

ネパール王国

アルン 3 水力発電開発計画調査

最終報告書

VOL. II

アクセス道路

昭和62年 6 月

国際協力事業団

鉦計資
C R (3)
87 - 97

ネパール王国

アルン 3 水力発電開発計画調査

JICA LIBRARY



1000720C1J

最終報告書

16674

VOL. II

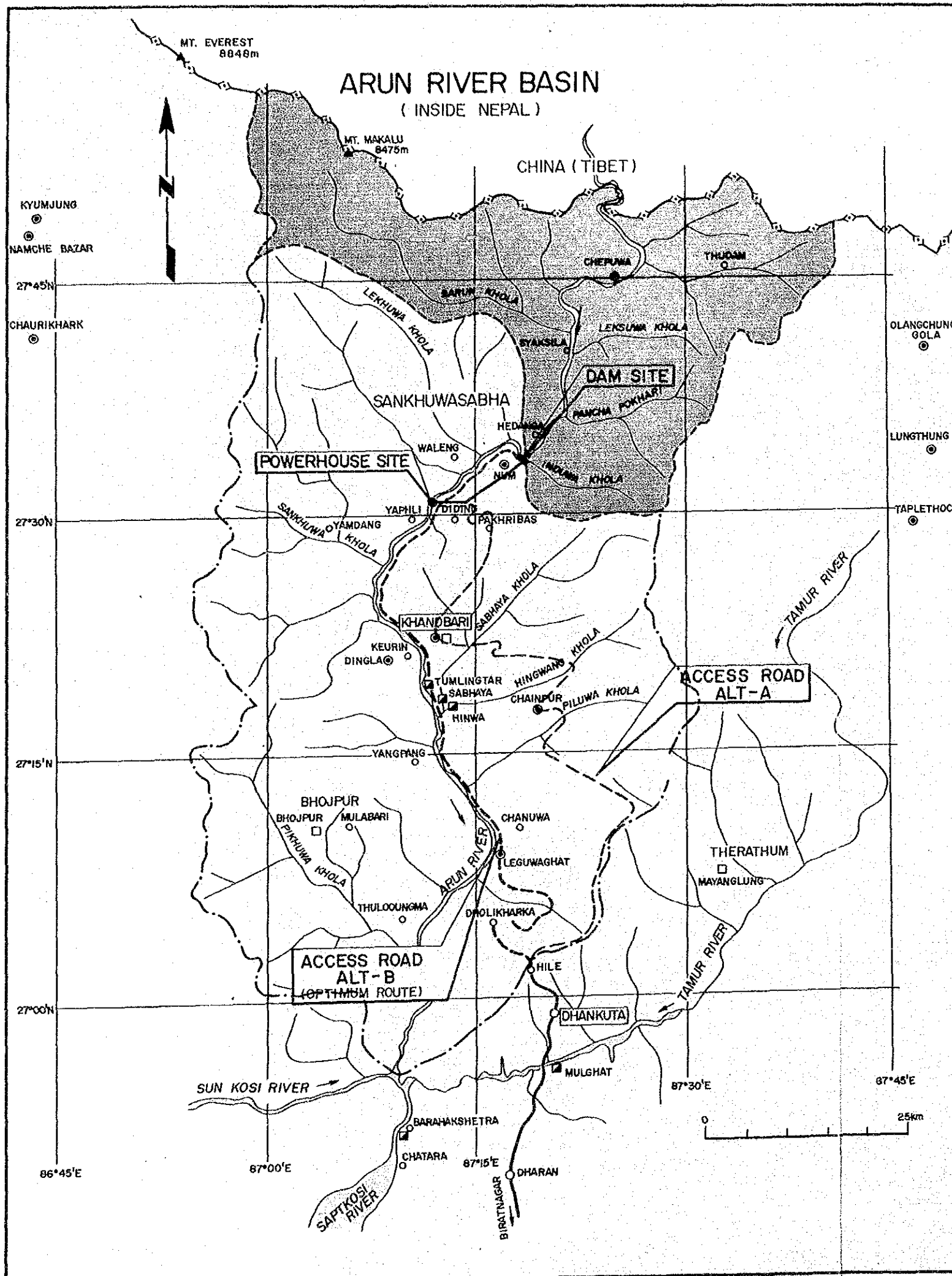
アクセス道路

昭和62年 6 月

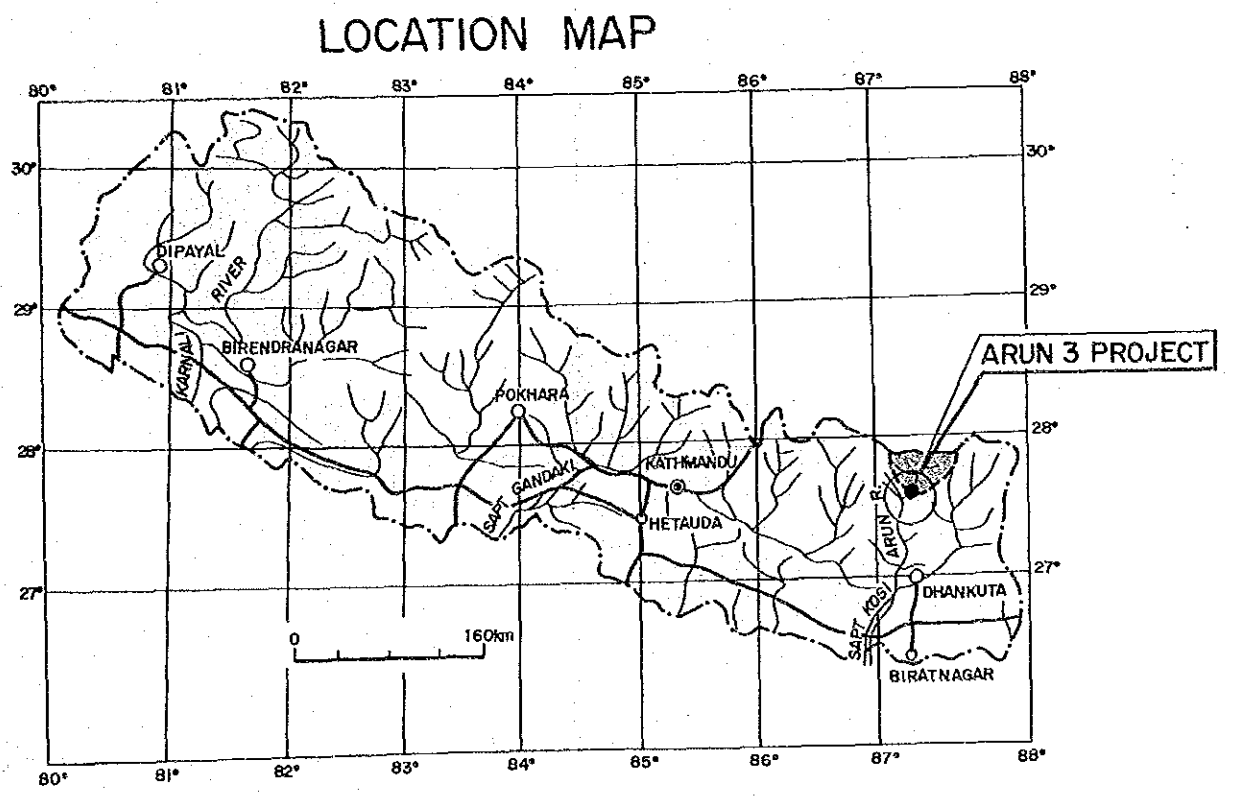
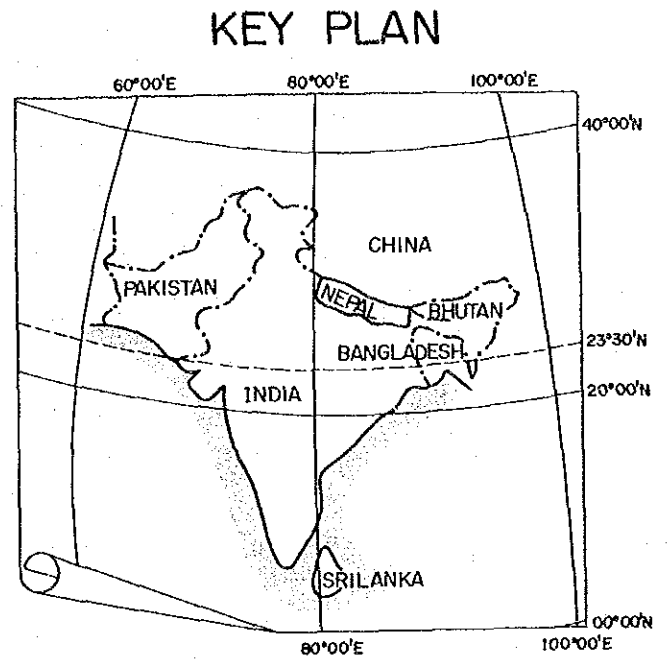
国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87.9.24	116
登録 No.	16674	643
		MPN

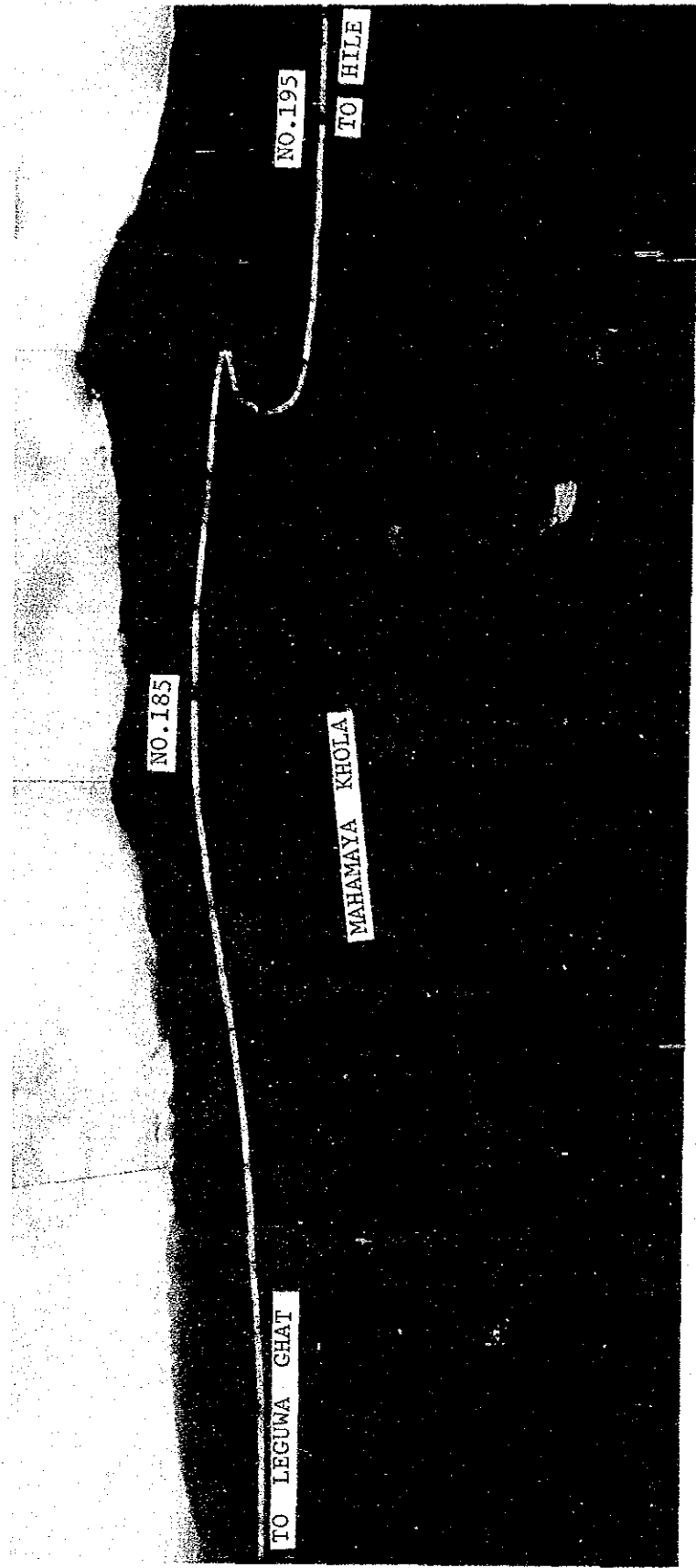
マイクロ
フィルム作成



- #### LEGEND
- PROJECT SITE
 - REGIONAL HEADQUARTER
 - DISTRICT HEADQUARTER
 - TOWN / VILLAGE
 - TRIBUTARY
 - - - ARUN-3 DRAINAGE BASIN (INSIDE NEPAL)
 - HYDROMETEOROLOGICAL STATION
 - ⊙ RAINFALL GAUGE STATION
 - DRAINAGE BASIN
 - HIGHWAY
 - - - PROPOSED ACCESS ROAD
 - ARUN RIVER BASIN

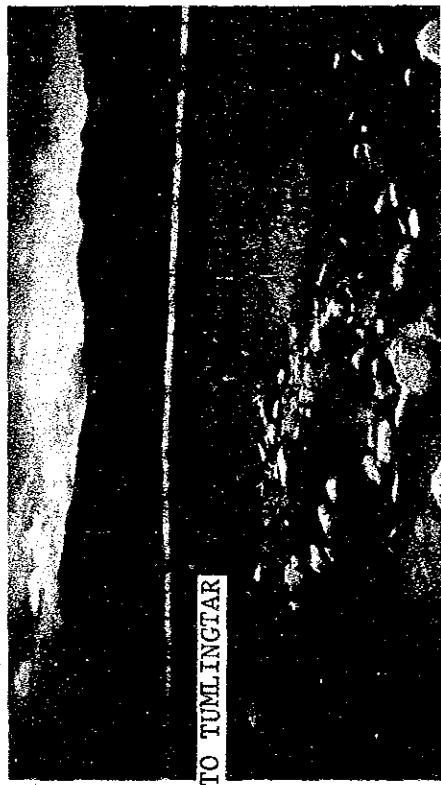
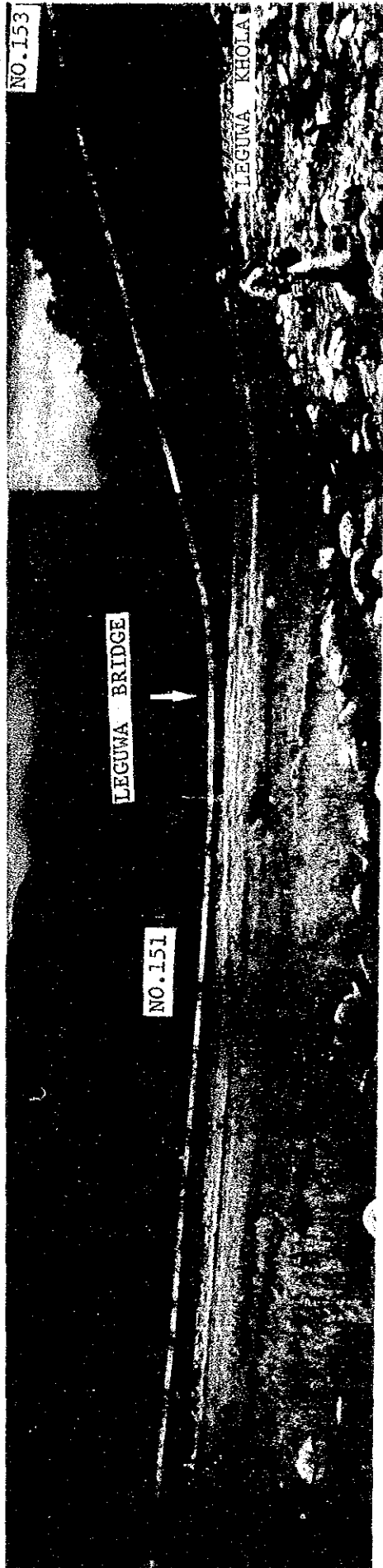


KEY AND LOCATION MAP



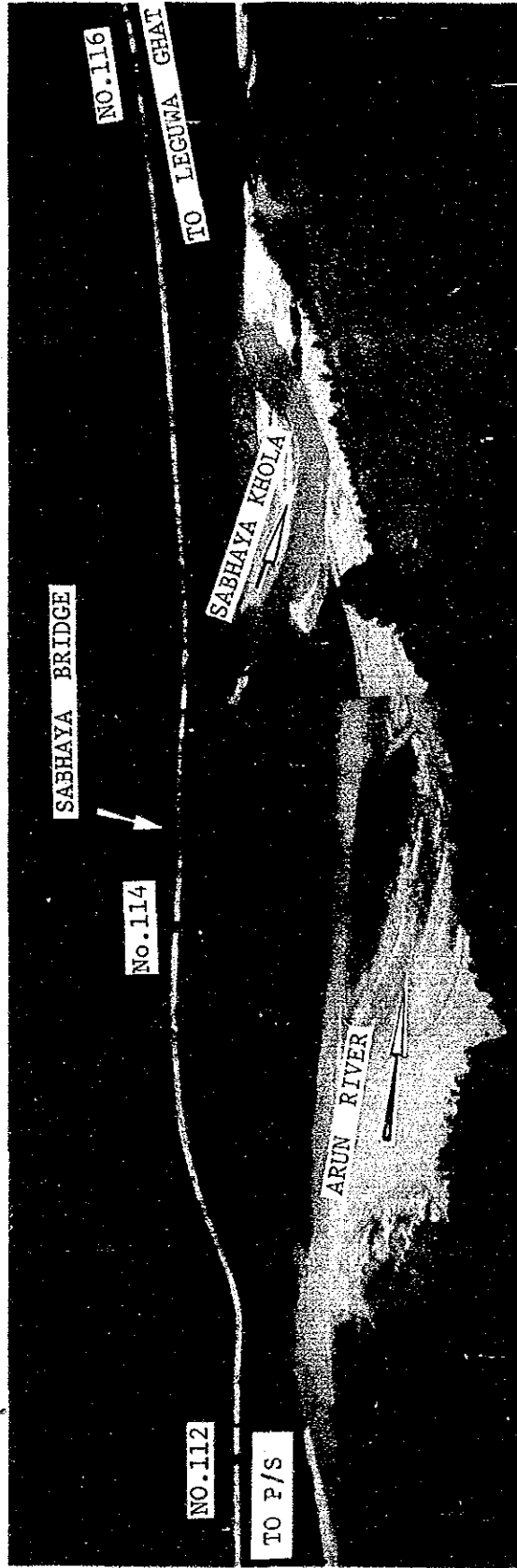
SECTION 1. HILE TO LEGUWA GHAT
(VIEW OF MAHAMAYA KHOLA)
(AND PROPOSED ROUTE)

General View of the Proposed Route (Plate - 1)



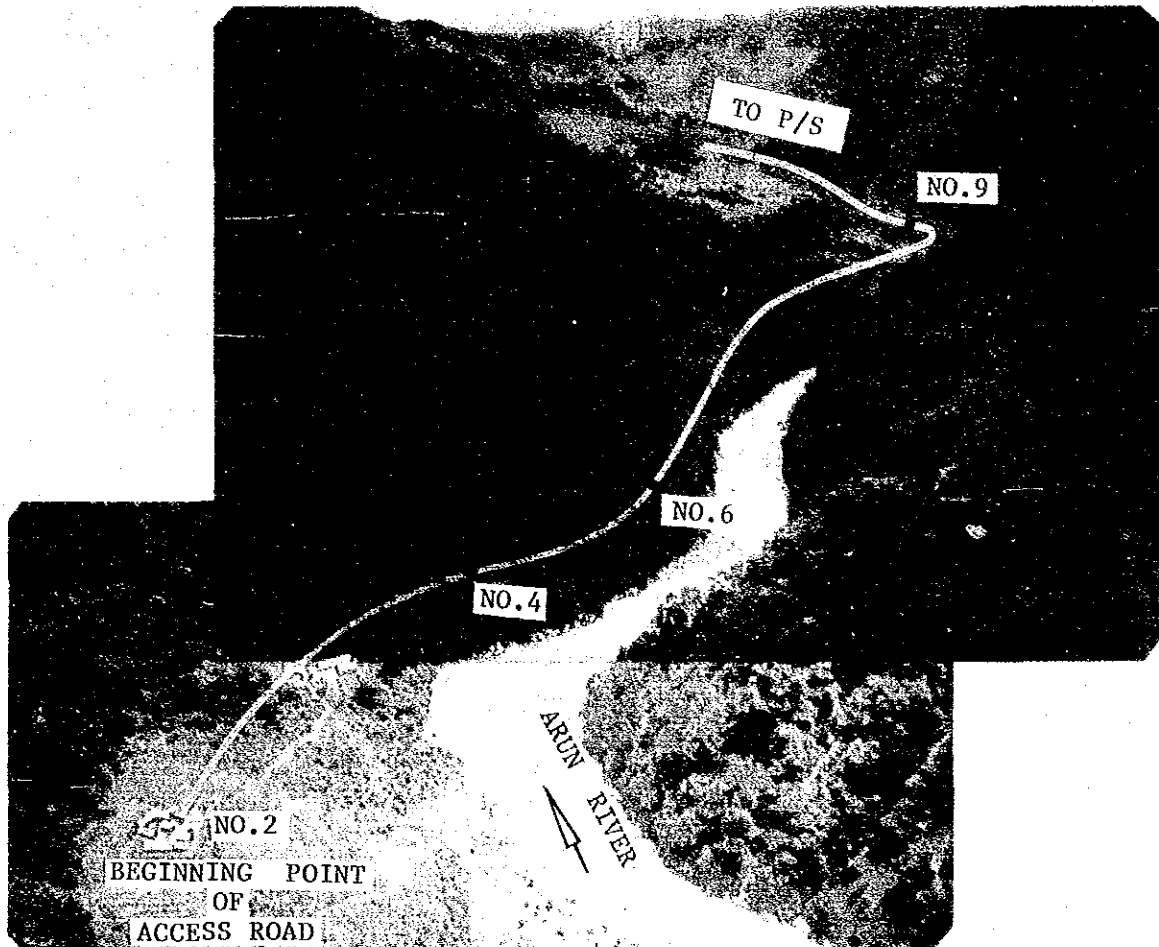
SECTION 2. LEGUWA GHAT TO TUMLINGTAR
(NEAR LEGUWA KHOLLA)

General View of the Proposed Route (Plate - 2)



SECTION 2 TO SECTION 3
(NEAR TUMLINGTAR)

General View of the Proposed Route (Plate - 3)



**SECTION 4. P/S TO D/S
(NEAR DAM SITE)**

General View of the Proposed Route (Plate - 4)

目 次

	頁
1. 概 説	1
2. 調 査 地 域	3
2.1 概 説	3
2.2 地 形	3
2.3 水 文	4
2.4 地 質	5
2.5 地形図	10
2.6 起終点調査 (O-D 調査)	10
3. 路 線 選 定	13
3.1 路線選定基準	13
3.2 現地踏査	15
3.3 路線代替案	15
3.4 路線選定	16
3.5 フィーダー道路	19
4. 設 計	30
4.1 設 計 基 準	30
4.2 標 準 断 面	34
4.3 道 路	38
4.4 橋 梁	39
4.4.1 橋梁計画	40
4.4.2 Sabhaya Khola 橋梁	43
4.4.3 仮設橋	45
4.5 排水と法面保護工	47

