

Metres 1000 500 0 1 2 3 4 5 kilometres

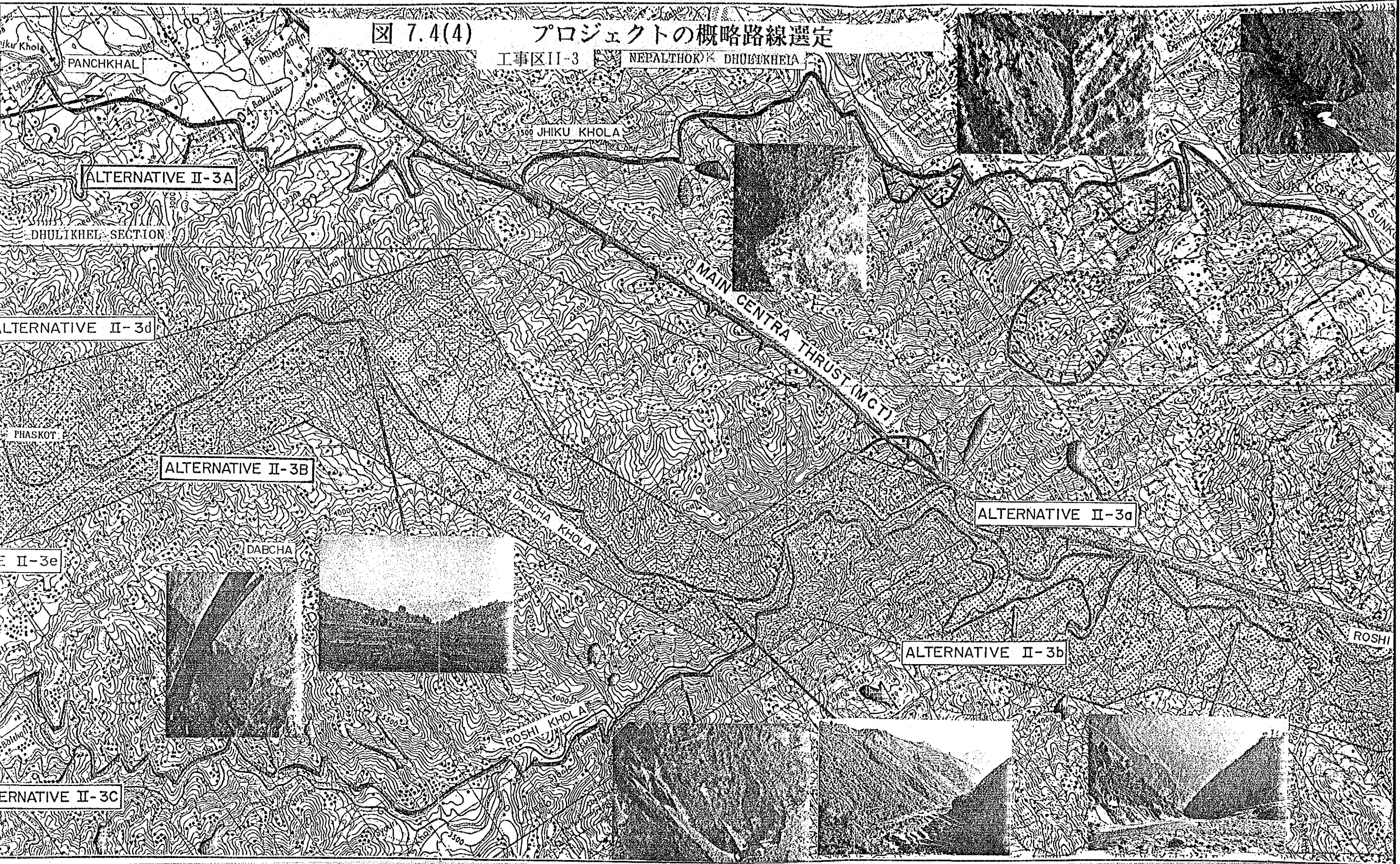
Contour Interval 100 feet.

図 7.4(4)

プロジェクトの概略路線選定

工事区II-3

NEPALTHOK DHULIKHELA



ALTERNATIVE II-3A

DHULIKHELA SECTION

ALTERNATIVE II-3d

PHASKOT

ALTERNATIVE II-3B

II-3e

DABCHA

ALTERNATIVE II-3d

ALTERNATIVE II-3b

ALTERNATIVE II-3C

ROSHI

の概略路線選定

THOK DHULAKHEIA

MAIN CENTRA THRUST (MCT)

ALTERNATIVE II-3a

ALTERNATIVE II-3b

ROSHI KHOLA

NEPALTHOK

TUNNEL Z=100

OPTIMUM ROUTE SELECTED

ALTERNATIVE ROUTE

7-14

HIS MAJESTY'S GOVERNMENT OF NEPAL  
SINDHULI ROAD CONSTRUCTION PROJECT  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



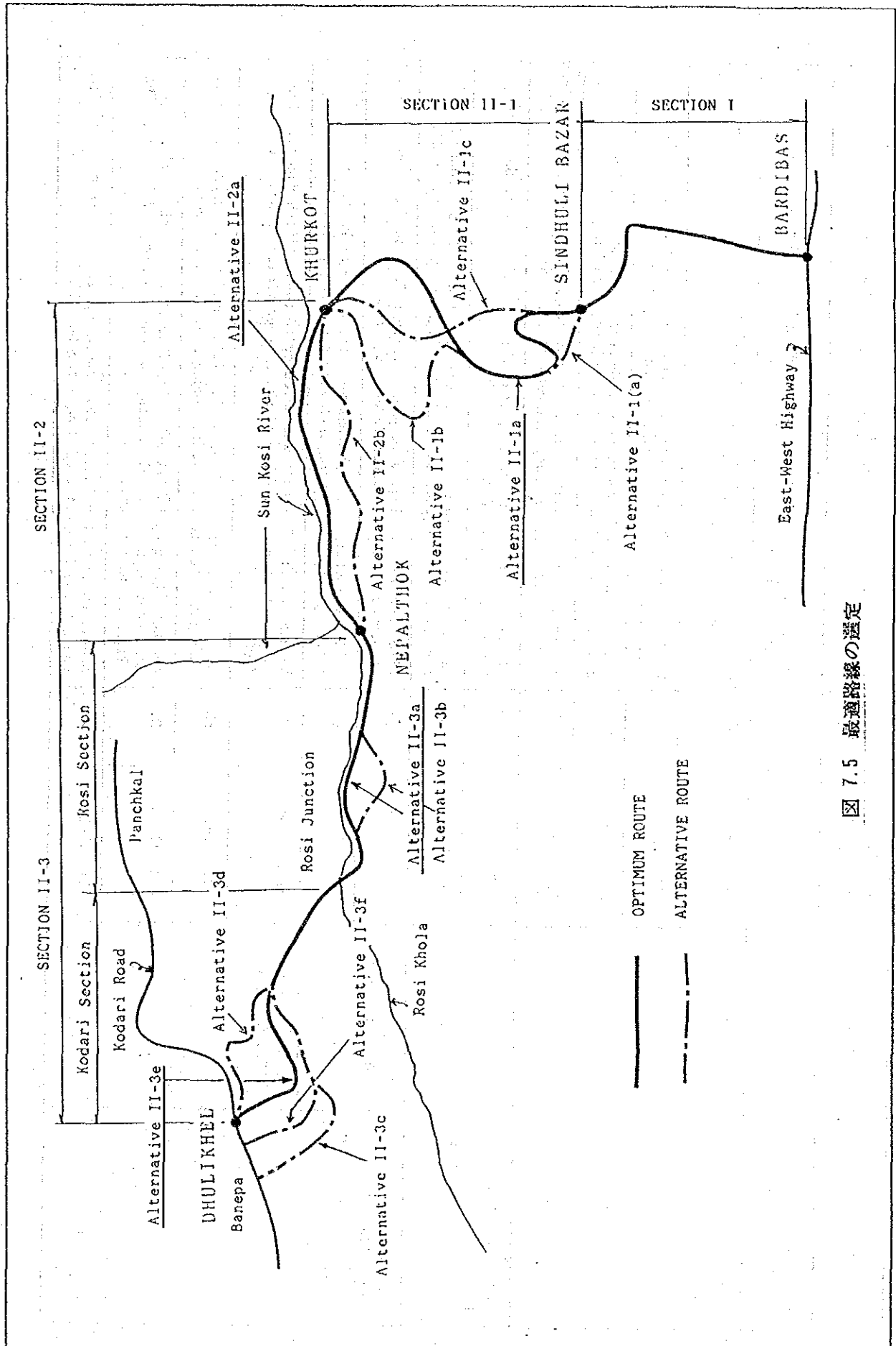


図 7.5 最適路線の選定

表 7.4 代替ルートと比較検討

Section	Sub-Section	Conceivable Alternative Route	Length (km)	Preliminary Examination
Section I (Bardibas-S.Bazar)	-	None	37	Proposed route passes along the existing road which is under construction by DOR.
Section II-1 (S.Bazar - Khurkot)	-	Alt. II-1a	39	New Route: This route is the most reliable and possible route among three alternatives.
		Alt. II-1b	41	COMTEC Route: The section between Sindhuli Garhi and Khurkot is very difficult due to land slide and topography.
		Alt. II-1c	26	Tunnel Route: This route is the shortest one, however, the construction cost of tunnel (2,000 m) is quite large.
Section II-2 (Khurkot - Nepalthok)	-	Alt. II-1(a)	37	Alternative New Route: This route was proposed to shorten Alt. II-1a route by provision of loops between STA5 and STALO.
		Alt. II-2a	30	Riverside Route: The route passes through left bank of Sun Kosi River. Alignment of road is fair.
		Alt. II-2b	53	Hillside Route: This route was selected taking into account Sun Kosi No.2 Dam Project, shifting the alignment toward hillside.
Section II-3 (Nepalthok - Dhulikhel)		Alt. II-3a	23	Riverside Route: The route passes through left bank of Rosi River. Countermeasures for landslide are required.
		Alt. II-3b	26	Hillside Route: The route was selected to avoid landslides by shifting alignment toward hillside, resulting in bad alignment.
		Alt. II-3c	27	Banepa Route: The route was selected to connect with Banepa. The alignment of road is fair and short by provision of short tunnel (100 m).
		Alt. II-3d	25	Eastern Route of Dhulikhel Hill: This route was selected aiming at shortest route to Dhulikehl. Topography is very steep.
		Alt. II-3e	26	Southern Route of Dhulikhel Hill: This route was selected to connected with Dhulikhel passing on southern slope of D. Hill. The alignment is not fair.
		Alt. II-3f	27	Middle Route to Dhulikhel: This route was selected to connect with the intermediate point of Banepa and Dhulikhel.

