

ネパール国シンズリ道路建設事業

日本の山岳道路建設技術の粋を集めて完成した 無償資金協力援助最大級の事業

藤澤 博・田内 宏明・笠原 慶

シンズリ道路建設事業は、インド国境を跨ぐテライ平原からネパール国の首都カトマンズ盆地を結ぶ160 km に及ぶ本邦の技術支援および無償資金協力による山岳道路の建設事業である。資源の限られたネパール国の実情に応じて、日本の山岳道路の経験を設計と施工に活かし、さらには政治的にも不安定な状況が続く中、20年の歳月を要して完成した。ここでは、最後の工事となった2件より山地部の道路構造物と斜面对策工の事例を報告する。

キーワード：山岳道路，ガビオン擁壁，ジオテキスタイル補強盛土壁，高強度ネット斜面安定工

1. はじめに

シンズリ道路（国道6号線）は、ネパールの首都カトマンズとインド国境を結ぶ第二の幹線道路であり、インドおよび肥沃な南部テライ地域からの安定した輸送ルートを確認するとともに輸送距離短縮に伴う国家レベルでの経済効果、および開発の遅れた中部山岳地帯の社会経済開発の促進と地域住民レベルの裨益効果が期待される建設事業である。

新設となる山岳道路は、カトマンズ盆地とテライ平原を遮る2,000 m級のマハバラット山脈を横断し、亜

熱帯地方の豪雨、地滑り地形が発達する脆弱な地質、急峻な山地や河川に沿った岩盤急傾斜地を通過するなど厳しい自然条件にある。また、幹線道路としての機能のみならず多くの集落を結ぶ生活道路としての役割を担うが、道路沿線はネパール政府による自然環境保護政策が厳しく実施されており、森林の伐採と植林、土壌侵食・水質汚濁への配慮、さらには地域住民に対する用排・灌漑水路の保全、耕地・農作物への影響軽減、掘削残土の処理、粉塵公害への対応などきめ細かな社会環境配慮が必要とされた。

