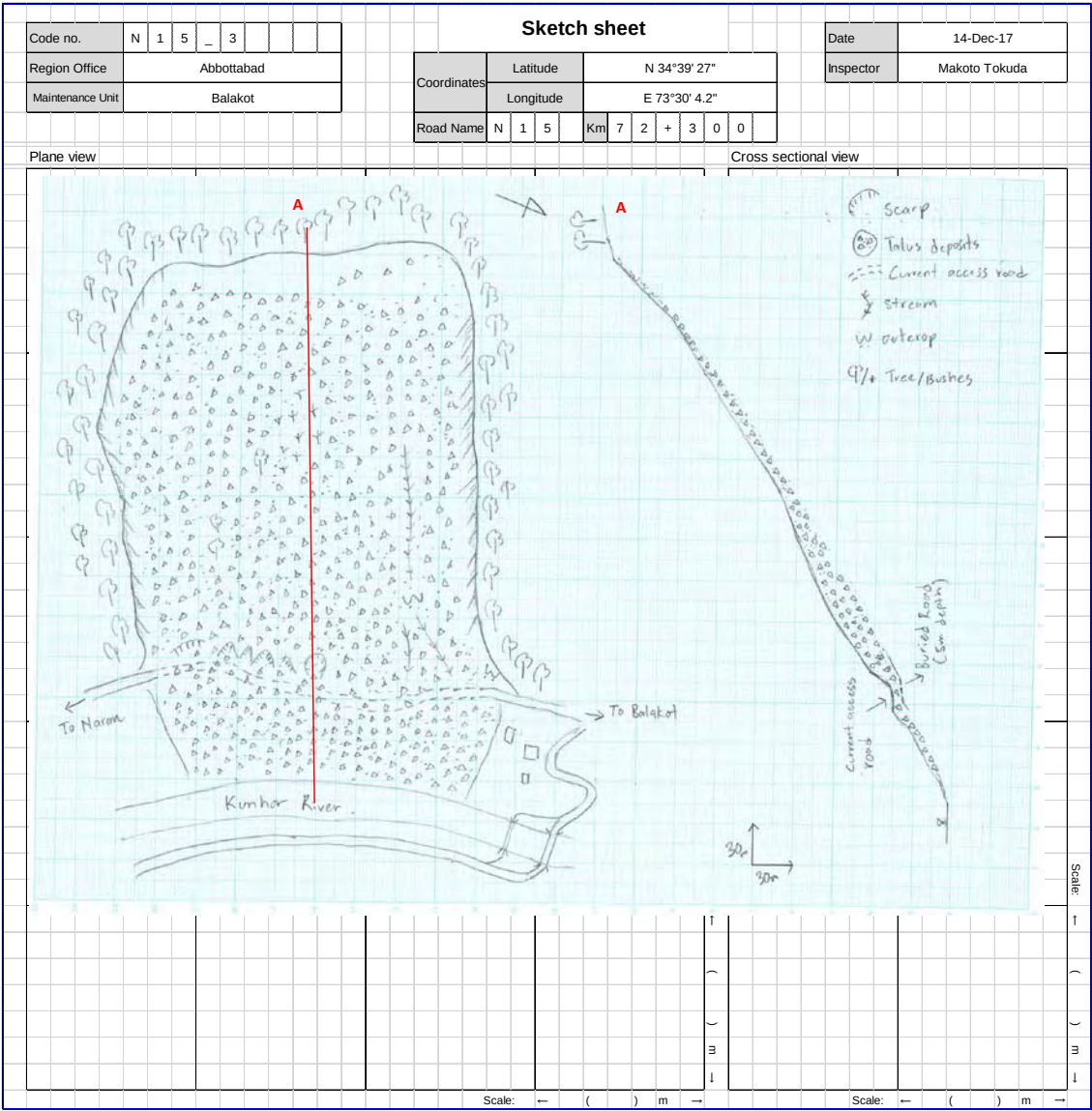


表 4.13 写真シートの例

Code no.										Photo sheet										Date	
N 1 5 _ 3																				14-Dec-17	
Region Office										Abbottabad										Inspector	
Maintenance Unit										Balakot										Makoto Tokuda	
Coordinates										Latitude										N 34°39' 27"	
										Longitude										E 73°30' 4.2"	
Road Name										N 1 5 Km 7 2 + 3 0 0											
																					
Overall view of the slope from the opposite site of the river. Talus deposited on whole surface of the slope failure area.										Valley side: Talus deposits can be observed on the valley side of the slope.										Road condition: Existing road is still buried 5m under the talus deposits.	
																					
Existing countermeasures: Temporary access road used for the long-sized truck which cannot pass the road alignment on the bypass road.										Existing countermeasures: Bailey bridge is used as temporary on the bypass road.										Mountain side: Talus deposits can be observed throughout the slope.	

a. 現地調査方法

現地調査（斜面カルテ作成）において、日本側の調査団はロングリスト候補斜面のうち入域可能範囲で現地調査を行い、パキスタン大学関係者（表 4.14）は日本人入域制限地域の現地調査を行った。パキスタン大学関係者はいずれも地質学系の教授職であり、本調査で現地調査前に実施した斜面カルテのOJT経験に加え、土砂災害調査の豊富な経験を有していることから、成果品の品質に問題はない。

表 4.14 パキスタン大学の関係者

名前	組織	役職
Muhammad Basharat	Institute of Geology, University of Azad Jammu and Kashmir, Muzaffarabad, Pakistan	Associate Professors
Yasir Sarfraz		
Sajid Ali	RWTH Aachen University, Germany	Neotectonics & Natural Hazards Group
Muhammad Shafique	National Center of Excellence in Geology, University of Peshawar, Peshawar, KPK, Pakistan	Assistant Professor

出典：調査団

次に、日本側の調査団及びパキスタン大学関係者の調査範囲を示す。

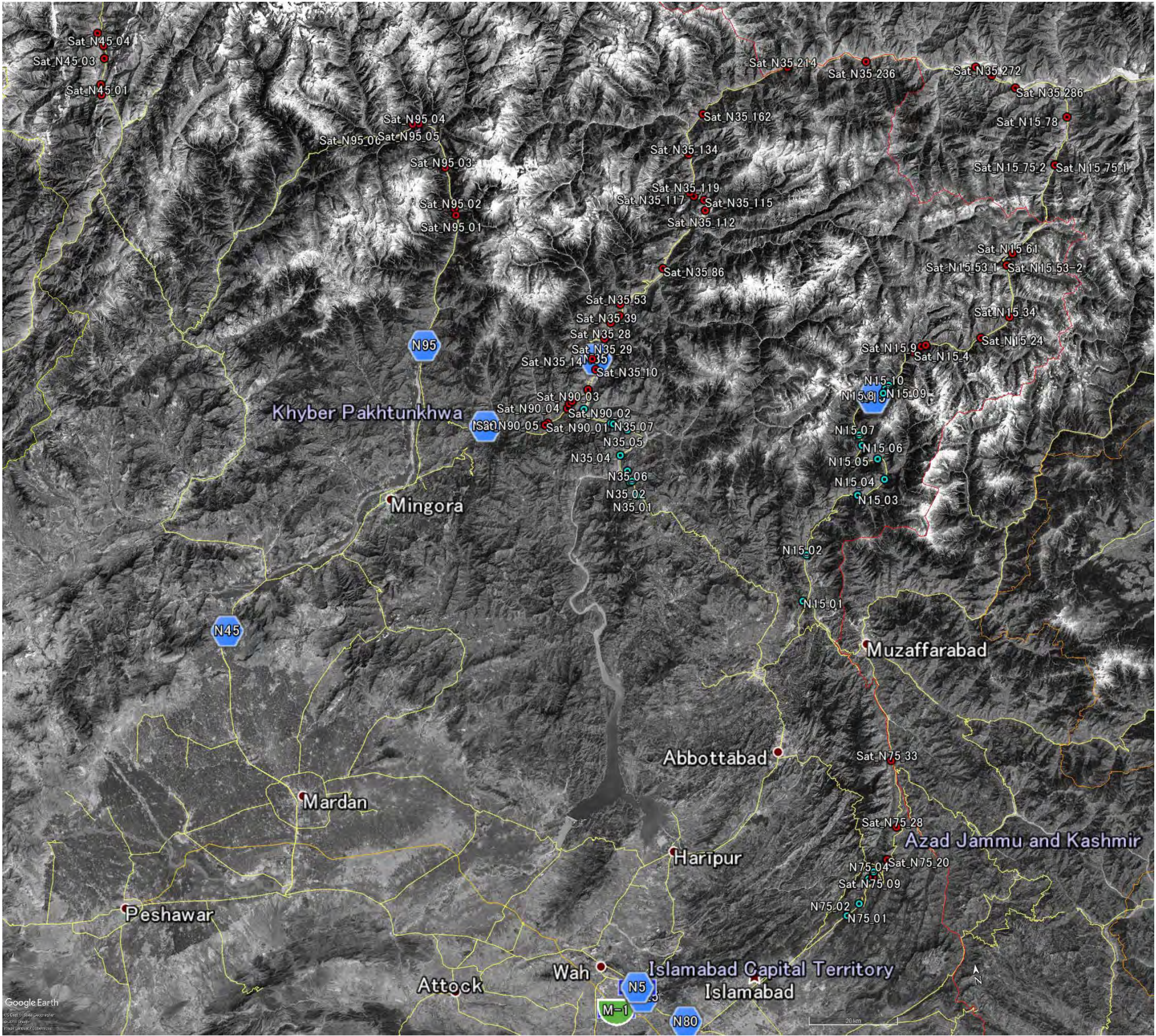


図 4.25 調査団(青)及びパキスタン大学の関係者(赤)の調査範囲の位置図(出典:Google Earth を一部修正)

斜面カルテは、基本的に現地調査での目視確認で作成するが、目視確認ができない下記のような項目については、以下の方法を用いた。

- ① 土石流の流域、植生、発生源の面積：Google Earth の面積ツールを使用
- ② 土石流の勾配： Google Earth の標高情報を目安に推定
- ③ 土石流の斜面状況：Google Earth による確認（判読）
- ④ 災害履歴：NHA への聞き取り調査

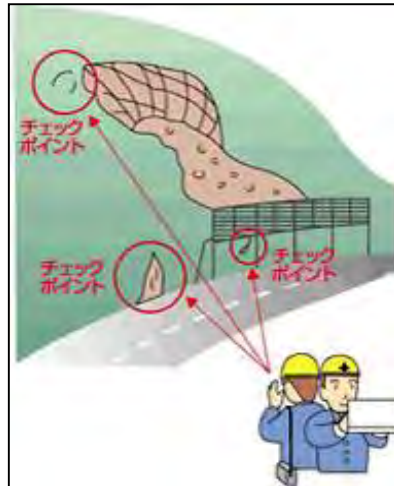


図 4.26 目視確認によるカルテ作成方法

（出典：西日本技術開発株式会社）

表 4.15～表 4.18 に共通及び災害種別の記載事項を示す。

表 4.15 斜面カルテ（共通）の記載事項

確認事項	内容
基礎情報（点検者、日付）	カルテを作成した担当者及び日付を記載する
位置情報（道路名、座標）	調査箇所が第三者に分かるよう記載する
管理情報（道路管轄）	対象斜面の責任が特定できるよう記載する
素因及び要因	対象斜面における変状や特徴について記載する
既存対策工と効果	既存の対策の種類及びその効果について記載する
災害履歴	災害履歴及び規模を記載する
想定される災害規模	災害が発生した際に想定される規模を記載する
総合及び技術的コメント	上記の記載事項に反映されない要素について記載する
評価ランク	災害規模とハザードより評価する

出典：調査団

表 4.16 斜面カルテ（斜面崩壊・落石）の記載事項

確認事項	内容
災害と斜面の種類	災害の種類（崩壊/落石）、斜面の種類（切土/自然斜面）を記載する

出典：調査団

表 4.17 斜面カルテ(土石流)の記載事項

確認事項	内容
想定される災害	災害が発生した際に想定される災害種を記載する
河川及びビーム情報	河川幅及び桁高さについて記載する

出典:調査団

表 4.18 斜面カルテ(地すべり)の記載事項

確認事項	内容
地すべり範囲	道路から見る斜面(山側、谷側、どちらも)について記載する

出典:調査団

b. 斜面カルテ作成における範囲とポイント

斜面カルテ作成は、道路災害の可能性がある①斜面崩壊・落石、②土石流、③地すべりが対象となる。斜面カルテ作成における留意した点は以下の通りである。

b.1 範囲

範囲は道路災害の種類によって以下のように異なる。

表 4.19 範囲の概要

確認事項	内容
斜面崩壊・落石	地形判読において顕著な発生源が判読され、道路へ崩落する可能性のある場合には基本的に発生源まで確認する。ただし、判読した発生源への接近が困難な場合は、地形判読結果をもとにカルテを作成する。
土石流	地形判読において顕著な発生源が判読され、道路へ到達する可能性のある場合には、発生源の状況を確認する。ただし、判読された発生源への接近が困難な場合、地形判読の結果をもとにカルテを作成する。顕著な発生源が判読できない場合には、溪流河床の踏査については可能な範囲で行い、土石の堆積状況や堆積物再移動の形跡等を観察する。併せて、机上調査結果をもとにカルテを作成する。
地すべり	地形判読により判読された地すべりについては、舌端部の変状部分など判読された地すべりの特徴が顕著に生じている箇所を踏査の対象箇所とする。ただし、判読された箇所への接近が困難な場合は、地形判読の結果をもとにカルテを作成する。

出典:全国地質調査業協会連合会

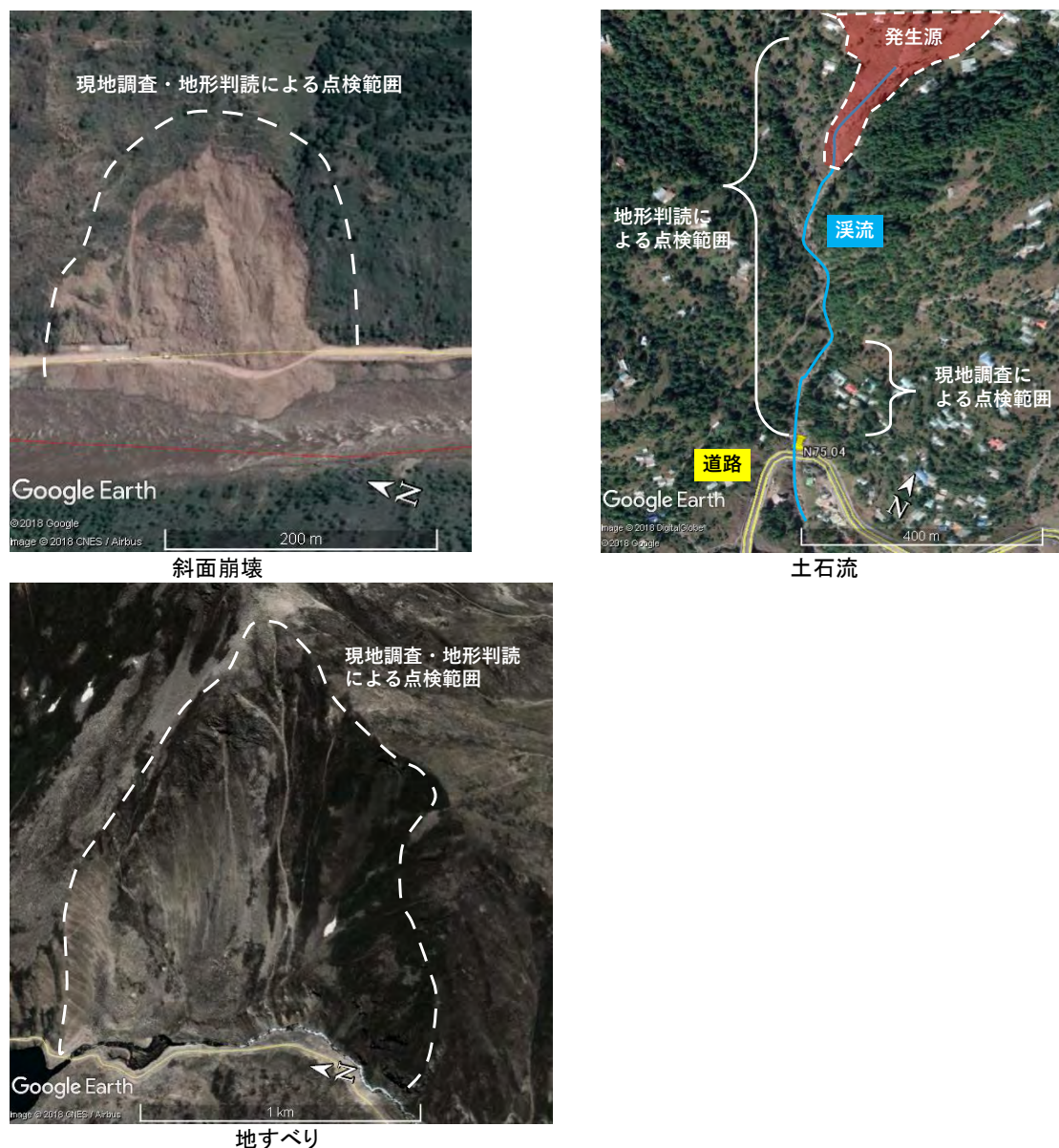


図 4.27 災害種別の点検範囲の例

(出典:調査団)

b.2 調査ポイント

b.2.1 斜面崩壊・落石

斜面崩壊・落石に関する確認ポイントは以下の通り；

【地形】

斜面崩壊・落石現象が比較的活発な箇所では、その結果として形成された特有の地形（崖錐、明瞭な遷急線、オーバーハング、集水型斜面）が見られたり、斜面崩壊・落石現象を促進する地形が見られる場合が多い。したがって、これらの地形が明瞭の地域は落石・崩壊の可能性が高いと判断できる。

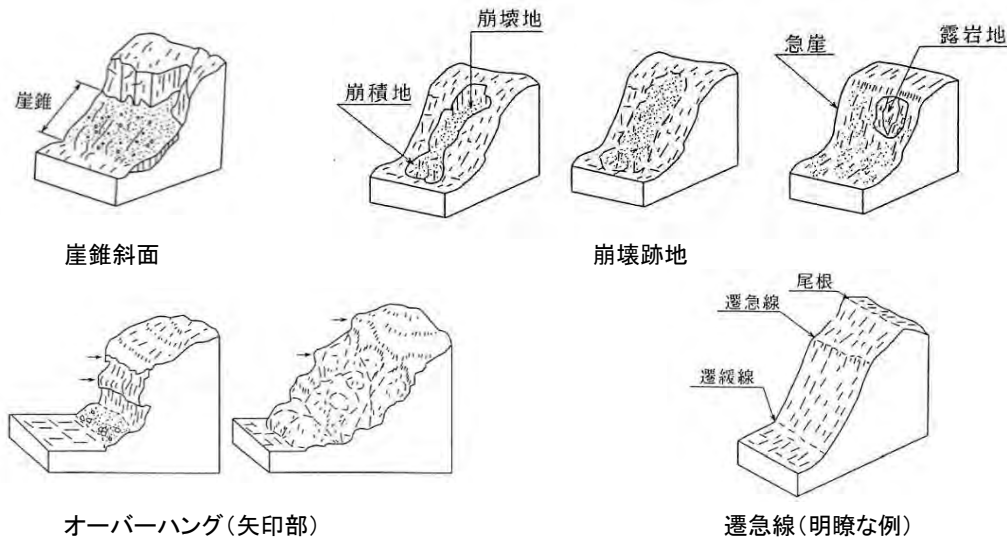


図 4.28 斜面崩壊・落石における代表的な地形

(出典:全国地質調査業協会連合会)

【土質、地質、構造】

斜面崩壊・落石現象が発生しやすい（斜面崩壊・落石のサイクルが速い）土質、地質、構造として、以下が挙げられる；

土質：浸食に弱い、水を含むと強度が低下する

地質：割れ目や弱層の密度が高い、浸食に弱い軟岩、風化が早い

構造：流れ盤、不透水基盤上の土砂、上部が硬質／脚部が脆弱

【表層の状況】

現地調査の際に、①表土及び浮石・転石、②湧水、③被覆の状況について確認する。

【形状（のり面・自然斜面の勾配と高さ）】

同一の地形、地質及び水理条件であるならば、のり面・自然斜面の勾配は急なほど、また、のり高が高いほど安定度が低いと判断できる。

【変状】

のり面・自然斜面に見られる変状（小落石、ガリー浸食、洗掘、パイピング孔、亀裂、はらみ出しなど）は、該当箇所の安定度を判断する目安となる。

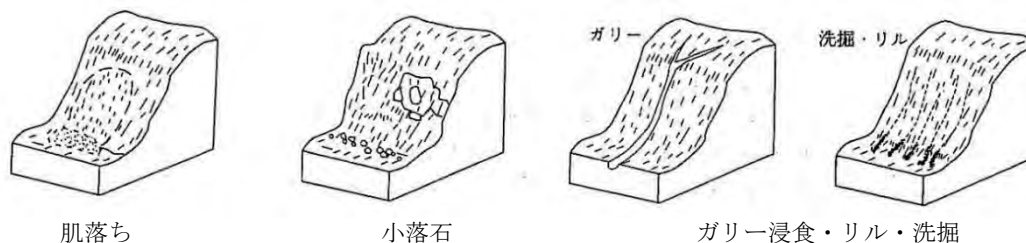


図 4.29 斜面崩壊・落石における代表的な変状

(出典:全国地質調査業協会連合会)

【被災の履歴】

最近の対策工実施以降、当該のり面・自然斜面で斜面崩壊・落石が発生している場合には、被災の頻度と交通への支障の程度より判断する。

b.2.2 土石流

土石流に関する確認ポイントは以下の通り。

【溪流の特性】

溪床勾配が 15° 以上を発生流域面積とする（Google Earth の定規機能により面積を算出）。なお、発生源を現地調査で確認できない場合は、地形判読結果を用いる。最急溪床勾配についても、現地調査で確認できない場合、地形判読結果を用いる（Google Earth の標高情報を目安に推定）。

【斜面の特性】

斜面勾配が 30° 以上の斜面の面積、草地及び灌木（樹高 10m 程度以下）の占める面積、新しい亀裂・滑落崖及崩壊履歴の有無を確認する。なお、現地調査で確認できない範囲は、地形判読結果を用いる（Google Earth の定規機能により面積を算出）。不安定な土砂を伴う人工構造物の有無については、溪床勾配 15° 以上の流域内での不安定な土砂を伴う人工構造物について確認する。なお、現地調査で確認できない範囲は、地形判読結果を用いる（Google Earth による確認）。

【道路構造】

桁下もしくはボックスカルバート内の土砂堆積状況、河川幅及び桁下高を確認する。桁下高さとは、溪床から道路施設の桁下までの高さのことである。また、ボックスカルバートの場合は内空高さを読み替える。

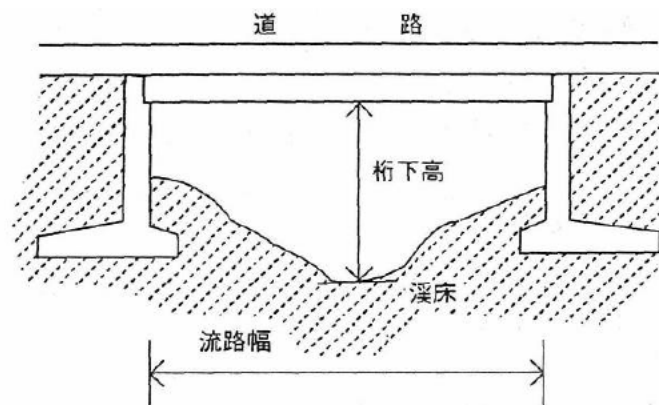


図 4.30 桁下高さと流路幅の取り方

（出典：全国地質調査業協会連合会）

【想定被災形態】

土石流災害が発生した場合に想定される溪流の道路横過部での道路及び道路構造物の被災の形態を予想し、以下のいずれかに分類する。

- ① 橋梁の破損
- ② 盛土流出
- ③ 路上への土砂氾濫堆積

b.2.3 地すべり

地すべりに関する確認ポイントは以下の通り；

【地すべり地形】

地すべりは、地すべり地形を示す斜面で地すべり土塊が再移動する場合（再活動型）と、地すべり地形を示していなかった場所に、新規に地すべりが発生する場合（初生型）に分けられる。後者の発生頻度は低く、前者は高い。したがって、地すべり発生の可能性がある場所を知るためには、まずは地すべり地形を把握する。

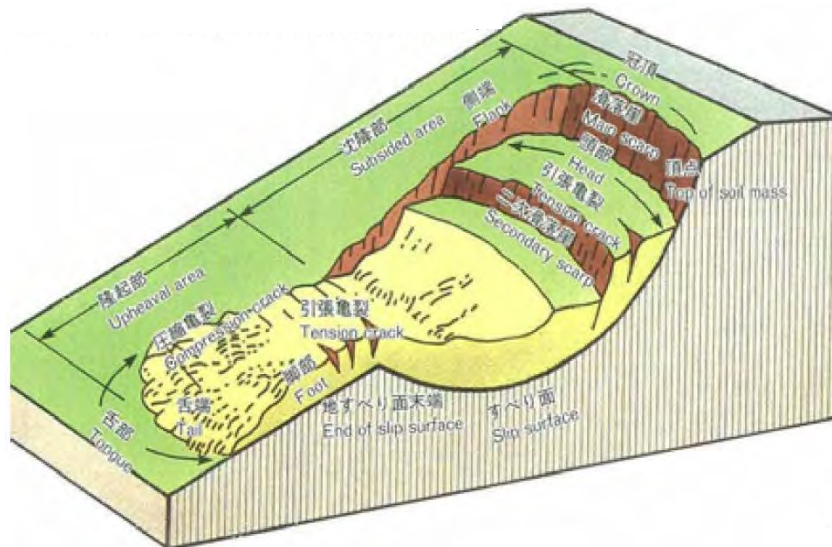


図 4.31 代表的な地すべり地形

（出典：J. Varnes, 1978 に一部修正）

【地質等】

地すべりは、第三紀層分布地帯、破碎帯、火山変質帯での発生が多い等の特徴があり、地すべりの発生とつながりが深い地質等の条件を把握する。

【地すべり履歴】

一般的に地すべりの活動は、周期性、反復性を示すのが特徴である。したがって、地すべり履歴を把握することは、今後の地すべりの発生の可能性を考える上で重要である。

【地すべり兆候】

地すべりが活動を始めると、移動土塊の表面には亀裂、陥没、隆起等の微地形を確認する。

c. 現地踏査結果

現地調査実施にあたり、地形判読により抽出された「ロングリスト候補斜面」のうち、対象斜面が立ち入り不可なエリア（私有地や軍地など）においてはカルテ作成の対象斜面から除外した。除外箇所は以下のとおりである。

N35_4：中国により建設された橋梁で、一般的立ち入り（徒歩）は認められていない。

また、「ロングリスト候補斜面」以外に NHA 地方支局の要望等により 5 箇所追加した。追加 5 箇所及びその理由は以下のとおりである。

N35_6：斜面崩壊が 2017 年 11 月頃に発生し、道路の通行に影響を与えた

N35_7：2017 年 12 月 18 日に落石が発生した

N35_8：地形判読では確認できなかったが、現地調査の結果、亀裂が発達し、岩が道路突き出しており、落石の発生可能性が極めて高い

N35_9：毎年雨季に土石流が発生し、2017 年には数日間にわたり通行止めとなった

N75_5：地形判読では確認できなかったが、現地調査の結果、既存対策工（谷側の擁壁）の機能低下のため、破損する可能性が高い

表 4.20 にロングリスト候補斜面数と最終的なロングリスト数、図 4.32 その位置図を示す。ロングリストの現地調査結果については、表 4.21 に示す。ロングリスト箇所の斜面カルテによる調査結果を巻末資料 2 に添付する。

表 4.20 ロングリスト個所数

路線	日本人入域無制限地域		日本人入域制限地域	
	計画	実施済	計画	実施済
N 15	10	10	10	10
N 35	5	9	25	25
N 45	0	0	5	5
N 75	5	6	5	5
N 90	0	0	5	5
N 95	0	0	5	5
合計	20	25	55	55

出典：調査団

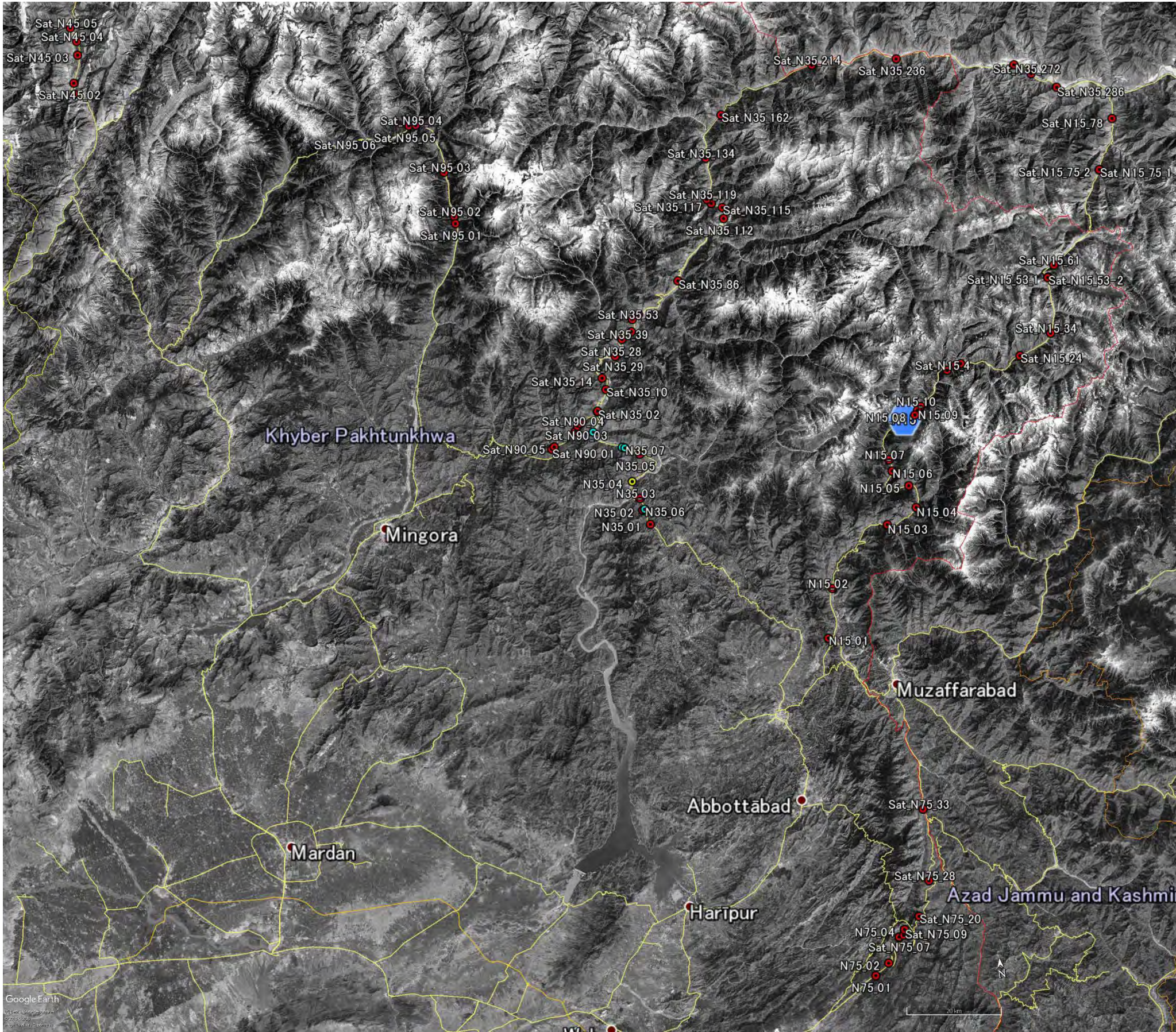


図 4.32 現地調査を実施した位置図(赤:当初予定箇所、緑:追加、黄:消去)

