

No.

# 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

### 報告書 参考資料

JICA LIBRARY



1192201 [0]

1984年3月

国際協力事業団

鉦計資
CR10
84-53 3/3

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

報告書

参考資料

1984年3月

国際協力事業団

参 考 資 料

目 次

	頁
第1部 地形調査 .....	I-1
第2部 地質調査 .....	II-1
第3部 水文調査 .....	III-1
第4部 リアウ州の電力需給の補足検討 .....	IV-1
資 料 ボーリング柱状図	



1192201 [0]

第 1 部

地 形 調 査

# 第1部 地形調査

## 目 次

	頁
1. 地形図 .....	I-1
2. 測 量 .....	I-2
2.1 空中写真測量 .....	I-2
2.2 地上測量 .....	I-3

第 1 部  
地 形 調 査

LIST OF TABLE

	<u>PAGE</u>
Table I-1 List of Main Bench Marks .....	I-4

LIST OF FIGURES

	<u>PAGE</u>
Fig. I-1 Index Map of Control Points .....	I-5
Fig. I-2 Location Map of Topographic Survey of the Dam Sites ..	I-6
Fig. I-3 Levelling Routes .....	I-7

1. 地 形 図

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、米空軍が1974年に作成した1:1,000,000、1:500,000並びにWar Officeが1946年に作成の1:250,000及び1945年に作成の1:100,000がある。

これらの地形図は調査区域全般に及ぶ調査には利用できるが、縮尺が小さいため詳細検討には不十分である。従って、今回の調査では貯水池区域の約535km<sup>2</sup>に対して縮尺1:10,000の航測図を作成した。しかし、航測図の作成が遅れたため、1963年撮影の空中写真(縮尺約1:60,000)を用いて縮尺1:50,000の航測図を作成し、漸定的に初期段階の調査に利用した。

フィージビリティレベルの調査、設計のためダムサイト周辺の77haに対して縮尺1:1,000の地形図を実測により作成した。又、クオクサイト(砂礫採取場)はダムサイトの下流約9kmにあり、航測図の図化範囲外であるので、6.25haに対して同様に1:1,000の地形図を作成した。

## 2. 測 量

### 2.1 空中写真測量

#### 2.1.1 基準点測量

基準点測量は縮尺1:100,000地形図を用い、基準点の計画、踏査及び選定を行った。新設基準点は17点、トラバースルートは延長約200kmとなった。基準点測量は原則として結合トラバースで実施した。基準点には20×20×80cmのコンクリート杭を、トラバース点には木杭を埋設した。空中写真撮影に必要な対空標識を約50点設置した。又、既存の三角点26のうち、結合トラバースに使用した19点は、計算結果から必要な精度を有しているものと判断された(図I-1参照)。

#### 2.1.2 空中写真撮影

写真撮影は、貯水池及びその周辺を含めた2,000km<sup>2</sup>の範囲に対して行われた。写真縮尺は1:30,000、撮影高度は4,500mであった。

#### 2.1.3 刺 針

今回の調査では、対空標識の設置から写真撮影までの期間が長く、写真上での標識の確認は29点しかできなかった。このため、撮影された写真を現地へ持参し、刺針を行った。刺針は18点について行った。

#### 2.1.4 図 化

以上で得られた資料に基づき、空中三角測量を行い、引き続き図化を行った。図化の範囲は貯水池区域の535km<sup>2</sup>とし、地形図の縮尺は1:10,000とした。等高線は10m間隔で必要な位置に5mの補助線を入れた。成果は34枚の地形図にまとめた。

## 2.2 地上測量

### 2.2.1 地形測量

ダムサイト周辺の77haに対して地形測量を行い、縮尺1:1,000の地形図を作成した。等高線は2m間隔とした。測量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ア測量によって描画した。基準点には10×10×100cmのコンクリート杭を埋設した(図I-2参照)。

又、クオクサイト(砂礫採取場)の6.25haに対しても同様に縮尺1:1,000の地形図を作成した。測量は右岸の道路上に基準点を設置し、更に閉合トラバースにより補助多角点を設け、スタジア測量によって描画した。

上記の成果はダムサイト4枚、クオクサイト1枚の地形図にまとめた。なお、等高線は2m間隔とした。

### 2.2.2 横断測量

ダムサイト周辺の河川の横断測量を10測線行い、縮尺1:1,000の横断図を作成した。測量は左岸の道路上に横断基点を設置し、各断面において両岸の標高120mまで行い、河川部では深淺測量を行った。横断基点には10×10×100cmのコンクリート杭を埋設した(図I-2参照)。又、成果は5枚の図面にまとめた。