表 7.5 シンズリ道路プロジェクトの最適ルート

Section	Optimum Route	Length
Section I (Bardibas - Sindhuli Bazar)	Existing Road	37 km
Section II-1 (Sindhuli Bazar - Khurkot)	Alternative II-1a	39 km
Section II-2 (Khurkot - Nepalthok)	Alternative II-2a	30 km
Section II-3 (Nepalthok - Dhulikhel)		
Rosi Section	Alternative II-3b	23 km
Kodari Section	Alternative II-3e	26 km
Total Project Length		155 km

Materials	Type of Bridge	Bridge Span Length in Meter																				
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100											
Concrete	R.C. - Slab	10-15																				
	R.C. - T-Beam	15-25																				
	R.C.-Hollow Slab	15-25																				
	R.C.-Arch <u>1/</u>																				240	
	P.C.-Hollow Slab	15-25																				
	P.C.-T-Beam	20-30																				
	P.C.- π Shape R.F.	20-30																				
	P.C.-Box (Simple)	30-40																				
	P.C.-Box (Continuous)	30-40																				
	H-Beam	15-25																				160
Steel	Composite Plate Gr.																					
	Composite Box Girder																					
	π-Shape Rigid Frame																					
	Truss <u>2/</u>																					250
	Arch																					300
Stone	Arch																					

Note: 1/ In case of cantilever erection method applied, prestress is required.

2/ Continuous type is advantageous in case span less length more than 80m.

図 7.6 上部構造の建設コストの比較



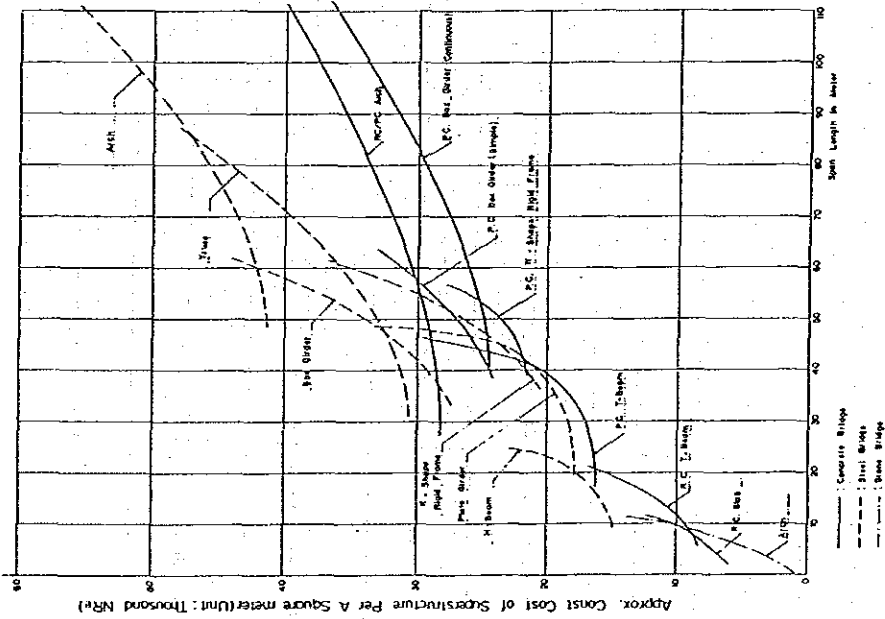


図 7.7 上部構造の建設費

— スパン長、橋梁の高さとタイプの関係 —

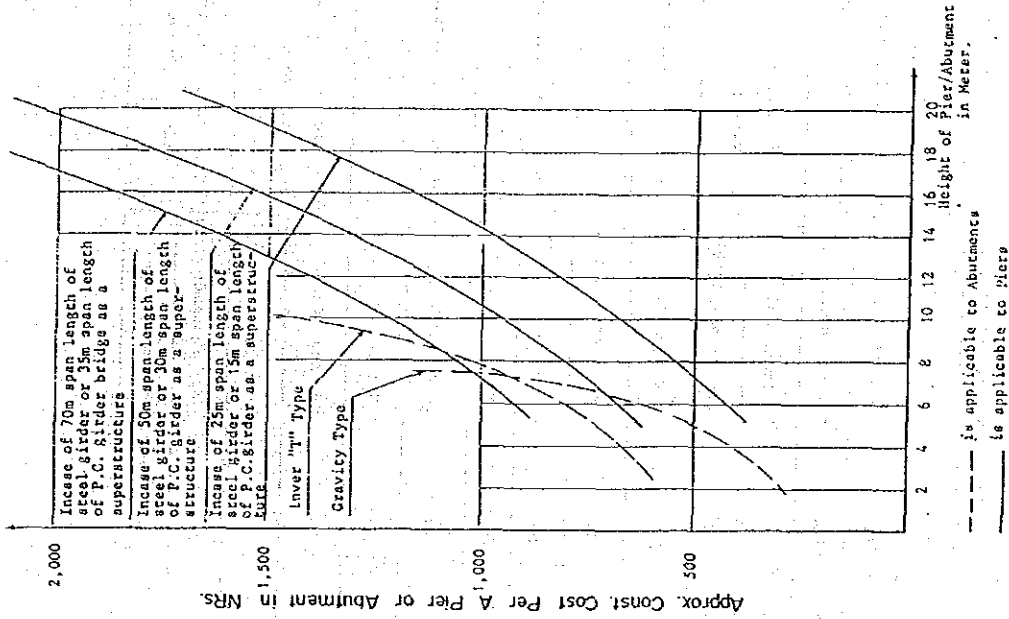


図 7.8 アバットメントおよび橋脚の工種別建設費

表 7.6 工事区 I の橋梁の種類の検討

Name of Bridge	Station	Alternatives	Total Bridge Length (in Meter)	Span Arrangement	Type of Bridge	Approx. Const. Cost (Thousand NRs.)	Approx. Const. Period (in Month)	Maintenance	Recommendation	Prevailing Reasons of Bridge Selection
Bhogare Khola	7 + 550	Alt. - A	105.m	27.5 + 50 + 27.5	R.C. Arch	30,700	18.M	Excellent	Not recommendable	Economic and Constructional view point
		Alt. - B		3 x 35.0	P.C. T. Beam	27,000	10.M	Good	Recommendable	
Kare-Kare Khola	7 + 950	Alt. - A	50.m	10.0 + 30 + 10.0	R.C. Arch.	10,300	10.M	Excellent	Recommendable	Hydraulic and structural stability view point
		Alt. - B		2 x 25.0	P.C. Simple Gr.	10,200	9.M	Good	Not recommendable	
Ratu Khola	12 + 400	Alt. - A	200.m	8 x 25.0	P.C. Simple Gr.	35,600	23.M	Fair	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		6 x 33.3	P.C. Simple Gr.	37,300	20.M	Good	Not recommendable	
Shindhuse Khola	28 + 050	Alt. - A	75.m	3 x 25.0	P.C. Simple Gr.	13,700	13.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		3 x 25.0	Steel Girder	14,500	12.M	Poor	Not recommendable	
Namala Khola	28 + 750	Alt. - A	165.m	30.0+3x35+30.0	P.C. Simple Gr.	32,500	20.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		4 x 41.25	Steel Girder	35,600	18.M	Poor	Not recommendable	
Phittang Khola	32 + 250	Alt. - A	60.m	3 x 20.0	P.C. Simple Gr.	11,000	12.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		3 x 20.0	Steel Girder	11,600	10.M	Poor	Not recommendable	
Buka Khola	34 + 200	Alt. - A	60.m	2 x 30.0	P.C. Simple Gr.	11,000	12.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		2 x 30.0	Steel Girder	12,000	10.M	Poor	Not recommendable	
Gadeuli Khola	34 + 950	Alt. - A	60.m	2 x 30.0	P.C. Simple Gr.	12,000	13.M	Good	Not recommendable	Maintenance and structural stability view point
		Alt. - B		17.5 + 25.0 + 17.5	P.C. Shape Rigid Frame	13,500	12.M	Excellent	Recommendable	

表 7.7 工事区II-1の橋梁の種類の検討

Name of Bridge	Station	Alternatives	Total Bridge Length (in Meter)	Span Arrangement	Type of Bridge	Approx. Const. Cost (Thousand NRs.)	Approx. Const. Period (in Month)	Maintenance	Recommendation	Prevailing Reasons of Bridge Selection
Gvangu Khola	7 + 800	Alt. - A	70.m	2 x 35.0	P.C. Simple Gr.	14,900	14. M	Good	Recommendable	Maintenance view point
		Alt. - B		2 x 35.0	Steel Girder	14,900	11. M	Poor	Not recommendable	
Ardleri Khola	37 + 650	Alt. - A	120.m	4 x 30.0	P.C. Simple Gr.	21,600	15. M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		4 x 30.0	Steel Girder	23,000	13. M	Poor	Not recommendable	

