

ネパール連邦民主共和国
公共事業計画省道路局

ネパール連邦民主共和国
シンズリ道路第二工区斜面对策準備調査
(その2) 報告書

平成 24 年 3 月
(2012 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

基盤
CR(1)
12-073

ネパール連邦民主共和国
公共事業計画省道路局

ネパール連邦民主共和国
シンズリ道路第二工区斜面对策準備調査
(その2) 報告書

平成 24 年 3 月
(2012 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ネパール連邦民主共和国のシンズリ道路第二工区斜面对策準備調査(その2)にかかる協力準備調査を行うことを決定し、同調査を日本工営株式会社に委託しました。

調査団は、平成23年9月から平成24年3月までネパール国の政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成24年3月

独立行政法人国際協力機構

経済基盤開発部

部長 小西 淳文

要約

要 約

1. 国の概要

ネパール連邦民主共和国(以下「ネ」国という)は、南西アジアに属し、ヒマラヤ山脈の南側の麓に位置する。インドと中華人民共和国に隣接する内陸国で国土総面積は 14 万 7,000km²、総人口は2,858 万人(2011 年政府中央統計局)である。首都はカトマンズで、東西 25km、南北 20km 程の盆地の中にあり、首都圏を含むカトマンズ盆地に 251 万人(2011 年政府中央統計局)が生活する。2010/11 年度の GDP は約 185 億米ドル(「ネ」国政府中央統計局)で、2010/11 年度の一人当たり GDP は約 642 米ドル(同上)である。主要産業は農業を主体とする第 1 次産業で GDP の約 40%、就業人口の約 80%を占める。工業に代表される第 2 次産業が GDP の 20%、観光業をはじめとする第 3 次産業が残りの 40%を占める。農業は南部のテライ平野が中心で、米、トウモロコシ、小麦、砂糖キビ、根菜、牛乳を産している。

内陸国である「ネ」国では、その交通運輸体系はその大部分を道路に依存している。道路整備は 1924 年より開始され、1970 年代まではインド、中国、米国、英国及び旧ソ連の援助により実施された。1980 年代以降は世銀、ADB 等の国際金融機関並びに日本、スイス及び独国が援助を開始し、道路網整備は飛躍的に延びており、2005 年までに幹線道路の総延長は 15,095km となっている。しかしながら、全国 75 郡のうち 12 郡では道路が全く無く、さらに 15 郡の郡庁が道路網で結ばれておらず、道路整備はいまだ進展途上にある。また、無舗装道路が全体の約 70%を占めているように道路のサービス水準は低い。そのため、重要な国家政策として、さらなる道路整備網の拡充と改善が進められている。

2. 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「ネ」国政府 MOPPW の DOR は第 11 次暫定 3 カ年計画以降の国家目標を念頭に、「ネ」国全土を対象とした今後 20 年間の戦略道路網整備計画 (Master Plan for Strategic Road Network) を 2005 年 12 月に公表した。

シンズリ道路は、前記道路網整備計画のリストの上位に掲げられ、日本の無償資金協力により 2014 年の全線開通を目標として建設が進められている総延長約 160km の国道である。現在、「ネ」国の首都カトマンズと南部のテライを結ぶ幹線道路はマヘンドラハイウェイプリチビ道路経由の西回りルートとトリバン道路(中央ルート)の 2 路線が供用されているが、自然災害やストライキ等によりしばしば交通障害が発生し「ネ」国の社会・経済活動を停滞させる要因となっている。従って、シンズリ道路完成後はカトマンズーテライを結ぶルートが補強されるだけでなく、ネパール東部地区の経済開発を促進するための重要幹線道路となる(本文図 1. 1. 1 参照)。

このシンズリ道路の建設に当たっては、「ネ」国の厳しい自然条件により発生する斜面崩壊や土砂災害に対し、設計・施工両面から配慮をしつつ建設が進められた。しかしながら、供用開始された第一、第二、第四の 3 つの工区では、数次にわたる降雨災害に見舞われ、多くの地点/区間が被害を受けている。被災箇所については、その都度、大小の復旧工事が行われ、現在は安全な交通機能は保持されている。しかし、復旧工事が応急処置に止まっている区間もあり、全線開通までに補強すべき道路区間を残している。上記の全線開通までに補修すべき区間については「ネ」国の要請により JICA が 2009 年 7 月に全線にわたり

レビューした。この結果、ほとんどの未補修区間についてはネパール国で改修可能であるが、第二工区の Sta.17+400、Sta.17+600 および Sta.18+200 の 3 地点は、斜面崩壊規模が大きく、そのまま放置した場合、シンズリ道路の交通機能に甚大な障害が発生すると判断された。そのため、重要な補修区間として、2010 年 5 月より上記 3 地点の斜面对策の必要性・妥当性及び可能性について検討する「ネパール国シンズリ道路(第二工区)斜面对策準備調査」(以下、準備調査(その 1)とする)が実施された。この調査では 3 地点とも恒久的な対策工が必要と判定された。これら 3 地点の内、Sta.17+400 については「ネ」国で実施可能であるが、Sta.17+600 および Sta.18+200 両地点の対策工は技術/財政の両面から「ネ」国での実施が困難と判断され日本国へ無償援助が要請された。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

3.1 調査結果の概要と対策工整備の基本方針

本調査では、Sta.17+600 にて盛土箇所の基礎地盤の確認を目的として土質調査および物理探査を実施し、Sta.18+200 にてリップパリティの判定を目的として物理探査を実施した。また、ネパール側で実施中のモニタリング結果のレビューおよび対策工の再検討を実施した。

調査の結果、シンズリ道路第二工区 3 地点 (Sta.17+400、17+600、18+200) で発生した大規模崩壊については、放置しておくで将来重大な交通障害が発生させる恐れがあることが再確認された。これら 3 地点の内 Sta.17+400 については、既に「ネ」国により工事が開始されている。一方、地形・地質的観点から Sta.17+600 と Sta.18+200 地点についてはネパールの建設技術では対策工実施が難しいと判断された。本調査はこれら 2 地点に対する対策工事案を立案するために企画されたものである。不安定化している 2 地域への対策工選択の判断は以下のように行った。

● Sta.17+600 地点の対策工整備方針

Sta.17+600 地点に分布する岩石は石英質砂質片岩である。全体として硬堅緻密な岩石であるが、斜面にわずかに斜交する急角度の片理面と斜面に平行なシートジョイントが発達している(A 地区)。この地点で発生した道路面の亀裂はこの構造に支配されて発生したものである。このような地質と崩壊機構を抑止するためには、アンカー工が最も適切である。また、Sta.17+600 付近周辺には上記 A 地区の他、Sta.17+620 下方の緩み域(B 地区)が分布する、この地域は道路終点側下部の緩み領域(終点側斜面)はトップリングにより道路起点方向の谷側へ倒れ込むようにクリープ変形し土砂化しつつある部分である。この部分は土砂化が進展していることから、不安定化した場合、土塊全体として活動する地すべりとなる可能性がある。この不安定土塊に対しては大規模盛土で将来の不安定化を抑制する方針とした。このことにより、この土塊の上方に位置する道路の安全が担保される。

● Sta.18+200 地点の対策工整備方針

Sta.18+200 付近の道路斜面崩壊は、石英片岩が分布する尾根上の急斜面において発生している。斜面崩壊は 2003 年に初めてトップリング型崩壊として発生し、2005 年に当初

建設された道路を含む範囲に亀裂が発生した。それに応じて2006年には道路を山側へ約6mシフトした。その後、斜面の崩壊現象が進行し、今回の2010年の雨期における斜面観測の結果、Sta.18+200付近における不安定領域は、現在の道路センターを含む幅約50m、長さ50mであり、雨期に活発に滑動していることが明らかになった。この地点では、現在の道路を斜面崩壊の領域から安全な領域へ道路をシフトする方針とした。

3.2 プロジェクトの内容

上記の調査結果により、各地点の対策工を設計した。下表に示すように、Sta.17+600地点ではアンカー及び盛土工で斜面崩壊を未然に防止し、Sta.18+200では道路を斜面が不安定化している領域の外側に道路を移設する工事が主体となっている。

本プロジェクトの事業計画概要

種別	項目	内容・規模	目的
地すべり対策工 (AブロックおよびBブロック)	アンカー工	施工延長:50m アンカー本数:120本 アンカー長 9.5~14.0m $\Sigma L=1400m$	道路上に亀裂が発生している50m区間(17+555~17+605)の地すべり(Aブロック)抑止。
	法枠工 F500	A=1,300m ²	
	法枠工 F300	A=300m ²	
	コンクリート吹付け工	A=2,200m ²	下方斜面への浸透水の防止。
	盛土工	盛土量:76,000m ³ 緑化工:7,600m ² 排水工 暗渠排水:350m 排水工地山部:350m 排水工盛土部:650m 集水柵:12箇所	上記区間(17+620)下方の不安定斜面の地すべり(Bブロック)活動の抑制。また、道路面下方斜面の環境改善(斜面安定化による草木の自然進入・緑化の進展)が期待される。盛土材料は18+200地点の土砂を流用する。
道路付替え工(Cブロック)	道路延長	L=170m	Cブロック領域外に道路を付け替えて回避する。また、急カーブ区間の縦断勾配が7%から4%に改良され重量車輛の通行が容易になる。掘削土砂は17+600の盛土に流用する。
	道路幅員	4.75m	
	設計速度	20km/hr(ヘアピンカーブ区間を除く)	
	土工	76,000m ³ (盛土に流用)	
	舗装	アスファルト舗装:500 m ² 、DBST:500 m ²	
	法枠工 F300	A=2,300m ² 柵内植生土嚢 7,400袋	
	鉄筋挿入工	560本 $\Sigma L=1,700m$	
	擁壁工	A=1,000m ²	
	排水工	路面排水工:200m 縦排水工:50m パイプカルバート 10m 集水柵:3箇所	
	防護柵	30箇所	
浸食防止	高強度ネット工	ネット張り工 A=5,500m ²	当該区間下方の不安定化

工		鉄筋挿入工 1,700本 $\Sigma L=5,100m$	している斜面を高強度ネットと鉄筋挿入によって保護する。
---	--	--------------------------------	-----------------------------

Sta.17+600 の対策工で適用される設計基準には、日本の降雨時や地震時等、自然条件の変化に対応する外力の変化に対応する計画手法が織り込まれている。一方、対象地区の降雨強度は日本とほぼ同等であり、既往地震はマグニチュード 3 以上のものは発生していない。従って、本調査で適用する設計基準で、Sta.17+600 設置される主要対策工であるアンカー工と抑え盛土により、道路機能は十分保証される。また、盛土に使用される主要材料は風化し難い「石英質砂質片岩」であり長期的に建設時の土質特性を維持できることからこの部分の耐久性は半永久的と評価される。Sta.18+200 の対策は現地の施工条件の困難さを考慮し道路を斜面の不安定領域から 5m 隔離する方針とした。現地の地盤状況から、崩壊領域がさらに道路側へ拡大する要素は見つかっていない。また、万一崩壊領域が拡大した場合も、今回の道路移設に伴い平地部分が開発されていることにより再度の道路移設は可能であり、短時間の復旧工事で交通機能は回復可能となる。

3.3 対策工計画と環境配慮

本プロジェクトは、脆弱な地質と急峻な地形、さらに豪雨地帯であるなど、地すべり等の自然災害リスクの高い自然環境の中に建設された山岳道路に対する地すべり対策工である。当地すべり対策工は、シンズリ道路における安全で円滑な交通を確保するとともに、地すべり地及びその周辺地山を長期的に安定できることから、自然環境及び社会環境面においてもプラス環境効果が大きく期待出来る。しかしながら、本プロジェクトの実施及び工事期間中には、土工工事や農地の一時的な借用、交通規制、騒音及び振動などの発生による環境社会影響が予想されることから、JICA「環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月)により「カテゴリーB」と分類される。従って、地すべり対策工及び仮設道路建設等の計画に当たっては、IEE 調査を実施し環境社会事項を配慮して対処することとする。

4. プロジェクトの工期及び概略事業費

実施設計・入札契約の期間は6ヶ月、建設工事期間は25ヶ月を計画している。

本協力対象事業を実施する場合に必要な概略事業費総額は約9.36億円と見積もられた。このうち、日本国負担は約9.26億円、ネパール国負担は約0.10億円である。ただし、この額は交換公文上の供与限度額を示すものではない。

4.1 日本側負担概略事業費

本協力対象事業を実施する場合に必要な日本が負担する事業費総額は下表に示す約9.26億円である。

ネパール国 シンズリ道路第二工区斜面对策

概算総事業費 約926百万円

費 目			概算事業費(百万円)	
施設	アンカー工	アンカー工	92	792

	盛土工	盛土工、工用道路工	227	
	付替え道路工	付替え道路工、仮設防護柵工、擁壁工、排水工、舗装工、付帯工、構造物撤去工	231	
	法面工	吹付法砕工、コンクリート吹付工、高強度ネット工	242	
実施設計・施工監理				134

この積算では日本国政府の無償資金協力の制度に準じて実施したものであり、下記条件を適用している。

- ① 積算時期 :平成 23 年 9 月
- ② 為替交換レート :1.0 US\$=81.57 円
:1.0 NRs=1.142 円
- ③ 施工・調達期間 :25 ヶ月

4.2 ネパール側負担経費

「ネ」国政府の直接工事にかかわる初期負担項目は(1)土地借用・補償費、(2)公共施設等移転費、(3)初期環境調査 IEE、(4)環境モニタリング、および(5)銀行手数料、(6)その他経費であり、金額は約 9.3 百万 NRs(約 10.6 百万円)である。「ネ」国側からは、路線の重要性を考慮して本プロジェクトに優先的に予算を配分する意向が示されており、十分な支出能力があると判断する。

5. プロジェクトの妥当性の検証

シンズリ道路は、カトマンズ盆地とインド国境の中部・東部テライ地域間を結ぶ第二の南北通商ルートを担当ドリケル～バルデバス間の約 160km の国道6号線(H06)として、「ネ」国の国道と主要道路等を管轄するDORの上位計画SRNで優先プロジェクトとして位置付けられている。国家開発計画の達成および国家経済的な見地から「貧困削減プログラムのサポート及びテライ、中部丘陵地域の道路網へのアクセス改善プログラム」を達成するために最も重要な施設である。

本プロジェクトは、シンズリ道路においてその道路交通機能を阻害する要因となっている Sta.17+400～Sta.18+200 区間の安全性を確保するプロジェクトである。本プロジェクトを実施することはシンズリの恒久的な道路機能を維持するために不可欠なプロジェクトであり、プロジェクトの実施は妥当性があると判断される。

5.1 定量的効果

本プロジェクトの実施により、①走行距離の短縮(333km→189km)と、②走行時間の短縮(8hr→5hr)が恒久的に確保される。

加えて本調査では、一般的に公共事業評価の費用便益分析で用いられている B/C:費用便益比、ENPV:総現在価値、EIRR:経済的内部収益率の 3 つの評価指標を用いて費用便益分析を行った。

費用便益算出結果

Site	費用便益比 BCR	総現在価値 ENPV	経済的内部収益率 EIRR
Sta.17+600	3.18	677,531,956	35%
Sta.18+200	6.01	2,296,729,117	60%

上表に示すとおり、今回対象となっている 2 地区において、BCR は Sta.17+600 で 3.18、Sta.18+200 で 6.01 となり、投資効果が高いことが明らかとなった。また、現在第二工区は第三工区の工事用道路となっており、工事期間中に崩壊が発生した場合は、第三工区の工事が遅れ、全面開通が遅れる。工事遅延による経済損失は相乗的に大きなものとなる。

5.2 定性的効果

シンズリ道路の全線開通により、インドと首都カトマンズへの南北通商ルートが 2 本となることで首都圏を中心とした道路ネットワーク補強されることになる。この両路線とも土砂災害による交通機能が阻害される自然環境の中にあるが、本プロジェクトの実施により輸送路の寸断リスクが軽減し、雨季の安定した物資供給が図られることになる。これにより、首都市民の生活が安定し、政治不安へのリスク軽減にもつながる。さらに、内戦の影響を受けて開発が遅れていた地域において、恒久的な道路ネットワークが確保されることで、商業・工業・住宅産業の発展及びそれに伴う投資効果の向上によって、沿線の住民 154 万人に対する地域開発、貧困削減に寄与する。また、地域への生活物資の供給が安定し、また公共サービスや病院等福祉施設への恒久的なアクセスが確保されることで通行止め等の不安が除去され、周辺住民の精神的な安定が期待できる。

以上のように、本案件の妥当性は高く、また、有効性が見込まれると評価される。

このプロジェクトの実効性を確実にするためには、全線開通後の適切な道路維持管理の実施が不可欠である。現在シンズリ道路維持管理運営強化プロジェクトが独立行政法人国際協力機構(JICA)によって行われており、これにより構築された道路運営・維持管理体制が着実に実行・継続して維持されることが重要である。

ネパール国シンズリ道路第二工区斜面对策準備調査(その2)

報告書

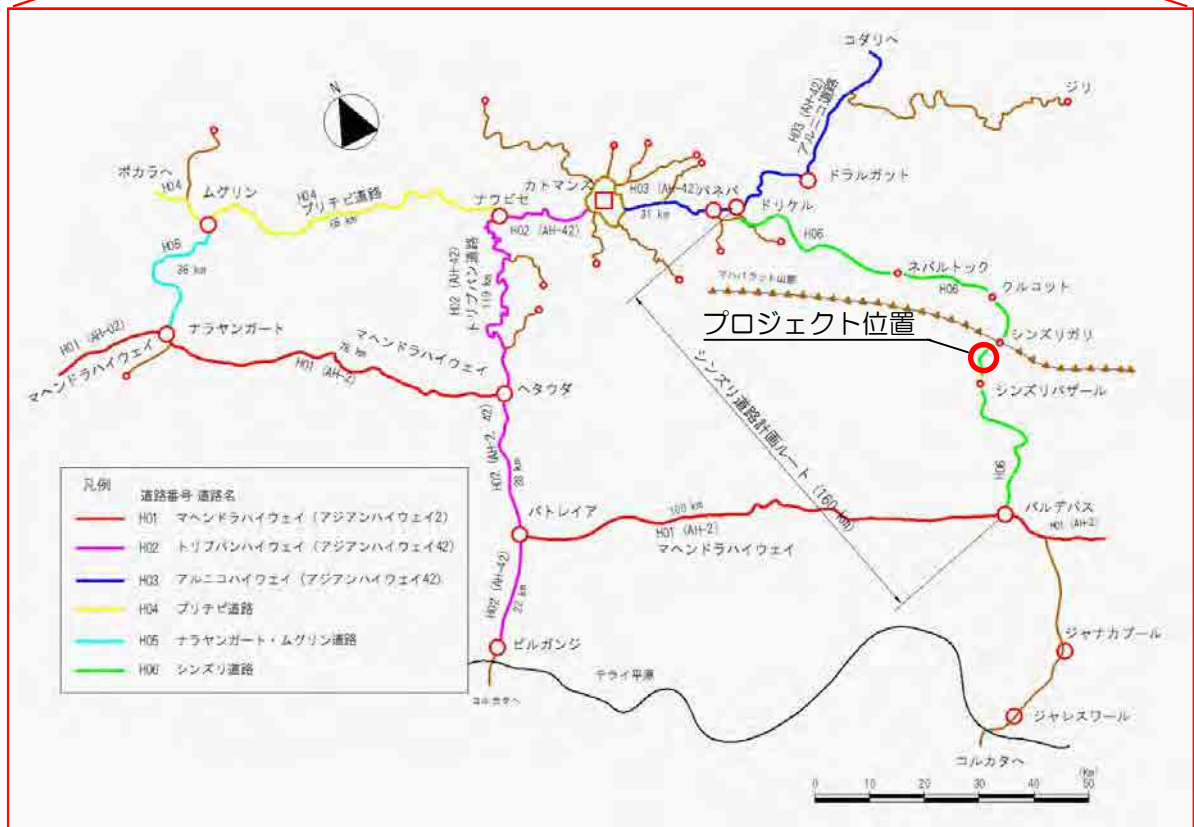
目次

序文	
要約	
目次	
位置図/完成予想図/写真集	
図表リスト/略語集	
技術用語の解説/定義	
第1章	プロジェクトの背景・経緯 1-1
1.1	当該セクターの現状と課題 1-1
1.1.1	現状と課題 1-1
1.1.2	開発計画 1-1
1.1.3	社会経済状況 1-2
1.2	無償資金協力要請の背景・経緯及び概要 1-3
1.3	我が国の援助動向 1-5
1.4	他ドナーの援助動向 1-6
1.4.1	「ネ」国の道路サブセクターに対する各国の援助動向 1-6
1.4.2	事業費のドナー比較 1-8
第2章	プロジェクトを取り巻く状況 2-1
2.1	プロジェクトの実施体制 2-1
2.1.1	組織・人員 2-1
2.1.2	財政・予算 2-2
2.1.3	技術水準 2-4
2.1.4	既存施設・機材 2-4
2.2	プロジェクトサイト及び周辺の状況 2-6
2.2.1	関連インフラの整備状況 2-6
2.2.2	建設物価の動向 2-10
2.2.3	自然条件 2-12
2.2.4	環境社会配慮 2-21
2.2.5	現地調査結果（自然条件およびサイト状況調査） 2-31
2.2.6	施工段階における詳細確認と設計への反映 2-45
2.2.7	その他(グローバルイシュー) 2-45
第3章	プロジェクトの内容 3-1
3.1	プロジェクトの概要 3-1
3.1.1	上位目標とプロジェクト目標 3-1
3.1.2	プロジェクトの概要 3-1
3.2	協力対象事業の基本設計 3-1
3.2.1	設計方針 3-1
3.2.2	基本計画 3-8
3.2.3	概略設計図 3-59
3.2.4	施工計画 3-60
3.3	相手国側分担事業の概要 3-67
3.3.1	我が国無償資金協力における一般事項 3-67

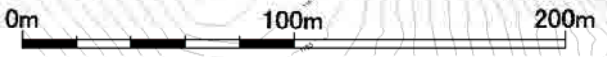
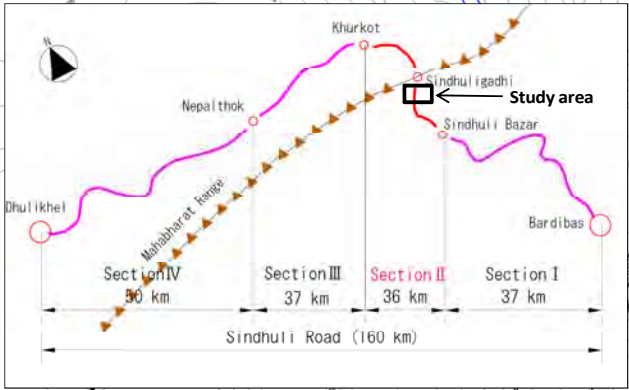
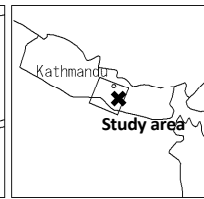
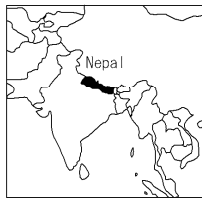
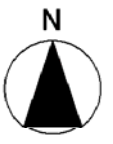
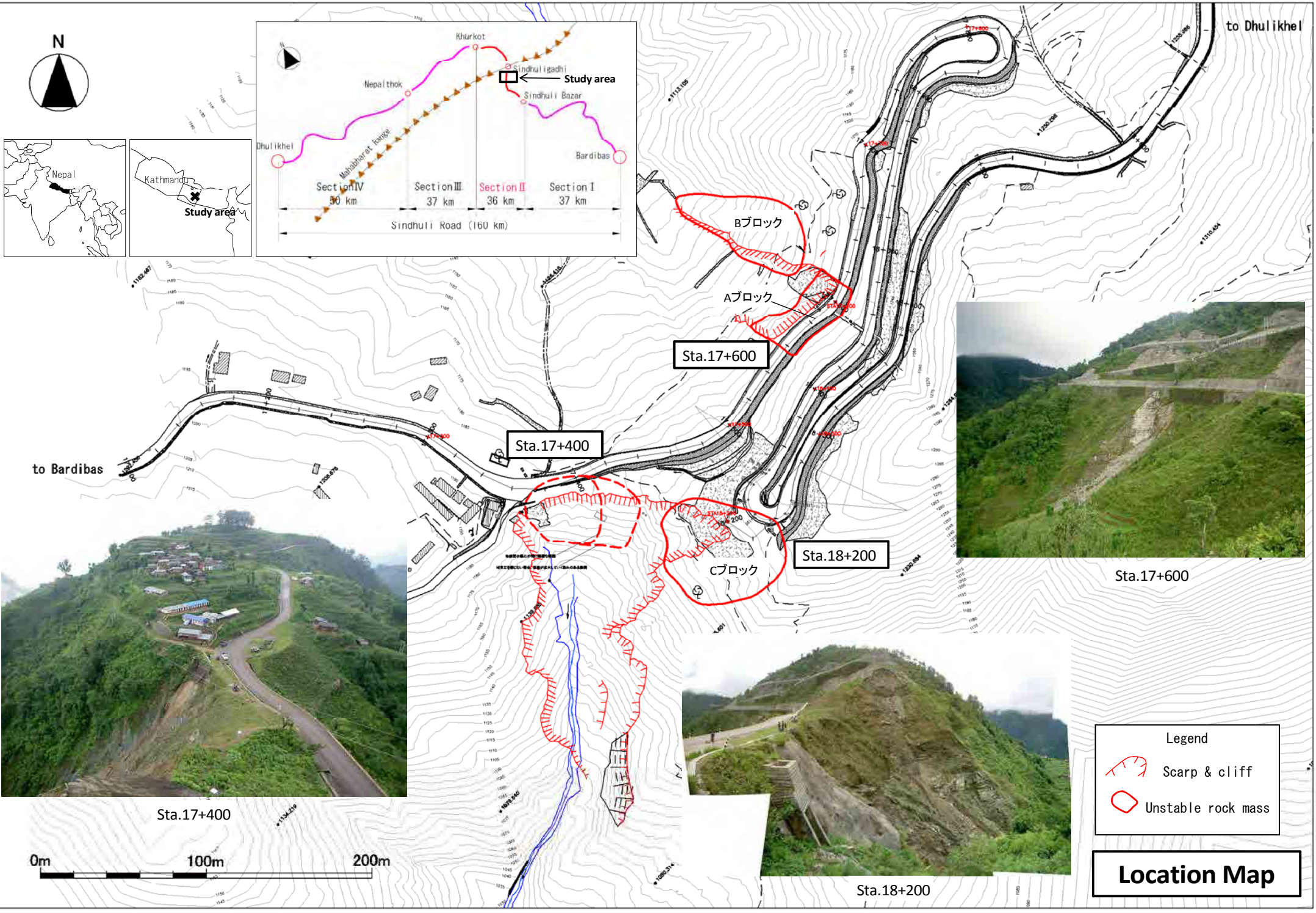
3.3.2	本計画固有の事項.....	3-67
3.4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-68
3.4.1	工事中に必要な維持管理.....	3-68
3.4.2	工事完了後に毎年必要な維持管理.....	3-68
3.4.3	工事完了後に数年単位で行う維持管理.....	3-69
3.4.4	工事完了後に緊急処置で行う維持管理及び予防対策.....	3-69
3.5	プロジェクトの概算事業費.....	3-69
3.5.1	協力対象事業の概算事業費.....	3-69
3.5.2	運営・維持管理費.....	3-71
第4章	プロジェクトの評価.....	4-1
4.1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4.2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方負担事項.....	4-1
4.3	プロジェクトの評価.....	4-1
4.3.1	プロジェクトの妥当性.....	4-1
4.3.2	プロジェクトの有効性.....	4-1
4.3.3	結論.....	4-2

[資料]

1. 調査団氏名・所属
2. 調査日程
3. 相手国関係者リスト
4. 討議議事録 (M/D)
5. 収集資料リスト
6. その他の資料・情報
 - 6.1 既存道路プロジェクト(Section II)での EIA 調査報告書のレビュー
 - 6.2 Preliminary Environmental and Social Consideration Study in The Preparatory Survey on The Project for Countermeasures for Landslides on Sindhuli Road (Section II)
 - 6.3 TERMS OF REFERENCE of Initial Environmental Examination Study Countermeasures Construction of Landslides for Sindhuli Road (Section II)
 - 6.4 環境関連写真
 - 6.5 施工状況写真(Seciton II)
 - 6.6 物理探査結果
 - 6.7 土質試験結果
 - 6.8 観測データレビュー結果
 - 6.9 安定計算書、構造計算書
 - 6.10 概略設計図面集