### 2.2.3 水準測量

ダムサイト下流約5kmのランタウブランギンから河川沿いに、マハット川上流のパンカランコタバルまでの60km間と、途中のムアラマハット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55km間について水準測量を行った。

水準測量の基準となる既存の水準点を調査したが見い出せなかったため、既存の三角点T.636(標高141.0m)、T.368(標高146.1m)及びT.478(標高229.2m)を検測した結果、T.636の標高を水準点として採用した。

水準路線は河川沿いに既存の道路が通っているので、道路沿いに選定し、道路端のキロポスト(コンクリート製)、道路沿いのコンクリート構造物等堅固なものを仮水準点とした(図I-3参照)。

又、水準測量と同時に路線付近の三角点の検測を行った。ダムサイトの約370m上

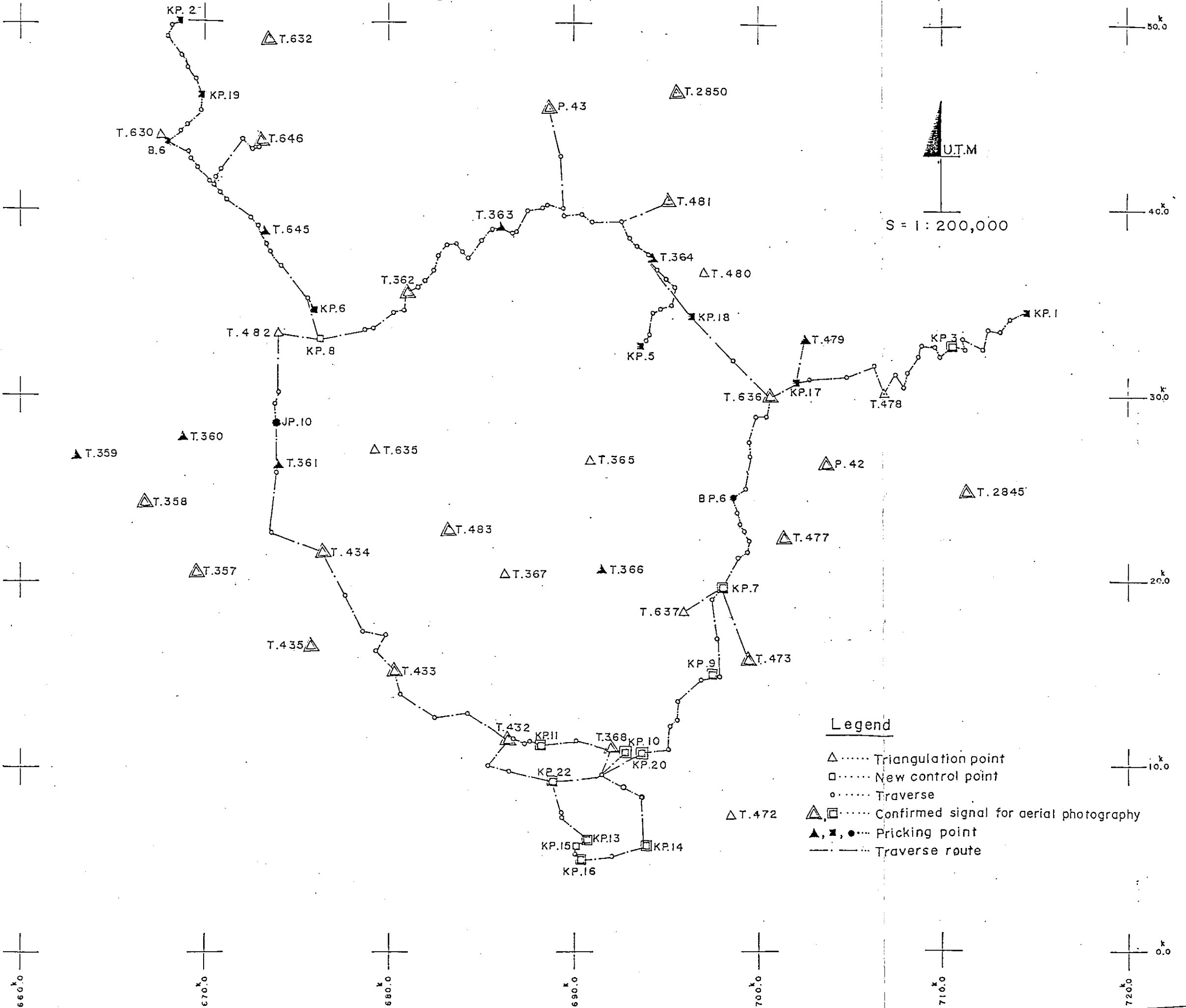
流左岸の道路近くに工事用水準点（標高 55.096 m）として  $\phi 60 \times 100$  cm の堅固なコンクリート杭を埋設した（図 I-2 参照）。測量の成果は 2 枚の図面にまとめた。主要な水準点の標高及び位置を表 I-1 に示す。

