

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの概要

3.1.1 上位目標とプロジェクト目標

シンズリ道路は、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 のネパール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。

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。これらの区間の内、第二工区の Sta.17+600 および Sta.18+200 の 2 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。

本プロジェクトの目的は、上記 2 地点の恒久的な斜面对策工事を実施することである。このことにシンズリ道路第二工区の交通機能を阻害する恐れのある大きな要因が取り除かれ、安全で円滑な交通機能が確保されることになる。

3.1.2 プロジェクトの概要

これら 2 区間の対策工実施に際しては、持続的な道路交通機能の保全を目的とし、長期間にわたり道路交通が確保される恒久的な対策工を建設することを基本方針とする。

上記基本方針を達成する対策工法として、本準備調査で下記の工法を選定した。これらの対策工の実施により、恒久的な道路交通機能が保証される。

3.2 協力対象事業の基本設計

3.2.1 設計方針

3.2.1.1 基本方針

(1) 対象区間

対象区間は、シンズリ道路第二工区 Sta.17+550～Sta.18+300とした。この区間に存在する A～C(巻頭写真集参照)の 3 つの地すべりの対策工を実施するものである。

(2) 地すべり対策工の設計概念と計画方針

シンズリ道路第二工区 Sta.17+600、Sta.18+200 で道路建設後、当該地点の斜面が豪雨により不安定化した。これら斜面の安定度評価を行った結果、いずれの斜面もそのまま放置した場合、道路交通機能に甚大な障害が発生すると判断された。持続的な道路交通機能の保全を目的とし、以下に示すの視点から対策工を計画する方針とした。

- 対策工は恒久的な対策工とし、長期間にわたり道路交通が確保される対策工法を計画する。
- 各ブロックの崩壊メカニズムを明らかにし、その崩壊メカニズムに適応した対策工を計画する。
- 道路を供用しながらの工事となるため安全に配慮して対策工を計画する。
- 斜面对策工は、斜面環境の改善に寄与する工事である。しかしながら、工事期間中は自然・社会環境に悪影響を与える要素もあるため、この影響が最小限におさえられるよう計画する。
- メンテナンスが最小限となるような対策工を計画する。

(3) 「ネ」国側の道路維持管理

「ネ」国においては、道路維持管理の年間事業計画に基づきメンテナンスが行われ、既に譲渡された二工区および四工区においても DOR によるメンテナンスが実施されている。今回の工事では、資材運搬用道路および骨材運搬道路に供用中のシンズリ道路を使用する。この区間は、斜面崩壊および洗掘による道路流失が多発する区間であり、この道路が通行止めとなった場合には、本プロジェクトの工程に影響する。この区間の道路維持管理は通常行われている DOR のメンテナンスで実施する方針とした。今回の工事にアンカー工等の特殊な工種が含まれるため、工事完了後に維持管理すべき追加項目がある場合には維持管理手法について提案を行うこととする。

3.2.1.2 自然条件に対する方針

(1) 気候や降雨に対する方針

図 3.2. 1 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。

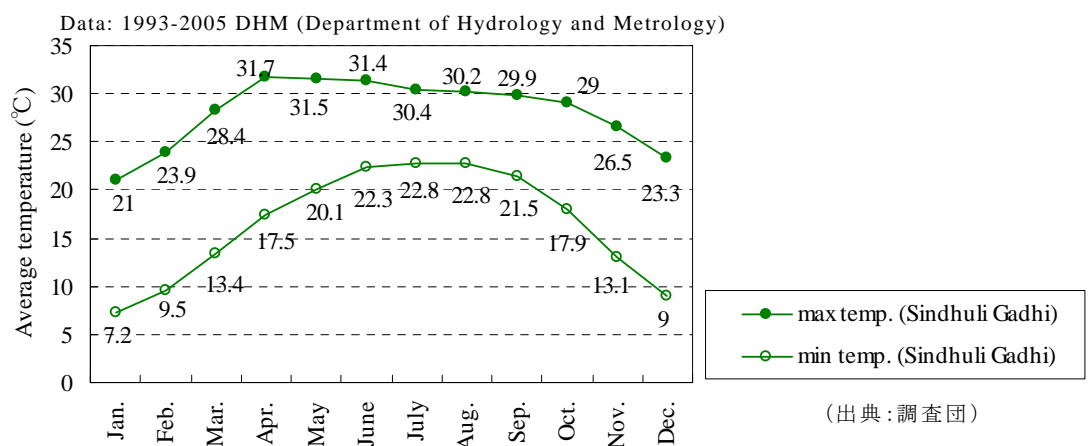


図 3.2.1 調査地周辺の平均最高気温および平均最低気温

調査地点周辺(第二工区 sta17+400)の季節的な降雨状況は図 3.2.2 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 3.2.3 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、比較的降雨量が多い。

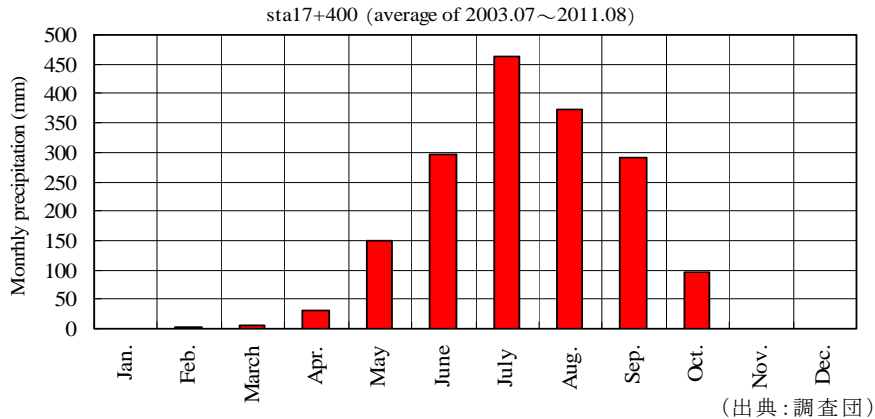


図 3.2.2 調査地点周辺の季節的降雨状況

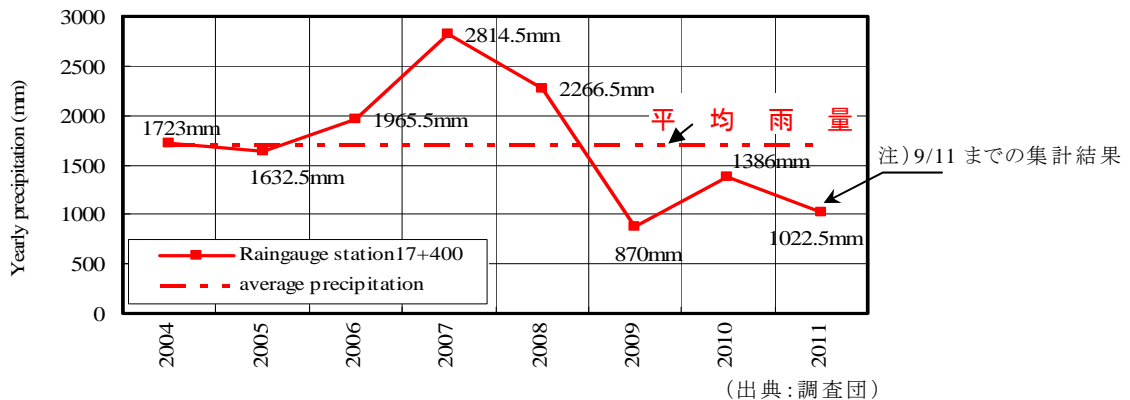


図 3.2.3 調査地点周辺の長期降雨状況

このため、品質管理上から舗装工事(DBST 舗装とアスファルト舗装)についてモンスーン季を避けることとした。なお、その他の工事については、降雨による大きな影響は比較的少ないと判断されたため通常の稼働率で計画した。

(2) 河川・水域に対する方針

シンズリ道路二工区の設計方針を踏襲して、設計流出量を算定した。降雨強度算出は、プロジェクト道路に近いネパルトック雨量観測所のデータを用いた。

(3) 地形・地質に対する方針

対象地域は、マハラバット山脈を形成する 30～40 度の急斜面からなる。また、調査地の約 1.5km 西方には、主境界断層(MBT)が存在し、シワリク堆積岩と低ヒマラヤ帯の片岩類を分けている。主要断層の北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、崩壊が発生しやすくなっている。このため、十分な安定を確保できる安定勾配にて切土を行う方針とした。安定勾配にて切土を実施できない場合は、切土補強土工法にて補強する方針とした。

(4) 森林・樹木に対する方針

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。永久構造物が計画されている箇所は、すべて国有地であり森林地帯に区分されるが、森林として低木層～高木層まで十分に発達している箇所はない。切土法面、盛土法面には植生を取り込む方針とした。なお、立木伐採の範囲は、建設に必要な必要最小限とした。

(5) 地震に対する方針

プロジェクトサイトを含む地域は、インドの耐震設計基準 (Indian Standard Criteria for Earthquake Resistant Design of Structure, Third Revision, 1989) において、最も危険度の高いゾーンVに位置する。そのため、盛土の設計計算で地震を考慮した。

(6) 自然環境への配慮

プロジェクト実施箇所は、風光明媚な自然環境に恵まれた地域である。このため、それらの景観を損ねないように出来る限り植生工を取り入れる方針とした。

3.2.1.3 社会環境条件に対する方針

(1) 社会環境への配慮

対策工検討に際しては「土地の損失」、「振動、騒音、排気ガス、粉塵」や「供用中のシンズリ道路の安全確保」を考慮した。このため、極力それらを回避することを基本とし、避けられない場合は、低減策を提案した。また、工事用道路区間には、耕作地が多く分布するため、工事期間中は補償を行う計画とし、工事終了時には原形復旧する方針とした。

3.2.1.4 建設事情及び調達事情に対する方針

(1) 労務調達事情

施工に従事する単純作業労務者は、現場周辺で確保できる。一方で、シンズリ郡の場合、周辺諸国も含めた建設需要の高まりに伴い技能を備えた労働者の多くは出稼ぎに出ており、技術者や熟練工はカトマンズもしくは他地域からの雇用となる。なお、「ネ」国における労務者の賃金は、物価と同様に上昇傾向にある。

(2) 建設資機材

「ネ」国内において、建設材料のうち天然資材(砂利、石材、木材)、セメント、鉄筋及びガビオン鉄線については、市場で入手が可能である。なお、「ネ」国で生産されていないアンカー材、高強度ネット材、法枠フレーム等の製品は日本からの調達とした。

(3) 労働法規及び規定

労働者の雇用に際し、「ネ」国の労働基準法 (Rule and Regulation for Workers and Employee to the Private Institution and Factory in Nepal, 1991年・1993年) を遵守することとした。

(4) 日常生活物資

施工に従事する遠隔地からの出稼ぎ労働者のための飲料水、宿舎での調理に必要な燃料は、地域住民感情および自然環境に配慮し、プロジェクト外からの手配を考慮した。

3.2.1.5 現地業者の活用に係わる方針

(1) 「ネ」国建設業者の参加に関する考え方

我が国無償資金協力の枠組みの中で、「ネ」国の建設業者が品質を確保し、適切な下請け金額で事業を実施するために、我が国元請業者と下請け業者との間の価格交渉期間を十分確保できるスケジュールを策定した。

(2) 「ネ」国で製作、加工の可能な資材の使用

「ネ」国で調達可能な資材としては、鉄筋、蛇籠用鉄線等がある。「ネ」国で調達可能でない資材については我が国又は第3国調達とした。

(3) 建設機械の調達

「ネ」国内における工事用機械の賃貸専門業者は存在せず、また、厳しい施工条件における安全性・作業性の確保や山岳地域における継続的なメンテナンス、約2年間に渡る長期の工事期間等を勘案し、工事用機械は日本からの調達とした。

3.2.1.6 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

本プロジェクトの実施機関であるDORは、長年我が国の無償資金協力事業を実施してきている。シンズリ道路建設計画における1996年の第一工区建設当初からの実績で判断できるように、本プロジェクトの実施に対する運営・維持管理能力は高いと考えられる。

しかしながら、工事完了後の維持管理については、アンカー工等の特殊法面工種が多いことから計画的な維持管理計画と予算確保が必要である。

3.2.1.7 サービスレベルの設定に対する方針

(1) 設計基準

地すべり対策工の設計に際しては、極力「ネ国」の技術を適用することを基本方針としているが、斜面对策工に関する系統的な技術基準は整備されていないため、日本の技術基準を適用して建設は進められている。本調査で適用する各種技術基準も日本の技術基準である。これらの基準類は1950年代以降今日に至るまで、諸外国の技術基準等も参照しつつ日本独自の技術開発の成果も取り入れて作成され、改定されて来たものである。

グラウンドアンカー工の設計基準(地盤工学会)は昭和63年(1977)に初版が制定されたが、平成2年(1990)、平成12年(2000)の2度にわたる改定が行われている。最新の改定に際しては、フランス、イギリス、アメリカ、EU、FIP(国際プレストレスコンクリート連盟)等の技術基準を参照すると同時に日本における技術開発の成果も取り入れられている。

道路土工指針(日本道路協会)は昭和31年(1955)に初版が公刊され、以来技術の進歩に合わせて数次の改定が行われてきた。最新版は平成22年に公刊されたものである。この技術分野の基準参考書は道路のみならず、ダムや空港建設事業等多岐にわたっており、国際的な技術交流も頻繁におこなわれている。今回の調査に際しては、これらの技術基準も参照している。全て日本の刊行物であるが、国際的な各種開発事業で適用され、初期の成果を得ている。

道路構造令は昭和45年(1970)道路構造の一般的技術基準を定めた政令である。この中でシンズリ道路は県道3種4級(山岳道路:最低走行速度20km/hr)に相当する基準が適用されている。

現在、日本ではこれら上記の技術指針に基づき、種々の斜面防災対策工事が実施され着実に成果を挙げている。本調査でも、これら各種技術指針を的確に運用しつつ設計・施工を行う方針とする。また、道路規格および構造は、建設中のシンズリ道路プロジェクトにおいて実施機関と合意している規格および構造を踏襲する。

表 3.2.1 主要技術基準

対象区間	主要対策工	適用設計基準
Sta. 17+600	① アンカー工	・道路土工 切土工-斜面安定工指針：日本道路協会 ・グラウンドアンカー工設計・施工基準、同解説：地盤工学会
	② 盛土工	・道路土工 施工指針：日本道路協会 ・道路土工 盛土工指針：日本道路協会 ・道路土工 排水工指針：日本道路協会
	③ コンクリート吹付法砕工	・法砕工の設計施工指針：(社)全国特定法面保護協会
	④ コンクリート吹付	・コンクリート標準示方書-吹付コンクリート：日本土木学会
Sta. 18+200	① 道路の山側移設	・道路構造令：日本道路協会
	② 高強度ネットと鉄筋挿入による斜面保護	・切土補強土工法設計・施工要領：NEXCO

出典：調査団

(2) 地すべりの計画安全率

地すべりの対策工を検討するに際し、地すべりの計画安全率を設置する必要がある。一般的に計画安全率は、表 3.2.2 に従い計画安全率を設定する。

シンズリ道路は、「ネ」国にとって重要路線であることから、 $P \cdot F_s = 1.2$ を採用することとする。

表 3.2.2 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）」

(3) 付替え道路の設計基準・規格

本プロジェクトの付替え道路は、シンズリ道路建設計画の第二工区として整備された区間である。付替え道路の設計にあたっては、一連の路線としての機能を確保するため、これまでのシンズリ道路の設計基準に準拠するものとした。

道路規格は、当区間は山地部・急峻部に位置し、かつヘアピンカーブ部であることから、第二工区と同様の設計速度 20km/h を採用した。また、ヘアピン区間であるため交通安全に配慮するとともに、現道交通の確保と維持修繕が容易な構造形式を採用した。

表 3.2.3 道路規格

項目	規格	標準横断構成
設計速度	20km/h	
標準幅員	4.75m	
・設計条件はシンズリ道路(第二工区)の考え方を踏襲する。		

出典：調査団

3.2.1.8 社会経済条件に対する方針

(1) 国家戦略道路網としての道路機能の確保

「ネ」国の国家戦略道路網(SRN)の国道 6 号線(H06)として、また中部丘陵東西ハイウェイ構想の一部を構成する道路として、経済成長と産業振興が図れ、社会・経済活動を刺激・活性化することがシンズリ道路建設プロジェクトの目標とされている。本プロジェクトは、シンズリ道路において最も土砂災害ポテンシャルが高いと判断された斜面の防災工事を行うもので、当地区で半永久的に交通障害が発生しない方針とした。

3.2.2 基本計画

3.2.2.1 全体計画

(1) 準備調査（その1）レビュー

1) 斜面对策の対象区域

準備調査その1の結果から、斜面对策の対象区域は、図 3.2.4 に示す Aブロック、Bブロック（以上 Sta.17+600 付近）および Cブロック（Sta.18+200 付近）の3か所である。

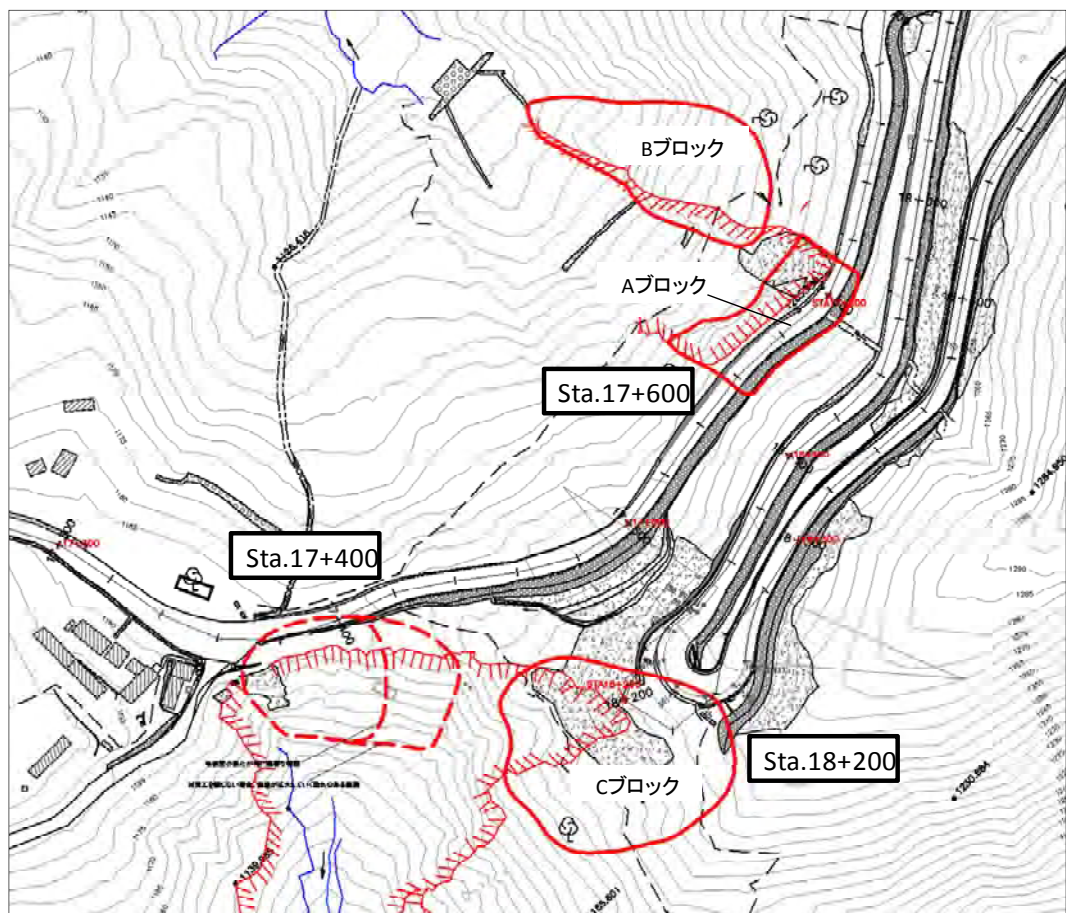


図 3.2.4 斜面对策の対象区域（出典：調査団）

なお、Sta.17+400 付近の斜面对策については、崩壊の進行速度が遅く、直ちに道路交通へ影響を与えないと判断されたことと、ネパール側で実施可能な工法が提案されたことから、DOR 側で対応する方針となっている。

準備調査その1終了後の、DOR による継続観測結果を踏まえ、各斜面の崩壊機構、斜面の安定度および対策方針についてレビューを行った。観測データのレビュー結果については、巻末資料 6.8 に添付する。

2) 各地区の状況

i) A ブロック (Sta.17+555～17+605 付近)

① ブロックの規模

2009年7月の崩壊範囲、路面上の亀裂位置、および地形形状から以下のとおり。
幅約 50m、長さ約 22m、厚さ約 12m(道路盛土部を除く)

② 崩壊履歴

本地点では、2007年8月に道路斜面下方の沢地形部で崩壊が始まった(幅70m、長さ90mの規模)。この崩壊域は同年9月道路付近にまで拡大し、道路面や山側擁壁に亀裂が発生した。その後、2009年7月末にも上部の岩盤の露出する急崖斜面で再度崩壊が発生し、その際、道路面にヘアクラックが発生している。

③ 崩壊機構

斜面方向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おり、流れ盤崩壊やくさび(楔)崩壊が発生する地質構造である。2009年7月この地点で発生した崩壊は、この構造に支配されて発生したものである。

連続雨量607mmを記録した2007年7月～8月の降雨で最初の沢地形部の大崩壊が発生しており、その後150mm～300mm程度の降雨で小崩壊が発生している。その後、時間雨量50mm程度の降雨を8回経験しているが、崩壊は発生していない。2009年7月の崩壊を最後に、それ以降には崩壊は発生していない。

④ モニタリング結果

滑落崖上方の道路面及び道路山側擁壁工の亀裂の計測において、雨季に若干の変動が認められる。地盤傾斜計においても若干の累積傾向が確認できた。上記の観測結果から、道路下部の崩壊による緩みの影響が、道路および道路構造物に及んでいる可能性がある。

⑤ 将来の崩壊予測

観測結果から、現在ぎりぎりのバランス状態にあるが、流れ盤の亀裂沿いに約50mの範囲で、豪雨時や地震時に、突発的な崩壊が発生する可能性がある。

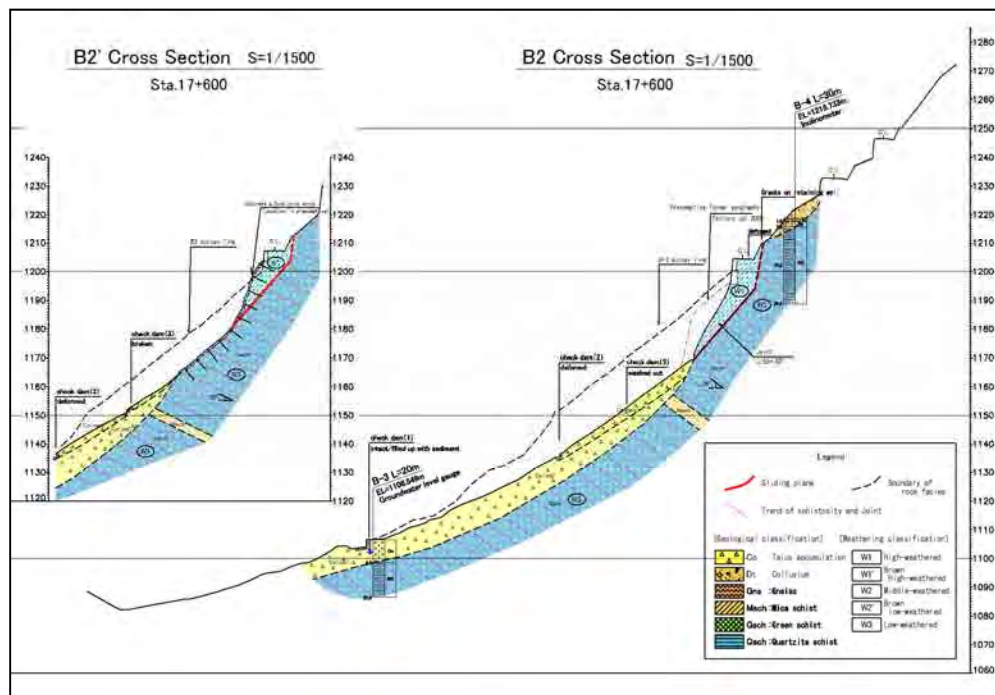


図 3.2.5 Aブロック地質断面図 (出典:準備調査その1報告書)

⑥ 対策の必要性

Aブロックの斜面が崩壊した場合、Sta.17+600は上方に道路が通過しており、道路の付替えに伴う掘削が困難であるため、道路付替工の実施は不可能である。したがって、Aブロック斜面自体の安定化を行うことが必要である。

また、Aブロックの道路上方斜面は、崩積土が分布しており、豪雨時のAブロックへの降雨浸透を防止するため、浸透防止(表層被覆)を図ることが望ましい。あわせて、安全な道路交通の確保の観点から、表層に分布する落石対策の実施が望ましい。

ii) Bブロック(Sta17+620 付近下方斜面)

① ブロックの規模

頭部の開口亀裂、側部の崩壊、沢地形および地質調査結果から、以下の通り。

幅約 40m、長さ約 85m、厚さ約 18m

② 崩壊履歴

本地点では、2007年8月に当ブロックの起点側に隣接する沢地形部で崩壊が始まった(幅70m、長さ90mの規模)。この崩壊域は同年9月道路付近にまで拡大し、道路面や山側擁壁に亀裂が発生した。その後、2009年7月末にも上部の岩盤の露出する急崖斜面で再度崩壊が発生(Aブロック)し、その際、道路面にヘアクラックが発生している。Bブロックは、この崩壊の終点側に隣接する尾根状地形部で、過去に崩壊発生履歴はない。

③ 崩壊機構

Bブロックは、やや尾根型地形を呈し、トップリングにより斜面斜め下方の谷側へ倒れ込むようにクリープ変形し、ルーズな土砂化しつつある部分である。この部分は、道路の位置する上部岩盤斜面のカウンターウェイトの役割を果たしている。したがって、この斜面が崩落した場合には、隣接する2007年の沢地形部の崩壊と同様に、上部の道路付近に急崖が形成され、道路付近の斜面が、その後二次的に不安定化する可能性が高い。

④ モニタリング結果

Bブロック頭部の引張開口亀裂の観測の結果、顕著な拡大傾向は認められなかった。しかし、地盤傾斜計及び孔内傾斜計の観測にわずかな変位の累積傾向が認められた。今回のレビューでも、地盤傾斜計の累積傾向が確認された。起点側の沢部の崩壊により側部の抵抗体が消失しており、本斜面の緩みは現在でも進行しながら、ぎりぎりのバランス状態にあるものと考えられる。

⑤ 将来の崩壊予測

当該斜面はクリープが進行しており、このまま放置すれば、豪雨や地震を契機として将来Bブロック全体が不安定化し崩落する可能性がある。もし、この斜面が不安定化し崩落した場合、道路の位置する上方斜面が急崖として残ることになり、その場合、道路付近の急崖斜面がAブロックと同じように二次的に不安定化することが懸念される。

⑥ 対策の必要性

Bブロック全体が不安定化し、崩落した場合には、道路の位置する上方斜面が追従して、二次的に不安定化する可能性がある。その結果、Bブロック上方の広範囲に道路が被災し、その場合には地形的に急斜面である原位置での道路復旧が困難になると想定される。そのため、現段階で緩みの進行しているBブロックを、将来にわたって安定化させることが必要である。