	頁
5. 建設計画と工事費	49
5.1 建設計画	49
5.1.1 工事数量	49
5.1.2 工事計画	50
5.1.3 工程計画	59
5.2 工事費	65
5.2.1 単価	65
5.2.2 工事費	66
6. 結論と提言	67

APPENDIX

- A. Site Investigation
- B. 0-D Survey
- C. Geological Site-Specific Observation
- D. Drawings of Alternative Routes (1:10,000)

LIST OF TABLES

Table 2-1	The Three Principle Drainages
Table 2-2	Characteristics of Slope Failure vs. Landslide
Table 3-1	Two Alternative Routes
Table 3-2	Comparison of Alternative Routes
Table 3-3	Description of Feeder Roads
Table 4-1	Proposed and Existing Geometric Design Criteria
Table 4-2	Structure Design Criteria
Table 4-3	Descriptions of Phased Construction of Access Road
Table 4-4	Proposed Bridge Sites
Table 4-5	Typical Bridge Type vs. Span Length
Table 4-6	Comparison Study for Sabhaya Khola Bridge
Table 5-1	Earthwork Equipment
Table 5-2	Major Construction Schedule
Table 5-3	Construction Costs

LIST OF FIGURES

- Fig. 2-1 Conceptual Illustration Showing the Relation between Topography and Geostructure for Road Construction
- Fig. 2-2 Conceptual Illustration Showing Topographic Caprock
- Fig. 2-3 Longitudinal Profile of Mangmaya Khola
- Fig. 2-4 Locations of O-D Survey Stations
- Fig. 3-1 Alternative Routes
- Fig. 3-2 Feeder Roads to Khandbari and Chainpur
- Fig. 4-1 Typical Cross Section (Rock Excavation)
- Fig. 4-2 Typical Cross Sections (UNCL)
- Fig. 4-3 Typical Cross Sections (Embankment & Bridge)
- Fig. 4-4 General View of Sabhaya Bridge
- Fig. 4-5 Temporary Bridge Sections
- Fig. 4-6 Drainage Type and Locations
- Fig. 5-1 Construction Sections
- Fig. 5-2 Illustration of Earthwork (1)
- Fig. 5-3 Illustration of Earthwork (2)
- Fig. 5-4 Access Road Construction Schedule

LIST OF DRAWINGS

DWG. ACR-1	ACCESS ROAD	GENERAL PLAN	
DWG. ACR-2	ACCESS ROAD	TYPICAL SECTION	
DWG. ACR-3	ACCESS ROAD	SABHAYA KHOLA BRIDGE (GENERAL VIEW)	
DWG. ACR-4	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(1 of 26)
DWG. ACR-5	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(2 of 26)
DWG. ACR-6	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(3 of 26)
DWG. ACR-7	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(4 of 26)
DWG. ACR-8	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(5 of 26)
DWG. ACR-9	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(6 of 26)
DWG. ACR-10	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(7 of 26)
DWG. ACR-11	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(8 of 26)
DWG. ACR-12	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(9 of 26)
DWG. ACR-13	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(10 of 26)
DWG. ACR-14	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(11 of 26)
DWG. ACR-15	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(12 of 26)
DWG. ACR-16	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(13 of 26)
DWG. ACR-17	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(14 of 26)
DWG. ACR-18	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(15 of 26)
DWG. ACR-19	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(16 of 26)
DWG. ACR-20	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(17 of 26)
DWG. ACR-21	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(18 of 26)
DWG. ACR-22	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(19 of 26)
DWG. ACR-23	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(20 of 26)
DWG. ACR-24	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(21 of 26)
DWG. ACR-25	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(22 of 26)
DWG. ACR-26	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(23 of 26)
DWG. ACR-27	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(24 of 26)
DWG. ACR-28	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(25 of 26)
DWG. ACR-29	ACCESS ROAD	PLAN OPTIMUM ROUTE (ALT-B)	(26 of 26)

DWG. ACR-30	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(1 of 16)
DWG. ACR-31	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(2 of 16)
DWG. ACR-32	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(3 of 16)
DWG. ACR-33	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(4 of 16)
DWG. ACR-34	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(5 of 16)
DWG. ACR-35	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(6 of 16)
DWG. ACR-36	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(7 of 16)
DWG. ACR-37	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(8 of 16)
DWG. ACR-38	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(9 of 16)
DWG. ACR-39	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(10 of 16)
DWG. ACR-40	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(11 of 16)
DWG. ACR-41	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(12 of 16)
DWG. ACR-42	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(13 of 16)
DWG. ACR-43	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(14 of 16)
DWG. ACR-44	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(15 of 16)
DWG. ACR-45	ACCESS ROAD	CROSS SECTION AND PROFILE (ALT-B)	(16 of 16)

1. 概 説

本報告書は、アルン3水力発電開発計画（アルン3プロジェクト）フィージビリティ調査の中間報告書の一部を構成するものである。フィージビリティ調査は国際協力事業団によって実施されているが、その調査期間は1986年3月から1987年6月までとなっている。

本書で取り扱うアクセス道路計画調査は、限られた時間内での現地調査結果と航空写真測量及び既存の五万分の一地形図に基づいて、アクセス道路の最適路線の選定と施工性の検討に重点を置いている。

本調査団は、JICAとNEA(Nepal Electricity Authority)の合意書の主旨に沿って、(a) 現地調査 (b) 路線選定 (c) 1万分の1の地形図の作成 (d) 渡河点の検討及び橋梁の予備設計 (e) 道路標準断面と排水工、法面保護工等の予備設計 (f) 工費と工期の概略検討 を実施した。一方NEAは、本調査とは別途に独自の調査（フィールド調査）を実施し、その調査結果がフィールドレポートとしてNEAより調査団に正式追加資料として与えられた。

この追加資料のレポートには、次の内容が含まれる。

(a) 現地調査 (b) 路線選定 (c) 1:5,000 縮尺の地形図作成 (d) 起終点調査（0-0調査） (e) 概略設計と道路断面 (f) 橋梁、ノリ面工の概略設計 (g) 概略工事費と工期の算定

本報告書は、調査団の実施した調査結果に、フィールドレポートの結果も取り入れてまとめたものである。

アルン3プロジェクトの開発にとって最大の問題は、計画地点までの輸送道路が無いことである。既に実施済みのアルン3水力発電計画に関する諸調査では、取り付け道路の建設費をも含めたプロジェクト全体建設費を検討した結果、当該プロジェクトが経済的に実施可能であることを示している。しかし、取り付け道路に関しては発電設備の諸構造物と比較して、同レベルでの建設技術的検討が必要であり、最適路線も決定されなければならない。本調査は、上記の目的を満たすものである。

計画道路は、アルン3プロジェクトの開発のために欠くことの出来ないものである。道路なしには、ダム、発電所及び付帯設備の建設を行うことは出来ない。また、電力開発なしには、この地域での道路建設の優先度は低くなってしまふ。計画道路の路線の大部分はSankhuwasabha District (District HeadquarterはKhandbari)内にある。

当該道路は将来の地域内における南北に通じる幹線道路の一部になることも予想されており、これに関連して、当該道路の周辺部も影響圏に含まれる。Dhankuta - Khandbari 間道路の開発は、1985年6月の第七次五ヶ年計画書に盛り込まれている。Hile - Khandbari間の道路も含めたこの区間の道路計画に関して、当該五ヶ年計画書は次のように述べている。： 「この道路の建設については、Num Khola との合流点に建設予定のアルン3水力発電プロジェクトとの関連において処理されるであろう。何故ならば前者の実施によって、後者の実現が可能になるからである。」

2. 調査地域

2.1 概説

道路計画の調査地域は、Dhankuta District の北部区域20km及びSankhuwasabha Districtの南部区域50kmの部分である。東側境界はアルン川とタムール川の分水嶺であり、西側境界はアルン川であり、東西の幅は約30kmである。調査地域の標高は、アルン川南の川沿いの約300mから高い所では約3,000mまでとなっている。

Sankhuwasabha Districtの総面積は3,480km²で、人口密度は平方キロメートル当たり37.2人である(1981年)。総面積のおよそ45パーセントは森林地帯であり、耕地面積は約9,000haである。

Hile以外の主要な町としては、Chainpur(4,666人)、Phakribas(2,893人)およびKhandbari(2,554人)がある。ChainpurはDistrict Headquarterの前所在地であるが、今はKhandbariに本部が移っている。Hile - Puluwa - Tumlingtar - Khandbari間の山道は、ポーターの通る唯一の交通路となっている。Khandbari以北には、旅行者及びトレッカーに対する宿泊設備は全くない。

2.2 地形

アルン川はほぼ南北に流れ、数多くの支流が東西より合流しており、流域一連の尾根部や谷間を形成している。これらの地形を縫うように、山道が横切っている。山腹の傾斜は普通34度ほどあり、しかも、アルン川沿いの北部地帯には特に露岩が顕著である。また、アルン川沿いには、水面から5mほどの高さに比較的平らな部分がある。

これらの平らな部分は、例外なく耕地として利用されている。山腹も傾斜が急(20度から30度)にもかかわらず、水源(小川)に近い所では畑として利用されている。

2.3 水 文

アルン川の河川勾配はかなり急であり、平均して7 m/kmの比率となっている。秒速 2-3mの流速はアルン川の恐ろしいパワーを示している。平均流速から判断すれば、川の近くに道路を配置する場合には設計になんらかの問題を生ぜしめると考えられるが、河川のいくつかの箇所では安定した砂地の河岸や堆積した砂州があって、流速も秒速1 m以下と思われる程度の緩やかな流れになっている。さらに、低水期や平水期では、明らかに前述の流速となっているので心配は無い。しかしながら、洪水期には流速も増し、浸食力も大きくなる。

調査地域内には、いくつかの有力なKhola(小河川)がある。そのうちの最大のもの、流域面積 345km²を有するSabhaya 川である。そのほかのSabhaya より小さいが有力な河川としては、Piluwa、Mangmaya、Leguwa、Kenwa、Suki、KaguwaおよびHinwanKholaがある。Hinwan Kholaは、Piluwa Kholaの支流である。HinwanもMayaも尾根沿いの路線を考える場合は重要な河川であり、この二つの川は、川沿いのルート of the routeを横切る前に一つの川となり、そこからアルン川本流に合流している。

路線選定に際して、水文学上の考慮は重要である。川沿いルートのような低地での路線では、山沿いの高い位置でのルートに比較してより多くの、そしてより長い橋梁が必要となる。

おもな河川流域三ヶ所での、50年確率の設計洪水量及び予想橋梁長を下記に示す。

Table 2-1 The Three Principle Drainages

Stream	Drainage Area km ²	50-Year Design Discharge m ³ /sec	Estimated Bridge Length Required m
Sabhaya Khola	345	1225	120
Piluwa Khola	141	612	90
Leguwa Khola	35	208	70

Kenwa、SukiおよびMangmayaの各河川はLeguwa川とほぼ同じ、ないしはより小さい程度の流域面積を以ているものと予想され、従って橋梁の長さも同じく60m以下で充分と考えられる。

2.4 地質

調査地域は、アルン川の東岸に位置している。アルン川の源流はチベット高原にあり南流してヒマラヤ山脈を横切っており、急峻な峡谷を形成している。更に南下して調査地域を経て、テライ地区と呼ばれるガンジス堆積盆地に至っている。

地域の地質はいわゆるミッドランド変堆積岩類と、その上位に衝上しているヒマラヤ片麻岩類とから成っており、両者の境界は主中央衝上断層 (Main Central Thrust) と呼ばれている。地域内におけるヒマラヤ片麻岩類とミッドランド変堆積岩類の岩相は、次の通りである。

ヒマラヤ片麻岩 : 花崗岩質片麻岩、眼球片麻岩、縞状片麻岩、
含雲母片状片麻岩、含柘榴石、片状片麻岩、
珪岩、結晶質石灰岩

ミッドランド変堆積岩 : 千枚岩、板状石灰岩、珪岩

ヒマラヤ片麻岩類は、その中に挟在されている片理のある片麻岩を除けば、一般に塊状で堅硬である。ミッドランド変堆積岩類は、主に薄層理のある千枚岩から成っている。この地域の千枚岩は剝離が発達しており、露岩で観察する限り大部分リッププルとみられる。

本地域の地質構造は、新期の変堆積岩類とその上に衝上している古期の片麻岩類から成っていると要約できる。古期の堅硬な片麻岩は、尾根沿いに分布して急峻な地形を形成しており、さほど堅硬でない変堆積岩は、アルン川沿いにゆるやかな地形を呈している。変堆積地域は、アルン川沿いの緩傾斜の地域に限られている。この地域は、従来の研究者によってツムリントール地窓 (Tumlingtar Window) と呼ばれた地域であり、周囲は堅硬なヒマラヤ片麻岩で形成された急峻な尾根でとりまかれている。

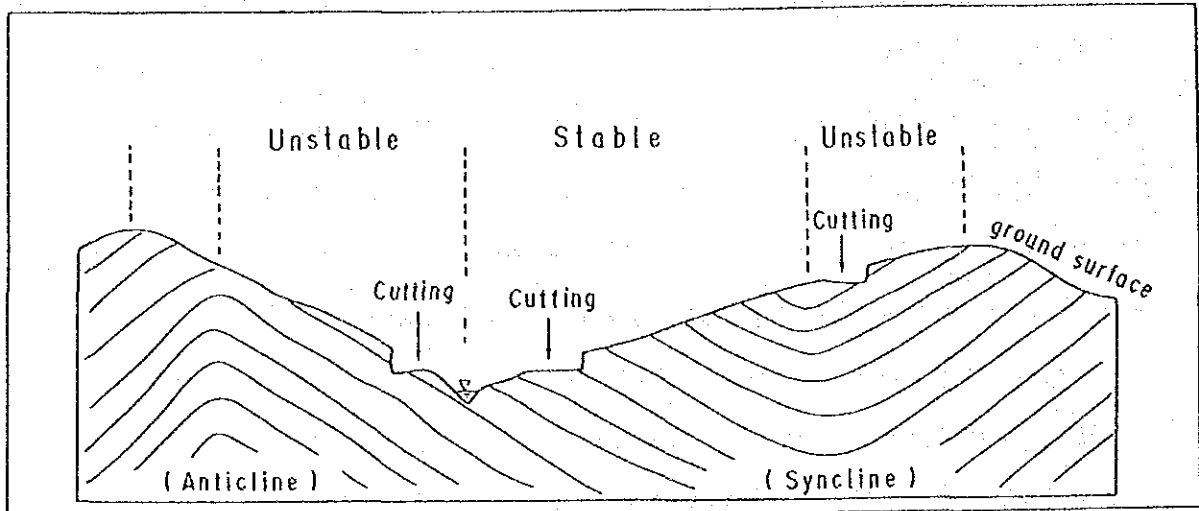
これら2つの地質単元を境界とする衝上断層は主中央衝上断層で、この構造は第三紀中新世に形成されたと考えられている。更に後期の変動によって、大規模な褶曲構造が形成されている。第2次の小規模な褶曲構造も、アルン川東岸のミッドランド変堆積岩類の中にしばしばみられる。ここでは、地層の走行が頻繁に変化して、東西系の軸をもつ第2次の褶曲構造を形成している。

ヒレ (Hile) の尾根は、南北系の大規模な向斜構造の東翼にあり、地層は西傾斜である。従ってヒレの尾根の西側斜面は流れ盤であり、地質的に不安定で、傾斜崩壊が起こり易い。一方、アルン川東岸では、地層は東傾斜である。地層の傾斜が地形の傾

斜と逆方向で受け盤を形成しているため、Fig. 2-1 に示すように地質工学的にみて安定しているといえよう。

上述の地質構造からみて、アルン川左岸を通る道路線形は、尾根沿いの線形よりも格段に安定していると判断される。

Fig. 2-1 Conceptual Illustration Showing the Relation between Topography and Geostructure for Road Construction



(1) マス・ムーブメント (地すべり)

風化岩のマス・ムーブメントは、調査地域内では、浸食の過程として全く通常のことである。地域内で観察されるマス・ムーブメントの型は、斜面崩壊及び地すべりである。

この地域での斜面崩壊は、地すべりあるいは岩屑なだれに似ている。この崩壊は、斜面より谷への基盤岩あるいは風化岩層の突然の急速な落下という特徴をもつ。崩壊の動きは急速であり、短時間持続するだけである。斜面崩壊は、主として大雨により起こされるが、地震や人間活動によっても、また崩壊を起こす場合がありうる。

斜面崩壊が起こる急峻な斜面は、地質構造上の隆起および浸食により形成されており、斜面崩壊はしたがって浸食の一過程である。浸食が非常に活発な場所では、斜面崩壊は同一の地形単位および標高の場所で繰返し発生するであろう。斜面崩壊の上部斜面および近隣地区は、次の斜面崩壊が予想される場所となる。

この地域での別のマス・ムーブメントは、潜行性の地じりである。地質的に、地

じりは広汎に発生するけれども、地じりの集中はミッドランド変堆積岩類の千枚岩卓越地帯およびヒマラヤ片麻岩類の雲母片岩質片麻岩地帯に見られやすい。

地形的に地じりは、幾分ゆるやかな斜面をもつ地域に発生する。すべる土石塊は、基盤岩の風化ブロックを含む土及び粘土より成る。すべるブロックの下端（スライド・フロント）は、一般に礫および粘土質土であるが、その上部は土中に玉石があるのが通常である。すべるブロックの厚さは、まれに20mを越える。

この地じりは、一般に長期にわたり緩慢かつ活動的である。地じりの主要な引きがねは、長雨であると考えられるが、しかし、地じりフロントが河に到達した場合には、河川浸食が地じりの法先を浸食してゆき、続けて地じりを起こす。

河川浸食が、活動的な地じりでの連続するじりの引きがねであると考えられるが、殆どの活動的地じりが、主要河川沿いに観察される。

通常、地じりが発生する基盤岩は、粘土鉱物あるいは容易に粘土鉱物に変わりうる鉱物を含んでいる。断層あるいは剪断された地帯は、地下水の浸透により粘土鉱物を生ずる。地じりが発生する場所は、地質的に抑制され、限定されるが、まれには再び活動を始める。

調査地域で観察される古い地じり地帯の殆どは、現在は安定しており、耕作されている。

マス・ムーブメント（地じり）の特性には、下記の通り要約される。

Table 2-2 Characteristics of Slope Failure vs. Landslide

	Distribution	Movement	Period	Main Trigger	Immunity
Slope failure	Near ridge	Fast	Short	Heavy rain	None, may occur again
Landslide	River side	Slow	Long	Wash-out of sliding front	Yes

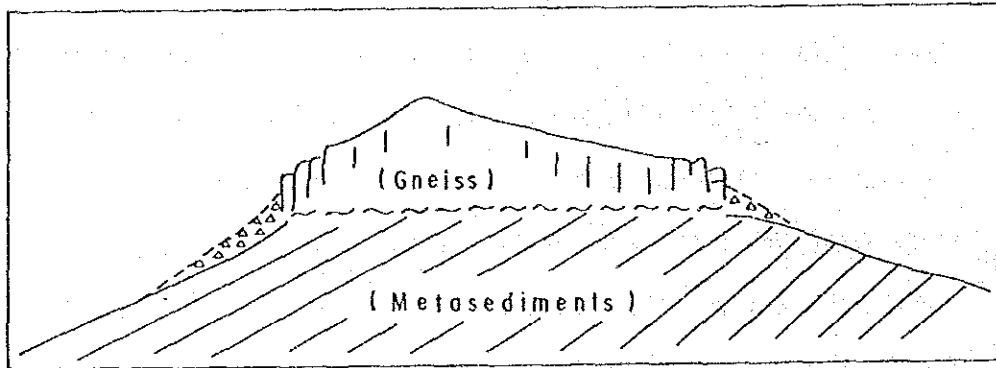
調査地域内マス・ムーブメントの前述の特性より判断すれば、斜面崩壊は予測が困難であり、ひとたび崩壊が発生すれば、かような地区を通過する道路は、完全に破壊されるであろう。

他方、地じりは、排水孔掘削、杭打設あるいは法尻の押さえ荷重等を利用して、安定させることが出来る。

(2) 浸食作用

一般に、ミッドランド変堆積岩は浸食に弱い、ヒマラヤ片麻岩は耐性を有する。この片麻岩と変堆積岩は、おおむね平坦な衝上断層面で接触しており、Fig. 2-2に示すように、片麻岩は急峻な斜面に囲まれ地形的帽岩を形成しやすい。

Fig. 2-2 Conceptual Illustration Showing Topographic Caprock



Mangmaya Kholaの側面図をFig. 2-3に示すが、急峻な斜面に影響を与え、あるいは破壊作用を及ぼしている地形学上の経過が、明らかに観察される。

ミッドランド変堆積岩を覆う片麻岩は、浸食の影響を強くうけており、その結果尾根付近の片麻岩は不安定となっている。

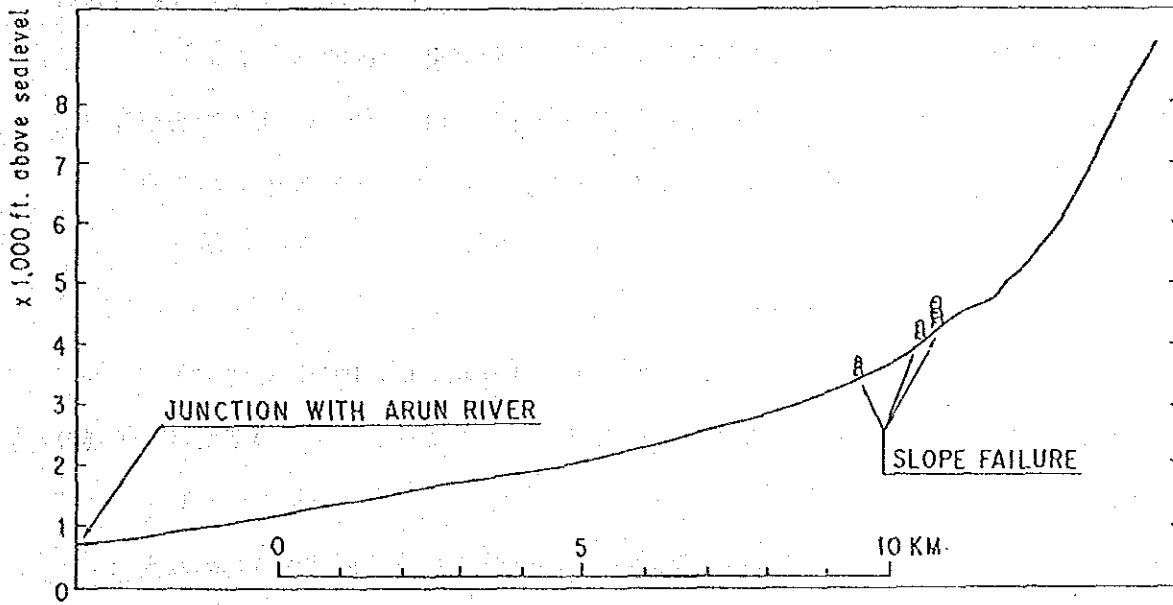
浸食フロントは、この地域に大変明瞭に見られる。この浸食フロントは、下部斜面より若い急峻な地形と、上部斜面のおだやかな地形との間の境界線にある。

斜面崩壊や地すべりは、過去に浸食フロントで起こっており、上部斜面へと広がっている。

このため、浸食フロントの上部斜面は、道路建設に適した場所ではない。代替路線Bを、Pakhribas からアルン川へと計画する際に、Pakhribas より6%下り勾配の指針内で、この不安定な区域を足場にするのを避けることができる。