(出典: Google Earth を一部修正)

表 4.21 ロングリスト

No.	災害種類	災害履歴	要因	地質	備考	ハザード
N15_1	土石流+斜面崩壊	b	道路下の排水水路が小さいため、降雨時に上流側の土砂が道路に堆積すること懸念が懸念される	低ヒマラヤ帯の変成岩類	□河川には多くの巨石（転石）が堆積し、河床は比較的に緩傾斜（＜30°）である。溪流付近に斜面崩壊の形跡がある。	b
N15_2	斜面崩壊	c	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	低ヒマラヤ帯の変成岩類（珪岩、粘板岩）	□斜面には植生が多く、古い崩壊地と考えられる。斜面末端部に位置する道路には、変状が確認された。	c
N15_3	斜面崩壊	a	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化し、地震時に崩壊した。	低ヒマラヤ帯の変成岩類（珪岩、粘板岩、千枚岩）	□2013年の地震により、大規模な斜面崩壊が発生した。現在は対岸に迂回道路があるが、大型車両の通過が難しい線形となっているため、早急の復旧が求められている。 □土砂除去作業が実施されている中、小規模な表層崩壊が頻繁に発生している	a
N15_4	斜面崩壊+落石	c	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	低ヒマラヤ帯の変成岩類（粘板岩）	□浸食による表層崩壊が発生していると考えられる。	b
N15_5	土石流	a	雨季時に山腹斜面より崩壊土砂が運搬されたと考えられる。	低ヒマラヤ帯の変成岩類	□土砂が道路上に堆積し、通行止となる状況が毎年雨季に発生している。斜面側の溪流出口に巨大な転石を多数確認されるが、比較的安定していると考えられる	a
N15_6	斜面崩壊	a	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	低ヒマラヤ帯の変成岩類（片岩、片麻岩）	□斜面崩壊が頻繁に発生し、道路上に堆積している。また、崩壊に伴い、対策工（擁壁及びびじかご）の破損しており、道路沈下が 数十mにわたる確認された。	a
N15_7	土石流	c	雨季における河岸の浸食による橋梁（ベイリー式組立橋）の破損が懸念される	低ヒマラヤ帯の変成岩類	□河川と橋が交差する両岸には擁壁があり、浸食防止としては十分と考える	c
N15_8	落石	a	直角となる斜面によって供給される落石は、道路への被害をもたらしている	低ヒマラヤ帯の変成岩類	・過去に大規模な落石が発生しており、今後も発生する可能性が高いと考える。また、既存の擁壁は落石に対する効果はないと考える。	a
N15_9	斜面崩壊+落石	a	斜面は破碎しており、表層は強風化により表層崩壊が発生している	低ヒマラヤ帯の変成岩類	・斜面災害が毎日発生し、特に雨季では顕著に著る（NHA）。既存の対策工による効果は不十分と考える	a
N15_10	土石流	a	雪解け時期には、溪流に沿って下流に流れる水河が河川に堆積し、河川の水位上昇に伴い道路には土砂が堆積する	低ヒマラヤ帯の変成岩類	・水河と共に運搬される土砂は、巨石も含まれている	a
Sat_N15_4	地すべり	a	古い回転型地すべりで、道路工事および降雨時に再活動した。滑落崖には浮石が多く点在しており、道路へ影響が懸念される。	花崗岩および片岩	・地すべりの上部は植生が見られるが、下部は植生がなく、地すべりが活動的である。	b
Sat_N15_8	土石流	a	大量の表流水が溪流内の水河より供給されており、道路への影響が懸念される。	砂礫およびシルト	・5m ² 程度の砂礫が点在している。5年毎に大きな土石流が発生している。	b
Sat_N15_9	土石流	a	降雨時に、狭い溪流から供給される土砂が道路へ到達する可能性がある。	砂礫およびシルト	・既存擁壁の一部に破損が確認されている	b
Sat_N15_24	斜面崩壊	c	斜面内の浸食よりガリーが形成されている。	変成岩類	・既存擁壁により、土石流による道路破損は軽減されるものの、斜面安定化の対策工は実施されていない。	c
Sat_N15_34	土石流	a	大きな集水域より大量の表流水が連続的に供給されている。		・道路の約80mが土石流により破損している	a
Sat_N15_53_1	地すべり	a	現在は、この岩石なだれ跡による災害は発生していないが、今後の道路への影響が懸念される。	花崗岩および片麻岩	・古いなだれ跡があ河川を堰き止め、Laluser湖が形成された。	a
Sat_N15_61	土石流	a	土石流は広い表流水面積かつ急な河床で発生している。今後、土石流が道路へ到達する可能性が高い。		・既存カルバートによる排水機能は不十分である。溪流内の斜面には斜面崩壊がいくつか確認されている。	a
Sat_N15_75_1	土石流	a	長距離な溪流より大量の土砂が供給され、道路へ到達する可能性がある。	斑レイ閃緑岩および花崗岩類	・2017年7月の豪雨時に巨大な土石流が発生した	a
Sat_N15_75_2	土石流	a	急崖より土砂が供給されている。無数の浮石が確認されており、道路への到達が懸念される。	斑レイ閃緑岩および花崗岩類	・2017年8月の豪雨時に巨大な土石流が発生した	a
Sat_N15_78	斜面崩壊	a	未固結堆積物（崖錐）が斜面内に確認されており、崩壊が懸念される。		・崖錐に対する対策は実施されていない。	b
N35_1	斜面崩壊+落石	b	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類（片岩）	□既存の対策工（吹付&杭入り擁壁）については、Frontier Works Organization (FWO)より5年前に施工されている。ただ、対策工の範囲外に表層崩壊が発生しており、以前より崩壊範囲が拡大していることが確認された。 □現在、OPECIによる道路拡張工事が実施されており、将来的には斜面側から谷側に道路線形が変わる	b
N35_2	斜面崩壊+落石	c	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類（片岩）	□斜面側の溪流出口で落石を伴う小規模な表層崩壊が確認された。斜面には直角の亀裂が発達しており、今後も崩壊範囲が拡大すると考えられる。	c
N35_3	土石流	b	発破により斜面崩壊が発生し、雨季時に山腹斜面より崩壊土砂が運搬されたと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類（結晶片岩、珪岩、粘板岩）	□現場は道路工事用（OPEC）の採石場で、溪流内は、発破により崩壊した土砂が堆積する。 ・巨石が道路側突き出しており、除去が必要とされる。	c
N35_4	土石流	c	中国企業により施工されているため除く	高ヒマラヤ帯の変成岩類	□2010年に下流側に新たな橋梁が中国により建設され、現在は一方通行として、どちらの橋梁も使用されている。 □両岸には警報ポストがあり、セキュリティ上問題となるため、候補地からは除外するべき。	c
N35_5	土石流	b	雨季時に上流側の山腹斜面より崩壊土砂が運搬されたと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類	□斜面側の溪流出口は、約20mの絶壁となっており、雨季には滝となる。絶壁から道路へは約22mの幅があり、過去に土砂が道路上に堆積した履歴はない。	c
N35_6	斜面崩壊	c	破碎されている変成岩類から成る斜面は、表層の風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類（粘板岩、片岩、片麻岩）	□NHA (Abbottabad事務所)による追加要請の現場（表面浸食及び風化による表層崩壊であり、3年前より頻繁に崩壊している）。	b
N35_7	落石	b	破碎されている変成岩類から成る斜面は、風化及び植生根の成長により不安定化している。岩体が道路側に突き出しており、亀裂が発達しているため、落石の可能性は高いと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類（粘板岩、千枚岩）	□NHA (Abbottabad事務所)による追加要請の現場。 □岩体が道路側に突き出しており、亀裂が発達しており、落石後の二次災害が懸念される。	b
N35_8	落石	a	破碎されている変成岩類から成る斜面は、風化及び植生根の成長により不安定化したと考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類（粘板岩、千枚岩）	□NHA (Abbottabad事務所)による追加要請の現場（2週間の間に落石が二度発生）。 □落石の原因は、亀裂内に成長した植生根が発達し、岩を押し出していると考えられる。斜面には不安定な岩が残っており、今後も落石が発生すると考えらる。	a
N35_9	土石流	a	緩い勾配（＜15°）の溪流に対し、道路に堆積する土砂量が大きく、更に溪流の幅及び深さが大きくなっていることから、浸食により供給された土砂と考えられる。	高ヒマラヤ帯の変成岩類	□NHA (Abbottabad事務所)による追加要請の現場（毎年雨季に、大量の土砂が道路上に堆積し、数日間通行止めとる）。 □土砂のほとんどは、河岸&河床の浸食により発生したものと考えられる。	a
Sat_N35_1	斜面崩壊	b	道路工事関連の発破により斜面側で崩壊が発生している	変堆積岩（Besham層群）	・擁壁の一部に破損が確認された。	b
Sat_N35_2	土石流	b	上流側に小さい集水域があり、土砂が堆積している。また、溪流の斜面において、いくつかの崩壊地が確認されている	花崗岩	・カルバート内は土砂により埋まっており、溪流を堰き止めている。	b
Sat_N35_10	土石流	a	不適切な排水しよりにより、河川が道路下を通過しており、道路破損の可能性が高い	花崗岩類	・河川は過年流れており、何度か土石流が発生している。	b
Sat_N35_14	斜面崩壊	a	2005年の地震により誘発され、2010年の雨季に再発している	花崗岩類	・滑落崖及び上部は緑化しており、安定していると考えられる。	a
Sat_N35_28	斜面崩壊	a	浮石が斜面に見られ、雨季時には周辺土砂と共に崩壊が考えられる	輝石岩	・既存対策工として擁壁があるが、擁壁の一部はすでに破損している。	a
Sat_N35_29	落石	a	浮石が斜面に見られ、今後道路へ到達する可能性が高い	輝石岩類	・斜面下部に崖錐が確認されている。	b
Sat_N35_30	落石	a	浮石が斜面に見られ、今後道路へ到達する可能性が高い	輝石岩類	・斜面下部に崖錐が確認されている。	b
Sat_N35_31	斜面崩壊	a	深層崩壊の斜面であり、道路切土（斜面下部）の崩壊が活発である		・斜面下部以外は灌木に覆われており、安定していると考えられる。	b
Sat_N35_39	土石流	a	溪流内の不安定な土砂が崩壊しており、更なる崩壊により、大量の土砂が下流へ運搬されると考えられる	グナイト及び角閃石	・雨季時に土石流が頻繁に発生している。	b
Sat_N35_45	斜面崩壊	a	滑落崖が明瞭であり、風化及び節理の発達により、浮石が散見している。さらに、上流側の不安定土砂が堆積しており、降雨時に土石流発生の可能性が高い	グナイト	・道路の斜面側及び谷側に崖錐が確認されている。	b
Sat_N35_53	斜面崩壊	a	雨季時には斜面崩壊崩壊が頻繁に発生している。斜面上の浮石（巨石）が道路に落下する可能性が高い。		・斜面内に節理及びテンションクラックが点在している。道路の斜面側及び谷側に崖錐が確認されている。	b
Sat_N35_54	斜面崩壊	a	斜面上に節理発達により不安定な浮石が点在している。今後道路へ落下する可能性が高いと考える。		・道路の周辺に崖錐が確認されている。	b
Sat_N35_86	落石	a	直角に近い急崖に無数の浮石がある。今後道路へ落下する可能性が高いと考える	角閃石	・斜面上の節理が道路側に傾斜している。	a
Sat_N35_112	落石	a	急崖に節理が発達しており、無数の浮石が点在するため、今後道路へ落下する可能性が高い。	角閃石	・現場周辺には家屋と病院が位置する。	b
Sat_N35_115	斜面崩壊+落石	a	落石が斜面下部に崖錐が堆積。その後、不安定化した崖錐内（16m）に斜面崩壊が発生したと考えられる		・急崖には節理の発達により、無数の浮石が確認されている。	b
Sat_N35_116	斜面崩壊	c	崖錐には6m3以上の巨石が確認されており、今後道路へ到達する可能性がある	Kamila角閃石	・過去に何度も斜面崩壊が発生している。	b
Sat_N35_117	斜面崩壊	a	崖錐堆積物から成る土砂の浸食によりガリーが形成され、表流水が土砂内に浸透している。土砂内には、転石が点在しており、降雨時による崩壊が懸念される。		・崩壊により道路の一部が破損しているが、対策工が実施されていない。	b
Sat_N35_119	落石	a	道路工事関連の発破により斜面側で落石が発生している。一方、谷側では河川浸食が進んでおり、今後の対策が必要と考える。	Kamila角閃石	・道路の谷側に擁壁が確認されている。	b
Sat_N35_134	斜面崩壊+落石	a	道路工事関連の発破により斜面側で落石が発生している	白粒岩	・集水域が大きいため、大量の表流水が流れており、地表面のガリー浸食が多く見られる。	a

No.	災害種類	災害履歴	要因	地質	備考	ハザード
Sat_N35_162	斜面崩壊+落石	a	雨季時に(雨が土砂に浸透した際)に斜面崩壊が発生している	斑レイ岩	・ガリー浸食により土砂/崖壁が多く確認されている。	a
Sat_N35_214	土石流	a	雨季時に1~2m2の土砂が道路まで到達する可能性が高い	角閃石、斑レイ岩	・土砂の排水対策工(カルバートなど)が設置されていない。	b
Sat_N35_236	斜面崩壊	a	雨季時に、斜面側の崖壁が不安定化し、道路へ到達する可能性が高い。		・斜面崩壊直地内に崖壁による二次崩壊が多数発生している。	b
Sat_N35_270	土石流	a	溪流と道路の合流地点周辺において、扇状地が形成されており、異なるサイズの土砂が堆積している。今後、上流より供給される土砂によって、道路まで到達することが考えられる。		・溪流両側の斜面は急傾斜でオーバーハングしている。	b
Sat_N35_272	土石流	b	溪流内には0.5m程度の礫岩が堆積しており、今後道路へ到達する可能性が高いと考える		・二つ溪流から成る巨大な集水域に位置する。	c
Sat_N35_286	落石	a	降雨時には、崖壁堆積物が道路を覆う。加えて、斜面内のオーバーハングが道路へ到達することが懸念される。	斑レイ岩	・3つの節理(1~2m)の発達によりクサビ状崩壊が発生している。	b
Sat_N45_1	落石	a	道路工事における不適切な切土により落石が発生している	大理石及び珪岩	・落石周辺には、粘土化した層が存在する。	b
Sat_N45_2	落石	a	道路工事における不適切な切土により落石が発生している	大理石		c
Sat_N45_3	斜面崩壊	a	斜面崩壊地内に残る浮石が今後道路へ落下する可能性が高い。斜面を中心として300~400mの道路区間が著しく浸食されている。	砂質・粘土質な礫及び砂利		b
Sat_N45_4	斜面崩壊	a	斜面崩壊地内で発生しているガリー浸食により、道路側へ土砂が運搬されている	砂質・粘土質な礫及び砂利	・0.5~1m程度の砂層が斜面崩壊地内で確認されている。雨季時には崩壊土砂が道路へ到達し、一時的な道路封鎖が頻繁に発生している。	b
Sat_N45_5	斜面崩壊	b	強風化の斜面のため、崩壊が発生している	結晶片岩	・4~5mの崖壁 が道路沿い(斜面側)に確認されている。	b
N75_1_1	土石流+斜面崩壊	c	サブヒマラヤ帯は軟質なSiwalik層群(未固結堆積岩類)から成り、浸食抵抗性が弱い地層のため、表層の浸食、風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	サブヒマラヤ帯の堆積岩類(砂岩、泥岩、頁岩)の互層	□斜面末端部に設置されているじゃこの背後には、崩積土が堆積している、圧力によりじゃこの変状が確認された。道路下のボックスカルバートの大部分が土砂で埋まっており、土砂の除去が必要である。	c
N75_1_2	土石流	c	雨季時に上流側の山腹斜面より崩壊土砂が運搬されたと考えられる。	サブヒマラヤ帯の堆積岩類(砂岩、泥岩、頁岩)の互層	□斜面側の河岸に設置されている擁壁が崩壊しており、背後の土圧によるものと考えられる。道路下のボックスカルバートでの土砂は確認されていないことから、障害なく土砂は谷側に流れている。	c
N75_2	斜面崩壊	b	サブヒマラヤ帯は軟質なSiwalik層群(未固結堆積岩類)から成り、浸食抵抗性が弱い地層のため、表層の浸食、風化及び地下水や降雨により浸透水により不安定化したと考えられる。	サブヒマラヤ帯の堆積岩類(砂岩、泥岩、頁岩)の互層	□2016年の斜面崩壊に伴い、谷側の2車線が崩壊した。現在は、復旧工事(杭工、緑化工など)が実施されており、現時点での追加対策の検討は必要ないと考える	a
N75_3	土石流	c	雨季時に上流側の山腹斜面より崩壊土砂が運搬されたと考えられる。	サブヒマラヤ帯の堆積岩類(砂岩、泥岩、頁岩)の互層	□通年で河川(>10m)には水が流れており、河岸斜面には、崩壊跡が数カ所で確認された。現時点では、特に追加対策は必要ないと考える。	c
N75_4	土石流	c	雨季時に上流側の山腹斜面より崩壊土砂が運搬されたと考えられる。	サブヒマラヤ帯の堆積岩類(砂岩、泥岩、頁岩)の互層	□河岸斜面には、多くの崩壊跡が確認された。河川を横断する橋梁の高さは十分と考える。	c
N75_5	斜面崩壊+落石	b	山側の斜面は、破砕及び風化しており、落石は頻繁に発生している。谷側は、擁壁背後の斜面の浸食により傾いている。	サブヒマラヤ帯の堆積岩類(砂岩、泥岩、頁岩)の互層	・谷側斜面の浸食が悪化した場合、道路沈下が懸念される。	a
Sat_N75_7	地すべり	a	何度も活動した古い地すべり地形であり、巨大地すべり内いくつかの小さい地すべりが確認されている	砂泥互層(Murree層群)	・地すべり内の擁壁の亀裂より、4cm程度の変位が推測される。	c
Sat_N75_9	土石流	a	集水域が大きく、溪流の上流側には土砂が堆積している。溪流の両側斜面には、崩壊地が多く確認されており、土砂量増加の要因となつて、今後道路まで到達する可能性が高い	砂岩	・2007年に発生した土石流が道路まで到達しおり、道路が破損した。	b
Sat_N75_20	土石流	a	河床の浸食により土砂が溪流内に多く堆積しており、降雨時に道路まで到達する可能性が高い。土石流以外に斜面崩壊の可能性もある。	砂泥互層	・既存対策工として、小さい擁壁が設置されている。	b
Sat_N75_28	土石流	c	溪流と道路の合流点が急カーブに位置しており、溪流内に巨石(3m)が点在している。両側の斜面には植生が確認され、安定していると考えられる。	砂泥互層	・道路下にはカルバートが設置されている。	c
Sat_N75_33	斜面崩壊	a	斜面には多くのクラック及び浮石が確認されており、今後不安定化する可能性が高い	砂岩及び頁岩	・1992年の洪水時に斜面崩壊が発生し、2012年の豪雨で再発した。	a
Sat_N90_1	斜面崩壊+落石	a	切土工事の際に発生した斜面崩壊/落石である。崩壊土砂内のガリー浸食により、道路路肩まで崖壁が到達している		・雨季時には、崩壊が頻繁に発生しており、道路が通行止めとなっている。	b
Sat_N90_2	斜面崩壊	a	道路工事の際に発生した崩壊である。斜面上に浮石が点在しているおり、道路へ落下する可能性が高い		・雨季時の斜面崩壊により、道路が頻繁に通行止めとなっている。	b
Sat_N90_3	斜面崩壊+落石	a	道路工事の際に発生した崩壊である	結晶片岩及び花崗岩	・既存対策工として擁壁が設置されているが、効果はほとんどないと考える。	b
Sat_N90_4	斜面崩壊	a	斜面は不安定化しており、更なる崩壊の可能性が高い		・斜面上は、多くの灌木が確認されている。	b
Sat_N90_5	土石流	a	雨季時には土石流が活発化し、道路が頻繁に通行不可となっている		・2010年に土石流が発生したさいには、道路が3週間程度通行不可となった。	a
Sat_N95_1	斜面崩壊	a	15mにわたる斜面上部の滑落崖には、不安定な浮石が点在し、道路へ落下する可能性が高い	砂礫層及びシルト	・浮石の落下により、道路の破損すると考えられる。	b
Sat_N95_2	土石流	a	土石流の発生源では急崖となっており、浮石が確認されている	砂礫層	・土石流は主に雨季時に発生していおり、道路が通行止めとなる可能性が高い。	b
Sat_N95_3	土石流	a	融雪時に土石流が発生する		・溪流の上流側の斜面上には浮石が点在している。	b
Sat_N95_4	斜面崩壊+落石	a	土石流の発生源では急崖となっており、浮石が確認されている。降雨時の斜面崩壊が懸念される。	砂礫及びシルト	・不安定な土砂での採掘が崩壊を誘発する可能性が高い。	b
Sat_N95_5	土石流	a	溪流内堆積物には不安定な巨石が点在しており、今後道路へ到達する可能性がある	砂礫及びシルト	・不安定な土砂での採掘が崩壊を誘発する可能性が高い。	b

凡例

「災害履歴：過去の災害による道路への影響」

ランク	定義
A	交通への支障が生じたことあり
B	交通への支障はないが発生の履歴あり
C	発生履歴がない。若しくは発生履歴があるが、道路に未到達

「ハザード：技術者点検・判断による発災の可能性」

ランク	定義
A	発災の可能性が高い
B	発災の可能性が中程度
C	発災の可能性が低い

4.4 土砂災害の分析と課題特定

4.4.1 対象道路における土砂災害の態様

斜面カルテによる現地調査の結果を踏まえて、対象道路における土砂災害の態様について考察する。N-15、N-35 及び N-75、各路線における土砂災害の態様は以下の通りである。

N-15

N15 は Mansehra（KP 州）から北部方向に延びる約 229 k m の国道である。

この地域は、ヒマラヤ山脈の北西部に位置しており、造山運動により急峻な山岳が形成されており、いくつもの断層帯が連なっている地域となっている。地質としては、低ヒマラヤ帯の変成岩類（結晶片岩、粘板岩、千枚岩など）が中心に分布している。変成複合岩体においては、断層運動により広域に破碎しており、通常よりも斜面崩壊が発生しやすい条件となっている。加えて、雪解け時には、表流水及び地下水の増加により、更に崩壊しやすくなる。

道路においては、急傾斜な切土に沿って建設されていることが多く、風化及び浸食により不安定化した斜面により斜面崩壊や落石が頻繁に発生している。また、雪解け時期（3～4 月）及び雨季（6～9 月）には、道路を横過する溪流より土石流が堆積し、土砂除去のため数日間にわたり道路を封鎖することも多い。



急峻な山岳を通過するN15



道路脇に多く見られる崩壊土砂

図 4.33 N-15 の道路状況

（出典：調査団）

N-15 の踏査結果より、N-15 では斜面崩壊が問題となっている。中でも N15_3 及び N15_6 の斜面崩壊は規模が大きく、交通に影響を及ぼすことから、今回の調査では優先度が高い現場となった。斜面崩壊の主な素因として、斜面を構成する変成岩が造山運動による破碎により脆弱化したところに、厳しい気候条件による風化や侵食の影響で、斜面が極度に不安定化していることが挙げられる。誘因として、季節的な気象条件（降雨及び雪解け）により斜面への表流水の浸透などにより斜面内で地下水が上昇し、斜面の不安定化が進行し、斜面崩壊を促進したものと考えられる。さらに、社会的な誘因として、道路盛土の建設における品質施工上の制約が挙げられ（盛土材料の選択、敷き均し・締固めの不十分さ、切盛境界部での段切り処理などを行っている形跡が見られないことなど）、結果的に、道路盛土内での地下水位の上昇が発生、道路盛土の弱体化や流動化（側方流動）が誘発され、コンクリート舗装版のずれやアスファルト舗装の陥没などが発生したと考えられる。



図 4.34 N-15 で交通に影響を与える崩壊地(左:N15_3、右:N15_6)(出典:調査団)



図 4.35 不適切な斜面切土の勾配(左)及び盛土(右)の例(出典:調査団)

また、N15_8 では高所に岩盤の切り立った岩壁面からの大きな落石(径 3m 以上)が認められ、転石が道路の反対側の盛土に散在していた。これは、通行車両や歩行者への落下や衝撃のリスクが存在していることを意味しており、ハザード(落石)の交通からの隔離の必要性を示している。

さらに、N15_9 では、泥質片岩の破碎を伴った脆い山側斜面に加え、河川が接する谷側では、既存擁壁が河川の基盤浸食により一部崩落していた。特に、河川の流軸(河川流の中心的な流れの方向)が、既存擁壁と交差する河川の水衝部では、強い河川流の浸食作用により、擁壁基礎部が洗堀され、擁壁自体の沈下や傾倒が発生していた。さらに、擁壁上部に位置する路側帯や道路盛土が不安定化(擁壁の立上り部の傾倒や路側帯とのずれ)していた。



図 4.36 岩壁面(N15_8)基盤浸食により既存擁壁が崩落した様子(N15_9)(出典:調査団)

N-35

N35 は Hasan Abdal (Punjab 州) から北部方向に延びる約 435 k m の国道である。

この地域は、N-15 同様にヒマラヤ山脈の一部（高ヒマラヤ帯）であり、地質においても N-15 同様となる変成岩類が中心に分布している。



N35_1で発生する表層崩壊



落石発生後の現場(N35_8)

図 4.37 N-35 の道路状況(出典:調査団)

1979 年に建設された N-35 は、陸路においてパキスタンと中国を結ぶ唯一の道路である。地形・地質条件が悪い（破碎帯）での道路建設において、不適切な工法（切土勾配）や発破により、斜面災害が誘発されたと考えられる。

N-35 では落石及び土石流が問題となっている。中でも、NHA（Northern Area 地方事務所）より追加要請のあった N35_7（落石）及び N35_9（土石流）は交通に影響を及ぼすことから、N35 の調査では優先度が高い現場となった。N35_7（落石）に関して、岩体が道路側に突き出しており、更に亀裂が発達しているため、早急な対応が必要である。

N35_9（土石流）は、毎年雨季に、大量の土砂が道路上に堆積し、数日間通行止めとなっている。緩い勾配（ $<15^\circ$ ）の溪流に対し、道路に堆積する土砂量が大きく、更に溪流の幅及び深さが大きくなっていることから、浸食により供給された土砂と考えられる。



道路側に突き出す岩体(N35_7)



溪流出口の様子(N35_9)

図 4.38 N-35 の災害箇所の様子(出典:調査団)

N-75

N75 はイスラマバードと Kohala (PJ 州) を結ぶ、約 75km の国道である。

この地域は、ヒマラヤ山脈のサブヒマラヤより形成されており、地質としては、堆積岩類（砂岩、泥岩、礫岩の互層）が分布する。

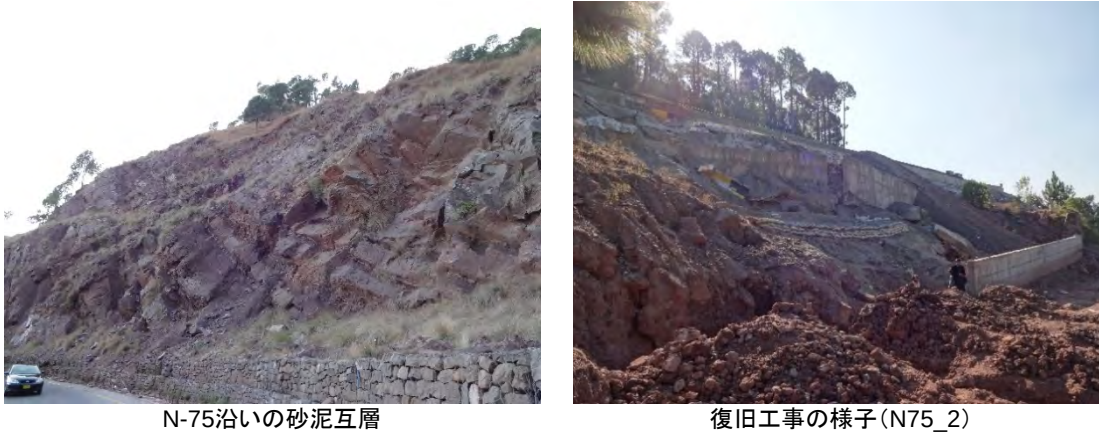


図 4.39 N-75 の道路状況(出典:調査団)