表 7.8 工事区II-2の橋梁の種類の検討

Name of Bridge	Station	Alternatives	Total Bridge Length (in Meters)	Span Arrangement	Type of Bridge	Approx. Const. Cost (Thousand NRs.)	Approx. Const. Period (in Months)	Maintenance	Recommendation	Prevailing Reasons of Bridge Selection
Nigauli Khola	5 + 300	Alt. - A	130.m	4 x 32.5	P.C.Sim-ple Gr.	23,000	18.M	Good	Recommendable	Hydraulic and maintenance view point
		Alt. - B		4 x 32.5	Steel Girder	25,800	14.M	Poor	Not recommendable	
Arubore Khola	10 + 700	Alt. - A	105.m	3 x 35.0	P.C.Sim-ple Gr.	20,800	15.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		3 x 35.0	Steel Girder	20,900	12.M	Poor	Not recommendable	
Khahare Khola	12 + 250	Alt. - A	50.m	50.0	R.C.Arch	12,000	11.M	Excellent	Recommendable	Structural stability and maintenance view point
		Alt. - B		50.0	P.C.T-Shape Ridge Frame	11,700	11.M	Good	Not recommendable	
Bhore Khola	16 + 700	Alt. - A	75.m	3 x 25.0	P.C.Sim-ple Gr.	13,400	13.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		3 x 25.0	Steel Girder	15,400	9.M	Poor	Not recommendable	
Gangace Khola	19 + 700	Alt. - A	90.m	2 x 30.0+30.0	P.C.Sim-ple Gr.	16,900	14.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		2 x 30.0+30.0	Steel Girder	18,000	13.M	Poor	Not recommendable	
Dhamile Khola	21 + 550	Alt. - A	70.m	2 x 35.0	P.C.Sim-ple Gr.	13,800	12.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		2 x 35.0	Steel Girder	13,700	9.M	Poor	Not recommendable	
Sandi Khola	24 + 350	Alt. - A	70.m	2 x 35.0	P.C.Sim-ple Gr.	13,400	11.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		2 x 35.0	Steel Girder	13,400	9.M	Poor	Not recommendable	
Chayampe Khola	32 + 900	Alt. - A	210.m	7 x 30.0	P.C.Sim-ple Gr.	36,400	20.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		6 x 35.0	Steel Girder	40,400	17.M	Poor	Not recommendable	

表 7.9 工事区II-3の橋梁の種類の検討

Name of Bridge	Station	Alternatives	Total Bridge Length (in Meter)	Span Arrangement	Type of Bridge	Approx. Const. Cost (Thousand NRS.)	Approx. Const. Period (in Month)	Maintenance	Recommendation	Prevailing Reasons of Bridge Selection
Mamti Khola	1 + 250	Alt. - A	120.m	4 x 30.0	P.C.Sim-ple Gr.	21,600	15.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		4 x 30.0	Steel Girder	23,000	13.M	Poor	Not recommendable	
Biyakure Khola	7 + 200	Alt. - A	120.m	4 x 30.0	P.C.Sim-ple Gr.	21,600	15.M	Good	Recommendable	Economic and maintenance view point
		Alt. - B		4 x 30.0	Steel Girder	23,000	13.M	Poor	Not recommendable	
Daune Khola	11 + 150	Alt. - A	50.m	50.0	R.C.Arch	12,100	11.M	Excellent	Recommendable	Structural stability and maintenance view point
		Alt. - B		50.0	P.C. 7/8 Shapte R/Bid Frame	11,600	12.M	Good	Not recommendable	
Narke Khola	13 + 600	Alt. - A	70.m	70.0	R.C.Arch	19,400	13.M	Excellent	Recommendable	Economic and Structural stability view point
		Alt. - B		70.0	Steel Truss	24,100	8.M	Good	Not recommendable	
Roshi Khola	18 + 950	Alt. - A	90.m	3 x 30.0	P.C.Sim-ple Gr.	22,800	23.M	Good	Not recommendable	Hydraulic and maintenance view point
		Alt. - B		3 x 30.0	Steel Girder	23,800	22.M	Poor	Not recommendable	
		Alt. - C		2 x 45.0	P.C. Box Contineous Girder	23,000	24.M	Excellent	Recommendable	

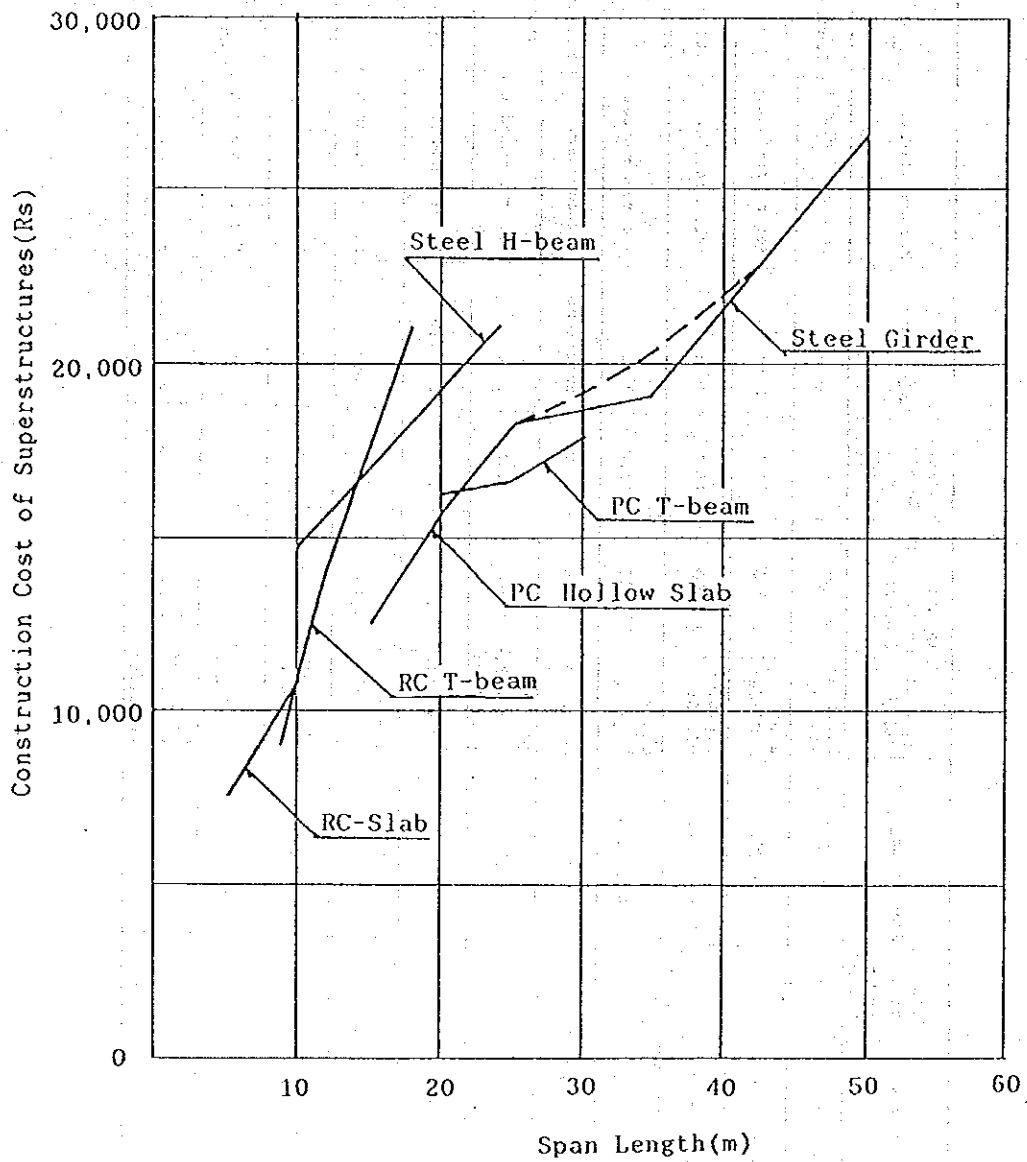


図 7.9 中小橋の上部構造の種類と建設費の関係







## 第8章 技術調査と解析

### 8.1 概要

本章では、プロジェクト道路に関する技術的検討を行った。プロジェクト地域の地質、土質、水文、地震及び地形に関して詳しい調査を行なった。これらの調査は、10,000分の1の地形図上に示された最適路線に沿って行なった。

### 8.2 地質調査及び土質調査

#### 8.2.1 概要

この調査の目的は、予備設計と各種類構造物の建設費の見積に必要な情報の収集である。

地質調査は主に1987年3月から6月の間に行なった。工事区ⅠのBardibasからSindhuli Bazarの区間、工事区ⅡのSindhuli BazarからDhulinkelの区間を対象として、調査団の監督のもとで、ローカルコンサルタントが調査を行った。

現地調査及び室内試験の結果を、VOL. II Appendixes とVOL. III Drawings に示す。

#### 8.2.2 地質特性

プロジェクトは、東西ハイウェイのBardibasからテライ平原北部、Siwalikの丘陵、Mahabharat地域等を経由して、KodariのDhulinkelに達するが、地質的には図8.1に示すように、Siwalik Nuwakotとカトマンズの3つのグループに大別される。

テライ平原は、ガンジス川の沖積平野である。Siwalik丘陵はヒマラヤ山塊のすそ野であり、大地溝と呼ばれる断層地域（Mahabharat地域）が境界となる。Siwalikは先カンブリア紀から第三紀に形成された。

MahabharatはSiwalikに向う巨大な押しつぶし断層地域であり、大きな向斜がある。この辺りは先カンブリア紀からデボン紀のカトマンズグループが変性を受けて形成し、地質としては、比較的強固である。