しかしながら、路線位置がやや高くなりやすいBospaniの下には、不安定な箇所がある。

Fig. 2-3 Longitudinal Profile of Mangmaya Khola



2.5 地形図

既存の五万分の一地形図を使用して、まず代替ルート、すなわち(1)川沿いルートと(2)山沿いルートの路線選定を行った。既存の二万分の一航空写真から、等高線10m間隔の一万分の一地形図を川沿いルートおよび山沿いルートを含む180km²の地域にわたって作成した。この地形図の作成に当たっては、地上測量ではなく、空中三角測量法に基づいて図化を行った。この方法による誤差の範囲は、路線選定という目的からは充分許容され得るものである。

最終的に、1:5,000縮尺の地形図は、調査団による利用が可能となり、詳細な検討と最適路線の選定に使用され、橋梁等の工事数量の算出の基礎となった。

地上測量は、橋梁支間が100mを越えるSabhaya Kholaのアルン川との合流部で実施され、1:500の地形図が成果として得られた。

2.6 起終点調査(0-D調査)

今回の0-D調査の目的は、ネパール南部テライ地区よりHileを通り北部ネパールに流出入している物資、通行人の現状等を把握することにある。調査の概要は次の通り。

(1) 調査方法

路側インタビュー法を採用し、調査はAppendix Bに示した2種類の調査票により実施した。2種類の調査票とは、1つはポーターによる輸送品目ならびにその重量、および起終点を調査するものであり、他の1つはトレッキング路を通行する全ての旅客に対する路側面接による社会経済的な調査データの収集用である。

(2) 調査月日、期間

調査は1985.6.27より1985.7.3までの連続7日間に実施され、1日の調査時間は連続の16時間である。

本調査は、調査時間が雨期の最中であり、路線を通る物資、人の移動と云った面からは、年間を通じ最低に近い状況であることが他の調査結果からも判明している。このため調査結果が年平均およびそのピークを生じる時期として、必ずしも適当でない。

従って、これらの調査データを解析し、理解する上でこの点を考慮する必要がある。

(3) 調査地点

調査地点は、Fig. 2-4 に示したごとく Hile、Piluwa、Tumlingtar、Khandbari、Manebhanjyang の 5 個所で実施した。

(4) データ収集

Fig. 2-4 に示した調査地点で実施した荷物移動に関する調査としては、各々の地点での路側インタビューのほかに、前述(2)で述べたように、調査結果を現実的に補正するために Food Corp., Agriculture Input Corp., District Technical Office, District Forestry Office 等の機関よりの聞き取り調査が実施された。

収集データは、9つの商品にグルーピングされている。すなわち米、油、衣服、肥料、砂糖、塩、建材、食品、その他の物品である。これらの品物の数量の集計は、IBM-PC電子計算機により実施された。

社会経済のデータの収集は、Appendix B に示した質問票に基づいた路線インタビューにより得られた。

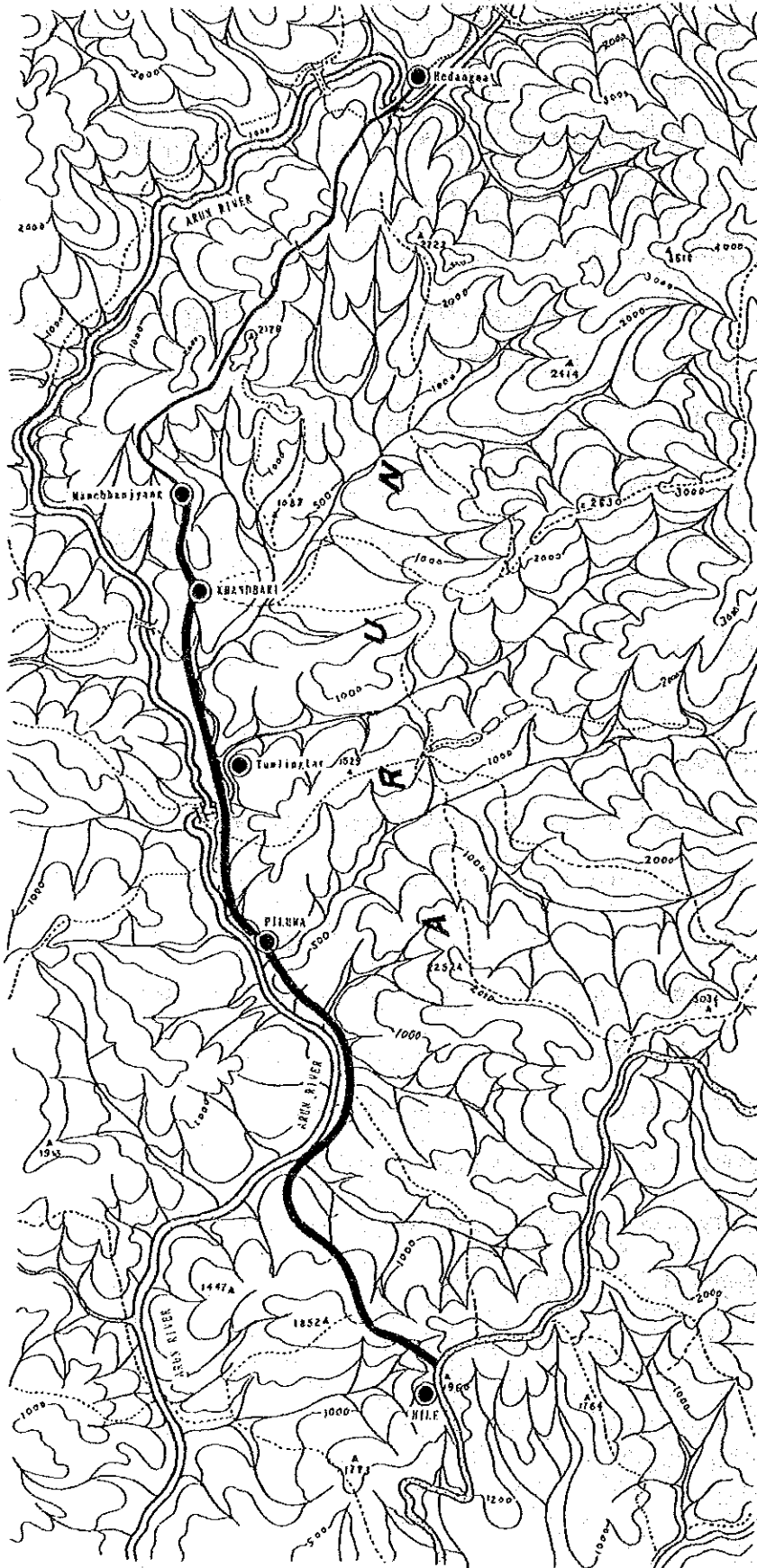
路線インタビューでは、約 500名のポーターから社会、経済に関する情報が得られた。

(5) 調査結果概要

前述した調査は、Fig. 2-4 に示した 5 個所の調査地点すなわち Hile、Piluwa、Tumlingtar、Khandbari、Manebhanjyang で実施したが、この結果は Appendix B に示される。

調査結果は、上記(4)データ収集で述べたように、季節要素等により補正されたものである。補正にあたっては、NEA が 1986年 1 月に実施した "Dhankuta - Khandbari Road" レポートの "Seasonality of Traffic Flow" に基づいた。この報告書によると、ネパール南部より北部地域への物資の輸送は、年間を通じてアルン川沿いのルートを通り、Tumlingtar、Khandbari 等の町を経由し、運搬されている事が判明している。

Fig. 2-4 Locations of O-D Survey Stations



3. 路線選定

3.1 路線選定基準

計画道路は、主としてアルン3水力発電所建設プロジェクト用の建設資機材の輸送のためのアクセス道路として、機能することになっている。従って、その建設期間の長短は、重要な意味を持つことになる。この道路は、いずれは当該地区における幹線道路として、整備されることになる。また、この道路のある部分は、将来建設予定のコシ・ハイウェイの一部となり、テライからこの地区を通過して中国国境に至るルートに含まれることになるであろう。

最適路線の選定基準は下記のように概述される。

- (1) 路線はできるだけ直線とし、また建設費用の点からも出来るだけ短い路線長とする。
- (2) 建設期間を最小にできるルートとする。
- (3) 地区本部所在地であるKhandbariについては路線上に含めるか、あるいは少なくとも路線から容易に連絡できるよう配慮する。
- (4) 自然環境、生活・社会環境には十分に配慮したルートとする。

以下に、路線選定基準の詳細と、これらの基準の背景について述べる。

- (5) 計画路線はアルン川東岸に位置するKhandbari、Tumlingtar等及び西岸のDingla、Bhojpur等の人口集中地への将来の開発に寄与するように位置の選定を行う。

1. 最短工期での設計および建設工事

本アクセス道路は、ダム、発電所建設のためのクリティカルパスとなっているため、アクセス道路は最短工期での設計・施工としなければならない。

アクセス道路は、本体発電所の建設に必要な最小限の機械および材料、人員の輸送に役立てるために、1989年までにその機能を果せるように建設されなければならない。これは道路工事の完了を意味せず、本体工事に必要な物資、労働力、機械等の運送に耐える機能を有するという事である。

2. 最小の初期投資

道路建設の初期投資を最小とするために、本道路はダム、発電所建設工事に必要な機械の運搬路として、最小限の機能をもったものとする。そのためには、一つの可能性として、段階施工がある。なお、本道路の建設にあたっては、次にあげる条件を満足しなければならない。Ⅰ. 適切な道路巾員の確保、Ⅱ. 維持、管理の容易

さ、Ⅲ、短い建設工期

3. 維持管理の容易さ

取付道路は、ダム、発電所等の建設工事を効率、安全かつ継続して施工するために、常に良好な道路状況を保つよう計画されなければならない。将来、取付道路が北部と南部を結ぶ幹線道路の一部になるであろう点を考慮し、長期にわたる道路の安定した維持補修を確保すると共に、自然災害による道路の長期閉鎖を防止すべきである。

4. 建設工事労務者の確保

ダム、発電所の建設工事には、多くの建設労務者が必要となるため、ローカルレベルでの労務者の確保がすぐに可能でなければならない。

5. 将来の経済発展に寄与

本路線は、ネパール国道路網、特にコシハイウェイの一端を担っており、道路周辺の地域開発に寄与するように選定及び設計が、なされねばならない。従って、Khandbari、Chainpurといったアルン川東岸の人口集中地区および西岸のDingla、Bhojpurでの将来の産業、交易の増進の可能性を考慮して路線選定を行う。

6. 設計上考慮すべき条件

道路設計は、路線の地形・地質上の必要条件を反映したしものでなければならない。これらの必要条件には、設計上のパラメーターである道路巾員、勾配、平面曲線半径等を含んでいる。当該道路は、険しい山地を通る山岳道路であり、付近には他の自動車道が存在しておらず、建設にあたっては種々の困難が予想される事を認識しなければならない。その他道路はアルン川で発生する洪水やGLOFによる影響をさけるよう計画しなければならない。

7. 施工性

検討では、建設工事中に発生すると予想される問題、困難性について考慮しておかなければならない。従って路線選定においては、土砂崩壊、ノリ面崩壊、山岳地帯での建設資材の搬入の難しさ、それと同様に最適な橋梁架橋地点等の設計パラメーターに適切な配慮を必要とする。

8. 環境問題等

計画路線が建設された場合に、環境に与えると予想される影響、問題点を考慮して、設計はその影響が最小となる路線となるようになされねばならない。

9. 地 質

設計は、路線の地質特性を十分に反映してなされねばならない。

3.2 現 地 踏 査

調査チームは、限られた時間の中で、ダムサイトおよび発電所サイトを含む計画地域を踏査した。急斜面を縫って続いている山道 (Footpath) に沿って、現地観察を行った。ダムサイトと発電所間の川沿いルートについては、崖のために通ることができなかった。

ヘリコプターを使って、Hileから発電所地点までの間の全体的な地形を把握することが出来た。また、HileからPilwa、Tumlingtar、Khandbari を通ってNum に至る山道 (Trail) に沿っての踏査により、地形について各種の情報の把握が出来た。また、チームはHileからHileの北東25kmにあるPhidimまでの小道 (Rough road) も踏査した。現地踏査概要は Appendix A に示した。

3.3 路 線 代 替 案

山岳地域における路線の設定に当たって、計画者は尾根を通る路線及び河川沿いの路線を考えるが、尾根沿いルートの場合、排水施設については、川沿いルートよりも少ない数で、しかも施設自体の規模も小さいのが一般的であり、地形的にも勾配が緩やかなケースが多い。当初の路線案では、HileからChitre、Chainpur、Khandbari 及びFururuを通る山道 (main trail) を経て、発電所地点に至る尾根ルート考えた。その後の路線は、発電所地点からアルン川沿いにダムサイトに至るルートである。(Fig. 3-1 代替案 A 参照)。

上記の代替案 A の有利な点は、Hileの北東にあるDhankuta (Hile) - Phidim道約25 kmのうち半分は完成しており、あとの半分は現在工事中である。

第二の案である代替案 B ルートは、Hileから川沿いにLeguwa Chat とTumlingtarを通っている山道 (main trail) にそって計画されたものである。このルートは、Tumlingtarからアルン川に沿って発電所地点まで続くことになる。代替案 B ルートより分岐道路がKhandbari までのアクセスとして考えられるけれども、この道はアルン 3 水力発電所建設用の取り付け道路の一部ではなく、支線道路としての基準で将来において設計されるであろう。発電所建設予定地点とダムサイト予定地の間のルートは

A案、B案ともに同一である。

当然のことながら、種々考えられる準代替案は、主代替案（即ちA案とB案）のそれぞれが有する弱点を補って、利点をより充実させる方向で考慮される。それを示しているのが、Fig. 3-1 に図示したA₁、A₂及びA₃である。これらはすべて、A案、B案のそれぞれの中間点を接続するものである。区間A₁は、Chitre(代案A)とLeguwa Ghat(代案B)を接続する。区間A₂ではKhandbari(代案A)を通過してから下り勾配で発電所へぬける。ChainpurとTumlingtarを結ぶ区間がA₃である。

代替案AはDhankuta - Phidim 道路の25kmのうちその半分が工事済ないし工事中ということで、全体の工期を短縮できる要素を持っている。この代替案は図上から判断したものであるが、路線の標高差が1000 mにわたる問題点は、Pangmaから北西に伸びている等高線上にある小道(minor trail)のルートを利用することによって解決でき、不必要な登りを回避して発電所へ到達出来ると判断したものである。

代替案Bは路線の大部分が川沿いルートであるが、この区間の路線は川の流れからは、標高差および水平距離で最大300m離れている。発電所予定地点とダムサイト予定地のアルン川の急峻部区間ルートについては代替案A、B共通の路線で、その位置は、ダムの堤頂、トンネルの入口の標高とほぼ並行することになる。発電所予定地点から下流のChyama川及びPiluwa川の上流約2 kmからLeguwa Ghat にかけての路線は、とくにアルン川の水位に関しては、慎重な配慮を必要とする重要な区間である。従ってこの部分に関しては、洪水期における水位、流速および河岸に対する影響についてチェックする必要がある。

3.4 路線選定

Fig. 3-1 に示した路線代替案の検討図によれば、最適ルートの選定のために検討すべき案が大、小ささまある。しかしながら、代替ルートの比較に当たっては、主な代替案2つだけを考慮することとした。理由は他の案も、これら2つの案に準じて評価されるからである。Table 3-1 に、主要路線名称と通過地点等を示した。

選定対象路線2つは、川沿いルート(代替案B)(DWG・ACR-2 よりACR-29まで参照)と山沿いルート(代替案A)(Appendix D 参照)である。この2つのルートは、Table 3-2 路線比較表に示したような条件と評価方法に基づいて選定した。この2つのルートの違いについては、道路計画、及び自然環境、社会的環境の面から説明出来るであ

ろう。

Table 3-1. Two Alternative Routes

主要路線名称	通過地点名称	路線長 (km)
山頂ルート (ALT-A)	Hile-Chitre-Chainpur-Khandbari-P/H-D/S	154
川沿いルート (ALT-B)	Hile-Tumlingtar-P/H-D/S	115

山沿いルート (ALT-A)

山沿いルートは、Hileを出発点としてChitre、Chainpurの町を通りKhandbariに至る。この路線の大部分は、山腹と尾根との間にある。このルートの建設工事には、大規模な切土と盛土が必要となる。さらに、北部地域でのルートは深い峡谷と高い尾根を通過しているため、最大勾配8%の区間がかなり多い。建設予定地区周辺の田畑や村の一部は、表土の切りとり及び掘削や盛土に伴う降雨時の雨水流出による悪影響を受ける可能性が大きい。

Khandbari以北を通過している尾根沿いの山道のルートは、その一部を自動車通行上しかるべき勾配を保つ為に別ルートとすれば、山道ルートの大部分を取り付け道路の路線として予定できるであろう。この尾根沿いの山道には、菩提樹や松の木が生えており、小さい家や茶店などがあり、工事の影響を直接受けることになる。給水パイプもこの道沿いに設置されている。この山道ルートをさらに困難にしているのは、計画された道幅7mを地形上確保できない部分がある事である。従って適当なルート確保の為、路線長の増加が見込まれる。山沿いルートの主な利点は、このルートがChainpurとKhandbariという人口の多い地域ないしは、その近くを通るということである。一方、川沿いルートの場合は、この二つの町と連絡の為に支道をつくる必要が生じるが、川沿いルートはアルン川西岸の人口集中地へ結ぶフィーダ一道路にとって最短の位置にある。

川沿いルート (ALT-B)

川沿いルートも、山沿いルートと同様にHileがプロジェクト道路の起点である。路線は大体において、Hile - Pakhriwas、Leguwa Ghat - Tumlingtar間ではトラック道路に沿って走っている。これらの地域では、山沿いルートと同様に山岳

道路としての問題があるが、山沿いルートよりも地形がゆるやかであるため、道路計画上で縦断勾配等の設計要素の選定に余裕があり、その上路線沿線の田、畑、立木、家屋等の移転にともなう補償問題を出来るだけ少なくすることが可能である。

川沿いルートの不利な点は、一つにはSabhaya、PiluwaやLeguwa川を渡河する長大スパンの橋を含む橋を架橋しなければならない事であり、もう一つは路線が人口集中Chitre、ChainpurやKhandbariを通らないために、これらの町へのサービス道路を別途考慮しなければならない事である。一方、本路線の長所は、計画路線がアルン川沿いに発達した段丘上を多く通過するため、道路計画ならびに施工が容易となる事である。また将来の地域開発と云う観点から見ると、川沿いルートはアルン川の東、西岸に存在する町への商業および工業の発展に大きく寄与する最も良い位置にある。

発電所建設予定地とダム建設予定地間の計画路線は、川沿いルートと山頂ルートとは同一路線であり、この路線は標高が500~1000mのアルン川左岸を通過する。

最適路線

調査結果に基づき、Fig. 3-1中の代替案B(ALT-B)が最適路線と決定された。その主要な選定理由は、下記の通りである。

- a. 路線総延長はフィーダー道路を含めても短かく、人口集中地までの通行時間も短い。
- b. 建設工事はフィーダー道路を含めても容易で建設費が安く、建設工期が短い。
- c. 維持管理費が安価である。
- d. 洪水に対しては、十分な安全性をもち、地質上の障害を受けにくい。
- e. 良質の建設材料が入手可能である。
- f. 補償費、土地収用費がかからない。
- g. 環境への悪影響が少ない。
- h. Tumlingtar空港と接続している。
- i. フィーダー道路を通してアルン川西岸と容易に接続できる。
- j. 将来におけるアルン川水力発電建設計画の取付道路として大きく貢献する。
- k. 国家開発計画の見地から考慮しても、取付道路とフィーダー道路の組み合わせにより地域社会開発のための経済的な道路網の開発が可能となり有利である。

次頁のTable 3-2に、最適路線決定の比較表を掲げた。

この表において、上記の a から k までの理由に基づいた 2 つの代替案の詳細な比較が述べられている。

コシ川開発マスタープランによるとアルン川には 6 つの水力発電所建設計画が立案されている。現在のアルン 3 水力発電計画は、コシ川開発マスタープランのアルン 2、3 水力発電計画と関連している。マスタープランのアルン 1 水力発電計画は貯水池式発電所建設計画であり、この貯水池の最高水位は 402.3m である。もし、アルン 1 水力発電所建設計画が将来に実施されて貯水池の水位が最高水位に達したならば、アクセス道路は、一部が水浸する可能性がある。

本フィジビリティ調査においてはたとえそのようになったと仮定しても次にあげる二つの理由により、プロジェクト道路は最適ルートであると云える。

1. アルン 1 水力発電所建設計画の実施はかなり遠い将来となるであろう。
2. 本プロジェクト道路の水浸をさけるために、現計画路線を変更することは、工事費が高くなると共に工期が長くなり、不利である。

このような理由により、アルン 1 水力発電所建設計画に関連した現プロジェクトの部々的な路線変更は将来、この問題が生じた時に、考慮する事を推奨する。

3.5 フィーダー道路

前節の路線選定で述べたように、ALT-B はアルン東岸に存在する人口集中地の Khandbari、Chainpur の外側を通過しているがアルン西岸の人口集中地へは、ALT-A より良いアクセスとなっている。

フィーダー道路が建設されると ALT-B は、路線ぞいの人口集中地に対して良いアクセスとなる。この節で述べた、フィーダー道路は、1:50,000 の地形図にもとづいて概略検討された。

フィーダー道路の検討の基準は、次の 2 点とした。

1. トラック交通の可能な設計基準とする。
2. 人口集中地に対して最小の工事費とする。

フィーダー道路候補路線は次に示す 4 つの路線が考えられる。

- | | |
|--------------------------|---------|
| 1. Khandbari に至る路線 (F-K) | } アルン東岸 |
| 2. Chainpur " (F-C) | |

- | | | | |
|------------|---|-------|---------|
| 3. Dingla | " | (F-D) | } アルン西岸 |
| 4. Bohjpur | " | (F-B) | |

