

インドネシア共和国

コタパンジャン水力発電開発計画調査

中間報告書

JICA LIBRARY



1224242 [6]



1983年3月

国際協力事業団

鉦計資



83-64

インドネシア共和国

コタパンジャン水力発電開発計画調査

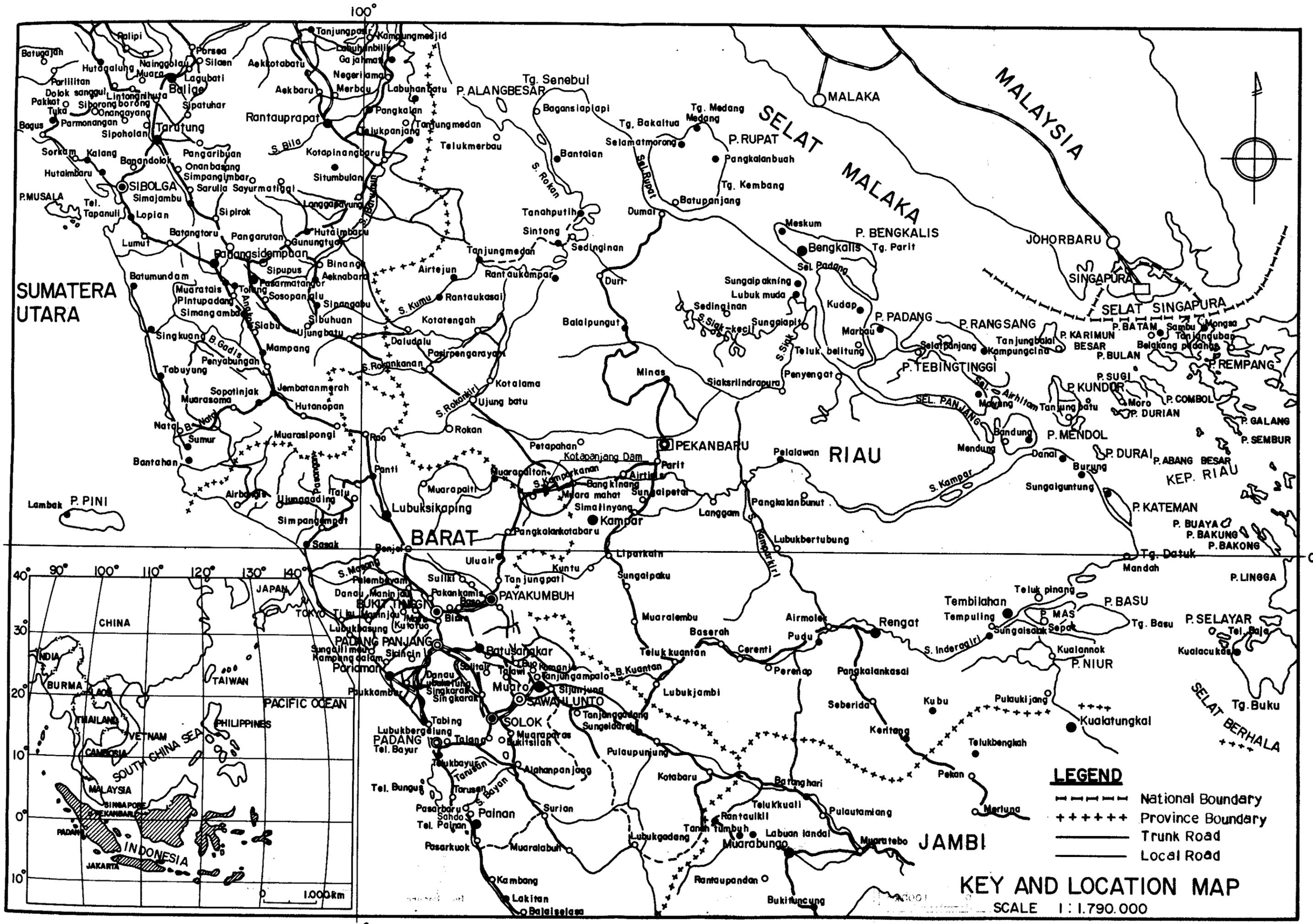
中間報告書

1983年3月

国際協力事業団



1224242 [6]



SUMATERA
UTARA

SUMATERA
BARAT

RIAU

JAMBI

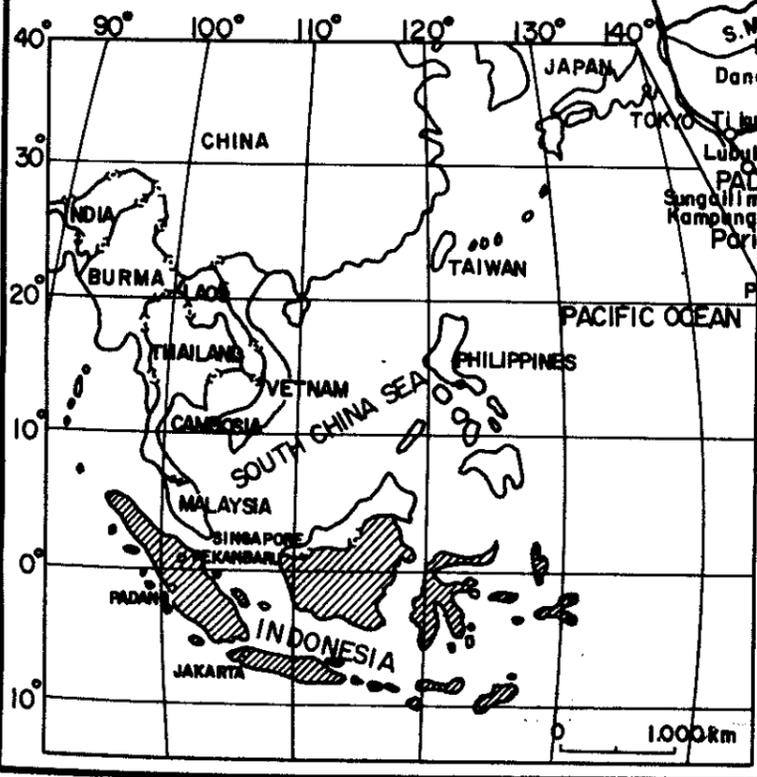
MALAYSIA

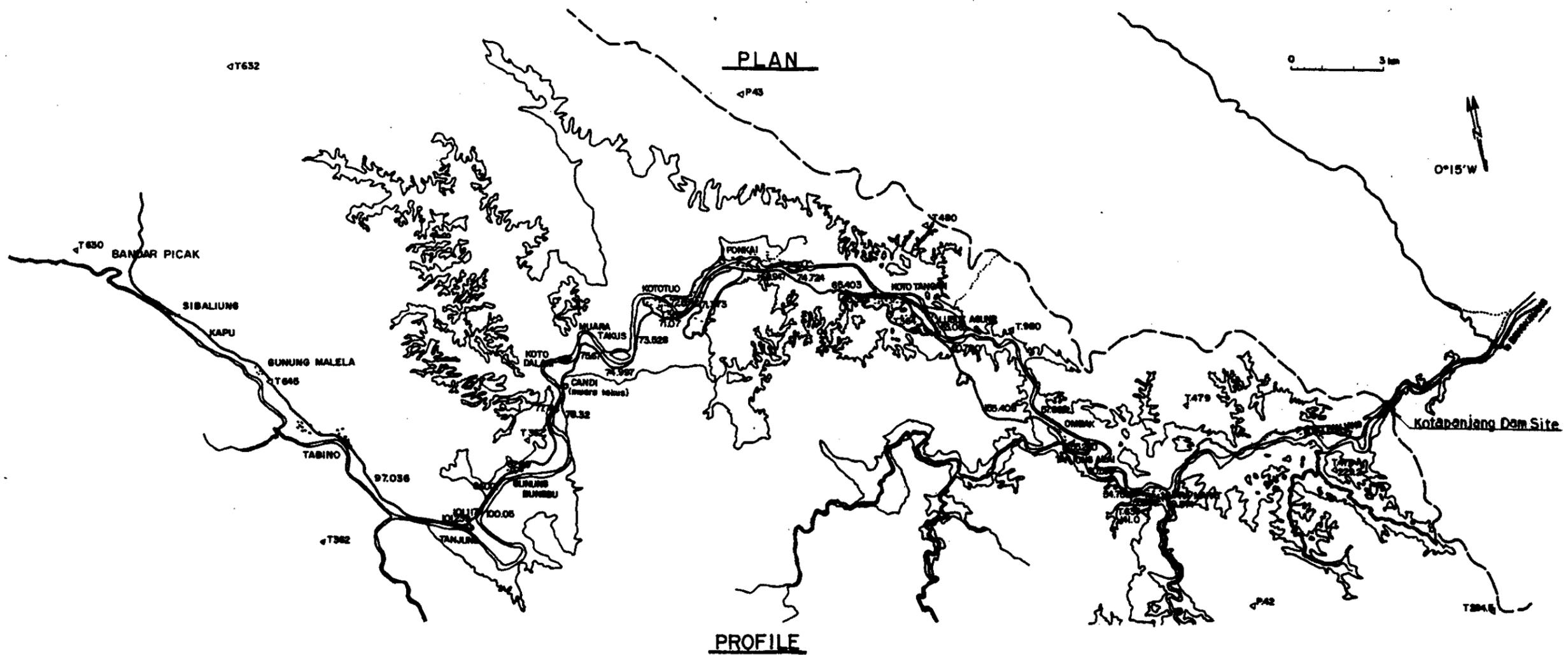
LEGEND

- National Boundary
- ++++ Province Boundary
- == Trunk Road
- Local Road

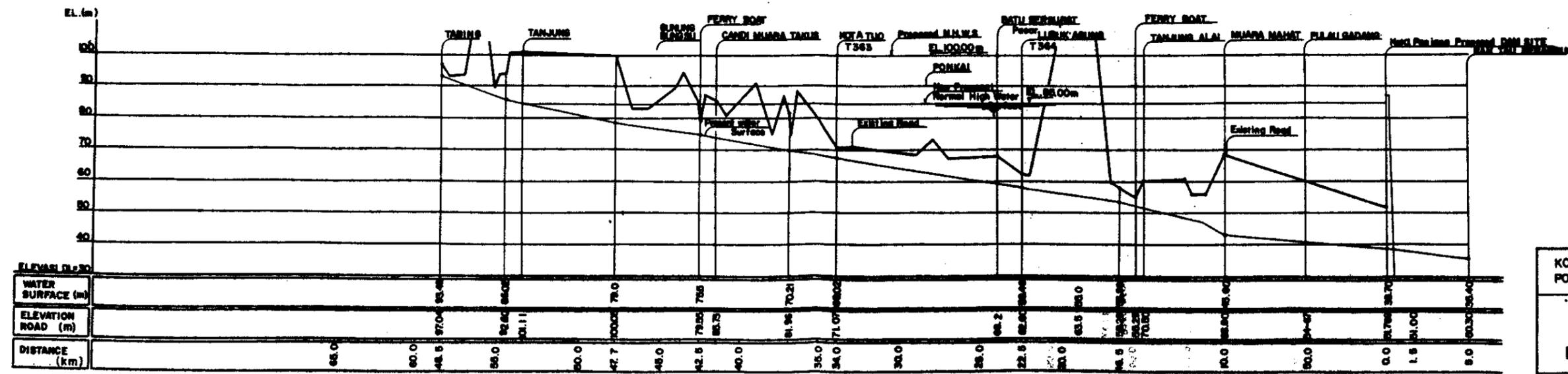
KEY AND LOCATION MAP

SCALE 1 : 1.790.000



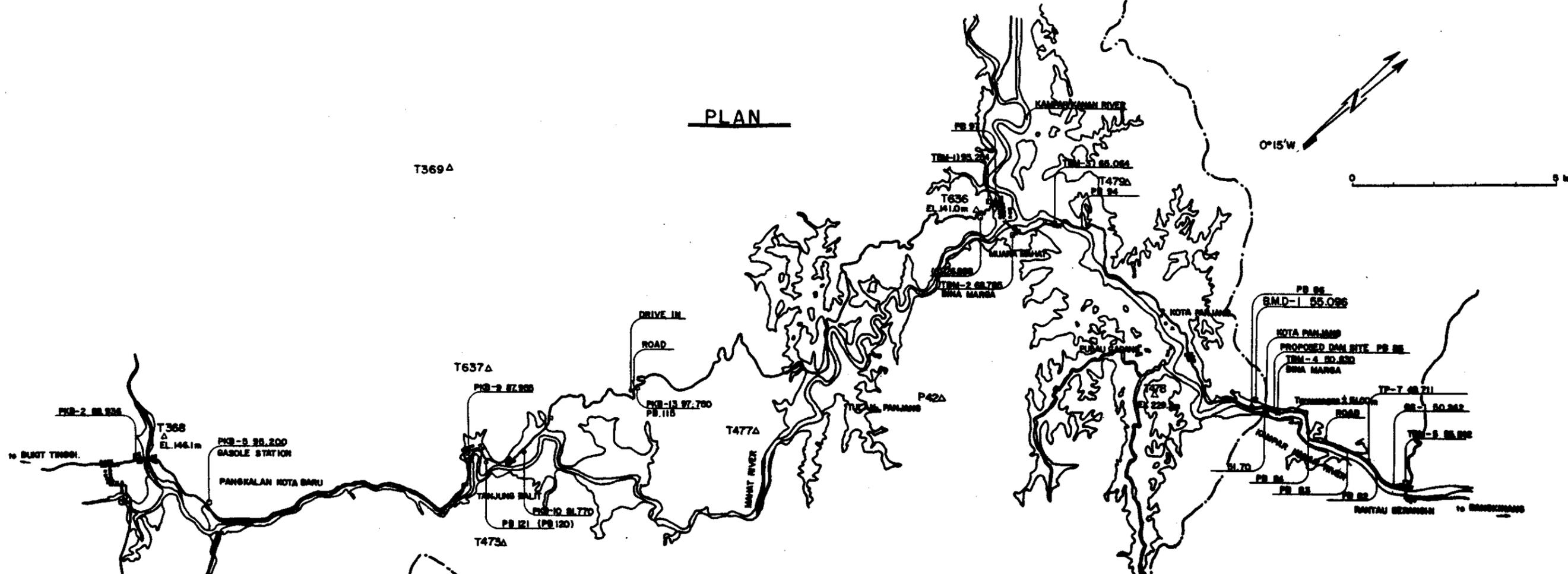


PROFILE

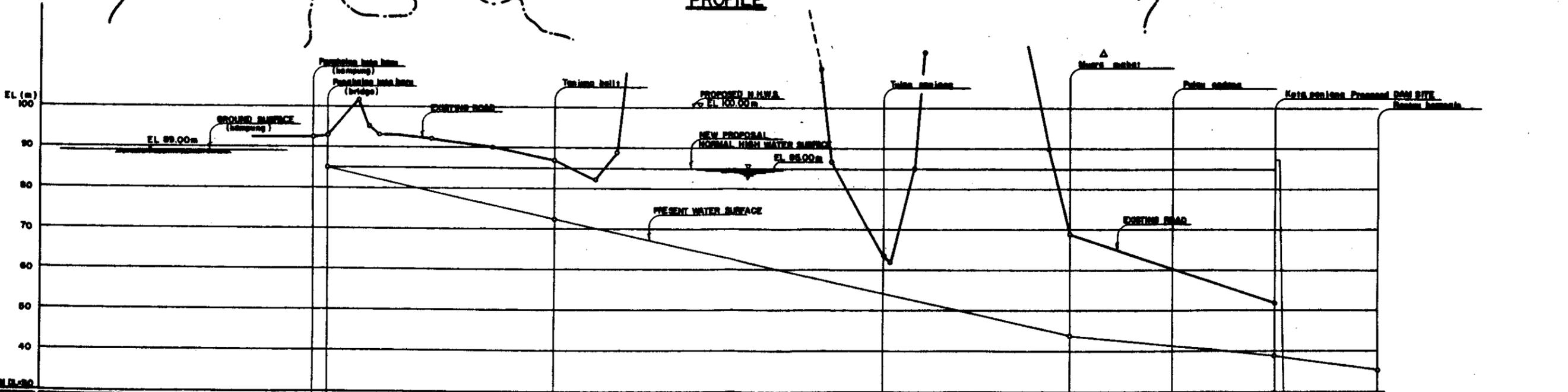


KOTAPANJANG HYDRO ELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT
**PLAN AND PROFILE
OF
KAMPAR KANAN RIVER**

PLAN



PROFILE



WATER SURFACE (m)			84.00	84.00		71.20				43.80		38.70	38.40				
ELEVATION ROAD (m)		92.20	92.80	93.00		87.00				68.80		51.70	51.00	50.30			
DISTANCE (km)	58.0	50.0	46.7	46.0	45.0	40.0	36.0	30.0	28.0	20.0	19.0	15.0	10.0	5.0	0.0	1.5	5.0

KOTAPANJANG HYDRO ELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
PLAN AND PROFILE OF MAHAT RIVER

目 次

計画地点位置図

	頁
第 1 章 調査の経緯と要約	1
1. 1 経 緯	1
1. 1. 1 プロジェクトの背景	1
1. 1. 2 調査目的	2
1. 1. 3 中間報告書の範囲	2
1. 1. 4 調査活動	2
1. 1. 5 PLN 側の関係者	3
1. 2 要 約	8
第 2 章 現地調査作業	15
2. 1 概 要	15
2. 2 測 量	19
2. 2. 1 測量目的	19
2. 2. 2 測量作業	19
2. 2. 3 測量結果	21
2. 3 地 質 調 査	23
2. 3. 1 調査目的	23
2. 3. 2 調査作業	23
2. 3. 3 調査結果	29
2. 4 気象、水文調査	35
2. 4. 1 調査目的	35
2. 4. 2 調査作業	35
2. 4. 3 調査結果	36
第 3 章 電力需要計画	41
3. 1 現在の電力供給設備	41
3. 2 過去の電力需給実績	44
3. 3 電力需要予測	45

第4章 計画の基礎的検討	49
4.1 発電計画	49
4.1.1 計画地域の概要	49
4.1.2 流量解析	50
4.1.3 開発方式の検討	69
4.1.4 ダムサイト及びダム形式の検討	71
4.1.5 ダム規模の予備検討	72
4.1.6 発電所規模の予備検討	72
4.2 送変電計画	76
4.2.1 送電線計画	76
4.2.2 変電所計画	76
4.3 建設費の概算	78
4.3.1 総建設費	78
4.3.2 建設費見積りの前提	78
4.4 便益と費用の予備検討	80
4.5 輸送計画	81
4.5.1 地域の輸送事情	81
4.5.2 資機材の輸送方法	82
4.6 補償調査	85
4.6.1 土地、家屋、その他	85
4.6.2 道 路	87
4.6.3 鉦 業 権	88
4.7 社会、環境調査	89
4.7.1 社会調査	89
4.7.2 環境調査	93
第5章 今後の作業計画	97
5.1 作業工程	97
5.2 最終報告書の編成	99

APPENDIX

Glossary (用語集)

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS)	National Planning and Development Board 国家開発計画庁
Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA)	Provincial Planning and Development Board 州開発計画局
Badan Koordinasi Penanaman Modal (BKPM)	Investment Coordination Committee 投資調整委員会
Biro Pusat Statistik	Central Bureau of Statistics 中央統計局
Bupati	Chief of Kabupaten (Regency) 県長
Camat	Chief of a Kecamatan (District) 郡長
Departmen Pekerjaan Umum (DPU)	Department of Public Works 州公共事業局
Desa	Village 村
Dinas Kehutanan	Forestry Service 州林野局
Dinas Pendidikan dan Kebudayaan (PDK)	Education and Culture Service 州教育文化局
Dinas Perikanan	Fisheries Service 州漁業局
Dinas Perindustrian	Industries Service 州工業局

Glossary (続き)

Dinas Perkebunan Rakyat	People's Tree Crops Service 州 農 園 局
Dinas Pertambangan	Mining Service 州 鉱 山 局
Dinas Pertanian Rakyat	People's Agricultural (food crops) Service 州 農 業 局
Dinas Transmigrasi	Transmigration Service 州 移 民 局
Kabupaten	Regency 県
Kantor Sensus dan Statistik	Statistics and Census Office 州 統 計 局
Kecamatan	District 郡
Kepala Desa	Chief of a village 村 長
Kepulauan Riau	The regency of Island Riau リアウ島嶼県
Kotamadya	An incorporated city, the same level of government as a regency/kabupaten 特別市地区
Perusahaan Umum Listrik Negara (PLN)	National Power Corporation 電 力 公 社
P.T. Perkebunan (PTP)	Government Estate Company 農 園 公 社

Glossary (続き)

Rencana Pembanguna Lima Tahun
Ketiga (REPELITA)

Five Year Development Plan

開発 5 ケ年計画

Sumatera Barat

West Sumatra

西スマトラ

Unit Pelaksana Proyek (UPP)

Project Execution Unit

新規ゴム園開発計画

Directorat Penyelidikan Masaalah
Air (DPMA)

Water Resource Research Institute

水資源問題研究所

LIST OF TABLES

<u>TABLE NO.</u>	<u>TITLE</u>
1.1	Process of Field Investigation
1.2	PLN Staff Concerned
1.3	General Features of Kotapanjang Hydro Electric Power Plant
2.1	List of Main Bench Marks
2.2.a	List of Geological Survey
b	List of Material Test
2.3	Stratigraphy of Project Site
2.4	Quality Classification of Foundation Rock
2.5	List of Depths by Classification of Foundation Rock
2.6	Existing Hydrological Stations in the Drainage Basin
2.7	Water Quality of the Kampar Kanan River
2.8	Suspended Sediment of the Kampar Kanan River
2.9	Results of River Discharge Gauged (1)
2.10	Results of River Discharge Gauged (2)
2.11	Results of River Discharge Gauged (3)
2.12	Results of River Discharge Gauged (4)
3.1	Power Demand Forecast in Riau Province
3.2	Installed Capacity of PLN in Riau Province, 1981
3.3	Installed Capacity of Private Power Plant in Riau Province, 1980/81
3.4	Installed Capacity of PLN in West Sumatra Province, 1981
3.5	Installed Capacity of Private Power Plant in West Sumatra Province, 1980/81
3.6	Historical Record in Riau Province
3.7	Historical Record in West Sumatra Province
4.1	Discharge Duration of River at Proposed Kotapanjang Dam Site

TABLE NO.

TITLE

4.2	Discharge Duration of River at Proposed Mahat Dam Site
4.3	Frequency Analysis by Hazen Method
4.4	Measured Results of Soil Sedimentation
4.5	Comparative Study on Development Method between One-Dam Plan and Two-Dam Plan
4.6	Selection of Dam Site and Dam Type
4.7	Comparison of Dam Scale
4.8	Comparison of the Installed Capacity
4.9	Breakdown of Construction Cost
4.10	Tentative Figures for Inundated Land and Population Distribution by Desa
4.11	Social Investigation of Project Area

LIST OF DRAWINGS

<u>FIG. NO.</u>	<u>TITLE</u>
	Key and Location Map
	Plan and Profile of Kampar Kana River
	Plan and Profile of Mahat River
1.1	Schedule for Field Investigation
2.1	Location of Dam Axis
2.2	Location Map of Ground Surveying of the Dam Sites
2.3	Levelling Route
2.4	Plan of Control Survey
2.5	Outline of Geology in Project Site
2.6	Extend Figure of Test Adit
2.7	Geological Profile of Axis 1
2.8	Geological Profile of Axis 3
2.9	Geological Profile of Axis 4
2.10	Location Map of Quarry Sites
2.11	Geological Profile of Quarry Site (QR-I Site)
2.12	Geological Profile of Quarry Site (QR-II Site)
2.13	Geological Profile of Quarry Site (QR-III Site)
2.14	Geological Profile of Quarry Site (QR-IV Site)
2.15	Location Map of Borrow Sites
2.16	Collected Meteo-Hydrological Data
2.17.a	Mean Annual Rainfall Isohyetal Map
b	Climate and Synoptic Stations
c	River Basin Map with Flow Stations
2.18	Rating Curve for Rantau Berangin Gauging Station
2.19	Rating Curve for Danau Binakuang Gauging Station

<u>FIG. NO.</u>	<u>TITLE</u>
2.20	Rating Curve for Lubuk Sipopy Gauging Station
2.21	Rating Curve for Kotapanjang Dam Axis 4
3.1	Peak Load Forecast in Riau
4.1	Frequency Analysis of Rainfall
4.2	Correlation of Rainfall Intensity and Duration Hours
4.3	Frequency Analysis of Discharge
4.4	Divisional Basin for the Storage Function Method
4.5	Analysis of Flood Discharge
4.6	Correlation of Design Flood Discharge and Catchment Area
4.7	Correlation of Specific Discharge and Catchment Area
4.8	Profile for One-Dam Plan and Two-Dam Plan
4.9	General Plan
4.10	Dam Profile and Sections
4.11	Powerhouse Plan and Sections
4.12	B/C and B-C Curve of Dam Scale
4.13	Kotapanjang Reservoir Surface Area and Capacity Curves
4.14	B/C and B-C Curve of Power Generation Plant
4.15	Transmission Line Route
4.16	Transportation Route
4.17	Location of Transmigration Projects in Riau
4.18	Perennial Tree Estate Project and Transmigration Projects in Pangkaran Kota Baru Area
4.19	Tentative Relocated Road Plan
4.20	Mining Right

第1章 調査の経緯と要約

第 1 章 調査の経緯と要約

1.1 経緯

1.1.1 プロジェクトの背景

リアウ(Riau)州はスマトラ(Sumatra)の中央部に位置し、94,562 km²の広大な面積とカンパール(Kampar)川等四つの大河川を有し、又年間約 1.5 億 バレルの石油を産出するインドネシア最大の産油州である。このような豊富な資源に恵まれながら、今までリアウ州の経済は、他州と比較して相対的に停滞状況下にあった。

しかしインドネシア政府は、国民生活の向上と地域の均衡ある発展をはかるため、現在第 3 次 5 ケ年計画(1979~1983, REPELITA III)を推進中であり、引き続き第 4 次 5 ケ年計画(1984~1988, REPELITA IV)以降を計画している。これらの計画が実施されると、リアウ州は社会資本の整備、産業の立地、移住計画等の地域開発が急速に促進されるものと期待されている。

一方、リアウ州における電力公社(Perusahaan Umum Listrik Negara: PLN)の発電設備は、1981年現在 18,724 kW と小規模で、電力流通設備も未整備であり、電化率は 6.6 % と低い。電力需要は主として都市及びその周辺のものであり、電力供給は独立したディーゼル発電機によって行われている。

しかし、リアウ州における PLN の近年の電力需要の伸びは、ケプランリアウ(Kepulauan Riau)を除き 1973 年~1981 年の 8 年間で 18%、1979 年~1981 年の 2 年間で 34% と非常に高い値を示しており、今後前述の地域開発の進展に伴い電源開発及び電力流通設備の整備と相まって、近い将来に電力需要は急激に上昇するものと考えられる。

この増加する電力需要に対応するため、PLN はリアウ州の豊富な水力資源に着目し、これらを順次開発していくと共に基幹送電系統を早期に形成させるべく、積極的に計画に取り組んでいる。又、水力資源を開発することにより、多くの石油の節約が可能となり、国民経済に寄与するところは大きい。

コタパンジャン(Kotapanjang)水力発電開発プロジェクトは、このような背景から選定されたものであり、電力供給の外、大貯水池による洪水緩和、利水流量の増加等の効果が考えられ、リアウ州の地域開発の中核ともいえる重要なプロジェクトである。

インドネシア政府は、同プロジェクトの必要性と緊急性を認め、日本政府に対して1981年にコタパンジャン水力発電開発プロジェクトのフィージビリティ調査の技術協力を要請してきた。

この要請に対し、日本政府は国際協力事業団(Japan International Cooperation Agency: JICA)をフィージビリティ調査の実施機関とし、現地調査団をインドネシアへ派遣することになった。

1.1.2 調査目的

この調査目的は、カンパール(Kampar)川水系カンパールカナン(Kampar Kanan)川に計画されたコタパンジャン水力発電開発計画について、技術的・経済的及び財務的妥当性を立証するため、現地調査を含めたフィージビリティ・レベルの調査を行い、最適な開発計画案を策定するものである。

1.1.3 中間報告書の範囲

この調査は、コタパンジャン水力発電開発プロジェクトのフィージビリティ調査の Scope of work により、

- ① 予備調査段階
- ② 詳細現地調査段階
- ③ フィージビリティ設計段階

の3段階によって実施されることになっているが、この報告書は1982年1月24日～12月5日までの期間においてJICA調査団が実施した現地調査結果の一部、及びこれに基づく国内作業の結果を取りまとめたものである。

1.1.4 調査活動

JICAは現地調査を実施するため、島田良秋を団長とする13名からなる調査団を編成し、現地へ派遣した。調査団は、土木、水文、地質、測量、電気及び経済の専門家から構成され、それぞれの分野での活動を行った。

調査は1982年1月24日～3月6日と、1982年6月24日～9月の期間に予備調査として現地踏査及び予備現地調査が行われ、1982年9月～12月5日までの期間に詳細現地調査が行われた。現地調査の日程は、図1.1に示す通りである。

先ず現地踏査が実施され、現地状況を把握すると共に、既存資料及び情報の収集が各関係政府機関の協力の下に行われた。更に、現地調査作業のための技術仕様書を作成し、PLNへ提出した。

現地調査の作業は、PLNが現地業者へ委託し、JICA調査団は作業の監理を行ったものであり、その主要なものは次の通りである。

① 測 量

地形測量、横断測量、水準測量、基準点測量及び空中写真測量

② 地質調査

ボーリング調査、弾性波探査、調査横坑掘削、テストビット掘削、グラウチング試験及び材料試験

③ 気象水文調査

測水所及び雨量観測所の設置並びに水質分析

この内、基準点測量、空中写真測量、材料試験及び測水所の設置については、調査作業の着手遅延のため現地調査期間中に完了せず、引き続き PLN の技術者によって工事監理が行われることとなった。但し、空中写真測量の図化については写真撮影の終了後 JICA 調査団の専門家 1 名が派遣される予定である。

JICA 調査団の現地事務所及び宿舍は、ダムサイトから約 18km 下流のバンキナン (Bangkinang) に PLN のプロジェクト建設事務所によって建設され、ここを拠点として現地調査が行われた。

調査作業と平行して、電力需給計画、発電計画、送変電計画、輸送計画、補償調査、社会・経済・環境調査等の調査、検討が実施された。

現地調査の工程は、表 1.1 に示す通りである。

1.1.5 PLN 側の関係者

インドネシア政府は、コタパンジャン水力発電開発プロジェクトのフェージビリティ調査の実施機関を鉱山エネルギー省の電力公社 (PLN) と定めた。

PLN は、測量、地質調査及び気象、水文調査に係る作業を現地業者へ委託し、カウンターパート等を現地へ派遣し、JICA 調査団と密接な協力の下に調査を行った。この調査に携わった PLN 側の関係者は表 1.2 に示す通りである。

又、調査の実施にあたり、インドネシア政府機関の多くの関係者から資料、情報等の提供を得た。

図 1.1 現地調査日程

担当	氏名	1982											
		1981/1982						1982					
		1月	2月	3月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
1 総括責任者	島田良秋	24	24	6	24	31		5	3		21	5	
2 副総括(土木)	山田清蔵	24	24	6		25		8		31		5	
3 土木	三室高	24	24	21	24		8		31			5	
4 水文・気象・水質	柿田秋榮	24	24	21									
5 "	吉田好男					25						5	
6 地質・弾性波・ボーリング	森谷虎彦	24	24	6	24				3	31		5	
7 "	中俣公德	24	24	21		25						5	
8 ボーリング	牧野茂外					25					6		
9 空中写真測量	石井順一	24	24	21									
10 地形測量	小池幸夫					25						21	
11 水準測量	白浜四郎				24					21			
12 電力需給・送变电	村田孝久							5	3	31		5	
13 経済	高梨寿	24	24	6				5		19			

表 1.1 現地調査工程

項 目	1981/1982			1982									備 考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
測 量													
現地踏査	24	21				24	1						
地上測量								2	外業	17	内業	4	
基準点測量										19		5	調査中
空中写真図化													写真撮影未了
地質調査													
地表地質踏査	24	21				24	21				5	24	
ボーリング調査								13				7	
弾性波探査										17	30		
調査横坑掘削										4	30		
テストピット掘削											23	8	
グラウチング試験										4	25		
材料試験												10	5 試験中
気象・水文・水質調査													
資料収集	24	21						25	8				
測水所設置											23	5	工事中
雨量観測所設置											21	5	
水質分析											9	10	
電力需給計画										5	3	31	5
発電計画	24	21						25					5
送変電計画											31		5
輸送計画										5	3	31	5
補償調査								25				19	
社会・経済・環境調査	24	6								5		19	
報 告 書													
技術仕様書		6	16										
インセプションレポート		-											
バイマンスリーレポート		-		-		-		-		-			
インテリムレポート												6	作成中

表 1.2 PLN Staff Concerned

COUNTERPART TEAM

Chief	: Drs. C.S. Hutasoit	(KDSR-PLN Pusat)
Deputy Chief	: Ir. P. Sihombing	(KDPS-PLN Pusat)
Members	: 1. Ir. Soepartomo/ Ir. Ridzaluddiri	(KDSV-LMK)
	2. Drs. Roediyarto BE/ Ir. Ibnu Subroto	(KSPR-PISF&P)
	3. Ir. Udibowo C	(Geologist, DSR-PLN Pusat)
	4. Ir. Widhoyoko	(Electrical Eng. DSR-PLN Pusat)
	5. Ir. Yudi Pagih	(Surveyor Eng. PISF&P)
	6. Ir. Iswardi Yahya	(Electrical Eng. DPS-PLN Pusat)
	7. Drs. Afandi	(Socio Economist DSR-PLN Pusat)
	8. Masni Kamal BE	(Pikitrang Sumbar & Riau)
	9. Ma'mur Hafan BSc.	(Geologist, DSV-LMK)
Project Manager	: Ir. Januar Muin	(Pikitrang Sumbar & Riau)
Deputy Project Manager/ Site Manager	: Ir. Muhadi	(Pikitrang Sumbar & Riau)
Resident Engineer	: Ir. Yusuf Mahadar	(Pikitrang Sumbar & Riau)

Supervisor:

- Topographical, Aerial and hydrological Survey : 1. Drs. C.S. Hutasoit (KDSR-PLN Pusat)
2. Ir. Andy Purnama (DSR-PLN Pusat)
3. Ruskali BIE (DSR-PLN Pusat)
- Soil Investigation : Didi Sulasdi BSc. (PISF & P)

Field Supervisor:

- Aerial Survey : 1. Ir. Basuki Rahardjo N (DSR-PLN Pusat)
2. Ir. Hanggoro (DSV-LMK)
- Topographic Survey : Nasli Karsa (DSV-LMK)
- Hydrological Installation: Abdul Rahman (DSV-LMK)
- Soil Investigation : T. Aritonang (DSV-LMK)

1.2 要 約

(1) 電力需給計画

PLNのWilayah IIIの1973年～1981年の最近8ケ年における電力需要の年平均増加率は16%、ピーク負荷では19%という高い値を示している。この内リアウ州について見れば、それぞれ18%及び20%であり、特に最近の2年間では34%及び29%という非常に高い伸びが見られる。

リアウ州の将来の電力需要は1981年45.8GWhに対し、1990年403.7GWh及び2000年1,260.2GWhと想定され、この間の年平均増加率は19%と想定される。又、ピーク負荷では1981年12.3MWに対し、1990年112.4MW及び2000年287.7MWとなり、この間の年平均増加率は18%と想定される。

電力需要の予測は、住宅用、商業用、公共用及び工業用の四つのカテゴリーに区分して積算した。この場合過去のデータ及び傾向、インドネシア政府の移民政策、自家発電設備所有の一般需要家とPLNとの系統連系、新規工場設立申請者その他を考慮して予測を行った。

以上の電力需要に対して供給計画を検討した結果、1989/90年にはコタバンジャン水力発電所の運転開始が必要と考えられる。

(2) 地形と地質

カンパールカナン川は、スマトラ島のほぼ中央部を東流する大河川で、ランガム(Langgam)付近でカンパールキリ川と合流し、カンパール川となり、マラッカ海峡に注いでいる。カンパールカナン川の源となるバリサン山脈は、スマトラ島の骨格となり、北西～南東に伸びる山岳地帯で、漸次高度を低下し、湛水域、ダムサイト周辺は準平原状の地形を呈している。

カンパールカナン川流域の地質は、先第三紀層、第三紀層などの堆積岩類、第四紀堆積層並びに部分的に分布する花崗岩などの深成岩類、新期火山噴出岩類により構成されている。

堆積岩類は、スマトラ島の地質構造に準じ、ほぼ北西～南東の走向を有しており、この地質構造を反映し、山稜も北西～南東に連続した形態を呈している。又、新期の火山噴出岩類は、バリサン山脈沿いに分布して、北西～南東の山体を連ねている。

ダムサイトを構成する岩石は、先第三紀に属すると推測される石英安山岩質凝灰岩である。河床近くでは、堅硬な露岩が観察されるが、山体斜面では、厚い風化層を伴っている。

地質調査結果によれば、上部の風化層を取り除いた岩盤部では、十分にダム基礎としての耐荷力はあるものと判断される。

(3) 発 電 計 画

(a) 開発方式の検討

従来考えられていた1段開発計画と2段開発計画について検討を行った。前者は高さ58mのコタパンジャンダムで1段開発をし、後者は高さ30.5mのコタパンジャンダムと高さ38mのマハットダムで2段開発をするものである。

検討の結果、1段開発計画が有利となった。

(b) ダムサイト及びダム形式の検討

ダムサイトを上流、中間及び下流の3ヶ所選定し、各サイトにおいてコンクリート重力ダムの検討及び地形的条件から中間サイトにおいてフィルダムの検討を行った。

検討の結果、下流サイトでコンクリート重力ダムの場合が最も優れていることが明らかとなった。なお、フィルダムとコンクリート重力ダムで工事費の比較をした場合、フィルダムは堤体工は安いですが、洪水吐き、転流工等が大巾に高くなり、総合的には不利となった。これは、本地点は降雨量が多く、流域面積が大きく、工事中及び完成後の洪水処理に多くの費用を要するためである。

(c) ダム規模及び発電所規模の予備検討

ダム規模については、貯水池HWLを100m、85m及び76mの各水位について検討を行った。

検討の結果、HWL 85 m の場合が最も優れていることが明らかとなった。カンパールカナン川上流のムアラタクスにある仏教遺跡の標高が86.4mであり、又、マハット川上流のパンカラシコタバルー(人口8,600)の標高は87mであることから、HWL 85m以上にすると、これらが水没するため社会的、環境的にも問題が多い。

発電所規模については、使用水量を9ケース変化させて検討を行った。

検討の結果、B/C、B-C及び将来の負荷曲線を考慮し、最大使用水量342m³/s、最大出力111,000kWが適正規模と考えられる。

なお、本項については、今後更に詳細な検討を行い、最適規模を決定する予定である。

(4) 送 変 電 計 画

送電線はコタパンジャン発電所開閉所からパカンバル郊外に、設置予定のパカンバル変電所（仮称）までの約70kmを本プロジェクトの範囲として計画した。送電線規模は150kV、2回線とした。

電力需要との関連より各県（Kabupaten）の主要な電力需要地とパカンバルとの送電網は、当プロジェクトの完成年（1989/90）と前後して完成することが必要である。

(5) 建設費の概算

コタパンジャン水力発電所の建設費について概算見積ると外貨分 $93,433 \times 10^3$ US\$, 内貨分 $83,108 \times 10^3$ US\$で総計 $176,541 \times 10^3$ US\$である。

kW当りの工事費は1,590US\$/kW、kWh当りの工事費は0.33US\$となり、インドネシアの他の水力発電プロジェクトと比較して十分競争できる。

(6) 補 償 調 査

貯水池の湛水による水没物件は、家屋約2,650戸（家族数約3,000）、耕作地約9,000haと推定される。

水没家族に対しては、移転地は現在の居住区とできる限り、隣接した開発プロジェクト予定地及び進行中の地点が適切であろう。

又、延長約35kmの国道が水没するので、付替道路が必要となるが、引き続きインドネシア当局と協議の上、ルートの決定を行う予定である。

表 1.3 General Features of Kotapanjang
Hydro Electric Power Plant

(1) Reservoir		
Catchment area		3,337 km ²
Gross storage capacity		1,250 x 10 ⁶ m ³
Effective storage capacity		900 x 10 ⁶ m ³
Surface area		120 km ²
High water level		85 m
Low water level		73.5 m
Effective depth		11.5 m
(2) Dam		
Type		Concrete gravity type
Height		58 m
Crest length		267 m
Surface slope	Upstream	1 : 0.15 (fillet)
	Downstream	1 : 0.80
Dam volume		249,000 m ³
(3) Spillway		
Spillway type		Overflow, chute and dentated sill type
Gate type		Roller gate
Gate (H x W x Units)		18 m x 12 m x 5 units
Design flood		9,000 m ³ /s (200-year flood)

(to be continued)

表 1. 3 (続 き)

(4) Intake	
Width	13 m x 3
Gate type	Sluice gate
Number of units	3 units
(5) Penstock	
Type	Buried type
Length	77 m
Number of units	3 units
Diameter	5.00 m ~ 4.18 m
Design discharge	114 m ³ /s each penstock
(6) Power House and Tailrace	
Type	Ground type
Length	79.5 m
Width	26.5 m
Tailrace	Open channel type 80 m in length
(7) Generating Equipment	
Turbine	
Type	Vertical shaft Kaplan type
Installed capacity	37,000 kW x 3 units
Effective head	38.7 m
Rated discharge	114 m ³ /s/units
Number of revolutions	167 r.p.m.
Generator	
Type	3-phase AC generator

(to be continued)

表 1.3 (続き)

Capacity	44,000 kVA x 3 units
Voltage	11 kV
Frequency	50 Hz
Main transformer	
Type	Outdoor 3-phase oil immersed oil natural air forced
Capacity	44,000 kVA x 3 units
Voltage	11/150 kV
<hr/>	
(8) Transmission line and Substation	
Transmission line	
Section	Power station to Pekanbaru
Length	70 km
Phase	3-phase system
Voltage	150 kV
Number of circuits	Double
Conductor	ASCR 330 mm ²
Support	Steel tower
Substation	
Location	Pekanbaru
Type	3-phase oil natural transformer with forced air circulation
Capacity	25 MVA x 2
Voltage	150/20 kV

第2章 現地調査作業

第2章 現地調査作業

2.1 概要

コタパンジャン地点の現地調査にあたっては、現地踏査において事前に図上で選定したダム軸1～4のうちからダム軸1、3及び4を選定し、これらに対して調査作業を実施した。(図2.1参照)

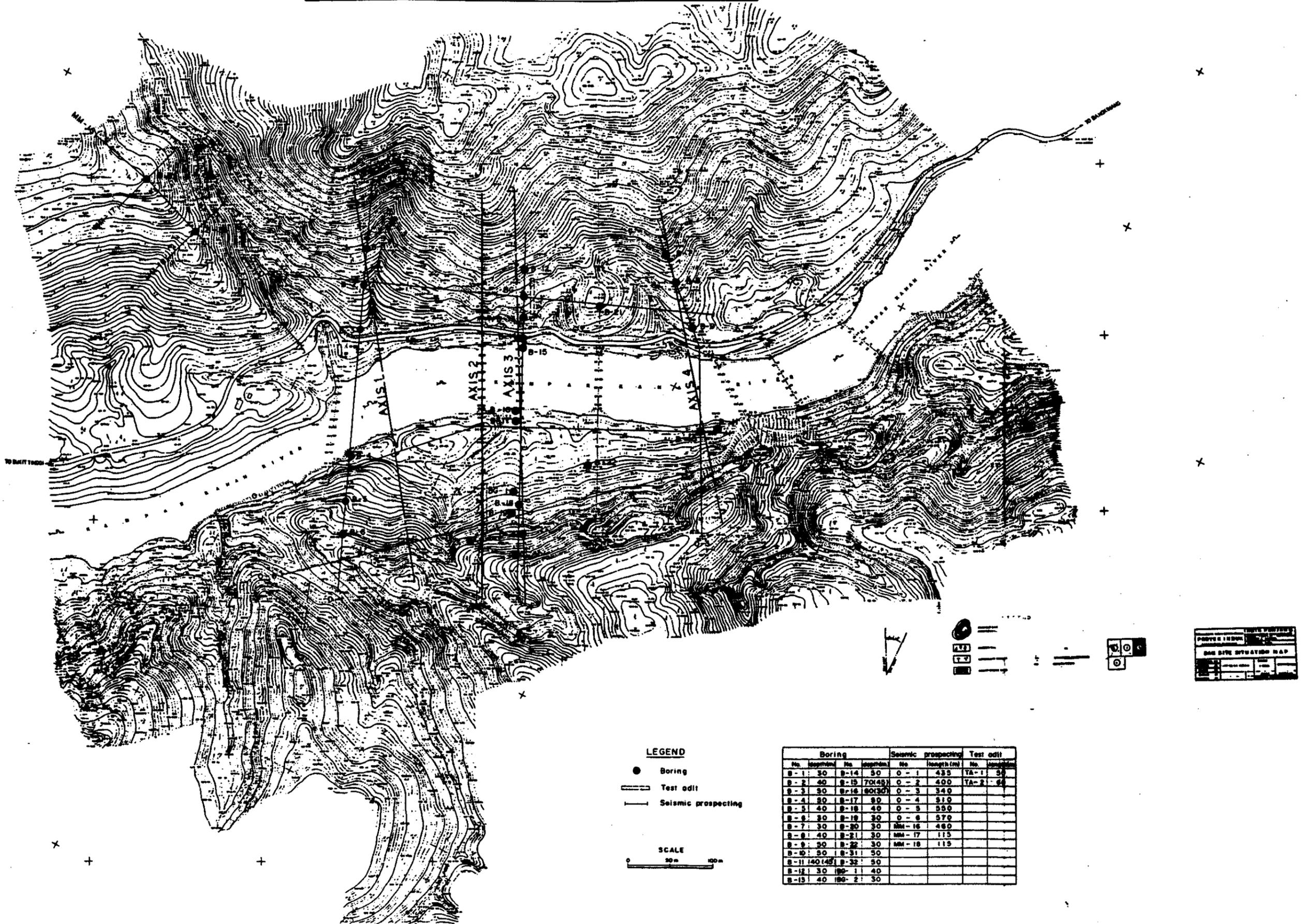
地質調査は、ダム軸1、3及び4を対象としてボーリングその他の調査を行った。

測量は上記ダム軸をカバーした地形測量及び横断測量を行うと共に、河川沿いに水準測量を行った。又、貯水地域の基準点測量を行った。

気象、水文調査はダム下流のランタウペランギンに測水所を1ヶ所及び流域内に雨量観測所を4ヶ所設置することとなった。

各調査作業の概要は以下に述べる通りである。

Fig. 2.1 LOCATION OF DAM AXIS



LEGEND

- Boring
- Test edit
- Seismic prospecting

SCALE

0 50m 100m

Boring		Seismic prospecting		Test edit	
No.	Depth (m)	No.	Depth (m)	No.	Depth (m)
B-1	50	B-14	50	0-1	435
B-2	40	B-15	70(45)	0-2	400
B-3	50	B-16	60(30)	0-3	340
B-4	50	B-17	50	0-4	310
B-5	40	B-18	40	0-5	250
B-6	30	B-19	30	0-6	270
B-7	30	B-20	30	MM-16	480
B-8	40	B-21	30	MM-17	175
B-9	30	B-22	30	MM-18	175
B-10	30	B-23	50		
B-11	140(45)	B-24	50		
B-12	30	190-1	40		
B-13	40	190-2	30		

PROFESSIONAL ENGINEER
 DAM SITE INVESTIGATION R.A.P.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1950

PHYSICS DEPARTMENT

CHICAGO, ILLINOIS

2.2 測 量

2.2.1 測 量 目 的

本プロジェクトの調査区域をカバーする既存の地形図には、1944年に作成の縮尺1:250,000と、1946年に作成の縮尺1:100,000の地形図があるのみである。これらの地形図は、流域全体についての調査には利用可能であるが、縮尺が小さいためこの調査において詳細検討を行うには不十分である。従って、貯水池及びその周辺を含めた区域約2,000 km²の範囲の写真撮影を行い、その内貯水池区域の約550 km²に対して、縮尺1:10,000の地形図を作成することとなった。

フィージビリティ・レベルの計画及び設計のため、ダムサイトの77kaに対して、縮尺1:1,000の実測地形図を作成した。又、ボローサイト及び原石山の地形図については、当初、空中写真図を利用し、図化区域外ボローサイトのクオク(Kuok)6.25kaのみ縮尺1:1,000の地形図を作成する予定であったが、写真撮影の遅延のためクオク以外については別途地質調査に関連して地形図を作成した。

計画及び設計についての資料を得るため、ダムサイトの河川の横断測量を10測線行った。発電計画の検討、水没補償の調査等のため、マハット(Mahat)川及びカンパールカナン川沿いに水準測量をそれぞれ60km及び55km行った。

2.2.2 測 量 作 業

地上測量は PLN が P.T. HEXA KUERA に作業を委託して実施し、外業は1982年8月2日～10月17日の期間に行われ、引き続き内業はジャカルタで行われ同年12月4日終了した。