Kodari道路のDhulinkel付近は、Nuwakotグループと呼ばれる堆積物の地質で、先カンブリア紀から古生代に形成された。この地域の地質は、形成された年代を除けば、カトマンズ地域と非常に似通っている。

カトマンズグループとNuwakotグループは大地溝帯(MCP)と呼ばれる断層で境界がひかれている。Sun Kosi河はこの境界に沿って流れる。

Siwalik Mahabarat,カトマンズおよびNuwakotの全ての地質グループは、北北西から南南東に平行に走っているのが特徴である。プロジェクト地域の地質は道路建設に適しており、コンクリート用の骨材や路床材等として有用である。

### 8.2.3 土質試験と室内試験結果

#### 1) 土質調査

表8.1に示す架橋地点で、9カ所のボーリングを行った。ボーリングは、長大橋の橋台や橋脚の近くで行った。また、橋梁の基礎を支持し得る良質の地層を知るために、標準貫入試験(SPT)を深さ2m間隔で行った。ボーリングによって得られた資料は各層ごとに、比重、含水比、液性限界、塑性限界、密度、せん断強度、圧縮強さをAASHTOの基準にもとずいて試験した。

#### 2) 建設材料の検討

プロジェクトにおけるコンクリート構造物、盛り土、舗装に用いる建設材料の検討を行った。

調査は18カ所のオーガボーリングと12カ所のテストピットで行い、圧密度、CBR、粗骨剤の表面粗度、細骨剤の吸着度を調べるために、サンプリングを行った。

#### 3) 室内試験

室内試験結果は、Appendix 8.2.2でまとめる。

### 8.2.4 プロジェクトサイトの現状

プロジェクトサイトとのおおまかな土質は、表8.2の通りである。岩、小石、砂は、切り土の部分だけでなく、盛り土の材料としても使用可能と思われる。風化された岩と普通の土は、N値が30程度であるので、切り土材料としては使用可能であるが、盛り土材料としては適さない。これらの土質材料については、室内試験を行った。

室内試験は、Appendix 8.2.3に示すAASHTOの基準にしたがって、評価された。その結果、以下のCBR値が切り土部分と盛り土部分について必要である。

- 一切り土部分 : 全ての材料に対して, 15%
- 盛り土部分 :
  - ・ 風化の少ない岩, 砂及び小石については, 15%
  - ・ 風化された岩及び普通の土については, 8%
  - ・ 粘土の堆積物については, 2%

これらの土質サンプルは, 平らな地形を形成している堆積部分から採取された。  
プロジェクトのフィージビリティ調査に対して, 以下のような設計CBR値が決定された。

- 工事区 I      CBR = 15%
- 工事区 II     CBR = 8%

#### 8.2.5 路床材料

路床を構成する材料を得るために, 以下の地域を対象に試験を行った。

- プロジェクトサイトに沿った, Ratu, Kamala, Gwangu SunkosiとRosi川の砂と砂利
- プロジェクトサイトに沿った, カトマンズ地質の岩石

室内試験の結果は, 表 8.3 に示す。

この試験結果によれば, RatuとKamala川の砂と砂利は, 工事区 I の STA. 0 から STA. 29まで豊富に分布している。これらの材料で工事区 I の路床材料の大部分はまかなえる。

Gwangu川の砂と砂利も路床材料として適しており, Sindhuli Bazarから先に存在する。更に上流では, 最大 2 m の径の岩がルートに沿って分布する。以上より, 工事区 I と工事区 II - 1 については, 十分な路床材料がプロジェクトサイト付近から得られる。

工事区 II - 2 及び工事区 II - 3 についてもそれぞれ Sun Kosi川とRosi川から路床材料に適する砂と砂利が豊富に得られる。

## 8.2.6 切り土と盛り土の勾配

### (1) 盛り土

施工の経済性から考えて、切りとった部分の土を盛り土部分に用いることを原則とする。盛り土材料に適する切り土材は、工事区ⅠとⅡ-2の大部分、そして、工事区Ⅱ-1、Ⅱ-3の一部に分布する。盛り土の高さは、工事区Ⅱ-1を除いて、15mを超えないものとする。工事区Ⅱ-1は地山の傾斜が急であるのでやむを得ない。従って、地滑りが予想される地域以外は、全ての盛り土は安全である。

盛り土の勾配は、以下のように決められた。

— 普通の土及び風化した岩

盛り土の高さが 5 m未満 ; 1 V : 1.5 H

盛り土の高さが 5 m未満 ; 1 V : 1.8 H

— 硬い岩、砂及び小石

盛り土の高さにかかわらず ; 1 V : 1.5 H

盛り土の安全のために、高さ5mおきに1.5mの幅の犬走りを設置する。また、普通の土は風化・浸食され易いので、斜面の表面を保護し排水設備を設ける。

### (2) 切り土

切り土斜面の勾配に就いては、以下のように決定した。

— 硬い岩

切り土の高さにかかわらず ; 1 V : 0.5 H

— 普通の土及び風化された岩

切り土の高さ 10m以上 ; 1 V : 1.2 H

切り土の高さ 10m以上 ; 1 V : 1.0 H

斜面の安定のために、高さ7mおきに幅2mの犬走りを設置する。また、高さ10mを超える切り土に対しては、高さ7mまでの石積みをするものとする。

## 8.2.7 橋梁基礎の支持力

長大橋を架設する地点に於いて、N値の測定を行った結果、全ての架橋地点に於いて、N値は十分な支持力を示す値であった。(ほとんどの地点でN値は50以上であった)従って、橋梁の基礎の支持力は十分に安全である。

### 8.3 水文特性調査

#### 8.3.1 概要

橋梁の設計と道路の排水構造の設計のために、プロジェクトサイトの水文特性について調査した。また水文特性の評価のために、以下の点について現地の測量を行った。

- 架橋地点の河道の断面の測量
- 河川の洪水の経歴
- 河道に流される流木の寸法（橋梁の最小スパンの決定のため）
- 河道の安全性及び河床の変動量の測定
- 局所洗掘を推定するための河床材料の調査

#### 8.3.2 過去の水文量の検討

プロジェクトサイトの水文統計資料を水資源省から得た。この資料には、以下のようなものが含まれる。

- ・ネパールの気象データ 1971-1982. Volume I
- ・ネパールの気象データ 1971-1975. Volume II
- ・カトマンズ渓谷の土砂供給量
- ・ネパールの表面流出量

これらに加えて、カトマンズのインド大使館（KIE）からも、降雨量と流出量の統計データを手入れし、水文解析に用いた。プロジェクトサイトの水文特性は、その評価も含めて、Appendix 8.3.1 に示す。

#### 8.3.3 水文量の計算

##### (1) 降水確率

1948年から1977年間の降雨データに就いて24時間の最大降雨をハンセンの方法によって求めた。また降水確率をポワソン分布によって仮定した。ネパールにおいては、Type III Methodが最も適していると考えられる。図8.2に降水確率を示す。

##### (2) 降雨強度曲線

インド大使館（KIE）から得られた資料は、年間降雨量1,350 mmの地域の24時間降雨量を使用している。

プロジェクト道路は年降雨量が1,000 mmから2,500 mmの地点を通過するので、以下の式によって得られた24時間確率降雨量に安全率1.5をかけて設計降雨量とした。

$$(R_{24}) SA = \frac{(R_{\text{annual}}) SA}{(R_{\text{annual}}) KIE} \cdot (R_{24}) KIE$$

- ここに、  
 $(R_{24}) SA$  : 調査地域の24時間確率降雨量  
 $(R_{24}) KIE$  : KIE にもとづく24時間確率降雨量  
 $(R_{\text{annual}}) SA$  : 調査地域の年間降雨量 (2000mm)  
 $(R_{\text{annual}}) KIE$  : KIE にもとづく年間降雨量 (1350mm)

修正24時間確率降雨量にもとずき、降雨強度は山間部については、以下に示す物部の式を用いて求められた。

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

- ここに、  
 $R_t$  :  $t$  時間内の降雨強度 (mm/hr)  
 $R_{24}$  : 24時間の降雨量 (mm)  
 $t$  : 流達時間 (hr)

計算結果は図 8.3 に示す。

### (3) 河川と流域の特性

プロジェクト道路に係わる河川とその流域の特性は、大きく二つに分けられる。一つはSiwalik 丘陵に位置する工事区 I の地域であり、この地域は河川勾配が小さく河道には、砂と小石が堆積している。他の工事区は、工事区 II の位置するMahabharat地域である。この地域は河川勾配が急であり、大きな石が河道に堆積している。

代表的な河川の流域は、Appendix 8.3.2 に示す通りである。また、これらの河川の長さや勾配などの特性は、Appendix 8.3.3 にまとめた。

### (4) 最大洪水流出量の推定

各々の流域は比較的小規模なので、最大洪水流出量の推定は以下に示す合理式を

用いて行った。

$$Q_p = 1/3.6 \cdot f \cdot R_f \cdot A$$

ここに、

$Q_p$  : 最大洪水流出量 ( $m^3/s$ )

$f$  : 流出係数 (=0.7)

$R_f$  : 降雨強度 ( $mm/hr$ )

$A$  : 流域面積 ( $ha$ )

流出時間は以下の式で求める。

$$t = t_i + t_f$$

ここに、  $t$  : 流達時間 ( $hr$ )

$t_i$  : 流入時間 ( $hr$ )

$t_f$  : 流下時間 ( $hr$ )

#### 8.3.4 計画確率年

プロジェクトにおける各構造物の計画確率年を以下に示す。

長大橋 : 100 年

中小橋 : 50 年

カルバート : 20 年

道路の排水構造物 : 10 年

### 8.3.5 水理計算

洪水量と流速については、以下のマンニングの公式を用いて求めた。

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

ここに、V : 流速 (m/sec)