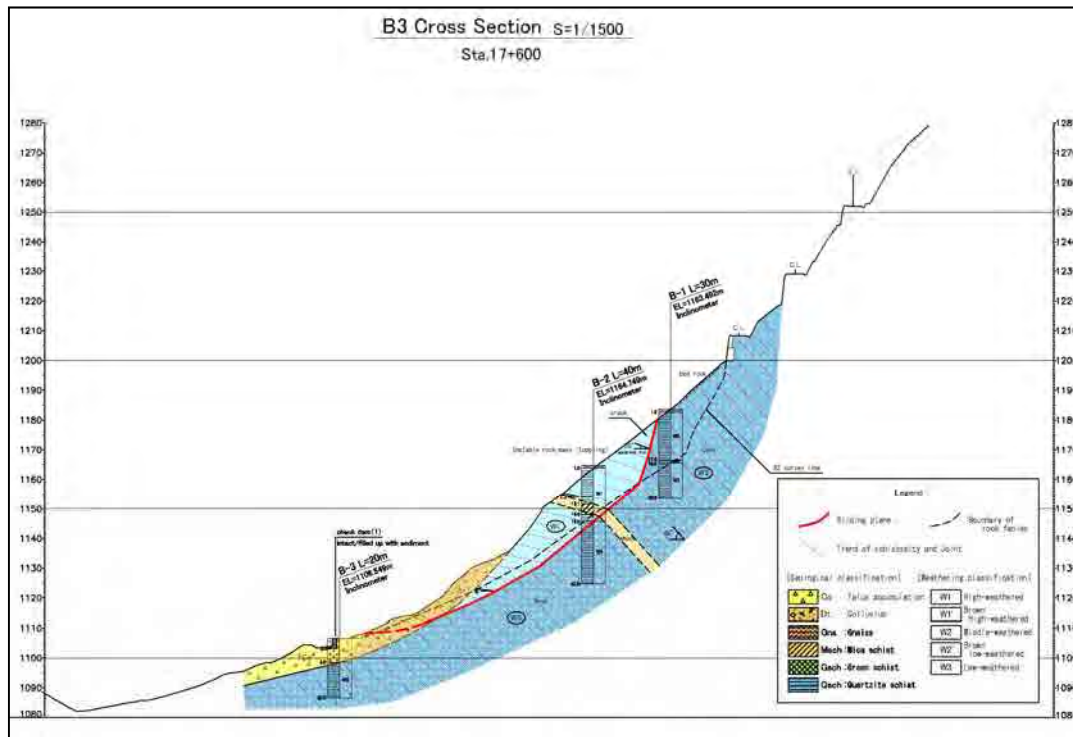


図 3.2.6 Bブロック地質断面図 (出典:準備調査その1報告書)

iii) Cブロック (Sta18+200 付近)

① ブロックの規模

頭部の道路亀裂、側部の崩壊および沢地形、孔内傾斜計観測結果及び露岩状況から、以下の通り。

幅約 70m、長さ約 70m、厚さ約 22m

② 崩壊履歴

この地点は尾根地形の先端に面する急斜面である。2003年に道路直下の斜面に亀裂が発生し、2005年に道路側に亀裂が進展した。このため、2006年に道路を山側に約6mシフトしている。その後も斜面の緩みは進行し、雨季のたびにコンクリート吹き付け部の崩壊や、擁壁の亀裂の拡大が継続している。

③ 崩壊発生機構

トッピングによるクリープ変形が発生しており、豪雨を引き金とする崩壊が容易に発生する斜面状況となっている。

2004年7月および2007年7月に発生した大崩壊後、崩壊面が急勾配となり、不安定な斜面が残存する形となった。このため、この不安定土塊が小さな降雨に反応して落下している。これまでも調査期間中の雨季に、豪雨に伴う小崩壊が繰り返し発生し、土砂流出や崩壊斜面の後退が認められるなど、現在でも崩壊が進行している。

時間雨量約30mm、連続雨量が150mmを超えると崩壊が発生する傾向にある。また、連続雨量が500mmを超えると大崩壊が発生する傾向にある。

④ モニタリング結果

ノギス等による擁壁の亀裂幅の観測や地盤傾斜計、孔内傾斜計観測を実施している。いずれも、雨季に顕著な累積変位が観測されており、目視でもモルタル吹き付け部の剥離など、崩壊の進行が認められる。今回のレビューでも、擁壁亀裂の開きの進行が確認された。

⑤ 将来の崩壊予測

Cブロックは、トップリングによる崩壊(すべり)現象が継続かつ拡大している。乾期においては顕著な変位が認められないものの、雨期において降雨後に道路面及び擁壁の亀裂に拡大が認められた。したがって、このまま放置すれば、近い将来崩壊による変状がさらに拡大し、道路交通機能が損なわれる恐れが高い。

⑥ 対策の必要性

道路交通機能確保のため、早急に不安定化している C ブロック全体の斜面対策もしくは不安定領域(Cブロック)外への道路シフトが必要である。また道路シフトの場合には、地すべり全体の進行を抑制するため、雨季のたびに小崩壊が繰り返し発生している、モルタル吹き付け部周辺の崩壊防止対策が必要である。なお、C ブロック上部の亀裂の外側には変状は発生しておらず、シフトした道路は現在のブロック範囲から 5m 程度離隔をとれば良いと判断する。

iv) Sta.17+400

当ブロックについては、DOR 側で対策を実施中であるが、参考までにこれまでの調査結果をレビューすれば以下のとおりである。

① ブロックの規模

表層崩壊の繰り返しからなる地形であるが、現状の崩壊範囲、露岩状況、地形などから、最大に見積もると以下の通り。

幅約 70m、長さ約 40m、厚さ約 8m(道路盛土を除く)

② 崩壊履歴

この地点は 2003 年 6 月に最初の崩壊が発生した後、2004 年 7 月、2005 年 8 月にも崩壊が発生している。これら一連の崩壊で尾根の幅が約 15m 狭まり道路法肩に近接したため、2006 年道路を西側にシフトした。その後、毎年のように雨期に小崩壊が発生し、現状地形となっている。2010 年 8 月の雨季には、旧道路構造物である擁壁および吹き付けが完全に剥離、崩落した。今回の調査団滞在中には、特に変化は見られなかった。

③ 崩壊発生機構

斜面の下方には崩積土が最大 10m の厚さで堆積しているが道路に近い斜面では風化した片岩類が露出している。崩壊のタイプは、豪雨時の表層崩壊の繰り返しであり、これまでの数次にわたる崩壊により、崩積土や土砂に近い状態まで風化した部分が削剥された結果である。時間雨量約 30mm、連続雨量が 150mm を超えると崩壊が発生する傾向にある。また、連続雨量が 500mm を超えると大崩壊が発生する傾向にある。連続 300mm 程度の降雨は毎年経験しており、毎年小崩壊が発生していることとなる。

④ モニタリング結果

斜面観測は、地盤傾斜計 2 基と孔内傾斜計 1 孔により実施している。それらの計器には顕著な変位が発生しておらず、地山の深い部分からの崩壊発生の可能性は少ない。降雨を誘因として、断続的に表層崩壊を繰り返している機構が裏付けられた。

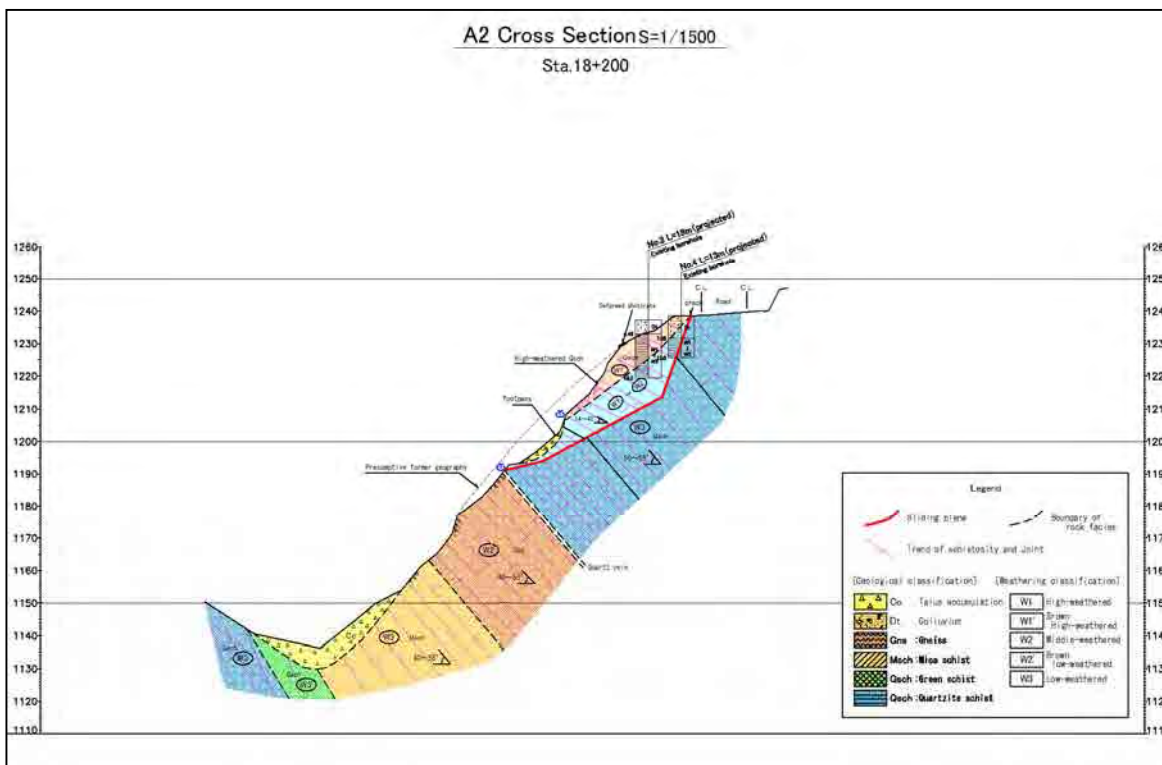
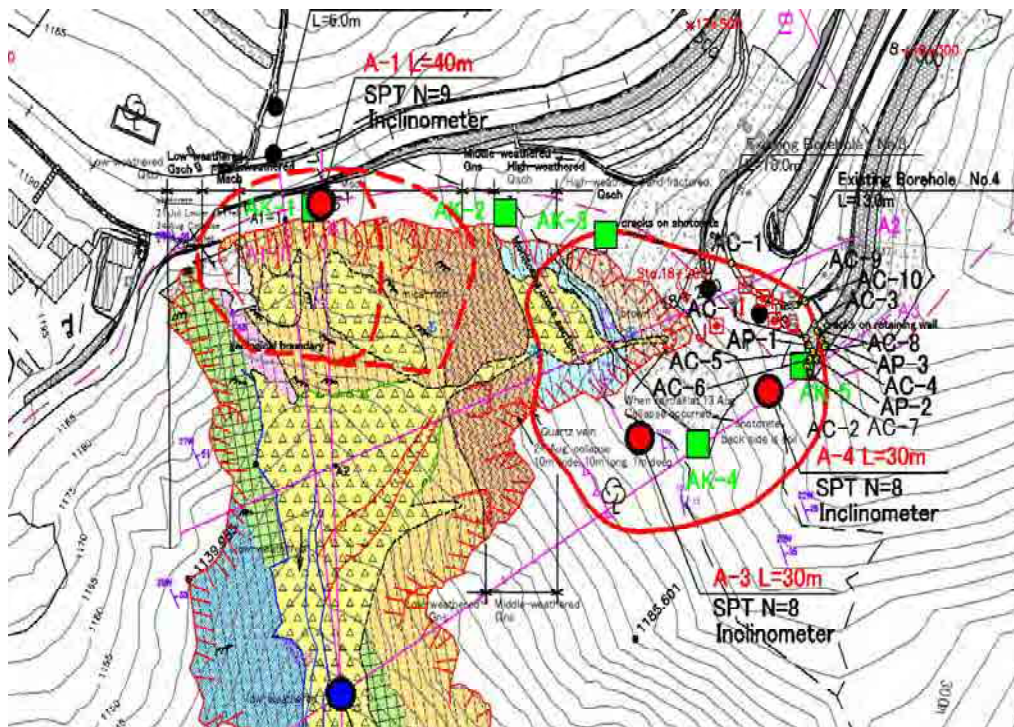


図 3.2.7 Cブロック平面図および地質断面図 (出典:準備調査その1報告書)

⑤ 将来の崩壊予測

崩壊の拡大速度は非常にゆっくりであり、崩壊の進行が道路機能に障害を与えるまでには相当の時間がかかると考えられる。しかしながら、対策工を全く実施しなかった場合、斜面崩壊がこのまま進行し、将来は道路に影響を与えるものと考えられる。

⑥ 対策の必要性

将来の道路への影響を防ぐため、斜面崩壊に対する対策を順次実施することが望ましい。

具体的には、沢部の浸食防止、道路からの排水処理、崩壊した裸地部の緑化などが考えられる。対策工は、荒廃している環境を改善させる意味でも、実施が望ましい。なお、2011年には、DORにより、沢部(準備調査その1の A-2 ボーリング孔脇)において、チェックダム(コンクリート+フトン籠製、主堰堤+副堰堤2基、総堰堤高さ≒13m 程度)が施工され、縦浸食防止が図られている。

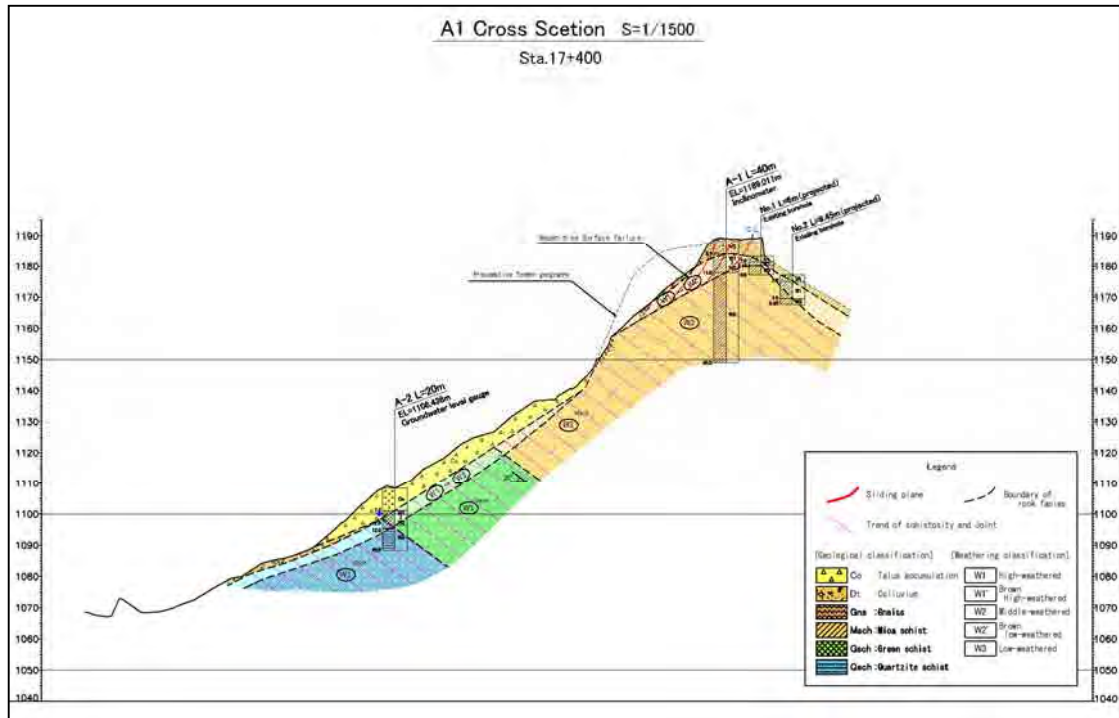


図 3.2.8 Sta17+400 地質断面図 (出典:準備調査その1報告書)

3) レビューまとめ

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)

地点	A ブロック Sta.17+600	B ブロック Sta.17+600	C ブロック Sta.18+200	Sta.17+400 (参考)	
崩壊機構	地形	沢型の集水地形頭部の急崖	クリープ変形斜面(側部は急崖)	尾根地形の先端斜面	
	地質	流れ盤の節理発達する石英片岩	受け盤片理構造の石英片岩	受け盤構造の雲母片岩/石英片岩	
	崩壊のタイプ	平面・くさび崩壊/道路盛土部の変形	トップリング崩壊	トップリング崩壊(部分的な表層崩壊)	表層崩壊の繰り返し
崩壊発生履歴	2009年7月崩壊発生その後崩壊拡大なし	2007年9月側方沢部で崩壊その後崩壊拡大なし	2003年11月より崩壊進行 毎年、雨季に崩壊拡大する	2003年6月より表層崩壊を繰り返し 2010年10月に吹き付けが完全崩落	
モニタリング結果	地盤傾斜計	回帰性変動(変動 B~C)	雨季に微小な累積変動(変動 C~変動なし)	雨季に顕著な累積変動(変動 B)	変動なし
	孔内傾斜計(準備調査その1)	なし(上部斜面も変動なし)	微小な累積変動	顕著な累積変動	変動なし
	亀裂・その他	雨季に若干の拡大もあるも、累積性なし	—	拡大傾向顕著(最大48mm 拡大)	—

現状斜面の安定度	道路構造物に亀裂等の変状が発生しており、崩壊発生後ぎりのバランス状態を保つ	地質的にクリープ変形が進行しており、側部の崩壊発生後、ぎりぎりのバランス状態を保つ	雨季に、崩壊の進行や亀裂の拡大が認められ、斜面全体が不安定化している	降雨時に、小規模な表層崩壊が繰り返し発生し、斜面が徐々に後退する
将来の崩壊予測	連続雨量 500mm 超の 豪雨や地震時に突発的に崩壊発生する可能性が高く、発生時期の予測は困難。	連続雨量 500mm 超の 豪雨や地震時に2007年9月と同様規模の崩壊発生の可能性があり、発生時期の予測は困難。	雨季には吹き付け部の小崩壊や擁壁亀裂の変状拡大があり、 数年以内に崩壊が拡大する可能性が高い。	表層崩壊による地形の後退速度を、【10cm/1年確率降雨、60cm/5年確率降雨】と見積もれば、 30年で6m後退し道路に達する。
崩壊発生した場合の保全対象への影響	変状の進行、もしくは新たな崩壊発生の場合、道路および道路構造物が直接被災し、通行不能となる可能性が高い	崩壊が発生すれば、道路下に岩盤の急斜面が出現し、その後、急斜面の緩みの進行により、道路部分が二次的に被災する可能性がある	崩壊が発生した場合、道路および道路構造物が直接被災し、通行不能となる可能性が高い	直ちに道路への影響はないが、放置すれば、小崩壊の進行により将来道路が被災する可能性がある

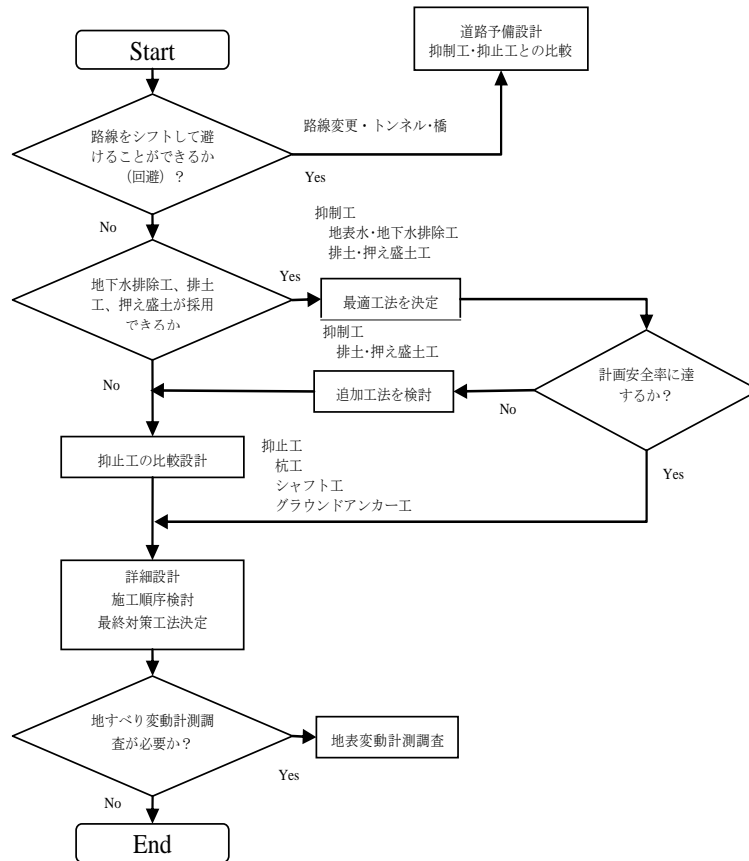
(2) 対策工の選定

1) 対策工の分類

レビュー結果および地質調査結果を考慮して、対策工の概略検討を再度実施した。地すべり対策工には大別して抑制工と抑止工がある。抑制工とは地形、地下水状態等の自然条件を変化させて地すべり活動を停止または緩和させる工法である。抑止工とは構造物を設けることによって構造物のもつ抑止力により、地すべりの一部または全部を停止させるものである。

地すべり対策工は、多くの場合数種を組合せた工法を採用している。表 3.2.5 に地すべり対策工の分類を示す。このうち抑止工は地すべり土塊の動きが継続している場合は効果が期待できないばかりでなく、施工自体が危険を伴うこともあるので、このようなときは抑制工を先行し、地すべりの動きを抑えてから適切な時期に実施することが一般的である。

図 3.2.9 の地すべり対策工検討フローチャートを参考に対策工を選定した。



出典:道路土工指針 切土工・斜面安定工指針を参考に調査団にて作成

図 3.2.9 地すべり対策工検討フローチャート

表 3.2.5 地すべり対策工の分類

抑制工	
地表水排除工	地表水排除工には応急的に施工するコルゲート管等を用いた水路工と防水シート等を用いた浸透防止工がある。
浅層地下水排除工	浅層地下水排除工は、地下水のうち、比較的浅い深度にあるものを対象とし、工法には、暗渠工、明暗渠工、横ボーリング工等がある。
深層地下水排除工	深層地下水排除工は、すべり面が深く、地下水位が低いため、地表に近い地層内からの地下水排除が有効で、ない場合に検討される。工法には、横ボーリング工、集水井工、排水トンネル工等がある。
地下水遮断工	地すべりブロック外から明瞭な流路に沿って地下水がブロック内に流入している場合に、これをブロック外で遮断排水する工法である。
排土工	地すべり地の上半部の一部を排土して地すべりの安全率を向上させる工法である。
押え盛土工	地すべり末端部に土塊を盛土して地すべりの安定を図るものである。
河川構造物による浸食防止工	砂防堰堤によって河床を高めたり、河川や海岸において、護岸、擁壁、床固め、水制、捨てブロック等により脚部の浸食を防いだりする工法である。
抑止工	
杭工	大口径ボーリングによりすべり面以深の所定の深度に鋼管杭を設置し、地すべりを抑止する工法である。
シャフト工	地すべりが大規模である等のために、一般の杭工では対応が困難な場合は、大口径ボーリングにかえて径2.5～6.5mの井戸を掘下げて鉄筋コンクリート構造のシャフト工を構築する工法である。
グラウンドアンカー工	不動土塊に達する比較的小さい削孔を行い、高強度の鋼材等を引張材として使用し、引張材を基盤に固定し、地表の受圧板でその反力を受止めて抑止する工法である。

出典:道路土工指針 切土工・斜面安定工指針を参考に調査団にて作成

2) 対策工の選定

i) Aブロック(Sta.17+600)

Aブロック地すべり緒元:幅 50m 奥行き 22m 深さ 12m

現状安全率 $F_s=1.00$ 計画安全率 $P.F_s=1.20$

Aブロックへの適応性について検討した。検討の結果、地形条件が厳しいため地すべり対策工としては、グラウンドアンカー工のみが適応可能であるという検討結果になった。また、地すべり回避として橋梁工も考えられる。

表 3.2.6 Aブロック地すべり対策工選定表

対策工等		Aブロックへの適応	判定
地すべり回避		上部斜面に道路があり路線変更は無理であるが、橋を架けて地すべりを回避することは可能である。ただし、工事中は通行止めとなる。	○
抑制工	地表水排除工	道路に水路がありすでに実施済み。雨水の浸透防止を目的として上部斜面にコンクリート吹付工を実施する。	×
	地下水排除工	斜面勾配が急であり、降雨時に大きな地下水上昇が認められないため採用しない。	×
	地下水遮断工	地すべりブロック外からの地下水供給がそれほど大きくないと推定されるため、採用しない。雨水の浸透防止を目的として上部斜面にコンクリート吹付工を実施する。	×
	排土工	上部斜面に道路があり不可能	×
	押え盛土工	斜面が急で盛土が刷りつかないため不可能	×
	河川構造物	対象外	×
抑止工	杭工	斜面が急勾配で杭を配置する箇所がない	×
	グラウンドアンカー工	急斜面にも対応でき採用可能	○

(出典:調査団)

アンカー工の概算工事費は表 3.2.7 に示すとおりである。単価は準備調査(その1)で収集した単価を使用した。経済的に第1案アンカー工案の方が優れ、当地区に適していると判断する。また、橋梁工は工事中が通行止めとなることからアンカー工が優れると判断する。

表 3.2.7 アンカー工概算工事費

1案							
工種	アンカー工	規格	数量	単位	単価	直接工事費(千円)	備考
アンカー工	SFL-2	Td=260.4KN/本	1,600	m	21.8	34,870	
法枠工	F500相当		713	m2	27.9	19,900	
法枠工	F300		300	m2	20.0	6,000	
コンクリート吹付工	t=10cm		2,434	m2	3.0	7,302	
足場工			8,340	m3	1.5	12,510	
合計						80,582	
2案							
工種	橋梁案	規格	数量	単位	単価	直接工事費(千円)	備考
橋梁工		2径間単純鋼製I桁(L=60.0m)	1	式	114,000	114,000	
合計						114,000	

SFL : Super Flowtch Td:設計荷重 F500 : 法枠工 (断面が 500mm) F300 : 法枠工 (断面が 300mm)

(出典:調査団)