空中写真測量は PLN が P.T. MAGAPLANA に作業を委託して実施することとなり、その内基準点測量は1982年10月19日から開始したが、作業開始遅延のため12月末現在で作業継続中である。空中写真図化は、写真撮影が遅延しており1982年12月末現在でまだ行われていない。

測量に用いた機器は、次の通りである。

① 地上測量

トランシット	Wild	T-2
	Nikon	NT-5
	Wild	T-0

レベル	Wild Nikon	NA-2 AE
測距儀	K.E. Unc Wild スチールテープ エスロンテープ	Ronger D13S
平板器械	一式	

② 基準点測量

トランシット	Wild Karlzeiss	T-2 THE010A
測距儀	Topcon	DMC-2

(1) 現地踏査

現地踏査は1982年1月24日～2月21日及び1982年6月24日～8月1日の各期間に行われた。

各ダムサイト及びその周辺の地形測量のためのトラバース線の伏開及び横断測量のための測線の伏開を行った。又、水準測量のためのルートの踏査を行った。

基準点測量のための既存基準点の踏査を行うと共に、位置及び標高の資料の収集を行った。

(2) 地上測量

(a) 地形測量

ダムサイトの774a及びボローサイトの6.254aに対して測量を行い、縮尺1:1,000の地形図を作成した。

ダムサイトについては、地形図の作成範囲内に基準点を設置し、更に結合トラバースにより補助多角点を設け、平板測量及びスタジャ測量によって描画した。

又、基準点には10×10×100cmのコンクリート杭を埋設した。(図2.1参照)

ボローサイトについては、道路上に基準点を設置し、閉合トラバースにより補助多角点を設け、スタジャ測量によって描画した。

(b) 横断測量

ダムサイトの河川の横断測量を10断面行って、縮尺1:1,000の横断図を作成した。

各断面において兩岸の標高120mまで行い、河川部では深淺測量を行った。又、

道路上に横断基点を設置し 10×10×100cm のコンクリート杭を埋設した。(図 2.2 参照)

(c) 水準測量

ダムサイト下流約 5 km のランタウベランギン(Rantauberangin) から河川沿いに、マハット川上流のパンカラシコタバルー(Pangkalan kota baru) までの 60 km 間と、途中のムアラマハット(Muara mahat) から分岐して、カンパールカナン川上流の三角点 T. 630 までの 55 km 間について水準測量を行った。

水準点について既存のものを探したが見い出せなかったため、既存の三角点 T. 636, T. 368 及び T. 479 を検測した結果 T. 636 (標高 141.0 m) を水準原点として採用した。

水準路線は河川沿いに既存の道路が通っているため、道路に沿って観測を行い、既存の道路用キロポスト(コンクリート製)コンクリート構造物等堅固なものを、又路線付近にある三角点の検測を兼ねて観測し、仮水準点とした。(図 2.3 参照) 又、ダムサイトには工事用水準点(標高 55.096 m)として、 $\phi 60 \times 100$ cm のコンクリート杭を埋設した。(図 2.2 参照)

(3) 空中写真測量

空中写真測量の内、基準点測量を実施中である。縮尺 1:100,000 の地形図を用い、計画・踏査及び選点を行い、写真撮影に必要な対空標識を 1982 年 11 月 10 日までに設置した。基準点測量は原則として結合トラバースで実施しており、1982 年 11 月 29 日現在で約 50% の進捗である。又、新設基準点には、20×20×80 cm のコンクリート杭を、多角節点には本杭を埋設した。(図 2.4 参照)

2.2.3 測量結果

(1) 地形測量

測量の結果、次の地形図を得た。

ダムサイト	:	面積	77ha (4枚)
ボローサイト	:	面積	6.25ha (1枚)
図面縮尺	:		1:1,000
等高線間隔	:		2 m (必要に応じて 1 m)

トラバース測量 : 観測差 40″
の許容誤差 倍角差 50″

(2) 横断測量

測量の結果、次の横断面図を得た。

位置 : ダムサイト
横断面の数 : 10断面 (5 枚)
兩岸の標高 : 120m
河床の測定間隔 : 10 m 以下
許容誤差 : $20\text{mm} \sqrt{D}$ (D : 距離 km)

(3) 水準測量

測量の結果、次の縦断面図を得た。

マハット川沿い

延長 : 60 km
許容誤差 : $30\text{mm} \sqrt{S}$ (S : 片道観測距離 km)

カンパールカナン川沿い

延長 : 55 km
許容誤差 : $30\text{mm} \sqrt{S}$ (S : 片道観測距離 km)

又、主要な水準点の位置及び標高を表 2.1 に示す。

2.3 地 質 調 査

2.3.1 調 査 目 的

地質調査の目的を要約すると、次の通りである。

- ① 湛水区域、ダム周辺、原石山及びボローサイトについて、地表地質踏査を行い、地形及び地質の概要を把握すると共に、現地調査計画を立案する。
- ② ダムサイト、原石山及びボローサイトの地質調査のため、ボーリングを行う。
- ③ ダムサイトの地質を直接目で確認するため、調査横坑掘削を行う。
- ④ セメントミルクの注入により、ダム基礎岩盤の改良の状況を知り、ダムの設計資料を得るため、グラウチング試験を行う。
- ⑤ ダムサイト及び原石山の地質状況を知るため、弾性波探査を行う。
- ⑥ ダム軸上のボーリング孔において、基礎岩盤の透水性を知るため、透水試験を行う。
- ⑦ ボローサイトの砂利及び砂の賦存状況を知るため、テストビット掘削を行う。
- ⑧ 採取した岩石について、室内材料試験を行う。

2.3.2 調 査 作 業

地質調査は、PLNがP.T.WIRATMANに作業を委託して実施し、1982年8月13日～11月8日の期間に現地作業が行われた。引き続き、材料試験は11月10日からジャカルタで行われているが、12月末現在で作業継続中である。なお、弾性波探査の解析については、バンドンにおいて行われており、12月末現在で、同様に作業継続中である。

今回実施した調査項目は、次の通りであり実施数量は表2.2に示す通りである。

- ① 湛水区域内の地形・地質及び崩壊地
- ② 湛水区域内の鉱物資源及び鉱業権設定の有無
- ③ ダムサイト周辺の地質の概査及び精査
- ④ 建設用資材としての骨材（原石山）及び砂礫（ボローサイト）の調査

(1) 地 表 地 質 踏 査

地表地質踏査は、調査地域内において、車及び徒歩による調査を行った。又、カンパールカナン川及びマハット川沿いではボートによる露頭調査を行った。

Table 2.2a

LIST OF GEOLOGICAL SURVEY

I T E M		DRILLING (m)	WATER PRES- SURE TEST (Times)	SAMPLING (Pieces)	GROUTING TEST (Times)	TEST ADIT EXCAVATING (m)	TEST PIT EXCAVATING (m)	SEISMIC PROSPECTING (m)	I T E M		DRILLING (m)	WATER PRESSU- RE TEST (Times)	SAMPLING (Pieces)	GROUTING TEST (Times)	TEST ADIT EXCAVATING (m)	TEST PIT EXCAVATING (m)	SEISMIC PROSPECTING (m)			
LOCATION	No.								LOCATION	No.										
DAM SITE	AXIS-1	B-1	30	5	2				QUARRY SITE	QR-II	B-23									
		2	40	6	2															
		3	50	9	2															
		4	50	9	2															
		5	40	7	2															330
		6	30	5	2															
	AXIS-4	7	30	5								QR-III	B-26	40						
		8	40	7										27	40					
		9	50	9	2									28	60					
		10	50	9	2												1			
		11	(45°) 40	12	2												2			
	AXIS-3	12	30	4	1							QR-IV	MN-12							
		13	40	7	2									13						220
		14	50	9	2									14						220
		15	(45°) 70	13	2									15						220
		16	(30°) 60	10	2															165
		17	50	9	2								B-31	50						
		18	40	8	2								32	50						
		19	30	5	1								QR-V	MM-16						
		20	30	5	1										17					
														18						
	POWER HOUSE	21	30		1							QR-I	B-33	24.5						
	22	30		2																
RIGHT BANK	BG-1A	B	40			7				BORROW SITE	MUARA	B-29	15							
		C	40			7						MAHAT	TP-1							
		D	40	7		7													3	
		E	40			7														
		F	40	7																
LEFT BANK	BG-2A	B	30		2	5						NEW M.	B-30	5						
		C	30			5							MAHAT	TP-2						
		D	30	5		5								3						
		E	30			5														
		F	30	5		5														
RIGHT BANK	TA-1			3		60														
LEFT BANK	2			3		50														
AXIS-1	O-1	3						435		RESERVOIR	Ka-1									
		4						400				KI-1								
								340												
		LEFT BK	4					510												
		RIGHT BK	5					550												
			6					570												
SUB TOTAL		1330	177	42	60	110		2805	SUB TOTAL		340		19			17.6	2055			
TOTAL		1670	177	62	60	110		2805	TOTAL		1670	177	62	60	110	17.6	4860			

表 2.2 b List of Material Test

A. For Sand Gravel:	
a. Specific gravity and absorption	6 pieces
b. Natural water content	6 "
c. Gradation analysis	6 "
d. Compaction test or relative density	6 "
e. Permeability test	6 "
	Total
	30 pieces
B. For Drilling Core and Rock Sample:	
a. Unconfined compression test	81 pieces
b. Specific gravity and absorption	81 "
c. Natural water content	81 "
d. Tension test	81 "
e. Shearing test	81 "
f. Elasticity coefficient test	81 "
	Total
	486 pieces
C. Microscopic Check:	5 sheets

(2) ボーリング

ボーリングは、スピンドル型ロータリーボーリング機の小型機種（調査能力150～200m）を用いて主に垂直掘削を行ったが、一部は傾斜角45°及び30°の斜掘を行った。これは河岸から河心部の地下地質を知るためと、急斜面における地下地質を知る目的で行ったものである。ボーリングはダムサイトにおいて予め地形上選定したダム軸上及び発電所建設予定位置並びに原石山候補地4ヶ所において行った。その他、ボローサイト2ヶ所でも浅いボーリングを実施した。ボーリングの深度は15～70mの範囲で、孔数はダムサイト22孔、延長910m、原石山その他10孔、延長340mである。

(3) 調査横坑掘削

調査横坑掘削は、基礎岩盤を実際に見る目的で予定されたダム軸3付近の両岸に掘削した。その規格は高さ1.8m、坑道底面で幅1.8mの水平坑道で、奥行は右岸60m、左岸50mである。掘削にはエアピック及びダイナマイトを使用した。

(4) グラウチング試験

グラウチング試験は、ダム基礎処理に必要なコンソリデーション及びカーテングラウチングの施工計画を立てるための基礎資料を得る目的で行った。実施位置はダム軸3上で、左右両岸に各1ヶ所を選定した。計測値については、目下解析中である。テストグラウチングの深度は右岸で40m 6孔、左岸では30m 6孔とした。

(5) 弾性波探査

弾性波探査は、土木調査用24成分屈折波探査器を使用し、震源にはダイナマイトを使用した。探査はダムサイトで6測線延長2,805m、原石山3ヶ所で9測線延長2,055mで、合計15測線総延長4,860mに達した。計測値については、目下解析中である。

(6) 透水試験

透水試験は、ダム軸上における地山の漏水の有無及びその数値を知り、もってカーテングラウチングの施工計画樹立に必要な基礎資料を得るために行った。試験の方法としては、従来は専らルチオンテストが行われていたが、このルチオンテストで得られるいわゆるルチオン値は、地下水学における水理定数としては、やや曖昧な数値なので、今回は水理定数の中で最重要な透水係数(k)を直接求める方法によ

った。実施したボーリング孔は、ダム軸上の20孔についてである。方法の概略は、地表からボーリングの掘進と共に間隔5mごとに（但し、最上部5mは実施しない）行うものである。即ち孔底より5m上部にパッカーを装置し（シングルパッカーとなる）一定量の清水を低圧で孔底に注入する。単位時間当りの注入量は時間と共に減少し、ある時間が経過すると注入水量は一定となる。この時の注入圧（水柱）と注入水量から透水係数kを計算する。

（注） 日本土木学会編 「ダムの地質調査」 P.45

(7) テストピット掘削

テストピット掘削は、細骨材及び粗骨材の量を知る目的でボローサイト4地点で行った。深度3mの立坑を掘削して層序を確認し、併せて室内試験用資料採取を予定であったが、調査が増水期に入ったため、地下水位の上昇で3mの立坑掘削が困難となったので、掘削はロータリーボーリング機で行い、必要量の試験用資料を採取した。

(8) 材 料 試 験

材料試験は、ダム基礎岩盤の力学的性質を知るためと、骨材としての適否を知るために行った。

2.3.3 調 査 結 果

(1) 計画地域の地形及び地質

カンパールカナン川の中流域に位置するダムサイト周辺地域は、全体にゆるやかな傾斜を有する準平原状の地形を呈している。ダムサイトの兩岸斜面は、概ね20°～30°の緩傾斜面で、河川勾配も $\frac{1}{1,100}$ 程度と緩やかな流れとなっている。

ダムサイトは、このような地形条件のなかで、比較的谷幅の狭い地点（河床幅50～60m程度）に選定されている。

ダム軸1は、計画地域の最上流部に位置しており、左右岸とも25°の平均斜面勾配を有している。左岸尾根の直上流に大きな沢が入り、右岸尾根はダム軸の上流と下流に沢が入り込み、やせ尾根状を呈している。

ダム軸3は、ダム軸1の下流約150mに位置しており、右岸28°、左岸38°の平均斜面勾配を有している。

ダム軸4は、ダム軸3の下流約200mに位置しており、右岸50°、左岸25°の平均斜面勾配を有している。左岸は、直上下流に沢が入り込み、やせ尾根状を呈し、右岸は急峻な斜面をなし、下流には垂直に近い岩盤斜面が続いている。ダム軸4は、3本のダム軸の内、最も谷幅の狭い地形を呈している。

カンパールカナン川流域の地質は、インドネシア地質調査所作成の地質図（未刊行）「Pekanbaru Quadrangle (Scale: 1/25,000)」を基に表2.3のように区分される。（図2.5参照）

表2.3 地質層序表

地質時代		地層名	岩相
新 生 代	第四紀	沖積層	礫、砂、粘土、凝灰質粘土
		段丘堆積物	主に粘土や礫を含む細砂
	第三紀	Telisa層群	石灰岩の薄層、シルト岩、海緑石砂岩を含む石灰質泥岩
		Sihapas層群	礫岩、細粒砂岩、石英粒を伴う砂岩
古 生 代	石灰紀	Bohorok層群	凝灰岩、礫岩を伴う凝灰質頁岩
		Kuantan層群	硬砂岩、礫質硬砂岩、ダービダイト、千枚岩、頁岩、白雲母片岩、砂岩、シルト岩互層

ダムサイト周辺の地質は、地質時代を古生代石灰紀のBohorok Formation (層群)と推定される石英安山岩質凝灰岩により構成されている。河床沿い並びに左岸の道路沿いには、堅硬な露岩の分布は少ない。

又、河岸沿いの露頭には、所々に大小の空洞が分布しているが、これは地表部の弱層が河川の侵食により洗い流されたもので、地表下にはこのような空洞は分布しないものと判断される。

表土は20～50cm程度で、又崖錐堆積物は山腹斜面に小規模に分布している。河床形状は、ゆるやかな流れのため凹状を呈しており、2～3m程度の厚さで、よく淘汰された円礫～砂が堆積している。又、河川の両岸には、周期的な湛水により運搬された細砂を主体とする低位の段丘が小規模に分布している。

(2) ダムサイト

(a) 横坑調査

調査横坑は図 2.1 に示すように、ダム軸3の近傍の左右岸に掘削されている。標高、延長は以下に示す通りであり、ダム高のほぼ中間部、ダム天端より約25m下部に位置している。

No	延長 (m)	標高 (m)
TA-1 (右岸)	60	62.4
TA-2 (左岸)	50	66.8

なお、岩質区分に用いた岩盤等級は、表 2.4 に示す分類基準に準じて行った。横坑展開図を図 2.6 に示し、横坑の観察記録を以下にまとめる。

(i) TA-1 (右岸)

坑口より13mまでは粘土、岩塊よりなる崖錐が分布し、それ以深は、石英安山岩質凝灰岩より構成されている。

坑口より約23mまでは、一部軟質化したC_L級岩盤で、部分的に完全に粘土化したD級岩盤が分布する。23m以深は概ねC_M級岩盤で構成されているが、所々小規模なシームが分布している。C_M級岩盤は比較的堅硬な岩盤である。

(ii) TA-2 (左岸)

全坑、石英安山岩質凝灰岩より構成されている。坑口より約18mまでは、強風化を受けたD級岩盤よりなり、それ以深は若干風化したC_L級、比較的堅硬なC_M級岩盤が不規則に分布している。又、所々小規模なシームが分布している。

(b) ボーリング

ボーリングは図 2.1 に示す位置で実施した。又、ボーリング調査、横坑調査に基づいて作成した各ダム軸の地質断面図を図 2.7、2.8 及び 2.9 に示す。

各ダム軸とも風化層が分布し、その厚さは標高が増すに従って増加する傾向にある。河床の堆積物は、各ダム軸とも2～4 m程度で分布しているものと推定される。

ボーリング調査より推定される岩盤等級別の地表からの平均深度を表 2.5 に示す。

表 2.5 岩盤等級別深度一覧表

(単位：m)

		左 岸 部			河床中心	右 岸 部		
		天端付近	中間部付近	下部付近		天端付近	中間部付近	下部付近
ダム軸 1	C _L	10	7	—	—	18	14	7
	C _M	18	18	6	3	24	18	10
	C _H	25	26	22	8	28	23	20
ダム軸 3	C _L	18	7	2	—	10	10	5
	C _M	25	14	5	4	15	14	10
	C _H	27	38	22	7	45	42	14
ダム軸 4	C _L	8	10	—	—	—	6	4
	C _M	28	15	7	2	15	15	9
	C _H	50	34	23	11	42	28	18

(c) 調査の評価

岩盤等級により区分された岩盤のダム基礎としての評価は以下の通りである。

強風化層であるD級岩盤は、風化の進行によって原岩構造をとどめず、土砂～粘性土状である。ダム基礎としては不適であり、完全に除去する必要がある。

部分的に軟質なC_L級岩盤は、亀裂が密に発達した岩盤である。ダム基礎としては十分な基礎処理を実施すれば、大きな耐荷力が必要とされないダム上部の基礎として使用可能と考えられる。

比較的堅硬なC_M級岩盤は、多少軟質化した箇所も分布し、亀裂の発達もみられるが、緻密な岩石より構成されている岩盤である。60mクラスのコンクリートダム、又はロックフィルダムのコアの基礎としては、基礎処理により使用可能と考えられる。

堅硬なC_H級岩盤は、概ね新鮮で堅硬、緻密な岩石より構成されており、ダム基礎として適した岩盤である。

各ダム軸の地質を比較すると、ダム軸1の右岸、ダム軸3の左岸、ダム軸4の左岸の風化層(D級、C_L級岩盤)が深いことを除けば、地質的に明瞭な優劣の差は認められない。

今後、弾性波探査の解析結果等を加え、総合的に評価した上で、更に詳細な調査を実施する必要がある。

(3) 骨材調査

ダム用骨材の採取地点として図2.10に示す4ヶ所の原石山及び図2.15に示す4ヶ所の河床砂礫について実施したボーリング及び立坑調査結果は以下の通りである。

(a) 原石山

(i) QR-I (I) サイト

QR-I サイトは、ダムサイトより上流約9kmに位置している。調査位置図及び地質断面図を図2.11に示す

基盤岩は、古生層のKuantan Formationに属すると推定される硬砂岩からなり、カンパールカナン川の左右岸にみられる露頭では風化が進み、ハンマーで容易に破砕されるが、深部では堅硬な塊状岩盤である。

ボーリング調査結果では、地表より約10mの層厚をもつ、Sihapas Formationに属するシルト岩、砂岩の完全風化層の下部に新鮮、堅硬な岩盤が確認された。硬砂岩のコンクリート骨材としての品質は良好であると判断される。

又、このKuantan Formationは図2.5の地質図で示されるように、Sihapas Formationの下位層としてパツアンジン周辺に広範囲に分布しているものと推定される。

(ii) QR-II (II) サイト

QR-II サイトは、ダムサイトより上流約7kmのカンパールカナン川の左岸に位置している。調査位置図及び地質断面図を図2.12に示す。

調査位置は、古生層のBohork Formationに属すると推定される頁岩と花崗岩の境界部に当っており、道路沿いの露頭は、強風化層を形成し粘性土～土砂状となっている。

ボーリングは頁岩分布域で実施したが、強風化層(D級岩盤)が30m以上分布し、岩崗岩についても硬岩の分布は期待できないため、原石山としては不適と判断される。

(iii) QR-III (III) サイト

QR-III サイトは、ダムサイト上流約1.7kmのカンパールカナン川の右岸に位置する山体である。調査位置図並びに地質断面図を図2.13に示す。

QR-III サイトは、ダムサイト同様、Bohork Formationに属すると推定される石英安山岩質凝灰岩により構成されている。川沿いの露頭では硬質な岩石で

あるが、ボーリング結果は、いずれも強風化層（D級岩盤）が30m以上分布しており、原石山としては不適であると判断される。

(iv) QR-IV 原石山

QR-IVサイトは、ダムサイト直上流カンパールカナン川左岸の山体で、地理的に好条件な場所に位置している。調査位置図及び地質断面図を図2.14に示す。

QR-IVサイトは、ダムサイト同様 Bokork Formation に属すると推定される石英安山岩質凝灰岩により構成されている。

ボーリング結果では、D級岩盤は5m程度と比較的薄いものの、C_L級岩盤が30m程度分布し、良好な地質条件とはいいがたい。しかし、QR-IVサイトの下流の沢沿いには、堅硬な露岩が連続すること、運搬距離が短いことなどの条件的に恵まれた地点であるため、弾性波探査結果、材料試験結果等を加え、総合的に原石山としての適否を判断することが望ましい。

(b) ボローサイト

ダム用骨材の砂礫の採取地点として図2.15に示す4ヶ所において、ボーリング調査、テストピット調査を実施した。

各サイトとも、砂、礫がほぼ同量で混り合った性状を呈している。礫は、砂岩、安山岩、チャートなどの硬質な拳大程度の円礫であり、砂は細砂が主体である。

各サイトとも層厚は3m以上あり、骨材採取地として適した場所であると判断される。

(c) 調査の評価

今回の調査対象地域の内、コンクリート骨材として質的に良好と思われるものは、QR-I 原石山及び4ヶ所のボローサイトである。

QR-IV 原石山については、質的にやや問題があると思われるが、ダムサイトに極めて近接しており、今後詳細な調査が必要である。

前述のQR-I 原石山、ボローサイトは量的にも十分であると考えられるので、今後詳細な骨材試験、コンクリート配合試験を実施して決定されるものである。

2.4 気象、水文調査

2.4.1 調査目的

気象、水文調査の目的を要約すると、次の通りである。

- ①カンパールカナン川流域の気象・水文についての現況を把握するための現地踏査
- ②水文解析に必要な雨量、気象、流量、浮遊土砂等の既存資料の収集
- ③流域内に新設する雨量観測所及び測水所の位置選定及び設置
- ④水質分析及び浮遊土砂の測定、指導
- ⑤新設測水所の流量曲線を設定するための流量観測、指導

2.4.2 調査作業

調査作業は、予備現地調査段階の1982年1月～3月及び1982年7月～9月と、詳細現地調査段階の1982年9月～12月の期間、PLN担当者の協力の下に行われた。

又、新設の雨量観測所及び測水所の設置作業は、PLNがP.T. HEXA KUERAに委託して実施された。

(1) 現地踏査

カンパールカナン川流域の河川並びに既設の気象、雨量観測所及び測水所の現況を把握するため、現地踏査を行った。

(2) 気象、水文資料の収集

水文解析に必要な資料を、リアウ州、バンドン及びジャカルタの関係機関から収集した。収集先は次に示す通りである。

- ① Provincial Public Works (P.U. Riau)
- ② Public Works (P.U. Jakarta)
- ③ Direktorat Penyelidikan Masalah Air (DPMA), Bandung
- ④ Meteorologi dan Geofisika (BMG), Jakarta

(3) 雨量観測所及び測水所の設置

雨量観測所及び測水所の位置について、先づ図上で検討し、次に現地踏査の結果から、最終選定を行った。

(4) 資料採取及び分析

水質分析及び浮遊土砂測定のための試料の採取位置は、新設のランタウベランギン測水所とし、採取時期は低水位、平水位及び洪水位の各期間で行った。しかし、今回の調査期間中の最高水位は、仮量水標の水位 2.5 m (流量 500 m³/s)であった。

分析及び観測は JICA 調査団が PLN 担当者の協力を得てバンキナン事務所において行った。

(5) 流量観測

流量観測は、ランタウベランギン測水所において、仮量水標の水位 0.67 m ~ 2.35 m の間で 40 回行った。同測水所の流量曲線の確認のため、ランタウベランギン測水所下流のダナウビンクアン (Danau Binkang) 測水所において 2 回、マハット川のルブクシポバイ (Lubuk Sipopay) 測水所において 1 回観測を行った。

又、ダム軸 4 の下流において、放水位その他設計水位を算定するため流量観測を行った。

2.4.3 調査結果

(1) 現地踏査

流域内の各観測所について踏査した結果、位置その他の現状を表 2.6 及び図 2.17 に示す。

4 ケ所の測水所は、すべて自動水位記録式であり、PLN 所有の 3 ケ所については、PLN の委託により DPMA が監理しており、年間 4 回の流量観測が行われている。

コタパンジャンダムが完成後、既設のルブクシポバイ測水所並びにタンジュンバウ及びバツースラットの二つの雨量観測所が貯水池内に水没することとなる。

(2) 気象、水文資料の収集

雨量資料については、1900 年頃から観測されているが、欠測期間が多く、流量資料については最近 5 ケ年間と短い。このように既存の資料は、水文解析を行うのに十分なものとはいえないので、資料の補足のため、流域内の資料を広範囲に収集した。

資料の収集は、主に日雨量と流量を、又基本となる洪水波形と流量観測結果、浮

表 2.6 Existing Hydrological Stations in the Drainage Basin

Station	Name of River	No.	Name of Station	Location	Owner
Weather Station	Kampar Kanan	DPMA/1	Pasar Kampar	0 21' N 101 50' E	DPMA
	Do	DPMA/1	Pasar Kampar	0 21' N 101 50' E	DPMA
	Do	58	Bangkinang	0 18' N 100 55' E	BMG
Precipitation Station	Mahat	57b	Tanjung Pauh		Do
	Do	28	Tanjung Barik		Do
	Do	57	Pangkalan Kota Baru		Do
	Kampar Kanan	58d	Batu Bursurat		Do
	Mahat	57c	Muara Paiti		Do
Gauging Station	Kampar Kanan	3	Danau Bingkang		DPMA
	Mahat	10	Lubuk Sipopay		DPMA
	Kampay Kanan	11	Muara Paiti		DPMA
	Do	12	Tanjung		PLN

遊土砂並びに気温、温度、蒸発量等の気象資料を入手した。収集した資料を図2.16に示す。

(3) 雨量観測所及び測水所の設置

1982年1月～3月の現地踏査において、JICA調査団は雨量観測所及び測水所の新設を提案し、設置地点の図上検討、現地踏査及び技術仕様書の作成を行った。設置地点は次の通りである。

	流 域	地 点
雨量観測所	カンパールカナン川	ゴルゴール
		タンジュン
	マハット川	ランタウベランギン
		グノンビンタン
測 水 所	カンパールカナン川	ランタウベランギン

雨量観測所の設置は1982年10月下旬から開始され、11月上旬までに4ヶ所の設置を終了した。しかし測水所については、工事の着手遅延、雨期による河川水位の上昇等により工期が大幅に遅れ、現在 PLN の管理の下で工事が行われている。なお、設置位置を図2.17に示す。

雨量観測所及び測水所の機器は、すべて自動記録式(1ヶ月巻き)である。機器の仕様は、次に示す通りである。

機 器	形 式	メーカー	備 考
雨 量 計	自 記 式	THIES	1ヶ月巻き
水 位 計	自動フロート式	A・OTT	〃

(4) 試料採取及び分析

カンパールカナン川の浮遊土砂資料については、DPMAから若干入手できたが、水質資料については、バンキナン水道局が、現在、調査中であり、まだ結果が出ていない。

今回の調査期間中に、水質及び浮遊土砂の調査のため、水質資料2回及び浮遊土砂資料8回を採取し、分析及び測定を行った。その結果を表2.7及び表2.8に示す。

水質及び浮遊土砂の調査については、今回観測できた最大流量は467 m³/sと少なかったため、今後、継続的に観測を行うことが必要である。浮遊土砂については、

PLN 担当者が継続して調査ができるよう打合せ、指導を行った。

この調査から判断すると、カンパールカナン川は弱酸性であり、リン酸イオンがやや高めであり、現在まで河川水による地域住民への影響は見られないようである。

(5) 流 量 観 測

新設のランタウベランギン測水所の流量曲線を設定するため、流量観測を40回行った。又、ダナウピンクアン測水所及びブルブクシポバイ測水所の流量曲線を確認するため、それぞれ2回及び1回実測を行った。なお、ダム軸4下流において、放水水位その他設計水位を算定するため、14回実測を行った。

流量曲線については、今後低水位～平水位の間で変化する可能性があるため、継続して観測する必要があるため、PLN 担当者と観測及び監理の方法について打合せ、指導を行った。

タンラウベランギン測水所における流量観測は、水位0.67m～2.35m、流量92.98m³/s～438.60m³/s の間で行い、流量曲線式を設定した結果

$$Q = 62.885H^2 + 67.659H + 18.199$$

となった。(表2.9、図2.18参照)

ダナウピンクアン測水所の現在の流量曲線式は、今回の観測結果から検討した結果

$$Q = 26.306H^2 + 131.985H + 12.164$$

が適当と考えられるので、この式に変更する必要がある。(表2.10、図2.19参照)

ブルブクシポバイ測水所の現在の流量曲線式は、今回の観測結果から、現状のものを用いても問題ないものと考えられる。(表2.11、図2.20参照)

ダム軸4下流における観測結果から流量曲線式を設定した結果

$$Q = -0.333H^2 + 171.000H - 102.667$$

となった。しかし、この式の適用範囲は水位4.00mまでとする。(表2.12、図2.21参照)

第3章 電力需要計画

第3章 電力需給計画

PLNの電力需給に関する過去のデータ及び傾向、インドネシア政府の移民政策、自家発電設備所有の一般需要家とPLNとの系統連系、新規工場設立申請者他を考慮し、電力需要予測を行った。その結果2000年時点でのリアウ州の電力需要は1,260 GWh、ピーク負荷288 MW、電力需要の年平均伸び率は19%、ピーク負荷の年平均伸び率は18%と想定される。(図3.1及び表3.1参照)

なお、図3.1及び表3.1でわかるように、増加する電力需要に対応するため1989/90年にコタパンジャン水力発電所の完成が必要である。

コタパンジャン水力発電所完成時の電源構成としては、コタパンジャン水力を主供給力にし、老朽ディーゼルを廃止し、比較的新しいディーゼルについては一部を供給力とし、他は予備供給力とする。

3.1 現在の電力供給設備

1981年末現在のリアウ州にあるPLNの発電設備の総設備容量は18,724 kW、ピーク負荷は12,351 kWである。(表3.2参照) PLN以外では、60以上の自家用発電設備が稼働しており、総設備容量は、279,162 kVA(約223 MW)である。(表3.3参照)

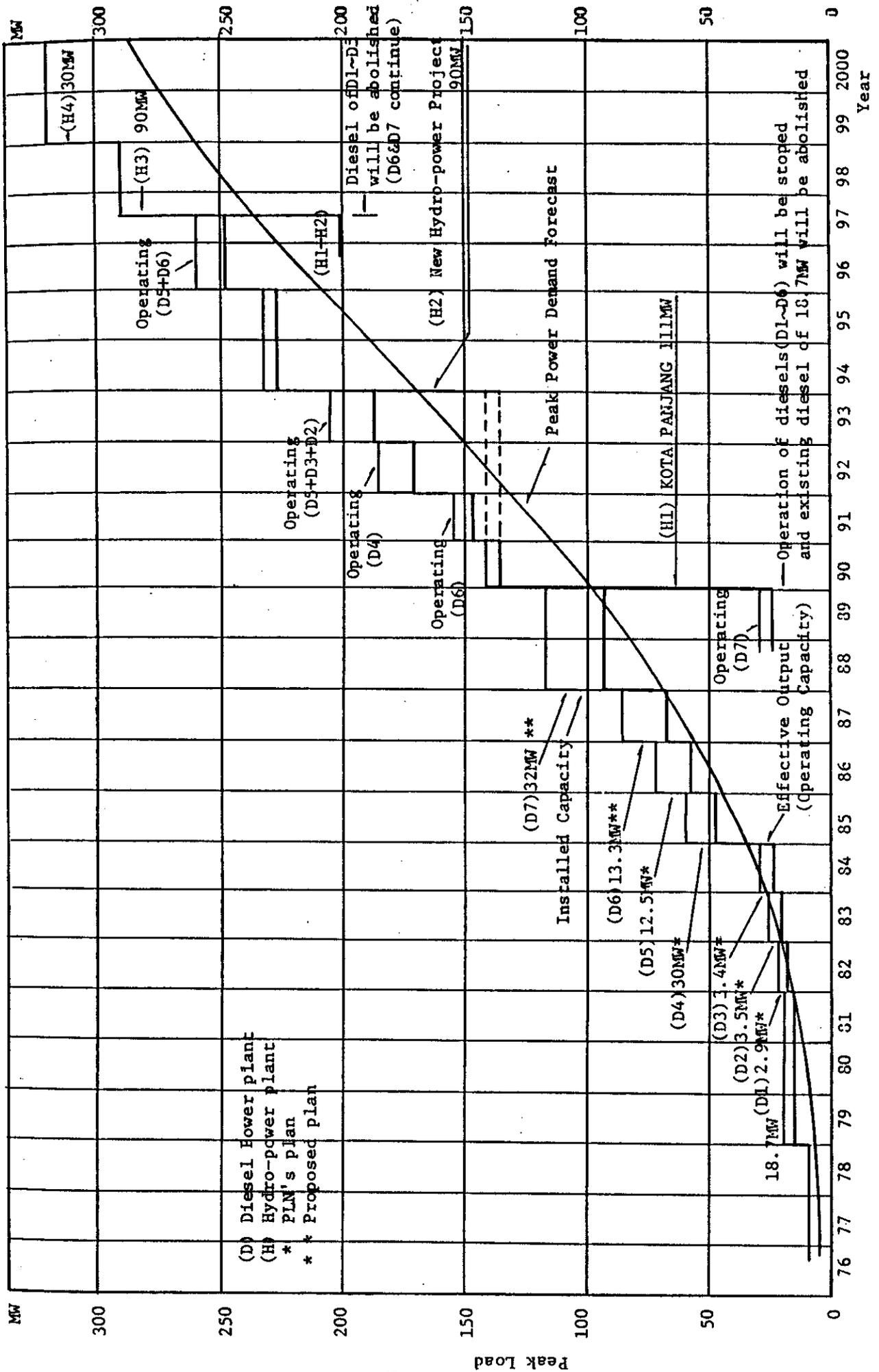
一方、西スマトラ州ではPLNの発電設備の総設備容量は40,896 kW、ピーク負荷は23,992 kWである。(表3.4参照) PLN以外では、50以上の自家用発電設備が稼働しており、総設備容量は39,154 kVA(約31 MW)である。(表3.5参照)

両州に共通していることは、PLNの発電設備が各々独立しており発電設備の周辺のみ電力を供給していること、大口需要家は自家用発電設備を有し、電力供給の自給自足を行っていることである。

表 3.1 Power Demand Forecast in Riau Province
(excluding Kepulauan Riau Regency)

Item / Year	1981	1990	2000	Annual growth average rate
Power demand (GWh)	45.8	403.7	1260.2	19 %
Residential (GWh)	25.5	122.8	358.2	15 %
Commercial (GWh)	7.7	39.6	158.4	17 %
Public (GWh)	7.2	34.4	98.7	15 %
Industry (GWh)	5.4	206.9	644.9	29 %
Peak load (MW)	12.3	112.4	287.7	18 %
Generated energy (GWh)	58.7	492.3	1482.6	19 %

Fig 3.1 Peak Load Forecast in Riau (excluding Kepulauan Riau)



3.2 過去の電力需給実績

過去9年間の需給実績を表3.6及び3.7に示す。これによると、両州併せたWilayah IIIの電力需要の年平均成長率は約16%、ピーク負荷の年平均成長率は約19%となっている。（但し、ケブランリアウ県を除く。）

3.3 電力需要予測

電力需要については、リアウ州について行う。又、需要の予測について4つのカテゴリー（住宅用、商業用、公共用、工業用）に区分し、それぞれを予測積算して合計した。その結果を表3.1、図3.1に示す。

又、予測のための基本条件を次の通りとする。

1981年末のリアウ州の人口	2,233,700	人
今後の人口増加率		4.1	%
1家族の構成人員		5	人
PLNの電化率目標値	1983/84	都市部 50%	農村部 7%
	88/89	60 "	13 "
	93/94	65 "	20 "
	98/99	70 "	30 "
	2003/04	75 "	40 "
インドネシア政府の移民計画	1982/83	7,925	家族
	83/84	22,500	"
	84/85	70,000	"
	88/89		
	89/90	80,000	"
	93/94		
PLNの住宅1戸当りの年間電力消費量指針(kWh)	1983	都市部 1,500kWh	農村部 700kWh
	88	1,800 "	800 "
	93	2,000 "	950 "
	98	2,500 "	1,000 "
	2003	3,000 "	1,200 "

次にカテゴリー別の電力需要を下記に示す。

(a) 住宅用

住宅1戸当りの年間電力消費量を過去のデータより

都市部 1,220 kWh 農村部 750 kWh

とし、年平均伸び率をPLN指針を参考にして、

都市部	2.6%	農村部	1.8%
-----	------	-----	------

とする。

以上より、住宅用需要は下記の通り。

年	1981	1990	2000
都市部	19.7 Gwh	59.9 Gwh	121.4 Gwh
農村部	5.8 "	62.9 "	237.8 "
合計	25.5 "	122.8 "	358.2 "

(b) 商業用

商業契約者1戸当りの年間電力消費量を過去のデータより

都市部	2,590 kWh	農村部	1,090 kWh
-----	-----------	-----	-----------

とし、年平均伸び率を

都市部	7.5%	農村部	7%
-----	------	-----	----

とする。

以上より、商業用需要は下記の通り

年	1981	1990	2000
都市部	6.1 Gwh	27.7 Gwh	87 Gwh
農村部	1.6 "	11.9 "	71.4 "
合計	7.7 "	39.6 "	158.4 "

(c) 公共用

公共用契約者1戸当りの年間電力消費量を過去のデータより

都市部	9,940 kWh	農村部	2,990 kWh
-----	-----------	-----	-----------

とし、年平均伸び率を

都市部	7.8%	農村部	3%
-----	------	-----	----

とする。

以上より、公共用需要は下記の通り

年	1981	1990	2000
都市部	5.8 Gwh	26.6 Gwh	85.9 Gwh
農村部	1.4 "	7.8 "	12.8 "
合計	7.2 "	34.4 "	98.7 "

(d) 工業用

工業用需要は大きく次の3 sub-category に分けて予測積算した。

- (i) 需要家 A …… 既存の工場で PLN との電力契約者
合計需要家数15、契約電力容量2,263.5 kVA
- (ii) 需要家 B …… 自家発により電力を自給自足
将来、電力を PLN より受電
合計需要家数50、発電設備容量86,725 kVA
- (iii) 需要家 C …… 新規プロジェクトによる新規の需要家
次の電力需要を考えた。

- BKPM (投資委員会)

BKPMに工場設立許可申請をしている者による電力需要

- PLN

PLN に電力契約の申請をしている者による電力需要

- Perkebunan (農業プランテーション局)

プランテーション計画(やし、ココナツ、ゴム等)による原材料から製品化する
ときの電力需要

- Kahutanan (林野局)

林業関連工業(製材及合板他)の工場設立希望者

以上の工業用の需要をまとめて下記に示す。

Year	1981	1990	2000
Industrial Customer A	5.4 Gwh	5.4 Gwh	5.4 Gwh
Industrial Customer B	—	1.7 "	190.1 "
Industrial Customer C	—	199.8 "	449.4 "
Total	5.4 "	206.9 "	644.9 "

第4章 計画の基礎的検討

第4章 計画の基礎的検討

4.1 発電計画

4.1.1 計画地域の概要

コタパンジャン水力発電開発プロジェクトは、カンパール川の支流カンパールカナン川と、その小支流マハット川の合流点ムアラマハットから約10km下流に位置し、リアウ州の州都パカンバルからは約85km、バンキナンからは約20kmの距離にある。ダムサイトの左岸を、パカンバル(Pekanbaru)～パダン(Padang)の幹線道路が通過しており、アクセスは容易である。

カンパール川は流域面積21,530km²を有し、リアウ州の四大河川(ロカン〔Rokan〕川、シアク〔Siak〕川、カンパール川、インドラギリ〔Inderagiri〕川)の中で最大の規模であり、且つリアウ州の中央を流下し、パカンバル付近を通過する極めて重要な河川である。

カンパールカナン川は、その源をバリサン(Barisan)山脈のアマス(Amas)山(標高2,271m)、ヒジャウ(Hidjau)山(標高2,274m)等とし、急峻な山岳地帯を多くの支流を集めて流下し、準平原台地を緩やかに通過し、ムアラマハット付近でマハット川を合流した後、コタパンジャンダムサイトに達する。ランタウベランギン付近から平坦な沖積平野を流下し、パカンバル東南約30kmでカンパールキリ(Kampar Kiri)川を合流してカンパール川となり、マラッカ(Malacca)海峡へ注いでいる。

コタパンジャンダムサイトは、その前後約1kmにわたり両岸が迫り、川幅の狭い区間に選定されており、比較的小さなダムで大容量の貯水池が得られることが特徴である。

又、流域の山岳地帯は、インドネシアでは最多雨地帯で、年間降雨量は3,500～4,000mmに達し、世界第5位であり、下流の平野部でも2,000～3,000mmの降雨がある。従って、河川流量は豊富である。即ち、ダムサイトにおける1971年～1981年の11ヶ年間の年平均流量は約185m³/s、年平均流出量は約58億m³である。

計画地域の河川勾配は緩く、湛水区間ではカンパールカナン川で約1:1,070、マハット川で約1:1,500、ダム下流～ランタウベランギンでは約1:1,090である。

以上の立地条件から、発電計画としてはダム式発電所が最適である。

4.1.2 流量解析

(1) ダムサイト流量

コタパンジャンダム地点の流量は、カンパールカナン川下流約65km付近に設置されているダナウビクアン測水所 (C.A.=4,035km) 及びパッサールカンパール雨量観測所の観測資料から求めた。ダナウビクアン測水所の資料は1977年～1981年の5年間であるため、この5年間の流量を流域換算して求めると共に、更に長期間の水資料を得るため、パッサールカンパール雨量観測所の降雨資料を基に、タンクモデルで流出解析を行い1971年～1976年の流量資料を作成した。

これら11年間の貯水池流入量の流況は、表4.1に示す通りである。

なお、2段開発を検討する場合のマハット地点のダムサイト流量は、コタパンジャンダム地点の流量を流域換算して求めた。マハット地点の河川流量の流況は表4.2に示す通りである。

☒ 4.1 Discharge Duration of River at Proposed Kotapanjang Dam Site

(C.A. 3,337.0 km²)

(Unit: m³/s)

Year	Maximum Discharge	35 days Discharge	Wet Discharge (95 days)	Mean Discharge (185 days)	Low Water Discharge (275 days)	Drought Discharge (355 days)	Minimum Discharge	Annual Average
1971	832.92	306.00	158.84	110.12	80.09	47.05	39.04	150.20
1972	1,156.94	406.11	216.24	129.81	80.76	51.39	49.05	191.29
1973	1,303.43	531.92	307.00	179.20	128.47	69.74	59.73	255.33
1974	1,205.66	313.34	158.84	113.12	94.44	76.75	68.07	161.82
1975	1,202.32	434.81	201.55	142.49	109.45	74.75	62.07	205.45
1976	1,260.05	451.16	234.59	139.49	89.43	59.73	57.40	208.82
1977	733.47	422.46	223.25	148.16	101.78	59.06	47.39	193.97
1978	670.74	397.77	274.64	171.19	80.09	41.38	36.37	199.04
1979	544.26	330.70	208.23	130.48	87.10	42.38	36.71	165.56
1980	477.86	287.32	195.21	131.81	84.96	55.06	47.05	155.39
1981	552.94	341.04	199.55	119.80	66.41	33.70	30.37	156.60
Total	9,940.59	4,222.64	2,377.95	1,515.67	1,002.77	606.00	533.25	2,043.49
Average	903.66	383.76	216.24	137.82	91.10	55.06	48.39	185.77

表 4.2 Discharge Duration of River at Proposed Mahat Dam Site

(C.A. 1.075.0 km²)

Year	Maximum Discharge	35 days Discharge	Wet Discharge (95 days)	Mean Discharge (185 days)	Low Water Discharge (275 days)	Drought Discharge (355 days)	Minimum Discharge	Annual Average
1971	268.32	98.58	51.17	35.98	25.80	15.16	12.58	48.48
1972	372.70	130.83	69.66	41.82	26.02	16.56	15.80	61.49
1973	419.90	171.36	98.90	57.73	41.39	22.47	19.24	82.24
1974	388.40	100.94	51.17	36.44	30.42	24.73	21.93	52.25
1975	387.32	140.07	64.93	45.90	35.26	24.08	20.00	65.68
1976	405.92	145.34	75.57	44.94	28.81	19.24	18.49	67.30
1977	236.29	136.10	71.92	47.73	32.79	17.42	15.27	62.24
1978	216.08	128.14	88.47	55.15	25.80	13.33	11.72	64.07
1979	175.33	106.53	67.08	42.03	28.06	13.65	11.83	53.11
1980	153.94	92.56	62.89	42.46	27.31	17.74	15.16	50.10
1981	178.13	109.87	64.29	38.59	21.39	10.86	9.78	50.53
Total	3,202.31	1,360.31	766.05	488.27	323.04	195.22	171.77	657.36
Average	291.11	123.63	69.66	44.40	29.35	17.74	15.59	59.77

(Unit: m³/s)

(2) 設計洪水流量の検討

ダム設計洪水流量の設定にあたっては、流出解析及びインドネシアの既設ダムの設計洪水流量の調査を行い、生起確立 200 年の洪水流量をもって設計洪水流量とした。

(a) 流出解析

生起確立 200 年洪水流量は、以下の 3 通りの方法で求めた。

①ダムサイト近傍の雨量観測所の中で最も長期的な資料を有するコタパルー雨量観測所の 1902 年～1975 年（内 23 年欠測）の資料により生起確率 200 年の雨量を求め、合理式により設計洪水流量を求める。

②①の方法と同様に合理式を用いるが、雨量強度はジャカルタの降雨強度式によるもの。

③ダムサイト近傍の雨量観測所パッサールカンパールの時間雨量資料の中から代表降雨を設定し、貯留関数法により設計洪水流量を求める。但し、代表降雨が生起確率 200 年の降雨より小さい場合、生起確率 200 年の降雨と日雨量が等しくなるよう引き伸ばすこととした。