R : 平均水深 (m)

I : 河床勾配

n : マンニングの粗度係数

マンニングの粗度係数については、以下のように決める。

(a) 普通の河床  $n = 0.035$

(b) 捨石のある部分  $n = 0.025$

(c) コンクリート部分  $n = 0.014$

長大橋付近の最大洪水量、洪水流量及び流速は、表8.4に示す。

## 8.4. 地震解析

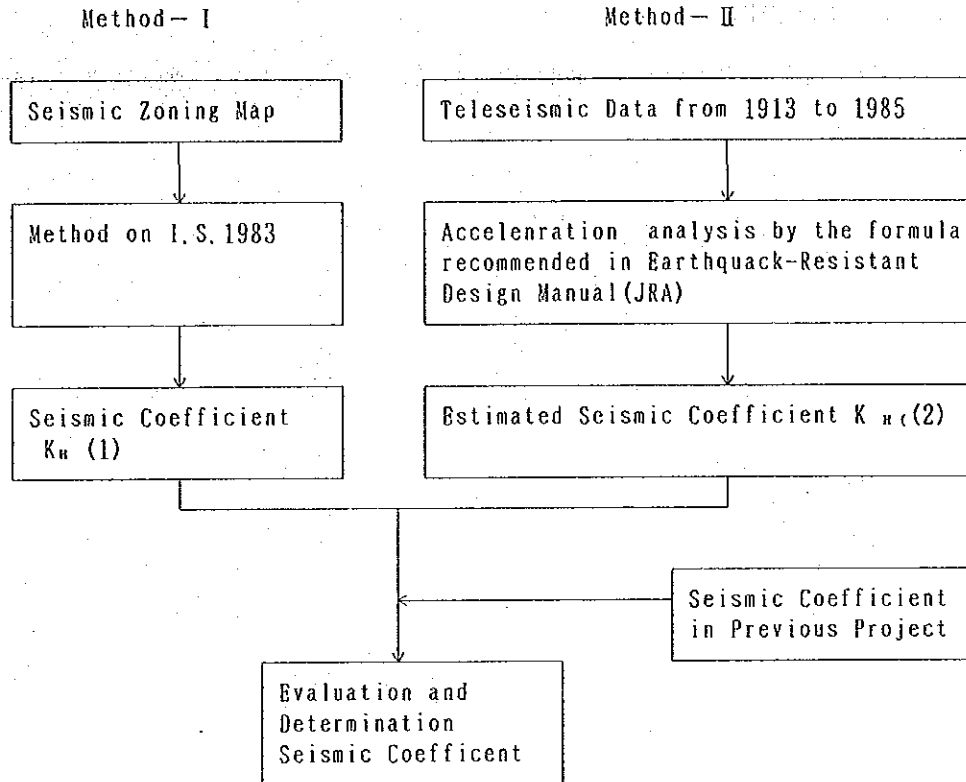
### 8.4.1 概要

プロジェクト対象地域は、世界的にも地震の多い地域であり、近年にもネパールでは地震による被害があった。従って、プロジェクトにおける構造物には、耐震設計が必要である。構造物の大きさを考慮すると震度法による耐震設計が適している。耐震係数を設定するために、以下のような資料を得た。

- 1) インドの地震図 (Kaila, Guar and Narain)
- 2) 遠地地震資料 (鉱山地質省, 1913~1985)



耐震係数の設定には以下のような手法を用いた。



#### 8.4.2 地震係数の決定

図8.4、図8.5にネパールにおける震央と地震地域を示す。マグニチュード5程度では、半径20km以内の地震が、マグニチュード8以上の地震は半径110 km程度まで、構造物に重大に被害を与えると考えられる。

先に述べた手法で、耐震係数を検討した結果、本プロジェクトにおいては、耐震係数は $K_H = 0.18$ と設定した。

#### 8.5 地形図の作成

本プロジェクトにおいては、以下のような地形図が作成された。

##### 1) 10,000分の1の地形図

既存の50,000分の1の地形図を用いて、概略路線選定を行ない、それに沿って、2～3 kmの幅の10,000分の1の地形図を作成した。

##### 2) 2,000分の1の地形図

10,000分の1の地形図に沿って、航空写真と地上測量を行ない、2,000分の1の地

形図を作成した。この地形図にもとづいて、シンズリ道路の概略設計を行った。

3) 500分の1の地形図

橋梁の概略設計をするために、500分の1の地形図を用意した。架橋地点は、Appendix 8.5.1に示す。

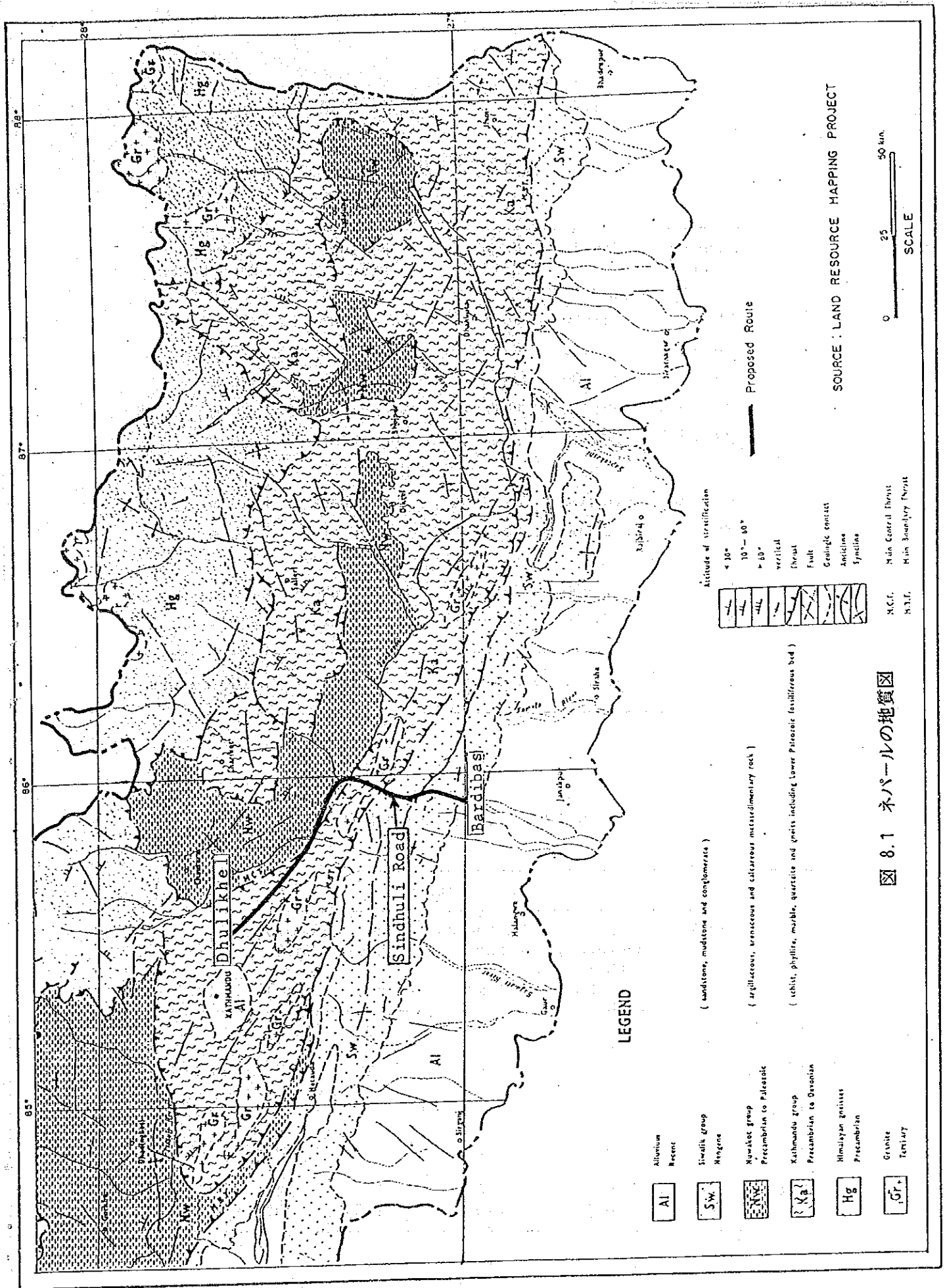


図 8.1 ネパールの地質図

表 8.1 ボーリング地点

Reference No.	Station	Name of Bridge	Boring Site	Estimated Bore Depth
MB - 1	18+950	Rosi	Left bank	L=20 m
MB - 2	34+950	Gadeuli	Right bank	L=20 m
MB - 3	34+200	Buka	Left bank	L=20 m
MB - 4	32+250	Phitting	Right bank	L=20 m
MB - 5	28+750	Kamala	Center of River	L=20 m
MB - 6	28+050	Sindhuse	Right bank	L=20 m
MB - 7	12+400	Ratu	Center of River	L=20 m
MB - 8	7+950	Karekare	Left bank	L=20 m
MB = 9	7+550	Bhogate	Left bank	L=20 m
Total: 9 places				L=180 meters