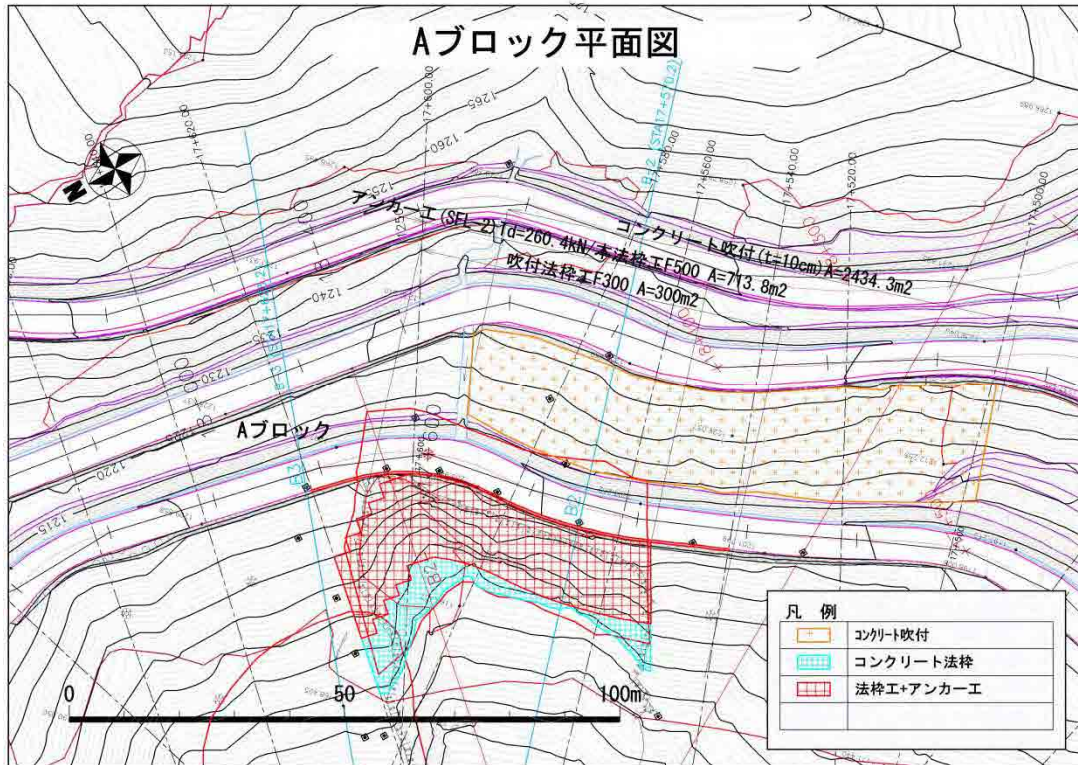


図 3.2.10 A ブロック アンカー工事平面図

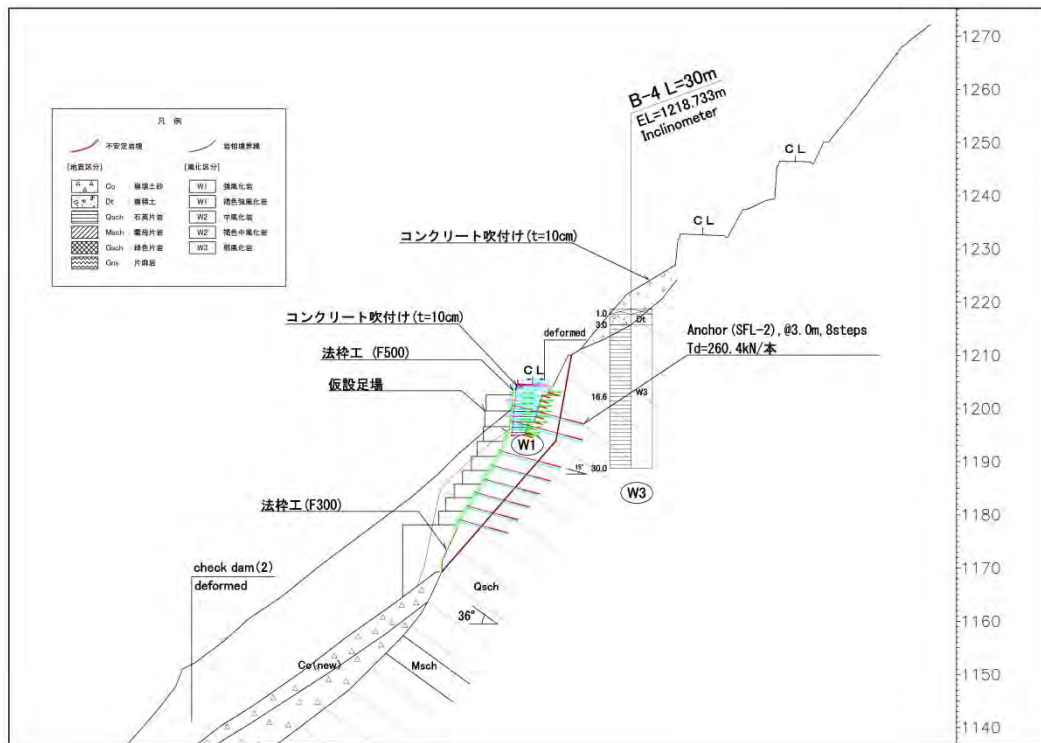


図 3.2.11 A ブロック アンカー工事断面図

出典：調査団

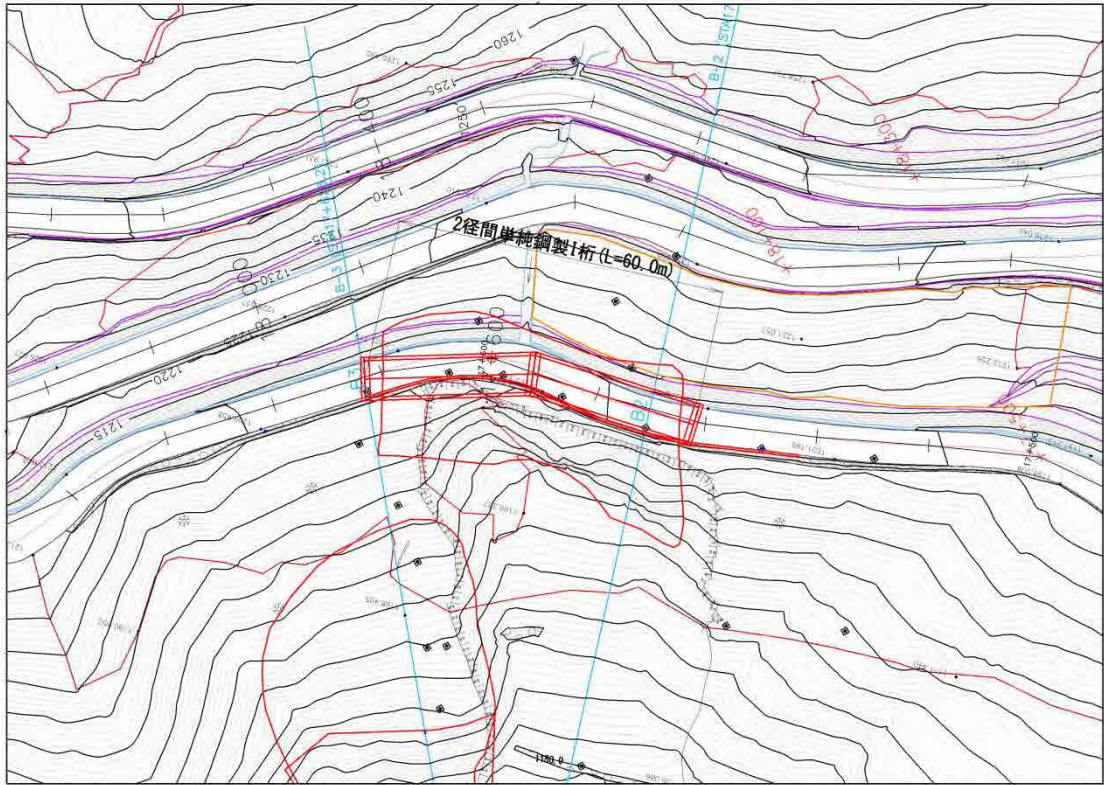


図 3.2.12 A ブロック 橋梁案平面図

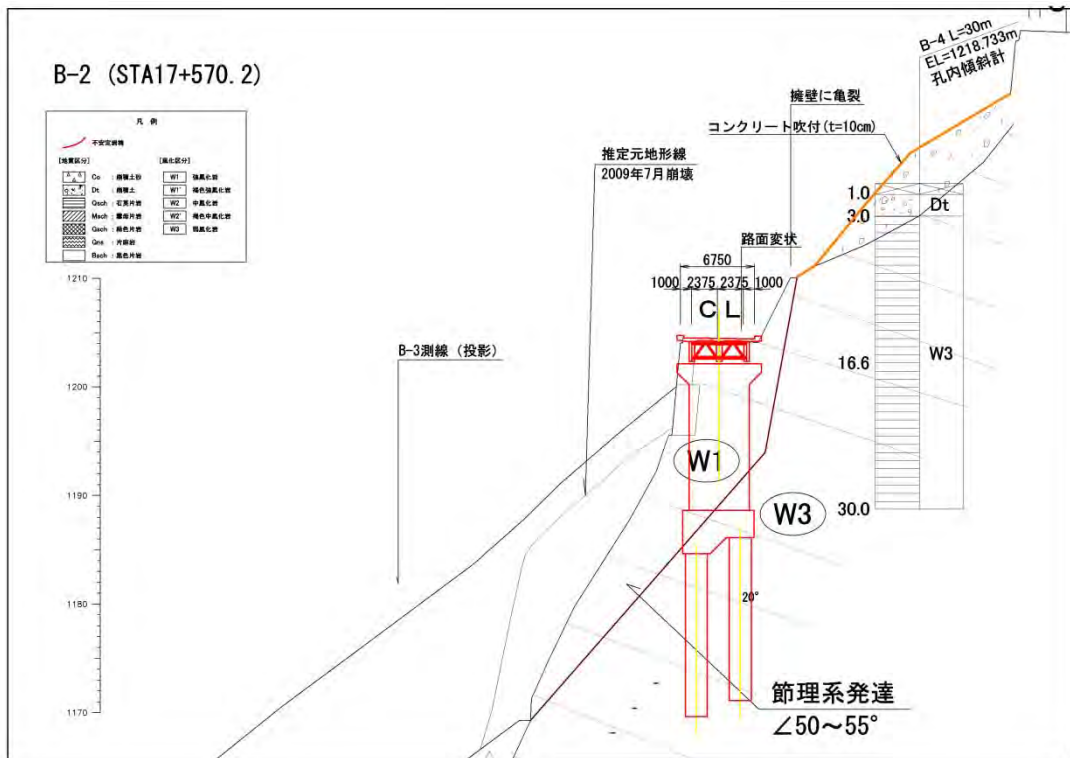


図 3.2.13 A ブロック 橋梁案断面図

出典:調査団

3) B ブロック

B ブロック地すべり緒元:幅 40m 奥行き 85m 深さ 22m

現状安全率 $F_s=1.00$ 計画安全率 $P.F_s=1.20$

Bブロックへの各対策工の適応性について検討した。表 3.2.8 に示すとおり押え盛土工、杭工、グランドアンカー工が施工可能である。

表 3.2.8 Bブロック地すべり対策工選定表

対策工等		Bブロックへの適応	判定
地すべり回避		山側上部斜面に道路があるため不可能	×
抑制工	地表水排除工	道路排水により、当斜面への流入はわずかであり、効果が低い。	×
	地下水排除工	地すべりの移動土塊が緩んだ岩塊からなっており、透水性が高く、降雨後速やかに地下水が低下することが推定されるため採用しない。	×
	地下水遮断工	地下水がないため採用不可能	×
	排土工	地すべり上部斜面に道路があるため不可能	×
	押え盛土工	押え盛土をするヤードがあり施工可能	○
	河川構造物	直接的な効果は期待できない。	×
抑止工	杭工	施工可能である。杭前面が緩んでおり、法枠工を配置する必要がある。	○
	グランドアンカー工	施工可能である。	○

(出典:調査団)

対策実施可能な3工法について、経済比較を行った。表 3.2.9 に示すように押え盛土工が最も経済的となった。なお、当ブロックでアンカー工および杭工を採用した場合には、Cブロックでの残土処分費が発生するため、この経費を計上した。

表 3.2.9 Bブロック地すべり対策工経済比較一覧表

1案	アンカー工					
工種	規格	数量	単位	単価	直接工事費(千円)	備考
アンカー工	SFL-5@3m 11段	2,550	m	23.9	60,846	
法枠工	F600相当	714	m	21.0	15,002	
足場工		2,850	m ³	1.5	4,275	
法枠工	F300 2mピッチ	100	m ²	20.0	2,000	
ロックボルト工	L=3m 2mピッチ	150	m	18.0	2,700	
仮設道路		1	式	5,500.0	5,500	H22資料より
残土処分	移動距離20km	74,000	m ³	2.1	155,400	Cブロック
合計					245,723	
2案	杭工					
工種	規格	数量	単位	単価	直接工事費(千円)	備考
鋼管杭工	SKK570 φ550t16@1.5m L=23m	552	m	48.1	26,568	
法枠工	F300	2,052	m ²	20.0	41,040	
ロックボルト工	L=3.0m @2m ²	3,078	m	18.0	55,404	
仮設工		1	式	20,282.4	20,282	工事費の30%
仮設道路		1	式	5,500.0	5,500	H22資料より
残土処分	移動距離20km	74,000	m ³	2.1	155,400	Cブロック
合計					304,194	
3案	押え盛土工					
工種	規格	数量	単位	単価	直接工事費(千円)	備考
押え盛土		80,000	m ³	1.1	88,000	*1
暗渠工		266	m	25.0	6,650	
植生工		7,800	m ²	0.6	4,680	
小段排水		361	m	3.2	1,155	
仮設道路		1	式	5,500.0	5,500	H22資料より
合計					105,985	
*1 運搬2km敷き均し、転圧						

(出典:調査団)

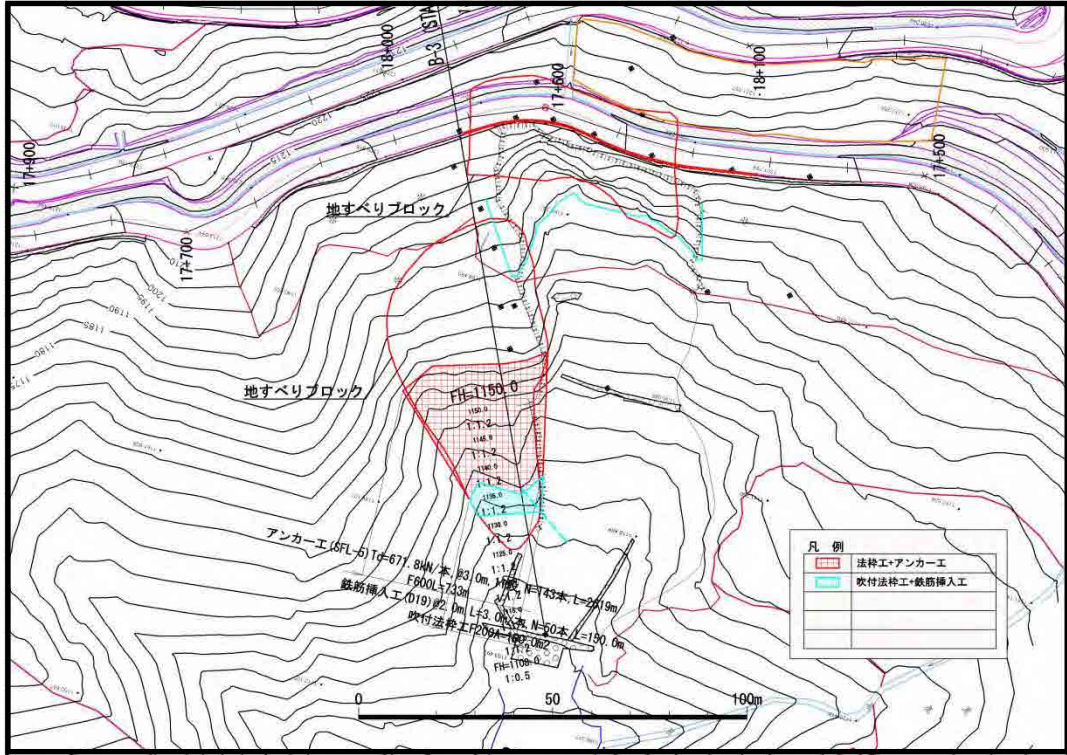


図 3.2.14 B ブロック アンカー工案平面図

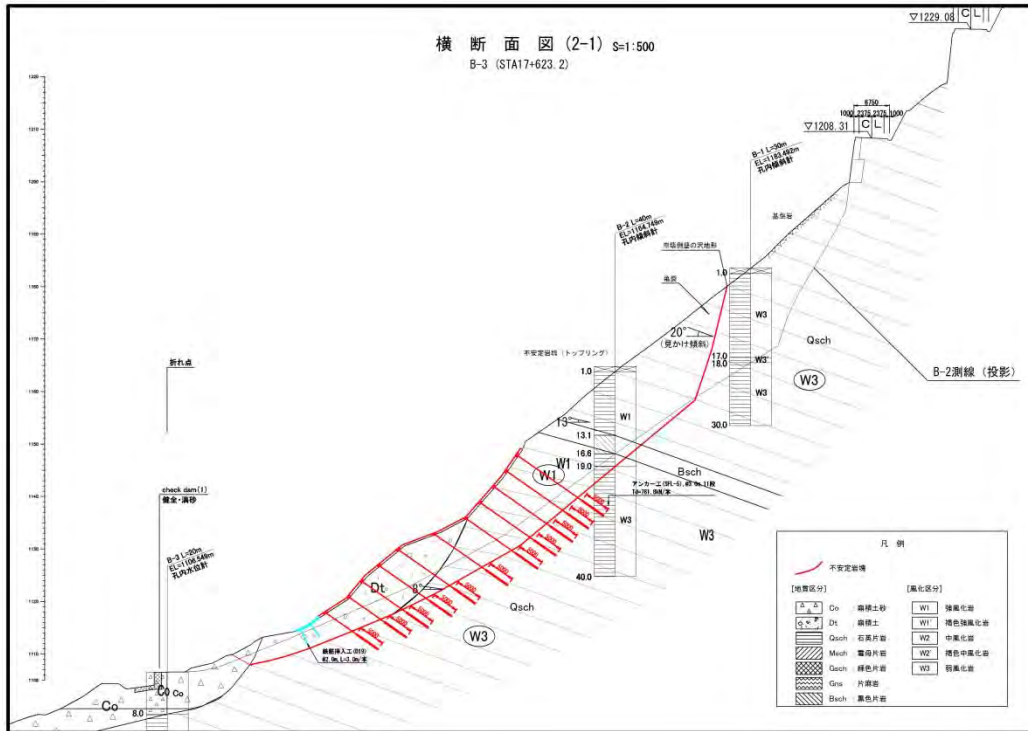


図 3.2.15 B ブロック アンカー工案断面図

出典：調査団

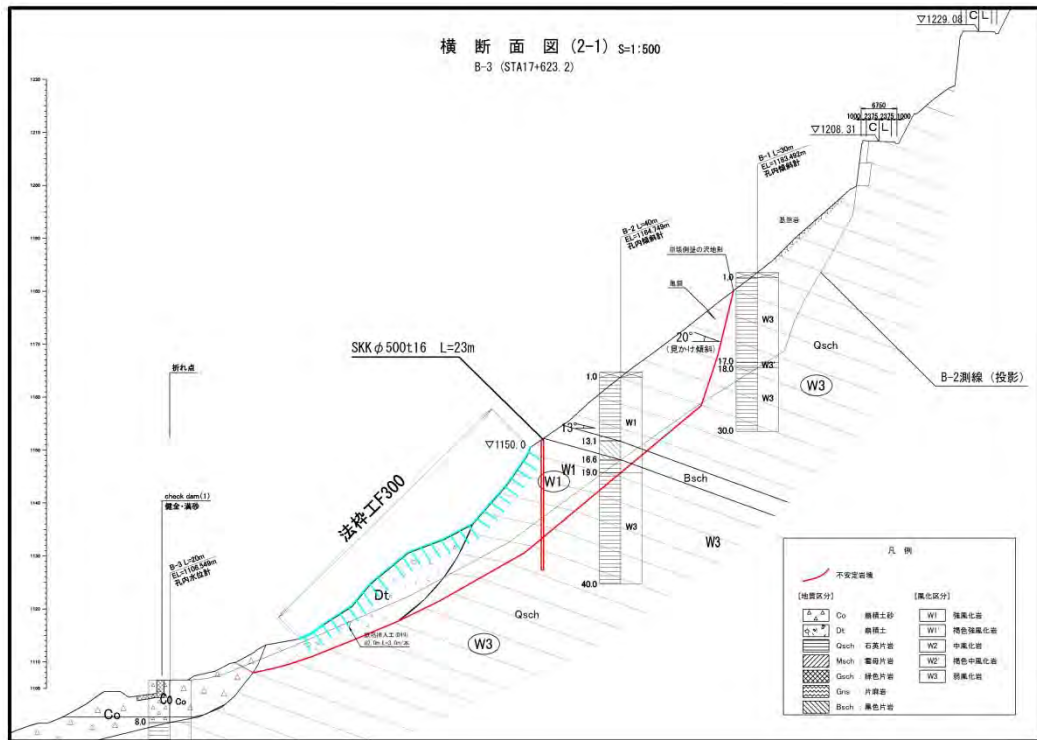
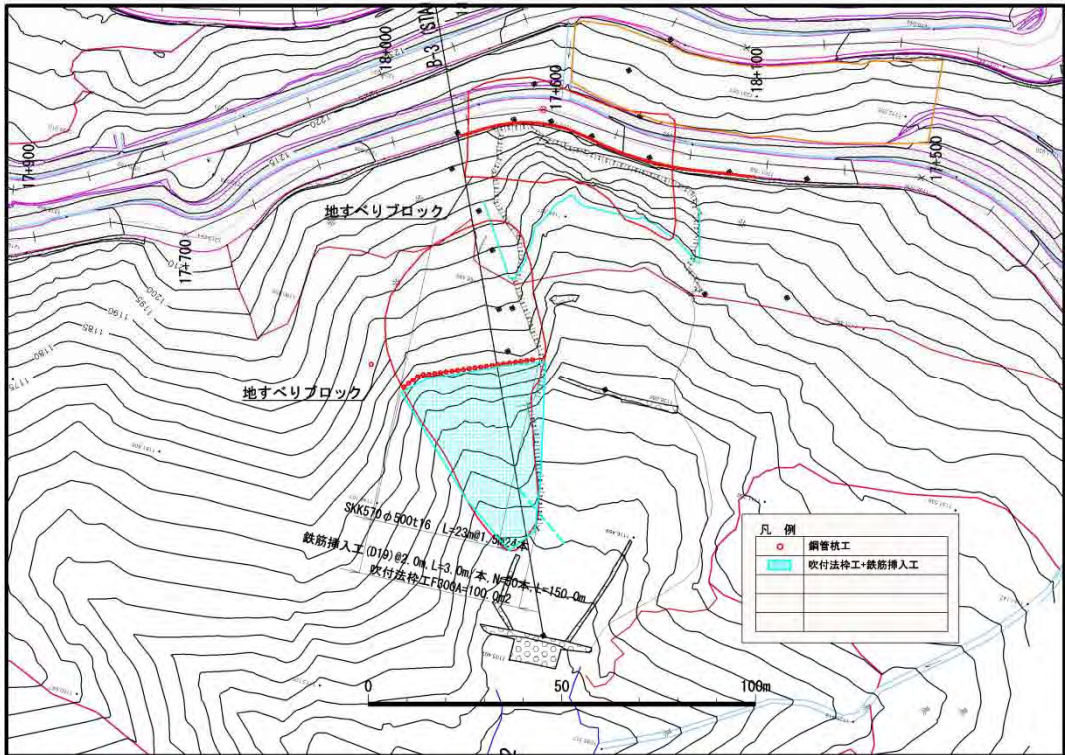


図 3.2.17 Bブロック 杭工案断面図

出典：調査団

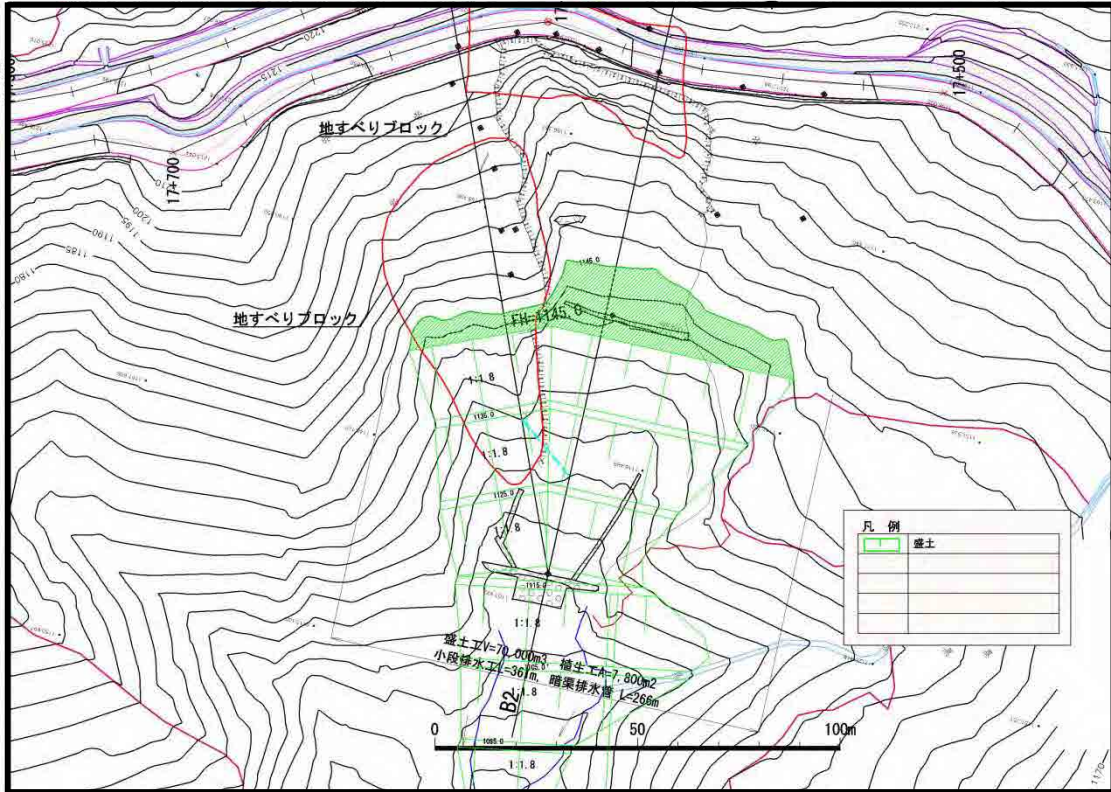


図 3.2.18 Bブロック 盛土案平面図

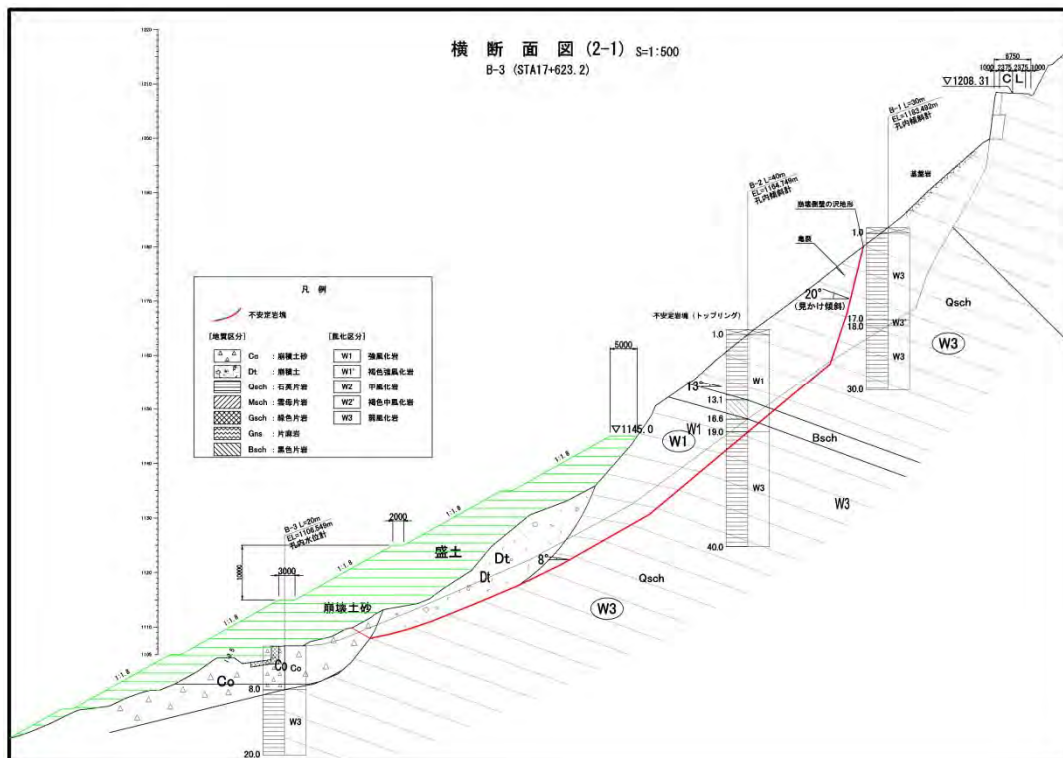


図 3.2.19 Bブロック 盛土案断面図

出典:調査団

4) Cブロック

Cブロック地すべり緒元:幅 70m 奥行き 70m 深さ 22m

現状安全率 $F_s=0.95$ 計画安全率 $P.F_s=1.20$

Cブロックへの各対策工の適応性について検討した。表 3.2.10 に示すとおり地すべり回避、グラウンドアンカー工が施工可能である。

表 3.2.10 Cブロック地すべり対策工選定表

対策工等	Cブロックへの適応		判定
地すべり回避	山側へのシフトが可能		○
抑制工	地表水排除工	斜面が急勾配で地表水排除工は配置不可能。	×
	地下水排除工	斜面勾配が急で、なおかつ地すべりが活動中であるため、地下水排除工は施工できない。また、地すべりの移動土塊が緩んだ岩塊からなっており、透水性が高く、降雨後速やかに地下水が低下することが推定され、地下水排除工の効果が低いと想定される。	×
	地下水遮断工	地下水がないため採用不可能	×
	排土工	計画安全率を満たす排土を行うと、道路を掘削することとなり採用不可能	×
	押え盛土工	斜面が急勾配であり、なおかつ地すべり末端が斜面中腹にあるため施工不可能	×
	河川構造物	Sta. 17+400 の侵食防止工は効果がある。DOR にて実施中である。	×
抑止工	杭工	施工不可能である。	×
	グラウンドアンカー工	施工可能である。ただし、地すべりが活動中であることから仮設の安全率 $F_s=1.05$ を排土工により確保する必要がある。	○