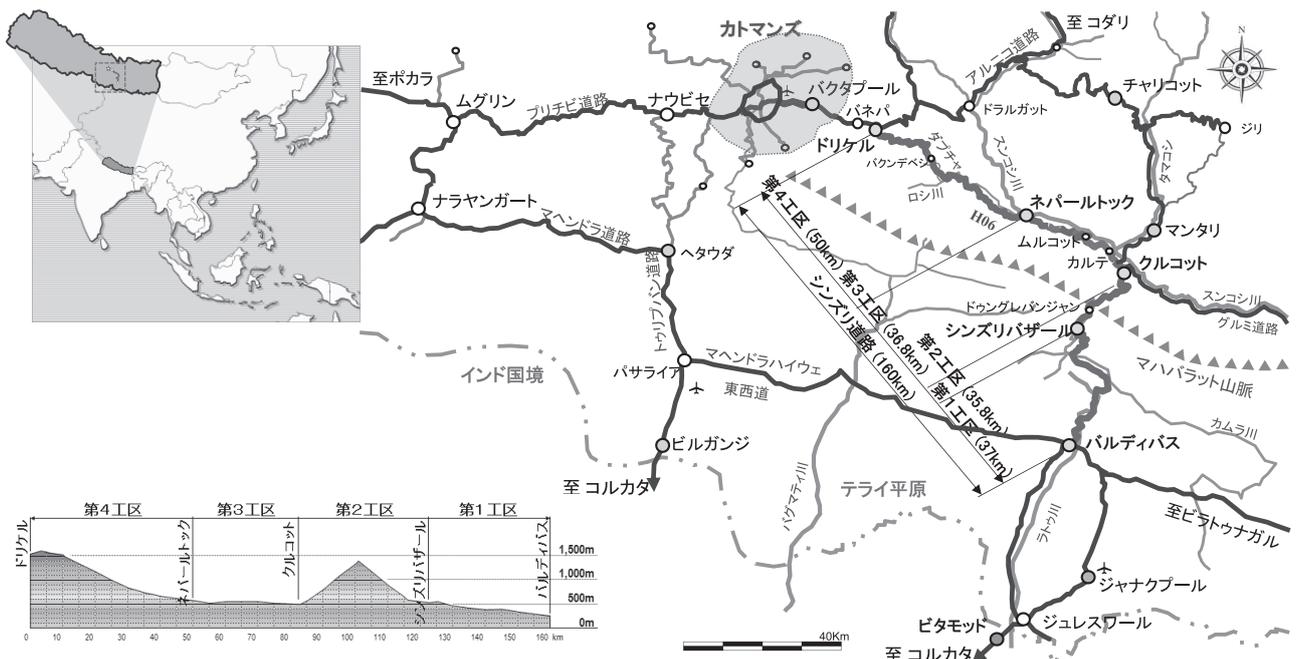


図-1 プロジェクト道路網図

2. 工事概要

(1) 工事概要

地勢を踏まえ四つの工区に分けられ、11件の事業により段階的に建設された(図-1)。

●第1工区(バルディバス～シンズリバザール:延長37km, 工期1995年～1998年2月)

道路の起点となる南端のバルディバスよりテライ平原北端までは日本が供与した建設機材を用いて原野を切り開いた未舗装道路があるが、雨季に河川は通行不能となることから、9橋梁および17基の越流式コーズウェイの建設が主体となった。

●第2工区(シンズリバザール～クルコット:延長36km, 工期1999年～2009年3月)

年間降雨量2,500mm～3,000mm, 標高差1,000mに及ぶマハラバット山脈越えの区間は、厚い断層破砕帯を伴う主境界衝上断層を超え斜面崩壊や土砂災害の発生する箇所が多く、厳しい自然条件の中、全51箇所のヘアピンカーブを含むつづら折りを施工する難工事区間となった。

●第3工区(クルコット～ネパールトック:延長37km, 工期2008年～2015年3月)

スンコシ川沿いの崩壊・地滑り地形を含む急峻な山腹と河岸を通過する区間であり、崩壊地を避けるなど計15箇所のヘアピンカーブが計画された。また、多くの集落や耕作地近傍を通過するため、政府による土地取得および家屋補償には時間を要し工事にも少なからず影響が生じた。

●第4工区(ネパールトック～ドリケル:延長50km, 工期1996年～2003年3月)

スンコシ川の支流であり洪水時には土砂やレキを伴って流下する砂防河川となるロシ川、ダプチャ川沿いを通る新設道路区間から、残る1/3の区間は標高1,600mに及ぶ終点ドリケルまで未舗装の山道があった。風化岩滑りと斜面の崩壊の問題を有するため土壌侵食対策と斜面による植生の使い分けなど環境に配慮した計画とした。工事終盤には、ネパール国全土に亘る記録的な大雨によるロシ川の氾濫により完成した道路の一部が流失するなど甚大な被害を受けたが、2003年～2005年2月の追加事業によって修復された。

(2) 道路計画のコンセプト

シンズリ道路建設プロジェクトは以下の5つのコンセプトのもとで実施された。

①国道としての全天候型機能を維持し、安全でスムーズな交通を確保する事

②道路構造の最小化と現地発生材を用いて無償資金協力事業として建設費の最小化を図る事

③ネパールの財政事情を考慮し、排水工や道路斜面对策に最大限に配慮し、完成後の維持管理費の最小化を図る事

④自然や社会環境への影響を最大限に配慮すると同時に沿線影響住民の雇用を通じて地域社会への貢献を図る事

⑤建設工事を通じて道路防災技術に係わる技術移転を図る事

(3) 設計の基本スタンス

事業費と斜面崩壊の多発や大規模な地滑りを誘発しないようバランスを保った「環境に優しい」建設を設計の基本スタンスとし、道路計画に大きな影響を与える設計速度、道路幅員、路線計画、橋梁および構造物計画については、以下の基本方針で計画した。