Table I-1 List of Main Bench Marks

No.	Name	Elevation	Location
1	636	141.0	Muara Mahat
2	368	146.1	Pangkalan Kotabaru
3	478	229.2	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	64.064	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 Pangkalan Kotabaru bridge
12	TP-1	98.722	Abutment of the flag pole of Maggilang Wali Nagari
13	TP-2	87.500	CANDI Muala Takus



Fig. I-1 Index Map of Control Points



コン  
主要  
  
ream  
  
n  
  
ide  
Wali

Fig. I-2 Location Map of topographic survey of the ~~area~~   
 S = 1 : 12,500

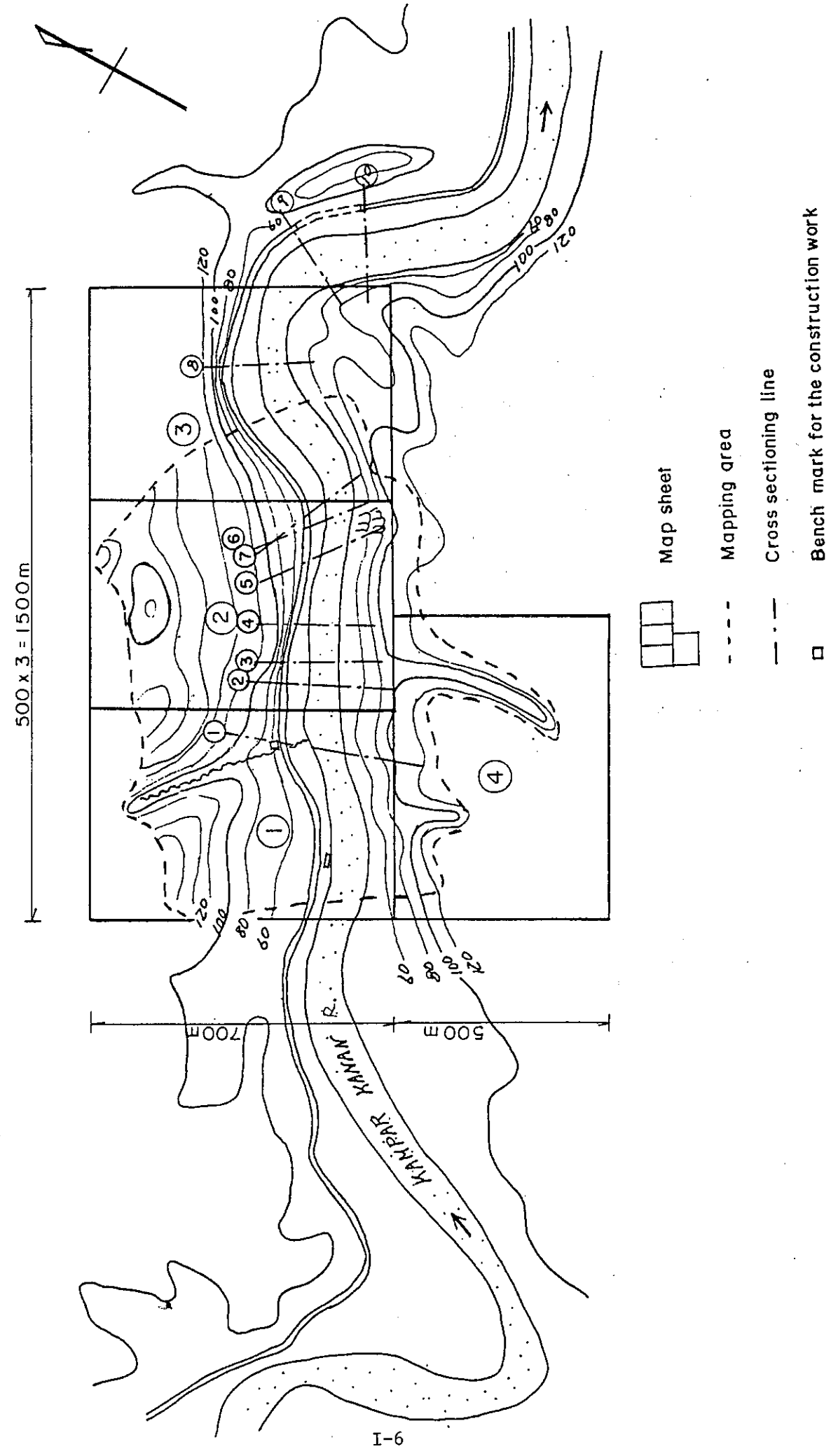
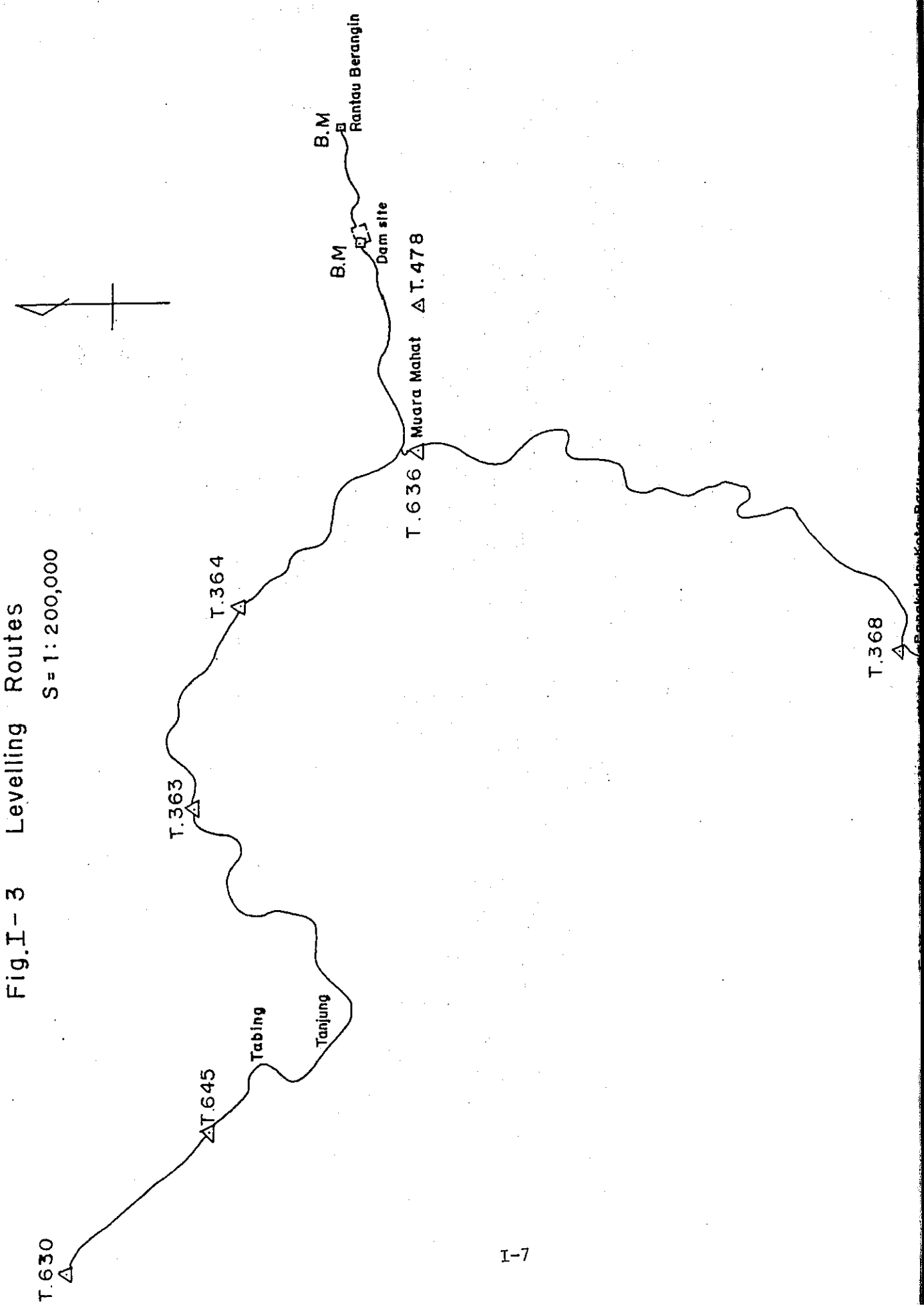