(出典:調査団)

グラウンドアンカー工などの抑止工を実施する場合は、地すべりが完全に停止していることが前提条件となる。活動中の地すべりの場合、仮設の安全率 $F_s=1.05$ を満足するような抑制工を実施してから抑止工の工事をするように災害復旧事業における地すべり対策の手引きに記載されている。 $F_s=1.05$ を満足させるような排土工を実施した場合、標高 1,288m 現道を掘削する必要があり、道路線形を確保する必要が発生し、大規模な土工が発生する。このため、地すべり回避案が当地区には最適であると判断する。また、浸食が継続すると道路への影響が考えられるため、浸食防止工を実施することとする。

表 3.2.11 Cブロック地すべり対策工経済比較一覧表

1案	地すべり回避(切土工)		数量	単位	単価	直接工事費(千円)	備考
工種	規格						
切土	軟岩		70,000	m ³	0.7	49,000	
ロックボルト工	@1.5m L=2m		3,126	m	18.0	56,272	
法枠工	F300		3,517	m ²	20.0	70,340	
植生工			3,165	m	0.5	1,583	
くもの巣ネット			5,329	m ²	23.0	122,567	
付帯工			1	式	12,000	12,000	H22資料より
小計						311,762	
残土処分	移動距離20km		74,000	m ³	2.1	155,400	*1
合計						467,162	
*1 土捨場を20kmの位置と想定した場合(運搬+敷き均し+転圧)							

(出典:調査団)

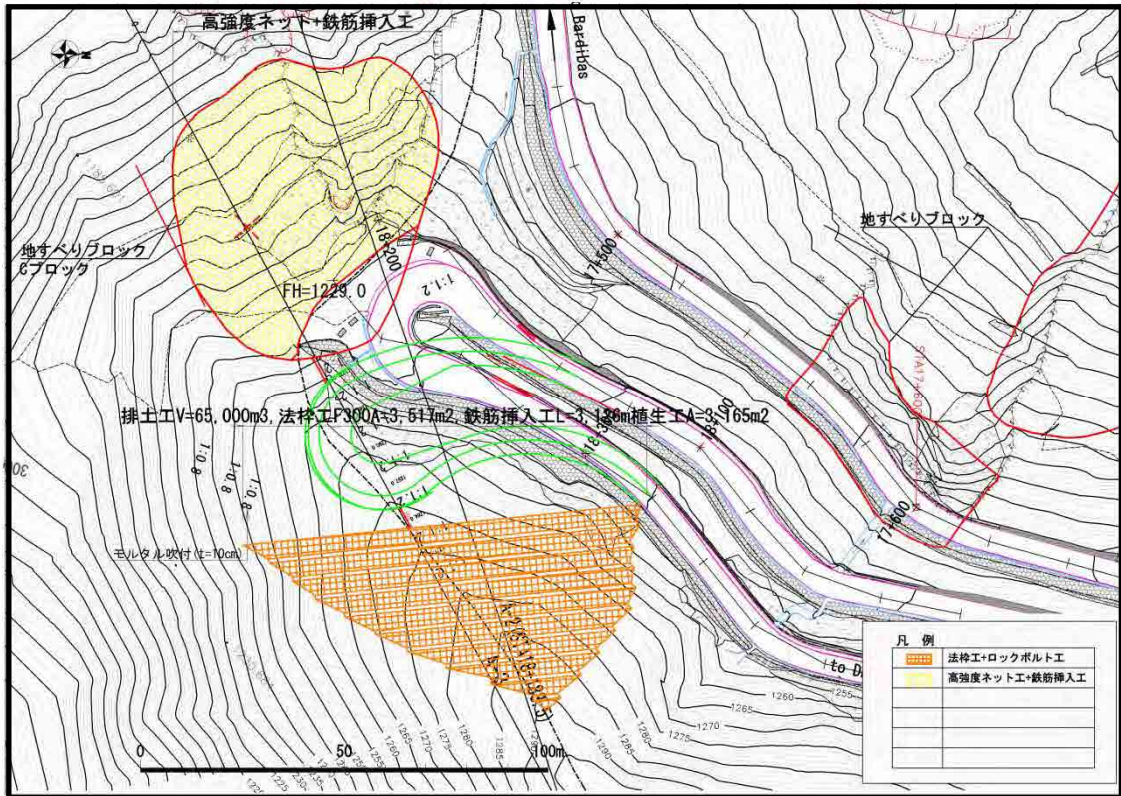


図 3.2.20 Cブロック 切土案平面図

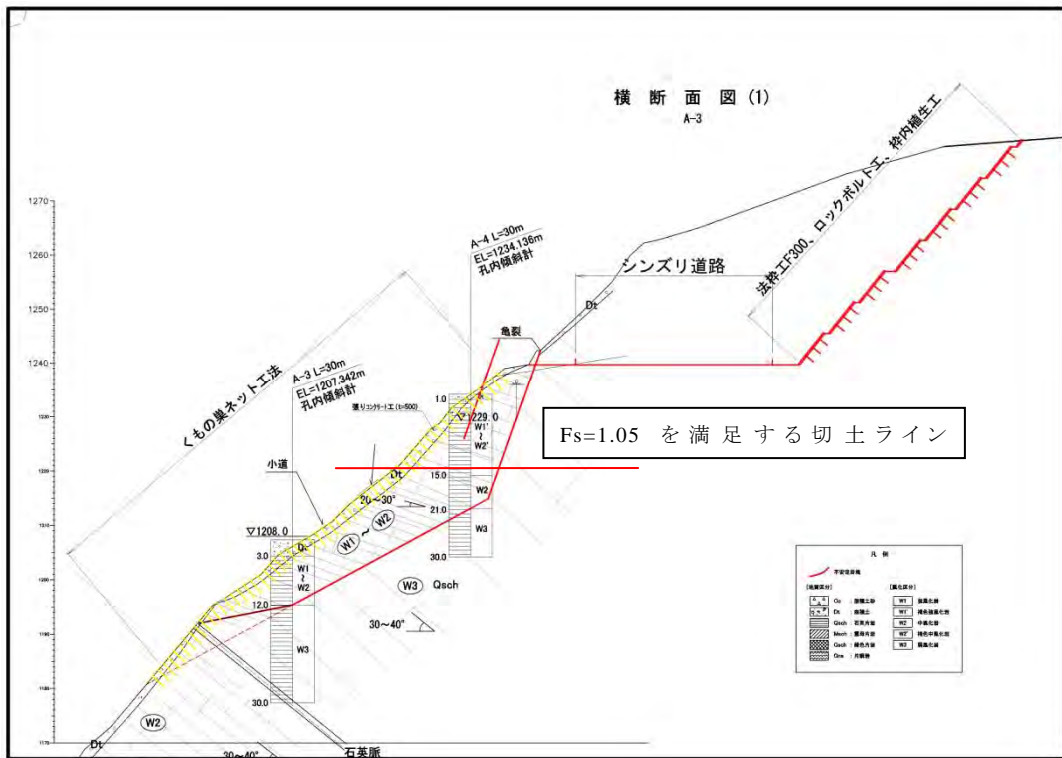


図 3.2.21 Cブロック 切土案断面図

出典:調査団

5) 全体直接工事費

全体工事費の算出を行った。Bブロックでアンカー工を採用した場合には、Cブロックで発生する土砂に対する対応が必要となるが、Bブロックで盛土工を採用した場合には、Cブロック発生土砂の処分は必要とならない。この2ケースに対して全体の直接工事費の検討を行った。この結果Bブロックで盛土案を採用したケース2の方がより経済的な結果となった。

表 3.2.12 全体直接工事費(概算)

ブロック名	ケース 1		ケース 2	
	採用工法	直接工事費	採用工法	直接工事費
Aブロック	アンカー案	80,582	アンカー案	80,582
Bブロック	アンカー案	90,323	盛土案	105,985
Cブロック	切土案	463,662	切土案	311,762
合計		634,567		498,329

出典：調査団

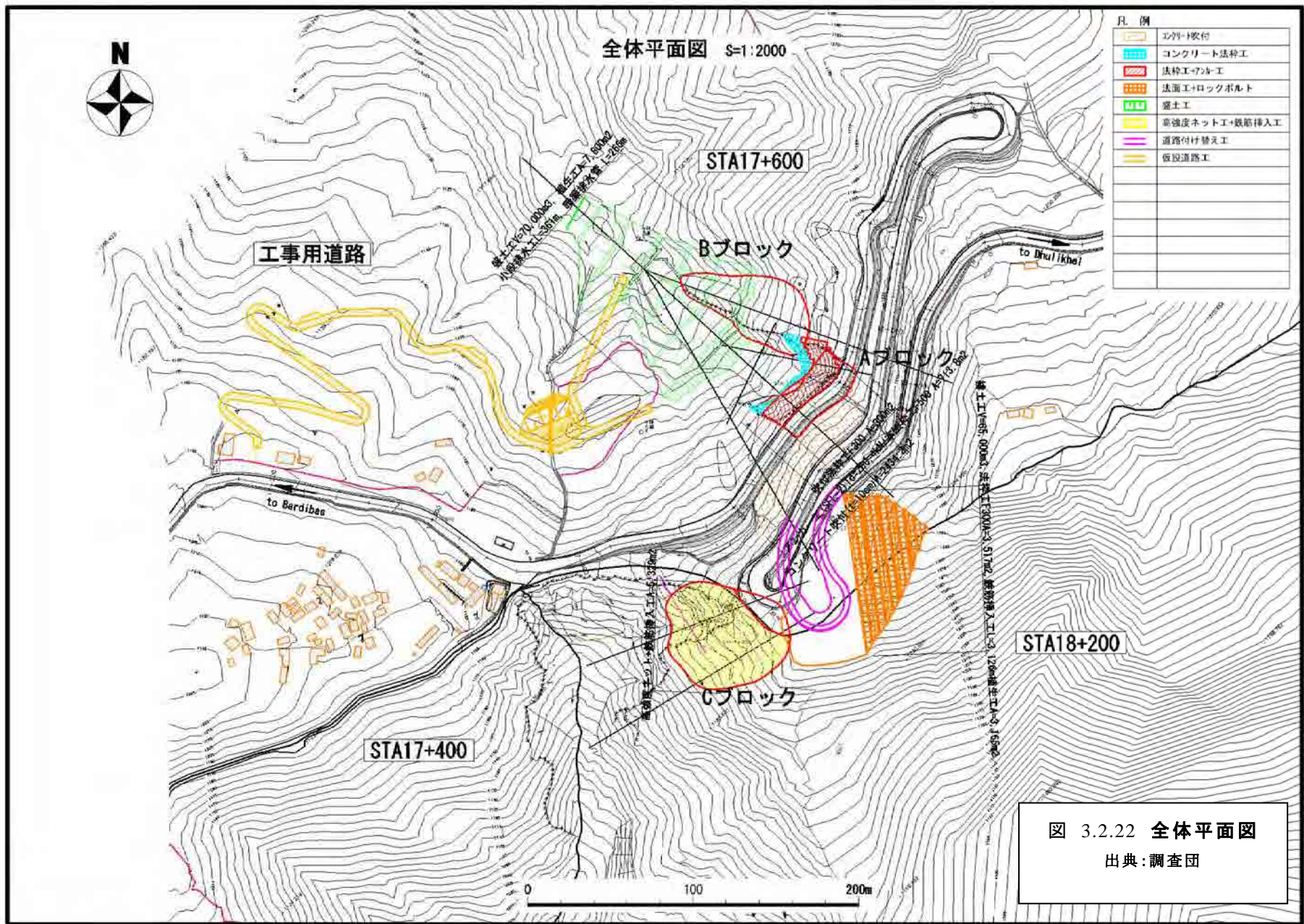


図 3.2.22 全体平面図
出典:調査団

3.2.2.2 対策工の概略設計

(1) 地すべり安定解析

各ブロックの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 3.2.13 および表 3.2.14 に従い地すべりの現況安全率および計画安全率を決定する。今回採用する現況安全率および計画安全率は表 3.2.15 に示す通りである。安定計算は、道路土工指針切土工・斜面安定工指針に従い、修正フェレニウス法にて行う(式 3.2.1 参照)。

表 3.2.13 地すべりの活動状況と現況安全率

地すべりの活動状況	現況安全率
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 3.2.14 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-」

表 3.2.15 採用した現況安全率および計画安全率

ブロック名	初期安全率	計画安全率
A ブロック	1.00	1.20
B ブロック	1.00	1.20
C ブロック	0.95	1.20

出典：調査団

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad \text{式 3.2.1}$$

- 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)

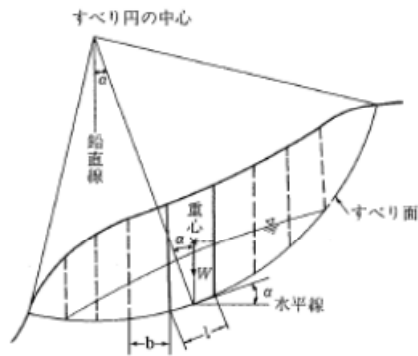


図 3.2.23 地すべり安定計算に用いるスライス分割の例

出典：道路土工切土工・斜面安定工指針

現況安全率を $F_s=1.00$ とし、すべり面の粘着力を表 3.2.16 から決定し、式 3.2.1 にこれらを代入して内部摩擦角 ϕ を逆算する。計算結果は表 3.2.17 に示すとおりである。安定計算書は巻末資料 6.9 に取りまとめた。

表 3.2.16 粘着力 C の経験値

すべり面の平均鉛直層厚 (m)	粘着力 C (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

出典：道路土工切土工・斜面安定工指針

表 3.2.17 各ブロックの粘着力 C と内部摩擦角 ϕ

ブロック名	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
A ブロック	10	48.1875
B ブロック	10	31.8562
C ブロック	10	29.6064

出典：調査団

単位体積重量は表 3.2.18 の数値を採用した。

表 3.2.18 安定計算に用いたの単位体積重量

ブロック名	単位体積重量	出典
A ブロック	26kN/m ³	¹ 文献参照
B ブロック	18kN/m ³	道路土工切土工・斜面安定工指針
C ブロック	18kN/m ³	道路土工切土工・斜面安定工指針

出典：調査団

また、A ブロックは道路をブロック内に含むため輪荷重を考慮した。輪荷重は二工区的设计基準に準拠し 10kN/m² を用いた。計画安全率を満足する各ブロックの必要抑止量は以下のとおりである。

¹地すべりの地質・性状区分と単位体積重量 全地連「技術フォーラム 2011」京都 山田政典

表 3.2.19 各ブロックの必要抑止量

ブロック名	必要抑止量 (Pr)
A ブロック	953.4 KN/m ³
B ブロック	2283.0 KN/m ³
C ブロック	2265.0 KN/m ³

出典：調査団

(2) Sta.17+600(A ブロック)

1) アンカー工

法面工予備設計の結果当地区にはアンカー工が最適であることが明らかとなった。アンカー工の概略検討を行った。アンカー工計算書は巻末資料 6.9 に取りまとめた。

アンカー工設計条件は以下に示すとおりである。

表 3.2.20 アンカー工の設計条件一覧

条件	使用する数値等	準拠する指針・基準
設計式	修正フェレニウス法	道路土工-切土工・斜面安定工指針
アンカー機能	締め付け機能と引き止め機能の両方	道路土工-切土工・斜面安定工指針
アンカーの周面摩擦抵抗	1.5 (N/mm ²)	道路土工-切土工・斜面安定工指針
グラウトの許容付着応力度	24 (N/mm ²)	道路土工-切土工・斜面安定工指針
テンドンとグラウトの許容付着応力度	PC鋼線 0.8 (N/mm ²) 異形PC鋼棒 1.6 (N/mm ²)	道路土工-切土工・斜面安定工指針
地耐力	100kN/m ²	道路土工-擁壁工指針

出典：調査団

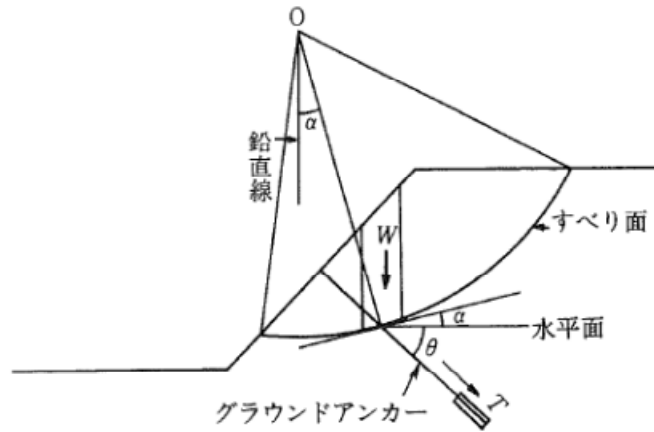
i) 設計式

道路土工-切土工・斜面安定工指針に記載の以下の式を採用した。

$$F_s = \frac{\sum c \cdot l + \sum (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi + \sum T \{ \cos(\alpha + \theta) + \sin(\alpha + \theta) \tan \phi \}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

- ここに F_s : 安全率
 c : 粘着力 (kN/m² (tf/m²))
 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/m² (tf/m²))
 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 midpoint とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)
 ϕ : せん断抵抗力 (度)
 T : アンカー力 (単位断面あたり) (KN/m)
 θ : アンカーテンドンと水平角とのなす角 (度)

出典：道路土工-切土工・斜面安定工指針



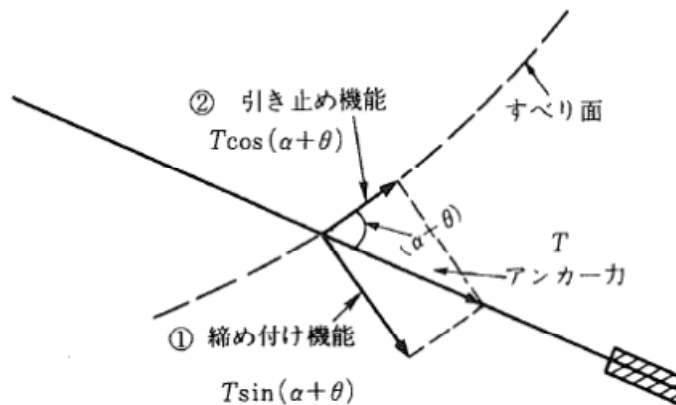
出典：道路土工-切土工・斜面安定工指針

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

ii) アンカー機能

グラウンドアンカー工には図 3.2.25 に示す 2 つの機能がある。道路土工-切土工・斜面安定工指針には、一般にこの 2 つの機能が同時に発揮されると考えるとの記載があり、今回の検討でも両方の機能を期待する計画とした。

- ✓ すべり面における垂直力を増加させ、せん断抵抗力を増大させる。
 ……締め付け(押え込み)機能($T \sin(\alpha + \theta) \tan \phi$)
- ✓ すべり滑動力を減殺する。
 ……引き止め(待受け)機能($T \cos(\alpha + \theta)$)



出典：道路土工-切土工・斜面安定工指針

図 3.2.25 グラウンドアンカー工の 2 つの機能

iii) アンカー体と地山との周面摩擦抵抗

アンカー体と地山との周面摩擦抵抗は表 3.2.21 を用いて決定した。施工時の地山状態を確認したところ、定着体が配置される箇所の地質は硬岩に相当するため、硬岩の最低値である $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ を採用した。

表 3.2.21 アンカーの周面摩擦抵抗

地盤の種類		周辺摩擦抵抗(N/mm)	
岩盤	硬岩	1.5~2.5	
	軟岩	1.0~1.5	
	風化岩	0.6~1.0	
	土丹	0.6~1.2	
砂礫	N値	10	0.10~0.20
		20	0.17~0.25
		30	0.25~0.35
		40	0.35~0.45
		50	0.45~0.70
砂	N値	10	0.10~0.14
		20	0.18~0.22
		30	0.23~0.27
		40	0.29~0.35
		50	0.30~0.40
粘性土		1.0c (cは粘着力)	

出典：道路土工-切土工・斜面安定工指針

iv) テンドンとグラウトの許容付着応力度

テンドンとグラウトの許容付着応力度は表 3.2.22 に従い決定した。グラウトの設計基準強度が 24N/mm^2 であるため、PC 鋼棒 0.8N/mm^2 および異形 PC 鋼棒 1.6N/mm^2 を採用した。

表 3.2.22 テンドンとグラウトの許容付着応力度(N/mm^2)

引張り材の種類		グラウトの設計基準強度 σ_{28}					
		15	18	24	30	40以上	
仮設	PC鋼 PC鋼棒 PC鋼より線 多重PC #	0.8	1.0	1.2	1.35	1.5	
	異形PC鋼棒	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	
	一般構造物	PC鋼線 PC鋼棒 PC鋼より線 多重PC #	—	—	0.8	0.9	1.0
		異形PC鋼棒	—	—	1.6	1.8	2.0

出典：道路土工-切土工・斜面安定工指針

v) 地耐力

表 3.2.23 に従い地耐力を決定した。対象箇所には既設構造物(補強土盛土およびガビオン)が配置されており、この機能を低下させないために極力小さなアンカー力で締め付ける必要がある。このため、安全側をみて N 値 10 程度と判断し地耐力は 100kN/m^2 を採用した。

表 3.2.23 支持地盤の種類と許容支持力度(常時値)

支持地盤の種類		許容支持力度 q_a (kN/m ² (tf/m ²))	備考	
			q_a (kN/m ² (kgf/cm ²))	N 値
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000 (100)	10000以上 (100以上)	—
	亀裂の多い硬岩	600 (60)	10000以上 (100以上)	—
	軟岩・土丹	300 (30)	1000以上 (10以上)	—
礫 層	密なもの	600 (60)	—	—
	密でないもの	300 (30)	—	—
砂 質 地 盤	密なもの	300 (30)	—	30~50
	中位なもの	200 (20)	—	20~30
粘性土 地 盤	非常に堅いもの	200 (20)	200~400 (2.0~4.0)	15~30
	堅いもの	100 (10)	100~200 (1.0~2.0)	10~15

出典：道路土工・擁壁工指針

vi) 受圧盤

表 3.2.24 に示す受圧板選定のポイントに従い受圧板を選定した。当地区に該当する斜面状況、設計条件、施工環境は赤枠で示した通り岩斜面、のり高大、斜面勾配急、斜面の不陸大、アンカー力小、資機材搬入困難、法面位置高が該当する。この該当箇所に対して最適が最も多い吹き付けのり砕工を採用した。

表 3.2.24 受圧板選定のポイント

受圧板の種類	条件	斜面状況							アンカー力等				施工環境					工 法 名 等			
		落石有	土砂斜面	岩斜面	湧水有	風化進行度大	のり高大	斜面勾配急	斜面の不陸・不陸大	アンカー力大	アンカー力中	アンカー力小	アンカー打設角度大	アンカーの配置不規則	工期短	資機材搬入困難	のり面位置高		気温変化・凍上有	降雪・雪崩有	逆巻き工法
のり砕	現場打ちコンクリートのり砕 (大断面)	○	○	◎	○	◎	○	△	△	◎	◎	○	○	△	△	○	△	○	○	△	
	現場打ちコンクリートのり砕 (小断面)	○	○	○	○	△	○	△	△	△	◎	△	△	△	△	○	△	△	○	△	
	吹付のり砕	○	○	○	○	△	◎	○	◎	△	○	◎	△	○	○	◎	◎	△	○	○	フリーフレーム、RKEフレーム等
板	現場打ち独立板 (平板)	△	○	◎	○	○	△	△	○	◎	◎	○	○	○	△	○	○	◎	◎	◎	GRASP等
	プレキャストコンクリート独立板 (平板)	△	○	○	○	○	△	△	△	◎	◎	○	△	△	◎	△	△	◎	◎	◎	KKE受圧板、PCフレームSタイプ等
	プレキャストコンクリート独立板 (十字)	△	○	○	○	○	△	△	△	◎	◎	○	△	△	◎	△	△	◎	◎	◎	KKEクロスビーム、PCフレームCタイプ等
	プレキャストコンクリート独立板 (アーチ)	△	○	○	◎	△	◎	△	○	◎	◎	△	△	○	△	△	◎	◎	◎	△	AAWパネル等
	鋼製独立板 (I字)	△	○	○	○	○	○	△	△	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	◎	◎	◎	スーパーフレーム、ACRフレーム等
	鋼製独立板 (平板)	△	○	○	○	○	○	△	△	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	◎	◎	◎	スーパーフレーム、ACRフレーム等
	独立板 (新素材)	△	○	○	○	○	○	△	△	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	◎	◎	◎	PFR受圧板等
	半プレファブ独立板	△	○	○	○	○	○	△	△	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	◎	◎	◎	フィットフレーム等
	連続板 (コンクリート張工)	◎	○	○	○	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	△	△	◎	△	◎	◎	△	コンクリート張工