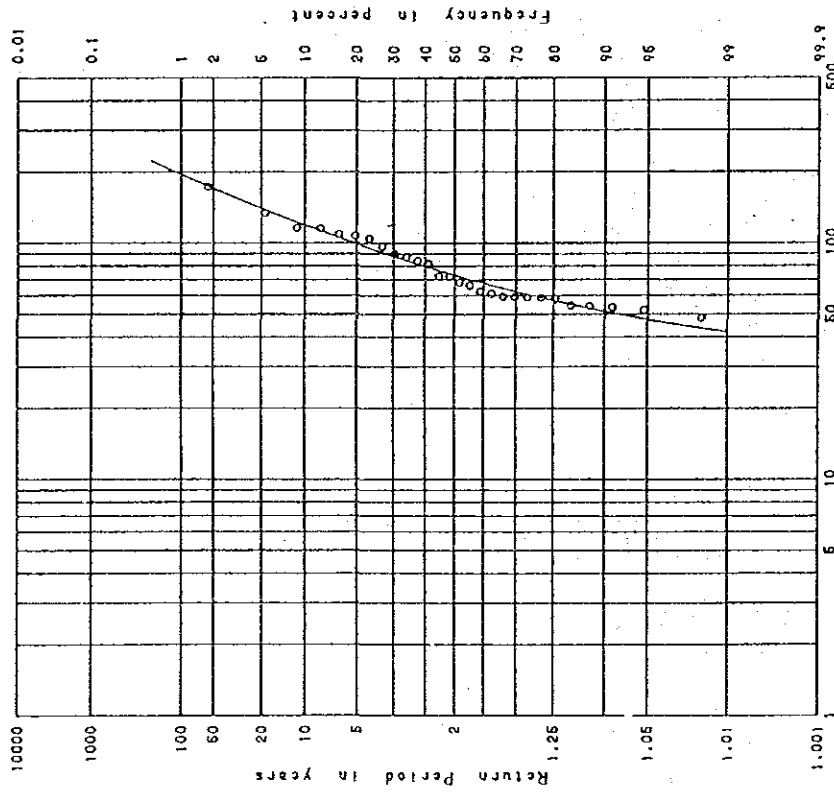
表 8.2 プロジェクトサイトの土質

Section	Classification					Total (km)
	Rock (km)	Rock/Moderately weathered rock (km)	Weathered rock (km)	Sand/Gravel (km)	Common Soil (km)	
I	-	-	26	9	2	37
II-1	5	16	9	2	7	39
II-2	-	11	9	2	13	35
II-3	1	29	2	4	10	46
Total	6 (4%)	56 (36%)	46 (29%)	17 (11%)	32 (20%)	157 (100%)

表 8.3 室内試験結果

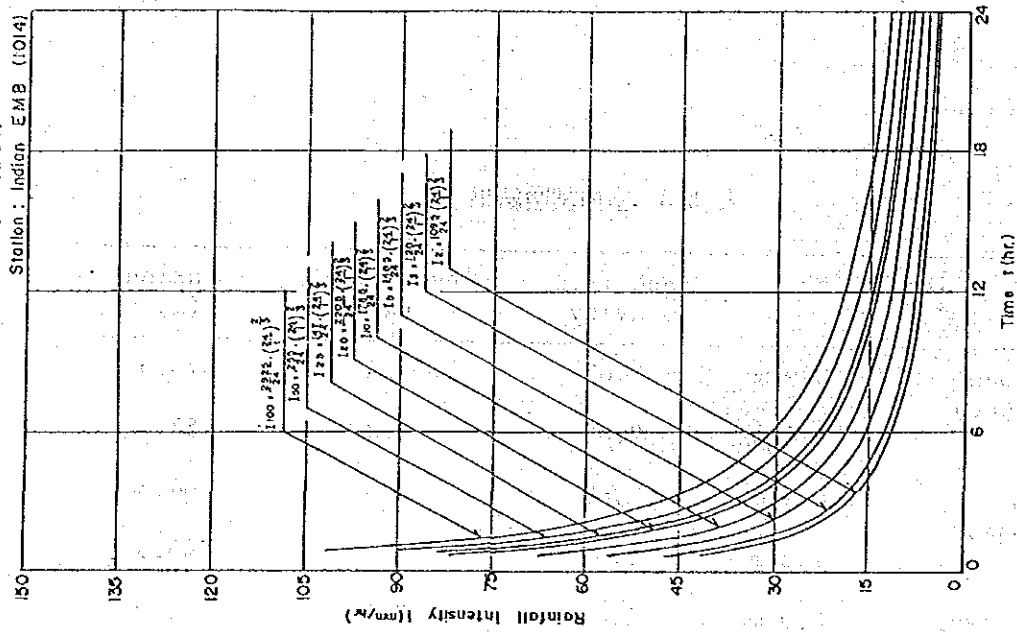
Sample		Specific Gravity	Absorption (%)	Abrasion (%)
Sandstone (Bujhakot)	0.9 m	2.63	4.8	75.6
	1.8 m	2.62	3.8	53.1
Gneiss (Katunje)	0.9 m	2.60	4.5	64.3
	1.8 m	2.62	4.5	45.9
Sand/Gravel (Sindhuli Madi)	0.9 m	2.61	3.6	60.0
	1.8 m	2.58	3.6	48.8
Sand/Gravel (Bhiman)	0.9 m	2.65	1.7	39.3
	1.8 m	2.66	1.7	30.2

Station : INDIAN EMB.(1014)  
 District :  
 Kind of Record : 24 HRS RAINFALL  
 Period of Record : 1948-1975  
 Region :  
 Altitude of Station : Meters



RAINFALL (MM)

图 8.2 降水確率



Station : INDIAN EMB. (1014)

Time t (hr)

图 8.3 降雨強度曲線

表 8.4 主要河川の概要

Basin No.	Name of River	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Runoff Peak (1/100) m <sup>3</sup> /sec.	Runoff Peak (1/50) m <sup>3</sup> /sec.	Estimated Velocity (m/sec.)	Height of <u>1/</u> Flood Level (m)
1.	Bhogate	5.4	199	177	4.5	3.1
2.	Karekare	5.2	157	140	3.4	1.8
3.	Ratu <u>2/</u>	42.4	960	855	3.5	1.4
4.	Bhiman <u>2/ 3/</u>	3.9	130	116	3.3	1.5
5.	Sukha <u>2/ 3/</u>	2.1	74	66	2.6	1.2
6.	Sindhure	2.1	80	71	2.5	1.0
7.	Kamala	142.8	2,857	2,546	4.1	4.9
8.	Phitting	7.4	246	219	3.2	2.9
9.	Buka	13.4	406	362	2.8	3.5
10.	Gadeuli	31.6	779	694	5.1	3.9
11.	Gwang	12.9	418	372	6.6	1.8
12.	Ardleri	20.7	390	334	4.8	1.2
13.	Nigauli	21.0	405	347	6.2	1.7
14.	Arubote	17.3	301	258	4.9	1.8
15.	Kharare	4.4	108	93	4.8	1.0
16.	Bhote	16.9	267	229	4.8	1.6
17.	Gangate	19.2	343	294	4.5	2.2
18.	Dhamile	28.7	500	429	6.3	2.5
19.	Sandi	7.4	170	146	6.4	1.6
20.	Ghyampe	14.8	332	285	7.8	2.0
21.	Manti	17.0	319	274	4.9	1.5
22.	Bhayakure	22.3	442	379	4.9	2.1
23.	Daune	10.5	213	183	6.5	1.8
24.	Narke	18.1	343	294	8.4	2.9
25.	Roshi	410.7	3,258	2,794	7.9	8.4

Note: 1/ Height of flood level measures from the lowest point of river bed.

2/ Estimated velocity and flood level are calculated under the condition of providing man-made river banks.

3/ Due to providing man-made banks, these bridges are categorized under medium bridge.

