

第11章 環境社会配慮

11.1 はじめに

社会基盤整備プロジェクトの環境社会配慮に関する概要を把握することは、プロジェクトを通じた適切な効用を発現させることにおいて重要である。事業対象地域は環境社会要素が脆弱な山間地域を中心としているため、調査の早い段階で考え得る事業影響を予見し、必要な情報を吟味することが求められた。

11.2 目的と手法

一義的な環境社会配慮調査の目的は、自然と社会環境に関する入手可能で関連した情報を確認し、第二工区（シンズリバザールークルコット間）を含むシンズリ道路全線（L=160km）の状況を整理することにある。また、今後我が国の政府開発援助（ODA）を用いた協力計画を具体化する前に、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010）（以下、「JICA 環境ガイドライン」とする）に基づくスクリーニングを行う必要がある。こうした一般的な確認に加えて、既存資料や現地でのインタビューを通じた個別要素のデータ収集と初期的な影響評価に先立つ情報収集を行った。今後、本案件をJICA 事業として本格的に検討する場合には、改めて JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づいて、環境影響評価等の環境社会配慮として必要な調査・確認を行う必要がある。

表 11.2-1 に環境社会配慮調査の目的と手法を要約する。

表 11.2-1 環境社会配慮調査の目的と手法

目的	対象	項目	手法
想定される被影響家屋数や保護区の位置等に関する基礎的な情報収集	全区間の特に拡幅が難しい個所に関連する環境条件 （主に第二工区：トンネル区間）	用地取得の必要な土地、被影響家屋数、保護区、貴重種の生息域、先住民族の居住地域、考えられる土捨て場等	事業予定地の現況踏査 政府機関や他の地方における情報リソースに対する聞き取り調査 既存文献調査（JICA や DOR の既存報告書）
ネパールの環境社会配慮に関する法制度・組織制度に関する情報収集	全区間	土地利用、自然環境条件、先住民族の居住地域、社会経済状況等	
JICA 環境ガイドラインに基づくカテゴリ分類に資する情報の収集と整理	第二工区		

出典：JICA 調査団

COVID-19 による現地活動の制限を踏まえ、同時にネパールの祝日の合間を利用して、現地再委託による現地調査を実施した。実施概要を表 11.2-2 に取りまとめる。

表 11.2-2 現地調査概要

日	調査内容	場所	概要 / 確認項目
4-Oct	Meeting	DOR / BP Highway Project Office	<ul style="list-style-type: none"> ROW status, Current works carried out, Future Plans, Collection of passed reports and information
5-Oct	Meeting	Dhulikhel Municipality, Namobuddha Municipality	<ul style="list-style-type: none"> ROW situation and surrounding land-use status (not only along the existing road but also surrounding areas which covers alternative routes widely) Distributions of indigenous people and socially venerable people such as refugees of quakes Location of community forest (ask them location maps) Consultation with Local Representatives
6-Oct	Field Observation	Section 4	
7-Oct	Field Observation	Section 3	
8-Oct	Field Observation	Section 2 (Tunnel Section)	
9-Oct	Field Observation	Section 1	
10-Oct	Meeting	Sindhuli Municipality	
8-10 Nov	Field Observation	All Sections	<ul style="list-style-type: none"> Natural and Social conditions along the existing road Conditions around proposed tunnel portals of alternative plans (Section 2) Conditions around proposed alternative routes where the road widening is difficult (mainly in Section 4, 3 and 1).

出典：JICA 調査団

表 11.2-3 現地調査時の主要面談者

S. No	氏名	役職等	地域
1.	Krishna Raj Dahal	Ward Chief Officer	Sunkoshi-5
2.	Owner of Aama Hotel	Local senior Resident	Sunkoshi-5
3.	Ram Chandra Acharya	Ward Chief Officer	Sunkoshi-3
4.	Owner of Karki Hotel	Local senior Resident	Namobuddha-7
5.	Damodar Adhikari	Local resident	Namobuddha-7
6.	Hari Krishna Shrestha	Local resident	Namobuddha-6
7.	Er. Ujjwal Aryal	Municipality Engineer	Namobuddha UM
8.	Dal Bahadur Lama	Mayor	Roshi RM
9.	Tara Prasad Gautam	Local resident	Roshi-7
10.	Ganesh Adhikari	Local resident	Roshi-7
11.	Ashok Kumar Shrestha	Mayor	Dhulikhel Municipality
12.	Basanta Bbahadur Ranabhat	Ward Chief Officer	Dhulikhel-9
13.	Bishnu Dhital	Ward Chief Officer	Dhulikhel-11

出典：JICA 調査団

11.3 対象地域における環境社会配慮の状況

11.3.1 土地利用

現存するシンズリ道路に沿った土地利用は、主に森林帯、河川と耕作地を伴う住居地域に大別することができる。森林と河川の地域は急峻な地形であることから道路開発が困難であり、斜面災害等の自然災害リスクも高い。住居地域は沿道に沿って分散しており、地方市場などのコミュニティ

を形成している。このように、沿道の土地利用は自然条件に依存している。しかしながら、道路改良により交通量が増加すれば、農地などが他の用途地域に開発されて行く可能性がある。



沿道の土地利用が難しい急傾斜地



沿道の農地



両側が森林の区間



点在する住居地域

出典：JICA 調査団

図 11.3-1 沿道土地利用状況の例

表 11.3-1 シンズリ道路の主要な住居地域

	区間・距離 (Km)			住居の形態	道路の左右		居住地域の名称
	From	To	Length				
第一工区: BARDIBAS-SINDHULI BAZAAR							
1.	0+000	2+500	2.50	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Bardibas
2.	18+800	19+600	0.80	Settlement Area		Right	Bhiman
3.	27+900	28+200	0.30	Settlement Area	Left	Right	Karkare, Kamlamai
4.	35+400	40+200	4.80	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Sindhuli Madhi, Sindhuli Gadhi
第二工区: SINDHULI BAZAAR-KHURKOT							
1.	43+500	43+700	0.20	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Chiyabari
第三工区: KHURKOT-NEPALTHOK							
1.	74+700	76+700	2.00	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Khurkot
2.	93+600	94+000	0.40	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Mulkot
3.	107+700	108+300	0.60	Settlement /Bazaar Area			Dumja
第四工区: NEPALTHOK-DHULIKHEL							
1.	119+900	120+300	0.40	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Mangal Tar
2.	138+200	139+400	1.20	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Bhakundebesi
3.	158+900	159+476	0.57	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Dhulikhel

出典：JICA 調査団

11.3.2 自然環境

(1) 気候

アジアモンスーン地域にあって、ネパールは夏である雨季（5月から9月頃にかけての季節）に降水量が多い。モンスーンの降雨は定期的な降り方をしないため、農業などは降雨流出による河川水の量などに左右されがちである。

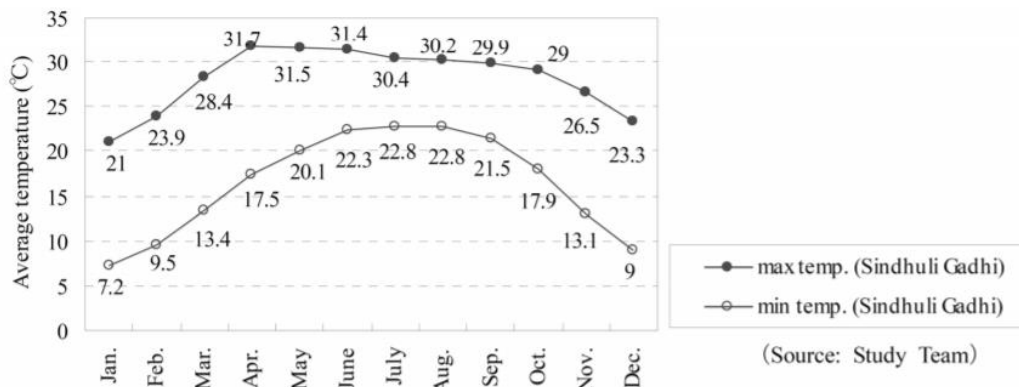
事業対象地域の気候は異なる工区やセクションの高度によって異なるが、一般的にはネパール全般で見ると穏やかで涼しい気候の地域とされる。プロジェクト地域（第四工区）に位置する Kavrepalanchowk の雨温統計値を表 11.3-2 に示す。

表 11.3-2 Kaavrepalanchowk の平均的な降水量と気温

区	気温		平均年間降水量
	最高	最低	
Kavrepalanchowk	28.0C	5.0C	1,570 mm
Ramechhap	20.8 0C	10.3 0C	1,299 mm
Sindhuli	24.0C	12.5 0C	2,360 mm
Mahottari	30.4 0C	18.7 0C	1,309 mm

出典：District Profiles of Bhaktapur and Kavrepalanchowk Districts

図 11.3-2 と表 11.3-3 は、第二工区の高高度（標高約 1,400 m）地域に位置する Sindhuli Gadhi とシンズリバザール（第 2 工区と第 3 工区の境界）における雨温データを表している。これらのデータによれば、気温と雨量ともにモンスーンの季節的な特徴に応じて年ごとに大きく変化しており、特に年間降水量は 1,600 mm から 2,800 mm の大きな幅を示している。



Source: Preparatory Survey Report on the Project for Countermeasure Construction for the Landslides on Sindhuli Road (Section II), March 2012, JICA

図 11.3-2 Sindhuli Gadhi の平均気温

表 11.3-3 シンズリバザールの月別降水量と年間降水量

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2003						197.5	457.5	291.0	328.5	44.5	0.0	0.0	
2004	0.0	0.0	0.0	36.0	105.5	207.5	764.0	216.5	264.0	129.5	0.0	0.0	1,723.0
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	56.0	86.5	362.5	746.0	239.5	142.0	0.0	0.0	1,632.5
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	323.5	556.5	281.5	243.0	534.5	26.5	0.0	0.0	1,965.5
2007	0.0	0.0	0.0	59.5	190.5	546.0	796.0	465.0	540.0	217.5	0.0	0.0	2,814.5
2008	0.0	0.0	0.0	14.0	205.0	554.5	540.5	475.0	339.5	138.0	0.0	0.0	2,266.5
2009	0.0	0.0	0.0	15.0	120.0	87.0	352.5	295.5			0.0	0.0	
2010	0.0	0.0	0.0			15.5	439.5	478.0	377.0	74.5	0.0	0.0	
Average	0.0	0.0	0.0	20.8	166.8	281.4	499.3	401.3	374.7	110.4	0.0	0.0	2,080.4

Source: IEE for Countermeasure construction of Landslides in Sindhuli Road (Section II) of Sindhuli Road Project, 2012, DOR

(2) 森林

ネパールには、政府管理の森林、コミュニティフォレスト (CF)、リース・フォレストなどのいくつかの形態の森が分布している。現道調査の結果、シンズリ道路の沿道には政府管理の森に加えて、いくつかの CF が点在していることがわかった。CF は community forest user groups (CFUGs) によって利用・管理されており、森林局 (District Forest Office, DFO) の所轄下にある。ネパールには約 18,133 の CFUGs があり、1700 万 ha の森を管理している。これは、ネパール全体の森林の約 30.3% に相当し、全人口の 42.6% 近くが CF の管理に携わっていることになる。

聞き取り調査と文献調査結果、シンズリ道路沿線の森は表 11.3-4 に示すような状況にあることが判明した。

表 11.3-4 沿道の森林や土地利用の状況

SECTION-I: BARDIBAS-SINDHULI BAZAAR						
S.No	Chainage(Km)		Description of land type	Side		Name of Forest/Settlement
	From	To				
1.	0+000	2+500	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Bardibas
2.	3+600	8+200	Forest	Left	Right	Patu CF
3.	8+250	12+480	Forest	Left		Kali Dhamal Bahunijhora CF
4.	13+300	14+500	Forest		Right	Bahunmara kalikhola CF
5.	14+500	15+800	Forest		Right	Chure Aapgachi CF
6.	15+800	17+500	Forest	Left		Bhiman Panesi CF
7.	15+800	17+500	Forest		Right	Janmukhi CF
8.	17+500	19+900	Forest	Left		Basantpur CF
9.	18+800	19+600	Settlement Area		Right	Bhiman
10.	19+900	21+900	Forest	Left		Hardiya CF
11.	21+900	24+600	Forest	Left		Mainawati CF
12.	24+600	27+200	Forest	Left		Kalyani CF
13.	27+300	27+700	Forest	Left		Sinduretar CF
14.	27+900	28+200	Settlement Area	Left	Right	Karkare,Kamlamai
15.	29+130	32+460	Forest		Right	Mainali Thakur CF
16.	32+480	35+100	Forest		Right	Jankalyan CF
17.	35+400	40+200	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Sindhuli Madhi,Sindhuli Gadhi
SECTION-II:SINDHULI BAZAAR-KHURKOT						
1.	41+200	43+300	Forest		Right	Chyangkot CF
2.	43+500	43+700	Settlement	Left	Right	Chiyabari

SECTION-I: BARDIBAS-SINDHULI BAZAAR						
S.No	Chainage(Km)		Description of land type	Side		Name of Forest/Settlement
	From	To				
			/Bazaar Area			
3.	43+300	48+800	Forest	Left		Chiyabari Dhurebas CF
SECTION-III: KHURKOT-NEPALTHOK						
1.	72+200	74+300	Forest		Right	Sayapatri CF
2.	74+700	76+700	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Khurkot
3	90+100	93+400	Forest	Left		Reethe Veer CF
4.	93+600	94+000	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Mulkot
5.	107+700	108+300	Settlement /Bazaar Area			Dumja
SECTION-IV: NEPALTHOK-DHULIKHEL						
1.	119+900	120+300	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Mangal Tar
2.	124+000	124+600	Forest	Left		Dharmik CF
3.	124+600	124+900	Forest	Left		Bandanda CF
4.	125+400	127+800	Forest	Left		Deepsaha CF
5.	132+300	135+500	Forest		Right	Charangephedhi CF
6.	138+200	139+400	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Bhakundebesi
7.	148+400	149+000	Forest	Left	Right	Kapilehwar CF
8.	150+600	151+600	Forest	Left	Right	National
9.	156+700	157+800	Forest	Left	Right	National
10	158+900	159+476	Settlement /Bazaar Area	Left	Right	Dhulikhel

出典 : JICA 調査団

(3) 生態系と貴重種

既存文献調査と現地での聞き取り調査に基づく限り、既存道路沿線、特に第一、第三、第四工区には貴重種等の生息は確認できない。第二工区は山岳森林地帯で比較的に豊かな生態系を有しているため、既存道路に近い地域に貴重種等の生息域が存在する可能性がある。しかし、第二工区はトンネルによる代替線形が検討される予定であり、これにかかる工事は地表の改変には大きな影響を与えないと考えられる。

既存道路沿いの植生は基本的に2次林であり、コミュニティフォレストは管理と並行した森林資源の採取等、地域の社会経済活動や生計の場として利用されている。こうした2次林に生息する動物相は限定的で共通の主であることが多い。沿道からかなり離れた森林帯の奥地には、国際自然保護連合 (IUCN) カテゴリにおける脆弱 (VU) 以上の希少性を有する種の生息も想定される。したがって、後続の調査において、生態系と貴重種に関するより詳細で包括的な評価を行う必要がある。

今次の聞き取り等による概略調査の結果、対象路線の付近で確認される動植物の一例を表 11.3-5 に示す。動物に関して、基本的に既存道路沿いでは貴重種に関する聞き取り結果は得ら

れず、多くは道路から離れた山間地での頻度が少ない目撃情報である。

表 11.3-5 シンズリ道路周辺で確認される動植物種

植物相 (代表的樹木)	動物相
Sal (Mostly), Sajh, Kali Kath, Raj Briksha, Sindure, Karam (They are common species.)	Deer, Leopard, Wild Boar, Monkey species etc. (Common species and they don't have habitat along the road. May have possibility of visiting and/or migrate near the roads)

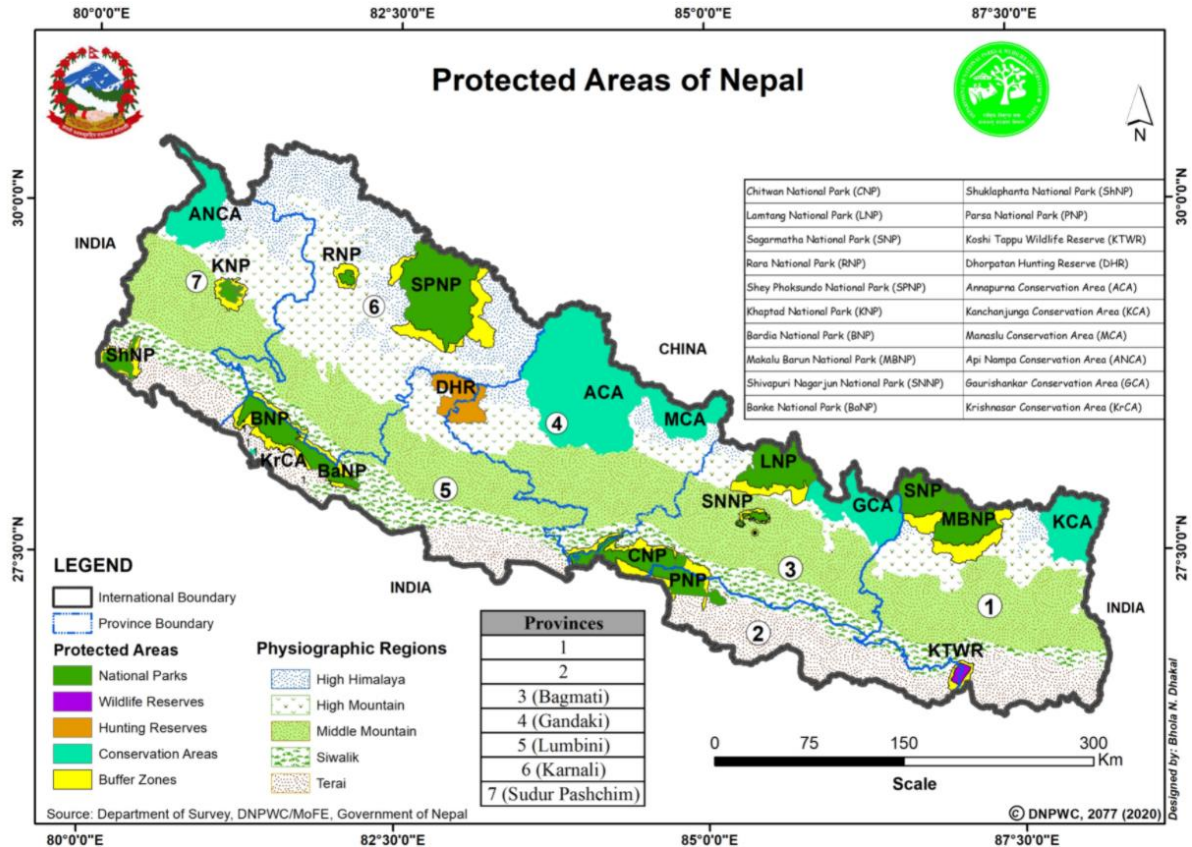
出典 : JICA 調査団

また「The Preparatory Survey for the Project for the Sinhduli Road Earthquake Rehabilitation (2018, JICA)」の結果によると、第二、第三工区の生態系には下記の様な特性が見られる。

- 動植物に関する固有種は確認されていない。
- Sal のみが Forest Act (1992) で法的に保護された樹種であり、事業による直接的な影響が起こり得る。Sal は IUCN で Lower Risk / Least Concern の種であるが、文化的な側面（仏教上の神聖な木）からネパールでは保護の対象となっている。
- いくつかの哺乳類の生息が確認されているが、こうした哺乳類の生息域・生物回廊が沿道や近傍に確認されているわけではないことから、道路事業による直接的な影響は考えられないか、非常に限定的である。

(4) 保護区

事業対象地域の周辺や近傍には国立公園のような総合的な自然環境保護区は存在しない。Shivapuri Ngarjun 国立公園 (SNNP) がシンズリ道路に最も近い場所にあるが、北側の終点にあたる Dhurikel からは 15 km 以上離れている。SNNP とシンズリ道路は地域としても流域としても全く別の場所に位置しており、保護区とシンズリ道路沿線との間をライフサイクルの一環として動物が移動している可能性は非常に低い。したがって、本事業の実施が自然保護区に与える影響は想定されない。ネパールの保護区を図 11.3-3 に示す。また、図に関連してネパールの保護区のカテゴリを表 11.3-6 に示す。



出典: Ministry of Forests and Environment

図 11.3-3 ネパールの保護区

表 11.3-6 Nepal National Parks and Wildlife Conservation Act (NPWCA), 1973 に基づく区分*

保護区の種類	概要
National Park	An area set aside for the conservation, management, and utilization of flora, fauna, and scenery along with the natural environment.
Wildlife Reserve	An area set aside for the conservation and management of wildlife resources and their habitats.
Hunting Reserve	An area set aside for the management of wildlife by allowing hunters to hunt them.
Conservation Area	An area to be managed according to an integrated plan for the conservation of the natural environment and balanced utilization of natural resources.

* プロジェクトが表中の保護区に直接的な影響を与える場合、事業主は森林環境省（MOFE）及び関連する省庁からの承認を必要とし、これに関連した EIA を中心とする必要な調査を実施する必要がある。

出典: Forest Action Nepal (1973)

11.3.3 社会環境

(1) 用地取得・住民移転先住民と少数民族

事業予定地域周辺には異なる少数民族が生活しているが、これはネパール国内では共通した状況である。これまでの類似案件における森林環境省（MOFE）の解釈や DOR 事業の例では、当該地域の民族構成に対して社会経済状況や文化的な視点から先住民計画等を策定して対応する必要はなく、通常、ヒマラヤ地域などの遠隔地が先住民への特別な配慮の対象地域にな

っている。ただし、少数民族については次のような世界銀行の基準に基づき、OP 4.10 の該非の確認が必要となる。

- a. 独自かつ固有の文化的集団としての自己認識、ならびに、そうしたアイデンティティに対する他者からの認識。
- b. 地理的に固有な住居地または先祖伝来の領地、ならびに、そうした居住地や領地内の天然資源に対する集団的愛着/依存 (collective attachment)。
- c. 支配的な社会や文化と切り離された慣習上の文化的、経済的、社会的、政治的制度の存在。
- d. 当該国家の主流層とは異なる言語の使用。

なお、UK Aid の事業で作成された図によれば、事業対象地域の主要な民族は Pahari と Tamang の人々である。これらの民族が当該地域の先住民族であると考えられるが、地域には他の少数民族も多く暮らしている。

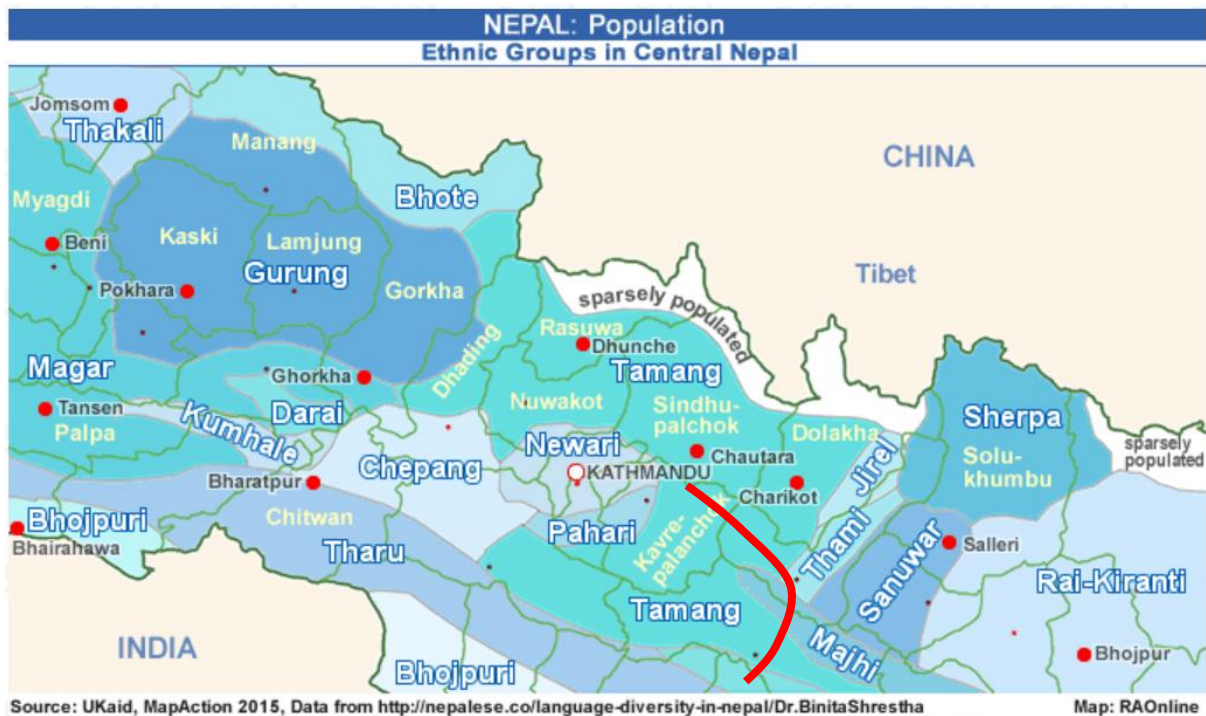


図 11.3-4 先住する民族の分布状況 (赤線がシンズリ道路)

(2) 地震

2015 年 4 月 25 日に、グルカ地方を中心とするマグニチュード 7.8 の地震が発生した。事業対象地域は震源から離れているが、脆弱な山体斜面等が崩落等の影響を受けた。沿道住民へのインタビューに基づく限り、家屋の倒壊や負傷等に関する事例は確認できなかったが、他の地域で地震の影響により生計をたてられなくなった人々の移住等がないか、将来的な社会経済調査等で詳細が判明するものと考えられる。

11.4 環境社会配慮に関する法制度

11.4.1 ネパール国内法

(1) Environment Protection Act (EPA), 2019 (2076)

環境保護法 (EPA) はネパールの環境影響評価について規定しており、環境保護令 (EPR) で補足される関係にある。EPR は情報公開や、環境影響アセスメント (EIA) や初期環境調査 (IEE) のプロセスを、Scoping Document (SD) や Terms of Reference (ToR) 等によって規定している。

EPR に示された EIA 及び IEE のスクリーニング基準では、道路トンネル事業が IEE の対象とされている一方で延長 1km 以上の水路トンネルは EIA とされている。また道路事業としては National Highway が EIA の対象であるなど、必ずしも EPR だけを根拠に明確なスクリーニングが行えない側面がある。運用としては、各申請事業の概要を踏まえて、森林環境省 (MOFE) の環境影響評価部門が必要となる影響評価書のレベルを判断している。

1997年に公布された EPA は 2019年 (2076 B.S.) に改定されている。現行 EPA に基づき、事業主は EIA 等の必要な調査において、以下に示された事項に配慮し、検討を行い、EIA 報告書等に取りまとめる必要がある。

- Summary Environmental Study (environmental study report in short)
- Initial Environment Examination (examination of the possible impact on the environment and measures to mitigate it) or Environmental Impact Assessment (assessment of possible impact on the environment and solutions that can be opted)
- The Environment Protection Act, 2076 B.S. (2019 A.D.):
 - sets out the review and approval process of IEE and EIA Reports, that involve informing and consulting stakeholders;
 - stipulates that no one is to create pollution that would cause significant adverse impacts on the environment or harm to public life and health, or to generate pollution beyond the prescribed standards;
 - specifies for the Ministry in charge of environment (currently the Ministry of Forests and Environment, MoFE) to conduct inspection of approved projects to ensure that pollution prevention, control or mitigation is carried out according to the approved IEE or EIA Report;
 - provides for the protection of objects and places of national heritage and places with rare plants, wildlife and biological diversity; and
 - states that any person/party affected by pollution or adverse environmental impact caused by anybody may apply to the prescribed authority for compensation to be recovered from the polluter/pollution generator

(2) Environment Protection Rules, 2020 (2077)

EPAと同様に改定された環境保護法令 (EPR、2020) は、EIA と IEEに加えて、より影響の軽微な新しい事業カテゴリの承認に必要な文書として導入された BES (Brief Environmental Study) についても詳述されている。EPR は EPA に示された規定や対策を実施・規制するための定義の役割を果たしており、事業主が準備すべき調査 TOR のフォーマット等を含んでいる。その他、各環境影響評価報告書の準備、審査、承認に関する詳細な規則などについて規定している。

(3) Forest Act, 2019 (2076)

改定された森林法において国家事業に伴う森林伐採に関する事項は第 10 章に示されている。第 10 章によると、実施予定のプロジェクトは EIA や詳細な事業報告書、設計資料等を提出する必要がある。また、国家の開発事業に伴う森林の使用が生じる場合、事業主は同等の森林（植林）を準備するか、それが難しい場合には、森林の価値に相当する金銭補償による代償を行うことが記述されている。

(4) Public Road Act, 2031 (1974)

公共道路法（1974）は道路の建設と運営をスムーズに行うための法制度である。環境社会配慮に関連して、第 3 章では、ROW 内に恒久的な建造物を配置することを禁止し、こうした管理は DOR が責任を負うことが記述されている。

(5) Land Acquisition Act, 2034 (1977)

用地取得法（1977）は政府による用地取得と開発事業の根拠となる制度で、補償制度を規定している。用地取得法の実施細則は Land Acquisition Guidelines (1989) に詳説されている。これにより政府は補償決定委員会が策定する補償を実施する枠組みとなっている。

(6) National EIA Guidelines, 1993

本ガイドラインは EIA の調査・検討内容に関する手引書で、EIA 報告書の準備の過程における住民参加プロセスや EIA の位置づけを規定している。ガイドラインには必要なインパクトに関する調査項目（物理的、生態的、社会的、文化的な要素）が示されており、影響の度合いに関する評価基準が説明されている。また、影響の回避、軽減、代償の方針が示されており、事業の便益が最大化されるために必要なモニタリングや監査の必要性が示されている。

(7) Environmental and Social Management Framework, DOR, 2007

Environmental and Social Management Framework (ESMF) は、アジア開発銀行（ADB）や世界銀行と同水準のセーフガード政策（検討当時）に基づいて策定されており、DOR が自らの事業に適用を公言している。ESMF に従って事業が実施される場合、概ね JICA 環境ガイドラインとの大きな乖離は想定されない。ESMF は環境社会配慮全般に関する基本方針、調査内容、評価、代替案、モニタリング等が網羅されている。

11.4.2 JICA 環境社会配慮ガイドライン

JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010）はプロジェクトの環境社会配慮影響を事業主に正しく認識してもらうことを狙いとしている。また、JICA 環境ガイドラインは環境に関連する調査や審査の基礎となる事項を提供し、適切な手法で実施されることを目的にしている。加えて、同ガイドラインは、上記の目的を達成するための JICA 及び事業主側の関係者による役割、責任、手続き、要求事項等を規定している。同ガイドラインのポリシーには、透明性、説明責任、予見性の視点が織り込まれている。

(1) JICA 環境ガイドラインと EIA に関するネパール国内法制度のギャップ分析

JICA 環境ガイドラインと EIA に関するネパール国内法制度を整理し、そのギャップの有無について検討した。なお、前述の通り、ESMF が完全な形で適用される前提の場合には、多くの項目にギャップは生じないものの、その他の国内法との比較も含めて検討した。表 11.4-1 に EIA に関するギャップの検討結果を取りまとめる。

表 11.4-1 JICA 環境ガイドラインと国内法制度のギャップ分析 (EIA)

項目	JICA 環境ガイドライン	ネパール国内法	ギャップ分析
Principle	<ul style="list-style-type: none"> Environmental impact must be assessed and examined from the earliest possible planning stage. Alternatives or mitigation measures to avoided or minimize adverse impact must be examined and incorporate into the project plan. 	<ul style="list-style-type: none"> EPA and EPR stipulated necessity of IEE/EIA to assess impact before the projects. 	<ul style="list-style-type: none"> Not so much gaps, however the principle of avoidance, minimization, and mitigation shall be applied based on the JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations. ESMF fulfilled all requirements of JICA Guidelines in principle
Information Disclosure	<ul style="list-style-type: none"> EIA reports (which may be referred to differently in different system) must be written in the official language or in a language widely used in the country in which the project is to be implemented. When explaining projects to local residents, written materials must be provided in a language and form understandable to them. EIA reports are required to be made available to the local residents of the country in which the project is to be implemented. The EIA reports are required to be available at all times for perusal by project stakeholders such as local residents and copying must be permitted. 	<ul style="list-style-type: none"> Rule 7 of EPR stipulates disclosure of information. The project proponent shall inform the VDCs/Municipalities, DDCs and other important stakeholders, individual or organizations concerned the implementation of the project and its impacts through a 15-day notice to be published in a national daily newspaper and notified at VDC/Municipality, DDC, school, hospital/health post. 	<ul style="list-style-type: none"> No major gaps are identified. The official language of Nepal is Nepali language so that public notice, invitation and agenda, minutes of discussion and other documents are prepared in Nepali which are translated into English as common language of Nepal depending on circumstances. As regards environmental assessment studies, IEE/EIA reports are basically prepared in English. ESMF fulfilled all requirements of JICA Guidelines in principle

項目	JICA 環境ガイドライン	ネパール国内法	ギャップ分析
Consultation	<ul style="list-style-type: none"> • For projects with a potentially large environmental impact, sufficient consultations with local stakeholders, such as local residents, must be conducted via disclosure of information at an early stage, at which time alternatives for project plans may be examined. The outcome of such consultations must be incorporate into contes of project plans. • In preparing EIA reports, consultations with stakeholders, such as local residents, must take place after sufficient information has been disclosed. Records of such consultations must be prepared. • Consultations with relevant stakeholders, such as local residents, should take place necessarily throughout the preparation and implementation stages of a project. Holding consultations is highly desirable, especially when the items to be considered in the EIA are being selected, and when the draft report is being prepared. 	<ul style="list-style-type: none"> • Community Participation for EIA process is specified in the National EIA Guidelines 1993 which defined; Time for Community Participation, • Individuals, Groups and Agencies to be Involved. • Methods to Involve the Public 	<ul style="list-style-type: none"> • There is basically no gap. • ESMF fulfilled all requirements of JICA Guidelines in principle.
Impacts to be Assessed	<ul style="list-style-type: none"> • The impacts to be assessed with regard to environmental and social considerations include impacts on human health and safety, as well as on the natural environment, that are transmitted through air, water, soil, waste, accidents, water usage, climate change, ecosystems, fauna and flora, including trans-boundary or global scale impacts. There also include social impacts. In addition to the direct and immediate impacts of projects, their derivative, secondary, and cumulative impacts as well as the impacts of projects that are indivisible from the projects are also to be examined and assessed to a reasonable extent. It is also desirable that the impacts that can occur at any time throughout the project cycle should be considered throughout the life cycle of the project. 	<ul style="list-style-type: none"> • Schedule 5 and Schedule 6 of EPR stipulates “Matter to be mentioned in IEE and EIA report respectively in which impacts to be assessed are specified. Those items almost covers items of impact based on JICA's Guidelines 	<ul style="list-style-type: none"> • There is basically no gap. 30 items of impact which is usually used in JICA project should apply for the EIA study. As far as ESMF is applied, the conditions are fulfilled.

項目	JICA 環境ガイドライン	ネパール国内法	ギャップ分析
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> Project proponents etc. should make efforts to make the results of the monitoring process available to local project stakeholders. When third parties point out, in concrete terms, that environmental and social considerations are not being fully undertaken, forums for discussion and examination of countermeasures are established based on sufficient information disclosure, including stakeholders' participation in relevant projects. Project proponents etc. should make efforts to reach an agreement on procedures to be adopted with a view to resolving problems. 	<ul style="list-style-type: none"> Rule 13 of EPR stipulates “Monitoring and Evaluation”. 	<ul style="list-style-type: none"> There is basically no gap. However, in order to fulfill both requirements of Nepal and the JICA Guidelines perfectly, EIA shall provide appropriate monitoring format with monitoring plan including methodology. ESMF fulfilled all requirements of JICA Guidelines in principle.
Ecosystem and Biota	Projects must not involve significant conversion or significant degradation of critical natural habitats and critical forests.	<ul style="list-style-type: none"> Not available. However, any project in a protected areas must be discussed with MoFE and pause necessary approval procedure and reviewing processes. 	<ul style="list-style-type: none"> Not so much gaps, however the principle of avoidance, minimization, and mitigation shall be applied based on the JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations. ESMF fulfilled all requirements of JICA Guidelines in principle
Indigenous People	Any adverse impacts that a project may have on indigenous peoples are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. When, after such an examination, avoidance is proved unfeasible, effective measures must be taken to minimize impacts and to compensate indigenous peoples for their losses.	<ul style="list-style-type: none"> As Nepal is a multiethnic country, existence of ethnic minority / indigenous group is common. There is not officialized legal frameworks on impact by a project on indigenous people. 	<ul style="list-style-type: none"> Not so much gaps, however the principle of avoidance, minimization, and mitigation shall be applied based on the JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations. If there are observed cases of indigenous people, separate plan or special treat shall be considered in EIA and RAP. ESMF fulfilled all requirements of JICA Guidelines in principle

出典：JICA 調査団

(2) JICA 環境ガイドラインと RAP に関するネパール国内法制度のギャップ分析

JICA 環境ガイドラインと住民移転計画（RAP）に関するネパール国内法制度を整理し、そのギャップの有無について検討した。主な比較対象は以下の通り。

- a) ネパールの土地管理に関する法制度（用地取得法、公共道路法、道路基準等）
- b) 世界銀行のセーフガード政策に準じる水準で策定された ESMF の適用

- c) 世界銀行のセーフガード政策から大きな乖離が無いことを前提とする JICA 環境ガイドライン

表 11.4-2 にギャップ分析の結果を取りまとめる。

表 11.4-2 JICA 環境ガイドラインと国内法制度のギャップ分析 (RAP)

項目	JICA 環境ガイドライン (一部、世界銀行セーフガード政策)	ネパール国内法	ギャップ分析
1.	Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives.	The adverse impacts can be minimized or avoided or dealt with positive and constructive ways (1.1.1, ESMF)	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
2.	When population displacement is unavoidable, effective measures to minimize impact and to compensate for losses should be taken.	- The adverse impacts can be minimized or avoided or dealt with positive and constructive ways (1.1.1, ESMF) - Government of Nepal may, if it so deems necessary, acquire any land at any place for any public purpose, subject to compensation under this Act (Article 3, Land Acquisition Act)	No significant gaps are observed.
3.	People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels.	Thus, the affected persons in the project will be entitled to various types of compensation and resettlement assistance that will help in the restoration of their livelihoods, at least, to the pre-project standards (7.3.1, ESMF)	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
4.	Compensation must be based on the full replacement cost as much as possible.	When GON requires assets, national law does not specify about the provision of mandatory replacement cost. Therefore, ESMF strongly recommended that: Practical provisions must be made for the compensation for all lost assets to be made at replacement cost without depreciation or reductions for salvage materials, and including any other costs such as transaction. Efforts must be made to assess the real replacement costs of land to the extent possible. A procedure should be established for determining compensation rates accurately plus rigorous efforts to assess the replacement costs and market rates for all assets, including labor costs for construction.	There might be a gap on determination of compensation rate between Nepali side and the JICA Environment Guidelines. In the past cases, deduction and/or using government fixed rate lower than market price are common. [Proposals for the gap-filling measure] The project owner (DOR) shall secure necessary budget for compensation based on a RAP and ask Compensation Determination Committee (CDC) to follow the methodology of replacement cost. Monitoring on such compensation process is also required.

項目	JICA 環境ガイドライン (一部、世界銀行セーフガード政策)	ネパール国内法	ギャップ分析
5.	Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement.	ESMF referred OP 4.12: The measures (i.e., the RP) include provision of compensation and of other assistance required for relocation, prior to displacement, and preparation and provision of resettlement sites with adequate facilities, where required.	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
6.	For projects that entail large-scale involuntary resettlement, resettlement action plans must be prepared and made available to the public.	ESMF regulated RAP preparation.	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
7.	In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance.	- In Chapter 5, the section of 2.2.1: The Procedural Steps in Road IEEs and EIAs of ESMF, and other sections covers all conditions concerning public participation/consultation	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
8.	When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people	- Domestic EIA procedure supported by some conditions in ESMF requires public consultation meeting	
9.	Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans.		
10.	Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their communities.	5.1 and 7.5 of ESMF stipulated establishment of grievance redress mechanism (GRM)	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
11.	Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits.	N/A *Cut-off date is recommended to set as the date of Census survey (7.2.3, ESMF)	There is no direct regulation of recommendation regarding the item.
12.	Eligibility of benefits includes, the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal rights to land at the time of	In the proposed project, the absence of formal titles will not be a bar to resettlement assistance and rehabilitation. (7.3.1, ESMF)	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.

項目	JICA 環境ガイドライン（一部、世界銀行セーフガード政策）	ネパール国内法	ギャップ分析
	census but have a claim to such land or assets and the PAPs who have no recognizable legal right to the land they are occupying.		
13.	Preference should be given to land-based resettlement strategies for displaced persons whose livelihoods are land-based.	N/A * EMSD just referred OP 4.12	Cash for land is the common way of compensation for both formal and informal land cases in Nepal, and PAPs also prefer to cash compensation generally.
14.	Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration).	N/A	The item is not clearly mentioned even in ESMF. Some kinds of assistance have a function to support such transition period.
15.	Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc.	8.3 of ESMF or the part of Entitlement Matrix stipulated the considerations scheme for such vulnerable groups	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
16.	For projects that entail land acquisition or involuntary resettlement of fewer than 200 people, abbreviated resettlement plan is to be prepared.	7.10 of ESMF stipulated the abbreviated RAP under the condition of fewer than 200 people	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.
17.	Internal and external monitoring system must be established and implemented properly	8.8 of ESMF covers monitoring and evaluation	No significant gaps are observed. This item is not clearly mentioned in domestic laws, however, ESMF covered it.

出典：JICA 調査団

11.5 組織制度

11.5.1 Ministry of Physical Infrastructure and Transport (MOPIT)

インフラ交通省（MOPIT）は RDA などの実施機関に対し、環境関連法規を遵守させる責任を負う上位機関に相当する。したがって、MOPIT は DPR が作成する環境関連の報告書についてもレビューを行い、モニタリングに関する指導等も担当する。MOPIT は政策決定機関として、ネパールの公共事業と交通分野に関する分野を所掌している。

11.5.2 Department of Roads (DOR)

DOR は道路分野に関する実施や制度作りを担当し、環境社会配慮に関する実施も所管している。DOR の事業に関する EIA 報告書が準備されると、DOR 内の環境社会ユニット（GESU：Geo-Environmental and Social Unit）が確認を行う。GESU を中心として実施段階の環境社会配慮に関する

モニタリングを実施する。GESU はプロジェクトや調査に対して技術的な指導を行う。住民移転の実施段階では、ディストリクト等の地方行政機関に対して RAP の実施に関する管理と指導を行う。

11.5.3 Ministry of Forests and Environment (MOFE)

森林環境省（MOFE）は環境政策の担当省であり、EIA 報告書の審査や森林の管理に関する許認可などを担当しており、完工後の事後評価、環境社会配慮に関する監査なども担当している。計画された事業に対するスクリーニング（EIA が必要なのか、下位の調査報告書で良いのか等）を行うのも MOFE である。

11.6 シンズリ道路の工区に関する環境社会配慮概況

11.6.1 第一工区（バルディバス - シンズリバザール：37 km）

第一工区は南側の道路端にあたるバルディバスから比較的に平坦な地域を走行する区間で、道路の両側には二次林や河川敷が広がっている。また、数カ所の丘陵地にもなう道路のつづら折りが存在し、線形改良の余地が残されている。こうした線形改良は基本的に ROW（公式には全幅 50m、実態的には全幅 30m）の範囲内で実施可能と推定される。また、沿道には事業の実施に決定的な影響を受ける保護区の存在や貴重種の生息域等の環境要素は確認されない。このように、当該工区における道路改良や拡幅は、その地形条件や ROW 内の土地の余裕から環境社会配慮上のボトルネックとなるような大きな課題に直面する可能性は低いと考えられる。この区間の北端にあたるシンズリバザールでは、すでに居住区や市場が集まるコミュニティとして沿線が開発されている。次の写真に典型的な沿道の様子を示す。



二次林

出典：JICA 調査団



既存道路と交差する河川

図 11.6-1 第一工区における沿道環境の例

11.6.2 第二工区（シンズリバザール-クルコット：35.8 km）

第二工区に関するより詳細な環境影響項目の検討はスコーピング案やスクリーニング案において実施した。ここでは、現地調査に基づく第二工区の環境社会配慮状況について全般的な取りまとめを行う。

既存道路は山体に沿ってつづら折りの形状となりほとんどの沿道環境は森林地帯である。ところどころに集落や見晴らしの良い茶屋を除き、シンズリガディのような峠部や地形の厳しい区間に居住地域は存在しない。このセクションにはトンネルによる道路改良が想定されていることから、坑口

や接続道路を除いて地表部での樹木伐採や住民移転などの環境要素に対する大きな影響は想定されない。

表 11.6-1 に、第 13 章で詳述する 4 つの代替案毎に想定される、必要な用地面積と移転物件数の概略を示す。

表 11.6-1 代替ルートごとの概略用地面積と移転建物数

ルート	接続道路に必要な面積* (m ²)			被影響家屋		
	南側	北側	合計	南側	北側	合計
Route 1	63,867	19,166	83,033	7	8	15
Route 2	33,218	87,827	121,045	7	0	7
Route 3	26,735	19,183	45,918	8	8	16
Route 4	26,758	87,492	114,250	8	0	8

* 実際に補償が必要となる用地面積の確定には地籍調査等を実施する必要がある

出典：JICA 調査団

(1) 北側坑口

トンネル北側（クルコット側）には大きく 2 つの坑口と接続道路の候補案が検討されている。一つは Dudhkosi 川の支流に沿って左岸側を走るルートで、もう一つは右岸側で既存のシンズリ道路と合流するルートとなる。

左岸側（支流西側）に接続道路が計画されたルートの場合、坑口が山側（支流の上流側）にあるため、右岸側のルート案よりも道路区間の延長が長くなる。このため、左岸側ルートの場合には坑口が森林地帯に近いことから、相対的に樹木伐採等の自然環境に対する影響が大きくなる可能性があり対策の検討が求められる。また、接続道路は川沿いの耕作地などの土地利用にも影響を与えるため、社会的な影響も考慮する必要がある。

右岸側（支流東側）に接続道路を計画する案の場合、坑口は山裾のシンズリ道路や集落に近い斜面に位置する。坑口が現道に近いことから接続道路は左岸側のケースに比べて短くなる。したがって、右岸側に接続道路を計画した場合には、左岸側に比べて自然環境及び社会環境への影響は相対的に小さいと考えられる。

図 11.6-2 に北側坑口付近と接続道路の線形イメージを示す。



坑口付近と接続道路の線形イメージ



河岸段丘上の接続道路線形イメージ

(左岸側ルート案)



坑口付近と接続道路のクルコット方面への線形見下ろしイメージ（右岸側ルート案）

出典：JICA 調査団

(左岸側ルート案)



坑口付近と接続道路のクルコット方面への線形見上げイメージ（右岸側ルート案）

図 11.6-2 北側坑口付近と接続道路の線形イメージ

(2) 南側坑口

南側坑口位置の代替案は 2 つあり、既存道路からこれらに接続する道路のルート案は Chiyabari 地域で現道から分岐する計画となる。2 つの坑口は小規模な尾根を挟んで、溪流の左岸と右岸にあるものの至近な距離に位置しているため、接続道路の線形も似通っている。したがって、全部で 4 通りの案が検討されているルート案の間に、環境社会配慮上のインパクトに関する大きな差異は想定されない。

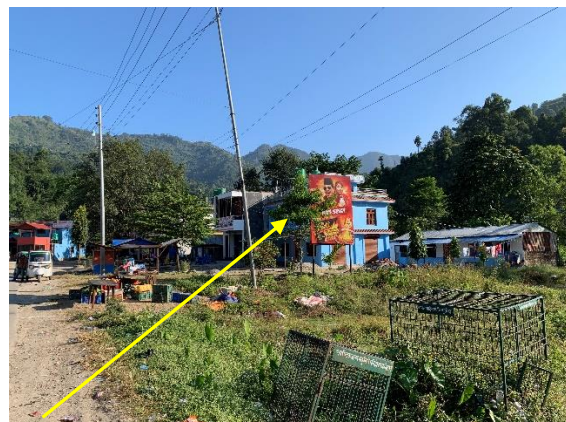
第二工区南側坑口で最も明確な環境社会影響の一つは、シンズリ道路の現道からの分岐点付近に分布している Chiyabari 集落の家屋に対する住民移転である。これらの家屋は小規模なビジネスを営業しており、集落内にはご神木や碑などの宗教的な共有資産も確認されている。いずれの接続道路案を採用しても、10 件以下の構造物等が被影響資産になるものと想定される。

Chiyabari 集落から南側坑口までの区間は、基本的に耕作地か溪流沿いの堆積段丘であり、住居や高木などは基本的に見られない。したがって、自然的にも社会的にも接続道路や坑口によって影響を受ける環境要素に重大かつ貴重な要素は基本的に見当たらない。

図 11.6-3 に南側坑口付近と接続道路の線形イメージを示す。



坑口付近と接続道路の線形イメージ
 (左岸側ルート案)



想定される被影響家屋の例
 (左岸側ルート案)



坑口付近と接続道路の線形イメージ
 (右岸側ルート案)



影響が想定される宗教施設の例
 (右岸側ルート案)

出典：JICA 調査団

図 11.6-3 南側坑口付近と接続道路の線形イメージ

(3) その他の状況

南北両端の坑口付近の環境状況を除くと、保護区、貴重な生物の生息地、先住民族の生活地域、土捨て場の状況など、スコーピングの対象となるような環境要素に関して、各検討ルート間に差異は確認されなかった。こうした要素の概況について表 11.6-2 に示す。また、他の環境要素についても各代替案共通のプレ・スコーピング案として後続の項目で整理を行った。

表 11.6-2 代替案共通の環境社会配慮状況

環境項目	概況
保護区	第二工区（かつシンズリ道路全体）の全ての代替ルートは、保護区等の域内には位置しておらず、直近の国立公園からの距離も離れている。保護区ではないが、政府管理の国有林あるいはコミュニティフォレストが事業予定地に関連しているため、樹木伐採の規模や関連する住民の生計等に関する影響を確認し配慮する必要がある。
貴重な生物の生息地	既存の調査や聞き取りからも、沿道に貴重な生物の生息地等は確認されていない。北側坑口の位置がやや山側に近いことから、人里から離れた地域に生息する動物との距離が近いことから、工事中・共用時における動物の轢死（ロードキル）等の影響が懸念される。
先住民族の生活地域	先住民族が住民移転の対象となる可能性はあるが、件数は限定的である。今後、センサス調査や社会経済調査を実施し、先住民に特有な影響が生じるかどうかの確認と、回避、軽減、代替案に関する検討が必要となる。ただし、こうした多数の民族や先住民族が入り組んで生活している形態はネパールに共通の状況であり、当該地域の先住民族がネパール政府によって特に配慮が必要な地域等に指定されているわけではない。他方、世界銀行 OP.4.10 に基づく先住民族の要件にあてはまる場合には、先住民族としての配慮が求められる。
土捨て場	想定される建設残土等の処理方法や量は、代替案ごとにそれほど大きな差異は生じない。現状、トンネル掘削等で発生する残土は坑口付近や道路沿いの埋立に利用し、道の駅建設を含む開発の盛土材料として再利用することを想定している。その際には、土壌汚染に関する確認調査を実施する必要がある。

出典：JICA 調査団

11.6.3 第三工区（クルコット-ネパールトック：36.8 km）

第3工区はクルコットからネパールトックまでのスンコシ川に沿った線形を基本としている。ところどころ、急峻な丘陵地を超えるためにつづら折り区間が含まれているため、道路拡幅が難しい地点において線形改良オプションが検討された。

峠には沿道に宗教施設（簡易寺院）が設けられており、道路法面に鏡が張られたり、行きかう交通利用者が花を購入したりする場所が見られる。峠以外の道路は川沿いの標高が低い護岸付近を走行しており、小規模な街や交通が休憩する食事処などが点在している。こうした区間も基本的に山側が切り立っていることと谷川も河川であることから、沿道の土地利用範囲や目的は限定的である。このように、現道沿いでは基本的に開発可能な地域が少なく、他方で目立った自然・社会的な環境要素も分布していない。



スンコシ川沿いの現道状況

出典：JICA 調査団



道路脇の宗教スポット

図 11.6-4 第三工区における沿道環境の例

11.6.4 第4工区（ネパールトック-ドゥリケル：50 km）

第4工区は第3工区との境界であるネパールトックから次第に標高を増しながらシンズリ道路北側終点のドゥリケルに向かう。第4工区ではスンコシ川から離れた地域を道路が通り、沿道には町が形成されている区間も見られる。こうした地域では沿道の開発が進んでおり、自然環境的な配慮要素は少ない。川沿いでも埋立てによる開発が進んでいる地域があり、シンズリ道路の対岸には採石場や川砂の採取を行う施設も見られる。ドゥリケルに近い区間は標高が高くなる一方、森林も少ないことから見晴らしに優れ、ヒマラヤ山脈を眺望するための茶屋などが点在している。こうした利用形態も含めて、拡幅を伴う道路改修を行った場合には沿道の資産や土地に影響を及ぼす可能性があることから、用地取得・住民移転の影響が考えられる。



二次林による傾斜地を横切る現道

出典：JICA 調査団



現道沿いの埋立地

図 11.6-5 第四工区における沿道環境の例

11.7 評価

11.7.1 影響を受けやすい地域（Sensitive Areas）に関する確認

調査結果に基づき、JICA 環境ガイドラインの Appendix 3 を用いたプロジェクトの地域特性を確認した。この結果、トンネル建設を想定した第二工区に関して、当該地域は影響を受けやすい地域には該当しないことが確認された。しかしながら、JICA 環境ガイドラインに基づく環境カテゴリは、セクターや工種・工法など、他の条件や要素を含めて総合的に判断される。表 11.7-1 に影響を受けやすい地域の判定に関する検討結果を取りまとめる。これらは、事項及び別添に示すスクリーニング案の検討と併せて、案件形成の際に精緻化される内容である。

表 11.7-1 影響を受けやすい地域に関するチェックリスト

確認項目	評価結果
A. National parks, nationally-designated protected areas (coastal areas, wetlands, areas for ethnic minorities or indigenous peoples and cultural heritage, etc. designated by national governments)	National parks and any other equivalent areas are not located along the project section. *The nearest national park, Parsa National Park, is almost 100 km far from the section.
B. Areas that are thought to require careful consideration by the country or locality	
(1) Natural Environment	
a) Primary forests or natural forests in tropical areas	N/A There are forest areas including Governmental Forest and Community Forest along the road. Those forests are almost secondary forests.
b) Habitats with important ecological value (coral reefs, mangrove wetlands, tidal flats, etc.)	N/A There are no such important habitats along the project alignment and nearby.
c) Habitats of rare species that require protection under domestic legislation, international treaties,	Need to be confirmed Further study is required to determine the status of rare species and impact on them.
d) Areas in danger of large-scale salt accumulation or soil erosion	Slopes along the target roads are geologically vulnerable and spotted soil erosion are observed around the weathering slopes and/or landslide areas.

