

ネパール国における最初の高規格有料道路プロジェクト

三谷 哲^{1*}・稲見 多加夫²

¹(有)ジオ・オフィス三谷 代表 (〒279-0021 千葉県浦安市富岡3-1-1-309)

²株式会社オリエンタルコンサルタンツ GC事業本部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3丁目12-1)

*E-mail: geo-m@jcom.home.ne.jp

ネパール国における初めての高規格有料道路の計画について、FSから予備設計までの業務の概要について紹介する。山間盆地に位置する首都カトマンズからほぼ南に、東西に伸びるレッサーヒマラヤ山脈を横断し、その南側にインドと接して東西に伸びるテライといわれる平原地帯を通過してインドとの国境と結ぶ、延長約76kmの高規格有料道路計画である。過去に道路トンネルが建設されたことがなく、かつ急峻な山岳地帯を横断するプロジェクトである。長大トンネルルートを含む4つの比較ルートのFSの概要、最終ルートの選定にいたる経緯、その線形計画や地形地質などを紹介し、長大斜面の安定性や大規模断層のトンネルへの影響などの課題について述べる。

Key Words : fast track, feasibility study, preliminary design, tunnel, slope stability

1. はじめにープロジェクトの背景

ネパール国では首都カトマンズがほぼ標高 1300m の内陸盆地に位置しており、北にはヒマラヤ山脈、南にはレッサーヒマラヤ山地が分布し、カトマンズと北の中国、南のインドとを結ぶ道路はこれら山地を越えねばならない。レッサーヒマラヤ山地の南側には標高 300m 程度の広大な平地(テライ地方)が東西に広がりインドと国境を接しているが、とりわけこのテライ地方の中心となっているのがインドとの交易の中心都市である **Birgunji** である。

現在テライ平野には東西に走る高規格道路(東西ハイウエー)が整備されているが、この道路と北のカトマンズを結ぶのは、比較的整備されている道路を西に大きく迂回してから再度東へと進む道路か、あるいはほぼ北方向へ急峻な山岳地の斜面を利用して設けられた危険な道路しかない(図-1)。前者は東西ハイウエーから6時間ほどの道程で、物資輸送はほとんどがこのルートに依存している。後者は危険極まりない山岳道路を四輪駆動のジープかミニバスが乗客輸送に使っている。いずれの道路も(後者では特にそうであるが)、モンスーンの季節には斜面崩壊や岩屑なだれでしばしば通行ができなくなる。

このような物流の困難を解消し、地域の貧困の解消と

経済発展を目指して、アジア開発銀行(ADB)ではカトマンズとテライ平原を結ぶ高規格道路の計画のフィージビリティスタディーと予備設計の技術援助を行うことになり、2007年4月から2008年5月にかけてオリエンタルコンサルタンツと現地のコンサルタントが共同して業務に当たることになった。時あたかも王政が破綻し、総選挙で共産党毛沢東派が政権を握るという過渡期政治の不安定期で、テライ平原でのデモに伴うアクセスの禁止やカトマンズ市内でのデモや石油類の欠乏に伴う停電や物資の不足が日常化しているさなかでの仕事であった。