(i) 合理式による推定

コタパルー雨量観測所の年最大雨量を Hazen 法によりまとめたものを表 4.3、図 4.1 に示す。

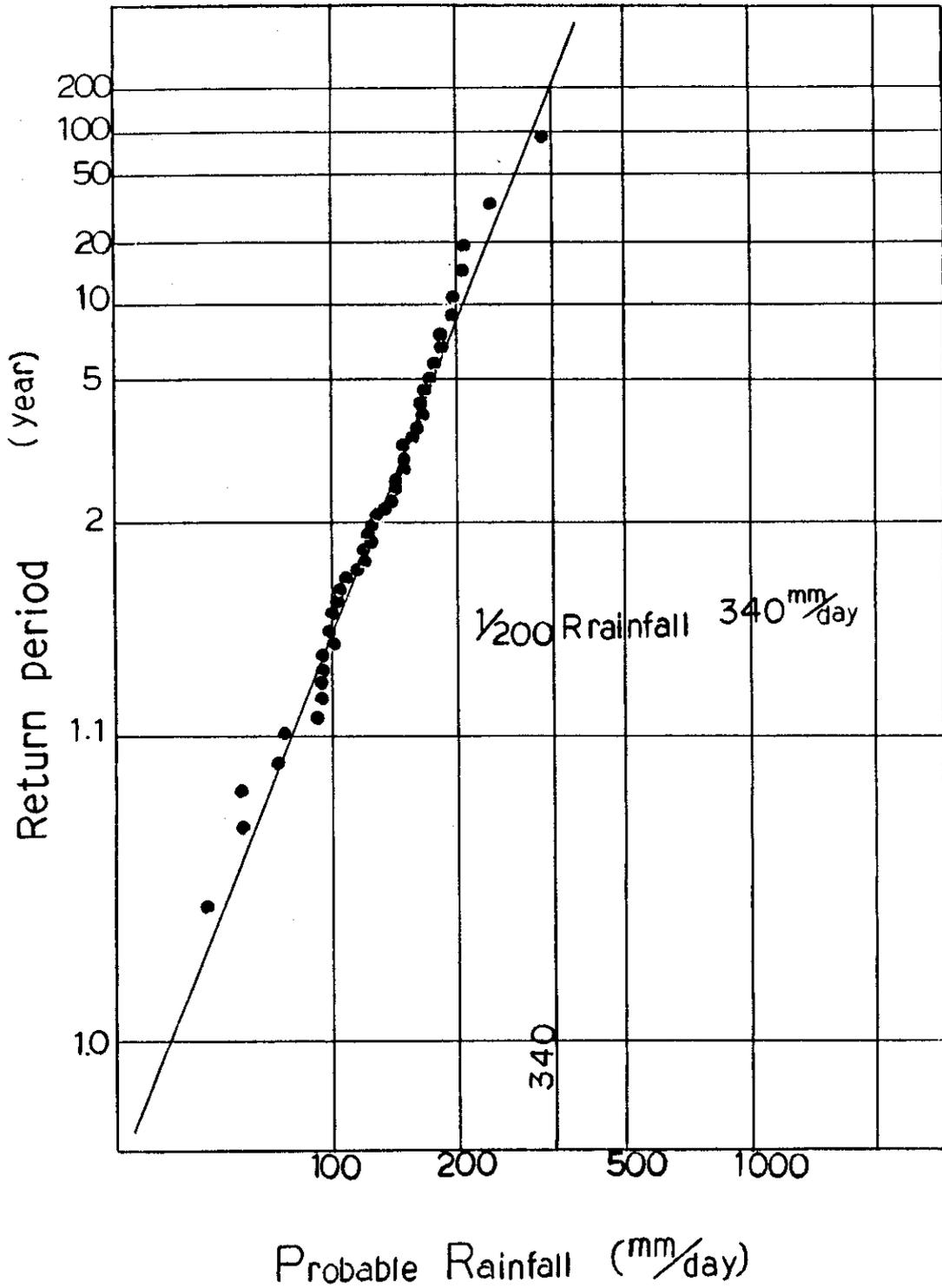
表 4.3 Frequency Analysis by Hazen Method

Order (i)	Probable Year of Occurrence	Annual Max. Rainfall (mm/day)	$\frac{2i - 1}{2N}$	Order (i)	Probable Year of Occurrence	Annual Max. Rainfall (mm/day)	$\frac{2i - 1}{2N}$
1	1914	318	0.011	26	1927	125	0.554
2	1925	239	0.033	27	1916	120	0.576
3	1940	209	0.054	28	1902	120	0.598
4	1917	208	0.076	29	1941	116	0.620
5	1920	199	0.098	30	1919	108	0.641
6	1906	195	0.120	31	1933	105	0.663
7	1922	186	0.141	31	1907	102	0.685
8	1912	185	0.163	33	1911	101	0.707
9	1931	179	0.185	34	1930	100	0.728
10	1913	174	0.207	35	1928	100	0.750
11	1918	169	0.228	36	1970	100	0.772
12	1908	167	0.250	37	1957	96	0.794
13	1904	165	0.272	38	1929	96	0.815
14	1935	160	0.294	39	1939	95	0.837
15	1955	155	0.315	40	1936	95	0.859
16	1932	150	0.337	41	1938	93	0.880
17	1924	150	0.359	42	1903	77	0.902
18	1923	150	0.380	43	1905	75	0.924
19	1909	145	0.402	44	1975	61	0.946
20	1915	143	0.424	45	1974	61	0.967
21	1937	141	0.446	46	1973	50	0.989
22	1921	137	0.467				
23	1954	130	0.489				
24	1956	127	0.511				
25	1934	125	0.533				

観測所： コタパルー

観測期間： 1902 - 1925 (24年間)
 1927 - 1941 (15年間)
 1954 - 1957 (4年間)
 1973 - 1975 (3年間)
 N = 46

☒ 4.1 Frequency Analysis of Rainfall



生起確率 200 年降雨は、340 mm/day となる。これより設計洪水流量 Q は、下式の通りである。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot A \cdot r$$

$$r = r_0 \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

$$T = \frac{\ell}{\omega}$$

$$\omega = 72 \left(\frac{H}{\ell} \right)^{0.6}$$

ここに、	H : 最上流点からの落差	(km)	= 635 m - 85 m
			= (2,080 m × 0.305)
	ℓ : " 水平距離	(km)	= 0.55 km
			= 75 km
	ω : 洪水の到達速度	(km/hr)	
	T : 到達時間	(hr)	
	r_0 : 日雨量 / 24	(mm/hr)	= 340 / 24 = 14.2 mm/hr
	r : 雨量強度	(mm/hr)	
	A : 集水面積	(km ²)	= 3,337 km ²
	f : 流出係数		= 0.6

① 到達速度

$$\omega = 72 \times \left(\frac{0.55}{75} \right)^{0.6} = 3.77 \text{ km/hr}$$

② 到達時間

$$T = \frac{75}{3.77} = 19.9 \text{ hr}$$

③ 雨量強度

$$r = 14.2 \times \left(\frac{24}{19.9} \right)^{2/3} = 16.1 \text{ mm/hr}$$

④ ピーク流量

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.6 \times 3,337 \times 16.1 = 8954 \div 9000 \text{ m}^3/\text{s}$$

但し、流出係数 f は、下表より「流域のなかば以上が平均である大河川」に対して示される値 (0.5~0.75) のほぼ中央値を設定している。

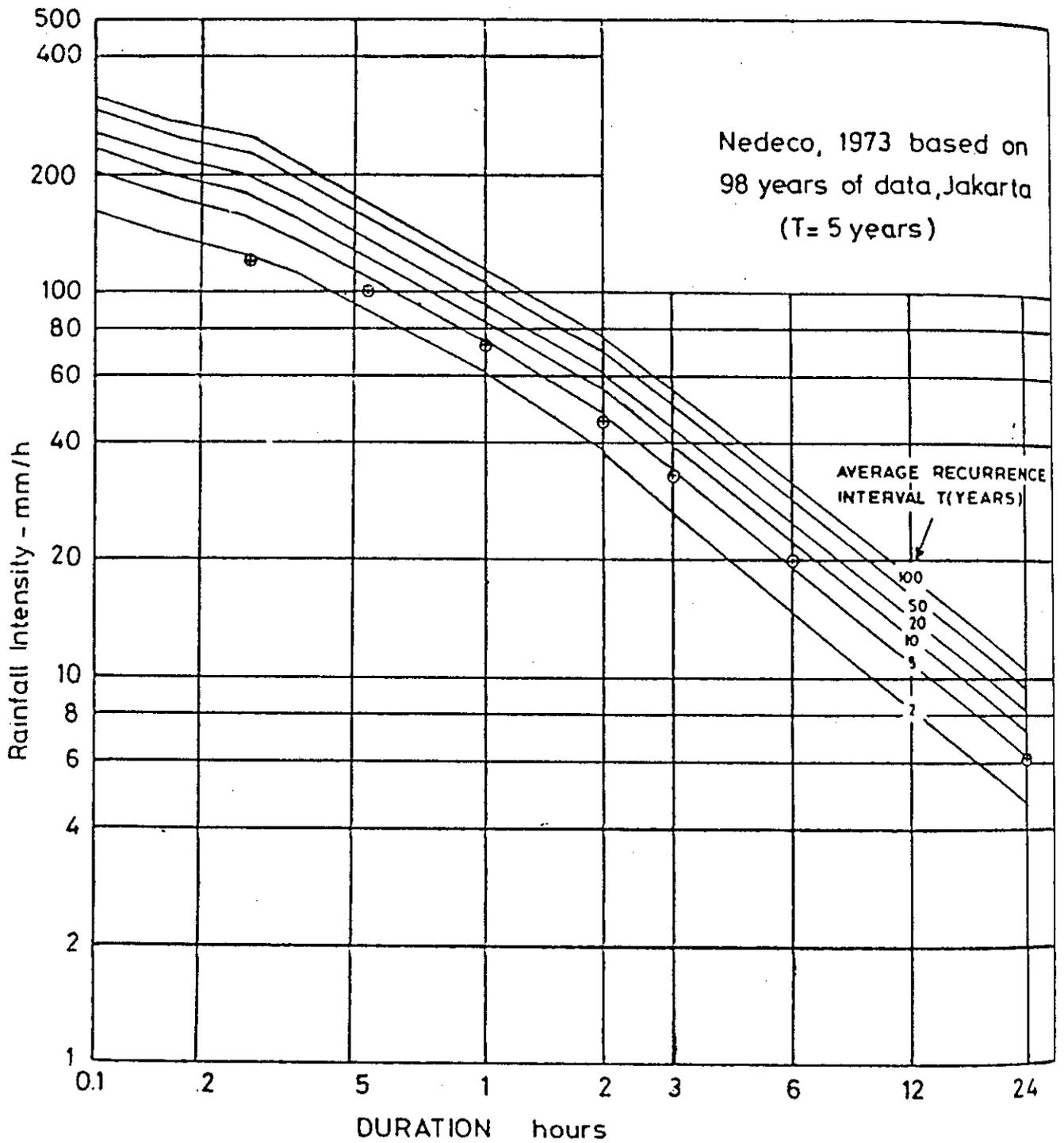
日本内地河川の流出係数 f の値

急峻な山地	0.75 ~ 0.90
三紀層山岳	0.70 ~ 0.80
起伏のある土地 および樹林	0.50 ~ 0.75
平坦な耕地	0.45 ~ 0.60
かんがい中の水田	0.70 ~ 0.80
山地河川	0.75 ~ 0.85
平地小河川	0.45 ~ 0.75
流域のなかば以上が 平地である大河川	0.50 ~ 0.75

(ii) ジャカルタの降雨強度式による推定

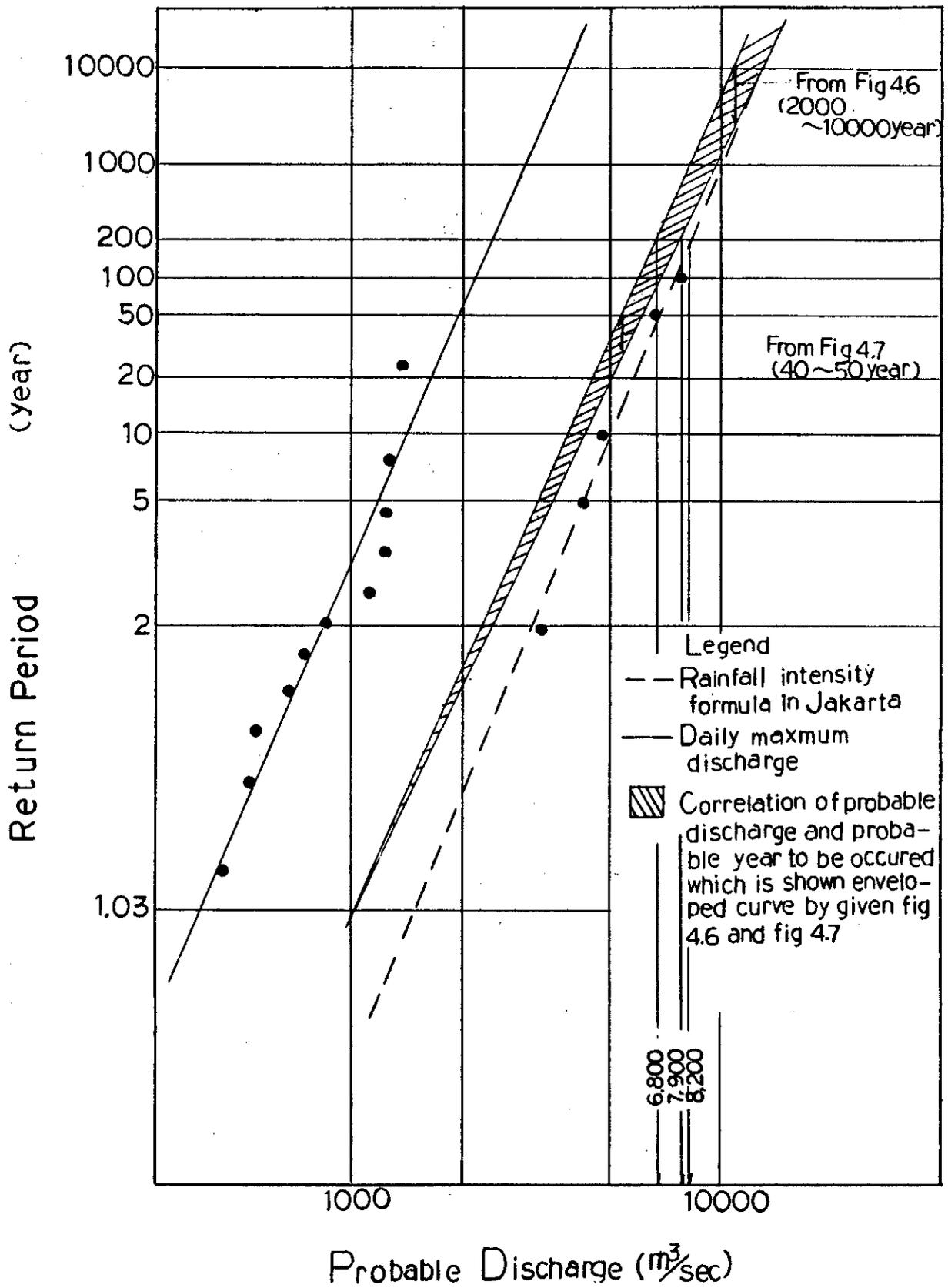
ジャカルタで採用されている雨量強度と継続時間の関係は図 4.2 の通りである。1976年12月18日～19日の降雨より継続時間を18(h_r) (iii) 3) 参照) と設定し、各確率年の雨量強度を求め合理式により設計洪水流量を求めたものを図 4.3 に示す。これより生起確率200年の設計洪水流量は、 $Q = 8,200 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

☒ 4.2 Correlation of Rainfall Intensity and Duration Hours



Note : The frequency curves have been converted to unrestricted time intervals
Source : Irish 1978

☒ 4.3 Frequency Analysis of Discharge



(iii) 貯留関数法による推定

1) 流域分割

全流域 (C.A. 3,337km²) を図 4.4 に示す 4 流域に分割した。各流域の諸元は下表の通りである。

		流域面積 (km ²)	流路長 (km)	勾配
流域	1	628.5	43.3	0.0033
	2	728.3	58.6	0.0100
	3	1,142.2	83.0	0.0100
	4	838.0	82.8	0.0125
河道	I		82.8	0.0125

2) 貯留関数法に用いる定数の設定

貯留関数法に用いる定数 (飽和雨量 R_{sa} , 一次流出率 f , 遅滞時間 T_s , 貯留に関する定数 K, P) は、流域を構成する主な支川ごとに流域を分割し、各部分流域ごとに設定されるべきであるが、本地点の資料が不足しているため、建設省河川局で提唱している経験式を用いる。

① 飽和雨量 R_{sa} , 一次流出率 f

飽和雨量については、流域の地質別下表のような実績がある。又、一般的に一次流出率は 0.5 と考えればよいとされている。

地質	パラメータ 飽和雨量 R_{sa}
第四紀火山岩	300 (280~430)
上記以外の地質	100 (0~200)

よって、本検討では、 $f=0.5$, $R_{sa}=100\text{mm}$ と設定する。

② 遅滞時間 T_s 。

部分流域について下式より設定する。

$$T_s = 0.047 \cdot L - 0.56$$

ここに L ; 流路長

河道について下式より設定する。

$$T_0 = (7.36 \times 10^{-4}) \cdot L \cdot i^{0.5}$$

ここに i ; 河道の平均勾配

③ 貯留関数を表す定数 K , P

部分流域について、下式より設定する。

$$K = 43.4 \cdot C \cdot L^{1/3} \cdot i^{(-0.5)}$$

$$P = 1/3$$

河道について下式より設定する。

$$K = 0.166 \cdot L \cdot i^{(-0.5)}$$

$$P = 0.6$$

④ ベースフロー

日流量の平均値より、 $10 \text{ m}^3/\text{sec}/100 \text{ km}^2$ とする。

以上より、貯留関数法に用いる諸定数は下表の通りである。

貯留関数法に用いる諸定数

		定 数		遅滞時間 T_0	そ の 他
		K	P		
流域	1	122.8	0.33	1.48	一次流出率 $f_1 = 0.5$ 飽和雨量 $R_{s.s} = 100 \text{ mm}$ ベースフロー $10 (\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2)$
	2	93.9	"	2.19	
	3	105.4	"	3.34	
	4	97.8	"	3.33	
河道	I	122.94	0.6	0.545	

3) 代表降雨

代表降雨は、現在資料のある中からバッサールカンパールの1976年12月降雨とする。

本降雨は、1976年12月18日～19日降った雨であり、12月18日50.7%、12月19日56.5%であり、降雨資料としては幾分小さい降雨である。

代表降雨の引き伸し率（本降雨の日合計を200年確率降雨に引き伸す）は3.238とする。これは12月18日13時～12月12日10時までの24時間の総降雨105%を200年確率降雨(Hazen法)340%に引き伸したものである。今回求めた代表降雨を下表に示す。

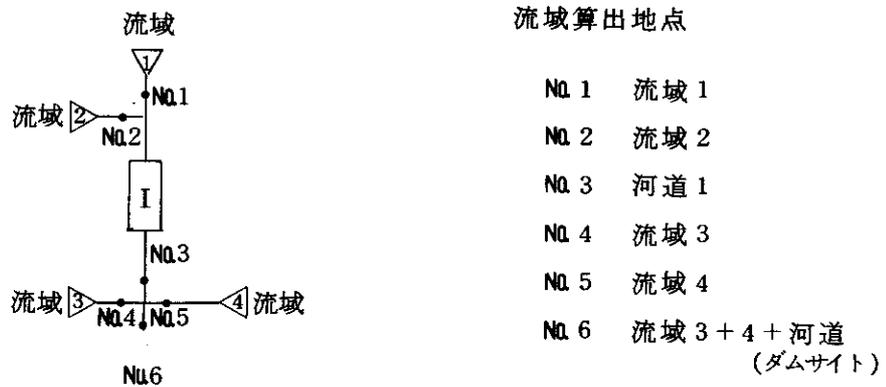
200年確率時間降雨資料

12月18日	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°
	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	85.7	1.6	0.0	0.0	37.2	32.4
12月19日	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
	67.4	42.1	16.2	16.2	11.3	2.6	0.0	13.6	11.3	2.3	0.0	0.0

4) 流域模式図

今回の解析は、下記の模式図によって行った。

流域模式図



5) 計算結果

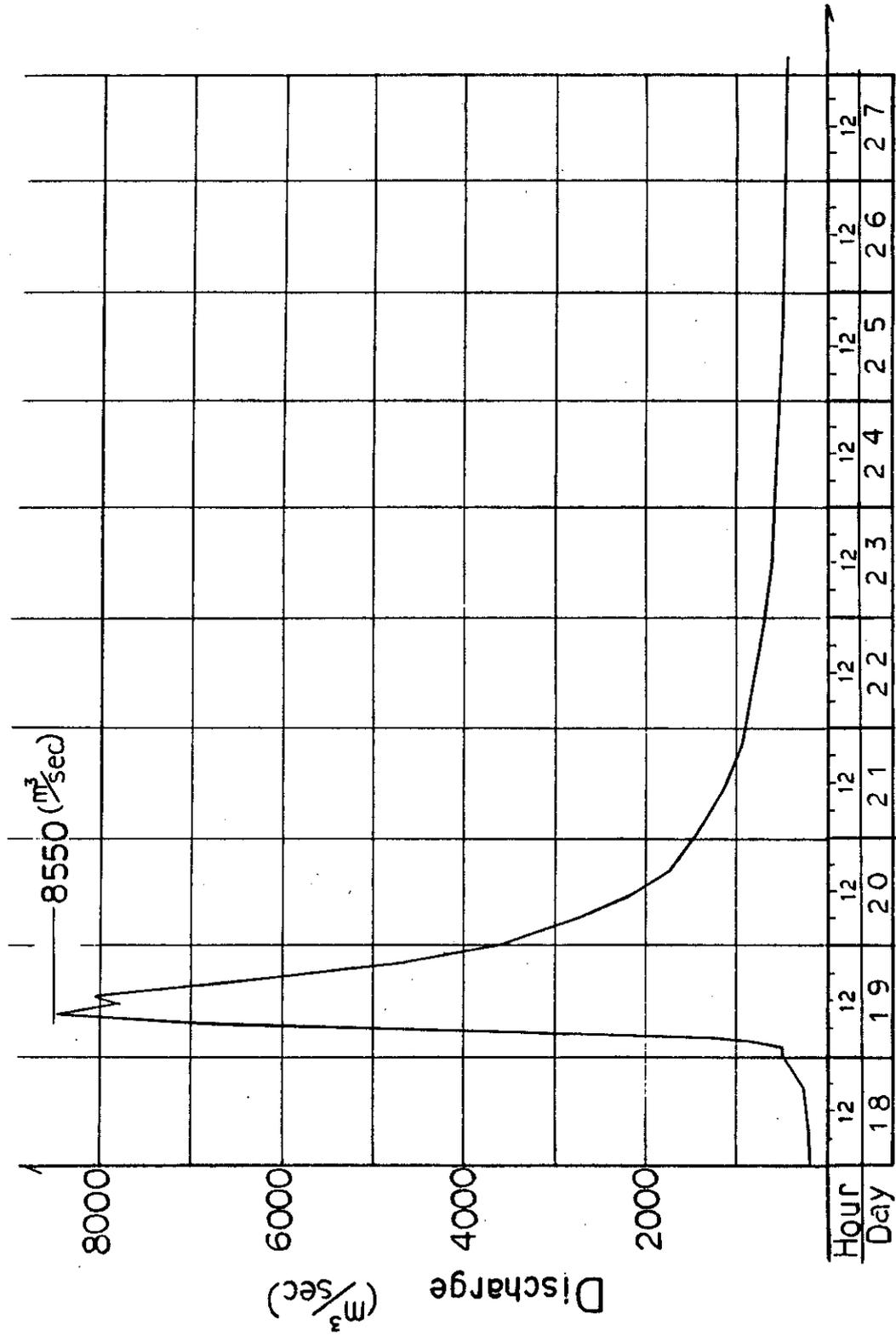
計算結果を図 4.5 に示す。これより、設計洪水流量 Q は、 $Q = 8,550 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

(b) インドネシアの既設ダムの実績

図 4.6 は、ジャワ島で既設又は建設途中のフィルダムの設計洪水流量と流域面積の関係を示している。図中各数値は、生起確率年を示しており、生起確率年は 200年から10,000年に及ぶ広範囲にわたっている。図中で各設計洪水流量を包絡する直線を考慮すると、コタパンジャンダムの流域面積 $3,337 \text{ km}^2$ に相当する生起確率 2,000年～10,000年洪水流量は、 $11,000 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

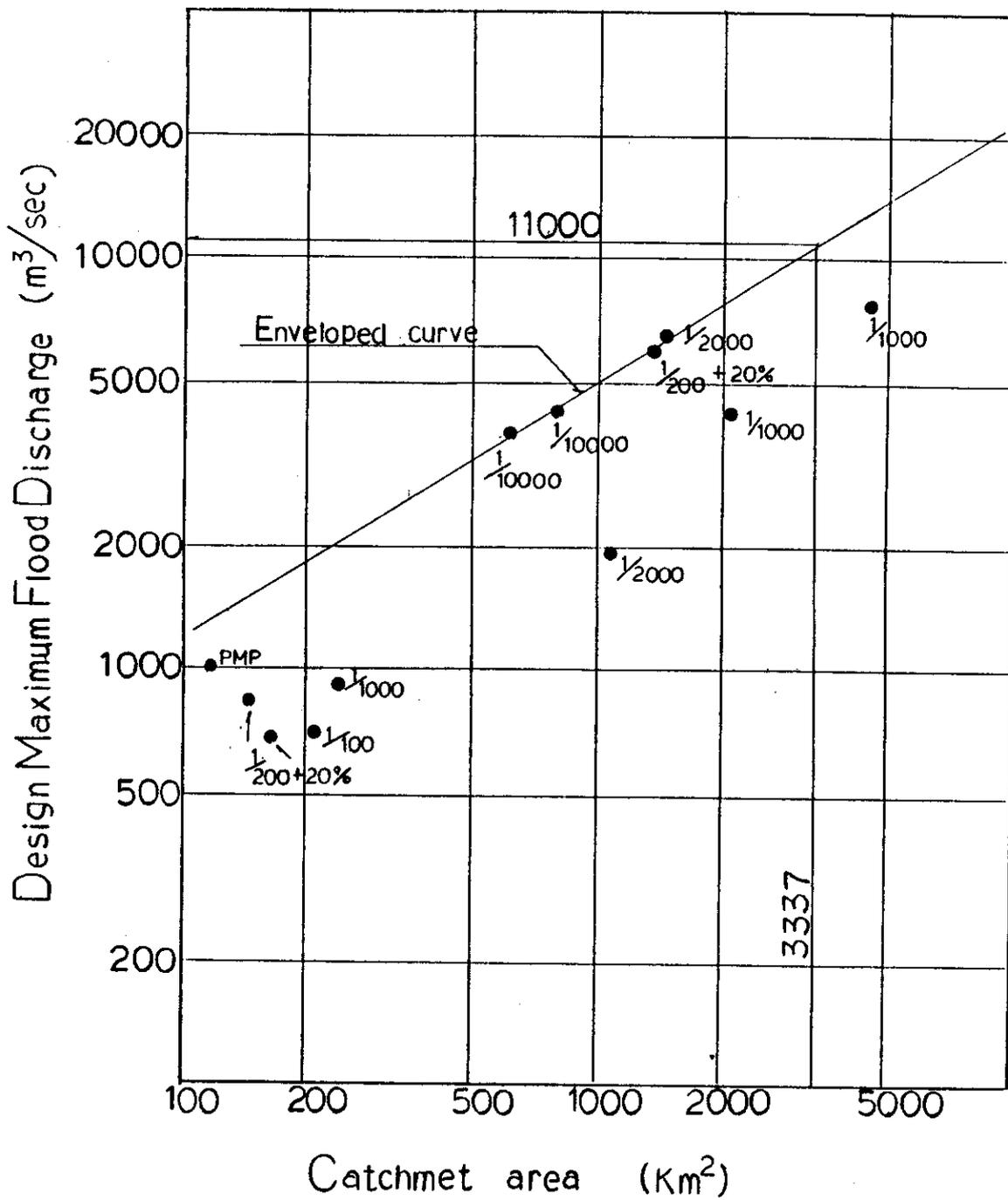
図 4.7 は、インドネシアにおける河川計画に使用された比流量と流域面積の関係である。図より各比流量を包絡する直線を考慮すると、コタパンジャンダムの流域面積に相当する生起確率 40～50年洪水流量は、

4.5 Analysis of Flood Discharge

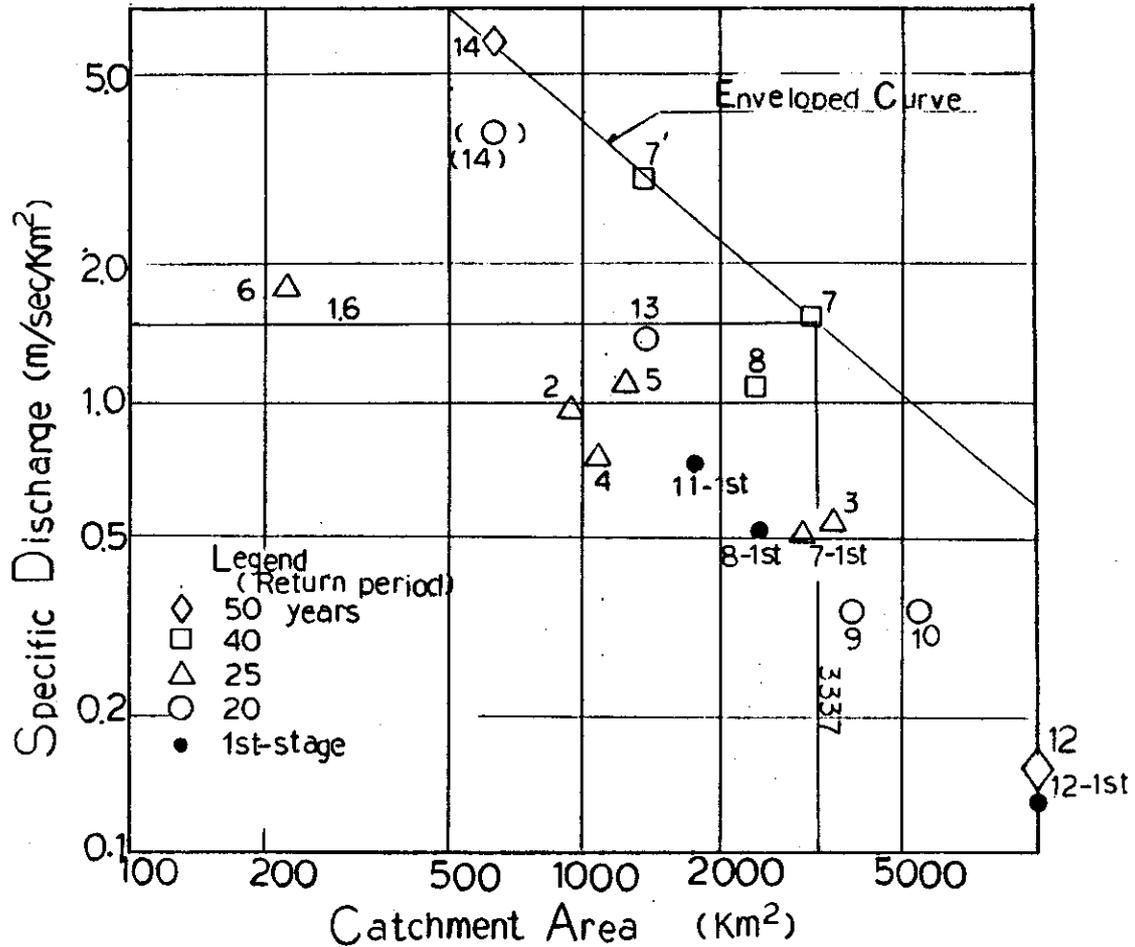


Time

图 4.6 Correlation of Design Flood Discharge and Catchment Area



▣ 4.7 Correlation of Specific Discharge and Catchment Area



No.	Name of River	Province	Catchment Area (km ²)	Design Flood (m ³ /s)	Specific Discharge	Return Period (Year)	1st-stage
1.	Sungai Cimanuk	West Jawa	3,006	1,440	0.48	25	
2.	Kali Serang	Central Jawa	937	900	0.96	25	
3.	Sungai Citanduy	West Jawa	3,680	1,900	0.52	25	
4.	Sungai Ular	North Sumatra	1,080	800	0.74	25	
5.	Kali Pemali	Central Jawa	1,228	1,300	1.06	25	
6.	Sungai Cipanas	West Jawa	220	385	1.75	25	
7.	Bengawan Solo	Central/East	3,320	5,240 (2,000)	1.58 (0.60)	40	1,500(10y)
8.	Kali Mndium	East Jawa	2,400	2,600	1.08	40	1,200(17y)
9.	Sungai Wanps	North Sumatra	3,840	1,320	0.34	20	
10.	Sungai Arakundo	Aceh	5,495	1,800	0.33	20	
11.	Sungai Kring Aceh	Aceh	1,775			20	1,300(5y)
12.	Kali Brantas	East Jawa	10,000	1,500	0.15	50	1,300(10y)
13.	Sungai Bila	South Surawesi	1,368	1,900	1.39	20	
14.	Jeneberang	South Surawesi	624	3,700 (2,300)	5.39 (3.69)	50 20	

$$1.6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 \times 3,337 \text{ km}^2 = 5,300 \text{ m}^3/\text{s}$$

これらの実績を図 4.3 にプロットとし、生起確率 200 年の設計洪水流量を推定すると、 $6,800 \leq Q \leq 7,900 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

(c) ダムサイト下流の実績

ダムサイト下流のダナウピンクワン測水所 (C.A. = 4.035 km²) の水位観測資料 (自己水位計により測定) の中から最近 5 年間の洪水時の瞬間最大水位に、当測水所の流量曲線を適用し、流量を求めたものを下表に示す。

No.	水位 H(m)	流量 Q(m ³ /s)	測定日	備考
1	6.90	2,084.3	1978年12月15日	◦ 流量曲線 $Q = 26.306H^2 + 181.985H + 12.164$ Q : 流量 (m ³ /s) H : 水位 (m) ◦ 流量は C.A. = 3.337 km ² に 換算した。
2	5.73	1,586.7	1979年2月10日	
3	5.27	1,407.4	1979年11月27日	
4	5.02	1,313.8	1980年11月25日	
5	4.92	1,277.2	1977年12月8日	
6	4.83	1,244.5	1978年3月24日	
7	4.73	1,208.7	1979年1月10日	

上記より、コタパンジャンダム地点に推定される 5 ケ年の洪水流量は 2,087 m³/s となる。

(d) 設計洪水流量の設定

各算定式及び実績で求められたコタパンジャンダムの設計洪水流量の推定値は下表の通りである。

手 法		設計洪水流量推定値 Q (m ³ /s)	備 考
1	合 理 式	8,954	生起確率 200 年
	合 理 式 (雨量強度はジャカルタの実績)	8,200	
2	貯 留 関 数 法	8,550	
3	他 ダ ム の 実 績	$6,800 < Q < 7,900$	

以上により、設計洪水流量として $Q = 9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を設定する。

又、現在仮排水路の設計洪水流量を $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と設定している。

これは図 4.7 の他地点のダムの実績より生起確率 1.03年を考慮し、設定した。

(3) 設計堆砂量の検討

設計堆砂量の設定にあたっては、インドネシア国内での実績調査、カンパール川及びマハット川での浮遊土砂量の実測並びに種々の推定式を用いて行った。

(a) ダムプロジェクトの実績

ダム名	比堆砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$)	ダム形式 (ダム高さ m)	流域面積 (km^2)	位置、河川名
Cirata	1,430	コンクリート重力 (114)	4,119	ジャワ島 Citarum R.
Wonogiri	1,170	ロックフィル (37.5)	1,020	ジャワ島 Benga Wan Solo R.
Riam Kiwa	246	アースフィル (50)	1,420	カリマンタン島 Riam Kiwa R.

(b) 浮遊土砂からの推定

今回の調査より、カンパール川(ムアラマハット)及びマハット川(ルブクンポパイ)で浮遊土砂量は、表 4.7 の通り測定されている。浮遊土砂の堆砂量 q_s については、安全側を考慮し表 4.4 の最大値 $143.66 (\text{mg}/\ell)$ を用いて検討する。表 4.1 から貯水池への平均流入量 $185.77 \text{m}^3/\text{s}$ 、堆砂の密度を一般的な $1.5 \text{t}/\text{m}^3$ とすると、

$$\begin{aligned} q_s &= 143.66 \times 10^{-6} \times 185.77 \times 10^3 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 / 1.5 \\ &= 561,082 \text{m}^3/\text{年} \end{aligned}$$

掃流土砂量は浮遊土砂量の 20% 程度と考えると、堆砂量は、

$$Q = 1.2 \times q_s = 673,298.9 \text{m}^3/\text{年}$$

比堆砂量 Q_s は、C.A. = 3,337 km^2 より

$$Q_s = 197 \text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$$

となる。なお、ウオノギリダムでは掃流土砂量を 15% としている。

表 4.4 Measured Results of Soil Sedimentation

River	Location	Soil Sedimentation (mg/l)	Investigation Date	Remarks
Kampar Kanan River	Muara Paiti	6.63	Sept. 9, 1977	- All data represent means of 3 measurements
		7.33	Feb. 24, 1980	
		18.00	Aug. 9, 1980	
		12.67	Oct. 10, 1980	
		23.33	Feb. 1, 1981	
		42.33	Apr. 1, 1981	
		24.00	Dec. 9, 1981	
		27.33	Feb. 1, 1982	
		108.00	Feb. 18, 1982	
	Mean	17.67	Apr. 26, 1982	
	28.70	-		
Mahat River	Lubuk Sipopay	10.60	Sept. 8, 1977	
		17.00	Feb. 25, 1980	
		21.00	Aug. 10, 1980	
		6.67	Oct. 8, 1980	
		10.67	Dec. 30, 1980	
		18.33	Mar. 30, 1981	
		14.33	Aug. 12, 1981	
		143.66	Feb. 17, 1982	
		16.67	Apr. 25, 1982	
	Mean	22.00	May 31, 1982	
	28.09	-		
Total Mean		28.40	-	

(c) その他の式

日本国内で広く用いられている方法に、吉良・田中及び石外の式があるので、参考までにこれらの式によって堆砂率を求めると、次の通りとなった。

吉 良	170	m ³ /km ² /年	
田 中	134	"	(76 ≤ Q _s ≤ 193)
石 外	640	"	(346 ≤ Q _s ≤ 933)

(d) 設計堆砂量の設定

堆砂量の実績、浮遊土砂量からの推定及び種々の推定式による比堆砂量の推定値は下表の通りである。

手 法		比堆砂量推定値 (m ³ /km ² /年)	備 考
1	既設ダムの実績	246 ≤ Q _s ≤ 1,430 (838)	()内は、 平均値を示す。
2	浮遊土砂量 からの推定	197	
3	吉 良 の 式	170	
4	田 中 の 式	76 ≤ Q _s ≤ 193 (134)	
5	石 外 の 式	346 ≤ Q _s ≤ 933 (640)	

以上より、今後更に調査を継続するものとし、現段階では、上記推定値を総合勘案し、比堆砂量を500 m³/km²/年と設定した。

4.1.3 開発方式の検討

コタパンジャン開発計画の策定に当り、Scope of Workに従い、従来考えられていた1段開発計画と2段開発計画の二つの開発計画について検討を行った。

1段開発計画は、カンパールカナン川と支流マハット川の合流点から約10km下流に、コタパンジャン地点として高さ58mのダム(HWL 85m)を築造し、有効貯水貯水容量9億m³の貯水池により、111 MWの発電所を建設するものである。(ダムサイトは、4.1.4で述べるダム軸4とする。) この案は、大規模電源開発による河川の有効利用並びに下流の治水及び利水効果が期待できる。一方、貯水池の湛水により家屋2,650戸、田畑約9,000ha及び国道約35kmが水没する。

2段開発計画は、水没補償を軽減させる方策として、2段階に調整池を設ける案で

ある。下流地点としてカンパールカナン川に一段開発計画と同じ位置に高さ30.5mのダム(HWL 58m)有効貯水容量0.2億 m^3 の調整池及び41MWのコタパンジャン発電所を建設し、上流地点としてマハット川のタンジュンパウ(Tanjung Pauh)上流に高さ38m(HWL 85m)のダム、有効貯水容量0.2億 m^3 の調整池及び23MWのマハット発電所を建設するものである。この計画では水没は家屋約390戸、田畑約1,860ha及び国道16kmに減少する。

これら二つの開発計画の位置及びプロフィールは、図4.8に示す通りである。

開発方式について比較検討した結果は、表4.5に示す通り、1段開発計画の方が有利という結果となった。従って、この報告書では1段開発計画を対象として述べるものとする。又、比較検討のための設計図は、図4.9、図4.10及び図4.11の通りである。

表 4.5 開発方式の比較検討表

項目	発電所名 1 段開発計画 コタパンジャン	2 段 開 発 計 画		
		コタパンジャン	マ ハ ッ ト	計
流域面積 (km ²)	3,337	3,337	1,075	
年平均流入量 (m ³ /s)	185.8	185.8	59.9	
満水位 (m)	85	58	85	
低水位 (m)	73.5	54	81	
有効貯水容量(10 ⁶ m ³)	900	20	20	
発電方式	貯水池式	調整池式	調整池式	
ダム高 (m)	58	30.5	38	
ダム形式	コンクリート重力式	コンクリート重力式	コンクリート重力式	
最大出力 (kW)	111,000	41,000	23,000	64,000
最大使用水量 (m ³ /s)	342	342	110	
有効落差 (m)	38.7	14.2	24.5	
年間発生電力量(10 ⁶ kWh)	532	173	96	269
設備利用率 (%)	55	48	48	
建設費 (10 ⁶ US\$)	176,541	112,900	55,000	167,900
kW当り工事費 (US\$)	1,590	2,753	2,391	2,623
kWh当り工事費 (US\$)	0.33	0.65	0.57	0.62
B/C	1.84	0.97	1.11	1.02
B-C (10 ⁶ US\$)	21,080	-498	838	340

4.1.4 ダムサイト及びダム形式の検討

ダムサイトの選定に当っては、現地踏査の際に、既存の1:25,000地形図を基にダム軸1、2、3及び4について、比較検討を行った結果、ダム軸2及び3は比較的接近しているためダム軸2は除外し、ダム軸1、3及び4についてダム軸の比較検討を行った。又、ボーリング等の地質調査もこの三つの軸に対して行われたものである。(図2.1参照)

本地点は、洪水流量が多く、工事中及び完成後の洪水処理の関係でコンクリート重力ダムが有利と考えられるので、まずダム軸1、3及び4においてコンクリート重力ダムによる優劣を比較検討した。次にフィルダムについては、地形上からダム軸3が最適であるので、ここで中央土質しゃ水壁型ロックフィルダムを検討した。この場合、発電所の位置は右岸と左岸について比較検討を行った。

検討の方法は各ケース毎に最適のレイアウトを行い、水車、発電機等の各ケースとも同一の工事費を除いたダム本体、洪水吐き、転流工、発電所等の合計工事費を比較した。この結果は、表4.6に示す通り、ダム軸4でコンクリート重力ダムが最適となった。

表4.6 ダムサイト及びダム形式の比較検討表

(10⁹ US\$)

項目		コンクリート重力ダム			フィルダム	
		Axis 1	Axis 3	Axis 4	Axis 3 (洪水吐右岸)	Axis 3 (洪水吐左岸)
ダム	堤体工	25,158	18,715	18,140	9,867	6,480
	洪水吐	8,857	9,113	8,821	21,325	31,000
	転流工	7,046	7,488	5,879	11,779	14,383
	閉塞工	377	377	377	533	533
	その他	8,288	7,139	6,637	8,701	10,479
	計	49,726	42,832	39,854	52,205	62,875
発電所		10,176	11,804	10,012	15,572	16,042
ゲート等	ゲート	8,842	8,842	8,842	10,513	9,250
	水圧鉄管	1,291	1,291	1,291	1,883	1,900
	計	10,133	10,133	10,133	12,346	11,150
合計		70,038	64,769	59,999	80,123	90,067

4.1.5 ダム規模の予備検討

ダム規模の予備検討に当っては、ダム高、発電運転時間、有効貯水容量、利用水深を考慮し、下記のケースについて年間発生電力量、建設費を算出し、B/C、B-Cを求めた。この結果、B/C及びB-CからはHWL 85mのケースが最適と考えられる。マハット川上流のパンカラソコタバルー（人口8,600）が標高87mに位置すること、又、標高86.4m付近には仏教遺跡（ムアラタクス）があつて、現在修復工事が行われていること等を考慮し、当地点の常時満水位を85mとした。

検討結果は表4.7及び図4.12に示す通りである。又、貯水池水位容量曲線を図4.13に示す。

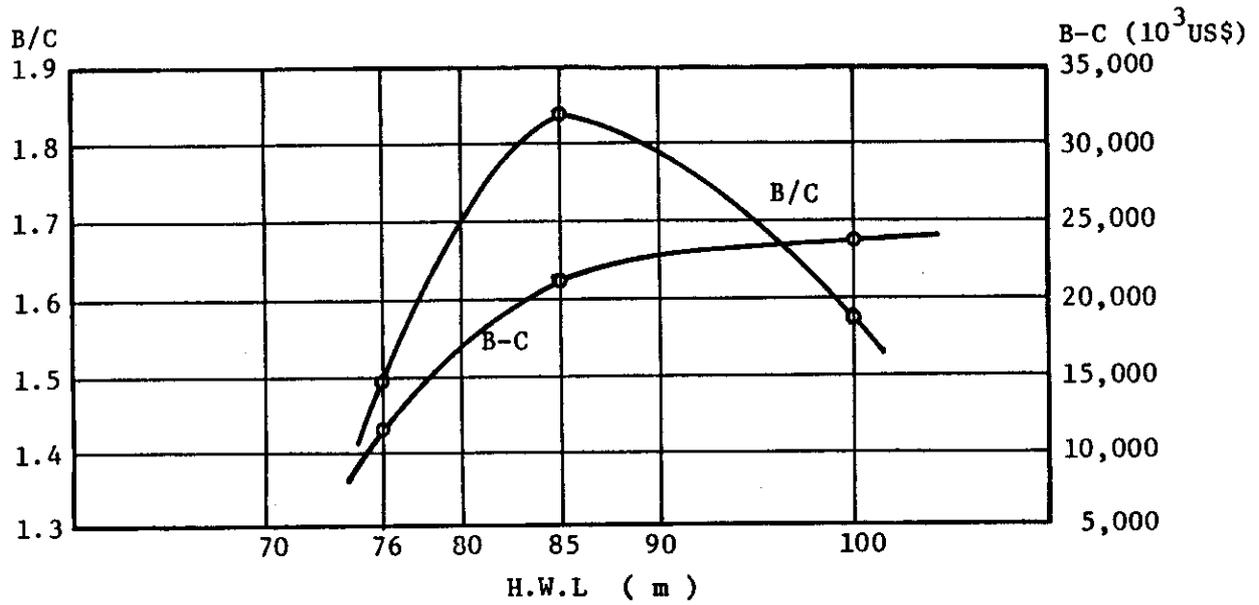
表 4.7 ダム規模の比較検討表

項目 \ HWL	100m	85m	76m	備 考
最大出力 (kW)	155,000	111,000	85,000	
最大使用水量 (m ³ /s)	342	342	342	
有効落差 (m)	53.7	38.7	29.7	
年間発生電力量 (kWh)	738×10 ⁶	532×10 ⁶	388×10 ⁶	
建設費 (10 ³ US\$)	285,900	176,500	161,300	
kW当り工事費 (US\$)	1,845	1,590	1,898	
kWh当り工事費 (US\$)	0.37	0.33	0.42	
B/C	1.58	1.84	1.49	
B-C (10 ³ US\$)	23,525	21,080	11,190	

4.1.6 発電所規模の予備検討

発電所規模の決定は、貯水池利用水深を11.5m、有効貯水容量を900×10⁶m³として、発電所規模を9ケース比較検討して決定した。検討結果は、表4.8及び図4.14に示す通りである。

图 4.12 B/C and B-C Curve of Dam Scale



発電所計算の基本条件は次の通りとする。

取水位：貯水池重心水位 (EL 81.00 m)

放水位：EL 41.00 m

最大出力： $P_{max} = 9.8 \times Q_{max} \times h \times \eta$

但し、 Q_{max} ：最大使用水量 (m³/s)

h ：有効落差 (= 38.7m)

η ：水車、発電機の総合効率 (= 0.86)

表 4.8 発電所規模の比較検討表

最大出力 (MW)	最大使用 水量 (m ³ /s)	年間発生 電力量 (10 ⁶ kWh)	年間便益 B(10 ³ US\$)	総建設費 (10 ³ US\$)	年間費用 C(10 ³ US\$)	B/C	B-C (10 ³ US\$)
65.2	200	507	39,574	149,221	21,216	1.865	18,358
81.5	250	524	42,444	158,942	22,598	1.878	19,846
97.8	300	532	44,738	168,550	23,964	1.867	20,774
111	342	532	46,180	176,541	25,100	1.840	21,080
114	350	532	46,508	178,063	25,316	1.837	21,192
130	400	532	48,257	187,500	26,658	1.810	21,599
147	450	532	50,115	196,879	27,991	1.790	22,124
163	500	532	51,864	206,225	29,320	1.769	22,544
179	550	532	53,613	215,508	30,640	1.750	22,973