確認項目	評価結果
e) Areas with a remarkable tendency towards desertification	N/A
(2) Social Environment	
a) Areas with unique archeological, historical, or cultural value	N/A Each commune or village, however, may have religious places in their common lands.
b) Areas inhabited by ethnic minorities, indigenous peoples, or nomadic peoples with traditional ways of life, and other areas with special social value	N/A Although there was observed several different ethnics along the project site, the situation is very common in Nepal. According to past instruction from MOFE and based on past project cases, the Project might not need to prepare ingenious people plan because the project-induced impacts may not affect these people severely in terms of traditional culture, living forms, and marginalization.

出典：JICA 調査団

11.7.2 暫定的なスクリーニング案

調査を通じて得られた情報と検討に基づいて、第二工区のスクリーニング案を検討し、所定のフォーマットに記載する形で添付資料-5に取りまとめた。第二工区の建設は公害、自然環境及び社会環境の全般に影響が想定される。しかし、そのインパクトの程度や種類が詳細には判明していないため、さらなる調査が求められる。

現時点では、保護区、貴重種の生息域、森林伐採、被影響住民の数等の重要な環境指標に基づく限り、当該事業が自然・社会環境に与える影響は限定的であると推定される。

11.7.3 プレ・スコーピングの実施

暫定的なスクリーニング案や調査で得られた他の関連情報、及び想定に基づき、第二工区（トンネル建設）のプレ・スコーピング（主要環境影響項目の洗い出し）を実施した。なお正式な代替案検討後のスコーピング案策定には、後続の調査におけるさらなる条件確認や調査を踏まえた検討が必要となり、その際にあらためて各環境要素のスコーピングが実施されることになる。表 11.7-2 に暫定的なスコーピング案を示す。

表 11.7-2 暫定的スコーピング案

No	Item	Selection Status		Reasons for Selection
		PCS/ CS	OS	
1	Air Quality	✓	✓	<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> Operation of construction equipment will generate dust and emission gas. Traffic congestion in construction site will cause increase in exhaust gas from vehicles. Dust will occur in borrow pit and quarry site. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> Air pollutant caused by increased traffic may generate much exhaust gas. Improved traffic flow may reduce exhaust gas. Exhaust gas may increase around the tunnel portals

No	Item	Selection Status		Reasons for Selection
		PCS/ CS	OS	
2	Water Quality	✓	✓	<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbid water caused by construction works, especially tunnel constructions, is likely to affect existing surface and ground water resources. • In case of inadequate management in borrow pit and quarry site, turbid water from borrow pit and quarry site by rainfall may cause surface water contamination. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soil runoff due to heavy rain may occur in filling or steep slope sections and turbid water may cause surface water contamination.
3	Waste	✓		<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construction waste caused by construction works and general waste from construction office will be generated. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impact on waste is unlikely to occur
4	Soil Contamination	✓		<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muck from tunnel construction might be contaminated. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impact on soil contamination is unlikely to occur
5	Noise and Vibration	✓	✓	<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construction works is likely to increase noise and vibration level. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Noise and vibration level caused by vehicle driving will increase.
6	Ground Subsidence	✓	✓	<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subsidence due to fill loading may occur. • Subsidence due to water drainage of tunnel drilling <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leaking water from tunnel and drainage may cause subsidence
7	Offensive Odor	✓		<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inappropriate treatment of construction material and waste might cause offensive odor <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impact on offensive odor is unlikely to occur
8	Bottom Sediment	✓		<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inappropriate treatment of slope protection and construction material might cause sedimentation along the section <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impact on bottom sediment is unlikely to occur
9	Protected Area			<p>Construction Phase/Operation Phase:</p> <p>There are no protected areas in and around the project site.</p>
10	Ecosystem	✓	✓	<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roadside tree/vegetation will be lost by widening works. In a mountainous section, tree cutting in a community forest may be required due to approach roads to the tunnel. • Turbid water caused by construction is likely to affect aquatic life. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roadkill might occur along the section.
11	Hydrology	✓		<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Water flow in the river or stream may be altered during construction works. • Tunneling works may influence the flow of groundwater and the groundwater level in the surrounding area, and amount of water from wells/springs may change. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Water leaking from tunnel may cause impact on groundwater.

No	Item	Selection Status		Reasons for Selection
		PCS/ CS	OS	
12	Topography and Geology	✓		Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Topography will be changed in the new road section and tunnel portals Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Impact on geographical features is unlikely to occur.
13	Land Acquisition and Resettlement	✓		Pre-Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Linear improvement and widening of existing road and construction of new alignment including the tunnel section will cause land acquisition and/or resettlement. Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Temporal lease of land and additional small-scale resettlement might be required. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Additional resettlement and land acquisition will not be required
14	Poverty	✓		Pre-Construction Phase/Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Project might cause some degree of impact on poverty in the section such as resettlement, small business, and so on. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Impact only on poor people is unlikely to occur
15	Ethnic Minority and Indigenous People	✓	✓	Pre-Construction Phase/Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> If ethnic minority and/or indigenous people's family are affected as PAPs of involuntary resettlement, they may have severe impact on their life.
16	Local Economy such as Employment and Livelihood	✓		Pre-Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Land acquisition and resettlement may cause livelihood degradation of Project Affected Persons (PAPs). Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Construction will create job opportunities to local people. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Reduction of travel time will contribute to local economies and promote tourism.
17	Land Use and Usage of Local Resources	✓		Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> In case of new road construction, land use, mostly agricultural land and residential area, will be shifted to Right of Way. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Land use along the target road section will change and achieve economic and social development. Improved transportation will contribute to effective utilization of local resources.
18	Water Usage	✓	✓	Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Existing agricultural canals located in roadside will be affected by widening works. Tunnel works might cause changes of water flow in surface and ground water Water-use around the construction site/yard may be affected by water from those areas Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Water from tunnel may cause impact on water usage around the area.
19	Existing Social Infrastructure and Services	✓		Pre-Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Relocation or protection of existing utilities, such as electric poll, water pipe and optical fiber cable will be required. Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Temporary traffic congestion in and around construction site will occur. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Access to social services will be improved.

No	Item	Selection Status		Reasons for Selection
		PCS/ CS	OS	
20	Social Institutions such as Socially Related Capital and Decision-making Organizations			Construction Phase/Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Because of improvement project of existing road and a new tunnel section, considerable impact on social institutions is unlikely to occur.
21	Misdistribution of Benefit and Damage			Pre-Construction Phase/Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Because of improvement project of existing road and a new tunnel section, considerable impact on social institutions is unlikely to occur. Small business along the existing road which will be bypassed by the new tunnel alignment shall be affected due to decreasing of traffic / customers.
22	Local Conflicts of Interest			Construction Phase/Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Because of improvement project of existing road and a new tunnel section, considerable impact on social institutions is unlikely to occur.
23	Cultural Heritage	✓	✓	Pre-Construction Phase/Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> There is not considerable cultural heritage along the section. However, if local pagoda or any other form of religious facilities is affected as resettlement property, they shall be compensated/mitigated properly. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> In case of religious facilities are affected, concerned persons or community may be affected.
24	Landscape	✓		Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Road site trees and forest area, which create particular scenery, will be lost by construction works. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Considerable impact on landscape is unlikely to occur.
25	Gender	✓		Construction Phase/Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Women workers may be discriminated or sexually harassed by male workers and have different wage scale from male workers.
26	Children's Right	✓		Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Construction mobilization may cause child labor issue Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Considerable impact on children's right is unlikely to occur.
27	Infectious Diseases such as HIV/AIDS	✓		Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Infection risks of HIV/AIDS may be increased among construction workers and local business offering food and entertainment. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Considerable impact on infectious diseases is unlikely.
28	Labor Environment including Safety	✓		Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Dust and emission gas may affect workers health. Sanitary conditions around construction site may get worse due to waste from workers and toilet. Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Considerable impact on working conditions unlikely
29	Accident	✓	✓	Construction Phase: <ul style="list-style-type: none"> Labor accidents may occur in construction site, especially in tree cutting, slope protection and bridge construction works. Traffic accident may occur at construction site Operation Phase: <ul style="list-style-type: none"> Traffic safety including pedestrians will be improved by road widening and vehicle separation

No	Item	Selection Status		Reasons for Selection
		PCS/ CS	OS	
				<ul style="list-style-type: none"> • Traffic accident due to more traffic volume and faster vehicle speed may increase ratio of traffic accident. • In the tunnel section, car trouble, car accident, vehicle fire, emergency cases may happen
30	Transboundary Impact and Climate Change	✓	✓	<p>Construction Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operation of construction equipment will generate CO₂. <p>Operation Phase:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ emission from vehicles will increase in future. • Improved traffic efficiency may reduce.

出典：JICA 調査団

第12章 第二工区トンネル化に係る既往調査レビュー

12.1 概要

シンズリ道路の第二工区は、第一工区側（起点側）クルコット地区から第三工区側シンズリ地区を繋ぐ区間であり山岳横断区間である。本区間は地形的制約（山岳地帯）から下記の特徴を有し、シンズリ道路完成後も主要な交通のボトルネックとなっている。

- 山岳区間のため道路幅員は最小限度の 5.5m（1.5 車線相当）であり、拡幅部以外での大型車のすれ違いは困難
- 急曲線やヘアピンカーブが続くつづら折れ区間が複数あり拡幅も十分ではないため、平面線形として大型車が円滑に通行できる状態ではない
- 最急縦断勾配は 10%程度であり、登坂車線を用いても大型車が円滑に通行できる縦断線形ではない
- ネパールの主要構造線である主境界衝上断層（MBT）とそれに並行するマハバラット衝上断層（MT）と交差するため、脆弱な地質特性を有している可能性があり、しばしば崩壊（地すべり）による通行止めが発生

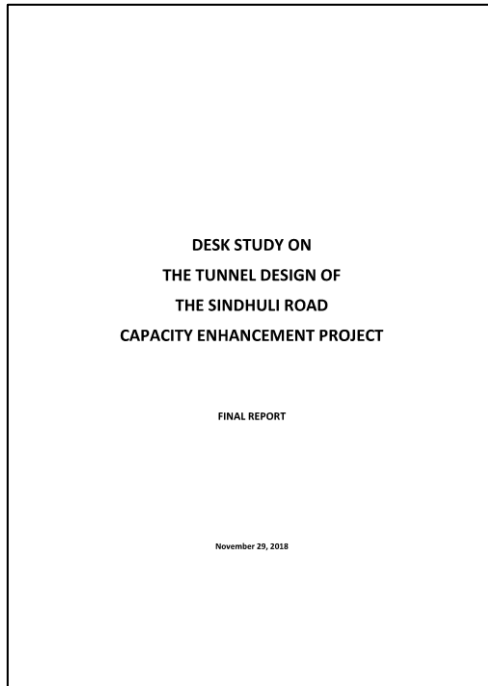
第二工区は東西に大きく横たわる Mahabharat（マハバラト）山脈と Siwalik（シワリク）丘陵を横断する険しい山岳地帯を通過する区間で、山岳地を迂回して避けることは不可能である。崩壊性の急峻地形のため、機能向上方策の有効案のひとつである既存道路拡幅を実施することは地形的制約から難しい（図 12.1-1 参照）。そのため、新規バイパス（代替路）による機能向上方策が現実的で、抜本的な改良オプションとして山岳トンネルを活用した代替路が考えられる。

山岳トンネルによる第二工区の改良については、これまでに Desk Study on the Tunnel Design of the Sindhuli Road Capacity Enhancement Project（2018年：JICA ネパール事務所）（以後、JICA Desk Study Project）及び Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot-Sindhuli Khanda Road Tunnel)（2019年：ネパール道路局）（以後、Nepal F/S Project）により調査が実施されている（図 12.1-2 参照）。

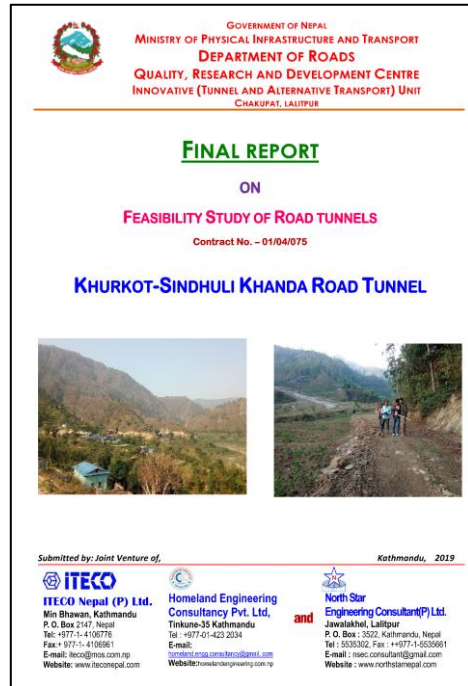
本節では、これらの案件における第二工区のトンネル化に係る技術的検討内容（トンネル概算工事費、環境影響検討等を除く）をレビューし、第二工区のトンネル化における課題点を明確にする。また、それらを踏まえた本プロジェクトにおける第二工区のトンネル化に係る方針を検討する。



図 12.1-1 シンズリ道路（第二工区）の概要



(1) JICA Desk Study Project



(2) Nepal F/S Project

図 12.1-2 レビュー対象調査報告書

12.2 既往調査

12.2.1 Desk Study on the Tunnel Design of the Sindhuli Road Capacity Enhancement Project

(1) 調査概要

調査の概要を表 12.2-1 に示す。

表 12.2-1 JICA Desk Study Project の概要

調査時期：	2018
調査会社：	現地コンサルタント（詳細不明）
スコープ：	<ul style="list-style-type: none"> トンネルルート机上検討（平面及び縦断計画） 避難坑位置の特定 トンネル概算工事費（設備費込み）の算定 衛星画像を用いた用地買収範囲及び住民移転の概略調査

出典：JICA 調査団

(2) トンネルに係る技術的検討

1) トンネルルート検討

当該調査においては、ネパールの Department of Survey から発行されている縮尺 1 : 25,000 の地形図に基づいてトンネルルートの机上検討が実施されている。また、トンネルルート検討のための、現地踏査及びボーリングや物理探査などの地質調査は実施されていない。

当該調査によって提案されているトンネルルートは下記の 3 案である。

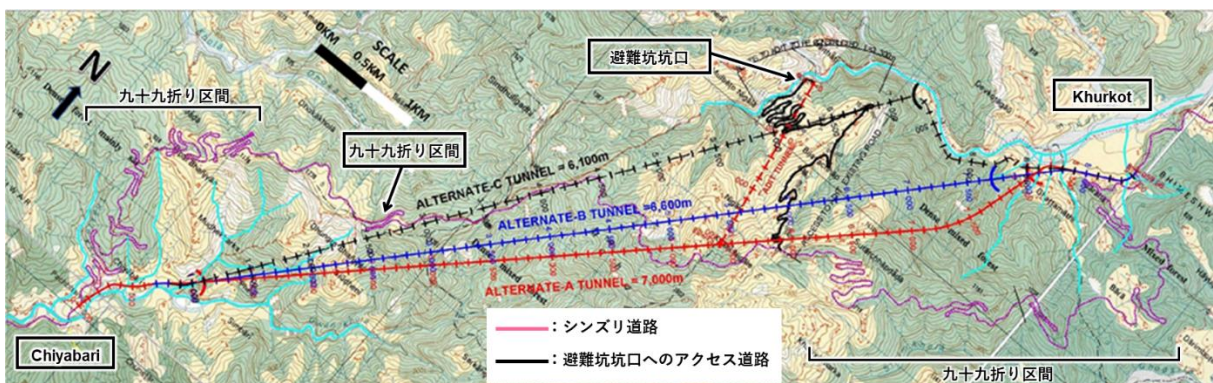
Alternative-A : Chiyabari 地区にあるつづら折れ区間の東側尾根に南側坑口が計画されている。また、北側坑口はクルコット地区の現道南側に計画される。トンネル延長は 7,000m である。トンネル区間の平面線形は直線及び高規格な曲線

(R=1,000m) で構成されている。

Alternative-B : Alternative-A よりもトンネル線形を直線的にすることでトンネル区間の短縮を図った案。南側坑口は Alternative-A と同様の位置である。また、北側坑口は Alternative-A の北側坑口よりやや南側の位置である。トンネル延長は 6,600m である。トンネル区間の平面線形は直線である。

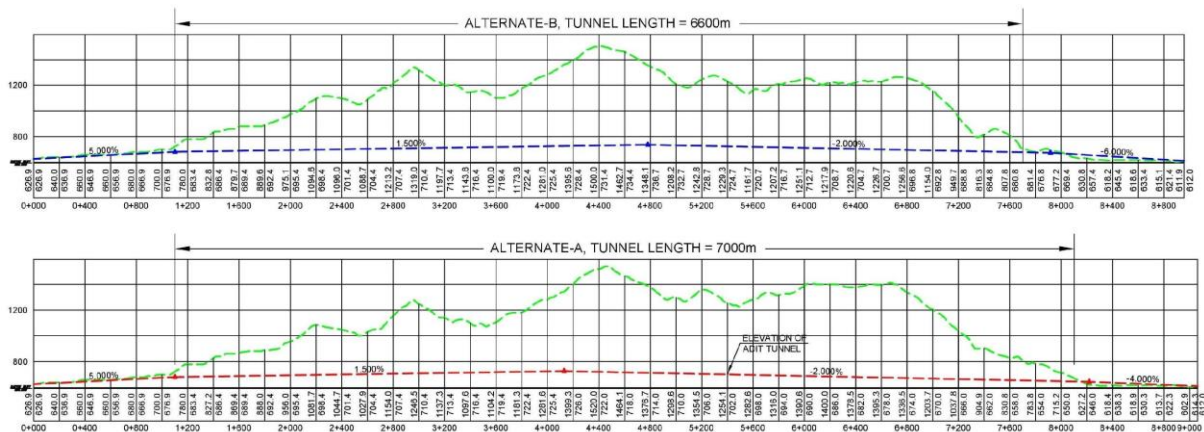
Alternative-C : Alternative-B よりもトンネル区間を短縮し、最短化することを念頭にした案。南側坑口は Alternative-A と同様の位置である。また、北側坑口は Alternative-A 及び Alternative-B の北側坑口よりも西側の位置となる。トンネル延長は 6,100m で、トンネル区間の平面線形は直線である。

Alternative-A については Sta.5+900 地点から本坑から北側へ分岐する避難坑が計画されている。また、現道 (シズリ道路) と避難坑坑口を接続するアクセス道路 (約 3,300m) についても計画されている (図 12.2-1 参照)。



出典 : Final Report (Desk Study on the Tunnel Design of the Sindhu Road Capacity Enhancement Project), P.7 に一部加筆

図 12.2-1 トンネル代替ルート案 (JICA Desk Study Project)



※本報告書には Alternative-C の縦断図は掲載されていない

出典 : Final Report (Desk Study on the Tunnel Design of the Sindhu Road Capacity Enhancement Project), P.7

図 12.2-2 トンネル代替ルート案の縦断計画 (JICA Desk Study Project)

2) トンネルの運用形式

トンネルの運用形式について、下記のコメントが整理されている。

- Alternative-A は、トンネル全長が約 7km であり、2 車線トンネル (単独トンネル) で建設の場合には別途避難坑が必要となることから推奨されない。

- ・ 2車線トンネル（単独トンネル）の場合、車線を分離する構造がないと対向車線の追い越しにより交通安全上非常に危険となる可能性がある。
- ・ トンネルの運用形式として1車線トンネル（W=7.00m：車線幅 3.50m、左側路肩 1.50m、右側路肩 0.50m、両側検査用 0.75m）を2本建設する上下線トンネル構造を推奨。

12.2.2 Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot – Sindhuli Khanda Road Tunnel)

(1) 調査概要

調査の概要を表 12.2-2 に示す。

表 12.2-2 Nepal F/S Project の概要

調査時期：	2019
調査会社：	ITECO Nepal (P) Ltd./Homeland Engineering Consultancy Pvt. Ltd./North Star Engineering Consultant Ltd.
スコープ：	<ul style="list-style-type: none">・ 既存情報収集・ 現地踏査・ 地質調査（地質踏査及び比抵抗電気探査）・ 環境調査・ 予備設計（アプローチ道路及びトンネル）及び図面作成・ 経済分析

出典：JICA 調査団

(2) トンネルに係る技術的検討

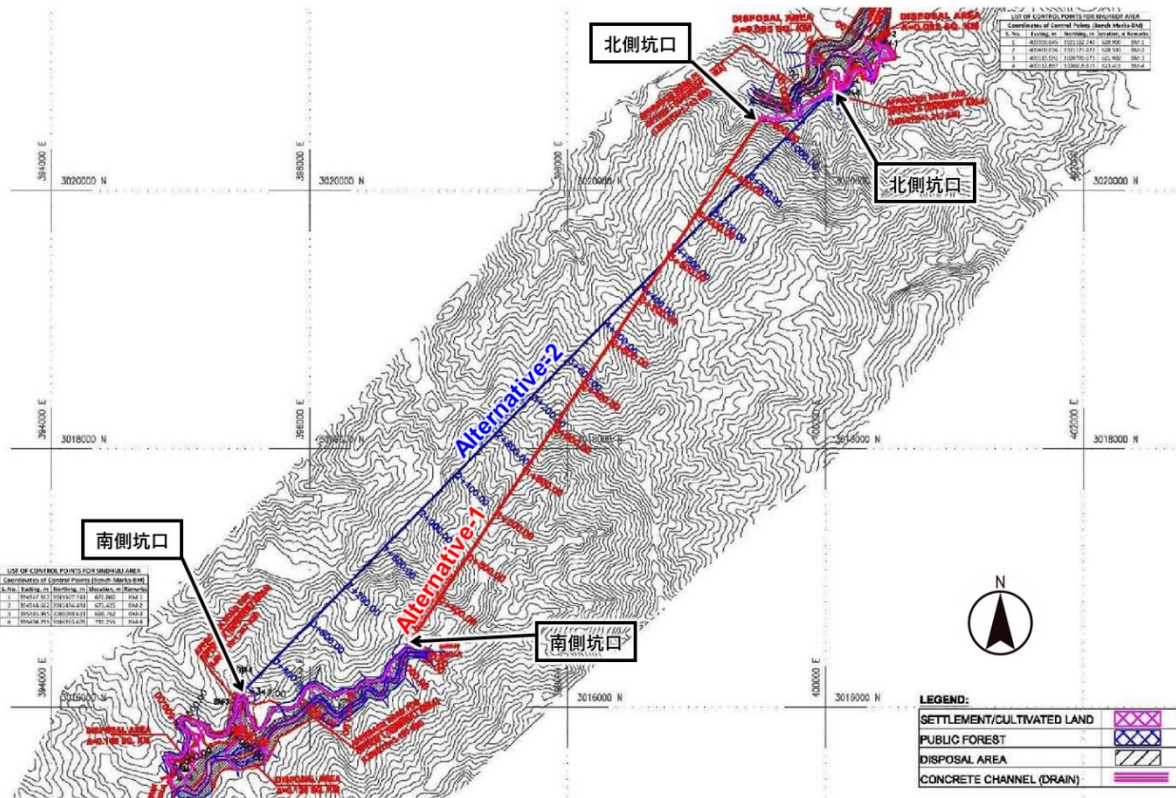
1) トンネルルート検討

当該調査では、地質及び地形条件を踏まえ、2種類のトンネルルート案が提案されている。トンネルルート選定においては、トンネルルート上において不良な地山区間の回避を念頭に実施されたとの記載があるものの、ルート選定におけるコントロールポイントは明記されていない。

当該調査で提案されたトンネルルート案を示す。

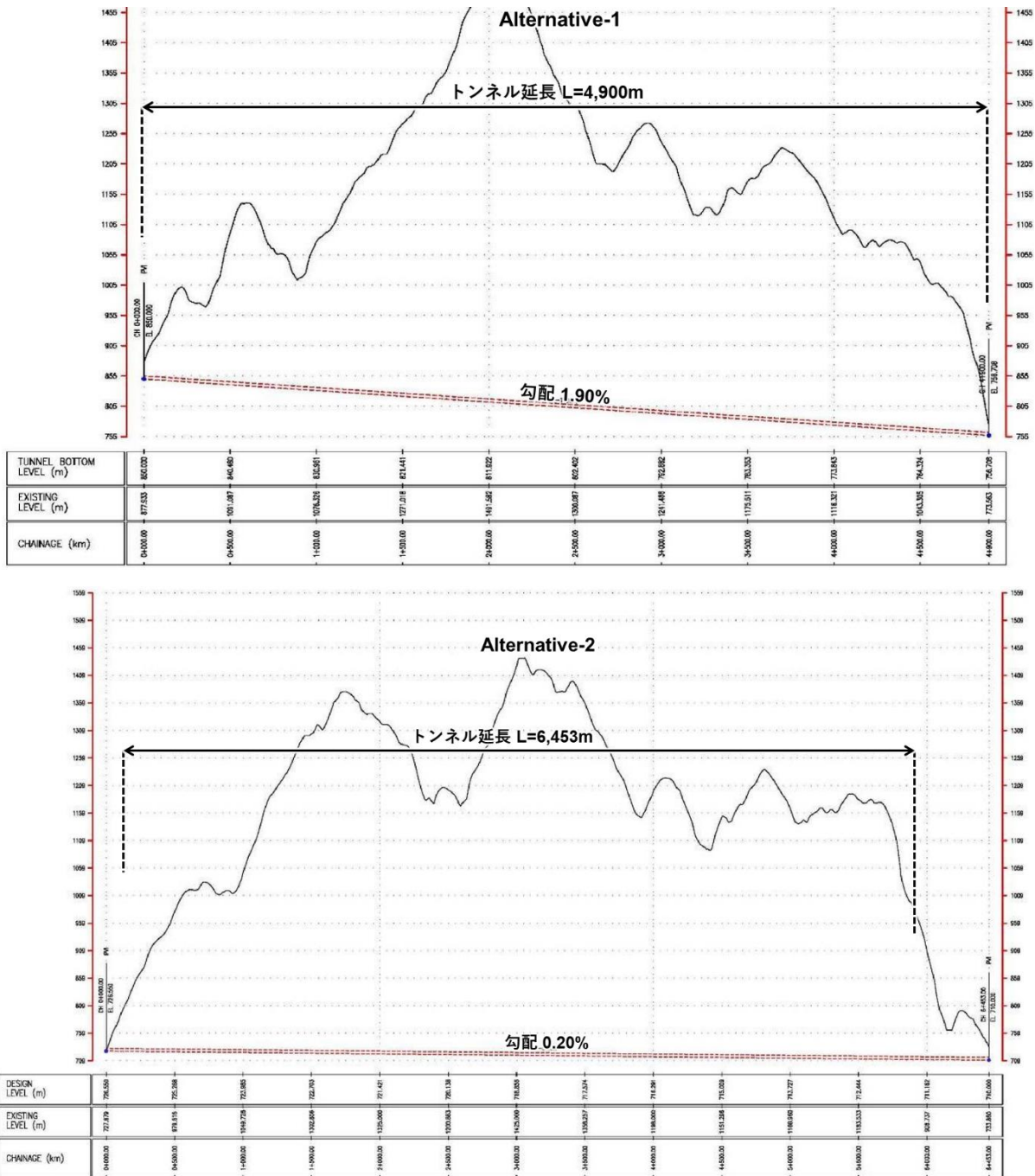
表 12.2-3 トンネルルート案の概要

トンネルルート	トンネル延長	縦断勾配	平面線形
Alternative-1	4,900m	1.90%	直線
Alternative-2	6,453m	0.20%	直線



出典 : Final Report (Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot - Sindhuli Khanda Road Tunnel)), P.69 に一部加筆

図 12.2-3 トンネルルート案 (Nepal F/S Project)



出典：Final Report (Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot - Sindhuli Khanda Road Tunnel)), P.72~73 に一部加筆

図 12.2-4 トンネルルート案の縦断計画 (Nepal F/S Project)

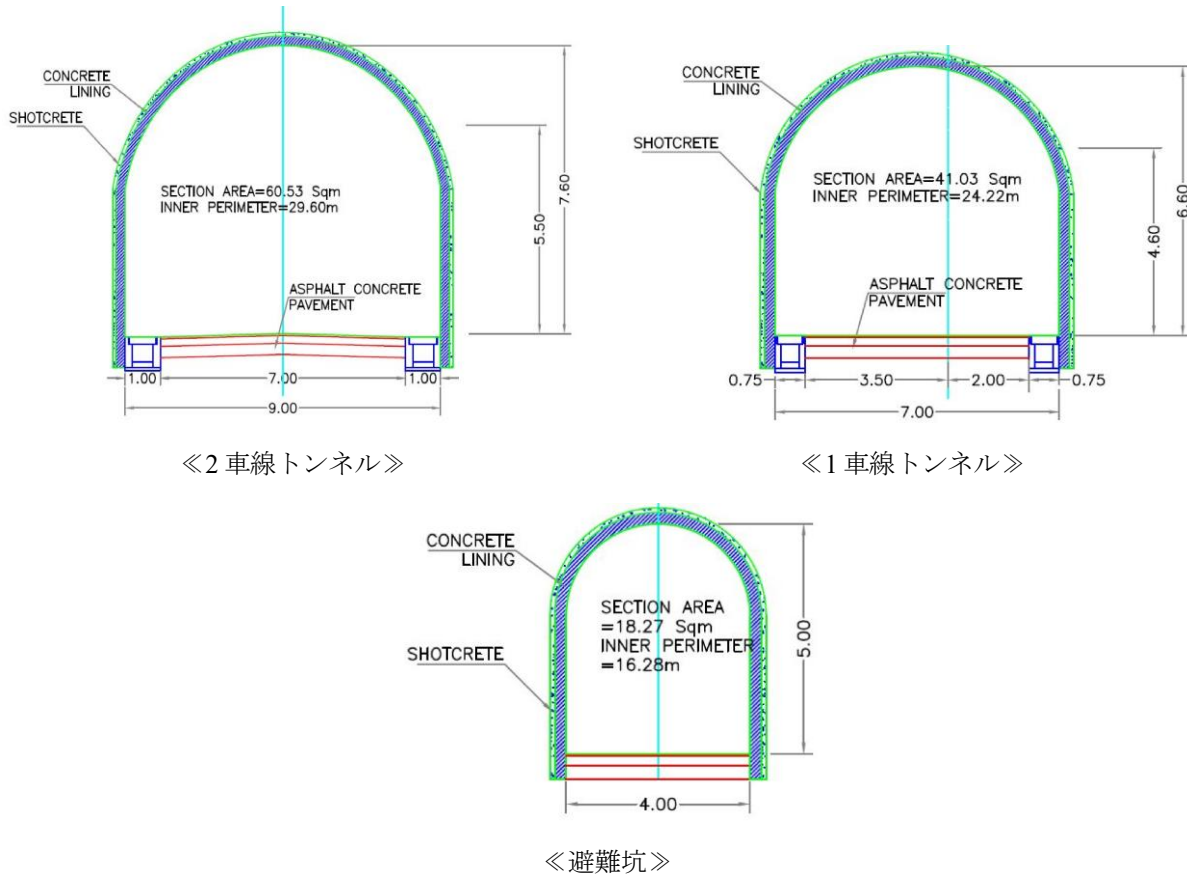
2) トンネル化による路線運用方式及びトンネル断面

当該調査では下記に示す2つのトンネル運用方式が検討されている。

ケース①： 2車線トンネル+避難坑

ケース②： 1車線トンネル×2本

各ケースにおけるトンネル断面を図 12.2-5 に示す。

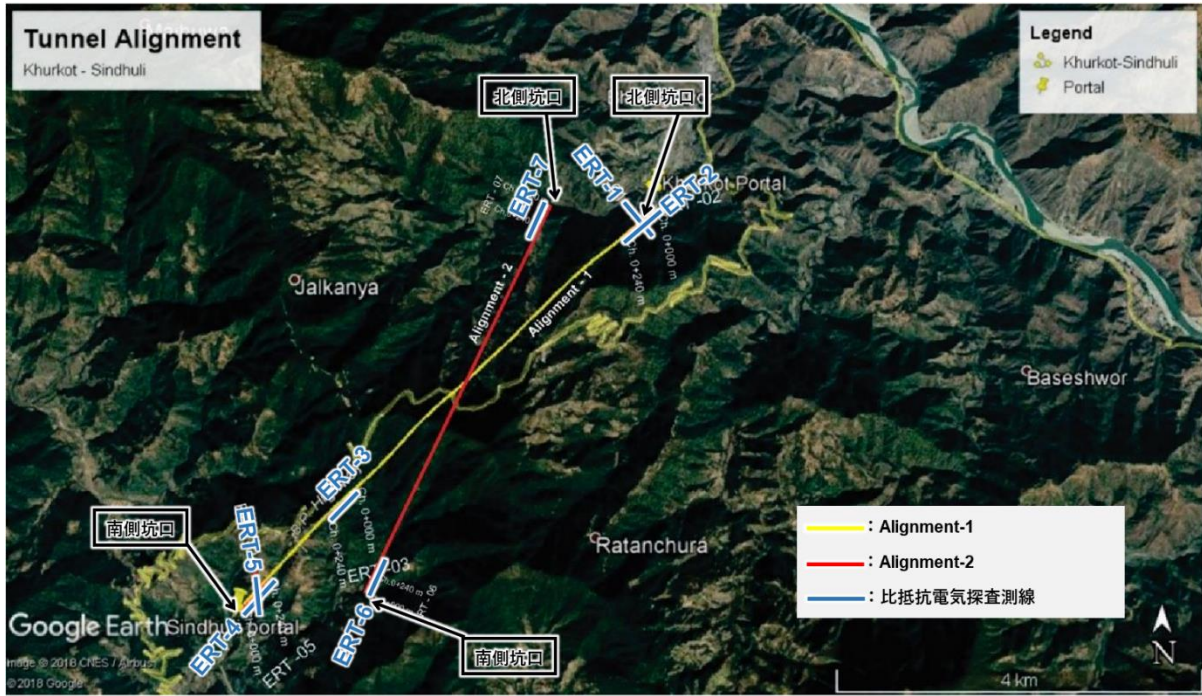


出典 : Final Report (Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot - Sindhuli Khanda Road Tunnel)), P.74~75

図 12.2-5 トンネル断面 (Nepal F/S Project)

3) 地質調査 (比抵抗電気探査)

当該調査では、坑口部及びトンネル中間部の地質状況を概略的に把握するため比抵抗電気探査 (計 7 測線) が実施されている。比抵抗電気探査の実施概要を図 12.2-6、表 12.2-4 及び表 12.2-5 に示す。



出典：Final Report (Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot - Sindhuli Khanda Road Tunnel)), P.44 に一部加筆

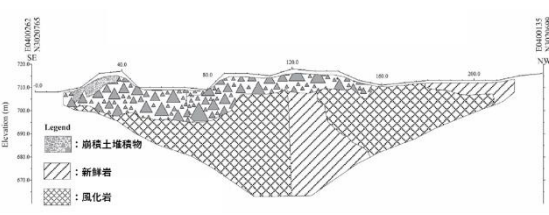
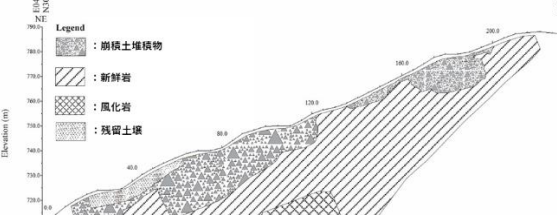
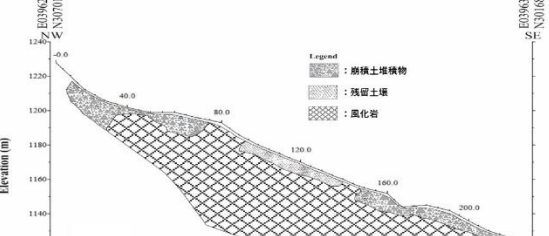
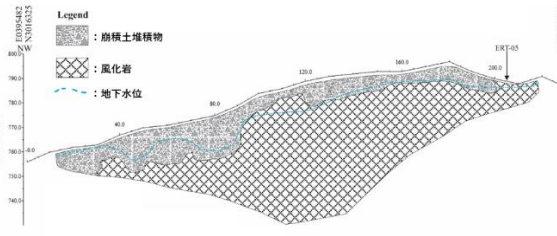
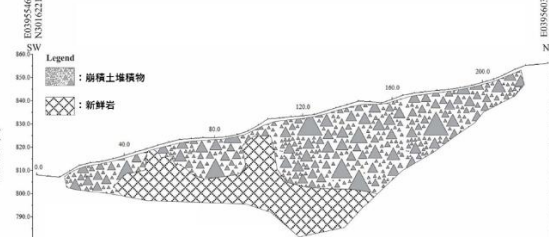
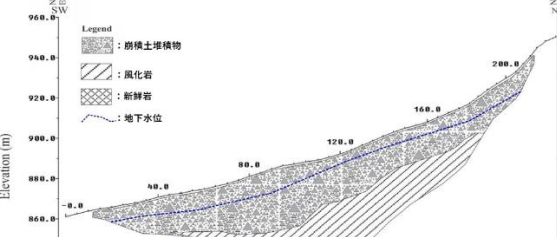
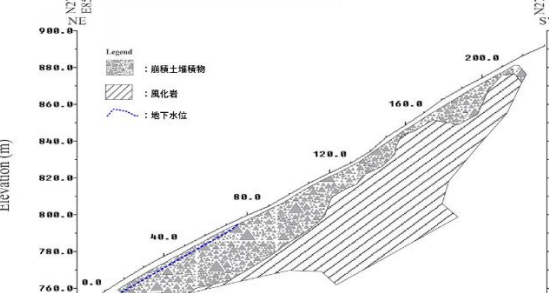
図 12.2-6 比抵抗電気探査位置図

表 12.2-4 比抵抗電気探査（ERT）の概要

調査測線	調査延長	電極設置間隔	調査深さ
ERT-1	L=240m	5m	52.4m
ERT-2	L=240m	5m	49.9m
ERT-3	L=240m	5m	49.9m
ERT-4	L=240m	5m	49.9m
ERT-5	L=240m	5m	49.9m
ERT-6	L=240m	5m	51.0m
ERT-7	L=240m	5m	52.0m

出典：JICA 調査団

表 12.2-5 地質断面図 (比抵抗調査測線)

ERT-1	ERT-2
 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▨: 新鮮岩 ▩: 風化岩</p>	 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▨: 新鮮岩 ▩: 風化岩 ▪: 残留土壌</p>
<p>表土 (平均厚さ 8m) は崩積土堆積物。その下部は風化岩盤及び堅固な岩盤。</p>	<p>表土 (平均厚さ 8m) は崩積土堆積物。その下部は風化岩盤及び堅固な岩盤。</p>
ERT-3	ERT-4
 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▪: 残留土壌 ▩: 風化岩</p>	 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▩: 風化岩 ---: 地下水位</p>
<p>表土は厚さ 5m 程度の崩積土及び残留土壌。その下部は風化岩盤。</p>	<p>表土は厚さ 11m 程度の崩積土が分布。その下部は風化岩盤。</p>
ERT-5	ERT-6
 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▨: 新鮮岩</p>	 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▩: 風化岩 ▨: 新鮮岩 ---: 地下水位</p>
<p>表土は厚さ 18m 程度の崩積土が厚く分布。その下部は風化岩盤。</p>	<p>表土は厚さ 17m 程度の崩積土が厚く分布。その下部は風化岩盤。</p>
ERT-7	
 <p>Legend ■: 崩積土堆積物 ▩: 風化岩 ---: 地下水位</p>	
<p>表土は厚さ 12m 程度の崩積土が分布。その下部は風化岩盤。地下水面は地表に非常に浅い位置と想定。</p>	

出典: Final Report (Feasibility Study of Road Tunnels (Khurkot - Sindhuli Khanda Road Tunnel)), P.48~P.60

12.3 既往調査のレビュー結果

本節では、前述した既往調査結果について、トンネル化の技術的内容に関するレビューを行う。なお、本調査では、第二工区のトンネルルートの比較及び選定を実施するため、トンネルルートを計画する上で重要となる下記項目に着目し、評価を行った。

- a) トンネル検討区間
- b) トンネルルート (線形)
- c) トンネル区間の路線運用方式
- d) トンネル構造

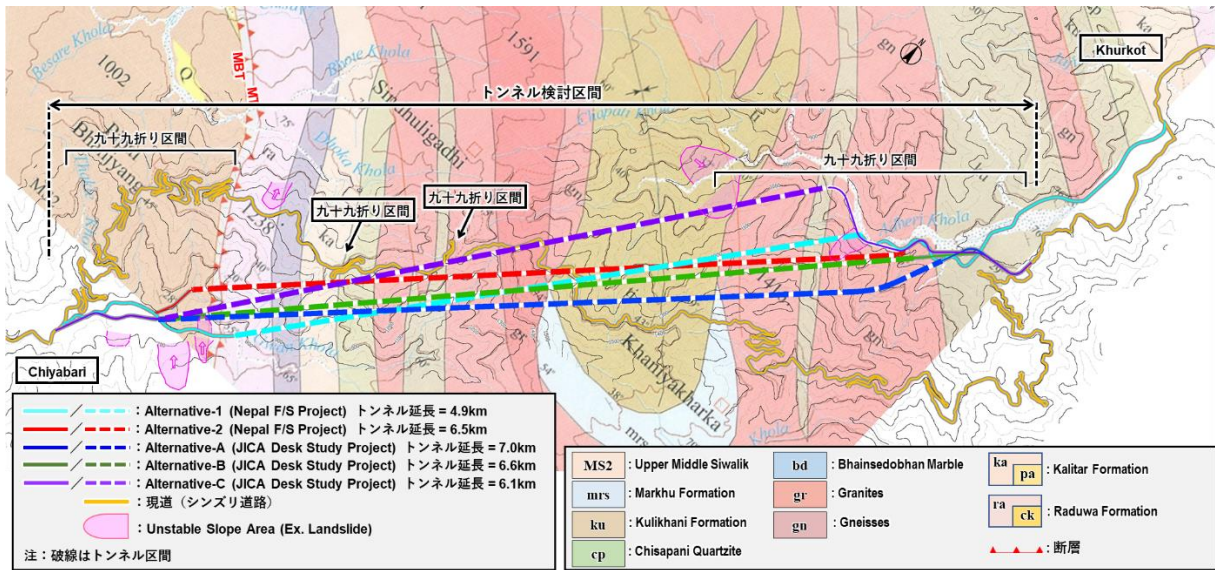
表 12.3-1 にレビュー結果を示す。

表 12.3-1 既往調査のレビュー結果

評価項目	既往調査での検討概要	レビュー結果
トンネル検討区間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二工区におけるすべてのボトルネックを回避可能となる Chiyabari 地区～クルコット地区をトンネル区間として設定 (JDS/NFS※1) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往調査で検討されたトンネル検討区間 (Chiyabari 地区～クルコット地区) は妥当
トンネルルート (線形)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往調査では計 5 ルートが計画されており、トンネルは延長 5～7km の長大トンネル (JDS/NFS) ・ トンネル線形は直線、もしくは直線と緩やかな平面曲線 (JDS/NFS) ・ トンネルの縦断勾配は 0.20%～2.00% (JDS/NFS) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ NFS で検討されたルートの中で不安定斜面に坑口を計画しており、防災面の観点から避けることが望ましい ・ NFS で検討されたルートのひとつはトンネル縦断勾配 0.20%であり、Nepal 基準 (トンネルの最低縦断勾配 0.40%) を満たしていない ・ トンネルルート検討において、第二工区を横断する主境界衝上断層 (MBT) 及びマハバラット衝上断層 (MT) が考慮されていない
トンネル区間の路線運用方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 車線トンネルによる上下線トンネルのほうが 2 車線トンネルより安全性の面で推奨されている。(JDS) ・ NFS では 1 車線トンネル及び 2 車線トンネルの 2 ケースでトンネル積算が実施されているものの、路線運用方式の技術的検討は実施されていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往調査では 1 車線トンネル (上下線トンネル) 及び 2 車線トンネル (対面通行トンネル) の比較検討が実施されていないため、多面的に比較が必要 ・ 防災面の観点からトンネル区間における剛性中央分離帯の設置、通行車両の規制条件、避難坑設置等の検討が必要
トンネル構造	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二工区を横断する MBT 及び MT に対する構造的な対策が検討されていない (JDS/NFS) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質調査により断層の概略的な性状及び位置を把握し、必要と想定される補助工法について検討が必要

※1 : JDS (JICA Desk Study Project) NFS (Nepal F/S Project)

出典 : JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 12.3-1 トンネル検討区間

第13章 第二工区トンネル化に係るルート検討

13.1 概要

本章では、シンズリ道路において特に難所となっている第二工区について、トンネルによる線形改良を合理的として、その妥当なルートの検討を行った。さらに道路トンネルの断面構成や防災等級などの仕様を想定し、シンズリ道路トンネルが概ねどのようなものになるのかを検討した。