N-75 沿いで発生している災害は、道路の施工に品質が確保されていないため、発生したと考えられる。N-75 では、既に対策工を実施済み又は実施中の斜面が多く存在する。N-75 では、避暑としての観光客が宿泊したり、国際会議場としての要人を迎えたりするホテルもあることから、擁壁などの斜面災害対策工が他路線よりも比較的多く設置されているが、ほとんどが恒久的な対策工としては不十分であると考えられる。

N-75 沿いの6つの斜面では、雨水による表流水の不適切な処理により、側溝では「ひび（亀裂）」が形成され、このひびからの雨水が侵入することにより、道路の盛土材料が「スレーキング」を起こし劣化していた。「スレーキング」とは、泥岩などの軟岩に乾燥湿潤の繰り返しを与えると、泥岩が細粒化し、強度が極端に低下する現象である。特に No2 斜面では、これまで対策を施したにもかかわらず、道路盛土が谷側にはらみだし擁壁が破損している状況が確認された。そのため、側溝の底版にインバートコンクリートを打設して、表流水が道路盛土に浸入しないようにすることが望まれる。

降雨時に道路盛土へ雨水が浸透することによる道路盛土材料の劣化を防ぐために、雨水が舗装面上を流下する方向を決める道路面の合成勾配（縦断勾配と横断勾配とを合わせた複合勾配）を考慮しながら、舗装の排水計画を行うことが必要である。No5 斜面では、舗装面上のひび（クラック）が認められ、ここから雨水が盛土内に浸入し、スレーキングを促進させたと考えられる。

道路斜面の崩壊後に NHA が緊急対策として採用しているマイクロパイル（斜杭）は、崩壊後の再崩壊を防ぐために行われている。しかし、マイクロパイルは、配置の違いや杭の剛性の違いに応じ、移動土塊への抵抗力の発揮の仕方が異なる（杭が持つ材料力学的な力の大きさや、杭と土塊との相互作用の違いなどを考慮した力学的なモデル）。従って、崩壊した道路斜面の範囲や道路斜面の地盤性状などを知るため、地盤調査を行うことが必要である。そのため、コアサンプリングなどを行うボーリング調査、エンジニアによる観察、ボーリング孔内に設置された傾斜計を使ったモニタリングなどを通して、すべり面の位置が決定される必要がある。そして、調査結果に基づいて、マイクロパイルの根入れ深さや配置数など崩壊対策の効力を発揮するための設計（品質設計）がなされ、設計に基づいた施工も同時にされるべきである。

4.4.2 パキスタンの道路における典型的な土砂災害の課題

道路の土砂災害状況から、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は、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、施工された切土斜面で崩壊が発生しているケースも多く確認された。これも上述のとおり、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原因だと考えられる。このことから、現状の標準切土勾配の考え方について、設計者が適切な斜面勾配の決定をしやすく、かつ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する。

パキスタンでは、元来現地に存在している地質的要因と地盤工学的要因が複合的に絡み合っており、切土・盛土が崩壊する原因となっている。また、降雨などの気象学的要因や適切な品質管理がされていない建設方法が、切土・盛土崩壊を誘因し、災害を助長させている。

パキスタンの地質的要因としては、衝上断層（逆断層）である MBT (Main Boundary Thrust : ユーラシア大陸とインド地塊との境界にあたる断層) によって岩盤が破碎されていることが挙げられる。そこに降雨等によって地下水が上昇し、斜面崩壊を促進している。

地盤工学的な要因としては、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。事前の調査及び設計、施工管理が適切になされていれば、かなりの程度の土砂災害を軽減することが可能であると考えられる。

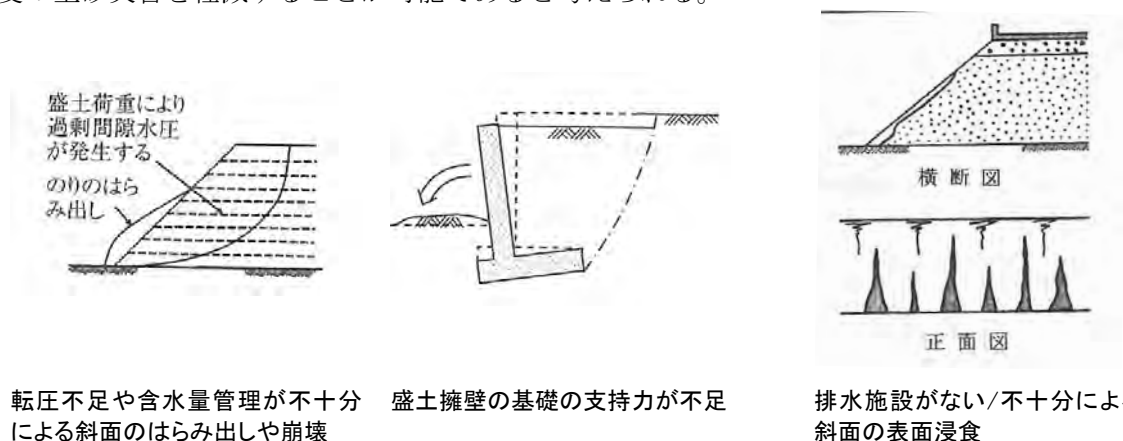


図 4.40 不適切な盛土の例

(出典:道路土工-盛土工指針⁴⁶⁾、-擁壁工指針⁴⁷⁾)

⁴⁶ 道路土工-盛土工指針-（日本道路協会、平成22年4月）

⁴⁷ 道路土工-擁壁工指針-（日本道路協会、平成24年7月）



図 4.41 不適切な切土勾配(左)及び盛土基礎の支持不足(右)

(出典:調査団)

図 4.41 について、左写真の斜面では、ベンチカットなどによる斜面の整形や小崩落を予防する吹付けが必要であり、右写真のコンクリート舗装版では、コンクリート舗装版の境界（継ぎ目）に空隙が発生しており、雨水侵入により盛土（路床・路体）が軟弱化し、一部が側方流動化した結果、コンクリート舗装版が谷側に傾いた。

4.5 土砂災害対策工の分析と課題特定

4.5.1 標準的な対策工の設定

土砂災害への構造物対策は種類が多く、災害の形態や規模などで構造物の仕様が異なるほか、施工技術の難易度や構造物の部材の入手の可否により、選択する対策工法も変化する。これら多くの対策工種のうち、パキスタンで実施可能な対策工（将来的な実施可能と考えられるものを含む）を選定し、本プロジェクトにおける標準的な土砂災害対策工（Standard Countermeasure Work）とした。

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、対策工の目的などをリストに取りまとめ、標準的な対策工カタログを作成した。分類した災害種別は、地すべり、斜面崩壊、土石流の3種類である。このカタログは本報告書の巻末資料3に添付した。選定された標準的な対策工は、以下のとおりである。

表 4.22 土砂災害の標準的な対策工の概要

災害種	対策への基本的な考え方	工種	目的
地すべり	抑制工を最初に導入したうえで、抑止工を導入する。抑制工とは、地すべりの要因となる自然条件（地すべり土塊の重量や地下水の上昇など）を減らす、もしくは無くして地すべりの活動を抑える対策工事である。抑止工とは、構造物を用いて地すべりを抑える対策工事である。 ⁴⁸	抑制工	表面排水工
			地すべり地内の表流水を域外に排出
			明暗渠工
			表流水と浅い地下水を排出
			水平ボーリング工
			地すべり内部の地下水の低下
		抑止工	集水井工
			深い地下水を排出
			集水トンネル工
			深い地下水を排出
斜面崩壊（土砂主体）	土砂斜面の状況（斜面の勾配や安定・不安定状況など）に応じて、予防工と防護工を使い分ける。予防工は、崩壊が発生する要因を取り除く対策で、防護工は、岩塊が崩壊した場合でも道路への影響を極力少なくする対策である。	予防	頭部排土工
			地すべり滑動力の軽減
			押え盛土工
			地すべりに対する抵抗力の増加
			鋼管杭工
			杭の抵抗力により地すべりを抑止
			シャフト工
			シャフトの抵抗力により地すべりを抑止
			アンカー工
			アンカーの引張力により地すべりを抑止
		防護	表面排水工
			対象斜面内の表流水を域外に排出
			表面緑化工
			斜面を風化や浸食から保護
斜面崩壊（岩塊主体）	岩盤斜面の状況（斜面の勾配や安定・不安定状況など）に応じて、予防工と防護工を使い分ける。予防工は、崩壊が発生する要因を取り除く対策で、防護工は、岩塊が崩壊した場合でも道路への影響を極力少なくする対策である。	予防	編柵工
			斜面表層の土砂の定着
			木枠工
			斜面の安定化
			石積み擁壁工
			斜面の安定化
			井桁擁壁工
			斜面の安定化
			切土工
			斜面の安定勾配を確保
		防護	コンクリート法枠工
			斜面の保護及び安定化
			モルタル吹付工
			斜面表層の風化浸食から保護
土石流	溪流の上流に砂防えん堤を作って土砂を貯め、土砂の生産・流出を抑制する。また、谷の出口（道路の脇）に砂防えん堤を作り、発生した土石流の直撃を受け止める。 ⁴⁹	予防	アンカー工
			アンカーの引張力により斜面を安定化
			土砂防護壁工
			道路への崩壊土砂到達防止
		防護	岩盤掘削工、浮石除去工
			不安定岩塊の除去
			ロックボルト工
			不安定岩塊の固定
			根固め工
			不安定岩塊の固定
		抑止工	ワイヤーネット工
			不安定岩塊の固定
			擁壁工
			岩盤斜面の安定化
		抑止工	落石防護壁工
			道路への落石到達防止
			落石防護網工
			道路への落石到達防止
			ロックシェッド工
			道路への落石到達防止
		抑止工	砂防ダム工
			流下土砂の捕捉、減勢
			堰堤工
			流下土砂の捕捉、減勢
			床固工
			流下土砂の減勢
		抑止工	カルバート工
			流下土砂の流路確保
		抑止工	遊砂地
			流下土砂の捕捉、減勢
		抑止工	ロックシェッド工
			道路への土砂到達防止

出典：調査団

4.5.2 対象道路における土砂災害対策工

対象道路における土砂災害対策工について、現地調査を行った結果、所見された課題として、以下が挙げられる。

⁴⁸ http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/jisuberi_taisaku.html

⁴⁹ http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/dosekiriyuu_taisaku.html

a. 現地企業（CPEC で活動している中国企業が実施している対策工を除く）による斜面对策

現地企業が施工したと思われる対策施設物では、斜面の山側の施設として、擁壁（空石積、練石積、もたれ式、重力式など）が多くを占め、側溝や水抜きが設けられている。また、道路斜面の谷側の施設として、擁壁（空石積、重力式、もたれ式）、布団かご（蛇籠）、植生マット（竹編のシート材を格子状に組み、格子の孔に現地で良く見られる種類の苗木を植樹した緑化工）、マイクロパイリング（H 形鋼を組み合わせた斜坑）などが施工されている。



図 4.42 N-75 における道路谷側の石積(出典:調査団)



図 4.43 道路谷側に設置された表流水排除工(左)と道路を横断するボックスカルバート工(右):いずれも表流水の減勢処理が実施されている

(出典:調査団)

また、道路面の処理（舗装部分）としては、剛性路盤（コンクリート舗装）も、アスファルト舗装に交じって使用され、コンクリート版内に配置される鉄筋も、所定の厚さや配筋密度を確保していた。特に、道路が谷の出口に接続する箇所では、冬季氷雪の流動による押圧を避けるため、カルバートを設けず、路面を一段下げる形で（谷勾配を付け）、コンクリート舗装として舗装面を強化した上で、道路上を覆う氷雪（氷河）を伏せ越しさせている箇所も多く認められる（適応策を取っている）。



図 4.44 コンクリート舗装の一例(N15_8 斜面)と、冬季の雪氷の影響を緩和するため舗装を伏せ越しさせた箇所(N15_10 斜面)(出典:調査団)

現地企業の斜面对策工に対する分析では、以下が挙げられる。

① 調査

斜面安定化対策では、擁壁などの対策施設を対象斜面に施設する際、斜面が滑動した理由や対策施設の計画量を決定するため、工学的な体系に基づいた地盤調査を行う必要がある。本邦では、斜面が不安定化した移動土塊（地すべりが起きた表層の地盤）と、滑動していない安定した基盤との境界（すべり面）がどの位置にあるのか特定する調査を、各種手法（現地踏査、ボーリング調査による土質サンプリングでの実物観察、傾斜計などによるモニタリング）を駆使し、最終的にエンジニアが総合的な判断を行うことで、すべり面の決定がされる。パキスタンでは、特定の地盤コンサルタントによる経験的手法によりすべり面が決められている。地盤コンサルタントは、地中レーダーや電気探査を使って、その結果を元にすべり面を特定している。

地中レーダーは、測定器具から電磁波を地盤に投射し、地盤を構成する材料（土、砂、岩盤、空洞、廃棄物）のもつ誘電率の違いにより発生する反射波の到達を測定し、その材料が存する深度を調べる物理探査の手法である。電気探査は、地下の地層（堆積物）、地下水、岩盤など地盤構成物質の比抵抗率の違いに応じて発生する電位分布を捉え、比抵抗の違いに応じた材料の違いを探る物理探査手法である。地中レーダーでは、地盤の含水状態（地下水の有無など）や割れ目の発生状態などの影響や、測定機器におけるデータ処理（信号処理機構）による疑似反射層の発生などにより、正確な測定結果が得られないという問題がある。さらに、地中レーダーの調査可能な深度は、深くて2m程度であり⁵⁰、通常、道路直下に埋設されている管路（水道、ガス、電気）や、河川堤防や路面下に発生する空洞探査に用いられることが多い。斜面では、すべり面が深く存在している可能性が高いため、調査精度に問題がある。電気探査でも、調査対象の地盤の地下水位が高い（モンスーンなどの雨季）場合と、地下水が無い場合（冬季の無雪期や乾季など）とで、測定結果に大きな違いを生むため、すべり面を正確に捉えることができない。

このため、斜面对策工を実施するための入り口である「地盤調査」で、すべり面を正確に捉えることができていない可能性が高い。従って、マイクロパイルが安定基盤に固定されていない可能性が高く、斜面崩壊を効果的に抑止できていない可能性がある。

⁵⁰ 有限会社ルーテンHP、地中レーダーのよくある質問、<http://rooten.jp/tvtop.html#G1>



図 4.45 マイクロパイル(斜坑)を打設するために穴を掘っている状況(左)と、道路谷側の盛土崩壊状況(右)(N-75)(出典:調査団、2017年11月撮影)

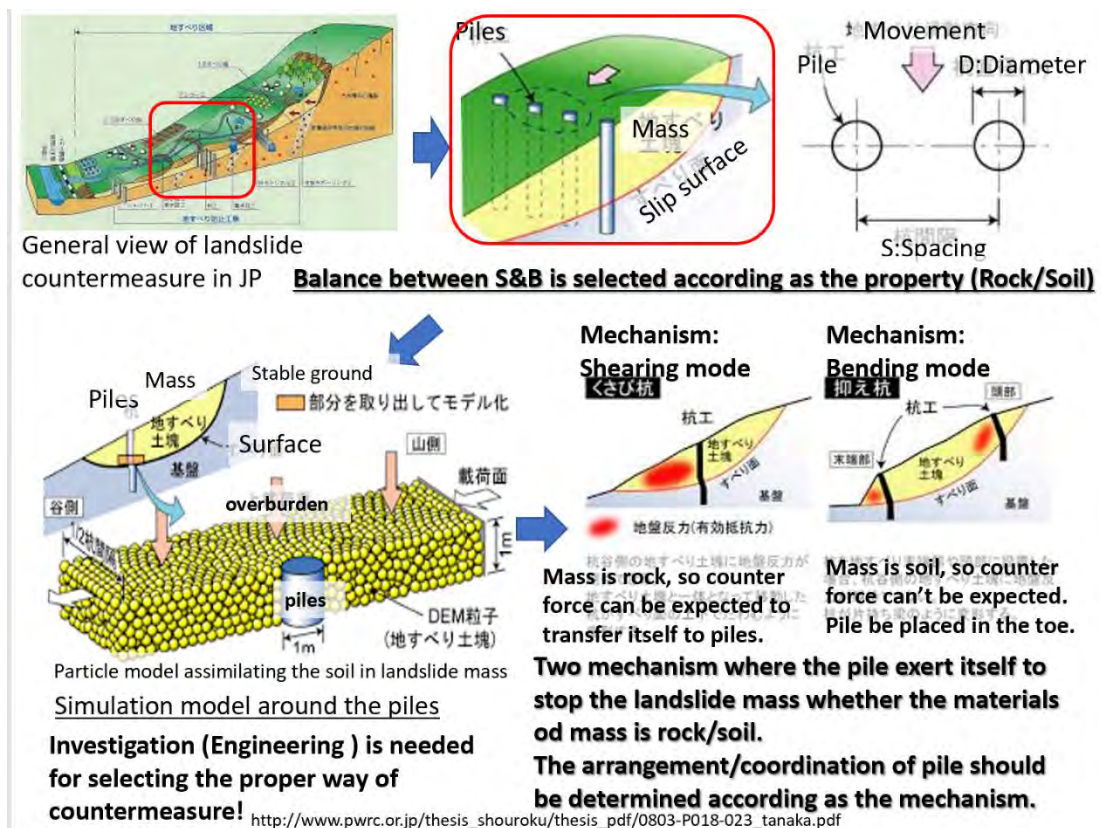


図 4.46 杭が地すべりの滑動を抑止するために検討を要する、地盤工学的な観点の要素について、NHA に説明をしたパワーポイントの一部

(出典:調査団、2018年11月、土木研究所、土木技術資料 50-3、「地すべり抑止工の杭間隔の新しい決定方法」)

多くの場合、すべり面では、基盤(安定した岩盤や地山)と移動土塊(滑動により土質や岩質が脆くなった地盤材料の塊)との間で、せん断現象が働いているため、丁寧なボーリングサンプリングを行えば、すべり面の深度特定の精度が向上し、以後の対策工の設計での精度が向上する(品質の高い施工につながり、恒久対策に近づく)⁵¹

② 設計の考え方

定性的な面では、対策を施すべき空間な範囲設定を誤りがちであり、定量的な面では、道路の

⁵¹ 河川砂防技術指針、調査編(国土交通省)、第18章、第2節-4、2.3.4すべり面調査

もつ経済性との関係で、斜面を安定化させるために投入することが必要と判断される経済的なリソースの投入量を適切に設定できていない可能性が高い。具体的には、定性的な面では、誤ったすべり面の深度設定により、移動土塊の範囲を間違い、当然、安定した基盤の位置特定も誤るため、抑止杭の根入れ深度を誤ることが発生する。対策工事をどの深度まで行えば、斜面を安定化させることができるか、工事の最終判断の基準（対策工事の品質検査の基準）を見誤っている可能性が高い。また、定量的な観点では、保全対象のインフラの重要度に応じて、斜面安定化の指標である「安全率」を適宜設定し、設定された安全率を確保するために、経済的なリソース（セメント、コンクリート、鉄筋などの土木材料と、これらを現場で統合する技術的リソース）の投入量が決まってくるが、安全率を考慮した対策工の設計を実施しておらず、特定の外部コンサルタントの過去の経験から、現場で投入されるべき経済リソースを決めている状況であり、工学的なアプローチができていない。

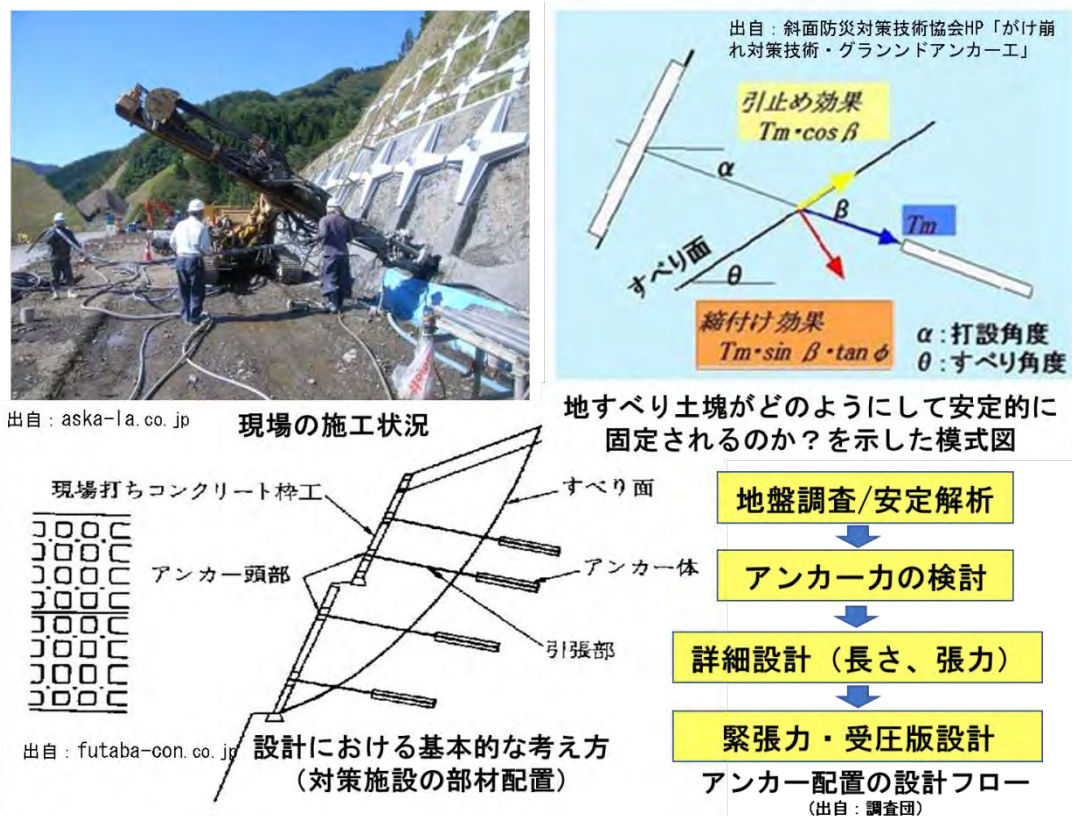


図 4.47 アンカー工設計における安全率を設定の基本式(左)と、アンカー工と地下水排除工を組み合わせ切土斜面の安定化対策を実施した模様式(出典: 図中)

例えば上図で示されるグラウンドアンカーについては、安定計算は、アンカーの主材料である PC ケーブルを構成するワイヤー自体の引張強度に加えて、すべり面の粘着力、移動土塊のせん断抵抗角、すべり面の斜面角度やアンカーが打設される設置角度など種々の要素が検討の対象になる。また、設計の過程で求められた計算結果やシミュレーションは、ジャッキを使った現場引張試験でその有効性が確認される。

一般的に、土砂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土砂災害対策工の費用に比べ、施工条件が厳しくなるため、圧倒的に割高になるケースが多い。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パキスタンの道路土砂災害の軽減に寄与すると考えられる。

③ 対策工に使用している土木材料

投入される土木材料のもつ材料特性（大きさや入手しやすさ）や力学的強度（圧縮・引張・せん断強度や水に対する形状保持性能）を踏まえた上で、適切に配分された設計により斜面对策工の配置計画がされることが望ましい。NHA の対策工を見ると、使用されている土木材料では、砂、碎石、コンクリート、鉄筋、木杭である。材料自体は不足していないが、比強度の高い PC 鋼線や受圧板など、種々の材料を組立て複合した二次加工の工業製品（例えば、アンカーやロックネットなど）を斜面对策工事に導入していなかった。

また、通常は、すべり面に働く外力（せん断力）を、地盤調査 結果 から得られた地盤定数（土の単位体積重量などの設計上の諸定数）を使って計算し、すべり活動を抑止するために投入される土木材料の強度計算は必要数を求めるが、このような工学的なアプローチは NHA では行っていなかった。

④ 施工の品質

NHA では、斜面を安定化させるための構造物が施工される際、成果物の品質を確保したり、品質を向上させたりするような取組みがなされていなかった。例えば、基礎地盤の処理や施工品の出来形を確保する点で目に付いた。具体的には、以下の点が指摘される。

- ・ N-75 における谷側の盛土処理では、セメント袋に盛土材料を詰め、袋のまま盛土の一部として敷き詰めている。これでは、袋の際から雨水が流入し、劣化する可能性が高い。また、各国の道路技術では、粒径分布の組み合わせに応じた盛土の締固め強度の基準が存在するが、パキスタンでは、粘土、砂等土質材料の粒径分布を考慮しながら土質材料を適切に配分させることが行われていない。



図 4.48 道路谷側の斜面における好ましくない盛土施工状況(N-75)

(出典:調査団)

- ・ 地業や基礎処理については、通常、擁壁を構築する際、表層の植生や草木を伐採し、風化した表土層を除去（表土剥ぎ）してから、擁壁の基礎を支持地盤に定着されるための基礎処理（割栗石や碎石を敷き詰め、擁壁がその上に載ることで発生する接地圧を緩和する作業）を行うことが、擁壁が安定的に設置されるためには欠かせない。しかし、N75_5 で NHA が実施している状況を見ると、構築した擁壁はクラックが発生し、クラックの中から表層の雑草が見えている状況である。すなわち、伐採や表土剥ぎを行っておらず、丁寧な基礎処理がなされていないため、施工後すぐに擁壁が滑動し、結果的に道路盛土を不安定化させていることが窺われる。



図 4.49 道路谷側の斜面における擁壁の好ましくない施工状況 (N75_5 斜面)

(出典:調査団)

- ・ N75_2 では、山側斜面や舗装面から流入する表流水を流末（カルバートにより下方の河川まで導くこと）まで処理するための側溝の壁面と底面との隅角部にクラックが入り、側溝の端から端まで均一な水勾配（勾配として約 2-3°）を設けた側溝の底盤施工がされていない。クラック原因については、路盤からの側圧と、側溝内部の鉄筋配置の仕方に問題があると思われる。そのため、表流水が側溝の途中で流れが止まり、クラックを通して、道路盛土側に浸透した結果、道路盛土が軟弱化し、盛土の崩壊を招いたと考えられる。



図 4.50 側溝の水たまり(左)と、片勾配による路面排水状況(右) (N75_2 斜面)

(出典:調査団)

⑤ 恒久化のための斜面安定化対策

本調査の動機である、「斜面对策工を現地で何度も実施するが、再度災害が起こると、対策工を施設した傍から対策工が壊れてしまい、恒久的な対策ができていない」という NHA からのコメントを踏まえると、道路斜面の崩落や対策構造物の損壊という問題が発生した際、適切な調査を行い、問題が発生している場の条件を把握し、問題を生じさせている因子を特定し、問題が発生するメカニズムを把握するという「調査」がなされていない。そのため、しっかりとした「原因究明」がなされていないため、対策を施す際の「設計や施工」がなおざりになり、対策をしても崩壊してしまうという悪循環に陥っていると考えられる。

⑥ 現地企業の取組み

NESPAK の記事によると、2016 年には、PJ 州の道路斜面对策工事で、斜面の補強土工法を採用し、新規の技術導入を図った現地業者が PJ 州政府から表彰を受けている。現地企業として

も新技術を導入しブレイクスルーを図りたいという意思が窺われる⁵²。

NES National Engineering Services
PAK Pakistan (Pvt.) Limited

HOME ABOUT US SECTORS DIVISIONS

STAFF NEWS



PAPERS

Mr. Sohail Kibria, Vice President/Head Geotechnical and Geo-environmental Engineering Division, presented a technical paper titled "Use of Reinforced Earth for Landslide Control" on November 7, 2016, at an international seminar on Innovative Construction Techniques organized by Planning

図 4.51 地元大手建設コンサルタント NESPAK による PJ 州道路での「補強土工法」採用に対して PJ 州政府からの表彰

(出典:NESPAK、HP、2016 年 11 月の記事)

b. CPEC による中国企業の斜面对策（特に N-35 沿線）

CPEC による中国企業による斜面对策では、斜面の切土、法枠、吹付けなどを大規模に行っていた。コントラクターの一つである中国交建有限公司（CPEC, N-35, Havelian 区間）では、斜面を上部から切土して整形した後、法尻（斜面の下部）から法枠を構築する順巻き工法による施工を行っていた。（下図参照）この場合、あまり急角度な斜面や、大きな法面（長大法面）、不安定化した斜面（崩落土砂が残る斜面など）では、長大になった斜面ゆえ、切土施工中に斜面崩壊を起こす可能性がある。したがって、順巻きによる斜面安定化には適用範囲に限界がある。特に、N-15 沿線に見られる、斜面幅 100m 以上、高さ 20m 以上の大規模、かつ、崩落土砂（崩積土）が斜面に残る不安定化斜面では、工事中の安全面を考慮するとその適用が難しい。

⁵² NESPAK, HP、NEWS、<http://www.nespak.com.pk/Staff-News.html>



図 4.52 中国企業(中国交建有限公司)による N-35 沿いの切土斜面安定化対策の状況(斜面上部からベンチカットで段を設けて切土した後、法枠を立ち上げる形で斜面に設置している状況。場所は、N-35、Havelian から Abbottabad の間

(出典:調査団)

一方、逆巻き工法(通常切土掘削中は斜面が不安定になるので、ある程度の高さの区間で、上部から掘削、整形、フレーム設置、ボルト挿入の一連作業を繰り返しながら、段階的に斜面を降りていく工法)では、地山斜面が切土された状態で放置される期間が短いので安全であり施工上の優位性がある。道路の ROW を少なくする観点や沿線の環境保護(なるべく現地植生を壊したくない)からは、切土勾配が急な状態で斜面安定化対策ができる可能性が広がる。逆巻工法が適切と思われる斜面に順巻工法が用いられている原因として、中国企業の技術が発展途上であるということが推測される。



Han Expressway Project



Xi'an-Hefei Expressway



Erlangshan Tunnel of Sichuan-Tibet Expressway

図 4.53 N35Havelian 区間の道路建設を施工する中国企業(中国交建有限公司)の道路斜面对策の状況

(出典:中国交建有限公司 HP)

4.5.3 パキスタンの道路における対策工の課題

パキスタンの道路沿いの斜面では多くの斜面对策工がなされており、道路建設段階から、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の斜面对策である。

斜面对策工は、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のほか、アンカー工やロックボルト(補強土工法)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についても散見される。工法は計画・設計段階において、発注者である NHA と受注者であるコンサルタント・建設会社の協議により決定される。

a. 小規模な斜面对策

比較的規模の小さい斜面崩壊に対して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フトンカゴ工、石積み擁壁工による斜面末端部の安定のための土工である。これらの対策工は、対策施設が適切な配置や仕様であれば小規模な斜面災害に対して十分な効果が期待