プロジェクト位置図



Legend

- Scarp & cliff
- Unstable rock mass

Location Map

Sta.17+600 Aブロック



道路山側擁壁に亀裂が生じている。



道路面及び水路に生じた亀裂。

道路上の変状写真



Aブロックの崩壊斜面には岩盤(石英片岩)が露出し、下方には崩壊土砂(岩塊)が堆積する。終点側の吹きつけは、DORによる応急対策工事。

Sta.17+600 Bブロック



Bブロック頭部の岩盤の開口亀裂。



岩盤が斜面下方に倒れこむような重力変形(クリープ変形)をしている。



Bブロックは崩壊した沢の終点側やせ尾根地形を呈す。Bブロックは草本類や低木に被覆されている。崩壊した沢の上部はAブロック。

Sta.18+200 Cブロック



既設道路にCブロックの頭部(赤線)が架かる。(連続性のある変状が道路構造物に認められる。)



頭部の擁壁に生じた開口亀裂は、平成22年6月の観測開始以降最大4cm拡大した。



毎年雨季に崩壊地上部の吹きつけ部周辺の小崩壊が発生している。



完成予想図

図表目次

図 1.2.1	シンズリ道路位置図	1-4
図 1.4.1	「ネ」国の主要道路網 (H01~H06)	1-8
図 2.1.1	公共事業計画省 (MOPPW) の組織図	2-1
図 2.1.2	道路局 (DOR) の組織図	2-2
図 2.1.3	プロジェクト事務所の組織図	2-2
図 2.1.4	バルデバス管理事務所の機材管理状況	2-6
図 2.2.1	プロジェクトサイト周辺の集落・家屋の分布状況	2-7
図 2.2.2	ドングレバンジャン集落の家屋分布状況	2-7
図 2.2.3	ドングレバンジャン集落の家屋分布状況	2-8
図 2.2.4	Sta. 18+00~Sta. 17+400 区間の道路上部及び下部斜面に分布している国有森林地	2-8
図 2.2.5	Sta. 17+400~Sta. 17+00 区間の道路下部斜面に分布している農地と荒地	2-9
図 2.2.6	プロジェクトサイト付近に整備された公共の送電	2-9
図 2.2.7	アンカー工の計画位置に設置された水道管	2-10
図 2.2.8	消費者物価指数と労務費 (シンズリ群 DDC) の推移	2-11
図 2.2.9	資材価格 (シンズリ群 DDC) の推移	2-11
図 2.2.10	モンスーン平均降雨量図	2-12
図 2.2.11	調査地点周辺の季節的降雨状況	2-13
図 2.2.12	調査地点周辺の長期降雨状況	2-13
図 2.2.13	調査地周辺の平均最高気温および平均最低気温	2-14
図 2.2.14	世界震源分布図	2-15
図 2.2.15	ネパール全域の地震帯分布図	2-15
図 2.2.16	ネパール国内における過去の地震発生状況	2-16
図 2.2.17	2011年9月18日地震の震源および1990年以降の当該地の地震発生状況	2-17
図 2.2.18	地帯構造図	2-18
図 2.2.19	ネパール国地質図と調査地点	2-19
図 2.2.20	調査地点周辺の地質断面図	2-19
図 2.2.21	ネパール全般の植生分布図	2-20
図 2.2.22	標高1,000mごとの居住地数 (ネパール東部の例)	2-21
図 2.2.23	IEE/EIA 手続き	2-24
図 2.2.24	B地区の物理探査測線 (表面波探査・弾性波探査)	2-31
図 2.2.25	弾性波探査結果 (B-2) 測線	2-32
図 2.2.26	弾性波探査結果 (II) 測線	2-33
図 2.2.27	Sta. 18+200 地点弾性波探査測線	2-33
図 2.2.28	18+200 地点 C 測線弾性波結果	2-36
図 2.2.29	18+200 地点 C I 測線弾性波結果	2-36
図 2.2.30	Sta. 17+600 調査位置図	2-37
図 2.2.31	河床材の調査位置図	2-38
図 2.2.32	速度層毎の土質定数	2-39
図 2.2.33	粒径加積曲線	2-41
図 2.2.34	結晶片岩のせん断強度 (c、 ϕ)	2-43
図 2.2.35	測量位置図	2-44
図 3.2.1	調査地周辺の平均最高気温および平均最低気温	3-2
図 3.2.2	調査地点周辺の季節的降雨状況	3-3
図 3.2.3	調査地点周辺の長期降雨状況	3-3
図 3.2.4	斜面对策の対象区域	3-8
図 3.2.5	Aブロック地質断面図	3-9
図 3.2.6	Bブロック地質断面図	3-11
図 3.2.7	Cブロック平面図および地質断面図	3-13
図 3.2.8	Sta17+400 地質断面図	3-14
図 3.2.9	地すべり対策工検討フローチャート	3-16
図 3.2.10	Aブロック アンカー工案平面図	3-18

図 3.2.11	Aブロック	アンカー工案断面図	3-18
図 3.2.12	Aブロック	橋梁案平面図	3-19
図 3.2.13	Aブロック	橋梁案断面図	3-19
図 3.2.14	Bブロック	アンカー工案平面図	3-21
図 3.2.15	Bブロック	アンカー工案断面図	3-21
図 3.2.16	Bブロック	杭工案平面図	3-22
図 3.2.17	Bブロック	杭工案断面図	3-22
図 3.2.18	Bブロック	盛土案平面図	3-23
図 3.2.19	Bブロック	盛土案断面図	3-23
図 3.2.20	Cブロック	切土案平面図	3-25
図 3.2.21	Cブロック	切土案断面図	3-25
図 3.2.22		全体平面図	3-27
図 3.2.23		地すべり安定計算に用いるスライス分割の例	3-29
図 3.2.24		グラウンドアンカー工を用いる場合の安定計算法	3-31
図 3.2.25		グラウンドアンカー工の2つの機能	3-31
図 3.2.26		盛土の最小規格条件	3-37
図 3.2.27		B-2断面の安全性照査図(盛土内水位なし)	3-39
図 3.2.28		EL1105mより上位に盛土内水位考慮	3-40
図 3.2.29		EL1085mより上位に盛土内水位考慮	3-41
図 3.2.30		押え盛土のり面の植生工	3-42
図 3.2.31		押え盛土各小段の排水層	3-44
図 3.2.32		押え盛土区域の地表面水の集水面積	3-45
図 3.2.33		降雨強度曲線(ネパールトック)	3-46
図 3.2.34		工事用道路計画図	3-47
図 3.2.35		付替え道路の平面計画(山側シフト案)	3-48
図 3.2.36		縦断検討図	3-50
図 3.2.37		舗装構成	3-51
図 3.2.38		流域図と排水系統	3-53
図 3.2.39		練石もたれ擁壁(タイプA・B)	3-54
図 3.2.40		弾性波速度-法面勾配と法面の安定性	3-56
図 3.2.41		予想崩壊モデル	3-57
図 3.2.42		高強度ネット工検討フロー図	3-59
図 3.2.43		資機材の輸送経路(インド・コルカタ港～シンズリ)	3-66
表 1.2.1		本プロジェクトの事業計画概要	1-5
表 1.3.1		我が国技術協力実績(運輸交通分野)	1-5
表 1.3.2		我が国無償資金協力実績(運輸交通分野)	1-6
表 1.4.1		他ドナー国・国際機関による援助実績(運輸交通分野)	1-6
表 1.4.2		「ネ」国の主要道路の整備状況と援助国	1-7
表 1.4.3		Outline of Rehabilitation Project	1-8
表 2.1.1		DORの建設・維持管理予算	2-3
表 2.1.2		プロジェクト事務所の予算額・支出額の過去5年間の推移	2-3
表 2.1.3		見返り資金・自己資金によるシンズリ道路路面改良工事の実績	2-3
表 2.1.4		DOR職員内訳	2-4
表 2.1.5		(参考)日当り平均交通量(場所 STA.27+150)	2-5
表 2.1.6		過去の我が国無償資金協力による調達機材の現状	2-5
表 2.2.1		ドングレバンジャン集落の世帯・人口分布状況	2-7
表 2.2.2		調査地点周辺の降雨状況	2-13
表 2.2.3		ネパールの地形・地質区分(南→北)	2-18
表 2.2.4		環境社会配慮調査レベルの分類基準	2-22
表 2.2.5		Bブロック代替案の検討	2-27
表 2.2.6		Cブロック代替案の検討	2-27
表 2.2.7		スコーピング結果	2-27
表 2.2.8		環境影響の緩和・軽減対策	2-28

表 2.2.9	モニタリング計画 (案)	2-29
表 2.2.10	IEE 調査の ToR 目次 (案)	2-30
表 2.2.11	Sta.17+600 地点の弾性波速度層	2-32
表 2.2.12	Sta18+200 地点の弾性波速度層	2-34
表 2.2.13	検出された各速度層と岩・土の分類、掘削工法の関係	2-34
表 2.2.14	土工における岩及び土の分類	2-35
表 2.2.15	弾性波速度と掘削難易度の関係	2-35
表 2.2.16	地質土質調査数量	2-36
表 2.2.17	基礎地盤の土質定数	2-39
表 2.2.18	設計時に用いる土質定数の仮定値	2-40
表 2.2.19	細粒分含有率と透水性	2-41
表 2.2.20	比重・吸水率、最大最小密度試験結果と施工時の密度	2-42
表 2.2.21	土取場候補地の比較	2-44
表 2.2.22	測定の目的と実施数量	2-45
表 2.2.23	設計変更の可能性のある工種	2-45
表 3.2.1	主要技術基準	3-6
表 3.2.2	地すべりの計画安全率	3-6
表 3.2.3	道路規格	3-7
表 3.2.4	各斜面の崩壊メカニズムおよび危険度評価 (準備調査その 1 に加筆)	3-14
表 3.2.5	地すべり対策工の分類	3-16
表 3.2.6	A ブロック地すべり対策工選定表	3-17
表 3.2.7	アンカー工概算工事費	3-17
表 3.2.8	B ブロック地すべり対策工選定表	3-20
表 3.2.9	B ブロック地すべり対策工経済比較一覧表	3-20
表 3.2.10	C ブロック地すべり対策工選定表	3-24
表 3.2.11	C ブロック地すべり対策工経済比較一覧表	3-24
表 3.2.12	全体直接工事費 (概算)	3-26
表 3.2.13	地すべりの活動状況と現状安全率	3-28
表 3.2.14	地すべりの計画安全率	3-28
表 3.2.15	採用した現況安全率および計画安全率	3-28
表 3.2.16	粘着力 C の経験値	3-29
表 3.2.17	各ブロックの粘着力 C と内部摩擦角 ϕ	3-29
表 3.2.18	安定計算に用いたの単位体積重量	3-29
表 3.2.19	各ブロックの必要抑止量	3-30
表 3.2.20	アンカー工の設計条件一覧	3-30
表 3.2.21	アンカーの周面摩擦抵抗	3-32
表 3.2.22	テンドンとグラウトの許容付着応力度 (N/mm ²)	3-32
表 3.2.23	支持地盤の種類と許容支持力度 (常時値)	3-33
表 3.2.24	受圧板選定のポイント	3-33
表 3.2.25	アンカー諸元一覧	3-34
表 3.2.26	盛土量	3-35
表 3.2.27	土量変化率の範囲	3-36
表 3.2.28	押さえ盛土条件の検討に用いる法面勾配、小段幅・間隔	3-36
表 3.2.29	B ブロックの地すべり安定に必要な条件	3-36
表 3.2.30	押さえ盛土の安定条件	3-37
表 3.2.31	設計水平震度の標準値 (kh0)	3-38
表 3.2.32	切土のり面地質区分と適用のり勾配	3-42
表 3.2.33	のり面保護工とのり区分・性状	3-43
表 3.2.34	地表面の工種別基礎流出係数	3-45
表 3.2.35	地域別の設計日降雨量	3-45
表 3.2.36	工事用道路の規格	3-46
表 3.2.37	平面線形比較表	3-49
表 3.2.38	縦断計画比較検討表	3-50
表 3.2.39	道路設計基準と採用値	3-51

表 3.2.40	構造物別の降雨確率年	3-52
表 3.2.41	シンズリガリの降雨強度	3-52
表 3.2.42	視線誘導標及びガードブロック設置要領	3-54
表 3.2.43	切土法面勾配	3-55
表 3.2.44	第二工区における法面勾配	3-55
表 3.2.45	標準法面勾配の参考	3-55
表 3.2.46	シンズリ道路において採用する主な法面保護工と法面区分/性状	3-57
表 3.2.47	経験的設計諸元	3-57
表 3.2.48	浸食防止工の比較	3-58
表 3.2.49	事業計画の施設規模	3-59
表 3.2.50	日本及び「ネ」国政府それぞれの負担事項	3-61
表 3.2.51	品質管理項目一覧表(案)	3-63
表 3.2.52	主要建設資機材の調達先	3-65
表 3.2.53	事業実施工程表	3-67
表 3.4.1	日常管理と定期管理の作業内容	3-68
表 3.4.2	数年単位の周期的な維持管理の作業内容	3-69
表 3.5.1	先方政府負担事項及び費用	3-70
表 3.5.2	主な維持管理項目と年間概算費用	3-71
表 3.5.3	斜面对策工に必要な維持管理	3-72
表 4.3.1	費用便益比等算出結果	4-2

略語集

ADB	: アジア開発銀行 (the Asian Development Bank)
ALp	: 箇所別潜在年間損失額(Potential Annual Loss)
A/P	: 支払い照明(Authorization to Pay)
ARMP	: 道路維持管理年次計画(Annual Road Maintenance Plan)
B/C	: 費用便益比(Benefit by Cost)
B/A	: 指定銀行設置 (Banking Arrangement)
B/D	: 基本設計 (Basic Design)
CDO	: 内務省郡長 (Chief District Officer)
CFUG	: ネパールの地区森林管理組合 (Community Forest Users Group)
DBST	: 二層式瀝青表面処理舗装 (Double Bituminous Surface Treatment)
DDC	: 地方開発委員会 (District Development Committee)
DFID	: 英国の国際開発局 (Department for International Development)
DFO	: ネパールの郡森林局 (District Forest Office)
DHM	: 水文・気象部 (Department of Hydrology and Meteorology)
DOR	: ネパールの道路局 (Department of Roads)
DOLIDAR	: ネパールの地方開発農業道路局 (Department of Local Infrastructure and Agricultural Roads)
DWIDP	: ネパールの水資源省治水砂防局 (Department of Water Induced Disaster Prevention)
EIA	: 環境影響評価 (Environmental Impact Assessment)
EIRR	: 経済的內部収益率(Economic Internal Rate of Return)
E/N	: 交換公文 (Exchange of Notes)

EPA : ネパール環境保護法 (Environmental Protection Act)

EPR : ネパール環境保護令 (Environmental Protection Rules)

F_s : 安全率 (Safety Factor)

FRCDp : 箇所別道路閉鎖災害の潜在頻度 (Possibility of Frequency of Road Closure Disaster)

G/A : 無償資金協力協定 (Grant Agreement)

GESU : ネパール道路局の自然社会環境課 (Geo-Environment and Social Unit)

GOJ : 日本政府 (Government of Japan)

GTZ : ドイツの国際援助機関 (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit、英訳 ; German Technical Cooperation)

H01~H06 : 国道 1 号線~国道6 号線 (National Highway)

hr : 時間の単位 (hour)

IEE : 初期環境調査(Initial Environmental Examination)

IUCN : 国際自然保護連合(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)

JICA : 独立行政法人国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency)

JIS : 日本工業規格 (Japanese Industrial Standards)

L_p: 潜在損失額(Potential of Loss)

m : 長さ単位のメートル (meter)

m² : 面積の単位 (square meter)

m³/s : 1秒当りの流量の単位 (cubic meter per second)

MBT : 主境界断層 (Main Boundary Thrust)

MoD : 合意文書(Minute of Discussion)

MOPE : 人口環境省(Ministry of Population and Environment)

MOPPW : ネパールの公共事業計画省 (Ministry of Physical Planning & Works)

NPB : 総現在価値 (Net Present Value)

NRs : ネパール通貨のネパール・ルピー (Nepal Rupee)

PAPs : プロジェクトによって影響を受ける住民 (Project Affected Peoples)

ROW : 道路用地取得幅 (Right of Way)

RTO : ネパール道路局の前身の名称 (Road Transportation Organization)

Rs : インド通貨のルピー (Rupee)

SDC : スイスの国際援助機関 (Swiss Agency for Development and Cooperation)

SHM : ステークホルダー協議 (Stake holder meeting)

SMDP : 維持管理部門強化プログラム (Strengthened Maintenance Division Program)

SPAPs : プロジェクトによって特に大きな影響を受ける住民 (Special Project Affected Persons)

STA. : 道路の測点 (Station)

SRN : 戦略道路網 (Strategic Road Network)

TCC : プロジェクト沿線のトラック道路建設委員会 (Track Construction Committee)

ToR : 作業指示書(Terms of Reference)

US\$: 米ドル(American Dollar)

UVOC : 車両運行費用単価 (Unit Vehicle Operation Cost)

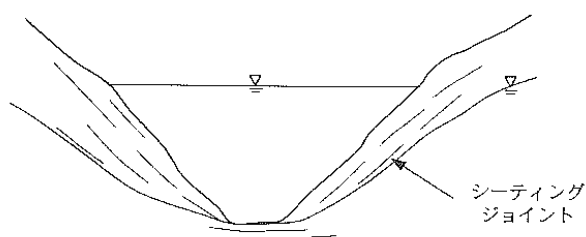
VDC : ネパールの村落開発委員会 (Village Development Committee)

VOC: 車両運行費用(Vehicle Operation Cost)

技術用語の解説/定義

- シートジョイント: 岩石中のわれ目は、①地質構造運動で生成されるもの(断層やこれに付随した構造ジョイント(節理)、②火成岩が冷却過程でできる冷却ジョイント、③堆積岩の層理面に由来するジョイント、④斜面の削剥により上載荷重の除荷によって生成されるもの、がある。

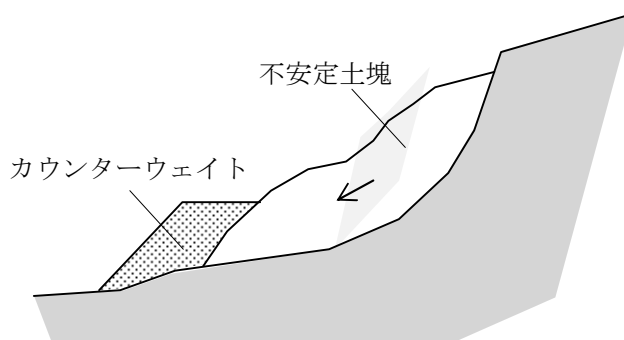
シートジョイントは上記の④により生成されたものであり、斜面に平行な割れ目と水平な割れ目が生成され、これが岩盤斜面崩壊の一つの要因となる。



出典：「ダム建設における水理地質構造の調査と止水設計」

図1 シートジョイントの模式図

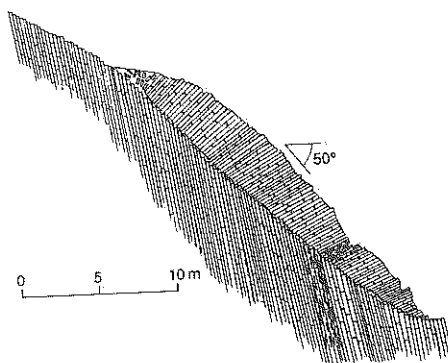
- カウンターウェイト: 上方斜面の不安定化しつつある土塊(岩塊)に対して支えとなっている土塊(岩塊)。人工的にこの部分を造成したものを抑え盛土と呼ぶ。



出典：調査団

図2 カウンターウェイトの模式図

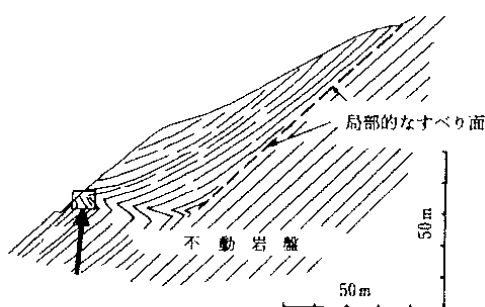
- トップリング: 岩盤で形成される崩壊形態のひとつ。崩壊斜面に平行で、山側に急傾斜する分離面構造を持つ地盤が永年の重力変形を主因として谷側へ倒壊する現象。崩壊の直接原因は豪雨によることが多い。



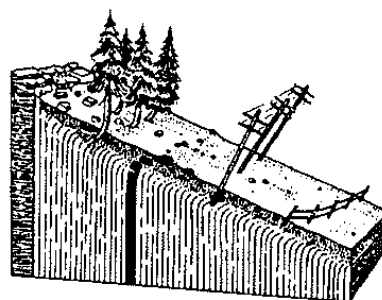
出典：「地すべり -地形地質的認識と用語-」

図3 トップリングの模式図

- クリープ変形：斜面が重力によって、長時間にゆっくりとした速度で下方に滑動する現象。結晶片岩や砂岩泥岩薄互層のような層理面に沿って違方性の強い岩石や岩砕で構成される斜面で発生する。時々末端崩壊が発生し、全体のバランスが限界に達した時点で豪雨や地震により大崩壊に発展することがある。



模式図（千木良，1995）



（図解応用地質用語委員会，1985）

出典：「地すべり -地形地質的認識と用語-」

図4 クリープ変形の模式図

- 現状安全率/計画安全率：地すべり対策工の規模を決定するために、現況安全率と計画安全率を設定する必要がある。表1および表2に従い地すべりの現状安全率および計画安全率を決定する。

表1 地すべりの活動状況と現状安全率

地すべりの活動状況	現状安全率
継続的に運動している場合	$F_s=0.95$
降雨等に伴い断続的に運動している場合	$F_s=0.98$
運動が沈静化している場合	$F_s=1.00$

出典：災害手帳 H23

表 2 地すべりの計画安全率

重要な道路、河川、人家等に重大な影響を与える箇所		1.20
上記以外	主要地方道、一般県道	1.15
	市町村道	1.12
応急工事		1.05

出典：「公共土木施設の災害申請工法のポイント -平成 11 年改訂版-

- 修正フェレニウス法：安全率を求めるための解析法のひとつ。二次元の代表的な極限平衡法には、フェレニウス法、修正フェレニウス法、ヤンプ法、ビッシュopp法がある。修正フェレニウス法とはフェレニウス法で土塊の有効荷重が負の値を採ってしまうことを改善するために、地下水の考え方を変えたもの。道路土工に記述されていることもあり、日本では多くこの解析法が採用されている。

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad \text{式 1}$$

- ここに F_s : 安全率
 c : 粘着力 (kN/m^2 (tf/m^2))
 ϕ : せん断抵抗角 (度)
 l : 各分割片で切られたすべり面の弧長 (m)
 u : 間隙水圧 (kN/m^2 (tf/m^2))
 b : 分割片の幅 (m)
 W : 分割片の重量 (kN/m (tf/m))
 α : 分割片で切られたすべり面の中点とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)

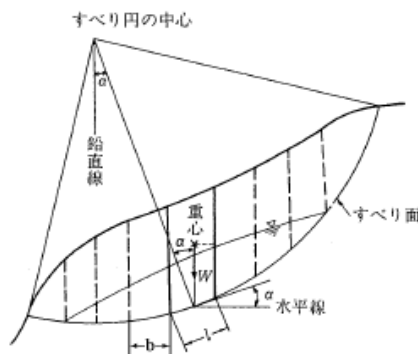


図 5 地すべり安定計算に用いるスライス分割の例

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1.1 当該セクターの現状と課題

1.1.1 現状と課題

1.1.1.1 運輸交通セクター

「ネ」国の運輸交通セクターは、道路、航空、鉄道、ロープウェイ、人力・牛馬、河川利用と6種類に分類される。

航空は、カトマンズ国際空港の他に10か所の地方空港があり、運輸システムの一部を担う。鉄道はテライ平野のジャナカプール～ジャイナガールでわずかに利用されているのみである。ロープウェイは、フランスからの援助によりカトマンズ～ヘタウダ間約42kmが1964年に運用された。しかし、2001年から維持できなくなり運航を中止している。人力・牛馬による輸送は道路網の未整備な山岳地帯では現在も継続されている。河川を利用する舟運は未発達である。

「ネ」国で最も多く利用されているのは道路であり、将来的にも道路輸送が運輸交通部門における主要な役割を果たすと予想される。

1.1.1.2 道路サブセクター

「ネ」国における道路整備は1924年より開始され、1970年代まではインド、中国、米国、英国、旧ソ連の援助により道路整備が実施された。1980年代以降は、世銀、ADB等の国際金融機関並びに日本、スイス、独国が援助を開始し、道路網整備が飛躍的に伸びている。しかしながら、全国74県のうち12県では道路がなく、さらに15県の県庁が道路網に結ばれていないことに表れているように、道路整備はいまだ進展途上にある。このため、国家開発計画の達成、国家経済的な見地から輸送費の軽減を図る上で道路網の進展は「ネ」国の重要課題である。さらに近年では急速に進展する道路網の維持が課題となってきた。

「ネ」国の道路は、国道、フィーダー道路、都市内道路、地方道路と村落道路の5種類に区分される。このうち、全国道路網の骨格となる15路線の国道(National Highway)と51路線のフィーダー道路(Feeder Road)は国家戦略道路網(Strategic Road Network 以下SRNと称する)として道路局(Department of Road 以下DORと称する)が管轄する。

1.1.2 開発計画

1.1.2.1 上位計画との関連

「ネ」国政府公共事業計画省(Ministry of Physical Planning & Works: MOPPW)の外郭組織である道路局(Department of Roads: DOR)は、「ネ」国全土を対象とした今後20年間の戦略道路網整備計画(Master Plan for SRN)を2005年12月に公表した。このSRNは、1)道路網の適切かつ効果的な維持管理、2)すべての県庁へのアクセス確保、3)既存の県庁へのアクセス改善、4)貧困削減プログラムのサポートおよびテライ、中部丘陵地域の道路網へのアクセス改善、他4項目を目標としている。シンズリ道路は、このマスタープランの中で、「ネ」国でも人口密度の高い東部テライ地域とカトマンズを結ぶ国道6号線(H06)として、SRNの一部を構成するとともに、シンズリ県の県庁であるシ

ンズリマディへの唯一のアクセス道路として、3)既存の県庁へのアクセス改善プログラムに含まれている。さらに、ドリケルーネパールトゥークルコット間は中部丘陵東西ハイウェイ(Mid-hill East West Highway)構想の一部を構成し、その整備が 4)貧困削減プログラムのサポートおよびテライ、中部丘陵地域の道路網へのアクセス改善プログラムに含まれている(図 1.2.1)。

さらに、同プランではシンズリ道路の全線開通を見据え、シンズリ道路から分岐する、クルコット(Khurkot)ートクセルガット(Tokselghat)ーパティタール(Patitar)間(75km)、クルコットーマンタリ(Manthali)間(11km)、クルコットーラメチャップ(Ramechhap)ーオカルドウング(Okahaldhunga)間(33km)の道路整備が 4)貧困削減プログラムのサポートおよびテライ、中部丘陵地域の道路網へのアクセス改善プログラムとして予定されている。特にクルコットーマンタリ間の整備により、アラニコ・ハイウェイ(H03)上のチャリコット(Charikot)とクルコットを繋ぐネットワークが完成し、ジャナカプール(Janakapur)州北部地域から SRN へのアクセスを大幅に改善する効果が期待される。

1.1.2.2 関連開発計画

(1) カトマンズ～テライ間直結道路 (Fast Track between Kathmandu and Hetauda)

ADB によるフィービリティ調査が 2007 年 5 月に開始され、2008 年 3 月ドラフト・ファイナル・レポートが提出された。トンネル 4 本(計 1.4km)を含む、設計速度 50-80km/h、4 車線(暫定 2 車線)全延長 82km の路線、約 700 百万米ドル(暫定 2 車線)の事業費が提案されている。