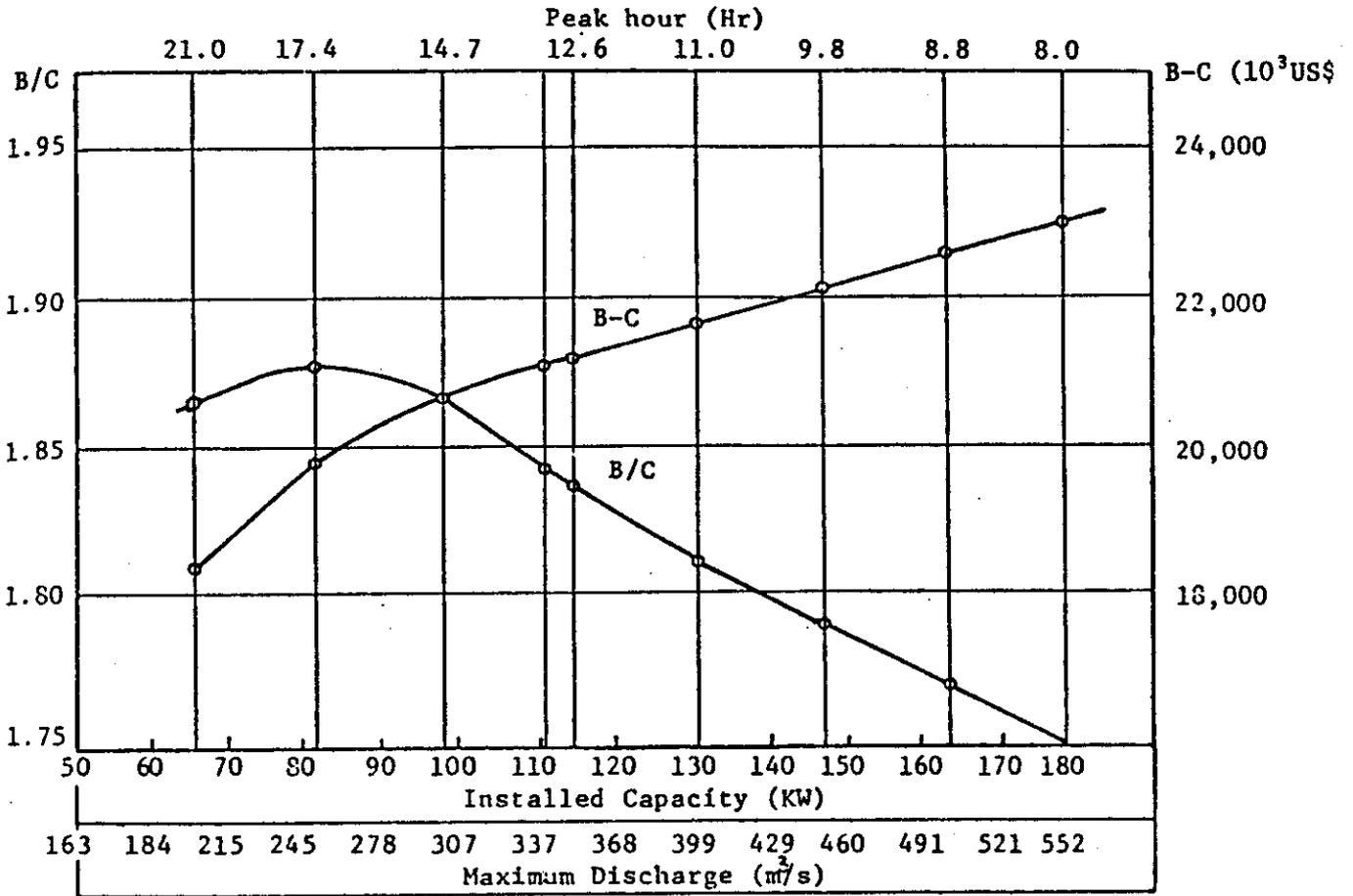
$B = 109.3 \text{ (US\$/kW)} \times (\text{出力}) + 0.064 \text{ (US\$/kWh)} \times (\text{年間発生電力量})$

$C = (\text{総建設費}) \times 0.142$

各比較ケースを見ると、B/Cは80～90 MW付近で最大になっており、規模が大きくなると減少してゆく。B-Cは設備出力が大きくなるに伴い、漸増してゆく。

リアウ州では、現在の需要の大半が家庭用であるため、負荷率は0.3～0.4程度である。比較的産業開発の進んだパダンにおける負荷率は0.5程度になっている。従って、当地点の規模決定にあたっては、将来の産業発展に伴う需要構造の変化及び将来の需給を考慮して負荷率を0.5程度とし、設備出力を111 MWとした。

☒ 4.14 B/C and B-C Curve of Power Generation Plant



4.2 送電計画

4.2.1 送電線計画

PLNでの最終ミーティングで次のことを確認した。

- (1) 送電線は、発電所開閉所からパカンバル市郊外の地点に建設されるパカンバル変電所（仮称）までとする。
- (2) 送電線ルートは、図4.15のように決める。
- (3) 送電線規模は、150kV、2回線、巨長約70kmとする。

当プロジェクトにおける送電線の範囲は上記の通りであるが、需要との関連より各県（Kabupaten）の主要な電力需要地とパカンバルとの送電線網は当プロジェクトの完成年（1989/90）と前後とし完成することが必要である。

4.2.2 変電所計画

本プロジェクトで建設する予定の開閉所及び変電所の概要を次に示す。

(1) コタパンジャン開閉所

同開閉所に設置する主要機器を示す。

配電用変圧器	150 kV/20 kV	3 相	1 set
しゃ断器	150 kV	"	7 "
断 路 器	150 kV	"	16 "
計器用変圧器	$150 \text{ k}\sqrt{3}/110\text{V}/\sqrt{3}$	1 相	8 pcs
避 雷 器	150 kV	3 相	2 set
電力線搬送装置	2 回線用		1 "
配 電 盤			1 "
架 線			1 "
鉄 構			1 "
制 御 線			1 "
そ の 他			1 "

(2) パカンバル変電所

同変電所に設置する主要機器を示す。

配電用変圧器	150 kV/20 kV	3 相	2 set
しゃ断器	150 kV	"	7 "
断 路 器	150 kV	"	18 "
計器用変圧器	$150 \text{ kV}/\sqrt{3}/110 \text{ V}/\sqrt{3}$	1 相	10 pcs
避 雷 器	150 kV	3 相	2 set
電力線搬送装置	2 回線用		1 "
配 電 盤			1 "
架 線			1 "
鉄 構			1 "
制 御 線			1 "
そ の 他			1 "

4.3 建設費の概算

4.3.1 総建設費

コタパンジャン水力発電所の建設費について概算見積ると、外貨分 $93,433 \times 10^3$ US\$, 内貨分 $83,108 \times 10^3$ US\$ で総合計は $176,541 \times 10^3$ US\$ である。但し、この中には建設中利子及び物価上昇費は含まれていない。

内訳は表 4.9 に示す。

4.3.2 建設費見積りの前提

建設費は、比較検討により決定した最適計画案について、各々の工種に対して、工事数量の計算を行った後、1982年11月現在での工事費単価を掛けて求めた。

(1) 土木工事

土木工事は、ダム、発電所、仮設備、付替道路、変圧器基礎等の工種に区分し、その他工事に必要な全設備は、各々の工種に含まれるものとする。

(2) 水門設備等

水門設備等は、ゲート、スクリーン、水圧鉄管、等の金物類、捲上げ機等の機械類、その他必要な全設備を含むものとする。

(3) 電気設備

電気設備は、水車、発電機、変圧器、等の電気機器、クレーン等の機械類、その他必要な全設備を含むものとする。

(4) 送変電設備

送電線70km、開閉所(ダムサイト附近)1ヶ所、変電所(パカンバル)1ヶ所の施設のための全設備を含むものとする。

(5) エンジニアリング費及びPLN経費

エンジニアリング費は、現地調査、詳細設計、テンドャードキュメントの作成、評価及び建設中の工事管理費で積算によって求めたものである。

PLN経費は、前記(1)、(2)、(3)、(4)の合計の2%とした。

(6) 補償費

水没地内に住む人々の移転費用として、家屋、水田、耕作地に対する補償を含むものとする。

(7) 予備費

前記(1)、(6)の10%、(2)、(3)、(4)の5%を考慮し、それらを合計したものである。

表 4.9 総建設費内訳表

(単位：10³ US\$)

項 目	外 貨	内 貨	計	備 考
1. 土 木	29,116	39,338	68,454	
◦ ダム	19,929	19,925	39,854	
◦ 発電所	5,008	5,004	10,012	
◦ 仮設備	2,975	4,467	7,442	
◦ 付替道路	1,092	9,825	10,917	L = 36km
◦ 変圧器基礎	112	117	229	
2. 水門設備等	9,121	1,012	10,133	ゲート、鉄管他
3. 電気設備	26,487	2,942	29,429	
4. 送変電設備	14,150	6,475	20,625	
小 計	78,874	49,767	128,641	
5. エンジニアリング費 及び PLN 経費	9,142	5,008	14,150	
6. 補償費	0	21,721	21,721	
7. 予備費	5,417	6,612	12,029	(1)(6) × 10% (2)(3)(4) × 5%
小 計	14,559	33,341	47,900	
合 計	93,433	83,108	176,541	

(注) 換算レート 1 US\$ = 240円

4.4 便益と費用の予備検討

コタパンジャン水力発電プロジェクトについては、今後更に詳細な検討を続けていくが1982年12月までに終了した調査設計検討に基づき経済性の検討を行うと以下の通りである。

(1) kW及びkWh当りの工事費

総建設費は、1982年11月価格で $176,541 \times 10^3$ US\$であり、kW、kWh当りの工事費は各々1,590US\$/kW、0.33US\$/kWhであり、インドネシアの他の水力発電プロジェクトと比較して十分競争できる。

(2) 便益と費用の予備検討

コタパンジャン水力発電所の年間便益は、本プロジェクトと同等の規模で最も安価な発電設備として、重油による火力発電所を代替発電所と想定した。

火力発電所の建設、維持運転管理費を年間便益として用いた。最近の火力発電所の建設費はUS\$750/kW(1US\$=240円)と見積られているので、この値を採用した。火力発電所の耐用年数を25年、平均金利8%、年間維持運転管理費を資本費の3%とし、kW価格を109.3US\$/kWとした。又、火力発電所の燃料費は、オイル価格を34US\$/バレルとして算出すると、0.064US\$/kWhとなる。従って、年間便益は、次の通りとなる。

$$\begin{aligned} B &= 109.3 \text{ (US\$/kW)} \times \text{出力 (kW)} + 0.064 \text{ (US\$/kWh)} \times \text{発生電力量 (kWh)} \\ &= 46,180 \times 10^3 \text{ (US\$)} \end{aligned}$$

又、プロジェクトの年間費用は、耐用年数50年、金利を8%とした建中利子、運転維持管理費としと資本費の1.5%、電気、機械、水門設備は耐用年数40年とした置き換え費用を考慮して算出すると、資本費の14.2%となる。即ち、

$$C = 176,541 \times 10^3 \text{ (US\$)} \times 0.142 = 25,100 \times 10^3 \text{ (US\$)}$$

上記からB/C及びB-Cを求めると、

$$B/C = 1.84$$

$$B - C = 21,080 \times 10^3 \text{ (US\$)}$$

4.5 輸 送 計 画

4.5.1 地域の輸送事情

リアウ州は図4.16に示す通り、東部地域のマラッカ海峡に面した湿地帯と、西部地域のバリサン(Barisan)山脈に沿った山岳地帯に挟まれ、且つ四つの河川に分断された地形であり、広大な面積の中に人口と都市の数も少なく、輸送事情は良好とは言えない。

道路交通の現状は、リアウ州及び西スマトラ州の両州を結ぶドマイ(Dumai)～パカンバル～パダン(Padang)の幹線ルートがリアウ州の中央を通り、路面はアスファルト舗装され管理状況も良好である。現在11tトラック、大型バス等が頻繁に往復しており、制限荷重は15tである。

主要道路としては、パカンバル～キリランジャオ(Kiliran Jao)、タルククワンタン(Taluk Kuantan)～レンガット(Rengat)、ランタウペランギン(Rantau Berangin)～パシルパンガラヤン(Pasir Pengaraian)等があるが、一部未舗装の部分を残している。その他、町村を結ぶ道路があるが、オイルロード又は未舗装のものが多い。又、人道はかなり奥地まで伸びている。

最近、リアウ州内の道路整備は活発に行われており、道路事情は急速に改善されつつある。一方、スマトラハイウェイの一部として、西スマトラ州及びジャンビ(Jambi)州の両州を結ぶルートが既に開通しており、パダン(Padang)～ソロ(Solok)～キリマンジャオ～ムアラブンゴ(Muara Bungo)のルートから同州へのアプローチも便利となった。

港湾については、ドマイ(Dumai)港の施設が最大であり、その他スンガイシアク港(パカンバル港)及びレンガット(Rengat)港(インドラギリ〔Inderagiri〕川中流)があり、海上輸送の拠点となっている。又、リアウ州内の河川は地域住民の日常生活に密着した交通機関となっている。

ドマイ港は、リアウ州最大の港であり、石油積出棧橋のほか公共棧橋がある。現在1万t級の船舶が停泊可能であるが、将来は2万t級の施設計画が検討されている。

パカンバル港はシアク川の中流にあり、河口から500tクラスの船舶が入港可能で、コンクリート岸壁がある。なお、パダン港はスマトラ最大の港であり、スマトラ横断幹線ルートの起点でもあり、リアウ州との関係が深い。5～7万t級の大型船舶が停泊

可能であり、岸壁も堅固で重量物の積み下しに十分な施設が整っている。

4.5.2 資機材の輸送方法

(1) 輸送ルート

本計画地点への資機材の輸送ルートとして次の4ルートが考えられる（図4.16参照）

- ルートⅠ：ドマイ港～ドゥリ～カンディス～ミナス～パカンバル～バンキナン～ダムサイト
- ルートⅡ：スンガイシアク港（パカンバル港）～バンキナン～ダムサイト
- ルートⅢ：パダン港～プキティンギ～ダムサイト
- ルートⅣ：ドマイ港～ドゥリ～カンディス～タンドゥン～ダムサイト

(2) 輸送ルートの状況

(a) ルートⅠ

港から計画地点までの地形が平坦で、幹線道路が計画地点を通過しており、一般資機材の輸送が容易である。

ドマイからドゥリまでの間にオイルロード約20kmがあり、ドゥリからダムサイトまではアスファルト舗装の道路で幅は約5m～6.5mである。ドマイからダムサイトまでは約299kmで、この間に橋梁が大小合わせて42ヶ所あり、木橋は1ヶ所もなく、小さな橋でもH鋼を使用しているため20t級の重量物の走行も可能である。

(b) ルートⅡ

港から計画地点までの陸路距離も約80kmと短かく、且つ幹線道路が計画地点を通過しており、一般資機材及び重量物の輸送も容易である。一方スンガイシアク港（パカンバル港）への入港可能な最大容量は、1,000tに限られているため、外国からの輸入機材は、ドマイ、シンガポール、ジャカルタ等で、大型船から一旦積み変える必要がある。

(c) ルートⅢ

港から計画地点までにバリサン山脈があり、特に重量物を運搬するには急な勾配と、カーブの峠越えがあるため困難と考えられる。しかしパダンにセメント工場があり現在パダンから陸送でバリサン山脈を越えて、パカンバルやドマイまで

供給を行っている。

(d) ルートⅣ

港から計画地点までの地形が平坦であり、ドマイからドゥリまではルートⅠと同じルートである。しかし、カンディスからタンダウンまでは無舗装で一部オイルロードであり、タンダウンからダムサイトまではアスファルト舗装の道路、幅は約3.5m～4.0m程度で、大型車同士が擦れ違うときは路肩を使用しなければならない程である。

ドマイ港からダムサイトまでは約297kmで、この間に橋梁が大小合せて44ヶ所あり、この内木橋が25ヶ所もある。また、木橋はタンダウンからダムサイト間に集中している。

以上のような輸送ルートの状況からルートⅣについては、道路幅が狭く木橋が多いため、輸送ルートとして不相当と思われる。よって輸送ルート案から除外することとする。

(3) 輸 送 条 件

資機材の輸送に関して下記のような条件が考えられる。

- ① セメントはパダン及びジャカルタから輸送する。
- ② 鉄筋、鉄骨等はジャカルタから輸送する。
- ③ 水車、発電機、変圧器、水門、鉄管、送変電機材等については、外国から輸入する。

(4) 輸 送 方 法

上記の輸送ルート、ルートの状況、条件等を相互に勘案すると、資機材の輸送方法として次のような方法が考えられる。

- ① セメントについて、パダンセメントは既設の国道を利用し、パダンからダムサイトまで陸送する。ジャカルタからのセメントは、ルートⅠ、Ⅱが考えられる。
- ② 鉄筋、鉄骨等は、ルートⅠ、Ⅱが考えられる。
- ③ 水車、発電機、変圧器等の重量物は、ドマイ、シンガポール、ジャカルタの港で小型船(最大容量1,000t)に載み変えて、パカルバルで荷上げしてルートⅡで陸送する。また、重量物の陸送に際して橋梁が問題になるが、橋梁はパカンバルからダムサイト間には32ヶ所あり、この内約16ヶ所を補強することにより走行可能で

ある。従ってこのルートでは重量物の陸送に関しては問題はないと思われる。

- ④ 水車、発電機、変圧器等を除いた輸入機材は、ドマイ港で荷上げしてルートⅠで陸送する案と、ドマイ、シンガポール、ジャカルタで小型船に載み変えてルートⅡで陸送する案がある。

以上のそれぞれの輸送方法については、経済検討及び諸般の事情を考慮し決定するものとする。

4.6 補償調査

4.6.1 土地・家屋・その他

計画地区内の「村落調査」を実施した結果、ダム建設に伴い直接的に影響を受ける村落は、リアウ州及び西スマトラ州にまたがる10カ村になることが判明した。常時満水位（HWL）を85.00mと設定すると貯水池面積は120km²に達し、その中で水没家屋は2,644戸となり、家族数では2,990家族、水没耕作地は8,989haと推定される。

村落ごとの現況を総括してまとめると、次の表4.10の通りである。

その他、市場、舟着場、また役場、学校、モスク等公共施設の水没戸数は、リアウ州地区、西スマトラ州地区に分けると下記の通りである。

地区 \ 項目	市場	舟着場	役場	警察	学校	モスク	合計
リアウ州地区 (カンパールカナン川)	6	6	20	5	34	68	139
西スマトラ州地区 (マハット川)	—	1	9	1	4	8	23
合計	6	7	29	6	38	76	162

こうした水没家族に対しては、補償と同時に今後移転をめざす再定住のための候補地が求められるが、JICA調査団は、州開発計画局（Bappeda）と協議の上、次の候補地を選定した。なお、候補地の選定に当り、行政区分上、リアウ州と西スマトラ州に分けて考慮し、又、移転地は現在の居住区とできる限り隣接した開発プロジェクト予定地、及び進行中の地点（例：移住“Transmigration”、プランテーションプロジェクト）を最優先に取り上げた。（図4.17及び4.18参照）

リアウ州住民用

- バンキナン移住（Transmigration）プロジェクト
- ロカンIVコト移住プロジェクト
- コトテンガム移住プロジェクト
- スンガイバガル移住プロジェクト
- UPPゴム・プランテーションプロジェクト、ムアラマハット
- PTPIIゴム・プランテーションプロジェクト

表 4. 10 Tentative Figures for Inundated Land and Population Distribution by Desa
(H.W.L. = 85 m)

River	Name of Desa	Popula- tion	Family	Houses	Cultivated Land (ha)		
					Paddy Crop	Perennial Crop	Total
Kampar Kanan River	Gunung Bungusu	748	166	165	460	25	485
	Muara Takus ^{1/}	686	176	166 ^{2/}	105	331	436
	Koto Tuo	1,659	364	330	727	616	1,343
	Ponkai	1,122	267	250	687	647	1,334
	Batu Bursurat	3,531	810	722	673	1,907	2,580
	Tanjung Alai	940	199	173	311	103	414
	Muara Mahat	1,128	208	170	202	331	533
	Pulau Gadang	1,446	318	294	175	183	358
	Sub-Total	11,260	2,508	2,270	3,340	4,143	7,483
Mahat River	Tanjung Balit	1,622	288	195 ^{2/}	340	860	1,200
	Tanjung Pauh	1,025	194	179	184	122	306
	Sub-Total	2,647	482	374	524	982	1,506
	Total	13,907	2,990	2,644	3,864	5,125	8,989

Notes: 1/ CANDI (Buddhist Remains) of which elevation is 86.4 m would not be submerged.

2/ This figures are not the same as the total number of houses since some of them are above 85 m.

Source: For population "Penduduk Propinsi Daerah Tingkat I Riau Hasil Registras: Penduduk, 1981" Biro Pusat Statistik and for land "Land Use Map" provided by Dinas Agraria, Pekanbaru and Padang and then updated by the information of CAMAT office.

— PTP VI ゴム・プランテーションプロジェクト

西スマトラ州住民用：

— パンカラコタバル移住 (Transmigration) プロジェクト

— PTP III ゴム・プランテーションプロジェクト、コト カムパール

なお、州開発計画局は協議の席上、同住民移転計画の実施に当り、関連機関である電力公社 (PLN)、移住局 (Dinas Transmigrasi)、公共事業局 (DPU) 等と密接な連絡をもち、詳細な検討を継続する旨表明された。

こうした対策から、水没に伴う補償及び再移住については、何ら問題が生じないと思われる。

4.6.2 道 路

(1) 水 没 道 路

貯水池の湛水により、ダムサイトからカンパールカナン川及びマハット川に沿って、タンジュンバリまで延長約35kmの幹線道路が水没する。このため付替道路が必要であり、次項に述べる通り検討が行われている。

又、ムアラマハットからカンパールカナン川に沿って、ムアラタクス (Muara Takus) まで延長約32kmの道路が水没する。この周辺の家屋はすべて水没となるが、ムアラタクスよりも上流の家屋は取り残されるので、定期船等の便を計画すべきと思われる。又、上流のバンダルピチャ (Bandar Picak) を経由してウジュンバツ (Ujung Batu) 方面へ通ずる既存の砂利道があるので、この道路を利用できるように将来は改良を行うべきであろう。

(2) 付 替 道 路

付替道路の計画については、下記の3案を比較検討した。(図4.19参照)

(a) ルート I (L ≒ 68 km)

既存の人道を利用するコラパダン (Korapadang) 経由のルート

(b) ルート II (L ≒ 45 km)

ダム左岸案で、湖水橋が必要と、一部既存道路を使用するルート

(c) ルート III (L ≒ 36 km)

ダム右岸案で、山岳通過の近距離と、一部既存道路を使用するルート

上記3ルートのうち、湖岸の観光、貯水池周辺の維持管理等を考慮すれば、最短ルートであるルートⅢが良いと考えられるが、この付替道路については、別途公共事業省(P.U)で検討中であり、P.Uの意見を入れ、最終的に決定されるものと考ええる。

ダム工事を着工するにあたっては、付替道路が完成するまでの間、ダム掘削等に現国道の使用が不可能となるので、左岸のダム掘削に支障ない個所に取付道路を計画し、一般交通の用に供する。

4.6.3 鉱業権

計画ダムサイト周辺には鉱業権は設定されていない。湛水地域内には鉛の鉱業試掘権が2鉱区設定され、他に現在出願中にある螢石の鉱業試掘権が1鉱区ある。(図4.20参照)

<u>No/Location</u>	<u>Mineral</u>	<u>Owner</u>
176/Sumbar	Lead (Pb)	P.T. Harir Jaya Raya
164/Sumbar	Lead (Pb)	SU Sinar Timur Mining Corp.
212/Sumbar	Fluorite(F)	in Process

その他の鉱物資源については、現在PLNを通じ、鉱山エネルギー省にて調査中であり、上記鉱業権の補償問題とあわせて近日中に解答ある予定である。

4.7 社会、環境調査

本調査は、コタパンジャンプロジェクトが周辺地域に及ぼす第一次的影響を及ぼすかを把握することを目的とした。人口・家族数は国勢調査をもとに、県、郡、村ベースに分類。計画周辺地域の社会的側面については、詳細データ入手のため、郡長（CAMAT）、村長（KEPALA DESA）の協力の下「村落調査」を実施し、村落の面積、人口、家屋数、教育、宗教施設、経済活動、インフラ、農業活動等主要な社会的指標について調査した。こうした調査結果により、計画地域の全体概況の把握、評価が可能となる。又、移民計画はREPELITA I、II、IIIにおける政策及び実績に関するデータ収集、計画地域及びリアウ州における移民の将来受入れ可能性について検討した。

一方、環境面は自然環境、植生、動物面の基礎データを収集し、本プロジェクトの影響について検討した。具体的には、人口分布、人口密度、土地利用、耕作地分布、森林資源、動物、魚類の生息についての情報を収集し、下流域及び農村地域への影響について調査した。又、水没家族については、近隣の代替地への移転について予備的計画案を検討した。

調査作業は、JICA調査団が、PLNカウンターパートと協力、1982年9月5日より10月19日にわたって実施した。

特にデータ収集にあたっては、PLNは政府関係機関に対し、JICA調査団にデータ情報の提供を依頼すべく紹介状を送付、あわせてJICA調査団はジャカルタ及びパカンバルにおいて関係機関スタッフと個別協議を行った。JICA専門家はさらに州政府の出先機関、村落、計画地域について現地踏査を実施すると同時に、「村落調査」の一環として関連村落の村長及び郡長あてにアンケート用紙を送付した。

収集したデータ・情報について現在解析中であるが、暫定的ながら調査結果の概要をまとめると下記の通りである。

4.7.1 社会調査

計画地域は、行政上リアウ州XIIコタカンパール郡と西スマトラ州パンカランコタバル郡に分れる。前者はカンパール川沿いに位置し、後者はカンパールカナン川の支流マハット川沿いに位置する。以下は両地域についての概況である。

(1) XIIコトカンパール (Kota Kampar) 郡

同郡はリアウ州の最西端に位置し、西スマトラ州と境界を接している。カンパール県に属する同郡は、面積 1,750 km²、傘下に13の村落を擁する。カンパールカナン川は郡の中心部分を西から東へ横断し、すべての集落は、この河川沿いに点在する。一方、郡内を流れるいまひとつの河川カンパールカナン川の支流マハット川は本流とムアラマハット村周辺で合流している。

1981年現在、同郡の全人口は 17,976 人で、1978年の人口統計 15,528人と比較すると、年率 5.0% で急増してきている。家族数の合計は 3,891 家族で、一家族平均 4.1 人で構成される。しかしながら、人口密度は 10人/km²の人口希薄な郡である。

こうした労働力不足を反映し、カンパール県では移住計画が活発に実施されている。1979年から1981年の間におよそ1万家族が Tanjung, Medan, Pasir Pengarayan, Rokan IV Kota, Siabu の各移住計画地に定住を完了した。カンパール郡内には、移住計画地はないものの、周辺地域における移住計画及び郡間の移動により少なからず影響を受けていると言えよう。

人口の大多数は農業に従事している、郡別の収穫量データはないが、郡内の重要な作物は米である。商品作物としては、ゴム、オレンジ、丁子、コーヒーが栽培されているが、耕作面積は郡面積の10%弱が開発されているにすぎない。

宗教は、住民の大部分がイスラム教を信奉し、その他の宗教では仏教、キリスト教がごくわずかの人口により信仰されている。

(2) バンカラコタバル郡

バンカラコタバル郡は西スマトラ州の東北部に位置し、リアウ州と接している。マハット川は郡内を縦断し、ほとんどの集落はこの河川沿いに分散する。同郡の道路ネットワークは比較的発達し、西スマトラ州の州都パダン及びブキティンギとリアウ州の州都パカンバル、ドマイを結ぶ国道が通過している。この国道を利用し、物流、人口流動がきわめて高く、両州の経済、商業活動を強力に支えていると言える。

同郡は、行政上6ヶ所の村 (Desa) と26の小村 (Sub-Desa) とから成っている。人口は 18,567 人、面積は 1,021 km²で、人口密度は 18人/km²と前期XIIコトカンパール郡同様、人口希薄の地区である。郡の中心はバンカラコタバルで、人口は全郡部の

約50%が集中し、急速な都市化現象を呈している。

農業は主要な経済活動であり、米、ゴム、ココナッツ、丁子を生産。しかし、全面積の2%を耕作するに過ぎず、1家族当たりの土地所有も2ha前後を所有する小規模農家が大半である。

その他、各村落ごとの住居、商店、役所、学校、宗教施設等社会インフラを両郡についてまとめると表4.11の通りである。

(3) 仏教遺跡（CANDI：ムアラタクス寺院）

計画区域内、北緯0°21′、東経100°39′、XIIコタカンパール郡ムアラタクス村から3kmの近郊に仏教遺跡が発見されている。遺跡は最初1900年に発見され、その後の調査により11世紀から12世紀に建設されたものと確認された。最近の推測では、同遺跡は当時ムアラタクスを中心に繁栄した仏教国スリジャ王国により建設されたと言われ、一時は現在のジャンビ州及びパレンバンまで版図を広げていた。遺跡はStupa（塚）と付属施設から成り、中でも最も高いMehligai塚（約14.45m）は、インドネシア政府の援助により、既に復興され、更に7つの塚等が1988年までに完成される予定となっている。

今回、JICA調査団と現地カウンターパートが、同遺跡の正確な位置と高さを測量したところ、遺跡の低位部は海拔86.4mと判明。計画ダム満水位（H.W.L）を85.0mとすると、同遺跡には直接的影響はないと思われる。

なお、州政府当局は、当該仏教遺跡を修復後、観光地として開発することを計画し、周辺地域住民のみならず、外国人観光客の誘致を図る考えでいる。

表 4. 11 Social Investigation of Project Area

Desa	Residence		Commercial Activities			Governmental Facilities		Education		Religious Facilities
	Families	Houses	Market	Shops	Ferry	Offices	Police/Army	Schools	Mosques	
<u>Kec. XIII Kota Kampar, Riau</u>										
1. Pulau Gadang	318	294	1	61	2	1	-	6	8	
2. Muara Mahat	208	170	2	45	-	4	2	7	2	
3. Tanjung Alai	199	173	-	17	1	2	-	2	5	
4. Batu Bersurat	810	722	1	50	1	7	2	9	24	
5. Ponkai	267	250	-	9	-	2	-	2	8	
6. Kota Tuo	364	330	1	98	1	1	-	4	12	
7. Muara Takus	176	171	1	30	1	2	1	2	5	
8. Gunung Bungsu	166	165	-	6	-	1	-	2	4	
9. Tanjung	450	360	1	50	3	1	-	3	9	
10. Tabing	224	262	1	10	1	1	-	1	5	
11. Gunung Malelo	226	173	1	14	1	1	-	2	4	
12. Siberuang	443	425	1	20	1	1	-	4	10	
13. Balung	112	121	-	8	-	1	-	1	4	
Total	3,963	3,616	10	418	12	25	5	45	100	
<u>Kec. Pangkalan Kota Baru, West Sumatra</u>										
1. Pangkalan	2,052	1,639	1	170	-	15	3	13	22	
2. Manggilang	449	392	N.A.	58	N.A.	4	-	4	4	
3. Kota Alam	452	391	N.A.	51	N.A.	3	-	3	6	
4. Tanjung Balit	288	219	1	49	1	4	-	2	4	
5. Tanjung Pauh	194	179	-	34	-	5	1	2	4	
6. Gunung Malintang	791	709	N.A.	71	N.A.	5	4	3	7	
Total	4,401	3,529	-	433	-	36	4	27	47	

Note: N.A.: Not available

Source: Data provided by the CAMAT office and the Kepala Desa.

4.7.2 環境調査

(1) 森林

リアウ州の森林資源は、熱帯多雨林が中心で、丘陵林 (hill forest)、Peat Swamp Forest、マングローブ林から成る。森林資源調査は十分行われておらず、最近の推定では、資源として丘陵林 166 万 ha (49.9 百万 m²)、Peat Swamp 林 300 万 ha (76.4 百万 m²) で、合計 470 万 ha 約 126 百万 m² の資源賦存が言われている。木材年間生産量は 1980/81 年に 162 万 m³ 生産した。

植林計画は、州政府当局にて検討中であるが、森林資源の枯渇を防ぐ目的で、高価な樹種 Merantis, Ramin, Darian Burong 等を中心に植林を進め、これまでの実績は 1981/82 年現在 550 ha について完了した。

尚、州林野局によると、カンパールカナン川、マハット川周辺の森林地区は、一部の調査許可地区を含め、保護地区に指定されており、湛水区域内に水没する森林資源に対する補償問題は発生しないことが判明した。

(2) 漁業

リアウ州の漁業は沿岸漁業、養殖漁業によって行われているが、1981 年実績で見ると、93% は沿岸漁業に依存している。河川における漁獲活動は、人口不足を反映し、農民による小規模な漁獲活動が行われているに過ぎない。現在、淡水魚の養殖地実験が進められているが、依然実験段階にとどまっている。

カンパール県の漁獲高を 1977 年から 1981 年についてみると次の通りである。

(Unit : ton)

	1977	1978	1979	1980	1981
Freshwater	1,900.4	2,247.5	2,264.9	2,815.2	2,832.8
Fishpond	33.3	29.3	23.0	81.2	91.1
Total	1,933.7	2,276.8	2,287.9	2,896.4	2,923.9

州漁業局によると、カンパール川及びマハット川の 1981 年漁獲高については、上記漁獲高のうちの 40% 相当、約 1,120 トンと推定されている。

主な漁種は Ikan Gabus、Ikan Lais、Ikan Sepat Siam、Ikan Tambakan、Ikan

Lainnya とえびの Udang Tawar で、回遊性の魚は生息しない。また、カンパール県では専業漁民は皆無であるが、漁業を行う農民は両河川沿いに 3,000 人居ると言われる。

州漁業局は、計画ダム完成後、巨大な人造湖を養殖池として利用する計画を表明し、特に高価な魚種である Tawes、Sepat Siam、Nila、Gurame、Tambakan、Udang Galah を養殖することを目指している。

こうしたダムの副次的利用方法は、周辺住民の現金収入の道を開く意味で多大な効果が期待されている。

(3) 洪水調節と農業かんがい

リアウ州における水資源開発は、これまで十分行われてきたとは言えない。特に、主要河川における毎年の洪水は、州内の経済的、社会的活動に大きな障害となってきた。カンパールカナン川を例にとると、同河川の下流地域は毎年深刻な洪水の被害に見舞われ、最近の調査 (Land and Water Study) によると、およそ 40,000 ha が影響を受けている。しかも、こうした洪水地域は、農業開発のポテンシャルのきわめて高い地区なのである。その意味から、本ダム計画は有効な洪水制御の解決策として大きな期待が寄せられている。

また、今一つの水資源利用方法に農業用水が考えられる。現在、米作地は州面積の 140,000 ha、約 1.5 % を占めるのみであるが、このうち約 86,000 ha は、水田耕作地である。ほとんどは、海岸地区、沼沢地区に位置するが、約 20,000 ha は小規模ながら自然流下方式の簡易かんがい施設が設置されている。

カンパールカナン川の場合、現在政府は下流の Rumbio Ponaalongan に 2,500 ha また、Kuamany に 5,000 ha のかんがいプロジェクトを計画しており、その中ですでに 35 ケ所の簡易かんがい施設が運転中にある。

こうした目的のためにも、本コタパンジャンプロジェクトは、農業かんがいに必要な水量を渇水期を通じ提供する間接便益が期待されている。

(4) 野生動物

リアウ州には、野生動物保護指定区が4ヶ所ある。それぞれ Kerumutan (12万ha) Pulan Berkah (500 ha)、Pulau Burang (200 ha)、Pulau Laut (400 ha) で、象、バク、サイが保護されている。しかし本プロジェクトの関連からすると、計画区域内にはいずれの保護区も位置しておらず、ダム建設が野生動物に及ぼす影響はほとんどないといえよう。

第5章 今後の作業計画

第 5 章 今後の作業計画

5.1 作業工程

中間報告書の完成後は、最終報告書を目標に、日本における国内作業が実施される予定である。

Scope of Work によると、最終報告書ドラフトは詳細現地調査の完了後 4 ヶ月以内、最終報告書は PLN 及び JICA 調査団との間の最終報告書ドラフトの協議及び修正が完了後 2 ヶ月以内に提出されるよう予定されている。

しかし、報告書の完成時期は、空中写真の図化が遅延しており、この完了時期の如何によって大きな制約を受けるであろう。

今後の国内作業で予定している主要項目を述べると以下の通りである。

(1) 空中写真測量の図化

空中写真の撮影が終了後、図化作業の管理のため、JICA 調査団の専門家 1 名をインドネシアへ派遣する予定である。

(2) 地質調査

- ボーリング調査結果の解析
- 透水試験結果の解析
- グラウチングテスト結果の解析
- 弾性波探査結果の解析
- プロジェクトエリアの地質図の作成（縮尺 1：10,000）
- 構造物基礎の地質学的評価
- 原石山及びボローサイトの評価
- ダム基礎掘削線の検討
- 地震に関する調査

(3) 材料調査

- 材料試験結果の資料の調整及び解析
（ボローサイトの材料試験及び岩石の顕微鏡試験）
- 骨材の質及び量についての評価

(4) 気象・水文調査

- 気象・水文資料の調整

(5) 経済調査

- リアウ州の経済について、調査結果を取りまとめる。

(6) 電力需給調査

- 収集資料及び情報を基に、詳細な電力需要を想定する。
- 電力供給計画のための新規地点の開発規模及び時期を検討する。
- 送電線ルート of 将来構想について、PLN の資料を基に検討する。

(7) 最適発電計画の検討

- すでに選定された最適サイトにおいて、満水位及び発電規模について比較検討を行い、最適発電計画を決定する。
- 最適発電計画に対して予備設計を行う。又、建設費の積算を行う。

(8) 経済評価及び財務分析

- 最適発電計画に対して、経済評価及び財務分析を行う。

5.2 最終報告書の編成

フィージビリティ調査の結果は、Main Report 及び Appendix の 2 冊に分冊して編成する予定である。

Main Report は、調査結果について総合的に述べるものであり、下記のような目次が含まれる予定である。Appendix は、地形、地質、材料及び水文について、バックデータ及び詳細検討結果について取りまとめるものである。

Summary, conclusions and recommendation

Principal dimensions of the Kotapanjang project

CHAPTER 1 INTRODUCTION

CHAPTER 2 ECONOMY IN RIAU

CHAPTER 3 POWER DEMAND AND SUPPLY

CHAPTER 4 SITE CONDITIONS

CHAPTER 5 SCHEME OF DEVELOPMENT

CHAPTER 6 FEASIBILITY DESIGN OF STRUCTURE

CHAPTER 7 CONSTRUCTION SCHEDULE AND PROCEDURE

CHAPTER 8 COST ESTIMATE

CHAPTER 9 ECONOMIC AND FINANCIAL ANALYSIS

APPENDIX

Table 2.1 List of Main Bench Marks

No.	Name	Elevation	Location
1	▲ 636	141.0	Muara Mahat
2	▲ 368	146.1	Bangkalan Kota Baru
3	▲ 479	225.3	Pulaugadang
4	TBM-5	55.542	In the Rotary in Rantau Berangin (concrete post)
5	TBM-4	50.830	BINA MARGA No.265, left bank of downstream of the Dam site
6	BM-D	55.099	Left bank of upstream of the Dam site (JICA setup)
7	TMB-3	65.064	BINA MARGA, upstream of the Kampar Kanan river bridge (concrete post)
8	TBM-2	68.785	BINA MARGA, downstream of the Mahat river bridge (concrete post)
9	PKB-23	66.114	Tanjungpauh (Kilo-post PKB 105 km)
10	PKB-9-12	82.261	Tanjungbalih (Kilo-post PKB 121 km)
11	PKB-4	89.828	Abutment of the private house at left side bank of Bangkalan Kota Baru bridge
12	TP-1	98.722	Abutment of the flag pole of Maggilang Wali Nagari
13	TP-2	87.500	CANDI Muala Takus

Table 2.4 Quality Classification of Foundation Rock

Classifi- cation	Characteristics
A	Rock-forming minerals are fresh and not weathered or altered. Joints and cracks are very closely adhered with no weathering along their planes. A clear sound is emitted when hammered.
B	Rock-forming minerals are weathered slightly or partially altered, the rock being hard. Joints and cracks are closely adhered. A clear sound is emitted when hammered.
C _H	Rock-forming minerals are weathered but the rock is fairly hard. The bond between rock blocks is slightly reduced and each block is apt to be exfoliated along joints and cracks by strong hammering. Joints and cracks sometimes contain clay and other material which may be coloured by limonite. A slightly dull sound is emitted when hammered.
C _M	Rock-forming minerals are weathered and the rock is comparatively hard. Exfoliation of the rock occurs along joints and cracks by normal hammering. Joints and cracks sometimes contain clay and other material. A somewhat dull sound is emitted when hammered.
C _L	Rock-forming minerals are weathered and the rock is slightly soft. Exfoliation of the rock occurs along joints and cracks by light hammering. Joints and cracks contain clay. A dull sound is emitted when hammered.
D	Rock-forming minerals are weathered, and rock is very soft. There is virtually no bond between rock blocks, and collapse occurs at the slightest hammering. Joints and cracks contain clay. A very dull sound is emitted when hammered.

Table 2.7 Water Quality of the Kampar Kanan River

Substances	Unit	No. 1	No. 2
Sampling Date	-	Oct.7,'82	Oct.31,'82
Air Temperature	°C	27.5	30.4
Water Temperature	°C	25.5	26.1
Discharge	m ³ /s	177.0	524.0
pH Value	-	6.7	6.2
Suspended Sediment	mg/l	16.0	19.0
Calcium VI (Cr VI)	"	0.05	0.09
Copper (Cu)	"	0.04	0.03
Zinc (Zn)	"	0.35	0.07
Iron (Fe)	"	0.02	0.33
Lead (Pb)	"	0.22	0.26
Phosphate (Po)	"	5.10	7.10
Nickel (Ni)	"	0.01	0.03
Phenols	"	0.08	1.83
Fluoride (F)	"	0.01	0.36

Table 2.8 Suspended Sediment of the Kampar Kanan River

No.	Date	Discharge	Suspended Sediment (ppm)	Sampling Sites
1	Oct. 7, '82	177	8	Left Dx20%
	"	"	16	Left Dx50%
	"	"	8	Center Dx20%
	"	"	16	Center Dx50%
	"	"	6	Right Dx20%
	"	"	12	Right Dx50%
2	Oct. 11, '82	344	10	Left Dx20%
	"	"	6	Left Dx50%
	"	"	10	Center Dx20%
	"	"	8	Center Dx50%
	"	"	10	Right Dx20%
	"	"	8	Right Dx50%
3	Oct. 16, '82	215	3	Left Dx20%
	"	"	4	Left Dx50%
	"	"	4	Center Dx20%
	"	"	6	Center Dx50%
	"	"	2	Right Dx20%
	"	"	6	Right Dx50%
4	"	224	4	Left Dx20%
	"	"	2	Left Dx50%
	"	"	4	Center Dx20%
	"	"	4	Center Dx50%
	"	"	5	Right Dx20%
	"	"	2	Right Dx50%
5	Oct. 31, '82	524	20	Left Dx20%
	"	"	19	Center Dx20%
	"	"	12	Right Dx20%
6	"	405	10	Left Dx20%
	"	"	8	Left Dx50%
	"	"	8	Center Dx20%
	"	"	7	Center Dx50%
	"	"	7	Right Dx20%
	"	"	8	Right Dx50%
7	Nov. 1, '82	264	4	Left Dx20%
	"	"	7	Left Dx50%
	"	"	6	Center Dx20%
	"	"	7	Center Dx50%
	"	"	2	Right Dx20%
	"	"	4	Right Dx50%
8	Nov. 2, '82	424	39	Left Dx20%
	"	"	36	Center Dx20%
	"	"	38	Right Dx20%

Table 2.9 Results of River Discharge Gauged (1)

River : Kampar Kanan River
 Gauging Station: Rantau Berangin
 Catchment Area :

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/s)	Discharge (m ³ /s)
1	Oct.4,'82	0.78	291.02	0.354	103.18
2	"	1.02	319.86	0.522	167.12
3	Oct.7,'82	1.14	317.39	0.565	179.22
4	"	1.55	368.33	0.845	312.25
5	"	1.57	376.50	0.831	312.72
6	Oct.11,'82	1.82	398.37	0.898	357.64
7	"	1.72	376.55	0.847	318.86
8	Oct.12,'82	1.10	292.95	0.472	138.22
9	"	0.97	284.66	0.445	126.54
10	"	1.03	294.74	0.481	141.83
11	Oct.27,'82	0.69	270.50	0.292	78.90
12	Oct.28,'82	0.72	271.30	0.327	88.62
13	Oct.29,'82	0.76	258.90	0.384	99.30
14	Oct.30,'82	0.67	257.10	0.362	92.98
15	"	2.35	438.60	1.335	505.61
16	"	2.09	395.80	1.014	401.47
17	Oct.31,'82	1.91	373.70	0.967	361.44
18	Nov.1,'82	1.51	339.40	0.825	280.10
19	"	1.64	348.00	0.880	306.30
20	Nov.2,'82	2.06	392.70	1.092	428.81
21	"	2.24	409.90	1.201	492.20

(to be cont'd)

Table 2.10 Results of River Discharge Gauged (2)

River : Kampar Kanan River
 Gauging Station: Danau Bingkuang
 Catchment Area : 4,035 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/s)	Discharge (m ³ /s)
1	Nov.11,'82	1.55	264.2	1.015	268.029
2	"	1.55	264.7	0.902	264.700

Table 2.11 Results of River Discharge Gauged (3)

River : Mahat River
 Gauging Station: Lubuk Sipopay
 Catchment Area : 879.3 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/s)	Discharge (m ³ /s)
1	Nov.10,'82	1.37	72.8	0.869	63.234

Table 2.12 Results of River Discharge Gauged (4)

River : Kampar Kanan River
 Gauging Station: Kotapanjang Dam Axis 4
 Catchment Area : 3,337 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/s)	Discharge (m ³ /s)
1	Oct.13,'82	1.28	233.400	0.476	111.075
2	"	1.29	227.030	0.488	110.847
3	Oct.29,'82	1.31	228.975	0.477	109.174
4	Oct.30,'82	1.25	232.270	0.441	102.409
5	"	1.09	224.440	0.407	91.369
6	Nov.12,'82	1.08	229.280	0.415	95.257
7	"	1.95	283.900	0.835	236.990
8	Nov.13,'82	1.90	271.100	0.824	223.260
9	"	1.50	259.800	0.621	161.262
10	Nov.15,'82	1.59	157.640	0.667	171.787
11	"	2.55	330.300	1.000	330.500
12	"	2.73	347.100	1.014	351.900
13	"	3.04	370.100	1.131	418.700
14	Nov.14,'82	2.61	294.900	0.868	256.100

Table 2.9 (cont.)