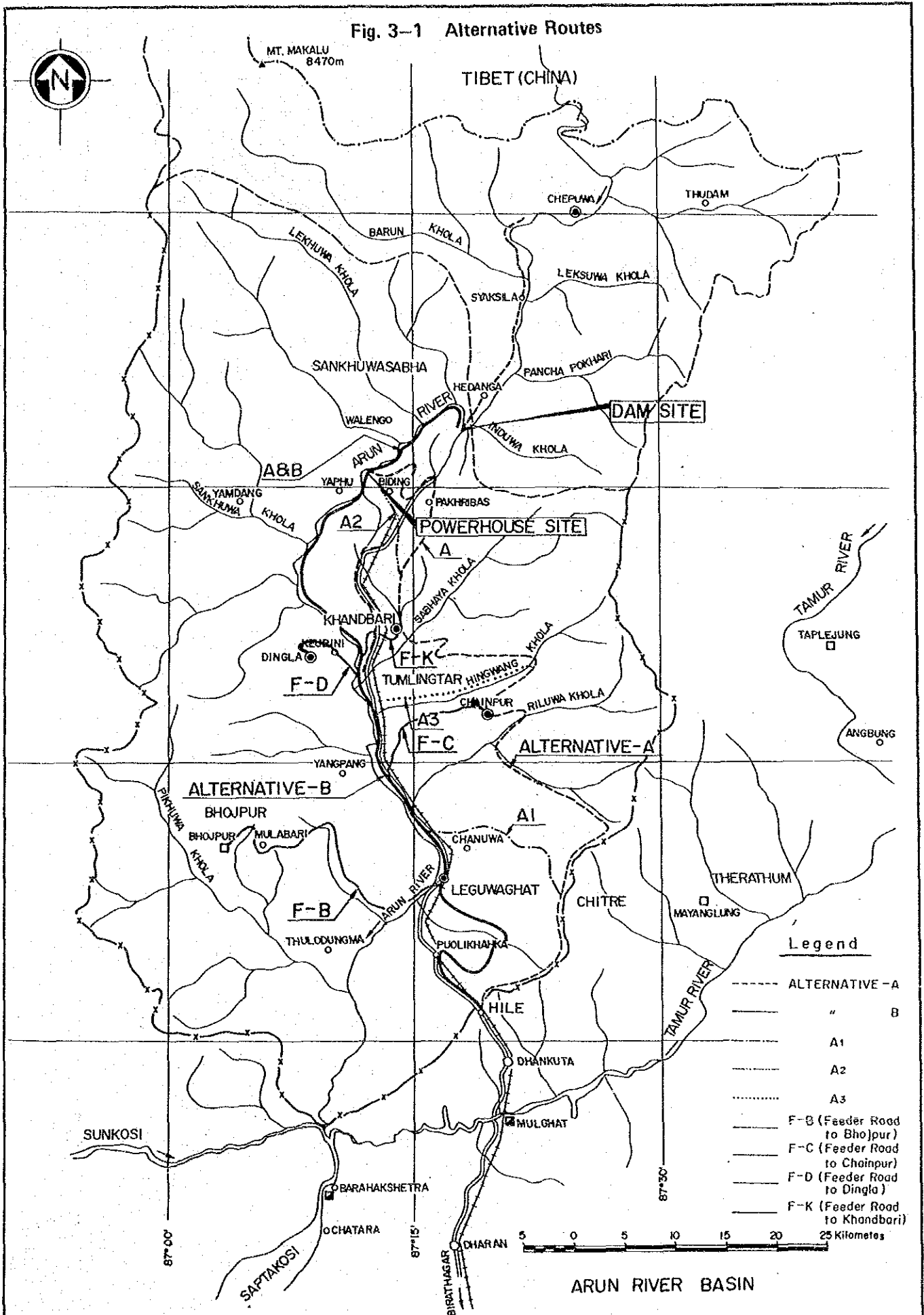
予備調査の結果、上記4つのフィーダー道路路線は、アクセス道路と連結されることによって地域の社会経済的發展に寄与する効果的道路網を構成するという見地から最も適切なものと判断される。

先に述べたようにALT-BはALT-Aに比較してアルン川西岸のDingla、Bohjpur等に対して最短の距離にあると共に全てのフィーダー道路に対しても良い路線となっている。

これら4つのフィーダー道路についての概要はTable 3-3およびFig. 3-1に示した。

最適路線(ALT-B)とアルン川東岸のフィーダー道路の関連を明確にするためにFig. 3-2には路線案(F-K、F-C)を示し、Table 3-3には、概略工事費を示した。

Fig. 3-1 Alternative Routes



- Legend**
- ALTERNATIVE - A
 - " B
 - A1
 - A2
 - A3
 - F-B (Feeder Road to Bhojpur)
 - F-C (Feeder Road to Chainpur)
 - F-D (Feeder Road to Dingla)
 - F-K (Feeder Road to Khandbari)

ARUN RIVER BASIN

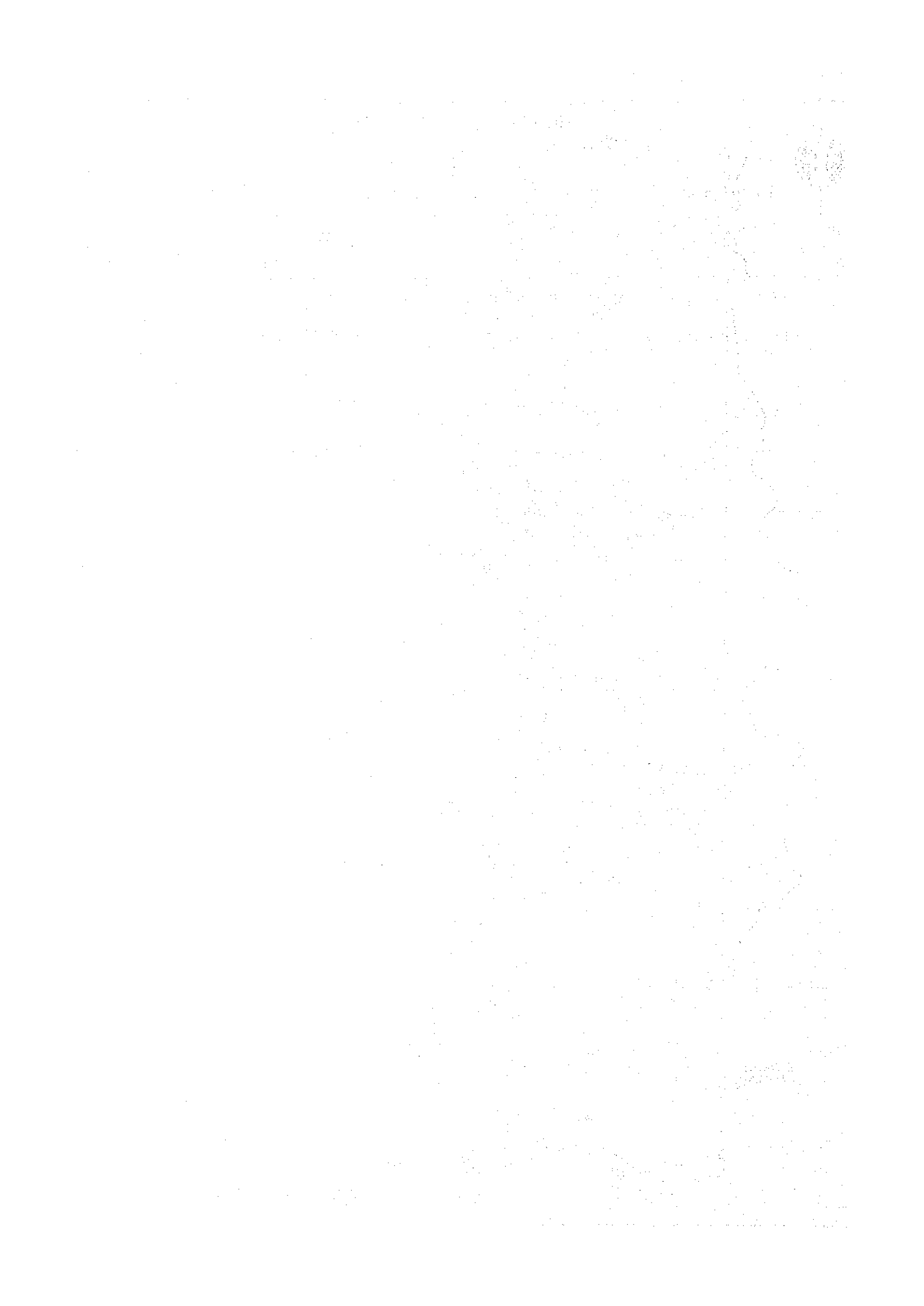


Fig. 3-2 Feeder Roads to Khandbari and Chainpur

KEY PLAN

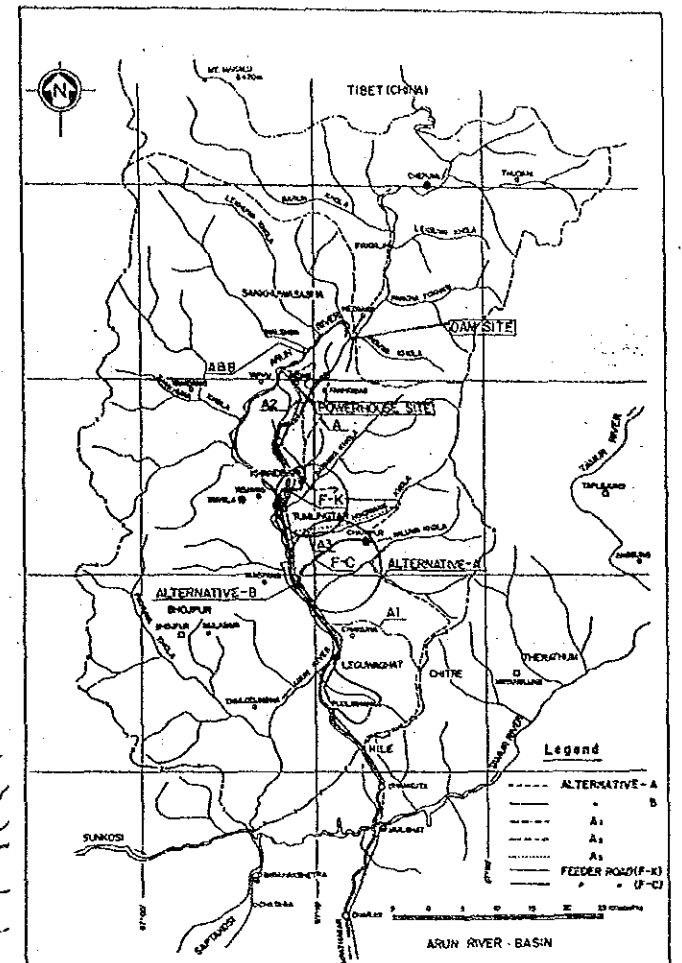
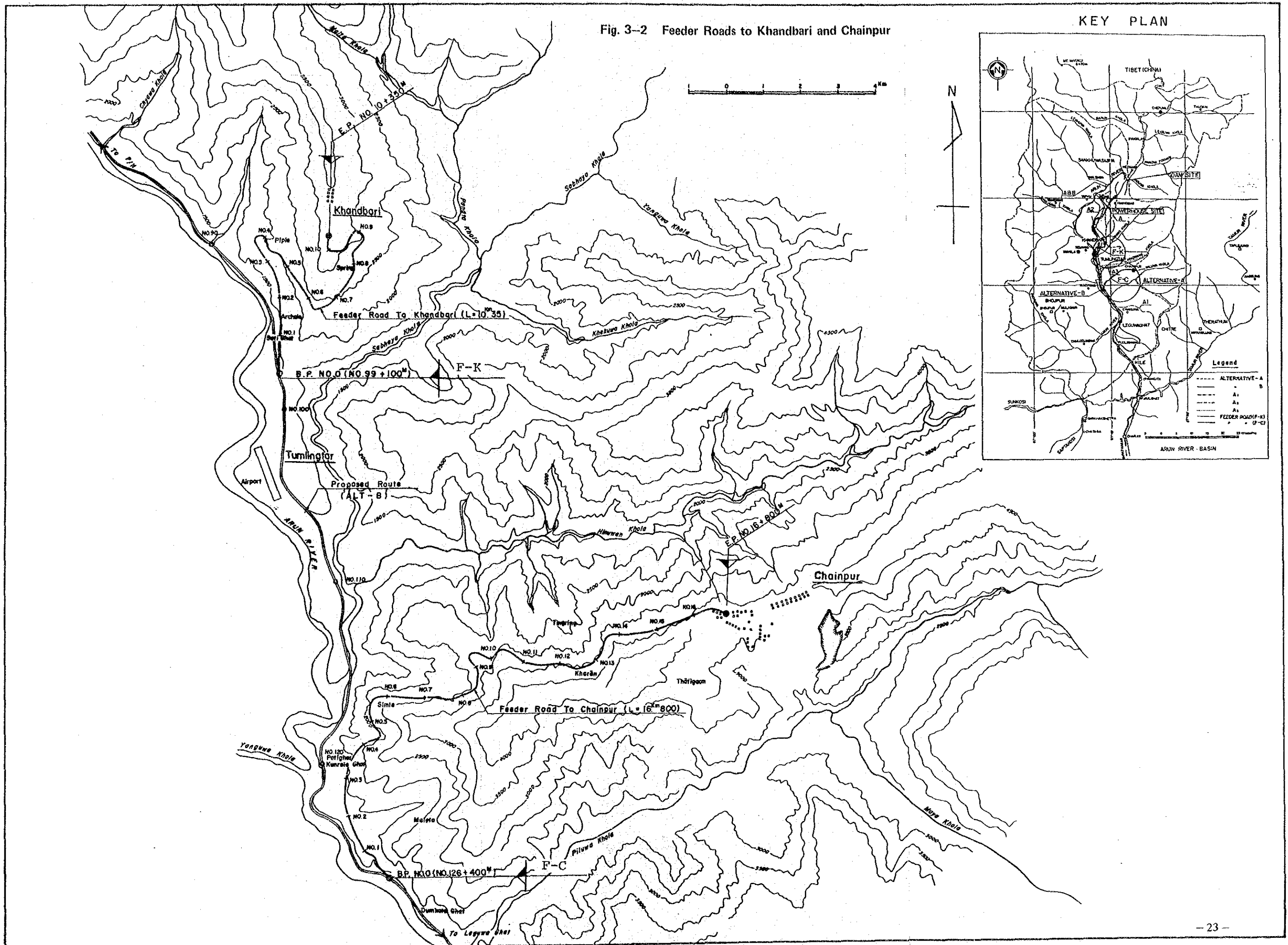


Table 3-2 Comparison of Alternative Routes

(1)

CRITERIA	ALTERNATIVE - A (Hilltop Route)		ALTERNATIVE - B (River Side Route)	
	ADVANTAGES	DISADVANTAGES	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
1. Period to Design and Construct	No major bridges to delay schedule of design and construction period. Can utilize completed road from Hile to Chitre.	Greater length requiring longer time period for non-structural construction. Total road length 154 km.	Shortest overall length of 115 km.	Several major bridges requiring added design and construction periods.
2. Initial Investment	Can utilize existing Hile Chitre road for reducing cost. No major bridges making cost saving.	Heavy initial investment cost of \$43.0 million including for road-bed, bridge and structures.	Minimum initial investment cost of \$34.0 million including for road-bed, bridge and structures. Additional \$4.0 million for feeder road, construction for Khandbari and Chainpur.	
3. Maintainability	Less areas of potential slide above roadway. Fewer large drainage structures requiring continuous maintenance.	Greatest length to be maintained. Greatest cost of maintenance for Hile to Chitre section susceptible to slides because of adverse geologic dip. Numerous erosion fronts along ridge.	Shortest route. Least annual maintenance cost. Location on broad plain along the Arun river permitting protection from slides from above. Construction gravels readily available at several locations.	Potential risk of heavy damage due to an extreme rare event of flooding on the Arun river. Slide potential near Bospani.
4. Access to Labor Supply	29 km of length through town and villages with good labor supply.			Long walking distance to Chainpur and Khandbari making labors' commuting difficult and/or labor camps larger.

Note: Figures of this table are estimated from 1:5,000 map for Alternative B and 1:10,000 map for Alternative A.

Table 3-2 Comparison of Alternative Route (continued)

(2)

CRITERIA	ALTERNATIVE - A (Hilltop Route)		ALTERNATIVE - B (River Side Route)	
	ADVANTAGES	DISADVANTAGES	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
5. Future Economic Development Potential	Excellent access to the established population centers for their economic growth benefit.	Neglects priority air access by bypassing the Tumlingtar airfield.	Shortest route to any populated area from Hile. Least total transportation cost with fastest market access. Enhancing development potential of tourist. Greatest access to agricultural lands providing enhanced farm market economics.	
6. Design Parameters:				
a. Curvature		Most and sharpest curves. Hile to Chitre radii less than 25 m.	Least number of sharp curves. Favourable topo conditions for better alignment.	
b. Rise and Fall		Reaches nearly 2,500 meter elevation two or more times. Very high amount of rise and fall.	Least amount of rise and fall. Very little waste due to elevation differences.	
c. Gradient		Large amount of grade greater than 6%. Hile to Chitre max gradient 12%.	90% of the road with a gradient less than 5%. Avg. max gradient less than 8%.	Frequent requirements for 6% grade between Hile and Leguwa Ghat.
d. Estimated Travel Time Hile to Dam		4.13 hrs.	2.19 hrs.	
7. Constructability	Least amount of heavy rock construction. Least length of structures. Longest single structure estimated 60 m.	Large amount of waste excavation containing rocks and fill material causing environmental problems to area below construction.	Good availability of quality construction aggregates at several locations.	Delays at major stream crossings or requirement of temporary construction bridges.

Table 3-2 Comparison of Alternative Route (continued)

(3)

CRITERIA	ALTERNATIVE - A (Hilltop Route)		ALTERNATIVE - B (River Side Route)	
	ADVANTAGES	DISADVANTAGES	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
8. Environmental Impact	Establishes trail travel pattern.	Many huts along ridge trail to be displaced. Peepul and banyan trees along ridge to be destroyed. Water line and public taps to be disrupted. 29 km length in populated area to be affected by construction operation. Larger total land area to be disrupted and changed. Maximum total person-trip-kilometers of travel.	Can avoid significant disruption of housing; can mitigate tree removal; can avoid choice land in most cases where gradient does not control location. Follows the heaviest and desired line travel pattern found in O & D survey. Minimum total person-trip-kilometers of travel.	Requires greater feeder road and trail support systems. Material waste into Arun river causing added deposition down-stream.
9. Geology				
a. Geology	Himalayan Gneiss at many places.	May need blasting.	Mostly composed of thinly foliated Midland Metasediments which appear to be ripperable.	
b. Geostucture		Passes through unstable zone.	Passes stable zone.	
c. Erosion (Cycle of Erosion)		Now strongly active (matured stage).	Now inactive.	
d. Mass Movement		Many slope failures anticipated.	Few active landslide. Can be technically stabilized.	

Table 3-2 Comparison of Alternative Route (continued)

(4)

CRITERIA	ALTERNATIVE - A (Hilltop Route)		ALTERNATIVE - B (River Side Route)	
	ADVANTAGES	DISADVANTAGES	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
10. Future power project development on the Arun river	No possibility of relocation.	Less potential to function as an access road.	Large potential to function as an access road.	Partial relocation may be required when a pondage type power project is planned.
11. Effect of flood and GLOF on the Arun river	No possibility of damage topographically.		No possibility of damage technically.	

Table 3-3 Description of Feeder Roads

Feeder Road	F-K	F-C	F-B	F-D
Starting Point Station	No.99 +100	No.126 +400	-	-
Ending Point	Khandbari	Chainpur	Bohjpur	Dingla
Estimated Length (km)	10.3	16.8	45	15.8
Estimated Cost (Million US\$)	1.5	2.3	-	-
Preliminary Route	Fig. 3-2	Fig. 3-2	Fig. 3-2	Fig. 3-2
Description on the Route	Gradient 3% to 12%	Gradient 4% to 12%	-	-

Note: Figure in table was estimated on 1:50,000 Map.

4. 設 計

4.1 設 計 基 準

ネパールの道路は、建設運輸省の道路局(DOR)が発行した“Nepal Road Standards (2027)”、NRSに基づき計画されている。

設計基準は、道路幾何構造設計基準と構造物設計基準に分けられるが、Table 4-1にこれらの要約を掲げた。NRSに依ると、道路の設計は交通の種類と交通量、道路地形及び道路区分等のいくつかの要因が、設計の基準を規定している。

上記の基準書(2027)において、第4節から第12節までが、速度、勾配、平面曲線、車道と路肩巾、用地巾、構造基準等道路の詳細設計のために必要な設計基準を規定している。

道路区分による分類は、Table 4-1 NOTESに述べられているように、幹線道路、準幹線道路、地方道路および街路といった区別のことである。道路区分においては、設計速度、計画交通量等の要素も規定している。

本計画道路のHile - Khandbari間は、ネパール南部と北部をむすぶ幹線道路、コシハイウェイの一部として、1986年に発行された第7次5ヶ年計画書中に位置づけられている。

本プロジェクト道路の主目的は、アルン3水力発電所建設工事に寄与することにある。従って道路の設計基準は、ダム、発電所建設用の建設機械および材料の運搬路として適用できる設計基準とする。Table 4-1には、本プロジェクト道路の幾何構造設計基準を、Table 4-2には構造物設計基準を示した。

このプロジェクト道路の設計基準は、本道路が将来においてネパール国の幹線道路となると云う観点から、設計速度は50km/h、最急勾配8%とした。設計速度50km/hでは、最小曲線半径は70m位が望ましい。機材の運搬にあたっては、30m長の発電所、建設用資材がプロジェクト道路を通るためには、絶対最小半径は約25mが必要である。

既存のDharan - Dhankuta 道路では、縦断勾配8%、最小曲線半径25mである。この道路に比較すると、プロジェクト道路の基準も同様な基準であり、資機材の輸送には十分な基準と考えられる。

ネパール国の道路計画綱では、プロジェクト道路は将来一級ないし二級の幹線道路として位置づけられると推察されるが、ネパール政府が策定した第7次5ヶ年計画書(A) Road Transportation Policy 第4項において、当国の道路計画の指針として次

のように述べている。

「道路網をできるだけ早く遠隔地まで広げるために、ハイウェイ、道路計画路線において先ず季節道路（非全天候型道路）で建設し、次第に橋梁部分や排水施設部分をつくりながら全天候型に改良し、交通量密度に適合させながら道路の表層を砂利舗装、アスファルト舗装に改良していくべきである。」

この指針に基づいてプロジェクト道路計画を実施するとき、段階施工の考え方を取り入れ、道路巾員および構造物について、最初の段階では二級道路で建設し、最終的に一級道路に改良すると云う考え方が出来る。

本プロジェクト道路においても、上記の道路計画指針を参考にし、段階施工を計画している。この場合、道路はTable 4-3 に掲げられた各々の施工段階における道路が建設され、これらの道路の必要とする機能が確保される。詳細については、5.1.3 工程計画の項において述べているが、ここではその骨子についてふれた。

プロジェクト道路工事の大部分は第一期(1987.11~1989.11)に終了し、この時点で道路は発電所建設機械、資機材の運搬路として供用される予定である。この時点での道路は未完成状況であり、道路工事は第二期(1989.11~1991.11)の2年間にわたり継続され、この間に橋梁工事、雑工事がすべて施工され1991.11月にプロジェクト道路として完成する。

Table 4-1 Proposed and Existing Geometric Design Criteria

Class	Road	Terrain	Design Speed (Km/hr)	Width (m)		Gradient Max. (%)	Max. Super-elevation (%)	Mini. Horiz. Curve Radius (m)	Mini. Vert. Curve Length (m)	Sight Distance (m)
				Carriage-way	Shoulder					
ACCESS ROAD ARUN 3 HYDROPOWER PROJECT (PROPOSED ^{1/})		F	50	5.0	1.0	5	5	100	50	75
		R	40	5.0	1.0	6	6	70	35	40
		H	30	5.0	1.0	8	8	50	25	30
IAA	TRUNK ^{2/}	F	120	2x2x3.5H	4.0-6.0	3	5	$R = \frac{0.0079v^2}{(e+f)}$	$L = \frac{AS^2}{200}$	200
IA		R	80		"	4	6			110
I		H	50	2x3.5H	"	5	8			65
II	FEEDER ^{2/}	F	100			5	5			145
		R	60	3.5H	4.0 - 5.0	6	6	"	"	85
		H	40			7	7			45
III	DISTRICT ^{2/}	F	60			5	5			85
		R	40	3.5H	3.0 - 5.0	6	6	"	"	45
		H	30			7	7			30

Notes: 1/ Newly proposed for Access Road of Arun 3 Hydropower Project.