1) 無償資金協力事業として建設費の最小化を図るとともに、脆弱な地質と急峻斜面に長大法面を生じさせないように、山地部にある第2～4工区の道路幅員は国道としての最小道路幅員である1.5車線の4.75m道路とし、設計速度も20～40km/hrとした。将来的には全線開通後の交通量の増加に応じて、ネパール側が段階的な道路拡幅を行うことが確認されている。

2) 路線計画においては、ハザードマップを作成して現地の自然条件を確認し、危険箇所を回避するとともに、想定されるルート上の斜面の安定解析を行い道路斜面・防災対策を講じた。具体的な検討のステップは、①土地利用図にもとづいて、主要な集落、耕作地を考慮しながら路線位置を決定(地図1/25,000を使用)、②地質図と地形図を参照しながら大まかな路線位置を決定(地図1/10,000)、③現地踏査をもとに斜面崩壊や地滑りの可能性を示したハザードマップを作成(地図1/5,000)、④概略設計ではハザードマップに示された斜面崩壊などを考慮した線形設計を実施(地図1/2,000)、⑤詳細設計にて線形を確定(地図1/2,000)した。

3) 道路構造物の計画では、建設費の縮減のみならず維持管理に優位となる現地発生材を利用した構造とし、石材を最大限に活用したガビオン擁壁、石材の間詰めにはプラントで製造したコンクリートを用い強度と品質を確保した練石積、重力式等各種擁壁や排水構造物を基本に、ハザードマップと現地踏査に基づき切・盛土、擁壁高、地滑りや湧水の有無等に応じたきめ細やかな配置を行った。

4) 道路の機能を健全に保つため、土壌侵食を防ぐ環境に優しい緑化工などを含む斜面对策、排水施設においては流入・流末工を最大限に配慮した。維持管理に関わる計画や技術が発展途中にあるネパールでは、完成後の道路維持管理の負担を軽減できる施策となった。

3. 山岳道路工事（第3工区2期工事）

(1) 山岳道路工事

シンズリ道路最後となった未接続区間は、工事前に地元による低品質な仮道路が完成していたことから、全面展開による工事が可能となり工期短縮にも貢献した。その反面本線と交錯あるいは並走するため、年々増加する通行車輛への対応は大きな問題となり、施工では以下を最重要課題として対応した。

- ①急傾斜に沿った狭隘なヤードしか確保できず、大型建設機械の導入が限定されるため、人力主体の施工計画
- ②未舗装の狭隘な既設道路を工事用道路として共用するため、一般車輛の交通規制と歩行者の円滑な誘導と安全対策
- ③沿線の多くの集落や耕作地に配慮した騒音、振動、排気ガス、粉塵等の環境対策の徹底
- ④急峻な山岳斜面における施工だけでなく、一般車輛や沿線住民も対象とした安全管理の徹底

(2) 建設機材の調達と資材の調達

本工事に対する建設機械の導入には、狭隘なヤードだけでなくインド港湾地域若しくはカトマンズからの陸路搬入の可否による大きな制約を受けた。また、導入する120台を超える建設重機の選定に際して、インド国を含む周辺地域からのメンテナンス資材調達の容易性も重要な検討事項となった。さらに、当該現場は、カトマンズより約100km離れた都市機能の脆弱な地域に位置しており、安定的な資材供給者が皆無であり、さらに建設資材の調達は工区内の脆弱な搬入路の問題もあり困難であった。従って、アスファルトコンクリート用を含めた各種骨材、路盤材の原材料の調達をはじめプラントの設置および管理も直営で実施した。なお、コンクリートおよびアスファルトは、採石場・プラント毎に原材料の強度特性および気象条件等に基づき配合を決定し、その変化に応じて是正を行うなど原材料も含めた品質管理を徹底した。

(3) 天然資源の活用（「ガビオン擁壁」）

当道路沿線は厳しい急峻な山岳地帯を通過しており、最低限の切土形態が要求されるため、道路幅員の確保には谷側への土留め構造物の計画が不可欠であると同時に、切土による建設廃棄物の最小化が課題であった。従って、主たる土留め構造物として壁高7mを上限とした「ガビオン擁壁」を採用し、現地発生材（約70,000 m³）の有効活用を図った。