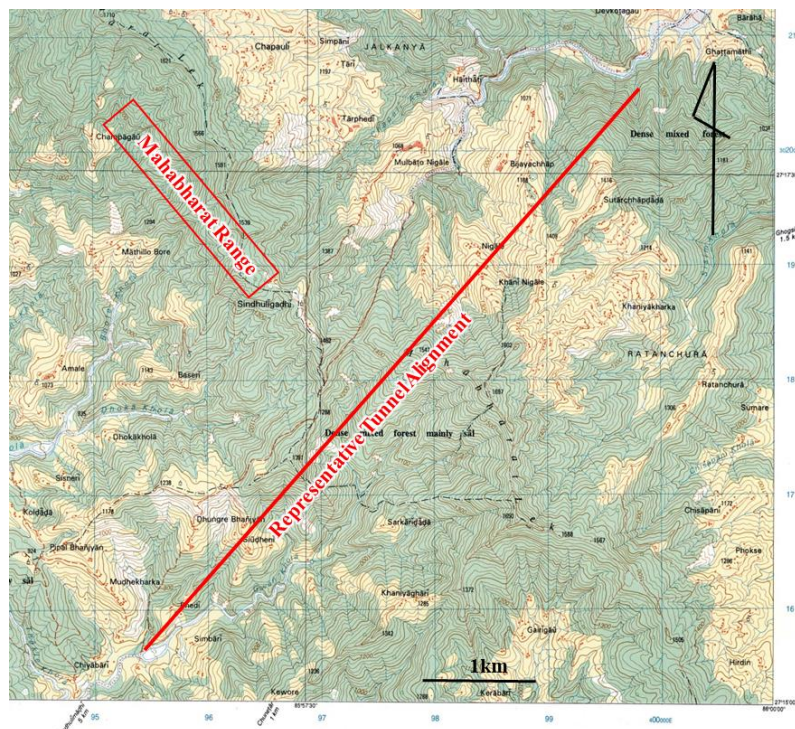
また、シンズリ道路第二工区は山岳工区であるが、同時にネパールの代表的構造線であるMBT（主境界衝上断層）、MT（Mahabharat 衝上断層）を横断する工区でもある。この範囲について重点的な踏査を行い、山岳トンネル及びアプローチ道路の建設が可能かの評価を行った。

なお、以降に記載する検討結果については、現段階における踏査に基づく結果・評価・考察であり、今後、精密な測量・地質調査、自然環境調査等により内容が検証されることを前提としている。

13.2 第二工区の地形・地質概要

13.2.1 トンネル計画地周辺の地形状況

トンネルが計画されているのは、ネパール中東部に位置するマハバラト山脈を通過する範囲である。マハバラト山脈は北西—南東方向に延びる標高 1,500m～2,700m の山脈で、高ヒマラヤ（北方）と亜ヒマラヤ（南方）と並行した構造を持つ。トンネル計画路線（北東—南西方向）はマハバラト山脈の本尾根部から分岐する標高 900m～1,700m の支尾根部を通過する（図 13.2-1 参照）。



出典：1/25,000 地形図 (No.2785 12D) Survey Department (1995)

図 13.2-1 トンネル計画地周辺の地形状況

マハバラト山脈は全体に急峻な地形となっており、尾根直下では 60°以上の急斜面となっている。中規模から大規模な地すべり地形が南側坑口周辺を主体とする範囲で認められるほか、小規模から中規模の斜面崩壊が調査地全体において多数認められる。

トンネル計画地付近の水系は、北西—南東方向に延びるマハバラト山脈によって分断されており、河川およびその支流は分水嶺としてマハバラト山脈に直行する方向に流下している。

南側坑口周辺ではガワン・コラおよびその支流が南西方向に流下している(図 13.2-2 参照)。また、北側坑口周辺ではスンコシ川の支流であるアデリ・コラが北東に流下しており、クルコットにおいてスンコシ川と合流している (図 13.2-3 参照)。



出典：JICA 調査団

図 13.2-2 南側トンネル坑口周辺の全景



出典：JICA 調査団

図 13.2-3 北側トンネル坑口周辺の全景

13.2.2 トンネル計画地周辺の地質状況

(1) 地質状況


トンネル整備の主目的は、第二工区における通過時間の短縮及び交通事故の削減である。トンネルルートは地形的にはマハバラト山脈を通過し、地質的には高ヒマラヤ帯およびマハバラト向斜を通過する。地質的に長い間、高圧縮の場にあるため、調査地周辺には破砕帯を伴う大小の断層が分布する。

調査地においては、南から北側にかけて、堆積岩からなるシワリク層（亜ヒマラヤ）、堆積岩および変成度が低い変成岩からなる Nawakot 累層群（低ヒマラヤ）、比較的変成度が高い変成岩からなるカトマンズ累層群（高ヒマラヤ）が分布する。

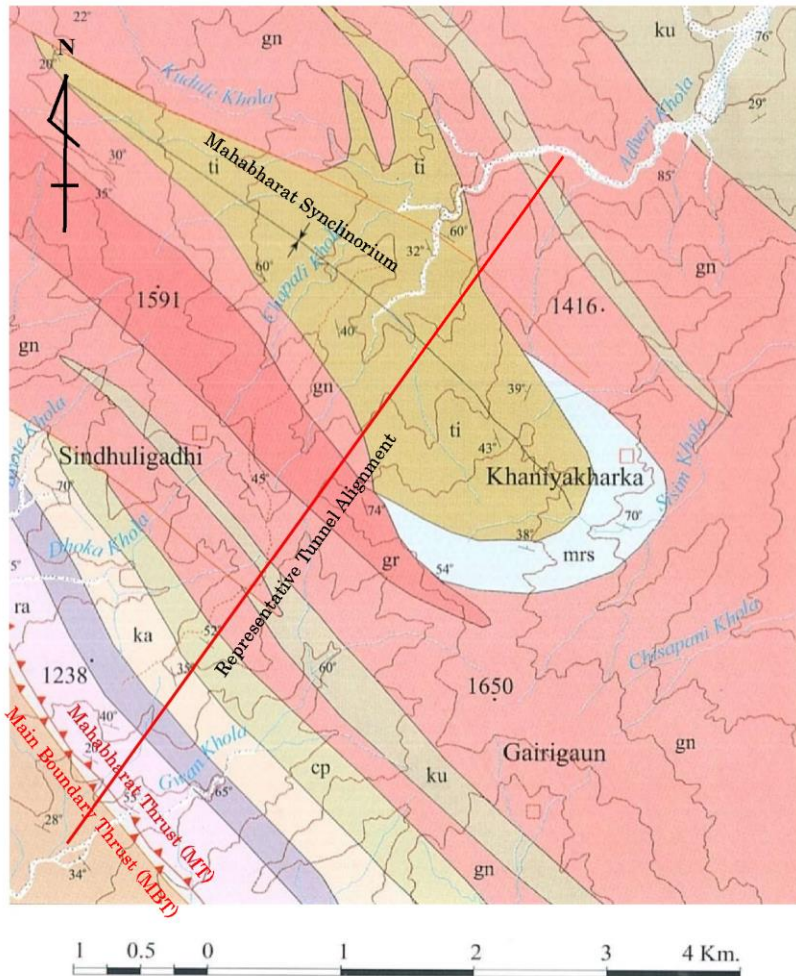
これらの層群および累層群は低角度の逆断層である MBT と MT によりそれぞれ境されている。MT は主中央衝上断層（MCT）の南部への延長断層であると考えられている（表 13.2-1 参照）。

表 13.2-1 調査地周辺の地質層序

地形区分	累層群	層群	累層	記号	岩相	層厚 (m)	地質年代	
高ヒマラヤ	カトマンズ	Phulchauri	Tistung Formation	ti	Metasandstone, Phyllite	1,000	前期古生代	
		Slight Unconformity						
		Bhimphedi	Markhu Formation	mrs	大理石、片岩	-	先カンブリア紀	
			Gneiss	gn	片麻岩	600 - 900	先カンブリア紀 ～ 前期古生代	
			Sindhuli Granite	gr	花崗岩	650		
			Kulekhani Formation	ku	珪岩、片岩	-	先カンブリア紀	
			Chisapani Quartzite	cp	珪岩	200+		
			Kalitar Formation	ka	片岩、珪岩	800		
			Bhainsedobhan Marble	bd	大理石	-		
		Raduwa Formation	ra	ザクロ石を含む片岩	450			
マハバラト衝上断層 (MT) *主中央衝上断層(MCT)の南部への延長断層と考えられている								
低ヒマラヤ	Nawakot	Upper Nawakot	Benighat Slates	bg	粘板岩、千枚岩	550	古生代	
主境界衝上断層 (MBT)								
亜ヒマラヤ	-	シワリク層	Upper Middle Siwalik	MS2	砂岩、泥岩	1500	中期中新世	

 トンネル計画地周辺に分布する地層

出典：JICA 調査団



LEGEND

SURFICIAL DEPOSITS (Quaternary - Recent)

Q Quaternary Deposits: Clay, silt, sand, gravel and conglomerates.

SIWALIK GROUP (Middle Miocene-Lower Pleistocene)

- US** Upper Siwalik: Conglomerate with subordinate brown sandstone and grey or yellow brown mudstone.
- MS2** Upper Middle Siwalik: Coarse grained, massive, gravelly/pebbly, pepper and salt textured sandstone and varicoloured mudstone with siltstone. Predominance of sandstone over mudstone.
- MS1** Lower Middle Siwalik: Medium to coarse grained, hard, thick-bedded grey sandstone alternating with calcareous siltstone, purple yellow grey mudstone and grey shale, coaly materials and plant fossils are present. Dominance of sandstone over mudstone.
- LS** Lower Siwalik: Fine to medium grained, hard, light-grey sandstone alternating with colourful mudstone, shaly, siltstone and occasional marl. Predominance of mudstone over sandstone.

KATHMANDU COMPLEX

PHULCHOKI GROUP (Lower Paleozoic)

ti Tistung Formation: Metasandstones, siltstones, phyllites, slates, sandstones (with ripplemarks), sandy limestones, clay cracks, worm tracks, intense purple-weathering colour, pebble beds near base.

BIHIMPHEDI GROUP (Pre - Cambrian)

- mrs** Markhu Formation: Alternation of schist, quartzite and impure marble.
- ku** Kulikhani Formation: Fine-grained, dark green-grey, biotitic and more or less quartzitic mica-schist alternating with light and dark-grey, impure, strongly micaceous quartzites.
- cp** Chisapani Quartzite: White, fine-grained quartzite, cross-bedded, fine sericite partings.
- ka** Kalitar Formation: Dark green grey two-mica and biotite schist with layers of micaceous quartzite; garnet and amphibole in lower part.
- bd** Bhainsedobhan Marble: Coarse crystalline marble, well bedded to massive, with subordinate schist intercalations.
- m** Raduwa Formation: Coarse-crystalline, highly garnetiferous two mica-schist, locally gneissic schist with biotitic quartzite beds, green chlorite-schist at base.

NAWAKOT COMPLEX

UPPER NAWAKOT GROUP (Paleozoic)

- rb** Robang Phyllite: Blue-green chloritic, sericitic phyllites, partly tuffaceous, metagabbros, amphibolites.
- ml** Malekhu Limestone: Yellowish grey, siliceous, fine-crystalline, flaggy limestone with dark dolomite in the middle part.
- bg** Benighat Slate: Dark blue-grey argillaceous slates and phyllites, black carbonaceous slates; Jk:Jhku carbonate beds (thin argillaceous limestones and calcphyllites).

LOWER NAWAKOT GROUP (Pre-Cambrian)

- fg** Fagfog Quartzite: White ripple marked quartzite with minor phyllite intercalation.
- kn** Kunchha Formation: Light green-grey gritty phyllites, quartzitic phyllites, metasandstones and gritstones with minor amphibolites.
- ul** Uleri Formation: Feldspathic schist with augens of feldspar and quartz, augen gneisses.

GRANITES AND GNEISSES

- gr** Sindhuli Granite: Muscovite, biotite, tourmaline granite, aplitic tourmaline granite.
- gn** Gneiss (Granitic gneiss, augen gneiss and gneissic schist)

STRUCTURES

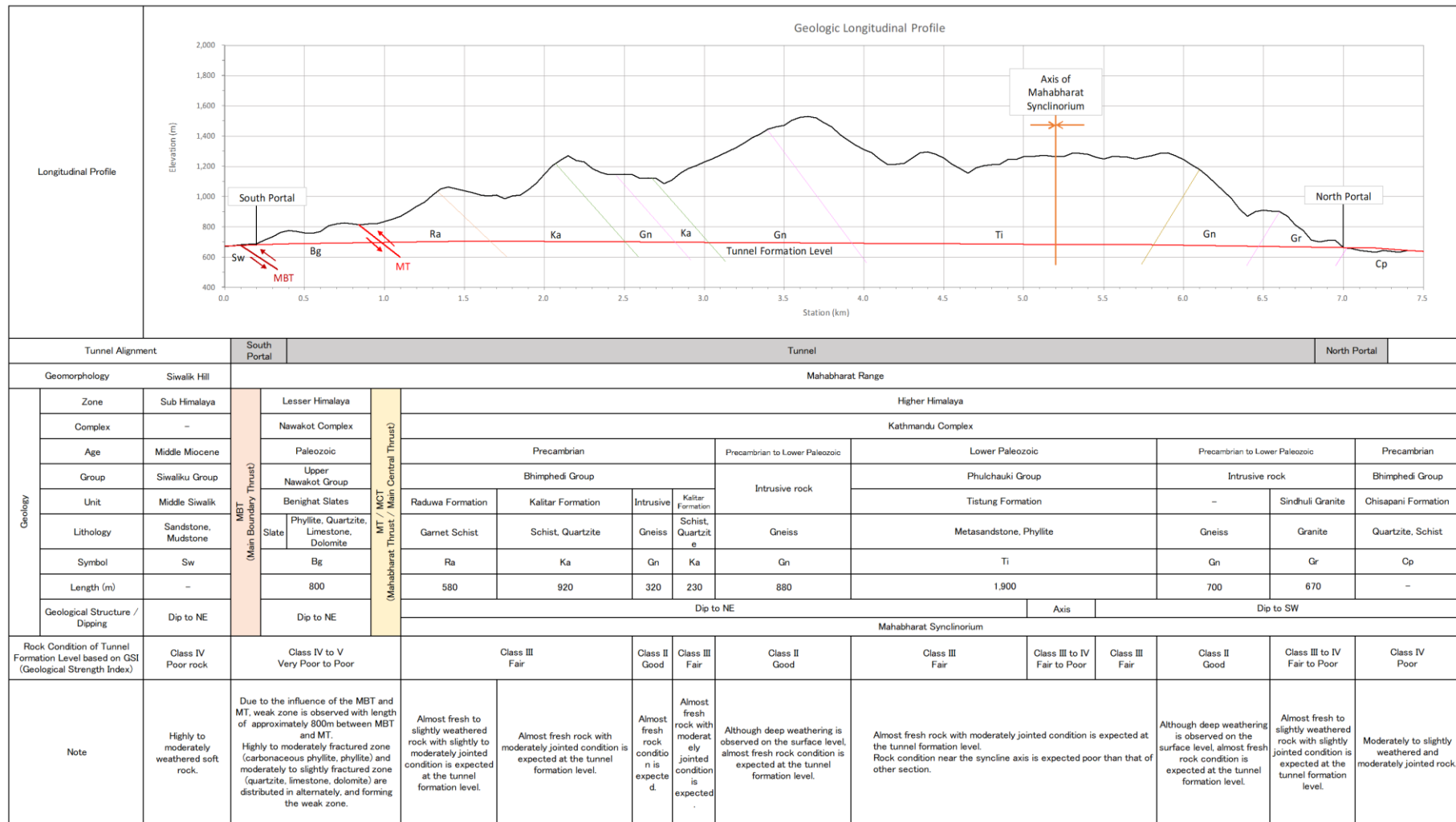
- Formation boundary observed
- Fault
- Thrust
- Attitude of bed rock
- Vertical bedding
- Anticlinal axis
- Synclinal axis
- MT Mahabharat Thrust
- MBT Main Boundary Thrust

MAJOR PHYSIOGRAPHIC FEATURES

- Road
- Main foot trail
- Village
- River course and recent sediment
- 1135 Spot height in metre
- 600 Contour in metre

出典: Department of Mines and Geology 2008

図 13.2-4 調査地周辺の地質図 Cz



出典: JICA 調査団

図 13.2-5 代表的トンネルルート地質縦断図

各層の特徴について以下に述べる。

1) シワリク層

シワリク層は砂岩、シルト岩、泥岩、礫岩の堆積岩から構成されている。層序的に下位からシワリク層中下部、シワリク層中上部、シワリク層上部に区分される。このうち砂岩および泥岩からなるシワリク層中上部が南側坑口付近に分布する。

シワリク層中上部と Nawakot 累層群の Benighat 粘板岩は MBT によって境されている。

シワリク層中部の砂岩はゴマ塩状組織を呈し、淘汰が悪く、粗粒である。砂岩の層厚は 5~7m であり、細かいラミナを有する泥岩と互層状を呈する。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

2) Nawakot 累層群

Nawakot 累層群は堆積岩と変成度の低い変成岩からなる。Nawakot 累層群は下部 Nawakot 層群と上部 Nawakot 層群に区分される (Stocklin and Bhattarai 1977, and Stocklin 1980)。

調査地においては上部 Nawakot 層群に属する Benighat 粘板岩が分布する。Benighat 粘板岩はカトマンズ累層群の Raduwa 累層とマハバラト衝上断層によって境されている。

Benighat 粘板岩は調査地の南部に分布し、南側を MBT で、北側を MT で境されている。調査地においてはこの累層は以下に述べる 5 つのユニットから構成されている。

a) 粘板岩ユニット

灰から暗灰色の粘板岩の薄層とごく薄い石灰岩の薄層が互層状を呈する(粘板岩>>石灰岩)。粘板岩ユニットは強風化しており、また強く破碎されている。

b) 千枚岩および苦灰石ユニット

薄層から中程度の層圧の白色の珪質苦灰岩と緑灰色および青灰色の千枚岩が互層状を呈する。

c) 石墨千枚岩ユニット

著しく薄葉状を呈する石墨千枚岩。暗灰から黒色を呈し、石英の薄層を挟在する。

d) 珪岩および千枚岩ユニット

泥質千枚岩と細粒から中粒の淡灰色を呈する珪岩の薄層が互層状を呈する (千枚岩>>泥質珪岩)。

e) 石灰岩および千枚岩ユニット

中程度の層厚を有する細粒、粘土質、灰色を呈する石灰岩、青灰色を呈する泥質千枚岩、白色を呈する石灰岩からなる。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

3) カトマンズ累層群

カトマンズ累層群は変成度の高い変成岩 (堆積岩起源) からなる。そして、カトマンズ累層群は Bhimphedi 層群 (変成度の高い変成岩 (堆積岩起源)、先カンブリア紀) と Phulchauki 層群 (非変成~弱変成した変成岩 (堆積岩起源)、先カンブリア紀~中前期古生代) に二分される (Stocklin and Bhattarai 1977 and Stocklin 1980)。これらの層群は軽微な不整合で接している可能性がある。

トンネル計画地周辺では、下位から (南側から) 上位にかけ、Bhimphedi 層群の Raduwa

累層、Bhainsedobhan 石灰岩、Kalitar 累層、Chisapani 珪岩、Kulikhani 累層、Markhu 累層が、さらにその上位には Phulchauki 層群の Tistung 累層が分布している。

a) Bhimphedi 層群 (Raduwa 累層)

この累層は下位の Nawakot 累層群とマハバラト衝上断層で境されている。岩相は暗緑灰を呈する粗粒の雲母片岩を主体とする。含まれる鉱物としては黒雲母を主体とするが、絹雲母、白雲母、緑泥石、ザクロ石も含まれる。特に赤色を呈するザクロ石は最大で 1cm の粒径を呈することもある。また、この累層には灰色、薄緑色、白色等を呈する雲母質珪岩も挟在する。Raduwa 累層の上部、Bhainsedobhan 大理石との境界部は漸移的であり、約 20~30cm の片岩および大理石が互層状を呈する。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

b) Bhainsedobhan 大理石

Bhainsedobhan 大理石は粗粒から極粗粒の結晶体からなる。主に白色の大理石を主体とするが、薄黄色、桃色、薄茶色を呈する苦灰質大理石の薄層を挟在する。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

c) Kalitar 累層

本累層は砂質片岩を主体とし、部分的に雲母質珪岩のバンドを伴う。砂質片岩は中粒から粗粒で、片理がよく発達している。石英に沿って黒雲母が多く見られるが、白雲母、絹雲母、緑泥石も認められる。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

d) Chisapani 珪岩

本累層は比較的層厚が厚い白色の結晶質珪岩を主体とする。本累層が白色を呈するため、暗い色を呈する下位の Kalitar 累層や上位の Kulekhani 累層と識別する際の良い指標となる。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

e) Kulekhani 累層

本累層は葉理が発達した暗灰色を呈する細粒の結晶質雲母珪岩および片岩からなる。珪岩の層厚は 20cm~1m で、片岩の層厚は 30cm~1.5m である。地層の走行は概ね北西—南東方向で北東方向に傾斜している。

f) Markhu 累層

本累層は緑灰色から淡灰色を呈し、細粒から中粒の珪質片岩および珪質雲母珪岩を主体とする。また、淡灰色の珪岩の薄層も珪質片岩に多く含まれる。地層の走行は概ね北西—南東方向で、マハバラト向斜の南翼では北東方向に、北翼では南西方向に傾斜している。

g) Phulchauki 層群 (Tistung 累層)

本累層は碎屑性の変砂岩、変シルト岩、千枚岩、粘板岩からなる。珪質変砂岩では部分的に千枚岩と御症状を呈する。本累層は片麻岩および花崗岩とともにマハバラト向斜の中央部の大部分を占めるとともに、向斜軸周辺に分布する。地層の走行は概ね北西—南東方向で、マハバラト向斜の南翼では北東方向に、北翼では南西方向に傾斜している。

4) 貫入岩：花崗岩および片麻岩

シンズリガディ周辺においては、Tistung 累層とともにマハバラト向斜の中央部の大部分が認められる。花崗岩は花崗片麻岩や片麻岩に、さらには眼球片麻岩や相乗片麻岩へと変化する。

a) シンズリ花崗岩

調査地においては Markhu 累層および Tistung 累層に花崗岩が貫入しており、シンズリガディの北方に分布している。本地域の花崗岩は灰色から淡灰色の粗粒の花崗岩で、やや風化している。塊状を呈し、長石の明瞭な斑晶が目立つ。花崗岩はトルマリンや白雲母を含む。トルマリンは数 mm～1cm 程度の大きさのものも認められる。

b) 片麻岩

片麻岩はシンズリガディの北方に多く分布し、累層とともにマハバラト向斜の中央部の大部分を占めている。本地域においては、花崗片麻岩および眼球片麻岩を主体とする。灰色から淡灰色を呈し、中粒から粗粒で、中～厚い葉理がみられ、弱風化している。主な鉱物として長石、石英、黒雲母、白雲母、トルマリン、ザクロ石を含む。また、長石の斑晶は眼球片麻岩中で目立っている。

5) 地質構造

a) マハバラト向斜

上述したように計画トンネルルートはマハバラト向斜を通過する。このため向斜軸の南翼側では地層は北東方向に傾斜し、北翼側では南西方向に傾斜している。向斜軸はトンネルルートの北部に位置する。

b) 主境界衝上断層 (MBT)

MBT は調査地の南部に位置する。断層位置はシワリク層中上部の砂岩や泥岩から急に古い上部 Nawakot 層群の Benighat 粘板岩が出現する位置にあたる。下位のシワリク層中上部と Benighat 粘板岩は構造的に調和している。

c) マハバラト衝上断層 (MT)

MT は調査地域の南部に位置する。断層位置は Benighat 粘板岩から古い Raduwa 累層が出現する位置にあたる。下位の Benighat 粘板岩と Raduwa 累層は構造的に調和している。MT は主中央衝上断層 (MCT) の南部における延長断層であると考えられている (Stocklin and Bhattarai 1977, Stocklin 1980, Acharya 2008)。

(2) 地質的留意点

1) MBT 及び MT の断層破碎帯

MBT および MT の断層活動により、MBT 周辺では約 100～150m が、MT 周辺では約 50m が高度に破碎された断層破碎帯として認められ、この間も擾乱が進んでおり、全体として地質擾乱帯を形成している。南側坑口付近で実施された二次元電気探査結果によれば、比抵抗値が低い部分 (帯水可能性の高い断層破碎帯) が MBT および MT 周辺で確認されている (図 13.2-6 参照：水色～青色の部分)。

しかし、上記の MBT と MT の断層破碎帯を除いた約 700m 間についても、高度に破碎されている部分 (粘板岩、石墨千枚岩、千枚岩) と中度から低度に破碎された部分 (珪岩、

石灰岩、苦灰岩）が互層状に分布し、全体として擾乱帯（脆弱帯）を構成している（図 13.2-7 参照）。



出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 13.2-6 高度に破碎されている石墨千枚岩

図 13.2-7 中度に破碎されている千枚岩

また、この脆弱帯内では中規模から大規模の地すべり地形が多く認められる（図 13.2-8 及び図 13.2-9 参照）。



出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 13.2-8 ガワン・コラ左岸側に見られる大規模な地すべり地形

図 13.2-9 ガワン・コラ右岸側に見られる中規模の地すべり地形

2) 南側坑口付近に認められる地すべり地形・崩壊地

坑口候補となっている尾根部においても、地すべり地形と考えられる地形や斜面崩壊が認められるため、今後、これらの地すべり地形や崩壊地に対して詳細な地質調査（ボーリング調査、電気探査等）を行い、評価を行う必要がある（図 13.2-10 参照）。

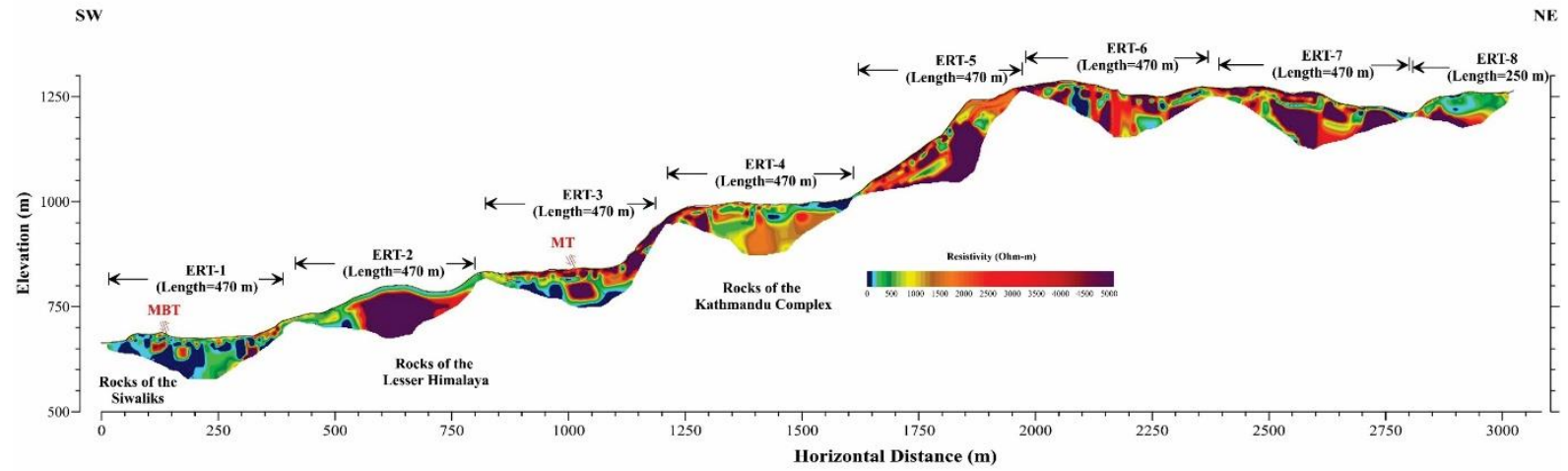
3) マハバラト向斜軸付近の岩盤状況

地表部において確認されたマハバラト向斜軸付近では、小規模な断層や岩盤の変形が多く認められ、向斜軸から離れた地域の岩盤状況よりもかなり悪い岩盤状況となっている。このため、トンネルが通過する深度においても岩盤状況が良くないことが予想される（図 13.2-11 参照）。

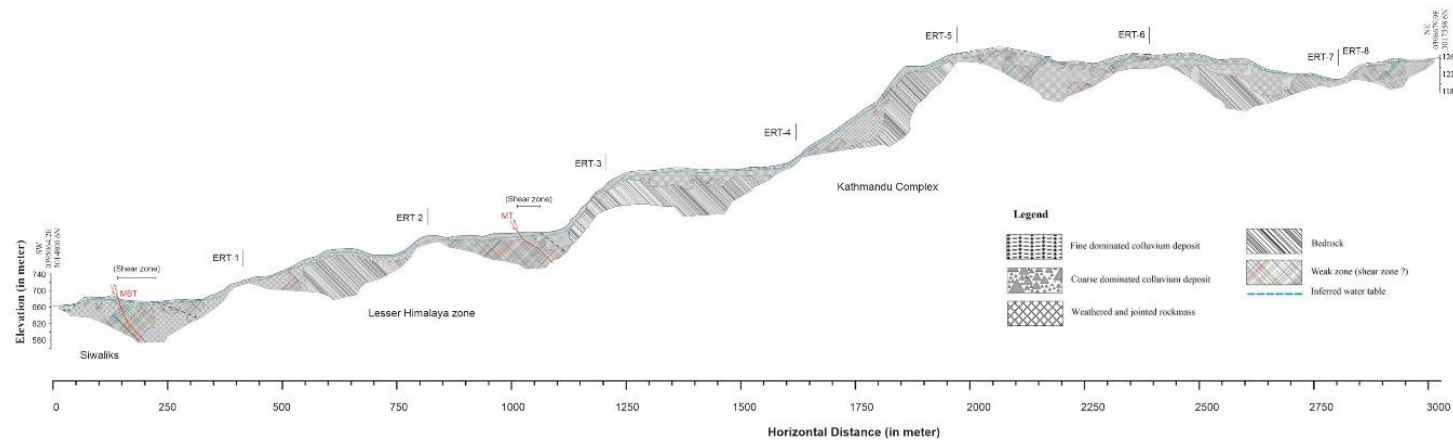


出典: JICA 調査団

図 13.2-10 南側坑口付近に見られる地すべり地形



比抵抗縦断面図



地質縦断面図 (解釈図)

出典：JICA 調査団作成

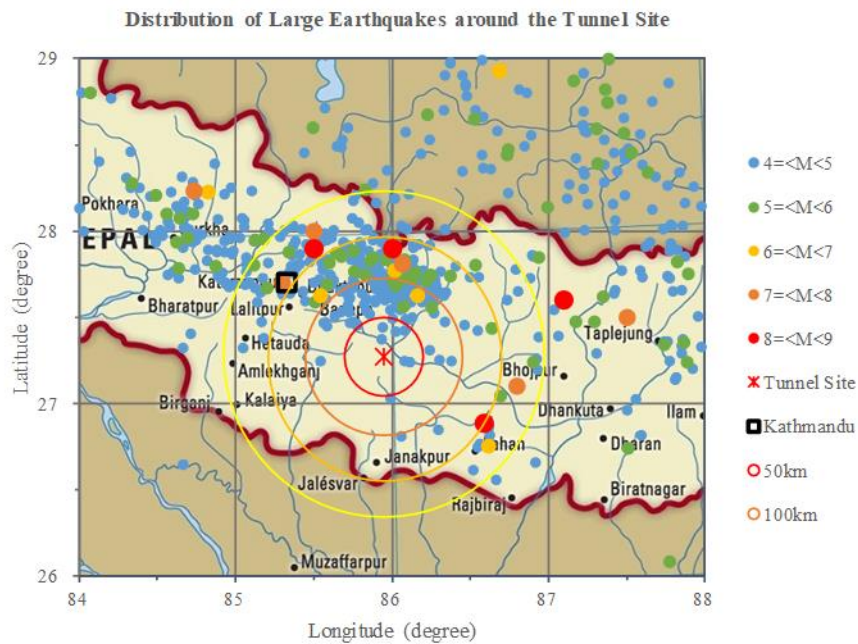
図 13.2-11 電気探査結果

13.2.3 トンネル計画地周辺の既往地震

ネパール国全土は地震被害を受けやすいハイリスクな地域となっている。ネパール国において地震が多く発生するのはヒマラヤ方向に潜り込むテクトニックプレートの動きに関連しており、また、これは活断層が存在する要因となっている。Building Code Development Project 1992-1994 (MHPP, 2994) においてはネパール全国の地震ハザードマップの作製を行い、92もの活断層の存在が確認されている。

“ISDR Global Assessment Report on Poverty and Disaster Risk 2009”によれば、高ヒマラヤ地域においてはマグニチュード 7~7.5 の地震が、MCT 周辺ではマグニチュード 7.5~7.6 の地震が、中部山脈においてはマグニチュード 6.5~6.9 の地震が、MBT 周辺ではマグニチュード 7~8 の地震が、HFF 周辺ではマグニチュード 6.5~7.5 の地震が起こる可能性があるとしている。

トンネル計画地から 50km 以内の地域ではマグニチュード 5 以上の地震は発生していない (図 13.2-12 参照)。しかしながら、トンネル計画地から 100km の範囲内では、マグニチュード 6.3 の地震が 1 回 (2015 年ゴルカ地震の余震) 発生している。また、トンネル計画地から 150km の範囲では、マグニチュード 6 クラスの地震 (2015 年) が 2 回 (2015 年)、マグニチュード 7 クラスの地震が 1 回 (2015 年)、マグニチュード 8 クラスの地震が 1 回 (1408 年) 発生している。さらに、トンネル計画地から 200km の範囲では、マグニチュード 6 クラスの地震が 2 回 (1916 年、1988 年)、マグニチュード 7 クラスの地震が 3 回 (1255 年、1260 年、1767 年) 発生している。



出典: USGS の記録から JICA 調査団が作成

図 13.2-12 トンネル計画地周辺で発生した大地震 (M ≥ 4) の震源分布

2015年4月25日のゴルカ地震（M7.8）と5月12日に発生した最大の余震（M7.3）により、シンズリ道路においては、道路表層沈下、亀裂の発生、斜面崩壊等の被害が第二工区と第三工区で合わせて25箇所発生した。トンネル計画地周辺における最大加速度のデータは無いが、カトマンズのKTP地点（Kirtipur, カトマンズ）においては251gal（東西方向）と250gal（水平方向）が観測されている（高井ら2016）。図13.2-13の地震ハザードマップによれば、トンネル計画地周辺では150galの水平方向の最大加速度が想定されている。



出典: National Seismological Center, Nepal

図 13.2-13 ネパール国地震ハザードマップ

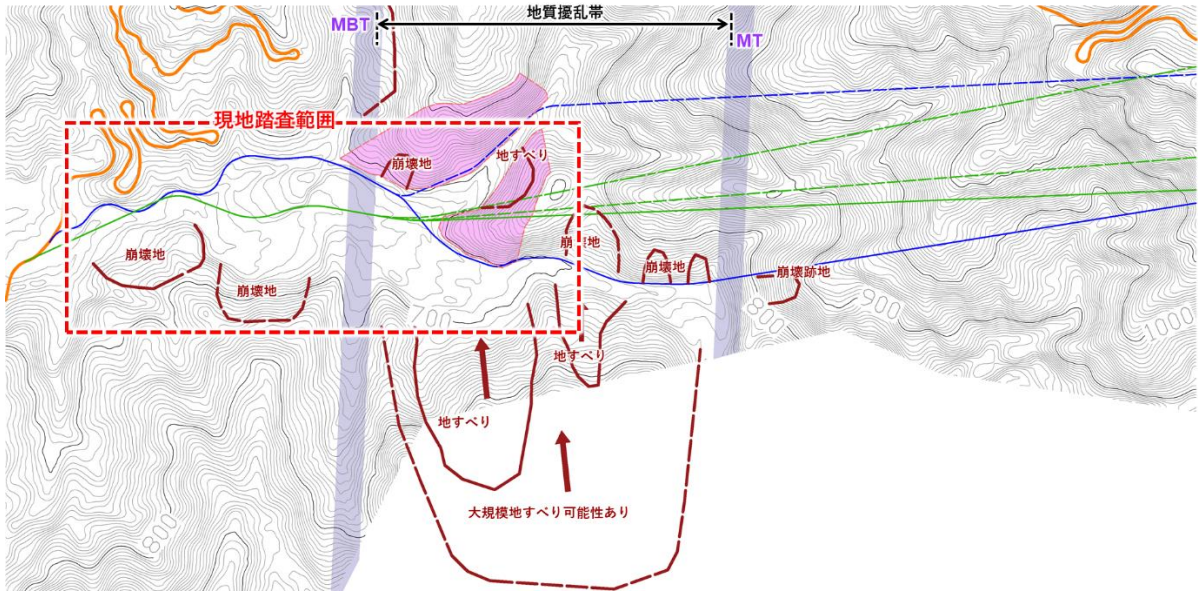
13.3 第二工区トンネル化に係る現地踏査

13.3.1 南側坑口エリア

(1) 踏査範囲及び目的

南坑口部に相当するのは、現道から山岳道路に移行する部分から想定坑口部付近までである。この区間は現道から分離したアプローチ道路、そして坑口部に相当する。

本坑口部にはネパールの代表的構造線である MBT、MT がルートを横断していることが判明しており、これまでに JICA 無償事業で対応した第二工区頂部付近の地すべりを最北端部として、南側丘陵部すなわち現道からトンネルアプローチ道路に分岐する付近までがこの構造線の影響範囲と考えられ、断層擾乱帯や MBT、MT に雁行する活断層の存在する範囲と考えられたため、南坑口部については現道分岐部付近から坑口斜面を重点的に踏査するとともに、断層擾乱帯の性状を把握するための露頭調査を行った（図 13.3-1 参照）。

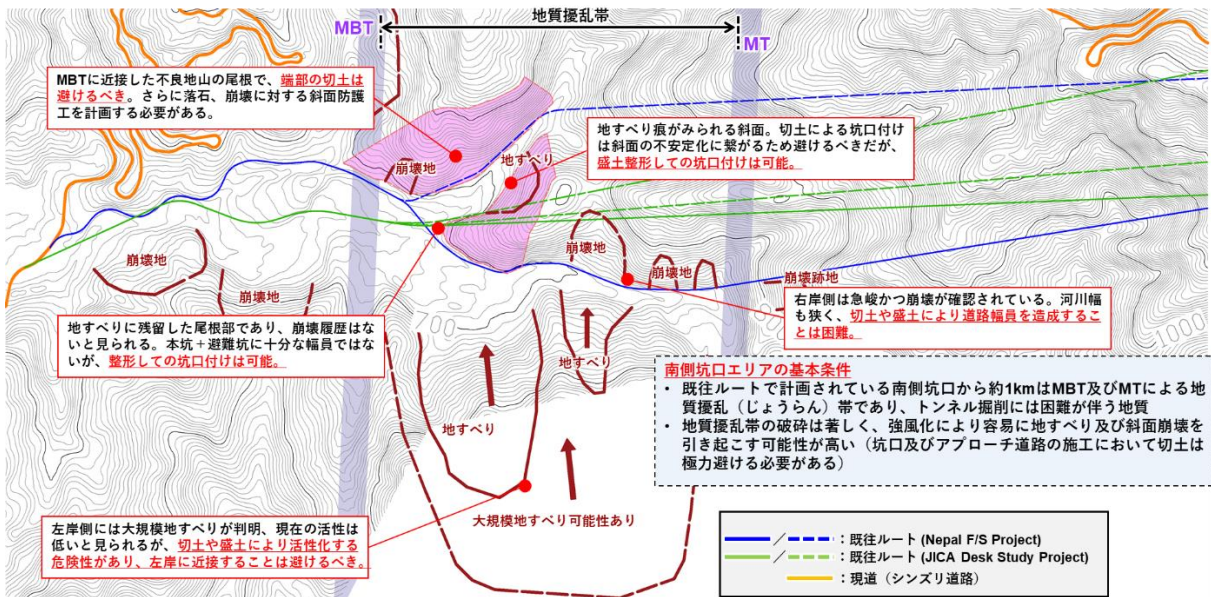


出典: JICA 調査団

図 13.3-1 南坑口部踏査範囲

(2) 踏査結果概要

調査結果の概要を図 13.3-2 に示す。



出典: JICA 調査団

図 13.3-2 南坑口部踏査結果の概要

踏査範囲を概括すると、予想通り著しく破碎された断層擾乱帯であり、その範囲は南側現道分岐部付近から想定坑口部を越えて MT にまで至るものと考えられた。破碎と強風化は全体に著しく進行しているが、場所によりその程度はさまざまである。

本区間の主要地質が堆積岩や片理が発達した変成岩のため、層状に移動が発生しやすく地すべり地形が卓越している。現在は滑動が収まっていると見られるものもあるが、河川沿いの多くの地すべり、地すべり痕は比較的新しいもので、この区間では常に豪雨や河川浸食に伴い末端部が浸食されることによる地すべり、崩壊が多発していることが観察から

明らかになった（図 13.3-3 参照）。MBT は、既往検討による南坑口予定地付近を交差するが、今回踏査によりその位置を特定できた（図 13.3-4 参照）。



出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 13.3-3 南坑口部周辺の新しい崩壊痕

図 13.3-4 南坑口部を横断する MBT

MBT のように大規模な断層の場合、工学的には 1 本の線ではなくこれと雁行する断層やその活動結果による破碎帯（亀裂帯）、擾乱帯を意識すべきである。また、地表面には地すべりや崩壊、トンネルでは切羽自立性の悪い不良地山として現れることになるので、トンネル坑内では適切な補助工法を用いることで道路構造物を構築することは可能である。構造物の選択肢はさまざまであるが、地すべり面が比較的浅く、地すべり挙動や崩壊がトンネル構造物に悪影響を及ぼさないと判断される場合にはトンネル構造を選択し、断層および破碎帯をトンネルで通過して地表面の対策を削減する選択をすることもある。

(3) 各ルート案への評価

図 13.3-2 に示す青線は、Nepal F/S Project に基づく案である。まず図で上位にある（西側）ルートについて考察する。

本ルートの特徴は坑口アプローチにおいて MBT 横断の手前で尾根部にタッチして MBT 横断後は崩壊地のある尾根を回り込み急勾配で沢を登り詰めて坑口を形成するものである。

本ルートの長所は坑口を追い込み、トンネル延長の短縮に繋がる点であるが、短所として脆弱で危険な尾根を切土または腹付け盛土で通過し、MBT 影響下で崩壊痕の明らかな尾根を土工で通過しなければならない点が挙げられる。この土工は大規模な斜面对策なしには通過できないと考えられ、できれば避けるべきである。また、尾根部通過後は急勾配で沢を登りさらに急曲線でトンネル坑口に進入する点は線形上の問題もあり、評価できるものではない。

しかし先に述べたように地すべりをトンネルで通過し地表面の対策を軽微にする選択を可とすれば、MBT 交差部付近まで坑口を移動し、良好な線形で坑口を取り付ける案は検討に値する。したがって、本案は坑口を基点側に移動することにより推奨ルートとなり得ると判断した。

一方で図上下位（東側）ルートについては、坑口は追い込まれてトンネル延長は短くなるが、河川両側に大小地すべり・崩壊が多数存在し、ルートとして成立し難い地形・地質状況である。本ルートは既往机上検討の成果であるが、現地調査に基づく評価として候補案には相当しないと判断した。

図 13.3-2 に示す緑線は、JICA Desk Study に基づく案である。本案は坑口アプローチ、坑口付け位置についてはひとつに集約される。本案の特徴は、DOR 案（北側）が土工通過しようとする尾根を避け、比較的安定と見られる斜面、尾根に進入しようとするものである。本案ルート of 坑口予定地を見ると、青色で示す DOR ルート案の間に計画し、その中でも最大限の安定が期待される斜面を選定しており、机上検討としては最良案といえる。

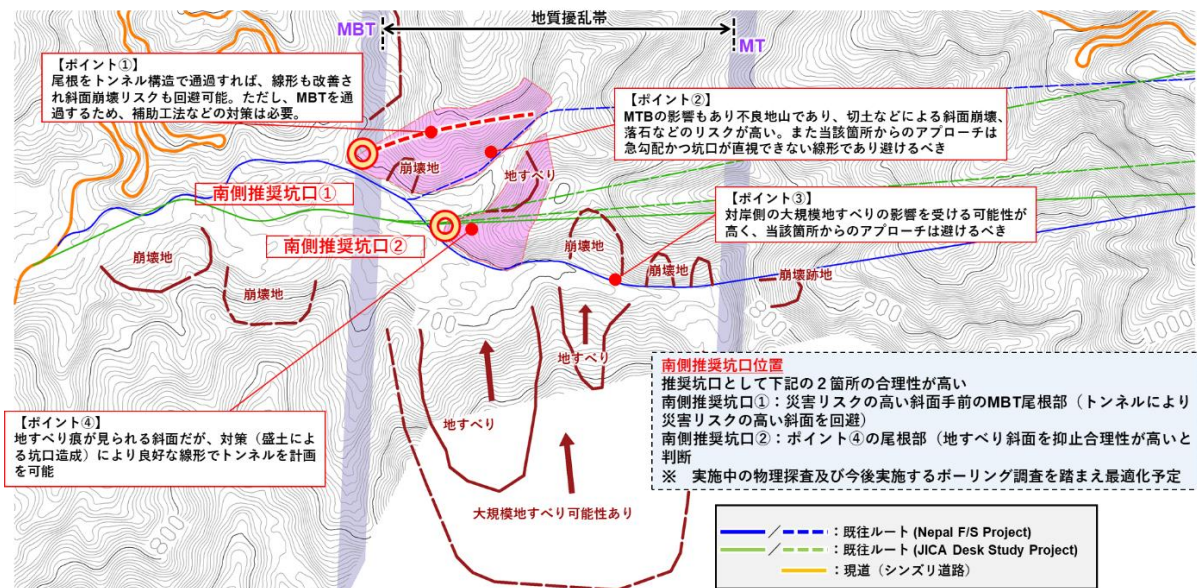
この斜面を現地で観察すると、南向き斜面には明らかな崩壊痕があり、この斜面に切土して坑口付けすることは困難である。わずかに残った尾根はこの崩壊痕を外れており、坑口付けに適した斜面であると見られた。なお、シズリ道路トンネルには避難坑が必須となり、これを本坑と並べて配置すると約 50m になる。これをこの尾根に配置することはできないので、いずれにしても本斜面に坑口付けするには押さえ盛土など斜面安定対策が必要となるが、本斜面の優位性を覆すことにはならないと考えられる（図 13.3-5）。以上を取りまとめた結果を図 13.3-6 に示す。

なお、本坑口の地質性状を確認し露頭確認された断層擾乱帯との対比を行うために、本調査においてボーリング調査を実施している。



出典: JICA 調査団

図 13.3-5 南側推奨坑口②の状況



出典: JICA 調査団

図 13.3-6 南坑口部の検討結果一覧

(4) 断層擾乱帯への評価

南坑口部周辺調査の主眼のひとつが断層擾乱帯の性状確認である。今回調査では踏査範囲においてMBTからMTの間はほぼすべての区間において著しく擾乱された地質状況であることを確認した。この地質は傾斜した千枚岩、片岩を主体とした地層が強い応力を受け褶曲、破断を繰り返し、亀裂・破砕が進展したところに強風化が加わったもので、ほぼ全域で岩盤は破砕、細片化されている。一部に基盤岩と想定される露頭も確認されるものの、主体をなすものとは思われなかった。

観察露頭の状況を図 13.3-7 に示す。



出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 13.3-7 地質擾乱帯の状況

本露頭から想像されるトンネルへの影響は、切羽の自立不良、天端の不安定化、支保への強大土圧などである。大規模な補助工法は必須と考えられ、これまでナグドゥンガトンネルでも経験したことのない不良地山を約 1km の長区間にわたって対応することになる。場合によっては切羽分割や多重支保が必要となる可能性もあるが、現段階の見解として、道路トンネルの建設が不可能とは思われない。

13.3.2 北側坑口エリア

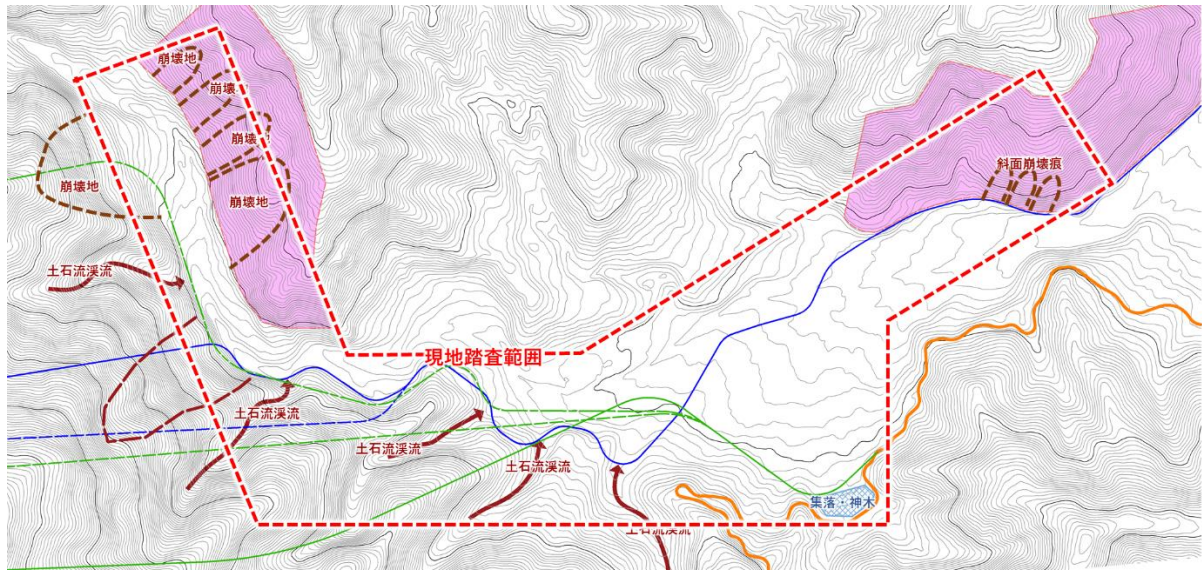
(1) 調査範囲と目的

トンネル坑奥部の主要地質は花崗岩および片麻岩である。本調査では地表面での性状確認とトンネル起点側での比抵抗電気探査を行い、基本性状の把握を試みた。結果としてはマクロ的には良好岩盤でトンネル掘削に適したものであるが、後続調査において慎重に低速度帯の把握、風化程度の調査を行う必要があると考えられる。

北坑口部に相当するのは、トンネル坑口から現道接続部までである。北坑口部は地質構造的には複雑であるが、岩盤としての性状は比較的安定しており、坑奥部についてトンネル施工上の問題は少ないと見られる。坑口部の設定における課題は、当該地には岩盤崩壊痕が多く見られ、坑口への落石が懸念されるほか大きな岩盤挙動により坑口に影響が及ぶ可能性があり、それらは避けなければならない。

