

ネパール国シンズリ道路無償資金プロジェクトでの防災・砂防技術に係る技術協力

日本工営(株) ○田内宏明, 片桐英夫, 森 幹尋, 加藤暁之,

1. はじめに: ネパール国(以下「ネ」国という)では、日本の無償資金協力により、シンズリ道路(国道6号線)の建設が進められている。シンズリ道路は、「ネ」国の首都カトマンズへの代替ルートを建設するものであり、インド国境から首都カトマンズへ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を図ることを目的としている。シンズリ道路は首都カトマンズとテライ平原を断絶する2,000m-2,500m 級の山々からなるマハバラット山脈を横断し、標高差は1,000mに及ぶ。この道路は、亜熱帯地方の豪雨と脆弱な地質、急峻な山地を通過するので、厳しい山岳道路の

建設事業となっている。国際協力機構(JICA)が実施した道路インフラ案件の無償資金協力事業(260億円)としては過去最大規模のプロジェクトであり、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2015年3月に完成した。首都カトマンズとテライ平原との間に横たわるマハバラット山脈によって大幅な迂回を余儀なくされている現行の340kmのカトマンズ～東テライ間の輸送ルートをシンズリ道路によって190kmに短縮することができ、直接便益効果では、150kmの走行距離短縮、走行時間は9時間から5時間となり4時間の短縮が可能となった。

2. 工事概要とコンセプト: 事業は、地勢を踏まえ四つの工区に分けられ、段階的に建設された(表-1参照)。

表-1 工事区間と工事概要

工区	工事概要
第一工区 バルディバス～シンズリバザール 延長 37 km 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 基の越流型コーズウェイの建設が主体となった。
第二工区 シンズリバザール～クルコット 延長 36 km 工期 1999 年～2009 年 3 月	年間降雨量2,500mm～3,000mm、標高差1,000m に及ぶマハバラ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などさまざまな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の施工も含む難工事区間となった。第二工区完成後、長期・局所的な降雨により、急峻な尾根区間の一部において斜面崩壊が急速に進行し、既設本線を保護する侵食防止対策工が必要と判断され、本邦の各種道路防災技術を活用した無償資金協力「斜面对策」が2012～2015年1月に実施された。
第三工区 クルコット～ネパールトック 延長 37 km 工期 2008 年～2015 年 3 月	スンコシ川沿いの崩壊・地すべ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。
第四工区 ネパールトック～ドリケル 延長 50 km 工期 1996 年～2003 年 3 月	スンコシ川の支流で土砂流出の著しいロシ川、ダブチャ川に沿いを通る新設道路区間と、残る1/3 の区間は標高1,600m に及ぶ終点ドリケルまであった未舗装の山道に沿って建設するもので、斜面崩壊の懸念があったことから、侵食対策と植生工の適応に配慮した。工事終盤には、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など甚大な被害を受け、2003 年～2005 年2 月の追加事業によって修復された。

3. 設計の基本スタンス: 斜面崩壊や大規模な地すべりを誘発しないよう斜面のバランスを保った「環境に優しい」

道路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、次に示す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、山地部にある第二～四工区の幅員は国道としての最小幅員である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、土砂災害ハザードマップ（1/5,000）を作成し、現地の土地利用状況を考慮したうえ、線形を決定した。3)道路構造物の計画では、建設費の縮減、地元雇用および維持管理の観点から、豊富かつ良質な天然石材および豊富な地元労働者を最大限に活用した布団カゴ、練石積、重力式等各種擁壁や排水構造物を基本とした。道路の機能を健全に保つため、斜面災害や道路損傷の原因となる地表水処理にも最大限に配慮した。これらは、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。

4. 施工時の留意事項：シンズリ道路沿線では、基本的に詳細な地質調査が実施されていないため、基礎の床付け判定は、「建設機械、ハンマーによる打音、平板載荷試験結果、地質別の弾性波経験値」等を踏まえたシンズリ道路独自の基準を作成し、地元コンサルタントに徹底教育・指導して、支持地盤の判定を行った。また、構造物の基礎は安定した岩盤上に設置することを大前提としているが、山岳道路は不確定要素が多いため、熟練技術者の判断により複合的にリスク分散対策（ベンチカット、侵食防止、アンカー、付帯排水施設など）を現地状況に応じて講じている。労務者への技術移転は、各種マニュアルを作成し、試験施工や適宜の巡回指導で徹底して教育することで、均一で良好な品質を確保することが可能となった。ネパールでは安全や品質の観点での技術は依然として発展途上にあり、危険予知を含む安全性や定量的に品質を確保した上での施工には継続的な教育と監理が必要である。

5. シンズリ道路で採用された砂防施設：ネパールの地形の最大の特徴は、標高60mテライ平原から、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亜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。隆起速度が速いため、侵食が追い付かず、斜面には不安定な土砂が大量に残存している。このことに加え、土地利用形態が原因となって、土砂生産量が平均で3,000t/km²/年¹⁾、固結度の低いシワリク層の分布する第一工区および第二工区では、6,400t/km²/年²⁾と極めて大きいという特徴がある。シンズリ道路で採用した砂防施設は表-2に示すとおりである。地形条件・土砂状況に応じて、さまざまな対策工を実施した。また、無償資金プロジェクトの実施のみではなく、道路維持管理強化プログラムではパイロット工事の実施を通して、「ネ」国業者への砂防技術の移転も行っている。

6. おわりに：地形・地質条件が極めて厳しいネパールにおいて、刻々と変化する自然条件、施工状況に応じ、コンサルタントおよび施工業者を含めた日本人エンジニアがきめ細かい現場対応をしたこと、住民雇用、環境保全、既存の排水・灌漑施設の保持、地域住民および通行車輛の安全対策など、近隣住民へのきめ細やかな配慮が安定的な事業の遂行の礎になったと考える。

参考文献：1) Krishna Bahadur KARKI: Sediment transportation and GIS-based soil loss estimation through model validation to observed data in mountainous watersheds, 2006, 2) Ghimire, S. K., Higaki, D. and T.P. Bhattarai : Estimation of soil erosion rates and eroded sediment in a degraded catchment of the Siwalik Hills, Nepal. Land, 2013-2, 370-391 (DOI 10.3390/land203070), ISSN 2073-445X , 2014.

表-2 シンズリ道路で採用された砂防施設

工区	施設名
第一工区	越流型/穴あき型コーズウェイ(洗越工)、ボックス型コーズウェイ、砂防ダム(布団カゴ)、突堤(布団カゴ) 水抜きボーリング、流路工、床固工(布団カゴ)
第二工区	グラウンドアンカー工併用法枠工、鉄筋挿入工併用法枠工、ロックボルト付高強土ネット工、ボックス型コーズウェイ、ロックネット、練石張護岸工、コンクリート吹付工(鉄筋補強土工併用)、植生工、減勢工、流路工
第三工区	ボックス型コーズウェイ、根固工(コンクリートブロック)、コンクリート法枠工、練石張護岸工、コンクリート吹付工、植生工(張芝工、筋芝工、挿木工)、減勢工、流路工
第四工区	越流型/穴あき型コーズウェイ(洗越工)、根固工(コンクリートブロック)、床固工、突堤(布団カゴ) 水抜きボーリング、コンクリート法枠工、待受式擁壁工、砂防ダム(布団カゴ)、植生工(わらむしろ張工、他) 減勢工、流路工