ガビオン擁壁は、床付面まで掘削後、基礎地盤の斜面勾配や地質状況に応じて階段状に基礎コンクリートを打設し、高さ50cmのプラントで編んだガビオン金網に詰め石を行い、これを必要段数積み重ねる構造であり、背面には埋戻し材の細粒分の流出防止を目的として吸出し防止材を全面に布設した。なお、土圧に応じて基礎コンクリートは、基礎地盤の斜面勾配や地質状況に応じて階段状に打設した（図-2、写真-1）。

また、ガビオンの構築に際しては、熟練の石工によるものが基本であるが、地元住民の雇用が必須であり経験不足が想定されたため、新規入場時の技術訓練

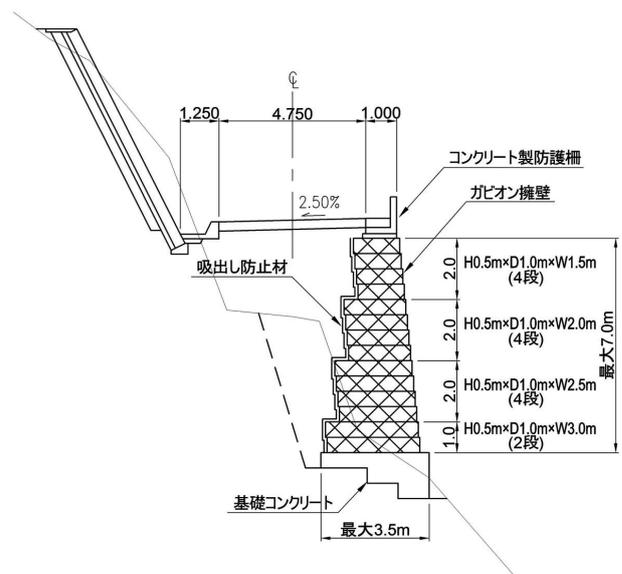


図-2 ガビオン擁壁標準横断面

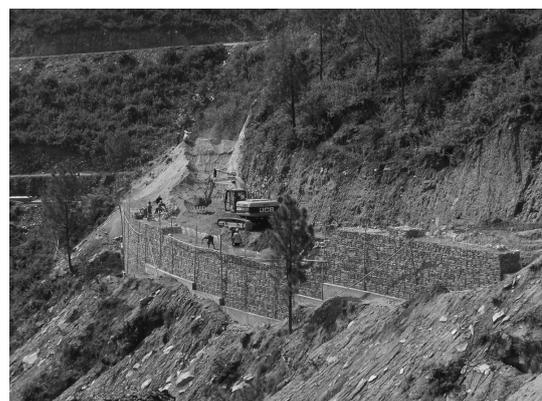
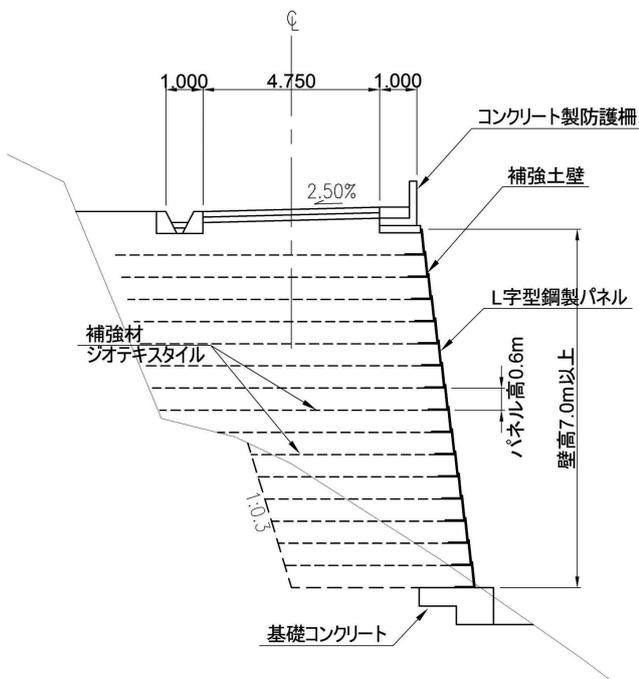