また北坑口部には多くの溪流が存在し、そのほとんどは土石流が懸念されるものである。本調査では、これらの懸念材料を現地で観察した。さらに右岸、左岸でアプローチ道路の難易度も大きく異なると見られるので、それぞれに現道接続部まで確認、評価することと

して調査範囲を決定した（図 13.3-8 参照）。

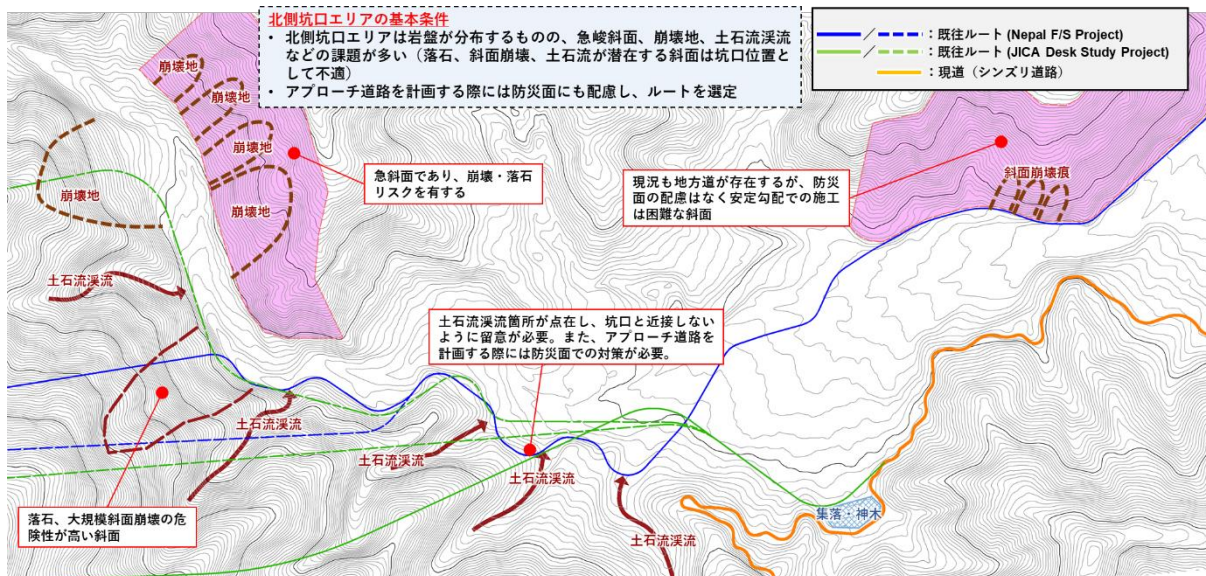


出典: JICA 調査団

図 13.3-8 北坑口部踏査範囲

(2) 調査結果概要

調査結果の概要を図 13.3-9 に示す。



出典: JICA 調査団

図 13.3-9 北坑口部踏査結果の概要

踏査範囲を概括すると、地形は急峻であり地質は千枚岩や片岩が高傾斜で分布し、一部に花崗岩ブロックが存在している。そのため斜面は崩壊しやすく大小の崩壊痕が観察され、そのうちいくつかは坑口設置予定位置であった。滑落崖の頂部は場所によっては 100m 以上あり、抑止工を設置するとしても容易ではない箇所が多い。

また本範囲の上流部は花崗岩エリアのため、範囲内の溪流は土石流溪流となっている（図 13.3-10）。とくに河川には建物大の花崗岩塊が点在しており、本区間で河川横断する場合の留意点となる。



出典：JICA 調査団

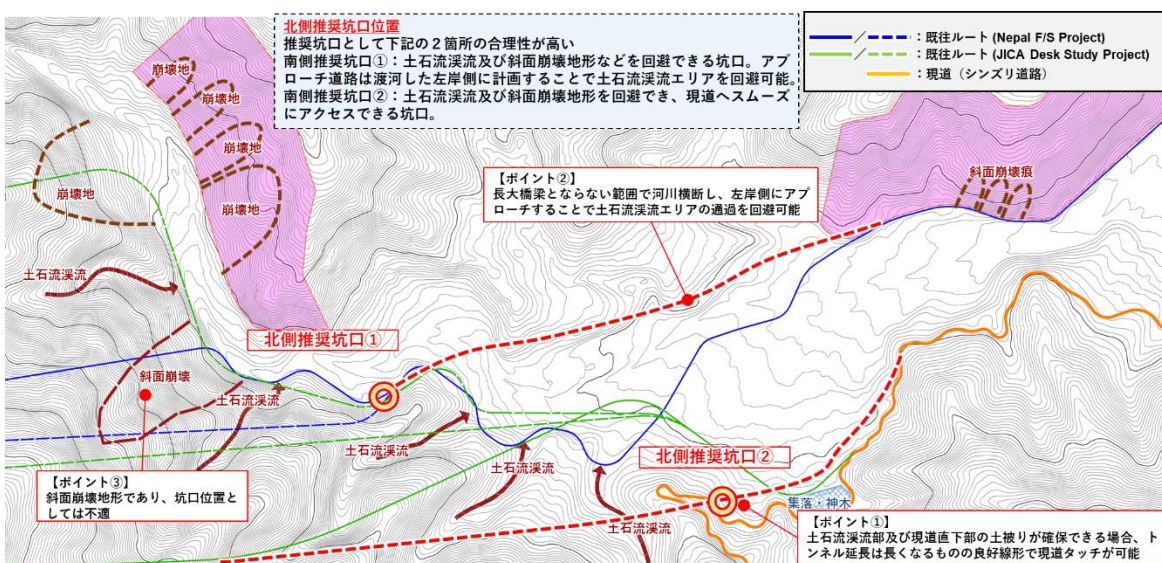
図 13.3-10 北坑口部の河川および溪流の状況

(3) 各ルート案への評価

青色で示す DOR 机上検討案のうち、上位（西側）ルートは崩壊地であり、崩壊高さも高いため坑口として適当ではない。下位（東側）ルートは花崗岩斜面となる。本斜面は花崗岩節理に沿った崩壊を繰り返している斜面であるが、そのため新鮮岩盤が露出している。斜面の抑制工は必須であるが、本斜面は坑口を設置できる可能性がある。

緑色で示す JICA 机上検討案のうち、下位（東側）ルートは、土石流溪流での土被りが確保できないため、溪流を避ける位置に坑口を計画している。しかしそのため坑口付近で土石流溪流と交差することになっている。さらに坑口アプローチの平面線形も良いとは言えず、総合的には坑口として向いていないと考えた。

そこで代替案として、本ルートが土被り確保困難として避けた溪流に溪流対策工を施し、人工的に土被りを確保することを可とすれば、本溪流はトンネルで通過可能で、現道下で坑口付けすることが可能になる。本案は JICA 机上検討案の派生案であるが、線形も良好であり推奨できると考える。以上を取りまとめた結果を図 13.3-11 に示す。



出典：JICA 調査団

図 13.3-11 北側坑口部の検討結果一覧

13.4 トンネル候補ルートを検討

13.4.1 トンネル計画方針

(1) トンネル検討区間の考え方

既往調査 (JICA Desk Study Project 及び Nepal F/S Project) では、第二工区の改良案として Chiyabari 地区～クルコット地区間を対象に長大トンネルによるルート検討がなされている。

本節の冒頭で述べたとおり、第二工区のボトルネック区間 (多数のつづら折れ区間及び斜面災害区間等) に対しては、山岳トンネル構造を適用し、地中で通過することにより、効果的な改良が可能である。対象となるボトルネック区間 (Chiyabari 地区～クルコット地区間) において、短いトンネルによる局所的な改良 (ショートバイパス) を考えた場合、地形的な条件から多くのトンネルが必要となり、線形の改良効果は限定されてしまう。そのため、トンネルの交通改善効果を考えた場合、短いトンネルでの改良は合理的とはいえない。つまり、第二工区においては、ボトルネック区間全体を長大トンネルによって改良することが災害防除、線形改良効果によるサービスレベル改善の両面で有利であり、最も合理的であると考えられる。なお、既往調査では小規模トンネルを連続することによる改良は基本案にも挙げられておらず比較対象とされていない。

以上から、既往調査で検討されている長大トンネルによる改良という基本構想、そしてトンネル区間は概ね妥当であると考えられ、本プロジェクトにおけるトンネルルート検討においても Chiyabari 地区～クルコット地区間のトンネル化を基本として検討する。

(2) トンネルルート検討

トンネル検討区間 (Chiyabari 地区～クルコット地区) でトンネルルートを計画する場合、山塊部の区間長からトンネル延長は 5km～7km 程度となることが想定され、JICA Desk Study Project 及び Nepal F/S Project で検討されているトンネルルートでは、そのとおりとなっている。ここで、本邦の道路法第 46 条では、延長 5km 以上の道路トンネルに対し、防災上の観点から石油など危険物搭載車両の通行が禁止されている。道路トンネルが未整備なネパールにおいては、当然ながらこのような法規制はないが、本邦道路法の背景・思想や情報を共有し、防災面の観点からトンネル延長に対する意向やリスク意識の考え方を確認したうえで、最終的なトンネルルート決定に反映させていく必要がある。

なお、JICA Desk Study Project において、最長となる 7km 案においてのみ避難坑の必要性が謳われているが、本邦においては原則 3km を超える高規格道路トンネルには避難通路または避難坑が設置されており、本報告の根拠が不明確である。一方、現在ネパールで建設されているナグドゥンガトンネル (延長 3km 未満) には避難坑が計画されている。そのような事例を踏まえると、本プロジェクトで計画されるトンネルルート案 (トンネル延長 5～7km 程度) においても避難坑または避難通路の設置は必須と考えられる。

第二工区は MBT 及び MT とほぼ直交するルートとなるため、どのような平面線形を採用したとしてもこれら断層あるいはそれに雁行する付随断層及び破碎帯、擾乱帯を横断する。ネパールにおいて MBT、MT を道路規模のトンネル断面で突破した事例はなく、参考とすべき文献等もない。そのため、本調査では現地踏査及び地質調査によりそれら断層の性状や位置を概略的に把握し、トンネル化の技術的妥当性の判断及びトンネルルート検討への

反映を行う必要がある。

(3) トンネル化した場合の路線運用方式

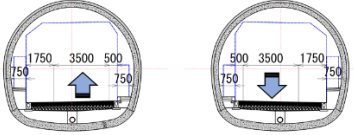
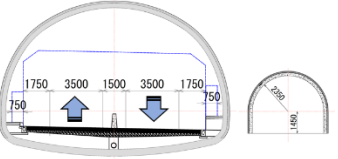
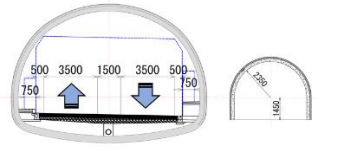
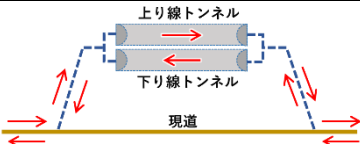
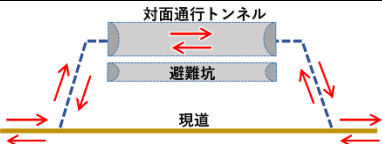
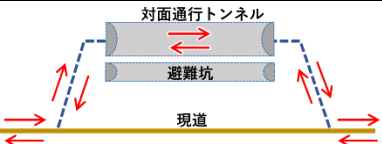
トンネル化による路線運用方式については、JICA Desk Study Project において、1車線トンネルによる上下線トンネルのほうが2車線トンネル（対面通行トンネル）よりも安全性に優れるとの提案がなされている。しかしながら、一般的に国内外の長大トンネル重大事故の多くが追突により発生していることを踏まえれば、交通安全上の措置としての上下線分離方式の優位性は確たるものとは言い難い。また、1車線トンネルによる上下線分離トンネルとした場合、反対車線活用による消火・救助活動が困難となるといった懸念事項ともなる。また、2車線トンネル（対面通行トンネル）においては施工性やコストの観点からも優位と想定されることから、2車線トンネルでの運用が妥当と判断される（表 13.4-1）。

また、将来的な4車線運用への拡張性を考えた場合、1車線トンネルによる上下線トンネルでは、2本とも掘り直し改築が必要で、その施工期間中は原則、上下線とも通行止めあるいは通行規制による交互通行運用が数年間という長期間にわたり必要となる。一方で、対面通行トンネルと避難坑の組み合わせの場合には、避難坑を拡幅改築することで4車線化を実現するので、長期にわたる通行規制が生じることがないことが利点となる。これはトンネル土木構造及び設備の定期点検においても1車線トンネルでは通行止めせざるを得ないが、2車線トンネルであればトンネル内通行規制により片方向の全面通行止めを発生させずにすむという利点につながる。さらに本邦においても暫定2車線運用から4車線化整備を行うことを想定して2車線対面通行トンネルが適用されていることも考慮されるべきであろう。

近年本邦では、4車線化を前提としない高規格道路の2車線トンネルにおいて、コンクリートの剛性中央分離帯を配置する事例が増えている。この方式は故障車による閉塞を防止する観点から縮小路肩を用いることができないため、トンネル断面が大きくなるという課題はあるが、正面衝突を物理的に回避できることから、制限速度も剛性中央分離帯なしの場合よりも高く設定していることが多い。そのような事例に鑑みれば、剛性中央分離帯を有する2車線対面通行トンネルの適用性についても検討を行うべきである。

第二工区のトンネル化では長大トンネルの計画が必要となる可能性が高く、設置すべき非常用施設や情報通信設備、防災体制についてもある程度、検討が必要である。Nepal F/S Project では、本坑に隣接した避難坑及び本坑と避難坑を接続する連絡坑の計画がなされている。本邦基準においても、前述のとおりL=3km以上のトンネルには本坑に隣接した避難坑の設置が基本となっているため、第二工区で計画されるトンネル延長を踏まえ、避難坑設置の必要性について整理していく。

表 13.4-1 トンネル区間における車線運用方式の比較

運用案	第1案：上下線分離トンネル	第2案：対面通行トンネル (剛性中央分離帯有り) + 避難坑	第3案：対面通行トンネル (剛性中央分離帯無し) + 避難坑
概要断面	 <p>上下線分離トンネル</p> <p>車道：3.5m 左路肩：1.75m 右路肩：0.5m 監査廊：0.75m×2</p>	 <p>2車線トンネル 避難坑</p> <p>車道：3.5m×2 路肩 1.75m×2 中央分離帯：1.5m 監査廊：0.75m×2</p>	 <p>2車線トンネル 避難坑</p> <p>車道：3.5m×2 路肩 0.5m×2 中央分離帯：1.5m 監査廊：0.75m×2</p>
路線運用			
走行性	<ul style="list-style-type: none"> 他案より断面が小さく、ドライバーが圧迫感を感じやすい。(△) 上下線が分離されており、対向車両のライトは視界に入らない。(○) 	<ul style="list-style-type: none"> 断面が最も大きくドライバーが圧迫感を感じにくい。(◎) 剛性分離帯により対向車両のライトの遮断効果が期待できる。(○) 	<ul style="list-style-type: none"> 第1案より断面が大きく、ドライバーが比較的圧迫感を感じにくい。(○) 上下線が分離されていないことから対向車両ライトが視界に入る。(△)
交通安全	<ul style="list-style-type: none"> 他案よりトンネル幅員が狭く、消火・救助活動の効率は低い。(△) 上点線が分離されており正面衝突事故を回避可能。(○) 	<ul style="list-style-type: none"> 消火・救助活動に反対車線の活用が可能であり防災効果は高い。(○) 剛性中央分離帯により正面衝突事故を回避可能。(○) 	<ul style="list-style-type: none"> 消火・救助活動に反対車線の活用が可能であり防災効果は高い。(○) 剛性中央分離帯が無く、無謀な追い抜きや正面衝突事故の発生リスクあり。(△)
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 他案より断面が小さく、断面規模に適合した施工機械の調達に課題あり。(○) 主要な掘削が2断面となり、大型施工機械が2本分必要となる。(△) 	<ul style="list-style-type: none"> 1案より断面規模が大きいが主要な掘削は1断面となり、施工性は良い。(○) 断層区間における掘削は避難坑を調査坑として活用することが可能。(○) 	同左
コスト比率	1.0 (断面積：65.1m ² ×2本)	1.2 (断面積：118.8m ² (本坑) / 18.7m ² (避難坑))	1.0 (断面積：98.3m ² (本坑) / 18.7m ² (避難坑))
周辺環境	同時施工の場合、他案より工事用車両が多く錯綜し、現道の負担が大	第1案より現道の工事用車両の走行が少なく負担が小	第1案より現道の工事用車両の走行が少なく負担が小
評価	交通流寸断リスクは低い、交通安全性、施工性及び周辺環境負荷など、他案比べ課題が多い。	他案よりメリットが多く、輸送力強化の観点からも高い改良効果を期待できる	コスト、施工性及び周辺環境負荷に優れ、輸送力強化の観点からも高い改良効果を期待できる

出典：JICA 調査団

〈凡例〉 ◎：最良 ○：良 △：課題あり

(4) トンネル構造検討

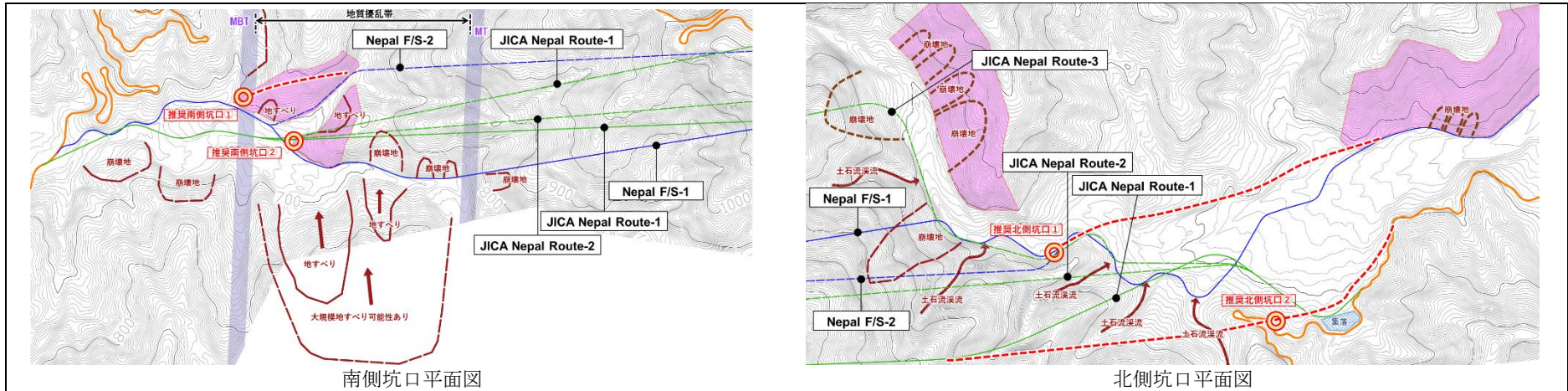
本調査では、MBT 及び MT に位置及び性状を概略的に評価し、当該区間での補助工法の必要性についても検討する。

13.4.2 既往調査ルートของ妥当性評価

第二工区トンネル化に係る現地踏査結果を踏まえ、災害リスクの観点から既往調査ルート（アプローチ道路及び坑口位置）の妥当性を評価する。

既往調査で検討されたルートは机上検討を中心に実施されており、アプローチ道路及び坑口位置の検討においては斜面災害リスク等に配慮した計画となっていない。表 13.4-2 のとおり、既往調査で検討されたすべてのルートは部分的に災害リスクの高いエリアにアプローチ道路及び坑口が計画されており、候補ルートとして選定できるルートはない。

表 13.4-2 既存ルートの妥当性評価



ルート	アプローチ道路（南側）	南側坑口位置	北側坑口位置	アプローチ道路（北側）
JICA Nepal Route-1	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> 坑口が土石流溪流近傍に計画されている（坑口位置として妥当ではない） 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い
JICA Nepal Route-2	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> 坑口が土石流溪流近傍に計画されている（坑口位置として妥当ではない） 	<ul style="list-style-type: none"> ルート沿いに土石流溪流が存在し、災害リスクを有する
JICA Nepal Route-3	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> 坑口が崩壊地に計画されている（坑口位置として妥当ではない） 	<ul style="list-style-type: none"> ルート沿いに崩壊地や土石流溪流が複数存在し、災害リスクが高い
Nepal F/S-1	<ul style="list-style-type: none"> ルート沿いに地すべりや崩壊地などが複数存在し、災害リスクが高い 	<ul style="list-style-type: none"> 坑口が崩壊地に計画されている（坑口位置として妥当ではない） 	<ul style="list-style-type: none"> 坑口が崩壊地に計画されている（坑口位置として妥当ではない） 	<ul style="list-style-type: none"> ルート沿いに崩壊地や土石流溪流が複数存在し、災害リスクが高い
Nepal F/S-2	<ul style="list-style-type: none"> ルート沿いに崩壊地が存在し、災害リスクを有する 	<ul style="list-style-type: none"> 地形的条件により、アプローチ道路から坑口を直視できない（坑口位置として好ましくない） 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべりや崩壊地などの斜面災害リスクは低い 	<ul style="list-style-type: none"> ルート沿いに崩壊地や土石流溪流が複数存在し、災害リスクが高い

【凡例】○：良 △：課題あり ×：妥当性低い

出典：JICA 調査団

13.4.3 本調査におけるトンネル候補ルート

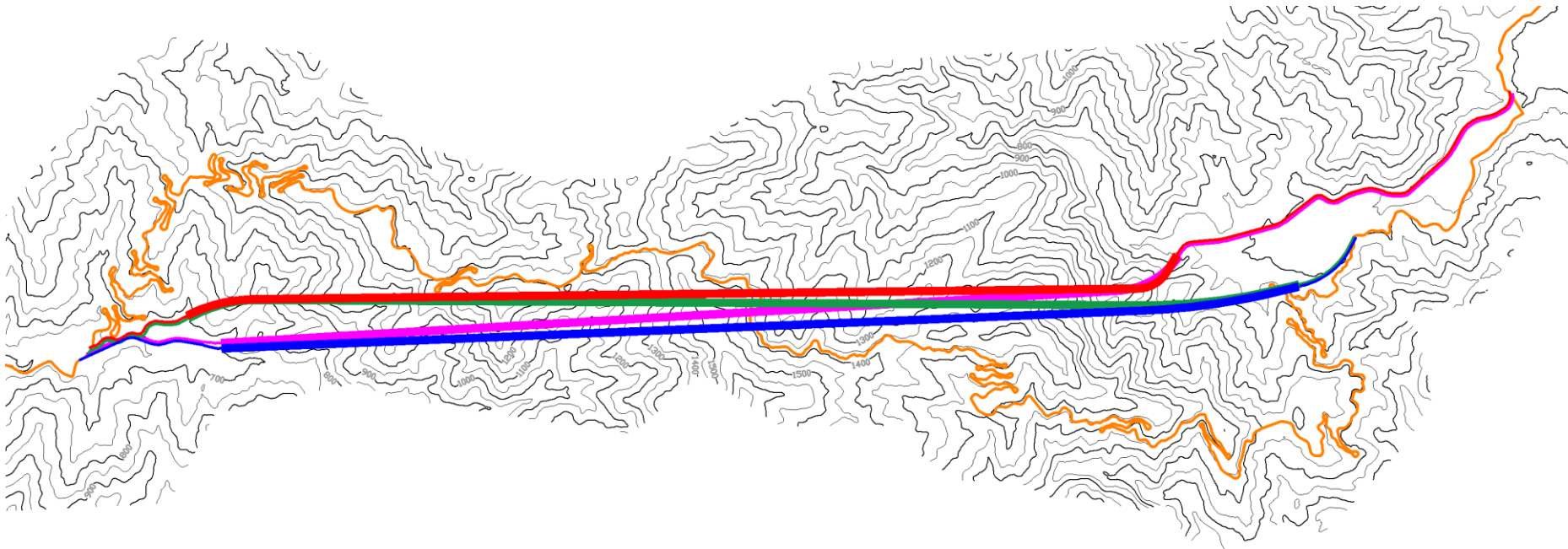
13.4.1 項に記載したトンネル計画方針及び本調査での現地踏査結果に基づき、表 13.4-3 に示すトンネル候補ルート（計 4 ルート）を計画した。

各ルートの全体平面図及び坑口平面図を図 13.4-1～図 13.4-6 に示す。

表 13.4-3 トンネル候補ルートの概要

候補ルート	区間	延長 (m)	平面線形	縦断線形
候補ルート 1	トンネル	7,685	R=5,000m～直線	i=1.3～1.6%
	アプローチ道路	1,591	R=100m～直線	i=2.0～6.0%
候補ルート 2	トンネル	6,906	R=1,000m～直線	i=0.9～1.6%
	アプローチ道路	3,921	R=55m～直線	i=0.6～6.0%
候補ルート 3	トンネル	7,941	R=4,000m～直線	i=1.0～1.6%
	アプローチ道路	1,346	R=55m～直線	i=2.3～6.0%
候補ルート 4	トンネル	7,159	R=1,000m～直線	i=1.0～1.5%
	アプローチ道路	3,760	R=55m～直線	i=1.9～6.0%

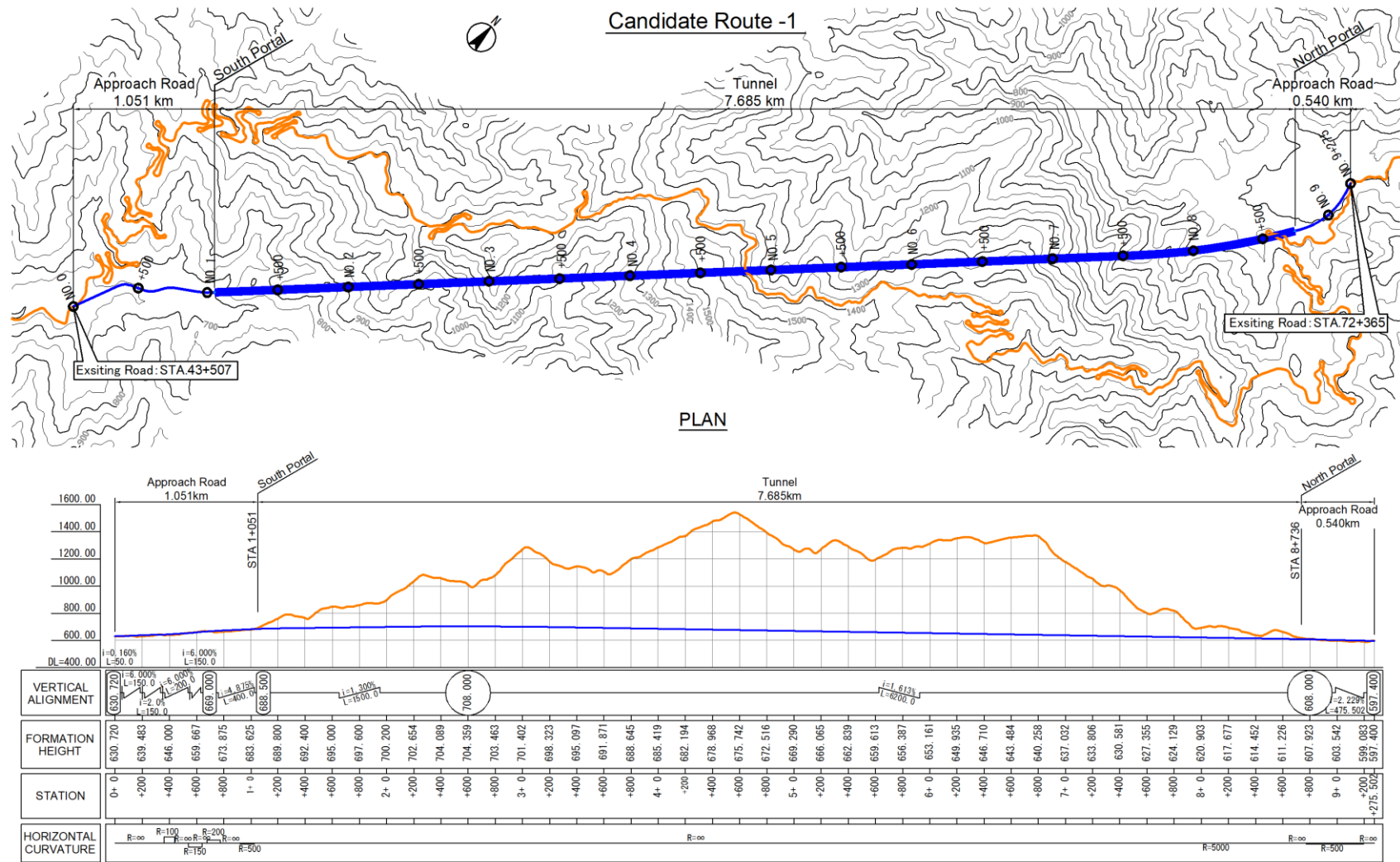
出典：JICA 調査団



凡例	
— (Blue)	候補ルート-1 (トンネル:7.685km アプローチ道路:1.591km)
— (Magenta)	候補ルート-2 (トンネル:6.906km アプローチ道路:3.921km)
— (Green)	候補ルート-3 (トンネル:7.941km アプローチ道路:1.346km)
— (Red)	候補ルート-4 (トンネル:7.159km アプローチ道路:3.760km)
— (Orange)	現道

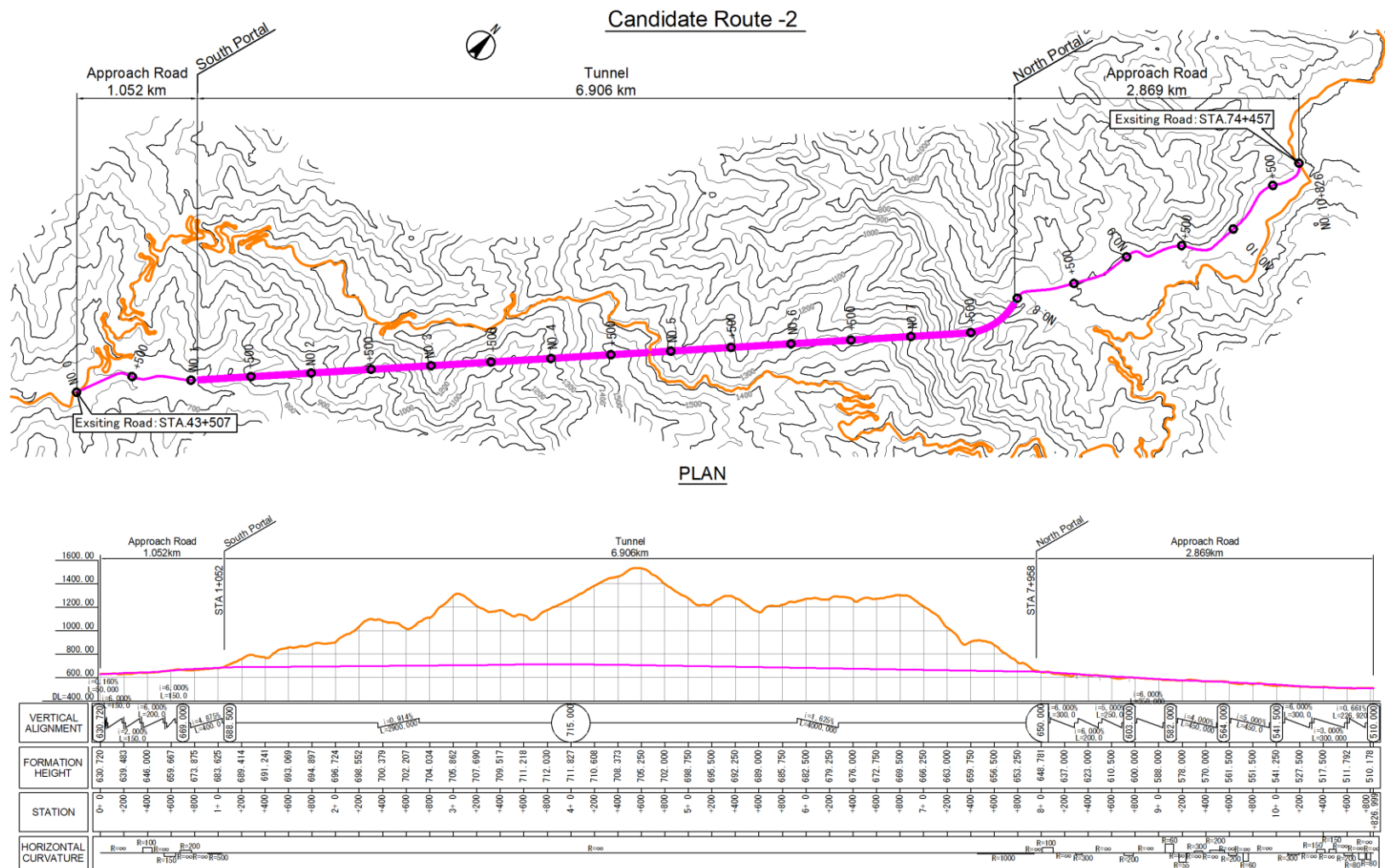
出典：JICA 調査団

図 13.4-1 全体ルート平面図



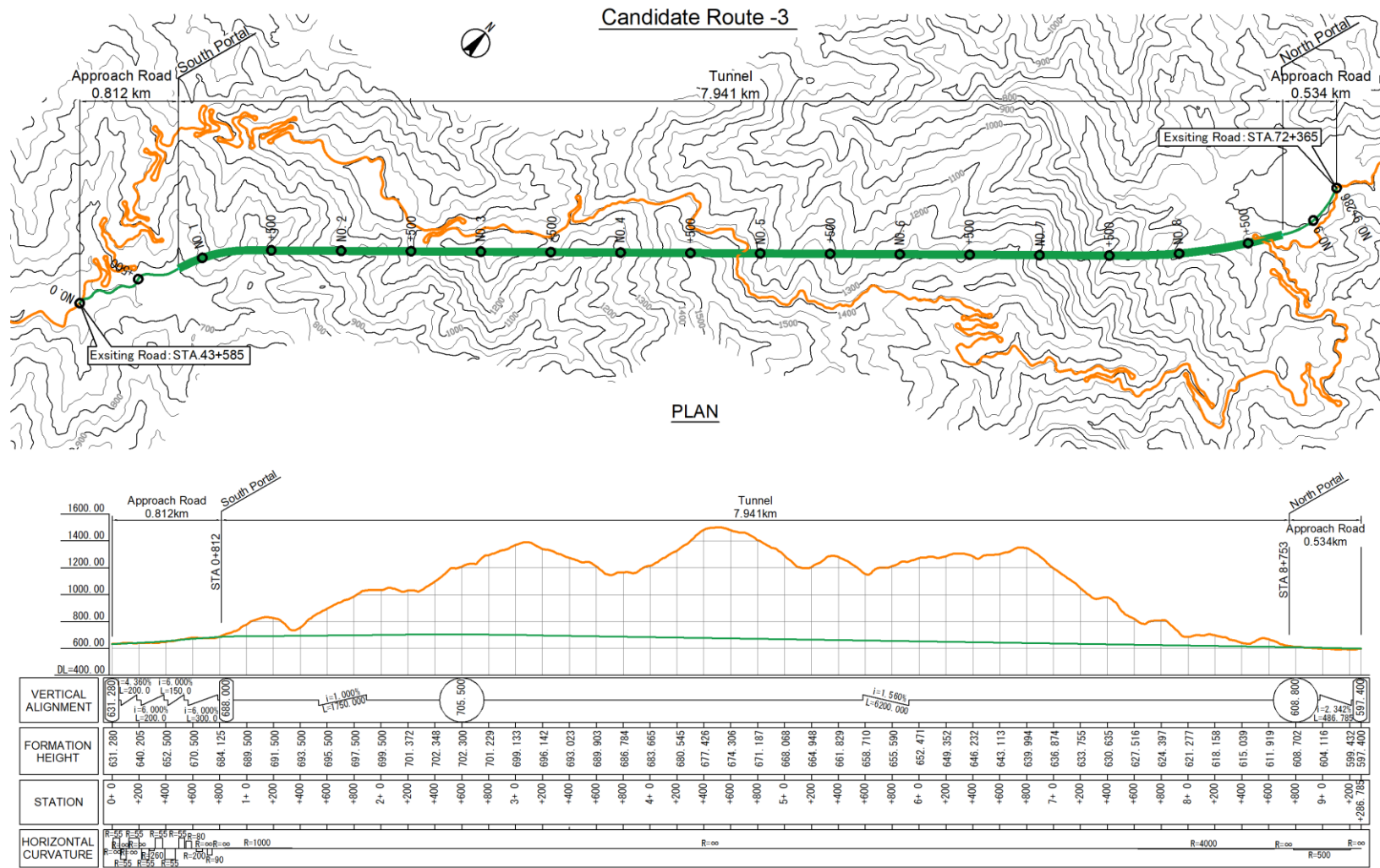
出典：JICA 調査団

図 13.4-2 平面図（候補ルート1）



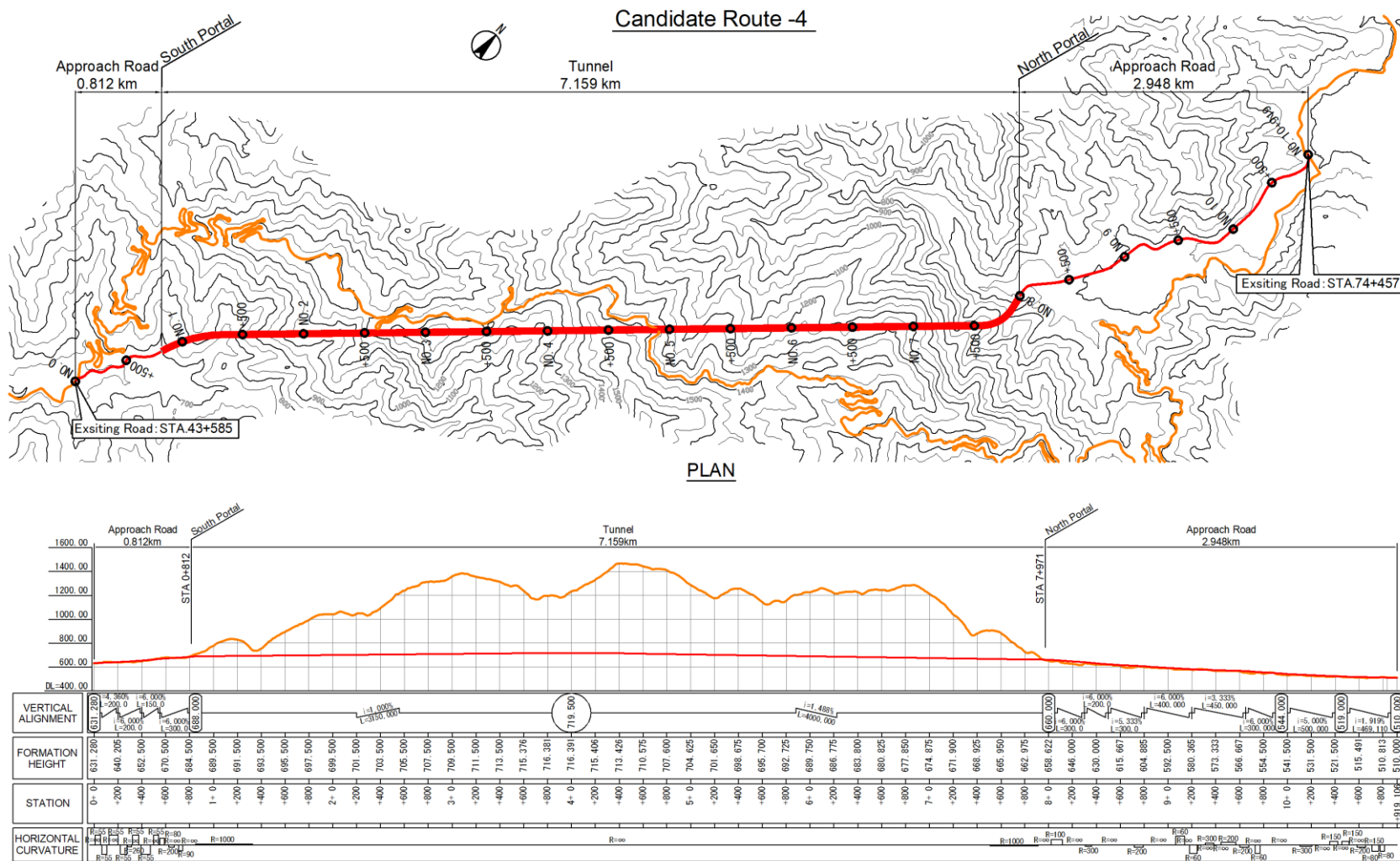
出典：JICA 調査団

図 13.4-3 平面図（候補ルート 2）



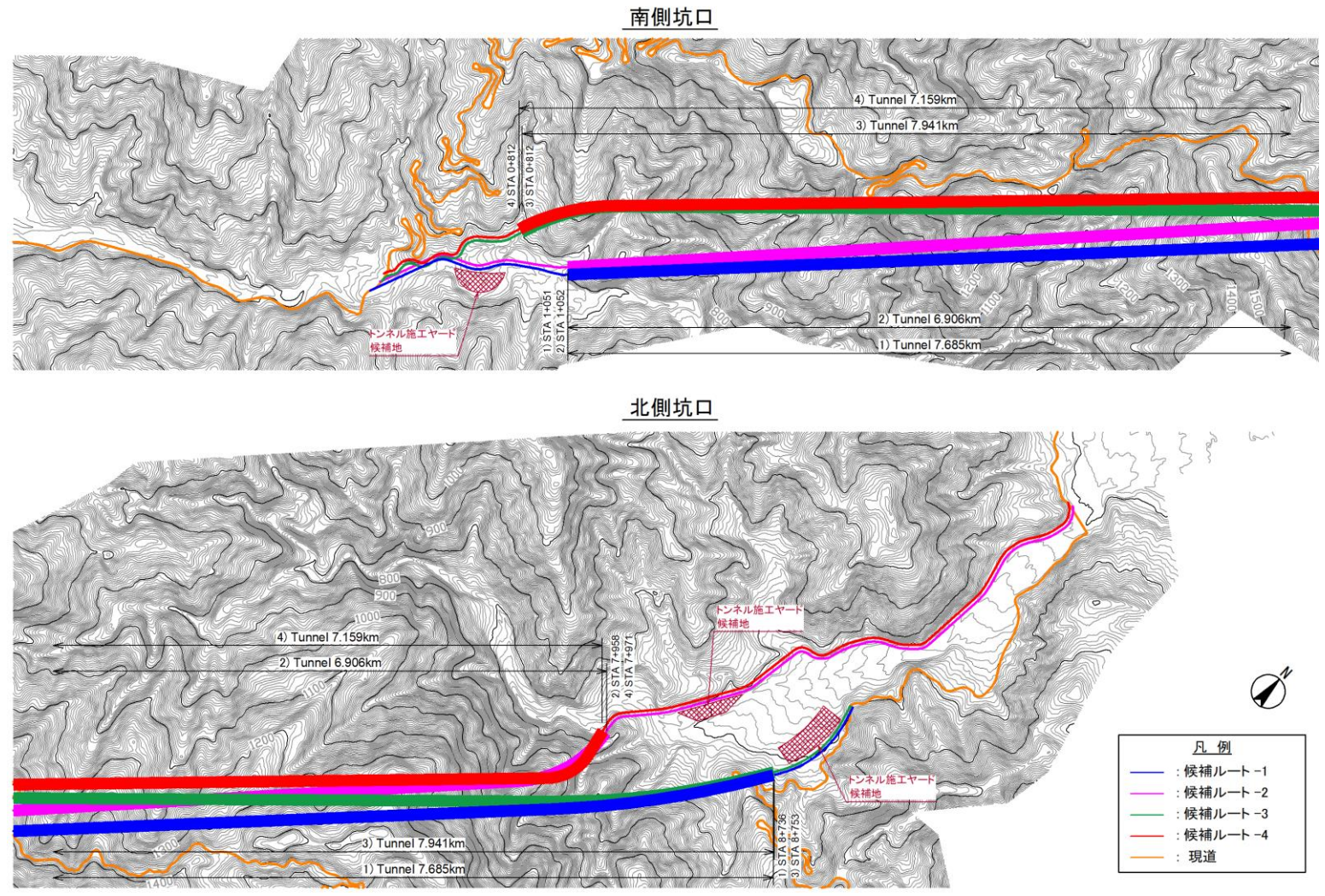
出典：JICA 調査団

図 13.4-4 平面図 (候補ルート 3)



出典：JICA 調査団

図 13.4-5 平面図（候補ルート 4）



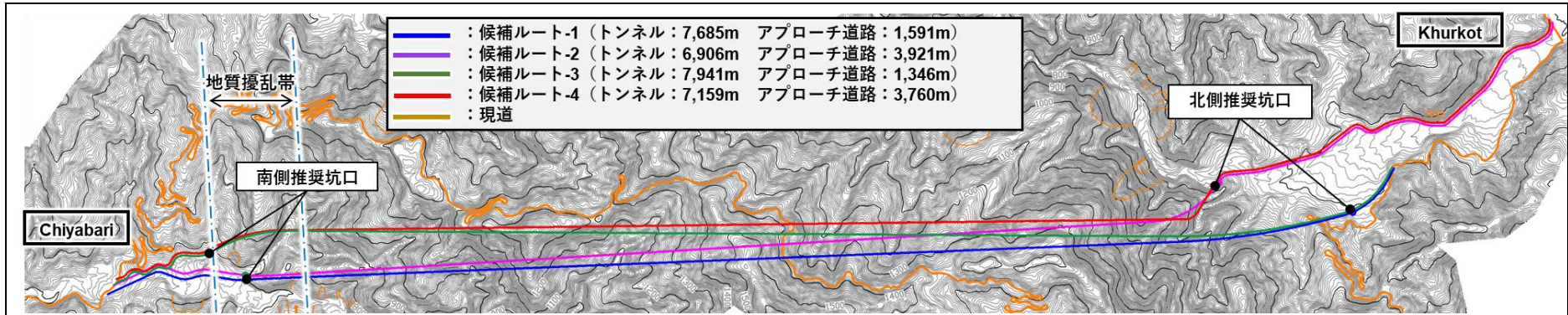
出典：JICA 調査団

図 13.4-6 坑口平面図

13.5 トンネル候補ルートと比較

トンネル候補ルートの比較結果を表 13.5-1 に示す。比較は走行安全性、施工性、維持管理性、環境社会配慮、コストの観点から評価を行った。評価の結果、候補ルート 1 及び 2 が推奨される。

表 13.5-1 トンネル候補ルートと比較



ルート		候補ルート-1	候補ルート-2	候補ルート-3	候補ルート-4
線形	トンネル	R=5,000m～直線 (i=1.3～1.6%)	R=1,000m～直線 (i=0.9～1.6%)	R=4,000m～直線 (i=1.0～1.6%)	R=1,000m～直線 (i=1.0～1.5%)
	アプローチ道路	R=100m～直線 (i=2.0～6.0%)	R=55m～直線 (i=0.6～6.0%)	R=100m～直線 (i=2.0～6.0%)	R=55m～直線 (i=1.9～6.0%)
走行 安全性	南側アプローチ 道路	・坑口位置及びアプローチ道路沿いの災害リスクは低い ○	・坑口位置及びアプローチ道路沿いの災害リスクは低い ○	・道路の一部が崩壊地を通過するため、斜面对策が必要 △	・道路の一部が崩壊地を通過するため、斜面对策が必要 △
	北側アプローチ 道路	・坑口位置及びアプローチ道路沿いの災害リスクは低い ○	・道路の一部が崩壊地を通過するため、斜面对策が必要 △	・坑口位置及びアプローチ道路沿いの災害リスクは低い ○	・道路の一部が崩壊地を通過するため、斜面对策が必要 △
施工性		・地質擾乱帯の掘削延長がルート3及びルート4より短い (○) ・工期がルート2及びルート4より長い (△)	・地質擾乱帯の掘削延長がルート3及びルート4より短い (○) ・工期がルート1及びルート3より短い (○)	・MBTを通過し、地質擾乱帯の掘削延長がルート1及びルート2より長い (△) ・工期がルート2及びルート4より長い (△)	・MBTを通過し、地質擾乱帯の掘削延長がルート1及びルート2より長い (△) ・工期がルート1及びルート3より短い (○)
維持管理性		・トンネル諸設備の維持管理規模は同等 (-) ・アプローチ道路の斜面管理規模は最小 (○)	・トンネル諸設備の維持管理規模は同等 (-) ・アプローチ道路の斜面管理が必要 (△)	・トンネル諸設備の維持管理規模は同等 (-) ・アプローチ道路の斜面管理が必要 (△)	・トンネル諸設備の維持管理規模は同等 (-) ・アプローチ道路の斜面管理が必要 (△)
環境社会配慮		・被影響家屋数：15件程度 ・必要な用地面積：約8.3ha ・森林伐採規模と土地の改変が相対的に小さい ○	・被影響家屋数：7件程度 ・必要な用地面積：約12.1ha ・森林伐採規模と土地の改変が相対的に大きい △	・被影響家屋数：16件程度 ・必要な用地面積：約4.6ha ・森林伐採規模と土地の改変が相対的に小さい ○	・被影響家屋数：8件程度 ・必要な用地面積：約11.4ha ・森林伐採規模と土地の改変が相対的に大きい △
コスト (Billion NPR)		37.1 ○	37.7 △	37.8 △	37.5 △
総合評価		ルートの災害リスクが最も低く、施工性、維持管理性も優れる。 ○	トンネルルート及びトンネル延長から施工性が最も優れ、コスト面でも有利。 ○	トンネル延長も長く、災害リスクも有するため総合的に課題が多い。 △	コスト及び工期は有利であるが、斜面管理規模は最も大きい。 △

【凡例】◎：最良 ○：良 △：課題あり

出典：JICA 調査団

13.6 概略トンネル構造検討

13.6.1 概要

日本は山岳トンネルの施工において、世界で最も経験のある国の一つである。ネパールの地質及び地質条件は日本のものと類似していることから、本調査における概略トンネル検討は日本の経験に基づき、表 13.6-1 に示す本邦設計基準を基本として実施する。これらの設計基準は本邦の高速道路、並びに国道における山岳トンネルのすべてに適用されており、山岳トンネルの標準工法である NATM（New Austrian Tunneling Method）によって施工されている。

本トンネル計画地である Chiyabari-Churkot 区間は急峻な山岳地帯であり、地質及び地形の特徴からも NATM が適用可能であると言える。しかしながら、南側坑口周辺には MBT 及び MT が直交しており、脆弱な地質も存在することから、トンネル掘削面（グラウンドアーチ及び切羽）の安定性を確保するため、部分的に補助工法が必要となる可能性がある。