【註】 ① ◎：最適
○：適
△：状況に応じて使用可能
② アンカー力の目安 大：500kN以上 中：300~500kN程度 小：300kN以下
③ のり高大 20m以上ののり面ののり高を目安とする。
④ 現場打ちコンクリートのり砕 大断面：60cm×60cm以上 小断面：60cm×60cm未満を目安にする。
⑤ アンカー打設角度 受圧板面に直交する線からの角度 大：10度以上

出典：グラウンドアンカー工設計指針(日本道路公団)

外力を設計アンカー力として、法枠の規格および配筋を検討した。計算結果を巻末資料 6.9 にとりまとめた。

vii) アンカー工諸元

計算の結果、求められたアンカー諸元は表 3.2.25 の通りである。

表 3.2.25 アンカー諸元一覧

項目	記号(単位)		採用値	備考
安全率	現状安全率	F_s	1.00	災害手帳
	計画安全率	$P.F_s$	1.20	災害手帳
土質定数	単位体積重量	γ (kN/m ³)	26.0	-
	内部摩擦角	ϕ (°)	48.1875	逆算
	粘着力	c (kN/m ²)	10.0	すべり面最大層厚
外力	輪荷重	P_1 (kN/m ²)	10.0	-
抑止力	必要抑止力	Pr (kN/m)	953.4	-
アンカー工	アンカー種類	-	スーパーフローテック	-
	テンドン規格	-	SFL-2	-
	施工段数	m (段)	8	-
	水平間隔	a (m)	3.00	-
	アンカー傾角	α (°)	30.0	-
	設計アンカー力	T_d (kN/本)	260.4	-
	定着長	La (m)	3.5	-
アンカー工設計条件	アンカー効果	-	締め付け+引き止め	-
	テンドンとグラウトの許容付着応力度	τ (N/mm ²)	0.8	-
	アンカー体の許容付着応力度	τ (N/mm ²)	1.5	硬岩の最低値
	設計安全率	F_s	2.5	-
法枠工	法枠工法	-	吹付コンクリート法枠	-
	梁断面	$h \times b$ (mm)	600 × 600	-
	スパン長	l (m)	3.00	-
	必要地盤支持力	q (kN/m ²)	100	-
法枠工設計条件	許容地盤反力	qa (kN/m ²)	100	-
	コンクリート設計基準強度	σ_{ck} (N/mm ²)	15	のり枠工の設計・施工指針 平成 15 年 3 月 「特定法面保護協会」
	〃 圧縮応力度	σ_{ca} (N/mm ²)	5.0	
	〃 せん断応力度	τ_{ca} (N/mm ²)	0.330	
	〃 付着応力度	τ_{oa} (N/mm ²)	1.30	

出典:調査団

2) 法面保護工

A ブロックに対して法枠工(F500)+アンカー工にて対策を実施するが、法枠工(F500)下部に自然地山が露出する形となる。この地山部分で崩壊が発生した場合には、法枠工(F500)背面からの崩壊を助長する可能性が高い。このためこの地山部分にも法面保護工を実施することとする。崩壊に対して抑止力を発揮する吹付け法枠工を配置することとした。対象斜面の勾配が 66° と急勾配であり、斜面長が 8m 程度あることから、断面が 300mm の F300 を採用することとした。

(3) Sta.17+600(B ブロック)

Bブロック地すべりに対して最適と判断された押え盛土工の検討を実施した。

1) 盛土構造

盛土構造は、下記の条件より決定する。

i) 土量

Sta.18+200の切土量は76,600m³である。盛土量は切土量に表3.2.26の変化率Cを乗じた量とする。ただし、本押え盛土においては、下記の点を踏まえて、土量変化率(C)を礫質土で0.9、軟岩・硬岩で1.05とし、盛土量76,400m³とし計画する。

a)表中の土量変化率は材料や施工方法によって変化すること

b)当該盛土では均一な材料になるように、土取場、盛土場で礫質土と軟岩、硬岩を極力混合して盛土すること。これによって、軟岩や硬岩の土量変化率Cは下表の値より小さくなること。

c)変化率が大きくなり盛土量が増えても5千m³程度であれば盛土天端で処理できること。逆に、変化率が小さくなり盛土量が不足すると計画盛土高までの盛土ができないため、盛土購入等が必要になること。

d)上記b)より、礫質土と軟岩、硬岩の土量変化率Cを表3.2.26に示すように下限側で採用した場合の土量(76,376m³)と表3.2.27の土量変化率範囲の平均値(礫質土C=0.925、軟岩・硬岩C=1.15)を採用した場合の土量(全量81,990m³:礫質土25,275、軟岩45,373、硬岩11,343m³)との差は4,600m³程度で、高さ4m程度の盛土天端への追加盛土で十分対応できる。

表 3.2.26 盛土量

土軟硬区分	切土		土量変化率 C	盛土量 m ³
	割合	土量 m ³		
礫質土	36%	27,324	0.90 ^{※1}	24,592
軟岩	51%	39,454	1.05 ^{※2}	41,427
硬岩	13%	9,864	1.05 ^{※3}	10,357
合計	100%	76,642		76,376

※1: 礫質土の土量変化率は、0.90を採用することが多いことおよびC=0.09は表3.2.27の礫質土(C=0.85~1.00)の下限値にあることから、C=0.90を採用。

※2: 盛土は極力均一な材料になるように、土取場、盛土場で礫質土と軟岩を混在して盛土する。このため、軟岩の土量変化率は、表3.2.27の軟岩(C=1.00~1.30)の下限値+0.05よりC=1.05とした。

※3: 硬岩は、礫質土や軟岩と混合するため軟岩の採用値C=1.05とした。

出典:調査団

表 3.2.27 土量変化率の範囲

名称		L	C
岩または石	硬岩	1.65~2.00	1.30~1.50
	中硬岩	1.50~1.70	1.20~1.40
	軟岩	1.30~1.70	1.00~1.30
	岩塊・玉石	1.10~1.20	0.95~1.05
礫まじり土	礫	1.10~1.20	0.85~1.05
	礫質土	1.10~1.30	0.85~1.00
	固結した礫質土	1.25~1.40	1.10~1.30
砂	砂	1.10~1.20	0.85~0.95
	岩塊・玉石まじり砂	1.15~1.20	0.90~1.00
普通土	砂質土	1.20~1.30	0.85~0.95
	岩塊・玉石まじり砂質土	1.40~1.45	0.90~1.00
粘性土等	粘性土	1.20~1.45	0.85~0.95
	礫まじり粘性土	1.30~1.40	0.90~1.00
	岩塊・玉石まじり粘性土	1.40~1.45	0.90~1.00

軟岩
平均 1.15

礫質土
平均 0.925

$$L = \frac{\text{ほぐした土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}, \quad C = \frac{\text{締め固めた土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}$$

ここに、地山の土量……掘削しようとする土量（地山にあるがままの状態）

ほぐした土量…掘削したままの土量または運搬しようとする土量（掘削され、ほぐされた状態）

締め固め土量……締め固められた盛土の土量（締め固められた状態）

出典：道路土工要綱 日本道路協会

ii) のり勾配および小段

表 3.2.28 に示す道路盛土の標準的な法面勾配 1:1.8、法高 10m、小段幅 2m を基本(最小)形状とする。

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

法面勾配	1:1.8
小段幅	2m
小段間隔	10m

出典：東日本高速道路株式会社 設計要領 第一集 土工編

iii) 最小規格

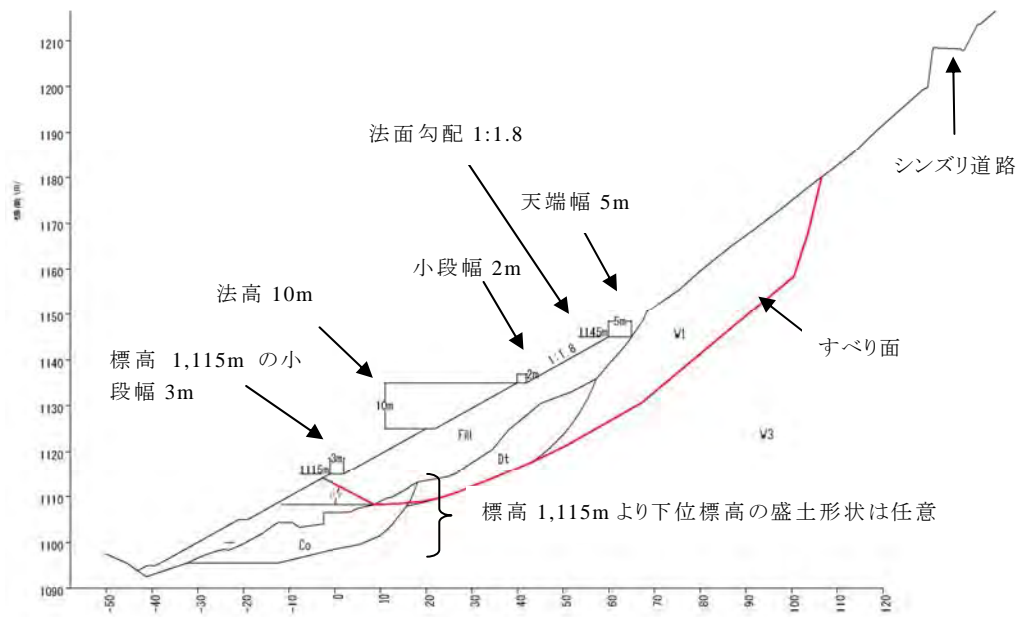
地すべりの安定計算を実施して、計画安全率を満足する最小の盛土形状について検討した。表 3.2.29 及び図 3.2.26 に計画安全率を満足するための最小条件を示す。

表 3.2.29 B ブロックの地すべり安定に必要な条件

項目	条件	備考
天端高さ	標高 1,450m	
天端幅	5m	
法面勾配	1:1.8 以上	標高 1,115m より上位標高
1 段あたりの法高	10m 以下	
小段幅	2m 以上	1,115m の小段は 3m 以上

備考：標高 1,115m より下位は地すべりの安定に関係しないため盛土形状は盛土自体の安定より決定することができる。

出典：調査団



出典:調査団

図 3.2.26 盛土の最小規格条件

iv) 盛土範囲

盛土範囲は、農地にかからないように沢地形内に収める。なお、法面勾配を前掲表 3. 2.28 の最小のり勾配 1:1.8 より緩勾配とした場合には農地への影響が大きいことからのり勾配は 1:1.8 とした。

v) 盛土の安定

押さえ盛土は表 3.2.30 に示す安全率を満足する構造とする。

安定解析の結果、盛土内部に地下水位が形成されると安全率が地震時の基準安全率 1.00 に対して $F_s=0.968$ (図 3.2.28 参照) と低下するため、後掲図 3.2.31 に示すように雨水、湧水処理として各小段に厚さ 80cm のドレーン層を盛土内に設けて盛土内の水位を排水できる構造とした。

表 3.2.30 押さえ盛土の安定条件

すべり安全率	常時 1.20、地震時 1.0
--------	-----------------

出典:日本道路協会 盛土工指針

「盛土の安定性照査」

・すべり安全率の計算式

$$F_s = \frac{\Sigma\{c \cdot l + [(W - u \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha] \tan \phi\}}{\Sigma\left(W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W\right)}$$

ここに、 F_s : 安全率

c : 土の粘着力(kN/m²)

ϕ : 土のせん断抵抗角 (度)

l : 分割片で切られたすべり面の長さ(m)

W : 分割片の全重量(kN/m)

u : 間隙水圧(kN/m²)

b : 分割片の幅(m)

α : 各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)

k_h : 式(解4-3) で定められる設計水平震度

h : 各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離 (m)

r : すべり円弧の半径(m)

・地震時の設計水平深度 k_h : 下式より、0.08 とする。

$$\text{設計水平震度 } k_h = C_z \cdot k_{h0} = 1.0 \times 0.08 = 0.08$$

ここに、 k_{h0} : 設計水平震度の標準値。N 値 > 50 の基盤面上位には約 10m の砂礫層が分布するのみであり I 種地盤と判定されるため、表 3.2.31 より $k_{h0} = 0.08$ 。

C_z : 地域別補正係数。当該地には地域別補正係数がないことから、安全側に 1.0 とする。

表 3.2.31 設計水平震度の標準値 (k_{h0})

	地盤種別		
	I 種	II 種	III 種
レベル 1 地震動	0.08	0.10	0.12
レベル 2 地震動	0.16	0.20	0.24

出典: 日本道路協会 盛土工指針

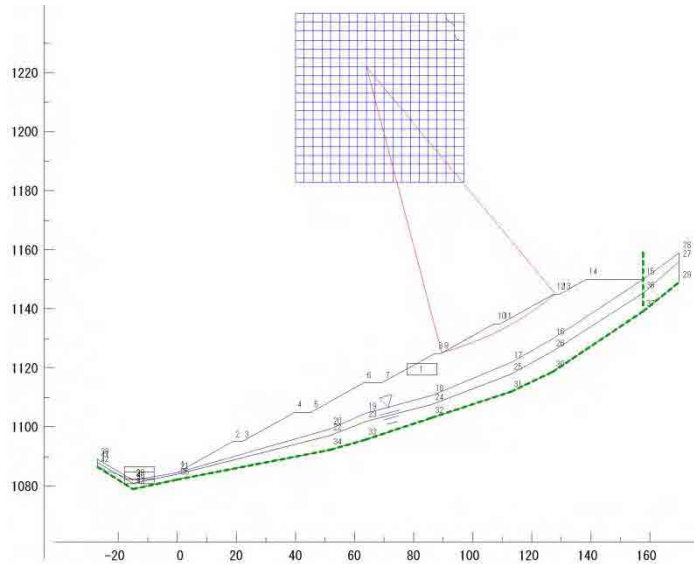
vi) 支障物への対応

Sta.17+380 箇所に集めた地表面排水は押さえ盛土末端まで U 型排水側溝 (H×W=0.90m×0.75m) で導かれ、以降は沢部を自然流下させているが、押さえ盛土 EL1,115m 以下のりがこの排水路に抵触する。この対応として、押さえ盛土と地山との境界に排水路を付け替えることとする。

最小安全率 $F_s \text{ MIN} = 1.545$
 円弧の中心 $X = 64.00 \text{ (m)}$
 $Y = 1222.00 \text{ (m)}$
 半径 $R = 100.20 \text{ (m)}$
 抵抗モーメント $M_R = 111631.5 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$
 起動モーメント $M_D = 72240.6 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$

層番号	飽和重量 (kN/m^3)	湿潤重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	粘着力の 一次係数	水平速度	鉛直速度
1	21.00	21.00	35.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	20.00	20.00	35.00	0.00	0.00	0.000	0.000
3	21.00	21.00	40.00	0.00	0.00	0.000	0.000

水の単位体積重量 $\gamma_w = 10.00 \text{ (kN/m}^3)$

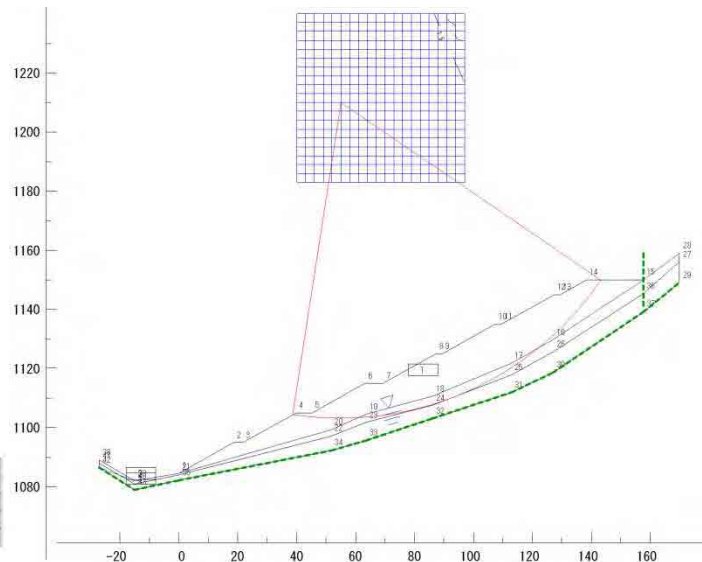


常時

最小安全率 $F_s \text{ MIN} = 1.330$
 円弧の中心 $X = 55.00 \text{ (m)}$
 $Y = 1210.00 \text{ (m)}$
 半径 $R = 106.80 \text{ (m)}$
 抵抗モーメント $M_R = 1671793.4 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$
 起動モーメント $M_D = 1257417.8 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$

層番号	飽和重量 (kN/m^3)	湿潤重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	粘着力の 一次係数	水平速度	鉛直速度
1	21.00	21.00	35.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	20.00	20.00	35.00	0.00	0.00	0.000	0.000
3	21.00	21.00	40.00	0.00	0.00	0.000	0.000

水の単位体積重量 $\gamma_w = 10.00 \text{ (kN/m}^3)$



地震時

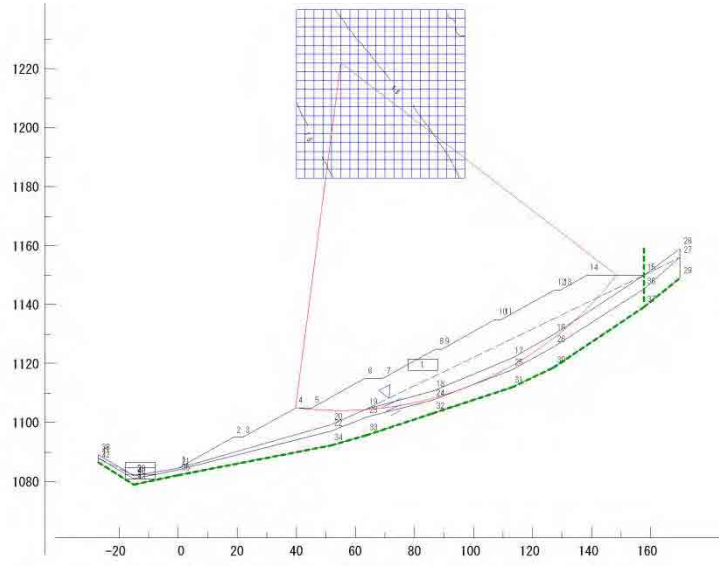
出典:調査団

図 3.2.27 B-2 断面の安全性照査図(盛土内水位なし)

最小安全率 $F_s MIN = 1.360$
 円弧の中心 $X = 55.00$ (m)
 $Y = 1222.00$ (m)
 半径 $R = 118.00$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 1712824.1$ (kN・m)
 起動モーメント $M_D = 1259056.0$ (kN・m)

層番号	増加率 ($\pm H_1/m^2$)	盛土厚さ ($\pm H_2/m^2$)	内部摩擦角 (度)	粘着力 ($\pm kN/m^2$)	粘着力の 一次係数	水平強度	鉛直強度
1	23.00	27.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	20.00	20.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
3	27.00	27.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

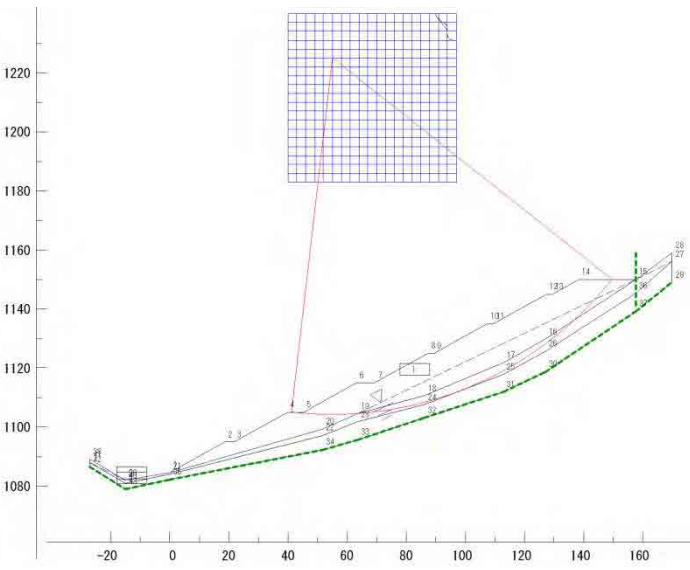


常時

最小安全率 $F_s MIN = 1.159$
 円弧の中心 $X = 55.00$ (m)
 $Y = 1225.00$ (m)
 半径 $R = 120.80$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 1771454.8$ (kN・m)
 起動モーメント $M_D = 1528285.9$ (kN・m)

層番号	増加率 ($\pm H_1/m^2$)	盛土厚さ ($\pm H_2/m^2$)	内部摩擦角 (度)	粘着力 ($\pm kN/m^2$)	粘着力の 一次係数	水平強度	鉛直強度
1	23.00	27.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	20.00	20.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
3	27.00	27.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000

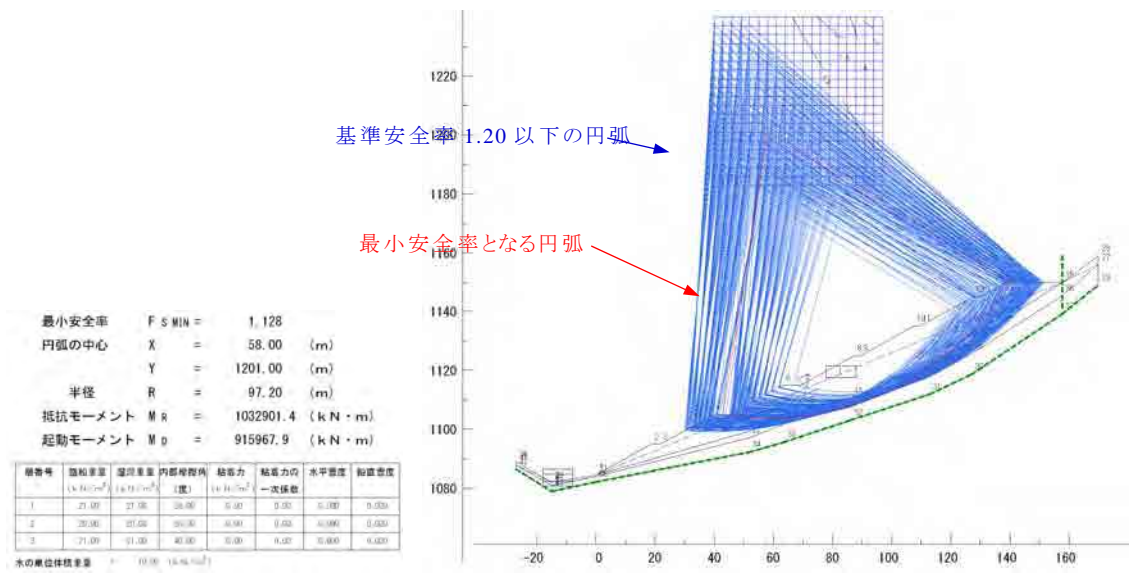
水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)



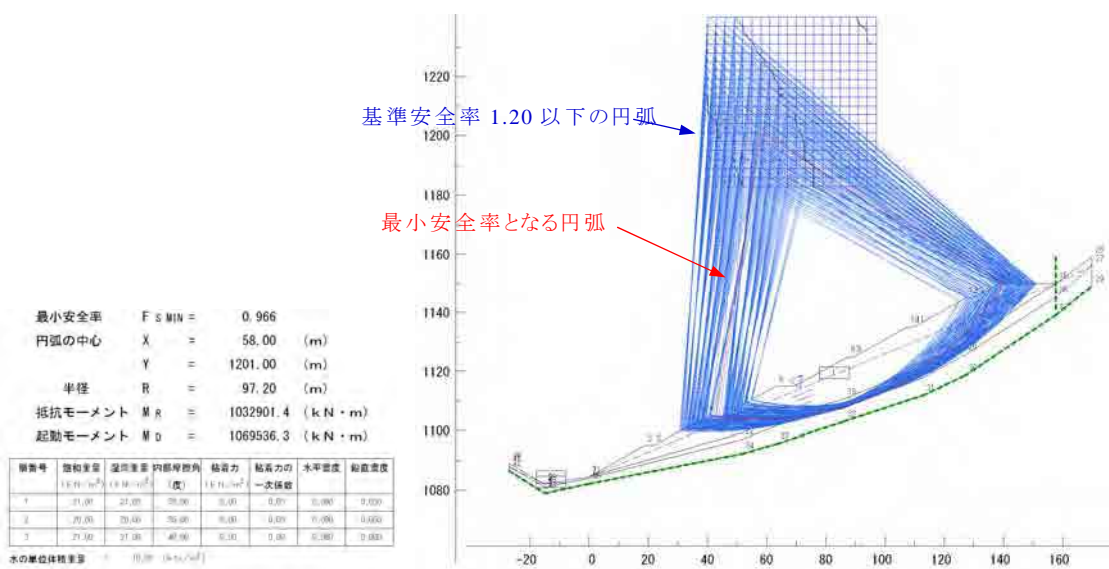
地震時

出典:調査団

図 3.2.28 EL1105m より上位に盛土内水位考慮



常時



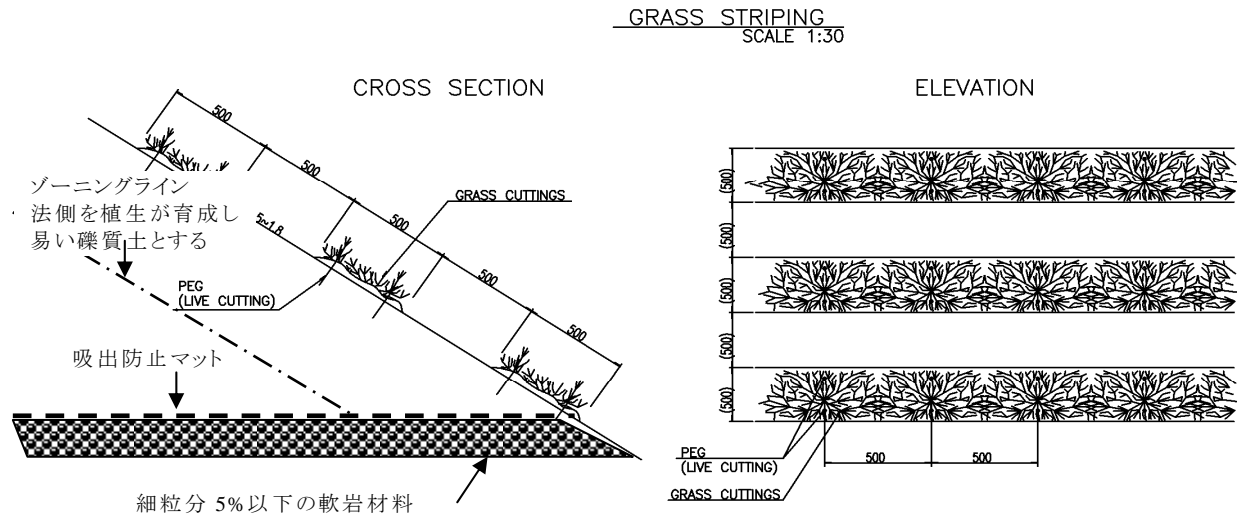
地震時

出典:調査団

図 3.2.29 EL1085m より上位に盛土内水位考慮

vii) のり面

道路土工指針に準じ浸食防止として植生工を計画する。植生工としては、三工区の実績より、被覆率 50%による植生筋工とする。(ただし、最終的な仕様は、初期工事のり面を利用した植生比較試験にて決定する。)表 3.2.32 および表 3.2.33 に三工区における適用事例を掲載する。