されるが、一部では適切な配置や仕様ではなく、十分に災害を抑制・抑止できていない箇所も認められる。その原因のひとつとして、災害種や発生規模・位置を十分に理解していないことが挙げられる。例えば、以下のような事例がある。

表 4.23 各小規模な斜面对策の状況・課題等

斜面の番号	N15.8	N15.9	N35.7	N75.2	N75.5
状況	切り立った岸壁が高所にある。	谷側の既存擁壁が、河川の浸食で一部崩落。	亀裂が発達した岩盤の斜面が山側にある。	道路盛土の材料選定が不適切であることや、雨水排水処理が不適切であることなどから、盛土の流動化が発生し、擁壁が動いている。	谷側では、既存擁壁の施工に問題があった(具体的には、表土剥ぎや段切りなど基礎処理を全く行っておらず、現地植生の上に擁壁のコンクリートを打設していた)。
リスク	通行車両や歩行者へ落石が落下。	擁壁の崩壊により、道路盛土も不安定になり、崩壊する危険性もある。	亀裂により岩の塊が落ちやすく、通過車両への落石の危険がある。	道路盛土が崩壊し、道路の通行ができなくなる危険性もある。	既存擁壁が、不安定化し、最終的には、擁壁ごと谷直下に崩落し、一部は、隣接する民家に落ちていく危険性もある。本体擁壁で安定化されるべき道路本体(路床部分)も不安定化し、舗装部分の沈下や不陸も発生する危険性もある。
課題	落石のハザードから、通行車両を隔離すること。	河川の浸食を緩和する必要がある。	落石の発生源で、抜本的な対策を行い必要がある。	道路の工事(路体、路床)に品質を確保する必要がある。	擁壁の設計において、地山の表土剥ぎや基礎処理を行う。また、施工では、確実に表土剥ぎ、段切り、基礎処理を実施する(施工計画と管理)。
処方	落石予防工事を行い、交通安全を確保する。	護岸を設けて、河川の浸食の影響を緩和する。また、護岸に対して基礎工を設け、護岸の設置を一層強固にする。	亀裂が発生している斜面の範囲を広範にネットで覆い、落石自体の発生を防ぐ、もしくは、オーバーハングした岩を発破により先に除去する必要がある。	路面の排水計画を実施する(合成勾配を考え、雨水が路面を流れやすい方向を均一に設定し、側溝へ路面の排水をしっかりと導く)。側溝の設計・維持管理を向上させる(側溝の大きさや水勾配の設定を確実に行う。側壁のクラックを注入材で穴埋めする)道路の横断排水(カルバート)を設けて、雨水を河川へしっかりと導けるようにする。	地盤調査を行い、擁壁基礎部分の土質性状を把握し、調査結果を踏まえて、擁壁の安定計算を行い、安定計算に基づく、部材配置(設計)を実施、現場での着実な施工を確保する。
留意点		河川の水位が季節的に変わる。具体的には、融雪期は水位や流量が高まるので、高まる水位に応じた護岸の設計を行う必要がある。	静的破砕剤を使って発破による衝撃を少なくしたり、事前通行規制により通過車両への影響を緩和する。		擁壁の安定計算を実施し、転倒、滑動、沈下に対して長期的に擁壁が安定になる照査を行うことが必要である。また、安定計算に基づく擁壁材料の調達や組立を現場で着実に実施することが必要である。

このように、斜面の特性を把握していない中で斜面对策工が設計されているため、結果として不適切な斜面对策工となっている。適切な配置や仕様を含む設計を行うためには、現地で適切かつ十分な調査を行い、想定される災害の形態や規模、発生機構を把握することが重要となる。あわせて、対策構造物の効果を十分に得るためには、現場の施工管理を適切に行い要求される部材や規格の品質を確保する必要がある。

これら対策工は、斜面崩壊や落石、盛土の崩壊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。地すべりは一般的に規模が大きく、いったん発生すると、対策に膨大な費用と時間がかかることが多いため、発生前の事前対策が重要となる。事前対策には地すべりの発生機構、規模を把握するため、詳細調査とモニタリングの実施が必要となる。

土石流危険渓流では、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かった。道路での土石流対策は、基本的にカルバートや橋梁などによって、道路下を安全に流下させる対策

が主となる。土石流の道路横断箇所では、既存のカルバート断面の容量が不足していることが多く、断面容量の拡大や排水施設の整備を実施していくことが望ましい。これらの工事は斜面对策に対して比較的、技術難易度は低く、工事費も安価であることから、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

大規模な斜面对策（特に斜面崩壊の斜面）では、アンカー工や杭工、大規模な土工などが考えられるが、技術面及び費用面、さらには環境社会配慮面からパキスタン独自で対策を実施することが困難な場合があると考えられる。また、危険度が極めて高く、かつ長大のり面などの場合は、仮設工事が必要となり、仮設方法の検討、重機の搬入路、建設材料の輸入等の検討も必要になる。対策工費が大きくなる場合には、トンネルや橋梁などの迂回路案も検討する必要がある。

上記から、対策工として具体的な方向性として、以下が挙げられる。

・道路周辺（舗装周り）での課題は、側溝の表流水対策（水勾配）、舗装材料の耐水化（排水性舗装）や路盤・路体の排水対策。

・山側の対策での課題は、調査・設計（安定解析と対策工の材料配置）・施工まで一貫した質の高い道路構造物対策であり、抑止工（鉄系の人工材料を導入して、斜面の移動土塊を抑える工事方法や考え方）の導入である。具体的には、アンカー工や地山補強土工法である。

・谷側の対策での課題は、一部の斜面で、河川との道路との水平距離が十分でない条件（急斜面かつ狭隘条件）であることなどから、ジオテキスタイルや EPS（Expanded Poly Styrene）を使用して盛土を補強・置換させて盛土自体の荷重を低減させながら（盛土補強土工法やアースアンカー工）、河川の護岸による侵食を防いで、擁壁を急角度（もしくは、テールアルメなどで垂直に）に立ち上げ、狭隘空間でも盛土を強化させる工法（盛土補強土工法）が課題である。加えて、盛土内の排水対策も課題であり、水平ボーリングによる地下水排除工が好ましい。

・施工に関する課題では、道路舗装周りでの課題に記述されるように、道路土工の品質向上が課題である。具体的には、表土処理、盛土材料の管理（粒径管理）や転圧（突き固めにより締固め試験、敷き均し厚さの確保）、路床の排水対策（水平排水層の設置）、表層・基層の浸水対策（排水性舗装への転換）、舗装面の勾配設定（片勾配の設定）、側溝における流末までの底版の設定と管理、側溝側壁の高強度化（鉄筋の配置や版厚の確保など）である。

4.5.4 恒久対策工と緊急対策工の比較

本節では、将来的な土砂災害対策工の建設実施の妥当性の評価に向けて、恒久対策工と緊急対策工における費用・信頼損失とライフサイクルコストについて考察する。また他国の恒久対策工実施前後の維持管理費の比較事例を紹介する。

a. 土砂災害による1次被害

土砂災害による1次被害による損失は直接損失と間接損失に分類される（図 4.54）。

直接損失はさらに以下3分類される。

- ① 人命損失費(Personal Loss):土砂災害に巻き込まれ死亡する人の生涯生産損失費用
- ② 復旧工事費(Restoration Loss): 道路機能を確保するため仮復旧として道路啓開作業に必要な費用
- ③ 対策工事費(Reconstruction Loss): 仮復旧後、本来の道路機能を持たせるために必要な設計・施工費用

間接損失はさらに以下2分類される。

- ① 交通遮断に伴う迂回損失(Detour Loss): 復旧期間中の通行車両の迂回距離・時間から発生する損失費用
- ② 救急医療を受けられないための人身損失(Emergency Medical Care Loss): 復旧期間中の交通遮断により、迂回路を通行したために救急病院に搬送されず、緊急手術を受けることができず失命する損失費用

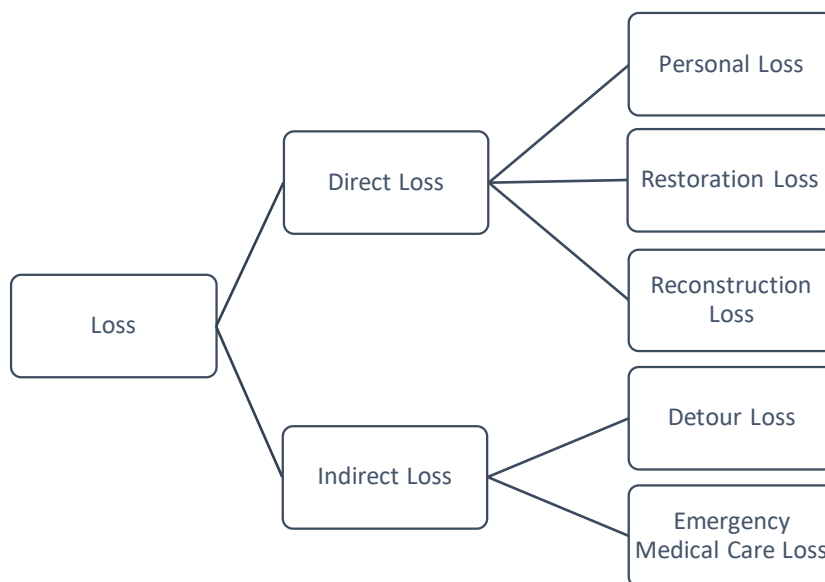


図 4.54 土砂災害による1次被害による損失

(出典:土木研究所研究報告、2014年2月)

土砂災害が発生すると、上記損失費用は膨大なものとなる。さらに失命による人命損失価値は金額以上に最も尊く、土砂災害による損失は道路管理者の社会的信頼の失墜が挙げられる。

従って、繰り返される土砂災害事故による上記損失は絶対にあってはならないために、恒久対策工の設置は重要である。

b. 土砂災害による下流域への2次被害

前節では道路復旧、対策工設置に係る1次被害による損失に限定し説明した。本節では、上流で発生する1次被害が下流域に与える2次被害による損失について説明する。

本調査対象地域では、道路沿いに河川が流れる箇所が多い。これらの箇所では土砂災害が発生すると、その下流域に甚大な2次被害をもたらす場合がある。2次被害が発生する具体的プロセスは、斜面崩壊による河川閉塞、土砂ダム生成、土砂ダム決壊などが発生することで、下流域への大規模な土砂流出（洪水）発生による経済・社会損失である。そのイメージを図4.55に示す。一般的に2次被害による損失は、1次被害による損失と比較すると莫大になることが多い。



図 4.55 2次被害イメージ

（資料提供 NPO 法人土砂災害防止広報センター）

2次被害による損失は、被災する下流域で生じ、例えば、人命、集落、田畑森林等の経済生産土地、生活インフラ等の喪失がある。

また、2次被害の復旧・復興には膨大な時間がかかり、被災者の復興までの精神的苦痛、賠償等は、1次被害による損失と比較すると甚大な損失が発生する。このような2次損失の分類を図4.56に示す。

このため、2次被害による損失を考慮すると、河川沿いにおける土砂災害の恒久対策工は特に設置されるべきである。

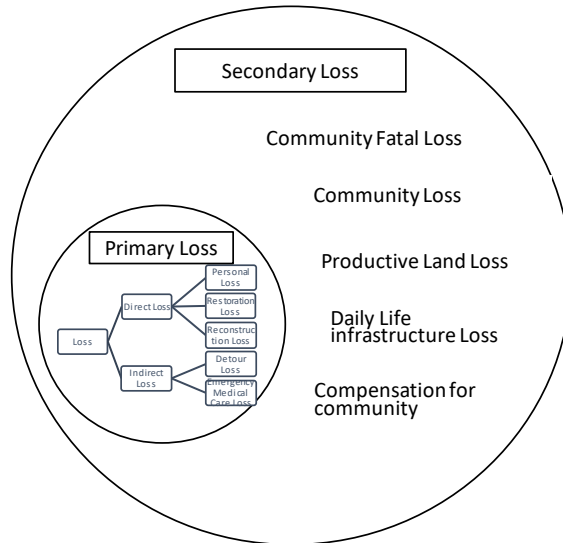


図 4.56 土砂災害による 2 次被害による損失

(出典:調査団)

c. 恒久対策と緊急対策のライフサイクルコストによる比較

土砂災害発生後に緊急対策工を設置したが、数年以内に対策工が完全崩壊、または対策工の機能が十分発揮されないことにより、追加対策工を設置せざるを得ないなどの事例が極めて多い。これは、土砂災害を食い止めるには長期的視点から十分な強靱性を担保する対策工が施工されていないことが原因と想定される。このため、土砂災害が発生し続けることで、追加対策工が必要となり、今後の追加対策費用は膨らみ続けるという負のサイクルに陥る可能性がある。

初期投資を多くして耐久性の高い恒久対策構造物を構築することによって、将来的な補修・補強費用を最少にとどめるという考え方がある。一方、初期投資は小さくし緊急的な対策構造物を構築し、必要に応じて補修・補強を計画的に実施していくというケースも考えられる。また、補修・補強についても、小規模の補修・補強を数多く繰返す場合と、大規模の補修・補強を限られた回数だけ実施する場合も考えられる。各々のケースにおいてライフサイクルコストを算定することによって、構造物の最適なライフサイクルを選択することができる。

恒久対策と緊急対策のライフサイクルコストの比較を簡単にイメージ化したものを図 4.57 と図 4.58 に示す。両図の前提条件は数十年後に恒久対策のライフサイクルコストが緊急対策のライフサイクルコストを下回ることとして仮定条件を想定した。

c.1 恒久対策と緊急対策が限界耐力近く達し再度建設する場合の比較

図 4.57 の左上縦軸は対策工の健全度、右下縦軸はライフサイクルコスト、横軸は時間を示す。赤色線は緊急対策、青色は恒久対策を示している。各色の実線はコストを示し、点線は対策の健全度を示す。Application limit は対策工の限界耐力を示す。

2.5 に記載した、N-75 で実施された大規模斜面对策では、2009 年、2015 年にそれぞれ図 2.8、図 2.9 に示すとおり限界耐力に達し崩壊した後に複数回緊急対策工を設置し、2014 年から 2016 年に 3 個所で約 Rs. 300million 実施した。2009 年の対策工設置費用は不明であるが図 2.8 対策工図面から判断し、図 2.9 同額の設置費用と仮定すると、災害発生後同箇所に設置した累積緊急対策費は Rs. 600 million となる。

一方、恒久対策建設を設置する場合、累積緊急対策費の約4倍Rs. 2,400 millionかかると考え、以下の条件を仮定とする。

- ① 2018年に緊急対策工建設費は100、恒久対策工建設費は400とする。
- ② 併せて、これまでの緊急対策工の一般的事例から以下も仮定とした。
- ③ 緊急対策工は毎年建設費の10%のコストで定期維持管理を行う。恒久対策工は15年後に建設費の25%のコストでリハビリテーションを行う。
- ④ 緊急対策工は耐久年数10年で完全崩壊し、その直後同様の再び緊急対策工を建設する。

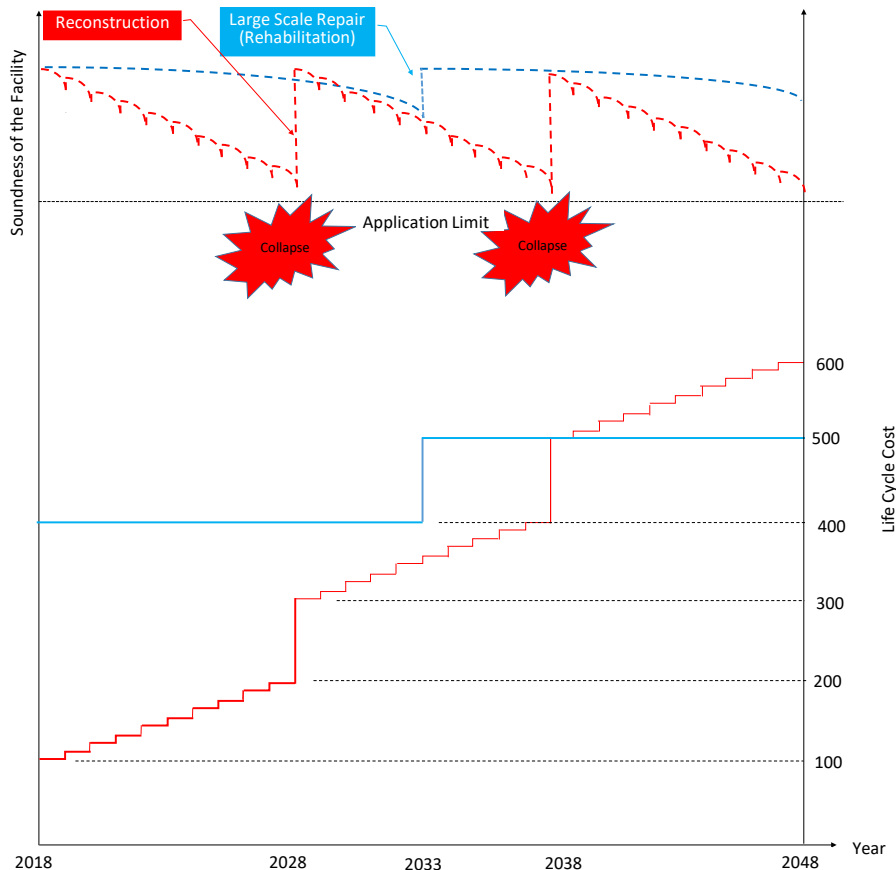


図 4.57 恒久対策と緊急対策が限界耐力の近くに達し再度建設する場合のライフサイクルコスト
(出典:調査団)

上記仮定に基づき、2048年における緊急対策のライフサイクルコストは600、恒久対策は500となる。2038年以降は両者のライフサイクルコストの差は拡大する。従って、上記仮説の場合は、対策工設置後20年以上のライフサイクルコストの視点から恒久対策の優位性が認められる。なお、上記緊急対策工と恒久対策工のライフサイクルコストの試算は、それぞれ対策工の脆弱性、堅牢性の設定により試算値が異なることがある。

c.2 恒久対策と緊急対策の適切な維持管理の比較

前節では 10 年後に緊急対策工が崩壊または機能を十分発揮せず、新たに緊急対策工を設置するケースを説明した。本節では緊急対策工に対し、5 年毎の定期小規模維持管理 (Periodic Maintenance) と 25 年後の大規模維持管理(Rehabilitation)を適切に実施した場合について、恒久対策と緊急対策の比較を行った。

図 4.58 の縦・横軸などは図 4.57 と同様である。

以下の条件を仮定とする。

- ① 2018年に緊急対策建設工費は100、恒久対策工建設費は150とする。なお、以下2つの仮定条件を考慮し、数十年後に恒久対策のライフサイクルコストが緊急対策のライフサイクルコストを下回することを前提条件としているため、緊急対策建設工費と恒久対策工建設費を100:150と仮定した。
- ② 緊急対策工の小規模維持管理(Periodic Maintenance)を5年毎に実施し、小規模維持管理費を建設工費の10%、また緊急対策工と恒久対策工の大規模維持管理(Rehabilitation)費はそれぞれの初期建設工費の30%とする。
- ③ 緊急対策工の大規模維持管理(Rehabilitation)は限界耐力に近づく以前の建設後25年目に実施、また、恒久対策工は40年目に実施する。

上記仮定に基づき、緊急対策の2058年のライフサイクルコストは200、恒久対策は195となる。また、2058年以降は両者のライフサイクルコストの差は拡大する。

上記仮説の場合、緊急対策工の定期小規模維持管理(Periodic Maintenance)と大規模維持管理(Rehabilitation)を適切に実施しても、対策工の健全度は完全に初期建設時の状態に戻らず、次第に健全度は下がり最終的には限界耐力に近づく。

恒久対策の大規模維持管理(Rehabilitation)を実施した場合、初期建設時の健全度に近づけることができ、2058年以降も機能を発揮し続け、2058年以降のライフサイクルコストは恒久対策に優位性がある。

なお、上記緊急対策工と恒久対策工のライフサイクルコストの試算はそれぞれ対策工の脆弱性、堅牢性の設定により試算値が異なることがある。

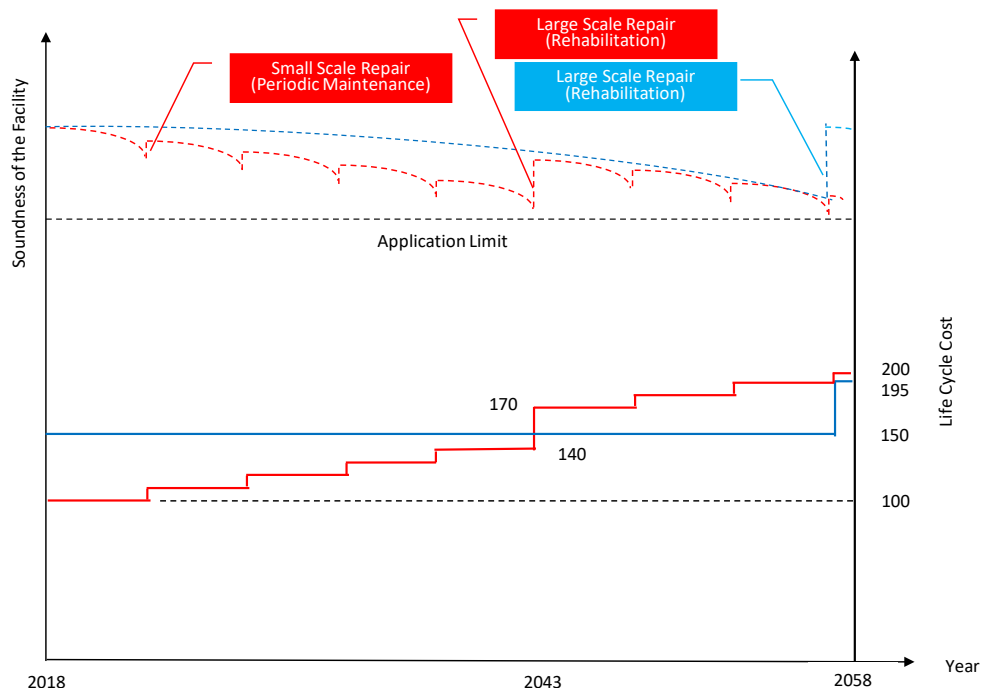


図 4.58 強靱対策と適切な維持管理を行った脆弱対策のライフサイクルコスト
(出典: 調査団)

d. 恒久対策工設置による設置前後の維持管理費低減の事例

1994 年日本政府は無償資金協力によりモルディブ国マレ島に、長期間の使用に耐える構造を有する強靱な護岸建設を実施した(図 4.59)。完成後護岸を維持管理する担当省において、護岸維持管理費は建設前後で 30%から 1~2%に激減した⁵³(図 4.60)。

⁵³ JICA防災の主流化ハンドブック 2013

これは、適切な恒久対策工を実施したことにより、長期的な視点を踏まえたライフサイクルコストが、従前の「緊急対策のみで対応していた維持管理」に比べて、より経済的となった好事例である。



図 4.59 日本政府により建設された強靱な護岸工
(出典:外務省 HP)

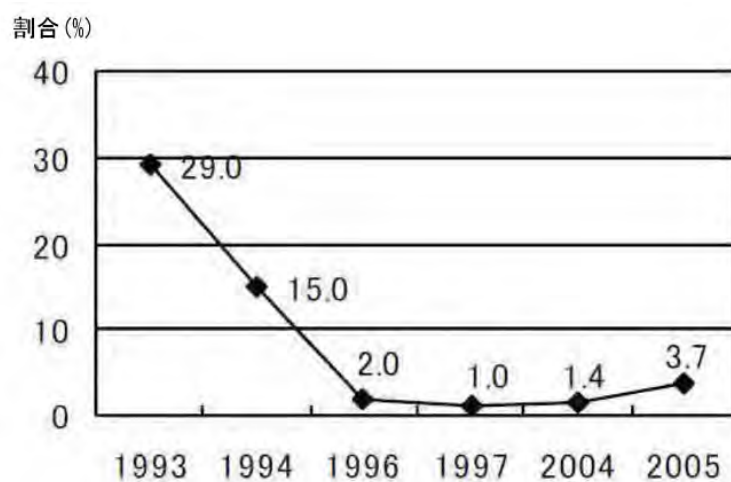
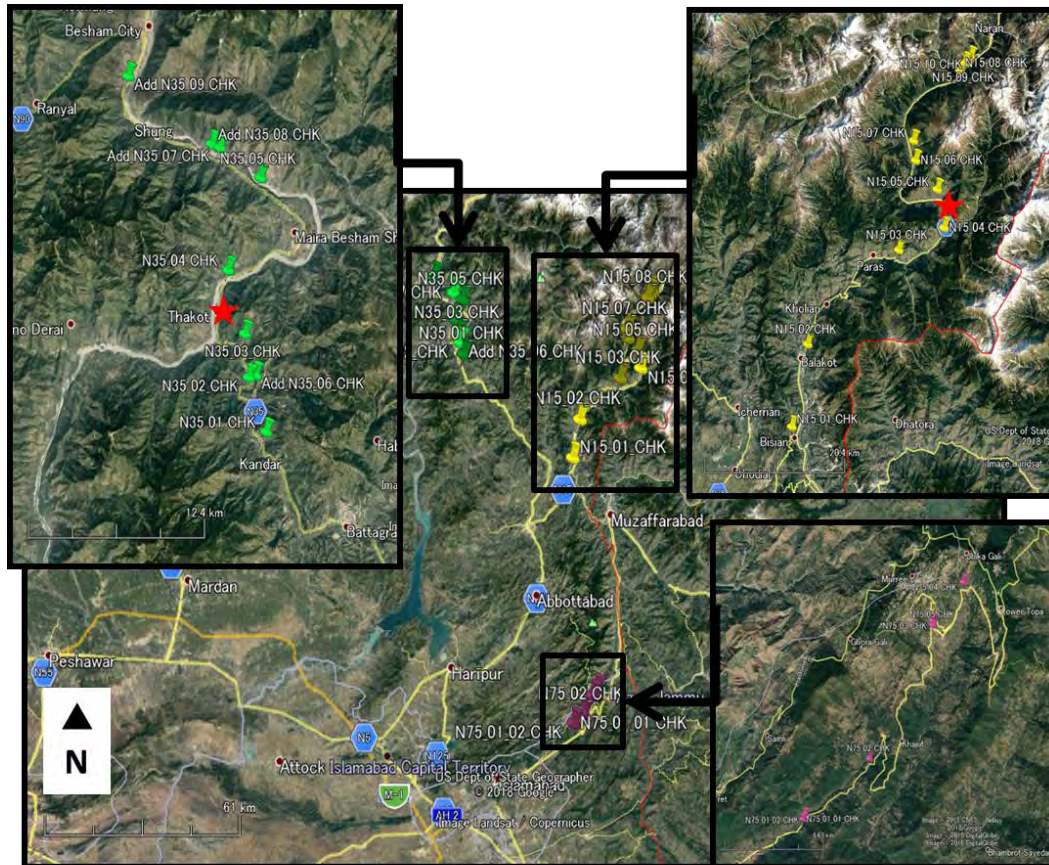


図 4.60 モルディブ国護岸整備事業による護岸管理省の維持管理費の推移
(出典:JICA 防災の主流化ハンドブック 2013)

4.6 ミドルリストの作成

4.3.3 で作成したロングリストのうち、将来的な土砂災害対策工事の実施を検討する目的で、日本人入域無制限地域から、優先的に対策が必要なサイトを選定する。日本人入域無制限地域内に位置するロングリスト箇所は、下図に示すとおり、N15、N35、N75 上の 25 サイトである。



凡例：★ 分岐点

図 4.61 日本人入域無制限地域内に位置するロングリスト箇所図(25 サイト)

(出典: Google Earth を一部修正)

これら 25 サイトのうち、将来的な土砂災害対策工事の実施を検討する優先サイトは 10 サイト程度を目途として選定する。これをミドルリストとする。

ミドルリストの作成にあたり、本プロジェクトでは以下の 2 条件について検討を行った。

- ・ 自然条件評価
- ・ 社会経済条件評価

自然条件は、各サイトの現地踏査に基づいて専門技術者が判断した。自然条件は、現状における災害発生の可能性を評価した「ハザードランク」、過去の災害による道路への影響状況の評価した「災害履歴ランク」、災害種ごとに予想される災害の最大規模を評価した「災害規模ランク」の 3 項目で検討した。

社会経済条件は、各サイトの現地踏査及び道路線形図等のデータ解析に基づいて、専門技術者が判断した。社会条件は、単位時間当たりの交通経費（交通量×国際ラスネス指数 IRI）を評価した「走行経費ランク」、災害時の迂回路の遠近を評価した「代替路有無ランク」、近隣コミ

ユニティからの道路へのネットワーク性を評価した「結節ランク」、代替路線計画上の地形・地質的制約を評価した「路線計画上制約ランク」、救急事態における道路の寄与度を評価した「近隣の病院有無ランク」の5項目で検討した。

以降、各条件による評価方法と結果を述べる。

4.6.1 災害発生危険度による絞込み

a. ハザードランク

ハザードランクについては、各サイトの現地踏査に基づいて専門技術者が判断した。現地踏査では、斜面崩壊・落石、土石流といった災害種ごとに、下表 4.24 に示す地形、地質・土質、表層状況、斜面形状、変状、既存対策工の効果等に着目して評価を行った。

表 4.24 ハザードランク評価に向けた斜面崩壊・落石における着目ポイント

大項目		小項目
地形		・ 崖錐斜面 ・ 明瞭な遷急線 ・ 斜面脚部の浸食 ・ オーバーハング ・ 集水地形
地質・土質	土質	・ 浸食に弱い土質 ・ 水を含むと強度低下しやすい土質
	岩盤	・ 割れ目や弱層の密度が高い ・ 浸食に弱い岩盤 ・ 風化が早い岩質
	構造	・ 流れ盤 ・ 上部が硬質/脚部が脆弱な岩盤
表層状況		・ 表土、浮石、転石の安定性 ・ 湧水の状況 ・ 表面の被覆状況
斜面形状		・ 斜面比高 ・ 斜面傾斜
変状		・ 肌落ち、小落石 ・ ガリ浸食、洗堀、パイピング孔 ・ 陥没、盤ぶくれ ・ 根曲がり、倒木 ・ 亀裂、開口亀裂 ・ 対策工の変状
対策工		・ 既存対策工の効果