表 13.6-1 適用設計基準

基準名	発行年	年
2016 年制定 トンネル標準示方書 山岳工法編	土木学会	2016
道路トンネル技術基準（構造編）・同解説	日本道路協会	2003
道路トンネル技術基準（換気編）・同解説	日本道路協会	2008
道路構造令の解説と運用	日本道路協会	2021
道路トンネル非常用設備設置基準・同解説	日本道路協会	2019
設計要領（第三集）	(株)高速道路総合技術研究所	2016

出典：JICA 調査団

13.6.2 基本条件

概略トンネル構造検討の基本条件を表 13.6-2 に示す。

表 13.6-2 概略トンネル構造検討の基本条件

項目	条件値	備考
設計速度	30km/h	
車線数	2	対面 2 車線通行
幅員構成	車道	3.50m Nepal Road Standard 2070
	路肩	1.75m 道路構造令の解説と運用
	監査歩廊	0.75m 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説
	中央分離帯	1.50m Nepal Road Standard 2070
横断勾配（%）	2.0%	Nepal Road Standard 2070
最大縦断勾配（%）	3.0%	本邦トンネル及び先行実績（ナグドゥンガトンネル事業）を目安に設定
建築限界高	5.0m	Nepal Road Standard 2070

出典：JICA 調査団

13.6.3 地山分類と支保パターン

現地踏査及び地質調査結果を踏まえ、表 13.6-3 に示す指標を参考にトンネル区間における地山等級を分類する。また、その地山等級に基づき、表 13.6-4 及び表 13.6-5 に示す支保パターン（支保構造）が標準化されている。本トンネル断面は表 13.4-1 の結果から、剛性中央分離帯を有する断面にて計画することから、内空幅は大断面クラス（約 13.5m）となり表 13.6-5 を適用する。

本トンネルに適用される支保パターンは CI、CII、DI 及び DIII パターンの 4 種類が適用される。CI パターンは岩盤が部分的に風化しているものの不連続面は一般に比較的安定している場所に適用される。CII パターンは岩盤が部分的に風化及び破碎されている場所に適用される。DI パターンは岩盤がせん断作用を受けている、もしくは風化した地面に適用される。DIII パターンは、グラウンドアーチの形成が困難なトンネル坑口付近の区間に適用される。

各候補ルートにおける地山分類及び支保パターンを表 13.6-6 に示す。

表 13.6-3 地山分類方法

地山等級	地山状態	RQD ※	切羽の安定性	内空変位
B	岩質は非常に新鮮で堅固であり、割れ目は比較的少なく、安定しており、トンネル掘削による緩みの可能性は非常に小さい。	60 ~ 90	強度は予想される荷重よりもかなり高く、岩石破片の局部的破碎が時々起こるだけである。	微小
CI	岩質は部分的に風化、または変質している。不連続面は一般に比較的安定している	20 ~ 70	強度は予想される荷重よりも高く、緩みは局所的であると予想される。	弾性領域内での変位
CII	岩質は部分的に風化、変質、破碎されている。	20 ~ 70	強度は予想される荷重よりも高くないが、弾性領域内での変形にとどまる。滑りやすい不連続面に沿った岩塊が崩壊する傾向がある。	切羽が 2D*の距離だけ進む前に、変位は収束する。トンネル内空変位は 50mm を超えない。
DI	岩石は著しく風化して軟化している、もしくはせん断作用を受けている。	20 程度 以下	部分的な塑性変形起こる可能性があります。あるいは、弾性領域内の変形であっても、滑りやすい不連続面に沿って地面面の緩みが生じる可能性がある。	強度が小さくインバートコンクリートが早期に施工されない場合、内空変位が 30~60mm に達する可能性があり、切羽が 2D 以上進んでも変位が収束しない。
DII	岩は完全に風化し、部分的に粘土化している、または著しいせん断作用を受けている。	20 程度 以下	予想される強度よりも低く、大きな塑性変形が起こり得る。低強度に加えて、滑りやすい不連続面に沿った地表面の緩みが発生する可能性がある。	内空変位は 60~200mm に達する可能性がある。インバートコンクリートが初期段階に配置されていない場合には、トンネル面が 2D を超えても内空変位は収束しない。
DIII	坑口周辺の地山（土被り 1.0D~2.0D の区間）	—	土被りが薄くグラウンドアーチの形成が困難である。	—
E	断層、破碎帯などの地盤。	—	切羽は押し出しを生じ、顕著なものは崩壊する。	400mm に達する大きな内空変位を起こす可能性がある。

注) RQD (Rock Quality Designation): 削孔長(通常 100cm)に対する 10cm 以上の長さのコアの累計長の割合(%)である。
 D: トンネル掘削幅

出典: 設計要領 (第三集) を参考

表 13.6-4 2車線トンネルにおける標準支保パターン (内空幅 8.5~12.5m)

地山等級	支保パターン	延長方向 (m)	ロックボルト				吹付けコンクリート 厚さ (cm)	鋼アーチ支保工			覆工コンクリート (cm)		変形余裕量 (cm)	掘削工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲		上半	下半	建込間隔 (m)	アーチ	インバート		
				周方向 (m)	延長方向 (m)									
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	5	-	-	-	30	0	0	補助ベンチ付き全断面、または上半工法
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	10	-	-	-	30	(40)	0	
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上下半	10	-	-	-	30	(40)	0	
	C II-b							H12 5	-	1.2				
D I	D I-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上下半	15	H12 5	H12 5	1.0	30	45	0	
	D I-b	1.0	4.0							1.0				
D II	D II	1.0 以下	4.0	1.2	1.0 以下	上下半	20	H15 0	H15 0	1.0 以下	30	50	10	

注) サポートパターンの a、b の区分は以下による。

a: 基本的にすべての岩盤に適用する標準支保パターン

b: 当初設計において、粘板岩、黒色片岩、泥岩、頁岩、凝灰岩等のうち、トンネル掘削に伴う変位が大きくなると予想される場合のみ適用する。

なお、インバートの () は、第三紀泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘性土岩や風化結晶片岩、温泉余土などに適用する。

出典: 道路トンネル技術基準 (構造編) ・同解説

表 13.6-5 2車線トンネルにおける標準支保パターン (大断面トンネル: 内空幅 12.5~14.0m)

地山等級	支保パターン	延長方向 (m)	ロックボルト				吹付けコンクリート 厚さ (cm)	鋼アーチ支保工			覆工コンクリート (cm)		変形余裕量 (cm)	掘削工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲		上半	下半	建込間隔 (m)	アーチ	インバート		
				周方向 (m)	延長方向 (m)									
B	B	2.0	4.0	1.5	2.0	上半	10	-	-	-	40	0	0	補助ベンチ付き全断面、上部半断面工法・中壁分割工法・中央導坑先進工法
C I	C I	1.5	4.0	1.2	1.5	上下半	15	-	-	-	40	(45)	0	
C II	C II	1.2	4.0	1.2	1.2	上下半	15	H15 0	-	1.2	40	(45)	0	
D I	D I	1.0	6.0	1.0	1.0	上下半	20	H15 0	H15 0	1.0	40	50	0	
D II	D II	1.0 以下	6.0	1.0	1.0 以下	上下半	25	H20 0	H20 0	1.0 以下	40	50	10	

出典: 道路トンネル技術基準 (構造編) ・同解説

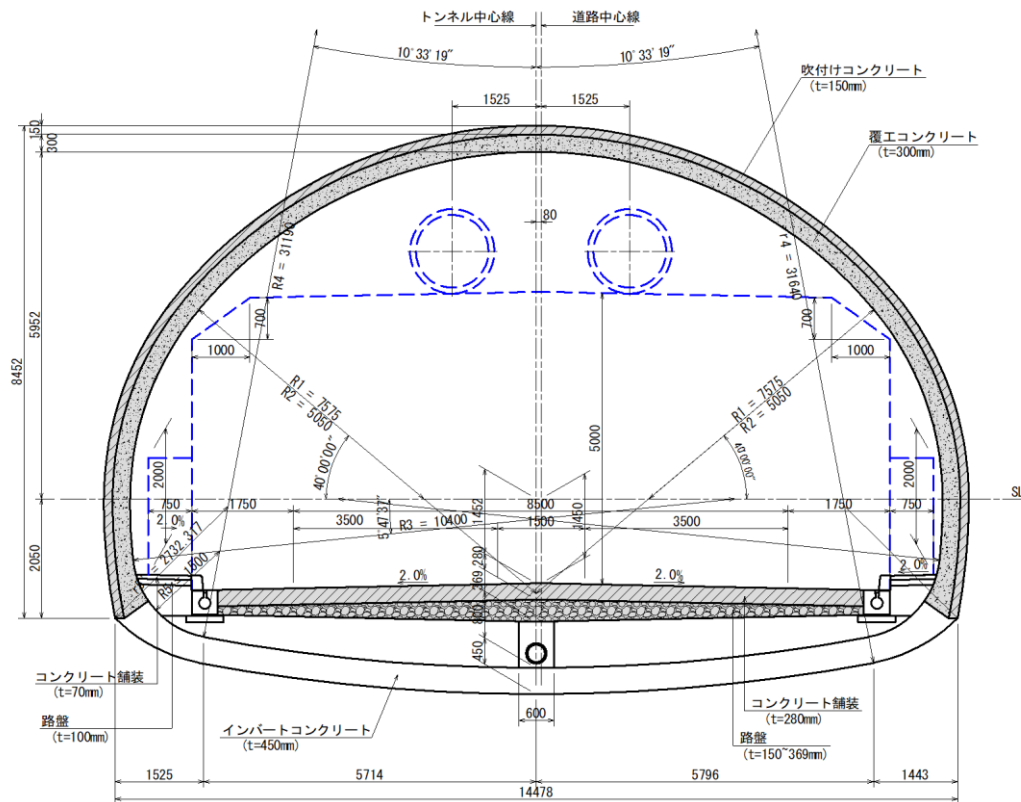
表 13.6-6 トンネル候補ルート of 支保パターン延長

ルート	支保パターン延長 (m)				
	CI	CII	DI	DIII	DIIIp*
候補ルート①	4,360 (56.7%)	2,250 (29.3%)	100 (1.3%)	95 (1.2%)	880 (11.5%)
候補ルート②	3,865 (56.0%)	1,470 (21.3%)	100 (1.4%)	56 (0.8%)	1,410 (20.5%)
候補ルート③	4,560 (57.4%)	2,230 (28.1%)	100 (1.3%)	101 (1.3%)	950 (12.0%)
候補ルート④	3,995 (55.8%)	1,570 (21.9%)	100 (1.4%)	39 (0.1%)	1,455 (20.8%)

*DIIIパターン+補助工法 (AGF)

13.6.4 トンネル標準断面

表 13.6-2 に示す基本条件を踏まえ、トンネル標準断面を設定する。本トンネルの標準断面を図 13.6-1 に示す。



出典: JICA 調査団

図 13.6-1 トンネル標準断面図 (DI パターン)

13.6.5 掘削方式及び掘削工法

(1) 掘削方式

山岳トンネルの掘削方式は爆薬を用いて岩盤破碎する発破方式及び岩盤掘削機を使用する機械掘削方式に区分される。発破方式は一般に岩盤地山に適用され、機械掘削方式は比較的柔らかい中硬岩～軟岩地山に適用される。

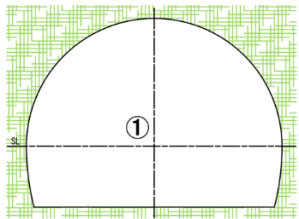
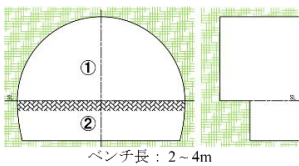
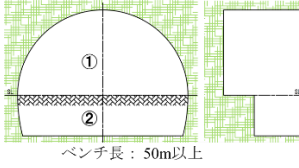
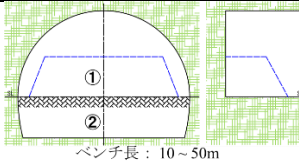
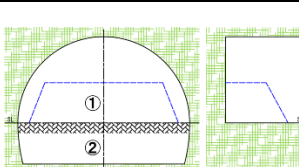
本トンネル区間の地質は、主に中硬岩～硬岩の片麻岩、片岩、千枚岩、花崗岩で構成されると想定され、岩盤の一軸圧縮強度として 50MPa 以上であると予想される。一軸圧縮強度が 50MPa 以上である場合、本邦の基準では発破方式が推奨されており、本トンネルにおいても発破方式が適していると考えられる。

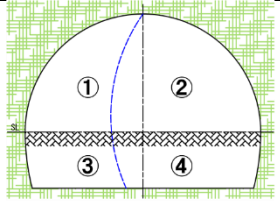
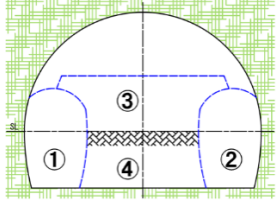
(2) 掘削工法

山岳トンネルの掘削工法は、地質条件によって表 13.6-7 のように分類される。本トンネルの南側坑口区間は MT 及び MBT を通過するため、坑口から約 1km 区間は地質擾乱帯となる。当該区間ではトンネル天端を安定させるための補助工法を計画しており、補助工法の施工プロセスも踏まえ、ベンチカット工法が適している。

一方、MT 及び MBT を通過する区間以外は比較的健全な岩盤（片麻岩、片岩、千枚岩、花崗岩）で構成されるため、補助ベンチ付き全断面工法または全断面工法が適していると考えられる。

表 13.6-7 掘削工法の分類と特質

掘削工法		加背割り	適用条件	長所	短所
全断面工法			小断面トンネルでは、ほぼすべての地山。 中断面 (A=30m ²) では比較的安定した地山。 良好な地山が多くても不良地山が狭在する場合には段取り替えが必要であり不適。	大川機械化による省力化急速施工に有利。 切羽が単独であるので作業の錯綜がなく安全面等の施工管理に有利。	トンネル全長が単一工法で施工可能とは限らないので、施工方法の変更体制が必要。 天端付近からの肌落ちがある場合には、落下高さに比例して増加するので注意を要する。
補助ベンチ付き全断面工法			全断面工法では施工が困難であるが、比較的安定した地山。全断面工法が困難になった場合。 良好な地山が多いが部分的に不良地山が狭在する場合。	上半と下半の同時併進で大型機械化による省力化急速施工に有利。 切羽が単独であるので作業の錯綜がなく安全面等の施工管理に有利。	補助ベンチでも切羽が自立しなかった場合の段取り替えが困難。
ベンチカット工法	ロングベンチカット工法		全断面では施工が困難であるが、比較的安定した地山。	上半と下半を交互に掘削する方式の場合は、機械設備と作業員が少なくすむ。	交互掘進方式の場合、工期がかかる。
	ショートベンチカット工法		比較的軟質な地山など様々な地山状況に対応が可能。(採用されるケースが多い工法)	地山の変化に対応しやすい。	同時掘削の場合には上半と下半の作業時間サイクルのバランスがとりにくい。
	ミニベンチカット工法		ショートベンチカット工法の場合よりもさらに内空変位を抑制する必要がある場合。 膨張性地山等で早期閉合を必要とする場合。	インバートの早期閉合がしやすい。	同時掘削の場合には上半と下半の作業時間サイクルのバランスがとりにくい。

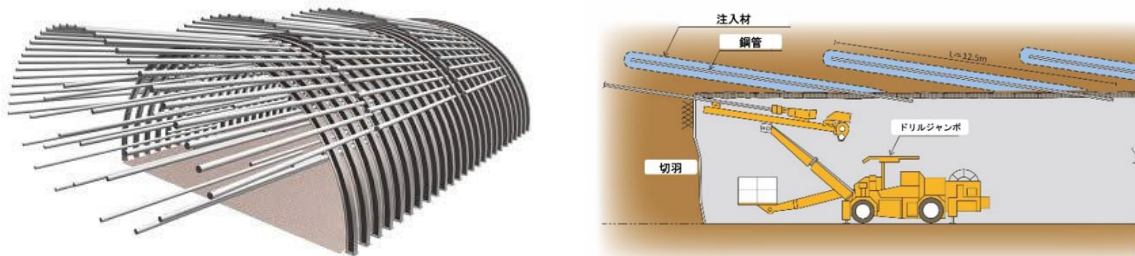
掘削工法	加背割り	適用条件	長所	短所
中壁分割工法	 <p>上半のみ中壁分割する方法と上下半ともに分割する方法がある</p>	地表面沈下を最小限に抑止する必要がある土被りの小さな土砂地山。大断面トンネルで比較的不良な地山。	断面を分割することによって切羽の安定性を確保しやすい。地表面沈下を小さくすることが可能。側壁導坑先進工法よりも加背が大きく、施工機械をやや大きくすることが可能。	中壁撤去時の変形等に留意が必要。中壁撤去工程が加わる。坑内からの特殊な補助工法の併用が困難。
側壁導坑先進工法	 <p>上半のみ中壁分割する方法と上下半ともに分割する方法がある</p>	地盤支持力が不足する地山であらかじめ十分な支持力を確保したうえで、上半部の掘削を行う必要がある場合。偏圧、地すべり等の懸念される土被りの小さい軟岩や土砂地山。	導坑断面の一部を比較的マシな側壁コンクリートとして先行施工するため支持力が期待できるとともに、偏圧に対する抵抗力も高い。	導坑掘削に用いる施工機械が小さくなる。

出典：2016年制定 トンネル標準示方書 山岳工法編を参考

13.6.6 補助工法

フォアポーリングやフォアパイリングなどのアンブレラ工法（図 13.6-2 参照）はトンネル補助工法の一つであり、非常に貧弱な地面や断層帯、更には重要構造物に近接する場合など、トンネル掘削に伴う地山の緩みを抑制したい場合に用いられる。

本トンネルの南側坑口区間（約 1km）は非常に脆弱な地質擾乱帯を通過する。そのため、切羽面（トンネル天端）が不安定となる可能性が高く、切羽安定対策を目的とした補助工法を計画する必要がある。切羽安定対策のひとつである長尺鋼管フォアパイリング工法（図 13.6-2 参照）は崖錐、断層破碎帯などの地山のアーチ作用が期待できない不安定な地山を補強する工法として適用されることから、当該区間の補助工法として適している。



出典: Technical Document of AGF Method -6th revised edition- (右図)
 JICA 調査団 (左図)

図 13.6-2 長尺鋼管フォアパイリング工法

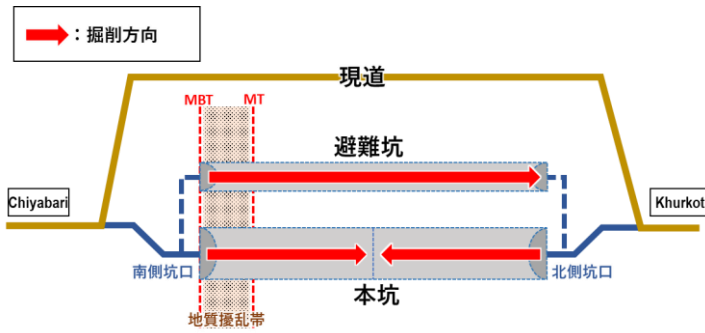
13.6.7 施工方法及び仮設備

(1) 施工方法

本トンネルの施工方法は下記を想定する。

- ・ 本トンネルは延長が長く、本坑掘削は工期短縮の観点から南側坑口及び北側坑口の双方を掘削坑口とする（図 13.6-3 参照）。
- ・ 避難坑は調査坑と位置づけ、排水トンネル機能も期待し、南坑口から掘削する。
- ・ 本坑及び避難坑 NATM を基本とし、想定される地山状況から発破方式を推奨する。（避難坑トンネルについては、MBT 及び MT 区間以外の安定した岩盤エリアに対し、高速

施工を期待した TBM を適用できる可能性がある（図 13.6-4 参照）



出典: JICA 調査団

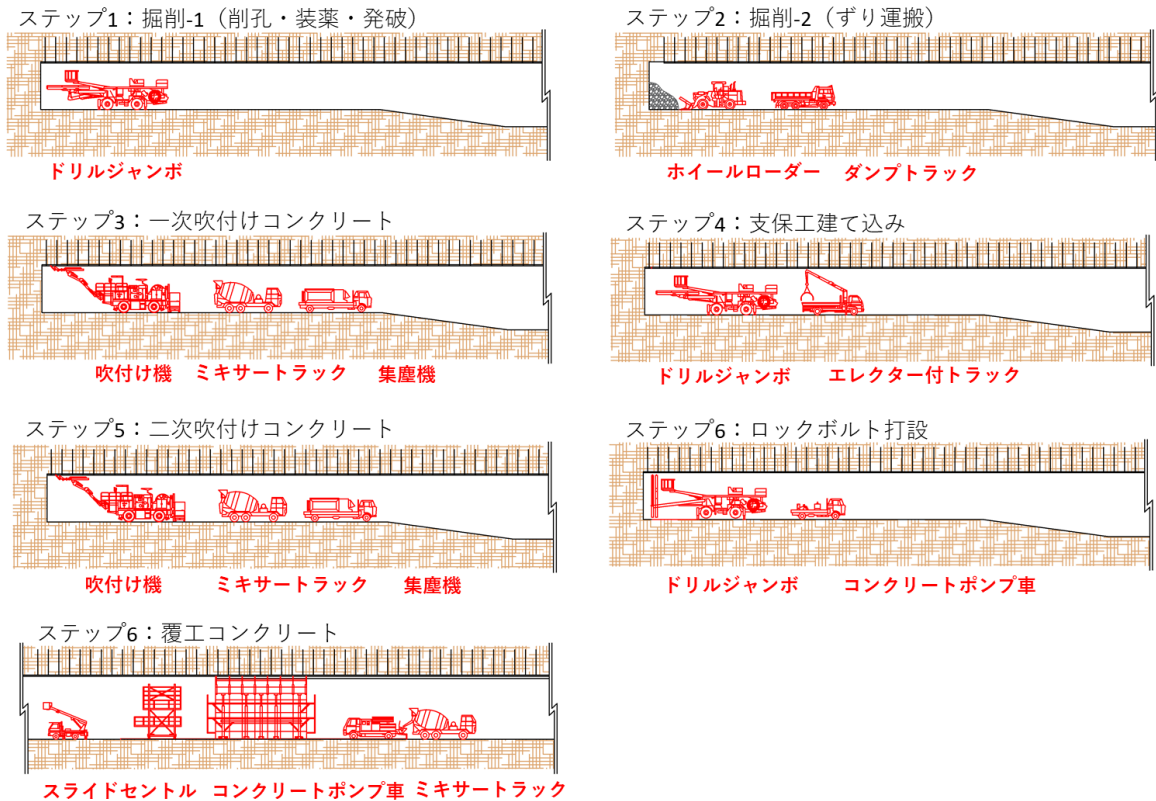
図 13.6-3 トンネル施工方法（掘削方向）



出典: <https://ugitec.co.jp/products/tbm/>

図 13.6-4 TBM（オープン型）

発破方式のトンネル施工次第図を図 13.6-5 に示す。また、トンネル工事においては、山岳トンネル工事に伴う岩盤崩壊事故防止対策の指針（2018年1月18日、厚生労働省）を遵守することが重要である。



出典: JICA 調査団

図 13.6-5 トンネル施工次第図（発破方式）

(2) トンネル建設に必要となる仮設備

トンネル建設に必要な主な仮設備施設は下記のとおりである。

- ・ 受配電室
- ・ 修理工場
- ・ 資材倉庫
- ・ 休憩所
- ・ 取水ポンプ／給水ポンプ
- ・ 貯水槽
- ・ 火薬取扱所
- ・ 火工所
- ・ 発電機
- ・ 濁水処理設備
- ・ 換気設備、ダクト、集塵機
- ・ 資材ヤード
- ・ 吹付けコンクリートプラント
- ・ 覆工コンクリートプラント
- ・ 現場事務所

なお、詳細なトンネル仮設備計画は、詳細設計段階にてトンネル構造及びトンネルアプローチ道路の計画、騒音など工事段階での周辺環境への影響も考慮しながら検討する必要がある。

また、本トンネルは延長が長く、両坑口からの掘削を推奨することから、仮設備を配置するトンネル施工ヤードは両坑口周辺に設置する必要がある。両坑口の施工ヤード候補位置を図 13.4-6 に示す。

13.6.8 トンネル設備及び非常用設備

安全で円滑な交通を確保するためにトンネル内外に設置すべき諸設備を表 13.6-8 に示す。

表 13.6-8 設置施設一覧表

施設名		機器名称
トンネル換気	トンネル内部	ジェットファン*／CO計／VI計／AV計
	トンネル外	制御盤（電気室）
トンネル照明	トンネル内部	基本照明／入口照明／非常照明
	トンネル外	坑外照明／制御盤（電気室）
非常用設備	トンネル内部	非常電話／押ボタン式通報装置／火災検知器／消火器／消火栓／誘導表示板／給水栓／水噴霧設備／CCTVカメラ等
	トンネル外	制御盤（電気室）／給水ポンプ（坑外）／主水槽（坑外）／非常警報装置（坑口前）
その他	トンネル内部	－
	トンネル外	トンネル電気室／トンネル管理室棟／受変電施設／バックアップジェネレーター等

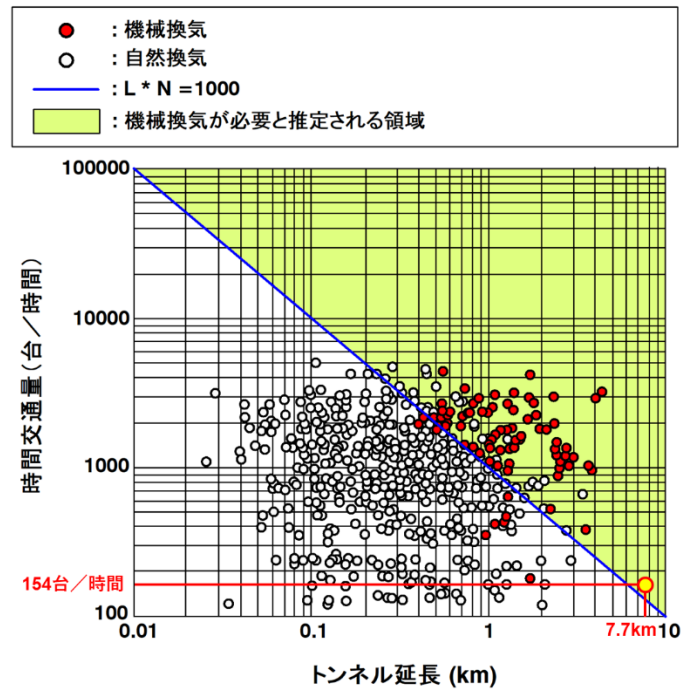
出典：JICA 調査団

(1) トンネル換気設備

トンネル内換気は、車両からの排出される有害物質を強制的に坑外に排出し、坑内濃度を管理基準以下に抑えることでトンネル内の安全で快適な運転環境を確保する。また、トンネル維持管理作業を実施する際の良好な作業環境を作り出すうえでも非常に重要である。

機械換気設備の必要性と必要規模は、トンネル断面、トンネル延長、トンネル内の交通量及びトンネル周辺の自然環境などのさまざまな要素に基づいて検討される。自然風による自然換気量が安全で快適なトンネル内環境を確保するのに十分でない場合は、機械換気設備を導入し、強制的に換気する必要がある。

トンネル内換気計画は、トンネル断面形状、坑口の標高差、交通状況や気象条件などを考慮して検討されるべきである。トンネル換気計画は走行性や工事費に影響を与えることから、詳細な検討を実施する際には現場周辺の幅広い調査を実施する必要がある。なお、図 13.6-6 は本邦の主な対面通行の道路トンネルについて実態を調べ、トンネル延長と交通量の関係で示したものであり、日本でも簡易的に換気設備の必要性を推定するのに用いられている。この図より、本トンネルでは機械換気設備が必要であると推定される。



※ 3,680台/日 (2031年) ÷ 24時間 = 154台/時間
 出典: 道路トンネル技術基準 (換気編) ・同解説を参考

図 13.6-6 自然換気の目安

(2) トンネル照明設備

トンネル内の安全な交通を確保するためにトンネル内照明は非常に重要である。トンネル照明は、入口照明、基本照明、非常時照明 (停電時照明) の 3 タイプで構成されており、詳細な配置計画及び仕様は、下記に示す事項を考慮しながら検討される。近年、日本をはじめとする多くの国では、下記事項を満たすため、LED 照明の採用が主流となっている。よって、本トンネルの照明においても LED 照明を基本として設計を行う。

- ・ 高効率/長寿命
- ・ 高温度、高湿度に対応でき耐久性に優れる
- ・ 適切な発光色の確保
- ・ 要求された高い照明レベルを満たすことのできる高光束
- ・ メンテナンスが容易
- ・ 低ランニングコスト

1) 基本照明

基本照明は、一定速度の下でドライバーが前方の障害物を視認するのに必要な明るさを与えるため、トンネルの全長にわたって一定間隔で設置される。

2) 入口照明

入口照明は野外輝度とトンネル内輝度の差を調整するために設置される。したがって、ドライバーがトンネルへ進入した際の輝度変化の影響を緩和できるような照度に設定しなければならない。

3) 非常時照明（停電時照明）

非常時照明は停電発生時にトンネル内を走行中のドライバーの視野を確保するために設置される。非常時照明の電力は無停電電源装置によって直ちに UPS から供給され、照明機能を一定時間維持することが可能である。

4) トンネル坑口照明

トンネル坑口照明は、特に夜間においてトンネルから野外へ出る際にドライバーの視認性を確保するため、適切に設置されなければならない。トンネル出口付近の野外道路区間は街灯がない場合、ドライバーの視認性低下を引き起こし、事故につながる可能性がある。

(3) トンネル非常用設備／施設

トンネル非常用設備及び施設は、トンネル内で事故や災害が発生したときに道路利用者及び道路管理者への情報伝達、避難、自主消火及び消防隊活動を支援する設備／施設を指す。

1) トンネル等級と非常用設備

表 13.6-9 の本邦基準「道路トンネル非常用設備設置基準・同解説」では、設置すべき非常用設備をトンネル等級により定義している。トンネル等級は図 13.6-7 に示すとおり、トンネル延長及びトンネル内交通量によって決定され、等級 AA、A、B、C 及び D に分類される。この表から分かるように、トンネル等級が高いほど、多くの非常用設備を設置する必要がある。

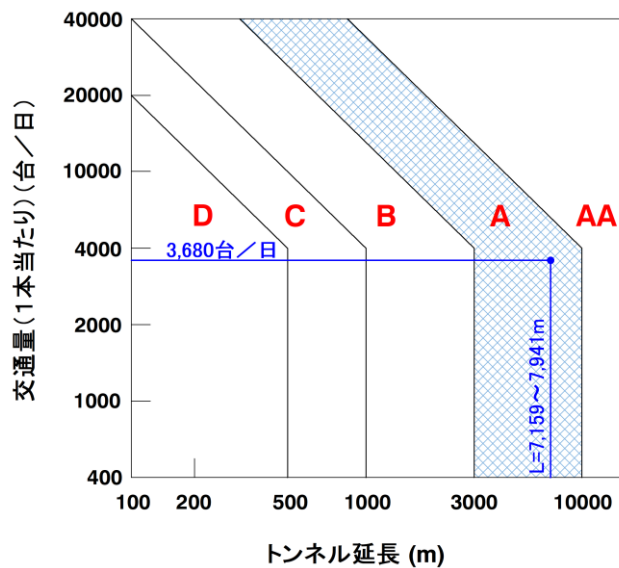
本調査での候補ルートにおけるトンネル延長は $L=7,159\text{m}\sim 7,941\text{m}$ であり、トンネル等級は A となる。

表 13.6-9 トンネル等級に応じた設置すべき非常用設備

非常用施設		トンネル等級					備考
		AA	A	B	C	D	
通報・警報設備	非常電話	○	○	○	○		200m間隔
	押ボタン式通報装置	○	○	○	○		50m間隔
	火災検知器	○	△				排煙設備もしくは水噴霧設備が設置されるA等級以上のトンネルに設置される。(50m間隔)
	非常警報装置	○	○	○	○		トンネル坑口近辺に設置される。
消火設備	消火器	○	○	○			50m間隔
	消火栓	○	○				200m間隔
避難・誘導設備	誘導表示板	○	○	○			200m間隔
	排煙設備または避難通路	○	△				機械換気設備は排煙設備としても利用することができる。避難坑はA等級以上のトンネルに設置される。延長3,000m以上の相互通行で縦流換気方式が採用されているトンネルに設置される。
その他の設備	給水栓	○	△				A等級以上のトンネルに消火栓とともに設置される。
	無線通信補助設備	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。
	ラジオ再放送または拡声設備	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。
	水噴霧設備	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。(放水区間50m以上)
	監視装置	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。(150~200間隔)

注) 上記中○は原則として設置する。△は必要に応じて設置する。

出典：道路トンネル非常用設備設置基準・同解説及び設計要領（第三集）を参考



※3,680 台/日 (2031年)

出典：道路トンネル非常用設備設置基準・同解説

図 13.6-7 トンネル等級

2) 非常電話

非常電話（図 13.6-8 参照）はトンネル内で発生した災害／事故をトンネル管理者へ通報する目的で利用され、200m 間隔での設置を基本とする。



非常用電話（壁面設置）



非常電話（トンネル坑口部）



非常電話（BOX タイプ）

出典：

<https://radiate.jp/20130421/higashi-fushimi/>

https://blogs.yahoo.co.jp/biwako_11.64/59547680.html

<https://travel.watch.impress.co.jp/img/trw/docs/1049/821/html/12.jpg.html>

図 13.6-8 非常電話

3) 押ボタン式通報装置

押ボタン式通報装置（図 13.6-9 参照）も同様にトンネル内で発生した災害／事故を通報する目的で利用され、路面上から 1.2～1.5m の高さかつ 50m 間隔で設置される。警報アラームシステムは非常電話及び消火システムと連携している。



押ボタン式通報装置（消火器一体型）



押ボタン式通報装置（単独型）

出典：

<https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/685/703/html/049.jpg.html>

<https://www.iwasaki.co.jp/projects/examples/detail.php?EID=t34&cat=3>

図 13.6-9 押ボタン式通報装置

4) 火災検知器

火災検知器（図 13.6-10 参照）はトンネル内火災によって発生する煙に反応し、火災発生を感知するもので、50m 間隔で設置される。火災検知器の反応に連動してトンネル坑口前に設置される非常警報装置、消火設備及び換気設備を起動するスイッチを兼用する場合が多い。



出典：

http://nexcokiyomi.hida-ch.com/index_7.html

<http://www.pref.akita.jp/chuodo/new/newimg/h19.05.31new.html>

図 13.6-10 火災検知器

5) 非常警報装置

非常警報装置（図 13.6-11 参照）は視覚信号（警報表示）及び可聴アラームによって道路利用者へ事故／災害情報を発信する。トンネル内の災害／事故状況を道路利用者に知らせるための十分な通信機能が必要であり、道路利用者による消火活動及び避難活動を妨げない適切な場所に設置される。



非常警報装置



制御パネル

出典：

<http://kitanihon-t.com/results/>

<http://www.iwate-shinkodenki.com/case/case25.html>

図 13.6-11 非常警報装置

6) 消火器

消火器（図 13.6-12 参照）は、トンネル利用者によるトンネル内火災の初期消火に利用されるものであり、50m 間隔で設置される。



出典：

<http://www.pref.yamanashi.jp/kanjo/kanri/manriki.html>

<https://car.watch.impress.co.jp/docs/news/688076.html>

図 13.6-12 消火器

7) 消火栓

消火栓（図 13.6-13 参照）は、トンネル利用者によるトンネル内火災の初期消火に利用されるものであり、200m 間隔で設置される。

なお、同時に消防隊活動支援用の給水栓を併設する場合もあり、その場合には、消火栓盤に消防用給水栓が合わせて設置される。



出典：
<http://asahisetsubi.co.jp/construction/463/>
<http://photozou.jp/photo/show/629359/11.6028160>

図 13.6-13 消火栓

8) 誘導表示板

誘導表示板（図 13.6-14 参照）はトンネル坑口までの距離を道路利用者へ伝える役割を果たし、200m 間隔で設置される。



出典：
<https://www.iwasaki.co.jp/projects/examples/detail.php?EID=rhi07&cat=1>
<http://www.pref.yamanashi.jp/kanjo/kanri/manriki.html>

図 13.6-14 誘導表示板

9) 排煙設備及び避難通路

トンネル排煙設備は火災時の排煙を目的として設置される。ジェットファン（図 13.6-15 左側写真参照）は換気設備の一つであり、通常換気に利用できると共に火災発生時には排煙動作も可能である。

避難通路は避難坑、避難連絡坑（図 13.6-15 右側写真参照）及び避難口に分類され、災害／事故発生時に道路利用者をトンネル外へ避難させるために設置される。本トンネルは、避難坑とそれに接続する避難連絡坑を設置することを基本としており、火災時には坑口または避難坑に脱出することを避難の基本とする。なお、避難坑と本坑の間には避難坑への

煙侵入を阻止するための扉が設置される。



排煙設備（ジェットファン）



避難通路（避難連絡坑）

出典：

<http://www.hanshin-exp.co.jp/company/skill/library/tech/post.html>

https://radiate.jp/20081213/kitakan_opening_tochigi-ibaragi/

図 13.6-15 排煙設備及び避難通路

10) 坑口給水栓

坑口給水栓（図 13.6-16）は、消防隊による消火活動を容易にさせるための補助設備であり、両坑口部に配置される。



出典：

<http://daikitihanayama.web.fc2.com/2004Touring/yasya/Re/y3.html>

<http://www.pref.yamanashi.jp/kanjo/kanri/manriki.html>

図 13.6-16 坑口給水栓

11) 無線通信補助設備

無線通信補助設備（図 13.6-17 参照）はトンネル照明部またはトンネル壁面などに配置され、トンネル管理者及び消防、警察等の無線機を使用可能とする。



出典：

<https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/685/703/html/048.jpg.html>

図 13.6-17 無線通信補助設備

12) ラジオ再放送設備／拡声装置

ラジオ再放送設備（図 13.6-18 左側及び中央写真参照）はトンネル坑口部近辺にリード

アンテナを設置することによりトンネル内のラジオ放送を可能とする設備である。トンネル周辺のラジオ電波が届いている環境において、トンネル内で災害／事故が発生した場合、ラジオ再放送設備により緊急情報無線信号をトンネル利用者へ発信するために使用される。

また、拡声装置（図 13.6-18 右側写真参照）は、トンネル内に拡声スピーカーを設置し、ラジオ放送による事故状況や避難情報をトンネル利用者に伝達する。



ガイドワイヤー



リードアンテナ



拡声スピーカー

出典： <https://travel.watch.impress.co.jp/img/trw/docs/1048/548/html/53.jpg.html>

図 13.6-18 ラジオ再放送設備／拡声装置

13) 監視装置

CCTV カメラなどの監視装置（図 13.6-19 参照）はトンネル延長、縦断・平面線形などに応じて適切な配置位置を計画する。カメラは建築限界に支障ないトンネル壁面に設置され、非常駐車帯位置及び通常断面区間（150～200m 間隔）で設置される。



出典: <http://www.densetsu-ndd.co.jp/construction/construction-329/>

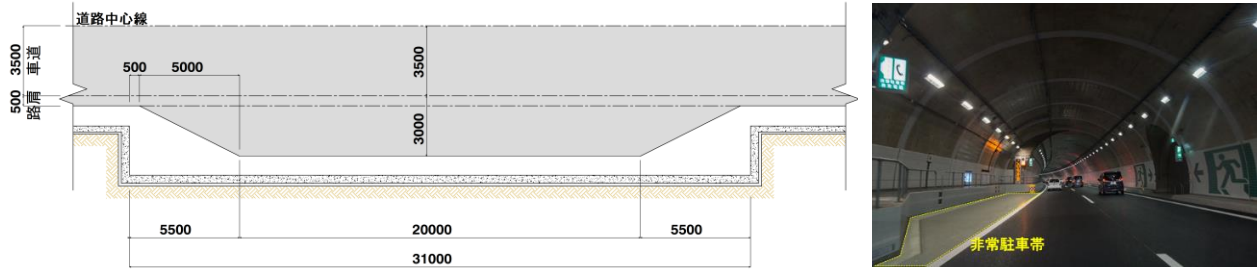
図 13.6-19 監視装置

(4) その他の施設

1) 非常駐車帯

非常駐車帯は、故障車両などの駐車スペースを提供することにより、トンネル内の安全で円滑な交通流を確保する施設である。

「設計要領第四集（楸高速道路総合技術研究所）」に基づき、約 750m の間隔を目安にトンネル内非常駐車帯を配置する。図 13.6-20 に非常駐車帯形状を示す。非常駐車帯の設置場所や設置箇所数については、その必要性について十分に議論・検討し、詳細設計段階で詳細を決定する必要がある。



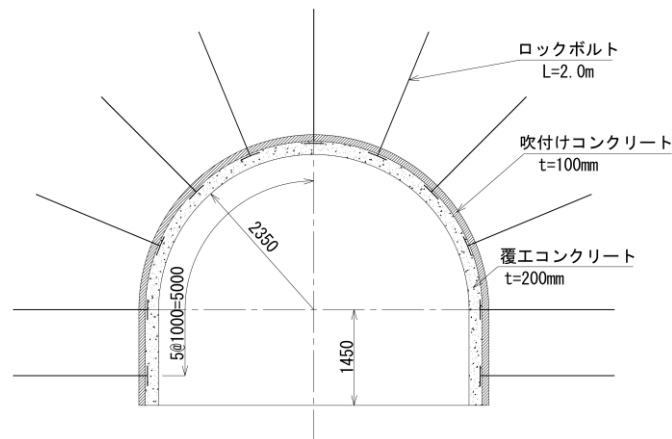
出典：JICA 調査団（平面図）
https://radiate.jp/20140628/sagami_open/ (Photo)

図 13.6-20 非常駐車帯（トンネル内）

2) 避難坑及び避難連絡坑

避難坑及び避難連絡坑はトンネル内での火災及びその他の事故が発生した際に、利用者を避難させるために設置される。避難坑の多くは本坑と並行に設置され、避難連絡坑（図 13.6-21 参照）は、本坑及び避難坑を結ぶ避難経路として設置される。「道路トンネル非常用設備設置基準・同解説（日本道路協会）」によれば、本邦では多くの場合、避難連絡坑を約 700～800m の間隔で設置されていると記載されている。

避難連絡坑の設置場所や設置箇所数については、その必要性について十分に議論・検討し、詳細設計段階で詳細を決定する必要がある。



出典：設計要領第三集

図 13.6-21 避難坑及び避難連絡坑標準断面

3) トンネル管理室及び電気室

トンネル管理室及び電気室の概要を表 13.6-10 に示す。

表 13.6-10 トンネル管理室及び電気室の概要

施設名	概要	
トンネル管理室	機能	<ul style="list-style-type: none"> トンネル監視及び運営を目的とした運営・管理スタッフ及び料金所スタッフの管理施設 維持管理車両及び救急車両の駐車スペース
	施設	<ul style="list-style-type: none"> 管理棟 設備管理室 交通管理室（制御室及び休憩設含む） その他（受付・会議室・トレイ等） 駐車スペース
電気室	機能	<ul style="list-style-type: none"> トンネル用一次受電施設 各種トンネル非常用設備の制御
	施設	<ul style="list-style-type: none"> 通信機械室 電気室 発電室 ポンプ室

出典：JICA 調査団

13.6.9 トンネル電源供給

(1) トンネルプロジェクトによる電力需要

トンネルプロジェクトでは、工事中の坑内環境を保持するための換気や照明などで電力消費量が多い。また、完成後も同様に換気、照明が電力消費として大きい。

1) トンネル工事中

日本では、トンネル工事現場に供給される電圧は 3.3kV または 6.6kV であり（送電中のロスを少なくするために現場まで高圧で引いてきて坑口付近で降圧）、これを工事用機械等に配電する場合は、変圧器で 100～440V に降圧する。通常は三相交流である。

今回の工事はトンネル掘削を両坑口から進めることを想定しているため、受電施設は両坑口にそれぞれ必要である。詳細検討では、受電設備容量は電力を同時に必要とする個々の機器ごとに求め合計して算出する。今回は個別機器の想定計算をせず、同規模のトンネル工事事例の実績から、各坑口にそれぞれ 800kVA を想定する。

2) トンネル供用時

供用時の受電施設についても両坑口の 2 個所に分散させるか、片方の坑口に集約するか
 の考え方がある。送電距離が長くなると、送電時の降圧の影響や電線サイズが大きくなる
 ことによる収納空間の圧迫などの問題がある。

今回は、ほぼ同断面で 5km の延長に対して片側受電の事例で約 600kVA としている本邦
 の事例を参考に、トンネル延長を考慮して 1,000kVA の片側受電を想定する。

(2) 電力調達

以上の情報を参考に、電力調達に関して調査した。ネパールでは、以下の電力事業者の
 種類がある。

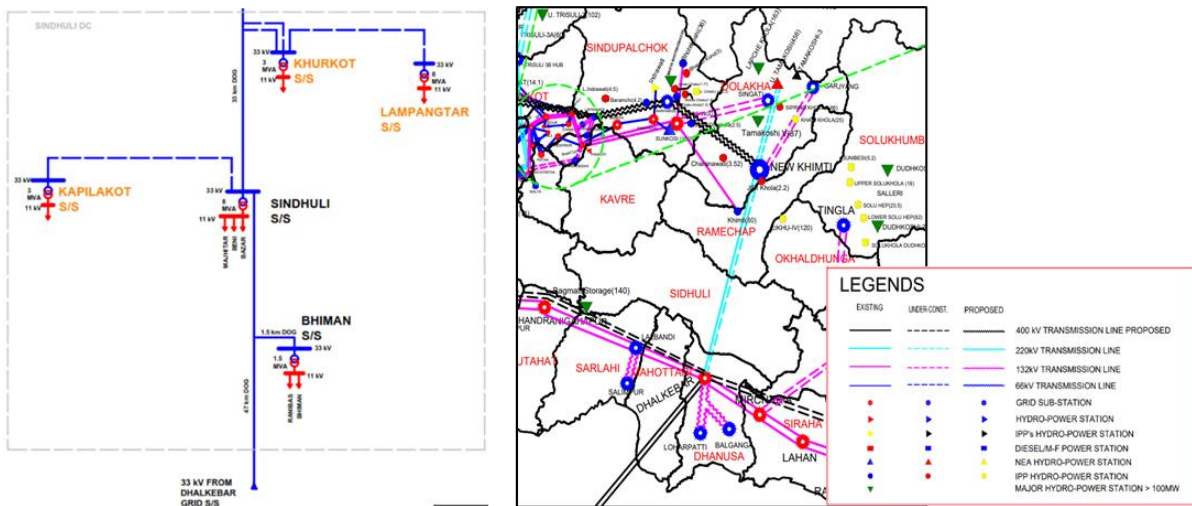
NEA (Nepal Electricity Authority) : ネパール電力公社 (総発電量の約半分を発電)
 IPP (Independent Power Producer) ※ : 独立系発電事業者 (総発電量の約半分を発電)
 VUCL (Vidhyut Utpadan Company Limited) ※ : 発電公社

電力低電力の改正により、1992年に民間企業の卸電力市場への参入が認められた

ネパールの配電系統は、一次側 (中圧) は 11kV、二次側 (低圧) は 400/230V で構成されており、この配電設備の大部分は、変電所引出し部分を除き架空配電設備で構築されている。11kV 配電線は、送電系統に接続された配電用変電所 (132/11kV、66/11kV、33/11kV) から引出され、市中に樹枝状系統で張り巡らされている。11kV 配電線で一般的に使用されている電線は鋼心アルミより線 (ACSR: Aluminum Conductors Steel Reinforced) (100、50、30mm²) であり三相配線となっている。

図 13.6-22 に示す通り、シンズリ道路沿いには、クルコット、シンズリ、Bhiman の 33/11kV 変電所があり、これらから 11kV 配電線が分岐している。現地でのヒアリング (NEA の Sindhuli Distribution Center (SDC) の技術者との面談) では、以下の情報が得られている。

- ・ シンズリ変電所には 4 ルートに送電できる 6/8 MVA の変圧器が設置されている
- ・ 6MVA 以上の電力がトンネルプロジェクトに必要な場合は、SDC に要請書を提出することになり、それに基づき SDC で対応の可能性を検討することとなる
- ・ SDC での対応が不能となれば、Grid department / Province Division Office に対応の依頼をし、NEA の System Planning Department の検討を待つこととなる
- ・ 受電側としては、33kVA を受電する場合に必要な 33/11/0.4kV 変電所が必要となる
- ・ ネパール語の申請書入手 (図 13.6-23 参照)



出典 : JICA 調査団

図 13.6-22 トンネル付近の電力関連施設の状況

अनुसूची - १
विनियम ३ को उपविनियम (१) र विनियम १२ को उपविनियम (१) साथ सम्बन्धित।

नेपाल विद्युत प्राधिकरण
NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY
विद्युत आवेदन फारम
(वायव्य प्रवि)

श्री नेपाल विद्युत प्राधिकरण,
विद्युत क्षेत्र

म/हामीलाई तल लेखिए बसोहिम विद्युत शक्ति आवश्यक भएकोले तलको ठेगानामा विद्युत शक्ति आपूर्ति गर्नु हुन आवेदन गर्दछौं। आपूर्ति गरिएको विद्युत शक्तिको लागि समय-समयमा लागू हुने महसुल दर अनुसार महसुल तिर्ने र प्रचलित ऐन-विनियम विनियम तथा विद्युत सेवा सम्बन्धी सर्वहद पालना गर्ने स्वीकार गर्दछौं/गर्दछौं।