1.1.3 社会経済状況

「ネ」国の 2010/11 年政府中央統計局推計によると総人口が 2,858 万人で、そのうち首都圏を含むカトマンズ盆地に 251 万人が生活している。2010/11 年度の GDP は約 185 億米ドル(「ネ」国政府中央統計局)で、2010/11 年度の一人当たり GDP は約 642 米ドル(同上)である。

主要産業は農業を主体とする第 1 次産業で GDP の約 40%、就業人口の約 80%を占める。工業に代表される第 2 次産業が GDP の 20%、観光業をはじめとする第 3 次産業が残りの 40%を占める。農業は南部のテライ平野が中心で、米、トウモロコシ、小麦、砂糖キビ、根菜、牛乳を産している。

主要輸出品はカーペットと既製服で、主要輸出先はインド、米国及び独国で年間輸出総額は約 8.2 億米ドル(2009/10 年度商工供給省)である。主要輸入品は金、機械製品(車輛を含む)、重機、石油製品、化学肥料等で、主要輸入先はインド、アラブ首長国、中国、サウジアラビア、シンガポールで年間輸入総額は約 50.8 億米ドル(2009/10 年度商工供給省)である。

就労機会に乏しい「ネ」国では出稼ぎ送金が貴重であり、グルカ兵が英国とインドから送金する年間総額は約 5,000 万米ドル、湾岸諸国やマレーシアを含めた約 70 万人の「ネ」国人の出稼ぎ送金総額は年間約 10 億米ドルに達する。因みに、「ネ」国の政府予算は年間約 36 億 6,000 万米ドル(2009/10)である。

「ネ」国は、1990 年代の民主化運動やその後のマオイスト(毛派)による武装闘争を経て、長らく政情不安・治安悪化が続いたが、2008 年 4 月に制憲議会選挙が実施され、

5月に王制が廃止され連邦民主共和国へ移行した。その後も、マオイストを含む連立政権など、与野党間の政治的に不安定な状態が収まらず、毎年のように首相の辞任が続いており、国内情勢はいまだ予断を許さない。

2011年8月には、制憲議会が実施した首班指名選挙で、辞任したカナル首相(統一共産党)にかわり、バタライ首相(毛派)が選任され、2年ぶりに毛派が政権の座に就いた。この間、2006年11月には、政府と毛派は無期限停戦を誓う包括和平協定に調印するなど、和平プロセスは着実に根付いてきている。

現在、「ネ」国内の治安情勢は、おおむね平穏を取り戻しており、2010年5月を最後に全土でのバンダ(強制ゼネスト)などの発生はない。

1.2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

シンズリ道路は、日本の無償資金協力により2014年度の全線開通を目標として建設が進められている総延長約160kmのネパール国(以下「ネ」国)の幹線道路である。現在、「ネ」国の首都カトマンズと南部のテライを結ぶ幹線道路はマヘンドラハイウェイ-プリチビ道路経由の西回りルートとトリブバン道路(中央ルート)の2路線が供用されているが、自然災害やストライキ等によりしばしば交通障害が発生し「ネ」国の社会・経済活動を停滞させる要因となっている。従って、シンズリ道路完成後はカトマンズ-テライを結ぶルートが補強されるだけでなく、ネパール東部地区の経済開発を促進するための重要幹線道路となる(図1.2.1参照)。

このシンズリ道路の建設に当たっては、「ネ」国の厳しい自然条件により発生する斜面崩壊や土砂災害に対し、設計・施工両面から配慮をしつつ建設が進められた。しかしながら、供用開始された第一、第二、第四の3つの工区では、数次にわたる降雨災害に見舞われ、多くの地点/区間が被害を受けている。被災箇所については、その都度、大小の復旧工事が行われ、現在は安全な交通機能は保持されている。しかし、復旧工事が応急処置に止まっている区間もあり、全線開通までに補強すべき道路区間を残している。

上記の全線開通までに補修すべき区間については「ネ」国の要請によりJICAが2009年7月に全線にわたりレビューした。この結果、ほとんどの未補修区間についてはネパール国で改修可能であるが、第二工区のSta.17+400、Sta.17+600およびSta.18+200の3地点は、斜面崩壊規模が大きくこのまま放置した場合、シンズリ道路の交通機能に甚大な障害が発生すると判断された。そのため、重要な補修区間として、2010年5月より上記3地点の斜面对策の必要性・妥当性及び可能性について検討する「ネパール国シンズリ道路(第二工区)斜面对策準備調査」(以下、準備調査(その1)とする)が実施された。この調査では3地点とも恒久的な対策工事が必要と判定され、斜面对策工案が提案された。このうちSta.17+400で計画した斜面对策工は「ネ」国側で実施可能であり、「ネ」国側で実施することが合意された。

Sta.17+600およびSta.18+200で実施する事業計画概要は表1.2.1に示すとおりである。

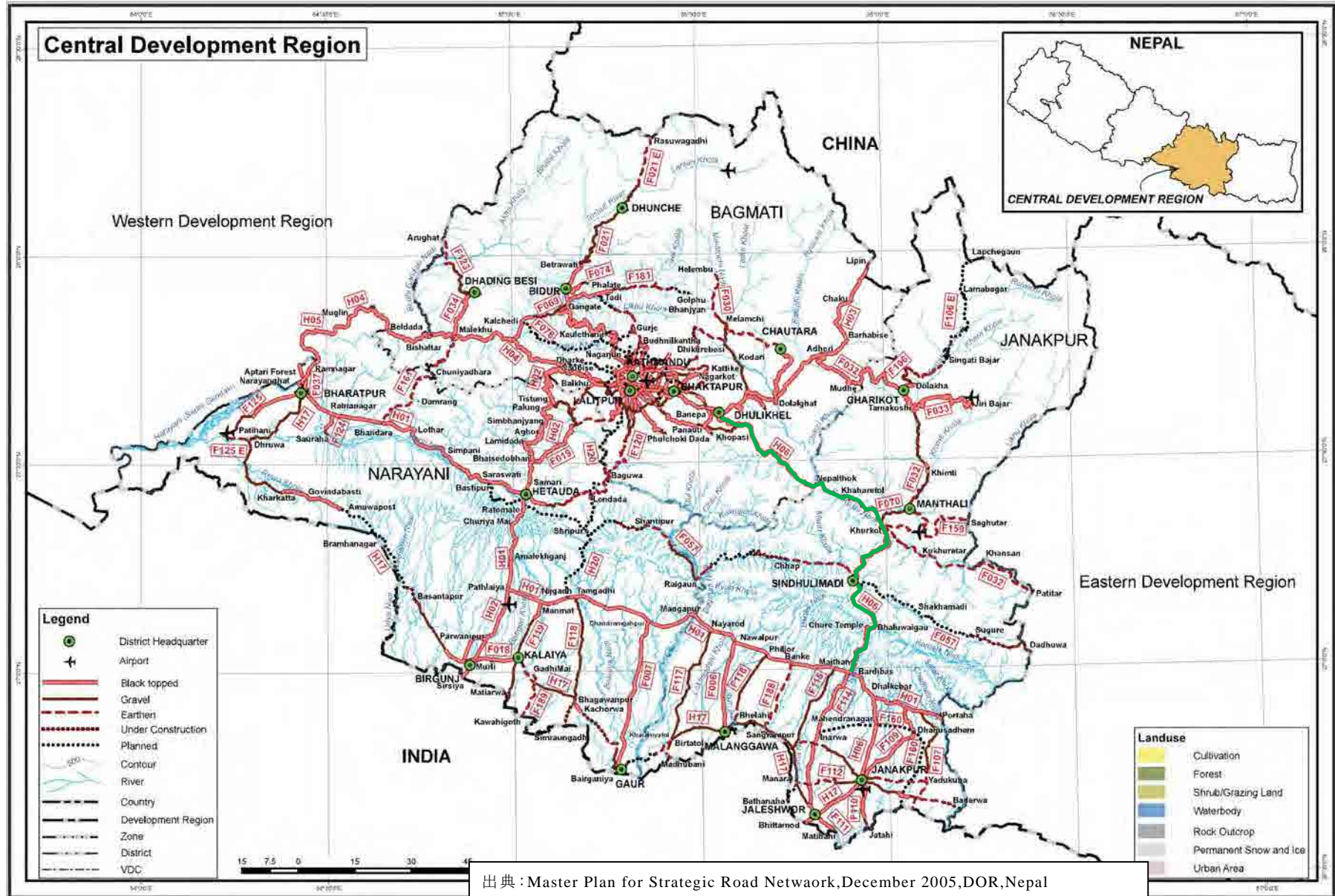


図 1.2.1 シンズリ道路位置図

表 1.2.1 本プロジェクトの事業計画概要

種別	項目	内容・規模	目的
地すべり対策工 (AブロックおよびBブロック)	アンカー工	施工延長:50m アンカー本数:120本 アンカー長 9.5~14.0m $\Sigma L=1400m$	道路上に亀裂が発生している50m区間(17+555~17+605)の地すべり(Aブロック)抑止。
	法枠工 F500	A=1,300m ² 枠内コンクリート800m ²	
	法枠工 F300	A=300m ² 枠内コンクリート工	
	コンクリート吹付工	A=2,200m ²	下方斜面への浸透水の防止。
	盛土工	盛土量:76,000m ³ 緑化工:7,600m ² 排水工 暗渠排水:350m 排水工地山部:350m 排水工盛土部:650m 集水樹:12箇所	上記区間(17+620)下方の不安定斜面の地すべり(Bブロック)活動の抑制。また、道路面下方斜面の環境改善(斜面安定化による草木の自然進入・緑化の進展)が期待される。盛土材料は18+200地点の土砂を流用する。
道路付替え工(Cブロック)	道路延長	L=170m	Cブロック領域外に道路を付け替えて回避する。 また、急カーブ区間の縦断勾配が7%から4%に改良され重量車輛の通行が容易になる。掘削土砂は17+600の盛土に流用する。
	道路幅員	4.75m	
	設計速度	20km/hr(ヘアピンカーブ区間を除く)	
	土工	76,000m ³ (盛土に流用)	
	舗装	アスファルト舗装:500 m ² DBST:500 m ²	
	法枠工 F300	A=2,300m ² 枠内植生土嚢 7,400袋	
	鉄筋挿入工	560本 $\Sigma L=1,700m$	
	擁壁工	A=1,000m ²	
	排水工	路面排水工:200m 小段排水工:350m 縦排水工:50m パイプカルバート10m 集水樹:3箇所	
	防護柵	30箇所	
浸食防止工	高強度ネット工	ネット張り工 A=5,500m ² 鉄筋挿入工 1,700本 $\Sigma L=5,100m$	当該区間下方の不安定化している斜面を高強度ネットと鉄筋挿入によって保護する。

出典:調査団

1.3 我が国の援助動向

1986年以降に我が国が実施した「ネ」国運輸交通分野に対する技術協力実績を表1.3.1に、無償資金協力実績を表1.3.2に示す。

表 1.3.1 我が国技術協力実績(運輸交通分野)

協力内容	実施年度	案件名	概要
開発計画調査型技術協力プロジェクト	1986年~1987年	シンズリ道路建設計画調査	シンズリ道路建設計画に係るフィージビリティ調査
	1992年~1993年	シンズリ道路建設計画アフターケア調査	フィージビリティ調査の見直し、実現性の高い整備計画及び実施計画の策定
協力準備調査	2005年	シンズリ道路EIA支援プロジェクト形成調査(基礎調査)	「ネ」国公共事業計画省道路局(DOR)によるEIAの側面支援、測量
	2006年	シンズリ道路建設計画(第三工区)補完調査	上記基礎調査の補完

	2006年～ 2007年	シンズリ道路建設計画(第三工区)予備調査	「ネ」国公共事業計画省道路局(DOR)による本プロジェクト実施及び移転に係る住民との基本合意形成の支援及び道路線形(案)の策定
	2010年～ 2011年	シンズリ道路(第二工区)斜面对策準備調査(その1)	第二工区において生じた地すべり箇所対策検討を目的とした予備調査
技術協力プロジェクト	2011年～ 2015年	シンズリ道路維持管理運営強化プロジェクト	シンズリ道路の維持管理能力の強化を目的とした技術協力プロジェクト

出典:調査団

表 1.3.2 我が国無償資金協力実績(運輸交通分野)

実施年度	案件名	供与限度額 (億円)	概要
1990年	カトマンズ市内橋梁架け替え計画	8.74	カロプル、ビシヌマティ川橋、ドビ川橋他の全6橋梁の建設
1992年～ 1993年	カトマンズ市内橋梁架け替え計画第2期	9.30	サンカモル橋他の建設
1994年～ 1995年	新バグマティ橋建設計画	12.41	タパタリ(カトマンズ)とコブンドール(パタン)間のバグマティ橋(137.9m)建設と交差点2ヶ所の改良
1995年～ 1997年	シンズリ道路建設計画(第一工区)	21.87	バルデバス～シンズリバザール間の9ヶ所の橋梁と17ヶ所のコーズウェイ建設
1997年～ 2001年	シンズリ道路建設計画(第四工区)	47.8	ネパルトック～ドリケル間51kmの建設
2000年～ 2007年	シンズリ道路建設計画(第二工区)	83.18	シンズリバザール～クルコット間39kmの建設
2001年～ 2002年	カトマンズ交差点改良計画	10.39	ケシャマハル、マイティガール、コテスウォール、ティンクネ他の全10ヶ所のカトマンズ市内の交差点改良
2003年	シンズリ道路第四工区緊急復旧計画	4.34	2002年7月の豪雨で被災した12ヶ所(総延長1.6km)の復旧工事
2008年～ 2010年	カトマンズ～バクタプール間道路改修計画	26.89	カトマンズ～バクタプール間延長約9.1kmと橋梁2箇所の片側2車線の上下4車線化
2009年～ 2011年	シンズリ道路建設計画(第三工区)(1/2期)	43.83	クルコット～ネパルトック間のうち14.3kmの道路建設
2009年～ 2012年	コミュニティ交通改善計画	9.90	シンズリ道路に接続する主要地方道路10路線上の渡河地点28箇所の橋梁建設
2012年～ 現在	シンズリ道路建設計画第三工区(2/2期前段)	5.8	クルコット～ネパルトック間のうち3.6kmの道路建設

出典:調査団

1.4 他ドナーの援助動向

1.4.1 「ネ」国の道路サブセクターに対する各国の援助動向

「ネ」国の公共事業計画省(以下「MOPPW」と称する)のDORが策定したSRNの中で重要度の高い主要6路線(H01～H06)について、他ドナーの援助状況を表1.4.1に、整備状況と援助国の関係を表1.4.2に示す。また、各主要道路の位置を図1.4.1に示す。

表 1.4.1 他ドナー国・国際機関による援助実績(運輸交通分野)

実施年度	機関名	案件名	金額 (千US\$)	援助形態	概要
1995年～	スイス	アルニコハイウェイ維持補	不明	無償	H03(アルニコハイウェイ)のうちの

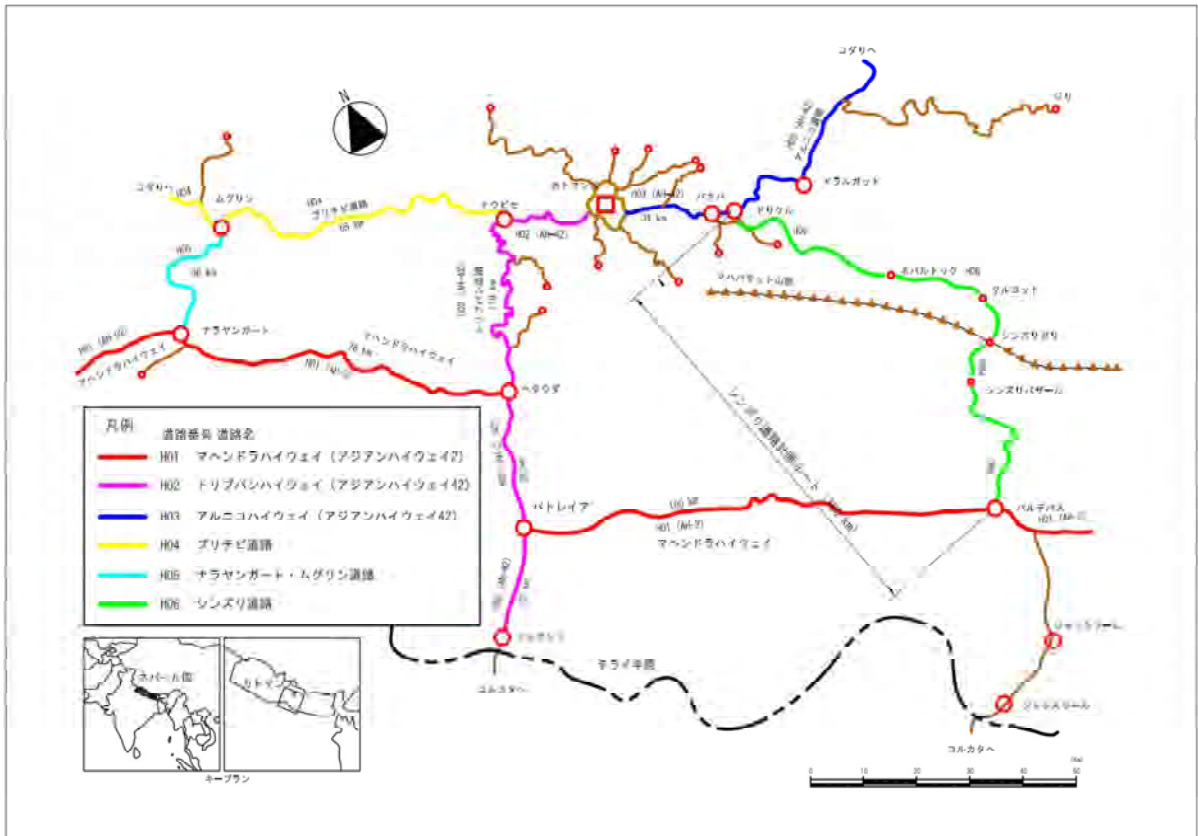
1997年	(SDC:スイス 開発協力機 構)	修事業(ドゥリケル-ドラル ガート)			20kmの維持補修
1996年～ 完成年不明	独国 (GTZ:ドイツ 技術協力機 関)	トリブバンハイウェイ改修 (バインセ-ナウビセ、ナウ ビセ-ナグドゥンガ)	不明	無償	H02(トリブバンハイウェイ)のうちの 114kmの改修
1997年～ 現在	世界銀行	道路補修・改良事業	不明	有償	H01のコハルプール-バンバサ、H02 のバインセ-ナウビセ-ナグドゥンガ、 H04のムグリン-ポカラ、H05のナラヤ ンガート-ムグリン区間他の主要道路 の改修
1998年～ 完成年不明	英国 (DFID:国際 開発省)	マヘンドラハイウェイ改修 (カカルピッター-バルバリ)	不明	無償	H01(マヘンドラハイウェイ)のうちの 73kmの改修
1998年～ 1999年	スイス (SDC)	アルニコハイウェイ維持補 修事業(ドラルガート-バラ ビセ)	不明	無償	H03(アルニコハイウェイ)のうち 56km の維持補修
1999年～ 2001年	スイス (SDC)	アルニコハイウェイの維持 補修事業(スルヤビナヤク -ドゥリケル及びバルベシ- コダリ)	6,000	無償	H03(アルニコハイウェイ)のうちの 42kmの維持補修
2005年～ 現在	アジア開発銀 行(ADB)	マヘンドラハイウェイ道路 維持補修	17,000	有償	H01のバルバリ-チャウラハワ区間 140kmの維持補修

出典:調査団

表 1.4.2 「ネ」国の主要道路の整備状況と援助国

道路 番号	実施年度	機関名	案件名	援助形 態	概要
H01	1967～1974 1967～1972 1973～1982 1969～1972 1973～1985	インド 旧ソ連 米国 英国 インド	マヘンドラハイウェイ(ア ジアンハイウェイ2号 線)建設	ADB以 外は無 償	「ネ」国南部テライ平原で東端ジャバの インド国境から西端ガダチョッキのイン ド国境に至る1,028kmの2車線道路。
H02	1953～1956 1958～1967	インド 米国	トリブバンハイウェイ	無償	カトマンズと南部のテライ平原を結ぶ 延長160kmの2車線道路。
H03	1963～1972 1995～2001*	中国 スイス	アルニコハイウェイ(ア ジアンハイウェイ42号 線)建設	無償	カトマンズから中国国境のコダリに至る 113kmの2車線道路。 維持補修*はスイス援助。
H04	1967～1974	中国	プリチビハイウェイ	無償	ナウビセ～ムグリン～ポカラの延長 174kmの2車線道路。
H05	1978～1982	中国	ナラヤンガート～ムグリン 道路	無償	36kmの2車線道路
H06	1996～継続中 1967～1974	日本 インド	シンズリ道路(ドリケル- バルデバス) ダルケルパール～ビタ モッド	無償	我が国無償資金協力事業のシンズリ 道路(ドリケル～バルデバス間の総延 長約160km) インド援助はダルケルパールから南下 しインド国境までの43km

出典:調査団



出典：調査団

図 1.4.1 「ネ」国の主要道路網(H01～H06)

1.4.2 事業費のドナー比較

1.4.2.1 「ネ」国における道路土砂災害復旧/予防事業との比較

本準備調査は幹線国道上で発生した道路土砂災害に対する復旧/予防事業と位置づけられる。「ネ」国幹線道路ではほぼ毎年、土砂災害による道路閉鎖が発生している。これらの復旧工事は小規模の災害の場合、自国予算で実施されているが、大規模な災害の場合、世銀を初めドナー各国の資金援助により復旧工事が行われていることが多い。代表的な事例としては、1996年6月のアルニコハイウェイ災害(スイス国援助による災害復旧)、2003年6月のナラヤンガートームグリーンハイウェイ災害(世界銀行及び日本国の援助による復旧及び予防事業)などが挙げられる。事業費等のドナー比較表を表 1.4.3 に示す(DOR よりデータ提供)。両災害復旧事業とも、210～280 百万 NPs 規模の事業費となっている。両地区で実施された道路土砂災害復旧/予防事業と今回実施予定の事業内容とは大きく異なることから、比較できないことが明らかとなった。このため、日本における道路土砂災害復旧/予防事業との比較を実施し、「事業費等のドナー比較」にまとめた。

表 1.4.3 Outline of Rehabilitation Project

プロジェクト名	アルニコハイウェイ 災害復旧事業	ナラヤンガートームグリーンハイウェイ 災害復旧事業
ドナー	スイス	世界銀行
時期	1995 - 1997 Dhulikhel - Dolalghat 1998 - 1999 Dolal ghat - Barabise 1999 - 2001 Dhulikhel - Suryabinayak and Barabise - Kodari	2003年7月 - R2004- 2006

災害発生時期	1996年6月日	2003年7月29,30日(豪雨と洪水による被災、日雨量446mm)
プロジェクト期間	フェーズ I, Dhulikhel - Dolalghat (Sta 30 +000- 57 +000) 1992年8月 - Dec 1995年12月 フェーズ II, Dolalghat - Barhabise (Sta 57 + 000 - 88 + 861) フェーズ III, Suryabinayak ? Dhulikhel (1999年7月 - June 2001年6月)	2年 (2004年4月~2006年)
採用された設計基準および設計条件	フェーズ I, ロックアンカー、排水溝、もたれ擁壁 フェーズ II, ロックアンカー、排水溝、もたれ擁壁 フェーズ III, 排水溝、道路拡幅	ソイルアンカー、洗掘防止工、水制ダム
契約条件	事前審査(ネパールの基準に基づく) フェーズ II オフロード: Rasuwa Construction company 舗装 Amar/ Prakash Super sherpa フェーズ III Sharma and Company, All Nepali contractor	国際入札(ネパール国の2社が選定) 事前審査(ネパールの基準に基づく) ADARSHA-KANCHANJUNGA-LAMA BUILDERS J/V KALIKA - RASUWA J/V
契約条件	出来高方式	出来高方式
施工監理方法	品質管理 進捗管理 安全管理 ローカルコンサルタントによる施工監理	品質管理 進捗管理 安全管理 施工監理者はプロジェクトにより雇用
事業費	フェーズ II: 87,295,223 ネパールルピー (オフロード部分) フェーズ III: 281,175,841 ネパールルピー	3.262 百万米ドル = 210 百万ネパールルピー (1 us \$ = 64.55 NRS)

出典: シンズリ道路プロジェクト事務所

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2.1 プロジェクトの実施体制

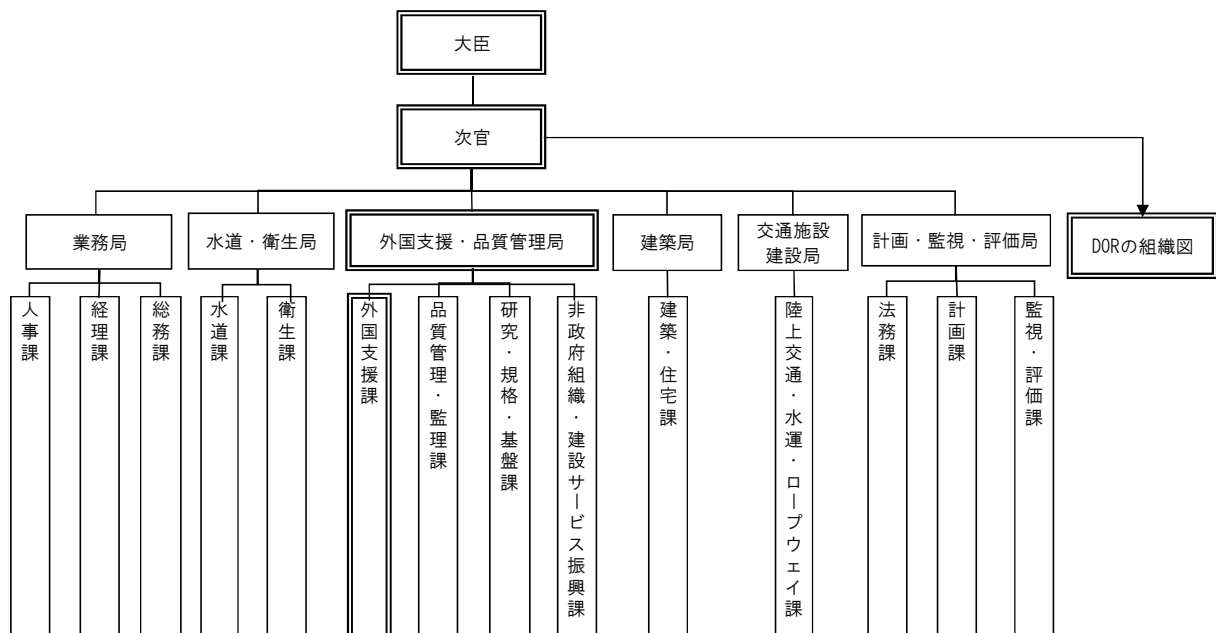
2.1.1 組織・人員

(1) 実施機関

本プロジェクトにかかわる主管官庁は、MOPPW(公共事業省)であり、道路整備に関する実施機関は同省に所属するDOR(道路局)である。

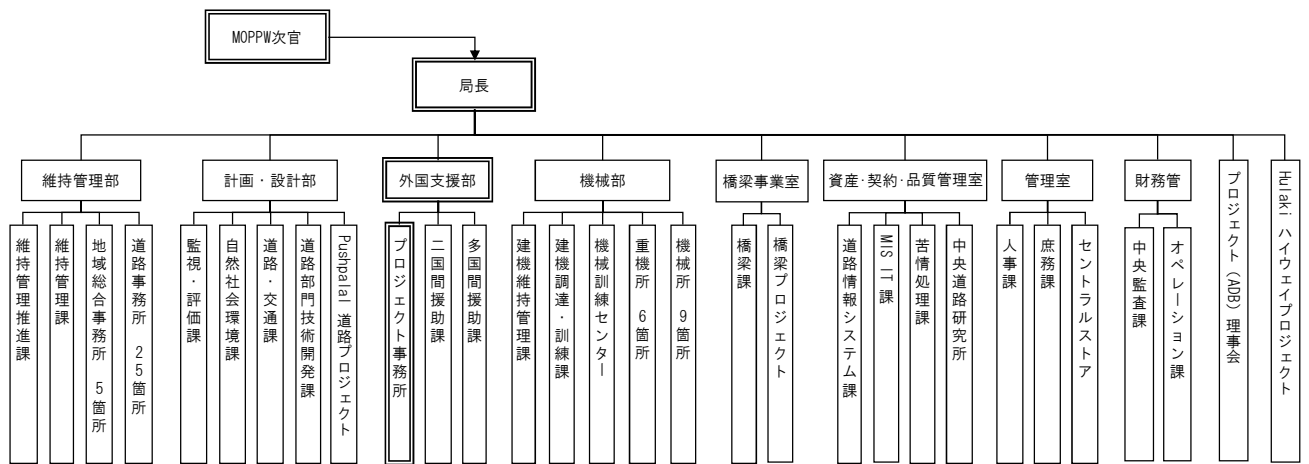
MOPPWの組織は図2.1.1に示すとおり、水道・衛生、外国支援・品質管理、建築、交通施設建設、計画・監視・評価部門の5局と業務局で構成され、大臣と次官が全部門を統括している。各部門の長には局長が配された総勢141名の組織である。本プロジェクトの窓口は、外国支援・品質管理局の外国支援課となる。