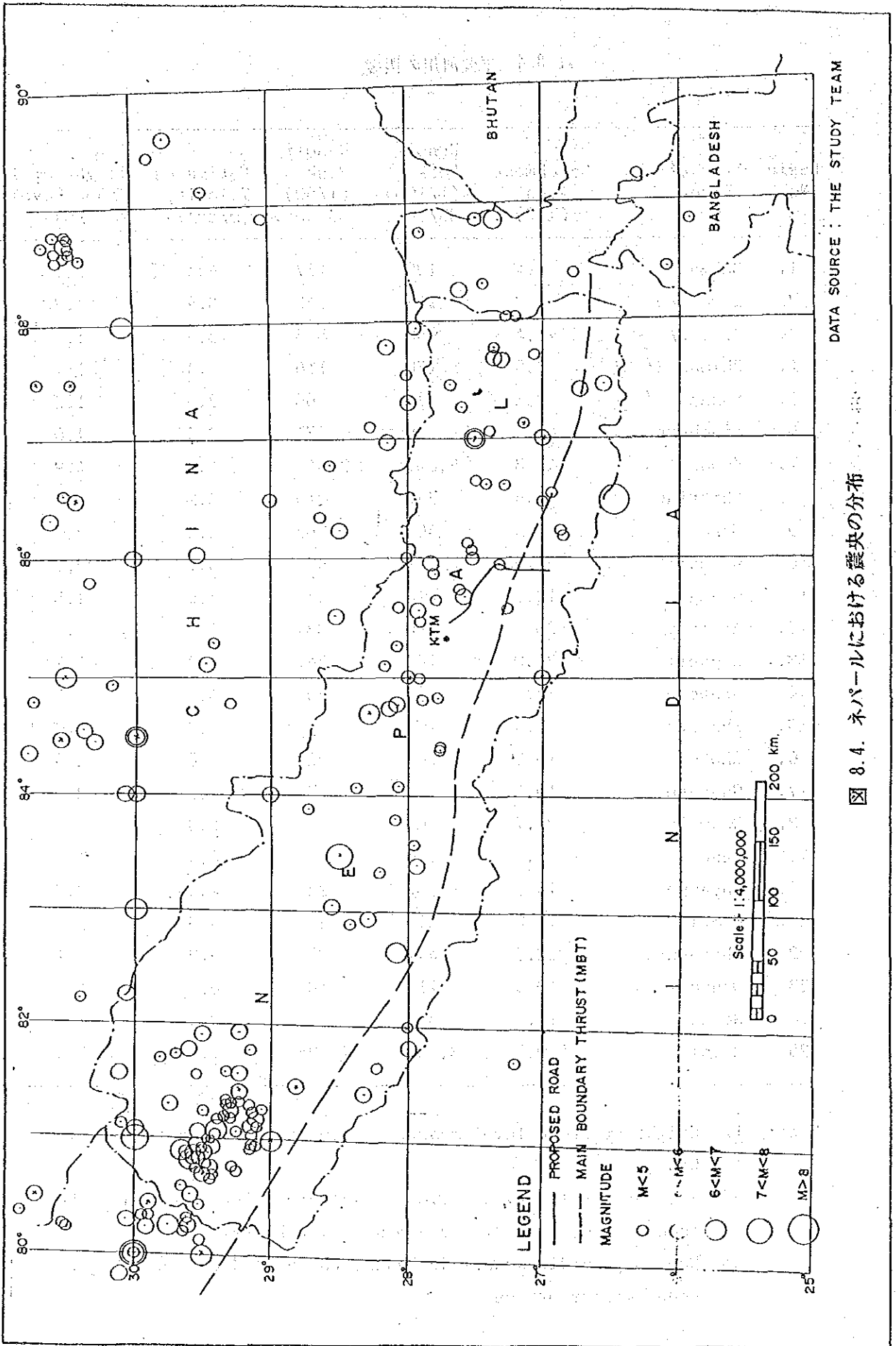
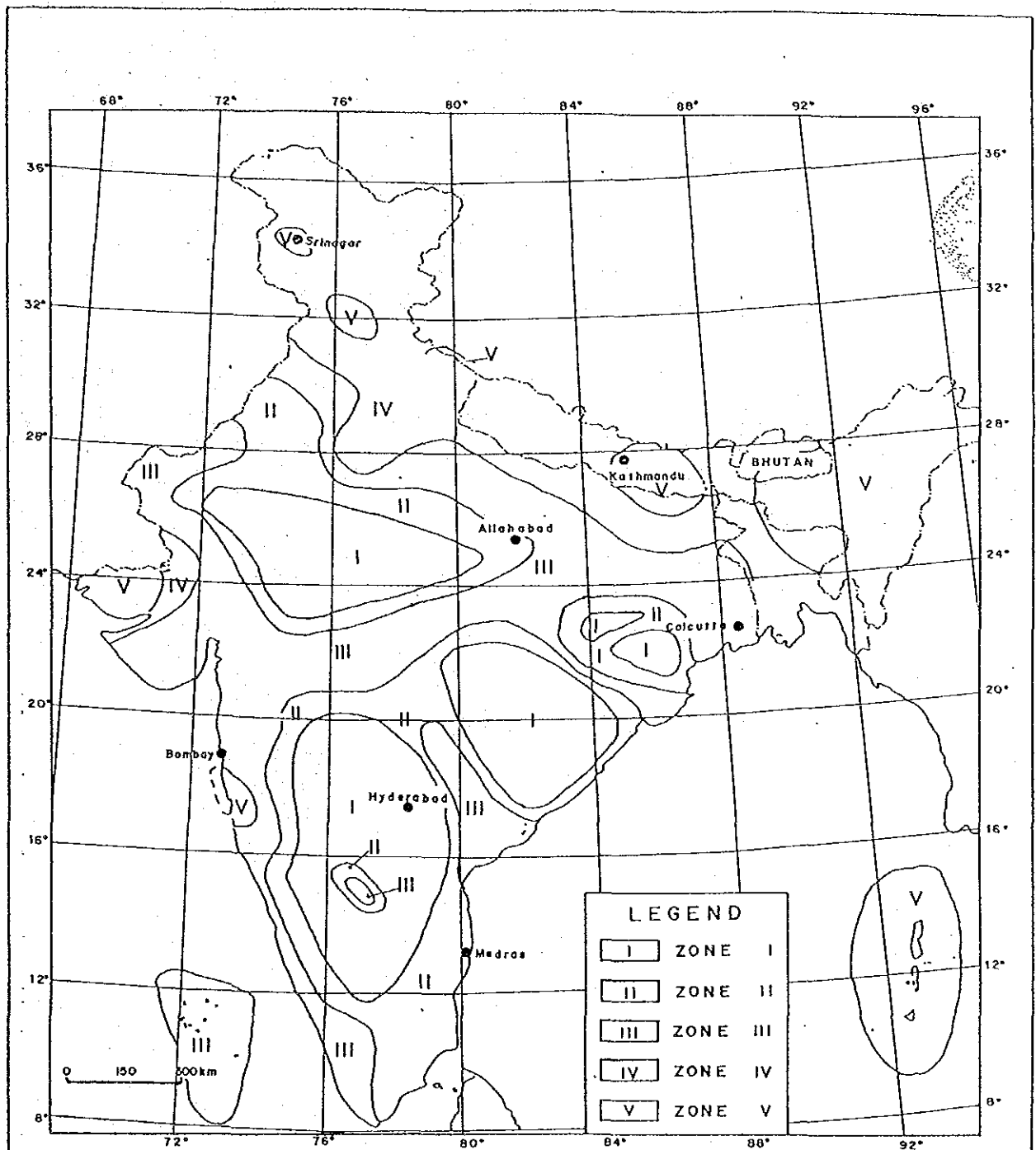


図 8.4. ネパールにおける震央の分布

DATA SOURCE : THE STUDY TEAM





Taken from:  
 KAILA, K.L., GAUR, V K., AND NARAIN, H. (1972):

Map of India showing seismic zones, appended to IS 1893-1970 (ISI 1971), Indian standard criteria for earthquake resistant design of structures. Intensities of future earthquakes on Modified Mercalli scale associated with seismic zones I, II, III, IV, and V as per this map are respectively, V or less, VI, VII, VIII and IX and above  
 Bull. Seism. Soc. Am. 62

図 8.5 ネパールの地震地域







## 第9章 概略設計

### 9.1 概要

本章では、第8章の現地調査にもとずいて、シンズリ道路の概略設計を実施した。ここでは、プロジェクトの建設費を見積るために、道路施設の規模を決定する。プロジェクト道路は、設計と施工計画を容易にするために、以下の4つの部分に分割した。

工事区 I	Bardibas-Sindhuli Bazar	37km
工事区 II-1	Sindhuli Bazar-Khurkot	39km
工事区 II-2	Khurkot-Nepalthok	30km
工事区 II-3	Nepalthok-Dhulikhel	49km
Total Length of the Project		155km

### 9.2 道路の設計

#### 9.2.1 概要

道路の概略設計は、2,000分の1の地形図を用いて行った。それぞれの区間の設計速度は、その地形状況にしたがって決定した。最小半径、最大勾配、最小視距等の設計は設計速度によって自動的に設定される。

道路の水平及び垂直方向の線形は、設計速度を考慮して設計した。

#### 9.2.2 設計速度の設定

プロジェクト道路の設計速度は、その道路の通過する地域の特性によって決定した。山間部の道路で設計速度を大きくとることは、建設費の増大を招き不経済である事が多い。また設計速度は交通量をも考慮して決定される。

第7章で決定した設計基準にもとずきながら、本プロジェクト道路の設計速度を表9.1のように設定した。

### 9.2.3 道路の線形設計

#### 1) 工事区 I (Bardibas-Sindhuli Bazar : 37km)

工事区 I は、1983年より日本政府の無償援助によって建設が進んでいる。従って、この工事区においては、現道の線形改良、車道の拡幅、斜面の保護、排水設備等が中心となる。

#### 2) 工事区 II - 1 (Sindhuli Bazar-Khurkot : 39km)

この工事区は Mahabharat 地域の南側斜面を急勾配 (平均勾配 6.2%) で登り、Sindhuli Garhi から地滑り地域を避けながら北側標高 1,450m まで登る。

地滑り地域を通過し終わると、道路は急な勾配 (最大勾配 9%) で下りはじめる。この区間は、地滑りが多く地形が急峻でありその危険地帯を避けて道路はヘアピンをつくって降りていく。設計速度は、30km/hr に設定するが、ヘアピンカーブでは 20km/hr とする。

#### 3) 工事区 II - 2 (Khurkot-Nepalthok : 30km)

この工事区は、Sun Kosi 川の左岸の比較的緩い斜面を通過する。付近の村への連絡、河川の横断地点、地滑り地域及び、Sun Koshi 川の洪水高水量を考慮して線形を決定した。また、河床に近い付近では、道路は常に河川の水位より 10m 以上にあるように設定した。

#### 4) 工事区 II - 3 (Nepalthok-Dhulikhel : 49km)

この工事区は、非常に地滑りの多い地域であり、それを避けるために川の合流地点である Dabcha Khola までは、川に沿って道路を計画する。道路は河床から 10m 以上の高さを保ち、河川内ではコンクリートの擁壁で支持される。合流地点を過ぎると、道路は平地に入り、Buchakot に至る。ここからは開墾された耕地の斜面に入るが、ここでは道路近辺の農業への配慮より設計速度は 30km/hr に設定される。

### 9.2.4 道路横断面の設計

横断面の設計は、2,000 分の 1 の地形図を利用し、200 分の 1 の詳細図を作成した。横断面図は 50m ごとに作成された。土量の平衡については End Area Method を用いて計算した。

### 9.3 橋梁の概略設計

#### 9.3.1 概要

橋梁についての基本的な考え方については第7章5節で述べた。橋梁の概略設計は500分の1の地形図を用いて行った。橋梁はその長さによって、以下のように3つに分類される。