Fig.I-3 Levelling Routes

S=1:200,000



第 2 部  
地 質 調 查

## 第2部 地質調査

### 目次

	頁
1. 緒言 .....	II-1
2. 調査地域の地形及び地質 .....	II-2
2.1 地形概要 .....	II-4
2.2 地質概要 .....	II-6
2.3 地震 .....	II-11
2.4 鉱産資源 .....	II-16
3. 現地調査 .....	II-17
3.1 一般 .....	II-17
3.2 調査の項目と方法 .....	II-19
3.3 調査数量 .....	II-26
4. コタパンジャンダムサイトの地質 .....	II-30
4.1 地形 .....	II-30
4.2 地質 .....	II-30
4.3 調査結果 .....	II-32
5. 湛水区域の地質 .....	II-41
5.1 マハットダムサイト .....	II-41

	頁
5.2 湛水池左岸尾根の鞍部 .....	II-41
5.3 環境地質 .....	II-42
6. 建設材料 .....	II-43
6.1 一般 .....	II-43
6.2 河床砂礫 .....	II-43
6.3 原石山 .....	II-46
6.4 材料の室内試験 .....	II-47
7. 地質工学的評価 .....	II-53
8. 今後の調査課題 .....	II-55
9. 引用文献 .....	II-56
10. 岩盤せん断試験 .....	II-94

LIST OF TABLES

	<u>PAGE</u>
Table II-1 Stratigraphy in the Project Area .....	II-9
Table II-2 Detail of Sedimentary Succession .....	II-10
Table II-3 List of Major Earthquakes (1920 - 1981) .....	II-12
Table II-4 Quality Classification of Foundation Rock .....	II-20
Table II-5 Detail of Laboratory Tests .....	II-25
Table II-6.1 Quantity of Drilling Work .....	II-26
Table II-6.2 Quantity of Grouting Test at the Dam Site .....	II-28
Table II-6.3 Quantity of Test Pit at the Borrow Sites .....	II-28
Table II-6.4 Quantity of Test Adit at the Dam Site .....	II-29
Table II-6.5 Quantity of Seismic Prospecting .....	II-29
Table II-7 Stratigraphy in the Kotapanjang Dam Area .....	II-31
Table II-8 Detail of Drilling Work .....	II-33
Table II-9 Depth of Rocks Classified based upon the Data in Table II-4 .....	II-34
Table II-10 Detail of Seismic Prospecting .....	II-34
Table II-11 Detail of Test Adits .....	II-35
Table II-12 Result of Grouting Test .....	II-40
Table II-13 Location and Deposits of Sand and Gravel Material .....	II-45
Table II-14 Results of Laboratory Test (for Sand and Gravel) .....	II-49
Table II-15.1 Results of Determination of the Physical Properties of Rocks .....	II-50
Table II-15.2 Results of Laboratory Test (for Massive Rock) .....	II-51
Table II-16 Data Sheets of Rock Shearing Test .....	II-104