DORの組織は、維持管理部、外国支援部、計画・設計部、機械部、管理部他から構成され、総勢2,610人が在籍している。うち本省勤務が362名、外国支援部には23名となっている(図2.1.2参照)。



出典:シンズリ道路プロジェクト事務所

図 2.1.1 公共事業計画省(MOPPW)の組織図



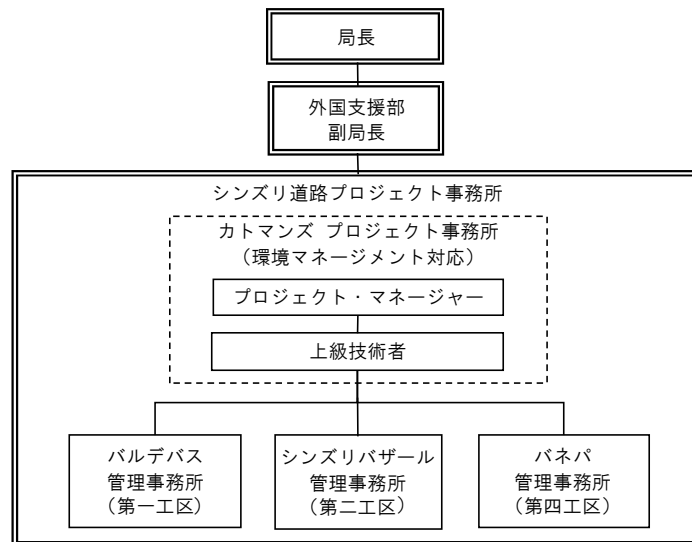
出典:シンズリ道路プロジェクト事務所

図 2.1.2 道路局(DOR)の組織図

(2) プロジェクト事務所

シンズリ道路プロジェクト事務所の組織図を図 2.1.3 に示す。実務を担当するプロジェクト事務所は、1996年のシンズリ道路(第一工区)の建設開始とともに設置されており、カトマンズの中央事務所およびその下部組織としてバルデバス管理事務所(第一工区側)、バネパ管理事務所(第四工区側)とシンズリバザール管理事務所(第二工区側)で構成されている。

各プロジェクト事務所の人員は、プロジェクト・マネージャー(PM)を長として上級技術者1名、現場監督員3名、車輛等オペレータその他77名の合計82名である。工事中の環境モニタリングは、GESUの監視・指導のもとで実施している。



出典:調査団

図 2.1.3 プロジェクト事務所の組織図

2.1.2 財政・予算

(1) DOR 建設・維持管理予算

道路の新規建設と維持管理に係わる予算は、基本設計時と同様に年々増加傾向にある。その内訳は、災害等への対処で大きく変動するものの、今後も同程度で推移

すると推察される。DOR の予算のうち、新規道路の建設予算と既存道路の維持管理予算を 2006/07 年度から 2010/11 年度について要約したものを表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 DOR の建設・維持管理予算

(単位：百万ネパル・ルピー)

会計年度	新規建設予算	維持管理予算	建設・維持管理予算の合計
2006/07	6,295	631	6,925
2007/08	7,757	770	8,527
2008/09	11,524	1,371	12,895
2009/10	16,343	2,381	18,724
2010/11	22,825	2,008	24,833

出典：シンズリ道路プロジェクト事務所

注：予算執行期間 7 月中旬～翌 7 月中旬

(2) **プロジェクト事務所の予算**

プロジェクト事務所の諸費用は、第一工区の用地取得の 1996/97 年当時から発生しており、建設前では用地取得と家屋補償、建設後では維持管理及び中規模な改良・修繕工事を実施している。しかし、「ネ」国における地すべりや崩壊の災害発生の時期は毎年 7 月～10 月がほとんどであり、大きな災害が発生した場合には、「ネ」国の当該年度(予算執行期間 7 月中旬～翌年 7 月中旬)で予算が計上されないため十分な額が確保されず、たとえ確保されても工事の発注は翌年の雨期直前となって、緊急事態の場合の対応には大きな問題が生じている。表 2.1.2 にプロジェクト事務所の予算額・支出額の過去 5 年間の推移と次年度の予算を示す。

表 2.1.2 プロジェクト事務所の予算額・支出額の過去 5 年間の推移

(単位：千 NRs)

会計年度	区分	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
維持修繕費	予算	8,064	8,781	10,977	25,979	94,397	45,920
	支出	7,972	8,029	8,172	18,207	19,893	-
補償費	予算	800	800	20,000	44,500	65,000	20,000
	支出	626	794	19,805	42,548	65,000	-
その他経費	予算	58,339	68,356	79,002	68,555	165,545	68,338
	支出	53,124	46,833	59,866	53,036	148,368	-
合計	予算	67,203	77,937	109,979	139,034	324,942	134,258
	支出	61,722	55,656	87,843	113,791	233,261	-

出典：シンズリ道路プロジェクト事務所

表 2.1.3 見返り資金・自己資金によるシンズリ道路路面改良工事の実績

(単位：千 NRs)

会計年度	予算	支出	内容(工区、延長、面積)	備考
2006/07	50,000	45,842	第一工区、11.0km	
2007/08	50,000	35,000	路盤工	政府資金
2007/08	67,200	49,159	第一工区、改良工事 9.7km	
2009/10	67,000	45,582	第一工区、改良工事 2.0km	
2010/11	128,000	127,085	第四工区、改良工事 10.0km	政府資金

出典：シンズリ道路プロジェクト事務所

2.1.3 技術水準

DOR では、大学卒以上の公務員 (Gazetted Employee)と大学卒以外の公務員に区分され、技術系職員、事務・法務系職員、技能職員およびサポーティングスタッフで構成されている。

総職員数 2,610 人のうち道路技術系職員は 695 名おり、「ネ」国の行政組織のなかでも 1970 年から長い歴史を持っている。表 2.1.4 に DOR 職員の内訳を示すが、2008 年時点から職員数に変化はない。

DOR では定期的な道路維持管理を行うために必要な技術と機材を十分に有している。また、実務を担当するプロジェクト事務所においては、第一工区建設当時から現在まで経験豊富な現場監督員とスタッフを現場事務所に配置し、道路の保守点検と維持管理および修繕工事や災害への緊急対応も適時遂行してきており、年間を通じて交通の確保に努力しており確実な成果を上げている。それに加え、日本から過去に無償資金協力により調達された機材等も、常時使用できるように十分な点検・整備が行われており、良好な状態であることを改めて確認した。

以上の状況から、DOR はシンズリ道路の建設および運営・維持管理する上での一般的に必要な技術水準を有している。しかしながら、地震・豪雨等に起因する災害復旧では、広域で大規模、また複合災害になることが多く、技術、経験、能力とも、現状では必要十分な水準には達していない。

表 2.1.4 DOR 職員内訳

区分	職種	人数(人)
大学卒以上 (Gazetted Employee)	道路系	267
	機械系	47
	事務・法務系	33
	計	347
大学卒以外 (None Gazetted Employee)	道路系	428
	機械系	873
	事務系その他	962
	計	2,263
合計	道路系	695
	その他	1,915
	合計	2,610

出典：シンズリ道路プロジェクト事務所

2.1.4 既存施設・機材

2.1.4.1 シンズリ道路と既存道路

プロジェクトサイトであるシンズリ道路第二工区 17~18km 区間は、ネパール国の中央地域 (Central Region) の東部ジャナカプール行政区 (Janakapur District) シンズリ郡 (Sindhuli District) バドラカリ村 (Bhadrakali Village) ドングレバンジャン (Dhungre Bhanjyang) 地区に位置する。この付近は第二工区の始点であるシンズリバザールから終点クルコットへ至る古道があり、古くからテライ-シンズリ郡-ラメチャップ郡を結ぶ重要なルートとなっていた。この旧道のシンズリ・ガリの要衝には古い石造りの砦が築かれている。この砦は約 180 年前に東インド会社が組織する侵入軍をネパール軍が撃退した場所として知られている。

この工区の工事は2001年に開始され2009年に完成している。2009年以降この区間の供用開始により、バルディバスーシンズリバザールークルコットのバス、大型トラックの通行が可能となり、生活物資や旅客の交通路として利用されている。2010年8月末のおおよその交通量は100～150台/日であった。(2010年8月調査団調べ)また、現在工事中である第三工区の工事用道路として、不可欠な道路となっており、交通量は増加傾向にある(下表参照)。

表 2.1.5 (参考)日当り平均交通量(場所 STA.27+150)

単位:台数/日(平日 7:00-12:00, 13:00-17:00)

年月	自動二輪車	軽車両	中型・大型車両	合計
2010/12	56	23	24	103
2011/01	61	43	51	155
2011/02	59	41	47	147
2011/03	56	40	40	136
2011/04	51	41	41	133
2011/05	33	19	21	73
2011/06	41	28	30	99
平均	51	35	37	123

出典:第三工区(1/2期)現場事務所(月当り4日～16日の平日の断面交通量を集計)

2.1.4.2 過去の我が国無償資金協力による調達基材の状況

過去に我が国無償資金協力により調達された機材の現時点での使用状況を表2.1.6に示す。また、バルデバス管理事務所の機材管理状況を図2.1.4に示す。

表 2.1.6 過去の我が国無償資金協力による調達機材の現状

機材名	形式	プロジェクト名	使用事務所名	備考
ブルドーザ	15トン	第一工区	バルデバス	
バックホー	0.6m ³	第一工区	バルデバス	
バックホー	0.6m ³	第四工区(2/2)	シンス'リハ'サール	
ホイールローダー	1.4m ³	第一工区	バネバ	
ホイールローダー	1.4m ³	第一工区	バルデバス	
ホイールローダー	1.4m ³	第四工区(2/2)	シンス'リハ'サール	
ダンプトラック	8トン	第一工区	バルデバス	
ダンプトラック	8トン	第一工区	バルデバス	
ダンプトラック	6トン	第四工区(2/2)	バネバ	
ダンプトラック	6トン	第四工区(2/2)	シンス'リハ'サール	
ダンプトラック	6トン	第四工区(2/2)	シンス'リハ'サール	
モーターグレーダー	2.8m	第一工区	バネバ	
モーターグレーダー	2.8m	第四工区(1/2)	バネバ	
振動ローラー	4トン	第一工区	バネバ	
振動ローラー	4トン	第四工区(1/2)	バルデバス	
トレーラー	20トン	第四工区(1/2)	バルデバス	
トラッククレーン	4トン	第一工区	バルデバス	
トラッククレーン	4トン	第四工区(2/2)	シンス'リハ'サール	
ソイルシーダー	70PS	第一工区	バルデバス	
散水車	5,500リッター	第四工区(1/2)	バネバ	
ジェネレーター	50KVA	第四工区(2/2)	カトマンズ	
空気式圧縮機	3.7m ³ /分	第四工区(2/2)	バルデバス	
ジャックハンマー	20kg	第四工区(2/2)	バルデバス	
ジャックハンマー	20kg	第四工区(2/2)	バルデバス	
ジープ		第一工区	カトマンズ	306,000km

ピックアップ		第一工区	カトマンズ	263,000km
ピックアップ		第一工区	バルデバス	

出典：調査団



図 2.1.4 バルデバス管理事務所の機材管理状況

2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2.2.1 関連インフラの整備状況

2.2.1.1 道路周辺の土地利用状況

本プロジェクトサイトであるシンズリ道路第二工区 17～18km 区間は、「ネ」国の東部ジャナカプール行政区 (Janakapur District)、シンズリ郡 (Sindhuli District) バドラカリ村 (Bhadrakali Village) ドングレバンジャン (Dhungre Bhanjyang) 地区に位置する(図 2.2.1)。第二工区 17～18km 区間沿道周辺の主な集落は、バドラカリ村のドングレバンジャン集落である(図 2.1.5)。当集落の居住戸数は 25、人口は 181 名である(表 2.2.1)。ほとんどの住民は畑作と畜産により生計をたてている。自給自足に近い生活を送っている。また、道路沿いには、3 件の家屋(図 2.2.2)が散在して食堂を含む売店を営んでいる。

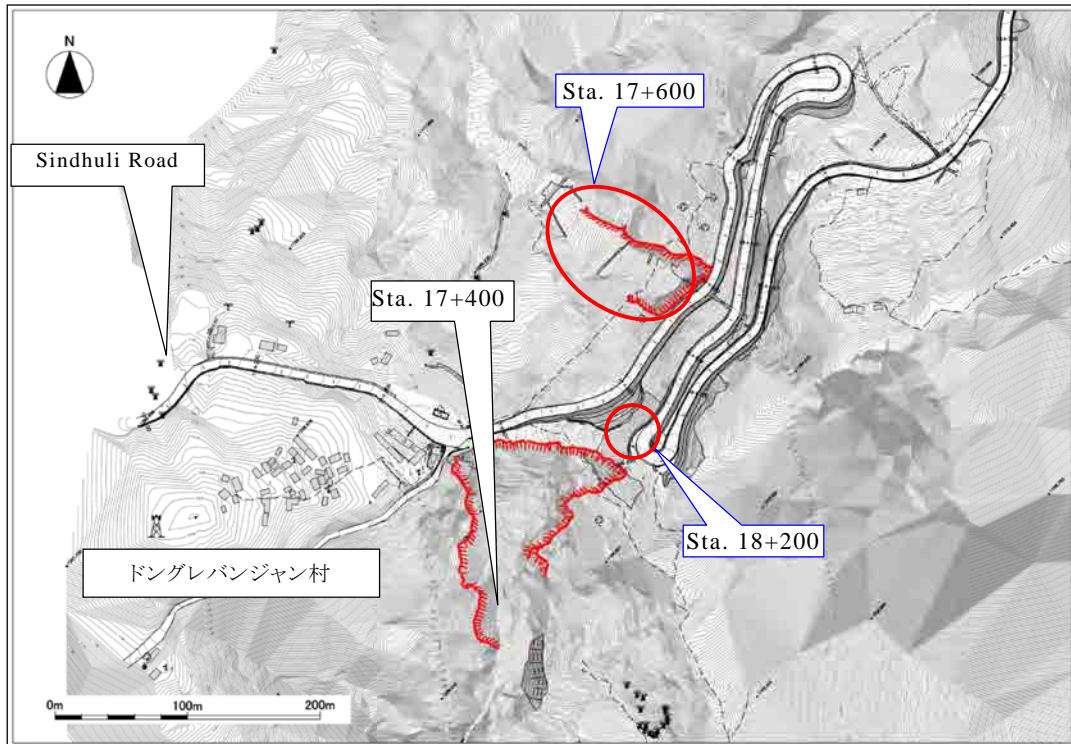


図 2.2.1 プロジェクトサイト周辺の集落・家屋の分布状況

表 2.2.1 ドングレバンジャン集落の世帯・人口分布状況

Ward No.	世帯数	人口		
		男	女	合計
1	18	62	70	132
2	7	25	24	49
合計	25	87	94	181

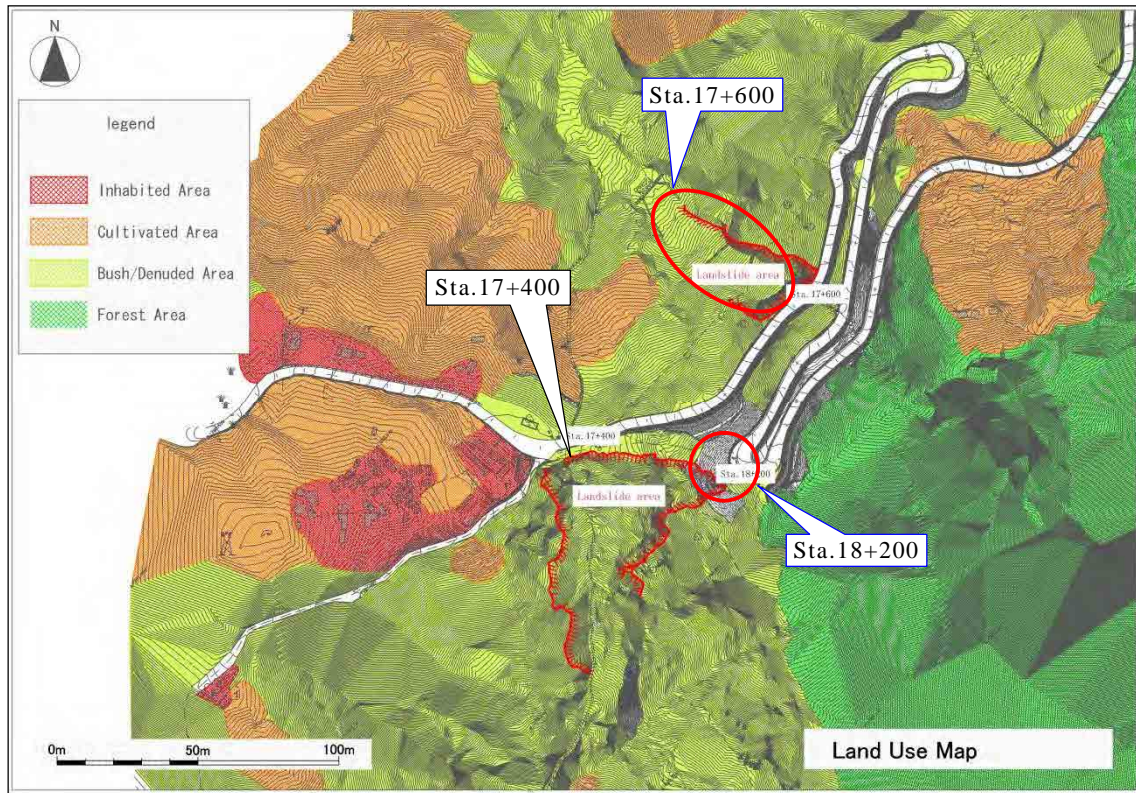
出典：調査団



図 2.2.2 ドングレバンジャン集落の家屋分布状況

本プロジェクト周辺の土地利用は居住区、農地、灌木・荒廃地(作付けしていない農地を含む)、森林地帯(Protected forest)に分けられる(図 2.2.3)。Sta.18+00～Sta.17+400 区間の道路上部及び下部斜面で主に国有森林地が分布して崩壊などによる荒廃地も点在している(図 2.2.4)。一方、Sta.17+400～Sta.17+00 区間の道路上

部斜面で居住地と農地(図 2.2.5)、下部斜面で農地と荒廢地(図 2.2.5)が分布している。



出典：調査団

図 2.2.3 ドングレバンジャン集落の家屋分布状況



図 2.2.4 Sta.18+00～Sta.17+400 区間の道路上部及び下部斜面に分布している国有森林地



図 2.2.5 Sta.17+400
～Sta.17+00 区間の
道路下部斜面に分布
している農地と荒地

2.2.1.2 既存施設

本プロジェクト付近(ドングレバンジャン集落)では、公共の送電が整備されており、2本の送電線が存在している(図 2.2.6)。一方、水道は整備されておらず、山湧水や沢からの自然水に頼っている。本プロジェクトの実施により、送電線に対する影響が無いが、水道管がアンカー工の計画位置に設置しているため、移設する必要がある(図 2.2.7)。また、現在シンズリ道路は、バスや生活物資運搬の生活道路となっている。本プロジェクト付近に、2つのバス停があり、区間 Sindhulimali-Khanyakharka(Sta.25)及び Sindhulimali-Khurhot (Sta. 37)においてバスが毎日数回運行している。



図 2.2.6 プロジェク
トサイト付近に整備さ
れた公共の送電

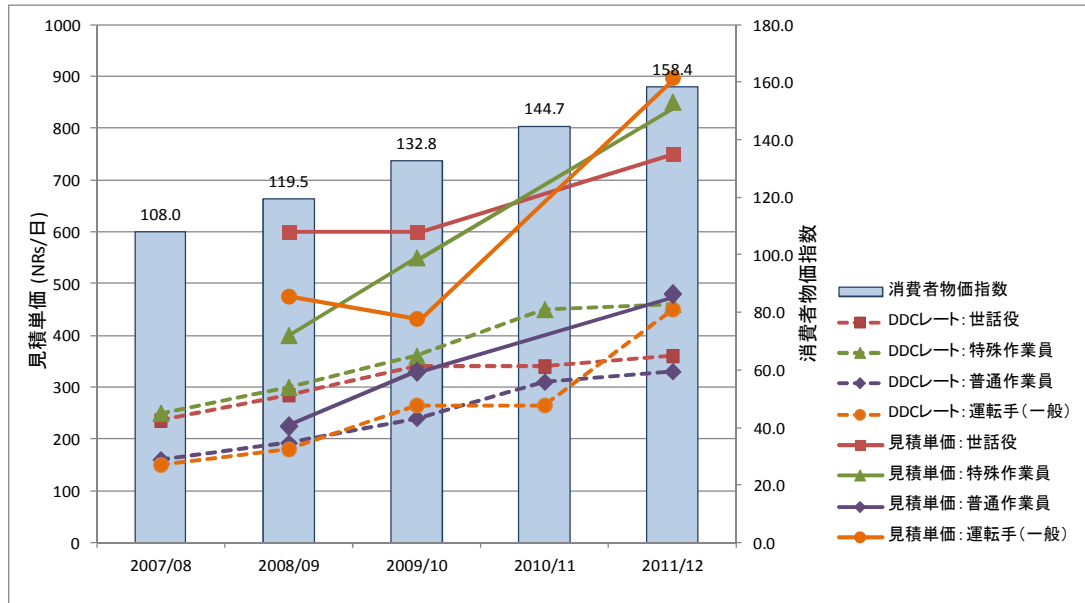


図 2.2.7 アンカー工の計画位置に設置された水道管

2.2.2 建設物価の動向

事業費の積算と施工計画の立案を目的とし、現地にて最新の建設単価及び調達事情の調査を行った。

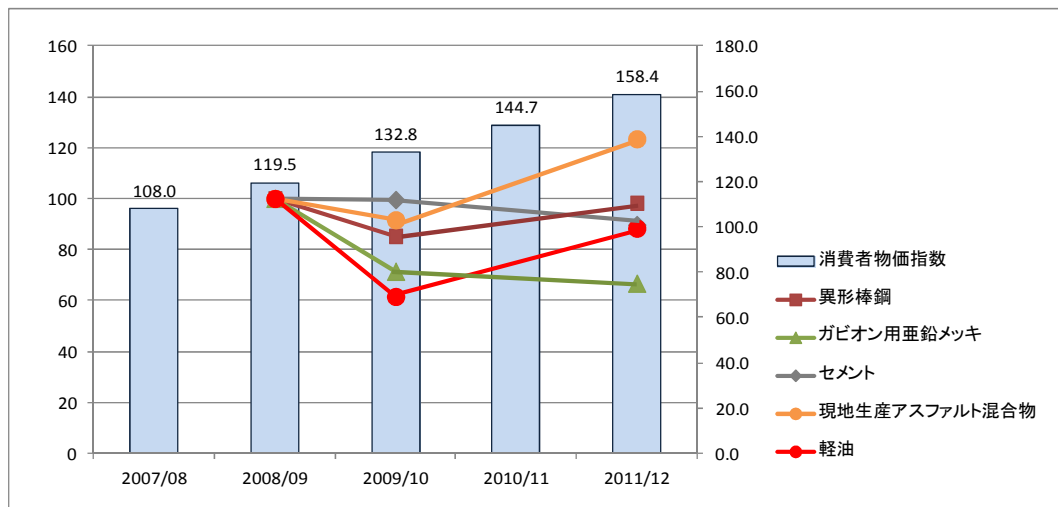
労務単価の設定は、現地事情に基づいて協議・設定された DDC レート(毎年「ネ」国会計年度初めに設定される各郡の日雇い労働者の最低保障賃金及び建設資材単価(District Development Committee rate:DDC レート))に大きく依存するが、シンズリ郡では近年の建設工事環境の変化(シンズリ道路、ADB によるスンコシ川対岸の道路・橋梁建設やインドの建設ラッシュ)に伴い、力のあるローカルリーダーや労働組合が地元労働者により多く雇用機会を作り、なおかつ高賃金で雇うように働きかけていること、さらに技術・経験を要する熟練工以外の普通作業員、一般車輛運転手、警備員等は、地元のシンズリ郡からの雇用を強く要求されると聞く。また、2008 年と比較して、シンズリ郡の DDC レートの上昇以上に単価が変動しているのは、2009 年より労働法の順守が厳しくなったため、従来の 3 ヶ月以上の雇用、基準内賃金に賞与等加算の他に、年次有給休暇、病気休暇、退職金を必ず支払わなければならなくなったなどの要因が背景にあることが確認された。図 2.2.8 に主要な労務単価と DDC レートの変動、また消費者物価指数の推移を示す。



出典：調査団

図 2.2.8 消費者物価指数と労務費(シズリ群 DDC)の推移

図 2.2.9 に主要な建設資材の単価の変動と消費者物価指数の推移を示す。セメント、鋼製品、瀝青材は、主にインドからの輸入品が市場に出回っているが、ほぼ横ばいの傾向にある。



出典：調査団

図 2.2.9 資材価格(シズリ群 DDC)の推移

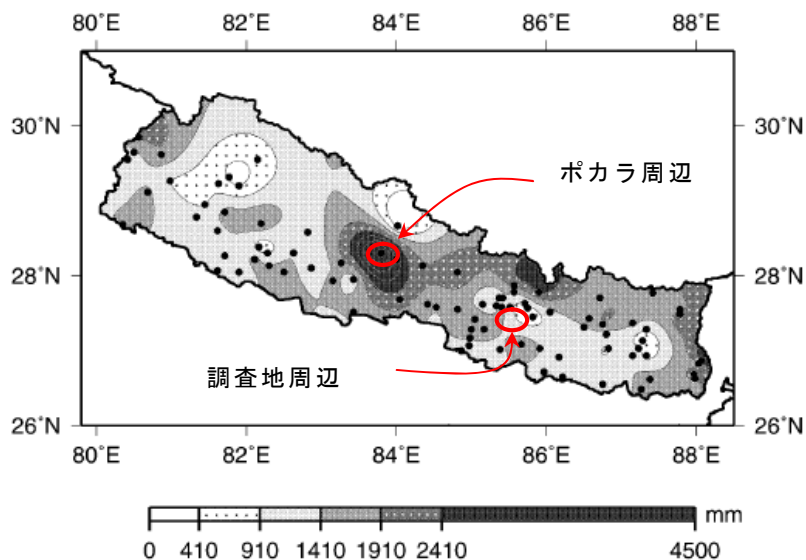
2.2.3 自然条件

2.2.3.1 気象

(1) 降雨

ネパールでは北部ヒマラヤ地域の山岳寒冷地域から南部タライ平原の亜熱帯地域まで、様々な気候帯が標高に応じて分布している。その大部分はモンスーン気候下であり、6月～9月までの雨季と10月～5月までの乾季に分けられる。モンスーンに伴う雨季は南から北上し、1年間の降雨量の80%がこの雨季に集中している。最も降雨量が多いのは7月、最も乾燥するのは12月である。

図2.2.10はネパール全土87の観測地点(図中の黒丸地点)における21年間(1976年～1996年)の平均モンスーン降雨量(6月～9月の降雨量)の分布である。同図に示すように、降雨量は地域によって大きく異なり、ネパール中央部のポカラ付近で最も多く、西部ほど、また、山岳地帯の北部ほど降雨量が少なくなっている。また、今回の調査対象地域であるシンズリ道路第二工区地域は約1,000mm～1,400mmの降雨地帯に位置し、ネパール全土の平均モンスーン降雨量である1,410mm(1976年～1996年の平均値)と近い値であるため、当該地域はネパールの平均的な降雨地帯であると考えられる。