出典：調査団

表 4.25 ハザードランク評価に向けた土石流における着目ポイント

大項目	小項目
溪流の特性	・ 発生流域面積：溪床勾配15° 以上の流域面積 ・ 最急溪床勾配
斜面の特性	・ 斜面勾配が30° 以上の斜面の面積 ・ 草地及び灌木（樹高10m程度以下）の占める面積 ・ 不安定な土砂を伴う土工の有無 ・ 新しい亀裂、滑落崖の有無 ・ 比較的規模の大きい崩壊履歴
対策工	・ 既存対策工の効果
道路構造	・ 流路幅 ・ 桁下高さ

出典：調査団

評価結果は、下表 4.26 に示す定義に基づいて a、b、c の 3 段階に分類した。

表 4.26 ハザードランク評価の凡例

ランク	定義
a	現状における災害発生の可能性が高い
b	現状における災害発生の可能性が中程度
c	現状における災害発生の可能性が低い

出典：調査団

b. 災害履歴ランク

災害履歴ランクについては、最近 5~10 年程度以内で道路交通に影響を与えた土砂災害の発生の有無を、NHA の現場担当者に対して聞き取り調査した。本来であれば、集計・整理されている災害履歴データベースから、災害規模や通行止め時間・区間等を整理し、災害履歴ランクを評価するべきではあるが、NHA ではこれら災害履歴データベースが十分に整理されていないことから、担当職員への聞き取り調査に基づいて評価することとした。

評価結果は、下表に示す定義に基づいて a、b、c の 3 段階に分類した。

表 4.27 災害履歴ランク評価の凡例

ランク	定義
a	発生した土砂災害が道路に到達し、交通に影響を与えた
b	発生した土砂災害が道路に到達したが、交通に影響を与えなかった
c	土砂災害が発生したが、道路に到達していない 土砂災害が発生していない

出典：調査団

c. 災害規模ランク

災害規模ランクについては、各サイトの現地踏査に基づいて専門技術者が判断した。現地踏査では、現状で不安定と推定される部分の規模を、以下に示すとおり災害種ごとに目視計測し、その規模を推定した。

斜面崩壊：最大の不安定部分の斜面幅 $w(m)$ × 斜面長 $h(m)$ × 深さ $d(m)$

落石：最大の不安定岩体の幅 $w(m)$ × 高さ $h(m)$ × 深さ $d(m)$

土石流：最大の不安定堆積物の延長 $l(m)$ × 幅 $w(m)$ × 深さ $d(m)$

評価結果は、下表に示す定義に基づいて a、b、c の 3 段階に分類した。なお、同一斜面において災害種が 2 種類以上存在する場合は、各ランクのうち、評価が高いほう ($a > b > c$) をそのサイトのランクとした。

表 4.28 斜面崩壊の災害規模ランク評価の凡例

ランク	定義
a	5,000 m ³ –
b	2,000 – 5,000 m ³
c	– 2,000 m ³

出典：調査団

表 4.29 落石の災害規模ランク評価の凡例

ランク	定義
a	3 m ³ –
b	1 – 3 m ³
c	– 1 m ³

出典：調査団

表 4.30 土石流の災害規模ランク評価の凡例

ランク	定義
a	1,000 m ³ –
b	500 – 1,000 m ³
c	– 500 m ³

出典：調査団

d. 自然条件の評価結果

日本人入域無制限地域内に位置するロングリスト箇所 25 サイトのハザードランク、災害履歴ランク、災害規模ランクの評価結果は下表 4.31 のとおりである。

表 4.31 自然条件の評価結果

番号	災害種	ハザード ランク	災害履歴 ランク	災害規模 ランク	災害規模
N15_1	斜面崩壊+ 土石流	b	b	c	土石流: 100m(l)*1m(w)*1m(d)=100m ³ 斜面崩壊: 60m(w)*20m(h)*1m(d)=1200m ³
N15_2	斜面崩壊	c	c	c	40m(w)*20m(h)*1m(d)=800m ³
N15_3	斜面崩壊	a	a	a	400m(w)*300m(h)*1m(d)=120,000m ³
N15_4	斜面崩壊 +落石	b	c	b	100m(w)*50m(h)*0.5m(d)=2,500m ³ 転石の最大寸法=3m*1m*1m=3m ³
N15_5	土石流	a	a	a	200m(l)*3m(w)*2(d)=1,200m ³
N15_6	斜面崩壊	a	a	a	50m(w)*100m(h)*2m(d)=10,000m ³ 転石の最大寸法=2m*1m*1m=2m ³
N15_7	土石流	c	c	c	なし
N15_8	落石	a	a	a	落石の最大寸法=2m*2m*2m=8m ³
N15_9	斜面崩壊 +落石	a	a	a	100m(w)*120m(h)*1m(d)=12,000m ³ 転石の最大寸法=2m*2m*2m=8m ³
N15_10	土石流	a	a	a	200m(l)*4m(w)*2(d)=1,600m ³ 渓流内巨礫の最大寸法=4m*4m*2m=32m ³
N35_1	斜面崩壊 +落石	b	b	a	100m(w)*60m(h)*1m(d)=6,000m ³ 浮石の最大寸法=2m*2m*1.5m=6m ³
N35_2	斜面崩壊 +落石	c	c	b	20m(w)*10m(h)*1m(d)=200m ³ 転石の最大寸法=2m*1m*1m=2m ³
N35_3	土石流	c	b	c	50m(l)*5m(w)*1m(d)=250m ³
N35_4	土石流	c	c	c	なし
N35_5	土石流	c	b	c	30m(l)*10m(w)*2m(d)=600m ³
N35_6	斜面崩壊	b	c	c	50m(w)*30m(h)*0.5m(d)=750m ³
N35_7	落石	b	b	b	300m(w)*50m(h)*2m(d)=30,000m ³ 落石の最大寸法=3m*2m*2m=12m ³
N35_8	落石	a	a	a	400m(w)*50m(h)*2m(d)=40,000m ³ 落石の最大寸法=3m*2m*1m=6m ³
N35_9	土石流	a	a	b	300m(l)*2m(w)*1m(d)=600m ³
N75_1_1	斜面崩壊 +土石流	c	c	c	斜面崩壊: 20m(w)*10m(h)*0.5m(d)=100m ² 土石流: 20(l)*1m(w)*2m(d)=40m ³
N75_1_2	土石流	c	c	c	なし
N75_2	斜面崩壊	a	b	a	70m(w)*100m(h)*2m(d)=14,000m ³
N75_3	土石流	c	c	c	100m(l)*2m(w)*1m(d)=200m ³
N75_4	土石流	c	c	c	100m(l)*2m(w)*1m(d)=200m ³
N75_5	斜面崩壊 +落石	a	b	a	斜面崩壊: 60m(w)*60m(h)*1.5m(d)=5,400m ³ 落石の最大寸法=2m*1m*1m=2m ³

出典: 調査団

4.6.2 社会経済条件による絞込み

a. 走行経費ランク

走行経費ランクは、1日当たりの交通経費を表す。調査対象道路で5つの代表的な区間で1日あたりの交通経費を計算し、評価した。走行経費はRs.で表し、計算方法は「日交通量」と「道路の国際ラフネス指数に基づいた自動車1台ごとの走行経費（以下、IRI）」の積である。

交通経費の調査は、N15とN35をそれぞれ2区間、N75を1つの区間として、各区間で代表1斜面を選定し、その付近で実施した。区間別けは、交通量が著しく変わると考えられる分岐点及び都市で行った（図3.47参照）。各調査箇所を得た数値・評価結果はそれぞれの区間にある他斜面を代表するものとした。調査を実施した斜面及びそれらで得た数値・評価が対象とする他斜面を下表 4.32に示す。

表 4.32 走行経費調査斜面及びそれらで得た調査数値・評価が対象とする斜面

走行経費調査斜面	調査数値・評価対象斜面
N15_2	N15_1, N15_2, N15_3, N15_4
N15_6	N15_5, N15_6, N15_7, N15_8, N15_9, N15_10
N35_2	N35_1, N35_2, N35_3, N35_6
N35_8	N35_4, N35_5, N35_7, N35_8, N35_9
N75_4	N75全斜面

出典：調査団

「日交通量」は、各調査箇所で1時間の実測を小型車、中型車、大型車別に数えて行った。車種別の定義を図 4.62に示す。実測は最も交通量が多いと考えられる朝から昼にかけて実施した。なお、1日を昼間12時間、夜間12時間と設定し、昼間・夜間での交通量の比率（昼間の交通量に対する夜間の交通量の割合）を区間ごとに定めた。これらの設定は、現場踏査、各区間のNHA担当職員への聞き取り調査に基づいて専門技術者が判断した。日交通量の式は下記の通りである。

日交通量（台数）＝実測（台数）×12（昼間時間）＋実測（台数）×12（夜間時間）×昼間・夜間比率

Category	Description	Example	
Small Vehicle	Motorcycle Small Sedan		
Medium Vehicle	Medium Sedan Wagon Sun Utility Vehicle		
Large Vehicle	Bus Trucks Lorry		

図 4.62 交通量の実測で数えあげた車種の定義

（出典：調査団）

各交通経費調査箇所の日交通量を表 4.33に示す。

表 4.33 各交通経費調査箇所における日交通量

走行経費 調査斜面	車種	実測 (台数)	昼間・夜間 比率	日交通量(台数) 小数点四捨五入
N15_2	小型車	124	0.2	1786
	中型車	69	0.2	994
	大型車	8	0.2	115
	合計	201	-	2894
N15_6	小型車	22	0.2	317
	中型車	18	0.2	259
	大型車	3	0.2	43
	全車	45	-	619
N35_2	小型車	116	0.5	2088
	中型車	73	0.5	1314
	大型車	63	0.5	1134
	全車	252	0.5	4536
N35_8	小型車	129	0.2	1858
	中型車	52	0.2	749
	大型車	56	0.2	806
	全車	237	-	3413
N75_4	小型車	275	0.5	4950
	中型車	122	0.5	2196
	大型車	40	0.5	720
	全車	437	-	7866

出典:調査団

IRIは道路の凸凹の程度を示す指数である。道路のIRIに基づいた自動車1台ごとの走行経費は、NHAが車種ごと（小型車、中型車、大型車など10つの種類に分類している）にAnnual Maintenance Bookで公開していて、本調査でのIRIの評価は専門技術者が目視で判断した。道路の凸凹の程度が大きく、走行する車両が大きいほど走行経費が高くなる。調査対象地域の道路のIRI状態は比較的良く、全てにおいて4と評価した。IRI指数と路面性状の関係を図 4.63に示す。

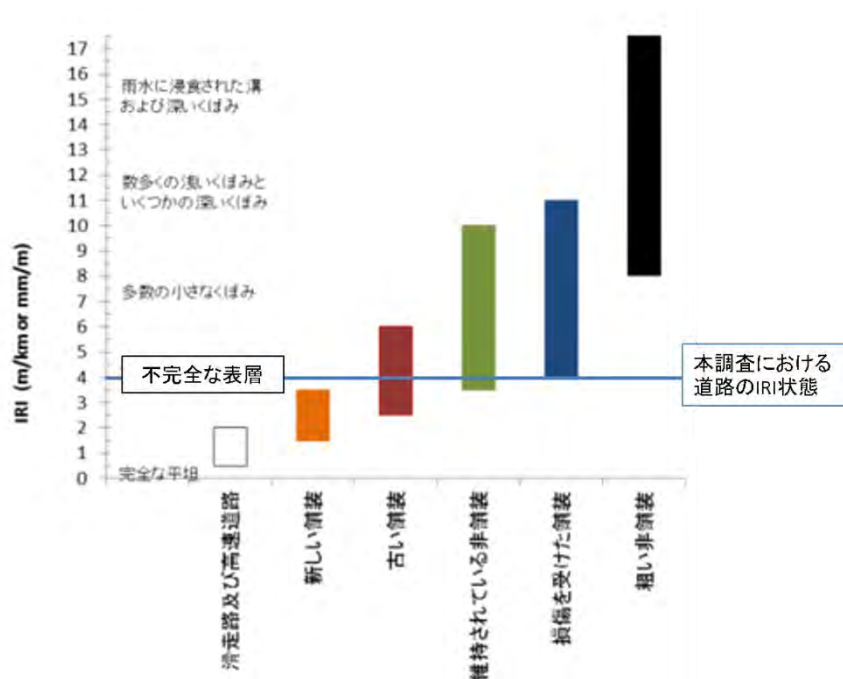


図 4.63 IRI 指数と路面性状の関係

(出典:土木技術資料 56-10 (2014)を一部修正)

表 4.34 NHA Annual Maintenance Book 2016-2017 による IRI=4 での大型車、中型車、の「道路の国際ラフネス指数に基づいた自動車 1 台ごとの走行経費」

IRI	小型車(Rs.)	中型車(Rs.)	大型車(Rs.)
4	9.1	20.8	82.3

出典:調査団

それぞれの小型車調査箇所の昼間・夜間比率を考慮した日交通量にIRIに基づいた自動車1台ごとの走行経費をかけて算出した1日あたりの走行経費を下表 4.35に示す。走行経費が高いほど当該区間が災害によって寸断された場合、社会経済への影響が大きい。

表 4.35 調査箇所の1時間の実測、昼間・夜間比率、日交通量、IRIに基づいた自動車1台ごとの走行経費、車種別1日あたりの走行経費、1日あたりの走行経費

走行経費調査斜面	車種	日交通量 (台数) 小数点 四捨五入	IRIに基づいた 自動車 1 台ごとの 走行経費(Rs.)	車種別 1 日あたりの 走行経費(Rs.)	1 日あたりの 走行経費(Rs.)
N15_2	小型車	1786	9.1	16252.6	46,397
	中型車	994	20.8	20675.2	
	大型車	115	82.3	9464.5	
	合計	2894	-	-	
N15_6	小型車	317	9.1	2884.7	11,830
	中型車	259	20.8	5387.2	
	大型車	43	82.3	3538.9	
	全車	619	-	-	
N35_2	小型車	2088	9.1	19000.8	139,660
	中型車	1314	20.8	27331.2	
	大型車	1134	82.3	93328.2	
	全車	4536	-	-	
N35_8	小型車	1858	9.1	16907.8	98,846
	中型車	749	20.8	15579.2	
	大型車	806	82.3	66333.8	
	全車	3413	-	-	
N75_4	小型車	4950	9.1	45045	149,978
	中型車	2196	20.8	45676.8	
	大型車	720	82.3	59256	
	全車	7866	-	-	

出典:調査団

評価結果は、下表に示す定義に基づいて3、2、1の3段階に分類した。

表 4.36 走行経費ランク評価の凡例

ランク	定義
3	>100,000 Rs.
2	40,000-100,000 Rs.
1	<40,000 Rs.

出典:調査団

b. 代替路有無ランク

代替路の有無ランクは、災害時に道路が寸断された際、迂回行動の可能性を表す。災害が発生した地点から別のルートを通して同じ地点まで到着するまでの最も短い距離を測って評価した。例として、N75-4の迂回路の距離の測定方法を図 4.64に示す。但し、代替路の検討対象道路は寸断された道路と最低同じ程度の交通量を荷えなければいけない。距離の計算はGISツールを用いて行った。

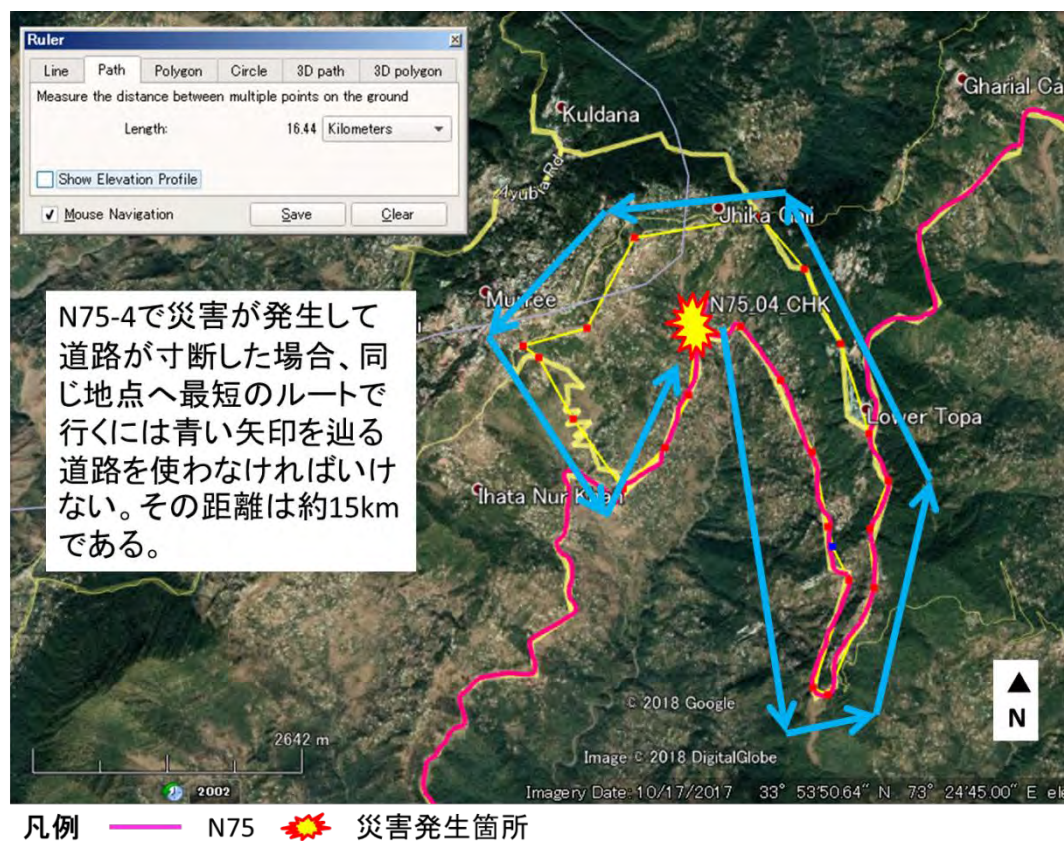


図 4.64 N75-4 を例とした迂回路の距離の測定方法の模式図

(出典: Google Earth を一部修正)

代替路の距離は長いほど物流などが滞り社会経済への影響が大きくなる。下表に各サイトで災害が発生した際の代替路の可能性を示す。

表 4.37 各サイトで災害が発生した際の代替路の可能性

番号	代替路の可能性
N15_1	Attar Sheeshaから南東約15km回って同じ地点に到達可能
N15_2	当道路が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N15_3	対岸に一時的な代替路が建設され現在使用されているが、大型トラックの通過は困難である
N15_4	当区間が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N15_5	無。当区間が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N15_6	無。当区間が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N15_7	沢の上流1km以内に橋がある
N15_8	当区間が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N15_9	当区間が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N15_10	当区間が寸断されれば、北部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N35_1	当道路が寸断されれば、南部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N35_2	当道路が寸断されれば、南部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N35_3	当道路が寸断されれば、南部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N35_4	当該区間が寸断されても古い橋梁が利用できる
N35_5	当道路が寸断されても対岸のAllai Roadが利用できる
N35_6	当道路が寸断されれば、南部から数百km(約500km)回らない限り代替路はない
N35_7	当道路が寸断されても対岸のAllai Roadが利用できる
N35_8	当道路が寸断されても対岸のAllai Roadが利用できる
N35_9	有。沢の上流と下流に代替路(1km以内)がある
N75_1_1	北部の代替路(約50km)を利用できる
N75_1_2	北部の代替路(約50km)を利用できる
N75_2	北部の代替路(約50km)を利用できる
N75_3	北部の代替路(約50km)を利用できる
N75_4	Murree市内・斜面の上部を通過する道路(約10km)を代替路として利用できる
N75_5	北部の代替路(約50km)を利用できる

出典:調査団

評価結果は、下表に示す定義に基づいて3、2、1の3段階に分類した。

表 4.38 代替路有無ランク評価の凡例

ランク	定義
3	>100km
2	10-100km
1	<10km

出典:調査団

c. 結節ランク

近隣のコミュニティからの道路への結節性、接続性、ネットワーク性を表し、道路で土砂災害が発生した際、直接悪影響を受ける裨益集落（世帯数）で評価した。近隣のコミュニティの定義は、災害発生想定箇所より両サイド500mにかけて道路に隣接する世帯数である。世帯数の数えあげは、机上作業として衛星写真を用いて個数を求め、現地で住居か否かを照査した。衛星写真を用いた世帯数の数えあげの例を図 4.65に示す。下表に各サイトでの近隣のコミュニティの世帯数を示す。



図 4.65 N15_3 を例とした世帯数の数えあげ方法の模式図

(出典: Google Earth を一部修正)

表 4.39 各サイトの近隣のコミュニティ

番号	裨益集落(世帯数)
N15_1	裨益集落約10世帯
N15_2	裨益集落約30世帯
N15_3	裨益集落10世帯
N15_4	裨益集落無し
N15_5	裨益集落無し
N15_6	裨益集落無し
N15_7	裨益集落約100世帯
N15_8	裨益集落無し
N15_9	裨益集落無し
N15_10	裨益集落無し
N35_1	裨益集落無し
N35_2	裨益集落無し
N35_3	裨益集落無し
N35_4	裨益集落約50世帯
N35_5	裨益集落約10世帯
N35_6	裨益集落無し
N35_7	裨益集落無し
N35_8	裨益集落無し
N35_9	裨益集落約50世帯
N75_1_1	裨益集落無し
N75_1_2	裨益集落無し
N75_2	裨益集落約10世帯
N75_3	裨益集落約10世帯
N75_4	裨益集落約30世帯
N75_5	裨益集落約10世帯

出典: 調査団

評価結果は、表 4.40に示す定義に基づいて3、2、1の3段階に分類した。

表 4.40 結節ランク評価の凡例

ランク	定義
3	裨益集落>50
2	裨益集落1-50
1	裨益集落なし

出典:調査団

d. 路線計画上制約ランク

将来的な代替路選定を行う際、地形・地質的な特性による路線改良の可能性を表す。評価手法は、最初に机上作業として衛星写真の判読によってサイトとその周辺の地形を把握し、現場踏査で地形、地質の状況、性質などを確認する。この情報を持って路線改良を行う場合の制約を検討した。現場踏査で確認できた主な路線改良における制約の例を図 4.66～図 4.69に示す。



図 4.66 現道部分の平坦面が幅広であるため谷側へシフト可能な箇所の例(N15_8)
※シフト可能でも災害回避できるとは限らない
(出典:調査団)



図 4.67 現道部分の平坦面が幅細であるため谷側シフトが不可能な箇所の例(N35_8)
(出典:調査団)



図 4.68 対岸部分で同等の道路建設が可能(橋梁等による迂回路建設が可能)な箇所の例(N35_3)
(出典:調査団)



図 4.69 対岸部分が急峻な地形であり同等の道路建設が不可能(橋梁等による迂回路建設が不可能)な箇所の例(N15_8)
(出典:調査団)

路線計画上、制約が多いほど対岸への道路移設などといった路線改良が困難となり、対策の必要性が高くなると考えられる。表 4.41に各サイトでの路線計画上制約、対策の可能性を示す。なお、トンネルなどの最も高価な対策は検討しない。

表 4.41 各サイトの路線計画上制約

番号	路線計画上制約
N15_1	予想される災害からしてカルバートの建設が最も経済的であると考えられるが、その災害規模からその都度、土砂を除去するのも可能である
N15_2	予想される災害からして対策工・構造物の建設なしでも道路の維持が可能であると考えられる
N15_3	現在、代替路がある路線上に拡幅できるが、橋梁を2つ及び対策工を施工しなければいけないため、対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N15_4	対岸に代替路の建設が可能であるが、対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N15_5	土石流を回避するには谷川に橋梁を建設する必要がある
N15_6	崩壊している箇所の上部に道路を移設できる空間は十分あると考えられる
N15_7	無
N15_8	谷川へ道路をシフトする空間はあるが、想定される災害を回避できない。対岸に道路を移す空間はない。対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N15_9	対岸に道路を移す空間はあるが、対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N15_10	対岸に道路を移す空間はあるが、カルバート、流路工の建設が最も経済的であると考えられる
N35_1	橋梁を建設して対岸に道路を移せるが、対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N35_2	予想される災害からして対策工・構造物の建設なしでも道路の維持が可能であると考えられる
N35_3	対岸に道路を移す空間はあるが、カルバートの建設が最も経済的であると考えられる
N35_4	当区間は橋梁でしか通過できない
N35_5	対岸に道路を移す空間はあるが、カルバートの建設が最も経済的であると考えられる
N35_6	対岸に道路を移す空間はあるが、対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N35_7	対岸に道路を移すより対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N35_8	対岸に道路を移すより対策工の実施が最も経済的であると考えられる
N35_9	集落の中心を通るため、対策工の実施が最も現実的・経済的だと考えられる
N75_1_1	対策工の実施は必要ないと考えられる
N75_1_2	対策工の実施は必要ないと考えられる
N75_2	対策工の実施が最も現実的・経済的だと考えられる
N75_3	対策工の実施は必要ないと考えられる
N75_4	対策工の実施は必要ないと考えられる
N75_5	橋梁を建設して当該区間を回避できるが、対策工の実施が最も経済的だと考えられる

出典：調査団

評価結果は、現場踏査で確認できた制約を根拠として表 4.42に示す定義に基づいて3、2、1の3段階に分類した。

表 4.42 路線計画上制約ランク評価の凡例

ランク	定義
3	・現道部分の平坦面が幅細であるため谷側へシフト不可能 ・対岸部分が急峻な地形であり同等の道路建設が不可能（橋梁等による迂回路建設が不可能）
2	・現道部分の平坦面が幅細であるため谷側へシフト不可能 ・対岸部分で同等の道路建設が可能（橋梁等による迂回路建設が可能）
1	・現道部分の平坦面が幅広であるため谷側へシフト可能

出典：調査団

e. 近隣の病院有無ランク

救急活動に対する道路の寄与度を表す。土砂災害によって道路が寸断され、負傷者が生じた際、病院の距離が遠いほど救急活動が滞るため、社会経済への影響が著しいと考えられる。評価方法は、GIS ツールを活用して、各サイトから最寄りの病院への国道を通した距離を測って行った。なお、本調査で対象とした病院の定義は、入院施設があるもの、複数の診療科があるもの、

基本的な救急活動に対応できるものとした。診療所は本ランクの対象として検討していない。本調査の病院の定義に当てはまる最寄りの病院の位置情報は、各区間の NHA 担当職員への聞き取り調査から情報を得た。表 4.43 に各サイトからの最寄りの病院までの距離を示す。

表 4.43 各サイトから最寄りの病院までの距離

番号	路線計画上制約
N15_1	最も近い病院は北に約10kmのBalakotにある
N15_2	1km以内に位置するBalakotに病院がある
N15_3	最も近い病院は南約20kmに位置するBalakotにある
N15_4	最も近い病院は南約25kmに位置するBalakotにある
N15_5	最も近い病院は南約35kmに位置するBalakotにある
N15_6	最も近い病院は南約45kmに位置するBalakotにある
N15_7	最も近い病院は南約50kmに位置するBalakotにある
N15_8	最も近い病院は南約65kmに位置するBalakotにある
N15_9	最も近い病院は南約65kmに位置するBalakotにある
N15_10	最も近い病院は南約70kmに位置するBalakotにある
N35_1	最も近い病院は南約10kmに位置するBattagramにある
N35_2	最も近い病院は南約10kmに位置するBattagramにある
N35_3	最も近い病院は南約15kmに位置するBattagramにある
N35_4	最も近い病院は南約20kmに位置するBattagramにある
N35_5	最も近い病院は南約30kmに位置するBattagramにある
N35_6	最も近い病院は南約10kmに位置するBattagramにある
N35_7	最も近い病院は南約35kmに位置するBattagramにある
N35_8	最も近い病院は南約35kmに位置するBattagramにある
N35_9	最も近い病院は南約40kmに位置するBattagramにある
N75_1_1	北東約15kmに位置するMurreelに病院がある
N75_1_2	北東約15kmに位置するMurreelに病院がある
N75_2	北東約10kmに位置するMurreelに病院がある
N75_3	2km以内に位置するMurreelに病院がある
N75_4	2km以内に位置するMurreelに病院がある
N75_5	2km以内に位置するMurreelに病院がある

出典：調査団

評価結果は、表 4.44に示す定義に基づいて3、2、1の3段階に分類した。

表 4.44 近隣の病院有無ランク評価の凡例

ランク	定義
3	>30km
2	10-30km
1	<10km

出典：調査団

f. 社会経済条件の評価結果

社会経済評価の各項目のランクの閾値の設定については、パキスタンでは土砂災害による被害の想定や評価の参考となる判断基準がないため、調査したサイトの中から各社会経済ランク項目につき最も影響が大きい箇所に最大のランクを与え、相対的に各ランクの閾値を専門技術者が判断し3段階に別けた。

日本人入域無制限地域に位置するロングリスト箇所25サイトの走行経費ランク、代替路有無ランク、結節ランク、路線計画上制約ランク、近隣の病院有無ランクの評価結果は図 4.43のとおりである。

表 4.45 社会経済条件の評価結果

番号	災害種	走行経費 ランク	代替路有無 ランク	結節ランク	路線計画 上制約ランク	近隣の病院 有無ランク
N15_1	土石流 + 斜面崩壊	2	2	2	1	1
N15_2	斜面崩壊	2	3	2	1	1
N15_3	斜面崩壊	2	3	2	2	2
N15_4	斜面崩壊 + 落石	2	3	1	2	2
N15_5	土石流	1	3	1	3	3
N15_6	斜面崩壊	1	3	1	1	3
N15_7	土石流	1	1	3	1	3
N15_8	落石	1	3	1	3	3
N15_9	斜面崩壊 + 落石	1	3	1	2	3
N15_10	土石流	1	3	1	2	3
N35_1	斜面崩壊 + 落石	3	3	1	2	1
N35_2	斜面崩壊 + 落石	3	3	1	1	1
N35_3	土石流	3	3	1	2	2
N35_4	土石流	2	1	2	3	2
N35_5	土石流	2	2	2	2	3
N35_6	斜面崩壊	3	3	1	1	1
N35_7	落石	2	2	1	2	3
N35_8	落石	2	2	1	2	3
N35_9	土石流	2	1	2	3	3
N75_1_1	斜面崩壊 + 土石流	3	2	1	1	2
N75_1_2	土石流	3	2	1	1	2
N75_2	斜面崩壊	3	2	2	3	1
N75_3	土石流	3	2	2	1	1
N75_4	土石流	3	1	2	1	1
N75_5	斜面崩壊 + 落石	3	2	2	2	1