2/ As per Nepal Road Standards (2027).

Trunk Road - (Rajmarg or National Highway)

These serve directly the greater portion of the longer distance travel, provide consistently higher level of service in terms of travel speeds, and bear the inter community mobility (regional interest). These road shall be the main arterial routes passing through the length & breadth of the country as a whole.

Feeder Road

These roads are important to travel of a localised nature than that which trunk roads are intended to serve. These serve the communities wide interest and connect important towns districts and zonal headquarters to the Trunk roads.

District Road

This class of road consisting of all roads not defined as trunk or feeder & city roads, serves primarily by providing access to abutting land carrying little to thorough movement. These roads serves as collector to the feeder roads. These roads should give access to one or more villages to the nearest market or to higher types of roads. Moderate travel speeds are typical on such roads.

Abbreviations

F : Flat
R : Rolling
M : Mountainous

R : Radius of curve
L : Length of vertical curve
V : Design speed
f : Co-efficient of friction
A : Algebraic difference in approach grade percent
S : Sight distance

Table 4-2 Structure Design Criteria

Structure	Standards of Loading
Major Bridge	HS20-44 or IRC-Class A or any other equivalent loading
Medium to Minor Bridge & Culvert	HS15-44 or IRC Class A or any other equivalent loading
Temporary Structure	HS15-44 or IRC-Class B or any other equivalent loading

Table 4-3 Descriptions of Phased Construction of Access Road

Phase	Designation	Function	Traffic	Design Criteria
<u>Phase - 1</u> Nov., 1987 to Nov., 1989 2 years	Pilot Road	Carriage way for transporting road construction equipment & materials	<ul style="list-style-type: none"> . Bulldozer . Power shovel . Earthwork equipment 	Road width \div 3.5M
	Temporary Access Road	Capable of transporting various kinds of construction machinery, materials & personnel for access road and main hydropower construction	<ul style="list-style-type: none"> . Cargo truck . Trailer truck . Construction machinery (Road & hydro-power construction equipment and materials) 	See Table 4-1 & 4-2
	Temporary Bridge	As same as above	<ul style="list-style-type: none"> . Road construction equipment and material . Hydropower construction equipment and material 	See Table 4-2
<u>Phase - 2</u> Dec., 1989 to Dec., 1991 2 years	Bridge	Completion of permanent bridge	All kinds of traffic	See Table 4-2
	Access Road for Arun 3 Hydropower	Completion of permanent bridge and road	All kinds of traffic	See Table 4-1 & 4-2

4.2 標準断面

道路の標準断面は、Fig. 4.1～4.3に示した。

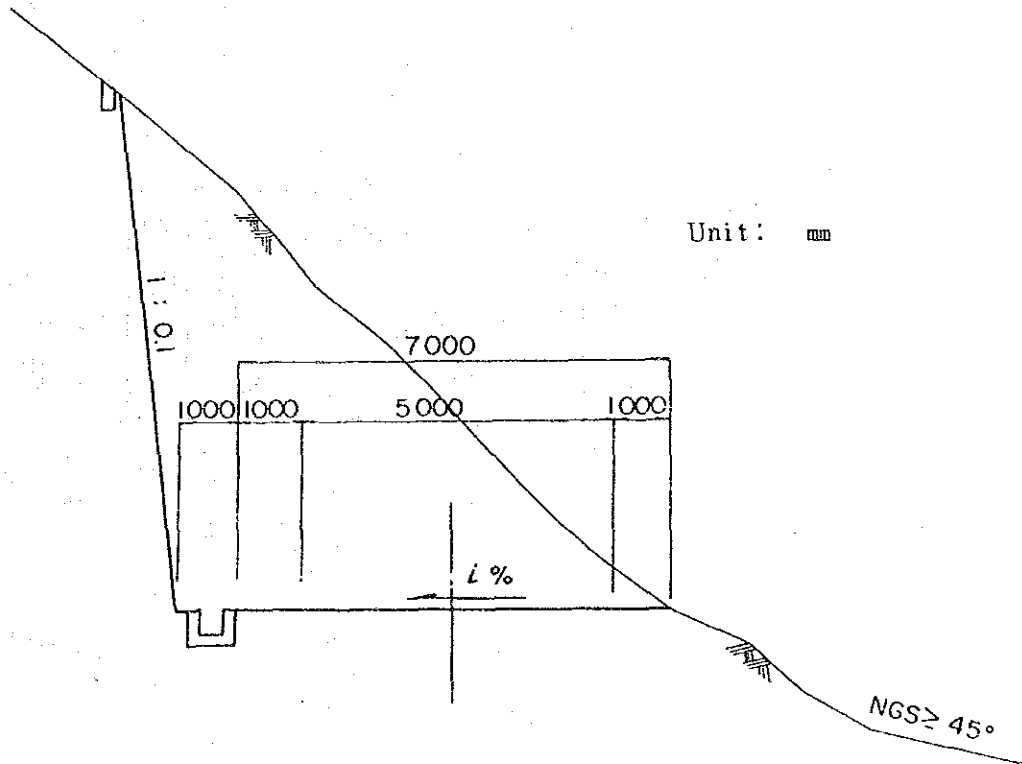
本調査では、断面を構成する土工部のノリ面勾配の決定は、NEAより供与された1:50,000の地形図より推定した。これは地図より地盤勾配を求め、これが45度以上を岩、これ以下をUNCLと仮定した。UNCLは土性が不明な地山の総称で、この地山は、岩および他の性質の不明な土質を含むと推定される。

本道路の設計対象交通は、ダム、発電所建設資機材の運搬に供用されると仮定される10トントラックと想定した。

道路断面は、道路の工期と工事費を低減させるために、できるだけ小断面で計画しなければならないが、プロジェクト道路がネパール山岳部の急峻な地形を通過するため、交通の安全確保上、車道巾員を5.0m、路肩巾を左右ともに1.0mとし、切土部の山側には1.0mの水路敷を考慮している。構造物としては、橋梁と横断排水路があり、橋梁の断面構成は、車道巾員3.5m、側方余裕を左右1.0mとしたが、横断排水路部の断面構成は、盛土部断面と同様である。Fig. 4-5は、仮設橋の一例を示したが、これは道路工事の早期進捗を図るため、渡河地点に仮設するものである。

Fig. 4-1 Typical Cross Section (Rock Excavation)

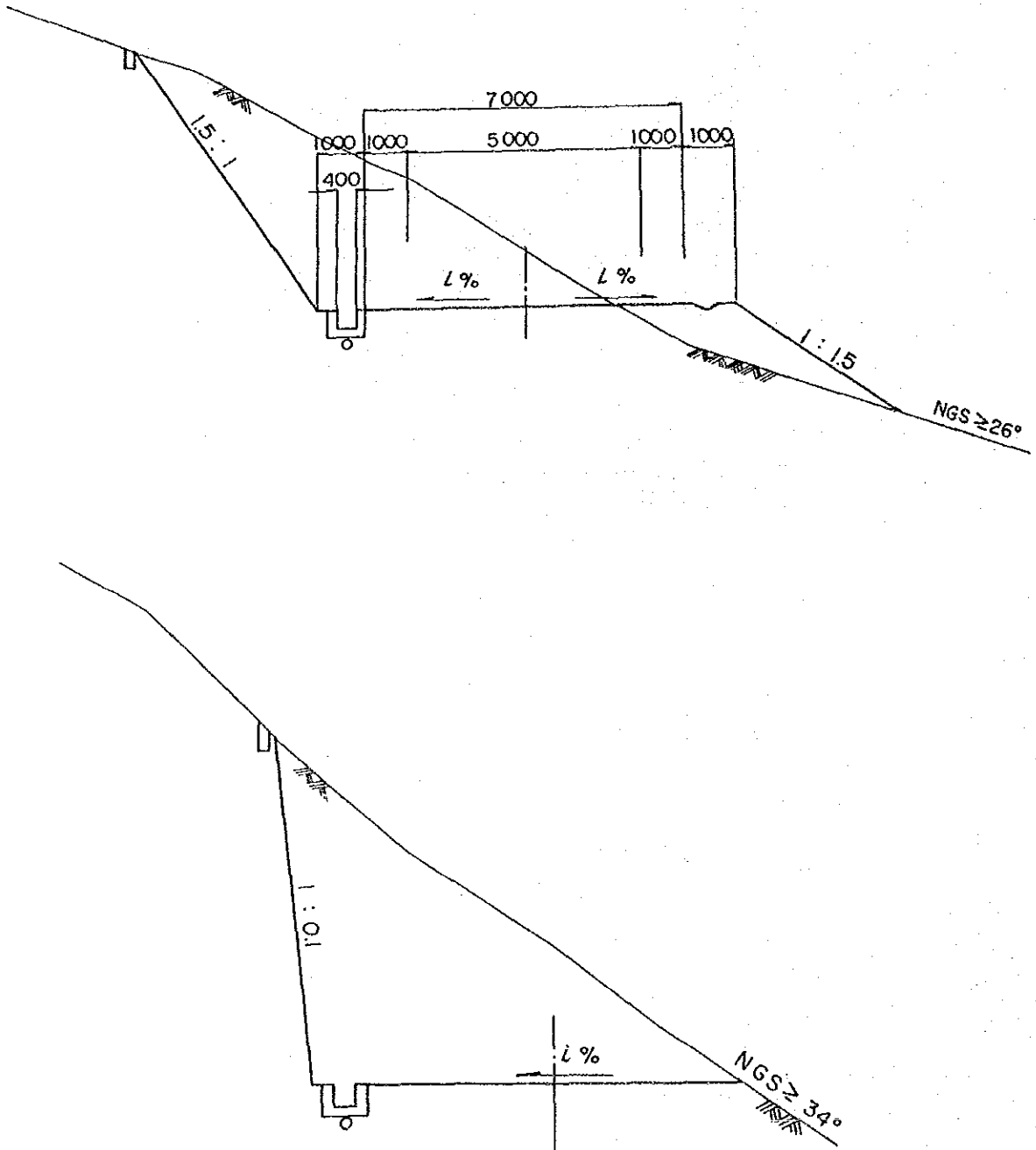
EXCAVATION (ROCK)



Note: NGS: Natural Ground Slope
NGS were estimated from 1:50,000 MAP given by NEA

Fig. 4-2 Typical Cross Sections (UNCL)

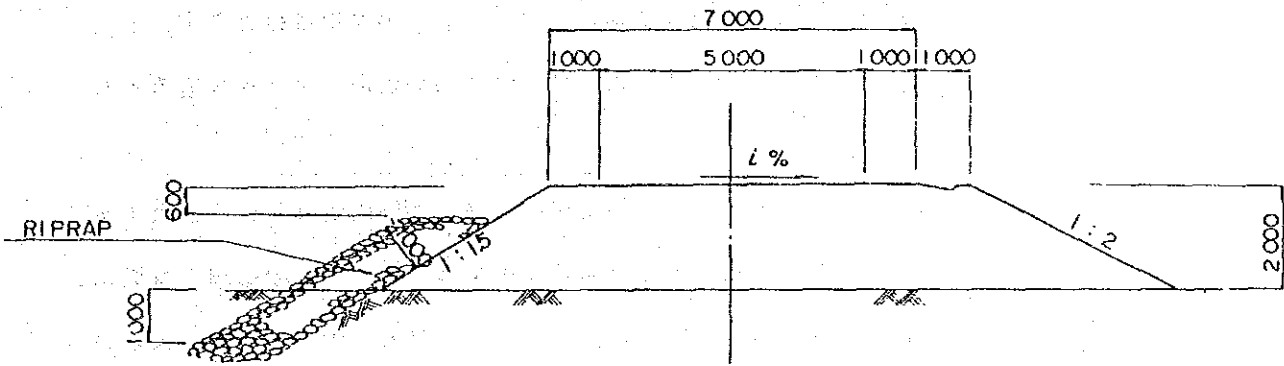
EXCAVATION(UNCL)



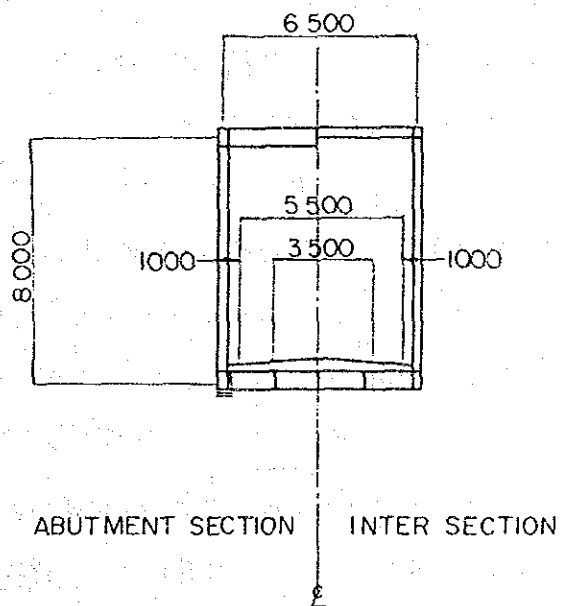
Note: UNCL: Unclassified Excavation

Fig. 4-3 Typical Cross Sections (Embankment & Bridge)

EMBANKMENT



BRIDGE



4.3 道 路

本節では、第3章で選定した最適路線の路線計画上の基本概念について述べた。

ネパール国に於ける道路網計画では、本プロジェクト道路もKosi Highwayの一部として計画されている。この道路は、HileよりSankhuwasabha 地域とネパール南部を結ぶ幹線道路としての役割を負っている。現在この地域では、道路局 (Department of Road) がHileを通りShinduwa、Chitre等の北部に至る道路を建設中である。

第3章で選定されたALT-B は最適路線であり、ア룬3水力発電所建設工事にとって最も重要である。従って本プロジェクト道路計画は、同発電所用アクセス道路として計画する。

最適路線 (ALT-B)は、Hileを起点として山岳部を通過し、Leguwa Ghat を経由ア룬川沿いにTumlingtar、Powerhouseそしてダム建設予定地に至る。この路線の特徴は、標高が2000m近くのHileから 250m近くのLeguwa Ghat へ至るごとく標高差の大きい事およびア룬川沿いの低標高の河川段丘、および急峻な岩場を通過する事である。

ここで述べるプロジェクト道路計画は、上述の複雑な地形条件及びア룬水力発電所建設用の道路として計画している。

i) 平面計画

- a) 平面計画において計画道路の路線長を短くするために、できるだけ緩斜面およびア룬川沿いに発達した河川段丘を利用する。
- b) 計画路線は、民家、田、畑をできるだけ避けて計画する。
- c) 橋梁は、橋長が短くなる地点を選定する。
- d) 平面線形は、地形に適合したものとし、無理な切土、盛土工を避ける。
- e) 当該道路の使命は、Arun 3 水力発電所建設用の道路であり、今度の計画では、路線が通っているア룬川よりかなり離れた山岳部に位置するChainpur、Khandbari 等の町への路線の通過は考慮しない。

ii) 縦断計画

- a) 計画路線の通過地は、大きく分けて山地部とア룬川沿いの河川段丘である。縦断勾配は、最急勾配を8%とする。河川段丘部では、路線の盛土高さは平均2.0 m位とし、洪水の影響を受けない地点とする。
- b) 橋梁の桁下空間は、推定洪水水位に対して最小 1.0mとする。

4.4 橋梁

最適路線 (ALT-B)上では、橋梁は8ヶ所が候補地として挙げられる。これらの候補地点は、1:5000の地形図により推定された。Table 4-4 に、橋梁予定地の測点、川の名称、流域面積および予想橋梁長等を示した。

Table 4-4 Proposed Bridge Sites

No.	Station ^{1/}	River	Catchment Area (km ²) ^{2/}	Bridge Length (m) ^{2/}
1	152 + 20	Leguwa khola	35	70
2	143 + 300	Kenwa khola	25	40
3	132 + 310	Piluwa khola	141	90
4	114 + 200	Sabhaya khola	375 ^{3/}	120 ^{3/}
5	84 + 110	Chyawa khola	12	40
6	47 + 50	Kaguwa khola	22	40
7	35 + 330	Rata khola	8.6	30
8	34 + 390	Suki khola	6.5	30

Notes: ^{1/} See DWG. ACR-4 through ACR-29

^{2/} Computed from 1:5,000 scale topo-map

^{3/} Computed from 1:500 scale topo-map

次項に述べる橋梁計画においては、一般概念について述べ、道路建設計画上で必要となる仮設橋についてもふれた。特にSabhaya 橋については、長大スパン橋梁として設計および施工上の問題点を概略検討した。

4.4.1 橋梁計画

本プロジェクト道路の橋梁計画上で配慮しなければならないと考えられる点は、次のような項目がある。

1. 橋梁は、設計、施工が簡易で経済的である。
2. 現地の工法、資材、労務等が多く活用できる。
3. 橋梁の維持、補修が容易である。

橋梁型式の選定は、上記1.～3.の検討項目の他に、架橋地点の地形、地質調査結果による下部工形式および橋長等を考慮し選定される。

今度の調査では、橋梁の架橋点すべてについて地質調査を含む詳細な基礎地盤調査は、調査業務に含まれておらず、実施されていない。従って本調査時に作成した1:5000の地形図とSabhaya Khola の1:500 地形図により、橋梁のスパンおよび架橋点を概略選定した。Table 4-4 にこれを示した。本Table 中で、スパンが60m以上になると考えられる橋梁は、3橋 (Loguwa、Piluwa、Sabhaya) があるが、その他の橋梁は、60m以下と推定される。

橋梁の設計荷重は、Table 4-2 に示した。橋梁断面の構成は、Fig. 4-3 に示したように、車道巾員を 3.5m、側方余裕を左右 1.0mとする。

a. 橋梁形式

本計画道路の橋梁形式は、スパン長が60m以上とそれ以下に区分された。Fig. 4-5 に支間長と橋梁形式の一般的な関係を示したが、本調査ではこれらの要素とTable 4-6 に示した橋梁の比較表より、橋梁形式の検討をした。これによるとスパン長が60m以上で、施工条件、現地状況等を考慮したとき鋼橋 (簡易トラス) が種々の面より最適と考えられる。

スパン長が60m以下の場合については、鋼橋の他にコンクリート橋も適当だと考えられるが、コンクリート材料の調達、施工のための熟練労務者の確保及び架橋地点の厳しい地形を考慮した場合、最適ではない。このクラスの橋梁についても、施工条件、地形等を考慮した場合、鋼橋で下路式簡易トラスが適当と考えられる。鋼橋の中でも箱桁、連続桁等も適合した形式であるが、桁あたりの重量、長さ等で運搬、仮設が複雑となり推奨できない。

Table 4-5 Typical Bridge Type vs. Span Length

Type	Span Length (L)										Girder Height ^{1/}	
	50m		100m				150m					
Steel Bridge	Simple Composite Girder											L/18
	Simple Beam											L/17
	Continuous Girder											L/18
	Simple Box Girder											L/22
	Continuous Box Girder											L/23
	Simple Truss											L/ 9
	Continuous Truss											L/10
	Inverted Langer Girder											L/ 6.5
	Inverted Lohse Girder											L/ 6.5
	Arch											^{2/} L/ 6.5
Prestressed Concrete Bridge	Pretentioned Girder											L/15
	Hollow Slab-Bridge											L/22
	Simple T-Type Girder											L/17.5
	Simple Composite Girder											L/15
	Jointed Composite Girder											L/15
	Continuous Composite Girder											L/16
	Simple Box Girder											L/20
	Continuous Box Girder (Cantilever Method)											L/15
	Continuous Box Girder (Timbering Method)											L/18
R.C Br.	Reinforced Concrete Hollow Slab-Bridge											L/20

Note: ^{1/} L = Span Length

^{2/} Sag-Ratio

Table 4-6 Comparison Study for Sabhaya Khola Bridge

Bridge Length = 60M x 2 span = 120M
Width = 5.5M

Bridge Types	Construction period (Superstructure and substructure)	Quantity of steel and cost of superstructure	Erection method	Comments
Concrete bridge (prestress concrete)	<u>Superstructure</u> <u>days</u> preliminary works 30 girder manufacture 210 finishing work 15 <u>Substructure</u> pier 210 abutments 180	<u>Weight:</u> 760t <u>Cost:</u> US\$1,320/m ²	* Slide and extend method, and stazing method (over water) * Slide and extend method (over land)	* Quality control of prestress concrete is difficult. * Procurement and delivery of construction materials and equipment is costly and time consuming. * Skilled labor is necessary. * A wide construction yard is necessary for girder manufacture for superstructure.
	<u>Superstructure</u> <u>days</u> manufacture 120 placement 127 <u>Substructure</u> pier 210 abutments 180	<u>Weight:</u> 260t <u>Cost:</u> US\$1,250/m ²	* Cantilever method (over water) * Staging method (over land) * Travel crane 15t	* Bridge components are heavy. * Large equipment such as crane, etc. is necessary for bridge erection. * Skilled labor such as welders, etc. is necessary.
Steel bridge (Truss)	<u>Superstructure</u> <u>days</u> manufacture 90 placement 101 <u>Substructure</u> pier 150 abutments 150	<u>Weight:</u> 280t <u>Cost:</u> US\$875/m ²	* Cantilever method (over water) * Staging method (over land) * Travel crane 5t	* Transport and erection of bridge components may be performed by manual labor. * As steel panels are used for slabbing, construction period is short. * Construction can be largely carried out utilizing manual labor.