出典:調査団

図 3.2.30 押え盛土のり面の植生工

表 3.2.32 切土のり面地質区分と適用のり勾配

区分記号	のり面地質		適用のり面勾配
	大分類	中分類	
A	土砂	崖錐堆積物 (礫混じり)	1:0.8~1:1.2
B	土砂	崖錐堆積物 (土砂混じり)	1:1.0~1:1.5
C	土砂	段丘堆積物 (赤土)	1:1.0~1:1.5
D	土砂	段丘堆積物 (礫・転石混じり)	1:0.6~1:1.0
E	軟岩	強風化粘板岩	1:0.6~1:1.2
F	軟岩	風化・亀裂の発達した粘板岩	1:0.5~1:0.8
G	硬岩	粘板岩	1:0.3~1:0.5
H	軟岩	強風化片岩・千枚岩	1:0.8~1:1.2
I	軟岩	風化・亀裂の発達した片岩・千枚岩	1:0.5~1:1.0
J	硬岩	片岩・千枚岩	1:0.3~1:0.5

出典:第3工区 基本設計調査 準備調査報告

表 3.2.33 のり面保護工とのり区分・性状

選定条件	のり面区分	盛土のり面		切土のり面						
		浸食を受けやすい	浸食に対して安定	土砂		軟岩		硬岩		
				浸食を受けやすい	浸食に対して安定	風化・浸食を受けやすい	風化・浸食に対して安定	亀裂が多く落石の恐れがある	安定している、または十分な安定勾配が確保されている	
のり面性状										
地質区分		B, C	A, D	B, C	A, D	E, F, H, I	G, J			
のり面保護工	無処理								◎	
	植生工	筋芝工	○	○	○	○	○	○		
		段切張芝工			○	○	○	○		
		植生筋工	○	◎	○	◎	○	◎		
		種子散布わらマット工	○	○	○	○				
		幼木植付工	○	◎	○	◎	○	◎		
		挿木工	○	◎	○	◎	○	◎		
	植生土のう工	○	○	○	○					
	構造物	練石もたれ擁壁	◎		◎	○	◎	○	○	
		現場打ち法枠工(中詰土砂)	◎		◎	○	◎	○		
		現場打ち法枠工(中詰石張)	◎		◎	○	◎	○		
		コンクリート吹付工					○		◎	
		鉄筋補強土工					○		◎	
ガビオン工		◎	○	◎	○	◎				
編柵工	○	○	○	○	○					

凡例) ◎: 採用 ○: 補助的な使用

注) 但し、上記に関らず、

①安定勾配を確保できない場合、構造物によるのり面保護工を採用する。

②落石の恐れがある場合、落石防止工の採用を検討する。

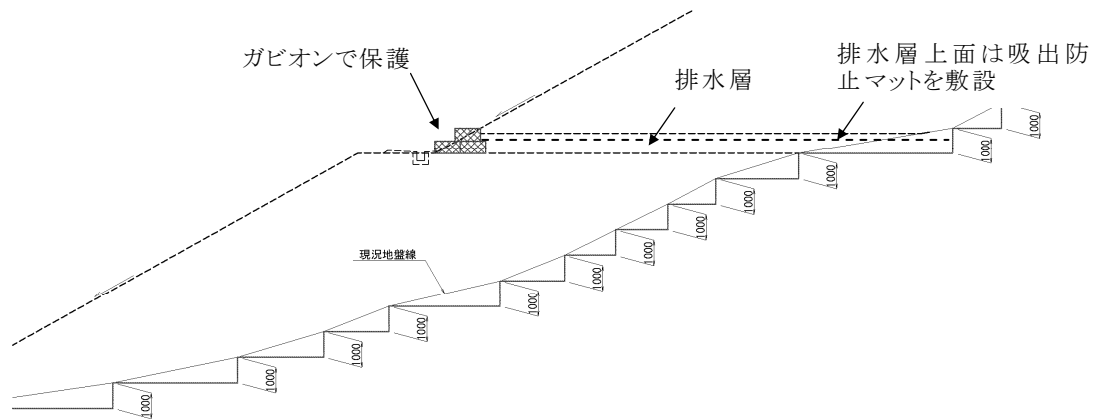
③地形上の制約がある場合、ジオテキスタイル補強土工の採用を検討する。

出典: 第3工区 基本設計調査 準備調査報告

viii) 雨水、湧水処理

・**地表面水処理:** 法面侵食の防止には、法面を流下する水を少なくする必要がある。このため、盛土天端、盛土と地山境界部および盛土小段に排水溝を設ける。また、盛土小段の排水に必要な縦断排水溝を設置する。これらの排水溝は、次ページに示す排水計算よりU300とする。

・**盛土内の浸透水処理:** 盛土は細粒分含有率が10%以下の透水性に富む材料であるが、盛土高が高く盛土内に水位が形成されると安全率が低下することから、小段部に細粒分含有率が5%以下の透水性材料を1層設けて小段排水へ浸透水を排水する。この透水層については、掘削発生土を利用するため掘削～盛土までの積算上は特に区分を行わない。ただし、この層に用いる掘削土については盛土前の粒度試験と施工後の透水試験による品質管理を行うこととする。



出典:調査団

図 3.2.31 押え盛土各小段の排水層

・現沢部からの湧水処理:湧水を伴う沢部には暗渠排水管を設置する。暗渠排水管は、盛土自重による縦断ひずみ等の変形性に追従するFRPM管※1)とし、管径は沢部が大きいことからφ300mmとする。

※1)FRPM管:強化プラスチック複合管.Fiberglass reinforced plastic mortar pipes

【地表面排水量の検討】

図 3.2.32 に示す流域からの盛土領域への雨水流出量は、0.155m³/sec であり、U300 であれば勾配2%で流下可能である。なお、設計時間雨量は図 3.2.33、流出係数は表 3.2.34 による。

I 盛土工事範囲の雨水流出量					
地区	降雨強度(mm/h)	面積(m ²)	流出係数	合成流出係数	流出量(m ³ /sec)
Q1	60	6672	0.5	0.50	0.056
Q2	60	5011	0.5	0.50	0.042
Q3	60	3814	0.5	0.50	0.032
Q4	60	1001	0.1	0.14	0.004
		591	0.2		
Q5	60	1701	0.2	0.20	0.006
Q6	60	1237	0.2	0.20	0.004
Q7	60	1047	0.2	0.20	0.003
Q8	60	637	0.1	0.16	0.005
		1046	0.2		
Q9	60	223	0.1	0.18	0.003
		676	0.2		
Q10	60	456	0.2	0.20	0.002
合計					0.155

* 盛土工事範囲の雨水流出量をすべて合計した場合、0.155m³/secとなる。

II 排水側構の流下能力		
①U-300の場合		
勾配: 10%→	0.368 m ³ /sec	(90% 流量)
5%→	0.260 m ³ /sec	(90% 流量)
3%→	0.202 m ³ /sec	(90% 流量)
2%→	0.165 m³/sec	(90% 流量)
1%→	0.116 m ³ /sec	(90% 流量)

←2%以上の勾配で流下可能

* 排水勾配2%以上確保できれば、表面排水に係るすべての側構はU-300で流下可能。

出典:調査団

表 3.2.34 地表面の工種別基礎流出係数

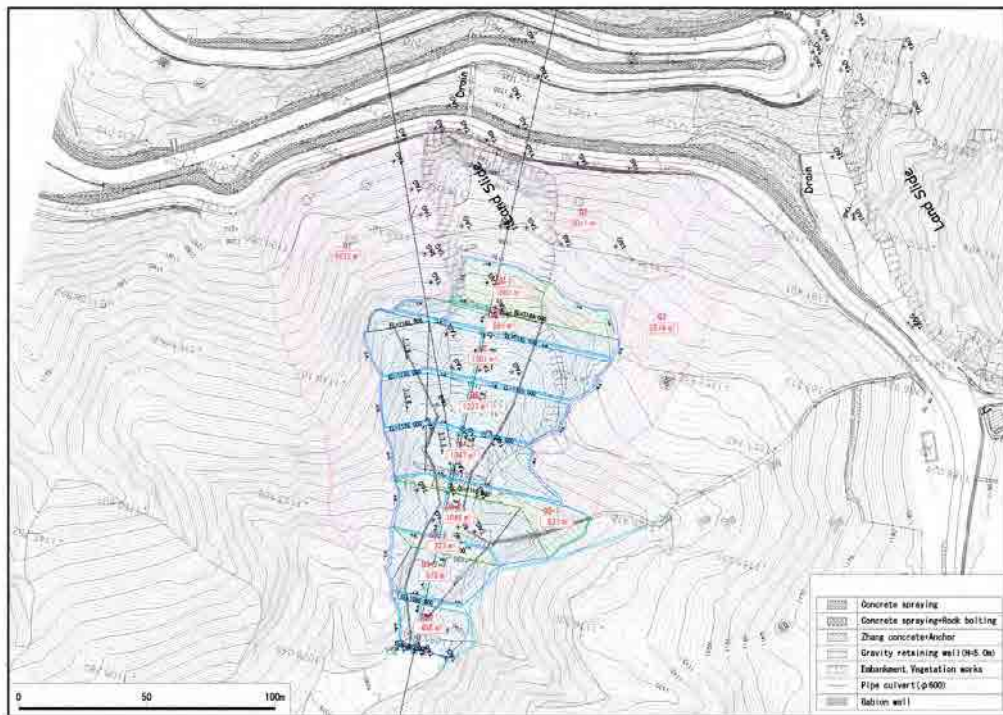
地表面の種類		流出係数
路面	舗砂	0.70~0.95
	装利道	0.30~0.70
路肩, のり面等	細粒土	0.40~0.65
	粗粒土	0.10~0.30
	硬軟岩	0.70~0.85 0.50~0.75
砂質土の芝生	勾配 0~2%	0.05~0.10
	" 2~7%	0.10~0.15
	" 7%以上	0.15~0.20
粘性土の芝生	勾配 0~2%	0.13~0.17
	" 2~7%	0.18~0.22
	" 7%以上	0.25~0.35
屋根 間地 芝, 樹林の多い公園 勾配の緩い山地 勾配の急な山地		0.75~0.95
		0.20~0.40
		0.10~0.25
		0.20~0.40
田, 水面 畑		0.70~0.80
		0.10~0.30

盛土平場
Q5~7、Q10:0.1

盛土法面
Q5~7、Q10:0.2

地山 Q1~Q3:0.5

出典: 道路土工要領 社団法人日本道路協会 P134

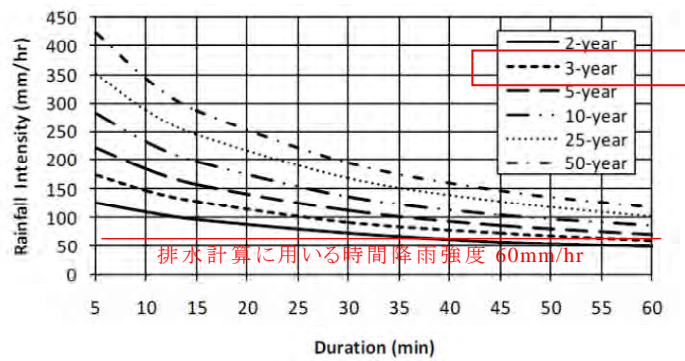


出典: 調査団

図 3.2.32 押え盛土区域の地表面水の集水面積
表 3.2.35 地域別の設計日降雨量

Station	Return Period (year)					
	2	3	5	10	25	50
Sindhuli Gadhi	169	206	245	300	368	423
Nepalthok	86	106	126	154	190	218
Hariharpur Gadhi	173	215	261	325	407	475
Melung	72	86	102	124	151	172

出典: 第3工区 基本設計調査 準備調査報告



出典：第3工区 基本設計調査 準備調査報告書

図 3.2.33 降雨強度曲線(ネパールトック)

2) 工事用道路

i) 基本方針

盛土工へ効率的に運搬するため工事用道路を計画した。対象車両は、土砂運搬が主体となるためダンプトラックを想定し、道路規格は日本の林道規定(日本林道協会)を参考に実情に即した計画とした。

表 3.2.36 工事用道路の規格

項目	基準案	摘要
道路幅員	3.0m(全幅員 4.0m)	
縦断勾配	14.0%(20%)	()内は現地実績により短い延長で適用可能とする
最小曲線半径	R=15m (R=7m)	()内はヘアピン部
待避所	見通しから設定	

出典：調査団

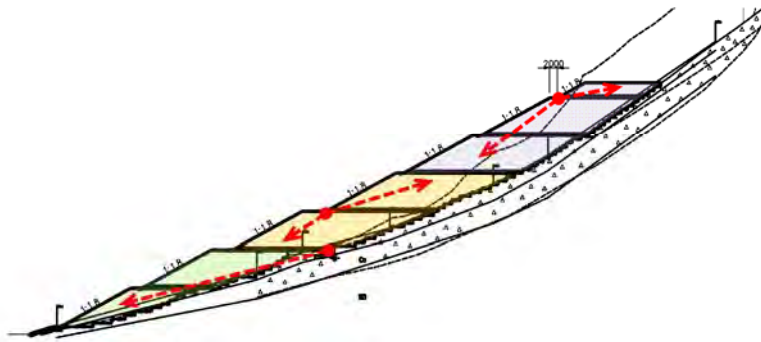
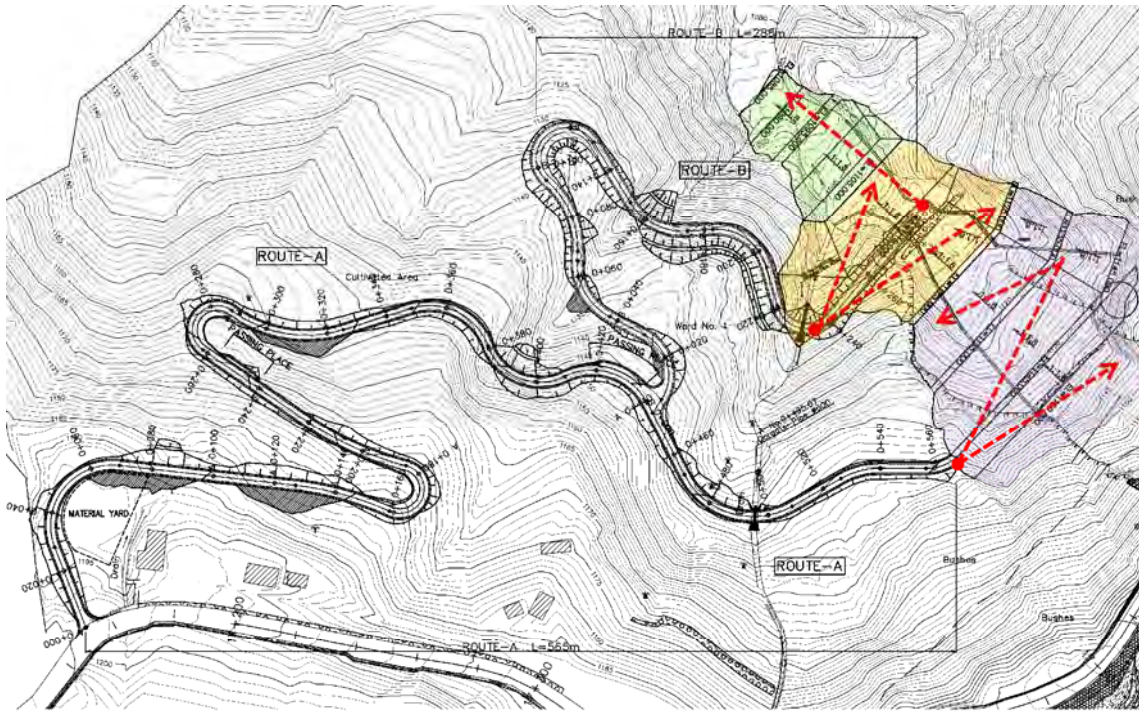
ii) 仮設条件

工事用道路は工事完了後に原形復旧することを基本とし、仮設条件については地形・地質、樹木等の支障物が複雑であることから任意仮設とした。従って、工事用道路の計画は固定的なものではなく、施工段階に地形・地質、支障物及び地形変化の影響等の詳細な現場状況に応じて柔軟に対応するものとし、請負者の責任において施工、維持管理をする計画とした。

iii) 工事用道路計画

本線への取付位置は、地形状況と家屋への影響を避けるため Sta.17+150 付近とした。ルート計画は、適切な勾配の確保と地形変化の最小化から、できる限り急傾斜面を避けた計画とした。また、盛土対策工の高低差が約 60m以上にも及ぶため、施工手順と作業性に配慮し、途中より分岐させた2ルートを計画した。

排水施設は仮設道路であることから構造物としては設けないが、縦断が急勾配かつ降雨量が多いことが想定されることから、工事期間の路体の浸食対策として碎石舗装、土のうによる路肩保護及び横引き排水を計画した。また、既設水路を横断する2箇所については仮設管を計画した。



出典:調査団

図 3.2.34 工事用道路計画図

(4) Sta.18+200(C ブロック)

1) 道路付け替え工

i) 線形計画

a. 平面線形

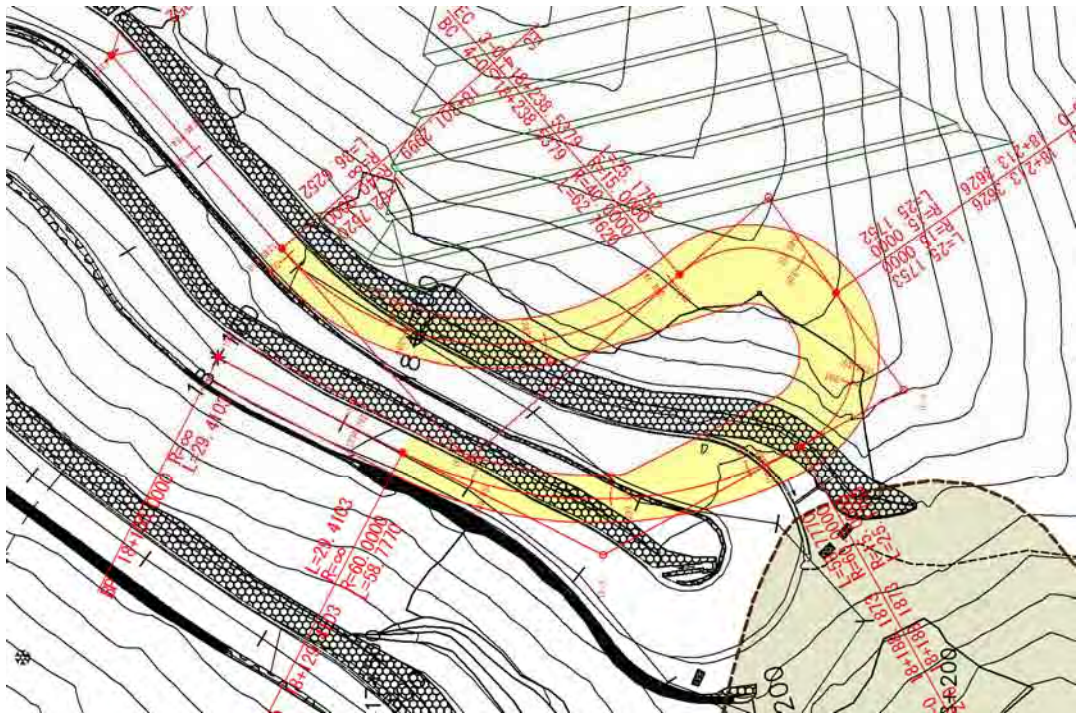
線形計画は、長期的に安定した通行機能を確保するとともに、防災性に優れた道路計画とした。また、ヘアピンカーブという線形条件の厳しい区間であることから、平面曲線と縦断勾配の組合せに留意し、交通安全に配慮した計画とした。

平面線形は、C ブロックの推定崩壊線をコントロールとして、縦断勾配と交通安全等に着目した比較検討を行った。なお、推定崩壊線からの離隔は、推定線の精度と長期的な安定の確保から 5mの離隔を確保した。

第 1 案:内側シフト案

第 2 案:山側シフト案 (採用案)

比較検討の結果、ヘアピンカーブ区間で所定の縦断勾配(5.0%)が確保できる構造的、安全性に優れた「第 1 案 山側シフト案」を採用した(表 3.2. 27 参照)。



出典:調査団

図 3.2.35 付替え道路の平面計画(山側シフト案)

b. 縦断線形

縦断計画は、整備済みである前後区間の勾配を勘案し、急曲線と急勾配の組合せとならない計画とした。特にヘアピンカーブ区間(R=15m)は、車両の傾き、滑動、積荷の片寄り等の安全性に係る問題があることから、これまでのシンズリ道路の考え方と同様に、日本の道路構造令の合成勾配(縦断勾配と片勾配を合成した勾配)の規定値 8%(積雪寒冷地域相当)から縦断勾配を5%以下とした。

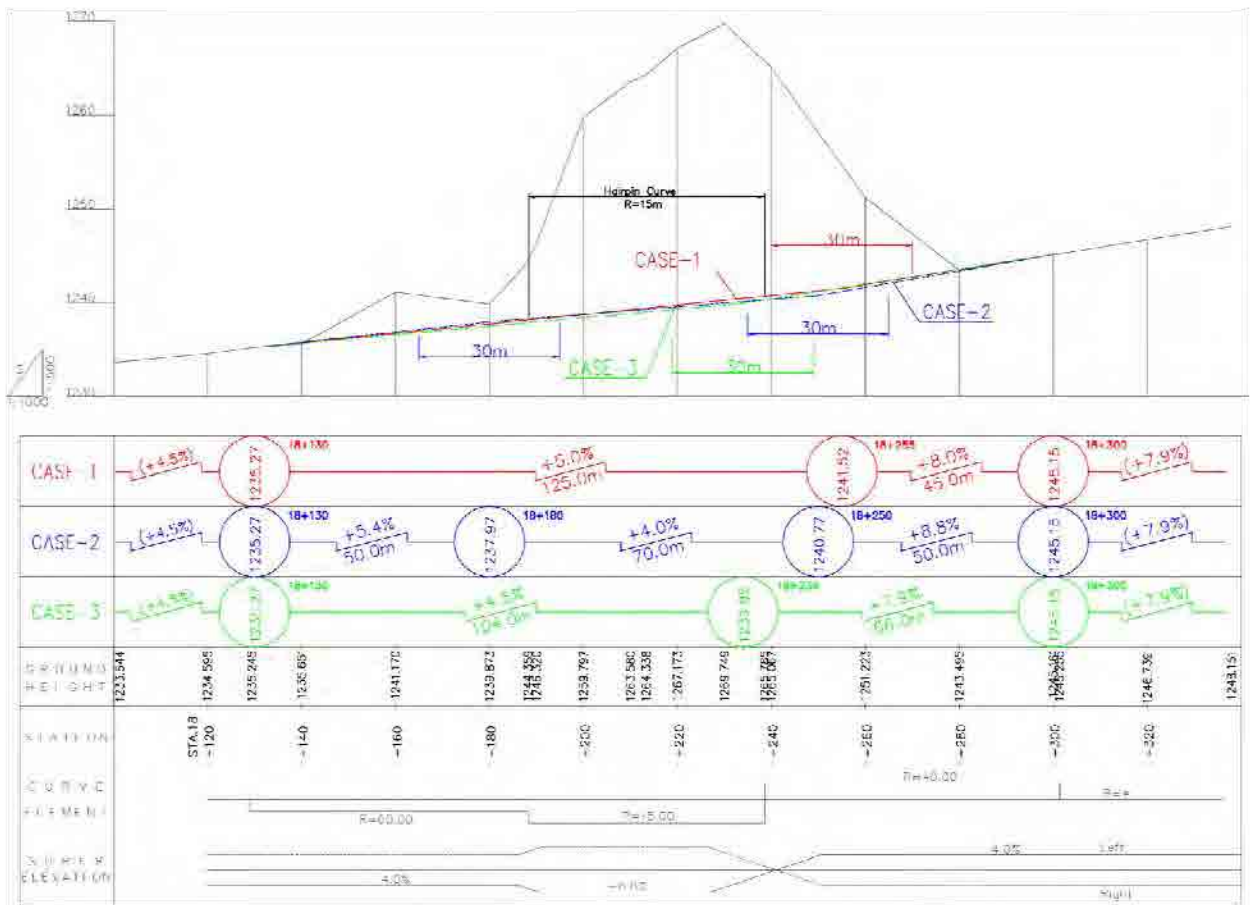
縦断検討は、以下に示す3ケースについて比較検討を行い、安全性、走行性及び線形バランスに優れる「ケース 1:ヘアピンカーブ内の縦断勾配を5%とした案」を採用した。なお、接続部の計画高及び引出し勾配は、本調査で実施した実測測量を基本として、当初計画の勾配を勘案した計画とした。図 3.2.36 に縦断検討図を示す。また、表 3.2.38 に縦断検討比較検討表を示す。

付替道路 平面線形比較表 (Sta.18+200)

		第1案 内側シフト案 ヘアピンを内側へコンパクトにすることで崩壊線から離隔を確保		第2案 山側シフト案 ヘアピン全体を山側へシフトさせることで崩壊線から離隔を確保		
計画概要図						
	評価	コメント	評価	コメント	評価	
経済性		道路延長は短くなるが切土量が多いため第2案と比べやや劣る	31/40	経済性	第1案と比べ経済性に優れる	32/40
構造的性		ヘアピン区間の縦断勾配が8%と急勾配となる	12/20	構造的性	ヘアピン区間の縦断勾配は5%以下を確保することができる	16/20
施工性		施工性は特に問題ない、第2案と比べほぼ同等	8/10	施工性	施工性は特に問題ない、第1案と比べほぼ同等	8/10
安全性		ヘアピン区間まで急勾配となり交通安全性に劣る	12/20	安全性	ヘアピン区間が緩勾配で交通安全性が優位	16/20
維持管理	推定崩壊線がさらに進展した場合、付替えの余裕がない	6/10	維持管理	推定崩壊線がさらに進展した場合の余裕が確保できる	8/10	
		道路工: 145m × 30,000 = 4,400千円 土工: 74,000m ³ × 2,000 = 148,000千円 Total: 152,400千円 (1.02) ※直接工事費の概算を示す。(切土のり面の補強等は含まず)			道路工: 170m × 30,000 = 5,100千円 土工: 72,000m ³ × 2,000 = 144,000千円 Total: 149,100千円 (1.00) ※直接工事費の概算を示す。(切土のり面の補強等は含まず)	
総合評価	・影響範囲が小さいように見受けられるが、経済性は第2案と比べほとんど変わらない。道路延長が短くなるため、縦断が急勾配(約8%)となり構造的性、安全性に劣る。また、長期的に崩壊範囲が進展した際の余裕も第2案と比べ劣ることから採用には至らず。		・経済性が優れるほか、ヘアピン部で所定の縦断勾配(約5%)を確保することができ構造的性、安全性に優れる。また、ヘアピン手前のカーブは切土形状を工夫することで視認性も確保できる。さらに、長期的な崩壊進展に対しても余裕を確保することができ、総合的に優位な案である。			
採用	(69/100)		○(80/100)			