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/s)	Discharge (m ³ /s)
22	Nov. 2, '82	2.23	393.20	1.146	450.71
23	Nov. 3, '82	1.46	332.70	0.768	255.63
24	"	1.50	337.70	0.790	266.70
25	Nov. 4, '82	1.18	299.00	0.622	185.97
26	"	1.17	298.10	0.613	182.80
27	"	1.21	303.70	0.629	190.97
28	Nov. 5, '82	1.29	316.25	0.725	229.32
29	"	1.45	319.10	0.841	268.21
30	"	1.57	337.60	0.889	300.02
31	"	1.74	358.90	0.979	351.52
32	"	1.87	356.50	0.976	347.93
33	"	1.73	357.10	0.937	334.58
34	"	1.64	347.30	0.882	306.44
35	Nov. 6, '82	1.59	337.80	0.829	280.19
36	Nov. 7, '82	1.45	333.20	0.772	257.09
37	"	1.37	313.25	0.697	218.43
38	Nov. 8, '82	2.19	388.40	1.190	462.17
39	"	2.25	408.50	1.193	487.47
40	"	2.12	392.40	1.127	442.20

Table 3.2 Installed Capacity of PLN in Riau Province, 1981

Power Station	Installed Capacity (kW)	District (Kebupaten)
Pekan Baru	12,630	- Pekan Baru
Dumai	1,637	- Dumai
Bangkinang	520	} Kampar
Air Tris	40	
Rengat	656	} Indragiri Hulu
Air Molek	110	
Teluk Kuantan	300	
Tembilahan	672	- Indragiri Hilir
Duri	110	} Bengkalis
Bagan Siapiapi	1,042	
Bengkalis	787	
Selat Panjang	220	
Total	18,724	

Table 3.3 Installed Capacity of Private Power Plant in Riau Province, 1980/81

District	Installed Cap. (kVA)	Available Cap. (kW)	Nos. of Private Power Plant
Pekanbaru	196,669	157,335	24
Dumai	79,060	63,248	6
Kampar	554	443	3
Indragiri Hulu	1,367	1,094	8
Indragiri Hilir	967	773	10
Bengkalis	545	436	9
Total	279,162	223,329	60

Table 3.4 Installed Capacity of PLN in West Sumatra Province, 1981

Power Station	Installed Capacity (kW)
Padang	21,090
Solok	1,042
Sijunjung	320
Sungai Penuh	1,102
Painan	806
Pariaman	706
Surantih I,II	80
Sulit Air	120
Tapan	40
Koto Anau	160
Lempu	80
Sub-Total (1)	25,546
Batang Agam	10,500
Lubuk Sikaping	210
Padang Luar	4,560
Panti	40
Talu	40
Sub-Total (2)	15,350
Total (1)+(2)	40,896

Table 3.5 Installed Capacity of Private Power Plant
in West Sumatra Province, 1980/81

District	Installed Cap. (kVA)	Available Cap. (kW)	Nos. of Private Power Plant
Padang	22,302	17,841	32
Solok	15,906	12,724	3
Bukit Tinggi	946	756	15
Total	39,154	31,321	50

Table 3.6 Historical Record in Riau Province (excluding Kepulauan Riau)

(1) Riau Province

Year	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	Annual Average Growth Rate (%)
Sold Energy (MWh)	12,248	13,814	15,589	16,659	18,232	22,177	25,407	35,110	45,800	18
Peak Load (kW)	2,766	5,460	4,164	4,443	5,218	6,259	7,435	10,655	12,351	20
Generated Energy (MWh)	15,079	16,146	20,363	22,201	24,149	29,578	31,374	45,424	56,200	18
Loss (MWh)	2,831	2,332	4,774	5,542	5,917	7,401	5,967	10,314	10,400	—
Loss (%)	19	14	23	25	25	25	19	23	19	—
Load Factor (%)	50.5	28.9	42.7	42.8	39.9	40.0	39.0	37.6	42.3	—
Installed Capacity (kW)	4,396	6,912	7,036	9,772	10,285	18,954	19,164	18,985	18,724	20
Available Capacity (kW)	*	*	*	*	9,160	14,410	14,410	14,410	17,224	17

Date Source: PLN Wilayah III Head Quarter Office in Padang & Proyek Head Quarter Office in Bukit Tinggi

Note : * Data is not available

Table 3.7 Historical Record in West Sumatra Province

Year	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	Annual Average Growth Rate (%)
Sold Energy (MWh)	22,327	25,784	28,324	31,002	35,598	38,988	48,361	53,097	70,921	16
Peak Load (kW)	6,225	7,772	7,896	8,353	10,279	12,414	15,553	19,708	23,992	18
Generated Energy (MWh)	29,444	35,705	40,737	44,682	52,894	60,421	71,566	91,140	95,861	16
Loss (MWh)	7,117	9,921	12,413	13,682	17,296	21,433	23,205	38,043	24,940	—
Loss (%)	24	28	30	31	33	35	32	42	26	—
Load Factor (%)	0.41	0.38	0.41	0.42	0.40	0.36	0.35	0.31	0.33	—
Installed Capacity (kW)	11,017	12,488	12,368	22,678	28,754	36,201	36,201	37,416	40,896	18
Available Capacity (kW)	*	*	*	15,040	19,166	25,766	25,766	33,070	34,542	18

Note: * Data is not available

Fig. 2.2 Location Map of Ground Surveying of the Dam Sites
 S=1:12,500

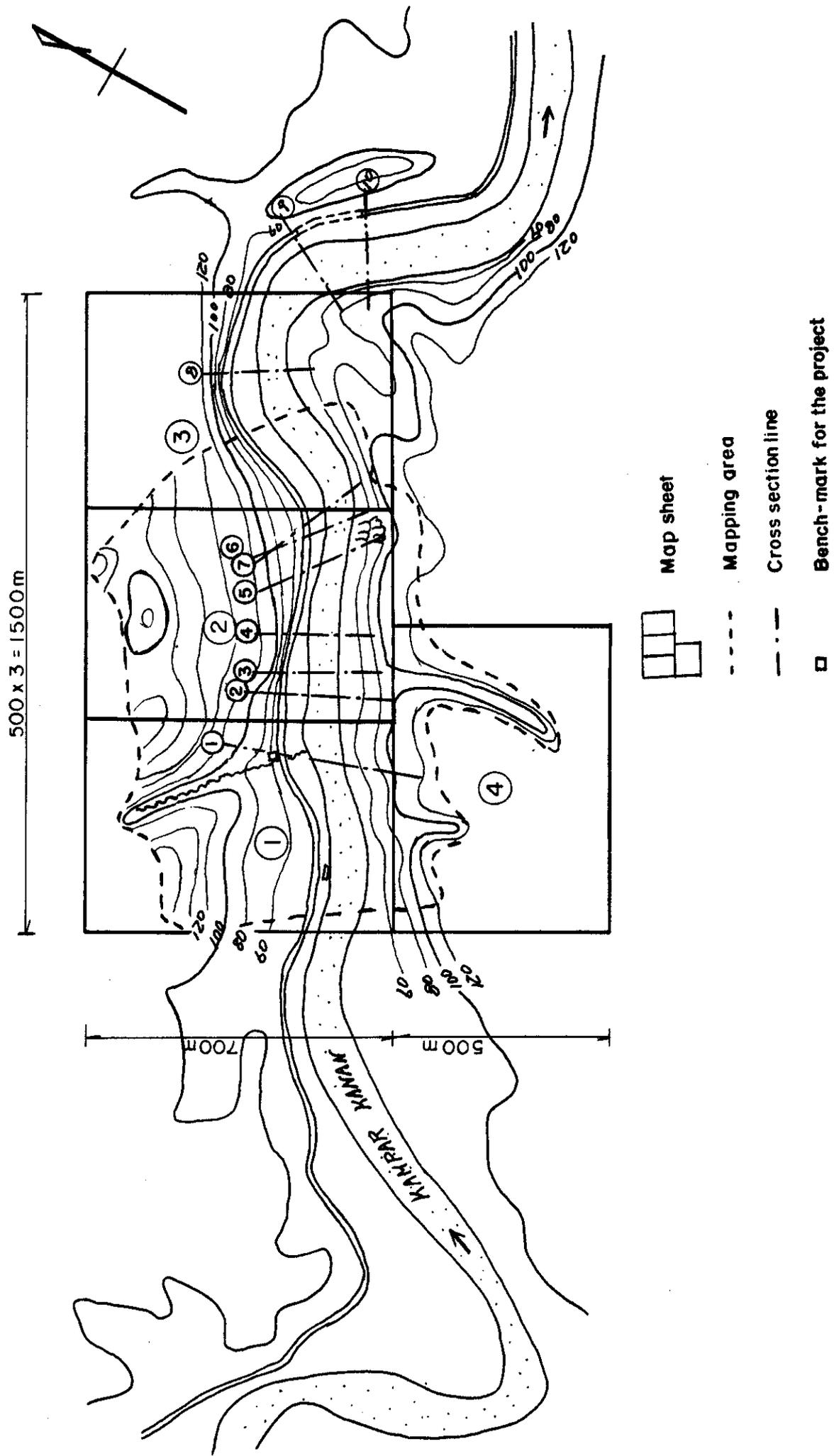
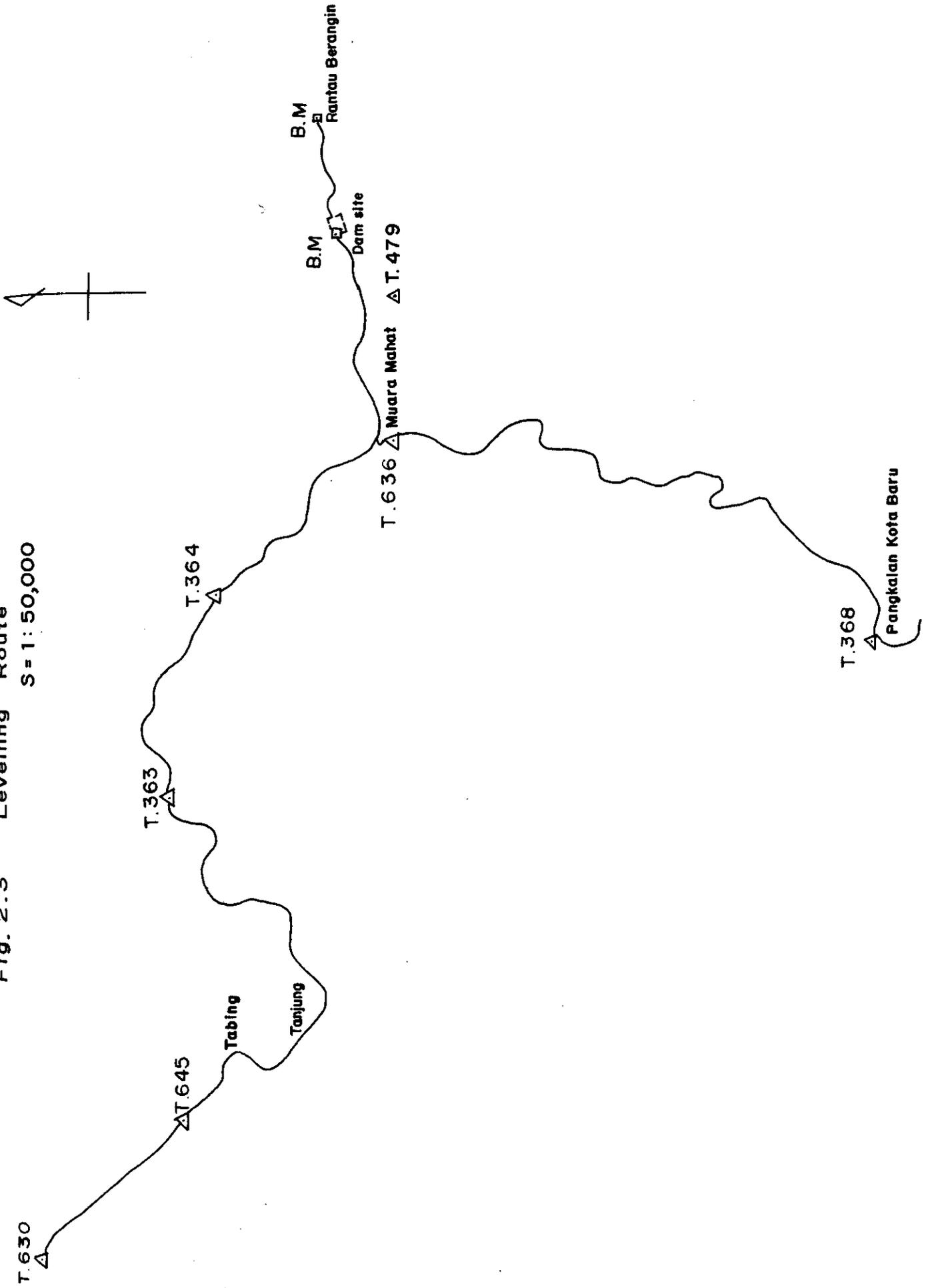


Fig. 2.3 Levelling Route
S = 1 : 50,000



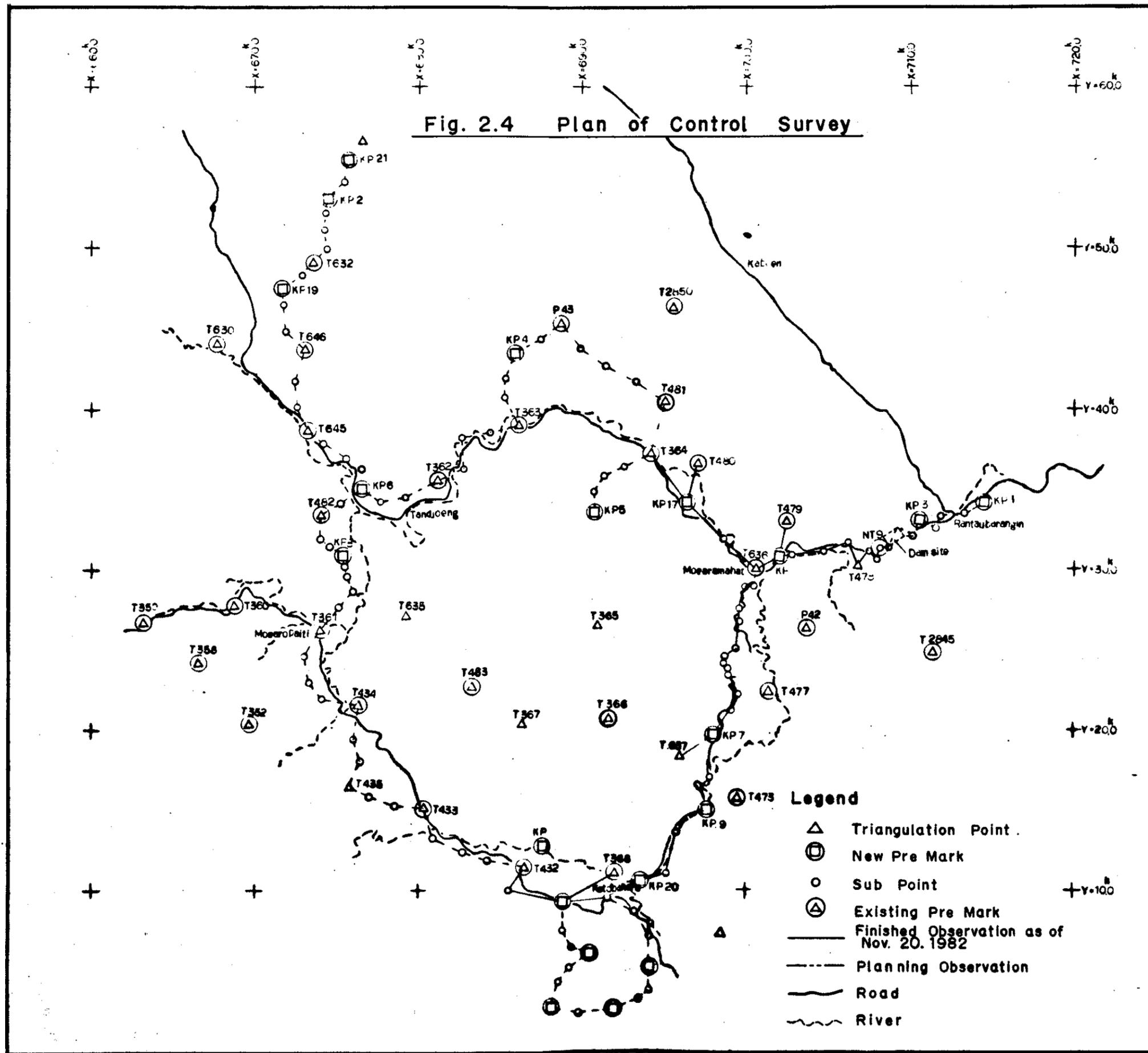
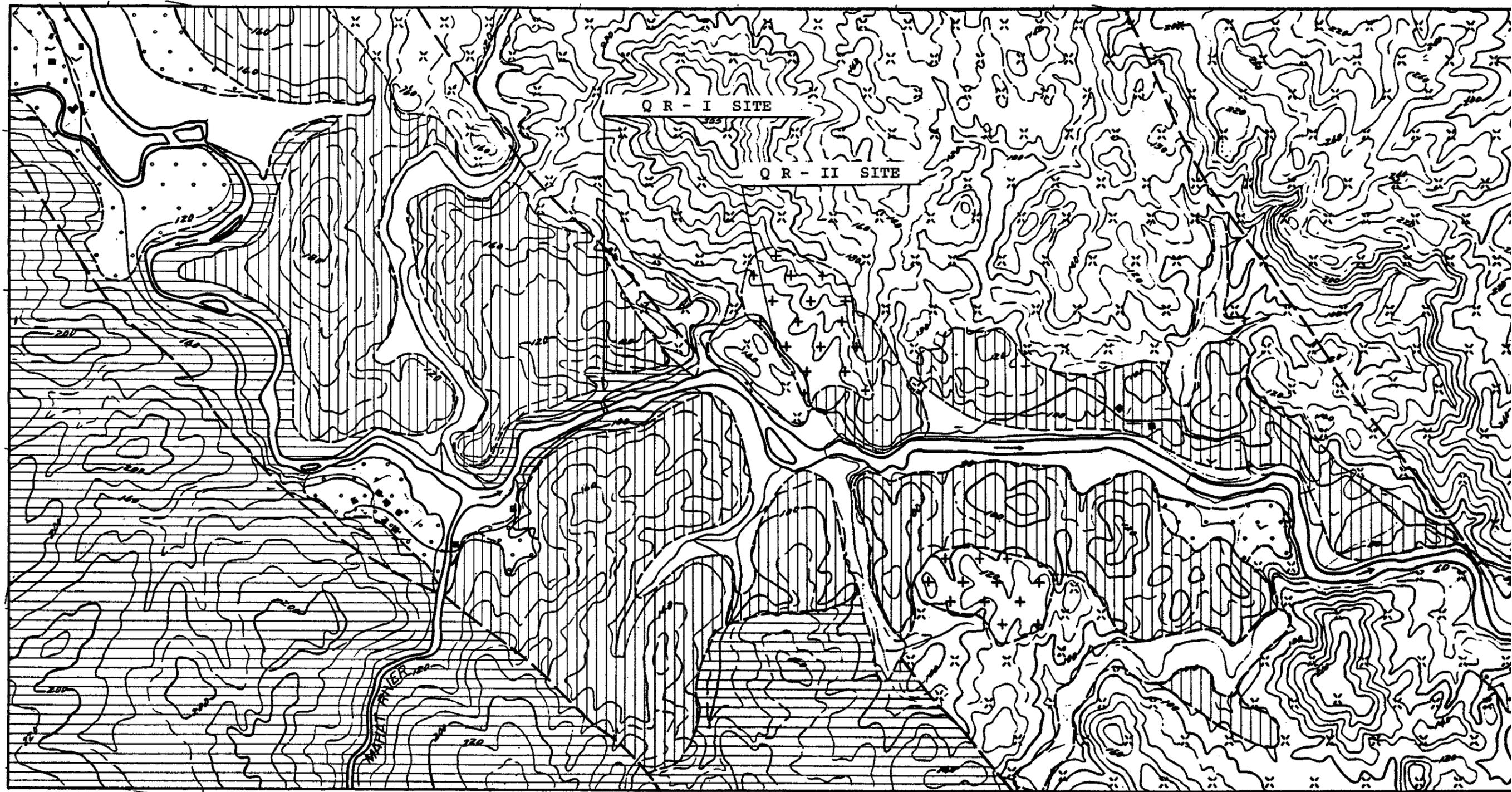


Fig.2.4 Plan of Control Survey

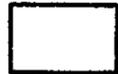
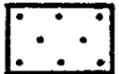
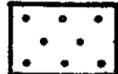
Fig. 2.5

OUTLINE OF GEOLOGY IN PROJECT SITE

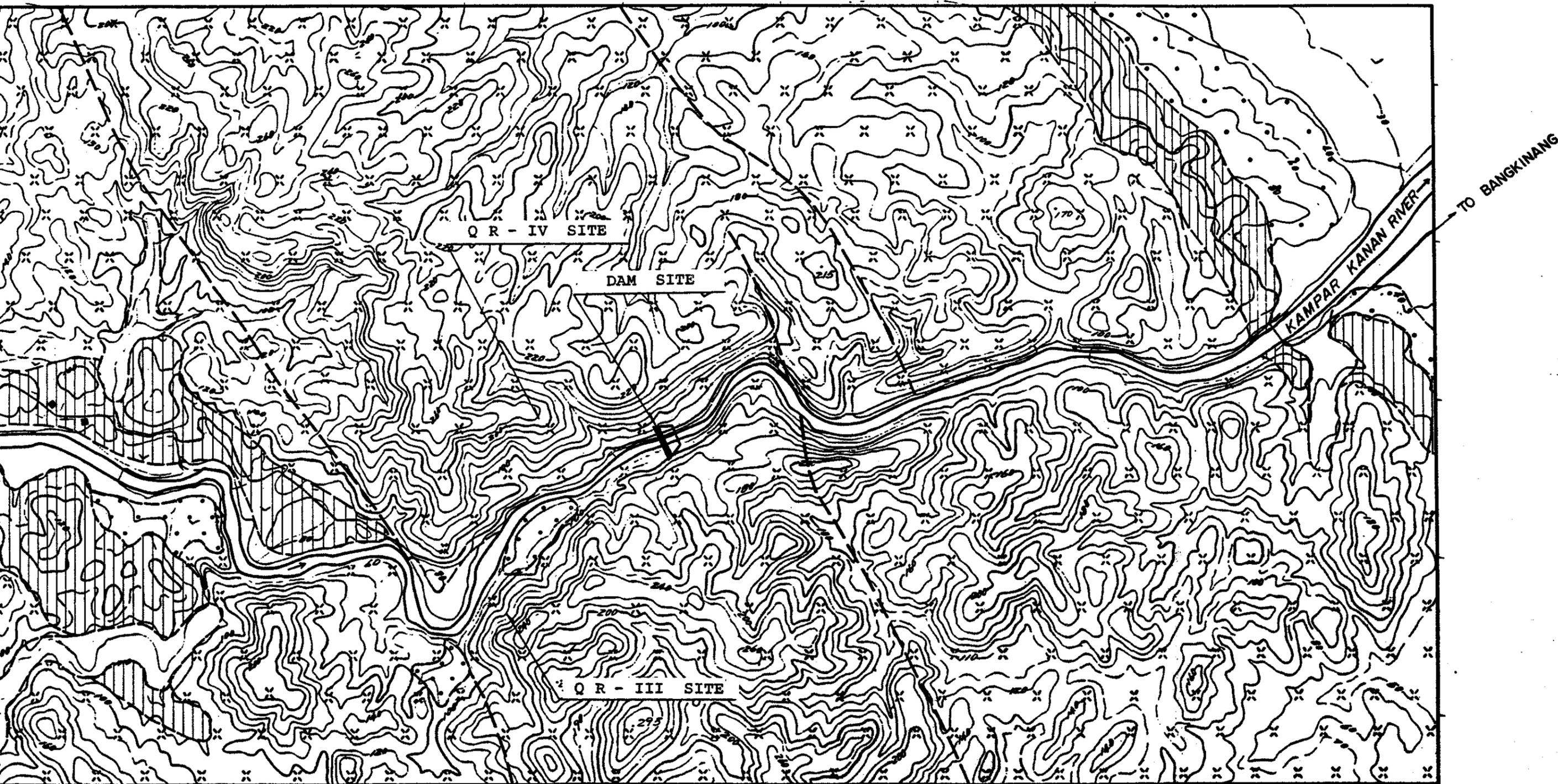


TO BUKITTINGGI

LEGEND

Quaternary		Alluvium	Tertiary		Telisa Formation (Grey calcareous mudstone, thin limestone, siltstone, minor glauconitic sandstone)
		Terrace			Sihapas Formation (Conglomerate, fine sandstone, siltstone with quartz pebble often reddish color)

GEOLOGY IN PROJECT SITE (S = 1/25,000)



LEGEND

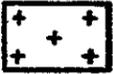
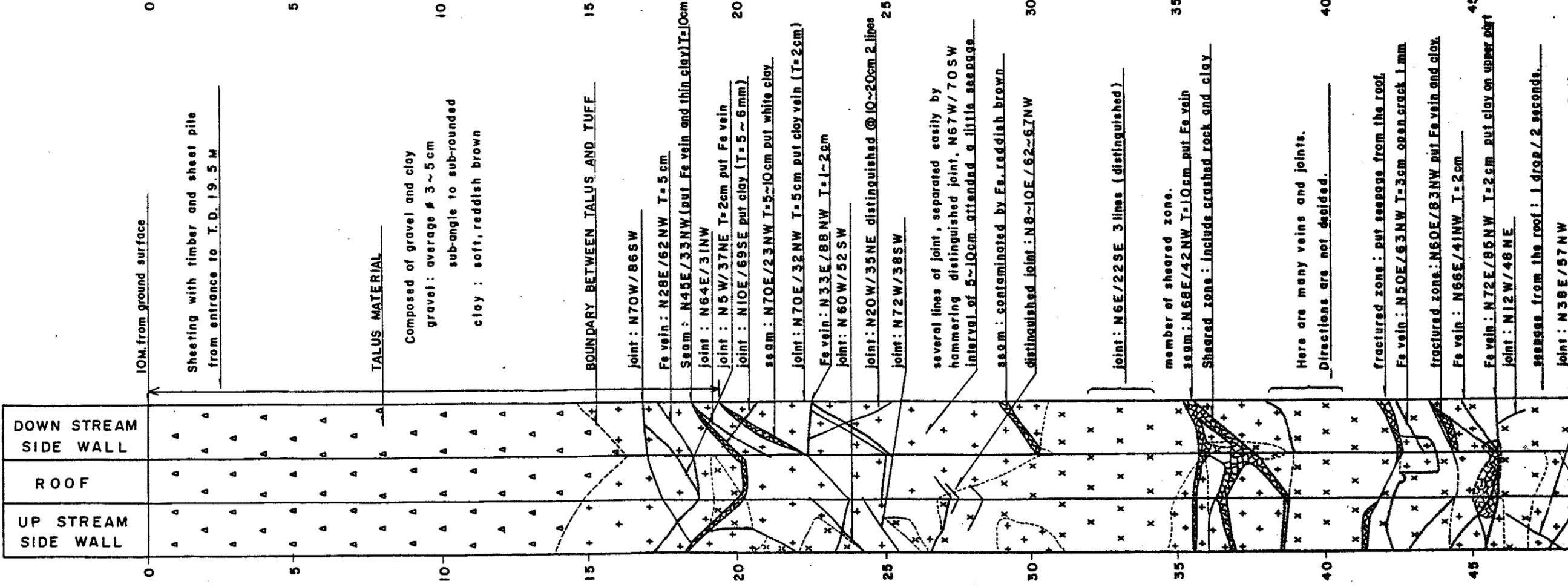
- | | | |
|--|--|---|
| <p> Telisa Formation
(Grey calcareous mudstone, thin limestone, siltstone, minor glauconitic sandstone)</p> <p> Sihapas Formation
(Conglomerate, fine sandstone, siltstone with quartz pebble often reddish color)</p> | <p>Palaeozoic</p> <p> Bohork Formation
(Tuff and tuffaceous shale with thin conglomerate)</p> <p> Kuantan Formation
(Wacke, conglomeratic wack and turbidite, phyllite, shale, massive schist, etc..)</p> | <p> Granite</p> <p> Supported fault</p> |
|--|--|---|

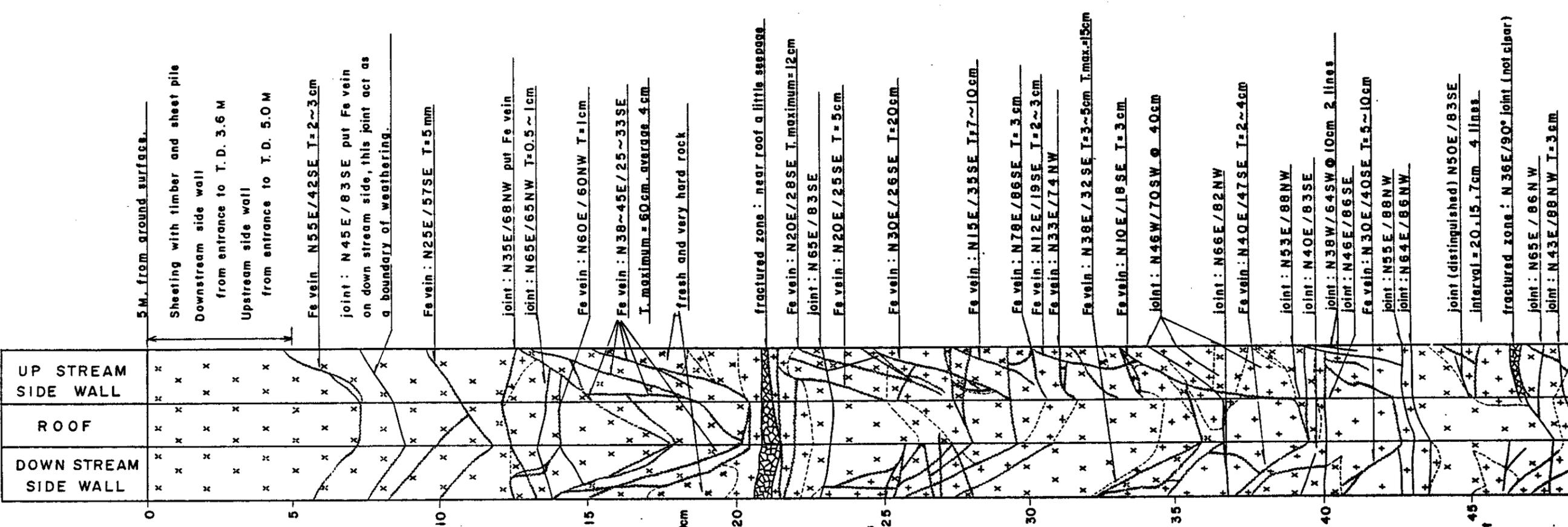
Fig.2.5 Outline of Geology in Project Site

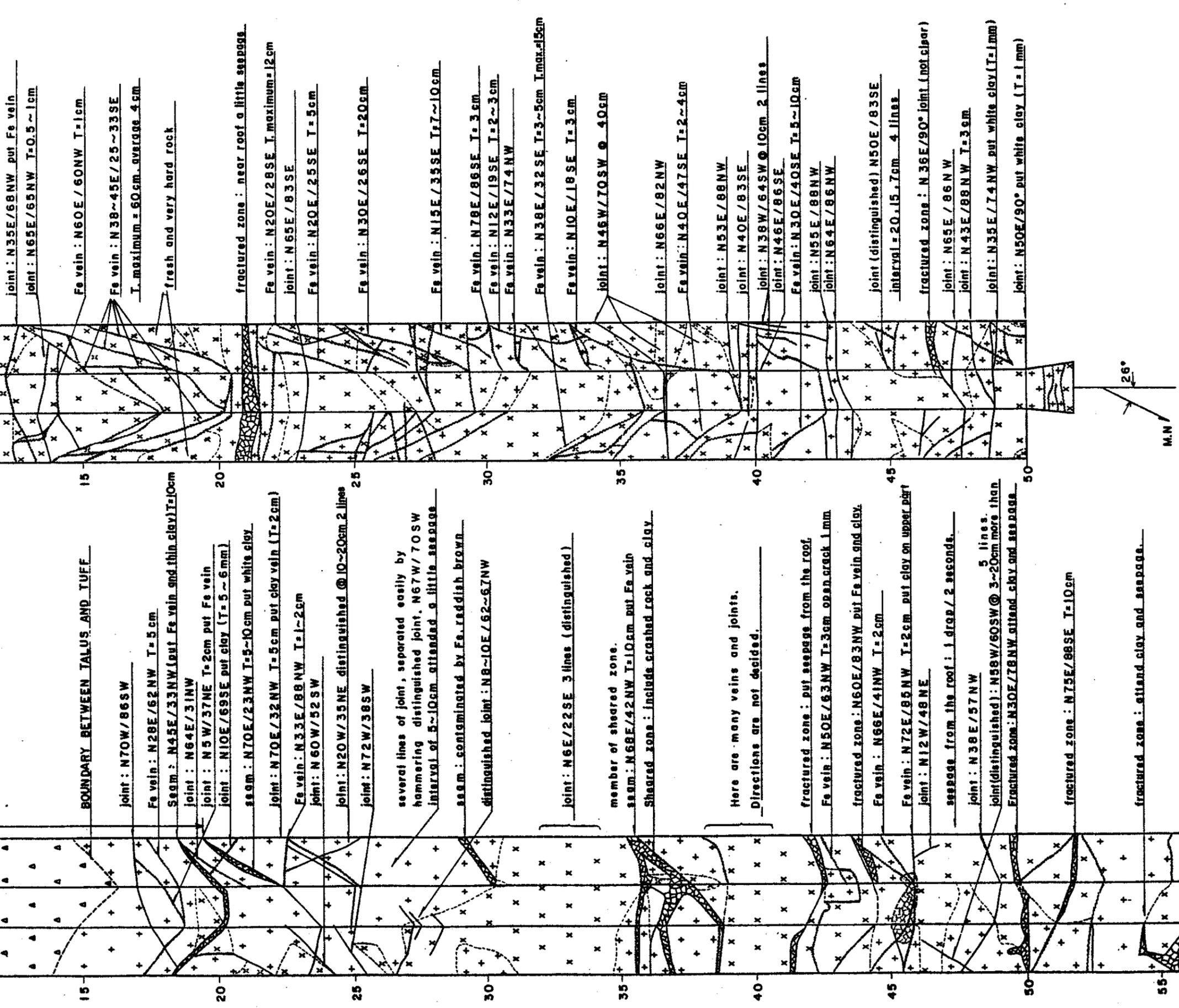
Fig. 2.6 EXTEND FIGURE OF TEST ADIT

TA-1 (RIGHT BANK OF THE KAMPAR KANAN)
 LENGTH : 60 M
 ELEVATION OF PORTAL : 62.41 M
 COORDINATE : X=1867.43 Y=1850.60



TA-2 (LEFT BANK OF THE KAMPAR KANAN)
 LENGTH : 50 M
 ELEVATION OF PORTAL : 66.78 M
 COORDINATE : X=1918.91 Y=2031.70





LEGEND

	Top Soil and Talus
	D Class
	DL Class
	CM Class
	CH Class

Dacitic Tuff
Rock Classification

BOUNDARY BETWEEN TALUS AND TUFF

joint: N70W/86SW

Fe vein: N28E/62NW T=5cm

Seam: N45E/33NW (put Fe vein and thin clay) T=10cm

joint: N64E/31NW

joint: N5W/37NE T=2cm put Fe vein

joint: N10E/69SE put clay (T=5~6mm)

seam: N70E/23NW T=5~10cm put white clay

joint: N70E/32NW T=5cm put clay vein (T=2cm)

Fe vein: N33E/88NW T=1~2cm

joint: N60W/52SW

joint: N20W/35NE distinguished @ 10~20cm 2 lines

joint: N72W/38SW

several lines of joint, separated easily by hammering distinguished joint. N67W/70SW interval of 5~10cm attended a little seepage

seam: contaminated by Fe. reddish brown

distinguished joint: N8~10E/62~67NW

joint: N6E/22SE 3 lines (distinguished)

member of sheared zone.

seam: N68E/42NW T=10cm put Fe vein

Sheared zone: include crashed rock and clay

Here are many veins and joints. Directions are not decided.

fractured zone: put seepage from the roof

Fe vein: N50E/63NW T=3cm open crack 1mm

fractured zone: N60E/83NW put Fe vein and clay

Fe vein: N66E/41NW T=2cm

Fe vein: N72E/85NW T=2cm put clay on upper part

joint: N12W/48NE

seepage from the roof: 1 drop / 2 seconds.

joint: N38E/57NW

joint (distinguished): N58W/60SW @ 3~20cm more than 5 lines.

Fractured zone: N30E/78NW attend clay and seepage.

fractured zone: N75E/88SE T=10cm

fractured zone: attend clay and seepage.

many Fe veins each width is 1 or 2 cm though the hardness of rock is good, very cracky. Gray coloured DACITIC TUFF distinguished joint: N90W/80SW @ 10cm

fractured zone: near roof a little seepage

Fe vein: N20E/28SE T maximum=12cm

joint: N65E/83SE

Fe vein: N20E/25SE T=5cm

Fe vein: N30E/26SE T=20cm

Fe vein: N15E/35SE T=7~10cm

Fe vein: N78E/86SE T=3cm

Fe vein: N12E/19SE T=2~3cm

Fe vein: N33E/74NW

Fe vein: N38E/32SE T=3~5cm T.max=15cm

Fe vein: N10E/18SE T=3cm

joint: N46W/70SW @ 40cm

joint: N66E/82NW

Fe vein: N40E/47SE T=2~4cm

joint: N53E/88NW

joint: N40E/83SE

joint: N38W/64SW @ 10cm 2 lines

joint: N46E/86SE

Fe vein: N30E/40SE T=5~10cm

joint: N55E/88NW

joint: N64E/86NW

joint (distinguished) N50E/83SE interval=20.15.7cm 4 lines

fractured zone: N36E/90° joint (not clear)

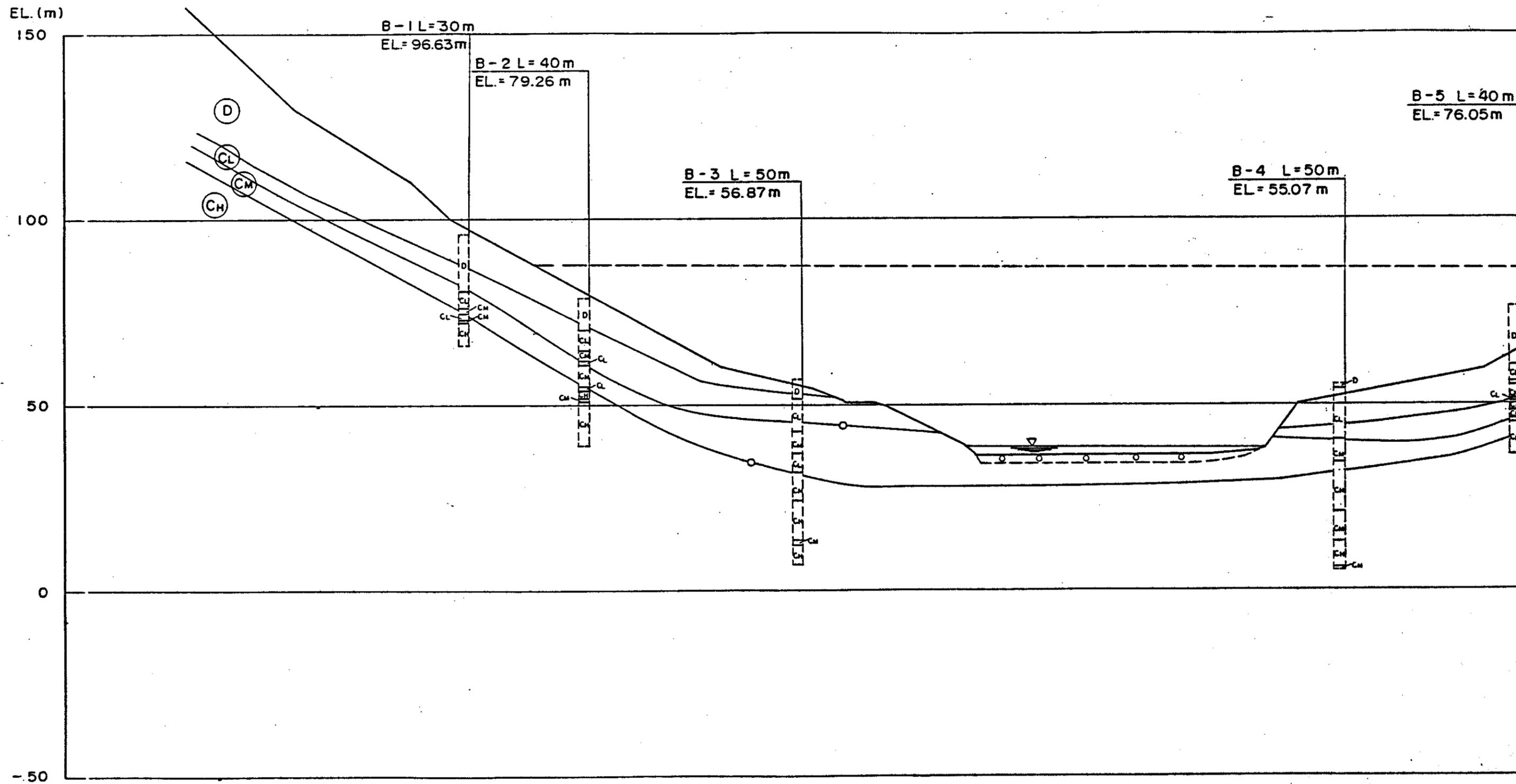
joint: N65E/86NW

joint: N43E/88NW T=3cm

joint: N35E/74NW put white clay (T=1mm)

joint: N50E/90° put white clay (T=1mm)

Fig. 2.7 GEOLOGICAL PROFILE



GEOLOGICAL PROFILE OF AXIS I

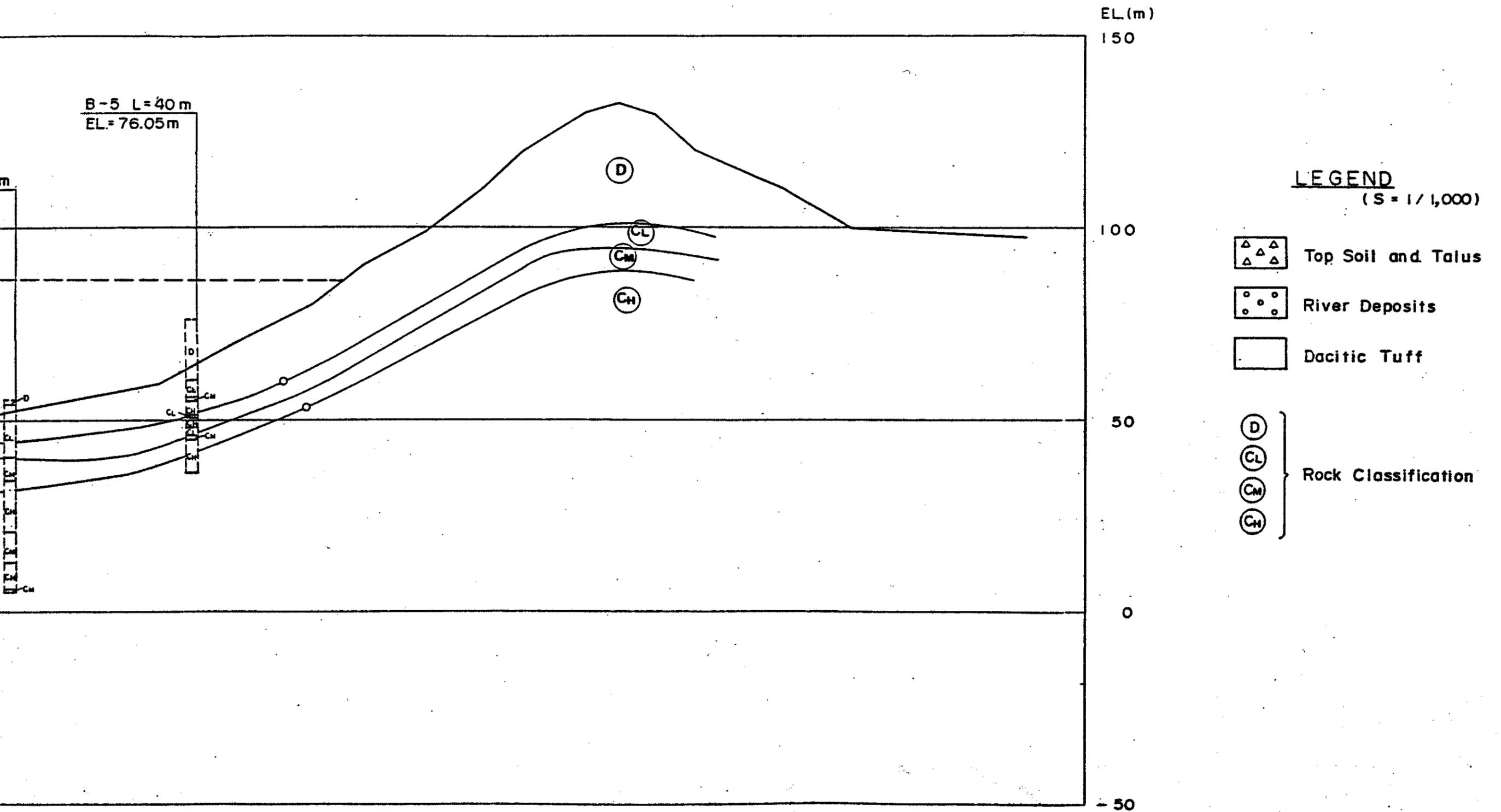
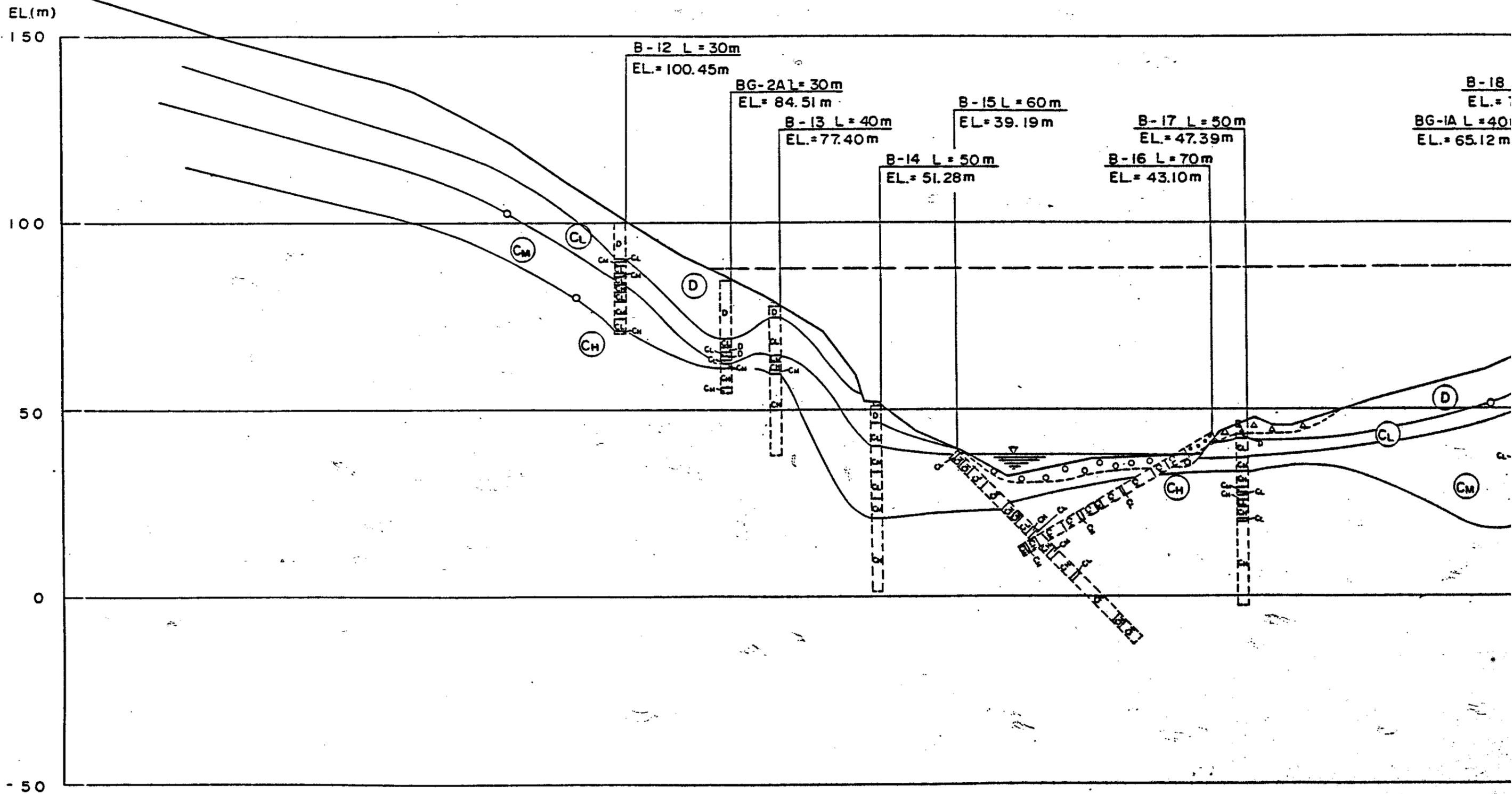