出典:調査団

4.6.3 総合評価

ミドルリストの検討に向けて、自然条件と社会経済条件をそれぞれ統合して、総合評価を求めた。

自然条件は、「ハザードランク」、「災害履歴ランク」、「災害規模ランク」の評価ランク（a、b、c）組み合わせにより、A、B、Cの3段階評価を行った。当該区間における土砂災害の被災ポテンシャルは、Aが最も大きい、Bが中程度、Cが最も小さい、と評価される。

社会経済条件は、「走行経費ランク」、「代替路有無ランク」、「結節ランク」、「路線計画
上制約ランク」、「近隣の病院有無ランク」の評価ポイント（1~3）の合計値（5~15）を総合評価とした。合計ポイントが高いほど、当該区間において土砂災害が発生した場合の社会経済への影響が大きいことを示す。

表 4.46 自然条件の総合評価の凡例

ランク	定義
A	「a」が1個以上ある場合
B	「b」が1個以上ある場合（「a」は無し）
C	すべて「c」の場合

出典：調査団

日本人入域無制限地域内に位置するロングリスト箇所 25 サイトの総合評価結果は下表のとおりである。総合評価が高いほど土砂災害対策工事の優先順位が高いとして自然条件ランクが A のサイトをミドルリストとする。

表 4.47 総合評価結果

番号	災害種類	自然条件評価			社会経済条件評価					総合評価	
		ハザード ランク	災害履歴 ランク	災害規模 ランク	走行経費 ランク	代替路 有無 ランク	結節 ランク	路線計画 上制約 ランク	近隣の病 院有無 ランク	自然条件	社会経済 条件
N15_1	土石流 +斜面崩壊	b	b	c	2	2	2	1	1	B	8
N15_2	斜面崩壊	c	c	c	2	3	2	1	1	C	9
N15_3	斜面崩壊	a	a	a	2	3	2	2	2	A	11
N15_4	斜面崩壊 +落石	b	c	b	2	3	1	2	2	B	10
N15_5	土石流	a	a	a	1	3	1	3	3	A	11
N15_6	斜面崩壊	a	a	a	1	3	1	1	3	A	9
N15_7	土石流	c	c	c	1	1	3	1	3	C	9
N15_8	落石	a	a	a	1	3	1	3	3	A	11
N15_9	斜面崩壊 +落石	a	a	a	1	3	1	2	3	A	10
N15_10	土石流	a	a	a	1	3	1	2	3	A	10
N35_1	斜面崩壊 +落石	b	b	a	3	3	1	2	1	A	10
N35_2	斜面崩壊 +落石	c	c	b	3	3	1	1	1	B	9
N35_3	土石流	c	b	c	3	3	1	2	2	B	11
N35_4	土石流	c	c	c	2	1	2	3	2	C	10
N35_5	土石流	c	b	c	2	2	2	2	3	B	11
N35_6	斜面崩壊	b	c	c	3	3	1	1	1	B	9
N35_7	落石	b	b	b	2	2	1	2	3	B	10
N35_8	落石	a	a	a	2	2	1	2	3	A	10
N35_9	土石流	a	a	b	2	1	2	3	3	A	11
N75_1_1	斜面崩壊 +土石流	c	c	c	3	2	1	1	2	C	9
N75_1_2	土石流	c	c	c	3	2	1	1	2	C	9
N75_2	斜面崩壊	a	b	a	3	2	2	3	1	A	11
N75_3	土石流	c	c	c	3	2	2	1	1	C	9
N75_4	土石流	c	c	c	3	1	2	1	1	C	8
N75_5	斜面崩壊 +落石	a	b	a	3	2	2	2	1	A	10

出典：調査団

4.7 ショートリストの作成

4.6 で作成したミドルリストのうち、将来的な土砂災害対策工事の実施を検討する目的で、ショートリストを選定する。ショートリストは、5～6 サイト程度を目途とする。ショートリスト作成にあたり、本プロジェクトでは以下の3条件について検討を行った。

- ① 対策工事实施に係る制約
- ② 想定される対策工法（4.6 で示す「自然条件」における評価「A」と「B」のみ）
- ③ 想定される設計・施工体制（4.6 で示す「自然条件」における評価「A」と「B」のみ）

「対策工事实施に係る制約」とは、現在、中国政府により施工中の資金協力の区間に該当するかどうかを示す「中国工事区間」、冬季に積雪や雪崩により道路交通が可能かどうかを示す「冬季通行困難」、該当区間の国道に光ファイバーや水道管が埋設されているかどうかを示す「埋設物有無」、対策すべき斜面部分が民有地に属するかどうかを示す「民有地有無」、本調査による地盤ボーリング調査の実施の有無を示す「地盤調査対象」の5項目を、各サイトの現地踏査ならびに聞き取り調査によって確認した。

「想定される対策工法」は、4.6 で示す「自然条件」における評価が「A」もしくは「B」についてのみ、想定される対策範囲と対策工法を、専門技術者が判断した。

「想定される設計・施工体制」は、4.6 で示す「自然条件」における評価が「A」もしくは「B」についてのみ、設計の相対難易度、ならびに想定される施工業者（施工国）と受注体制を、専門技術者が判断した。

これら3条件は実際に工事を施工する際に、実現可能性を決定するためのコントロールポイントとなる。すなわち、工事を実施することが不可能になる「制約」や、現状のパキスタンでは実施不可能な「対策工法」や「設計・施工体制」をあらかじめ洗い出しておく必要がある。

以降、各検討結果を述べる。

4.7.1 対策工事实施に係る制約

a. 中国工事区間

パキスタン国内の国道のいくつかの区間では、現在、中国政府による資金協力において、道路拡幅、トンネル、橋梁等の建設が行われている。また山岳地の国道沿いにおいては、ダム建設が行われている。これらの該当区間では、トンネルや橋梁により別線となること、道路拡幅により山側斜面が切土されてしまうこと、ダム建設に伴い現道が埋没してしまうことから、現状でリスクが高いと判断された道路斜面が、消滅することが予想される。そのため、これらの該当区間を現地調査において確認し、ショートリストの候補から除外することとした。

調査の結果、N-35の一部がこれら工事区間に該当しており、道路拡幅工事、トンネル工事、橋梁工事の実施箇所は、N35_1、N35_2、N35_3であり、ダム建設箇所は、N35_6であった。該当区間を下図に示す。

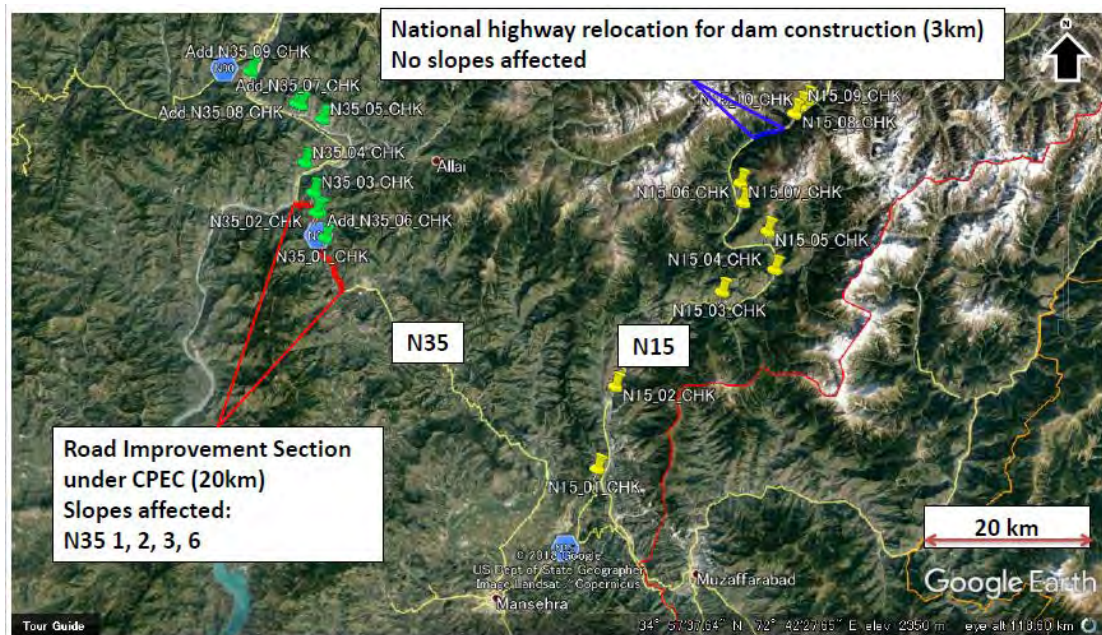


図 4.70 中国政府による国道沿いの資金協力事業区間

(出典:Google Earth を一部修正)

b. 冬季通行困難

冬季における積雪や雪崩による道路交通の可否を、NHA 職員への聞き取り調査から確認した。

調査の結果、N-15 の山岳部においては冬季（12～3 月）を通して通行できない可能性があること、N-15 の一部の峠区間では最積雪期（2 月頃）に一時的に通行できない可能性があることが判明した。

冬季（12～3 月）を通して通行できない可能性がある箇所は、N15_8、N15_9、N15_10 であり、最積雪期（2 月頃）に一時的に通行できない可能性がある箇所は、N15_4、N15_5 であった。

c. 埋設物有無

国道に埋設されている光ファイバーや水道管の有無を、NHA 職員への聞き取り調査から確認した。

調査の結果、調査対象箇所のすべてにおいて、光ファイバーと水道管が埋設されていることが判明した。

d. 民有地有無

対策すべき山側斜面ないし谷側斜面（盛土）の一部が民有地に属するかどうかを、NHA 職員への聞き取り調査から確認した。

調査の結果、N75_2、N75_5 の対象斜面の一部が民有地に属する可能性がある。

e. 地盤調査対象

本調査では、土質性状ならびに N 値を確認する目的で簡易的なボーリング調査を実施した。

ボーリング調査を実施した箇所は、N15_3、N15_6、N15_8、N15_9、N75_2 の 5 箇所である。

4.7.2 想定される対策工法

ショートリストとして選定された 6 斜面（N15_3,N15_6,N15_8,N15_9,N75_2,N75_5）に対して想定される対策工法について、その選定に至る基本的な考え方を、以下のフロー図に示す。

対策を検討する上での基本的な考え方（山側斜面）

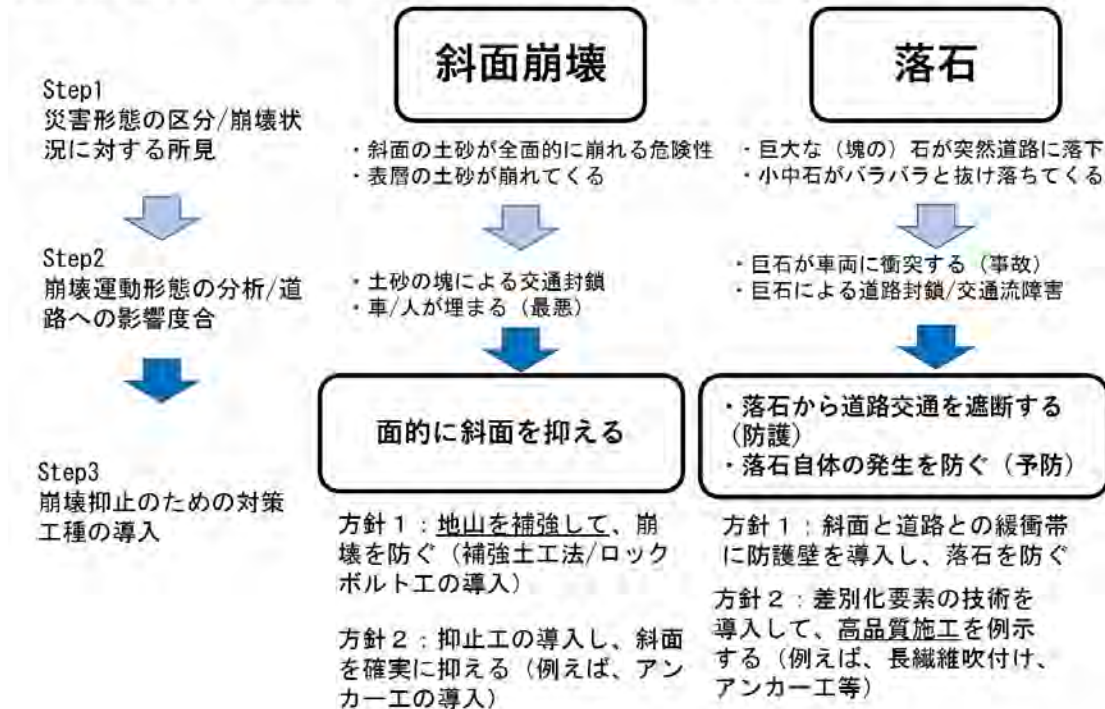


図 4.71 道路山側の斜面に対する対策工選定の基本的考え方

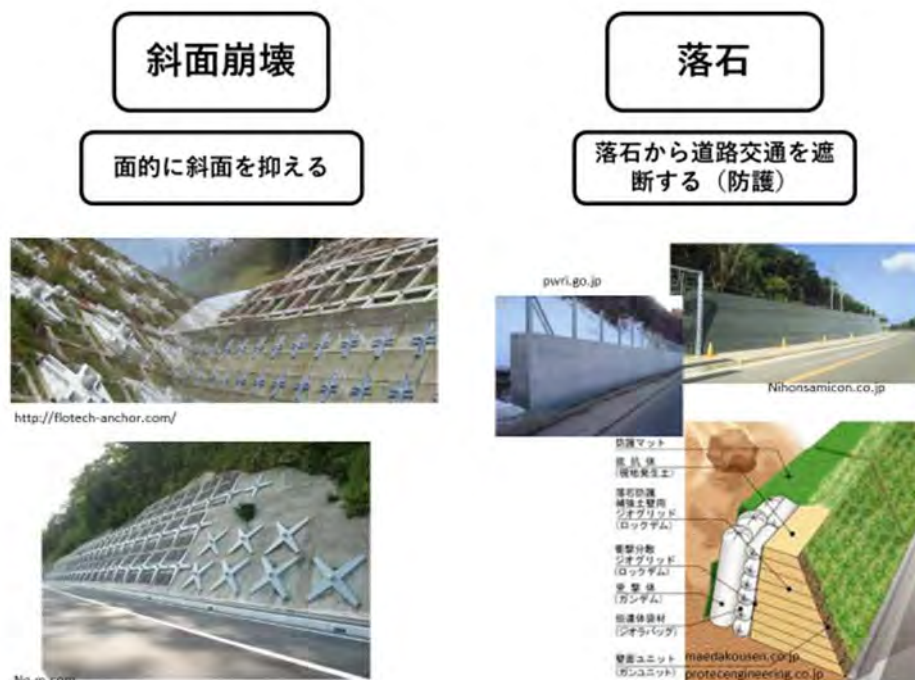
（出典：調査団）

道路山側の斜面における災害形態として、「斜面崩壊」と「落石」が顕著であった。「斜面崩壊」は、斜面を構成する岩盤や土砂が、地盤の緩みや風化により弱くなったところに、融雪期やモンスーンの表流水による地下水によって斜面の表層が広く崩壊している現象をさす。また、「落石」は、急崖を構成する岩盤の一部が亀裂により剥がれて、巨石が道路に落下する現象をさす。このような性状をもつ斜面に対しては、各災害形態とその運動形態（「斜面崩壊」であれば、風化した表土層が面的に落下してくる運動形態、「落石」であれば、巨石が跳躍しながら斜面を落下してくる現象）に応じた対策工の選定を以下の考え方で行った。

「斜面崩壊」では、以下の事項を基本的に含めた。

- ① 斜面の整形（切土）：斜面構成材料（岩石や土砂）に応じた安定角度（安息角）に準じた切土勾配で、斜面を整形する（切土工事）。
- ② 対策工事は、斜面上部から切土を行い、1 段切土した直後に、1 段斜面の対策工事を行う逆巻き工法を基本的に採用する。この逆巻き工法では、斜面を切った後の地山を外部にさらしておく時間が少ないため、崩壊した地山の切土施工中の安全性を確保できる。
- ③ すべり面（想定）より下部の安定地山側では、安定勾配による斜面の自立を期待し、吹付けを行う。すべり面（想定）より上部の移動土塊側では、土塊厚が小さい箇所では、ロックボルトを挿入して地山を補強する「地山補強土工法」を採用し、土塊厚がある程度以上の箇所（例えば、移動土塊厚さが約 3m 以上）では、アンカー工を採用し、安定地山へのアンカーの定着と受圧板による移動土塊の引き締めにより、移動土塊を安定化させる。

なお、上記の対策工種の選定にあたっては、新技術による差別化の観点で、アンカー工、長繊維吹付け工は、斜面の確実な固定や安全率の向上（施工信頼性の向上）に寄与すると考えられる。また、ジオロックウォール工（落石防護工）も、3種類の異なる土のう袋の組み合わせにより、高い衝撃吸収力を有し、かつ、現地発生土を活用した簡易な施工性を有する工法として例示できる⁵⁴。



⁵⁴ ジオロックウォール工法、http://www.proteng.co.jp/product_detail.php?keyno=14

対策を検討する上での基本的な考え方（谷側[路体部分を含む]）

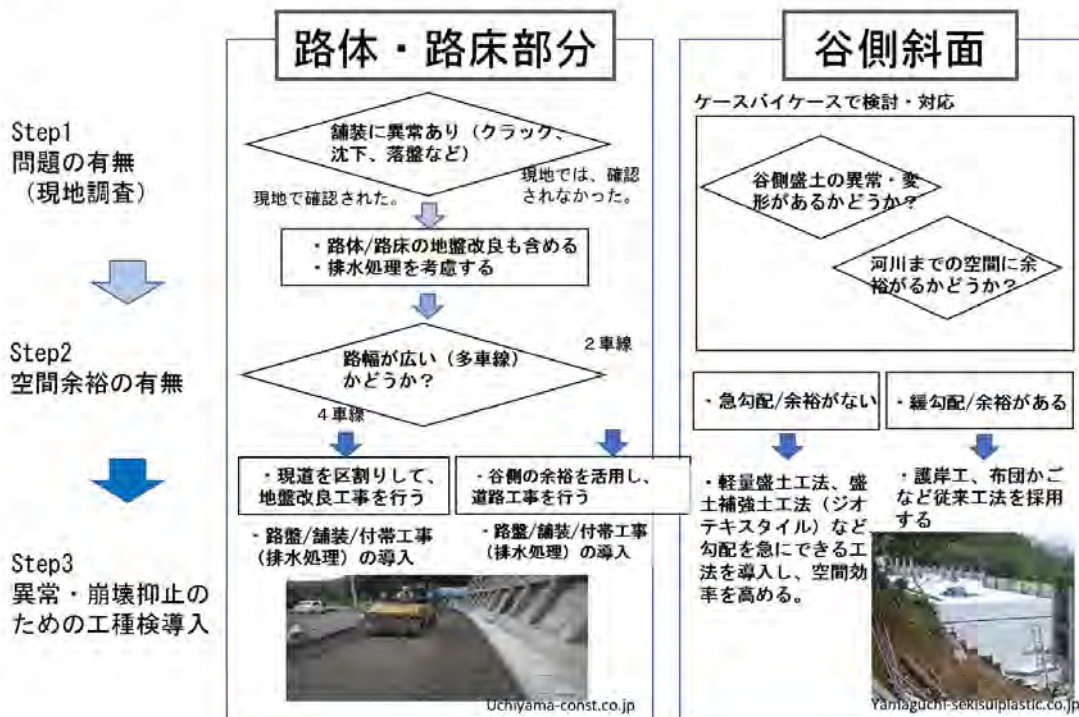


図 4.73 道路谷側の斜面に対する対策工選定の基本的考え方

道路路体部分を含む道路谷側における対策工事の選定の基本的考え方では、道路谷側の斜面における災害形態として、路面排水処理の不良（側溝亀裂からの浸透）による道路盛土の崩壊・流動が N75 の谷側斜面で顕著であったこと、舗装における不陸・陥没（アスファルト/たわみ性の舗装の場合）、継ぎ目の段差や馬蹄形状の亀裂（コンクリート/剛性舗装の場合）が認められたこと、斜面下方に位置する河川流との空間的制約（道路端と河川との水平距離や高度差など）の有無を基本的な考え方に含めた。また、現道路幅と谷側斜面の肩部との距離関係により、道路工事における車線規制のしやすさも考慮した。具体的には、以下の観点を含んで、対策工事の選定を行った。

- ① 路体部分もしくは路床部分に、陥没、沈下、落盤などの地盤異常があると考えられる場合、この部分の地盤改良（例えば、石灰混合処理）を行い、構成材料の均一化と支持力の向上を行い、舗装部分（路盤以上の材料部分で、現地では、アスファルトや砕石により路面が形成される部分。もしくは、コンクリート舗装として、現地で構築される舗装面）に対する安定した支持を確保し、路面水の浸透を防ぎ、路体路床部分の弱体化を防ぎ、舗装の長期的な平坦化を狙う。
- ② 谷側の盛土は、道路端から河川までの空間余裕の有無により、余裕があれば、従来工法（盛土の安定勾配による勾配による護岸工や布団かご工による河川侵食防止）を採用し、余裕が無ければ、軽量盛土工（例えば、EPS 工法⁵⁵や FCB 工法⁵⁶など）や、ジオテキスタイルを活用した盛土補強土工法⁵⁷を活用し、空間制約（道路面と河川との比高差があり、かつ、これらの水平距離が短い場合の空間制約）における盛土勾配をなるべく急勾配にできる工法を採用する。なお、軽量盛土工法には、EPS 工法や FCB 工法などが挙げられ、通常の道路盛土の 1/30 の単位体積重量であり（非常に軽量）、かつ、対圧縮性、耐水性、施工効率

⁵⁵ EPS工法、http://www.sekisuiplastics.co.jp/prdt/eps/eps_index.html

⁵⁶ FCB工法、<http://www.fcb-ken.e-const.jp/fcbsetumei.html>

⁵⁷ジオテキスタイルを活用した盛土補強土工法、<https://www.maedakosen.jp/mdk/construction/reinforced-earth>

性（プレキャスト）であることから、現地に無い差別化工法として推奨できる^{58,59}。

また、特徴的な工法について、個別的に略説する。選んだ工法は、以下である。

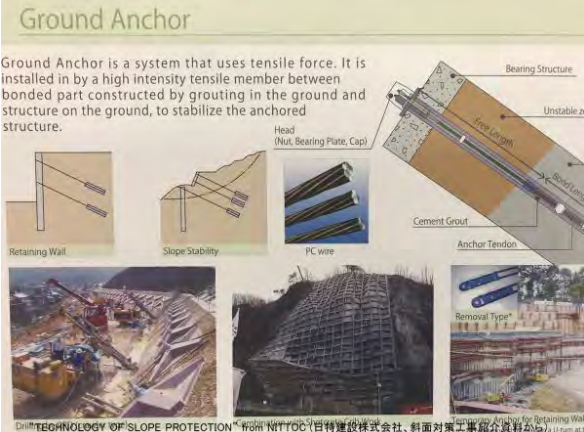
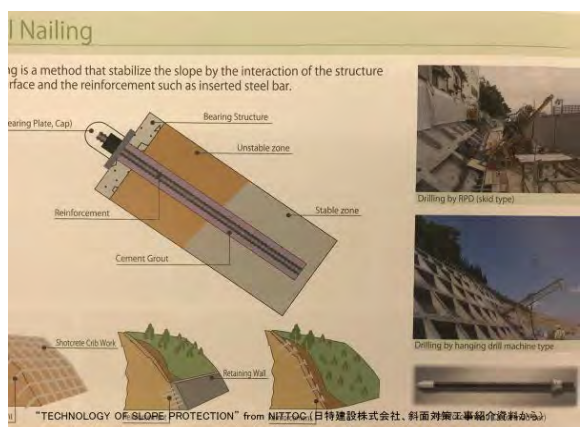
工法	地山補強土工法/ロックボルト	アンカー工
概念図	 Ground Anchor Ground Anchor is a system that uses tensile force. It is installed in by a high intensity tensile member between bonded part constructed by grouting in the ground and structure on the ground, to stabilize the anchored structure. Labels: Retaining Wall, Slope Stability, PC wire, Head (Nut, Bearing Plate, Cap), Bearing Structure, Unstable zone, Stable zone, Cement Grout, Anchor Tendon, Removal Type* Drill "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOG (日特建設株式会社, 斜面対策工事総合資料から)	 Nailing ig is a method that stabilize the slope by the interaction of the structure rface and the reinforcement such as inserted steel bar. Labels: Bearing Plate, Cap, Bearing Structure, Unstable zone, Stable zone, Reinforcement, Cement Grout, Photocopy Cuts Work, Retaining Wall, Drilling by RPD (skid type), Drilling by hanging drill machine type "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOG (日特建設株式会社, 斜面対策工事総合資料から)
説明	地山に鉄筋(ロックボルト)を挿入し、鉄筋の持つ抗張力性を活用して、鉄筋の一端を安定した地山(安定基盤)にモルタルを介して定着させるとともに、鉄筋の他端を移動土塊を締め付けるための定着具に固定して、移動土塊の動きを制約させる斜面安定化工法の一つである。力学的には、移動土塊が斜面を下ろうとして作用する主動土圧に対して、鉄筋の引っ張り抵抗力を持って、移動土塊の動きが抑止される作用を持つ地山補強土工法である。効用として、地山の持つ安定勾配以上に斜面勾配を急傾斜に形成させることができるので、切土量の低減や地山植生の保護に役立つ。	アンカー工は、鋼線(ピアノ線など)を複数に巻いたストランドの持つ大きな引張り抵抗力を活用して、モルタルを介して定着具(アンカー部)を安定基盤に固定する共に、ストランドの他端を受圧版を介して移動土塊に締め付けるように固定した斜面安定化対策工の一つである。ストランドの張力管理(締め付ける力の大きさを調整すること)を、ねじを締め付けるのと同じように行うことで、外側から人為的に張力管理を行うことができる。従って、斜面对策の安全率(斜面对策工の品質性能指標の一つである概念で、「斜面が滑動しようとする力」に対する「斜面安定化対策工事によってもたらされる移動土塊を止めようとする抑止力」との比)を、人為的に管理することができ、安全性の担保しやすい利点がある。また、受圧版の材料や形状に多数の工夫をすることができるので、技術開発の余地が高く、イノベーション性を有するインフラ技術である。

図 4.74 選定された工法の概要(1/4)(出典:調査団)

⁵⁸ ESP工法の特徴、ホクコンHP、<https://www.hokukon.co.jp/catalog/data/ro/eps.pdf>,

⁵⁹ EPS工法、<https://www.achilles.jp/product/construction/civil-work/eps-method/>

工法	吹付け工法(特に、長繊維吹付け)	法枠工
概念図	Mortar/Concrete Shotcret spraying Construction Flow → Slope Cleaning → Wire Mesh Installation → Shotcreting Method Wet type(Pre-mix type) machine of spraying is standard. Preparation of mortar/concrete is in-site or in-factory. Pumping Distance •Length of hose : less than 100m •Slope height : less than 45m Standard Compressive Strength 18N/mm² Standard Combination 45~55 380~425  "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOC (日特建設株式会社、斜面対策工事紹介資料から)	Shotcrete Crib Work Construction Flow → Slope Cleaning → Wire Mesh Installation → Assemble → Shotcreting → Spraying between beams *Spraying between beam is selected mortar/concrete shotcrete, vegetation base material spraying, and stone pitching depend on slope condition. *Method, Pumping Distance, Standard Compressive Strength, Standard Combination are same as Mortar/Concrete Shotcrete Spraying.  "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOC (日特建設株式会社、斜面対策工事紹介資料から)
説明	砂質土と連続繊維(ポリエステル)をジェット水とともに噴射・混合して、法面に厚い土構造物を構築するもので、連続繊維補強土と地山との一体化を図る斜面安定化工法の一つである。主に切土法面で、斜面の侵食や風化防止、表層崩落防止などに適用できる。	法枠工は、格子型の枠材を斜面に取り付け安定化を図る斜面安定化工の一つである。枠材として、金網格子が多用され、現場打ち、プレキャスト枠(工場で事前に製作され、現場に搬入する枠)などがある。植生マット、吹付け、ロックボルト、アンカーなどとの併用が可能である。

図 4.75 選定された工法の概要(2/4)(出典:調査団)

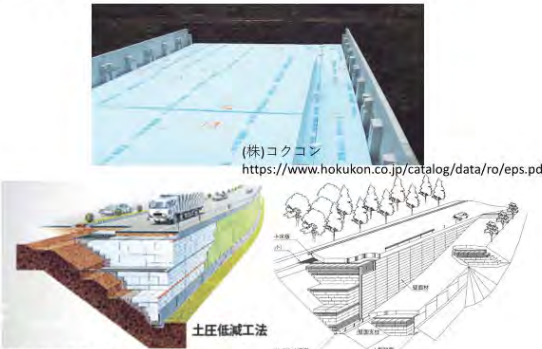
工 法	落石対策工	軽量盛土工法 (Expanded Poly-styrol Construction Method)
概念図	There are two type measures for rock fall problem. One is a "Prevention Work" that prevents rock fall generation. The other is a "Protection Work" to prevent damage when rock fall occur.  Prevention Work: Removal Work Foot Protection Work Adhesion Work Wire Rope Work Rope Net Work Shotcrete Work Shotcrete Crib Work Rock Fall Protection Net + Rock Bolt Shotcrete Crib Work + Ground Anchor Protection Work: Rock Fall Protection Net Work (Cover Type) Rock Fall Protection Net Work (Pocket Type) Rock Fall Protection Fence High Energy Absorption Fence Shotcrete Work Shotcrete Crib Work + Ground Anchor Rock Fall Protection Net Work (Pocket Type) "TECHNOLOGY OF SLOPE PROTECTION" from NITTOC (日特建設株式会社、斜面対策工事紹介資料から)	EPS工法 (Expanded Poly Styrene)  (株)コクコン https://www.hokukon.co.jp/catalog/data/ro/eps.pdf 土圧軽減工法 積水化成品工業㈱ http://www.sekisuiplastics.co.jp/prdt/eps/eps_index.html
説明	落石対策工は、落石が発生する斜面自体の安定化（落石が起こらないように、落石懸念の石や岩盤を吹付けや法枠で抑えたり、巨岩をワイヤーで斜面に留めたりすること）させる「落石予防工/緩和策・防災予防工事」と、落石が仮に発生したとしても、道路交通への影響だけは遮断するために壁体を道路端に設け、落石の侵入を止める「防護工/適応策」がある。パキスタンの地盤工学系の教授との議論から、「落石対策はパキスタンでは新しい技術概念である」ということがコメントされたことを受け、適用が想定される斜面（斜面N-15_8）では、従来形式の防護壁とはことなる新しい仕様での防護工を提案したい。	発泡スチロール（EPS）を土木構造物に使用する工法であり、超軽量性、自立性、施工性の特徴を利用して、軟弱地盤や急傾斜地の盛土、擁壁・橋台の裏込め、直壁等多くの用途がある。発砲ブロックの製法には、型内法と押し出し法がある（「土木用語大辞典（土木学会）」）