表 3.2.37 平面線形比較表

出典:調査団



出典:調査団

図 3.2.36 縦断検討図

表 3.2.38 縦断計画比較検討表

	CASE-1	CASE-2	CASE-3
計画概要 (縦断計画)	ヘアピンカーブ内の縦断勾配を5%とした案 (I = 5.0% → 8.0%)	ヘアピンカーブの縦断勾配を4%とした案 (I = 5.4% → 4.0% → 8.8%)	引き出し勾配で計画した案 (ヘアピン部 4.5%) (I = 4.5% → 7.9%)
幾何構造 (ヘアピン)	曲線半径: 15m 縦断勾配: 5.0% (<5%) 片勾配: 6.0% (<6%) 合成勾配: 7.8% (<8%)	曲線半径: 15m 縦断勾配: 4.0% (<5%) 片勾配: 6.0% (<6%) 合成勾配: 7.2% (<8%)	曲線半径: 15m 縦断勾配: 4.5% (<5%) 片勾配: 6.0% (<6%) 合成勾配: 7.5% (<8%)
特長/ 問題点	ヘアピン区間全て5%以下を確保でき、安全性、走行性に優れている。	ヘアピン区間は概ね4%を確保できるが、前後で急勾配となり、かつ変化点が多く走行性に劣る。(波打ち縦断)	変化点位置の関係から、ヘアピン区間内の一部が急勾配となり安全性に劣る。
評価	○		

出典:調査団

c. 幾何構造計画

当プロジェクト区間の幾何構造計画は、第二工区、第三工区及び第四工区的设计基準に準拠した。道路設計基準と採用値を表 3.2.39 に示す。

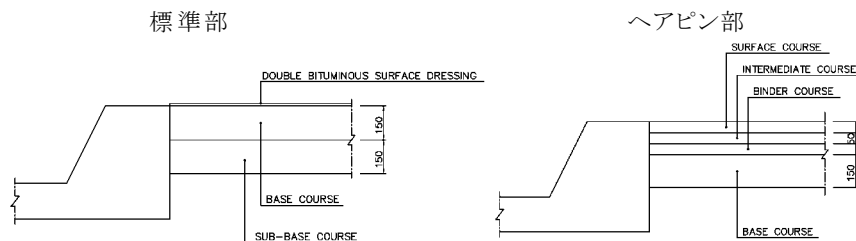
表 3.2.39 道路設計基準と採用値

項目	採用値	第二工区	備考
設計速度	20km/h	20km/h	第三・四工区 20~40km/h
標準幅員	4.75m	4.75m	全区間共通
横断勾配	4%	4% (砂利道) 2.5% (DBST)	現況は DBST だが排水機能に配慮し 4%を採用
最大片勾配	6%	6%	ヘアピン: 6% 前後カーブ: 省略(4%)
最小平面曲線半径	15m	15m	40km/h : 45m 30km/h : 25m 20km/h : 15m
曲線部の拡幅量	2.25m(R=15)	R=30: 0.00m R=25: 0.50m R=20: 1.00m R=15: 2.25m	セミトレーラー対応
最小縦断曲線半径	300m	300m	
平均縦断勾配	7%	7%	
最大縦断勾配	10% (300m)	10% (300m)	区間前後 4% (150m)
片勾配のすりつけ	1/50	1/50	30km/h : 1/75 20km/h : 1/50
拡幅のすりつけ	1/10	1/10	30km/h : 1/15 20km/h : 1/10
視距	40m	40m	20m×2 (1車線道路)

出典:調査団

d. 舗装計画

舗装構造は、現況で一般部に瀝青表面処理が施された DBST 舗装(Double Bituminous Surface Treatment)、ヘアピンカーブ区間はアスファルト舗装が施されている。舗装面は現状で問題がないことから、一般部については施工性、経済性に優れた DBST 舗装、ヘアピンカーブ区間については、アスファルト舗装を採用した。なお、コンクリート舗装については養生による迂回路の確保に問題があることから棄却とした。



出典:調査団

図 3.2.37 舗装構成

e. 排水計画

道路排水は局所的な改良であることから排水系統は現況と同じとする。流出量の算出については「道路土工 排水工指針(日本道路協会)」に基づいたものとし、路面排水等の形状は

「ネ」国基準の提案に基づき、交通安全の面から深さ45cm以下、底幅40cm以上、横断管については最小管径を60cmとする。

切土のり面部の排水は、小段勾配の調整により中央の縦排水に集約する計画とした。縦排水の形状は幅60cmの階段状として維持管理用の階段を兼ねるものとした。

- 流出量

道路排水構造物を設計する際の流出計算は以下の合理式を用いて行う。

$$Q = 1/3.6 \times C \times I \times A$$

Q : 流量(m³/sec)
 C : 流出係数
 I : 降雨強度(mm/hour)
 A : 流域面積(km²)

- 計画流量規模

表 3.2.40 構造物別の降雨確率年

構造物	降雨確率年
側溝等	3

出典:調査団

- 流出係数

流出係数は「道路土工-排水工指針/日本道路協会」を参考として、流域の多くが急峻な地形であることを考慮し、流量確率年の低い路側水路については「0.4」とする。

- 降雨強度

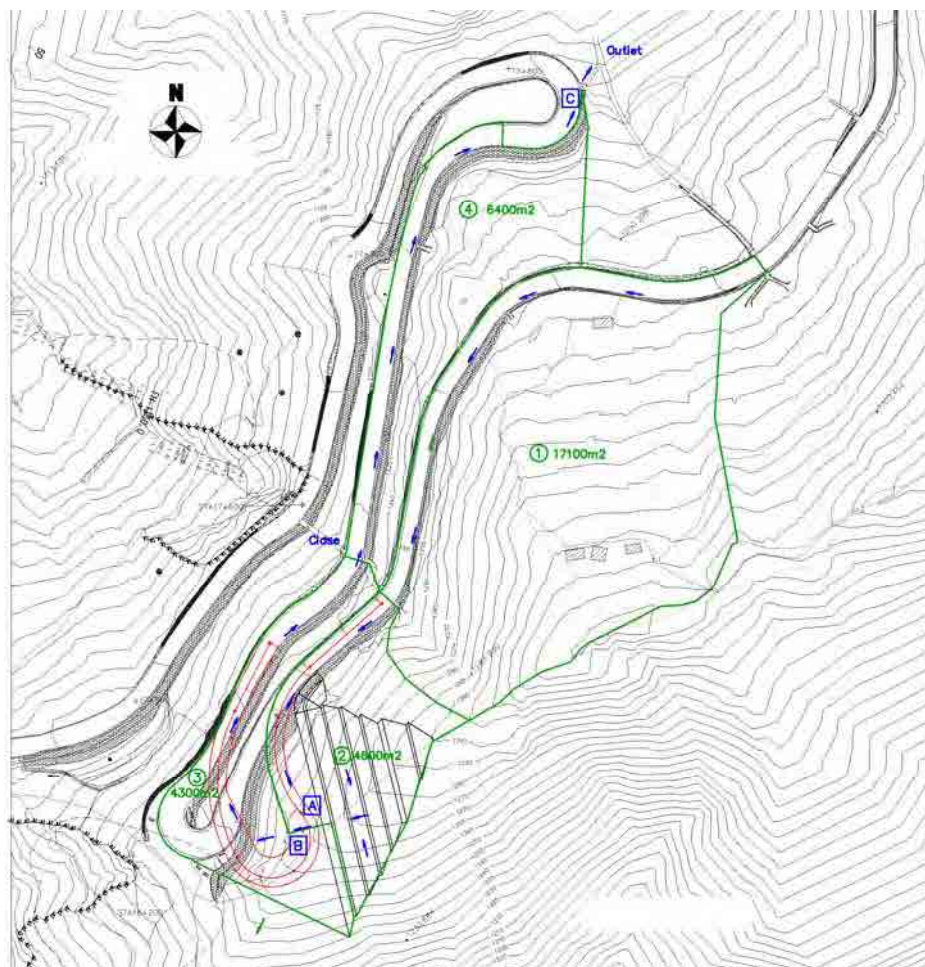
表 3.2.41 シンズリガリの降雨強度

確率年	2	3	5	10	25	50
日降雨量(mm/day)	169	206	245	300	368	423

出典:調査団

- 流下能力の照査

		流出係数 C=	0.4								
		降雨強度 I=	206								
流出量				流下能力							
No	流域面積 (m ²)	累計 A (m ²)	流出量 Qo (m ³ /s)	No	断面	断面積 A (m ²)	径深 R (m)	粗度係数 n	勾配 i (%)	流下能力 Qa (m ³ /s)	安全率
1	17,100										
2	4,600	21,700	0.497	A	U-750	0.180	0.161	0.015	5.0%	0.793	1.60
			0.497	B	φ600	0.283	0.150	0.013	6.0%	1.507	3.03
3	4,400										
4	6,400	32,500	0.744	C	U-750	0.180	0.161	0.015	5.0%	0.793	1.07

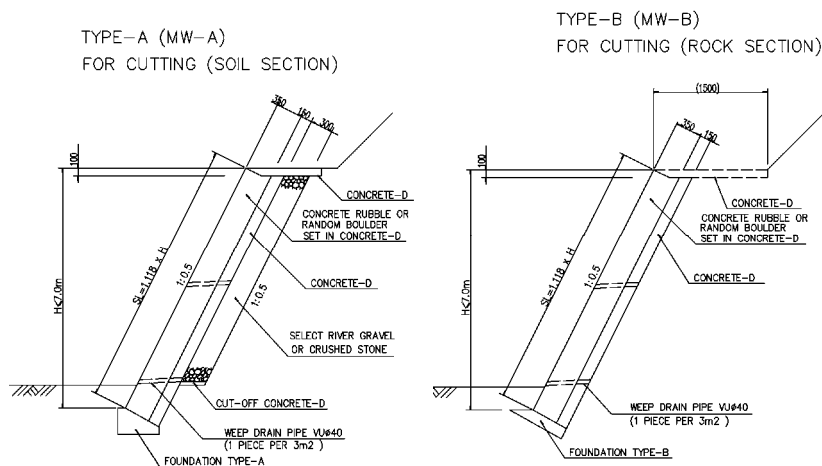


出典:調査団

図 3.2.38 流域図と排水系統

f. 擁壁計画

道路の付替えに伴い切土側に土留が必要となるため擁壁を配置した。また、切土のり面工については掘削の影響を抑えるため最下段部に擁壁を配置した。擁壁形式は高さ(7m以下)、地盤条件(砂質土以上)から練石もたれ擁壁とし、地山条件からタイプA及びタイプBを採用した。(図3.2.39参照)



出典:調査団

図 3.2.39 練石もたれ擁壁(タイプ A・B)

g. 交通安全施設

交通安全施設として視線誘導標、ガードブロックを適切な範囲に計画した(表 3.2.42 参照)。なお、カーブ区間の内、既設ガードブロックが残る区間及び平坦部が十分確保されている区間については視線誘導標を採用した。

表 3.2.42 視線誘導標及びガードブロック設置要領

視線誘導標	<ul style="list-style-type: none"> ・一般区間 ・曲率に応じた間隔(最大 5m)で視線誘導標を設置する。
プレキャストコンクリート L 型ガードブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・谷側に凸となる屈曲区間 ・谷底まで急傾斜、落差が大きく、逸脱した場合重大事故となる区間 ・逸脱した場合、下方の道路へ被害が波及するとともに事故の損害程度が相当大きくなるジグザグ区間
幅員減少警告ガードブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・コーズウェイ等で幅員が縮小する箇所

出典:調査団

h. 既設構造物撤去

道路の付替えに伴い擁壁や排水施設等の既設構造物の撤去が必要となる。撤去範囲は必要最小限とするものとし、ヘアピン端部の補強土壁及びガードブロック等の安定・安全に係る施設は現状のまま残す計画とした。

ii) 土工

a. 切土勾配の検討

シンズリ道路二工区では、表 3.2.43 道路土工要綱「(社)日本道路協会」に基づき、切土工の法面勾配を表 3.2.44 のように決定し施工されている。「道路土工切土工・斜面安定工指針(社)日本道路協会」には、標準法面勾配の参考として表 3.2.45 が提案されている。また、中・

古生層(片岩・片麻岩等)、火成岩の法面勾配として図 3.2.40 が提案されており、これは地山強度の指標としての弾性波速度と法面勾配との関係を示したものである。

表 3.2.43 切土法面勾配

地山の土質		範囲
硬岩		1:0.3~1:0.8
軟岩		1:0.5~1:1.2
砂質土	密実なもの	1:0.8~1:1.0
	密実でないもの	1:1.0~1:1.2
砂利、岩塊まじり砂質土	密実なもの	1:0.8~1:1.0
	密実でないもの	1:1.0~1:1.2

出典:シンズリ道路建設計画(第二工区)基本設計調査報告書平成12年1月

表 3.2.44 第二工区における法面勾配

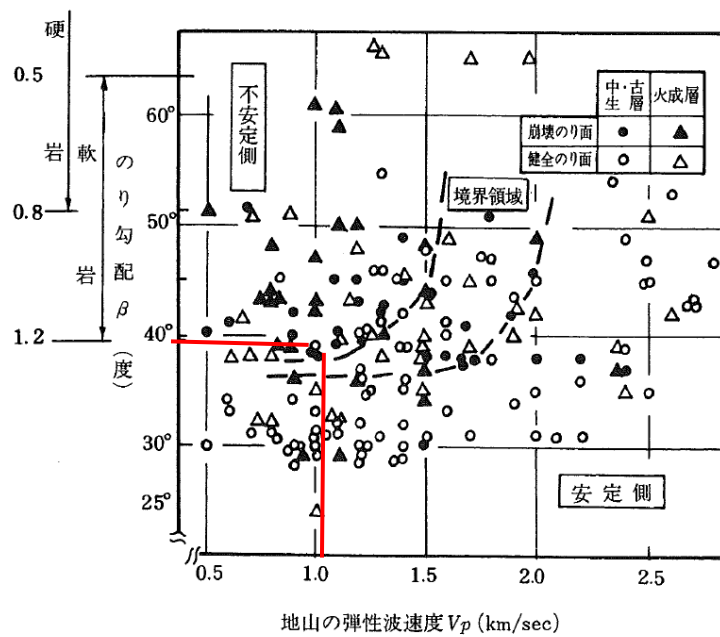
区分記号	法面地質	採用法面勾配	留意事項
A	扇状地、崖すい性、崩積土堆積物法面	1:0.8~1:1.2	法面に岩塊が出現して整形が難しい場合がある。
B	れき岩法面	1:0.5~1:0.8	
C	砂岩法面	1:0.5~1:0.8	
D	強風化花崗質片岩法面	1:0.8~1:1.0	表面浸食を受けやすい。
E	風化・きれつの発達した花崗質片岩法面	1:0.5~1:0.8	亀裂の程度により土木的な法面保護工の採用が求められる。法面に岩塊が出現して整形が難しい場合がある。
F	花崗質片岩法面	1:0.3~1:0.5	
G	風化・きれつの発達した泥質、砂質片岩法面	1:0.5~1:0.8	亀裂の程度により土木的な法面保護工の採用が求められる。
H	泥質、砂質片岩法面	1:0.3~1:0.5	
I	強風化片麻岩法面	1:0.8~1:1.0	
J	風化・きれつの発達した片麻岩法面	1:0.5~1:0.8	亀裂の程度により土木的な法面保護工の採用が求められる。
K	片麻岩法面	1:0.3~1:0.5	
L	段丘堆積物法面	1:0.8~1:1.2	法面に岩塊が出現して整形が難しい場合がある。
M	その他一般土砂法面	1:0.8~1:1.2	

出典:シンズリ道路建設計画(第二工区)基本設計調査報告書平成12年1月

表 3.2.45 標準法面勾配の参考

地山の土質		切土高	範囲
硬岩			1:0.3~1:0.8
軟岩			1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:1.5~
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.8~1:1.0
		5~10m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの、または粒度分布がよいもの	10m以下	1:0.8~1:1.0
		10~15m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1:1.0~1:1.2
		10~15m	1:1.2~1:1.5
粘性土		10m以下	
岩塊または玉石混じりの粘性土	密実なもの	5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5

出典:道路土工切土工・斜面安定工指針



出典：道路土工切土工・斜面安定工指針

図 3.2.40 弾性波速度-法面勾配と法面の安定性

対象箇所の地質は石英片岩であり表 3.2.44 では G「風化・きれつの発達した泥質、砂質片岩法面」に区分され、第二工区での基準に従うと 1:0.5~1:0.8 の切土勾配となる。

しかし、準備調査で実施した弾性波探査結果では斜面深部においても弾性波速度は 1.0km/sec であり、風化岩が分布している結果となった。このため、図 3.2.40 に従い安定勾配は軟岩の最緩勾配である 1:1.2 を採用することとした。法高が約 50m と長大法面となることから 1:1.2 を採用する必要があると判断する。ただし、1:1.2 で切土を行った場合切土面がすり付かないことと、第二工区での設計方針および自然環境への影響を考慮し、1:0.8 にて切土を行い法枠+鉄筋挿入工により補強する計画とした。

b. 法面形状（法高、小段幅および小段排水）

法高および小段幅はこれまでの第二工区の設計を踏襲して 7m および 1.5m とした。ただし、今回は 50m もの長大法面となることから、5 段に 1 回 2m の小段を設置することとした。排水に関してもこれまでの第二工区の設計を踏襲して自然流下を前提とする。

iii) 植生工

シンズリ道路では表 3.2.46 に示すような植生工が採用されている。

切土法面勾配は、砂質土層である上方の 2 段が安定勾配の 1:1.2、軟岩となる 3~6 段は 1:0.8 の勾配にて掘削する。上方 2 段は安定勾配が保たれているため自然植生を期待して無処理とする。また、3~6 段の法面勾配は 1:0.8 であり、一般に植生の生育には適さない勾配であるが、法面保護として法枠工を設置する計画であるため、その中詰めは植生土のうにより緑化する計画とした。

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

選定条件	のり面区分	盛土のり面		切土のり面					
		浸食を受けやすい	浸食に対して安定	土砂		軟岩		硬岩	
				浸食を受けやすい	浸食に対して安定	風化・浸食を受けやすい	風化・浸食に対して安定	亀裂が多く落石の恐れがある	確保されている、または十分な安定勾配が
のり面性状									
地質区分		B, C	A, D	B, C	A, D	E, F, H, I		G, J	
のり面保護工	無処理								◎
	筋芝工	○	○	○	○	○	○		
	段切張芝工			○	○	○	○		
	補生筋工	○	◎	○	◎	○	◎		
	植生工	○	○	○	○				
	種子散布わらマット工	○	○	○	○				
	幼木植付工	○	◎	○	◎	○	◎		
	挿木工	○	◎	○	◎	○	◎		
	植生土のう工	○	○	○	○				
	練石もたれ擁壁	◎		◎	○	◎	○	○	
	現場打ち法砕工(中詰土砂)	◎		◎	○	◎	○		
	現場打ち法砕工(中詰石張)	◎		◎	○	◎	○		
	構造物					○		◎	
コンクリート吹付工					○		◎		
鉄筋補強土工					○		◎		
ガビオン工	◎	○	◎	○	◎	○			
編織工	○	○	○	○					

凡例) ◎:採用 ○:補助的な使用
 注) 但し、上記に限らず。
 ①安定勾配を確保できない場合、構造物によるのり面保護工を採用する。
 ②落石の恐れがある場合、落石防止工の採用を検討する。
 ③地形上の制約がある場合、ジオテキスタイル補強土工の採用を検討する。

出典:シンズリ道路建設計画(第三工区)基本設計調査 準備調査報告書

iv) 法面補強土工

Sta.18+200 で計画されている切土法面の安定勾配は 1:1.2 であり、計画切土勾配は 1:0.8 となり、補強土工法が必要となる。崩壊の規模は安定勾配と計画切土勾配との差分が想定され、崩壊深度は 2m 程度と推定される(図 3.2.41 参照)。「道路土工 切土工斜面安定工指針(日本道路協会)」には、経験的設計諸元が示されており(表 3.2.47)、当地区ではこれに準じた。すべり深さが 2m 程度であるため、鉄筋長 3m を採用した。

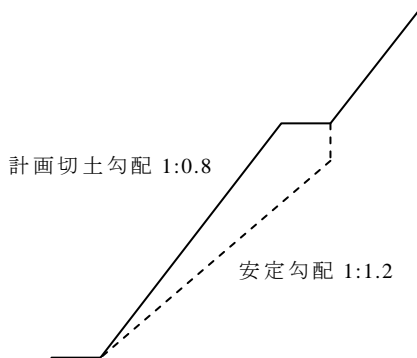


表 3.2.47 経験的設計諸元

項目	諸元
削孔径	φ 65 mm以上
鉄筋径	D19~D25
鉄筋長	2~3m ^{※)}
打設密度	2㎡あたり1本
角度	水平下向き 10° ~のり面直角

※)すべり深さが 1m であると予想される場合には 2m、深さが 2m であると予想される場合には 3m を目安とする。

参考資料: NEXCO 「切土補強土工法設計・施工要領」, 平成 19 年 1 月

図 3.2.41 予想崩壊モデル

出典: 「道路土工 切土工斜面安定工指針(日本道路協会)」




2) 浸食防止工

Sta.18+200 の C ブロックにおいては、斜面が急勾配であることから表層崩壊が断続的に発生している。また、雨期には斜面中腹から湧水が流れ、この湧水によって表面浸食が進行している。この表面浸食が継続すると C ブロックがさらに不安定化する可能性が高いため、浸食防止工を計画した。

工法選定にあたっては、以下の条件を満たす高強度ネット工を採用した(表 3. 2.48 参照)。

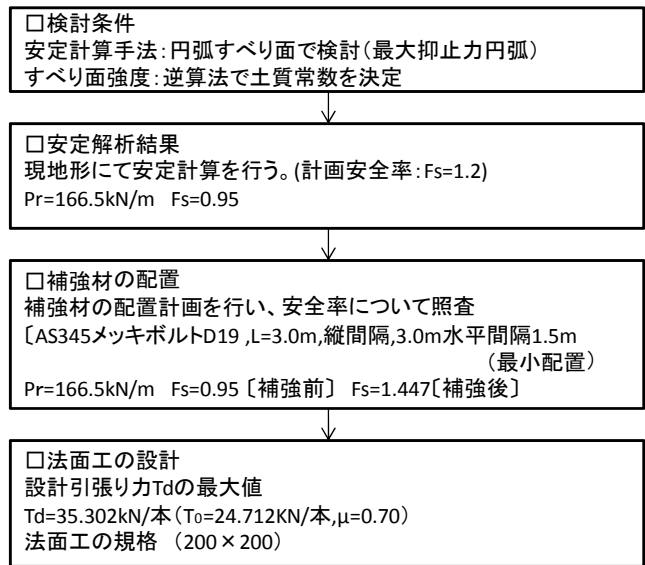
- ・対象箇所は、斜面が急勾配で施工が限定される。また、地すべりが断続的に活動中であるため、仮設足場を組むことができず、命綱による施工となる。
- ・雨期には湧水が多いことから開放型の構造物を採用する必要がある。
- ・表層部分の風化が著しく、ゆるみが進行しているため、法面工を柔構造とする必要がある。また、湧水によって表層が変状する可能性があることから、法面工を柔構造とする必要がある。
- ・崩壊の規模は 1~2m が推定され、この規模の崩壊を抑止する必要がある。

表 3.2.48 浸食防止工の比較

工法	法枠工+ロックボルト工	高強度ネット工	吹付モルタル+ロックボルト工
写真及びイメージ図			
長所	足場が不要で命綱での作業が可能である。開放型の構造物であり、枠内を緑化できる。	足場が不要で命綱での作業が可能である。開放型の構造物であり、表土が落ち着けば植生がつく。表面はネット工であるため柔構造物である。	足場が不要で命綱での作業が可能である。
短所	緩んでいる箇所を除去する必要がある。剛構造物である。	特になし	密閉型の構造となり、湧水が多い箇所には適さない。
判定	×	○	×

出典:調査団

図 3.2.42 のフローに従い高強度ネット工法の規格を決定した。



出典: 調査団

図 3.2.42 高強度ネット工検討フロー図

3.2.3 概略設計図

対策工の概要を表 3.2.49 に示す。概略設計図は巻末資料 6.10 に取りまとめた。

表 3.2.49 事業計画の施設規模

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 ΣL=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 集水桝: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 ΣL=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 集水桝: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 ΣL=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

3.2.4 施工計画

3.2.4.1 施工方針

本計画は我が国無償資金協力の枠組みで実施されることを想定し、施工方針として以下の事項を考慮した。

- 対象地域の地域経済の活性化、雇用機会の創出、技術移転の促進に資するため、本事業の実施に際しては現地の労働者、資材を最大限に活用する。
- 供用道路では、現在、住民生活のための公共バスや物資輸送の車両が通行しているため、工事関係車両との事故防止を図ると共に、できるだけ支障を及ぼさないように配慮する。
- 周辺には集落と有用な耕作地が位置しているため、工事に伴って生じやすい交通事故、騒音・振動、排気ガス・粉塵等の環境問題に配慮した計画とする。

3.2.4.2 施工上の留意事項

(1) 労働基準の尊重

施工業者は、労働者の雇用に際し「ネ」国の労働基準法を遵守すると同時に、雇用に伴う適切な労働条件や習慣を尊重し、労働者との紛争を防止するとともに、労働災害に関わる安全を確保するものとした。

(2) 工事中の交通規制・安全管理・安全対策

工事期間中は一般交通（公共バス、一般車両、トラック、二輪車）と工事用車両が混在することとなる。また、プロジェクトサイト周辺には学校が位置し、学童の往来も頻繁である。したがって、交通誘導員を配置し、交通規制と通行車両及び歩行者の円滑な誘導確保を図る計画とした。

また、現場内立入り規制や交通安全標識等の交通安全施設を設置して、交通事故の発生や作業エリア内での事故を防止する計画とした。さらに、安全に係る広報活動を行い周知徹底することとした。また、急峻な地形、狭い工事エリアの中での切土等の工事となるため、落石防止柵、転落防止柵及び立入り規制等の安全対策に十分な配慮を払った。

(3) 周辺環境・地区及び住民への配慮

周辺地区及び住民に対し、影響を最小限とするように十分な注意・配慮を払った。具体的には下記事項のとおりとした。

- ・工事個所内の工事用車両は平均速度 15km/hr の低速度走行
- ・低音・低振動のジェネレーターの使用

・河岸耕作地への侵食防止を考慮した骨材採取場所の選定

(4) 雨期の工事

Sta.18+200 の高強度ネット工のような急斜面での危険を伴う作業は、雨期中は行わない。

(5) 工事資材の現場内輸送

すべての工事資材は、シンズリバザールからの輸送となる。本工事環境では、資材の補給が円滑に進むか否かが進捗を左右する。このため、シンズリ道路内の輸送路を常に確保する計画とした。

(6) 品質管理の重点項目

本工事の主要構造物であるアンカーやコンクリート構造物の品質は、対策工の寿命に大きく影響するため、アンカー材とコンクリートの品質を重点項目として厳格に管理することとした。