आवेदनको विवरण:-

१. आवेदनको नाम:-		२. पेशा वा व्यवसाय कित्ति:-	
३. बासु पतिको नाम:-			
४. बच्चे ससुराको नाम:-			
५. घरधुरीको नाम:-			
६. विद्युती जडान गर्ने संस्थाको पुरा ठेगाना :-			
घर नं.:-	टोल:-	बट्टा नं.:-	ब.पा. पालिका:-
वि.नं.:-	सोवारी नं.:-	ई.पिन:-	जिल्ला :-
७. विद्युती जडान हुने संस्थाको विवरण (घर, सारन, इन्धारी)			
८. घरको बनेद पुरान <input type="checkbox"/> छापडा <input type="checkbox"/> पक्का <input type="checkbox"/> अस्ता <input type="checkbox"/> अम्मा कोठा संस्था <input type="checkbox"/>			
कार्यरत रहे ठेकेदारको नाम र ठेगाना विवरण:-			
उपरोक्त ठाउँमा पहिले सँगै नै शक्ति भए सो को विवरण:-			
पटक नं.-		शक्ति जडान भएको समय:-	
नाम:- बासु, पतिको			
साल तोकिएको उपयोग (कुन कित्तिभन्दा आवश्यकता हो तल उल्लेख भएकोमा पेशा लगाउनु होस्)			
कार्य <input type="checkbox"/> औद्योगिक <input type="checkbox"/> कार्यालय <input type="checkbox"/> शैव कार्यालय <input type="checkbox"/> शिक्षण <input type="checkbox"/> खाने पानी <input type="checkbox"/> स्वास्थ्य <input type="checkbox"/> मीथर <input type="checkbox"/> सडक शक्ति <input type="checkbox"/>			
कुन कित्तिभन्दा आवश्यकता हो पेशा लगाउनु होस्, यदि विद्युत कार्य <input type="checkbox"/> आवश्यक <input type="checkbox"/> विद्युत लागू			
आवेदन वा निस्कासो परिचयको नाम वा घरमा जडान भएको विद्युत लागूको महसुल वा अन्य बसोहिता रकम भुक्तानी गर्ने बाँकी छ/छैन।			

७. यो जडान नं.:-

वि.नं.:-	जडान हुने समय	संस्था	बाट	अम्मा बाट	बट्टामा
१.	बासु				श्री फौज सानाईको हकमा जडान हुने उपकरणहरूको क्षमता (कि.वा.ट) निर्माण विवरण न संश्ले उल्लेख गरेको मुचि अनिवार्य रूपमा संश्ले गर्नुपर्ने छ।
२.	पक्का				
३.	पक्का छिदर				
४.	सभ छिदर				
५.	पक्का कुन				
६.	अन्य				

कित्ति:-

जिल्ला क्षेत्र:-	श्री क्षेत्र:-	निजी टोल/घर/सदर:-
------------------	----------------	-------------------

उपरोक्त विवरणहरू सबै ठीक छ/छैन भएमा तलको शक्ति म/हामी किन्नेवार हुने छु/छी।

मिति:-

आवेदन सरकारी कार्यालय संस्था भएमा

स्थानीय अधिकारीको स्वीकारको नाम:-

दफ्तरी:-

सदरकारी संस्थाको नाम:-

संस्था कार्यालय:-

(१) आवेदनको कार्यालयको प्रमुख वा यो उपस्थित प्रतिनिधि

(२)

(३)

(४)

सर्वेक्षण गरिएको पटक समय:-

कित्ति:-

出典 : JICA 調査団入手

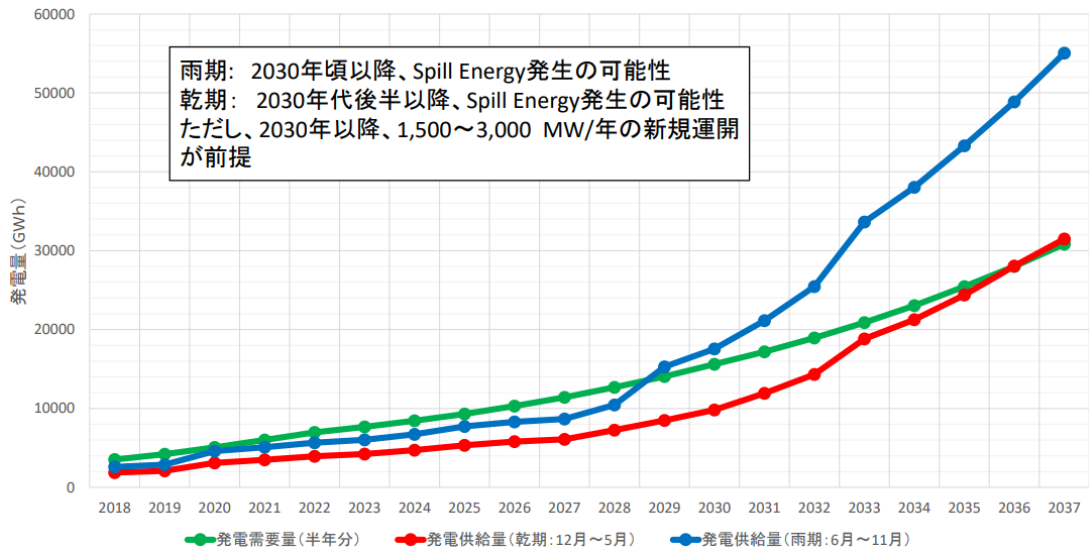
図 13.6-23 電力供給依頼の申請書

(3) 将来の電力施設整備計画

JICA の既存調査業務報告書¹に示される図 13.6-24 の 2019 年以降の電力需要予想によると、2021 年時点ではインドからの電力輸入も必要な状況であり、需給バランスの改善は 2030 年頃までは見込まれないとの予想である。

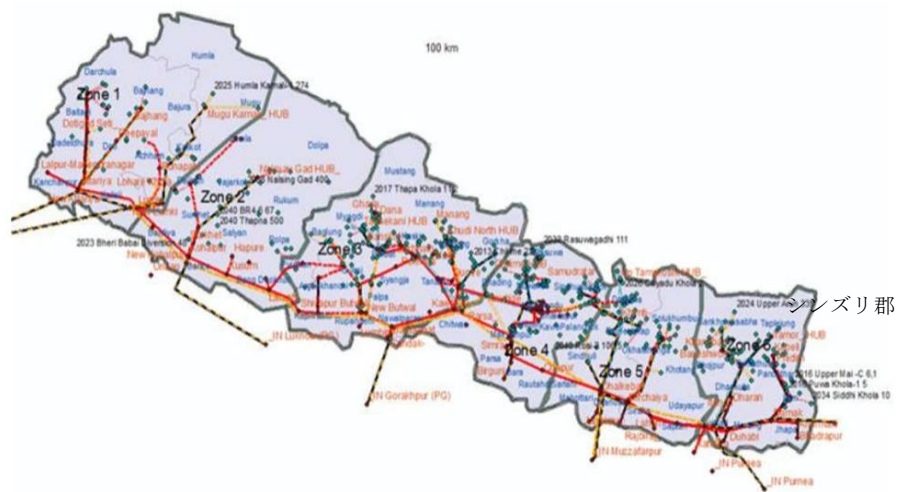
それに対し、図 13.6-25 は 2035 年までの全国、及び 2040 年までのシズリ道路を含むゾーン 4 の送電網整備計画を示す。

¹ 「ネパール国 都市送配電網整備にかかる 情報収集・確認調査 ファイナルレポート」 2019.(JICA) (株) ニュージェック、関西電力 (株)

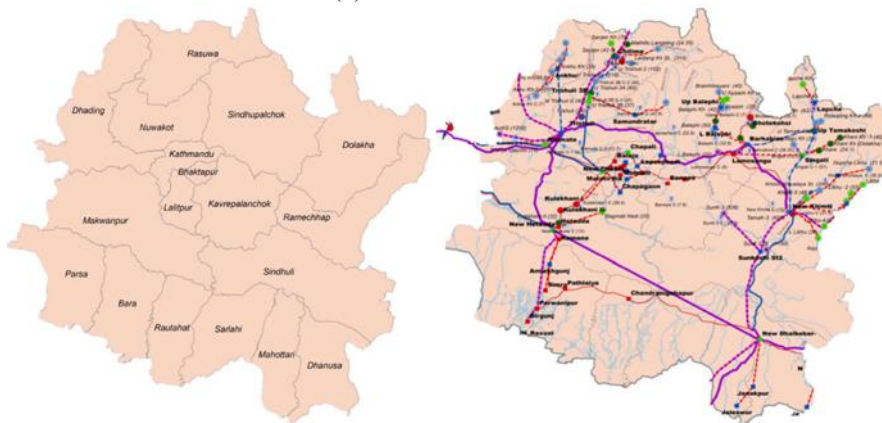


出典：ネパール国 都市送配電網整備にかかる 情報収集・確認調査 ファイナルレポートより

図 13.6-24 ネパールの電力需給バランス予測



(a) 全国 (2035年)



(b) ズーン 4 (2040年)

出典：Transmission System Development Plan of Nepal (Government of Nepal Ministry of energy, water resources & irrigation, July 2018)

図 13.6-25 送電網計画

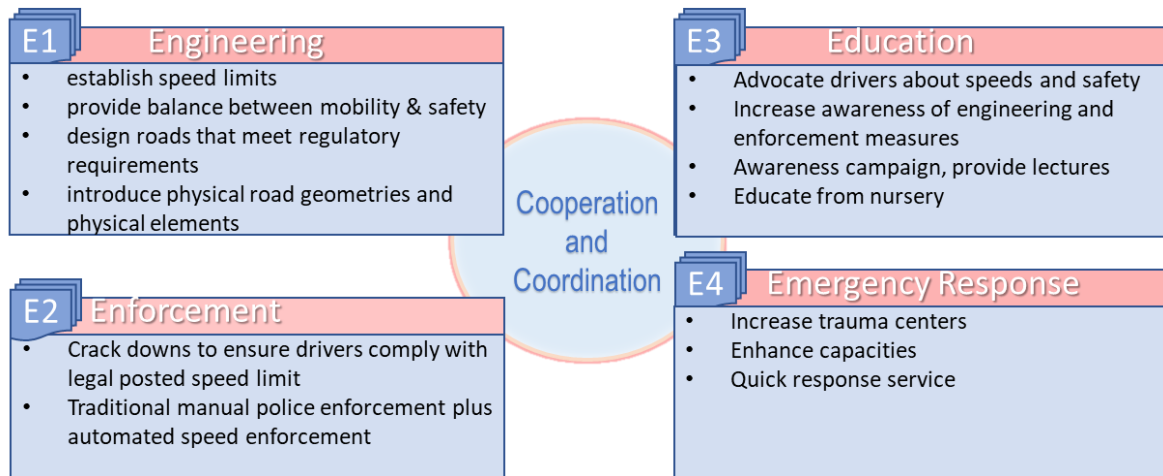
第14章 道路安全

14.1 概要

交通安全に対する関心は世界的に高まっている。世界保健機関（WHO）によると、世界中で毎年約 135 万人が交通事故（RTA：Road-Traffic Accidents）で死亡している。これは日当たり 3,000 人以上が死亡していることになる。また、毎年 2,000 万～5,000 万人が交通事故により負傷している。交通事故による死亡者の半数以上は、歩行者や自動二輪車などである。歩行者、自転車、自動二輪車及び自動三輪車の運転手やその乗客は「道路利用者における弱者」と呼ばれ、世界中の交通死亡事故者の半数を占めている。交通事故はすべての年齢層における主要な死因のひとつであり、5～29 歳の子供から若年成人における死因の第一位となっている。世界中の国々が、死亡者や重傷者を減らすための政策や戦略を具体的な行動計画に適用させている。しかし、低所得国では特に死亡事故の割合が高いにもかかわらず、十分な対応ができていない状況であり、それはネパールも例外ではない。エンジニアリング、教育及び施行（3E）は、交通安全の 3 つの重要な要素と見なされているが、近年では緊急対応も事故時の重要な役割を果たすため、重要要素として追加された。

14.2 交通安全における重要要素

多くの国々は、交通安全に対応するための重要な要素として 4E¹（エンジニアリング、執行、教育、緊急対応）を提唱している（図 14.2-1）。



出典：JICA 調査団

図 14.2-1 交通安全の重要な要素（4E）

Engineering は、道路規格及び目的に沿った制限速度の確立を目的とする。全ての道路利用者に走行性及び安全性のバランスを提供し、規制要件を満たしながら、望ましい速度で走行可能な道路を設計する。物理的な道路形状及び線形要素により、ドライバーが所定の速度で走行できるような道路を形成する。

¹ 一部の速度管理プログラムでは、他の「E」、例えば Evaluation, Environment, Equity を用いることを検討中である。また、道路管理者は、地域状況に応じて考慮する場合もある。

Enforcement は、ドライバーの法定速度遵守に係る措置が含まれる。警察による現場での取り締まりが一般的な方法となっている。また、深刻な交通安全問題に対しては法的措置による厳罰化、スピード違反減少を目的とする自動速度検知システムが導入されている。

Education は、走行速度及び安全性に関する情報をドライバーに提供し、法定速度遵守に係る Engineering と Enforcement の認識を高めることを目的とする。

Emergency Response は、重大事故の発生を最小限に抑えるために、迅速な緊急時対応が可能となる体制を構築することを目的とする。

14.3 道路安全を所掌する組織

ネパールの交通安全の主導機関はインフラ交通省（MOPIT）である。MOPIT の大臣は、かつて全国交通安全評議会（NRSC）の設立時から議長を務めていたが、本評議会は交通安全を重要視する世界的な流れによって創設されたものであり、設立後も十分に機能しない状態であった。その後、交通安全に関する所掌を MOPIT に付与することが 2012 年 1 月 31 日に承認され、道路安全に係る道路機能の調整、法整備、道路監視及び評価を行うこととなった。

14.4 道路安全行動計画及び道路安全戦略

14.4.1 道路安全行動計画

国の道路安全行動計画 2013-2020（Road Safety Action Plan : RSAP 2013-2020）は、UN Global Action に従い、Ministry of Physical Planning, Works and Transport Management（MPPWTM）によって 2013 年に策定された。すべての関係者は、統一されたルールの下、交通安全の改善及び管理のため本行動計画に従うこと義務を負う。また、ネパールにおける交通事故による人的被害及びそれによる経済的損失現象を目標とした関係機関が実施する活動についても述べられている。RSAP 2013-2020 はネパール国内で策定された初めての道路交通安全行動計画であり、現在、第二次道路安全行動計画（RSAP 2020-2030）の策定が進められており、まもなく発行される予定である。RSAP 2020-2030 は、RSAP 2013-2020 に学んだ成果及び教訓を取り入れて、RSAP 2013-2020 を改訂及び更新することで策定される。RSAP では、道路安全に関する下記の 5 つの重点項目を掲げている。

重点事項 1：交通安全管理（19 の行動計画目標）

重点事項 2：より安全な道路及びモビリティ（26 の行動計画目標）

重点事項 3：より安全な車両（22 の行動計画目標）

重点事項 4：より安全な道路利用者（16 の行動計画目標）

重点事項 5：事故後の対応（11 の行動計画目標）

上記の重点事項に関する行動計画目標は約半分のみが確立・実行されたと報告されているが、これらはまだ認証されていない状況である。

14.4.2 道路安全戦略

道路安全戦略の詳細な策定は、道路安全行動計画（RSAP 2013-2020）で提案されている主要活動の 1 つであり、暫定的に以下を提案している。

ビジョン

効果的な緊急時対応、及びそれを支える環境整備により、死亡事故がほとんど発生しない安全な道路インフラサービスを提供すること。

ミッション

- (i) 交通事故による人命、財産、経済的損失の軽減
- (ii) 暴力、負傷及び障害の防止に関する国家戦略のより広範な使命の補完²
- (iii) UN Decade of Action の達成
- (iv) 関係機関における交通事故軽減に係る共通の枠組みの提供

14.5 道路安全監査

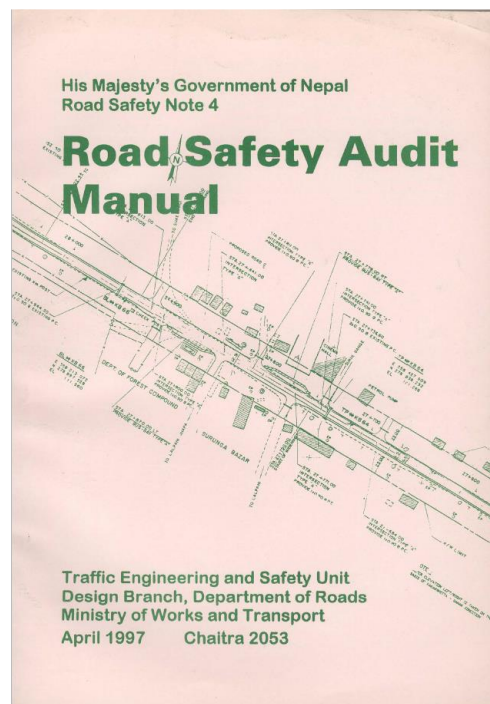
14.5.1 道路安全監査マニュアル

道路安全監査（RSA）マニュアルは、道路局（DOR）の Traffic Engineering and Safety Unit（TESU）³によって1997年に作成された（図 14.5-1）。このマニュアルは、高速道路の技術者や関係者の間で交通安全に対する意識を高めることを目的として作成されており、道路の供用前後において潜在的な安全上の問題を検出するための道路計画上の安全面の監査の方法を体系的に定義している。DOR の方針は、より安全な道路とモビリティを確保するために、新しい主要道路の建設及び改修事業の定期的な道路安全監査を義務付けている。道路安全監査、設計プロセスに関与していない第三者的な専門家または専属チームによって実施される。

このマニュアルは、下記に示す 4 つのステージ⁴に適用される。

- i) ステージ 1：フィージビリティスタディ段階
- ii) ステージ 2：予備設計段階
- iii) ステージ 3：詳細設計段階（主要監査）
- iv) ステージ 4：供用前段階

ただし、DOR によれば、リングロードの Kalanki-Koteswor 区間で、交通事故防止を目的に供用後の監査（既存道路の監査）も実施しているとのことである。監査結果に基づき、DOR は同区間にある 8 箇所の既存橋梁及び 3 箇所の橋梁（フライオーバー）とは別に 1km 毎に 6 箇所の橋梁（フライオーバー）の建設を決定した。



出典：JICA 調査団

図 14.5-1 道路安全監査マニュアル

² National Strategies for Prevention and Control of Violence, Injuries and Disabilities in Nepal; GON

³ TESU は 2021 年 11 月に「Road Safety and Traffic Unit (RSTU)」に名称変更された。

⁴ ネパールのマニュアルは 4 段階で監査を義務付けているが、米国連邦道路局は 5 段階で監査を推奨している。5 番目は建設後（あるいは既存の道路の場合）の監査である。

14.5.2 監査プロセス

監査プロセスを図 14.5-2 に示す。



出典：JICA 調査団

図 14.5-2 道路監査プロセス

14.6 道路安全に関する予算

MOPIT の交通安全基金は国家予算から割り当てられている。過去 3 年間の MOPIT に割り当てられた交通安全予算を表 14.6-1 に示す。交通安全予算は年々増加傾向にあり、道路安全に対して注力していることが窺える。

表 14.6-1 過去 3 年間の交通安全に係る予算

会計年度	2019/20*	2020/21	2021/22
予算 (百万 NPR)	97.9	220.7	500.0

注：2019/20 の予算額は実際の会計金額であり、2020/20 年度及び 2021/22 年度の予算は概算金額である。

出典：Red Book 2078/79

14.7 ネパールの道路安全

14.7.1 現状

ネパールは南アジアで最も高い道路死亡率を有する国のひとつである。WHO によると、2016 年のネパールでの交通事故死亡者の総数は 4,622 人と推定されている。人口 10 万人あたりの死亡者数は 15.9 人となり、致死率は近隣諸国とほぼ同等である。しかし、国内で登録されている車両数で死者数を比較すると、ネパールは車両 10,000 台のあたり 40.0 人であり、南アジアでトップにランクされている。これは、ブータン (16.7) の 2 倍、インド (13.0) の 3 倍、スリランカ (7.1) の 5 倍であり、交通事故による死亡者及び重傷者による損失は約 11 億 9,400 万 USD にも及ぶ。

ネパールの交通安全に関する過去の調査とモニタリング結果に基づく現状は以下のように要約することができる。

- 交通事故の約半分はカトマンズ盆地内で記録されている（国の登録車両数の半分がカトマンズ盆地内）。
- カトマンズ盆地内での交通事故による重症度は過少報告されている
- 交通事故において歩行者が最も重傷度が高い
- 交通事故が発生しやすい地域は都市部の交差点及び農村部における幹線道路のブラックスポットである（橋梁のアプローチ区間、市街地、交差点、急カーブ、急勾配区間など）
- 都市部ではバイク事故が深刻であり、農村部ではトラックやバスによる交通事故が支配的である

- ・ 事故の3分の1は、日没後の交通量が少ないときに発生している
- ・ 安全施設の欠如、不適切な道路規格、国連の車両安全規則に準拠していない車両、不十分な道路安全規則、道路利用者のモラル（教育）欠如、不十分な緊急時体制、タイムリーな道路維持管理の欠如、ドライバーの怠慢が事故の主な原因

以上のことから、ネパールの交通安全戦略及び実践は初歩的な段階にあると言っても過言ではない。RSAP（道路安全行動計画）2013-2020及び道路安全監査マニュアルを策定しているにもかかわらず、ネパールで設定された交通事故削減目標の達成にはほど遠い。ネパールにおいても4Eを提唱しているが、十分な結果を残せていない状況である。国内での交通事故死亡者及び重傷者を減らすために、道路安全の4Eを改善する必要がある。

14.7.2 安全戦略

以下の措置は、2017年の交通安全評議会（NRSC）の設立とともに講じられた。

- ・ 道路新規建設及び改修事業における道路安全監査の義務化（ドナー支援によるパイロットプロジェクトから開始）
- ・ 包括的な運転免許試験の導入
- ・ 交通安全意識向上キャンペーンの実施
- ・ ネパール道路設計基準の改訂
- ・ RSAP 2013-2020の実施
- ・ 交通安全に係る取り締まり活動（戦略的道路に限定）
- ・ 交通安全に関連する法律の公布（制限速度超過、飲酒運転、薬物運転、ヘルメット及びシートベルトの使用など）
- ・ 外傷センター・ERの設立（カトマンズ市）
- ・ 車検センターの設立（カトマンズ市）

14.8 道路安全に関する課題及び交通安全診断

14.8.1 道路全般における課題

ネパールは山岳国であり、道路の多くは山岳地帯固有の安全面における問題を有している。RSAP 2013-2020では、ネパールの道路に係る安全問題を次のように指摘している。

- ・ 道路の視界不良（道路照明の未整備・濃霧の発生）
- ・ 道路幅員（路肩幅員）の不足
- ・ 排水側溝の不足
- ・ ガードレールの不足
- ・ 不適切な一車線道路における待避所の設置
- ・ 急勾配と複合した急カーブ区間
- ・ 急勾配区間における登坂車線の欠如
- ・ タイムリーかつ適切な道路維持管理の欠如による轍掘れやポットホール
- ・ 国連の安全車両規制に準拠していない車両の通行（特にバス・トラック）
- ・ 定員乗車人数を超える車両の走行
- ・ 制限速度、ヘルメット及びシートベルトの未着用などの規則違反
- ・ 安全意識の欠如（教育の不足）

- ・ 法律、規則、規制の不適切な施行

14.8.2 シンズリ道路における課題及び交通安全診断

シンズリ道路の道路安全状況を理解するために、本調査ではドライブレコーダーで現道状況を撮影した。その映像を米国連邦道路管理局（FHWA：Federal Highway Administration）の既存道路の道路安全監査で推奨されているプロンプトリストを参照し、道路安全診断を実施した。以下に示す診断結果には、道路安全上の課題・問題の抽出、場所と項目の特定、対応策・推奨事項をそれぞれの項目で取りまとめた。対応策・推奨事項は、今後の調査段階で活用される可能性あるが、道路安全調査を実施する段階において、適宜使用するプロンプトリストを選択する必要があることに留意する必要がある。

(1) 道路線形と横断構成

1) 視界・視距

第二工区の Sta.44+000～71+200、第三工区の Sta.80+300～80+800、Sta.85+800、Sta.89+000～89+700 及び Sta.92+200～93+500 のような急カーブやヘアピンカーブ区間では、視認性が悪い区間が存在する。しかしながら、シンズリ道路は設計速度が遅いため、これらの工区に存在する急カーブ区間などは道路安全上、それほど大きな問題にはならない。第四工区には、急カーブ区間にカーブミラー（凸面ミラー）が設置されているが、カーブミラーのいくつかは損傷、盗難等により機能していない。

対策・推奨：カーブミラーの適切な設置及び警告標識の設置

2) 設計速度と制限速度

設計速度は工区ごとに異なり、第1章1.9節で述べたとおり、シンズリ道路の現在の役割及び機能から設計速度は高く設定されていない。しかし、バスやマイクロバスなど、日常的にシンズリ道路を使用するドライバーは、各工区に課せられた制限速度を超過して走行している。この要因としては、i) シンズリ道路は当初砂利道として設計されていたが、後にアスファルトで舗装として整備され、走行性が向上したこと（路面状態の改善）、ii) 道路は1.5車線の道路であり、特に平面曲線が緩和される区間で加速しやすいこと、iii) バスやマイクロバスの運転手にとって馴染みのある道路となっていること、が挙げられる。

対策・推奨：制限速度標識、路面標示、ランブルストリップスなどの安全施設の適切な設置

3) 車両の追い越し

直線区間や平面曲線が緩やかな区間では、低速車両の無理な追い越しが頻繁に行われている。シンズリ道路は1.5車線整備のため、一定間隔で待避所が整備されているが、完全には機能していない。

対策・推奨：追い越し警告標識の設置、待避所標識の設置と利用の促進、待避所の拡幅・拡大

4) 横断構成要素

シンズリ道路は両側の路肩幅員が不十分であり、場所によっては部分的に横断勾配が逆勾配となっている。

対策・推奨：ネパールの道路基準に準じた1.5m以上の路肩を有する2車線化

5) 道路排水

道路の横断勾配が排水側溝に対し逆勾配となっていることを除いて、道路排水に関する問題は確認されない。

対策・推奨：逆勾配区間への逆側に排水溝の設置

(2) 付加車線

1) テーパー

テーパーは、待避所や車線数の増減区間（シフト区間）に設置され、交差点を含め、登坂車線やその他の形式の追加車線は設けられないことが一般的である。推奨事項として、待避所への出入りを容易にするためのテーパー長の拡大が挙げられる。ただし、これは、シンズリ道路が現状の1.5車線として運用される場合に適用すべき事項である。バス停、登坂車線、またはその他の追加車線が提供されていない限り、2車線に拡張されている場合は、この対応は不要である。

2) 車線幅員及び路肩幅員

シンズリ道路の始点（バルディバス）と終点（ドゥリケル）付近には数百メートルの付加車線が設けられている。テーパー長及び車線幅員は適切であるが、路肩幅は狭く、十分な幅が確保されていない。また、待避所は路肩を兼ねて整備されているため、待避所には路肩が整備されていない。

対策・推奨：道路規格に準拠した適切な路肩幅の確保

3) 路面標示及び標識

一部の箇所における待避所及び車線減少の標識は設置されていない、もしくは塗料の色あせ、形状の乱れ、設置方向の不整合などから、認識されづらい状況となっている。また、道路中心線及び路側線は表示されているものの、待避所、車線減少、横断歩道などの路面標示は確認されない。

対策・推奨：路面標識の維持管理（修理、交換、新設）及び路面標示の設置

4) 車両のUターン

直線区間、平面曲線が緩やかな区間、待避所区間及び路肩脇にオープンスペースがある区間において、Uターンを行う車両が存在する。

対策・推奨：適切な間隔（3～5 km）でのUターンスペースを設置

(3) 交差点及び接続道路

1) 設置位置

現在、シンズリ道路の既存交差点（2路線以上の道路交差箇所）は、都市部などで計画される交通流などを考慮した適切な交差点にはなっていない。しかし、これらの既存交差点周辺の開発は急速に進んでおり、今後、当該箇所は適切な交差点として改修する必要がある。シンズリ道路における主要な交差点箇所は Sta.0+000（E-W ハイウェイとの接続点）、Sta. 18+500（Madan Bhandary 道路との接続点）、Sta.37+000 及び Sta.38+000（シンズリバザール）、Sta.74+280（M-H ハイウェイとの接続点）、Sta.76+100（クルコットバザール）、150+000（ドゥリケル）である。シンズリバザールとクルコットバザールの交差点は、斜めに交差している。

対策・推奨：新規交差点に対しては適切な交差点計画、既存交差点に対して可能な限り 90 度

で交差するような交差点改良、または、ラウンドアバウトの設置

2) 視界及び視距

現在、既存道路の接続箇所における視距は確保されているが、接続箇所周辺の急速な開発に伴い、視距が妨げられることが想定される。特に前述の既存交差点箇所が懸念される。

対策・推奨：将来的な交差点改良を踏まえた用地買収

3) 路面標示及びマーキング

現状の接続箇所（既存交差点）における路面標示とマーキングは十分ではあるが、それらは摩耗している。

対策・推奨：路面標示及びマーキングの補修・維持管理の推進、反射道路鋳・高輝度路面標示の採用

4) 道路照明及び信号

特定の交差点には道路照明が設置されているものの、十分な輝度は確保されていない。また、これらの交差点は信号機が設置されておらず、交通制御されていない。

対策・推奨：道路利用者が多い区間への道路照明の設置、並びに主要交差点であるM-B道路、トゥリケル及びバルディバス交差点への信号機の設置

(4) 標識及び道路照明

1) 標識及び道路照明に関する課題

標識はシンズリ道路全体に沿って設置されており、道路照明は限定的である。前述のとおり、路面標示及びマーキングの維持管理及び適切な道路照明の設置が推奨される。

2) 認識のしやすさ及び部材

道路標識は十分に維持管理されておらず、標識を認識できない状況となっている。一方、標識部材は健全な状態となっている。

対策・推奨：標識（部材含む）の定期的な維持管理

3) 照明

主に市街地区間では設置されているものの、ほとんどの区間には照明はない。

対策・推奨：ブラックスポット（急カーブ及びアピンカーブ区間）への設置、ソーラーパネル付き LED 照明の設置

(5) 路面標示（マーキング）

1) 中央線・路側線・その他

シンズリ道路の路面標示（マーキング）は近年整備がなされた。1.5 車線の道路であるため、中心線は明示されていないが、路側線はほぼ全線にわたり整備されている。

2) ガイドポスト及び反射板

シンズリ道路では、ガイドポスト及び反射板が設置されていない一方で、谷側にガードポスト及びガードブロックが設けられている。これは、車両の転倒に対する防護とドライバーの視線誘導の観点から機能している。第三工区にはこれらのガードポストに反射板が設置されている。

対策・推奨：反射板の設置

3) カーブ区間の警告標識及び視線誘導標

カーブ区間には、主に道路標識及びカーブミラーが設置されている。しかしながら、いくつかの場所ではカーブミラーが損傷している箇所も見受けられる。

対策・推奨：カーブミラーの維持管理

(6) ガードレール及び歩道

1) ガードレール

シンズリ道路の谷側には車両の転落防止を目的として、ガイドポスト及びガードレールの両方を兼ねたコンクリートブロックが設置されている。一方、金属製のガードレールの設置は限定的である。コンクリートブロックは、第一工区の平坦な区間を除き、シンズリ道路全線に整備されている。第二工区及び第三工区ではコンクリートブロックが短い間隔で設置され、非常に効果的である。しかし、第四工区のほとんどの区間にはガイドポストのみが広い間隔で設置されているのみである。

対策・推奨：第四工区にもコンクリートブロックを適切な間隔で設置すること、有効幅員をより捻出できるような構造物の採用

2) 歩道とガードレール

歩道はバルディバス及びドゥリケルの市街地に設置されている。また、ドゥリケルの数百 m の区間ではガードレールにより歩車道が分離されている。

対策・推奨：バルディバスの4車線区間へのガードレールの設置

(7) 橋梁及びカルバート

1) 橋梁

橋梁は1.5車線の幅員しか確保されておらず、歩道も整備されていない。

対策・推奨：改修優先度の付与・明確化、橋梁の拡幅及び歩道整備（第一工区の洪水エリアの市街地近傍もしくは長い橋梁、クルコット及び Dihi Phant (Sta.81+100 及び Sta. 102+000) のコーズウェイ区間)

2) コーズウェイ

コーズウェイは堆積した土砂により頻繁に通行が困難な状態になる。場合によっては、土砂が撤去されるまで通行止めとなることもある。

対策・推奨：コーズウェイの維持管理の適切な実施

3) 洪水及び冠水

土砂の堆積により、コーズウェイ付近で冠水が発生し、交通が遮断されることがある。

対策・推奨：車両進入をコントロールするための信号または手動水門の設置

(8) 舗装

1) 舗装の損傷

深刻な舗装の損傷区間は確認されなかった。

2) 滑動抵抗

急カーブ区間、急勾配区間及び交差点へのアプローチは、活動抵抗の低下影響を受けやすい。

対策・推奨：危険個所の特定、滑動抵抗の測定、大型車通行に対応したアスファルト舗装の採用

3) 凍結

冬季には、第二工区及び第四工区の標高が高い区間（特に日光にさらされていない北側の丘陵地）で路面が凍結することがある。

対策・推奨：警告サインの設置

(9) その他の安全に関する課題

1) ヘッドライトの輝度

シンズリ道路は道路照明の設置が限定的であり、道路照明がない場合、ドライバーはヘッドライトのハイビームを使用する。これにより、全体的なドライバーの視界が低下し、障害物や歩行者の認識が低下する。

対策・推奨：ドライバーの意識を高めるための教育、視線誘導標や路面標示の設置によるドライバーへの注意喚起

2) 動物の出現

シンズリ道路では稀に道路上で動物が確認される。特に第二工区の夜間は山岳地帯に沿っており、その危険性が高い。

対策・推奨：特にリスクの高い区間の特定、警告標識の設置

3) 休憩施設

シンズリバザール、クルコット、ムルコット、ネパールトック、バクンデベシなどには道路利用者が休憩（食事や宿泊）できる施設が充実している。しかしながら、ガソリンスタンド、サービスステーション、地元の商品を販売するショップ、情報発信エリア（日本の道の駅などの休憩所）を含む多機能な休憩エリアは存在しない。

対策・推奨：レストランやガソリンスタンドを含む休憩施設の整備（第15章参照）

4) 緊急時対応

交通事故被害者の生存確率は、専門の医療施設（外科センター）で処置を受けるまでの経過時間に比例する。現在、ネパールにはカトマンズにある唯一の認可された外科センターがあるが、シンズリ道路沿いの交通事故の被害者のほとんどは、ドゥリケルの Kathmandu University Hospital で治療を受けている。病院には現在、外科センターは存在しないが、設立の準備が進んでいる。

対策・推奨：一定地域への一般的な医療施設の設立、事故対応の体制構築（応急措置、救急搬送、レッカー等）

14.8.3 認識及び推奨事項

本調査での道路安全診断結果は、直ちに行動を起こすことを目的としたものではない。これらは、シンズリ道路が改良対象となる場合に、計画段階から安全に関する内容を取り込むことを目的としている。

また、上記の安全診断は、米国の FHWA のプロンプトリストを参照して実施したが、ネパールの道路安全監査マニュアルには、安全機能を示すプロンプトリストも記載されている。ただし、そのリストは非常に一般化されたニーズの要約のみに終止している。包括的な道路安全診断では、現場

の状況やその他の制約を考慮することが重要であるため、FHWA または他の国際機関によって適用されているプロンプトリストを参照して適用することが推奨される。

DOR は、フィージビリティスタディの段階から道路安全に配慮することを義務付けているため、道路の安全性の問題を特定し、対応する調査及び計画に適切な対策を組み込むことが重要である。

第15章 休憩施設計画

15.1 概要

シズリ道路の休憩施設に関するプレフィージビリティスタディ（Pre-F/S）は、JICA のシズリ道路運営・維持管理プロジェクトの中で 2019 年 9 月に実施された。この報告書には主に下記の内容が記載されている。

- 休憩施設の現状と候補地
- 休憩施設開発計画
- 休憩施設設置に係る推奨事項

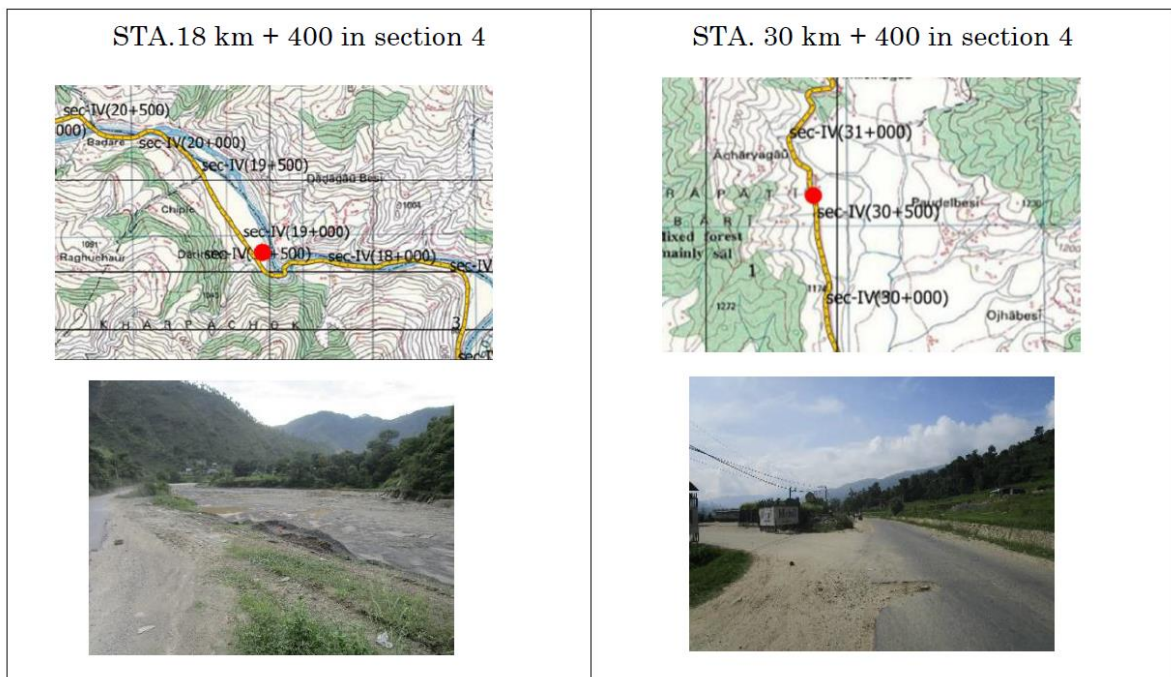
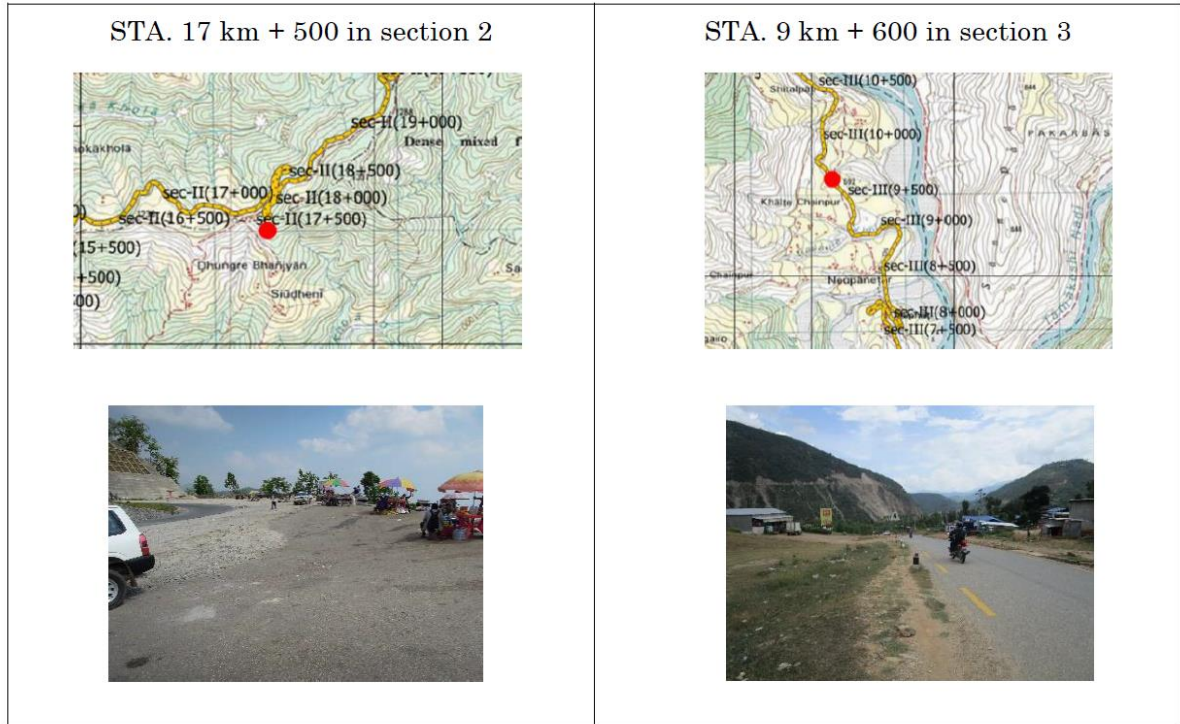
Pre-F/S の報告書では、図 15.1-1 及び図 15.1-2 に示すように、道路利用者が現在休憩施設として使用しているエリアを含め、合計 10 箇所の候補地が提案されている。

本章では、Pre-F/S 報告書の内容及び本調査での現地調査結果に基づいて Pre-F/S 報告書の内容を更新する。



出典：Technical Report (Draft) Pre F/S of Rest Area in Sindhuli Road

図 15.1-1 2019 年時点での休憩施設候補地（現時点で休憩施設として利用）



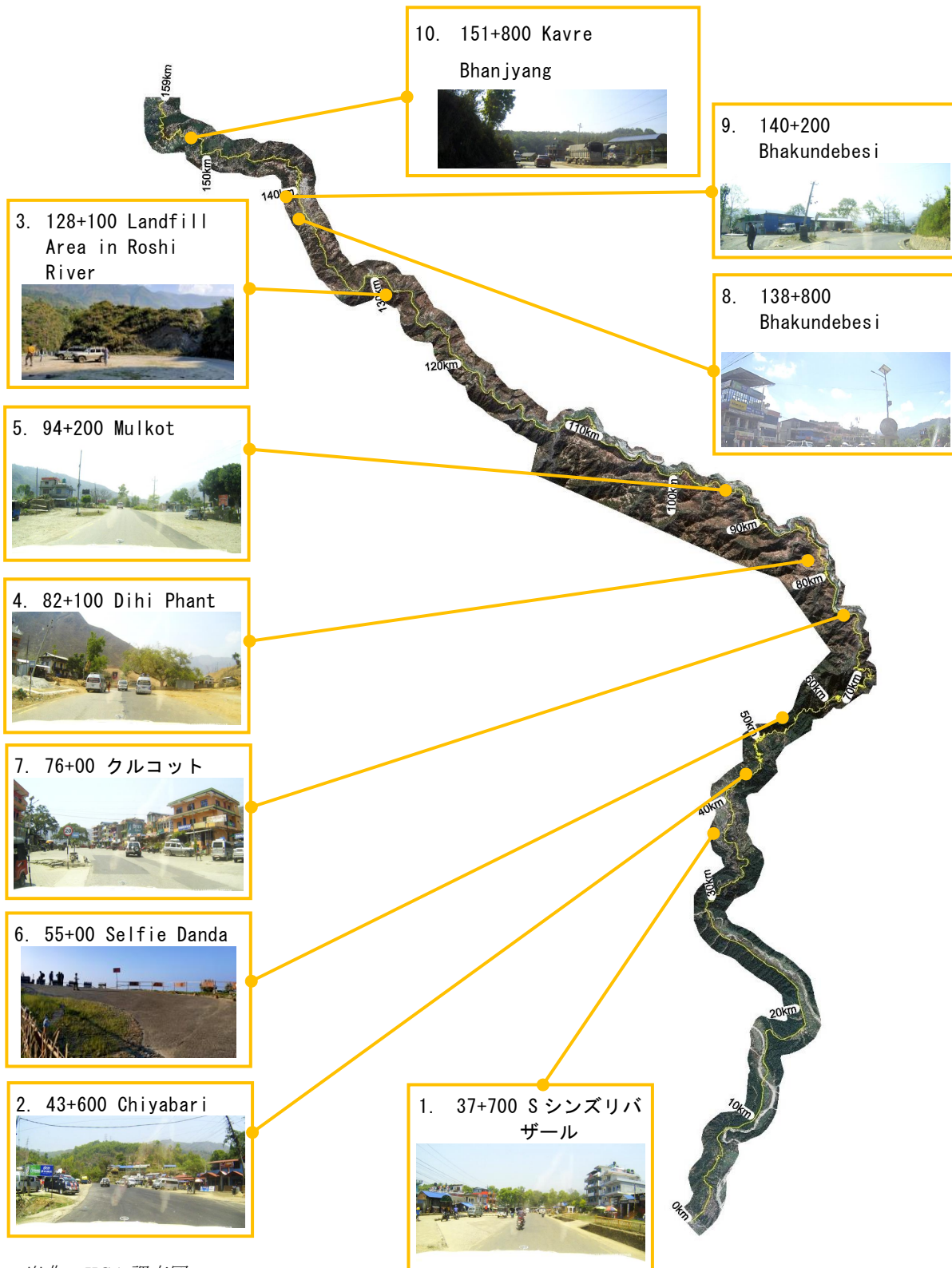
出典 : Technical Report (Draft) Pre F/S of Rest Area in Sindhuli Road

図 15.1-2 休憩施設候補地 (新規候補地として提案)

15.2 休憩施設候補地の現状

15.2.1 休憩施設候補地の位置

2019年のPre-F/Sにて調査された休憩施設候補地の位置を図15.2-1に示す。



出典：JICA 調査団






図 15.2-1 休憩施設位置図

15.2.2 現状

本調査にて休憩施設候補地の現状を調査した結果を表 15.2-1 に示す。

表 15.2-1 休憩施設候補地の現状

No.	場所	写真	調査結果 (現状)
1.	37+700 シンズリバザール		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約 50 分、カトマンズから約 4 時間 20 分の場所である。 休憩施設 (宿泊施設・カフェ・レストラン等) 多く立地している。
2.	43+600 Chiyabari		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約 1 時間、カトマンズから約 4 時間の場所である。 休憩施設 (宿泊施設・カフェ・レストラン等) 多く立地している。
3.	55+00 Selfie Danda		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約 1 時間 30 分、カトマンズから約 3 時間 30 分の場所である。 露店 (売店) が複数立ち並んでいる。 周辺の景色が一望でき、セルフイースポットになっている。
4.	76+00 クルコット		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約 2 時間、カトマンズから約 3 時間の場所である。 休憩施設 (宿泊施設・カフェ・レストラン等) 多く立地している。
5.	82+100 Dihi Phant		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約 2 時間、カトマンズから約 3 時間の場所である。 現在、休憩施設は立地していないが、休憩施設を設置する用地は存在している。

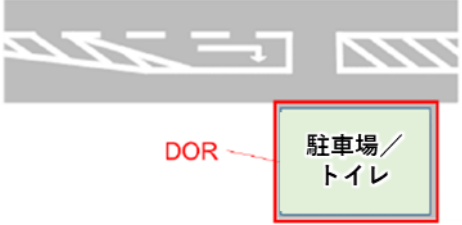
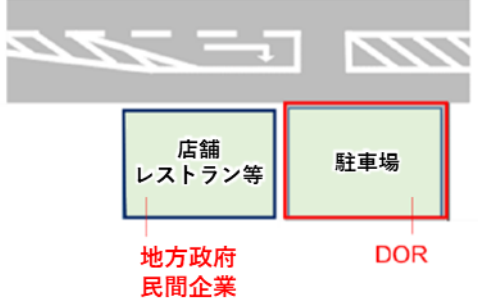

No.	場所	写真	調査結果（現状）
6.	94+200 Mulkot		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約2時間30分、カトマンズから約2時間30分の場所である。 道路沿いにいくつかのレストラン・カフェなどは立地している。休憩施設を設置する用地は存在している。
7.	128+100 Landfill Area in Roshi River		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約3時間、カトマンズから約2時間の場所である。 Roshi 川沿いの埋め立て地である。 現在、休憩施設は立地していないが、休憩施設を設置する用地は存在している。
8.	138+800 Bhakundebesi		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約3時間30分、カトマンズから約1時間30分の場所である。 休憩施設（宿泊施設・カフェ・レストラン等）多く立地している。
9.	140+200 Bhakundebesi		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約3時間30分、カトマンズから約1時間30分の場所である。 現在、休憩施設は立地していないが、休憩施設を設置する用地は存在している。
10.	151+800 Kavre Bhanjyang		<ul style="list-style-type: none"> バルディバスから車で約4時間、カトマンズから約1時間の場所である。 現在、休憩施設は立地していないが、休憩施設を設置する限られた用地は確保可能。

出典：JICA 調査団

15.3 休憩施設開発計画

15.3.1 計画方針

2019年のPre-F/S報告書では、図15.3-1に示すように2つの段階的な開発が検討されている。

プロセス	ステップ1	ステップ2 (将来)
主計画	<p>道路の安全施設として、DORが無料の駐車場及びトイレを建設・維持する。</p> 	<p>ステップ1で建設した駐車場及びトイレに隣接して地方政府が民間企業と連携した店舗（レストラン等）を建設・運営する。</p> 
サブ計画	<p>DORは、高品質のトイレにアップグレードする民間企業に補助金を提供する。更にその場所を公共トイレに指定する。</p> 	

出典：Technical Report (Draft) Pre F/S of Rest Area in Sindhuli Road

図 15.3-1 休憩施設開発計画

この計画は、既存の道路状況に基づき、1.5車線をベースに策定されている。しかしながら、今後、シンズリ道路の機能向上として全線2車線化及び全車両の通行を目指すため、上記の開発計画を踏まえ、下記の調査が必要となる。

- 施設及び駐車場規模に関する調査
- 必要な設備及び運営・維持管理方法の検討
- 用地取得

15.3.2 休憩施設（道の駅）整備に係るプロセス

2019年のPre-F/S報告書では、表15.3-1に示すように、休憩施設整備に必要なプロセスが整理されている。

表 15.3-1 休憩施設整備に係るプロセス

プロセス	ステップ1	ステップ2 (将来)
主計画	1. 休憩施設整備に関する DOR 規定の追加及び予算の確保 2. 休憩施設の設計 3. 休憩施設の建設 4. 休憩施設の運営・維持管理	1. 地方政府及び民間企業間の連携方法の構築 2. テナント誘致及び契約管理 3. テナントの設計・建設 4. 営業及び運営
サブ計画	1. 休憩施設整備に関する DOR 規定の追加及び補助金の確保 2. システム運用	