(出典:前野ら(2004)、地学雑誌 No.113(4))

図 2.2.10 モンスーン平均降雨量図

調査地点周辺(第二工区 sta17+400)の季節的な降雨状況は図2.2.11に示すように、モンスーン季に入る6月ごろから降雨量が増加し、7月と8月に最も多い。また、過去9年間の平均月降雨量は7月が約460mm、8月が約370mmである。次に、調査地点周辺の年長期降雨量を図2.2.12に示す。同図に示すように、年降雨量は2007年が最も多く、約2800mm、2009年が最も少なく、870mmであった。また、2004～2005年の降雨量は過去9年間の平均降雨量(1,710mm)に近い値であることに対し、2006～2008年の降雨量は平均値を超え、比較的降雨量の多い年であった。

表 2.2.2 調査地点周辺の降雨状況

Raingauge station17+400 unit:mm/month													
Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Accumulation (mm/year)
2003	-	-	-	-	-	-	457.5	291	328.5	44.5	0	0	1121.5
2004	0	0	0	36	105.5	207.5	764	216.5	264	129.5	0	0	1723.0
2005	0	0	0	0	56	86.5	362.5	746	239.5	142	0	0	1632.5
2006	0	0	0	0	323.5	556.5	281.5	243	534.5	26.5	0	0	1965.5
2007	0	0	0	59.5	190.5	546	796	465	540	217.5	0	0	2814.5
2008	0	0	0	14	205	554.5	540.5	475	339.5	138	0	0	2266.5
2009	0	0	0	15	120	87	352.5	295.5	0	0	0	0	870.0
2010	0	0	0	0	0	15.5	439.5	478	377	74.5	1.5	0	1386.0
2011	4.5	18.5	39	117.5	201	328	166.5	145	2.5	-	-	-	1022.5
max	4.5	18.5	39.0	117.5	323.5	556.5	796.0	746.0	540.0	217.5	1.5	0.0	2,815
min	0	0	0	0	0	15.5	166.5	145	0	0	0	0	870
mean	1.0	2.0	5.0	30.0	150.0	298.0	462.0	373.0	292.0	97.0	0.0	0.0	1,710

平均モンスーン雨量 1425mm

(出典：調査団)

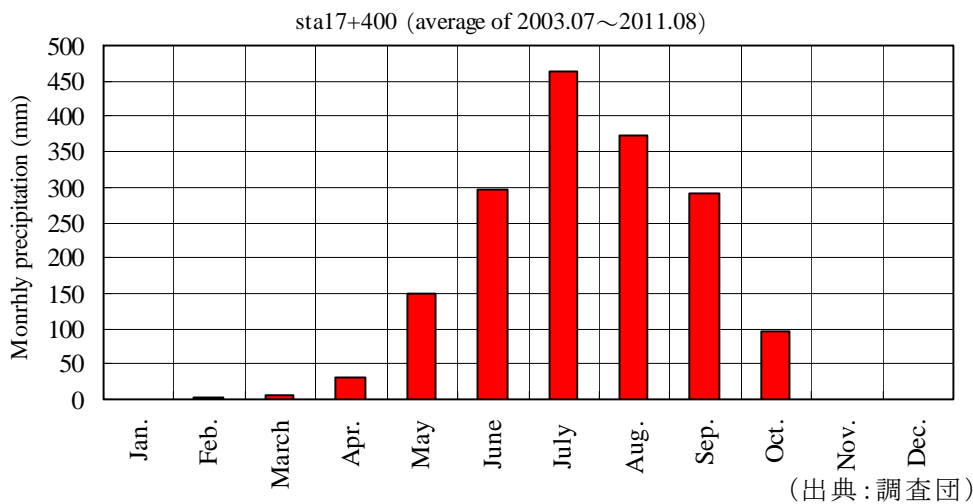


図 2.2.11 調査地点周辺の季節的降雨状況

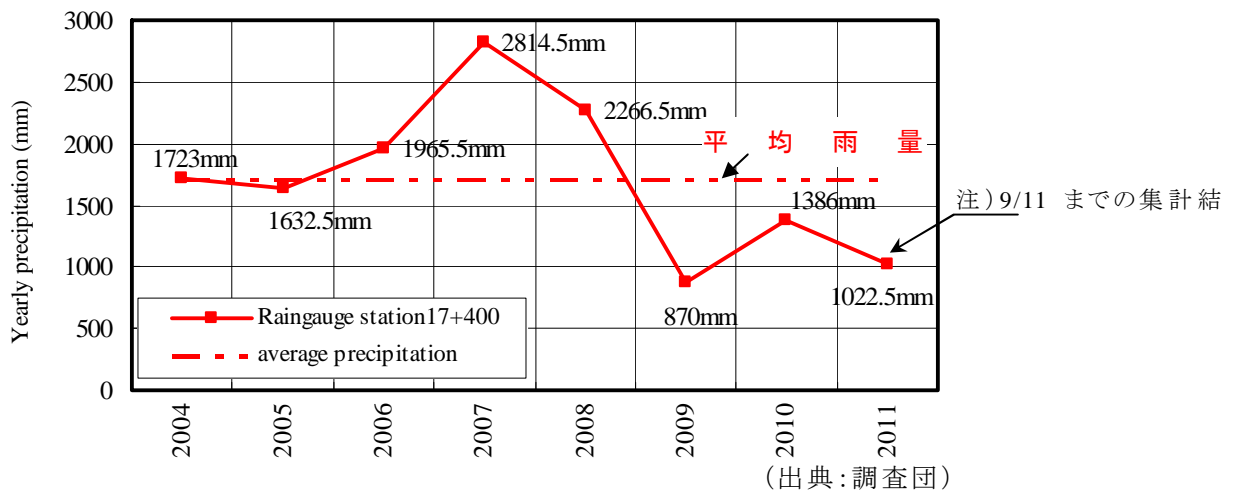


図 2.2.12 調査地点周辺の長期降雨状況

(2) 気温

図 2.2.13 に第二工区側シンズリガリにおける過去 13 年(1993～2005 年)の平均最高気温および平均最低気温を示す。温暖で昼夜の気温差が大きい(10℃前後の差)内陸性気候である。最高気温は4月に最大値の31.7℃を示し、その後も8月まで30℃を超える期間が続く。一方、最低気温は1月に最低値の7.2℃を示し、5月～9月は20℃を超える。

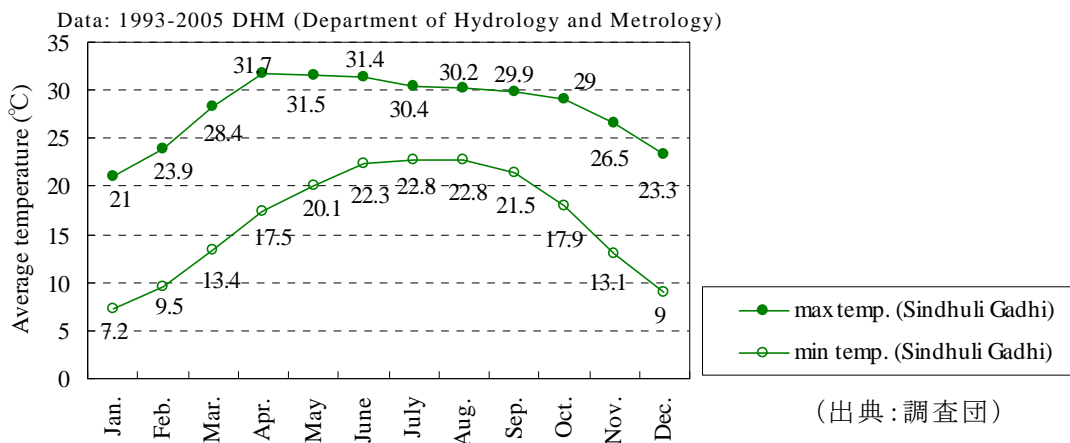


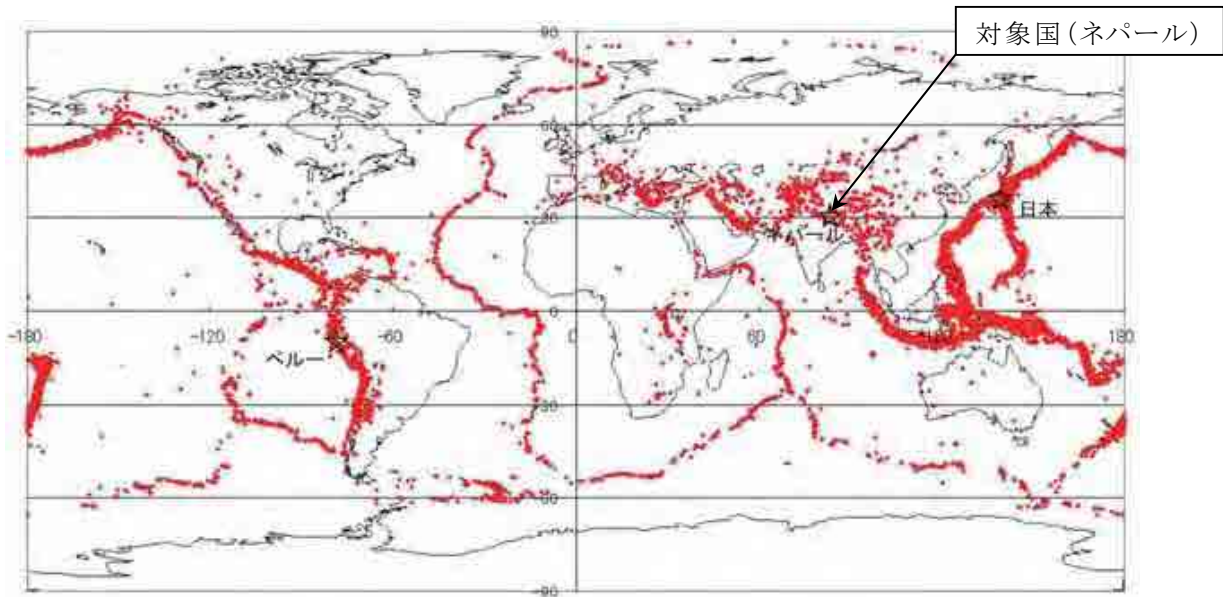
図 2.2.13 調査地周辺の平均最高気温および平均最低気温

2.2.3.2 地震

図 2.2.14 に M4.5 以上の世界の震源分布を示す。ネパールは震源密度が高い地域に分布し、ネパール地震観測センターによるとネパール全土に渡って小・中規模の地震が度々観測されている。近年、最も被害が大きかった地震は 1988 年の Udayapur 地震であり、東部および中央の一部で死者 721 名、負傷者 6,553 名を出し、家屋・政府関連施設・産業などへ甚大なダメージをもたらした(出典:NSET(National Society for Earthquake Technology))。

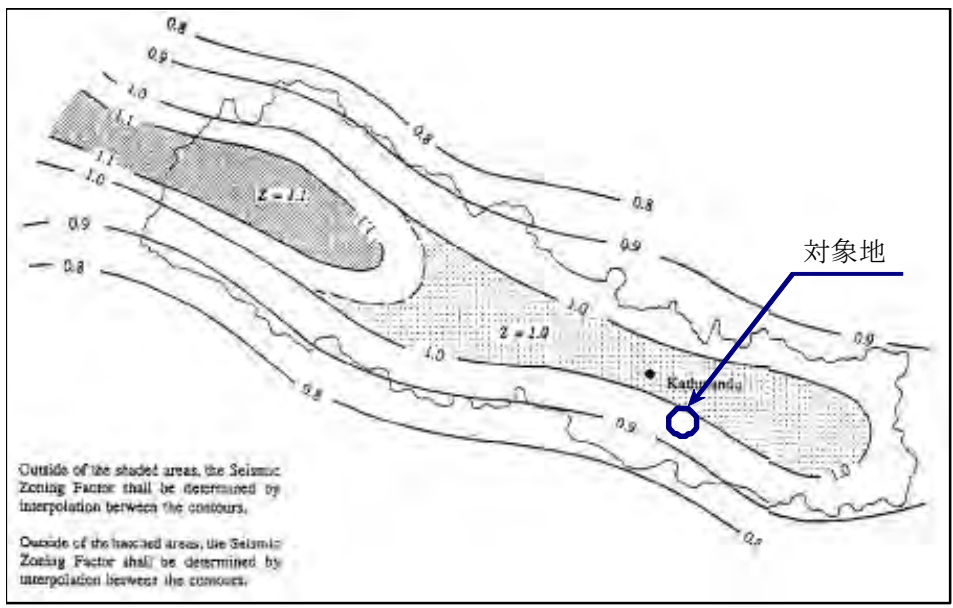
ネパール全域の地震帯分布は図 2.2.15 に示すように南部や北部と比べて、中央部のほうに集中していると推定されている。GEI(Global Earthquake Initiatives)によると、カトマンズは世界 21 の大都市の中で最も地震災害のリスクが高い都市として評価されている。

一方、調査対象地域であるシンズリ道路付近の地震発生状況を見ると、図 2.2.16 に示すように、これまで当該地域周辺で M3 以上の地震は発生していない。



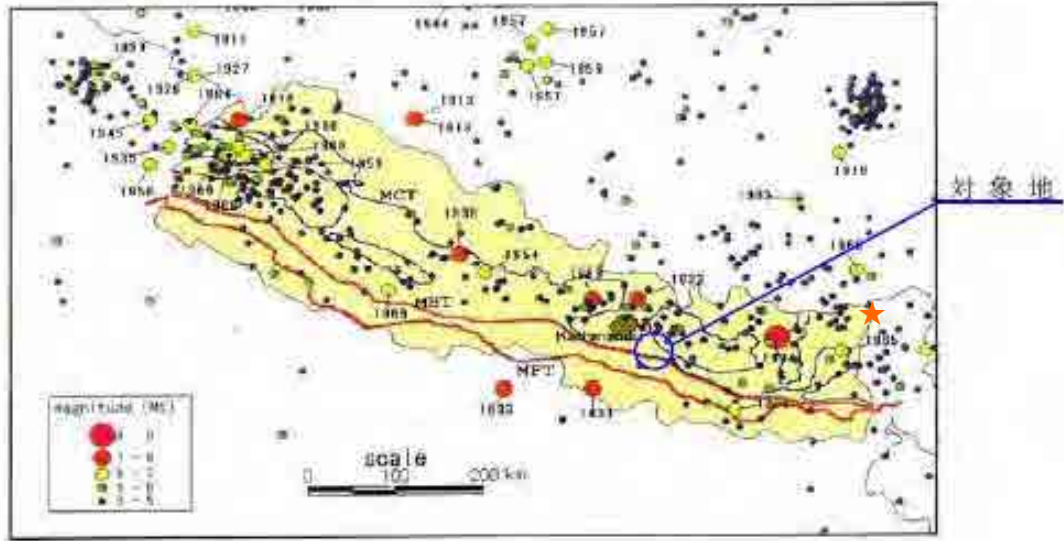
(出典: 益田ら(2009)、歴史都市防災論文集 Vol.1)

図 2.2.14 世界震源分布図



(出典: Country report (2010) Asian Disaster Reduction Center)

図 2.2.15 ネパール全域の地震帯分布図



(出典: 鉱山・地質局 (Department of Mines and Geology, Nepal))

図 2.2.16 ネパール国内における過去の地震発生状況

調査団がカトマンズ滞在中の2011年9月18日に、ネパール東部とインド北東部の国境付近、インド側シッキム州を震源とする地震が発生した。米地質調査所(USGS)によると、現地時間の18日午後6時10分(日本時間同9時40分)ごろ、同州の州都ガントクから北西わずか60キロの地点を震源(図2.2.17 図中★が今回の震源)とするマグニチュード(M)6.9の地震が発生し、広い地域で強い揺れが観測された。震源の深さは、比較的浅く19.7キロと推定されている。図3.2.2-8に1990年以降の地震の経歴が併記されているが、当該地域はマグニチュード3~5程度の地震が多発生している地域である。ネパール当局によると、首都カトマンズやネパール東部で家屋等が崩壊し、合わせて5名が死亡、多数の負傷者が出た(写真2.2.1)。なお、本地震によって調査団の被害はなく、また、調査対象地域である第二工区周辺での被害の報告もない。



写真 2.2.1 左→地震発生後ネパール当該局の普及活動(出典:jiji.com)、右→崩れた家屋を片付ける住民(出典:AFP通信)

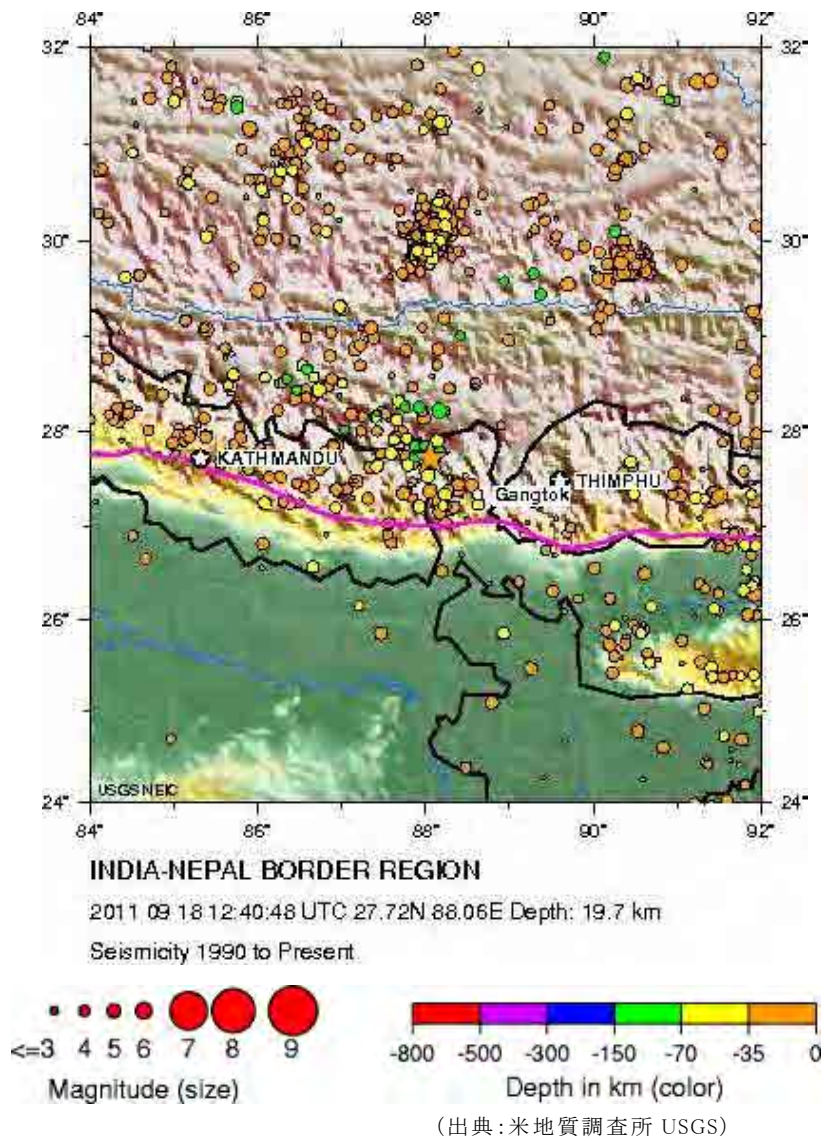


図 2.2.17 2011 年 9 月 18 日地震の震源および 1990 年以降の当該地の地震発生状況

2.2.3.3 地形・地質の概要

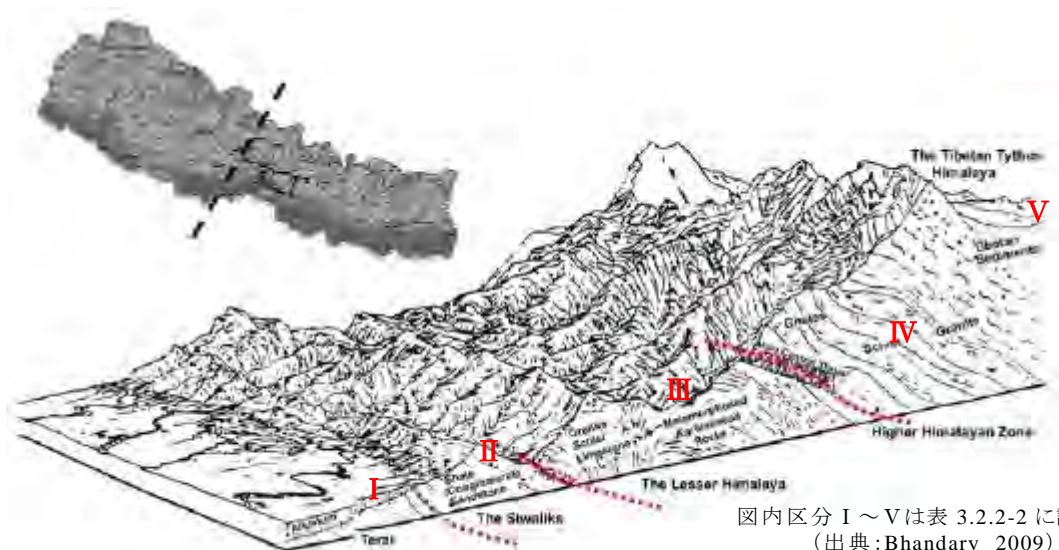
ネパールの地形の最大の特徴は、標高 60m のタライ平原から、標高 8,848m のエベレスト山にまで至る南北方向の大きな標高差である。国土は、約 4 千万年前にインド大陸がアジア大陸に衝突し北側が隆起して形成されたものであり、この運動は現在も継続している。この造山運動により東西方向に 2,400km のヒマラヤ山脈が形成されたが、ネパールはその内約 1/3 の 800km を占める。

地体構造は図 2.2.18 に示すように、南(低標高)から北(高標高)に向かってテライ平原(ガンジス平野)、亜ヒマラヤ(シワリク帯)、低ヒマラヤ、高ヒマラヤ、チベットヒマラヤ帯に大別される(表 2.2.3)。各地区の境界は連続性の良い衝上断層で仕切られる。

- ▶ テライ平原(ガンジス平野)は、第四紀の厚い未固結堆積物からなる平野である。
- ▶ 亜ヒマラヤはシワリク帯とも呼ばれ、ヒマラヤ前縁に新第三紀の堆積岩からなる標高 1000m 級の山地である。この山地においても、河川の下刻作用によって急峻

な V 字谷が形成される。

- 低ヒマラヤは、変成岩、古生代と中生代の堆積岩および花崗岩類から構成され、2,000～3,000m 級の比較的定高性のある山脈が連なっている。定高性のある山稜は丸みを帯び、赤色風化殻がよく保存されている。河川は下刻作用によって急峻な V 字谷を形成し、河床には、新鮮な岩盤が露出している。そして、山腹斜面には、地すべり地形や岩盤クリープによるはらみだし地形がしばしば形成され、棚田として利用されている。
- 高ヒマラヤは 6,000m 以上の山岳地からなる。テーチス海に堆積した白亜紀の堆積岩とそれに貫入する第三紀中新世花崗岩類および変成岩類からなる。ここでは、氷河による侵食作用によって岩肌が露出した長大斜面が形成されている。
- チベットヒマラヤ帯は平均で 5,000m の標高をもち、堆積岩から構成される。



図内区分 I～V は表 3.2.2-2 に該当する
(出典: Bhandary 2009)

図 2.2.18 地帯構造図

表 2.2.3 ネパールの地形・地質区分(南から北)

地形区分	地質区分
I テライ	ガンジス沖積帯 (第四紀)
II 亜ヒマラヤ帯	シワリク堆積岩
III 低ヒマラヤ帯	弱変成堆積岩・堆積岩 (先カンブリア～第三紀)
IV 高ヒマラヤ帯	高結晶質岩 (先カンブリア紀)
V チベットヒマラヤ帯	堆積岩

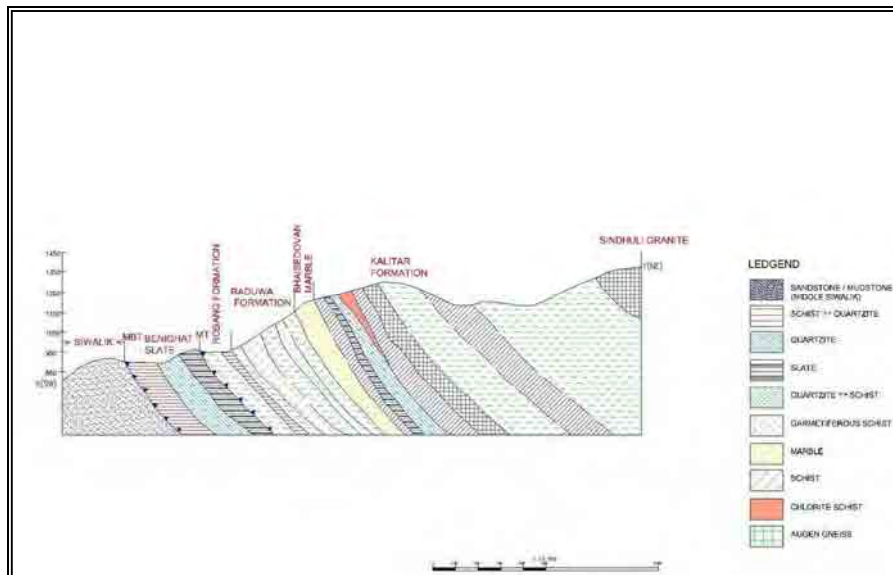
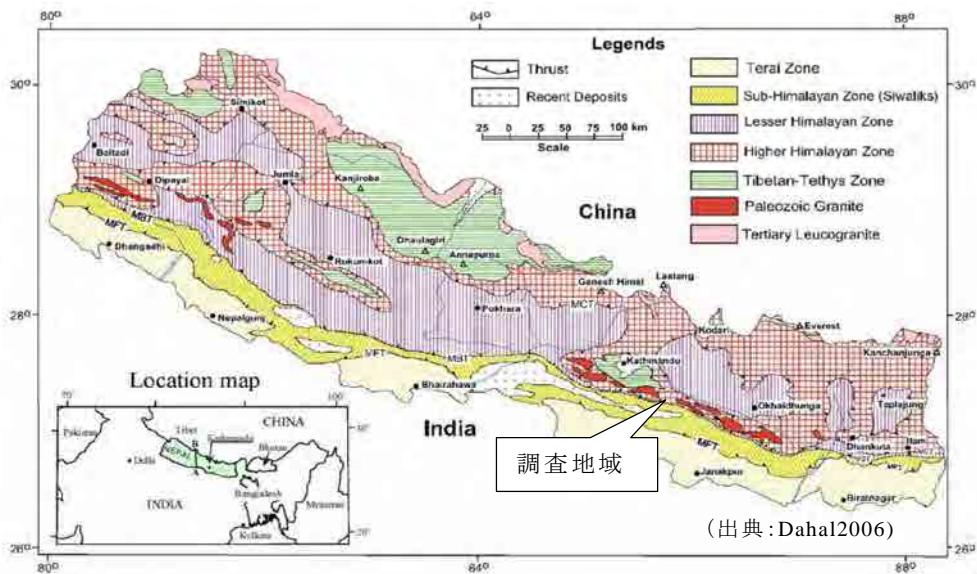
(出典: 調査団)

ネパール全土の地質分布状況は図 2.2.19 に示すとおりである。調査対象地域であるシンズリ道路第二工区はシンズリバザール(亜ヒマラヤ帯; 標高約 500m) マハバラット山脈をシンズリガリ(低ヒマラヤ帯; 標高 1,350m) の鞍部で超え、スンコシ川右岸に位置するクルコット(標高 550m) にいたる道路延長 35.8km の区間である。この間、道路はシンズリバザールより約 6km の間はグアン川沿いの比較的なだらかな丘陵地帯を通過す

る。6km 地点(標高約 700m)よりマハラバット山脈を形成する 30~40 度の急斜面となり 23km からクルコットへ下る。

調査地区(17+400~18+200)周辺(14~20km)の地質断面を図 2.2.20 に示す。調査地点の約 1.5km 西方では主境界断層がシワリク堆積岩と低ヒマラヤ帯の片岩類をわけている。低ヒマラヤ帯の岩石は破碎されていない部分では堅硬緻密であり、全般的に安定的な急斜面を形成している。しかし、主境界断層やその東側に発達するマハラバット断層の影響で部分的に破碎され、崩壊し易くなっている部分がある。主要断層周辺や亀裂が発達する箇所では崩壊が発生している。また、片岩類は規則的な分離面が発達しており、斜面との関係で流れ盤すべりやトップリングも発生する可能性もある。