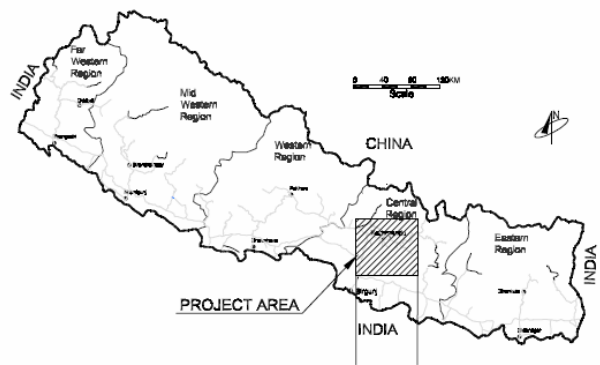


図 - 1 計画地の位置

2. 計画地の地形と地質概要

標高 1300m のカトマンズ盆地の南には、東西に伸びるレッサーヒマラヤ山地（最高標高が 3000m）が、その南側には 標高 300m 程度のテライ平原が分布する。道路計画地の地質は北半分が先カンブリア紀の石灰岩や変成岩類の分布地で、南側半分は新第三紀から第四紀の砂岩やシルト岩から構成され、両者の間には日本の中央構造線に当たるような、Main Boundary Thrust Fault といわれる顕著な大規模断層が分布している。この断層沿いや河川沿いには断層破碎の影響や地層の走向傾斜の影響を受けて、時に高さ 200m に達する大規模斜面崩壊が多数存在し、雨季には大小の斜面崩壊を招くとともに、これら膨大な崩壊産物が沢沿いや川沿いに流出して道路を崩壊させるなど、道路の維持管理はこの国の大きな課題となっている。

3. フィージビリティスタディーと結果

この計画に関してはこれまでもさまざまな機関によってフィージビリティスタディー(以下FSと略す)が実施されてきた(表-1)。

今回のFSでは過去のスタディー結果をレビューし、問題点などを明確にしつつ、長大トンネルを含むルートや東のBagmati川沿いのルートなどの4つのルートについて比較検討した(図-2)。ルートの比較に当たっては(1)住民移転の多寡(2)環境破壊の程度(3)地域の協力(4)建設コスト(5)地域の貧困の解消(6)将来の維持管理などを考慮した。

表-1 過去の調査

Study title	Author	Date	Description
Kathmandu - Hetauda - Birgunj Corridor	DoR, UNDP	1974	Selected Pharping Humane route with 23 tunnels
Japanese Study	IECA	1991	Proposed 3 corridors
Swiss Study	Aegerter & Bossard	1992	Proposed 5 different corridors
Direct Link between Hetauda and Kathmandu	Finn Consult	1993	Direct route using 3 tunnels, Thankot - Khulekani - Bimphedi - Hetauda. Examined 7 alternatives
Reconnaissance Report on Kathmandu - Hetauda Road	Nippon Koei	1994	Further examination of Finn consult alignment
Bagmati Corridor Feasibility Study	NEPECON	2003	Considered mainly non-tunnel routes using Bagmati and Bakaiya river corridors

各ルートの特徴を以下に概説する。

a) ルート 1A

カトマンズの外環道路から計画地域の東側を通るルートで、Kulekhani川を経由し(ここには日本の援助で建設されたクレカニダムがある)、標高 3000 m 級の山岳の下を延長 4 km 以上の長大トンネルで通過し、Hetaudaを経由して Pathlaiya へといたるルートで、全長 88.3 km、トンネルが 4 箇所 13 km である。ルートの起点側の山麓部は居住区であり、相当な住民移転を余儀なくし、また、南の Hetauda から Pathlaiya へいたる道路はネパールの最重要な幹線道路であり、しかも動物保護区に隣接し、現道は勾配がきつく、橋梁なども付け替えを余儀なくされるなどの困難を伴う。しかし、斜面の切り取りや自然破壊は最小に出来るルートでもある。道路の最高地点はカトマンズから最初の山地を越える地点での 1780 m である。

b) ルート 2A

このルートは外環道路から地域の中央部を通過し、Kulekhani川沿いにルート 1A のトンネルへと至り、ここからはルート 1A と同じである。最高地点は 1840 m。全長は 93.2 km、トンネルは 3 本、全長 7.3 km である。斜面の切り取りも 1A と同様に少ないが道路延長が長い。

c) ルート 2B

最も西側を Bagmati川沿いに南下して、Kulekhani川に至り、川沿いを西へ進み、ルート 1A、2A と同じルートで南の Hetauda へといたる。全長 82.5 km、トンネルは 3 本で全長 6.7 km、Bagmati川沿いや Kulekhani川沿いでは急峻な斜面での切り土工事が必要で、将来の維持管理に問題を残す。