図 4.76 選定された工法の概要 (3/4) (出典: 調査団)

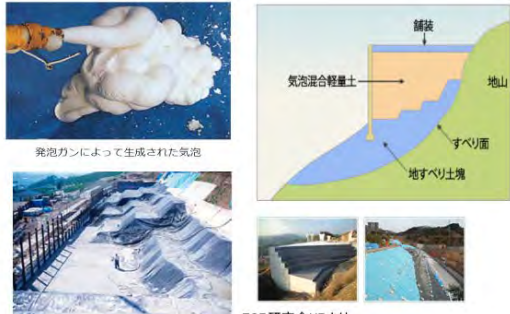
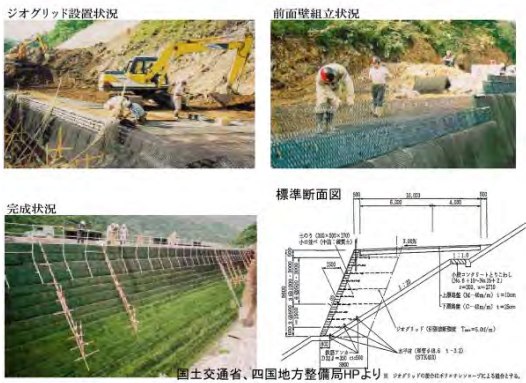
工 法	軽量盛土工法 (FCB 工法)	盛土補強土工法
概 念 図	FCB工法 (Formed C*** B***)  発泡カンをによって生成された気泡 気泡混合軽量土 地山 すべり面 地すべり土塊 施工状況 FCB研究会HPより http://www.fcb-research.com/jp/fcbosumel.html	ジオグリッド設置状況 前面壁組立状況  完成状況 標準断面図 国土交通省、四国地方整備局HPより http://www.skr.mlit.go.jp/yong/duties/research/douro/m_F-01_03.pdf
説 明	FCB 工法(気泡混合軽量土)は、軽量性、流動性、自立性など気泡混合軽量土「エアミルク(エアモルタル)」の優れた特徴を活かした軽量盛土工法で、軟弱地盤上や地すべり地の盛土、傾斜地拡幅盛土、構造物の背面盛土など、通常の土では施工が困難な場所における盛土が可能である(FCB 工法研究会 HP による)。	補強土工法(Reinforced Earth Method)は、土構造物の構築で、土中に土質以外の材料(補強材)を敷設あるいは挿入し、土と補強材との相互作用により土構造物全体の安定性と強度を高める工法である。このうち、盛土補強土工法は、鋼材、ジオテキスタイル、混合繊維を補強材として、盛土やテールアルメの裏込めとして活用されている工法である。補強材には、引張補強、圧縮補強、せん断補強、曲げ補強などの補強性能がある。補強土の設計にあたっては、内的安定(補強材の破断や引き抜けなどの補強領域内の安定)と外的安定(補強領域が一体化した時の補強領域以外の安定性)との両方を満足する必要がある。

図 4.77 選定された工法の概要(4/4)(出典:調査団)

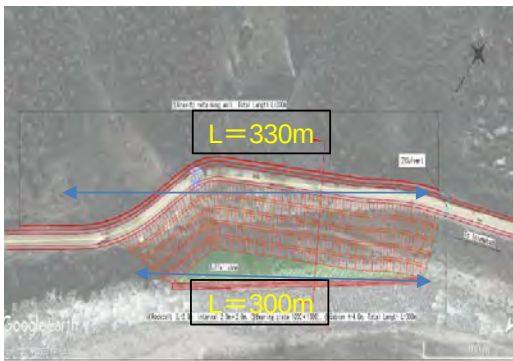
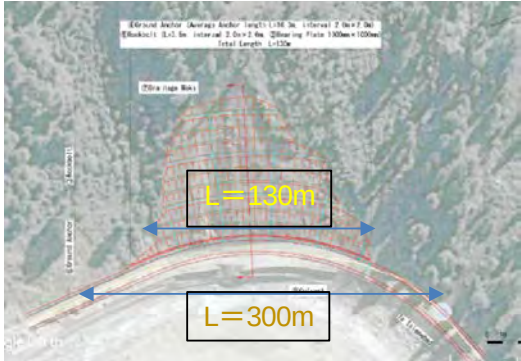
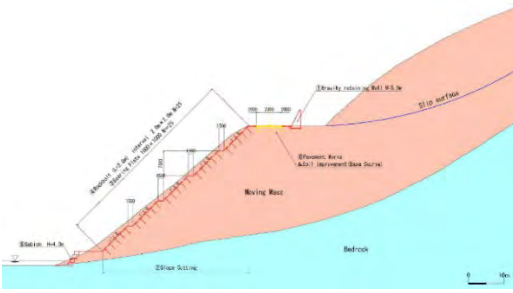
上記のような基本的な考え方を元に、ショートリストで選定された6斜面に対する想定対策工事を一覧表として、以下に掲げる。

表 4.48 ショートリスト斜面に対する想定対策工事一覧表 (1/3)

斜面名		N15_3	N15_6
断面図	平面図		
	断面図		
主要な工法	山側	法枠工、ロックボルト工、吹付工、擁壁工、アンカー工	法枠工、ロックボルト工、吹付工、アンカー工
	谷側	護岸工、道路舗装(地盤改良)	ふとんかご、擁壁工、軽量盛土(EPS)、道路舗装(地盤改良)

出典：調査団

表 4.49 ショートリスト斜面に対する想定対策工事一覧表(2/3)

斜面名		N15_8	N15_9
平面図			
断面図			
主要な工法	山側	待受け擁壁工	法枠工、吹付工、ロックボルト工、擁壁工
	谷側	法枠工、ロックボルト工、ふとんかご、道路舗装(地盤改良)	法枠工、アンカー工、ロックボルト工、道路舗装(地盤改良)、擁壁工

出典:調査団

表 4.50 ショートリスト斜面に対する想定対策工事一覧表 (3/3)

斜面名		N75_2	N75_5
主要な工法	平面図		
	断面図		
山側	谷側	法枠工、吹付工、ロックボルト工、擁壁工、	長繊維吹付け工
	谷側	盛土補強土工(ジオテキスタイル)、道路舗装(地盤改良)	軽量盛土(EPS)、道路舗装(地盤改良)

出典：調査団

4.7.3 想定される受注体制

a. 設計の相対難易度

「4.7.2 想定される対策工法」に関してパキスタンで実際に斜面对策工事を実施するにあたり、対策工の設計の難易度を「高」と「低」で分類した。以下の工法は、荷重等の計算がやや複雑であるもの、パキスタンでは全く新しい概念であるもの、であるため、これらの工法を含む箇所については設計の相対難易度「高」とした。それ以外は「低」とした。

- ① アンカー工
- ② ロックボルト工
- ③ ジオロックウオール工
- ④ 橋梁工

b. 施工体制

「4.7.2 想定される対策工法」に関して、施工体制を以下の3つに分類した。

- A) 日本企業が受注し、現地再委託先として入ったローカル企業に、技術指導しながら実施する
- B) ローカル企業が受注し実施可能だが、日本側が NHA 等への技術移転を行うことで、技術の改良・定着が見込まれる
- C) ローカル企業が受注し既存技術力で実施する

以下の工法は、施工が煩雑であるもの、パキスタンでは全く新しい概念であるもの、であるため、これらの工法を含む箇所については施工体制「A」とした。

- ① アンカー工
- ② ロックボルト工
- ③ ジオロックウオール工
- ④ 橋梁工
- ⑤ 地下水排除工（水平ボーリング）
- ⑥ 軽量盛土工（EPS）
- ⑦ 長繊維吹付工
- ⑧ 盛土補強土工（ジオテキスタイル）

設計・施工そのものの難易度は高くないものの、ローカル企業だけでは、対策工の仕様（規模、耐力、数量等）計画が不可のため、ゼロから対応は困難であるような箇所は、施工体制「B」としている。

4.7.4 ショートリスト

上記した検討を踏まえて、以下の条件を満たす箇所をショートリストとした。

- ① 自然条件の総合評価が「A」
- ② 社会経済条件の総合評価が「9」以上
- ③ 中国工事区間を除く
- ④ 設計の相対難易度が「高」（＝調査・設計段階から日本側の大幅な技術支援が必要）
- ⑤ 施工体制が「A：日本企業が受注し、現地再委託先として入ったローカル企業に、技術指導しながら実施する」
- ⑥ 斜面对策構造物を計画している（N15_5 土石流の対策工「橋梁」を除く）

結果、資金協力を前提とした優先対策工のためのショートリストを以下のとおり 6 箇所選定した。

- N15_3 斜面崩壊
- N15_6 斜面崩壊
- N15_8 落石
- N15_9 斜面崩壊+落石
- N75_2 斜面崩壊
- N75_5 斜面崩壊+落石

ショートリスト選定一覧表を次ページに示す。

表 4.51 ショートリスト選定一覧表

番号	災害種類	総合評価		対策工事実施に係る制約				対策範囲	想定される対策工法	設計の相対難易度	想定される設計・施工体制		ショートリスト
		自然条件	社会経済条件	中国工事区間	冬季通行困難	埋設物有無	民有地有無				地盤調査対象	A) 日本企業が受注し、現地再委託先として入ったローカル企業に、技術指導しながら実施する B) ローカル企業が受注し実施可能だが、日本側がNHA等への技術移転を行うことで、技術の改良・定着が見込まれる C) ローカル企業が受注し既存技術力で実施する	
N15_1	土石流 +斜面崩壊	B	8			○			①土石流：道路延長50m ②斜面崩壊：60m(w)*20m(h)	低	①C ②B	②ローカル企業だけでは、対策工の仕様（規模、耐力、数量等）計画が不可である。設計・施工そのものの難易度は高くないですが、初期段階では日本側から助言が必要。	
N15_2	斜面崩壊	C	9			○							
N15_3	斜面崩壊	A	11			○		○	400m(w)*100m(h)*20m(d) 山側：斜面整形切土(1:1.5程)、法枠工+吹付け（密閉/長繊維）+アンカー工（逆巻き）、緑化工、排水孔処理、アプローチ道路（下流山腹） 川側：護岸工（400m）、盛土、つり橋代替（120m）	高	A		◎
N15_4	斜面崩壊 +落石	B	10		○	○			100m(w)*50m(h)、 50m(w)*50m(h)	低	B		
N15_5	土石流	A	11		○	○			道路延長40m 新規橋梁建設（区間300m、基礎は杭基礎もしくは深礎が良い[谷側盛土のため地盤が脆弱]） 川側：擁壁+盛土+アンカー工（盛土に橋梁基礎が立つので、盛土は地盤改良土とする） 施工上の懸念：高所狭路条件で、川側の仮設工事が難しい（危険性を伴う）	高（ただし、斜面对策構造物でない）	A		
N15_6	斜面崩壊	A	9			○		○	200m(w)*100m(h)*10m(d) 山側：斜面整形切土(1:1.5程)、地下水排除工（水平ボーリング）、法枠工+吹付け（密閉/長繊維）+アンカー工、 川側：護岸工（200m）+擁壁+軽量盛土（EPS） 道路：カルバート改修、排水性舗装、道路盛土の排水処理	高	A	欧米等の先進国では類似の技術で実施可能ではあるが、斜面防災大国の日本の技術が優位性（質、費用対効果、環境配慮、施工安全性配慮等）が高い。	◎
N15_7	土石流	C	9			○							
N15_8	落石	A	11		○	○		○	道路延長250m 山側：待受け擁壁工・ブロック工（例えば、ジオロックウォール）（250m） 川側：現道の川側移設（区間250m）+護岸工 道路：道路土工、排水性の舗装、側溝排水の勾配設定と流末処理	高（新しい概念）	A	待受け擁壁工・ブロック工が日本の技術である。 欧米等の先進国では類似の技術で実施可能ではあるが、斜面防災大国の日本の技術が優位性（質、費用対効果、環境配慮、施工安全性配慮等）が高い。	◎
N15_9	斜面崩壊 +落石	A	10		○	○		○	100m(w)*120m(h)*20m(d) 50m(w)*100m(h)*20m(d) 山側：斜面整形切土(1:1.2程)、法枠工+吹付け（密閉/長繊維）+アンカー工 川側：護岸工（150m）+擁壁+アンカー工 道路：コンクリート舗装改良	高	A	欧米等の先進国では類似の技術で実施可能ではあるが、斜面防災大国の日本の技術が優位性（質、費用対効果、環境配慮、施工安全性配慮等）が高い。	◎
N15_10	土石流	A	10		○	○			道路延長120m 道路：コンクリート舗装、路床・路盤の改良（排水性舗装、構築路床・路盤安定化処理、道路盛土の排水対策/氷河は、道路の上を横断させる）	低	B		
N35_1	斜面崩壊 +落石	A	10	×		○			200m(w)*60m(h)*3m(d) 山側：法枠+吹付け（密閉型/長繊維）、排水パイプ 川側：擁壁+アンカー 中国企業が、橋梁による道路の谷側への移設工事を実施中	高	A		
N35_2	斜面崩壊 +落石	B	9	×		○			50m(w)*20m(h)*3m(d) 山側：落石予防ネット工	低	B	ローカル企業だけでは、対策工の仕様（規模、耐力、数量等）計画が不可である。設計・施工そのものの難易度は高くないですが、初期段階では日本側から助言が必要。	
N35_3	土石流	B	11	×		○			カルバート1m*1m 谷に堆積する崩壊土の浚渫、カルバート（内空1m*1m）、道路舗装工	低	C		
N35_4	土石流	C	10			○							
N35_5	土石流	B	11			○			カルバート0.5m*0.5m、道路延長40m 道路コンクリート舗装、排水路構築、カルバート設置（内空0.5m*0.5m程）が好ましい。路盤・路床の改良	低	B		
N35_6	斜面崩壊	B	9	×		○			道路延長30m 法枠工と緑化工	低	B	中国企業がローカル企業を使って、すでに複数箇所で法枠工施工を行なっているため、施工そのものは問題ないが、（NHA現地職員への聞き取り調査から）斜面災害の特性を考慮していない（すべての地質・地形条件で同一規格）ため、十分な対策工の仕様（規模、耐力、数量等）計画が実施されておらず、既存法枠箇所では将来的に災害発生が懸念される。	
N35_7	落石	B	10			○			300m(w)*50m(h) 切工（岩盤/事前に落石排除予防）、落石予防工（ネット工、長繊維吹付工など）	低	A	ローカル企業だけでは、対策工の仕様（規模、耐力、数量等）計画が不可である。 長繊維吹付工の施工についてはパキスタンでは初であり、品質確保・安全性の面からも、初期段階では日本企業が実施する必要がある。ただ、技術普及・持続性の観点から、徐々にローカル企業を指導していくことが望ましい。	
N35_8	落石	A	10			○			400m(w)*50m(h) 切工（岩盤/事前に落石排除予防）、落石予防工（ネット工、長繊維吹付工など）	低	A		
N35_9	土石流	A	11			○			道路延長40m 盛土（100m）+ボックスカルバート（2m×2m：2個） 流路工（上流500mおよび下流300m×2m×2m）	低	C		
N75_1_1	斜面崩壊 +土石流	C	9			○							
N75_1_2	土石流	C	9			○							
N75_2	斜面崩壊	A	11			○	○	○	160m(w)*100m(h)*10m?(d) 詳細調査・解析（ボーリング、計測、安定解析）で、地山・土塊の境界を調べる。 山側：斜面整形切土、法枠工（70m）+切土地山補強土工法（ロックボルト工） 川側：擁壁+盛土補強土工（ジオテキスタイル活用）、安定解析の結果でアンカー 道路：道路土工、排水性舗装、側溝の再設計（水勾配の設定）、流末処理（カルバート）、	高	A	欧米等の先進国では類似の技術で実施可能ではあるが、斜面防災大国の日本の技術が優位性（質、費用対効果、環境配慮、施工安全性配慮等）が高い。	◎
N75_3	土石流	C	9			○							
N75_4	土石流	C	8			○							
N75_5	斜面崩壊 +落石	A	10			○	○		①山側：150m(w)*30m(h) ②谷側：60m(w)*60m(h)	低	A	ローカル企業だけでは、対策工の仕様（規模、耐力、数量等）計画が不可である。 長繊維吹付工の施工についてはパキスタンでは初であり、品質確保・安全性の面からも、初期段階では日本企業が実施する必要がある。ただ、技術普及・持続性の観点から、徐々にローカル企業を指導していくことが望ましい。	◎

5 今後の支援方針の提言

本章では、前章までに検討した結果を踏まえて、今後の支援方針について提言する。支援方針は「資金協力による対策工事の実施」と、「技術協力プロジェクト等によるキャパシティ・ディベロップメント」に大別され、前者については 5.2 において、後者について 5.3 において説明する。各提言に向けて、5.1 でパキスタンの国道における土砂災害対策に関する課題について整理する。

5.1 土砂災害対策に関する課題の整理

パキスタンは、洪水、地震、土砂災害、サイクロンなど自然災害の常襲国であり、特に北部地域では、急峻な山岳地域という厳しい地理的条件や、度重なる自然災害（豪雨、地震）により、経済活動の基盤である道路インフラにおいて、毎年のように土砂災害が発生している。これら土砂災害に対して、抜本的な構造物対策（ハード対策）は実施されておらず、事前通行規制などのソフト対策も整備されていない。このような状況を踏まえて、パキスタンの国道における土砂災害対策に関する課題が次のように整理できる。

1. 土砂災害の調査・解析・モニタリング技術が不足している

現状では、土砂災害の発生原因やメカニズムを理解していない状態で、対策工を実施しているため、対策効果が限定的である。すなわち、将来的に対策実施箇所で、災害が継続的に発生する可能性が高い。そのため、まずは土砂災害の調査・解析・モニタリングの技術移転が必要である。発生原因やメカニズムを理解することにより、どのような対策工法が、効果があるか推察できるようになり、将来的に道路管理者が自ら工法を検討できるようになる。

2. 道路の土砂災害対策マスタープランが存在していない

現状では「土砂災害が発生したらその場所で土砂除去を行う」という「事後対策」のみを実施しているため、効果的な予算配分を実施できていない。また、過去の災害記録が体系的に管理されておらず、対策工計画審査プロセスにおいて効率的、透明性の高い審査がおこなわれていない。そのため、斜面の安定度や災害形態等を評価する（簡易診断カルテ等）ことで、道路土砂災害対策マスタープランを作成し、土砂災害リスクにより対策優先順位付けを行う。対策優先順位付けに従い効果的な予算投入をし、斜面災害リスクが高い地区から「事前対策」を実施していけるようにする。また併せて、道路土砂災害対策マスタープランを作成していく段階で、NHA 側の管理体制をレビューし、改善点を提言していくことが重要である。

3. 土砂災害の効果的な構造物対策（ハード対策）が実施できていない

現状では、土砂災害（斜面崩壊・落石、地すべり、土石流）の高リスク箇所に対して、構造物対策（ハード対策）は実施されていない。構造物対策はさらに大規模土砂災害と中小規模の土砂災害に分類されるため、以下に記載する。

3-1：斜面長が数百 m 以上におよぶ斜面において土砂災害が発生した場合、道路が長期間にわたり通行止めとなる可能性が高いが、現状ではこれら大規模土砂災害に対して十分に効果的な構造物対策が実施されているとはいえない。発生原因やメカニズムを理解したうえで、日本の技術を導入するアンカー工やロックボルト工などの抑止工を含めた対策を実施する必要がある。これにより、道路交通の安全性が向上し、かつ通行止めによる経済損失を防

止することができるようになる。

3-2：数 m 規模の落石や十数 m³ 程度の斜面崩壊は、豪雨後に頻発しているが、現状ではこれら中小規模土砂災害に対して十分に効果的な構造物対策が実施されているとはいいいがたい。これらの災害に対しては、現在パキスタンで使用されている技術を応用する「現地適用型」対策工の技術指導を行うことで、災害防止を実施できるものも多い。例えば、1) 擁壁工や布団かご工などの補強や効果的配置、2) カルバート工や排水管、流路工など、効率的な排水施設の設置、3) 地質・地質構造の違いによる斜面切土勾配の考慮などがこれにあたる。これら「現地適用型」対策工の実施により、安価かつ短時間で効果のある対策を実施できるようになる。

4. 土砂災害の事前通行規制などのソフト対策が整備されていない

現状では「土砂災害が発生したらその場所で土砂除去が完了するまで通行止め」という「事後通行規制」のみを実施しているため、豪雨後などはいたるところで通行止めが突発的に発生している。無限ともいえる道路斜面すべてに対策構造物を実施することは、限られた予算と人的資源から現実的に困難であるため、高リスク箇所においては、国道及び近隣住民に対する土砂災害リスクの低減を目的として事前通行規制などのソフト対策を実施する必要がある。土砂災害リスク評価に基づき、事前交通規制体制（早期警報体制）の構築、土地利用計画概念の導入することで、道路交通の安全性が向上し、かつ突発的な通行止めによる経済損失を軽減することができるようになる。

以上に示したパキスタンの国道における土砂災害対策に関する課題について、その対応案は、大きく「資金協力」と「技術協力」に分類される。資金協力は、特に上記課題の「3-1. 大規模土砂災害の効果的な構造物対策（ハード対策）が実施できていない」に対して、具体的な土砂災害対策工事を施工することが望ましい。技術協力は、上記 3-1 以外の課題について、各課題に技術協力プロジェクト等の技術支援を実施することで NHA 側のキャパシティ・ディベロップメントを図ることが適切であると考ええる。

資金協力での実施が望まれる土砂災害対策工事に係る提案については次節「5.2 土砂災害対策工事（案）」において詳述し、技術協力に係る提言については「5.3 土砂災害対策に関するキャパシティ・ディベロップメント」において記載する。これらの課題と対応案を下表のとおりまとめる。

表 5.1 土砂災害対策に関する課題と対応案

課題		対応案		
1	土砂災害の調査・解析・モニタリング技術が不足している	土砂災害の調査・解析・モニタリングに係る能力強化→5.3 へ		
2	道路の土砂災害対策マスタープランが存在していない	道路の土砂災害対策マスタープラン作成に係る能力強化→5.3 へ		
3	土砂災害の効果的な構造物対策（ハード対策）が実施できていない	3-1	大規模	土砂災害対策工事→5.2 へ
		3-2	中小規模	中小規模の構造物対策の実施に係る能力強化→5.3 へ
4	土砂災害の事前通行規制などのソフト対策が整備されていない	土砂災害の事前通行規制の整備に係る能力強化→5.3 へ		

5.2 土砂災害対策工事(案)(地盤調査結果、対策工断面図、積算結果)

本節では、前節5.1で示した課題「3-1. 大規模土砂災害の効果的な構造物対策（ハード対策）が実施できていない」に対して、JICAによる資金協力のオプションを検討する。

国道における土砂災害対策に係る資金協力としては、実際にリスクが高い箇所を抽出し、抽出箇所における地盤調査結果に基づいて、効果的な構造物対策を計画し施工することが最も現実的である。土砂災害のリスクが高い箇所については、4章に示したとおり現地の自然条件・社会条件に基づいて6斜面を選定した。これら6斜面における地盤調査結果の概要、対策工法とその積算結果、資金協力に向けての前提条件について、以降に記載する。

a. 地盤調査結果について

ショートリストとして選定された6斜面に対して、地盤調査を行った。地盤調査では、あらかじめ指定された箇所（例えば、道路山側端の位置など、現地状況のより指定されたポイント）で、オーガーボーリングを行いながら標準貫入試験を、約8m程度の深度まで実施し、斜面が存する地盤の土質性状（硬さ・柔らかさ）を確かめた。また、補完的に電気探査を実施し、電気抵抗の変化により、安定基盤と移動土塊との境界部（想定されるすべり面）の把握に努めた。なお、地盤調査は、時間的経済的な制約から、あらかじめ当初指定された5斜面（N15_3、N15_6、N15_8、N15_9、N75_2）を対象に実施した。実施は、タキシラ工科大学地盤工学助教授ナビード氏（東京大学工学部地盤工学科の博士号取得）に管理を委任した。以下に想定されるすべり面（安定基盤と移動土塊との境界部）の深度位置を示す。これらの結果は、各斜面の代表断面図に反映した。

以下に、各斜面におけるボーリング調査の結果を略記する。詳細は、別添資料とした。

なお、斜面N75-5については、ボーリング調査後に斜面調査の要請がNHAよりなされたので、ボーリング調査時点では対象範囲外である。

なお、ロータリーパーカッション掘削によるボーリング調査により、標準貫入試験（N値）、コアサンプリングにより、比重、含水比、液性限界が得られた。

斜面N15-3では、表面から1mまで、崩積土が認められ、1mから7mまでは、基盤岩（ドロマイトなどの泥質片岩）が認められた。この斜面では、数年前に斜面崩壊が発生し、現道上に崩積土が堆積し、NHAが除去作業を行っていた。

斜面N15-6では、表面から1.5mまで盛土もしくは崩積土（緩い土砂）が認められ、1.5m以深7mまでは、基盤岩が認められた。

斜面N15-8では、表面から7.5mまで緩い崩積土層が認められ、礫がいくつか産出したことから複数の土砂崩積が推察された。

斜面N15-9では、表面から5.5mまで、緩い土砂（崩積土）が認められ、5.5m以深で基盤岩（粘板岩や頁岩）が認められた。

斜面N75-2では、表面から3mまでは、緩い土砂（崩積土や道路盛土）が認められ、3m以深では、ボーリングがこれ以上進まず、観察結果が得られなかった。

表 5.2 標準貫入試験から推定される基盤・移動土塊の境界深度

斜面	N15_3	N15_6	N15_8	N15_9	N75_2
想定すべり面の推定深度[m]	委任者判断で電気探査を実施。深度約10m深で推定	道路から5～7m深	道路から6～8m深	道路から4～7m深	道路から2～3m深

出典：調査団

b. 対策工法とその積算結果について

現地における斜面カルテの結果、上記地盤調査の結果などを踏まえ、ショートリストとして選定された各斜面について、平面図と代表的な断面図（対策工）を作成し、各斜面で配置計画された対策工法の積算費用を算出するための基礎資料とした。

以下に各斜面の対策の内容を列記する。なお、各対策工法の数量算出にあたっては、代表断面図に記載された各対策工法が、平面図に示された対策範囲の全区間に渡って施工されるという前提で、各対策工の延長数量を算出した。また、各対策工を下表に一覧する。各対策工の工種に番号をつけ、図面と対照を図った。

表 5.3 N15 号線上の各斜面における各対策工事一覧

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N15_3	山側	L=300m	N-15 No.3-①	斜面整形切土	m ²	339,000
			N-15 No.3-②	法枠工	枚	3,750
			N-15 No.3-③	ロックボルト工	本	750
			N-15 No.3-④	モルタル吹付工	m ²	11,100
			N-15 No.3-⑤	重力式擁壁工	m	300
			N-15 No.3-⑥	アンカー工	本	3,000
			N-15 No.3-⑦	法面排水工	m	300
	谷側	L=320m	N-15 No.3-⑧	水抜き孔工	箇所	2,240
			N-15 No.3-⑨	護岸ブロック工	m ²	6,720
			N-15 No.3-⑩	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,336
			N-15 No.3-⑪	道路横断排水工	m ²	20
共通仮設費					式	1
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N15_6	山側	L=320m	N-15 No.6-①	斜面整形切土	m ²	224,000
			N-15 No.6-②	法枠工	枚	4,000
			N-15 No.6-③	モルタル吹付工	m ²	8,480
			N-15 No.6-④	重力式擁壁工	m	320
			N-15 No.6-⑤	アンカー工	本	800
			N-15 No.6-⑥	ロックボルト工	本	3,200
			N-15 No.6-⑦	法面排水工	m	320
			N-15 No.6-⑧	水平排水孔工	m	9,000
	谷側	L=380m	N-15 No.6-⑨	ふとんかご工	m	320
			N-15 No.6-⑩	軽量盛土工(EPS, H=10.0m)	m ²	45,600
			N-15 No.6-⑪	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,774
			N-15 No.6-⑫	道路横断排水工	m	20
共通仮設費					式	1
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N15_8	山側	L=330m	N-15 No.8-①	待受け擁壁工・ブロック工(資機材費)	m	330
				待受け擁壁工・ブロック工(施工費)		
				待受け擁壁工・ブロック工(輸送費等)		
	谷側	L=300m	N-15 No.8-②	斜面整形切土	m ²	27,000
			N-15 No.8-③	法枠工	枚	3,750
			N-15 No.8-④	ロックボルト工	本	3,750
			N-15 No.8-⑤	ふとんかご工	m	300
			N-15 No.8-⑥	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m ²	2,409
			N-15 No.8-⑦	排水工	m	300
			N-15 No.8-⑧	法面排水工	m	300
	共通仮設費				式	1
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]	
N15_9	山側	L=130m	N-15 No.9-①	斜面整形切土	m ²	87,100	
			N-15 No.9-②	法枠工	枚	3,250	
			N-15 No.9-④	アンカー工	本	650	
			N-15 No.9-⑤	ロックボルト工	本	2,600	
			N-15 No.9-⑥	重力式擁壁工	m	300	
			N-15 No.9-⑦	法面排水工	m	300	
	谷側	L=300m	N-15 No.9-⑧	道路舗装工＋地盤改良工(1m)	m ²	2,190	
			N-15 No.9-⑨	道路横断排水工	m ²	20	
	共通仮設費						
	斜面での合計					m	