図 2.2.19 ネパール国地質図と調査地点



(出典: 調査団)

図 2.2.20 調査地点周辺の地質断面図

2.2.3.4 土地利用と植生

ネパールの土地利用構成は森林（樹冠被覆が10%以下の灌木地も含む）が42%、農地 27%、草地 12%、その他 18%となっている。山岳・丘陵地帯が国土の約 77%、耕地総面積の 43%を占め、国土の 23%を占めるタライ平野が耕地の 57%を占めている（出典：JCIE（日本国際交流センター）調査結果）。また、植生の分布は図 2.2.21 に示すように、概ね土地の高度によって決まり、多様性を示している。シワリク丘陵では主に熱帯落葉樹林が分布し、調査対象地でもあるマハバラート山脈付近は石楠花や雑多な落葉樹、樅などからなる熱帯樹林が分布する。また、ヒマラヤ山脈主稜では石楠花と針葉樹からなる温帯湿潤性樹林が分布し、ヒマラヤ山間奥地では温帯山岳樹林が分布している。

ネパールの土地利用状況としては、国土の大部分が山岳・丘陵地帯によって占められているため、高度の低い山では頂上付近まで棚田や段々畑が切り開かれている。また、ネパール東部をフィールドとした地形（標高）条件と居住地との関係の調査結果によると、図 2.2.22 に示すように、東部では居住地の 80%は標高 1,000m～2,500m に集中し、標高 1,800m 付近で居住地数が最も多くなる特徴が確認され、標高 3,000m～4,500m に第二のピークが現れる。

調査対象地域である第二工区道路沿いの土地利用および植物の栽培状況を調査した結果、土地利用は居住区、農地、灌木・荒廃地（作付けしていない農地を含む）、森林地帯に分けることができる。川沿いの農地では斜面地帯の段々畑でトウモロコシが主に栽培されている。これら以外の作物としては、シンズリバザール周辺ではコリアンダー（セリ科の野菜）やナス、根菜類が栽培されている。山岳地帯ではわずかではあるが、豆類やジャガイモが、スタリチャプタンダ斜面ではジュナール（柑橘類）やミカンが栽培されている。また、アンデリ川沿いではバナナやパイナップル、マンゴも栽培されている。灌木地帯は農地の周辺に多く見られ、家畜の遊牧地として利用されている（シンズリ道路建設計画（第二工区）基本設計調査報告書；2009、2-15 頁）。

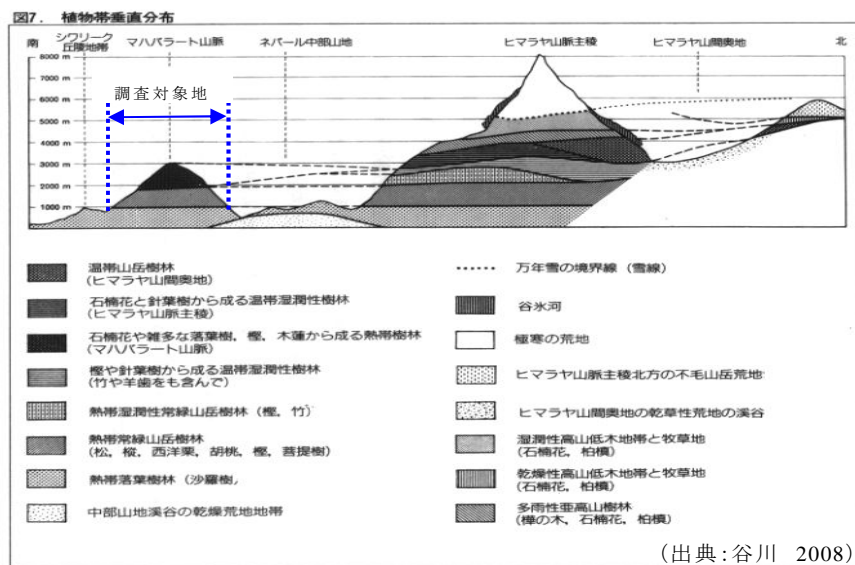
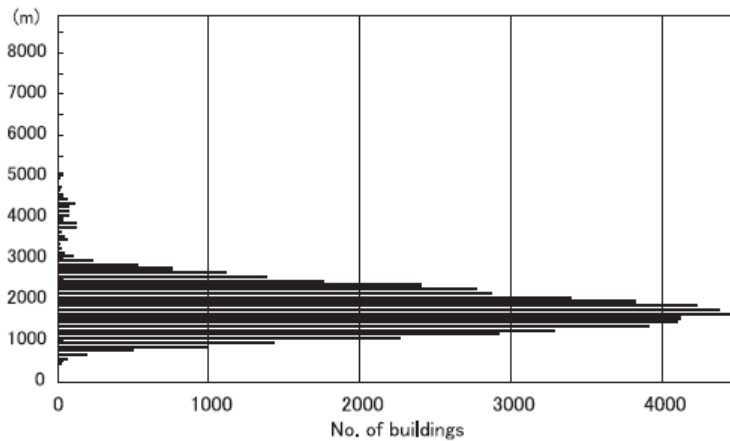


図 2.2.21 ネパール全般の植生分布図



(出典: 浅田ら 2008)

図 2.2.22 標高 1,000m ごとの居住地数(ネパール東部の例)

2.2.4 環境社会配慮

2.2.4.1 環境社会配慮の調査目的

(1) 調査背景

本プロジェクトは、シンズリ道路第二工区のほぼ中間点であるシンズリ・ガリに位置しており、脆弱な地質と急峻な地形、さらに豪雨地帯であるなど、地すべり等の自然災害リスクの高い自然環境の中に建設された山岳道路に対する地すべり対策工である。本プロジェクトでの地すべり対策工は、シンズリ道路における安全で円滑な交通を確保するとともに、地すべり地及びその周辺地山を長期的に安定できることから、自然環境及び社会環境面においてもプラス環境効果が大きく期待出来る。

一方、本プロジェクトの実施及び工事期間中には、土工量の発生や農地の一時的な借用、交通規制、騒音及び振動などの発生による環境社会影響が予想される。

(2) 調査目的

この調査は、本プロジェクトの実施による環境影響を検討・予測し、その環境影響に対する緩和策及びモニタリング計画を提案して、環境影響を回避・最小化することを図ることを目的とする。具体的には、

- a) スコーピングの実施により、本プロジェクトの実施による環境影響を予備的に評価・予測し、環境社会配慮の検討範囲を決定する。
- b) スコーピングの結果により環境社会配慮調査の ToR (Terms of Reference)を作成し、「ネ」国政府側と協議の上、「ネ」国側事業提案者による環境社会配慮調査の実施を支援する。

2.2.4.2 関連環境法律制度・組織のレビュー

(1) 環境関連政策・法規・ガイドライン

「ネ」国及び JICA ガイドラインを含む関連国際機関の環境関連政策、法規及びガイドラインは主に下記の通りである。

i) 政策と計画

- Policy Document - Environmental Assessment in the Road Sector of Nepal, GESU/DOR, 2000
- National Transportation Policy, DOR, 2001
- Strategic Road Network (SRN), DOR, 2009/10

- ii) 法令・法規
 - Environment Protection Act (EPA), 1997
 - Environment Protection Rules (EPR), 1997 (amended 1999 and 2008)
 - Forest Act, 1993
 - Forest Rules, 1995
 - Soil and Watershed Conservation Act, 1982
 - National Parks and Wildlife Conservation Act, 1973
 - Public Road Act, 2031 BS
 - Land Acquisition Act, 1977
 - Labor Act, 2048 (18rules, 2049 (1993)
 - Explosive Material Act, 2018 BS
 - iii) ガイドラインとマニュアル
 - National Environmental Impact Assessment Guidelines, 1993
 - Environmental Management Guidelines, DOR, 1997
 - Public Road Management and Land Acquisition Directives, DOR, 2002
 - iv) 関連国際機関のガイドライン
 - Environmental Assessment Guidelines, ADB, 2003
 - 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)、JICA
- (2) 本プロジェクトの環境社会配慮調査の必要性

上記の関連法規・ガイドラインのうち、EPA (1997)は、すべてのプロジェクトの実施には関連省庁の承認が必要であると定めている。また、EPR (1997, 改訂 1999 と 2008) は、セクター別のプロジェクトに対して環境社会配慮調査の手順、方法、内容及び承認の手続き等が詳細に規定されている。表 2.4.2-1 は道路セクターにおけるプロジェクトの分類基準及び世界銀行ガイドラインのカテゴリ分類を示す。

表 2.2.4 によれば、本プロジェクトは、国道 (National Highway) での応急復旧対策案件 (表の中にカテゴリ 14) と相当するため、初期環境調査 (IEE) が必要とされないが、道路線形変更に伴う国林地帯への伐採・切り取りが発生する (表の中カテゴリ 16) ため、IEE 調査が必要となっている。

また、本プロジェクトは、JICA「環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月)によりカテゴリ B と分類された。今回の準備調査では、「ネ」国政府側との合意文書 (MoD) では、「ネ」国政府側による IEE 調査が合意されている。

したがって、本件の地すべり対策プロジェクトについては、「ネ」国の法規にも、JICA 及び世界銀行ガイドラインにも照らして、IEE レベル調査が必要となっている。

表 2.2.4 環境社会配慮調査レベルの分類基準

Type of Project	Type of EA required	EA Category as per WB
1) Construction of national highways	EIA	A
2) Construction of major feeder roads	EIA	A
3) Construction of minor feeder roads	IEE	B
4) Construction of district roads	IEE	B
5) Construction of urban roads	IEE	B
6) Construction of rural roads	IEE	B
7) Construction of 1 to 5 km long ropeways	IEE	B

8) Construction of more than 5 km long ropeways	EIA	A
9) Construction of 1 to 5 km long cable car	IEE	B
10) Construction of more than 5 km long cable car	EIA	A
11) Construction of major bridges	IEE	B
12) Construction of minor or medium bridges	Exempted	C
13) Construction of tunnels	IEE	B
14) Routine, recurrent, periodic and emergency maintenance	Exempted	C
15) Upgrading, rehabilitation and reconstruction of national highways and feeder roads	IEE	B
16) Project which requires deforestation and clearance of national forest of an area up to 5 hectares	IEE	B
17) Project which requires deforestation and clearance of national forest of an area of over 5 hectares	EIA	A
18) Projects which is to be constructed within Sensitive Areas*	EIA	A
19) Project with investment cost of Rs. 10 million to 100 million	IEE	B
20) Project with investment cost of over Rs. 100 million	EIA	A
21) Project which involves the extraction of boulders, gravel, sand or soil from national forest area	IEE	B
22) Project which involves the extraction of boulders, gravel, sand or soil from riverbed with volume of over 50 tons or 50m ³ per day	EIA	A
23) Project which involves the extraction of boulders, gravel, sand or soil from riverbed with volume of less than 50 tons or 50m ³ per day	IEE	
24) Project which involves the extraction of construction materials from medium to large quarries	EIA	
25) Stone crushing plants	IEE	
26) Mechanical workshops with area of over 3 hectares	EIA	
26) Mechanical workshops with area of 1 to 3 hectares	IEE	

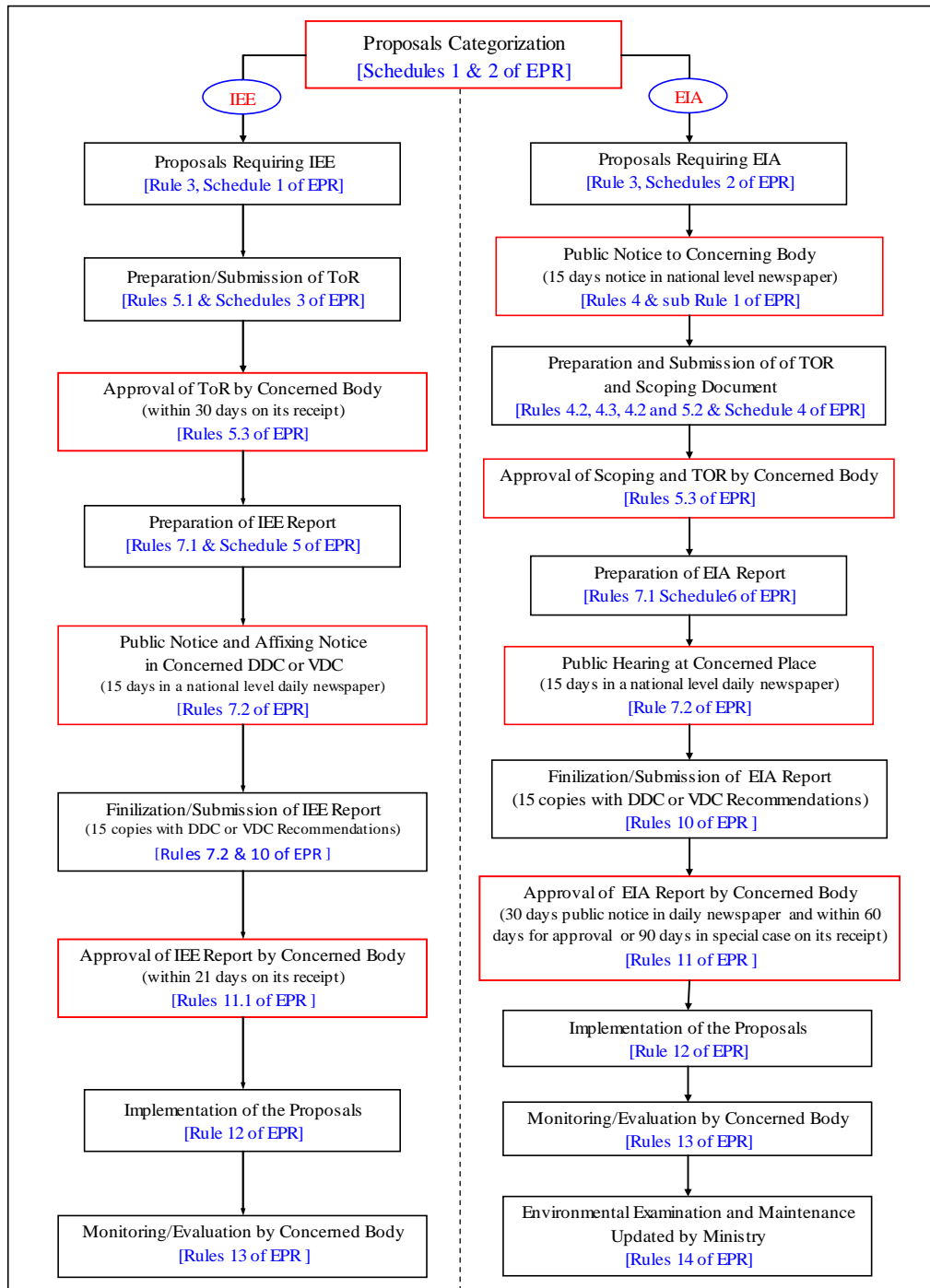
Source: Modified from EPR 1997 and Environmental & Social Management Framework (April, 2007) and Environmental Assessment in the Road Sector of Nepal, GESU/DOR (January, 2000)

注 : Sensitive Area includes Historical, Cultural and Archaeological; Ecologically Sensitive and Wetland Area; National Park, Wildlife Sanctuaries and Conservation Area; Semi-arid, Mountainous and Himalayan Regions; Flood-Prone and other Dangerous Areas; Residential, School and Hospital Areas; Areas that are main source of public water supply.

EA = Environmental Assessment, EIA = Environmental Impact Assessment, IEE = Initial Environmental Examination.

(3) IEE/EIA 調査・承認の手続

「ネ」国における IEE/EIA 手続きを図 2.2.23 に示す。EPR (1997、改訂 1999 と 2008) によれば、IEE 調査が必要とされるプロジェクトの場合、事業実施機関は、IEE 調査を実施し、IEE 調査の ToR と IEE 報告書を関連省庁に提出し承認を受けなければならない。一方、EIA 調査が必要とされるプロジェクトの場合、事業実施機関は、EIA 調査を実施し、EIA 調査の ToR や EIA 報告書を環境省 (以前:環境科学環境省) に提出し承認を受けることとなっている。



出典: EPR

図 2.2.23 IEE/EIA 手続き

本プロジェクトは、IEE 調査が必要とされているプロジェクトであり、対象機関は、「ネ」国公共事業計画省道路局 (Department of Roads (DOR), Ministry of Physical Planning and Works (MoPPW)) である。従って、本プロジェクトの IEE 調査は、道路局が実施し、IEE 調査の ToR と IEE 報告書を公共事業計画省に提出し承認を受けなければならない。

また、IEE 調査の ToR 及び IEE 報告書の承認は、提出から承認までそれぞれ 30 日と 21 日を要するとされている。

2.2.4.3 プロジェクト周辺の自然環境・社会環境の現状

(1) 既存道路プロジェクト（Section II）での EIA 調査のレビュー

1988 年 6 月にシンズリ道路建設計画のフィージビリティスタディが完了し、アフターケア調査を経て 1995 年、第一工区の基本設計調査から我が国の無償資金協力による道路建設が開始された。工事は第一工区、第四工区、第二工区、第三工区の順に進められている。

第二工区における EIA 調査が「ネ」国によって実施され、1999 年 10 月に完了した。当 EIA 調査報告書は 1999 年 11 月「ネ」国環境科学技術省（現在：環境省と改称）により承認を受けた。

第二工区における EIA 調査報告書のレビュー結果は巻末資料 6.1 にまとめた。

(2) 社会環境配慮

本プロジェクトサイトであるシンズリ道路第二工区 17～18km 区間は、「ネ」国の東部ジャナカプール行政区 (Janakapur District)、シンズリ郡 (Sindhuli District) バドラカリ村 (Bhadrakali Village) ドングレバンジャン (Dhungre Bhanjyang) 地区に位置する。社会環境の詳細は、巻末資料 6.2 に示しており、その概要は、以下にまとめる。

- 第二工区 17～18km 区間沿道周辺の主な集落は、バドラカリ村 (Bhadrakali Village) のドングレバンジャン集落 (Dhungre Bhanjyang) である。当集落の居住戸数は 25、人口は 181 名である (Source: 準備調査報告書、その 1)。ほとんどの住民は畑作と畜産により生計をたてている。自給自足に近い生活を送っている。また、道路沿いには、3 件の家屋が散在して食堂を含む売店を営んでいる。
- 土地利用については、Sta.18+00～Sta.17+400 区間の道路上部及び下部斜面で主に国有森林地が分布して崩壊などによる荒廃地も点在している。一方、Sta.17+400～Sta.17+00 区間の道路上部斜面で居住地と農地、下部斜面で農地と荒廃地が分布している。
- プロジェクト付近 (ドングレバンジャン集落) では、公共の送電が整備されており、2 本の送電線が確認された。一方、水道は整備されておらず、山湧水や沢からの自然水に頼っている。本プロジェクトの実施により、送電線に対する影響が無いが、水道管がアンカー工の計画位置に設置しているため、移設する必要がある。
- 現在シンズリ道路は、バスや生活物資運搬の生活道路となっている。本プロジェクト付近に、2 つのバス停があり、区間 Sindhulimali—Khaniyakharka (Sta.25) 及び Sindhulimali—Khurhot (Sta. 37) においてバスが毎日数回運行している。
- プロジェクト付近の公的施設としては、Shree Prathamik 小学校があり、生徒数が 65 名である。工事中、騒音発生の抑制や通学時間帯に交通安全対策強化の要望があった。
- 本プロジェクト実施に対する意見については、一部の住民と土地所有者に対するインタビュー結果により、本プロジェクトには賛成であるが、工事用の私有地の一時的な借用について補償や工事後の原状回復が必要であるとの要望があった。

- 本調査対象地域は、特に 1999～2005 年にマオイスト活動の強い影響が認められた地域である。現地住民でのインタビューにより、2007 年 1 月にマオイストが暫定議会に参加して以来、治安が大きく回復されており、最近では、マオイストと他の政党関係者との衝突や、住民等による道路封鎖とストライキなど異常な活動が発生しておらず治安状況は非常に良くなっている。しかしながら、治安情勢は常に変化していることから、本プロジェクトの施工期間中には、治安状況に対する注意が必要である。

(3) 自然環境配慮

本プロジェクト周辺の自然環境は、巻末資料 6.2 に詳細に示しており、その概要は、以下にまとめる。

- 地形・地質：本プロジェクトサイトは、低ヒマラヤ帯マハバラット山脈の北西斜面に位置している。道路より、上部斜面は、急で 30～40 度の急斜面となり、下部斜面は、一般的に 25～35 度である。また、プロジェクト周辺の地質は、主に先カンブリア～第三紀の弱変成石英片岩類からなり、厚さ 1～5m 程度の崩積土が覆われている。
- 気象・降雨：プロジェクトサイト周辺の気候は、第二工区中間点のシンズリガリの観測所の過去 9 年(2003～2011)の平均値の記録から、温暖で昼夜の気温差が大きい内陸性気候である。最高気温は 4 月の 31.7℃、最低気温は 1 月の 7.2℃である。一方、降雨量については、最高は 7 月の 796mm、最低は 12 月の 0mm、年間平均で 1,710mm である。
- 土地利用と植生：本プロジェクト周辺の土地利用は居住区、農地、灌木・荒廃地(作付けしていない農地を含む)、森林地帯(Protected forest)に分けられる。森林地帯では、サルの木(英名: Shorea Robusta)が多く、高木のネムノキ類もある。

2.2.4.4 代替案の検討

(1) ゼロオプション案

本プロジェクトの対象地すべり地は、シンズリ道路全線において、地すべりの規模とリスクとも重要な地すべり地であり、また現時点の調査結果から見れば、更に上部斜面に拡大される懸念がある。このような状況で、道路安全や機能を維持し、2014 年にシンズリ道路全線を開通するためには、「地すべり対策工」以外は想定されえないと判断する。また、本プロジェクトの実施により、地すべり地及びその周辺山地を長期的に安定できることから、自然環境及び社会環境面においてもプラスの環境効果が大きく期待出来る。

したがって、本プロジェクトは必要不可欠な事業であり、工事中に環境社会への影響を最小限にとどめながら遂行すべき事業と判断される。

(2) A ブロック

A ブロックでは、施工効果や立地制約等技術面から、グランドアンカー工が最適案と提案された。

グランドアンカー工は、地下に設置される工法であり、施工中に騒音や振動などの発生による軽微な環境社会影響が予想されるものの、地すべり対策工法として安定性が高く、地すべり及びその周辺地山を長期的に安定できることから、自然環境保護というプラス環境効果が大きいと判断される。

環境社会配慮面からも、グラウンドアンカー工が推奨される。

(3) Bブロック

Bブロックにおける代替案の検討は下表に示す。

表 2.2.5 Bブロック代替案の検討

選定対策案	施工効果及び技術面	経済面／概算直接工事費(千円)	環境社会面
押え盛土案	○	105,985	Cブロックで掘削残土の有効利用が可能
杭工案	○	304,194	施工中で騒音や振動等の軽微な環境影響が予想
アンカー工案	○	245,723	施工中で騒音や振動等の軽微な環境影響が予想

出典:調査団

施工効果や技術面から3案とも適応と判断されるが、経済比較によれば、押え盛土工案が最も経済的である。

また、環境社会面から、杭工案とアンカー工案は施工中に騒音や振動などの発生による軽微な環境社会影響が予想される。一方、押え盛土案は、Cブロックで道路線形の変更に伴う掘削で発生した掘削残土を有効利用する計画となり、建設残土を最小限にすることが可能である。施工効果、経済面及び環境社会面から、押え盛土案が推奨される。

(4) Cブロック

Cブロックでは、施工効果や技術面から、地すべり回避案選定され、代替案の検討は下表に示す。

表 2.2.6 Cブロック代替案の検討

選定対策案	施工効果及び技術面	経済面／概算直接工事費(千円)	環境社会面
地すべり回避案 (道路線形変更)	○	467,162	国林エリアへの切り取りが発生(小規模)

出典:調査団

地すべり回避案、つまり、山側に道路線形を変更し、山側の国有林において小規模な掘削や伐採が発生することから、一定の環境影響が予想される。Cブロックでは、施工効果、経済面及び環境社会面から、地すべり回避案が推奨される。

2.2.4.5 環境社会配慮調査のスコーピング

(1) スコーピング結果

本環境調査では、このプロジェクトの性格を考慮しJICAガイドラインを参考にスコーピングチェックリストを作成してスコーピングを行った。スコーピング結果は表 2.2.7 に示し、スコーピングの詳細は巻末資料 6.2 にまとめた。

表 2.2.7 スコーピング結果

環境項目	評価	環境項目	評価
I 汚染		III 社会環境	
1. 大気汚染	B-	16. 住民移転	D
2. 水質汚濁	B-	17. 貧困層	D
3. 廃棄物	B-	18. 少数民族・先住民族	D
4. 土壌汚染	C-	19. 雇用や生計手段等の地域経済	C-
5. 騒音・振動	B-	20. 土地利用や地域資源利用	B-
6. 地盤沈下	D	21. 水利用	C-

7. 悪臭	D	22. 既存の社会インフラやサービス	C-
8. 底質	D	23. 被害と便益の偏在	D
II 自然環境		24. 地域内の利害対立	D
9. 地形・地質	B-	25. 文化遺産	D
10. 斜面安定	A+	26. 景観	D
11. 土壌浸食	C-	27. 労働環境	C-
12. 水文	D	28. 衛生	D
13. 地下水	D	29. 災害（リスク）	C-
14. 保護区	D	IV その他	
15. 生態系	D	30. 事故	B-
		31. 気候変動	D

A+/+: 重大なプラス/マイナス影響が想定される、B+/+: ある程度のプラス/マイナス影響が想定される、C+/+: 影響の度合いが不詳、要調査（確認調査も含む）、D: 影響は想定されない。

出典:調査団

(2) 環境影響評価

上記のスコoping結果より、31環境項目のうち、1項目がA+、7項目がB-、7項目がC-、その他すべてDと評価された。

従って、本プロジェクトの実施により、環境社会への重大で望ましくない影響のある可能性が認められず、「カテゴリーA プロジェクトに比して小さいと考えられるプロジェクト:カテゴリーB」と評価することができる。

また、地すべり対策工の計画や工事方法・施工管理などによって環境影響を最小限とすることが可能と考えられる。

2.2.4.6 環境影響の緩和策とモニタリング計画

(1) 緩和策（案）

本調査期間中に収集した既存資料やヒアリング調査、及び現地調査等から、スコopingで抽出された項目に対して、環境影響の緩和策（案）は表 2.2.8 の通りである。

表 2.2.8 環境影響の緩和・軽減対策

項目	評価	緩和策（案）
I 汚染		
1. 大気汚染	B-	A. 施工段階：a) 水や薬品による工事中の粉じん対策
2. 水質汚濁	B-	A. 施工段階：a) 適切な施工計画・施工管理の実施
3. 廃棄物	B-	A. 計画設計段階：a) 掘削残土を盛土材料とする有効利用の計画、b) 適切な施工計画の策定 B. 施工段階：a) 適切な廃棄場所の確保
4. 土壌汚染	C-	A. 施工段階：a) 適切な施工計画・施工管理の実施
5. 騒音・振動	B-	A. 計画設計段階：a) 低騒音/低振動型の建設機械を使用する施工計画 B. 施工段階：a) 必要に応じて防音壁の設置
II 自然環境		
6. 地形・地質	B-	A. 計画設計段階：a) 地形改変を最小限とする施設設計
7. 土壌浸食	C-	A. 計画設計段階：a) のり面保護工を計画設計 B. 施工段階：a) 雨期に土工の実施を控える
III 社会環境		
8. 雇用や生計手段等の地域経済	C-	A. 施工段階：a) 工事開始際にバス会社等への事業概要の説明、b) 適切な用地借用・補償、c) 工事に必要な最大現地雇用
9. 土地利用や地域資源利用	B-	A. 計画設計段階：a) 私有地の利用を最小限とする施工計画 B. 施工段階：a) 適切な用地補償、b) 工事後現状回復
10. 水利権	C-	A. 施工段階：a) 適切な用水量の計画（自然湧水）、b) 適切な補償
11. 既存の社会インフラやサービス	C-	A. 施工段階：a) 工事前に給水管の適切な場所への移動、
12. 労働環境	C-	A. 施工段階：a) 安全・衛生・健康などに対する配慮のある施工管理