写真-1 ガビオン擁壁工事写真

や、石材の取捨選択や積み方の技術向上による品質確保ならびに技術移転を図った。

(4) 本邦技術の活用 (「ジオテキスタイル補強盛土壁」)

ガビオン擁壁と同様に、ネパールの限られた天然資材を活用した抑止工としてコンクリートを用いた重力式石積み擁壁工や練石積擁壁工、抑制工として法枠工やコンクリート吹付工などが設計されたが、これら構造物では対応が困難な急峻な地形に対しては補強盛土壁を導入した(図—3, 写真—2)。我が国における補強盛土壁の工法ならびに採用事例は潤沢であるが、ネパールの山岳地域においては施工実績のない工法であり、主たる構成部材は本邦からの輸入によるものとした。



図—3 補強盛土壁標準横断面図



写真—2 補強盛土壁工事写真

本工事で採用した補強盛土壁は、床付面まで掘削後、基礎コンクリートを打設し、下部より壁前面部のL字型の鋼製パネルに引張抵抗力とせん断抵抗力を持った補強材(ジオテキスタイル)を連結し、必要長を敷き詰めた補強材の上部に盛土材を投入し振動ローラによる締固め、これを必要壁高まで各層厚60cmで順次繰り返す構造であり、本工事では最大30層(最大壁高17.8m)を構築した。

地山と盛土の境界部ならびに盛土の中間層に、透水性を有した排水板を設置し、盛土内部の排水経路を確保するとともに、鋼製パネル背面に植生マット敷設し、緑化と土の抜け出し防止を行っている。

(5) 無事故無災害に向けた取り組み

当該工事では作業員の安全に対する意識、知識および経験不足や運転手の技量不足だけでなく一般車輛の整備不良や沿線住民の機械に対する過信が懸念された。したがって、作業員への各種安全教育だけでなく道路利用者や沿線住民を含む地域全体を対象とした安全教育を継続的に実施した結果、延450万時間を超える無事故無災害記録を達成した(写真—3)。



写真—3 作業員対象の車輛の死角体験

4. 斜面对策工事 (第2工区斜面对策工事)

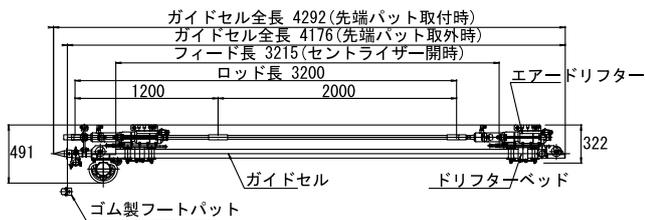
マハラバット山脈超えの第2工区では、長期・局所的な降雨により斜面崩壊が急速に進行し、このまま崩壊が放置された場合にはシンズリ道路が深刻なダメージを受ける可能性があった。斜面の浸食防止工法として日本の技術と経験を活かしたロックボルトと高強度ネットを併用した「高強度ネット斜面安定工」をネパールで初めて採用した。



写真一4 工事後の対象斜面 (写真右側斜面)



写真一5 ウィンチを用いたロックボルト施工



図一4 ライトロックドリルの構造

(1) 斜面对策工 (「高強度ネット斜面安定工」)

対象斜面の地質は、上部が石英片岩、下部が砂質・泥質片岩であり、斜面勾配は45°程度と急峻でなおかつ風化が進み緩んだ状態にあった(写真一4)。5,500 m²の施工範囲に対しロックボルト1,700本(L=3m)を打設した。削孔には、140 kgと軽量なため人力運搬が可能なライトロックドリル(ヤマモトロックマシン(株)LRD-LD90WWS-3)を採用した(図一4)。この機械は、種々の岩種に応じた掘進力および速度調整が可能であるという特徴を持つ。また、離れた場所から削孔作業が可能のように工夫し、不安定かつ急斜面での作業において安全を確保した。