- ・長大橋 —— 50m 以上
- ・中型橋 —— 20m ~50m
- ・小型橋 —— 5m ~20m

本プロジェクト全体では、25橋の長大橋と60橋の中小橋を提案した。下表に本プロジェクトのタイプ別橋梁の覧表を示す。

工事区	Total Numbers (Bridge Length)	RC Bridge	Steel Bridge	RC Bridge
工事区 I	8 (720 m)	8 (720 m)	-	-
工事区 II - 1	3 (250 m)	-	3 (250 m)	-
工事区 II - 2	8 (700 m)	-	7 (615 m)	1 (85 m)
工事区 II - 3	6 (710 m)	3 (515 m)	1 (75 m)	2 (120 m)
合計	25 (2,380 m)	11 (1,235 m)	11 (940 m)	3 (205 m)

#### 9.3.2 長大橋

長大橋に関しては、表9.2に示すような25橋の長大橋を提案した。

#### 9.3.3 中小橋

中小橋に関して以下の表に示すような60橋の中小橋を提案した。

工事区	Total Numbers (Bridge Length)	RC Slab L<10m	RC Slab L=15m	PCT L=20-30m	STH L=15-20m	STG L=25-45m
工事区 I	7 (150 m)	-	2 (30 m)	5 (120 m)	-	-
工事区 II - 1	20 (510 m)	-	5 (75 m)	-	4 (75 m)	11 (360 m)
工事区 II - 2	14 (310 m)	-	-	-	10 (185 m)	4 (125 m)
工事区 II - 3	19 (530 m)	1 (10 m)	-	-	8 (150 m)	10 (370 m)
合計	60 (1,500m)	1 (10m)	7 (105 m)	5 (120 m)	22 (410 m)	25 (855 m)

## 9.4 排水構造物

### 9.4.1 概要

シンズリ道路のような山岳道路においては、風化・浸食の進行が早いため、排水構造物の果たす役割は大きい。降水量が大きい山岳地域では、全天候型の道路を確保するために、排水構造物に十分配慮して設計した。

### 9.4.2 排水構造物の設計

排水構造物の設計においては、以下のような基準を設定した。

#### 1) 暗渠

維持保全の容易さを考えて、最小の直径は600mmとした。また一部には、箱型の暗渠も用いた。設計流速は0.8～3.5m/secとした。

#### 2) 排水溝

道路の脇の排水溝は蓋をかぶせた。排水溝の最小寸法は50cm×75cm（高さ×幅）とする。また、切り土からの土砂の流入と、盛り土への排水の流出には、十分な注意を払った。

#### 3) 排水保護工

切り土及び盛り土については、その安定性の維持からたて溝、目くら排水等十分な排水工を施した。

橋梁の橋台と橋脚については、その局所洗掘を防止する点から、橋梁の設計と整合した制水工を設置する。

## 9.5 舗装計画

### 9.5.1 概要

プロジェクト道路の舗装については、“AASHTO INTERIM GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, 1972”にもとずいて行った。舗装設計は、日交通量、舗装のサービス能力、基礎の支持地盤および地域の影響を考慮して行われる。

### 9.5.2 舗装種類

舗装の種類としては、Duble Bitmen Surface Teatment (DBST) と Asphaltic Concrete



(AC)の2つの種類が考えられるが、地盤条件、気象条件、建設費、維持管理費及び施工条件を考慮して本プロジェクトの舗装は、後者と決定した。

この方法は、Duble Bitmen Surface Teatment (DBST) と比較して以下の点の特徴である。

- トラックなどの重量交通に耐えうる強度がある
- DBSTに比較して施工が容易である
- 維持管理費が比較的安い

本プロジェクトの舗装厚さは、工事区Ⅰにおいて50cm、工事区Ⅱにおいて60cmとする。

(図9.1及び図9.2を参照)

## 9.6 擁壁と斜面の保護工

### 9.6.1 概要

本プロジェクト地域の地質は、以下のように大きく3つに分けられる。

- ・Siwalik Hill : 砂, 小石, 過圧密されたシルト
- ・Mahabharat : 粘版岩, 珪岩, 過圧密されたシルト質の砂
- ・カトマンズ : 粘版岩, 沖積土

本プロジェクト道路は、Mahabarat 地域を横断し、3,600mまで登ってSun Kosi, Roshi Khora 川に沿って通る。この付近は、地形が急峻であり、地滑りの発生が多い。特にこのような地域においては、擁壁と斜面の保護工が重要である。

本プロジェクトを通じて、日本の地滑り防止技術、斜面処理技術及び、河川内構造物の構築技術をネパールの技術者に紹介できると考えられる。

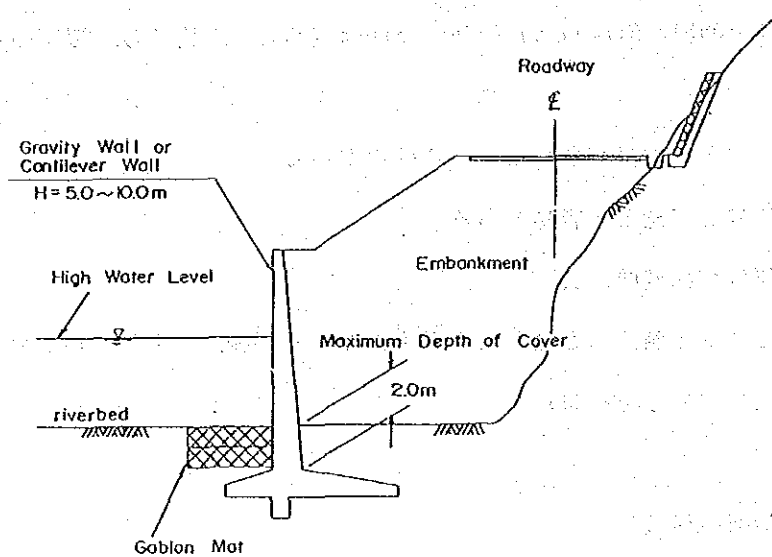
### 9.6.2 擁壁

シンズリ道路は、Mahabharat 山脈の急峻な山岳地帯を通過する。このような地域では、擁壁を用いて切り土や盛り土の高を小さく抑え、斜面の安定性を増加させる方法がきわめて有効である。図9.3 に示すような4つのタイプの擁壁を提案した。

また、本プロジェクト道路はKhrukotからDabcha Kholaの河川の合流地点まで、Sun Kosi, Posi, Khola川の川岸を通過する。このあたりは、地滑りの多発地帯であるため、その影響をさけるためにしばしば道路は河道内に擁壁を建設して通す事になる。

河道内に設置する擁壁は、重量式又は逆T式を提案する。またその根入れについて

は、日本の 河川構造令（建設省）等を参考に、局所洗掘を考慮した上で2 mと決定した。また、必要に応じて、水制工および根固め工をもちいる。（下図を参照）



### 9.6.3 のり面の保護工

道路の切り土や盛り土の法面に対しては保護工を行う。これは、のり面が放置によって、風化され斜面の安定性を失うのを防ぐためである。のり面の保護工としては以下のような方法を用いる（図9.4.9.5参照）。

#### (1) 植生工

この方法もっとも一般に用いられる方法である。のり面の保護工としては以下のような方法を用いた。

#### (2) セメントモルタルの吹き付け工

植生工が適さないのり面ではセメントモルタル吹き付け工を用いる。この方法は風化し易い軟岩の斜面の保護に適している。プロジェクトにおいては、工事区Ⅱ-2のSun Kosi川に沿った区間に多く用いる。

#### (3) 現場打ちコンクリート枠工

この工法は、含水率の高い粘土や砂質土に引き起こされる地滑りの防止に非常に有効である。プロジェクトにおいては、工事区Ⅱ-1の地滑り地域に必要なに応じて用いる。

(4) ロックボルト工

ロックボルト工法は、岩盤の滑りの防止に有効である。また擁壁の背後の地盤の安定、石炭岩や泥岩の風化の防止に対しても極めて有効である。プロジェクトにおいては、Mahabharat地域の南側斜面の道路法面風化の防止に用いる。

(5) ロックフェンス工

岩切り土の地山がゆるく、落石が多いと予想される地域を通過する場合は、ロックフェンス工を用いる。

(6) 落石防止網工

プロジェクト道路の切り土区間において、小石や岩が転がり落ちてくると予想される区間には、落石防止網工法を用いる。

(7) ロックシェッド工

プロジェクト道路が大規模地滑り地域を通過する区間では、ロックシェッド工法を用いた。この工法は、他の保護工に比較して建設費が高いが、大規模な落石の恐れのある区間では非常に有効である。

(8) 落石防止システム

Sun Kosi, 及びRosi Korha川の区間は地形が急峻で、地滑りが多い。このような地域では、山腹をさけ、道路の線形を川側に移す方法を用いた。すなわち、地すべりの発生している山腹から約5～15m離れて道路を構築し、その間溝に落石や地すべりによる崩壊土をためる方法である。

## 9.7 用地幅の設計

本プロジェクト道路の最小用地幅は、DOR 及びその他の政府機関と協議されたが、調査団は以下のように提案した。

- 地方部 : 30m
- 都市部 : 40m

表 9.1 シンズリ道路の設計速度

	Stretch	Length	Design Speed adopted
Section I	STA 0 - STA 29	29 km	50 km/hr
	STA 29 - STA 35	6 km	40 km/hr
	STA 35 - STA 37	2 km	50 km/hr
Section II-1	STA 0 - STA 7	7 km	40 km/hr
	STA 7 - STA 37/*	30 km	30 km/hr
	STA 37 - STA 39	2 km	40 km/hr
Section II-2	STA 0 - STA 6	6 km	40 km/hr
	STA 6 - STA 14/*	8 km	30 km/hr
	STA 14 - STA 30	16 km	40 km/hr
Section II-3	STA 0 - STA 31	31 km	40 km/hr
	STA 31 - STA 42/*	11 km	30 km/hr
	STA 42 - STA 47	5 km	40 km/hr

/\*: The design speed of 20 km/hr was adopted for the hairpin bends and the places where construction work is extremely difficult due to steep terrain.