13. 災害（リスク）	C-	A. 施工段階：a) 定期的・降雨後落石崩壊（上部斜面）への点検、b) ヘルメットの着用の徹底、c) 必要に応じて落石防護ネット等の設置
IV その他		
14. 事故	B-	A. 施工段階：a) 適切な対策
B-: ある程度のマイナス影響が想定される、C-: 影響の度合いが不詳、要調査（確認調査も含む）		

出典:調査団

上表のとおり、環境社会影響は、適切な計画・対策・施工計画により軽減ないし、回避できるものと考えられる。

(2) モニタリング計画（案）

IEE レベルの環境社会配慮調査は実施することとなっている。その結果より、主要な環境社会配慮事項を特定し、モニタリング計画を再検討する必要がある。現時点では、スコーピング結果により、施工現場付近におけるモニタリング計画（案）を検討して表 2.2.9 にまとめた。

表 2.2.9 モニタリング計画（案）

環境項目	評価	モニタリング				
		監視要素	時期	頻度	方法	監視機関
I 汚染						
1. 大気汚染	B-	粉塵、臭い	施工	1回/月	目視、臭覚	実施機関
2. 水質汚濁	B-	pH、濁度	施工	1回/月	計測、目視	実施機関
3. 廃棄物	B-	残土、撤去構造物、ゴミなど	計画、施工	1回/月	図面、目視	施工業者、実施機関
4. 土壌汚染	C-	粉塵、有害物、機械用の油類物	施工	1回/月	ヒアリング、目視	実施機関
5. 騒音・振動	B-	工事機械・車両の音源	施工	1回/月	ヒアリング、聴覚	実施機関
II 自然環境						
6. 地形・地質	B-	地形改変	計画、施工	1回/月	図面、目視	実施機関
7. 土壌浸食	C-	小崩壊、土砂流失	計画、施工	1回/月	図面、目視	実施機関
III 社会環境						
8. 雇用や生計手段等の地域経済	C-	補償費	計画、施工	1回/半年	ヒアリング	実施機関
9. 土地利用や地域資源利用	B-	用地面積	施工	1回/月	図面、目視	実施機関
10. 水利権	C-	自然湧水量(集落住民の飲用水)	施工	1回/月	ヒアリング	実施機関
11. 既存の社会インフラやサービス	C-	給水パイプ	施工	1回/月	ヒアリング、目視	実施機関
12. 労働環境	C-	保険、休日等	施工	1回/月	ヒアリング	実施機関
13. 災害（リスク）	C-	落石崩壊	施工	1回/周	目視	施工業者、実施機関
IV その他						
14. 事故	B-	車両事故等	施工	1回/月	ヒアリング、目視	施工業者、実施機関
B-: ある程度のマイナス影響が想定される、C-: 影響の度合いが不詳、要調査（確認調査も含む）						

出典:調査団

本プロジェクトの実施機関は「ネ」国公共事業計画省道路局である。道路局には地圏環境・社会問題担当室(Geo-Environmental and Social Unit、GESUと略する)があり、道路プロジェクトにおける環境モニタリングを実施している。本調査でのモニタリングの監視機関は地圏環境・社会問題担当室とするものとする。

2.2.4.7 IEE 調査の準備と支援

(1) IEE 調査の ToR (案)

今回の予備調査期間中に行ったスコーピング結果を基に、「ネ」国の環境社会配慮に関する法律・規則・ガイドラインに従って、IEE レベル調査の ToR ドラフトを作成し DOR に提出して IEE 調査の早期実施・承認を支援した。IEE 調査の ToR 目次(案)は表 2.2.10 に示し、ToR ドラフトは巻末資料 6.3 に添付している。

表 2.2.10 IEE 調査の ToR 目次(案)

TERMS OF REFERENCE	
For IEE Study of The Project for Countermeasures Construction for Landslide on Sindhuli Road (Section III)	
1	NAME AND ADDRESS OF THE PROJECT PROPONENT
1.1	NAME OF PROPOSAL
1.2	NAME AND ADDRESS OF THE PROPONENT
2	INTRODUCTION OF THE PROPOSAL
2.1	GENERAL INTRODUCTION
2.1.1	Background of the Proposal
2.1.2	Project Description
2.1.3	Salient Features
2.2	ENVIRONMENTAL SETTING OF THE PROPOSAL AREA
2.2.1	Physical Environment
2.2.2	Biological Environment
2.2.3	Socio-economic and Cultural Environment
2.3	RELEVANCY OF THE PROPOSAL
2.3.1	Rationality for Conducting IEE Study
2.3.2	Objectives of the IEE Study
3	PROCEDURE TO BE ADOPTED WHILE PREPARING THE REPORT
3.1	DESK STUDY
3.2	FIELD STUDY
3.2.1	Physical Environment
3.2.2	Biological Environment
3.2.3	Socio-economic and Cultural Environment
3.3	DATA PROCESSING
3.4	IDENTIFICATION, PREDICTION AND EVALUATION OF IMPACTS
3.5	PUBLIC NOTICE, CONSULTATION AND INFORMATION DISCLOSURES
4	POLICIES, LAW, RULES AND MANUALS TO BE TAKEN INTO ACCOUNT
4.1	CONSTITUTION
4.2	REVIEW OF POLICIES
4.3	REVIEW OF ACTS AND RULES
4.4	REVIEW OF GUIDELINES AND MANUALS
5	PREPARATION OF THE REPORT
5.1	TIME
5.2	ESTIMATED BUDGET
5.3	THE STUDY TEAM
6	DELETED BY FIRST AMENDMENT, GON, 1999)
7	SPECIFIC IMPACT/ISSUES OF THE IMPLEMENTATION OF THE PROPOSAL
	ON THE ENVIRONMENT
7.1	SOCIAL AND ECONOMIC ENVIRONMENT
7.1.1	Beneficial Impacts
7.1.2	Adverse Impacts
7.2	CULTURAL AND PHYSICAL ENVIRONMENT
7.2.1	Beneficial Impact
7.2.2	Adverse Impact
7.3	CHEMICAL ENVIRONMENT

7.3.1	Adverse Impacts
7.4	BIOLOGICAL ENVIRONMENT
7.4.1	Adverse Impact
8	ALTERNATIVES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE PROPOSAL
9	MITIGATION MEASURES
10	ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN
11	OTHER NECESSARY MATTERS

出典:調査団

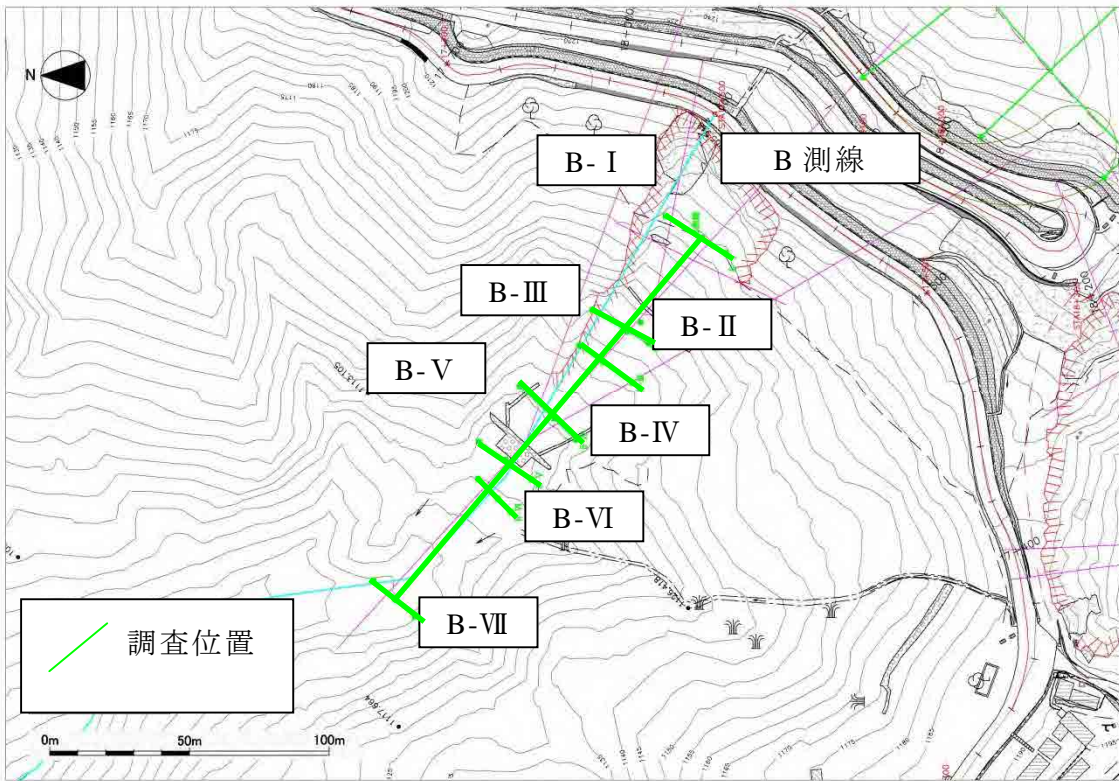
2.2.5 現地調査結果(自然条件およびサイト状況調査)

2.2.5.1 物理探査結果

物理探査は、Sta.17+600 の下方斜面の土層構成を広範囲に把握するため、表面波探査と弾性波探査を行い、Sta.18+200 地点の切土部分のリップベリティ(掘削難易度)判定のための弾性波探査を行った。

- 1) Sta.17+600 の土層を把握するための物理探査
 - i) 調査側線と調査数量

図 2.2.24 に Sta.17+600 地点下方斜面で実施した物理探査の側線を示す。測定側線長は 8 側線合計 299m である。



出典:調査団

図 2.2.24 B 地区の物理探査測線(表面波探査・弾性波探査)

Sta.17+600 には、過去の崩壊により崖錐が堆積している。この崖錐上に盛土を施工することになるが、これらを計画するためには崖錐の厚さ(基礎岩盤までの深さ)を確認することが必要である。この地区での物理探査は表面波探査を実施したが、地表面の大きな転石により表面波の伝播が阻害されたため解析可能な良質のデータが得られな

かった。そのため、弾性波探査(屈折法地震探査)に測定法を切り替え同じ測線上で測定した。二つの測定方法は巻末資料 6.6 に示す。

ii) 測定結果

主な測線(B-2、II)の測定結果を図 2.2.25~2.2.26 に示し、その他の 4 測線の測定結果と弾性波走時曲線を巻末資料 6.6 に整理した。B-2 測線(崩壊斜面の中央断面)検出された弾性波速度層は下表に示す 4 層である。

表 2.2.11 Sta.17+600 地点の弾性波速度層

速度層	弾性波速度(km/sec)	速度層に対応する地層
I	0.3~0.5	地表面付近の緩い崖錐堆積物。最近の崩壊で堆積した部分と推定される。
II	0.9~1.1	やや締まった崖錐堆積物。主に粗粒な角礫砂礫を混入する。
III	1.9~2.1	風化した石英質砂岩片岩。安定した基礎岩盤。
IV	3.8~4.0	ほぼ新鮮な石英質片岩。安定した基礎岩盤。

出典:調査団

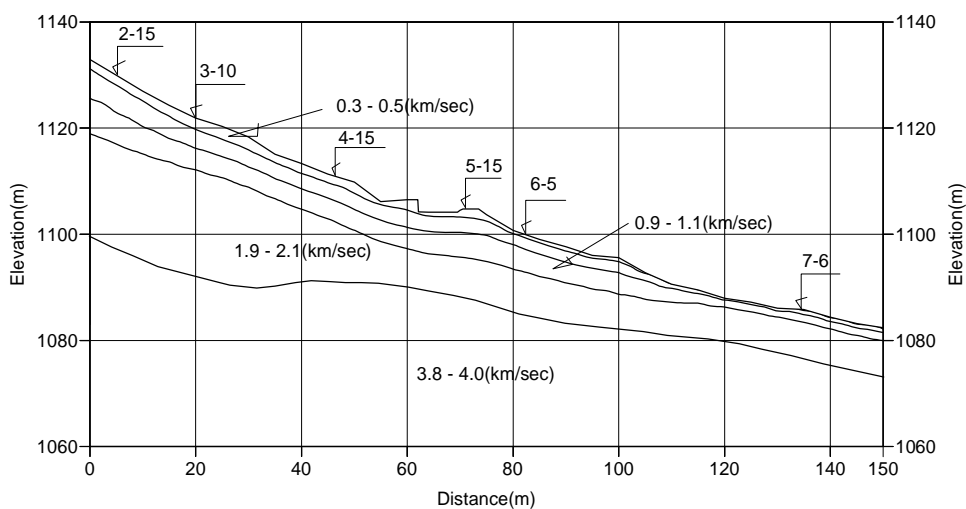
各速度層の分布をB-2 測線上でみると、第 I 速度層(0.3~0.5km/sec;緩い崖錐堆積物)は標高の高い部分で約 2m、標高の低い部分では 1m 未満の厚さである。

第 II 速度層(0.9~1.1km/sec;やや締まった崖錐堆積物)も標高の高い部分で 2~4m の層厚であるが、標高の低い地域では薄くなり 2m 未満となる。

第 III 速度層(1.9~2.1km/sec;風化した石英質砂岩片岩)は標高の高い部分では、10m の深度で着岩するが、標高の低い方へ着岩深度は浅くなり、最下部では 5m 未満で着岩する。

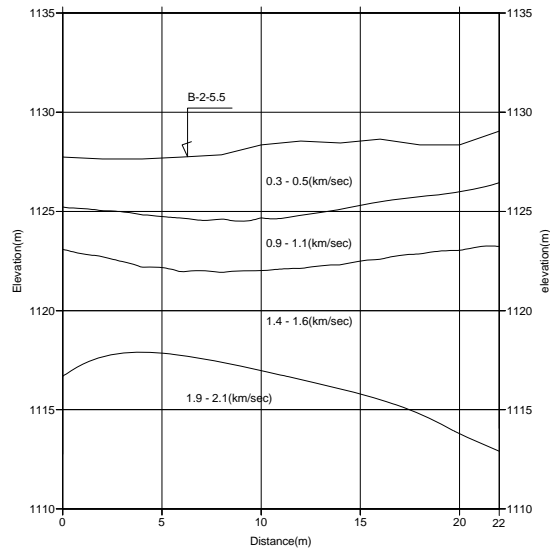
第 IV 速度層(3.8~4.0km/sec;新鮮な石英質砂岩片岩)への到達深度は標高の高い部分で約 30m であるが、標高が下がるとともに到達深度は浅くなり最下部では約 10m の到達深度となる。

上記の探査結果より、標高の高い部分では盛土地盤としては注意を要する地盤構成であることが判った。一方、標高の低い部分は軟弱層が薄く、盛土地盤として安定していると評価される。



出典:調査団

図 2.2.25 弾性波探査結果(B-2)測線

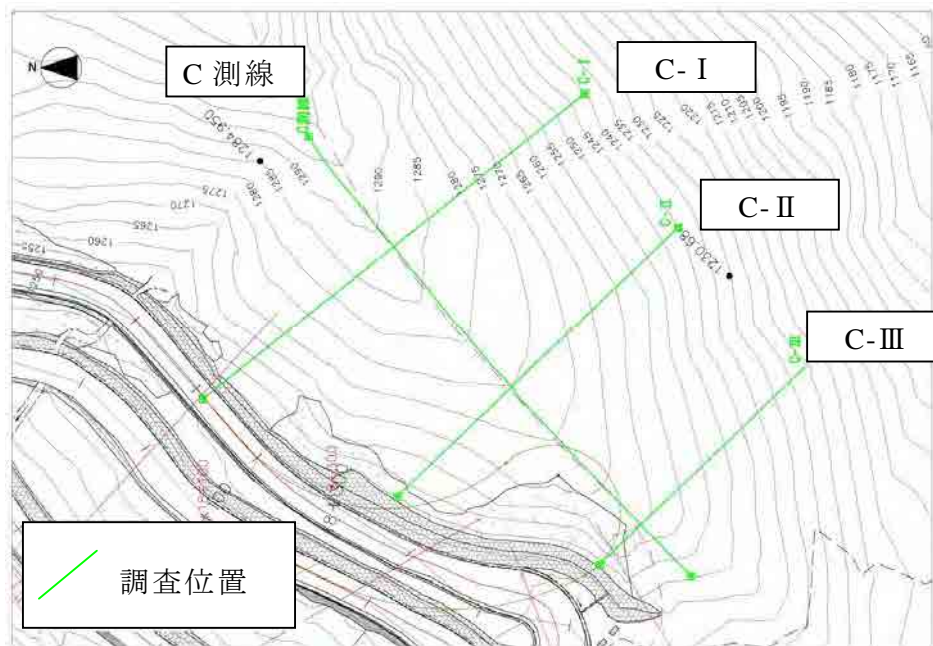


出典:調査団

図 2.2.26 弾性波探査結果(II)測線

- 2) Sta.18+200 におけるリップビリティ判定のための岩盤調査
 - i) 調査項目と調査位置

Sta.18+200 の切土予定箇所において、切土岩盤の弾性波速度および岩質の強度確認を目的とする岩石試験を実施した。この項では弾性波探査結果のみを記述し、岩石試験結果は次項で報告する。調査位置を図 2.2.27 に示す。測定は4測線、総延長373mで実施された。



出典:調査団

図 2.2.27 Sta.18+200 地点弾性波探査測線

ii) 弾性波探査結果

弾性波探査結果の内、C 側線(尾根縦断方向側線)と C1 側線(尾根横断方向)の測定結果を図 2.2.28-29 に示す。その他の測線の測定結果は巻末資料 6.6 に整理した。検出された速度層は表 2.2.12 に示す 4 層である。

表 2.2.12 Sta18+200 地点の弾性波速度層

速度層	弾性波速度(km/sec)	対応する地層
I	0.3~0.5	風化して土壌化した片岩類
II	0.9~1.1	強風化した片岩類。かなりの部分が土壌化している。
III	1.4~1.6	強風化した片岩類。一部土壌化している。
IV	1.9~2.1	弱風化した片岩類。片理面/亀裂沿いに緩んでいる。

出典:調査団

この斜面を構成する岩石は、石英質砂岩片岩を主体とする片岩類であり、新鮮な部分では弾性波速度は 4km/sec を示す(17km+600 斜面の基底速度層)堅硬緻密な岩石である。しかし、この斜面は過去の浸食作用により細尾根になっているため、全体に風化が進み 4km/sec を示す基底層は検出されなかった。この部分は現在の道路面より下部にしか分布しないものと判断される。

表 2.2.13「土工における岩及び土の分類」(道路土工要領)、表 2.2.14「弾性波速度と掘削工法の適用限界」(道路土工要領)を参照すると、検出された各速度層と岩・土の分類、掘削工法の関係はおおよそ表 2.2.15 の通りとなる。

表 2.2.13 検出された各速度層と岩・土の分類、掘削工法の関係

	土工における岩・土の分類	掘削工法
第 1 速度層 (0.3~0.5km/sec)	礫質土	バケットホイールエキスカベーター/ シャベルトピック(人力)/ブルドーザ /スクレーパ等
第 2 速度層 (0.9~1.1km/sec)	軟岩	リッパ付ブルドーザ(21t 級以上)
第 3 速度層 (1.4~1.6km/sec)		リッパ付ブルドーザ(21t~32t 級 以上)
第 4 速度層 (1.9~2.1km/sec)		リッパ付ブルドーザ(32t~43t 級) および発破

出典:調査団

第 1 速度層の礫質土はリッピングなしでバックホウやブルドーザで掘削できるが、第 2~4 速土層の軟岩はリッピングを必要とし、軟岩層中にある硬質な岩や第 4 速度層の風化・層理とリッパビリティやこの地点の基底層では発破、静的破砕材の必要な箇所も存在すると推定される。

表 2.2.14 土工における岩及び土の分類

名 称	説 明	適 用	日本統一土質分類法による土の簡易分類との対応	
岩 または 石	硬 岩	亀裂がまったくないか、少ないもの、密着の良いもの	弾性波速度 3,000m/sec 以上	
	中 硬 岩	風化のあまり進んでいないもの(亀裂間隔 30~50 cm 程度のもの)	弾性波速度 2,000~4,000m/sec	
	軟 岩	固結の程度の良い第 4 紀層、風化の進んだ第 3 紀層以前のもの、リッパ掘削できるもの	弾性波速度 700~2.800m/sec	
	転 石 群	大小の転石が密集しており、掘削が極めて困難なもの		
	岩塊・玉石が混入して掘削しにくく、バケット等に空けきのできやすもの	玉石まじり土、岩塊起砕された岩ごろごろした河床		
土	礫まじり土	礫の混入があつて掘削時の能率が低下するもの	礫の多い砂、礫の多い砂質土、礫の多い粘性土	礫 {G} 礫質土 {GG}
	砂	バケット等に山盛り形状になりにくいもの	海岸砂丘の砂 まさ土	砂 {S}
	普通 土	掘削が容易で、バケット等に山盛り形状にし易く空けきの少ないもの	砂質土、まさ土 粒度分布の良い砂条件の良いローム	砂 {S} 砂質土 {S} シルト {M}
	粘 性 土	バケット等に付着し易く空けきの多い状態になり易いもの、トラフィカビリティが問題となり易いもの	ローム 粘性土	シルト {M} 粘性土 {C _s }
	高 含 水 比 粘 性 土	バケット等に付着し易く特にトラフィカビリティが悪いもの	条件の悪いローム 条件の悪い粘性土 火山灰質粘性土	シルト {M} 粘性土 {C _s } 火山灰質粘性土 {V} 有機質土 {O}
	(有機質土)			高有機質土 {Pt}

注) 上表の説明は出現頻度の多いものについてのものであり、土は特にその状態によって大きく変化するので注意すること。

(出典：道路土工要領 社団法人日本道路協会)

表 2.2.15 弾性波速度と掘削難易度の関係

	弾性波速度 (km/m)			
	0	1	2	3
バケットホイールエキスカベータ				
シャベルとピック (人力)				
ブルドーザーおよびスクレーパ (リッピング前)				
ショベル系				
ブルドーザーおよびスクレーパ (リッピング後)				
リッパ装置付きブルドーザー (21t級)				
リッパ装置付きブルドーザー (32t級)				
リッパ装置付きブルドーザー (43t級)				
発破				

(出典：道路土工要領 社団法人日本道路協会)

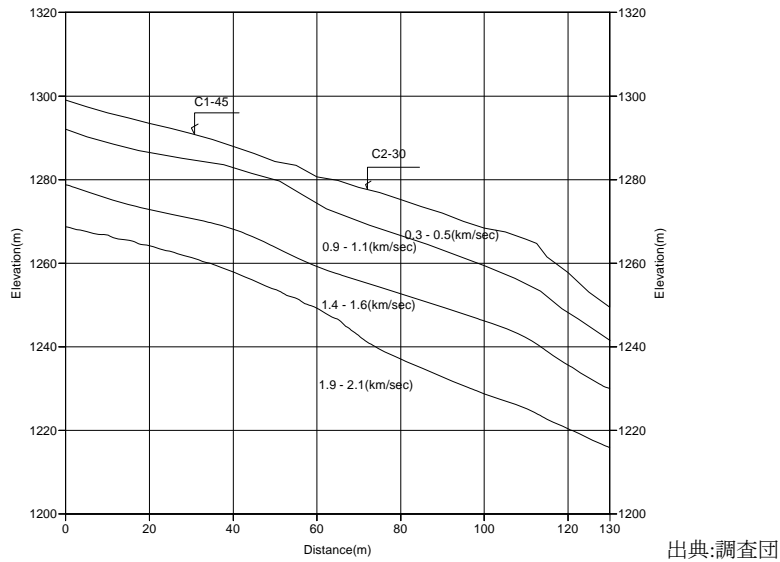


図 2.2.28 18+200 地点 C 測線弾性波結果

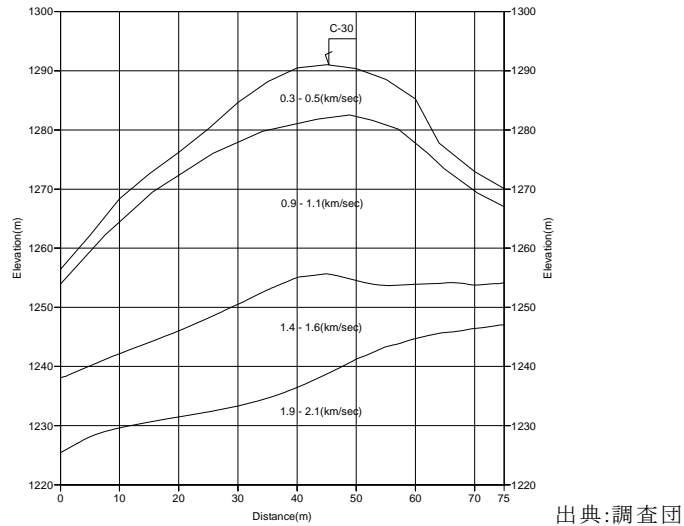


図 2.2.29 18+200 地点 C I 測線弾性波結果

2.2.5.2 地質土質調査結果

Sta.17+600 の押さえ盛土計画地と土取場候補地についてピット掘削、現場・室内土質試験を実施し、押さえ盛土設計、施工計画に必要な基礎地盤条件、盛土材としての材料特性の把握、および土取場候補地の選定を行った。

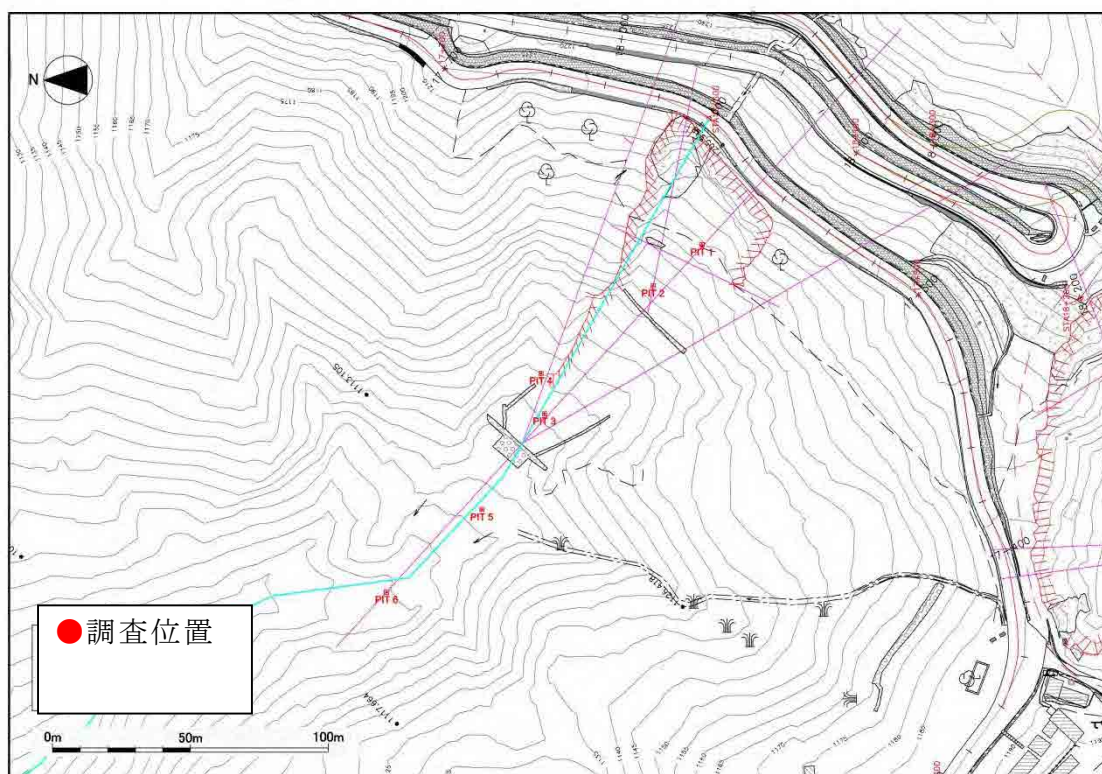
調査位置を図 2.2.30、図 2.2.31 調査数量を表 2.2.16 に示す。また、調査で得られた基礎地盤条件、盛土材料特性、土取場候補地の選定結果を(1)～(3)以下に示す。また、土質試験資料を巻末資料 6.7 にまとめた。