4.4.2 Sabhaya Khola 橋

a. 橋梁位置

Sabhaya 橋は、Sabhaya Khola とアルン川との合流部より約 500m 上流部に位置し、計画路線の測点では、114+400 付近である。Sabhaya 橋は、今度の現地測量で作成した 1:500 の地形図より、スパンが最も短くなる地点を架橋点として選定した。この地点での橋長は 120m で、単径間 60m の 2 スパンである。橋脚は Sabhaya 川のほぼ中心部の高水敷に位置している。橋梁高さを求めるため架橋点での過去の洪水痕跡を 1:500 地形図上で求めると、ほぼ標高 281.0m 付近にみられた。

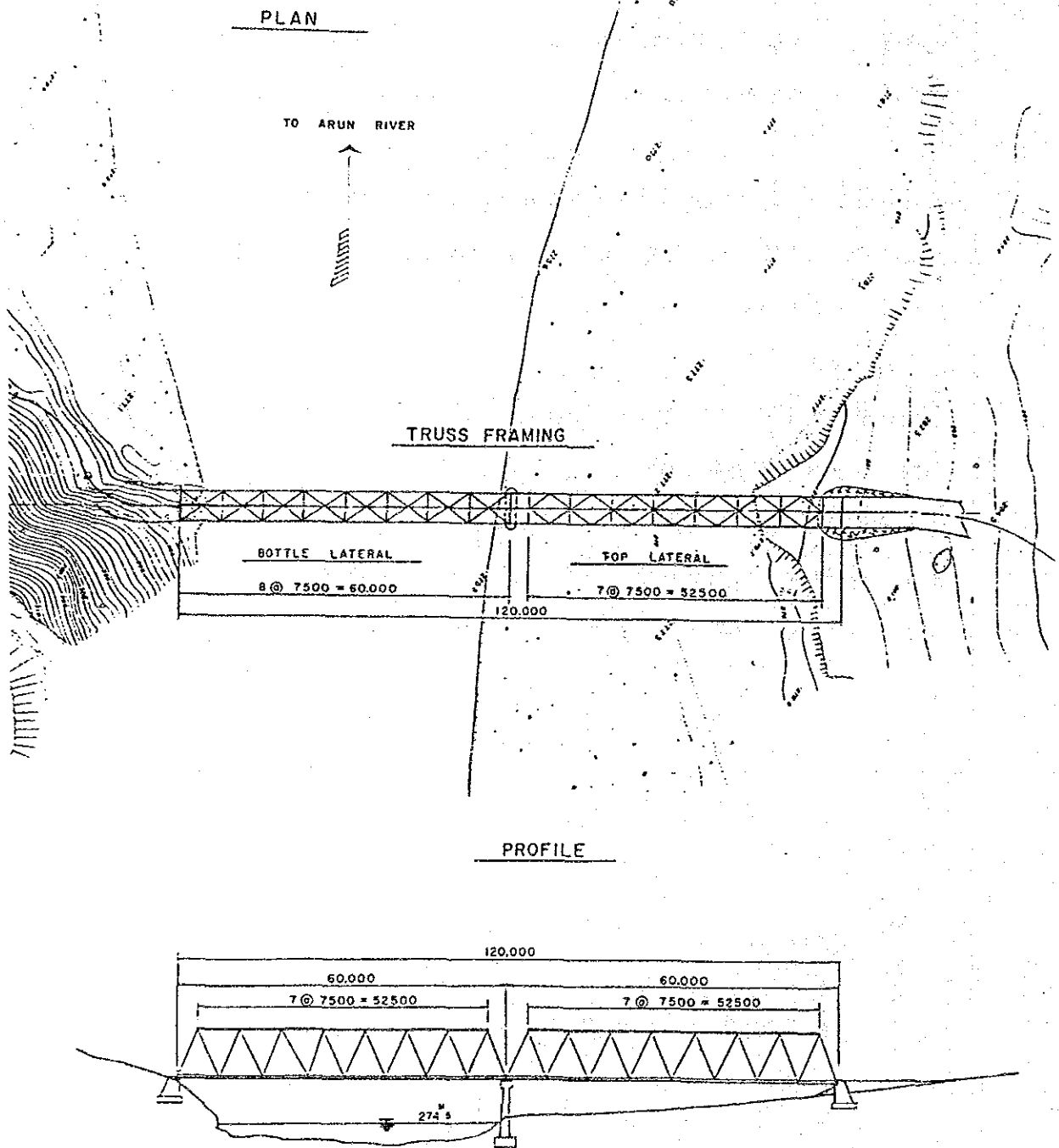
橋梁の桁下余裕高さを最小 1.0m とすると、設計桁下標高は、282.0m となる。将来において実施される詳細設計では、最適橋梁位置、余裕高さ等について詳細に検討する必要がある。

b. 上部工形式

橋梁形式の項で既述した通り、Sabhaya 橋は Fig. 4-4 に示したスパン割の鋼橋（簡易トラス）を最適とした。

本橋梁の特色は、短時間で設計、施工が可能であり、橋梁部材が小部材として加工できるため、部材の運搬、橋梁の架設等が小型の架設機材と人力により実施できる点が、他の橋梁形式と比較し、最大の特徴である。

Fig. 4-4 General View of Sabhaya Bridge



4.4.3 仮設橋

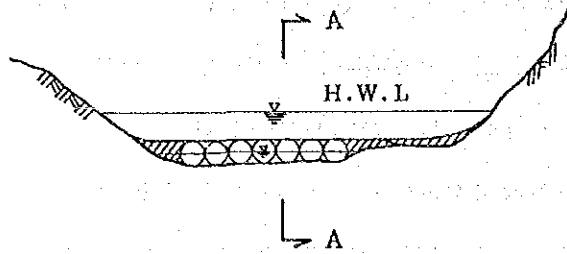
本プロジェクト道路は、計画、施工完了までの期間が非常に限られている。従ってプロジェクトを速やかに計画、実施するためには、最良の方法を検討しなければならない。橋梁計画においても、このような考え方として本橋に先立ち仮設橋を架橋し、工事の一層の進捗を図ることを考慮した。

通常、橋梁工では設計、施工に多くの時間を必要とするために、とりあえず橋梁として計画、施工の簡易な仮設橋を架橋し、道路工事に必要な土工機械、建設資材の運搬路を確保しながら道路工事全体を施工する。一方本橋梁も、道路工事と平行に設計、施工を実施する。本橋梁が完成後に仮設橋より切り替えて、プロジェクト道路工事は完了する。

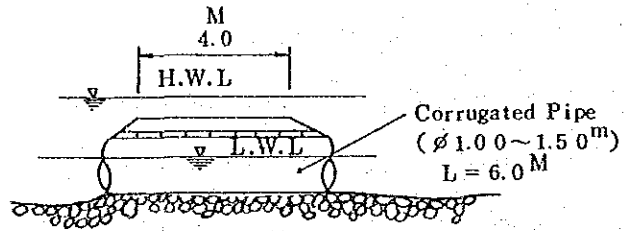
仮設橋は、Fig. 4-5 に示した2種類の形式を提案した。タイプの一つは、コルゲートパイプを利用したものであり、他の1つはH型鋼を使用した栈橋形式である。いずれの形式も、河川の増水期には水没するが、水位の低下により道路として供用可能な形式である。この他にもいくつかの形式が考えられるが、仮設橋の要点は短時間で低コストの施工が可能であることを配慮しなければならない。

Fig. 4-5 Temporary Bridge Sections

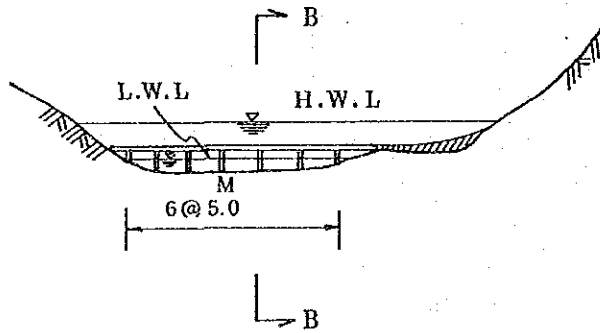
TYPE - 1
(Corrugated Pipe)



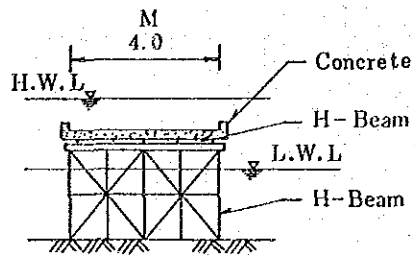
SECTION A-A



TYPE - 2
(H-Beam bridge)



SECTION B-B



4.5 排水と法面保護工

排水施設は、道路の保全と供用交通の安全を確保するために、非常に重要な役割を有することは明白である。従って排水施設計画にあたっては、施工の容易さ、経済性、維持補修にすぐれた単純な施設を選定すべきであろう。4.2節、標準断面では、次にあげる3タイプの排水施設を示した。

第1は、切土肩排水路であり、この役目は切土ノリ面上部よりの雨水を道路の切土面への流下を防止させ、切土面の崩壊および浸食を防止する。第2は、路肩排水路であり、路面、ノリ面よりの雨水を速やかに路肩排水路に排水する役目をもつ。路面の表面水を排水する路肩排水路と、浸透水を集水し道路横断排水溝に流下させる地下排水溝がある。この地下排水溝は、路面よりの浸透水による路盤の軟化を防ぎ、道路保全上で重要な役割を果たす。第3は、道路横断排水路であり、上記の排水路よりの雨水を集めて道路敷外へ安全に排水する。

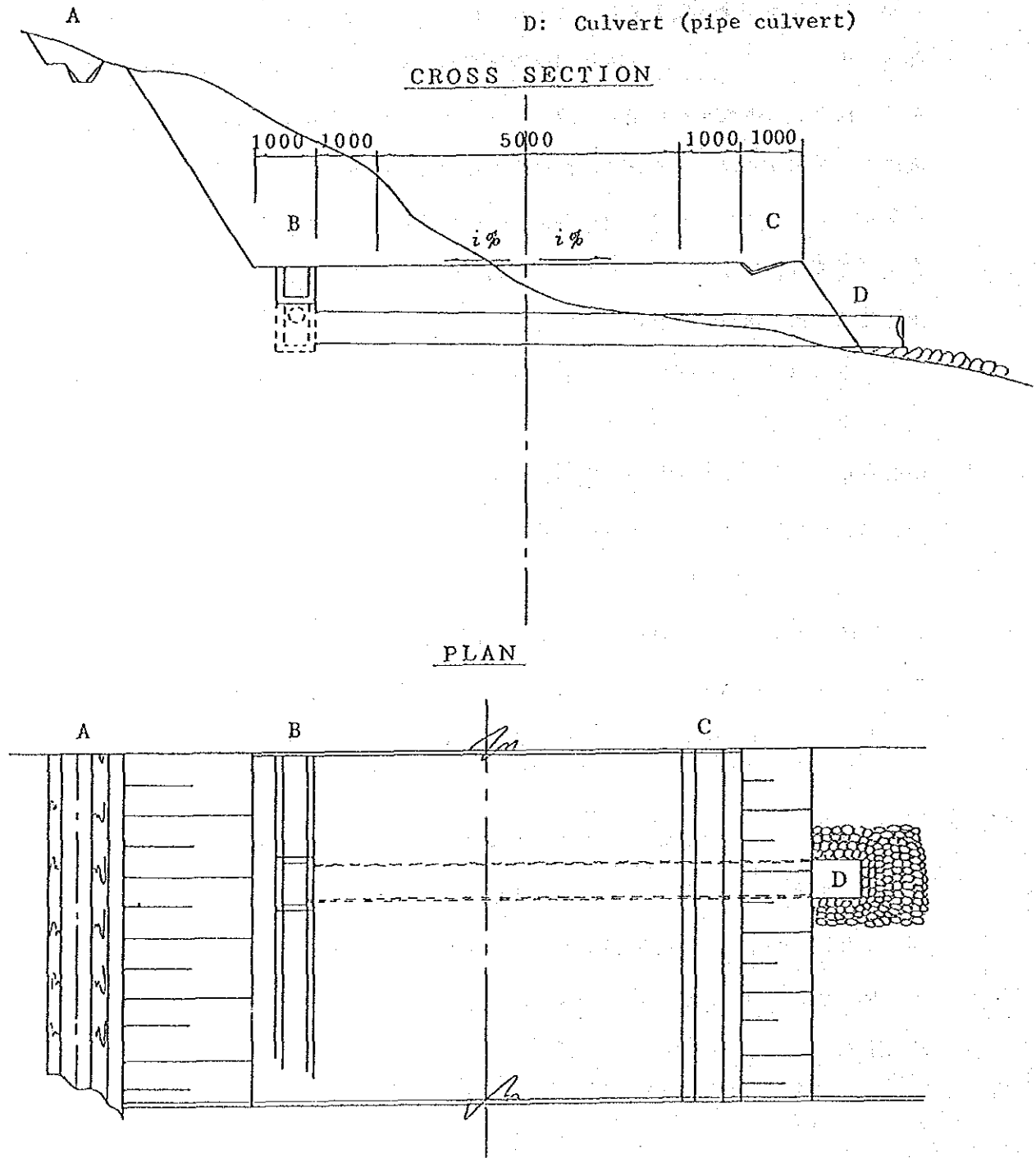
排水路の構造は、簡易で安価なものが推奨される。切土肩排水は、素掘排水溝で低路部に浸食防止工を行う。路側排水路は、コンクリートあるいは石張りの開渠とする。横断排水路は、施工が容易で短期間に完了するコルゲートパイプが最適である。Fig. 4-6 は、排水施設とその設置位置を示す。

法面防護工は、道路の切土部と盛土部に必要とされる。その種類は、大きく分けて構造物タイプと非構造物タイプ（芝等の植生）が考えられる。ネパールでは構造物タイプとして、フトンカゴを利用した土留工や練石積工によるものが多く使用されている。

非構造物タイプには、植物による法面保護工があり、現在ではあまり使用されていないが、今後の研究次第で有効な法面保護工となろう。本プロジェクト道路は、道路計画において基本的に法面防護工の必要となる大きな切土、盛土を避けるように計画するが、必要となる土留工としては、従来の工法であるフトンカゴ工、練石積工等で計画する。

Fig. 4-6 Drainage Type and Locations

- A: Drainage for cut section
- B: Side Ditch (cut section), Under Drain
- C: Side Ditch (fill section)
- D: Culvert (pipe culvert)



5. 建設計画と工事費

5.1 建設計画

5.1.1 工事数量

本調査の概算工事数量は、1:5000の地形図上で選定した最適路線より算出した。工事費の40%近くを占める土工事数量は、1:5000の地形図より横断図を作成したのち平均断面法により算出した。工事数量は、中間報告書の数量に対して増加しているが、これは中間報告書が1:10000の地形図に基づき算出していることによる。

掘削土の種別は、1:5000地形図の測点上の横断図より、地盤勾配が45°以上を岩としそれ以下をUNCLと仮定し区分した。以下に道路工の概略数量を示した。数量表中の項目2. UNCLは、土質の種別不明な地山をさす。この地山は、通常の地山および岩等を含むものと仮定している。

1. Clear and grub	2,992 ha
2. Unclassified excavation	2,017,175 m ³
3. Rock excavation	989,250 m ³
4. Embanking	2,126,725 m ³
5. Interceptor ditch	64,540 m
6. 60 cm culvert pipe	15,650 m
7. 180 cm culvert pipe	6,625 m
8. 20 cm perforated underdrain	22,275 m
9. Earth reinforcing works	20,675 m ²
10. Sub-base material	685,380 m ²
11. Permanent bridge	3,055 m ²
12. Temporary bridge	1,040 m ²

5.1.2 工事計画

(1) 概説

工事計画は、与えられた工期内に工事が無事に完了するように、工事に関する種々の要素（例えば地形、地質、施工条件等）を考慮し、立案しなければならない。特に道路工事の工程に大きな影響を与える工種には、最適な施工法を選定しなければならない。この道路はアルン3水力発電所建設用のアクセス道路であり、この工事工程の遅速が発電所建設に大きな影響を与える。

プロジェクト道路工事を工程通りに施工するためには、この道路の持っている特色を十分に把握して、工事計画を立てなければならない。これらの特色とは、以下のとおりである。

- (i) 道路工事の開始後2ケ年で、アクセス道路は発電所建設用道路として資機材の運搬に耐えるようにしなければならない。
- (ii) 山岳道路特有の地形、地質上より、施工を難しくしている工事区間が存在する。
- (iii) プロジェクト道路は、水力発電所建設用の取付道路としては、総延長が115kmと長い。
- (iv) 本プロジェクト道路に接近している既存道路は、Hileまでしか到達していない。
- (v) プロジェクト道路の主要な渡河点は、少なくとも8ヶ所ある。

上記(i)～(v)の特色を考慮し、主要工事の土工事、橋梁工および主要工事資機材調達に十分な配慮が必要である。

Fig.5-1に示したように、工事工区は、第1工区より第4工区までの4工区とした。この工区割りの設定にあたっては、Hileを起点とする地形上の特質、工事工区間距離、施工の難易度、Tumlingtar空港の存在、町、村等の人口集中地、橋梁渡河点等を考慮し決定した。工事工区の境界は、主として主要河川とした。

道路工事は、Hileを起点とした片押し施工となる。これはプロジェクトサイトへの道路が十分でない上に、現道がHileまでしか到達していない事による。工事の施工にあたっては、物資輸送の補助手段としてTumlingtar空港を有効に利用する事が大切である。以下に工事工区を示した。

- a. Hile - Leguwa Ghat Section 1
- b. Leguwa Ghat - Tumlingtar Section 2
- c. Tumlingtar - Powerhouse site (P/S) ... Section 3
- d. (P/S) - Dam site (D/S) Section 4

(2) 土工事

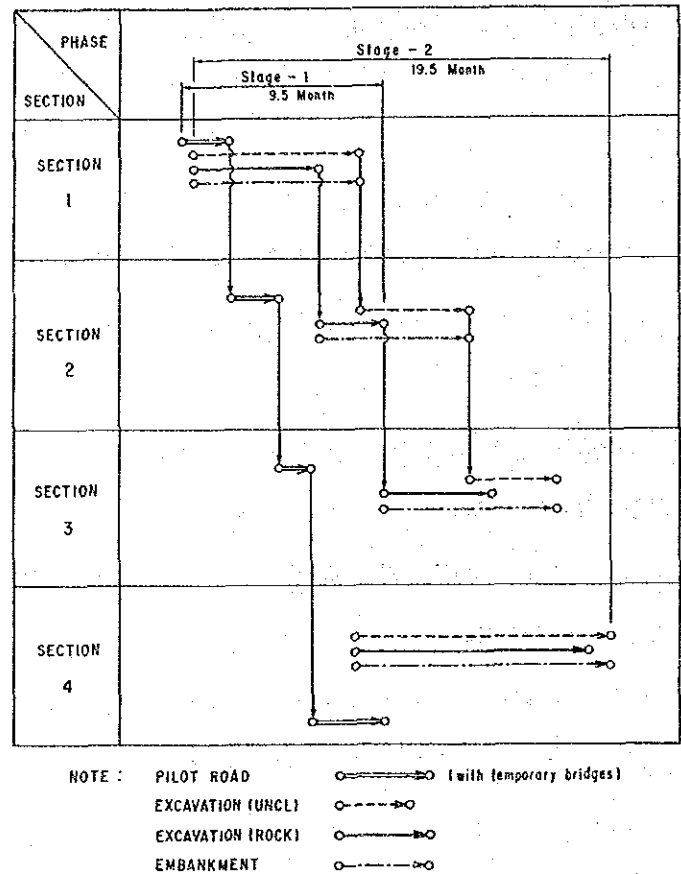
本プロジェクトにおいて土工事は、工事費全体の約40%近くを占める。その上に施工面では、急峻な地形と多量の土工量等の要素より、工事工程上のクリティカルパスとなりうる要素を持っている。

土工数量は、掘削が約 300万 m³、盛土が 200万 m³である。このような多量の土工量を短期間に処理するためには、土工工事の施工法に種々の工夫が必要である。その一つの方法として、道路工程を短縮するために、第一工程としてパイロット道路を施工する方法が推奨される。

パイロット道路の目的は、本体の水力発電所建設工事工程との関係から、第一期工事（暫定施工）を2ヶ年で完了させる事である。このためにパイロット道路を先行して、道路工事が多方面から施工出来るようにして、全体工期の短縮を計る必要がある。特に発電所よりダム間の21kmは、岩掘削が多いので、この区間の掘削を早期に着手するため、Hileより約94kmの地点（発電所予定地）までのパイロット道路を出来るだけ早く完了させる必要があり、これが道路の建設工程を左右する。

パイロット道路は、地形、地質、沿道の状況等によって施工の容易さが著しく異なる。このため、状況によってパイロット道路は、暫定的に本線の計画線はずれた位置に施工する事により、パイロット道路施工の促進を計ることが可能である。

次に、土工作業の流れを概説した。



上記の図において、まず第一工程で、全工区に通じるパイロット道路を、工区1より工区4までを9.5ヶ月で施工完了させる。第二工程では、パイロット道路が完了次第に、土工事施工機械部隊を編成し、工区1から工区3までを順番に施工する。工区4は、パイロット道路工が完了しだい別途に施工部隊を編成し、土工事を施工する。排水路等の他の作業は、各々の工区で平行にかつ独立して作業を進行させる。

Table 5-1 は、本道路工事で想定している土工機械と、1日当たり1パーティあたりの標準作業量を示したものである。

Fig. 5-2、Fig. 5-3 は、パイロット道路工、本道路工事の作業状況を理解し易くするために作成したイラストである。

次に土木工事を円滑に工事通り進めるための要点について述べた。

(i) 土工事の施工において、最初は小さい施工機械、人力により施工し、所要の作業空間を確保したのち、次第に大きな施工機械へと転換し、作業能力の向上を計る。

(ii) 掘削土は、出来るだけ本線の盛土工に流用し、余分な土砂は土捨場を特定し、捨土する。

(iii) 土工事作業日数は、1月あたり雨期では10日、乾期では20日の稼働日数とし、1日の作業時間は8時間とする。

(iv) 土工機械を円滑に運転するために、燃料、油脂、消耗品およびスペアパーツの良好な供給を確保する。

(3) 橋 梁

本プロジェクト道路は、前節4.4橋梁の節で述べたように三つの長大橋と五つの中小橋の架橋が予想される。工事の進捗に大きな影響を与えるパイロット道路を早急に施工するために、河川の渡河は当分の間前節4.4.3で述べた仮設橋を利用する。仮設橋は河床レベルに架設するため、雨期の増水時には橋の水没が予想されるが減水時には供用できる。

永久橋梁は、土工事と平行して設計、施工を実施する。この施工方法によれば、橋梁工は道路工事のクリティカルパスとはならない。

(4) 工事用資機材および骨材の調達

本道路プロジェクトに必要な主要工事用資機材は、土工用機械、橋梁部材、下部工用材としてのセメント、鉄筋等そして排水施設用のコルゲートパイプがあげられる。これらの資機材のうちで、ネパールで生産されているものは、セメント、鉄筋である。

本プロジェクトにこれらの資機材を調達する場合には、当国での資材の供給能力、品質を十分に検討する必要がある。

土工機械および橋梁部材、燃料、油脂は全て外国からの輸入品であるため、調

達にあたっては購入時期、手続等に十分に留意しなければならない。

骨材は、主として橋梁下部工、土留壁、砂利舗装用材として多量に使用される。骨材の調達方法は、川砂利を利用する場合、砕石プラントにより生産する場合が考えられる。

砕石プラントによる場合、本路線沿いの山地部には多くの岩山があるが、大部分は風化岩であるなど材質の脆弱なものが多い。コンクリート用骨材、舗装用材に適した骨材は、アルン川支流の河床部に多く堆積しており、材質も良好である。

アルン川本流の川砂利は、雲母を多量に含みかつ細粒分が多く、建設用材としては不適當である。

本道路工事においては、砂利舗装用骨材として概算69万 m^3 の良質な骨材が必要である。本道路プロジェクトにおいては、このサブベース工がもう一つのクリティカルパスとなっている。これはサブベース工の施工延長が115km全線にわたり、しかも道路が発電所建設工事用の機械および資材の運搬路として1989年11月までに完成しなければならない事、多量の骨材を必要とする事による。この必要骨材を全て砕石で施工するとした場合、砕石プラントは工事着工後ただちに建設し、生産活動に入る必要がある。ここで砕石生産量の試算を実施すると、次のようになる。60t/hのポータブル砕石プラントで1日10時間、1ヶ月25日の稼働日数と仮定すると、生産量は15000t/月となり、69万 m^3 の骨材生産のためには約17ヶ月の生産期間が必要となる。