3.2.4.3 施工区分

本無償資金協力事業を実施する場合、日本及び「ネ」国政府それぞれの負担事項の概要は表 3.2.50 に示すとおりである。

表 3.2.50 日本及び「ネ」国政府それぞれの負担事項

日本側負担事項	「ネ」国側負担事項
<ul style="list-style-type: none"> ・実施設計、入札図書作成、入札補助及び工事の施工監理 ・計画に示された対策工の建設 ・仮施設(建設ヤード等)の建設・撤去 ・工事期間中における工事の環境汚染の防止対策 ・「資機材調達計画」に示された建設資機材の調達、輸入及びサイトへの輸送 	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業に必要な住民対策と用地の確保 ・環境モニタリングの実施 ・道路工事に必要な用地内の私有家屋・建物の補償と撤去 ・本事業の工事に支障となる公共施設の移設工事 ・キャンプ・ヤード、建設ヤード等仮設用地の無償提供 ・工事中の迂回路・仮設道路、既存道路の交通規制・管理 ・工事完成後の周辺住民、学校、バス利用者、運転手、警官に対する交通安全の広報と教育訓練 ・完成した施設の適切な維持管理 ・工事完成後の地すべりの継続観測 ・地元住民による空地等の有効利用への助言と支援

出典：調査団

3.2.4.4 施工監理計画

工事契約完了後、コンサルタントは施工業者に対し工事着工命令を発行し、施工監理業務を開始する。施工業者に対しては品質・安全・環境社会配慮・工事進捗監理、工事に関する技術的改善策・提案及び支払いに関わる事務行為等を行う。

常駐施工監理技術者は 1 名とし、日常の施工監理に加え、前述のカトマンズとの連絡業務及び関係諸機関の調整業務、監理業務を行う。なお、当工事は、アンカー工、盛土工、付替え道路工や高強度ネット工等の工種が全く異なる大規模な工事が同時に施工されることとなり、また「ネ」国では施工実績のない工種も多いことから、確実な品質・工程確保をするため各種工事における重要作業期間に各工事に精通した専門技術者を配置する計画とした。

施工監理体制

コンサルタントによる施工監理業務の体制を以下のように計画した。

日本人技術者

- 業務主任者： 業務を円滑に遂行させるべく、準備調査等を通して本案件に携わった技術者が、コンサルタント契約、入札支援全般、施工監理における調整・技術的問題の総括管理業務を担当する。工事開始時、工事中期時および完了時に派遣する計画とした。
- 常駐施工監理技術者： 工事施工期間を通して現地（作業基地）に駐在し、当該国における工事の業務調整、技術的問題点の対応とともに、施工監理業務として材料・品質・安全・日常管理、出来形・出来高管理及び工程管理、支払いに係わる事務行為等を実施する。また、相手国との調整・協議を行う。
- 法面工施工監理技術者： アンカー工、ロックボルト工、高強度ネット工の施工に精通した専門技術者を各重要工程段階に派遣する計画とした。派遣時期は、法枠工（アンカーの受圧板となる）施工時・アンカー工材組立時・アンカー緊張時、ロックボルト工施工中期段階、高強度ネット工頭部処理の段階（頭部処理の方法が特殊なため）とし、アンカー工基本試験等による設計条件の見直しや適切な施工方法の検討、確実な定着に必要なグラウト管理、緊張管理等、また高強度ネット工の適切な頭部処理方法の指導と斜面安定性の検討を行う。アンカー工は大きな緊張力がかかる斜面对策工事であり、また高強度ネット工工事個所は急斜面であり命綱による施工が想定されることから、安全監理の面からもこれらの法面工施工に精通した専門技術者による施工監理が必要である。
- 地質技術者： 地質技術者を付替え道路工（切土工）の初期・中期・後期段階に派遣し、切土法面の設計条件を確認する計画とした。各段階での切土法面の地質状況を調査し、設計の妥当性の検討、必要であれば法面工の見直しを行う。当工事は、大規模な長大法面であり、切り下がりながらの施工となるため、切土の進捗にあわせて斜面の地質状況を確認し、実際の地質状況に応じて柔軟に工事を進めていく必要がある。また、盛土工は7万 m³以上の大規模な高盛土となることから、盛土基礎地盤の確認・判断もあわせて実施する。

3.2.4.5 品質管理計画

品質管理計画および出来形管理計画については、同一路線上の仕様の整合を図るため「シンズリ道路建設計画」における品質・出来形管理項目および試験方法に準拠するとともに、品質管理はプロジェクト仕様書及び下記に示した品質管理計画に従い行う。

購入材料については必要に応じ、納入業者の証明書を求めるものとする。また、上層・下層路盤材及び骨材等の天然資材は、材料の適正及び施工業者の品質管理状況・供給業者の品質管理状況を確認する。供給業者の品質試験の精度、項目が十分でないとは判断されたときには、「ネ」国内及び国外にある専門業者にその試験証明書の再発行の依頼を要望する。

本プロジェクトで必要と想定される主な品質管理項目(案)は表 3.2.51 の通りである。

表 3.2.51 品質管理項目一覧表(案)

項目		試験方法		試験頻度
アンカー工	削孔	削孔角度	角度計測	孔毎
		削孔	削孔長検尺	孔毎
		孔内洗浄	洗浄水濃度	孔毎
	テンドン組立加工	材料	品質証明書、ミルシート	納入毎
		組立加工	長さ測定	アンカー毎
	挿入		余長測定	
	注入	材料	品質証明書、物理・化学試験結果	納入毎
		水	成分試験結果	納入毎
		グラウト濃度(注入)	濃度試験(Pフロート試験)	配合毎
		注入量	注入量測定	孔毎
		グラウト濃度(排出)	濃度試験(Pフロート試験)	孔毎
		加圧量	圧力計測	孔毎
		テンドン共上り	余長測定	孔毎
		グラウト強度	圧縮強度試験	配合毎
	緊張・定着	設置角度	角度計測	
		定着時緊張力	緊張力計測	
		荷重-変位	荷重変位曲線	
定着確認		多サイクル確認試験	6本	
		1サイクル確認試験	114本(上記以外)	
頭部処理	頭部処理	防食材の測定	孔毎	
法枠工	材料		品質証明書、形状・数法・数量を検査	全製品
コンクリート	材料	セメント	品質証明書、物理・化学試験結果	搬入毎
		水	成分試験結果	搬入毎
		混和剤	品質証明書、成分分析表	搬入毎
		細骨材	絶乾比重	搬入毎
			粒度分布、粗粒率	
			粘土塊と軟質微片率	
		粗骨材	絶乾比重	搬入毎
			薄片含有率	
		粒度分布(混合)		
		硫化ナトリウム診断(損失質量)		
	配合試験		圧縮強度試験	配合毎
		塩化物測定	1日2回	
		粗骨材の表面水率試験	1日2回(ストック)	

項目		試験方法	試験頻度	
	打設時	スランプ	ヤードにて測定)	
		温度	1回/バッチ	
	強度	圧縮強度試験(28日)	1回/日又は50m3毎	
工事用道路	材料	品質証明書、形状・数法・数量を検査	全製品	
盛土工	材料 (使用前)	最大最小密度試験 又は土の締固め試験	当初および土質 の変化した時	
		土の粒度試験		
		土粒子の密度試験		
		含水比試験		
		礫の比重吸水量試験		
		腐食含有量試験		
	施工 (施工後)	現場密度の測定	当初および土質 の変化した時	
		現場透水試験	必要に応じて	
	土壌硬度試験	必要に応じて		
鉄筋挿入工	材料	品質証明書		
その他はアンカー工に準ずる。				
路盤(砕石)	配合材料	粒度分布(配合)	配合毎	
		骨材磨減り減量試験		
		骨材密度試験		
	敷設後	最大乾燥密度(締固め試験)		
		密度試験(締固め率)	1回/日	
プライムコート	材料	瀝青材	品質証明書	
			散布量	
			500m2 毎	
アスファルト	材料	瀝青材	品質証明書、成分分析表	
		骨材	粒度分布(配合)	
			吸水率	
			骨材磨減り減量試験	
	配合試験		安定度	配合毎
			フロー値	
			空隙率	
			骨材空隙率	
			引張強度	
			残留安定度	
		設計アスファルト量		
高強度ネット工	材料	品質証明書	ロット毎	

出典：調査団

3.2.4.6 資機材等調達計画

「ネ」国内における、建設材料のうち天然資材(砂、石材、盛土材、材木等)、セメント及び鉄筋については輸入品を含めて市場にあり、現地で調達する計画とした。一方、アンカー材等の工種で必要となる資材は「ネ」国で一般に流通していないことから、日本からの調達を計画した。建設機械については、工事用機械の賃貸専門業者は存在しないこと、厳しい施工条件(急峻な地形での硬岩掘削・盛土施工)における安全性・作業性の確保や山岳地域における継続的

なメンテナンス、約2年間に渡る長期の工事期間等を勘案し、日本からの調達とした。表3.2.52に主要建設資機材の調達先を示す。

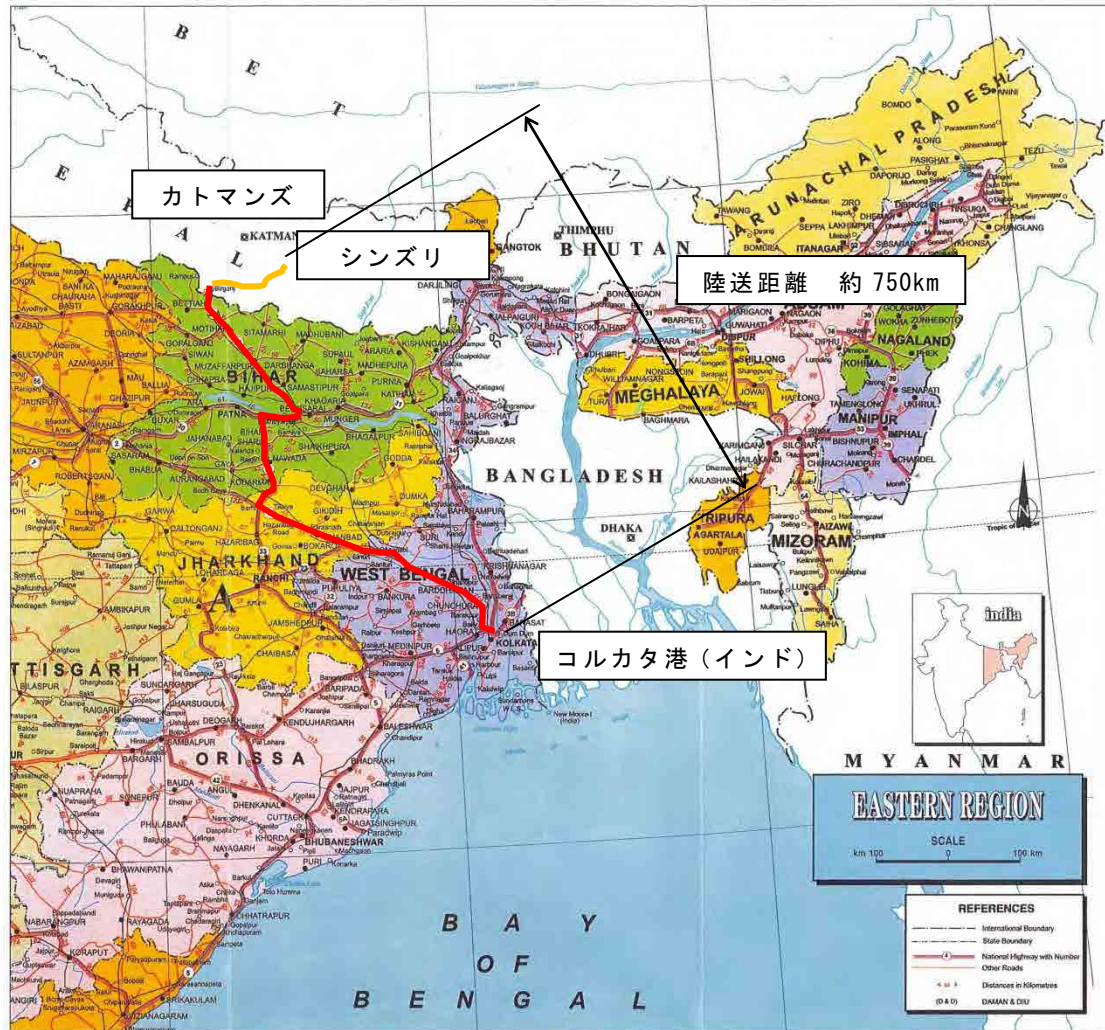
表 3.2.52 主要建設資機材の調達先

項 目	調 達 先			第三国名
	ネ 国	日 本	第 三 国	
主要資材				
セメント	○			
骨材（砂、粗骨材）	○			
コンクリート混和材	○			
鉄筋	○			
歴青材料	○			
一般木材	○			
燃料（軽油・ガソリン）	○			
アンカー材		○		
法枠フレーム		○		
単管足場材		○		
高強度ネット材		○		
静的破砕材	○			
主要機材				
ブルドーザ	21t		○	
バックホウ	0.8m ³		○	
ダンプトラック	10t		○	
振動ローラー	1.0t		○	
コンクリートバッチングプラント	30m ³ /h		○	
ボーリングマシン	55kW		○	
トラッククレーン	25t		○	

出典：調査団

3.2.4.7 輸送計画

使用される資機材のうち日本から調達されるものは、インドのコルカタ港で陸揚げされサイトまで陸上輸送される。コルカタ港から現場まで約 750km である。舗装路面状況は良好であり、輸送日数は約 3 日である。資機材の輸送経路を図 3.2.43 に示す。



出典：インド全図(インド政府観光局)を加筆

図 3.2.43 資機材の輸送経路(インド・コルカタ港～シンズリ)

3.2.4.8 実施工程

実施設計に係わる E/N 締結後、コンサルタントは JICA からの推薦を受け、DOR との間でコンサルタント業務に係わる契約を締結し、実施設計業務を行う。その後、施工業者の事前審査及び入札業務を行う。

入札を経て工事請負業者は、DOR と工事契約をとり交わし、その後工事請負業者はコンサルタントより発給される工事の着工命令書を受け工事に着手する。対策工の完成までの工期は 25 ヶ月が見込まれ、実施スケジュールは、表 3.2.53 に示すとおりである。

表 3.2.53 事業実施工程表

Stage		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
詳細設計・ 入札関連業務	現地調査	■																								
	国内作業		■	■	■																					
	入札図書作成		■	■	■																					
	入札図書承認				■																					
	現説・図渡し				□																					
	入札・業者契約							■																		
施工	準備工	■																								
	Sta.17+600		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Sta.18+200			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	跡片付け工																									■

出典：調査団

3.3 相手国側分担事業の概要

3.3.1 我が国無償資金協力における一般事項

- 事業計画の実施に必要なデータ及び情報を提供すること
- 事業計画の実施に必要な用地（道路用地、土捨場・土取場用地、作業用地、資機材保管用地）を確保すること
- 工事着手前の各工事サイトを整地（家屋移転、森林伐採、支障物件移設）すること
- 各工事現場内立入り規制および治安確保に係る諸施策を実施すること
- 日本国内の銀行に「ネ」国名義の口座を開設し、支払い授權書を発行すること
- 「ネ」国への荷役積み下ろし地点での速やかな積み下ろし作業、免税処置及び関税免除を確実に実施すること
- 認証された契約に対する生産物あるいはサービスの提供に関し、「ネ」国内で課せられる関税、国内税あるいはその他の税金の免除を本計画に関与する日本法人又は日本人に行うこと
- 認証された契約に基づいて、供与される役務を遂行するために入国及び滞在する、日本国籍を有する国民に「ネ」国への入国及び作業に際しての許可、その他の権限を付与すること
- 必要ならば、プロジェクト実施に際しての許可、その他の権限を付与すること
- プロジェクトによって建設される施設を正しくかつ効果的に維持・管理・保全するための要員・予算を確保すること
- プロジェクトの作業範囲内で我が国の無償援助によって負担される費用以外のすべての費用を負担すること

以上の負担事項の実施については、過去のシズリ道路建設プロジェクトと同様の事項であり、それらの実績から十分対応ができるものと判断される。

3.3.2 本計画固有の事項

3.3.2.1 工事着手前

- プロジェクトエリア内の土地・家屋への補償金の支払いの完了

- プロジェクトエリア内の立木伐採に係わる手続きと伐採・搬出・管理の完了
- プロジェクトエリア内の支障物件(家屋・電線・水道)移設の完了

3.3.2.2 工事中

- 建設用の川砂利無料採取の保証
- 日常維持管理業務に支障のない範囲で、建設業者へのシンズリ道路建設に係わる無償資金協力で調達した維持管理機材の無償貸与
- 既存道路および人道の切り回しに係る手続きと用地の確保
- 通行制限に係わる情報伝達
- 既存水道の切り回しに係る手続きと移設
- 第一、二及び第四工区区間の通行の確保
- DOR による環境影響軽減策の実施とモニタリング
- 地区住民や既存道路利用者と建設業者とのトラブルの調整

3.3.2.3 工事完成後

- 環境影響モニタリングと環境監査
- バス利用者・運転手・警官に対する交通安全の広報と教育訓練の実施
- 周辺地域振興への助言
- 水資源省治水砂防局(DWIDP)との共同管理
- シンズリ道路全線の維持管理ネットワークの構築と運用

以上の本計画固有の事項の実施についても、過去の実績から十分対応ができるものと判断される。

3.4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3.4.1 工事中に必要な維持管理

工事個所への資機材の常時運搬ができるように、DOR は第一および第二工区の譲渡済区間の良好な維持管理を行う必要がある。なお、これらの維持管理は過去の実績から人的にも資金的にも DOR には十分な能力があるものと判断される。

3.4.2 工事完了後に毎年必要な維持管理

毎年必要な維持管理は、DOR 雇用者の日常作業における道路施設の清掃や簡易なり面の管理及び小規模な修繕に限られる。主に水路類の堆砂除去や路面の亀裂・ポットホールポットホールの補修及び路肩・法面の補修と除草等であり、現在完成している工区では日常的に行われている。DOR のシンズリ道路事務所の技術者は、定期的に現場を巡回し、これらの日常作業における道路施設の不具合の情報を得て、定期的な修繕工事に役立てている。

なお、年1回の定期的な修繕工事には、側溝・横断管渠・DBST 舗装の破損個所の復旧工事、毎年発生する中規模な災害における法面・擁壁等の復旧工事が主である。これらは入札形式の発注で請負業者により行われる。表 3.4.1 に日常管理と定期管理の作業内容を示す。

表 3.4.1 日常管理と定期管理の作業内容

管理の種類	管理の対象物	作業内容
日常	側溝	堆砂除去、簡易な修繕

	カルバート	堆砂除去、簡易な修繕
	のり面	除草、小規模な崩土の除去
	路面	清掃、亀裂・ポットホールの簡易な補修
	標識	汚れの除去
	路肩	整形、簡易な補修
	側溝	破損箇所の修繕
	カルバート	破損箇所の修繕
	路面	亀裂・ポットホールの修繕
	排水施設	破損箇所の修繕
	擁壁	破損箇所の修繕
	のり面	損傷箇所の修繕

出典：シンズリ道路プロジェクト事務所資料

3.4.3 工事完了後に数年単位で行う維持管理

通常の道路施設における数年単位で行う維持管理には、砂利道路盤の整形、舗装のシーリングやオーバーレイ、鋼橋の塗装、道路標識・表示類等の交換や塗装がある。本対象案件では、主に DBST のオーバーレイと付帯施設の塗装および排水施設構造物の補修である。これらの作業は3～5年に1回程度が望ましいと考える。なお、ガビオン擁壁の網目の補修も重要である。これらは入札形式の発注で請負業者により行われる。表 3.4.2 に数年単位で行われる作業内容を示す。

表 3.4.2 数年単位の周期的な維持管理の作業内容

管理の種類	管理の対象物	作業内容
定期 (5年程度に 1回)	路面	・ DBST 舗装のシーリング・オーバーレイ ・ 砂利道路盤の全面整形
	標識	再塗装、再設置
	その他構造物	中～大規模な修繕、ガビオン網の補修

出典：シンズリ道路プロジェクト事務所資料

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

プロジェクト対象エリアでは、降雨により予期せぬ崩壊・地すべり現象により、時々災害が発生する。しかも、災害が発生すると過去の災害現象から判断すると大規模な事態となることが多く、DOR 側だけでは対処できない場合も想定される。しかしながら、災害に対する第四工区と第二工区での経験と実績を考えれば、緊急処置で行う通常の構造物等の復旧工事は、予算確保ができれば DOR で十分に対処が可能と判断される。また、緊急作業における崩壊土砂の除去や破損の応急処置、迂回路建設や交通整理および緊急対策工は、DOR の関係者により行われる。なお、落石・崩落・崩壊等への予防対策については、必要に応じてその都度対応を図るものとする。

3.5 プロジェクトの概算事業費

3.5.1 協力対象事業の概算事業費

3.5.1.1 日本側負担経費

施工・調達業者契約認証まで非公表

3.5.1.2 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および金額は、おおよそ表 3.5.1 の通りと考えられる。

表 3.5.1 先方政府負担事項及び費用

(単位:千ネパール・ルピー)

負担事項	負担内容	数量	負担金額
(1) 土地借用・補償費	道路用地 (Sta18+200 付け替え)		官地のためなし
	切土・盛土用地		官地のためなし
	河床材土砂購入費 (167NRs/m ³ : カマラ川)	20,000m ³	3,340
	工事用道路借地および補償 (幅 15m ×853m) (600 千 NRs/ha)	12,800m ²	770
	キャンプ用地 (シンズリ)	10,000m ²	600
	プラント用地 (Sta.13+300)	3,000m ²	180
	資機材用地 (Sta.17+200)	3,000m ²	180
(2) 公共施設等移転	水道パイプの移設	200m	5
(3) 初期環境調査 IEE		一式	500
(4) 環境モニタリング	工事中データ収集 (1 回/月) (75 千 NRs/月)	24 月	1,800
(5) 銀行手数料	AP 関係	一式	1,500
(6) その他経費		一式	430
合計			9,305 (円換算:10.6 百万円)

出典:調査団

概算の総額は、約 9.3 百万ネパールルピー(約 10.6 百万円)である。なお、「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。

3.5.1.3 積算条件

- 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。詳細設計、工事の期間は、施工工程に示した通り。
- ④ その他 :積算は、日本国政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。

3.5.2 運営・維持管理費

シンズリ道路の主な維持管理項目及び年間平均概算費用を表 3.5.2 に示す。道路施設の日常的な清掃等の維持管理費は 11,200 千ネパール・ルピーが毎年必要である。その他年 1 回の定期的なものや緊急的な維持・補修の費用はその都度発生する。シンズリ道路全線(約 160km)を健全に維持するために必要なこれらの維持管理費用は年間 74,750 千ネパール・ルピーと推定される。この金額は 2010/11 会計年度の

DOR の道路・橋梁年間維持管理費の 3.7%に相当するが、DOR は路線の重要性から優先的に予算を配分する意向を示しているので、十分な支出能力があると判断できる。

表 3.5.2 主な維持管理項目と年間概算費用

分類	作業内容	年間概算費用 (千 NRs)
(1) 日常作業	施設の清掃、堆砂除去、除草等	11,200
(2) 年 1 回の定期補修	路面補修、側溝補修等	7,000
(3) 5 年に 1 回の補修 (1 年分に換算)	オーバーレイ、塗装、路盤整形、構造物の補修等	38,000
(4) 緊急処置	崩土の除去、応急対策、迂回路建設等	8,000
(5) 予防対策	落石・崩壊、洗掘、土石流対策等	8,400
(6) 地すべりモニタリング (1 回/月)	地盤傾斜計、孔内傾斜計、アンカー荷重計、法枠工、アンカー工、ロックボルト工の目視点検	1,200
(7) 事後モニタリング	工事完成後のモニタリング	950
合 計		74,750 (85,400 千円相当)

出典:シンズリ道路プロジェクト事務所

今回建設予定の斜面对策工は基本的にメンテナンスフリーとしているが、表 3.5.3 に示す維持管理が必要となる。水路および道路面の補修は、シンズリ道路全体で実施している維持管理で通常実施されており、特に追加の費用は発生しないものと考えられる。一方、アンカー荷重計観測および法枠工+アンカー工および法枠工+ロックボルト工の目視は、現在実施中の地すべりモニタリング(1 回/月)に組み込む必要がある。

表 3.5.3 斜面对策工に必要な維持管理

工種	維持管理内容
法枠工+アンカー工	荷重計観測、目視
法枠工+ロックボルト工	目視
水路(道路側溝、盛土排水、法面排水)	施設の清掃、堆砂除去、除草等、側溝補修
道路面	路面補修

第4章 プロジェクトの評価

第4章 プロジェクトの評価

4.1 事業実施のための前提条件

事業実施のための前提条件は、3.3 相手国側分担事業節にとりまとめた通りである。

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

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、このプロジェクトにて構築された道路運営・維持管理体制が継続して維持されることが、プロジェクトの効果を発現・持続するための相手国側が取り組むべき前提事項としてあげられる。

4.3 プロジェクトの評価

4.3.1 プロジェクトの妥当性

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うドリケル～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、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」に含まれている。

国家的に必要性が高いことが認識されているシンズリ道路は、カトマンズ盆地と中部・東部テライ地域間の走行距離と移動時間の大幅な短縮により、物流の安定、産業振興及び地域経済の活性化と沿道地域住民の生活の向上に大いに貢献することが期待されている。

本プロジェクトは、シンズリ道路において道路防災上問題となる可能性が高い 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。このプロジェクトを実施しない場合、シンズリ道路が長期間通行止めになる可能性が高く、本プロジェクトはシンズリの恒久的な道路機能を維持するために必要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。

4.3.2 プロジェクトの有効性

本調査の中で実施した調査結果を踏まえて、本計画実施による有効性は以下のよう考えられる。

4.3.2.1 定量的効果

対象地点における安全で円滑な道路交通が確保される。本対策工を実施しない場合、将来において地すべりによる道路崩壊が生じることが想定されるが、道路復旧、及び迂回等による経済損失額はおよそ 30 億円と試算された。

本プロジェクトの実施により、以下の定量的効果が期待される。

- ① 走行距離の短縮：

シンズリ道路全線が連結されることにより、テライ地域のバルディバス～カトマンズ間
が、333km から 189km に短縮される。

② 走行時間の短縮:

シンズリ道路全線が連結されることにより、南部テライ地域のバルディバス～カトマンズ
間の走行時間が、8 時間程度から 5 時間程度に短縮される。

また本調査では、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直接効果を検討した。それぞれの指標は、表 4.3.1 に示す通りとなった。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、早急に対策工を実施した方が投資効果は高くなる。

表 4.3.1 費用便益比等算出結果

Site	BCR	ENPV	EIRR
Sta.17+600	3.18	677,531,956	35%
Sta.18+200	6.01	2,296,729,117	60%

出典:調査団

4.3.2.2 定性的効果

本プロジェクトの間接効果は以下の通りである。

1) 地域経済発展への貢献

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、災害に強い道路ネットワークが確保されるため、沿線での換金作物の栽培促進及び地域・市場経済の活性化が期待される。また、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。

2) 地域住民の社会生活/福祉の安定

これに加え、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。このことにより、道路災害による通行止め等の不安がなくなり、周辺住民の精神的な安定が期待できる。

3) 首都圏への物資の安定的供給

恒久的な道路ネットワークの確保により、首都への南北通商ルートが 2 本となることで、災害による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。このことにより、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。

4.3.3 結論

プロジェクトの妥当性および有効性について検討したが、本案件の妥当性は高く、また、有効性が見込まれると判断される。