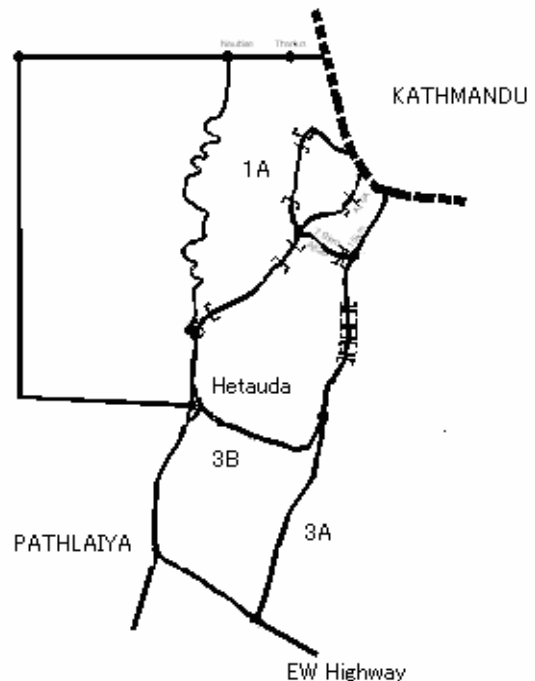


図-2 比較ルートの線形

d) ルート 3A

Bagmati 川沿いに南下するルートで、Kulekhani 川との合流点まではルート 2B と同じであるが、ここから最も西側を Bagmati 川沿いに南下して東西ハイウエーに至る。全長はハイウエーとの交点までが 81.8 km、Pathlaiya まで 98.8 km である。短い 4 本のトンネル（全長 1.3 km）があり、基本的には急峻な斜面での工事が多くはなるが、住民の移転という観点では問題が小さく、動物保護区との関連でも影響はほとんどない。

e) ルート 3B

このルートはルート 3A の途中から Hetauda へと迂回し、ここからルート 1A、2A、2B と同じルートで Pathlaiya へと至るもので、全長 96.2 km。Hetauda へ迂回する部分ではかなりの規模の住民移転が必要になる。

以上の検討の結果、最終的には東の Bagmati 川沿いのルート 3A を建設コスト、経済性、環境などの面から最適なルートとして選定して政府に推薦し、その承認を得てからこのルートについての予備設計を進め、2008 年 5 月に終了している（表-2 参照）。

表-2 各ルートの比較結果

ルート	全長 (km)	トンネル長	インター数	工事費比較
Alt.1A	88.2	13	4	2.0
Alt.2A	93.2	7.3	3	1.6
Alt.2B	82.5	6.75	3	1.4
Alt.3A	119.1*	1.4	5	1
Alt.3B	96.2	1.4	4	1.1
Alt.4	241	0	0	5.0

*includes 20.3 Km Hetauda connection

長大トンネルルート（ルート 1A）は斜面崩壊や自然破壊を避けるうえで最も好ましく、日本であれば当然このルートが採用されるであろうが、残念ながら工事コストを抑えるためにはアプローチに問題があり、また換気設備や非常用設備、避難システムなどの運用や維持にはいまだ技術水準に大きな問題があることから、採用をあきらめざるを得なかった。またこの国の大きな問題点として車両が旧式で排ガスに大きな問題があることや車両の故障が多いことに加え、交通道徳が全くもって普及していないため、長大トンネルにおける交通安全の確保に多大な問題があることも挙げられる。また電力供給の恒常的な不足と不安定性も大きな問題点である。

4. 選定ルートと予備設計の概要

選定されたルート 3A の延長はカトマンズの外環道路接続部からテライ平原の東西ハイウエーまでが 76 km、ここから東西ハイウエーを西へ 17 km 進んだ Pathlaiya という町で南の Birgunji から来る道路と交差し、インドとの物流ルートにいたる。途中カトマンズから 48 km の Bagmati 川沿いの部落付近からは西の Hetauda への延長 18 km の分岐道路が計画されている。この道路によりカトマンズから Pathlaiya へは現在の延長 280 km、5~6 時間かかっているものが、延長 98.8 km、1.5 時間の道程に短縮できる。