骨材は、本道路の機能保全のために大切であり、十分な骨材のストックが必要である。

Fig. 5-1 Construction Sections

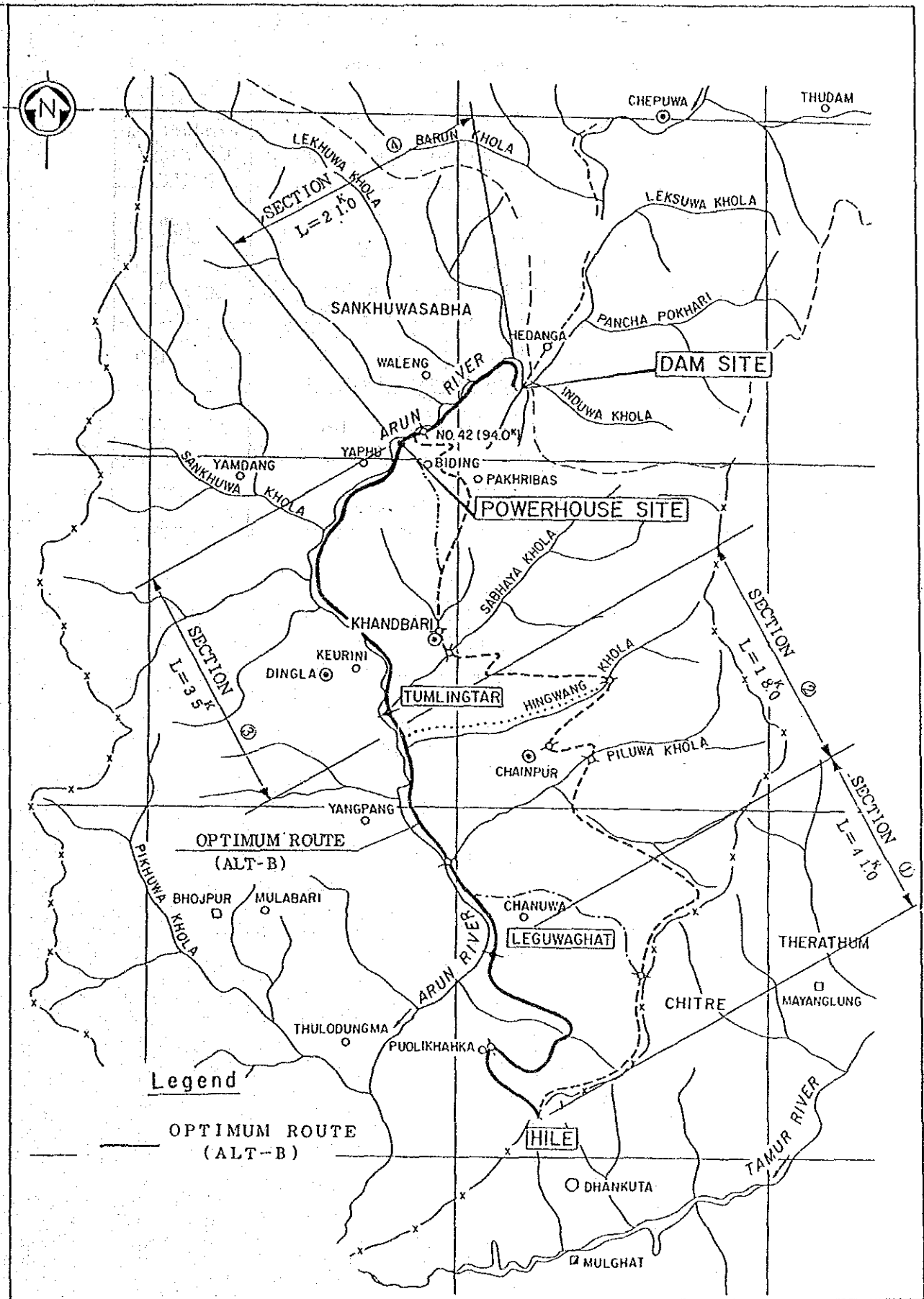
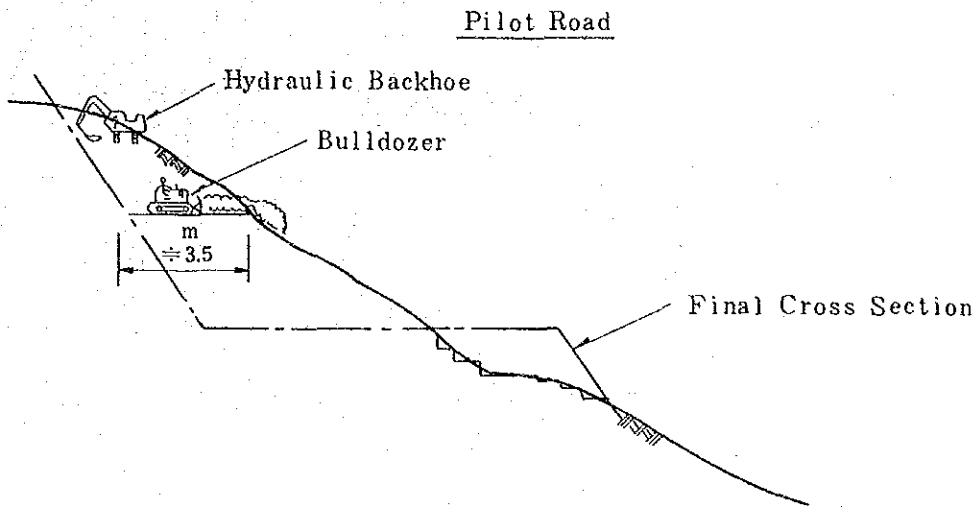


Table 5-1 Earthwork Equipment

Job Item	Equipment per 1-party	Production Q(m ³ /day/party)
100 Clear & Grub	2 Saws	1,200
110 Unclassified Excavation	Bulldozer, Hydraulic backhoe, Dump truck, Loader	930
120 Rock Excavation	Drill, Loader, Crawler drill, Dump truck, Bulldozer, Backhoe	11 - 140
130 Embankment	Bulldozer, Roller	200 - 800
105 Pilot Road	Bulldozer, Hydraulic backhoe	430

Fig. 5-2 Illustration of Earthwork (1)



Excavation (UNCL)

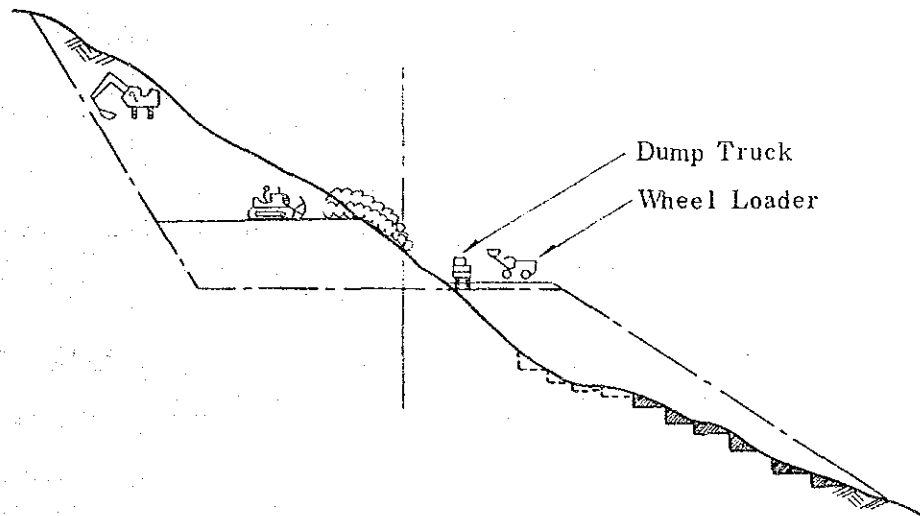
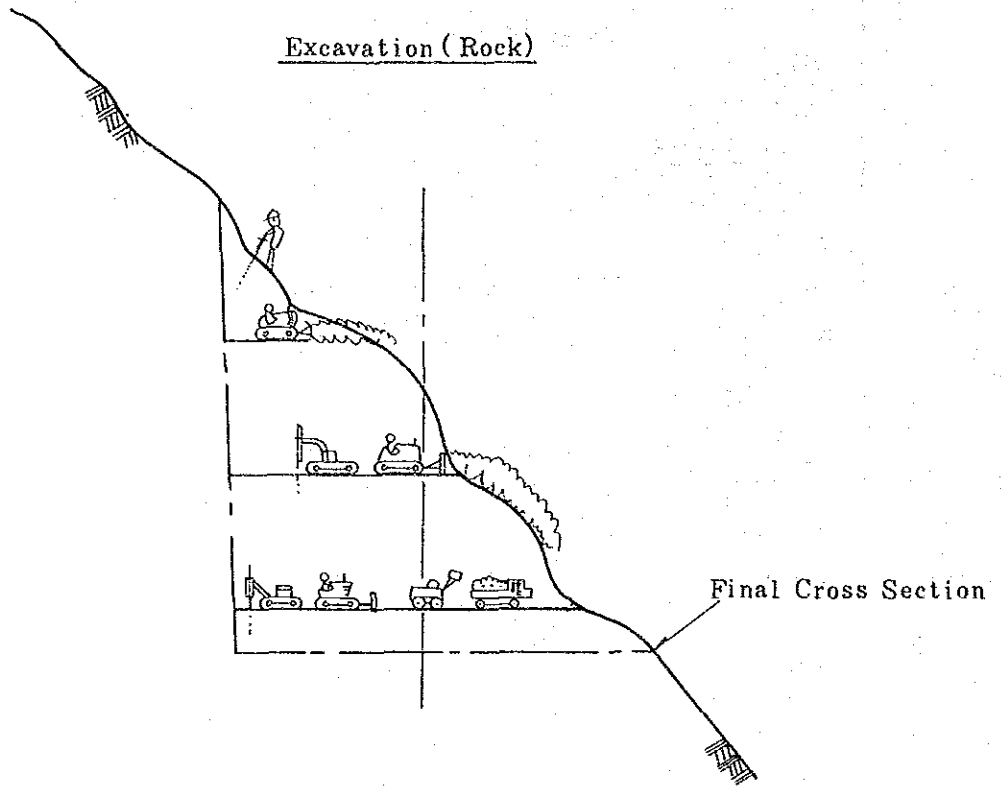


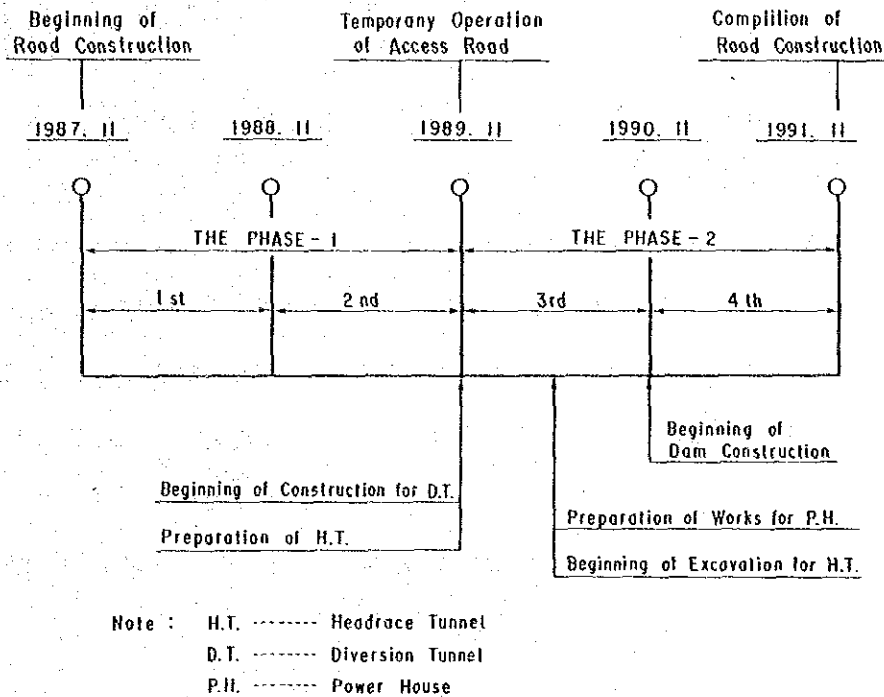
Fig. 5-3 Illustration of Earthwork (2)



5.1.3 工程計画

(1) 概説

本プロジェクト道路は、アルン3水力発電所建設計画の一部として計画されており、全体計画の中では次に示した図のように位置づけられる。



プロジェクト道路は、1987年11月に工事着手し、2ヶ年後の1989年11月には道路が暫定的に供用可能なように、第一期工事の施工を完了していなければならない。これは、上図に示したように、発電所等の施設建設工事の大部分が1989年11月以降より開始される予定であり、このために必要な本体建設工事用資機材および施工機械を、本道路により搬入しなければならない事による。

前出の図のごとくプロジェクト道路を完了させるためには、工事量に対応した施工法、施工機械および労力の投入が重要である。ここで述べる工程計画は、前節で述べた施工計画に基づき作成している。

(2) 工程計画

本項の工程計画は、次に述べる二つの前提条件に基づいて計画された。第一は、工区を4工区とした事であり、第二は工事を一括して一つの施工体制に発注され

るものと想定している。この理由は、パイロット道路は全工区にわたり早急に施工しなければならない事、及び施工体制を複雑にしない事に対して配慮したからである。

工事施工にあたって施工業者に要求される資質は、次のようなものが挙げられる。

- i) 工事施工機械と、これにともなう熟練労務者（オペレーター等）を十分に動員できる事。
- ii) 機械化施工の経験が豊かで、かつ施工に習熟している事。
- iii) 建設工事の管理、運営に習熟している事。

工事は施工機械を有効に利用するため、第一段階の工事ではパイロット道路を第一工区により第4工区までを着工後、約9.5ヶ月で完成させる。次に掘削工（ROCK, UNCL）を、パイロット道路の進捗にあわせて、第1工区より第3工区まで順次施工する。第4工区の施工は、パイロット道路の到達を待ちただちに掘削工（UNCL, ROCK）に着手する。盛土工は、掘削土の流用を原則とするため、掘削と平行作業となる。その他の工種については、全ての工区において独立し施工するものとする。

プロジェクト道路の工程で、クリティカルパスとなる工事は、土工事とサブベース工の2種類である。これらのクリティカルを回避するためには、前者に対しては、パイロット道路を早期に促進する一方、これに合わせ掘削工を進める。後者はサブベース材料を早期に生産、確保し、土工事が完了次第すみやかにサブベース工を施工する事により対処できる。

Table 5-2 は主要工事の計画工程であるが、工事がこの工程に従って施工されるならば、プロジェクト道路は第一期（1989. 11月）までには、発電所建設用資機材の運搬路としての機能が確保される。第一期工事に続く第二期工事では、橋梁工事とその他雑工事が継続施工されて、1991年11月には、完成断面で道路工事は完了する。

ここで雑工事とは、第一期工事が急速施工であるため、不十分な施工にともなう手なおし工事と工期中の雨期に発生する不良個所の補修工事等を意味する。以上の工程を、Fig. 5-4 に示した。

Fig. 5-4 Access Road Construction Schedule

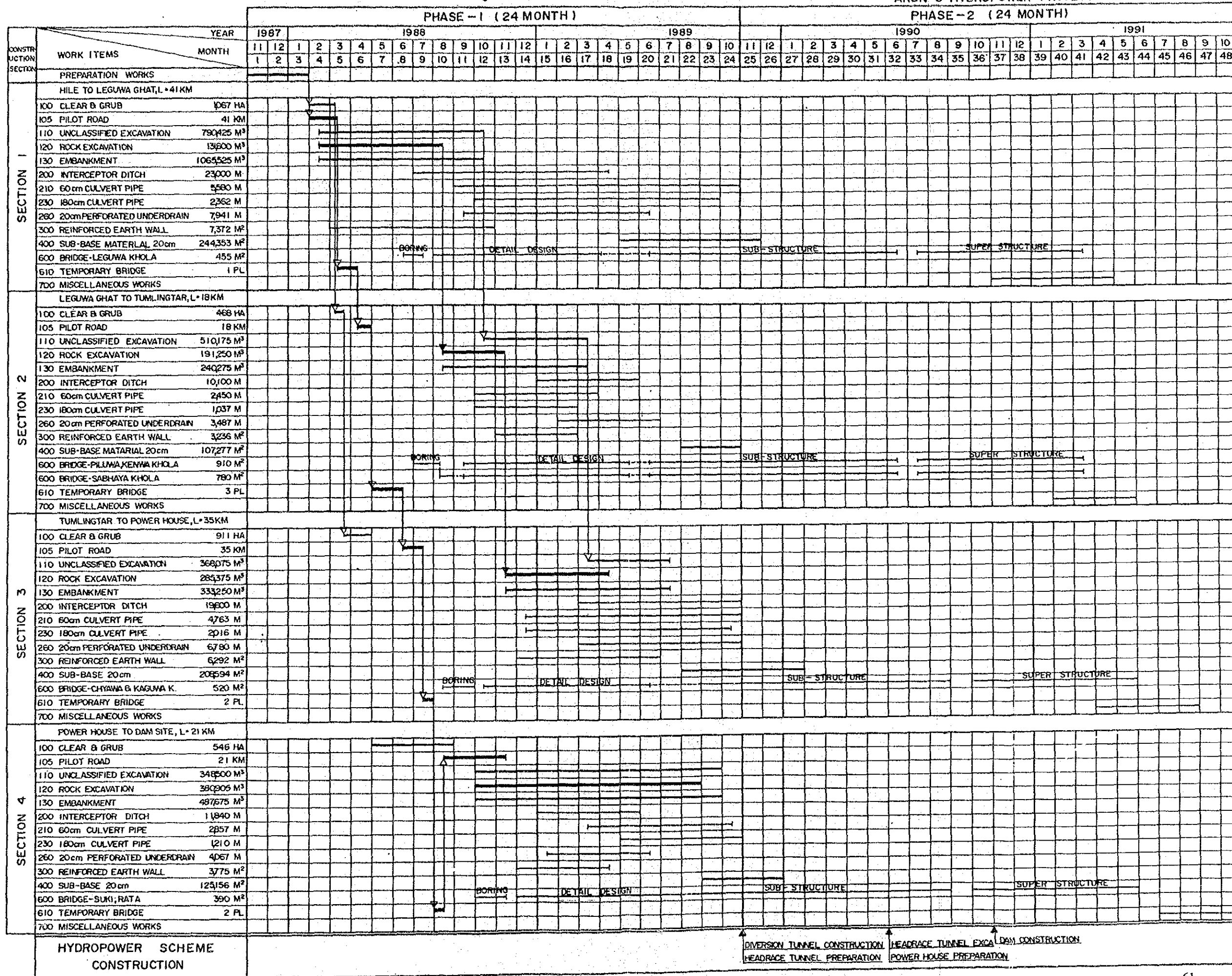


Table 5-2 Major Construction Schedule (continued)

• Main Equipment

Work Items	Equipment	Output	Number	Construction Section			
				1	2	3	4
Excavation	Pilot Road	55 m ³ /H	Bulldozer 8 unit	1988.2 2.3	2.3	1.5	1988.8 3.5 '88.11
	UNCL	116 m ³ /H	Bulldozer 6 units (For Section 1, 2, 3) Bulldozer 2 units (For Section 4)	1988.2 8.0	88.10 5.0	'89.3 4.0	'89.7 88.10 '89.10 12.0
	ROCK	Braker 11 m ³ /day Drill 36 m ³ /day Crawler Drill 80 m ³ /day	10 sets Braker 25 sets Drill 15 sets Crawler Drill	'88.2 6.0	'88.8 3.0	'88.11 5.0	'89.4
	ROCK	Drill 40 - 75 m ³ /day Crawler Drill 140 m ³ /day	10 sets Drill 6 sets Crawler drill				1988.10 '89.10 11.0

Table 5-2 Major Construction Schedule

• Main Equipment

Work Items	Equipment	Output	Number	Construction Section			
				1	2	3	4
FILL	<ul style="list-style-type: none"> • Bulldozer (21T) • Roller (10T) 	Parallel work with excavation		1988.2	'88.10		
				8.0 ^M	'88.8	'89.3	
					7.0		
						8.0	
							8.0
							88.10
							'89.10
							12.0
SUB-BASE	<ul style="list-style-type: none"> • Roller • Grader Bulldozer • Dump Truck Wheel Loader 	360 m ³ /day	10 units Dump Truck 1 unit Grader 1 unit Roller	1989.5	'89.12		
				7.0 ^M	'89.8	'89.11	
					3.0		
						6.0	
							'89.9
							'90.01
							4.0

5.2 工 事 費

5.2.1 単 価

本調査で使用した単価は、先に ACEコンサルタント（在カトマンズ）がDHANKUTA - ARUN 3 道路プロジェクトに関し、調査作成したレポートの単価を基礎にして、その上に現地O-D調査で得られた賃金等で補正したものである。上記レポートは、ネパール国建設運輸省所属の道路局に提出されたものである。

以下に単価を示す。

1. Clear and grub	US\$200.00/ha
2. Unclassified excavation	1.90/m ³
3. Rock excavation	7.16/m ³
4. Interceptor ditch	24.00/m
5. 60 cm culvert pipe	118.00/m
6. 180 cm culvert pipe	367.00/m
7. 20 cm perforated underdrain	40.00/m
8. Earth reinforcement works	225.00/m
9. Sub-base material (20 cm thickness)	4.20/m ²
10. Permanent bridges	1,100.00/m ²
11. Temporary bridges	260.00/m ²

注) : 項目10. Permanent bridges は、上部工、下部工費用を含む。

: 項目11. Temporary bridges は、道路工事を促進するために、永久橋の建設に先立ち施工するものである。

5.2.2 工 事 費

取付道路工事費は、前節5.1.1の工事数量と5.2.1の単価より積算されたものであり、その詳細はTable 5.3に示した。Miscellaneous & Other works は、直接工事費の10%と見積もった。この費用は、前節5.1.3、工程計画で既述したように、第二期工事で施工される道路の仕上げ工事に使用されるものである。

Table 5-3 Construction Costs

(No.2 - No.230+230m)

Item No.	Work Description	Unit	Quantity ^{1/}	Unit Price	Amount US\$
100	Clear & Grub	ha	2,992	200.00	598,400
105	Pilot Road ^{2/}	km	151	--	--
110	Unclassified Excavation	m ³	2,017,175	1.90	3,832,632
120	Rock Excavation	m ³	989,250	7.16	7,083,030
130	Embankment	m ³	2,126,725	0.75	1,595,043
200	Interceptor Ditch	m	64,540	24.00	1,548,960
210	60 cm Culvert Pipe	m	15,650	118.00	1,846,700
230	180 cm Culvert Pipe	m	6,625	367.00	2,431,375
260	20 cm Perforated Underdrain	m	22,275	40.00	891,000
300	Reinforced Earth Wall	m ²	20,675	225.00	4,651,875
400	Sub-Base Material 20 cm	m ²	685,380	4.20	2,878,596
600	Bridge Structure	m ²	3,055	1,100.00	3,360,500
610	Temporary Bridge	m ²	1,040	260.00	270,400
	Sub Total				30,988,511
700	Miscellaneous & Others Works		10%		3,098,851
	Estimated Total				34,087,362

Notes: ^{1/} Quantity of this table was revised on the basis of 1:5000 maps produced in Oct. 1986.

^{2/} Cost for pilot road is included in item Noes. 110 & 120.