出典：Technical Report (Draft) Pre F/S of Rest Area in Sindhuli Road

15.4 推奨事項

15.4.1 道の駅の設置

2019年のPre-F/S報告書では、シンズリ道路沿いに「道の駅」を設置することを推奨しています。「道の駅」は、観光客だけでなく、地域の社会・経済活動にも役立つ多目的施設である (<https://www.japan.travel/en/guide/michi-no-eki/>参照)。

シンズリ道路の改良後、交通量は増加するため、より多くの道路利用者が休憩施設を利用すると推測される。また、シンズリ道路沿いには観光名所やレクリエーション施設があり、休憩施設及び情報発信を目的とする「道の駅」の開発が効果的である。

「道の駅」に必要な主な設備は以下のとおりである。

- 交通災害情報局
- 道路整備事務所
- 管理案内所
- 交番
- コミュニティ会議室
- 売店（物産店）及びカフェ／レストラン等のテナントスペース
- トイレ
- ガソリンスタンド

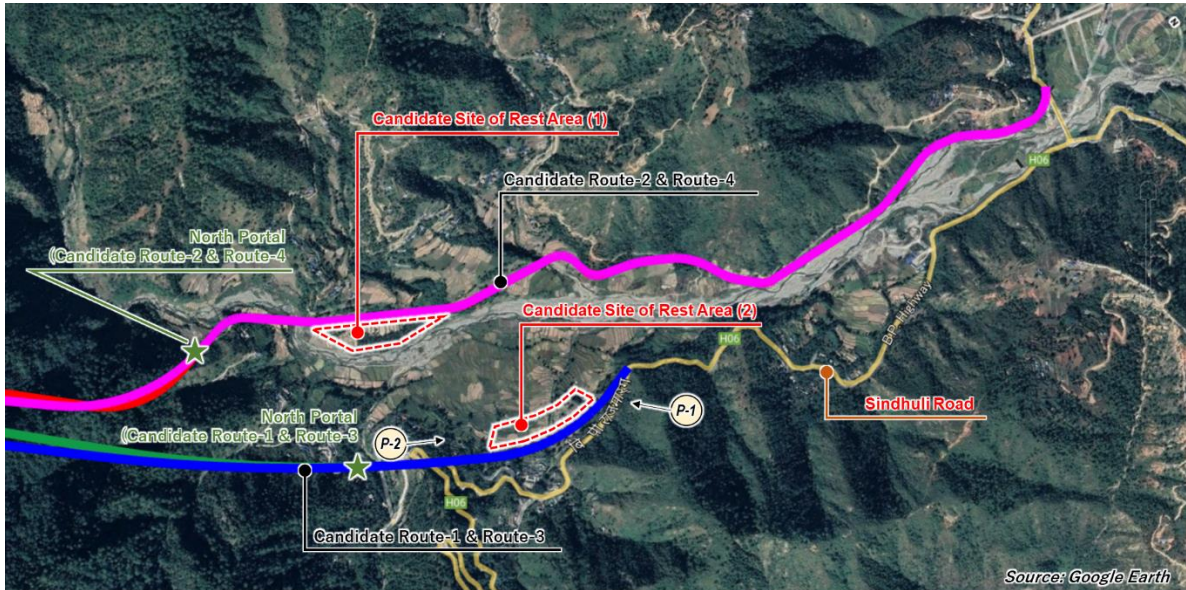
上記の設備を備え、様々な情報を提供する道の駅は、単純な食事提供のみの施設よりも需要が高いと予想される。このような多機能施設は、地域経済の活性化にさらに貢献する。

15.4.2 トンネル計画周辺の休憩施設設置計画

第二工区の Chiyabari-Khurkot 区間では、機能向上方策として山岳トンネルによる代替路を計画している。クルコット側のトンネル坑口（北側坑口）に接続するアプローチ道路は比較的平坦な農作地を通過する計画であり、トンネル管理事務所、トンネル通行のための料金所、休憩施設などを設置するスペースが確保可能である。北側坑口周辺の休憩施設の候補地を図 15.4-1 及び図 15.4-2 に示す。

これらの候補地では 17,000m² 以上のスペースを確保可能であり、交通災害情報の提供、交番、コミュニティ会議室、物産店・レストラン、トイレ、駐車場、ガソリンスタンドなどの施

設を設置することができる。また、休憩施設からは大自然と人工物（トンネル坑口、道路）のコントラストを楽しむことができるため、観光スポットとしての利用も期待される。



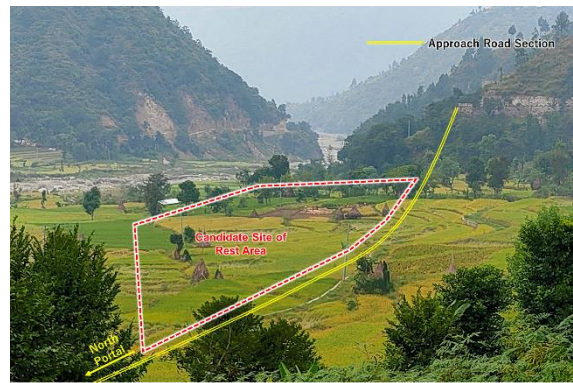
出典：JICA 調査団

図 15.4-1 トンネル計画地周辺の休憩施設候補地（位置図）



休憩施設候補地（写真-1）

出典：JICA 調査団



休憩施設候補地（写真-2）

出典：JICA 調査団

図 15.4-2 トンネル計画地周辺の休憩施設候補地の状況

第16章 施工計画・概算工事費

16.1 はじめに

機能向上方策の実施にあたり、本調査において必要となる労務、建設資材、建設機材等の調達事情に関連する情報、データを収集した。また、第10章及び第13章の機能向上方策検討及び第二工区トンネル化検討結果を踏まえ、概算工事費を算出した。これらの結果を以下に整理する。

なお、本章に記載のデータ・情報は、入手可能な公開資料、現地調査及び関係者へのヒアリング結果をベースとしており、数値、金額、情報等については、後続調査にて十分に精査、レビューを行い、必要に応じて詳細調査・検討を行うことが必要である。

16.2 施工計画

16.2.1 調達計画

(1) 全般

1) 労務

Unskilled に分類される作業員は、工事現場の近傍で可能な限り雇用することができる。Skilled に分類される特殊技能を有する工事経験者やエンジニアについては、カトマンズなど遠距離の都市部からの調達が必要になる。また、隣接国のインドからの調達もビザ取得の必要もなく容易である。一方、トンネル坑内工事、斜面防護工、栈道橋などの特殊な技術や安全管理が必要な工種については、一定数の経験ある日本人世話役による指導が必須となる。

参考として、道路局（DOR）が公開している工事費見積単価資料（Kavrepalanchowk District）の種別労務単価を表 16.2-1 に示す。

2) 建設資材

既存の資料や現地関係者のヒアリング等で得た資材調達先情報を表 16.2-2 および表 16.2-2 に整理する。

最も施工数量の多い、自然材料（石、砂、骨材など）は道路と並走して流れるスンコシ川（75km～108km）やロシ川（108km～132km）の河床や工事現場近傍の採石場から調達が可能である。セメント及び鉄筋はネパール国内の主要都市であるカトマンズ（シンズリバザールから 115km）、ジャナクルプ（シンズリバザールから 90km）及びインドからの調達が容易である。しかしながら、ネパール国において経験が少ない工種については、日本もしくは第三国からの輸入が必要である。

3) 建設機材

ネパールでは機材のレンタルビジネスが一般化しているため、レンタルによる機材調達が比較的容易である。

全てのトンネル施工機械は、品質とメンテナンスサービスを考慮すると日本もしくは第三国からの調達が原則となる。それ以外の明かり工事では、ネパール及びインドでのレンタル調達が可能である。ただし、大型機械、特殊機械については、中古品調達の可能性もある

ため、信頼性の高い機材の調達については、日本を含め慎重な判断が必要である。

種々の機材について、既存の資料や現地関係者のヒアリング等で得た機材調達先情報を表 16.2-3 およびに整理した。

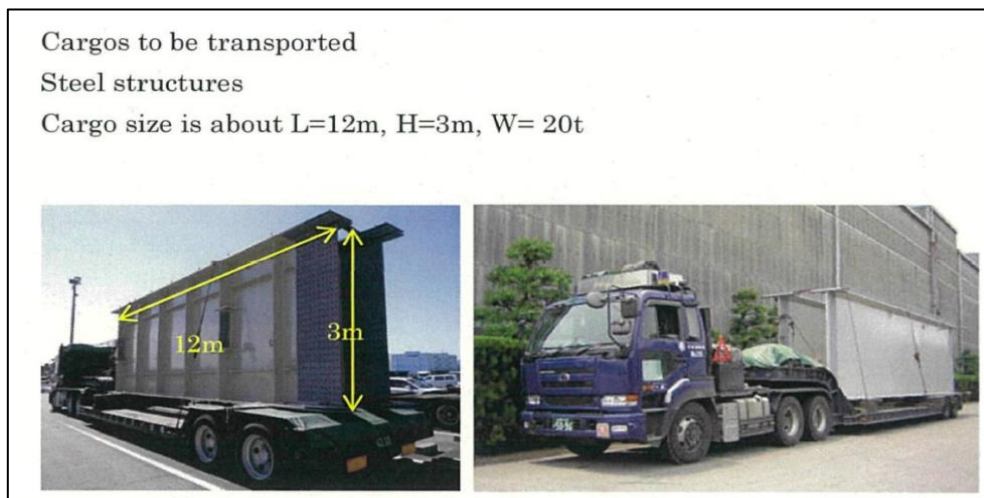
ナグドゥンガトンネル工事関係者へのヒアリング結果を参考として以下に示す。

- 明かり工事に必要な重機は大部分ネパールのサブコンが所有。
- トンネル機械はほぼ日本から輸入。
- 軽油は NOC (ネパール国営会社) がインドから輸入。
- 火薬類は国産 (軍所有) があるものの、品質実績等よりインドから輸入。
- トンネル設備については、一部欧州メーカーのインド工場などからの調達を検討したが、実現せず。

表 16.2-6 および表 16.2-7 に示す機材 (スペックに制限あり) については、DOR が調達レポートを公表しているものであり、調達が容易である。

4) 日本からの調達ルート

日本からの海上輸送による資機材調達は、これまでの工事と同様に日本の国内港から輸出しコルカタ港で荷卸し、パートナー (Patna) 経由でカトマンズあるいはバルディバスへ陸上輸送されることになる。その後、シンズリ道路の区間において、道路幅員が狭く、また道路線形が厳しい箇所が出てくるため、具体的な資機材に対する輸送計画を立てることが必要となる。図 16.2-1 にインドに拠点を置く日系運送会社へのヒアリングで得た長距離輸送車両 (40 フィート・セミトレーラー) を示す。



出典: JICA 調査団

図 16.2-1 陸上輸送用セミトレーラー (参考)

表 16.2-1 労務単価 (Kavrepalanchowk district)

S.N.	分類	077/078 rate (NPR/Md.)	078/79 rate (NPR/Md.)
1	Unskilled Labor	725.00	760.00
2	Unskilled Labor working in highlands	725.00	760.00
3	Porters (40 kg per / 4 fund)	725.00	760.00
4	Unskilled labor and porter's hero	725.00	760.00

S.N.	分類	077/078 rate (NPR/Md.)	078/79 rate (NPR/Md.)
5	Skilled workers: (carpenter, mason, painter, plumber, electrician)	990.00	1040.00
6	Semi-skilled workers: (carpenter, mason, painter, plumber, electrician, mechanics, light vehicle driver)	825.00	865.00
7	Heavy equipment operator	880.00	925.00
8	Survey helper, line man, camp helper, tape man, chain man, cleaner	715.00	750.00
9	Guard, peon, Watchman	715.00	750.00
10	Road supervisor	770.00	810.00
11	lane man (Length worker)	605.00	635.00
12	Supervisor, Facilitators, Catalysts etc. (on wages)		
	Night watchman	715.00	750.00
	Surveyor (like overseer) technician	1105.00	1160.00
	Survey helper	715.00	750.00
	Chain man, tape man, staff man, drill helper, truck helper, sayas	855.00	900.00
	Sweeper, Mehtar	570.00	600.00
	Ordinary machine operator, wire binder	870.00	915.00
	Welder assistant	745.00	780.00
	Architect/ engineer	1325.00	1350.00
	Sub- engineer, draft man, amin, nasu (Technical)	1105.00	1125.00
	Assist. Sub-engineer, draftman, amin, buyer (technical)	880.00	955.00
	Pitch sprayer	615.00	645.00
Pitch Boiler	615.00	645.00	
13	Nursery Hero	585.00	700.00

表 16.2-2 資材調達先 (1/2)

材料名	調達先			備考
	ネパール	インド	日本または第三国	
Civil Works				
Cement	○	○		Imported and domestic products are both distributed
Bitumen Materials	○			Imported products (generally distributed)
Stone	○			Imported products (generally distributed)
Grable, Sand, Aggregate	○			Available from quarries'
Earth fill material	○			Imported products (generally distributed)
Reinforcement bar	○	○		Imported and domestic products are both distributed
Guiderail (steel)	○			Imported products (generally distributed)
Concrete barrier	○			Imported products (generally distributed)
Gabion with wire	○			Imported products (generally distributed)
Wire mesh for gabion	○			Imported products (generally distributed)
Restressed concrete strand (steel wire)		○	◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
Bearing for bridge		○	○	
Concrete pipe for drainage	○			Imported products (generally distributed)
PVC pipe	○			Imported products (generally distributed)
Nonwoven fabric	○	○		Imported products (generally distributed)
Diesel (Fuel)	○	○		Imported products (generally distributed)
Wooden panels for concrete form	○	○	○	Imported and domestic products are both distributed
Wooden scaffold material	○			Imported products (generally distributed)
Steel scaffold material			○	Quality assurance
Rockbolt materials	○		◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
High-strength network	○		◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
Precast-concrete products (Curb stoe, Drainage, etc)	○			Imported and domestic products are both distributed
Concrete admixtures	○			Imported products (generally distributed)
H shaped steel beam			○	Quality assurance

出典: JICA 調査団

表 16.2-3 資材調達先 (2/2)

材料名	調達先			備考
	ネパール	インド	日本または第三国	
Tunnel Civil Works				
Steel support		○	◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
Rock bolt		○	◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
AGF material for fore piling method			○	AGF (all ground fastening) for supplemental supporting.
Retardant fluid for backing injection material		○	◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
Water tight sheet			○	
Wire mesh for Sprayed concrete	○	○	◎	◎: Recommendation from quality viewpoint
Tunnel Facility				
Facilities for emergency				
- Information System			○	
- Alarming system			○	
- Fire safety (fighting) equipment			○	
- Evacuation guidance system			○	
- Others			○	
Ventilation (Jet fun etc.)			○	
Lighting (LED light)			○	
Electric supply			○	
Monitoring and control			○	
Telecommunication			○	

出典: JICA 調査団

表 16.2-4 機材調達先 (1/2)

機材名	仕様(例)	調達先		
		ネパール	インド	日本または第三国
Civil Works				
Bulldozer	4-21ton	○		
Ripper mounted bulldozer	21ton	○	○	
Hydraulic Excavator (Backhoe)	0.3-1.0m ³	○		
Wheel loader	2.1m ³	○		
Dump truck	4-10ton	○		
Track flat body /Trailer	10-20ton	○		
Truck crane	-30ton (25t capacity)	○		
Vibratory hammer	30-90kW	○		
Breaker	0.25-1.2m ³	○		
Motor grader	3.1m	○		
Road roller	10-12ton	○		
Tire roller	3-20ton	○		
Vibration roller	3-4ton	○		
Concrete (Batching) plant	45m ³ /hr	○	○	○
Water tanker	8ton	○		
Oil tanker	8ton	○		
Rough Terrain Crane	<35 ton	○	○	
Rough Terrain Crane	35ton<			○
Borehole pile rig (with all accessories)		○		
Electric generator	100-600kVA	○	○	◎

◎ 大型機材は品質の観点から第三国推奨
 出典: JICA 調査団

表 16.2-5 機材調達先 (2/2)

機材名	仕様(例)	調達先		
		ネパール	インド	日本または第三国
Tunnel Civil Works				
Load header	65kW-4P, 200/110kW-4/8P	○		◎
Drill Jumbo	2 or 3 boom			○
Giant breaker	Hydraulic, 3t	○		◎
Concrete spray robot	25m ³ /hr			○
Steel support installation equipment (Elector)				○
Excavator (backhoe)	0.6m ³	○		◎
Wheel loader, side dump	2.3m ³			○
Wheel loader	1~5m ³	○		◎
Tractor excavator	1~4m ³	○		◎
Slide center for concreting final lining				○
Stage for water tight sheet work				○
Ventilation blower	500, 1000, 3,000m ³ /min			○
Ventilation duct	dia 1,500mm			○
Water treatment plant	50~200ton/hr			○
Dust collector				○
Concrete pump	90m ³ /hr		○	○
Concrete mixer track	3~10ton		○	○
Concrete finisher for pavement				○
Concrete spreader for pavement				○
Concrete traveler for pavement				○
Belt conveyor for muck				○

◎: 品質の観点から第三国推奨

出典: JICA 調査団

表 16.2-6 DOR が調達レートを公表している機材 (1/2)

名 称	仕 様
Asphalt Plant	up to 10 Ton
Asphalt Paver	112kw/16.5Ton
Asphalt, Mobile Mini Hot-mix Plant	6.5 ton
Air Compressor	150 to 275cfm
Air Compressor (Portable)	110HP/412 CFM
Chipping Spreader	90kw/8.5ton
Crane Mobile	5km+ to 40 ton
Cutter Concrete	
Dozer Wheel	181 to 230 HP
Dozer Track	80 to 230 HP
Bitumen Distributor	4 to 6 KL
Bitumen Distributor ((Truck Mounted)	202kw/8000Ltr
Mini Dumper	1 to 4 Cu. M.
Hydraulic Self Propelled Surface Top Hammer Drill	3 ton
Excavator Track	up to 150 HP
Excavator Track	14 ton
Excavator km+ Breaker	111 to 150HP
Hydraulic Excavator with Breaker ((racked)	14 ton
Hydraulic Excavator with Breaker ((racked)	148 HP
Mini Excavator	< 1.1 ton
Excavator, Wheeled	163hp/20.8Ton
Excavator, Long Reach	139hp/24.2Ton
Forklift Truck	< 2.5 ton
Generator	up to 50KVA
Motor Grader	90HP 135 HP 145 HP
Chip Spreader	

出典: JICA 調査団 (DOR Equipment Hire Rate を加工)

表 16. 2-7 DOR が調達レートを公表している機材 (2/2)

名 称	仕 様
Loader Wheel	1.2-2.5 Cu.M
Multi-purpose loading machine (Load all)	55Kw
Backhoe Loader	<90 HP
Skid Steer Loader with breaker or fork lifter	55 HP
Water Pump (Engine)	up to 6"
Water Pump (Elect.)	5, 7.5 HP
Pile Driver*	10 ton
Road Marking Machine	50 litres
Roller 3 Wheel	up to 12 Ton
Roller Pneumatic	up to 20 Ton
Roller Vib. Pedestrian (Double Drum)	up to 0.6 ton
Roller Vib. Pedestrian	0.5 ton
Double Drum Vibratory Roller, Pedestrian (Walk Behind)	up to 1 ton
Roller Vib. Sheep foot	up to 10 ton
Roller Asphalt	up to 7 ton
Roller Vib. Self-Prop (Soil Compactor)	10 ton
Roller Vib. Self-Prop.	3-11ton
Roller, Combination Vibratory	1.4 ton 1.6 ton
Spray Emulsion	up to 1KL
Roller, Combination Vibratory	up to 7 ton
Track flat bed	up to 150 HP
Truck Tipper	up to 150 HP
Truck Tipper	From 150km+ HP
Trailer Tractor	10 km+ to 25 ton
Transport Truck (15ton)	15 ton
Trailer Tractor, semi Low-Bed	40 ton
Water Tanker	up to 8 KL
Tractor	up to 85 HP
Compactor H/Towed	Compactor H/Towed
Welding Generator	3 kVA

出典: JICA 調査団 (DOR Equipment Hire Rate を加工)

16.2.1.2 主要資材

(1) 骨材

骨材は一般市場からの調達が可能であり、山や丘の採石場からの岩石や大きな玉石をクラッシャーで破碎して作るものと、河床からの採取されるものに大きく分類される。

Department of Mines and Geology (DMG) が発刊している年報¹によると、これまで骨材の大供給源であったテライ平原の河川河床や Churia Region の河川河床や丘からの採掘の将来的制限に言及している。その対応として実施された良質の骨材が期待されるマハバラット山脈の採石場候補地に関する調査結果が整理されている。14 地区の 1 つとして調査対象となったシンズリ地区では、シンズリ道路に近い Tinkanya-6/7 および Ranichuri-9 において、調査された結果が記載されており、表 16.2-8 に概要を示す。

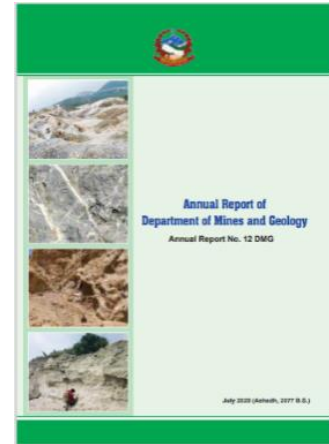


表 16.2-8 シンズリ地区の建設資材用採石場の概要

S. No.		1	2	3	4
District		Sindhuli	Sindhuli	Sindhuli	Sindhuli
VDC and Ward No.		Ranichuri 9 and Tinkanya 6 & 7	Ranichuri 9 and Tinkanya 6 & 7	Ranichuri 9 and Tinkanya 6 & 7	Ranichuri 9 and Tinkanya 6 & 7
Lease No.		M1	M2	M3	M4
Coordinates	Easting X1	405750	405500	405250	405000
	Easting X2	406000	405750	405500	405250
	Northing Y1	3011000	3011000	3011000	3011000
	Northing Y2	3012000	3012000	3012000	3012000
Lease Area in Km2		0.25	0.25	0.25	0.25
Mine Area in Hectares		25	25	25	25
Quarry Area in Hectares		4.91	4.82	4.96	4.86
Rock Type		Metasandstone	Metasandstone	Metasandstone	Metasandstone
Mining Method		Open Cast	Open Cast	Open Cast	
Geological Reserve in m3		3213290	1911040	1256800	2007520
Mineable Reserve in m3		2892528	1719936	1131120	1806768
Daily Production in m3		250	250	250	250
Mine Life in Yrs		42.80	25.50	16.80	26.80

出典: Annual Report of Department of Mines and Geology No.12 DMG July 2020 (Ashadh, 2077 B.S.)

また、採石場に関しては、DMG の他、Road Construction and Maintenance Materials Study (RCMMS)、DOR も確認結果をまとめている。

一方、現地視察時にシンズリ道路沿道において、河川や山側斜面にある採石プラントの稼働が確認された (図 16.2-2)。これらが合法であり、また建設資材としての要求品質を満足

¹ Annual Report of Department of Mines and Geology No.12 DMG July 2020 (Ashadh, 2077 B.S.)

しているのか、詳細調査が必要となる。

なお、シンズリ道路第三工区の建設工事では、建設道路沿いの河床の採石場 8 か所から骨材を調達している。河床の掘削は年間で 1、2 月のみ許されており、採掘可能量はサイト毎に採石場開発許可権を持つ District Development Committees（DDCs）によって定められている。

ネパールの資料²によると、a) 採石場の概要、b) 事例的に調査した採石の品質、c) 開発運営に関する環境問題について議論している。この中で、b) については、Kotre 採石場を対象に舗装用骨材としての物理的・機械的・化学的品質（Crushing value, Impact Value, LAA など）を確認し、要求を満足していることが報告されている。一方、c) に関しては、周辺環境へ及ぼす影響の懸念について記載されており、将来的な規制の確立が望まれるとしている。

いずれにせよ、骨材調達については市況によると考えられるが、調達量、品質、環境規制の影響などについて、十分な調査を行ったうえで、調達計画に反映させる必要がある。

² SUSTAINABLE STONE EXTRACTION FOR USING AS CONSTRUCTION MATERIAL AND SUITABILITY PROPERTIES: CASE STUDY OF KOTRE QUARRY OF NEPAL

Er. Buddhi Raj Joshi* 1 and Dr. Madhav Prasad Koirala* 2

1) Lecturer School of Engineering, Faculty of Science and Technology, Pokhara University.

2) Professor, United Technical College, Subject Committee Member, Civil and Architecture, Pokhara University.

Article Accepted on 30/10/2018

	
<p>9/22 13:58 （第二工区）</p>	<p>9/24 13:43 （第三工区 94km 付近）</p>
	
<p>9/24 14:24 （第三工区 98km 付近）</p>	<p>9/25 10:48 （第四工区 120km 付近）</p>
	
<p>9/25 11:46 （第四工区 128km 付近）</p>	<p>9/25 11:54 （左記採石場と関係）（不法投棄）</p>
	
<p>9/25 13:22 （第四工区 130km）</p>	<p>9/25 13:47 （第四工区 132km）</p>

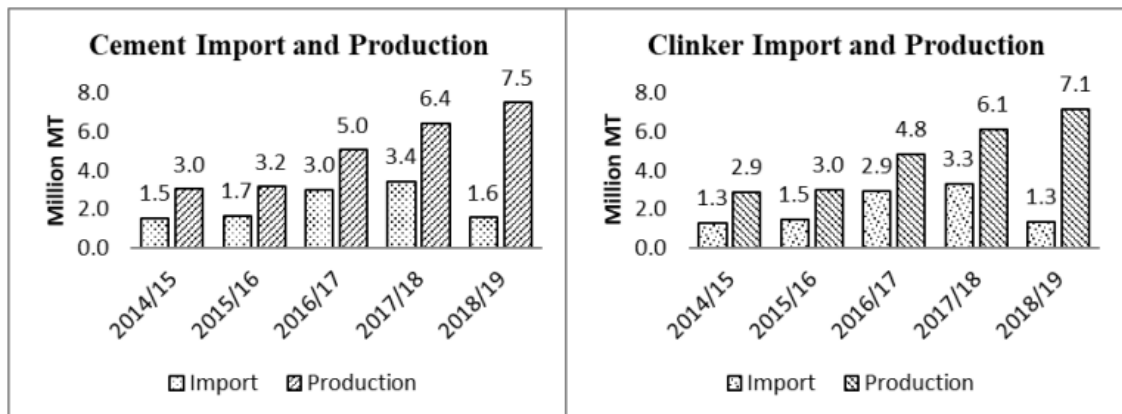
出典: JICA 調査団

図 16.2-2 シンズリ道路第三および第四工区沿いの採石場事例

(2) セメント

Nepal Rastra Bank Economic Research Department の報告書³によると、セメントとクリンカーの生産については近年国内生産能力が向上してきており、2020 年時点で 55 箇所の生産拠点があり、年間 15 百万トンを生産している。図 16.2-3 は、2014/15 年から 2018/19 年のセメントとクリンカーの輸入量を示しており、急激に増加している。このことから、シンズリ道路の改良が実現化する場合、大半は国内産の調達が期待される。ただし、以下の観点から、従来通りインドからの輸入可能性は否定できないため、今後の調査において予想される建設時期に基づき、市況を確認する必要がある。

- 大型インフラ整備が同時期に進行する場合、国内セメント生産者はバルクでの大量供給能力に欠ける。小バッチのよる供給では、その品質試験に時間を要し、工事遅延の可能性もある。
- ネパール産については品質問題が残る。
- インドから輸入する場合、バルクローリーや 1t バッグがなく 50kg 袋詰めとなる。輸送経路は、インド国内運搬（貨車またはトラック）⇒通関・倉庫仮置⇒ネパール国内輸送（トラック約 200km）⇒現場倉庫（通常 2 週間）となり、日々の調達計画管理、在庫管理、品質管理（特に雨季）が重要である。



Source: TEPC (2020) and NRB (2020)

図 16.2-3 ネパールのセメント及びクリンカーの輸入量と国内生産量

その他、前述の DMG の発刊している年報にセメント生産に関し、以下の記述がある。また、ネパールの代表的石灰岩採石場を表 16.2-9 に示す。

- 20 年前は国内建設需要が少なく、政府保有のセメント会社 2 社（Hetauda Cement Industries Ltd、Udayapur Cement Factory）が国内需要に対応していた。その後、インフラ整備の進展によるセメント需要の増加に対し、インドからの輸入に頼らざるを得なかったが、ネパール政府がセメント産業への民間投資を促した。
- その結果、現在は 90% の国内需要を 6 社（Sivam, Sona-pur, Maruti, Ghorahi, Rolpa, Bishal, Nigale etc cement industries Pvt. Ltd.）で賄っている状況にある。不足分はインドから調達している。
- 今後の需要の高まりに備え、潜在的な石灰石の埋蔵が期待される地区を調査した結果

³ Foreign Direct Investment in Cement Industry in Nepal -A Study on Socio-economic Impact-
 Nepal Rastra Bank Economic Research Department Economic Development Division, May 2021

としてシンズリ地区では、Kakurthakur Limestone Deposit (Reserve: 52.78 million ton) Maruti Cement Pvt. Ltd.) が紹介されている。

表 16.2-9 ネパールの代表的な石灰岩採石場

Location of Limestone deposit/ District	Deposit (MT.)	Present Status & Remarks
Sindhali Limestone, Udayapur	72	Mines and factory in operation
Bhanise & Okhare, Limestone Makwanpur	20	Mines and factory in operation
Chobhar Limestone, Kathmandu	14.5	Factory is closed
Jogimara Limestone, Dhading	3.6	Mine in operation by Hetaunda Cement Ind.
Beldanda Limestone, Dhading	1.72	Mines and factory in operation.
Kakaru Khola, Sindhuli	1	Mines and factory in operation.
Narpani Limestone, Arghakhanchi	17	Production started
Nigale Limestone, Dhankuta	6.3	Cement Plant under construction
Badichaur Limestone, Makwanpur	NA	Cement Plant under construction
Dang Limestone	NA	Cement Plant under construction
Rolpa Limestone, Rolpa	NA	Cement Plant under construction
Chaukune Limestone, Surkhet	31	Process to establish a cement industry
Kajeri Limestone, Salyan	29	Process to establish a cement plant.
Sarada limestone, Dang	525	Proposed for a large cement factory
Hapure Limestone, Dang	26.5	Process to establish a cement plant
Gandhari Limestone, Dang	17.6	Process to establish a cement plant
Halesi Limestone, Khotang	8.0	Mining not possible
Lakharpata Limestone, Surkhet	30.0	Evaluation warranted
Supa Khola Limestone, Arghakhanchi	8.20	High overburden ratio
Diyarigad, Chauraha, and Bhimeshor Limestone, Baitadi	>250.00	Promoted for detail exploration and mining for a cement Ind.
Chuladhunga – Ghyampathumka Limestone, Udayapur	40.00	Planned to promote a cement industry
Galtar Limestone, Udayapur	21.54	Planned to establish a cement factory
Bhattedanda Limestone Lalitpur	5.68	Detail evaluation warranted
Lele Limestone, Lalitpur	3.98	Recently established a cement factory
Nandu Limestone, Kavre	4.67	Detail evaluation warranted
Pandrang Limestone, Makwanpur	2.56	Planned for cement industry
Badichaur Limestone, Makwanpur	2.80	In process to establish cement factory
Darshan Danda Limestone, Gorkha	NA	Planned for cement industry
Kanchan Limestone Quarry, Palpa	1.60	Quarry is in operation since long time
Shakti Khor, Chitwan	3.20	Industry established
Others	>150.00	Possible deposits
Total deposit	>1,297.59	Proved + Probable + Possible

出典: Department of Mines and Geology (DMG, FY 2066/67) and "Road Construction and Maintenance Materials Study (RCMMS) "

(3) 再生材利用

本調査で検討した第二工区トンネル化を含む機能向上方策が実現化する場合、第二工区のトンネル化の対象となる約 30km 区間を除いても、約 130km にわたり、既設の石積擁壁、排水施設、フォード（洗い越し）等のコンクリート構造物、舗装などを取壊す必要がある。

表 16.2-10 に、既存施設の数量概要を示す。

表 16.2-10 シンズリ道路新設時の構造物数量

	第一工区	第二工区	第三工区	第四工区	合計
延長 (km)	37.0	36.0	37.0	50.0	160.0
土工事 (1000m ³)	146	1,000	686	1,026	2,858
コンクリート (1000m ³)	9	106	87	66	268
ギャビオン (1000m ³)	36	122	120	28	306
練石積擁壁 (1000m ²)	0	157	113	132	402
用排水工 (1000Lm)	8	48	56	74	186
簡易舗装 (1000m ²)	14	170	180	289	653
橋梁 (箇所)	9	1	0	5	15
コーズウェイ (箇所)	5	3	12	19	39

橋梁：鋼橋 5、RC 橋 10、総延長 1,030m

コーズウェイ：ボックス型 14、越流/穴あき 25、総延長 2,390m

出典：1st Non. 2017 日本道路会議（日本工営発表資料）



出典: JICA 調査団

図 16.2-4 取り壊しが必要となる既設構造物の事例

取り壊された資材を全て廃棄することは環境的にも経済的にも望ましくない。日本では、建設廃棄物を、ほぼ全量再生材として利用されている。

表 16.2-11 建設資材の再利用（日本）

原料	品目	再生利用用途
建設廃棄物	コンクリート塊	再生骨材、路盤材等
	アスファルトコンクリート塊	路盤材、再生アスファルト
	路盤材	再生路盤材

出典: JICA 調査団

ローカルエンジニアへのヒアリングによると、既存の擁壁材料は石に付着しているモルタルやコンクリートを清掃して再利用しているようである。よって、今後、可能な限り再生材として利用し、コスト削減、環境負荷軽減を検討する必要がある。

(4) トンネルズリの再利用

トンネル掘削によって排出されるズリは、トンネル坑口から近距離の範囲で処理できることが、運搬費用軽減の観点から望ましい。また、ズリに必要な処理を行い、他工区でできるだけ再利用することが望ましい。当プロジェクトでは、トンネルへのアプローチ道路への再利用を積極的に考えるべきである。

再利用の第一の条件として、盛土完成後、長期に亘って圧縮沈下（変形）懸念があるため、スレーキング性の有無、程度を把握すること、並びに重金属の含有についての確認は必須である。

第二に、トンネルの岩砕は通常の盛土材料の粒度特性と異なり、大粒径の材料であるため、一般的な盛土材料で実施される締固め度管理方法が適用できない。また、必要なサイズ（一層の厚みとの関係）まで小割りして盛土材に適した材料にする方法もあるが、小割作業の工程を追加することで施工効率が低下することや破碎費用が大きくなることからコスト削減効果が低下する。

このような観点から、実際の工事で岩砕に対する処理をできるだけ少なくし、土砂と一緒に盛土材料として再利用する上では、試験施工により締固め機械や締固め回数を決定する工法規定方式を採用することが一般的である。これらの条件を設計段階の施工計画で考慮することが望まれる。

試算として、100 万 m^3 (= (110m3km+20m2) \times 7,700) のズリが排出され、盛土材として埋め立てる場合は、120 万 m^2 程度 (1.15~1.40 の体積変化) となる。これは、1,600m のアプローチ道路に対して、断面が 750 m^2 となり、約 H=15m の盛土で道路を構築する量に匹敵する。

再利用ができない場合、同量の土捨て場が必要となる。

16.2.2 土捨て場

16.2.2.1 ヒアリング情報

ナグドゥンガトンネルの施工関係者へのヒアリングにより、土捨て場について、以下の情報を得た。

- 民地であれば所有者合意、国有地であれば管轄行政組織の許可を得ることが必要。
- 土砂に有害物質が含まれないとの前提となるが、農地や河川敷等への土捨てについて特別な制限はない。
- 西坑口側は坑口に近い沢筋を 20 万 m^3 近く掘削刷りで埋め立てる予定である。

また、現地関係者（Sindhuli Bardibas Road Project Officer, Mr. Rabindra Das）へのヒアリングにより、以下の情報を得た。

- 土捨て場候補地は、まずは政府保有地（河川沿いの未利用地など）を優先し、無ければ民有地を探す。
- 環境行政機関の許可を得ることが必要。

- 土捨て後、表層に農地として活用可能な土壌を敷設することを要求されることがある。

16.2.2.2 既往のシンズリ道路第二工区トンネル化検討

第12章に述べたとおり、2018年にネパールのローカルコンサルタントにより実施されたシンズリ道路第二工区トンネル化のF/S検討において、以下の土捨て場計画が示されている。

基本的に南北両坑口へのアプローチ部は、現在、溪流からスンコシ川につながる小河川の形態を呈しており、その水量をカバーするだけの河川整備を行い、その兩岸をトンネルズリの土捨て場として計画している。この情報から、少なくとも当時のネパール行政主体も、当案に異論を示していないことが想定され、今後も同様の考え方を選択肢の一つとして採用する可能性があると考えられる。

前述のとおり、トンネルズリは可能な限りアプローチ道路の盛土材として転用するべきであり、残量はアプローチ道路の沿道地域を盛り立てる計画とすることが可能と考えられる。その他、道の駅等の盛土材として流用することも検討すべきである。なお、沿道地域の盛土構築のため、事前に剥ぎ取った表土を仮保管し、盛り立てた後、表土として再利用することにより、農地としての機能も存続させることが可能となるため、同工法を基本とすることが望ましい。

なお、当資料に記述された土捨て場の計画概要を表16.2-12に示す。

また、シンズリ道路第二工区トンネルのF/S検討時の土捨て場計画の位置と現況写真を図16.2-5に北坑口側および図16.2-6に南坑口側をそれぞれ示す。

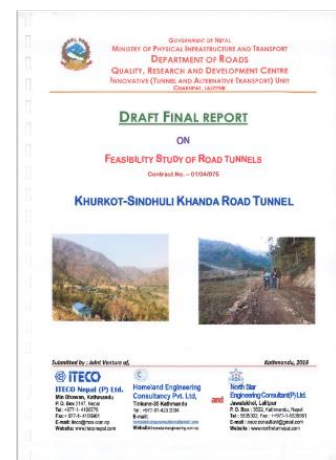


表 16.2-12 シンズリ道路第二工区トンネルのF/S検討時における土捨て場計画

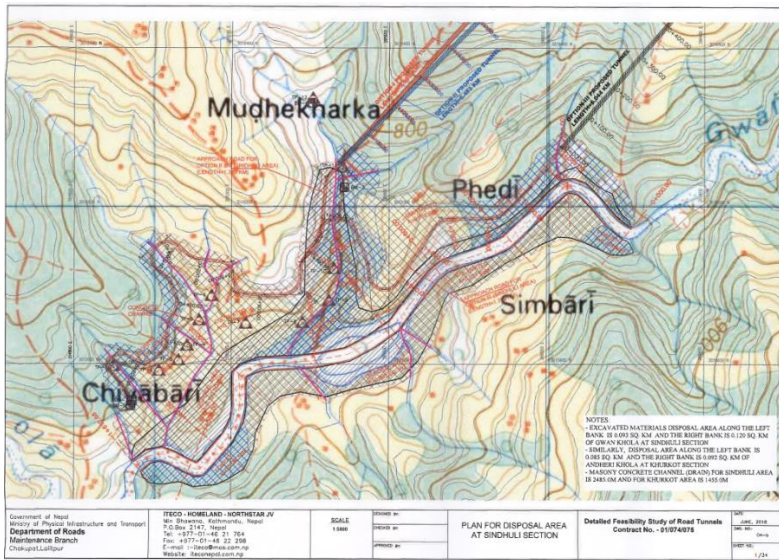
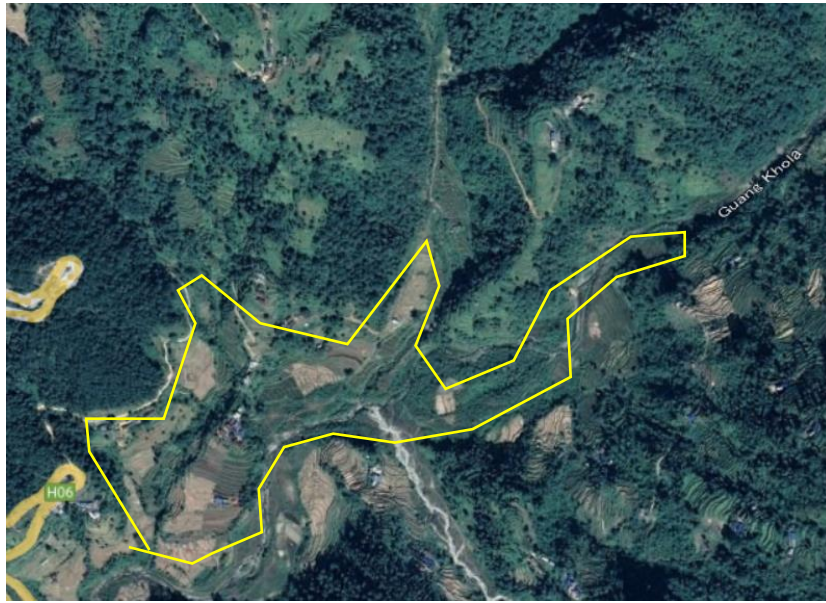
	北坑口側 (クルコット)	南坑口側 (シンズリバザール)
土捨て場面積 (km ²)	0.177	0.213
可能土捨て量 (m ³)	575,000	875,000
整備河川延長 (m)	1,455	2,485



坑口側を望む

坑口反対側（アプローチ道路敷設）を望む

図 16.2-5 シンズリ道路第二工区トンネルの F/S 検討時の土捨て場計画（北坑口側）



坑口側を望む



坑口反対側を望む

図 16.2-6 シンズリ道路第二工区トンネルの F/S 検討時の土捨て場計画（南坑口側）

16.2.3 キャンプ地及び仮設ヤード

第一工区から第二工区のトンネル南坑口までは、29km～36km の区間を除き、河川沿いに比較的大きな農地を持つ集落が点在している。他方、第二工区のトンネル北坑口以北および第三工区は、シンズリ道路がスンコシ川沿いの山腹を走っている区間が多くなり、道路沿いにはほとんど土地が無い区間がある。ただし、最大でも 5km 程度の間隔で、川沿いの砂州を利用した土地利用（集落または農地：図 16.2-7 参照）や、比較的緩傾斜の土地がシンズリ道路沿道に広がる区間も存在する。したがって、キャンプ地の候補を見つけることは困難ではないと推測される。

トンネル両坑口候補地には、トンネル工事用の仮設ヤード（概ね各 10,000m²）を坑口近傍に確保することは、現地形や土地利用状況から問題ないと想定される。

トンネル工事、その他工区の工事のいずれの場合も、民有地の場合は工事中の賃貸としての許可を得る交渉が必要となる。



出典: JICA 調査団

図 16.2-7 キャンプ候補地のイメージ

第三工区 93km+700 地点（91km+800～93km+700 の九十九折からの眺望）

16.2.4 交通規制

山岳地帯における道路拡幅工事の難点の一つが工事中の既存の交通管理・規制である。工事中の通行規制については、詳細な検討を要する。特に、工種によっては大型車両での資機材を搬送する必要がある。したがって、工事中はこれまで通行していた一般車に加えて、工事関連の大型車の通行が必要になる。搬送ルートは第一工区から第二工区のトンネル南坑口まではバルディバスからの搬送、第二工区のトンネル北坑口以北から第三工区および第四工区については、ドゥリケルからの搬送となる。以下、考慮すべき事項を列挙する。

16.2.4.1 片側通行規制

1) 大型車通行時の反対側車線の通行規制

資機材の運搬の効率化のためには、可能な限り大型車で運搬することが望まれる。具体的

な資機材の規模を想定したうえで、どの区間で反対側車線も通行規制が必要になるかなどを予備検討することが望まれる。なお、現状において道路線形が厳しい箇所が少なからず存在するため、事前に道路線形の改良や仮設的に部分拡幅するなどの対策を先行することも検討の余地がある。

2) 山岳地帯における両側拡幅区間の通行規制

拡幅工事で道路中心線を変更しない場合、拡幅は両側に実施されることになる。拡幅工事中の山側切土、谷側擁壁拡幅それぞれは別の時期に実施することで片側通行を可能とする必要がある。特に、山側拡幅時には、切土土砂が谷側車線に流出しないように、防護壁を設置する必要がある。また、掘削した土砂を運搬車に積み込み、搬出するために、それらを踏まえた工事スペースを検討することが必要となる。

3) 平地区間における通行規制

平地区間においても、拡舗装工事の際は、片側施工が基本となる。

16.2.4.2 全面通行規制

拡幅工事内容、あるいは安全対策上、全面通行禁止の処置が必要となる区間が想定される。後者の事例として、切土側に大きな岩塊が存在し、それを除去する必要がある地点などが挙げられる。

全面通行禁止時間が長くなる場合は、その地点を回避した迂回路を設定することとなるが、地点によっては仮設の渡河橋梁を含めた仮設道路の整備が必要となる。但し、道路に沿って仮設栈橋等を設置することで対応することができる地点も考えられる。

これらの計画は、プロジェクト全体の整備順序や全体工程を鑑み検討することになる。河川対岸に仮設道路を想定する場合、参考となる情報を図 16.2-8 に示す。





1) 76kmkm+200 車両通行可能な既存渡河橋梁 (スンコシ川)



2) 96kmkm+200 車両通行可能な既存渡河橋梁 (スンコシ川)



3) 108kmkm+100 車両通行可能な既存渡河橋梁 (スンコシ川)



4) 118kmkm+600 車両通行可能な河川内仮設道路（ロシ川）



5) 120kmkm+600 車両通行可能な河川内仮設道路（ロシ川 108kmkm+800～132kmkm+200 まで）

図 16.2-8 工事中の渡河の可能性

16.2.5 その他

16.2.5.1 拡幅困難区間

図 16.2-9 は、第三工区 109 km+700 地点にあるシンズリ道路に対して直角方向に設置されている人道用吊り橋である。主塔とアンカレイジが道路を挟むように設置されており、道路の拡幅のため、これらを撤去する必要がある。

この人道用吊り橋の供用性確保の重要性については、現時点で不明であるものの、対策として、水量が少ない乾季に当該吊り橋の供用を中止し、拡幅工事を行う。現状交通は、河川部に人道用仮設橋を構築し、河川敷地内を通行させる案が考えられる。



図 16.2-9 第三工区 109km+700 拡幅困難区間

16.3 概算工事費の算出

16.3.1 工区概要および拡幅工事費への影響

各工区の概要と拡幅工事費への影響を以下に示す。

第一工区：E-W ハイウェイのバルディバスを起点とし、シワリク丘陵を北上し、シンズリバザールに至る約 37km の区間である。起点の標高は約 225m、終点の標高は約 500m であり、起点から終点にかけて徐々に標高を増す。高低差の比較的小さい丘陵地を緩勾配で進む区間のため、大規模な切土や盛土はない。

→道路拡幅工事については最も工事費が小さい。

第二工区：シンズリバザールからマハバラット山脈を横断し、スンコシ川に面したクルコットに至る約 36km の区間である。起点の標高は約 500m、工区のほぼ中央部に位置するマハバラット山脈での最高標高は約 1,365m、終点標高は約 500m である。起点側は、シワリク層からなる丘陵地（標高 500m～900m）で、中間部～終点側はマハバラット山脈を越える急峻な山岳部となっており、大規模な切土や盛土区間が多数存在する。

→全 36km のうち 29km はトンネル化されるため、工事費は最大である。残り 7km は、一部非常に急傾斜の斜面山腹の道路があり、斜面对策等により工事費は大きい。

第三工区：クルコットからスンコシ川右岸を北西方向に進み、ネパールトックに至る約 37km の区間である。始点の標高は約 500m、中間部の最高標高（89km+800）は 650m 程度、終点の標高は約 550m であり、他工区に比較して高低差の少ない区間となっているが、スンコシ川右岸の崩壊・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る。

→スンコシ川右岸の急峻な山腹や河岸を通過する区間が多く、斜面对策や橋梁建設等により工事費が非常に大きくなる。

第四工区：ネパールトックからスンコシ川を離れ、北西方向に進み、カトマンズの東方約 31km のドゥリケルに至る約 50km の区間で、ネパールトックから 22km 地点まではスンコシ川の支流であるロシ川沿い（108km+800～132km+200）に、22km 地点から後半部は途中 Bhakundebesi の平地（137km+100～145km+700）を通過し、その後、比較的勾配のある丘陵地を進み、終点の標高は約 1,545m に至る。大規模な切土・盛土は一部区間を除き多くはない。

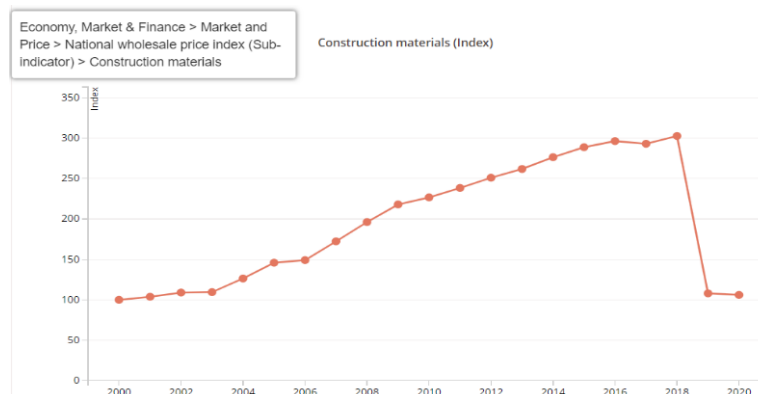
→延長 50km と最長であり、急峻な斜面山腹の道路も一部あり、工事費は小さくない。

16.3.2 概算工事費算出に関連する事項

16.3.2.1 建設業の労務費・資材費の変遷

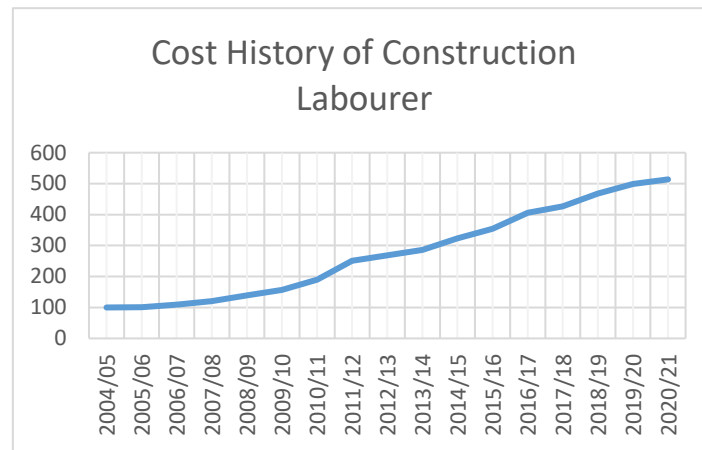
ネパールでは、過去 20 年の経済発展およびインフラ整備の推進により、建設工事に必要な資材費は図 16.3-1 のとおり変遷している。2015 年の震災後、復旧工事による需要増加のため、高水準のエスカレーションが見られる。その後、2019 年と 2020 年の数値が、非常に低く、COVID-19 の影響が考えられる。一方、労務費に関するデータを整理した結果を図 16.3-2 に示す。労務費は、約 15 年間で 5 倍となっており、高成長している。