対象斜面の上部にシンズリ道路が位置するため道路脇に25tラフタークレーンを配置し、クレーンを用いてドリルを吊り下げて削孔した。斜面長が70mを超えるためクレーンでは届かない場所は、削孔位置への移動は人力で行った後、ウィンチとワイヤーを用いて3点支持によりドリルを固定させた(写真一5)。移動および角度方向調整に要した作業時間は、クレーン施工が15分/本、ウィンチ施工で25分/本であった。ウィンチ施工における一番危険な作業は、急峻な斜面上でドリル本体を立ち上げさせる作業であり、現場では、安全性と施工効率の両面から、この立ち上げ作業回数をできる限り減らすように段取りを工夫した。この結果、掘削出来高は、1台あたり最大81m/日(27本)であった。上部斜面では硬質の地質の介在により毎時10cmの削孔となるケースや、反対

に下方斜面では風化が進み自立できない孔壁の崩壊に伴う、ロッドの締め付けによるトルク不足やロッドの引抜きが困難となるケースがあった。このような個所では、熟練した日本人技術者が対応した。

本工事において海外での施工として直面した問題は以下の通りであった。

- ①ネパールのオペレーターに作業手順、孔内洗浄の重要性等作業上のポイントを理解させるのに時間を要した。
- ②ライトロックドリルのような特殊機械は、多くの消耗パーツからなるが、海外では調達に時間を要することから、余裕をもったパーツの確保が必要となった。
- ③地元作業員による機械の操作は、技術移転となる反面、パーツの早期消耗に繋がり、想定を超えた空輸による取り寄せが必要となった。免税ではあるが、税関から引き取りに至る書類のやり取りは煩雑であり時間も要し、本工種の作業期間・費用に影響した。

(2) 技術移転と安全管理

当地区はシンズリ道路沿線の中で最も降雨の多い地



写真一6 斜面でのトレーニング実施状況

域であることと急峻な崩壊地での作業であったため、作業開始前に浮き石等がないか入念な現場確認を行い、危険因子を事前に取り除いてから作業を開始した。作業は日本人1人とフィリピン人1人と10人程度の地元作業員で実施した。地元作業員にはロックボルトの削孔を含めて高所での作業や技能を有する工事の経験がないため、作業前には工法の目的、工法手順、機械の操作方法の教育を実施した。また、45°に及ぶ急斜面での作業となるため、ロープワークと安全帯使用の重要性の教育と事前トレーニングを繰り返し行い実施に臨んだ（写真—6）。

5. おわりに

本編後半で紹介した、第2工区斜面对策および最後の工区となった第3工区2期工事は、2015年1月および3月に相次いで完工した（写真—7）。事業のフィジビリティ調査を国際協力機構（JICA）が開始したのは今から30年前の1985年であり、その後もネパールは民主化運動の激化、王制の廃止・共和制の宣言、



写真—7 第3工区つづら折り区間の完成写真

初の憲法制定議会選挙や憲法公布に関わる政治の混迷と不安定な治安状況が続く中、事業中止や長期の工事中断に追い込まれることなく2015年3月に全線開通を迎えた。設計では道路線形および構造物は、自然条件や環境、経済性など様々な要素が考慮されたが、施工段階で、①沿線住民の労働者としての活用、②環境保全への取組み、③既存の排水・灌漑施設の保持、④地域住民および通行車輛の安全対策など、きめ細やかな配慮により近隣住民との意思疎通を図ったことが安定的な事業の遂行の礎になったと考える。

謝 辞

最後に、本計画および工事にご尽力いただいたすべての機関、関係各位ならびに施工会社である(株)安藤・間の皆様方に深く感謝を申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

藤澤 博（ふじさわ ひろし）
日本工管(株)
コンサルタント海外事業本部
副技師長



田内 宏明（たうち ひろあき）
日本工管(株)
コンサルタント海外事業本部 水資源事業部
地圏防災室
副参事



笠原 慶（かさらは けい）
日本工管(株)
コンサルタント海外事業本部 開発事業部
道路橋梁部
副参事