本調査での工事費は、中間報告書の工事費に対して約20%の増加となった。この主たる要因は、1:5000地形図に基づき詳細に、数量を算出した結果である。

道路用地にかかる家屋の移転、田畑、森林等への補償費は本編 Vol. I、アールン3水力発電所建設工事費の補償費用項目に含まれている。

この詳細については、本編第11章を参照。

6. 結論と提言

アルン3水力発電所建設計画の中で、アクセス道路の建設がクリティカルパスとなっているが、これは次に挙げる理由による。

第1に、アクセス道路の路線長が長い事であり、第2に、山岳道路が計画、建設上で種々の問題点を含む事による。

本調査は、最適路線の選定、工事費用の算定および建設計画について入手した資料、現地調査、および必要な図面の作成を通じて、現実性、具体性を持たせることに主眼を置いて実施した。

本調査では、先ず最初に取り付道路に関する種々の路線について比較検討した。特に2つの代替案路線として川沿いルート（代替案B）と尾根ルート（代替案A）を、現存する5万分の1地形図および新規に作成した1万分の1地形図、5千分の1の地形図を使用して施工の難易度、工事費と工事期間、路線延長、その他重要な判定基準をもとにして、両者を検討した。その結果、川沿いルートを最適ルートと判定した。川沿いルートはこれに接続するフィーダー道路によって Khandbari, Chainpur, Bhojpur, Dingla 等の人口集中地が機能的に連結され、地域経済発展の為に役立つと思われる。

アルン川左岸に選定された川沿いルートは、大きく4つの区間に区分される。第1区間は、テライ平野を走る東西ハイウェイよりアルン3水力発電所建設プロジェクト地点に向かっての最遠点であるHileを経て、ほぼ北東に向かって急峻な山岳地帯をアルン川沿いのLeguwa Ghat に至る延長41.0kmの区間である。

第2区間は、Leguwa Ghat よりアルン川に沿って北進し、途中3ヶ所の長支間橋梁にてアルン川支流を渡河し、プロジェクト地域唯一のSTOL空港を持つTumlingtarに至る延長18kmの区間である。

第3区間は、Tumlingtarよりさらにアルン川沿いに北進し、発電所予定地に至る延長35kmの区間である。第2、第3区間では、路線はアルン川沿いに発達し、地形及び地質的に安定した低標高の段丘地を通り、ゆるやかな路線線形で通過する。

第4区間は、発電所よりダムサイトまでの21kmである。この区間は、第3区間と同様にアルン川沿いに位置し、川沿いに発達した崖の急斜面を横切ることになり、他の3区間に比較して岩掘削が大部分となる。

計画路線の位置するアルン川左岸は、右岸に比較し農業活動が不活発で、特に川沿いの段丘地は未耕地と耕地が混在しており、路線計画は、できるだけ未耕地を通過するよ

うに計画した。第1区間においては、人口密集地を比較的多く通過するため、計画路線は人家を出来るだけ避け、移転等の問題を最小にするよう努めた。計画道路が影響を与えらると思われる人家は、約20棟である。また森林の伐採等についても、計画道路延長が115kmにもかかわらず約90HAの影響で済みそうである。

本道路プロジェクトの建設工期は、アルン3水力発電計画の発電開始時期を左右する重要な役割を負っている。従って道路工事の施工計画の作成に当たっては、本体工事の実施計画に整合するよう配慮し、道路工事は着工後2ケ年で本体工事用主要資機材の搬入が可能となるように計画している。

調査団は、調査期間の後半に、NEAより新しく作成された1:5000の地形図と、プロジェクト道路地域の現地調査、O-D調査等を含んだ報告書を受領した。調査団は、これらの有益な素材を選定路線の妥当性、現実的な建設計画と工事および工期の算定に役立てる事が出来た。

建設計画の要諦は、以下の通りである。

- (1) 計画路線は、路線の地形、地質条件、建設に影響する諸問題等を考慮し、4つの工区に分割している。
- (2) パイロット道路は、早期に完成させ、各工区で効率的なアクセス道路の施工が出来るように、出来るだけ速やかに進捗させる。
- (3) 建設施工法は、建設機械を主体とした工法とする。
- (4) 計画道路は、8つの橋梁をもっているが、パイロット道路の建設段階においては、川床レベルの仮設橋で渡河し、橋梁工事が道路工事施工上のネックとならないように配慮している。
- (5) パイロット道路は、Mileを起点として片押し工法で終点まで施工する。その他の工事は、パイロット道路の進捗に合わせて、各工区で施工される。このため建設施工業者は、建設資機材、人員の配置、輸送、管理等について高度の建設技術・管理能力を必要とされる。
- (6) プロジェクト道路工事は、1パッケージで入札を実施し、単一の入札者に発注させる事を推奨する。この理由は、建設工事施工体制を過度に複雑化しないようにする事と、全工区に通じるパイロット道路を迅速に施工すること、それにつづく他の工事を速やかに促進するためである。

(7) 建設工事数量は、1:5000縮尺の地形図、現地踏査、ヘリコプターによる空からの観測にもとづいて算出しているため、建設工事の実施段階では多少の修正が生じることを考慮すべきである。

本調査結果を要約すると、アルン3水力発電所建設プロジェクトの取付道路は、川沿いルートが最適であると結論づけられた。道路建設についても、着工から2年後には、発電所建設に必要な資材と機材を運搬するに必要なレベルの道路が施工され、4年後には完成断面で取付道路工事が完成する。

建設工事費は、パイロット道路工事費として概算見積りで400万\$であり、完成断面での概算工事費は3,400万\$である。

次に示す提言は、アルン3水力発電所建設工事プロジェクトとその取付道路の速やかな実施を念頭に置いてなされた。

(1) 取付道路の詳細設計は、出来るだけ早急の実施すべきであり、特に以下に示す作業は最小限含めるべきである。

(i) 詳細な工事数量算定の為に、少なくとも1:2000縮尺の地形図の作成。もし地形図の作成に時間的制約があるときは、現場での状況にあわせて、基本設計とのすりあわせおよび必要な設計変更がスムーズに実施されるような施工業者への発注方法を、十分に検討する必要がある。

(ii) 橋梁架橋地点での基礎地盤調査、特に Sabhaya川にかかる橋梁の基礎地盤調査

(iii) 適切な碎石場の選定

(iv) 路盤、橋梁、排水溝、その他の構造物の詳細設計

(v) 入札書類、仕様書、設計図と適切な入札方法の準備

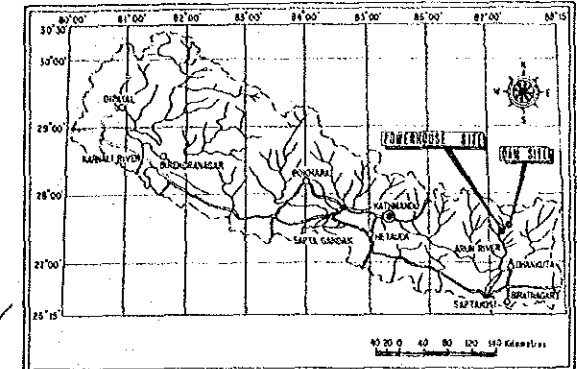
(2) 建設工事計画に支障を来さないように、土地収用を行う。

(3) 環境アセスメント調査は、道路建設が環境に及ぼす長期的な影響に焦点を合わせて着手さるべきである。工事施工期間中の自然生態系に対する侵害は、最小にすべきであり、建設計画はこの点から十分満足の行くことが必要である。

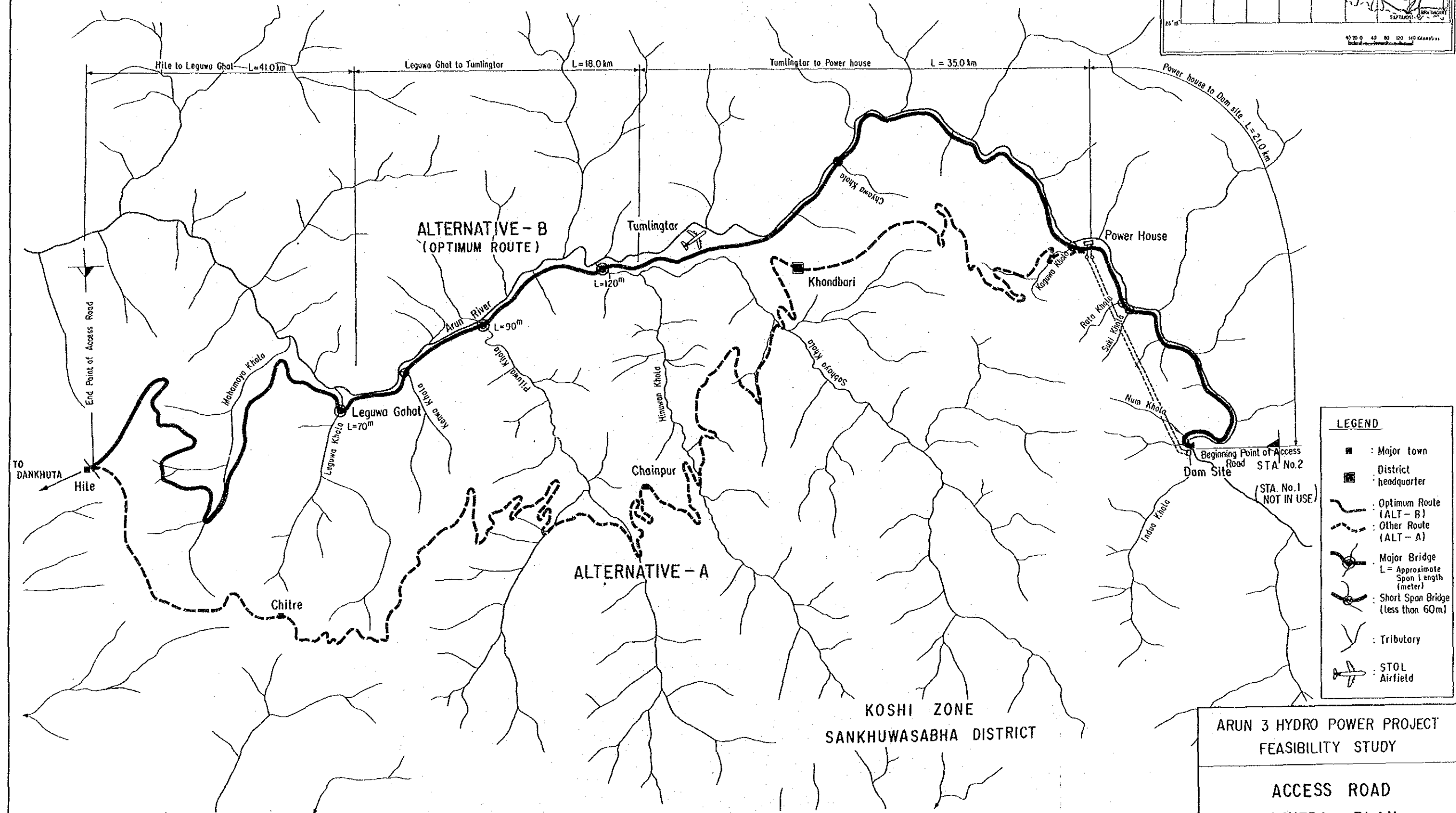
(4) 取付道路の設計や施工は、地すべりや土壌侵食が最小となるよう行うことが必要である。維持・補修の費用も十分に準備されるべきである。

(5) 地域社会の発展に直接寄与するフィーダー道路の設計も開発優先度に応じて行われるべきである。

KEY MAP



SCALE 1:100 000
0 1 2 3 4 5 km



LEGEND

- : Major town
- : District headquarter
- : Optimum Route (ALT - B)
- - - : Other Route (ALT - A)
- ⌒ : Major Bridge
- L = Approximate Span Length (meter)
- ⌒ : Short Span Bridge (less than 60m)
- Y : Tributary
- ✈ : STOL Airfield

ARUN 3 HYDRO POWER PROJECT
FEASIBILITY STUDY

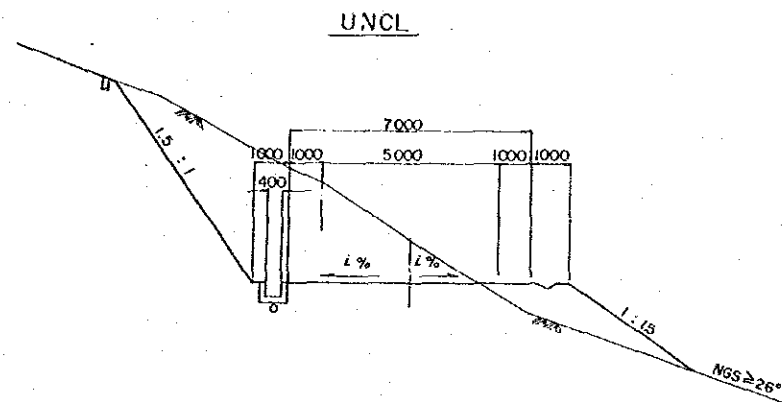
ACCESS ROAD
GENERAL PLAN

DWG. ACR - 1 | DATE JUNE 1987

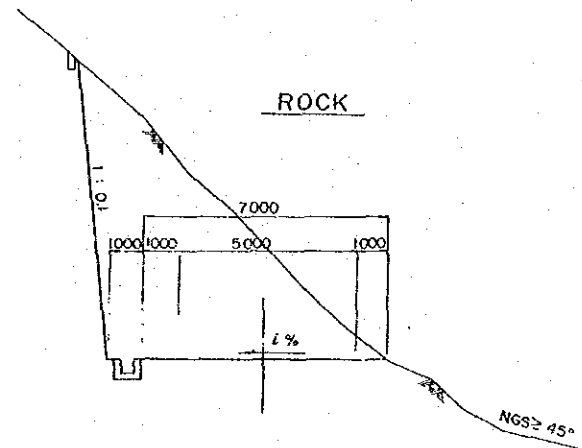
KOSHI ZONE
SANKHUWASABHA DISTRICT

TYPICAL CROSS SECTION

EXCAVATION

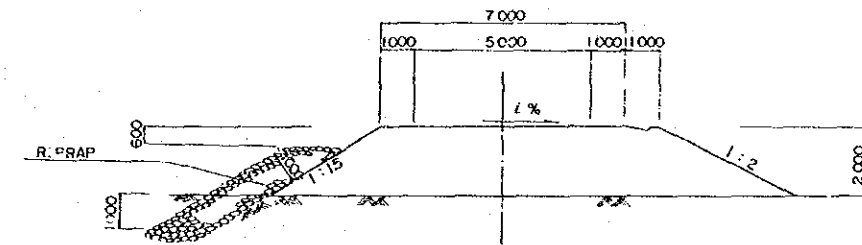


ROCK



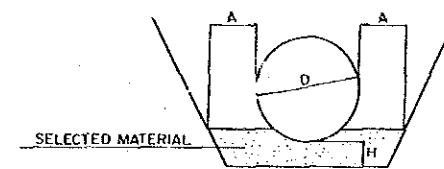
EMBANKMENT Scale 1:500

NOTE
 N.G.S. : NATURAL GROUND SLOPE
 UNCL : UNCLASSIFIED
 NGS were estimated from 1:50,000 map given by NEA



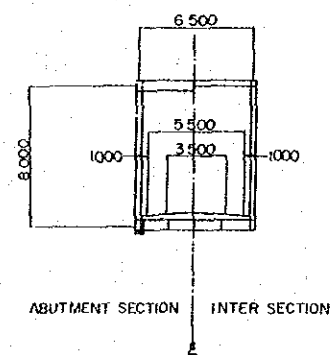
CORRUGATED PIPE

No Scale

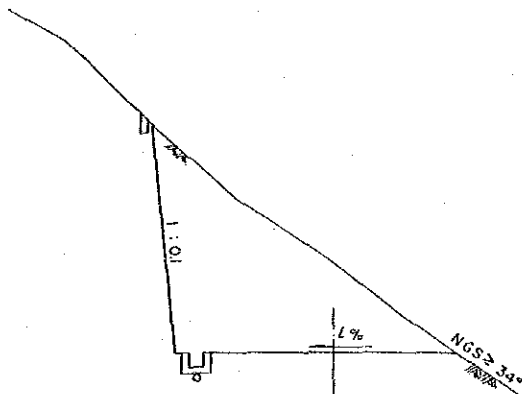


unit : cm		
D (φ)	H	A
60	10	50
180	30	50

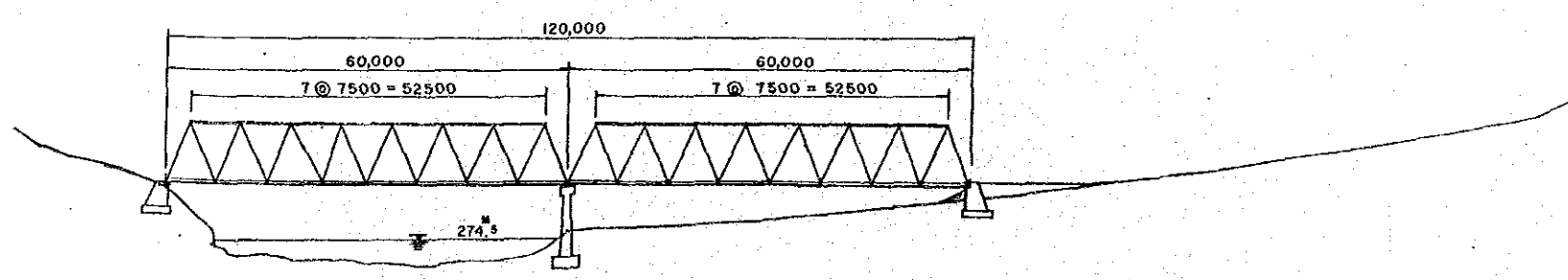
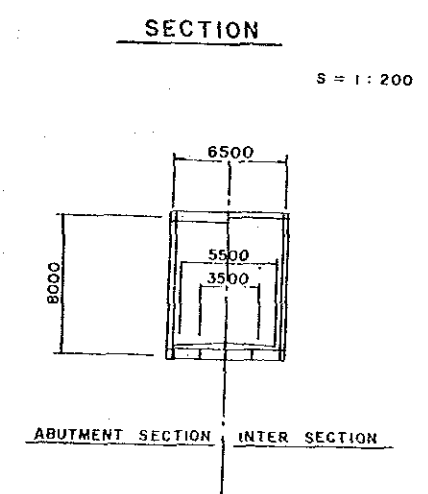
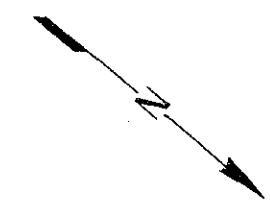
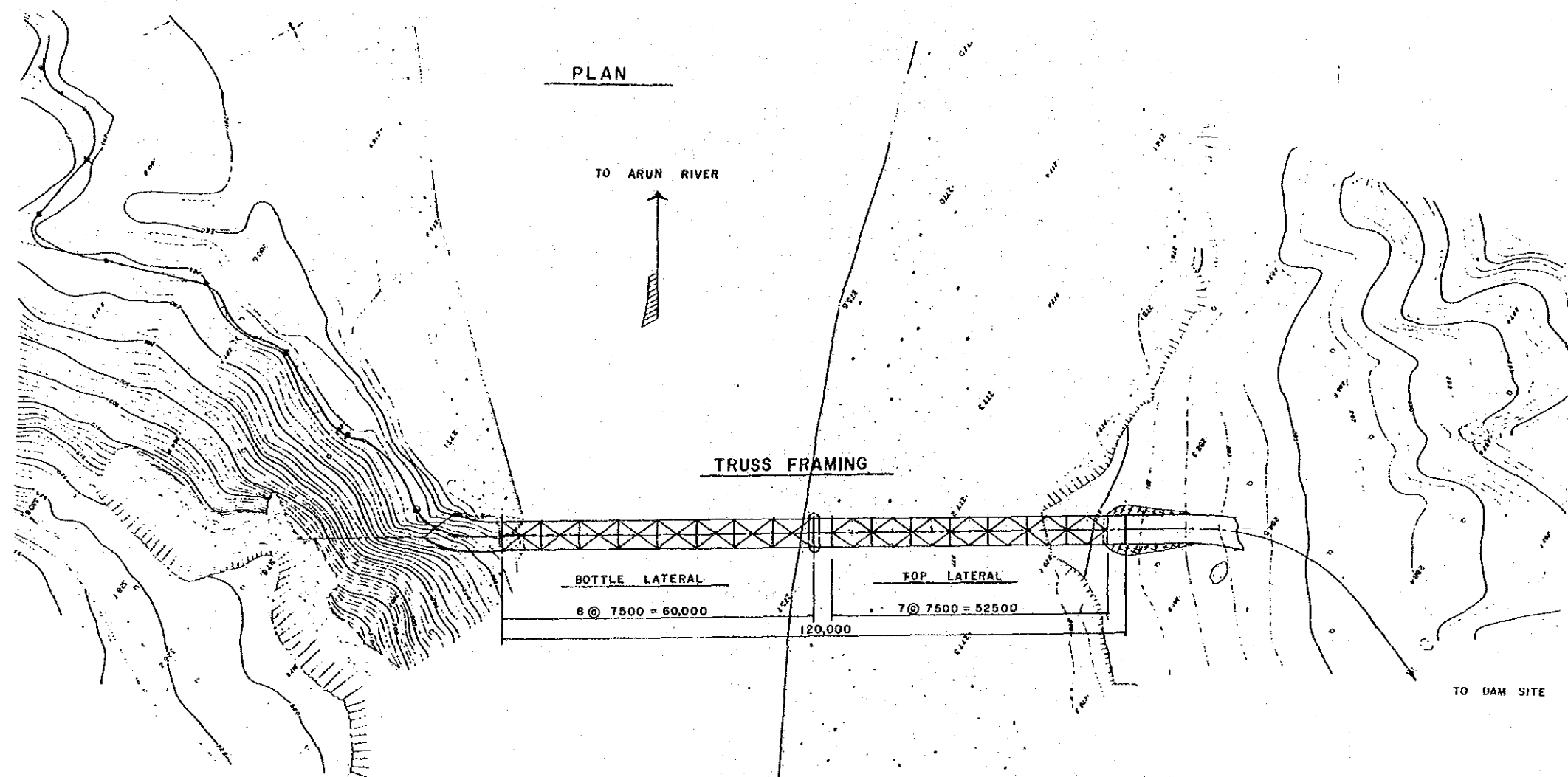
BRIDGES 5:1:200



ABUTMENT SECTION INTER SECTION



ARUN 3 HYDRO POWER PROJECT
 FEASIBILITY STUDY
 ACCESS ROAD
 PLAN (1 of 28)
 OPTIMUM ROUTE (ALT-B)
 DWG. ACR - 2 | DATE JUNE 1987

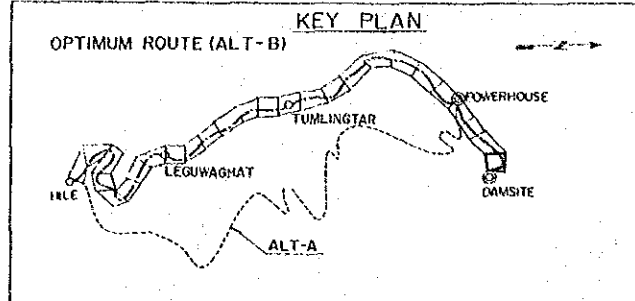


DL. 270

ARUN 3 HYDRO POWER PROJECT
FEASIBILITY STUDY

ACCESS ROAD
GENERAL VIEW
BRIDGE (SABHAYA KHOLA)

DWG. ACR - 3 | DATE JUNE 1987



DHANKUTA

ARUN 3 HYDRO POWER PROJECT
FEASIBILITY STUDY

ACCESS ROAD
PLAN (1 of 26)
OPTIMUM ROUTE (ALT-B)

DWG. ACR - 4 DATE JUNE 1987