本調査における概算工事費算出においては、DOR が公表している FY2020/21（2077/78）の単価を主に参考とした。ただし、過去の道路プロジェクトに関連する資料からマクロ単価を抽出する場合、参考とした FY2016/17 および FY2019/20 の資料の積算値は、物価上昇を考慮し、それぞれ、1.2 倍、1.05 倍した。



出典：
<https://nepalindata.com/data/?request&secid=12,subsecid=20,indid=1708,hassubind=1,subindid=4795#construction-materials>

図 16.3-1 建設業の資材費の変遷



出典：National Salary and Wage Rate Index

図 16.3-2 建設業の労務費の変遷

16.3.3 概算工事費算出

(1) 前提条件（積算上の仮定）

- 1) 道路（土工、擁壁、側溝、斜面保護など）：第 10 章に示した代表断面に対して、入手した同種工事の工事費算出結果（DOR 作成）から類推したマクロ単価や DOR 公表の FY2077/78（2020/21）単価（DDC レート: District Development Committee Rate⁴）を利用。
- 2) 橋梁：入手したネパールにおける同種工事の工事費見積資料（DOR 作成）から類推した単価を利用。
- 3) トンネル：同規模の日本におけるトンネルの詳細設計時見積工事費データ及び想定される地質縦断図による支保工パターン分類別延長を考慮。
- 4) コーズウェイ：新規の構築に要するコンクリート体積仮定値を参考に、DOR 公表の FY2077/78（2020/21）単価を利用。
- 5) 舗装：DOR 公表の FY2077/78（2020/21）単価を利用。舗装構成は表層 50mm、基層 50mm、上層路盤 100mm、下層路盤 150mm。幅員は一律 W=10m と仮定して計算。
- 6) 道路附属施設：入手したネパールにおける同種工事の工事費見積資料（DOR 作成）から類推したマクロ単価を利用。

(2) 拡幅改良道路の代表計画断面

概算工事費算出にあたり、明かり部 8 断面（Type-1, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 付加する橋梁）およびトンネル断面（Type-5）を代表断面として想定した。

(3) 代替ルート区間

表 16.3-1 は、第 10 章において適用された代替ルートを示す。下表に基づいて、概算工事費の算出を行うものとする。なお、下表以外の区間は現道改良による 2 車線化とする。

⁴ NORMS for RATE ANALYSIS:

As per Standard Specifications for Road and Bridge Works (approved on BS 2058.3.15.)
 Ministry of Physical Infrastructure and Transport Department of Roads

表 16.3-1 代替ルート区間

No.	工区	距離程	代替ルート
1	第一工区	2km+600～ 2km+900	ALT-1E
2		5km+200～ 5km+600	ALT-2B
3	第二工区	41km+800～ 43km+500	ALT-3A
4	第三工区	80km+200～ 80km+800	ALT-4B
5		85km+750～ 86km+050	ALT-5B
6		87km+650～ 94km+650	ALT-6D
7		96km+900～ 97km+250	ALT-7B
8		101km+900～105km+000	ALT-8A
9		106km+800～107km+800	ALT-9B
10		109km+400～110km+200	ALT-10A
11		第四工区	112km+000～113km+300
12	113km+350～114km+900		ALT-12A
13	115km+300～117km+450		ALT-13A
14	123km+650～124km+800		ALT-14A
15	127km+600～128km+500		ALT-15A

(4) 算出結果

表 16.3-2 に概算工事費算出結果を示す。

工区別概算工事費は、第一工区が 39 億 NPR、第二工区が 395 億 NPR、第三工区が 213 億 NPR、第四工区が 114 億 NPR となり、合計 761 億 NPR となった。

第二工区に計画したトンネル（延長 7,691m）区間の概算工事費は、本体坑および避難坑を含め約 360 億 NPR となり、前後に必要なアプローチ道路（南北合計延長 1,600m）の概算工事費 9 億 NPR を合わせて、トンネル関連区間として 369 億 NPR となった。

トンネル関連区間を除く区間は合計で 392 億円であり、延長あたりの工事費単価は 33.2 万 NPR/m となる。工区別では、第一工区が 10.6 万 NPR/m、第二工区が 38.2 万 NPR/m、第三工区が 57.8 万 NPR/m、第四工区が 22.8 万 NPR/m と地形状況を反映したものとなり、急傾斜地に道路を計画せざるを得なかった第三工区の改良工事費用が、トンネル関連区間を除いて最も大きい。

表 16.3-2 概算工事費算出結果

工区	第一工区	第二工区		第三工区	第四工区	全体			
	道路改良	道路改良	トンネル	トンネルアプローチ	道路改良	道路改良	トンネル関連区間除く	トンネル関連区間	合計
延長 (km)	36.8	6.9	7.7	1.6	34.7	49.6	128.0	9.3	137.3
工事費 (百万 NPR)	3,923	2,634	36,002	870	21,256	11,395	39,208	36,872	76,080
工事費/延長 (百万 NPR/km)	107	382	4,676	544	613	228	306	—	—

注：予備費、コンサルタントフィー、VAT、用地・移転補償費、物価上昇を含まず

積算根拠の概要を添付資料-7 に示す。

第17章 本邦先進技術活用の可能性

17.1 概要

本章では、シンズリ道路に計画される長大道路トンネルおよび山岳道路の斜面管理に関して活用可能な本邦先進技術について調査した結果を述べる。本章の内容は、先行して実施中の道路トンネル建設事業（ナグドゥンガトンネル）での本邦技術の活用状況、斜面管理に係るネパールのコンサルタント協会（SCAEF）への情報収集を踏まえ、調査団による本邦の先進技術調査の結果から活用可能性について評価した。

なお、本事業への活用可能性については、以下の観点から取りまとめた。

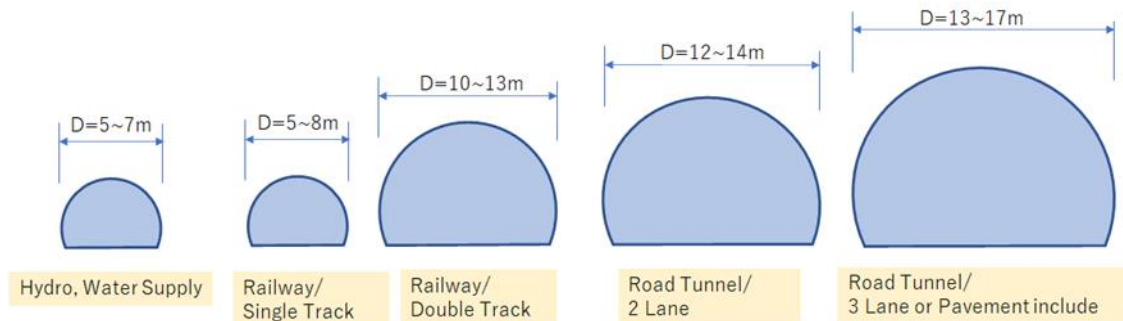
- ① ネパールの技術到達度を踏まえた先進技術導入の必要性
- ② 技術移転の必要性
- ③ 導入技術のネパールでの持続的発展性
- ④ SDGs への貢献
- ⑤ 本邦の政策（Society 5.0, i-Construction）との整合性

17.2 本邦先進技術の必要性

17.2.1 ネパールにおける山岳トンネルおよび斜面管理能力への認識

ネパールではナグドゥンガトンネルが起工されるまで、掘削幅 10m を越える 2 車線の道路トンネルは開削アンダーパスを除き存在しなかった。ネパールでの山岳トンネルの主流はこれまで水路トンネルであり、その掘削幅は 3~5m 程度である。ネパールトンネル技術協会（NTA）は年次報告を発行していないので、年間掘削延長などは不明であるが、10km を越える水路トンネルを TBM で成功させた事例（2019）を含め、この程度の掘削径での山岳トンネルは数多くの実績を有している。また、ネパールでは鉄道トンネルは存在せず、当面の予定もない状況である。

道路トンネルの断面規模を概略的に示すと、図 17.2-1 のとおりであり、水路トンネルと道路トンネルでは大きな差がある。そのため、水路トンネルでは容易であった切羽の自立が、道路トンネルでは困難になるという事象が生じることになる。このような工学的な理解は、ネパールのトンネル関係者、道路関係者に浸透しておらず、さらに道路など大断面のトンネルを主体的に経験した技術者は DOR はもちろん、コンサルタント、施工者にも不在という状況である。



出典: JICA 調査団

図 17.2-1 用途別トンネル掘削断面の比較

道路斜面管理については、これまでほとんどの幹線道路において、概ね安定すると考えられる斜面勾配で切土した後は、そのまま路側斜面として使用することが慣例化している。そのため集中豪

雨などにより容易に表層が流出し一時的に道路の遮断が発生することが多い。比較的規模の大きな崩壊の場合には、金網やロックボルトによる抑制工が実施されることがあるが、排水処理などの不備のため破損して機能しない状況となっていたものも確認された。また、他の幹線道路では、将来的に岩盤崩壊の懸念のある斜面があまり管理されずに存在している状況も確認しており、遮断リスクを意識した道路斜面リスクマネジメントはまだ浸透していないことが感じられた。

シンズリ道路は本邦設計によるため、斜面の抑制工については高度に実施されている。



出典：JICA 調査団撮影

図 17.2-2 路側斜面崩壊とその後の通行再開状況（Mid-Hill Highway）調査団撮影



出典：JICA 調査団撮影

図 17.2-3 左：流出した抑制工（金網、ロックボルト）、右：すでにはく離しつつある大規模岩盤

17.2.2 長大道路トンネルにおける先進技術導入の必要性

現在施工中のナグダウンガトンネルは比較的良好な地山を想定して詳細設計を実施したが、不均質で安定しない地質状況に悩まされている。ネパールにおけるトンネル地質は基本的に変成岩であり、この傾向はシンズリ道路のトンネル、路側斜面においても同様である。このような不均質で安定しない、言い換えればトンネルや斜面施工において安全性と効率性を実現しづらい地質条件を前提として、正確な地質調査と施工を行う技術が必要である。

以下に調査・設計段階、トンネル施工段階、供用段階に分けて先進技術導入の必要性について述べる。

(1) 調査・設計段階

マクロ的な地質把握からシンズリ道路のトンネルも変成岩を主体としていることが予想されている。シンズリ道路のトンネルにおいては、南坑口付近から約 1km にわたり主要構造線 MBT（主境界衝上断層）、MT（Mahabharat 衝上断層）の影響による非常に脆弱で破砕された岩盤を通過せざるを得ない。この区間の精密な地質状況と物性を把握することが工事の安全性確保のために是非とも必要であり、そのために高品質ボーリングなど本邦先進技術の導入が必要である。

また、その後の花崗岩、片麻岩区間も定性的には硬質岩盤であるが、亀裂などの影響を受けていることが懸念される。この区間は大土被り区間でもあり、ボーリング調査によりトンネル計画高の地質を把握することは困難なので、物理探査技術の適用が求められるところである。

(2) トンネル施工段階

トンネル施工段階において問題となるのは、南坑口部の MBT、MT 間及びその周辺の断層破砕帯の克服である。このような不良地山の対策としては AGF 工法に代表される長尺鋼管フォアパイリング工法が既に本邦では定着し、ナグドゥンガトンネルにおいても採用されている。さらに地質不良で強大な地圧により内空変形が顕著となる場合の対策工法として、本邦では多重支保が用いられることがあり、シンズリ道路トンネルにおいても採用を検討しておく必要がある。

また、北坑口ではルート案により現道と薄い土被りで坑口を形成する必要があり、精密な沈下管理が必要である。

トンネル中央部は概ね硬質だが大深度のため事前地質調査も十分な精度とはならないので、施工時に前方探査を行うことで、切羽作業の安全性を確保するなどの措置が必要である。これらは本トンネルが長大であることから切羽作業のサイクルに組み込まれるべきで、さらに本邦で近年、Society 5.0 および i-Construction のトンネルへの適用が進み、さまざまな可視化技術とともに展開されていることも先進的な作業安全性確保と効率性確保の取り組みとして積極的に活用していくことが必要である。

(3) トンネル完成後（供用時）

本トンネルは長大であるため、換気や照明、非常用施設も大規模になると考えられる。非常時の対応も両坑口が容易に行き来できる環境ではないため、あらかじめ検討されたプログラムに従って非常時対応を行う必要があるとともに、両坑口に設けられる電気室（施設管制）が確実に連動し、プログラムを実行し利用者の安全性を確保するシステム構築が必要である。

17.2.3 山岳道路の斜面管理における先進技術導入の必要性

17.2.1 に述べるように、ネパールでは山岳道路における斜面管理がほぼ実施されていないと考えられる。シンズリ道路は第三工区を中心に第二工区北坑口までおよび第四工区は今後も災害通行止めのない信頼できる物流道路として維持していく必要がある、定期的な点検やその結果を活用した効果的な斜面補修と抑止・抑制工の実施など、アセットマネジメント理論に基づく斜面管理が必要である。

17.3 長大道路トンネルにおいて推奨する本邦先進技術

17.3.1 調査設計段階の技術

(1) 高品質ボーリング調査

高品質ボーリングは、断層擾乱帯、地すべり土塊、亀裂密集帯など従来方法ではボーリングコアの採取が困難な対象地山において、ボーリングコアを 100%に近い状態で採取し、品質の高いボーリングコアの観察または試験を可能とするための方法である。高品質コア採取とも呼ばれる。

本技術を実現するためには、専用のツールを用いるほか、非常に高度な掘削管理が必要である。本調査のボーリング調査においても断層破碎帯のボーリング調査を実施しているが、ネパールにはまだその技術はない。本技術を導入するには、ツールなど資機材を導入するとともに、掘削管理の技術指導が不可欠である。

シンズリ道路トンネルの南坑口部の断層擾乱帯の調査に本技術は不可欠であり、技術指導などとともに導入することが望ましく、もし導入された技術が拡大していけば、ネパールの地質調査のレベルを大きく引き上げることが期待できる。

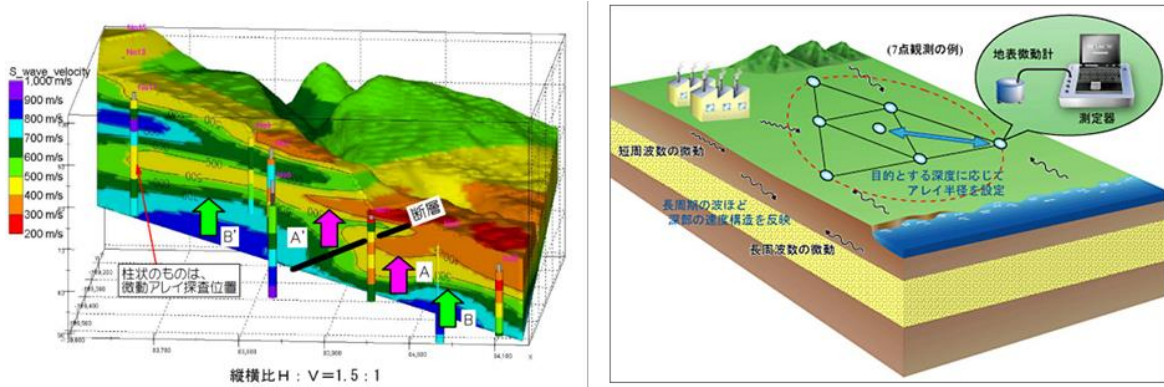


出典: JICA調査団

図 17.3-1 従来型ボーリングコアと高品質ボーリングコアの差（参考）

(2) 微動アレー探査

微動アレー探査は深部物理探査手法のひとつで、日常的に地表面付近で発生する微振動を複数のセンサーで捉え、これを解析することにより深部の S 波速度分布を推定する方法である。大土被りのトンネルにおいて、ややマクロ領域での岩盤の性状を把握することが可能で、シンズリ道路トンネルのように大土被りで通常の弾性波探査、比抵抗電気探査では確認が困難なトンネル中央部の性状把握に用いることができる。



出典: JICA 調査団

図 17.3-2 微動アレー探査の解析イメージとセンサー配置例（参考）

17.3.2 トンネル施工段階の技術

(1) 多重支保

多重支保とは、本邦の極めて不良な地山で内空変位が著しいトンネルの施工において用いられる施工法である。大変形を許容する支保をまず設置し上半周辺の地山応力を低減した後に 2 段目の支保を構築し地山を安定させる。本施工法は、長尺鋼管フォアパイリング工法など剛性の高い補助工法でも変形を抑制できない場合に用いられ、シンズリ道路トンネルでは南坑口付近の断層擾乱帯で使用する可能性がある。



出典: JICA 調査団

図 17.3-3 多重支保の事例（参考）

(2) 薄土被りで構造物と交差する構造物保全技術

本邦ではトンネルが現道改築として施工されることが多いため、薄土被りで現道や構造物と交差することが多い。そのため、長尺鋼管フォアパイリング工法やパイプルーフ工法による沈下制御と交差対象物の変位を常時監視し切羽作業と連動した監視システム技術が確立している。

シンズリ道路トンネルではルート選定により北坑口が現道と交差する状況が生じる。本区間の現道構造物はギャビオン擁壁であり、剛性に乏しい構造のため、沈下制御が求められる。過剰な路面沈下や構造物変形により現道を損傷すると、復旧と交通再開には長時間を要する可能性があり、本技術の適用が推奨される。



出典: JICA 調査団

図 17.3-4 薄土被り交差の事例（ネパール国内道路トンネル）

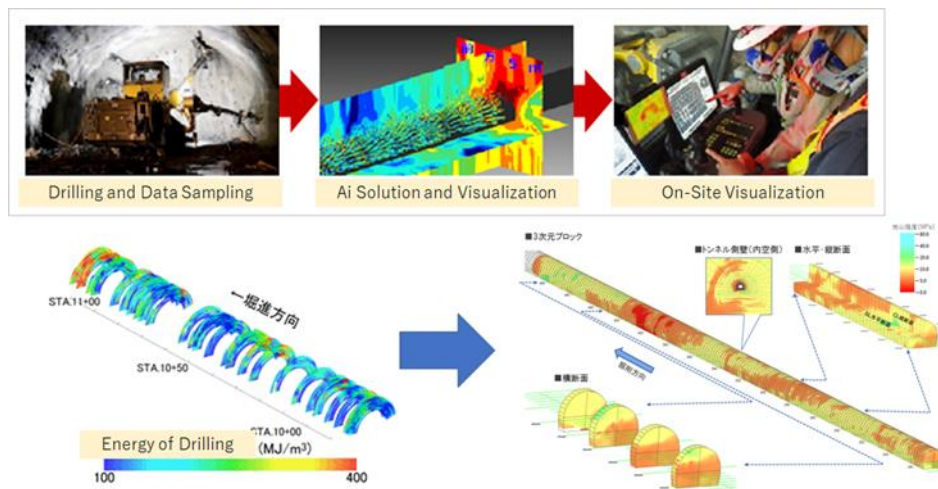
(3) トンネルの安全施工と効率化に資する技術

日本には Society5.0 や i-Construction と呼ばれる技術開発の推進されている。これらの開発トレンドは、ICT および AI ソリューションを使用した標準化技術の作業速度を上げることで、省人化及び作業の安全レベルを上げることです。そして、変形の可視化技術は本邦での発展トレンドのひとつである。

近年、本邦の建設分野における技術開発は、Society5.0 と i-Construction を指向したものが多く、開発方向として切羽作業の安全性向上と、特殊な切羽作業を ICT と AI 技術により標準化し、自動化技術により切羽人員の削減と作業スピード向上を図るものが主流である。また、変位の可視化などの技術開発は本邦が突出して先進している分野である。シンズリ道路トンネルにも適用可能と考えられる ICT、AI 活用技術を以下に示す。

1) 切羽前方探査技術

ドリルジャンボの削岩機等にセンサーを取り付け、穿孔エネルギーを計測することにより数 m から 10m 程度の切羽前方地山の性状を知る技術である。発破穿孔は多い場合で 1 回につき 100 孔以上ある。計測したデータは直ちに AI 分析され、切羽作業に返送されるので、突発湧水や地質不良が事前に把握され、切羽作業の安全性向上に繋がるとともに、穿孔パターンの調整など作業効率の改善に繋がるものである。



出典: JICA 調査団

図 17.3-5 切羽前方探査と AI 分析の可視化による切羽作業支援システム（参考図）

2) トンネル地山情報の切羽への可視化技術術

山岳トンネルの切羽で岩種や亀裂、岩盤強度などを観察する技術は非常に熟練を要する高度技術である。さらに多くの場合、切羽は発破、ずり出し後直ちに吹付けコンクリートにより被覆されるので次作業段階において1基前の切羽を見ることはできない。

a)に述べる切羽前方探査や切羽観察記録をAI分析した結果をプロジェクションマッピング技術活用し、実際の切羽に投影することでその場で可視化する（On-Site Visualize）技術である。



出典: JICA調査団

図 17.3-6 トンネル地山情報の切羽への可視化技術（参考図）

17.3.3 トンネル運用段階の技術

(1) 施設管制

シンズリ道路トンネルは7km程度の長大トンネルになり、このような長大かつ等級の高い道路トンネルには、多くの設備、特に非常用設備が設置され、それらが連動して運用される。

このような施設連携を管制と呼び、本邦の道路トンネルは世界的に高いレベルが計画、運用されている。本トンネルの場合も消防や警察との連携、日常管理は両坑口管理になると考えられ、本邦方式に基づく施設管制の導入が望まれる。

(2) インバータ制御付きジェットファン

個別設備で推奨されるものをひとつ示す。インバータ制御付きジェットファンはトンネル内の事故により出火した非常時の煙移動の制御に適用される設備である。通常は一般のジェットファンと同様に車両の排気ガス排除に使用されるが、非常時運用では排除すべき煙濃度に合わせてジェットファン運転速度を調節し効果的な運用を可能としている。

本方式のジェットファンは通常運用時の運転費、メンテナンス費のコストダウン効果も期待でき、多くのジェットファンが設置されることになるシンズリ道路トンネルにおいて、施設管制とともに導入が望まれるもののひとつである。

17.4 斜面管理において推奨する本邦先進技術

17.4.1 斜面管理マネジメントシステム

本邦では、路側斜面も道路施設のひとつであるという認識のもと、定期点検と点検結果の記録と集約が行われている。その結果、適正予算配分やロングリスト、ショートリストの作成など長期修繕計画の立案が実現され、アウトカムとともに事業が実施されている。

ネパールにおいて最も重視されるべき点は、路側斜面も道路施設のひとつであるという意識の醸成とリスクマネジメント、アセットマネジメントの意識に基づき適正管理する仕組みの構築であると考えられる。その点において、本邦の定期点検に基づきカルテ作成、そのデータに基づき斜面管理するマネジメントシステムは導入が望まれる。

一般的な斜面对策工法としては、吹き付けコンクリート、法枠、ロックボルト、グラウンドアンカー、落石防止ネット、ロックシェッド等が挙げられるものの、対策、設置条件によっては高コストとなる。

予算制約がある中で落石被害を防止、軽減可能とするのが本邦の高エネルギー吸収柵である。この施設は路側または斜面上に設置される。高エネルギー吸収柵は、あらかじめ支柱、ネット等に弾力性と耐衝撃性を持たせてあり、想定の上落石についてはこれを捕獲して路面に落下させないことを機能としている。



出典: JICA調査団



図 17.4-2 高エネルギー吸収柵の本邦事例（参考図）

第18章 改良効果

18.1 序論

本調査では、入手可能なデータ、工期、再委託費等を踏まえ、本調査の目的である「シンズリ道路の今後の運用方針及び輸送力強化の可能性を検討すること」に主眼を置き、シンズリ道路を利用する交通に対して交通調査を行い、人口及びGDPにより交通需要測を行った。そして、ファストトラックからの転換交通を考慮し、将来のシンズリ道路の需要や交通のトレンドを把握することに焦点を当てた。そのため、本調査ではネットワークモデルによる配分を行っておらず、誘発交通を含めた今後のシンズリ道路の使われ方を明らかにし、改良効果を定量的に評価・分析するためには、ネットワーク配分による需要予測が次期調査にて必須となる。

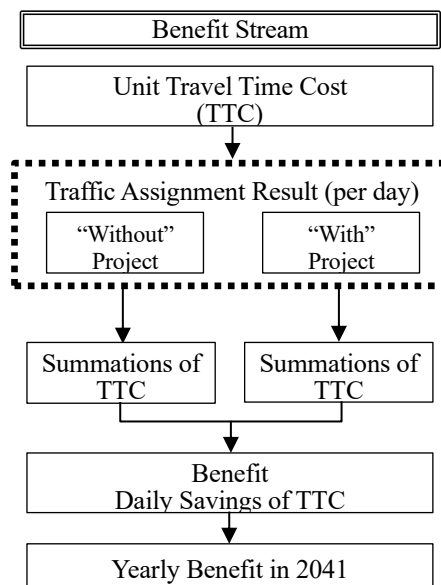
したがって、本章では、第7章に記載した2041年の将来交通需要予測、第10章の機能向上方策検討、及び第13章の第二工区トンネル化検討結果から、シンズリ道路輸送力強化による改良効果のうち、旅行時間の短縮効果について述べる。

18.2 旅行時間短縮効果

18.2.1 分析方法

道路事業は、移動の利便性向上と経済成長力において非常に重要な役割を果たす。移動時間節約の経済評価は、「事業あり（With）」および「事業なし（Without）」の場合をもとに試算した。

旅行時間原単位は、車両の旅行の損失コストである。旅行時間コストは通常、国の平均労働生産性と所得に基づいて計算される。調査団はネパール国の道路局（DOR）が、公式に道路事業の旅行時間原単位（Travel Time Cost：以降、TTC）を設定していないため、SD道路調査で推定されたTTCを採用した。旅行時間の短縮は、TTC算出の基本的な要素である。年間の節約額は、基本道路ネットワークとシンズリ道路事業との間の旅行時間の差として算出した。車種別のTTCを表18.2-1に示す。また、平均乗車人員と平均積載トン数を表18.2-3、表18.2-4に示す。



出典：JICA 調査団

図 18.2-1 旅行時間コストの節約便益の流れ

表 18.2-1 旅行時間原単位 (TTC)

Classification	NPR/veh.-min
Car & Taxi	12.8
Utility Pick up	14.0
Micro Bus	20.9
Mini Bus	47.7
Large Bus	50.6
Light Truck	5.1
Heavy Truck	6.6
Multi-axel Truck	7.3
Others	9.6

出典：SD 道路調査報告書 (JICA)

表 18.2-2 年平均乗車人員

Classification	Average number of passengers per year
Car & Taxi	2.9
Utility Pick up	3.1
Micro Bus	12.4
Mini Bus	28.3
Large Bus	30.0
Light Truck	2.3
Heavy Truck	2.0
Multi-axel Truck	2.2
Others	2.1

出典：SD 道路調査報告書 (JICA)

表 18.2-3 大型車の平均積載重量 (平日)

		Number of Veh.	Total Weighth (t)	Loading wight (t/veh)
10	Fuel (Gas)	16	164	10.4
20	Agricultural product	31	346	11.1
30	Livestock products	28	323	11.5
40	Construction material	860	8,305	9.7
50	Machinery, Equipment	1	27	18.0
60	Food Product	39	345	8.8
90	Ohers	51	416	8.2
Total / Avarage		1,027	9,926	9.7

出典：SD 道路調査報告書 (JICA)

表 18.2-4 大型車の平均積載重量（休日）

		of Veh.	Weight (t)	weight (t/veh)
10	Fuel (Gas)	1	21	16.0
20	Agricultural product	7	109	14.9
30	Livestock products	31	300	9.8
40	Construction material	907	9,439	10.4
50	Machinery, Equipment	9	110	12.0
60	Food Product	31	307	9.8
90	Others	17	199	11.6
Total / Average		1,004	10,484	10.4

出典：SD 道路調査報告書（JICA）

18.2.2 経済的便益の算定（旅行時間コスト節約便益）

2041 年の 1 日の TTC 節約量は、車種別の旅行時間原単位と車両総走行時間に基づき算出した。TTC 節約便益の分析は、下記の 2 ケースについて行った。

表 18.2-5 試算ケース

ケース	内容
ケース1	既存の道路区間をすべて現道拡幅（2車線）で整備した場合
ケース2	ケース1に加え、第二工区をトンネルで整備した場合

出典：JICA 調査団

各ケースの設定条件、旅行時間および短縮時間を表 18.2-6 と表 18.2-7 に示す。所要時間は、各区間の設計速度を用いて算出した。

表 18.2-6 2041 年の既存道路利用による条件と旅行時間（ケース 1）

Section		Distance (Km)		Design Speed (Km/h)		Travel Time (minutes)	
		With	Without	With	Without	With	Without
Section I	Bardibas Area	2.5	2.5	60	50	2.5	3.0
	Others	34.5	34.5	40	30	51.8	69.0
Section II		35.8	35.8	30	20	71.6	107.4
Section III		36.8	36.8	30	20	73.6	110.4
Section IV		50.0	50.0	30	20	100.0	150.0
Total		159.6	159.6	-	-	299.5	439.8

出典：JICA 調査団

表 18.2-7 2041 年の既存道路とトンネル利用による条件と旅行時間 (ケース 2)

Section		Distance (Km)		Design Speed (Km/h)		Travel Time (minutes)	
		With	Without	With	Without	With	Without
Section I	Bardibas Area	2.5	2.5	60	50	2.5	3.0
	Others	34.5	34.5	40	30	51.8	69.0
Section II	Tunnel	7.7	35.8	Tunnel	30	32.4	107.4
	Approach	1.6		Approach	30		
	Others	6.9		Others	30		
Section III		36.8	36.8	30	20	73.6	110.4
Section IV		50.0	50.0	30	20	100.0	150.0
Total		140.0	159.6	-	-	260.3	439.8

出典：JICA 調査団

旅行時間の短縮の算出は、シンズリ道路の輸送力強化の前後に、シンズリ道路を利用する場合の短縮時間、及び西周りルートからシンズリ道路利用に転換した場合の短縮時間の2つに分けて算出した。なお、車種間の旅行速度は同様とした。年間の TTC は、車種別 TTC と総車両時間に基いて算定した。各ケースの TTC 節約の結果を表 18.2-8 と表 18.2-9 に示す。分析の結果、2041 年の TTC の節約は、ケース 1 で 2,586 百万 NPR/年、ケース 2 で 3,080 百万 NPR/年となった。

表 18.2-8 2041 年の既存道路利用による TTC の節約便益 (ケース 1) (百万 NPR/年)

			2. Car & Taxi	3. Utility Pick up	4. Micro Bus	5. Mini Bus	6. Large Bus	7. Light Truck	8. Heavy Truck	9. Multi-axel Truck	10. Others	Total
Sindhuli Road	Section I	Bardibas Area	1.8	2.7	0.5	1.4	0.3	0.2	1.2	0.4	2.0	10.4
		Others	28.3	46.8	23.0	40.8	0.0	11.2	37.7	0.0	6.7	194.6
	Section II		58.7	97.2	47.7	84.7	0.0	23.3	78.3	0.1	14.0	403.9
	Section III		76.2	191.3	57.3	166.4	0.0	23.0	79.0	1.6	40.1	634.9
	Section IV		125.7	275.6	62.7	249.0	0.0	30.1	121.6	0.0	0.6	865.3
Conversion from Westward Route			46.7	169.8	155.4	56.0	26.4	2.7	19.8	0.0	0.0	476.8
Total			337.4	783.3	346.6	598.3	26.7	90.5	337.6	2.2	63.5	2,585.9

出典：JICA 調査団

表 18.2-9 2041 年の既存道路とトンネル利用による TTC の節約便益 (ケース 2) (百万 NPR/年)

			2. Car & Taxi	3. Utility Pick up	4. Micro Bus	5. Mini Bus	6. Large Bus	7. Light Truck	8. Heavy Truck	9. Multi-axel Truck	10. Others	Total
Sindhuli Road	Section I	Bardibas Area	1.8	2.7	0.5	1.4	0.3	0.2	1.2	0.4	2.0	10.4
		Others	28.3	46.8	23.0	40.8	0.0	11.2	37.7	0.0	6.7	194.6
	Section II		122.9	203.4	99.8	177.4	0.0	48.8	164.0	0.1	29.3	845.8
	Section III		76.2	191.3	57.3	166.4	0.0	23.0	79.0	1.6	40.1	634.9
	Section IV		125.7	275.6	62.7	249.0	0.0	30.1	121.6	0.0	0.6	865.3
Conversion from Westward Route			51.9	188.4	172.4	62.1	29.3	3.0	22.0	0.0	0.0	529.1
Total			406.7	908.2	415.8	697.1	29.5	116.3	425.5	2.2	78.8	3,080.1

出典：JICA 調査団

18.3 試算結果のまとめ

表 18.3-1 に改良効果の試算結果を整理する。

表 18.3-1 試算結果のまとめ

ケース	改良なし (Without)	改良あり (With)	
		ケース 1 (全線 2 車線化)	ケース 2 (ケース 1+第二工区トンネル化)
旅行時間	439.8 分 (7.3 時間)	299.5 分 (5.0 時間)	260.3 分 (4.3 時間)
短縮時間	—	140.3 分 (2.3 時間)	179.5 分 (3.0 時間)
節約便益	—	2,586 百万 NPR/年	3,080 百万 NPR/年

出典：JICA 調査団

第19章 事業化に係る留意事項

19.1 概要

この章では、後続の調査、設計、実施の各段階において、検討事項や提言等の申し送り事項を取りまとめる。なお、本調査で検討した「シンズリ道路の輸送力強化」に係る事業の完成形を、ここでは「シンズリ道路 2.0 計画」と呼ぶ。

19.2 前提条件

シンズリ道路は延長 160km の国道で、現状カトマンズと東部タライ地域、北東部を結ぶ最短ルートである。本調査は、既存道路の状況の把握、交通調査及び交通需要予測を実施し、輸送力強化の必要性と可能性を検討するために実施した。以下、本調査で提案した機能向上方策の前提条件を記す。

19.2.1 全線 160km の輸送力強化

前提条件のひとつは、シンズリ道路の全線 160km の輸送力強化の重要性である。シンズリ道路 2.0 計画は、カトマンズとタライを含む東部地域間の移動性とアクセシビリティ機能の強化を目的としている。これを実現するためには、特定の区間のみ既存の道路を 2 車線化するだけでは不十分であり、目的は達成できない。部分改良に留まらない路線全体を対象とした道路線形の改良、耐災害性の強化、安全性向上に向けた包括的なアプローチが重要である。

また、今後第二工区のトンネル化検討に入るためには、ネパール側のシンズリ道路全線改良に関するコミットメントも重要な前提条件のひとつとなる。

19.2.2 タイムリーな事業実施

シンズリ道路 2.0 計画は、コスト規模が非常に大きく、また、技術面においても区間によって先進技術と品質が求められる。そのため、適切な事業スコープの設定と段階的な整備、事業が継続的に実施されることが、目標期間内の事業完了には不可欠である。本調査における機能向上方策の検討は、技術的、経済的にネパール政府（GON）が自ら実施できる方法から、他ドナーによる支援が必要となる先進技術を必要とする方法まで、様々な方法で構成されている。シンズリ道路 2.0 計画が目標期間に実現されるように、各プロジェクトの調和と一貫性を維持することが重要である。

19.2.3 ネパール側の積極的な事業推進

MOPIT の 5 ヵ年計画では、MOPIT/DOR 管轄の全ての道路は 2 車線以上とする方針が打ち出されており、シンズリ道路と接続する M-H ハイウェイ、M-B ハイウェイ等、2 車線での整備が進められている。また、2020 年 2 月に第三～第四工区の改良プロジェクトがネパール資金により公示されている（しかし、同年 7 月に取り下げられた）。また、シンズリ道路の維持管理費はネパール政府の予算計画である Red Book2021/2022 に記載されている。

このように、ネパール側でもシンズリ道路の重要性、必要性については十分に認識されている。しかしながら、本報告書で記載したように、シンズリ道路の改良には予算的・技術的な課題があることから、シンズリ道路の輸送力強化に向け、事業企画、予算確保、事業推進をネパール側が積極的に行っていかなければ、シンズリ道路 2.0 の実現が困難である。

本調査報告書が、シンズリ道路 2.0 実現に向けた、ひとつの検討材料となることを期待している。

19.3 提言及び申し送り事項

19.3.1 機能向上方策の検討

本調査では、シンズリ道路全線（L=約 160km）の輸送力強化について、既往の無償資金協力にて実施された工区分割に基づき検討を行った。今後は、地形、地域性、交通量等を考慮した設計区間にて検討することが望ましい。また、標準横断構成の検討については、以下を考慮したきめ細かい設定が必要となる。

- 自動車交通以外の道路利用者への配慮
- 適用する幾何構造条件（ネパール道路基準、アジアハイウェイ基準等の整理及び M-H ハイウェイ、M-B ハイウェイとの整合検討）
- 地形および地質条件
- 施工条件（工事中の交通切り回し、その他制約）
- 用排水、周辺土地利用、ROW 等

本調査においては、衛星写真をベースとした高精度の数値標高モデル 3 次元データ（AW3D, 1.0m 解像度）を使用して機能向上方策の検討を行っている。しかしながら、樹高の影響や現道再現がされないなどの精度上の限界がある。また、地形・地質条件は踏査レベルであることから、地すべり等が懸念される箇所においては、適切なルート選定のためのボーリング調査等を実施すべきである。さらに、気象・水文条件も近傍データの範囲であり、近年頻発している当該地域の気象変改に対応できていない可能性がある。よって、より高精度の地形図および最新の地質データと気象・水文データを使用した路線検討の実施が望ましい。

また、以下に次期調査にて特に留意が必要となる申し送り事項を記載する。

- 整備水準と整備コストはトレードオフの関係にあることから、次期調査で検討内容の精査が必要である。特に、設計速度は両者に大きな影響を与えることから、DOR と協議を行い、適切な設計速度を区間毎に設定することが望ましい。
- 本検討ではネパール基準の標準値を採用したが、次期調査では地形状況を踏まえつつ、コスト縮減に配慮した設計条件（縮小路肩、上下線分離構造、張り出し構造、擁壁タイプ等）について、DOR と協議を行っていくことが必要である。
- 本調査では地すべり／斜面崩壊区間を既存資料、目視により簡易的に調査を行ったが、次期調査ではさらに現地踏査及び本邦の調査方法を参考にしながら適切に評価し、設計に反映することが望ましい。
- 第 16 章にて算出した概算工事費には災害リスクについては考慮していない。次期調査では、こうしたリスクを評価の上、予備的経費率の設定について DOR と十分に協議していくことが求められる。
- 本検討では、交通需要予測結果をもとに将来大型車交通量をもとに概略的に全線一律で舗装構造を設定し、概算工事費を算出した。次期調査では、ファストトラックの通行料金や転換交通を考慮した交通需要予測を行い、それに基づいた大型車交通を算定の上、

舗装設計を実施する必要がある。また、舗装の供用年数を担保するために、過積載管理の重要性についても DOR へ進言することが重要と考える。

- 工事中の片側通行や迂回路設定等により工期延長リスクがあるため、後続調査で実施される施工計画検討結果を踏まえ、本調査で提案したシンズリ道路 2.0 計画ロードマップを再度検討する必要がある。

19.3.2 第二工区トンネル化

(1) MBT 及び MT の断層破碎帯

第 13 章で記載したとおり、南側坑口部では主境界衝上断層（MBT）および Mahabharat 衝上断層（MT）の断層活動により、MBT から MT を通過するまでの区間が高度に破碎された断層擾乱帯として認められた。しかしながら、本調査ではコロナ拡大による渡航制限の影響もあり、十分な調査が実施できない状況であった。そのため、今後の調査においては、地質調査（ボーリング、弾性波探査、室内試験など）により、断層擾乱帯の位置（区間）及び性状をより詳細に把握し、候補ルート及び坑口位置の妥当性検証及び掘削工法選定への反映が重要である。

(2) トンネル区間の車線運用方式

本調査では、トンネル区間の車線運用方式について、複数ケースにおける比較を行い、各々の概略的な特徴を整理している。第二工区のトンネル化では長大トンネルの計画が必要となる可能性が高く、設置すべき非常用施設、防災体制などを含め、トンネルの災害リスクや安全性に配慮した最適な車線運用方式検討が重要である。今後の調査では、トンネル区間の車線運用方式について DOR と十分に協議を行い、トンネル建設に要するコストのみならず、トンネルの災害リスクや安全性を考慮した車線運用方式を決定する必要がある。

(3) 掘削工法（補助工法を含む）

南側坑口部では MBT 及び MT の断層活動により、高度に破碎された断層擾乱帯を通過する。当該区間のトンネル施工では天端・切羽の不安定化や大変形、異常出水が懸念されることから、今後の地質調査結果を踏まえ、最適な掘削工法、支保構造を検討する必要がある。また、本調査段階では当該区間の切羽安定対策として標準的な長尺鋼管先受け工法を提案しているが、補助工法についても地山の性状を踏まえ、最適化する必要がある。

(4) トンネル施工計画

第二工区のトンネル化は延長 7km を超える長大トンネルであり、両坑口からの掘削が推奨される（本調査での概算費用算出は両坑口掘削をベースとしている）。本調査では、南側及び北側坑口周辺において施工ヤード候補地を提案している。今後の調査では、施工ヤード候補地における具体的な仮設備の配置計画及び給排水、資機材調達計画を立案する必要がある。また、本トンネルの南側坑口部を除く大半は地山等級 CI～CII と想定され、発破方式となる可能性が高く、火薬の取り扱いにおける手続き、プロセスなどを十分に確認し、施工計画へ反映する必要がある。

(5) トンネル電源供給

トンネル工事中は 1,600kVA、供用開始後は 1,000kVA の電力が必要となる。供用後電力の

調達は送電線設置や地域調整などを前提として可能と予想されるが、以下の理由で工事中は自家発電機で対応することも考えられる。

- トンネル工事では長時間の停電による作業中断は、安全確保の観点から極力避けなければならない。地域事情を勘案すると停電発生は避けられないと考えられることから緊急時対応として自家発電機を準備することは必須
- 仮設電力引き込みのための配電線を敷設するための交渉や工事に時間を要する可能性あるとともに、工事段階の方が電力量が大きくなるため供用後よりも大規模な配電設備となる

なお、供用後のトンネル設備は環境や交通安全上必要な施設であり、設備運転員及び設備管理者に対して必要な維持管理・運転に関する教育を十分に実施することが必要である。

19.3.3 将来交通需要予測

シンズリ道路の交通需要予測は、ネパールの社会経済的枠組みと調査チームが実施した交通調査のみを考慮した方法に基づいている。ファストトラックの開通により、シンズリ道路の交通量が一時的に減少すると予測されているが、その重要性は、ネパールの成長とともに高まると予想される。

本調査の交通需要予測はファストトラックの開通の影響を考慮に入れているが、通行料金の課金影響は考慮されていない（信頼できる通行料データが入手できていない）。今後、ファストトラックの通行料金の影響や今後開通が予定されている高速道路網（M-H ハイウェイ、M-B ハイウェイなど）を考慮した詳細なネットワーク推計による分析は、交通の分布を含む正確な交通需要を予測するために不可欠である。

19.3.4 環境社会配慮に係る事項

(1) 全工区（第二工区を含む）

シンズリ道路全体の将来的な事業に関する共通の配慮項目として、次表のような事項を提案する。

表 19-1 全般的な提案・配慮事項

項目	提案・配慮
汚染対策	<ul style="list-style-type: none"> • 大気汚染の計測地点はトンネル換気の構造を踏まえて設定される必要がある（現状では、ジェットファンによる坑口からの排気が想定される）。 • 可能な限り多くの地点で地表水と地下水の両方がベースラインとして計測される必要がある。 • トンネルからの掘削土を含む残土の土壌汚染に関する調査が求められる。 • 雨季と乾季を踏まえた計測時期に対する配慮が求められる。
自然環境	<ul style="list-style-type: none"> • 後続の調査において、IUCN の分類に基づく文献や現地調査に基づいた貴重種等に関する確認が求められる。 • ネパール国内の森林に関する法制度（Forest Guidelines, 2006 等）に基づく代替案を伴った、樹木伐採の詳細に関する調査が求められる。
社会環境	<ul style="list-style-type: none"> • 住民移転計画（RAP）作成のためのセンサス調査とは別に、先住民族の分布と影響を評価するための確認が後続の調査において求められる。 • 山岳のつづら折り区間を含む総合的な地域交通のあり方（交通弱者の移動や安全、現道の活用、有料化に関する影響等）についての検討を行い、地域の社会経済に与える影響を踏まえた検討がなされるべきである。

項目	提案・配慮
	<ul style="list-style-type: none"> 今後の道路改修に際しては、歩行者の安全確保に留意が必要である。現状、通過交通と歩行者の分離が難しいセクションが多く、今回の聞き取りでも住民から交通安全に関する懸念があげられている。

出典：JICA 調査団

(2) 第二工区

前述の工区全般に関する事項に加えて、主に第二工区を対象とした、現時点では情報が不足している事項や、今後の調査で確認する際の留意項目を下表に取りまとめる。

表 19-2 第二工区に関する留意事項

項目	概要
不可分一体と累積的影響	トンネル建設に関連して不可分一体性が問われる関連施設等は想定されないが、トンネル内への通電や不可分性のある施設との関連が生じる場合には検討を行う。累積的な影響としては道路工事によって生じる一般的な影響に加えて、計画道路沿いにおける斜面の安定性などの見落としが無いように留意する。
二次的・間接的な影響	土取場、採石場、土捨て場、工事ヤード等は現段階で確定していないため、こうした付帯施設による二次的な影響は後続の調査において位置や規模を想定して評価される必要がある。また、トンネル建設によってバイパスされる区間に対する間接的な影響等についても同様に社会経済的な側面から検討される必要がある。
トンネル坑口付近の検討	坑口付近の土地所有権やトンネルの保護層としての観点から必要となる用地範囲については、地表権の概念や先行するトンネル事業の実例等も踏まえて詳細な買取範囲等が検討される必要がある。
雨季と乾季の差異	トンネルに関連した環境要素のうち、雨季と乾季で状況が大きく変わる可能性のある水文や水利用、汚染項目などの調査について、計測時期について検討を行い、環境条件が最もシビアになる状況を適切にベースラインの設定と事業実施時の予測に反映させる必要がある。
社会的弱者層への影響	既存道路の売り子や売店など、社会的な弱者層の生計がバイパスで影響を受ける可能性があるため、こうした間接的な影響も含めて見過ごしが無いように留意する必要がある。その他、地震による移民などの弱者層がいないかについても確認を行うべきである。

出典：JICA 調査団

19.3.5 施工計画及び積算

施工計画及び積算に係る今後の調査・設計段階で留意すべき事項を以下に列挙する。

- 工事スケジュールに基づく、資機材調達市場の状況調査
- トンネルルートを選定及び選定ルートに伴うアプローチ道路計画の詳細な検討、本調査結果を参考にしたトンネルズリの再利用方法及び土捨て場の検討
- 道路拡幅工事の断面設計のための現況道路構造に係る計算書（基礎の地盤条件を含む）の入手、特に谷側擁壁の構造詳細の十分な理解、構造物等の健全性調査
- 既存の各種構造物の取り壊しを極力回避する道路拡幅構造の検討
- サイズの大きい資機材の輸送計画概要の検討（特に、ヘアピンカーブ部を通過しなければならない大型輸送車の通行可否対策の検討）
- 斜面防災の必要性を検討するための地盤調査の実施
- 建設資材の再生利用状況（方法、品質管理など）の調査
- 上記を踏まえたより具体的な断面設計に基づく検討及び概略工事費の精査
- 既存交通と工事のための車両交通を踏まえた交通マネジメントの検討

- 工事費の高い工法のコストダウン代替案の検討（待避所を設けた段階整備など）

19.4 おわりに

上記の申し送り事項に加え、シンズリ道路 2.0 計画が円滑に実施されるための JICA 調査団からの提言を以下に整理する。

【事業費】

- 本調査の結果、全線 2 車線化を含む輸送力強化の事業総予算が約 761 億円規模、第二工区トンネル化だけでも 369 億円程度の規模が見込まれている。事業規模が大きいことから、第二工区のトンネル化の事業化を検討する際には、ネパールの財務省も含めたネパール政府の意向確認が必要である。

【事業計画】

- シンズリ道路の全線 2 車線化に関して、DOR 等のネパール政府からは前向きな言葉が聞かれるものの、時間軸等を伴う具体的な計画があまり示されていない。そのため、機能向上策の前提条件である全線 2 車線化の実現性、実現時期については特に明確化される必要がある。

【技術的課題】

- 工事期間、技術的に最もクリティカルな工区は第二工区であり、トンネルによるバイパスの建設に約 8 年を要すると見積もられている。他工区の改良は本トンネル建設よりも早期に、または同時並行的に着手できるため、第二工区トンネル事業の F/S と同時期に、全体のスケジュールを見ながら他事業を実施することが望まれる。
- 本調査では、第二工区以外におけるトンネルについては比較検討の結果、推奨案とはしなかったが、第三工区の一部は急傾斜地であり、トンネルの採用を今後検討することが望ましい。トンネルの採用は、幾何構造的に高い優位性を有し、長期的な利点（耐災害性、安全性、走行性等）を見込める可能性がある。
- シンズリ道路全線は、日本の資金援助により計画、設計、建設され、地元の資機材や技術が広く採用されてきた。一方で、多くの区間に日本独自の高度な技術が採用されている。これらの区間の改良に際しては、導入された技術、採用根拠、効果、適用性を理解・把握することが必要である。
- 技術的に難易度が高くない区間の改良は、ネパール政府の独自予算で事業化することも考えられる。これは、投資を最小限に抑え、オーナーシップの醸成、道路管理者としての意識を高める上で効果的である。
- シンズリ道路の改良に係る費用対効果が十分に得られるように、待避所の追加や部分的な改良等を経た短・中・長期的な段階整備計画を検討する必要がある。