Fig.2.7 Geological Profile of Axis I

Fig. 2.8 GEOLOGICAL PROFILE OF AXIS



GEOLOGICAL PROFILE OF AXIS 3

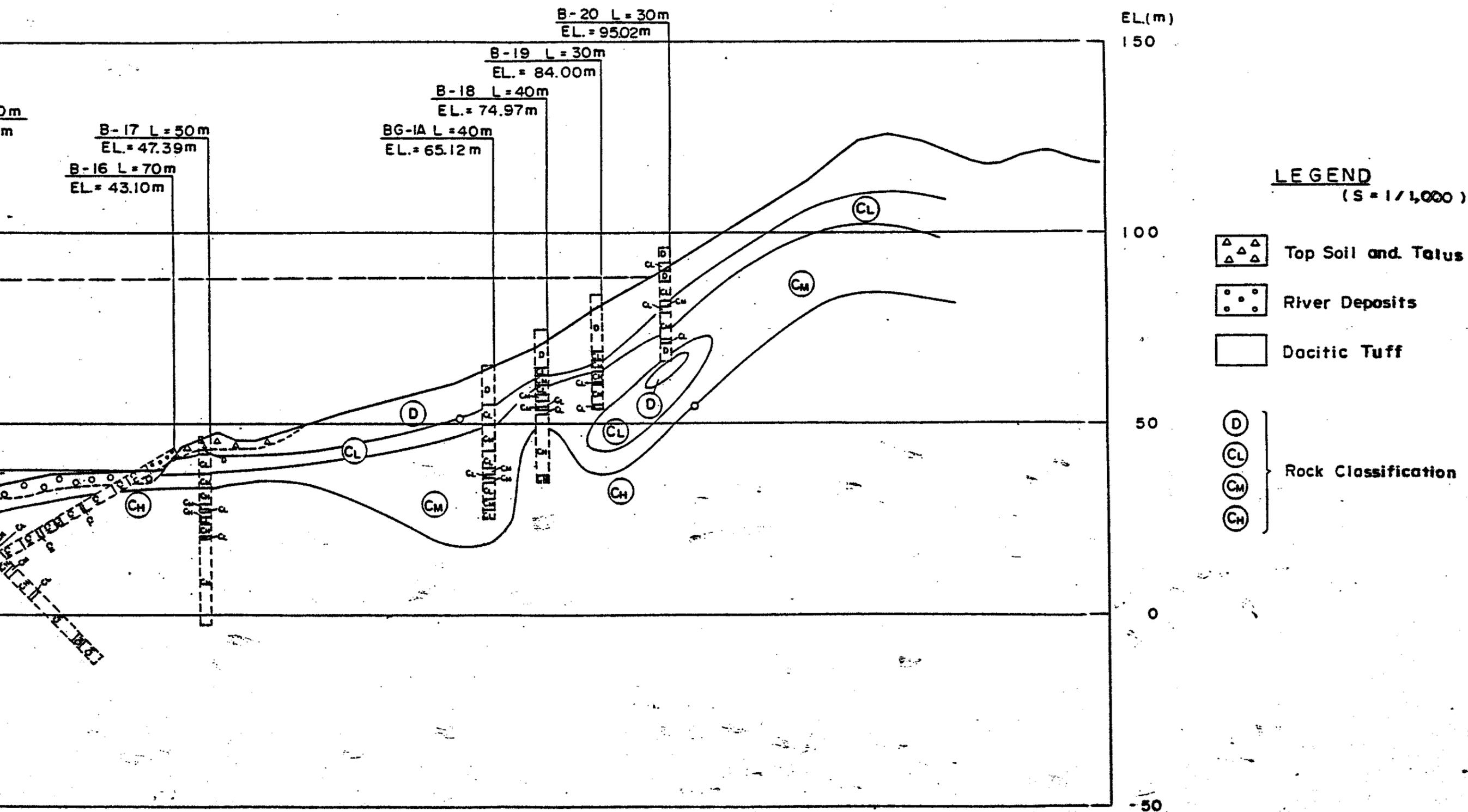
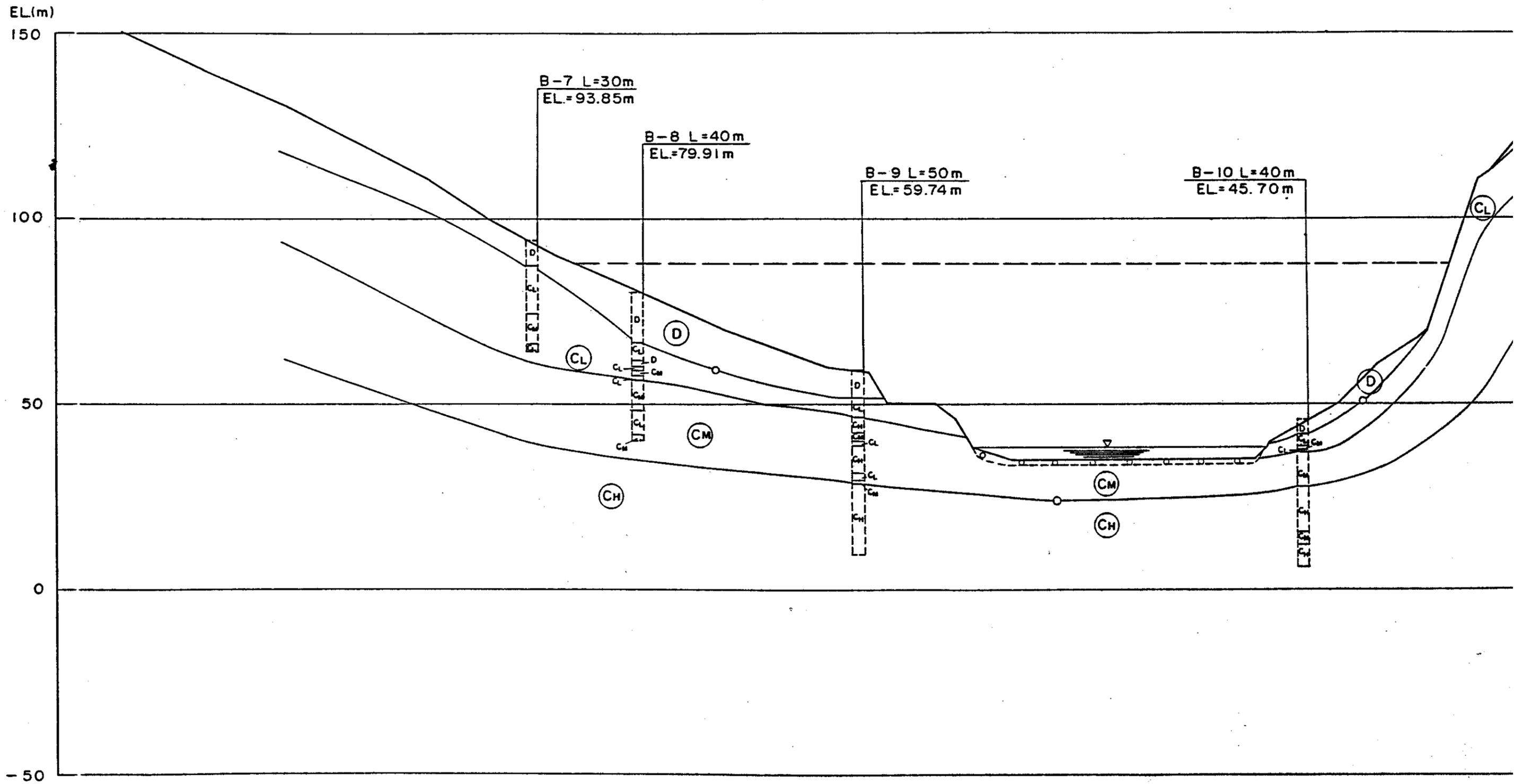


Fig.2.8 Geological Profile of Axis 3

Fig. 2.9 GEOLOGICAL PROFILE OF AXIS 4



GEOLOGICAL PROFILE OF AXIS 4

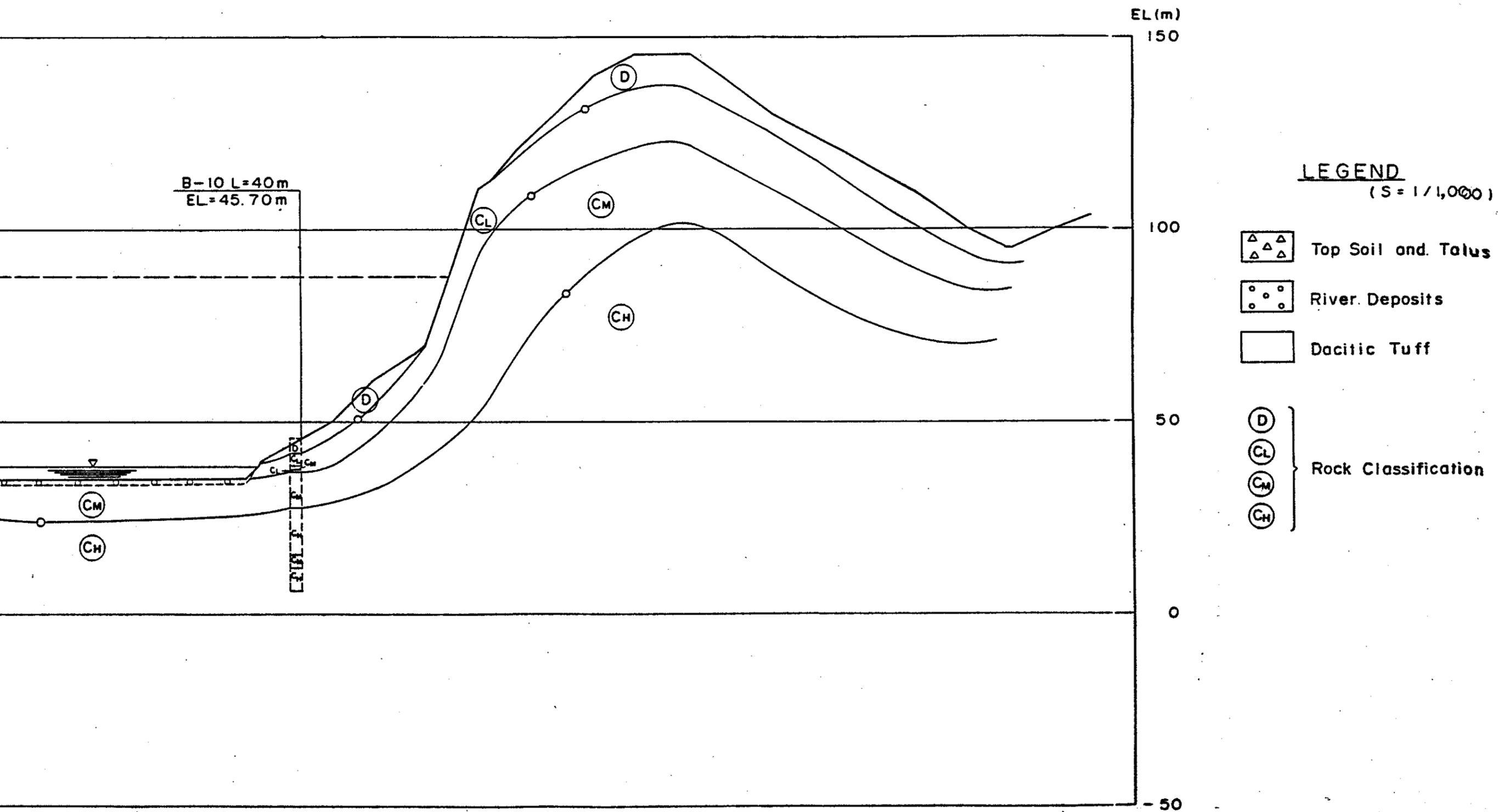
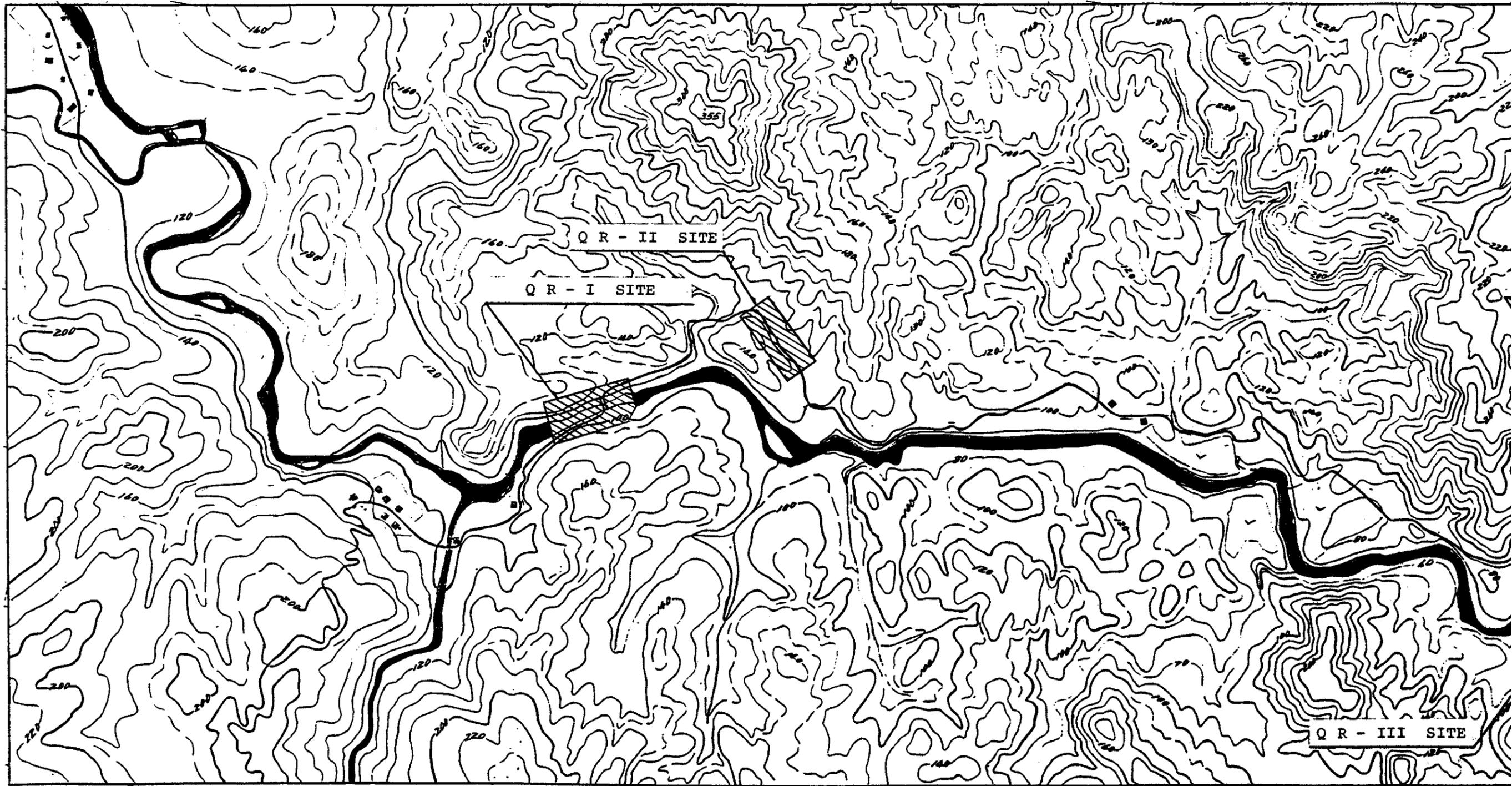


Fig.2.9 Geological Profile of Axis 4

Fig. 2.10 LOCATION MAP OF QUARRY SITES (S=1/



MAP OF QUARRY SITES (S=1/25,000)

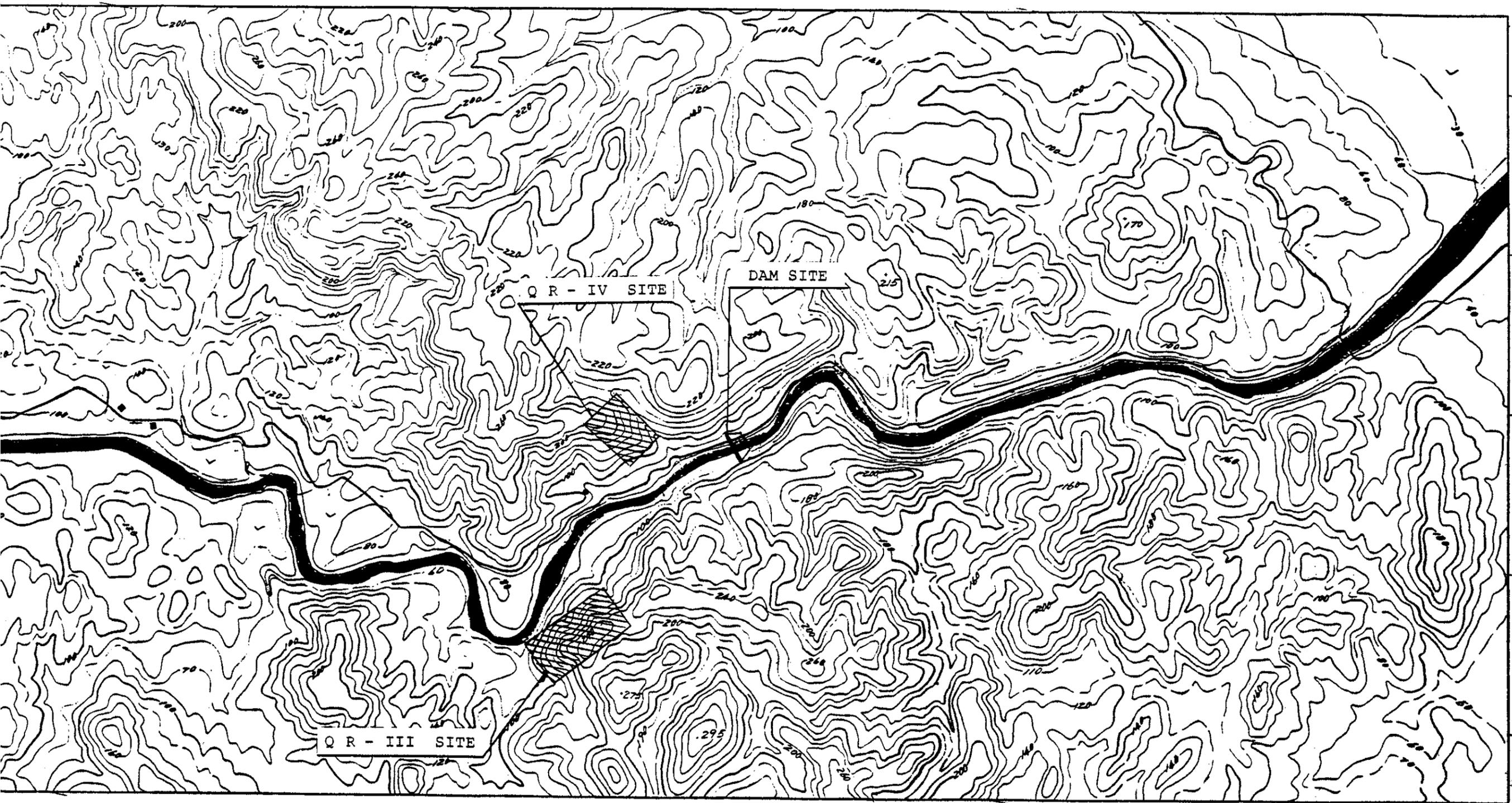
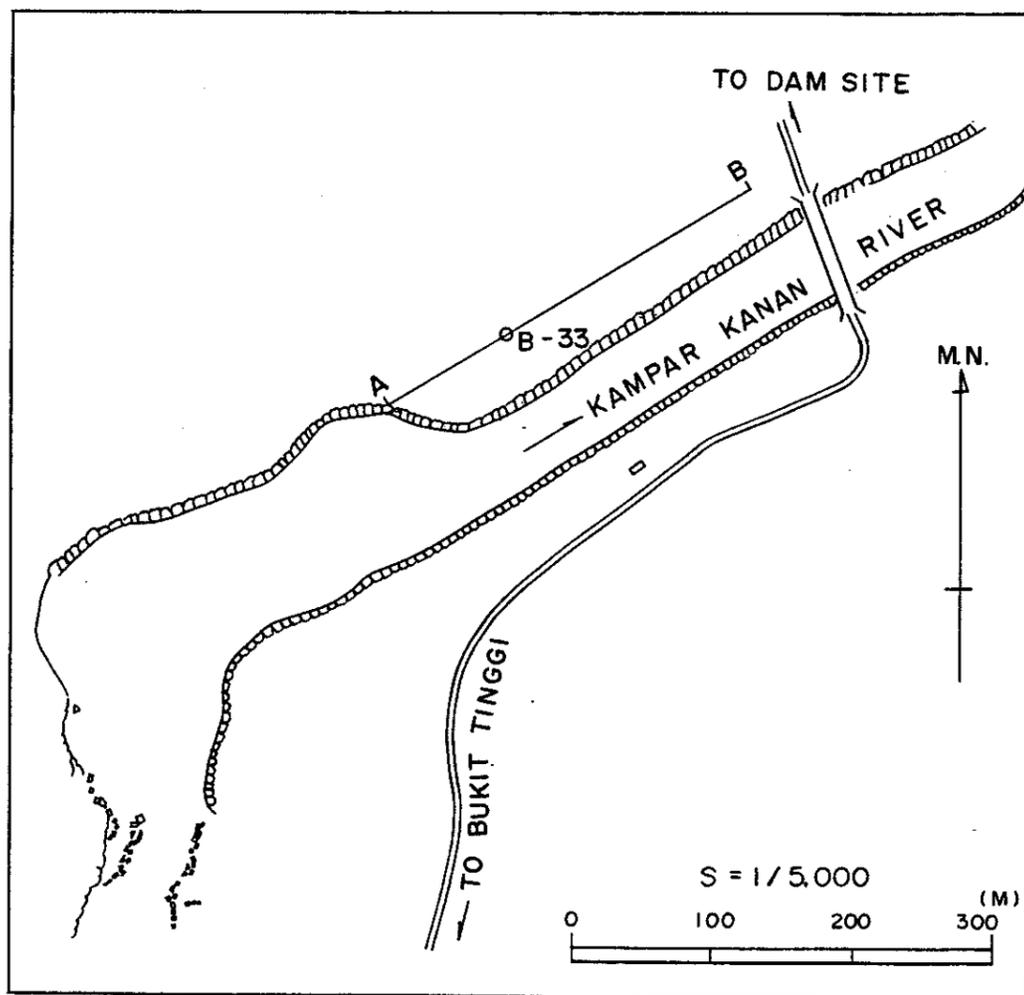


Fig.2.10 Location Map of Quarry Sites

Fig. 2.11a LOCATION MAP OF GEOLOGICAL SURVEY

QUARRY SITE (Q R - I SITE)



LEGEND

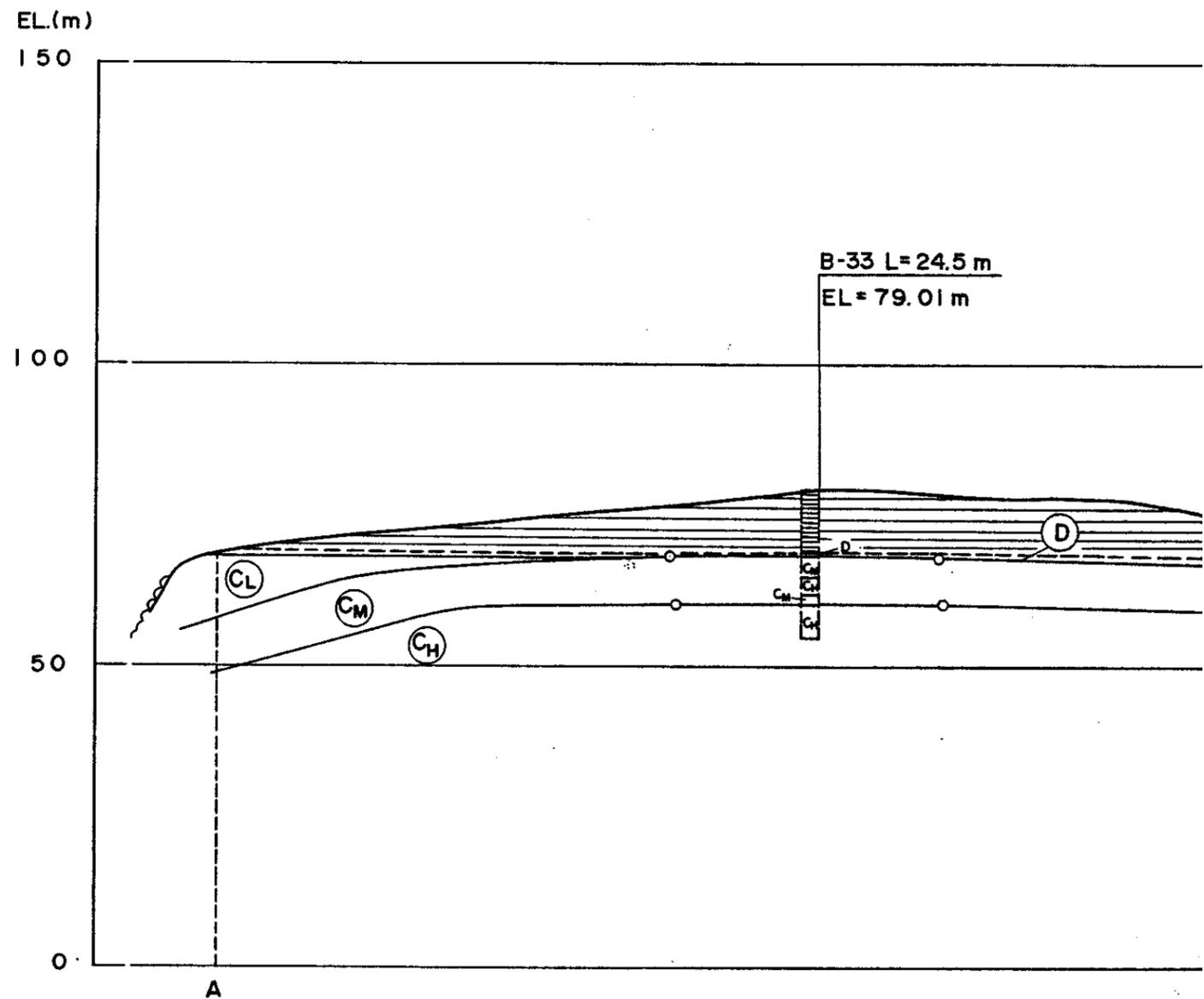
o B-33

Boring

A — B

Topographic section

Fig. 2.11b GEOLOGICAL PROFILE OF (



GEOLOGICAL PROFILE OF QUARRY SITE (QR-I SITE)

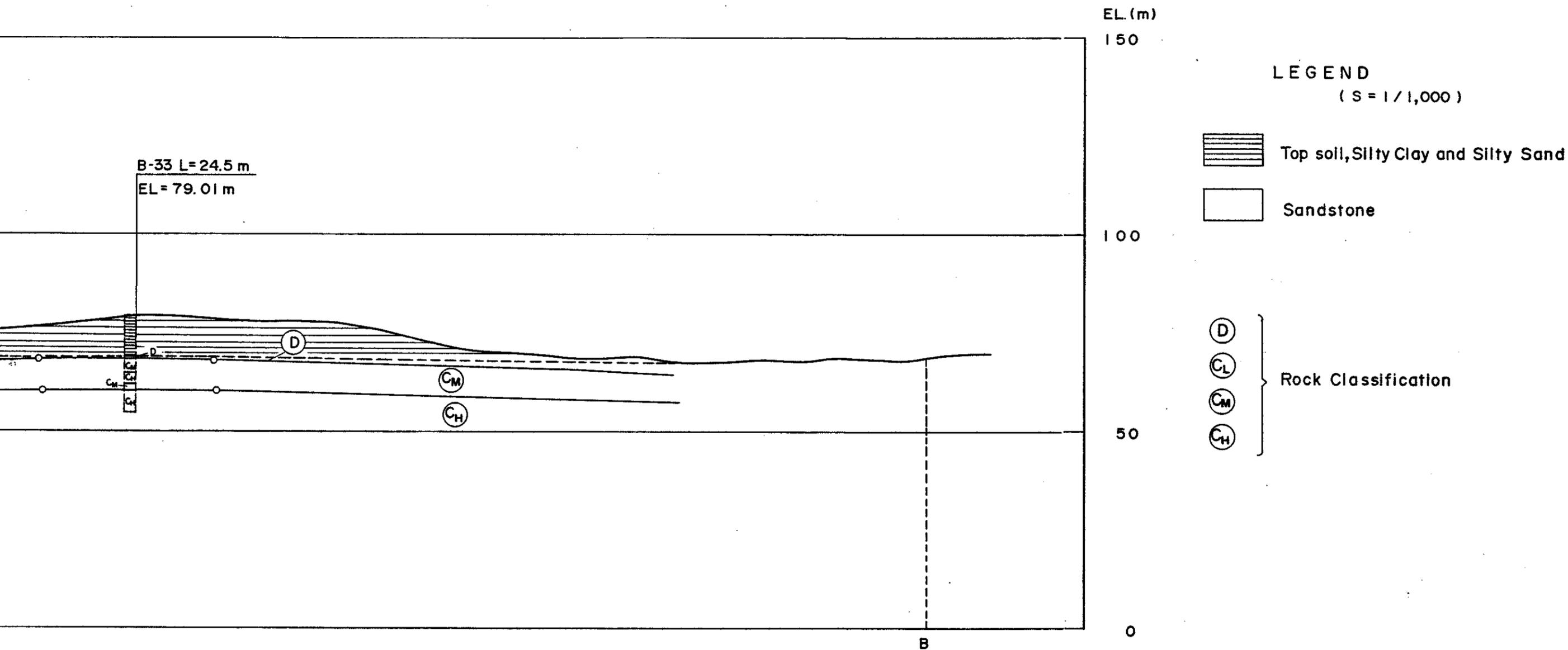
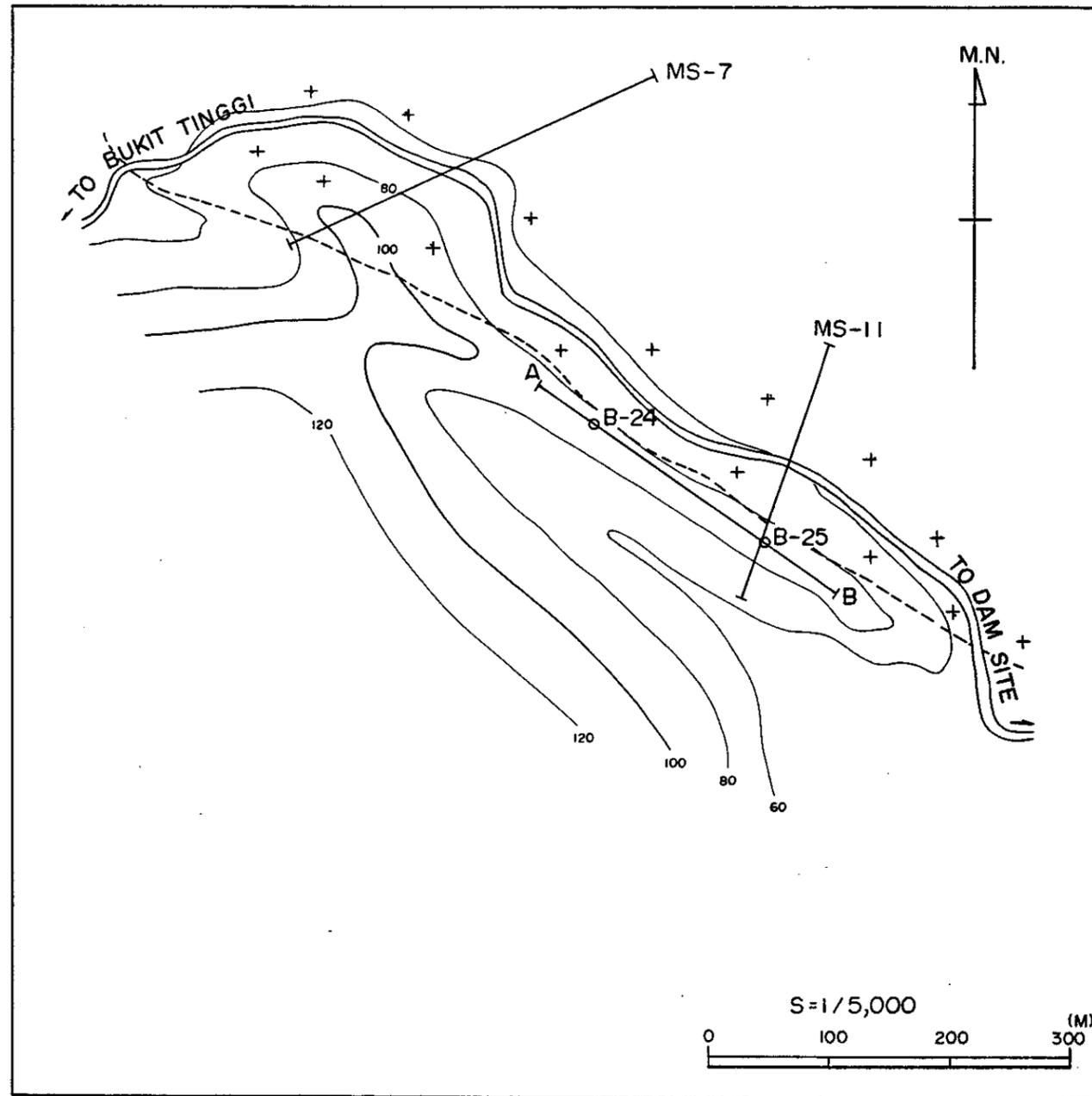


Fig.2.11 Location Map of Geological
(a) Survey Quarry Site (QR-I SITE)
Fig.2.11 Geological Profile of Quarry
(b) Site (QR-I SITE)

Fig. 2.12a LOCATION MAP OF GEOLOGICAL SURVEY

QUARRY SITE (Q R - II SITE)



LEGEND

- | | | | |
|------------|---------------------|------------|---------|
| A ——— B | Topographic section | | Shale |
| ————— MS-7 | Seismic prospecting | +++
+++ | Granite |
| ○ B-24 | Boring | | |

Fig. 2.12b GEOLOGICAL PROFILE

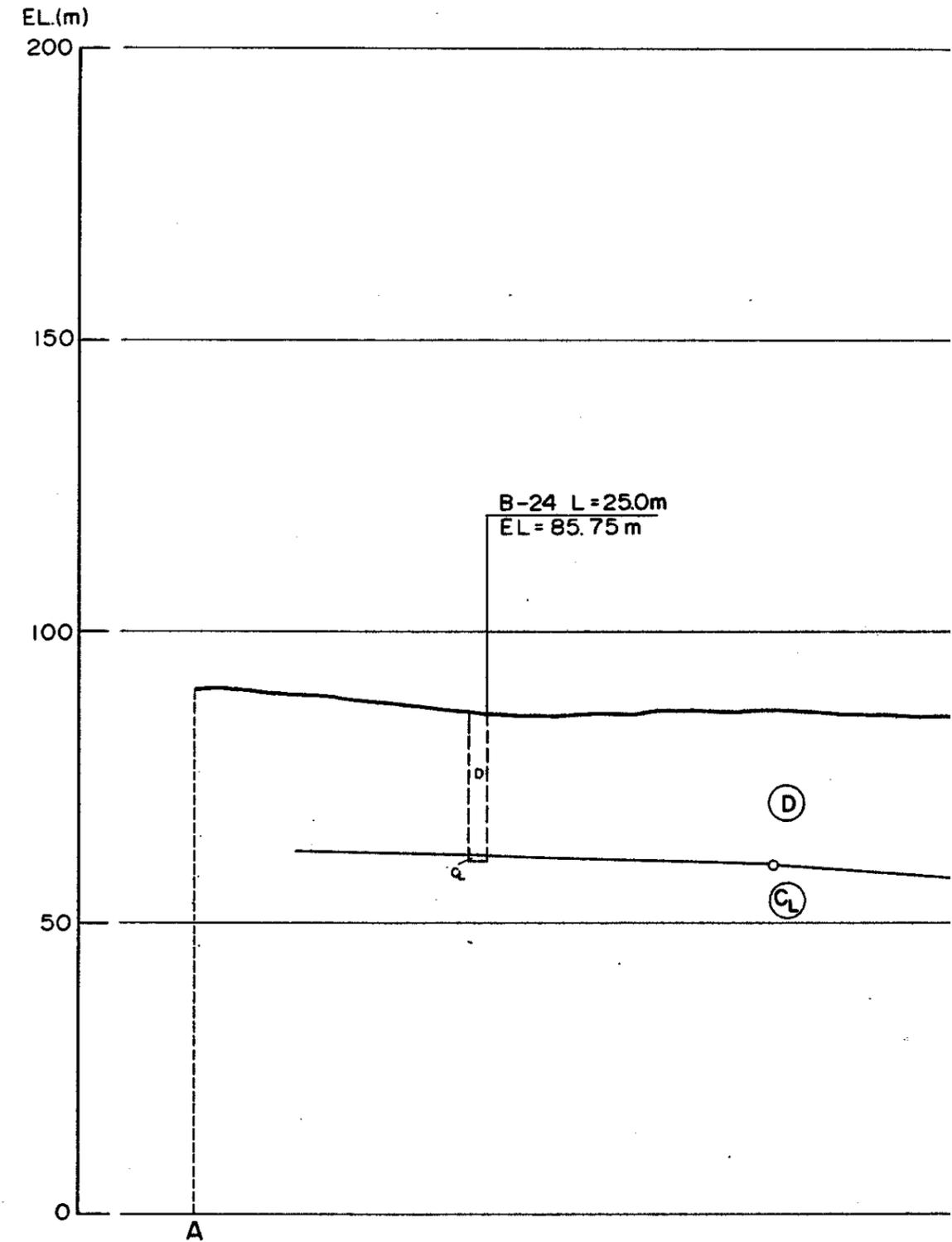


Fig. 2.12b GEOLOGICAL PROFILE OF QUARRY SITE (Q R - II SITE)

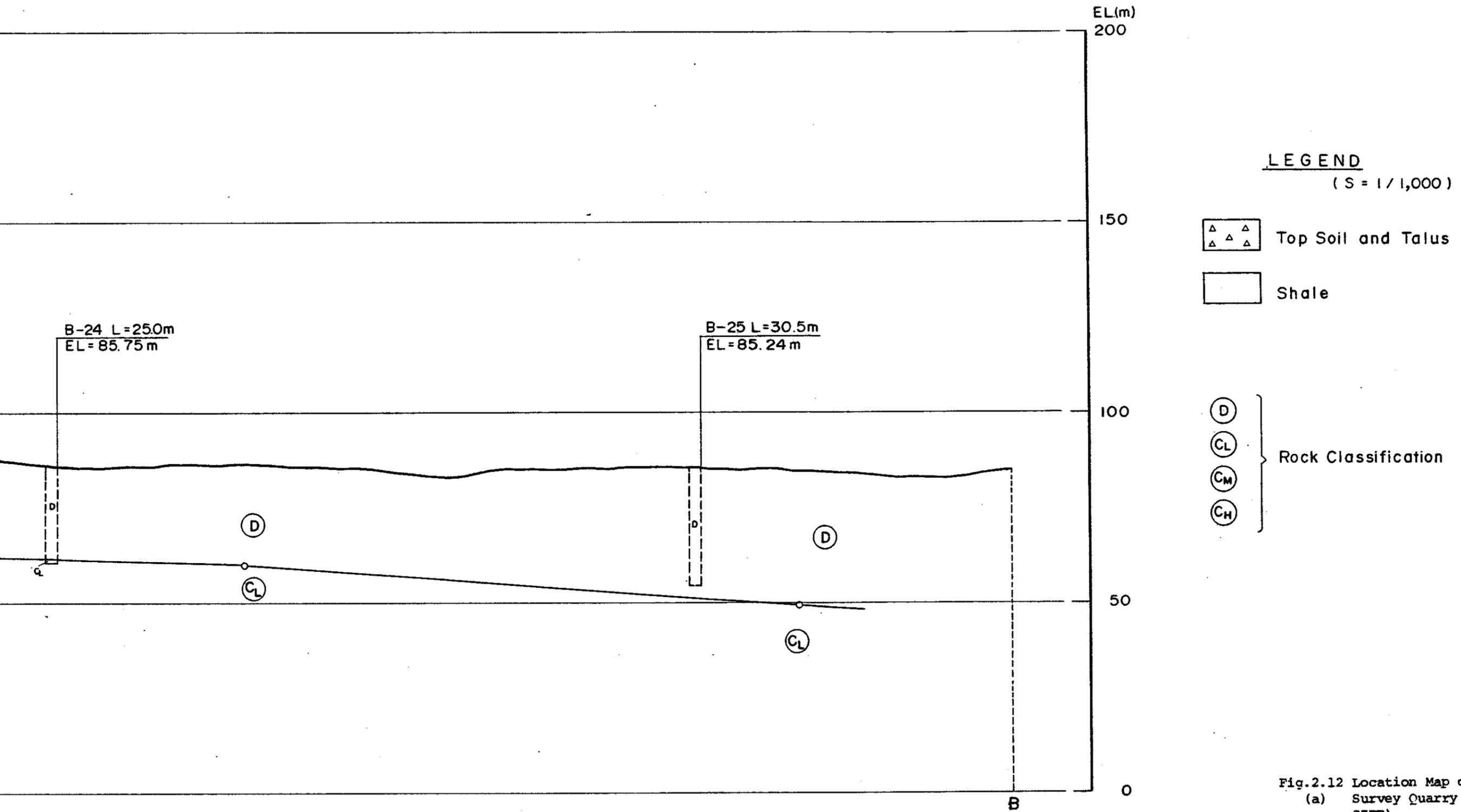
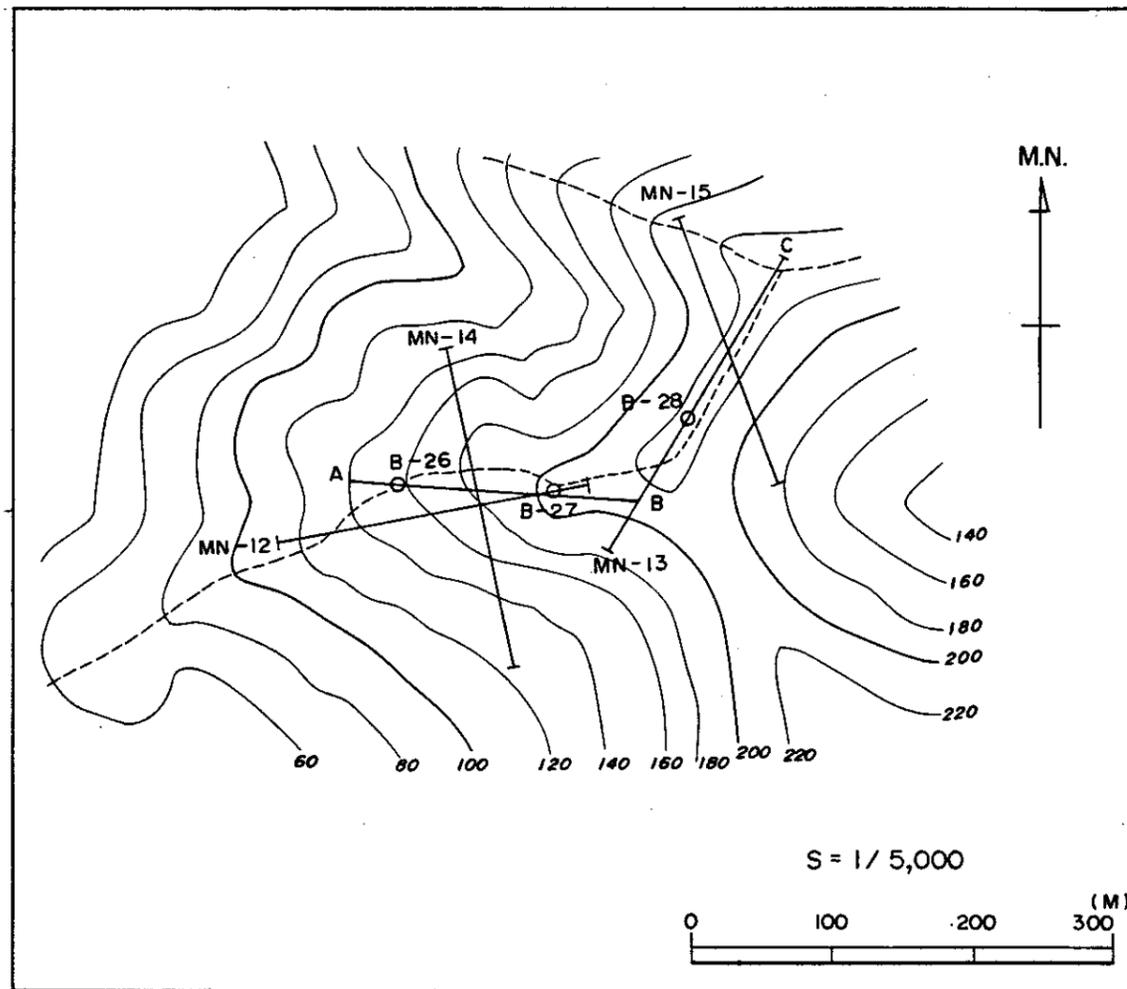


Fig.2.12 Location Map of Geological
(a) Survey Quarry Site (QR-II SITE)
Fig.2.12 Geological Profile of Quarry
(b) Site (QR-II SITE)

Fig. 2.13a LOCATION MAP OF GEOLOGICAL SURVEY

QUARRY SITE (QR - III SITE)



LEGEND

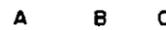
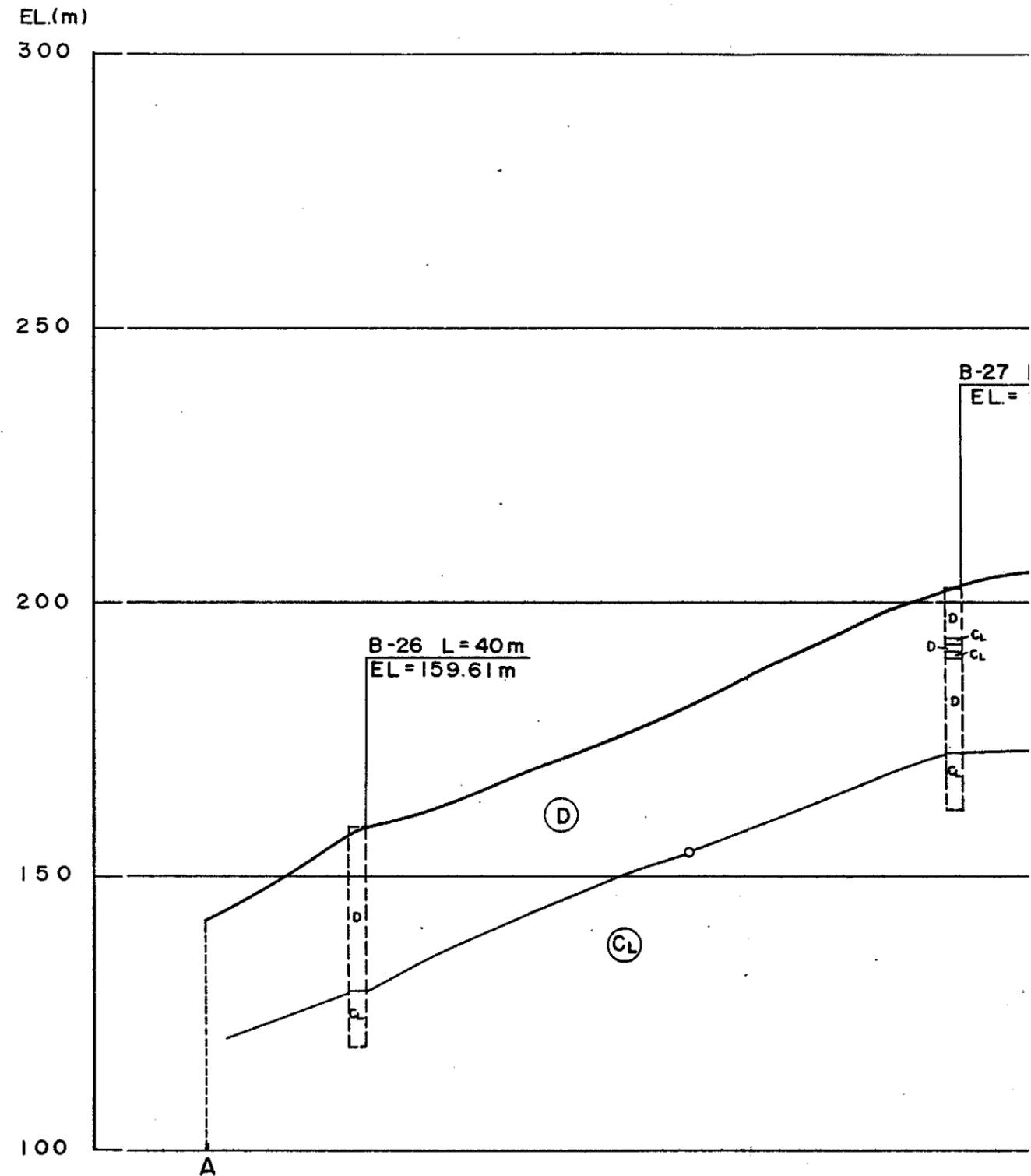
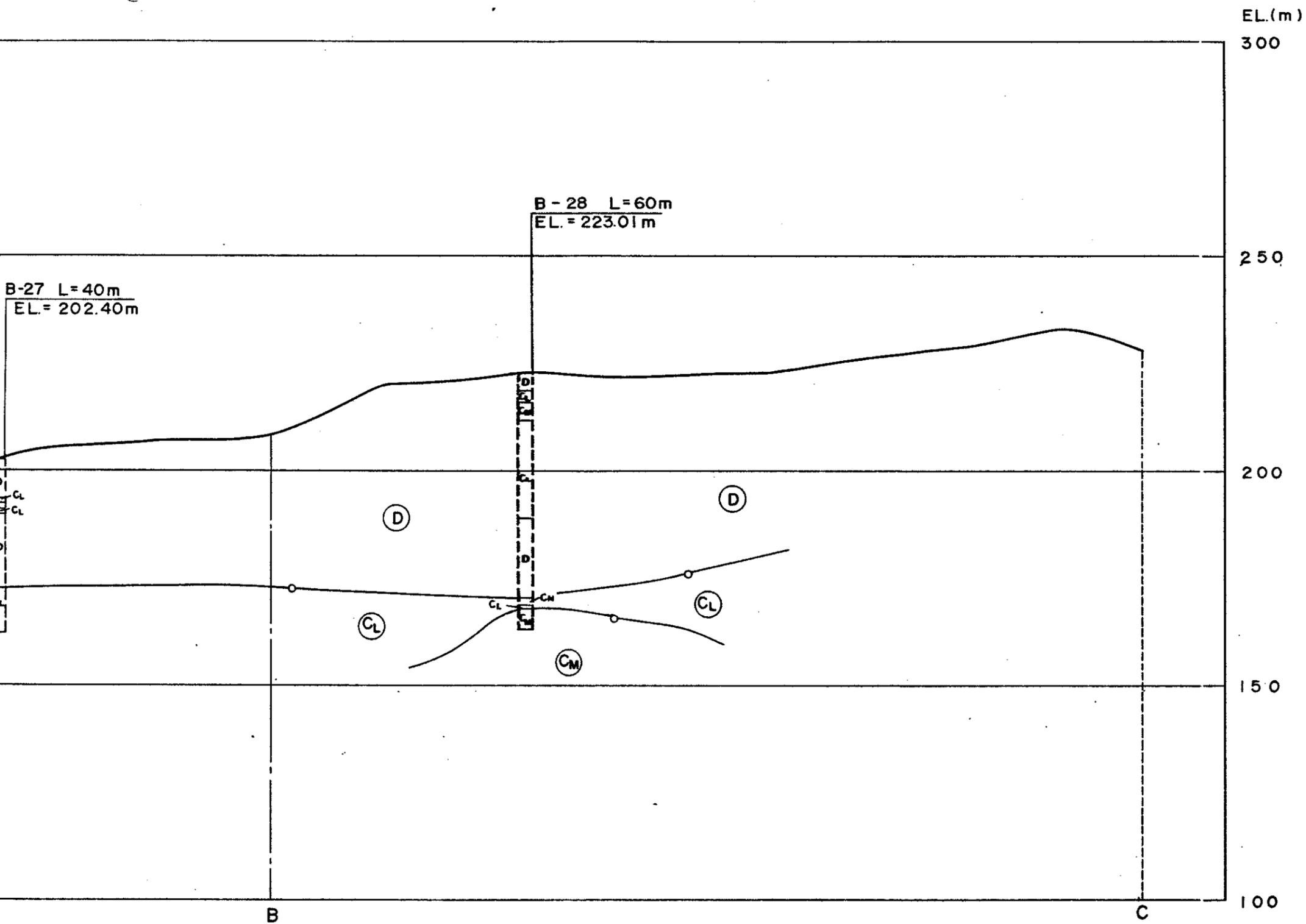
-  Topographic section
-  Seismic prospecting
-  Boring