道路の設計基準はアジアハイウエーの Class 1 に準じるものとし、トンネルは日本の高速道路規格に準じるものとして設計を進めた。政府の要請を受けて 4 レーンと 2 レーンの 2 ケースについて設計し、最高速度は平地で 80 km、山岳地で 50 km、トンネルは 1 箇所延長 1350 m、30 m 長以上の長さの橋梁が 51 箇所（全長で 9 km）である。最急勾配は 4% とし、2 レーンのケースでは急勾配部には登坂車線を設けている。

5. 投資・経済性評価とプロジェクトリスク

a) 経済性評価

経済性分析は ADB のガイドラインに基づいて行われた。計画道路が地形的に困難な場所を通過するため km 当りのコストが高いにも拘らず、距離の短縮効果や時間短縮効果ならびに既存道路の貧弱な状態などの効果により、4 レーンのケースで EIRR（経済的内部収益率）はほぼ 30% 強が得られ、感度分析でもこの計画が経済性に優れていることが証明された。

b) 投資効率の評価

計画道路が独立した道路会社によって運営される有料道路、投資は 2 ケースのシナリオを前提として、またプロジェクトのコストには設計、施工、維持管理ならびに料金所の運営などを考慮して解析を行った結果、税引き後の FIRR（投資収益率）はほぼ 12% となり、感度分析結果からは料金設定の影響を大きく受けるものの、十分な採算性を持つものと考えられる。

c) リスク

技術的なリスクとしては長大橋梁やトンネルの設計施工に関わるもの、地すべりや斜面崩壊に関わるものが上げられる。とりわけトンネルは Main Boundary Thrust Fault に極めて近接しており、断層との関係がまだ明確になっていない。これらリスクは詳細設計時点においてさらなる調査を進めることである程度は低減が可能である。

技術的なリスク以外のリスクとしては住民移転に伴う着工の遅れ、道路運営に関わるリスク、融資に関わるリスク、政治的リスクなどがある。とりわけ政治的リスクについては、2008年になって王政が廃止されて民主制へと移行はしたものの、最近まで武装闘争を行ってきた毛沢東派による不安定政権が発足し、しかも南のテライ地方では完全な自治権を要求するストや暴動が多発するという状況下であり、プロジェクトの今後を大きく左右しかねないものである。

6. 岩盤力学に関わる課題

交通量予測からは当初 2 レーンで建設した場合には 2018 年には設計容量を上回ることになり、開業後間もない時期に 4 レーンへの増設が必要となる。このケースでは増設する路線は 1 期線の途中から Kulekhani 川を西進して長大トンネルルートを採用する可能性も考えられ

る。また、ネパールではこれまで道路トンネルは皆無であるが、国土の立地環境を考えれば随所にトンネル建設の可能性を秘めている。

高土被りでのトンネルの設計施工にはいまだに大きなリスクが伴い、岩盤力学のさらなる貢献が求められる。

また、道路建設に当っては必然的に長大斜面での切り土も必要となり、施工中の斜面安定性のみならず、運用中の長期的な斜面安定性評価も極めて重要なものであり、これら短期長期の斜面安定性評価を対策工も含めて、しかも最貧国での工事であるという事情をも考慮した上で、より経済性をも追求した岩盤力学の貢献が求められる。

参考文献

- 1) Hirayama, J., Nakajima, T., Shrestha, s.b., Adhikari, T.P., Tuladhar, R.M., Tamrakar, J.M. and Chitrakar G.R. : Geology of the southern part of the Lesser Himalaya, west Nepal, Bull. of the Geological Survey of Japan, vol.39(4), p.205-249, 1988

NORTH-SOUTH FAST TRACK PROJECT IN NEPAL - FIRST EXPERIENCE TO PROMOTE REALIZATION OF TOLL ROAD IN THE COUNTRY

Satoshi MITANI and Takao INAMI

Preliminary design for the fast track road has been carried out, which connects Kathmandu in the north, the capital city of Nepal, with southern Terai district to promote the development of the most important area of Nepal. In the feasibility study as the first stage, four alternative routes were studied to select the best route with regard to the view points of economy, resettlement, environmental impact and development of the area. Further study has been carried out of the selected route to implement preliminary design and to figure out the economical prospect, during the very difficult socio-political situation of the country. The essential part of the works and areas of rock mechanics involvement are described.