出典:調査団

表 5.4 N75 号線上の各斜面における対策工事一覧

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N75_2	山側	L=160m	N-75 No2-①	斜面形成切土	m³	55,200
			N-75 No2-②	法枠工	枚	800
			N-75 No2-③	モルタル吹付工	m²	7,040
			N-75 No2-④	ロックボルト工	本	800
			N-75 No2-⑤	重力式擁壁工	m	160
			N-75 No2-⑥	法面排水工	m	160
			N-75 No2-⑦	水平排水孔工	m	32,000
	谷側	L=160m	N-75 No2-⑧	盛土補強土工(ジオテキスタイル)	m²	48,000
			N-75 No2-⑨	法面排水工	m	160
			N-75 No2-⑩	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m²	2,336
			N-75 No2-⑪	道路横断排水工	m	40
共通仮設費				式	1	
斜面での合計						

番号	位置	延長	番号	工法	単位	数量[m・本]
N75_5	山側	L=220m	N-75 No5-①	斜面形成切土	m³	48,400
			N-75 No5-②	長繊維吹付け工	m²	10,120
			N-75 No5-③	法面排水工	m	220
	谷側	L=180m	N-75 No5-④	軽量盛土工(EPS, H=16.5m)	m³	18,000
			N-75 No5-⑤	道路舗装工+地盤改良工(1m)	m²	2,628
			N-75 No5-⑥	道路横断排水工	m	40
	共通仮設費				式	1
	斜面での合計					

出典:調査団

各斜面の対策工法について、略記する。

斜面N15_3では、破碎した強風化岩盤の斜面崩壊を抑止するために、山側では、地山補強土工法により移動土塊の上部を抑止し、アンカー工法により移動土塊の主要部を抑止する。道路から河川への空間余裕があるので、護岸工（従来工事）を行う。勿論、山側の斜面は、1:0.8⁶⁰で切り上げ、7mごとに小段を設ける。

斜面N15_6では、山側は斜面N15_3と同様にし、道路の谷側については、軽量盛土工を採用する。また、路体・路床の地盤改良を施し、舗装の長期安定化を目指す。

斜面N15_8では、高所遠方にある急崖からの大きな落石を意識し、高さ5mの待受擁壁工を道路・斜面間に立ち上げ、交通に対する落石の影響を遮断する。谷側は、切土補強土工法（ロックボルト）を採用し、河川までの斜面を強化する。また、布団かごにより河川侵食の影響を減殺する。

斜面N15_9では、山側は上記同様で、地山補強土工法とアンカー工法との併用により地山安定化を図る。谷側については、既存の擁壁があるのを活用し、路床以下の地盤改良を施す。

斜面N75_2では、山側は、標準勾配で地山を切り上げ、一部補強（ロックボルトやアンカー）を行う。道路盛土では、排水不良による雨水浸透による原因での道路盛土の弱体化を受け、路体・路床部分の地盤改良を行うとともに、谷側はジオテキスタイルを活用した盛土補強土工法で安定化を図る。

斜面N75_5では、山側に露出する風化した岩盤斜面に対して、標準勾配1:0.5での切土と長繊維吹付けによる法面の保護（切土することで露出した岩盤を風化・浸食から守り、斜面を強化する）を図る。道路盛土では、谷側へは空間的な余裕が無いので、軽量盛土工を採用し、空間効率の向上も図る。

・積算について、ショートリストに選定された各斜面における概算費用を下表に示す。なお、積算にあたっては、以下の観点を前提条件とした。

- ① 従来工法（擁壁工、布団かごなど）、現地で調達可能な工法や資材（砂、セメント、石灰など）は現地での調達とし、差別化・新技術工法（地山補強土、アンカー、盛土補強土、軽量盛土（EPS など））は、日本からの資材調達として、積算を行った。
- ② 施工上の工区設定について、地理的な条件から、N15 号線で一括り、N75 号線で一括りとし、斜面对策工のオペレーション（施工管理）では、N15 号線上の4斜面をまとめて一つの工区、N75 号線上の2つの斜面をまとめて一つの工区として設定した。
- ③ 想定される請負工事費の積算構成は、労務経費、資材単価、機械経費に、各工法の歩掛を元にした直接工事費と、直接工事費に応じて起算される間接工事費との合計（工事原価）を基本に積算した⁶¹。

⁶⁰ 「道路土工、切土工・斜面安定工指針（日本道路協会）」による「硬岩」、「軟岩」における標準法面勾配を参照

⁶¹ 「基礎からわかる公共土木工事積算（建設物価調査会）」を参照

c. 資金協力に向けての前提条件

資金協力に向けての前提条件として、以下2条件を見極める必要がある。

- ① これまで NHA は災害発生後緊急対応もしくは仮復旧のための対策区を設置してきており、事前対策もしくは過去の教訓を振り返り予防対策を必ずしも執ってこなかった。今後 NHA に対し、本調査で提案した事後対応から事前投資への着実な実行の方針を見極める必要がある。
- ② NHA 経営層の異動に伴い組織の方針が変わることがある。今後 NHA に対し、本調査で提案した事前対応を基本とする方針について、経営層の方針が揺るがないことを見極める必要がある。

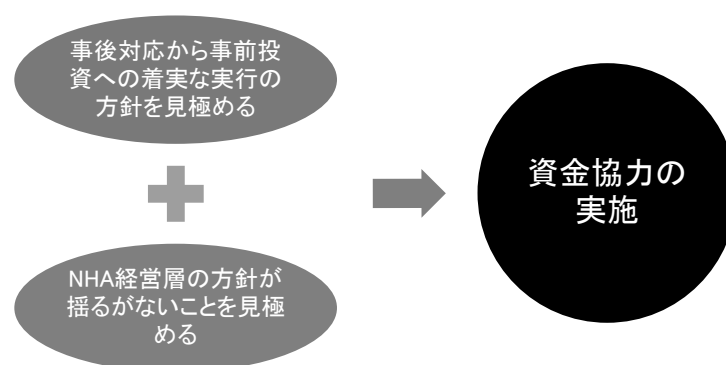


図 5.1 資金協力に向けての前提条件

出典:調査団

以上のことから、選定されたショートリスト6斜面における対策工設置につき、NHAが事前投資の重要性を認識したことを確認した後、日本政府による資金協力を前提にJICAとNHAの対話を行うことが第1歩と考える。

5.3 土砂災害対策に関するキャパシティ・ディベロップメント

本節では「5.1 土砂災害対策に関する課題の整理」で挙げた以下の4課題について、パキスタンに適したキャパシティ・ディベロップメントを行うための技術支援案を提案する。なお、技術支援を行うための前提条件を整理した。

a. 技術支援を行うための前提条件

技術支援を実施するための前提条件として、以下3条件を見極める必要がある。

- ① これまで NHA は災害発生後緊急対応もしくは仮復旧のための対策区を設置してきており、事前対策もしくは過去の教訓を振り返り予防対策を必ずしも執ってこなかった。今後 NHA に対し、本調査で提案した事後対応から事前投資への着実な実行の方針を見極める必要がある。
- ② NHA 経営層の異動に伴い組織の方針が変わることがある。今後 NHA に対し、本調査で提案した事前対応を基本とする方針について、経営層の方針が揺るがないことを見極める必要がある。
- ③ NHA 経営層に決定権が集中しており、経営層不在による意思決定が迅速に対応できていない。今後 NHA に対し、NHA で実施されている技術協力プロジェクトの教訓に基づき、決定権の分散化を下位職層に促進し、下位職層の迅速な意思決定権を有するかを見極める必要がある。

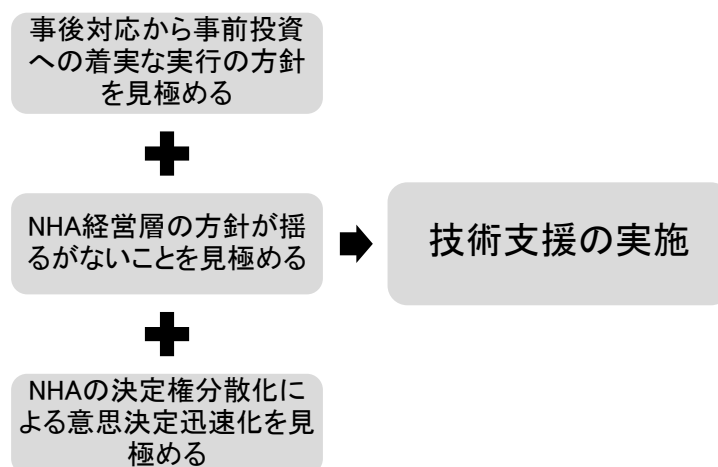


図 5.2 技術支援に向けての前提条件

出典:調査団

b. 技術支援案の概要

1. 土砂災害の調査・解析・モニタリングに係る技術支援

課題 1「土砂災害の調査・解析・モニタリング技術が不足している」については、土砂災害の発生原因やメカニズムの評価技術が向上し、適切な対策工選定のための能力が強化されることを目的として、地形・地質調査と解析、モニタリング、危険度評価、適用可能な対策工法の計画に係る技術支援を行うことが望ましい。効果的な土砂災害対策を実施するためには、まずはパキスタンの道路において、土砂災害の適切な調査・解析・モニタリングを実施し、地すべり、斜面崩壊・落石、土石流など災害種ごとの発生原因やメカニズムを理解することが必要不可欠である。それにより、道路管理者が将来的にどの災害種に対してどのような対策工法が最も効果があるか推察できるようになり、自らが最も効果的な工法を計画できるようになる。

2. 道路の土砂災害対策マスタープラン作成にかかる技術支援

課題 2「道路の土砂災害対策マスタープランが存在していない」については、道路土砂災害管理マスタープランを作成・更新する能力が強化されること、併せて災害履歴を体系的にまとめる体制が構築されることを目的として、日本の道路で実施されている道路防災点検（簡易診断カルテ）を活用し、斜面の安定度や災害形態等を調査することで、道路土砂災害対策マスタープランを作成する技術支援を行うことが望ましい。パキスタンで代表的な土砂災害形態である地すべり、斜面崩壊・落石、土石流において、道路防災点検の実施、各斜面の危険度評価、点検結果の GIS データベースでの一元管理を支援する。併せて、道路防災点検結果に基づいたハザード評価とリスク分析を行い、対策工実施の優先順位付けを検討するための道路土砂災害対策マスタープランの作成を支援する。これにより、斜面对策の事業化（予算獲得）、事業執行（計画・施工監理）を中心に、質の高い斜面对策を行えるようになる。

3-2. 中小規模の構造物対策の実施に係る技術支援

課題 3-2「中小規模の土砂災害の効果的な構造物対策（ハード対策）が実施できていない」については、パキスタンに適用可能な土砂災害対策を通じて道路管理者の土砂災害管理能力が向上することを目的として、現地において持続可能な対策工法（可能な限り現地に存在するモノ・工法を利用）を選定し、根拠に基づくパイロット対策工事を実施する技術支援が望ましい。中小規模の土砂災害に対しては、現在パキスタンで使用されている対策技術を応用する「現地適用型」対策工の技術指導を行うことで、災害防止を実施できるものも多いと考えられる。例えば、1) 擁壁工や布団かご工などの補強や効果的配置、2) カルバート工や排水管、流路工など、効率的な排水施設の設置、3) 地質・地質構造の違いによる斜面切土勾配の考慮などがこれにあたる。これら「現地適用型」対策工の実施により、安価かつ短時間で効果のある対策を実施できるようになる。

なお、大規模災害については前節「5.2 土砂災害対策工事（案）」のとおりである。

4. 土砂災害の事前通行規制の整備に係る技術支援

課題 4「土砂災害の事前通行規制などのソフト対策が整備されていない」については、土砂

災害計測と危険度評価技術が向上し、適切な事前交通規制体制ならびに早期警報体制が構築されることを目的として、事前の通行規制体制や住民に対する早期警報体制の構築や土地利用計画概念の導入等に係る技術移転を実施することが望ましい。無限ともいえる道路斜面すべてに対策構造物を実施することは、限られた予算と人的資源から現実的に困難であるため、高リスク箇所においては、国道及び近隣住民に対する土砂災害リスクを低減するため、事前通行規制などのソフト対策を実施することが望まれる。土砂災害リスク評価に基づき、事前の通行規制体制や住民に対する早期警報体制を構築することで、道路交通安全性が向上し、かつ突発的な通行止めによる経済損失を軽減することができるようになる。

なお、技術協力プロジェクトを実施順として、最初に上記の 1 を実施し、次に 2 を実施したうえで、3-2 および 4 を実施することが効果的な能力強化につながる。3-2 および 4 は同時に実施しても問題ない。

5.4 他ドナーとの連携可能性

本情報収集調査の成果について、他ドナーとの情報交換に基づき活用可能性につき以下提案する。

世界銀行の支援として、ムザファラバード市民安全対策斜面崩壊安定化プロジェクトは土砂災害対策に関連したプロジェクトであるため連携の可能性が高いと見込まれる⁶²。同プロジェクトの目的は3.3.2に記述した通りであり、2017年10月から実施されている。なお、同プロジェクトと本調査結果の具体的な連携の方針について、図5.3に示す。

ただし、同プロジェクトのC/P機関は州森林局であり、本調査のC/Pと異なるためパキスタン側の調整が必要となる。

なお、世界銀行は2017年10月に同プロジェクトを実施するコンサルタントを調達する公示をしたが、結果的に同プロジェクトを実施できるコンサルタントを調達できなかったため、同プロジェクトを中止した。

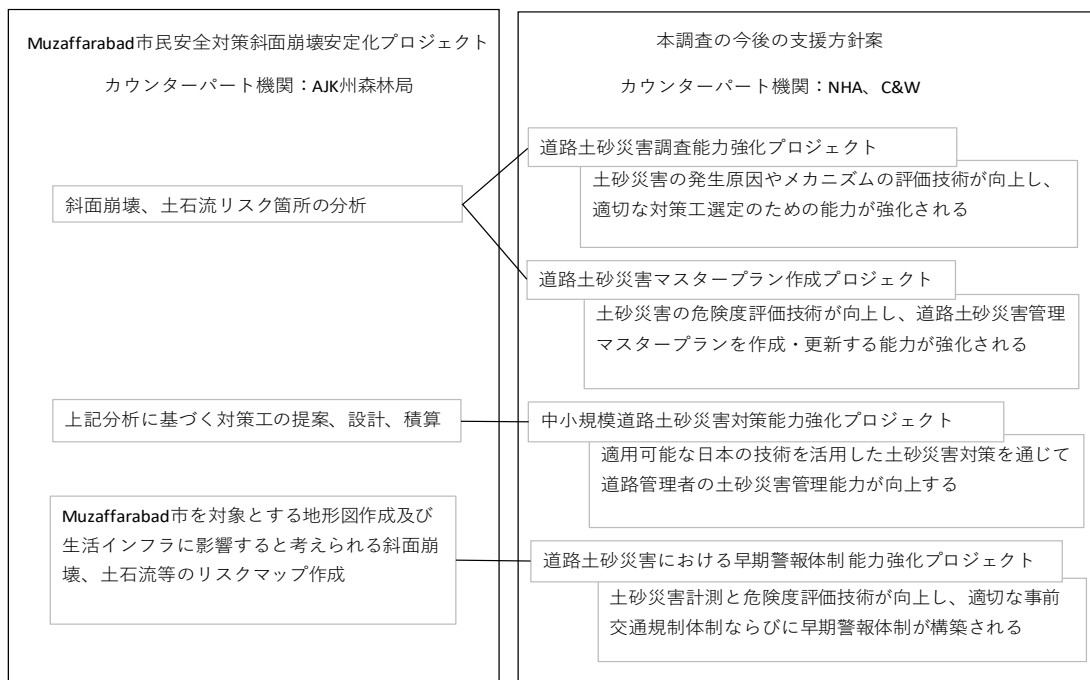


図 5.3 本調査の成果と世界銀行が実施中のプロジェクト連携イメージ

(出典：調査団)

⁶² 当該プロジェクトの対象地域は本調査の対象地域外ではあるが、参考のため他ドナーとの連携の可能性につき記載した。

6 本邦招へいによる技術紹介

6.1 本邦招へい

6.1.1 目的

JICA は NHA と C&W に対し、長年にわたり資金協力及び技術協力を実施しており、現在も有償資金協力による道路インフラ整備（ハイバル・パフトゥンハー州緊急農村道路復興計画）、技術協力による橋梁維持管理プロジェクトを実施中である。パキスタン国に対する運輸交通分野の協力において、NHA は重要な C/P であり、JICA は 2017 年 11 月には NHA から長官を含む 4 名を本邦へ招へいし、山岳道路等で活用可能な日本の技術の紹介を行った。パキスタンには現在山岳道路における土砂災害に対し恒久的な対策を実施できておらず、斜面对策にかかる知見が十分に蓄積されていない。その現状を踏まえ、NHA 及び州道を管轄する C&W も含めた道路事業関係者に日本の斜面对策技術・道路維持管理体制等を紹介するとともに、日本側関係者との関係構築を図ることを目的として招へい事業を実施した。

以上の目的を達成する為に、NHA と C&W が抱える土砂災害対応の現状と課題を以下にまとめて記載し、それらに対する本邦招へいの内容を後述する。

a. NHAとC&Wの土砂災害対応の現状

2 章で述べた通り、NHA と C&W は斜面对策に関する日常点検や災害時の緊急対応の予算を確保し、これら予算を各地方支局に分配することで、地方支局は主導的に斜面災害対応ができる体制を構築している。

基本的には、小規模な道路補修・修繕工事は各地方支局だけで対応し、大規模な斜面災害対策工事は地方支局の年間予算に含まれていない為、地方支局が本部に予算要求を行う。本部は、地方支局の技術者が提出する、対策工設計図や見積書を含めた技術レポートを、本部内の道路維持管理を担当する部署に提出し、当該部署がレポートの妥当性を精査する。

地方支局の技術者で対応できない高度または大規模な対策工に関しては、本部で年間契約する外部コンサルタント（構造技術者）が災害現場を訪問してレポート作成を支援する場合もある。

b. NHAとC&Wの土砂災害対応能力の課題

現状では、予防保全対策ではなく、崩壊土塊の除去など斜面災害発生後の事後保全しか行われていない。特に予防保全である斜面对策に関する知識が極めて乏しく、工法選定の考え方や対策効果の検証などが理解されていない。地方支局の技術者が提案できる対策工は、石積み擁壁工など小規模斜面災害対策工で、中規模以上の斜面对策の知識が不足している。

大規模な斜面对策工設置が必要になった場合、NHA と C&W は外部コンサルタントへ委託するが、両者とも外部コンサルタントの提案につき精査できる能力は持っていないため、外部コンサルタントに依存し、外部コンサルタントの成果の妥当性を判断できない。

6.1.2 現状と課題から整理される協議・見学内容

NHA と C&W の本部職員や地方支局技術者が、外部コンサルタントから提案される対策工の妥当性を検証できるようにするため、国土交通省が日本の国道で実施している各種の斜面对策工の考え方、対策効果、課題に関する理解を促進する。

また NEXCO 中日本が管理する高速道路は、外部コンサルタントが対策工設計・施工を実施し

ているため、災害時の緊急対応から恒久対策工の実施にいたるまでの過程及びこれらをどのように精査しているかを視察する。

その他にも、国立研究開発法人や対策工技術を持つ日本企業からの講義では、本邦での施工業者やコンサルタントとの関係性について理解を促進し、パキスタンと日本の慣習の違い、課題を発見し、パキスタンに適応できる技術を検討する。

詳細な招へい内容を表 6.1 に示す。

表 6.1 現地調査の内容を踏まえた本邦招へい

日 目	月日	移動	研修先	招へいプログラム内容
1	2018 年 6 月 30 日 土	イスラマバード ー バンコク		飛行機移動(TG350 23:20-06:25)
2	7 月 1 日 日	バンコク-成田		飛行機移動(TG676 07:35-15:45)
3	7 月 2 日 月	東京都内	【国際航業株式会社 本社 (六番町)】 【NEXCO 総研(町田)】	午前:オリエンテーション(全体の流れ) 午後:NEXCO が取り組む道路斜面災害対策 技術に関する講義(アンカー工法、斜面植林等)
4	7 月 3 日 火	東京都内	【NEXCO 中日本】	牧之原 IC~菊川 IC 間の現場視察(震災後に 崩壊したエリアの視察を想定) (震災後の対応と恒久対策までの流れを説明)
5	7 月 4 日 水	午前:東京都内 午後:埼玉	【国土交通省 関東地方整備局 道路部】	午前:国土交通省の体制、土砂災害対策など (道路設計施工上の留意事項、事後対応とのコスト比較を含) 午後:関東地方整備局の体制、道路災害緊急 体制、道路情報モニタールーム見学
6	7 月 5 日 木	茨城県つくば市	【国立研究開発法人 土木 研究所 地すべりチーム/地 質・地盤研究G】 【国立研究開発法人 防災 科学技術研究所】	午前:「日本の地すべり災害と対策」「日本の道 路防災、道路防災ハザードマップ」 午後:地すべり GIS マップ、大型降雨装置見学
7	7 月 6 日 金	東京都内	【JICA(麹町)】	午前:プロジェクト協議 午後:パキスタン大使館訪問
8	7 月 7 日 土	東京都内		休日
9	7 月 8 日 日	東京都内		休日
10	7 月 9 日 月	東京都内	【日本企業の道路斜面災害 技術紹介】 (プロテックエンジニアリング /日特建設/東京製綱)	午前:道路斜面災害対策技術に関する紹介 午後:道路斜面災害対策技術に関する紹介
11	7 月 10 日 火	関東圏内	【国土交通省 関東地方整備局 ハツ場ダム工事事務局/日特建設】	ハツ場ダム大沢地区法面对策工事の現場視察 (ノンフレーム工法、吹付け法砕工、鉄筋挿入 工、架設工等)
12	7 月 11 日 水	成田-バンコク バンコク-イスラマ バード		飛行機移動(TG643 12:00-16:30) 飛行機移動(TG349 19:00-22:10)

出典:調査団

6.1.3 本邦招へい時期

時期に関しては、ラマダン明け(6月下旬)以降であること、NHA が9~10月にADBの研修事業を実施すること、6月がパキスタンの会計年度末でありKP州C&Wが繁忙期であることを考慮し、パキスタン側が6月最終週以降のスケジュールを希望したことから、最終的に6月30日(土)~7月11日(木)で実施することとした。

6.1.4 招へい参加者

上述した現状や課題から、NHA からは土砂災害対策工に関与している道路維持管理課を中心とした本部と地方支局から計 7 人を参加者とした。特に、今回の参加者で Member である技術・調整局長は N-75 管轄事務所で発生する道路維持管理事業の承認権限者である。N-75 はイスラマバードから Murree に通じる道路であり、土砂災害が頻繁に発生する地域である為、技術・調整局長が日本で実施されている土砂災害対策工を理解することで、NHA の経営層に事後保全ではなく恒久対策の重要性の認識を促す狙いがある。

さらに、C&W の参加者は現在進行中の JICA 有償資金協力（ハイバル・パフトゥンハー州緊急農村道路復興計画）に従事している技術者であり、日本の土砂災害対策の現状を把握することは今後の事業の質の向上に繋がる。

表 6.2 表 に本邦招へい参加者を示す。

表 6.2 表 本邦招へい参加者リスト

No.	所属機関	役職	名前
1	NHA	技術・調整局長(Member)	Altamash Khan
2	NHA	N-75 管轄地域部長(General Manager)	Jamal Abdul Nasir*
3	NHA	調達次長(Director)	Ijaz Ahmed
4	NHA	道路維持管理課長(Deputy Director)	Muhammad Asif Azam
5	NHA	舗装設計課長(Deputy Director)	Tariq Riaz
6	NHA	N-75 管轄事務所 道路維持管理課長 (Deputy Director)	Khan Zada
7	NHA	ロワリトンネル事業課長(Deputy Director)	Babar Khan
8	KP 州 C&W	局長(Secretary)	Shahab Khattak
9	KP 州 C&W	JICA 事業管理課長(Deputy Director)	Muhammad Ayub
10	KP 州 C&W	JICA 事業管理課長(Deputy Director)	Waqas Ali Shah

*Jamal Abdul Nasir は欠席

出典:調査団

6.2 セミナー

2018年4月20日（金）に、“JICA Landslide Seminar, Data Collection Survey on Landslide Measures”現地セミナーをNHA本部（イスラマバード）のカンファレンスホールで実施した。参加者119人（日本人側19名、パキスタン側100名）に対して、本調査の概要、目的、進捗状況、その後の展開について調査団が発表し、日本企業5社の道路防災技術の紹介、日本の道路防災の取り組みなどについて、プレゼンテーションを行った。セミナーの議事次第を下表に示す。

表 6.3 “JICA Landslide Seminar, Data Collection Survey on Landslide Measures”
議事次第

会議名	JICA Landslide Seminar, Data Collection Survey on Landslide Measures	
開催日時	4月20日(金)10:00～15:40	
会場	NHA本部カンファレンスホールイスラマバード	
参加者	パキスタン側：NHA本部職員、NHA地方職員、C&W職員、NDMA職員、大学関係者、コンサルタント等 日本側：JICA職員、建設会社職員、商社職員、調査団	
議事		
内容	発表者	
0. 受付(斜面災害に関する動画上映)	-	
1. 開会の挨拶	NHA Chairman	
2. 開会の挨拶	JICAパキスタン事務所所長	
3. 本調査の概要及び目的の説明	調査団副総括	
4. コーヒーブレイク	-	
5. 日本の道路防災対策紹介(1)	飛島建設株式会社 日特建設株式会社 大成建設株式会社	
6. 斜面災害の対策の流れ	NDMA長谷川専門家(JICSより派遣)	
7. 日本の道路防災対策紹介(2)	鉦研工業株式会社	
8. 礼拝、昼食	-	
9. 日本の道路防災対策紹介(3)	国際航業株式会社	
10. 日本の道路防災の教訓	調査団副総括	
11. 本調査の調査手法、進捗報告、今後の展開	調査団総括補佐	
12. 質疑応答	-	

出典：調査団

セミナー参加者に対して実施したアンケート結果の集計を表 6.4 に示す。

表 6.4 “JICA Landslide Seminar, Data Collection Survey on Landslide Measures”アンケート集計結果

JICA Landslide Seminar Questionnaire				
Question	Answer			
	Not much	More or less	A lot	Completely
1. Introduction				
Did you understand the outline of the survey?	0	5	7	5
Did you understand the purpose of the survey?		2	10	5
2. Japanese companies				
Did you understand the presented road disaster preventive measures in Japan?		3	10	4
Do you think there should be more investment in road disaster preventive measures in Pakistan?		1	7	9
Comments	• Rockbolting, soil nailing, and seeding were very interesting • More detailed technical contents should be discussed • Japanese disaster management was interesting • The methodology for the survey was interesting • It is important to choose countermeasures depending on each slope			
3. Survey summary				
Did you understand the survey's methodology for site survey?	1	5	10	1
Do you think the technical know-how of how to assess road disasters should be enhanced in Pakistan?		1	8	8
Do you think the technical know-how for designing and constructing countermeasure works should be enhanced in Pakistan?			10	7
4. Others				
Do you think assisting to this seminar was useful to increase your knowledge on road landslide management?	1	2	9	5
Comments	• Presentation about cost-effectiveness would be interesting • Landslide measures should be furtherly discussed in Pakistan • Want to know more about specific landslide countermeasure cases • More events like this should be carried out • Japanese countermeasures should be introduced to Pakistan • The contents of the seminar are crucial in Pakistan • The seminar should have been longer • Countermeasures adapted to Pakistani economic situation should be developed			

出典:調査団

アンケートでは主に下記のようなコメントを受けた。

- ① ロックボルト、緑化技術が非常に興味深い
- ② このようなイベントをもっと開催して欲しい、内容はパキスタンにおいて重要である
- ③ パキスタンでは対策工のライフサイクルコストの議論が必要である
- ④ パキスタンでは各現場に適した対策の調査・設計が必要である
- ⑤ パキスタンの経済状況に適した対策工の開発が必要である
- ⑥ より詳細な技術的内容が聞きたい

また、口頭で NHA の上層部から参加率が非常に多く有意義な内容であったと高い評価を受けた。



図 6.1 日本の道路防災対策紹介の講義の様子
(出典:調査団)



図 6.2 NHA Chairman 及び JICA パキスタン
事務所長による開会の挨拶
(出典:調査団)

更にセミナー前日（4月19日（木））に、日本企業参加者を対象として現場把握の促進を図るために N-75 沿いの斜面の現場視察を行った。現場視察の状況を図 6.3 に示す。



図 6.3 日本企業参加者との現場視察

(出典:調査団)

6.3 斜面カルテにかかる技術移転

斜面カルテにかかる技術移転に関して、N-75 の対策実施中の斜面で、現地の斜面状況を見ながら、斜面カルテの実務作業を知りたい旨の意向が NHA 側から調査団側に示された。これを受け、2017 年 11 月 8 日の午後を活用し、N-75 上、イスラマバードから Murree までの N-75 上のいくつかの斜面（既存対策実施中の斜面を含む）で、オンサイトトレーニング（「斜面カルテにかかる技術移転での初歩的な導入」）を行った。具体的には、斜面カルテのうち、「崩壊・落石」版を使って、地形・地質の観察事項を中心に、斜面の規模・角度、斜面構成物（土、岩など）の性状把握、滑落崖の認定の仕方、すべり面認定の考え方、地下水湧出の把握の仕方などを、調査団が NHA 職員に対して説明をした。



図 6.4 パイロット OJT の状況

（出典：調査団）

さらに、上記のオンサイトトレーニングに加え、N-15、N-35、N-75 沿線で抽出したロングリスト候補斜面での OJT を 2017 年 12 月に C/P と共同で実施した。具体的には、N-15 では、標高 3,000-4,000m の急峻な山岳地域での急斜面の崩壊性状を踏まえ、斜面崩壊における地質・地物に対する観察での着目点などを中心に OJT を実施した。



図 6.5 C/P 向け OJT 実施の様子(左)と、N75_2(右)

（出典：調査団）