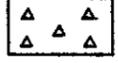
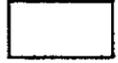
Fig. 2.13b GEOLOGICAL PROFILE



PROFILE OF QUARRY SITE (QR - III SITE)



LEGEND
(S = 1/1,000)

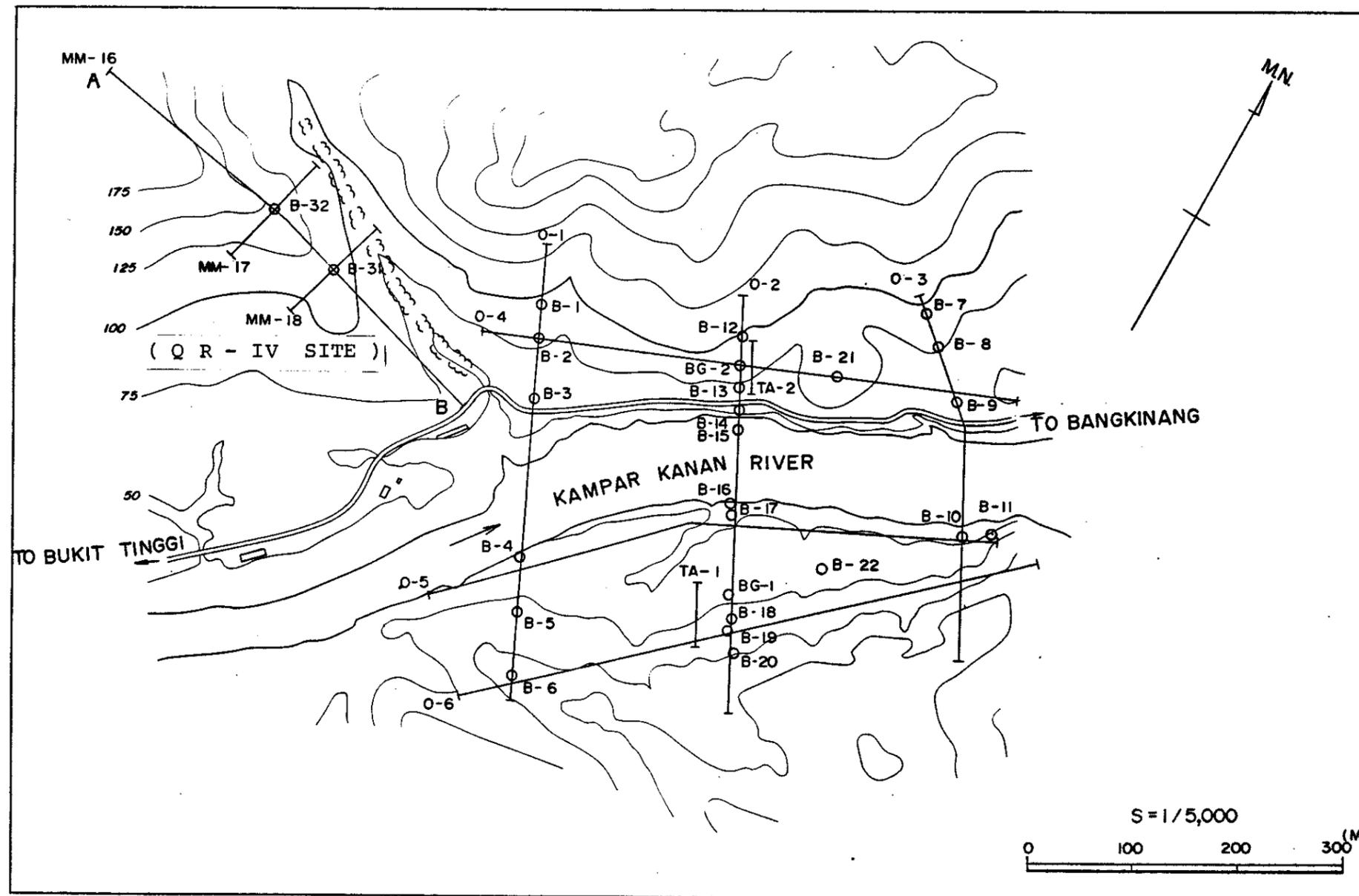
 Top soil and Talus
 Dacitic Tuff

 }
 } Rock Classification
 }
 }

Fig.2.13 Location Map of Geological Survey
 (a) Quarry Site (QR-III SITE)
 Fig.2.13 Geological Profile of Quarry Site
 (b) (QR-III SITE)

Fig. 2.14a LOCATION MAP OF GEOLOGICAL SURVEY

QUARRY SITE (QR - IV SITE)



EL(m)
200

150

100

50

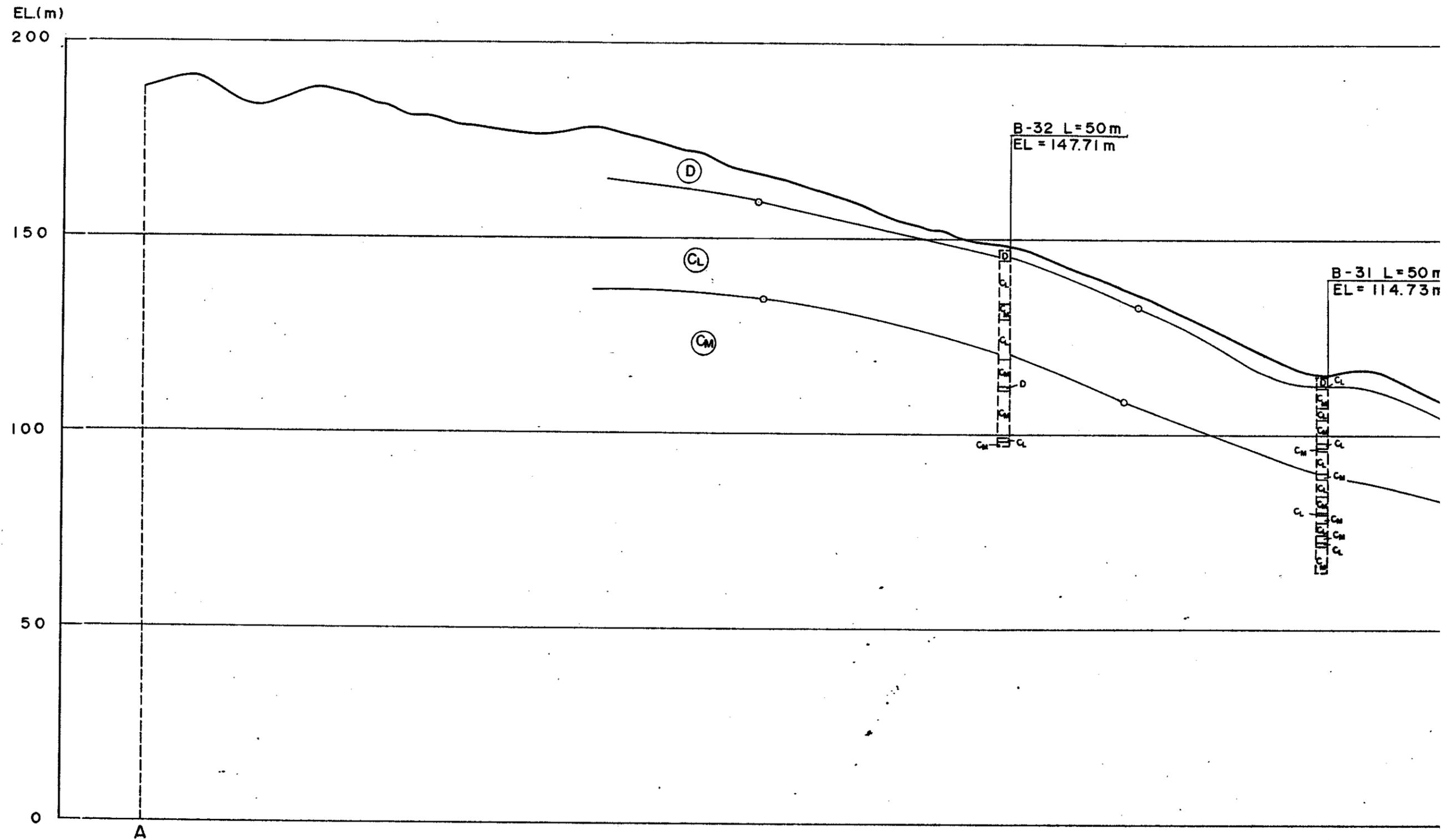
0

A

LEGEND

- | | | | | |
|-------|------|---------------------|--------|---------------|
| — — | O-2 | Seismic prospecting | ○ B-5 | Boring |
| — — | TA-1 | Test adit | ○ BG-2 | Grouting test |
| A — B | | Topographic section | ⋯⋯⋯ | Out crop |

Fig. 2.14b GEOLOGICAL PROFILE OF QUARRY SITE (QR - IV SITE)



QUARRY SITE (QR-IV SITE)

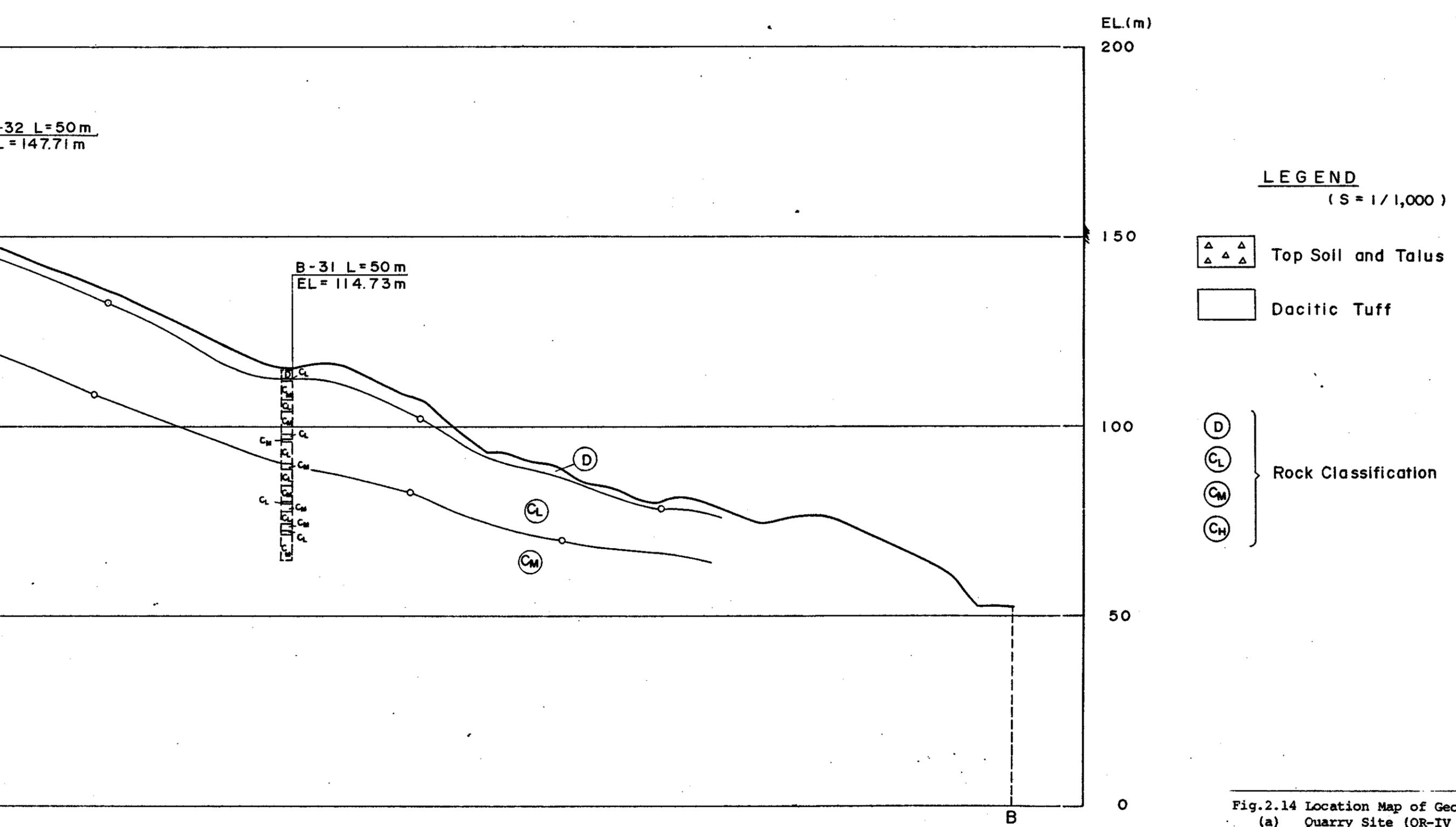
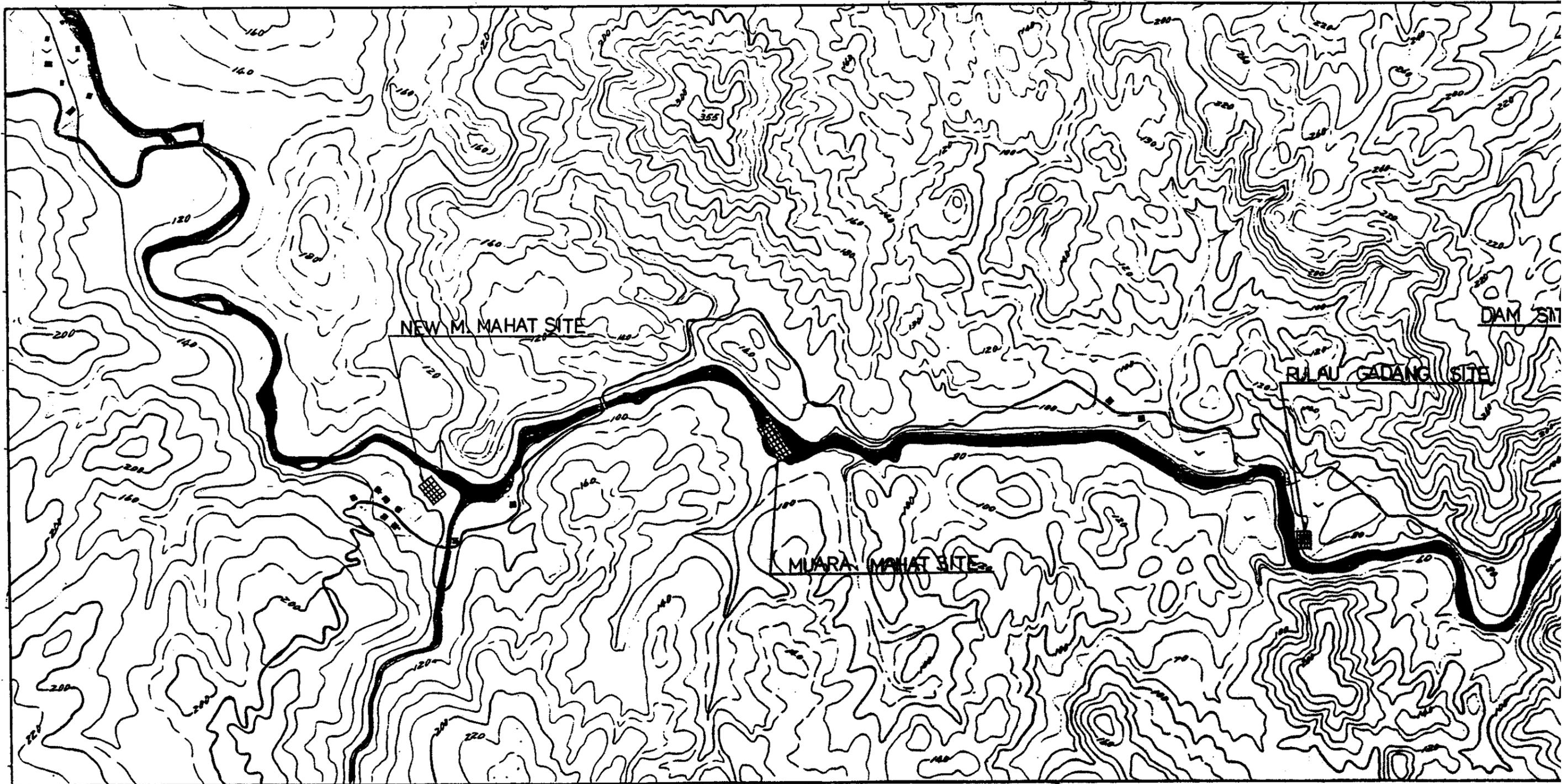


Fig.2.14 Location Map of Geological Survey
 (a) Quarry Site (QR-IV SITE)
 Fig.2.14 Geological Profile of Quarry Site
 (b) (QR-IV SITE)

Fig. 2.15 LOCATION MAP OF BORROW SITES

(S=1/25,000)



MAP OF BORROW SITES (S=1/25,000)

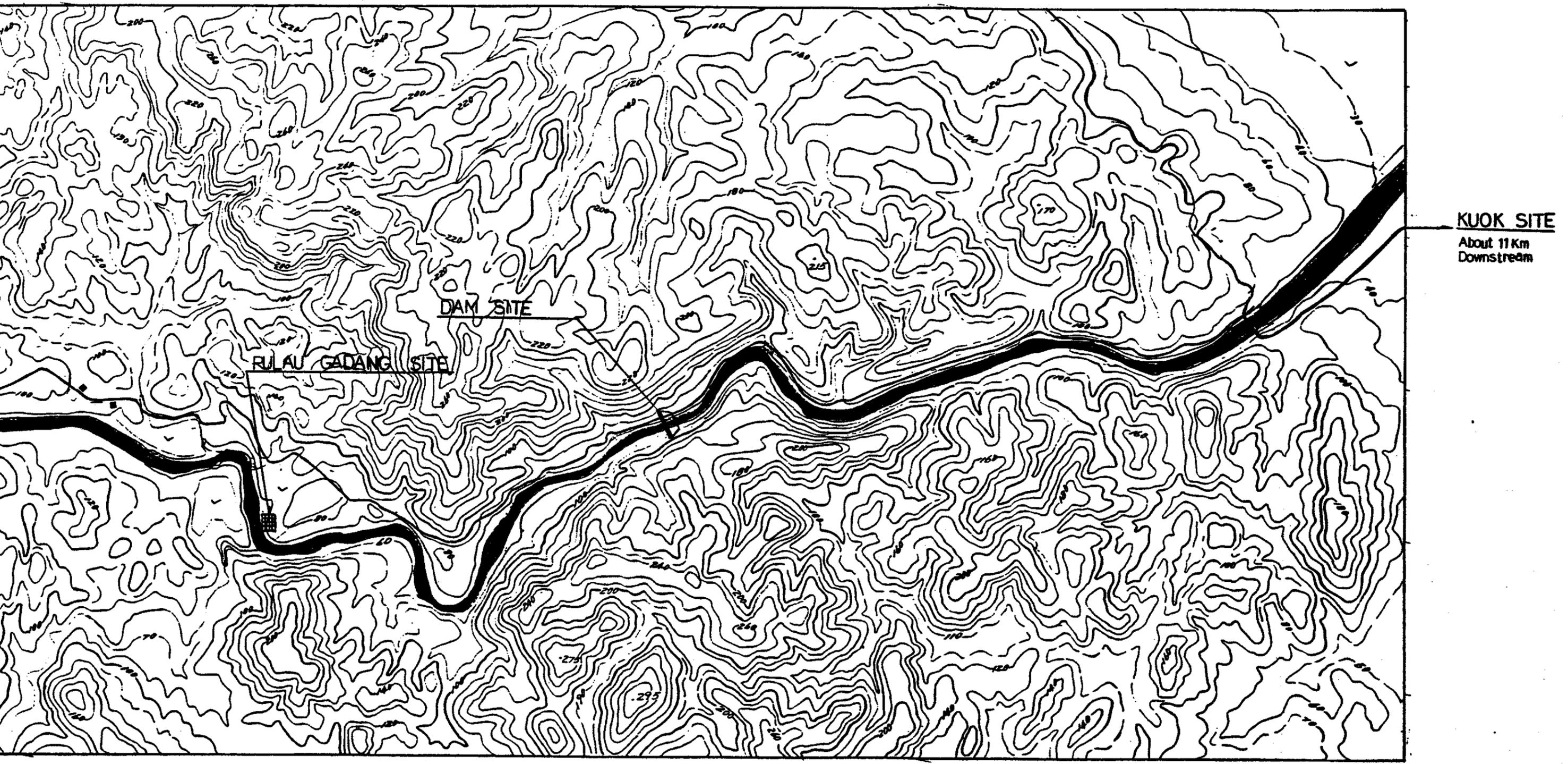


Fig.2.15 Location Map of Borrow Site

RIAU PROVINCE
SCALE

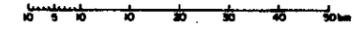


Fig. 2.17 a

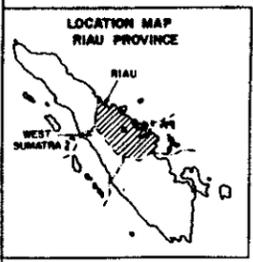
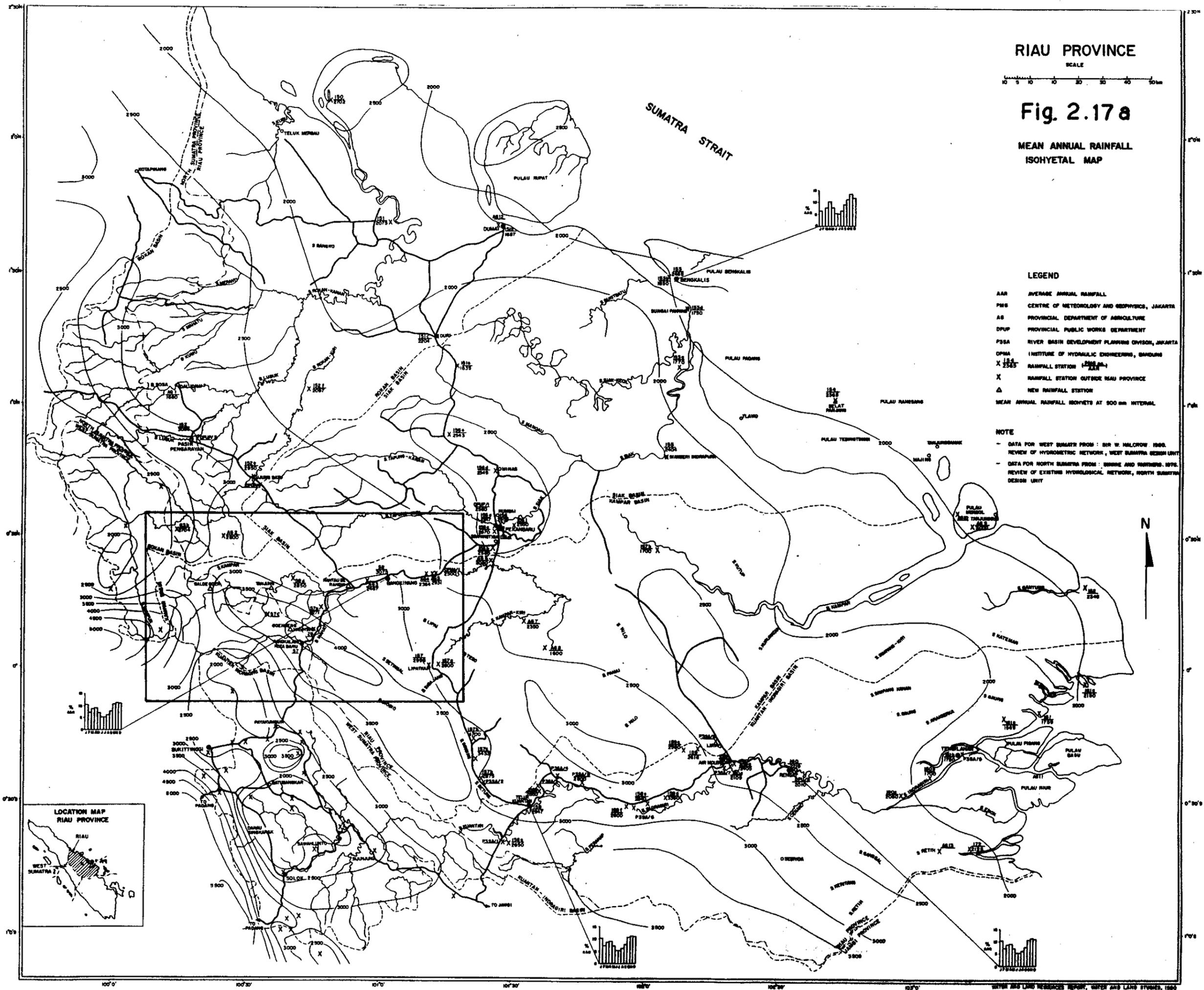
MEAN ANNUAL RAINFALL
ISOHYETAL MAP

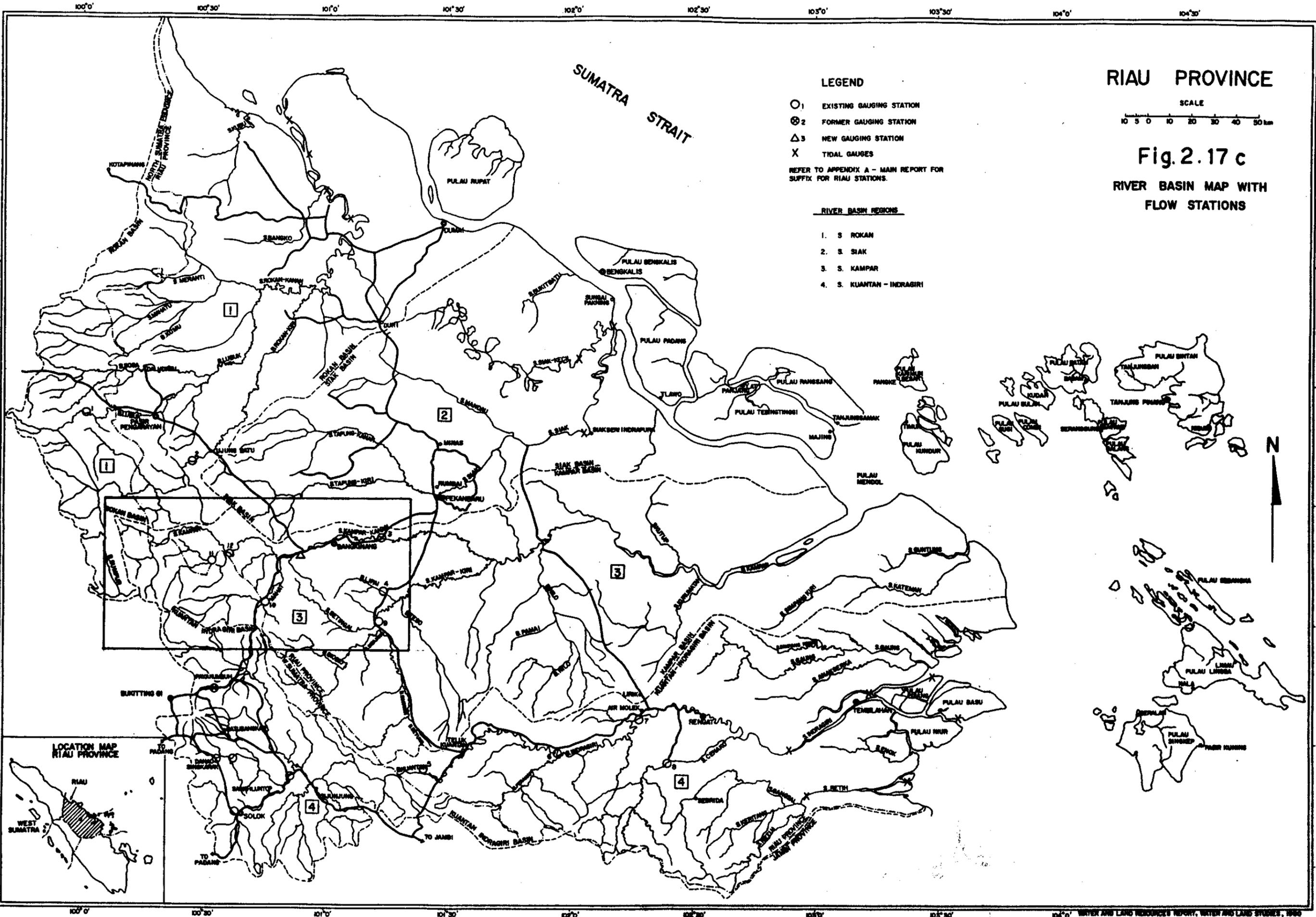
LEGEND

- AAR AVERAGE ANNUAL RAINFALL
- PMB CENTRE OF METEOROLOGY AND GEOPHYSICS, JAKARTA
- AS PROVINCIAL DEPARTMENT OF AGRICULTURE
- DPUP PROVINCIAL PUBLIC WORKS DEPARTMENT
- PSSA RIVER BASIN DEVELOPMENT PLANNING DIVISION, JAKARTA
- OPMA INSTITUTE OF HYDRAULIC ENGINEERING, BANDUNG
- 1954 RAINFALL STATION (AAR)
- X 1953 RAINFALL STATION (AAR)
- X RAINFALL STATION OUTSIDE RIAU PROVINCE
- △ NEW RAINFALL STATION
- MEAN ANNUAL RAINFALL ISOHYETS AT 500 mm INTERNAL

NOTE

- DATA FOR WEST SUMATRA FROM: SIR W. MALCOLM 1950.
REVIEW OF HYDROMETRIC NETWORK, WEST SUMATRA DESIGN UNIT
- DATA FOR NORTH SUMATRA FROM: BURNE AND PARTNERS, 1976.
REVIEW OF EXISTING HYDROLOGICAL NETWORK, NORTH SUMATRA
DESIGN UNIT





RIAU PROVINCE

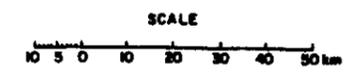


Fig. 2.17 c

RIVER BASIN MAP WITH FLOW STATIONS

LEGEND

- 1 EXISTING GAUGING STATION
 - ⊗ 2 FORMER GAUGING STATION
 - △ 3 NEW GAUGING STATION
 - X TIDAL GAUGES
- REFER TO APPENDIX A - MAIN REPORT FOR SUFFIX FOR RIAU STATIONS.

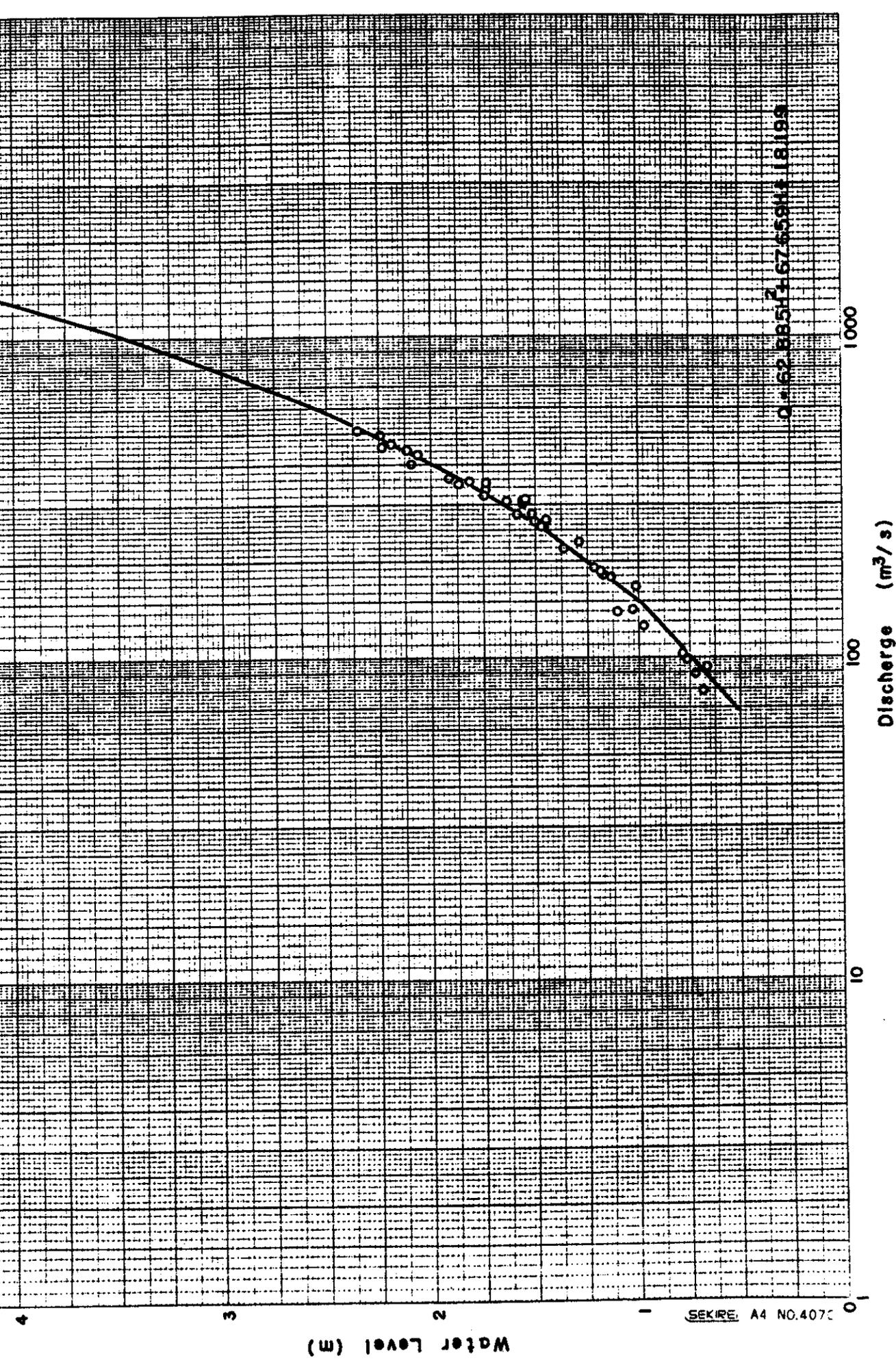
RIVER BASIN REGIONS

1. S. ROKAN
2. S. SIAK
3. S. KAMPAR
4. S. KUANTAN - INRAGIRI

LOCATION MAP RIAU PROVINCE



Fig. 2.18 Rating Curve for Rantau Berangin Gauging Station



Water Level (m)

SEKIRE, A4 NO.407C

Discharge (m³/s)

- Legend
- JICA
 - DPMA
 - DPMA Rating Curve
 - JICA Rating Curve

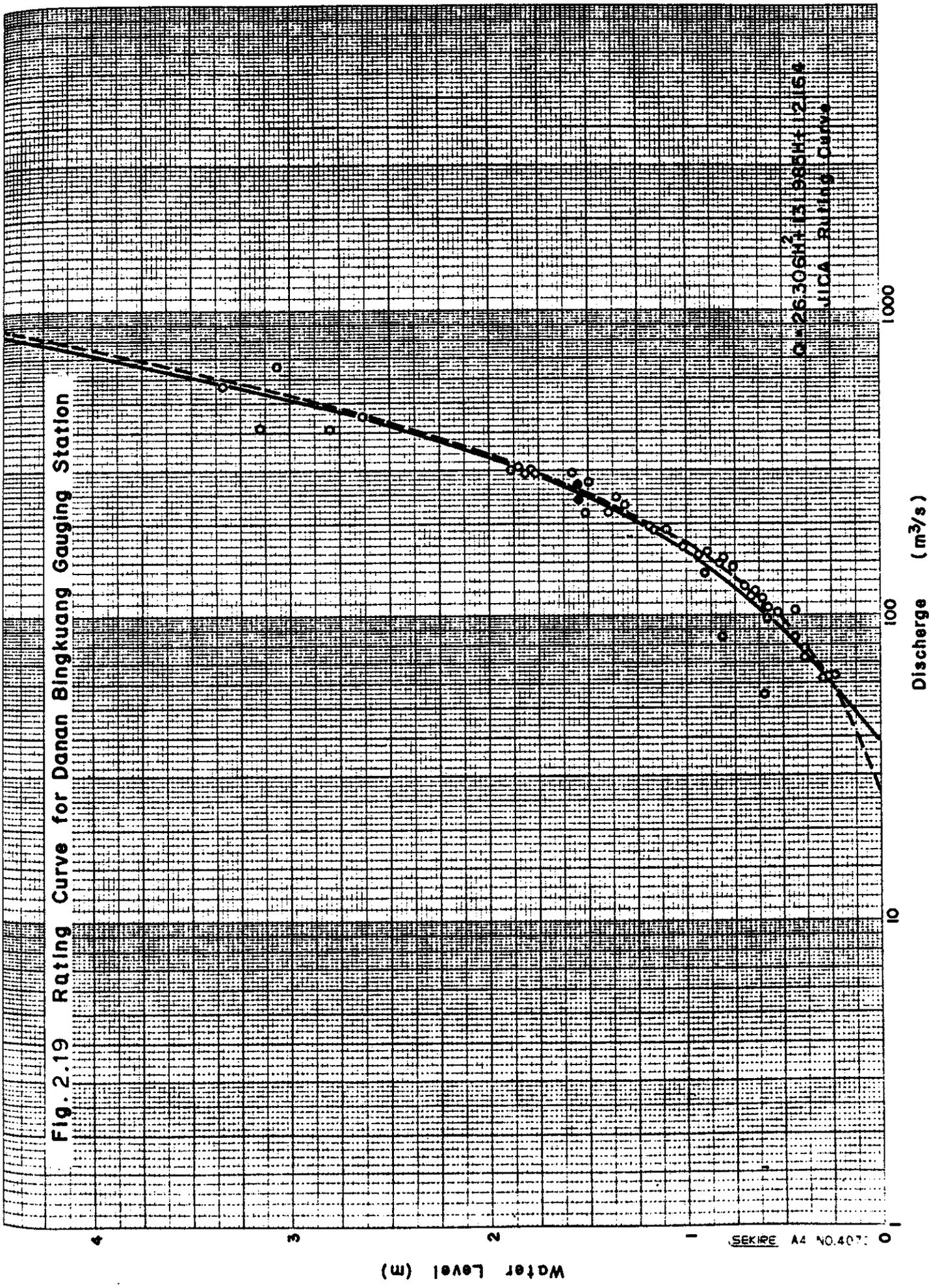


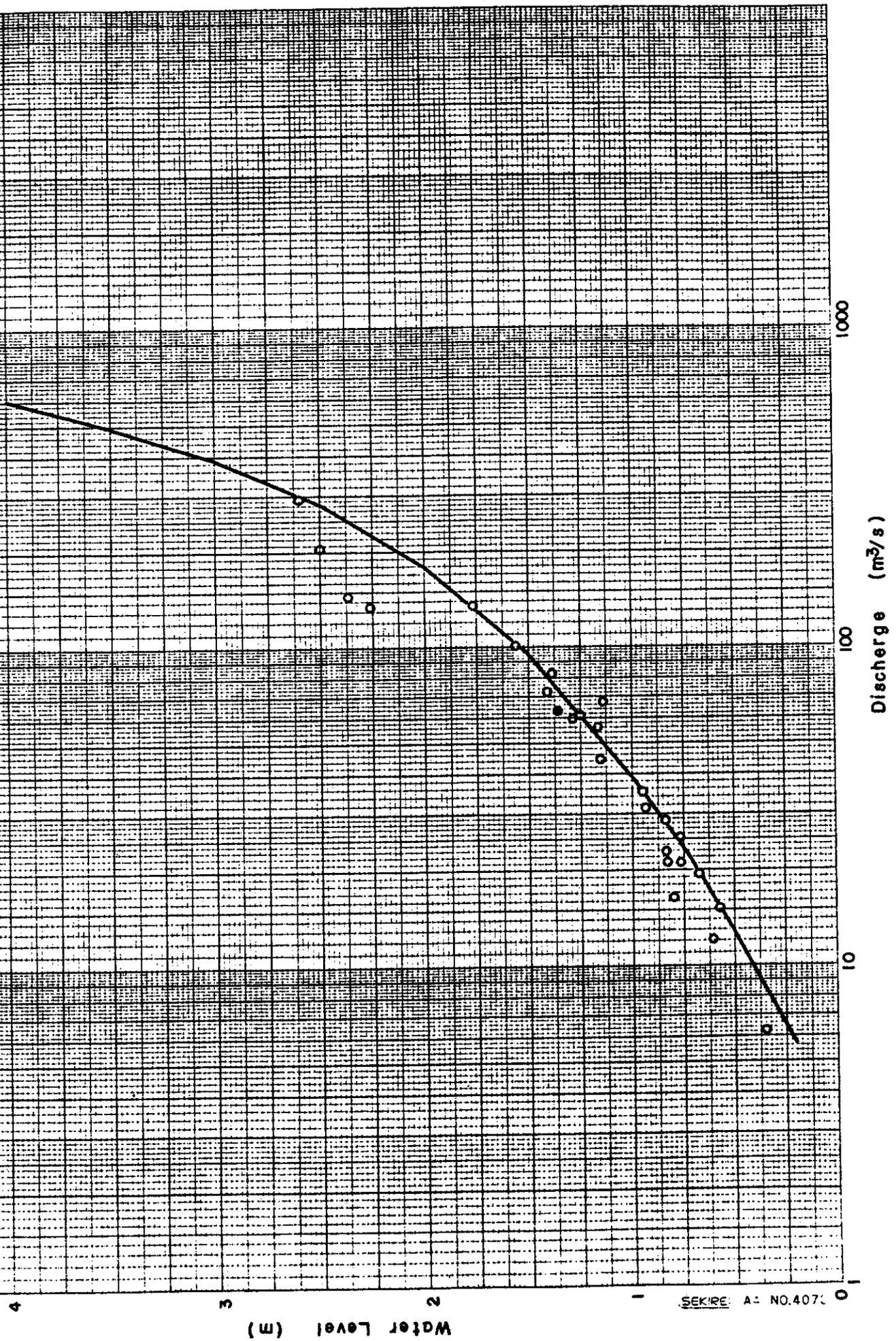
Fig. 2.19 Rating Curve for Danan Bingkuang Gauging Station

Water Level (m)

Discharge (m³/s)

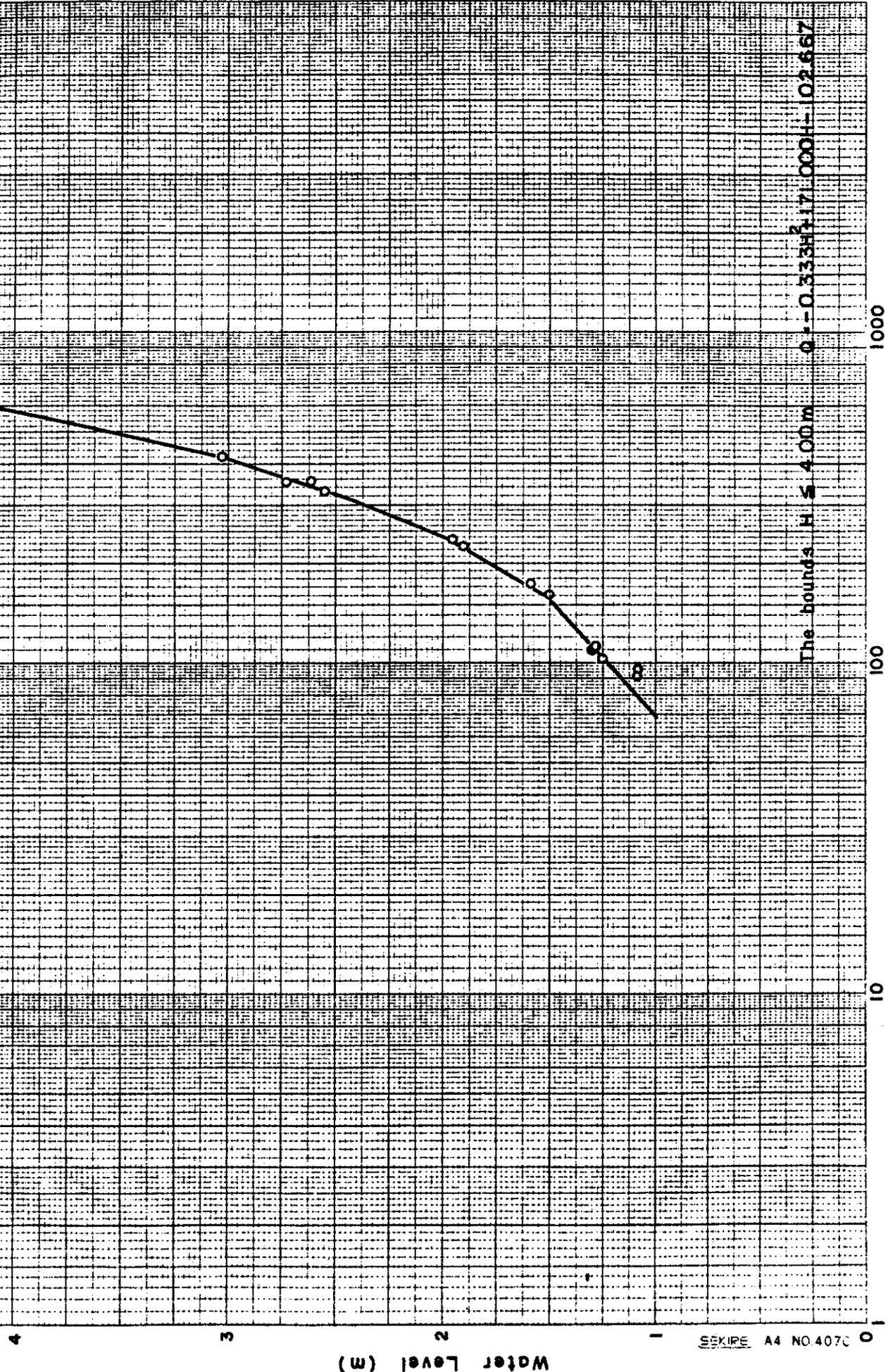
$Q = 26.306 \text{ m}^3/\text{s}$
1.215 m
JICA Rating Curve

Fig. 2.20 Rating Curve for Lubuk Sipopy Gauging Station



Legend
● JICA
○ DPMA
— DPMA
— Ruting Curve

Fig. 2.21 Rating Curve for Kotapanjang Dam Axis 4



Legend
 o JICA
 - JICA
 Rating Curve

FIG. 4.4 DIVISIONAL BASIN FOR THE STORAGE FUNCTION METHOD

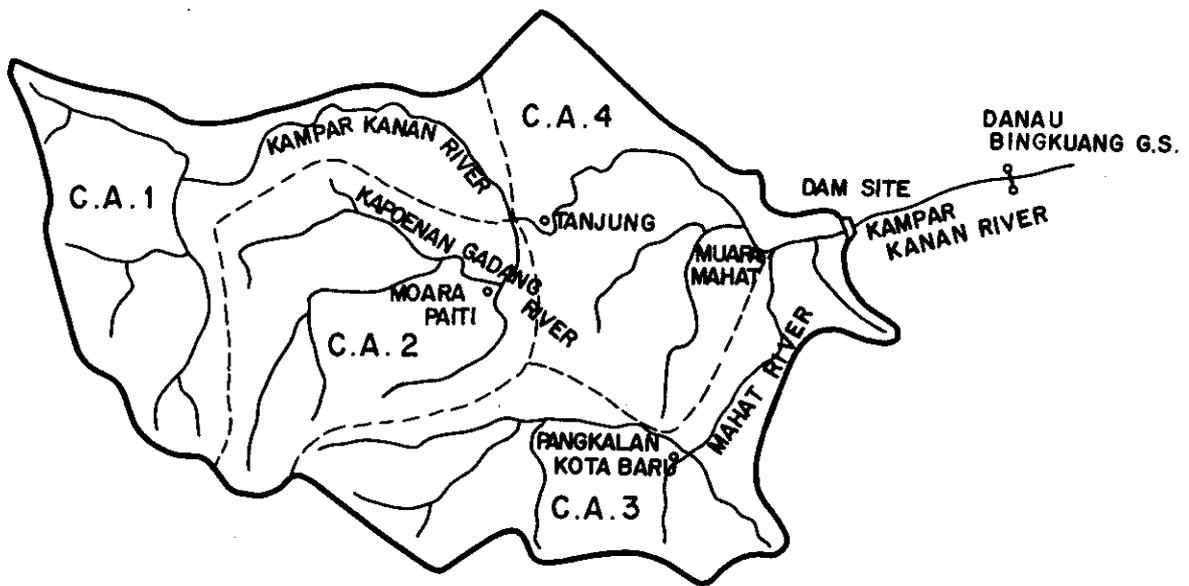


Fig. 4.8 PROFILE FOR ONE - DAM PLAN AND TWO - DAM PLAN

SH - 1: 100.000
SV - 1: 500

Item	1-STAGE		2-STAGE	
	Kota Panjang	Mohat	Kota Panjang	Mohat
Catchment Area	km ²	3.337	3.337	1.073
High	m	40	32.5	37
Volume	m ³	272.000		
Res. H.W.S.	m	85	58	80
Reservoir Area	km ²	108		
Gross Capacity	10 ⁶ m ³	1.550		
Effective Capacity	10 ⁶ m ³	850		
Maximum Discharge	m ³ /s	330	250	165
Firm Discharge	m ³ /s	150.3		
Maximum Output	MW	110	32	23
Firm Output	MW	87.9		
Annual Energy	MWh	511		
Gross Head	m	40.7	18.0	22.0