表 2.2.16 地質土質調査数量

項目	単位	数量		
		押さえ盛土計画地	土取場候補地	計
1.ピット掘削調査				
掘削	ピット	6	9	15
土層確認		6	9	15

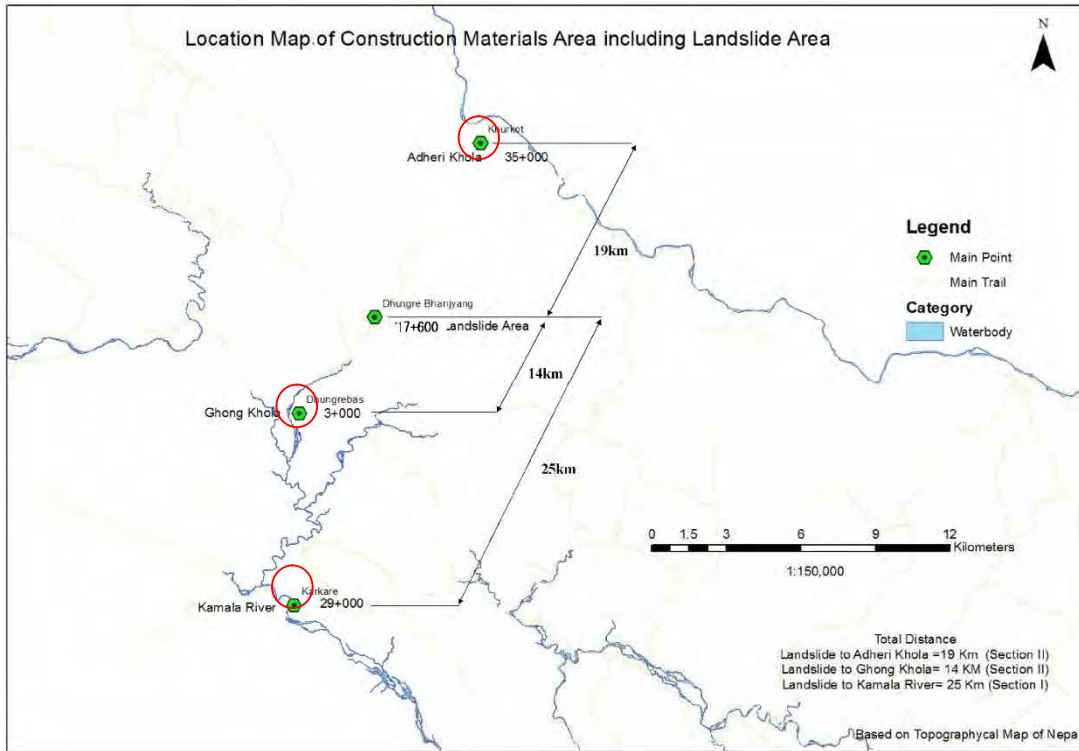
現場密度試験	箇所	6	9	15
現場粒度試験	試料	6	9	15
試料採取	式	1	1	15
2.土質試験				
土粒子の密度	試料	6	9	15
粗骨材の密度及び吸水率試験	試料	18	9	27
含水比試験	試料	6	9	15
粒度試験	試料	6	9	25
最小・最大密度試験	試料	6	9	15
3.岩石試験				
岩の密度及び吸水率試験	試料	4	-	4
岩石の超音波速度測定	試料	4	-	4
点載荷試験	試料	4	-	4

出典:調査団



出典:調査団

図 2.2.30 Sta.17+600 調査位置図



出典:調査団

図 2.2.31 河床材の調査位置図

1) 基礎地盤条件

押さえ盛土の基礎地盤条件について、深度約 2m までの土層構成と深度 1m 地点の地盤密度を調査し、以下の土層構成と土質特性を確認した。

i) 土層構成

- Sta.17+600 の斜面表層に目視される粒径 75~300mm のコブル(粗石)、300mm 以上のボルダー(巨石)の分布層厚は 0.1~0.3m と薄い。
- これらの下位には、概ね最大粒径 150mm から 4.75mm の粗石~礫を主体とし、これらの間隙に砂、シルトを有する礫質土が分布する。
- 礫質土は、弾性波速度 0.3~0.5km/sec に該当する層で、層厚は斜面下位で 1m、上位で 5m と厚く分布する。
- 礫質土の下位は、弾性波速度 0.9~1.1 km/sec の締まった崖錐または軟岩、弾性波速度 1.9~2.1 km/sec のやや風化した基盤、弾性波速度 3.8~4.0 km/sec のほぼ新鮮な基盤が分布する。

ii) 土質特性

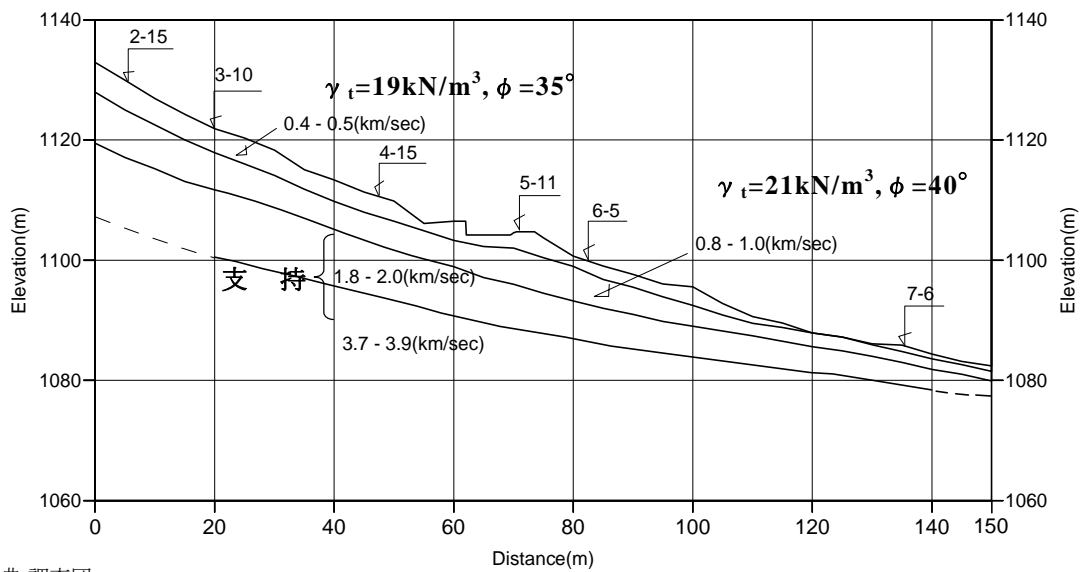
- 表層 1~5m に分布する礫質土層(第 1 速度層)は下表のように湿潤密度 19kN/m³、相対密度 40~50% とゆるい礫~礫混じり土砂であり、道路土工指針で示す「自然地盤、礫又は礫混じり砂」の「密実でないもの」に該当する。このことから設計に用いる湿潤密度を 19kN/m³、せん断強度を $\phi = 35^\circ$ 、 $C = 0\text{kN/m}^2$ とする。

- 第2層は締まった崖錐および軟岩と予想される。弾性波速度 $0.9\sim 1.1\text{km/s}$ はリッパ掘削の境界で支持層との境界であるがここでは、安全側に、道路土工指針で示す「自然地盤 礫又は礫混じり砂」の「密実なもの」に該当する湿潤密度 19kN/m^3 、せん断強度 $\phi = 40^\circ$ 、 $C=0\text{kN/m}^2$ とする。
- 第3、第4速度層は、リッパ掘削から発破掘削が必要な基盤(支持層)とする。

表 2.2.17 基礎地盤の土質定数

層区分		密度試験結果			土質定数		
					密度	せん断強度	
速度層	土層	湿潤密度 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	間隙比 e_b	相対密度 Dr(%)	湿潤密度 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	粘着力 C(kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ (°)
第1層 $0.3\sim 0.5\text{km/s}$	礫質土	19~20	0.3~0.4	40~50	19	0	35
第2層 $0.9\sim 1.1\text{km/s}$	崖錐又は軟岩	-	-	-	21	0	40
第3層 $1.9\sim 2.1\text{km/s}$	風化岩	支持層					
第4層 $3.8\sim 4.0\text{km/s}$	新鮮岩						

出典:調査団



出典:調査団

図 2.2.32 速度層毎の土質定数

表 2.2.18 設計時に用いる土質定数の仮定値

種類	状態	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	地盤工学会基準 ^{注2)}	
盛土	礫および礫まじり砂	締め固めたもの	20	40	0	{G}
	砂	締め固めたもの	20	35	0	{S}
		粒径幅の広いもの 分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの	19	25	30以下	{S F}
	粘性土	締め固めたもの	18	15	50以下	{M}, {C}
関東ローム	締め固めたもの	14	20	10以下	{V}	
自然 地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0	{G}
	礫まじり砂	密実なもの	21	40	0	{G}
		密実でないもの	19	35	0	{G}
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0	
	砂質土	密実なもの	19	30	30以下	{S F}
		密実でないもの	17	25	0	
	粘性土	固いもの (指で強く押し多少へこむ) ^{注1)}	18	25	50以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの (指の中程度の力で貫入) ^{注1)}	17	20	30以下	
		軟らかいもの (指が容易に貫入) ^{注1)}	16	15	15以下	
	粘土およびシルト	固いもの (指で強く押し多少へこむ) ^{注1)}	17	20	50以下	{M}, {C}
		やや軟らかいもの (指の中程度の力で貫入) ^{注1)}	16	15	30以下	
軟らかいもの (指が容易に貫入) ^{注1)}		14	10	15以下		
関東ローム		14	5(ϕ_r)	30以下	{V}	

第2速度層
第1速度層

注1) ; N値の目安は次のとおりである。

固いもの (N=8~15), やや軟らかいもの (N=4~8), 軟らかいもの (N=2~4)

注2) ; 地盤工学会基準の記号は、およその目安である。

出典：道路土工 盛土工指針

2) 盛土材料特性

Sta.18+200の掘削土を押さえ盛土の盛土材料として利用する計画である。この盛土材料の土質特性については、Sta.18+200と岩質が等しいSta.17+600斜面に2次堆積した崖錐堆積物の土質試験より評価した。評価結果は以下のとおりで、粗石を含むものの粒度分布が広く締め固めが比較的容易であること、混入礫は石英片岩で吸水率2%以下の硬質な礫で耐風化性、せん断強度の面で優位なことが確認された。

i) 粒度特性

粒径300mm以下の砂礫材で構成され、最大500mm程度の巨石を含む。粒度分布の良否を示す均等係数(Uc)はUc=32~319、であり、下記の指標から判断すると、粒径幅が広く、比較的容易に締固めが可能な材料である。また、粒径0.075mm以下の細粒分含有率は7%以下で、透水性が高い材料である(表2.2.19参照)。

[粒度分布の良否評価]

①地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類方法」(JGS 0051-2000)

Uc ≥ 10: 粒径幅が広い、Uc < 10: 分級された

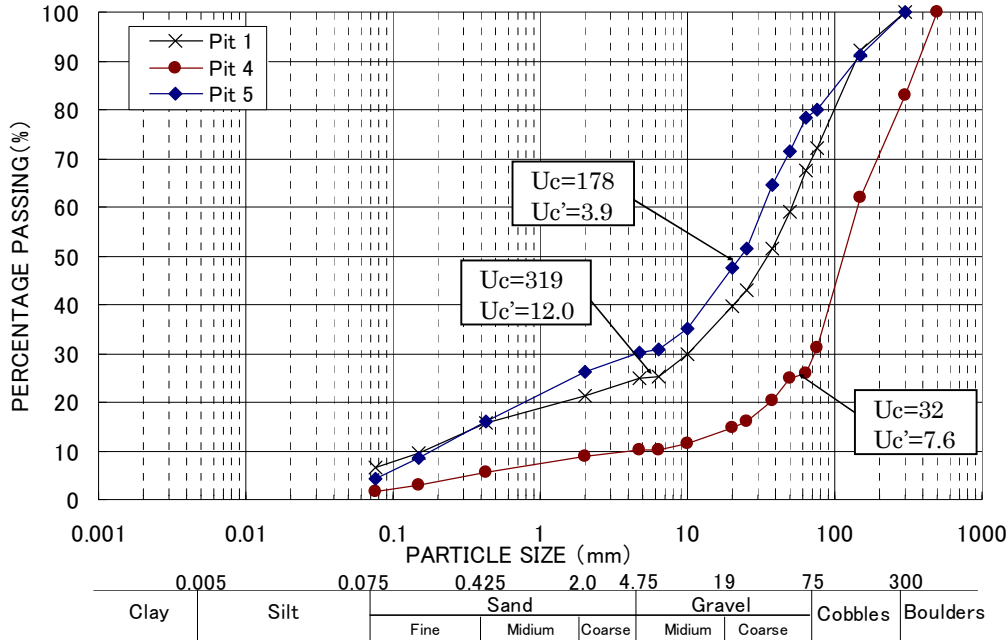
②「Unified Soil Classification System」(ASTM D 2487-06)

$U_c \geq 4$ and $1 \leq U_c' \leq 3$: Well-graded gravel

$U_c < 4$ or $1 > U_c' > 3$: Poorly graded gravel

ここに、均等係数 $U_c = D_{60}/D_{10}$

曲率係数 $U_c' = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$



出典:調査団

図 2.2.33 粒径加積曲線

表 2.2.19 細粒分含有率と透水性

材料	細粒分含有率	摘要
比較的透水性の 良い材料	$F_c \leq 3$	<ul style="list-style-type: none"> 目詰まり等を考慮して、地下排水工を設置する。 排水距離が長い場合は強制排水工や地下排水工により排水距離を短くする。
比較的透水性の 良くない材料	$3 < F_c \leq 15$	<ul style="list-style-type: none"> 地下排水工間隔を密に設置する。 必要に応じて強制排水工により敷砂内の間隙水圧の消散を図る。
透水性の良く ない材料	$15 < F_c \leq 25$	<ul style="list-style-type: none"> 地下排水工間隔をさらに密に設置する。 強制排水工により敷砂内の間隙水圧の消散を図ることが必要なことが多い。

出典:地盤工学会 土質試験方法と解説

ii) 比重・吸水率

全粒径の比重は $2.59 \sim 2.62 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率は $0.9 \sim 1.2\%$ であり、構成粒子は空隙が少なく硬質であり、耐久性や盛土としてのせん断強度の面で良好な材料である。

iii) 締固特性

粒度分布が広い材料であることから、転圧後の密度は最大乾燥密度の 90～95%以上で、湿潤密度は 2.0～2.2t/m³と予想される。施工時の密度は、締固め度 90%で管理することから、盛土の安定解析に用いる湿潤密度は 90%密度の平均より 21kN/m³とする。

iv) せん断強度

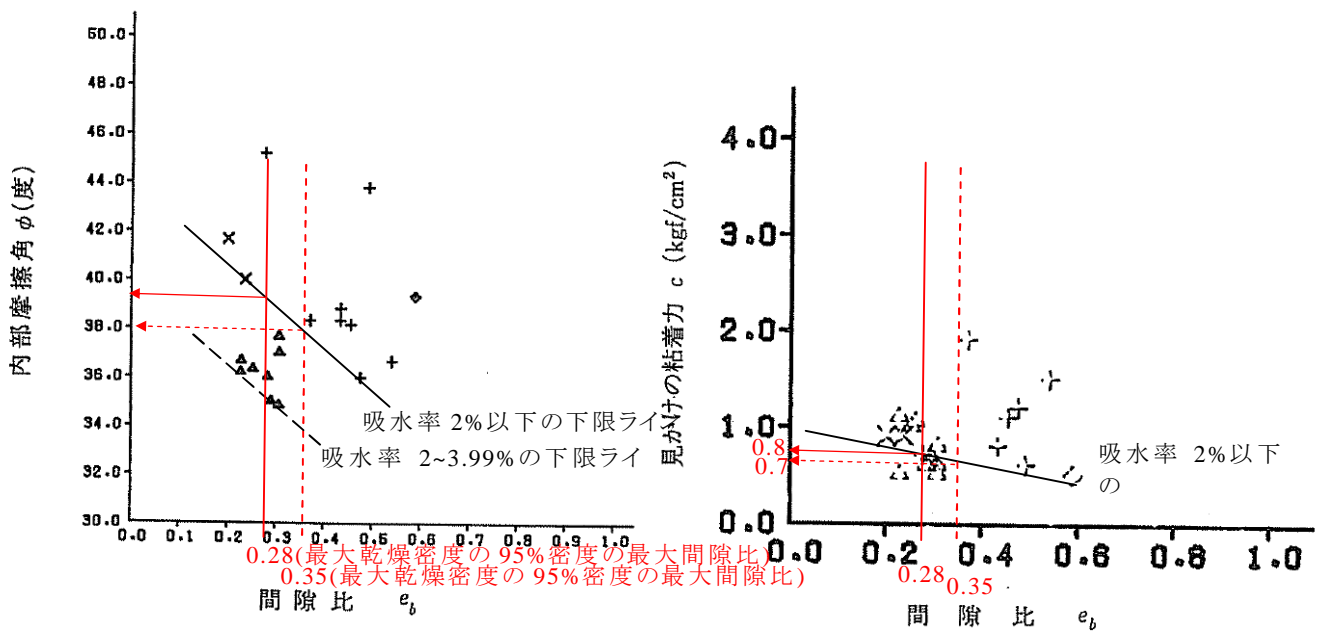
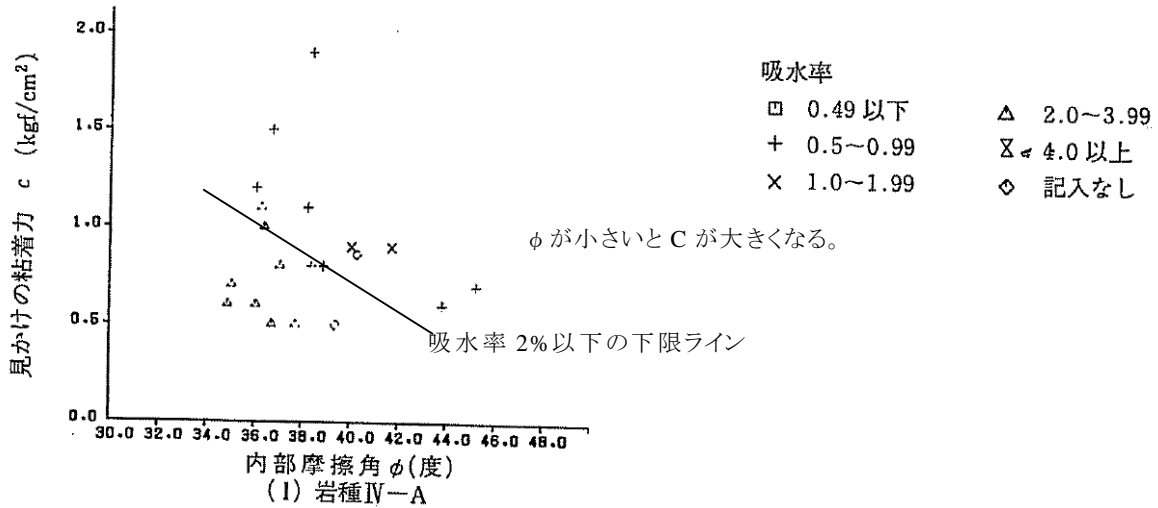
礫を多く含む盛土材のせん断強度は、前掲表 2.2.18 の「盛土 礫および礫混じり砂 締め固めたもの」によると $\phi = 40^\circ$ 、 $C = 0 \text{ kN/m}^2$ である。また、せん断強度は間隙比と吸水率(礫の硬軟)との相関があり、既往の三軸圧縮試験結果(図 2.3.2-5)によると最大乾燥密度の 90%～95%の間隙比に対するせん断強度は $\phi \geq 38^\circ$ 、 $C \geq 0.7 \text{ kg/cm}^2$ である。設計値は安全側に $\phi = 38^\circ$ 、 $C = 0$ とする。

表 2.2.20 比重・吸水率、最大最小密度試験結果と施工時の密度

Pit No.	試験結果				施工時の密度(計算値) 最大乾燥密度の 90%、95%の値				
	比重 Gb (g/cm ³)	吸水率 Q (%)	最小乾燥 密度 (t/m ³)	最大乾燥 密度 (t/m ³)	区 分	湿潤密度 ρ_t (t/m ³)	乾燥密度 ρ_d (t/m ³)	間隙比 e_b	相対密度 Dr (%)
1～5	2.59～ 2.62	0.9～ 1.2	1.66～ 1.83	2.13～ 2.25	90%	2.03～2.14	1.92～2.02	0.28～0.35	51～61
					95%	2.14～2.26	2.03～2.14	0.21～0.28	77～82

備考)最小、最大密度および施工時の密度は、75mm以上の礫分が30%以上と多い Pit2,3を除く試験結果を基に記載。

出典:調査団



出典：ロックフィル材料の試験と設計強度 旧土質工学会

図 2.2.34 結晶片岩のせん断強度(c 、 ϕ)

3) 土取場候補地の選定結果

土取り場としてアデリコラ、ゴンコラ、カマラ川の河床材料の土質調査と、品質と立地、環境条件、コストの比較を行い、土取場候補地の選定を行った。比較結果は表 2.2.21 のとおりで、公用地からの採取が可能で、河床低下の影響や賦存量、コストの面で優位なカマラ川を土取り場として選定した。

表 2.2.21 土取場候補地の比較

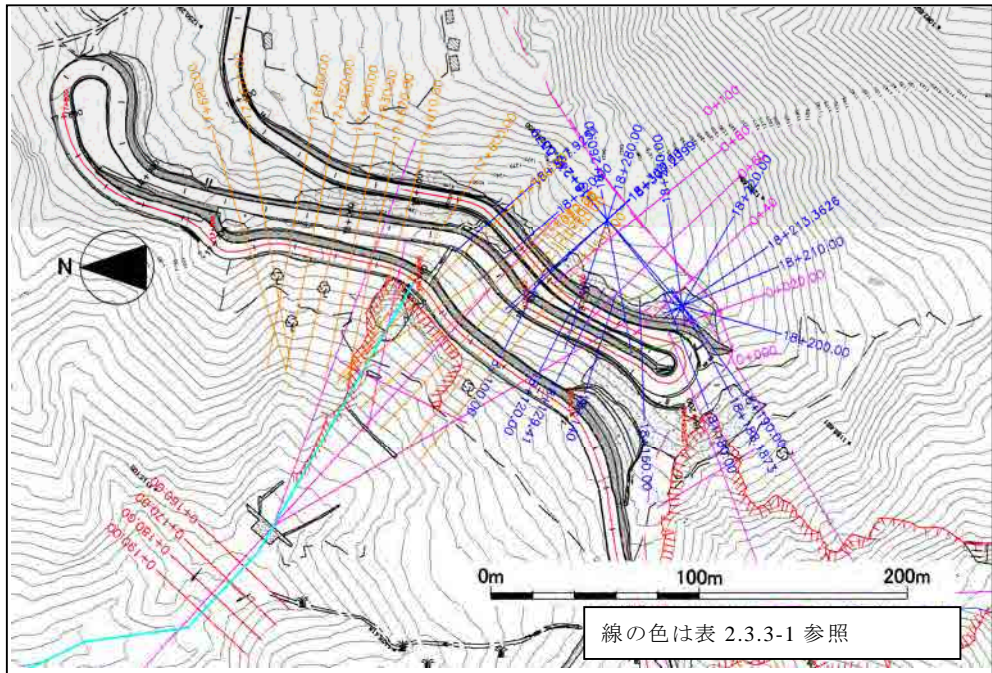
土取場名称 ^{※1}	①アデリコラ Adheri Khola	②ゴンコラ Ghong Khola	③カマラ川 Kamala River	備考(根拠等)	
盛土場からの距離	19km	14km	25km	Sta.17+600を起点とし、道路距離標から算出	
立地条件・環境	所有者	私有地からの採取。 公用地は河床幅15～20mであるが、河床が変動するため境界不明。なお、下記のとおり河床低下のため河床からの採取は困難。 1点	公用地からの採取。 (公用地は幅約20mの河床。土量が不足する場合、私有地より採取。) 2点	公用地からの採取。 3点	現場踏査より
	進入路	既存道路から直接進入可能	同左	同左	現場踏査より
	農業施設への影響	木農用地を利用	-	-	
	河床低下	現河床は周辺地盤より2m程度低く、河床低下を伴う掘削は困難。 1点	砂州は小さいため、大量採取の場合、広範囲の河床から浅く広く採取する必要がある。 2点	砂州が大きく発達しており、影響はない。 3点	現場踏査より
	その他	私有地よりヘザマが採掘中 プラントあり	河床から現地会社が採掘中	河床から主に粒径20cmの礫を公共工事で採掘中	
材質(仮)	最大粒径30cm以下の砂礫を主とするが、他に比べ30cm以上の大玉が多く、岩材との混合やジオテキの保護材としての利用では不利 1点	最大粒径30cm以下の砂礫 2点	最大粒径30cm以下の砂礫 3点	土質試験より	
賦存量	中 2点	小 1点	大 3点	現場踏査より	
工事費	購入費(DOR負担)	167NR s/m ³ の3倍 1点	167 s/m ³ の3倍 1点	167NR 程度 3点	ヨギ氏聞き取り
	運搬費(日本負担)	1,114NRs/m ³ 2点	926 NRs/m ³ 3点	1,270NRs/m ³ 1点	
	合計	1,615NRs 程度	1,427NRs 程度	1,437NRs 程度	①、②の購入費は、167NRsの3倍(501NRs)で試算。
総合評価	6点	11点	16点 採用		

※1：河川名で示す。コラ(Khola)は、ネパール語で乾季に枯れ川となる川を意味する。

出典:調査団

2.2.5.3 測量

概略設計を実施するために縦断測量および横断測量を実施した。測量位置を図 2.2.35 に示す。それぞれの目的および数量は表 2.2.22 に取りまとめたとおりである。測量成果は英文(製本版)電子データに格納する。



出典:調査団

図 2.2.35 測量位置図

表 2.2.22 測量の目的と実施数量

場所	目的	数量
Sta. 17+600 付近 線色:オレンジ色	A ブロックに対する概略設計に使用する。	縦断:200m 横断:15本 120m $\Sigma L=1,800m$
Sta. 17+600 下方 線色:赤色	B ブロックに対する概略設計に使用する。	縦断:40m 横断:4本 60m $\Sigma L=160m$
Sta. 18+200 線色:青色	新しい道路線形に対して検討する。	縦断:170m 横断:19本 60m $\Sigma L=1,140m$
Sta. 18+200 山側 線色:ピンク色	切土箇所土工の検討に使用する。	縦断:140m 横断:5本 100m $\Sigma L=500m$

出典:調査団

2.2.6 施工段階における詳細確認と設計への反映

設計段階では、地山状態を弾性波探査等から推定して設計常数および設計条件を決定している。実際に施工が進むにつれて地山状態が明らかとなるが、設計時の想定と条件が異なる可能性がある。この場合には、設計および設計施工図の調整及び、数量の調整が必要となる。

施工中に確認すべき項目としては表 2.2.23 に示す項目があげられる。

表 2.2.23 施工中に確認すべき項目

工種	項目	内容
アンカー	定着体	引き抜き試験を実施して設計で期待している周面摩擦が確保できるか確認する。
土土	安定勾配 補強土工	地山状態が設計時に想定した通りか確認する。
	押え盛土	初期施工段階に転圧試験を実施し敷均・転圧の層厚、転圧回数が設計通りで問題ないか確認する。 施工初期段階の植生試験によって、選定した植生の適合性を確認する。 透水層に用いる材料が透水層に適した材料であるか確認する。
擁壁工	練石積擁壁工 コンクリート基礎工	地山の状態が設計時に想定した条件を満足しているかを確認する。

2.2.7 その他(グローバルイシュー)

本計画は、安全で安定した道路機能確保を目的とすることから、人間の安全保障に直接寄与する。また、道路機能確保を確保することで、インドおよびカトマンズとの物流が確保でき、交流が進むことで産業が活発となり、貧困削減に寄与する。なお、プロジェクト範囲が狭いことからジェンダーに与える影響はない。