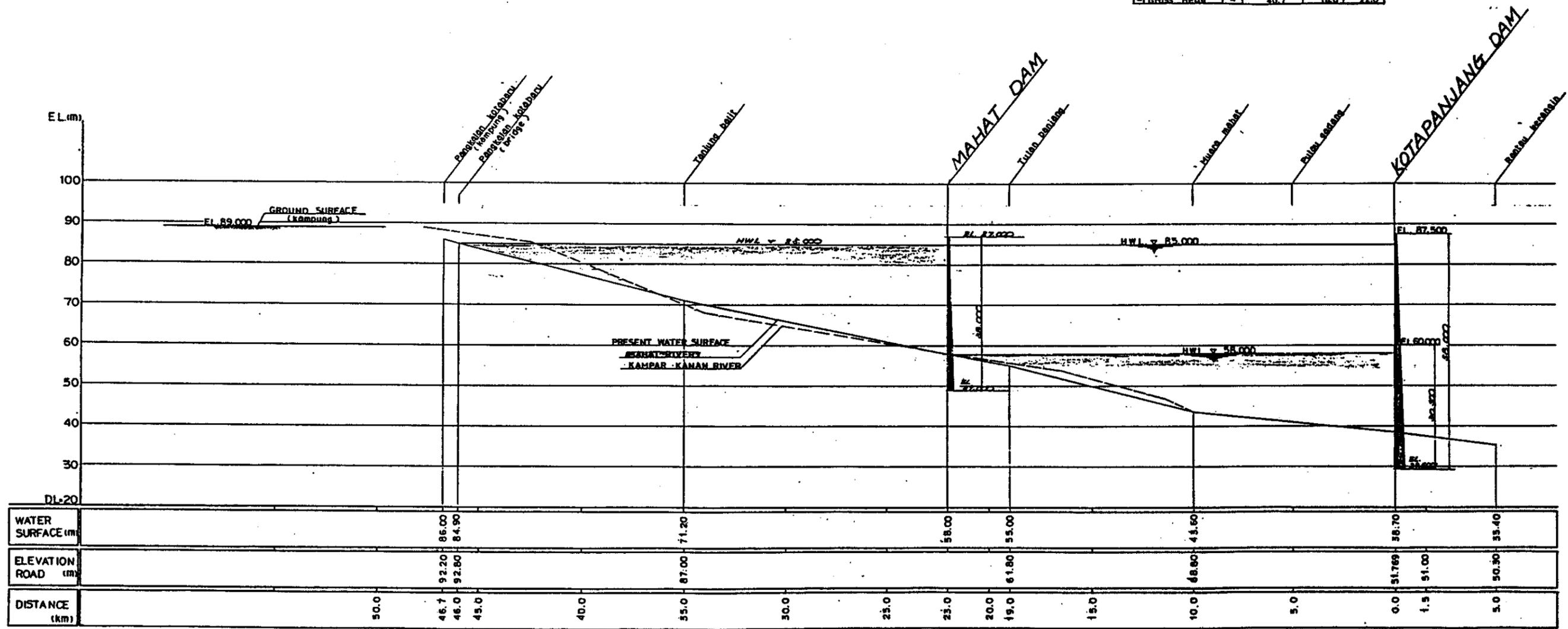
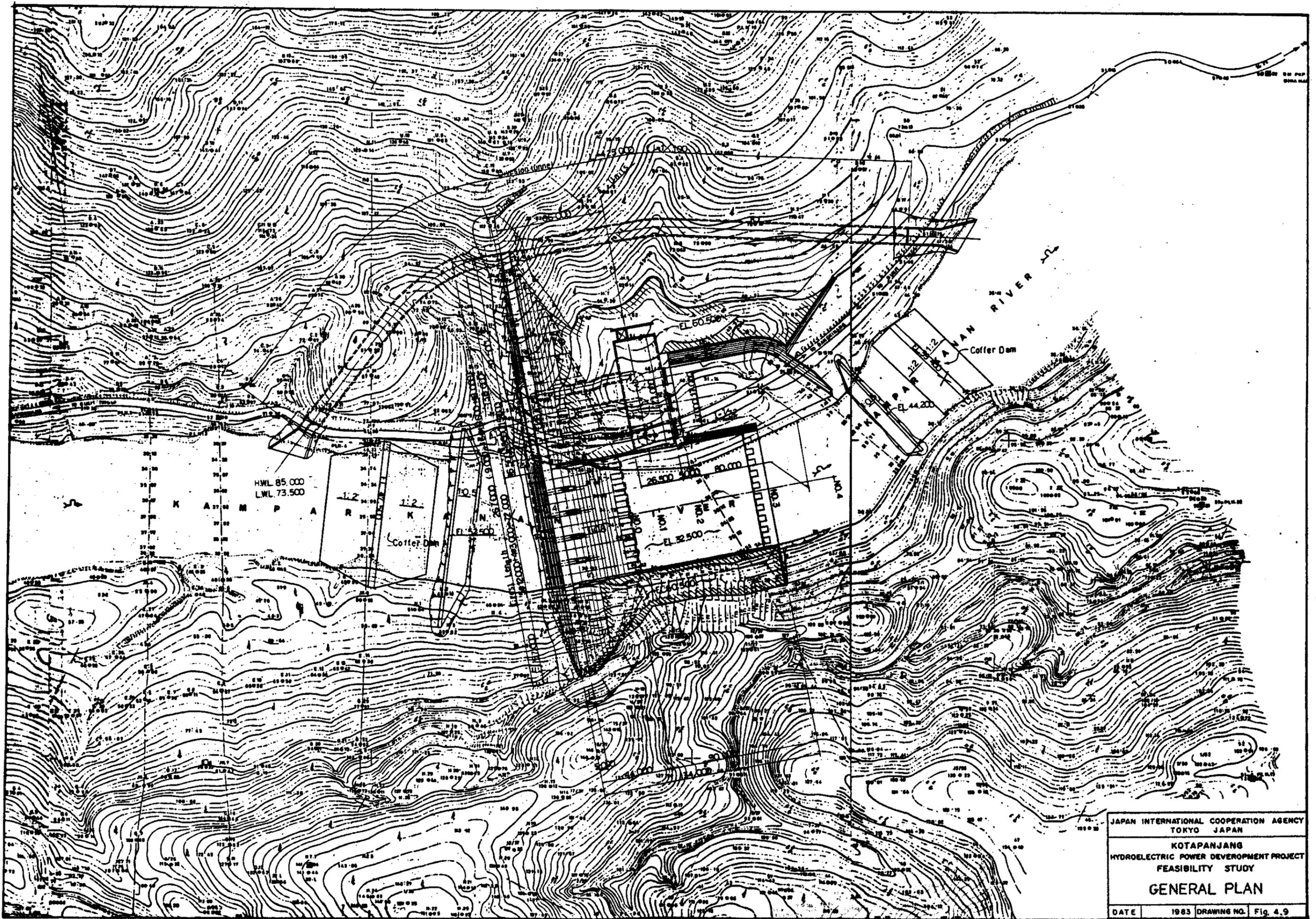
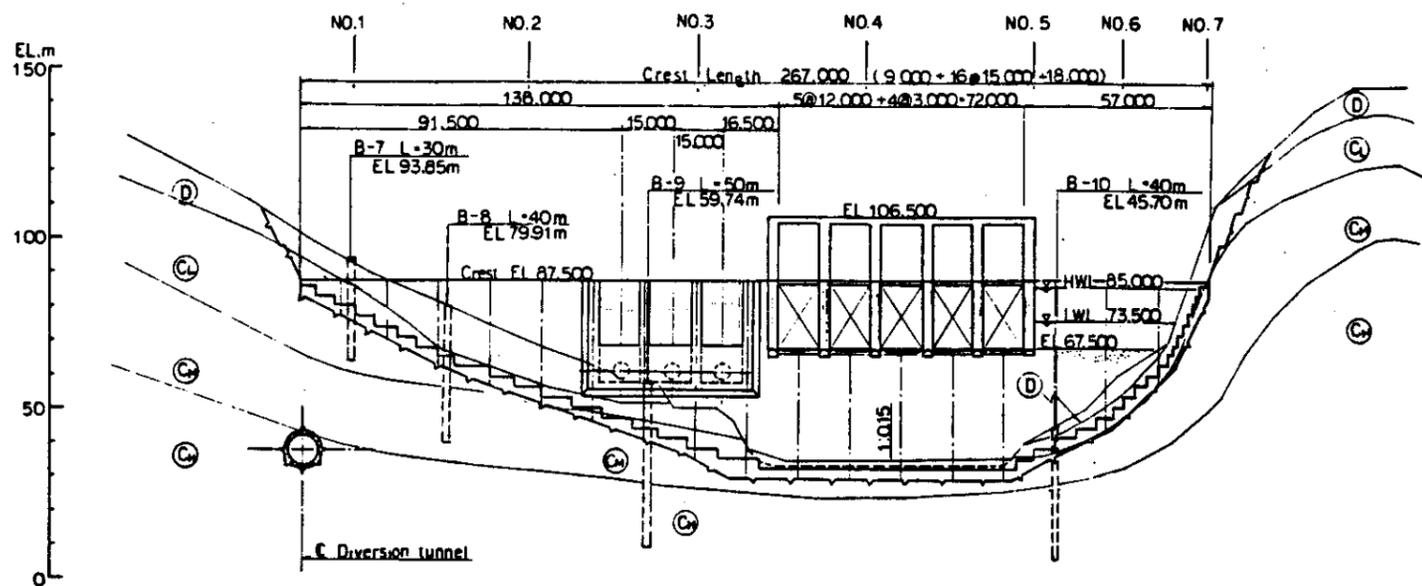


Fig.4.8 Profile for One-Dam Plan and Two-Dam Plan

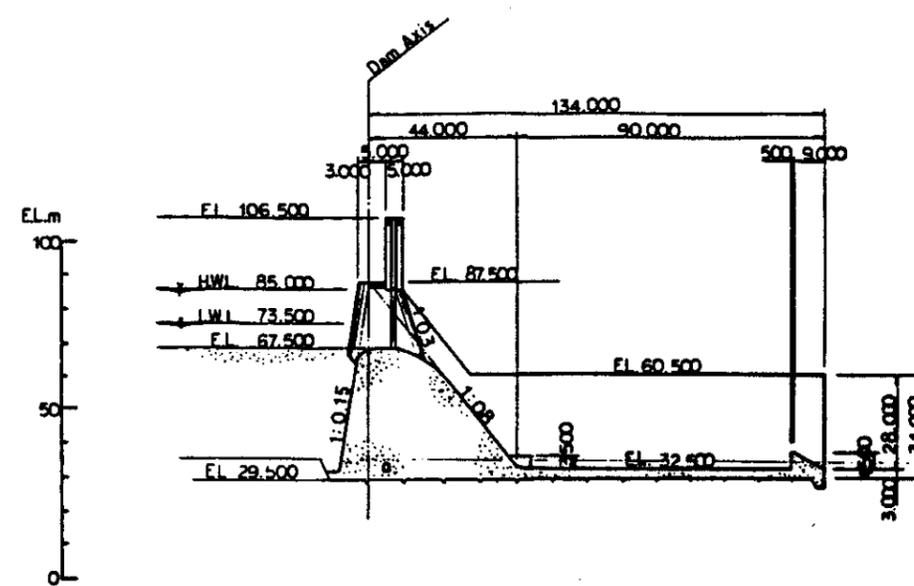


AXIS-4

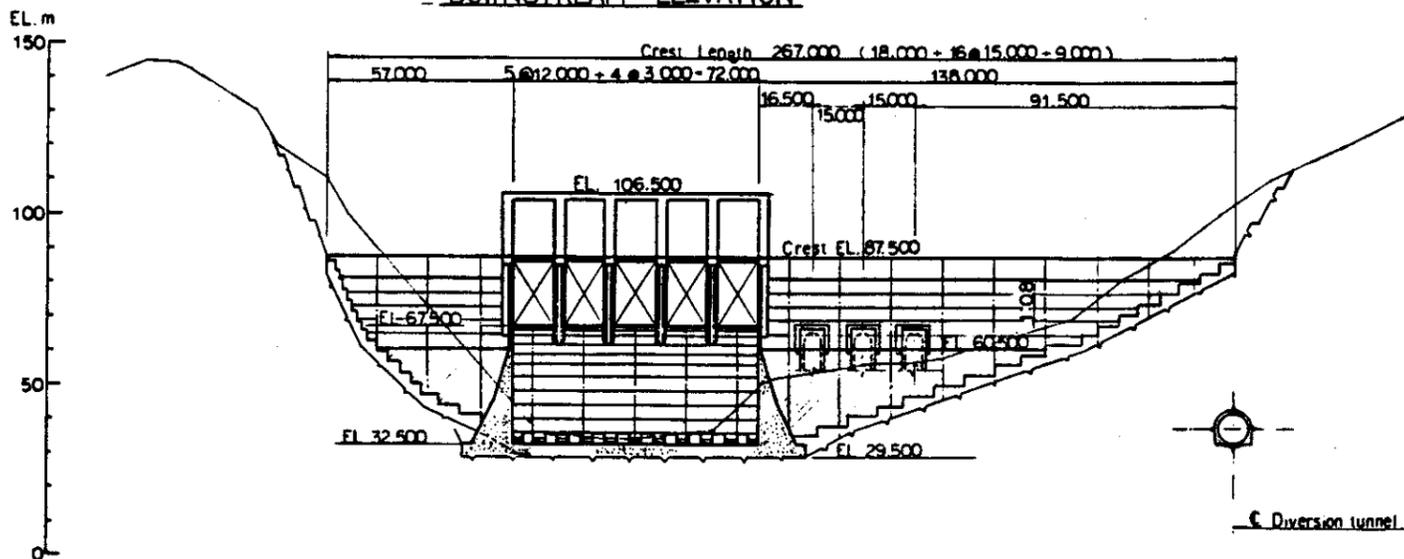
UPSTREAM ELEVATION



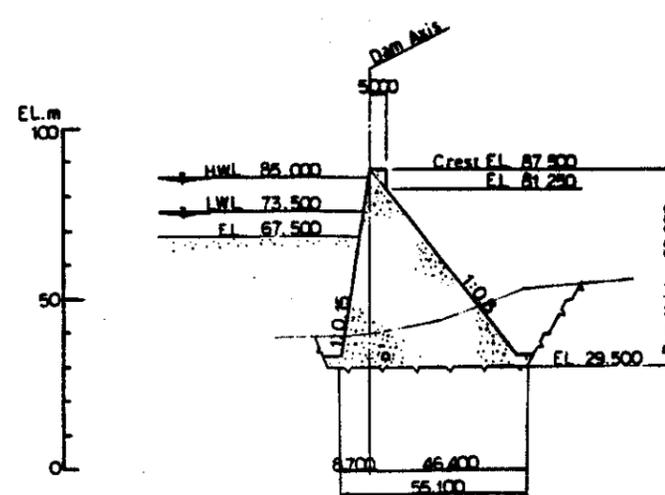
OVERFLOW SECTION

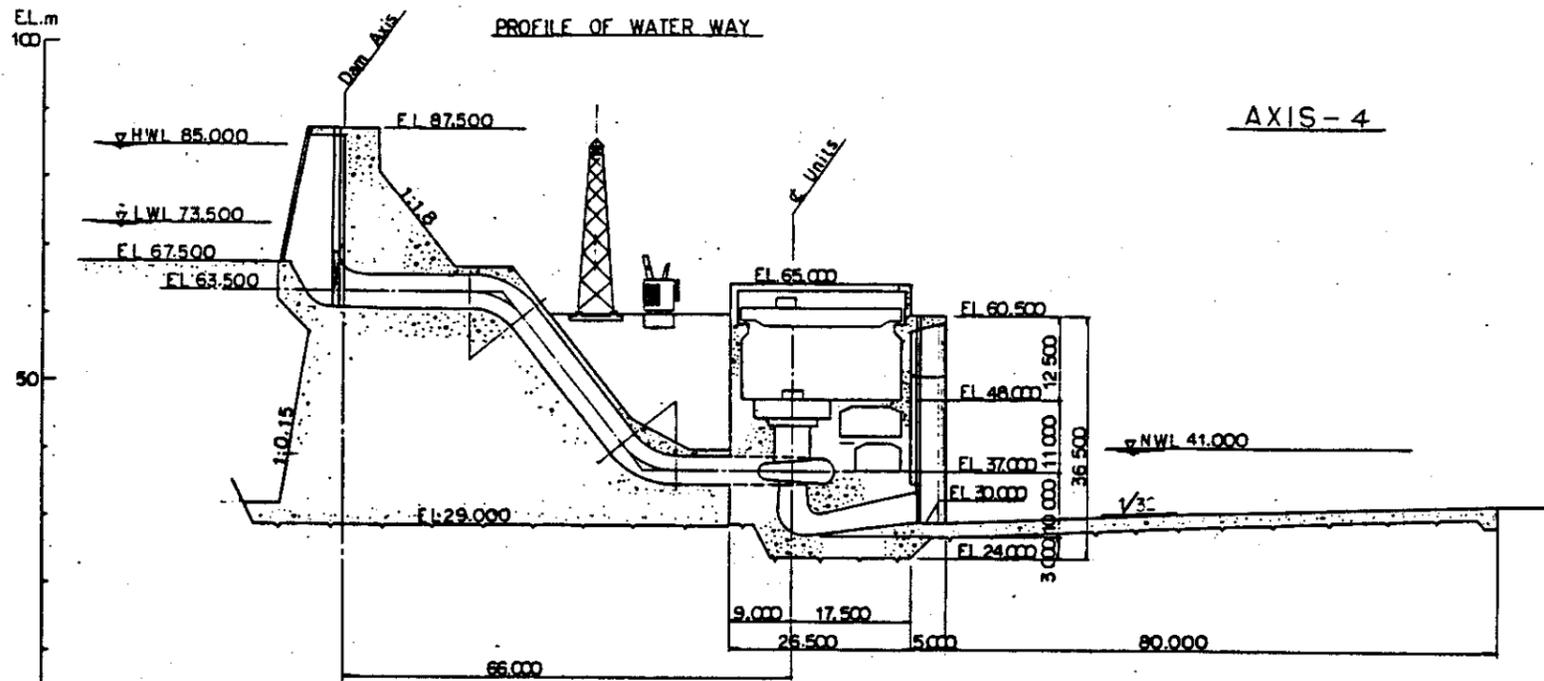


DOWNSTREAM ELEVATION

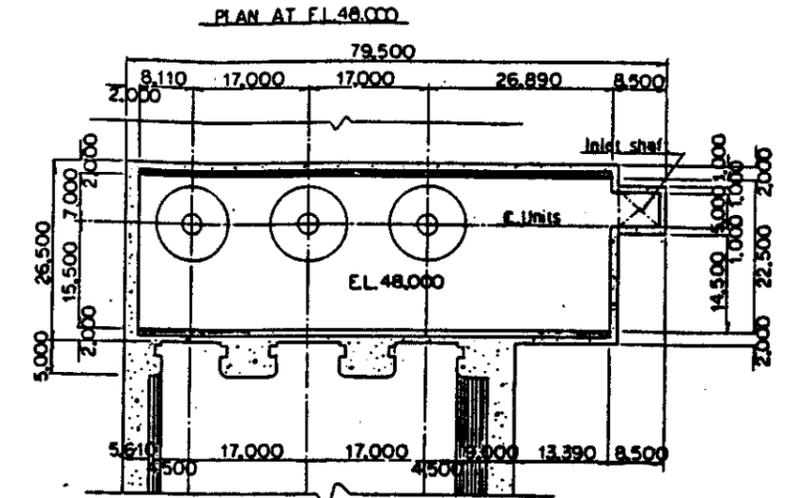


NON OVERFLOW SECTION

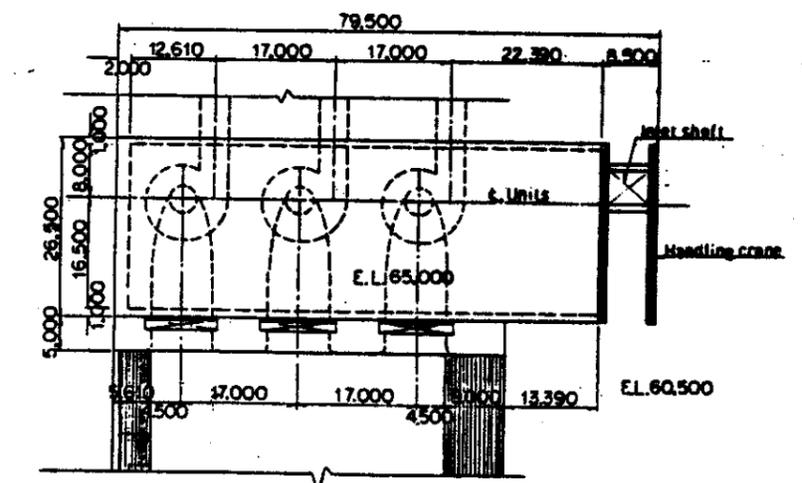




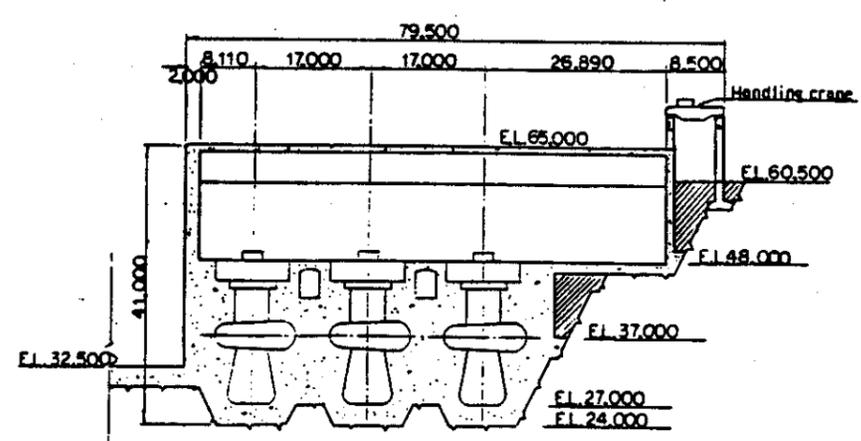
AXIS - 4



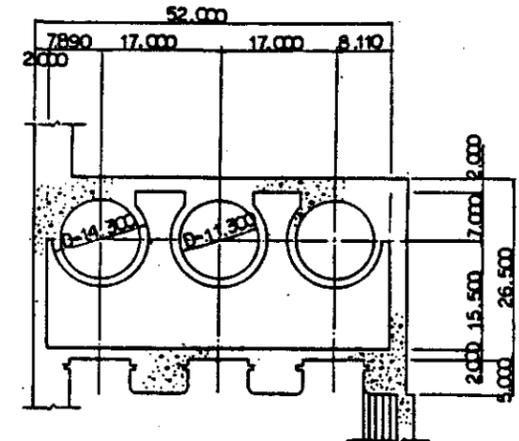
PLAN AT EL 65,000



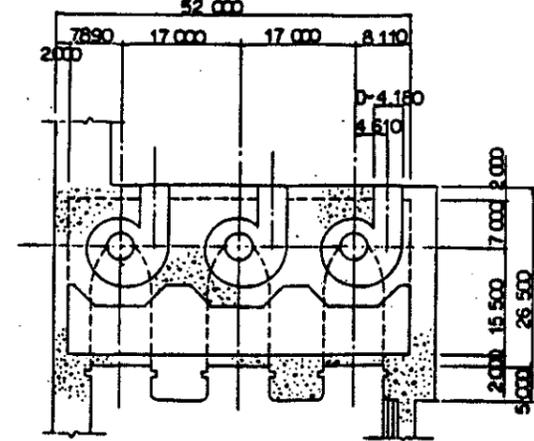
PROFILE



PLAN AT EL 42,000



PLAN AT EL 37,000



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 TOKYO JAPAN
 KOTAPANJANG
 HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
 FEASIBILITY STUDY
 POWERHOUSE
 PLAN AND SECTIONS
 DATE 1983 DRAWING NO. Fig. 4.11

Fig.4.13 KOTAPANJANG RESERVOIR SURFACE AREA AND CAPACITY CURVES

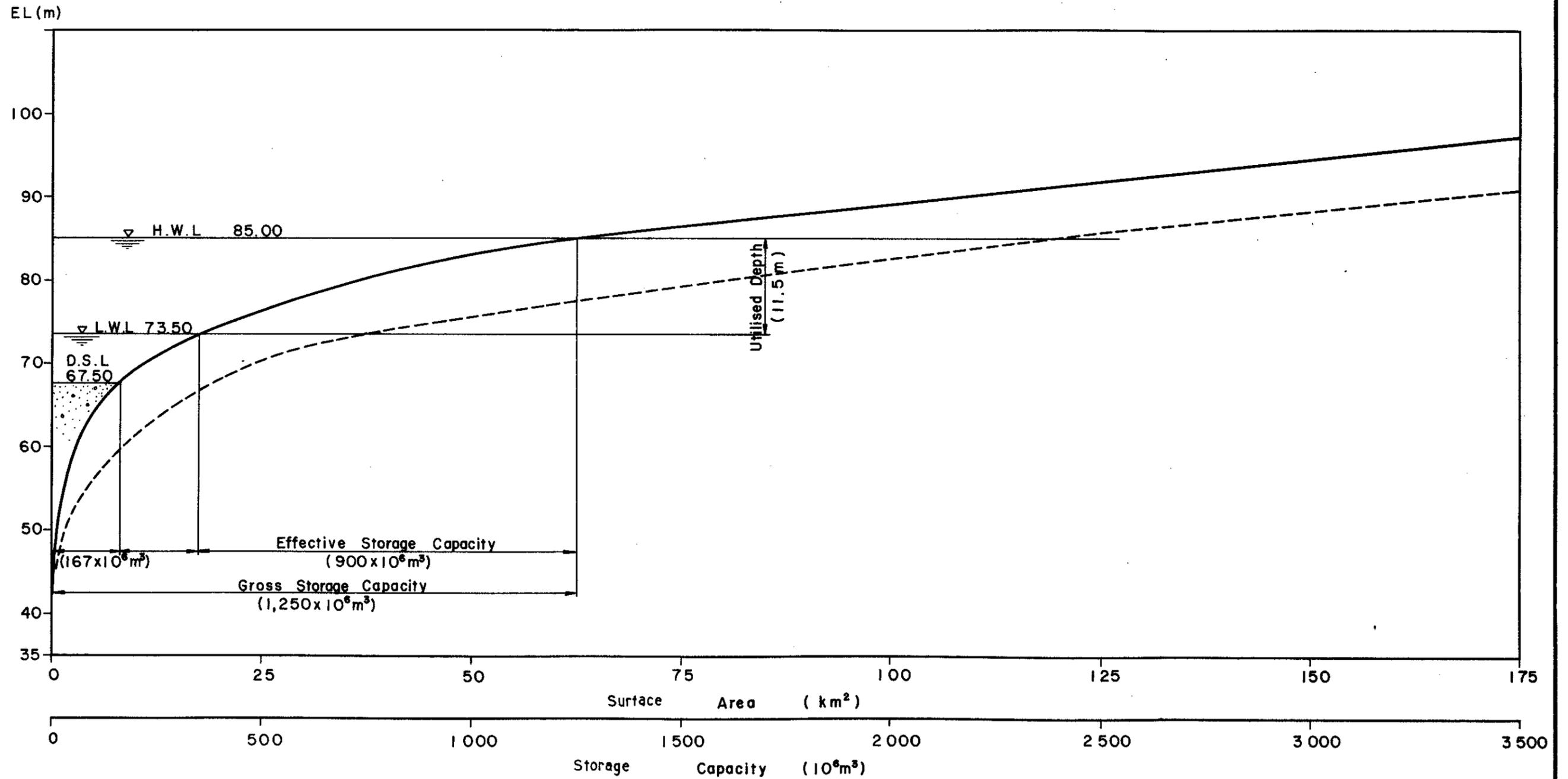


Fig.4.13 Kotapanjang Reservoir Surface Area and Capacity Curves

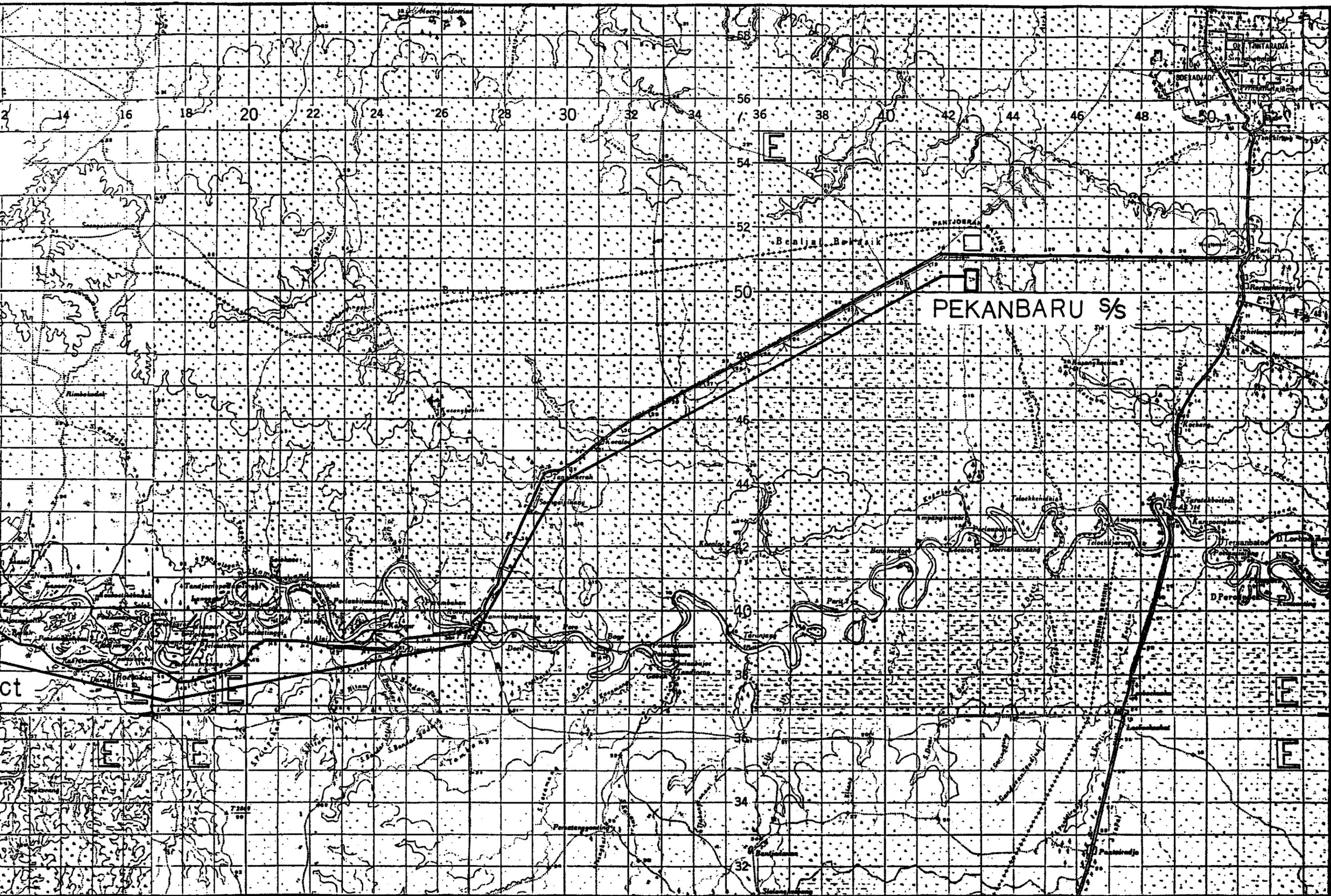


Fig.4.15 Transmission Line Route

Fig.4.16 TRANSPORTATION ROUTE

SCALE 1 : 1,790,000

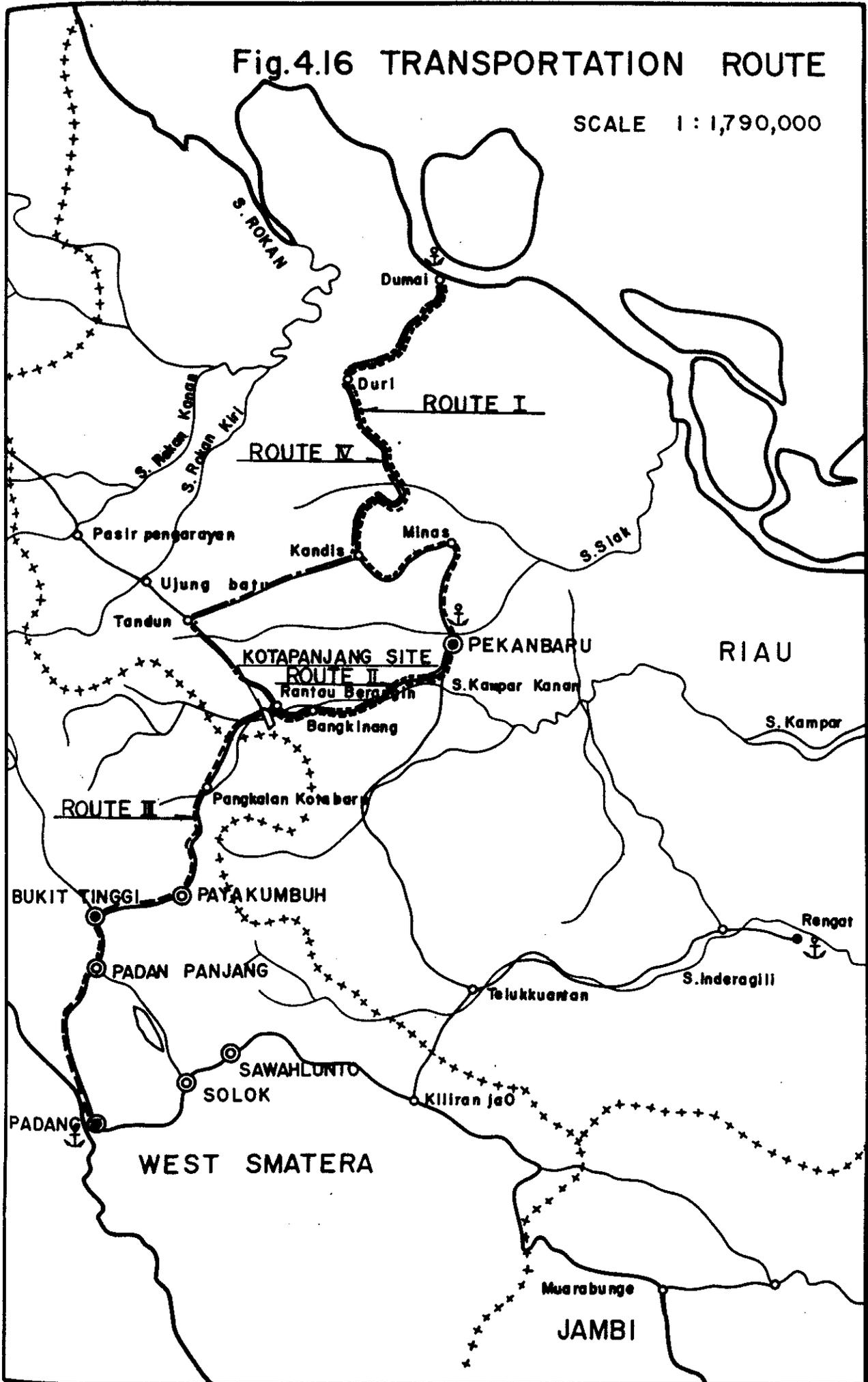


Fig. 4.17 LOCATION OF TRANSMIGRATION PROJECTS IN RIAU

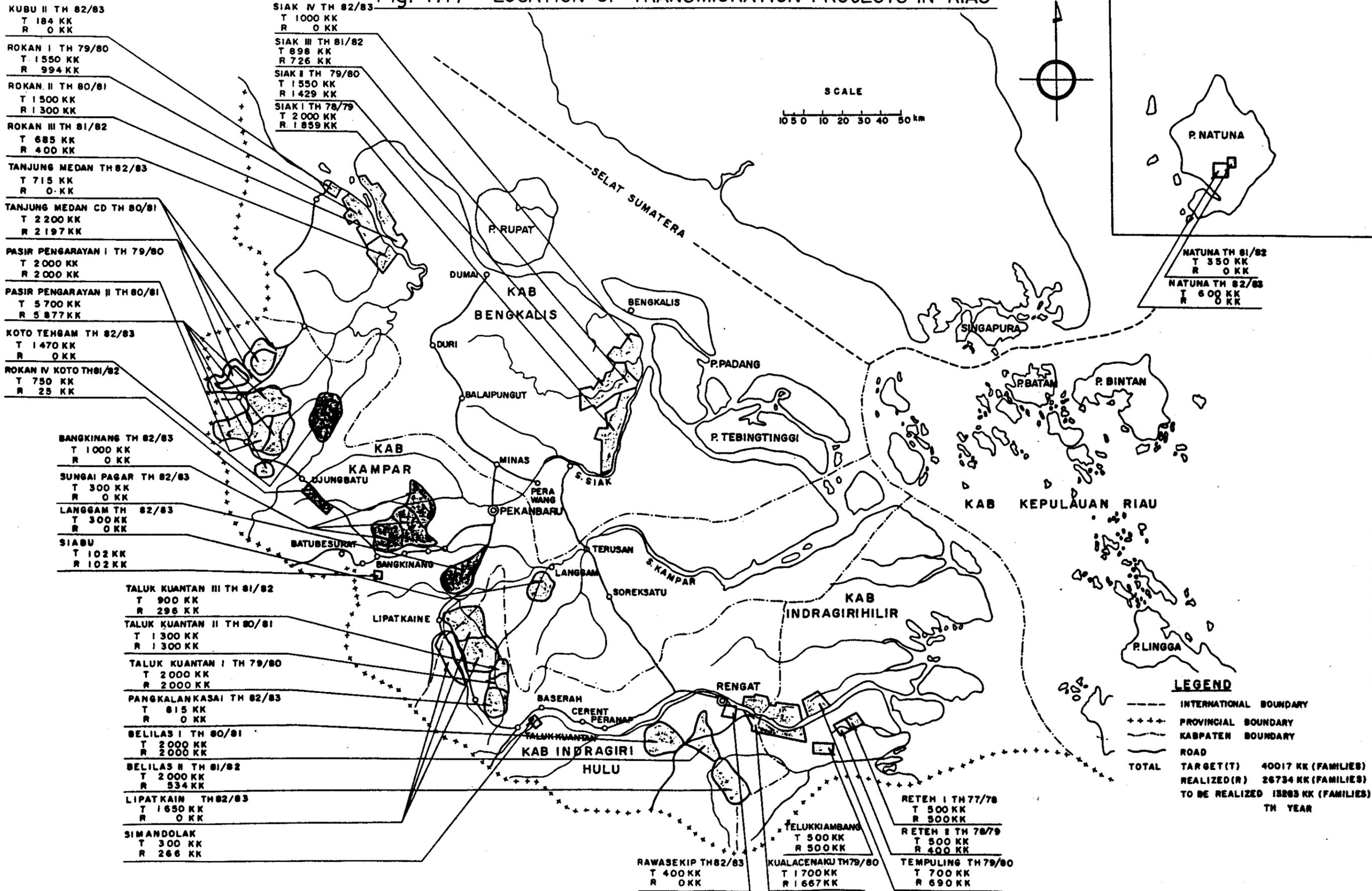


Fig. 4.17 Location of Transmigration Projects in Riau

Fig.4.18 PERENNIAL TREE ESTATE PROJECT AND TRANSMIGRATION PROJECTS IN PANKARAN KOTA BARU AREA

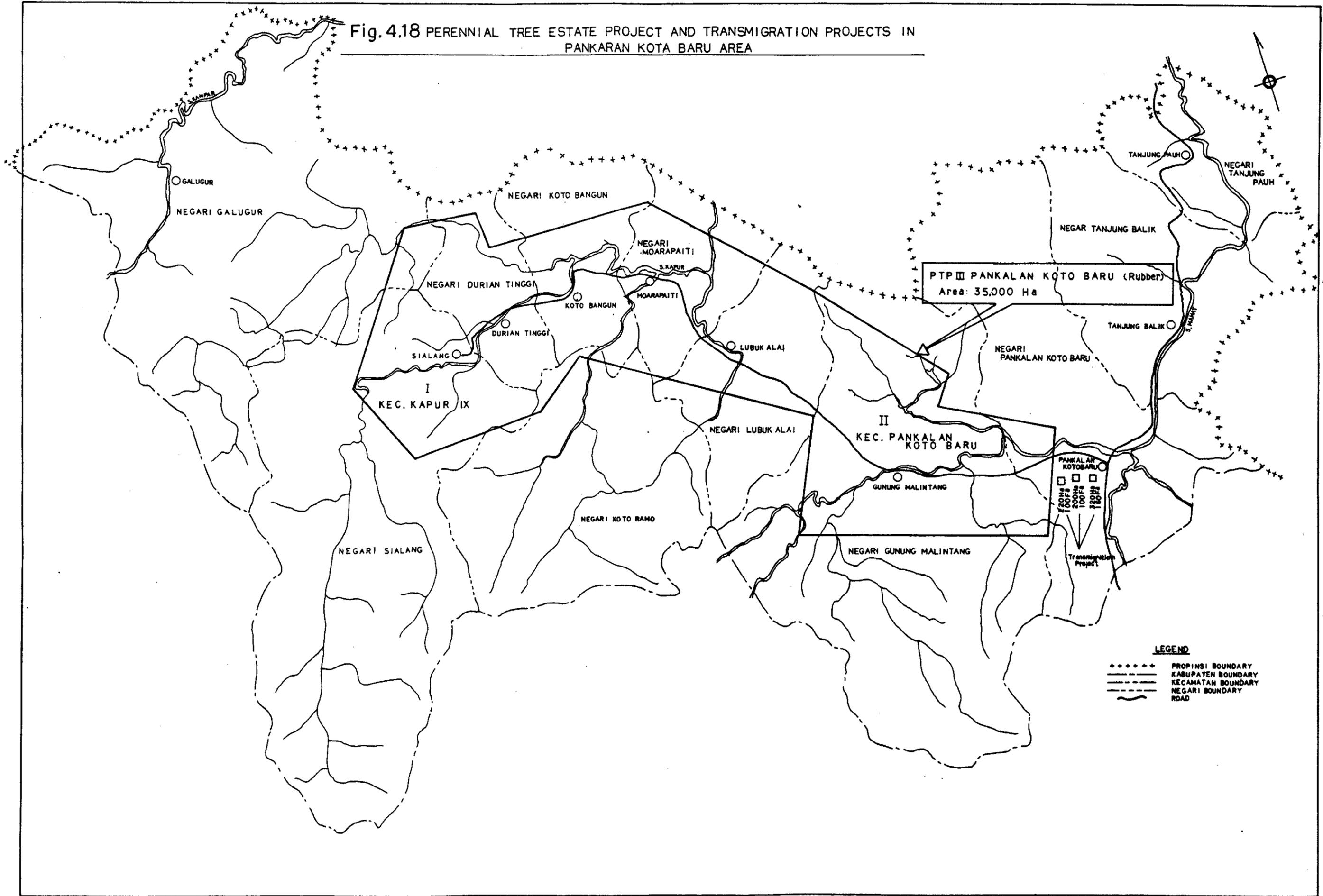
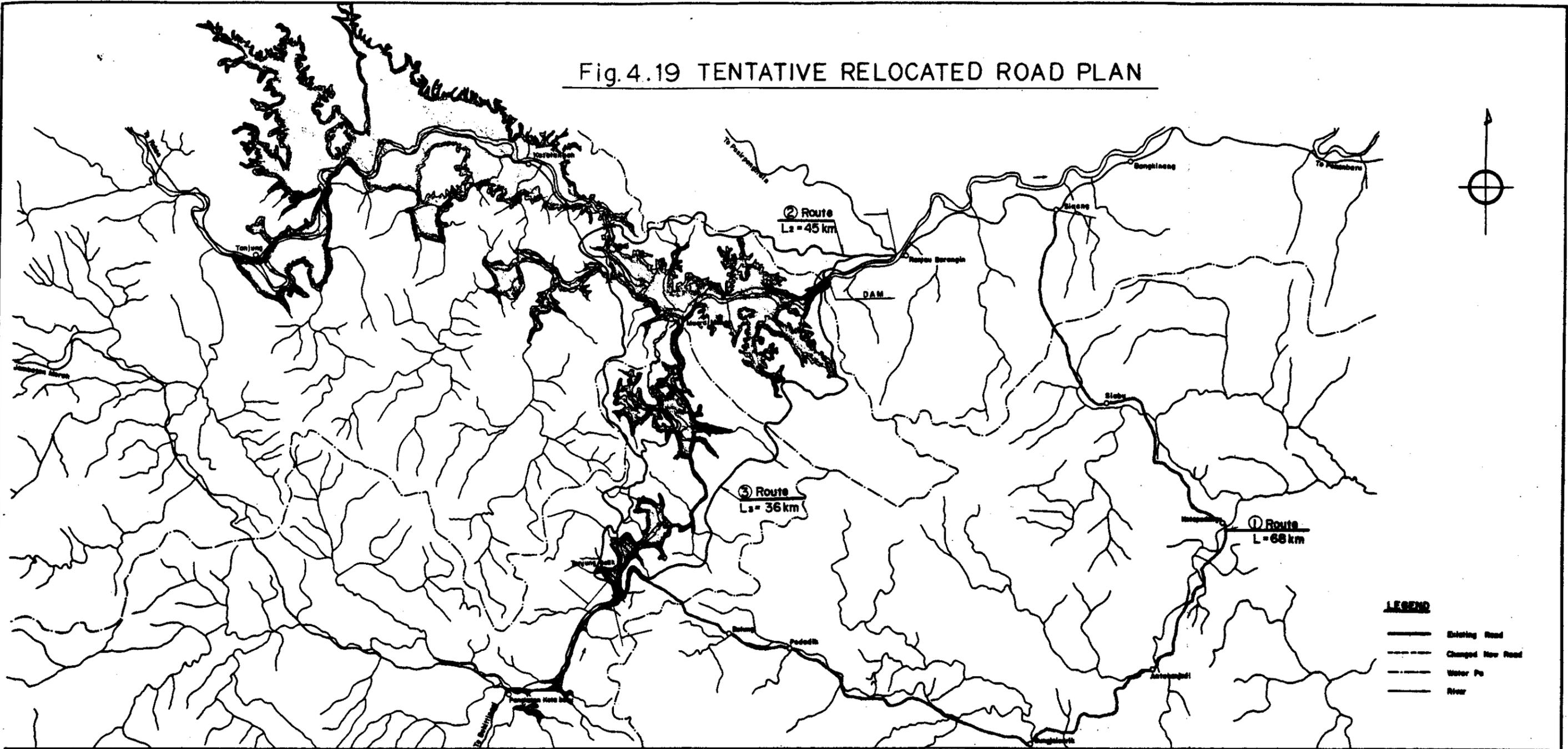


Fig.4.18. Perennial Tree Estate Project and Transmigration Projects in Pankaran Kota Baru Area

Fig.4.19 TENTATIVE RELOCATED ROAD PLAN



LONGITUDINAL SECTION

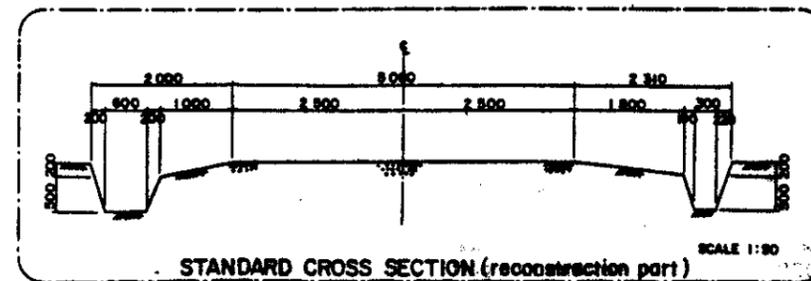
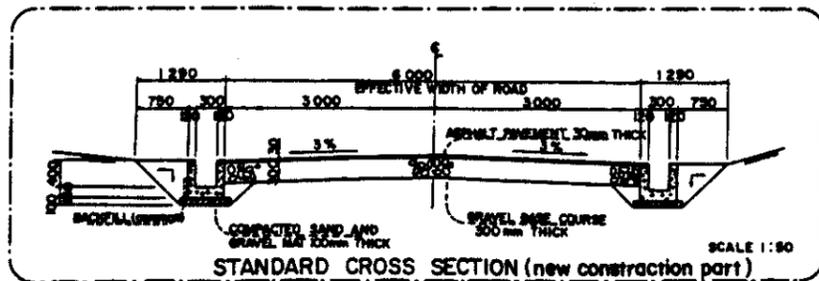


Fig.4.19 Tentative Relocated Road Plan

JICA