LIST OF FIGURES

	<u>PAGE</u>		<u>PAGE</u>		
Fig. II-1	Simplified Physiographic Map .....	II-5	Fig. II-14.1	Distribution Map of Permeability (Axis-1) .....	II-74
Fig. II-2	Simplified Geological Map .....	II-8	Fig. II-14.2	" (Axis-3) .....	II-75
Fig. II-3	Epicenter Map of Significant Earthquakes (1920 - 1981) .....	II-13	Fig. II-14.3	" (Axis-4) .....	II-76
Fig. II-4	Location Map of the Mineral Deposits and Mining Rights .....	II-57	Fig. II-14.4	Lugeon Map (Axis-4) .....	II-77
Fig. II-5	General Geological Map in the Project Area .....	II-58	Fig. II-15	General Geological Map of the Mahat Dam Site .....	II-78
Fig. II-6	Location Map of the Kotapanjang Dam Area .....	II-59	Fig. II-16	Outline Map of Sand and Gravel Sites .....	II-79
Fig. II-7	Location Map of the Construction Materials .....	II-60	Fig. II-17	Location and Geological Profile (QR-I) .....	II-80
Fig. II-8	Grouting Hole Arrangement .....	II-23	Fig. II-18	" (QR-II) .....	II-81
Fig. II-9	Geology in the Kotapanjang Dam Area .....	II-61	Fig. II-19	Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-II) .....	II-82
Fig. II-10	Geological Plan and Location of the Field Investigation .....	II-62	Fig. II-20	Location and Geological Profile (QR-III) .....	II-83
Fig. II-11.1	Geological Profile of Dam Axis (Axis-1) .....	II-63	Fig. II-21	Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-III-1) .....	II-84
Fig. II-11.2	" (Axis-3) .....	II-64	Fig. II-22	" (QR-III-2) .....	II-85
Fig. II-11.3	" (Axis-4) .....	II-65	Fig. II-23	Location and Geological Profile (QR-IV) .....	II-86
Fig. II-12.1	Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Axis-1) .....	II-66	Fig. II-24	Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-IV) .....	II-87
Fig. II-12.2	" (Axis-3) .....	II-67	Fig. II-25.1	Relation between Density ( $\rho$ ) and Depth Location .....	II-88
Fig. II-12.3	" (Axis-4) .....	II-68	Fig. II-25.2	Distribution of Seismic Travel-Time ( $v$ ) of Each Location .....	II-89
Fig. II-12.4	" (Left Bank) .....	II-69	Fig. II-25.3	Relation between Dynamic Poisson's Ratio ( $\nu$ ) and Depth .....	II-90
Fig. II-12.5	" (Right Bank-1) .....	II-70	Fig. II-25.4	Relation between Tensile Strength ( $\sigma_t$ ) and Each Location .....	II-91
Fig. II-12.6	" (Right Bank-2) .....	II-71	Fig. II-25.5	Relation between Crushing Strength ( $\sigma_c$ ) and Each Location .....	II-92
Fig. II-13.1	Geological Development of the Test Adits (Axis-3) .....	II-72	Fig. II-26	Grainsize Description Curve .....	II-93
Fig. II-13.2	" (Axis-4) .....	II-73	Fig. II-27	Location of the Test .....	II-95
			Fig. II-28	Loading Equipment .....	II-96

第 2 部  
地 質 調 査

	<u>PAGE</u>
Fig. II-29 Loading Pattern .....	II-97
Fig. II-30 Load - Displacement Curves .....	II-98
Fig. II-31 Observation Figures of Broken Section .....	II-102
Fig. II-32 $\delta$ - $\tau$ Curve .....	II-103

1. 緒 言

現地調査に際し、調査地域全般に対する調査は、同地域が広大な面積を有することから、基本的には既存の地形図、地質図その他地質資料に基づき、現地踏査を併用して行った。調査地域内にはブキティンギ〜パカンバル幹線道路、カンパールカナン川沿いの道路等があるが、車輛の通行可能な道路が少ない。従って、地域内をくまなく調査することは困難であったが、湛水区域内については、船、徒歩によりできるだけの踏査を行った。同時に既存の空中写真の判読から地質構造及び地形の形成過程の解明に努めた。なお、セスナ機により空中から直接観察を行ったが、雲が多くその目的を達せられなかった。

ダム、原石山、河床砂礫等の各サイトに対する調査は、必要に応じてボーリング、弾性波探査、調査横坑、岩盤せん断試験、グラウチングテスト、テストピット及び材料室内試験により行った。

ダムサイトの調査については、コタパンジャンサイトとマハットサイトが対象となっていたが、予備現地調査の段階において、コタパンジャンサイトに調査の重点を置くこととなったので、マハットサイトについては、地表地質踏査を行うにとどめた。

## 2. 調査地域の地形及び地質

調査地域はスマトラの西スマトラ州とリアウ州を含む広い地域である。

この地域に関する地形図は1946年から最近まで1:250,000及び1:100,000の縮尺のものが出版されており、コタパンジャンダムの集水区域をカバーしている。又、1963年に撮影された縮尺約1:60,000の空中写真がある。

地質学的研究、調査もスマトラ内では比較的多いほうで、特に最近における放射性鉍物の探査、金属鉍床のうち錫及び石油鉍床の調査に関連して実施されている。インドネシア地質調査所(GSI)は現在1:250,000の地質図を作成中であり、又、インドネシア原子力エネルギー事業団(BATAN)によって1:100,000の地質図が作成されつつある。

今回の調査では、これら既存の資料を利用した。各地形、地質図幅名を以下に記す。又、その他参考とした文献等については末尾に示す。

①	縮尺1:250,000 地形図	[Padang Sidempoean]	1946年
②	"	[Kotatengah]	1946年
③	"	[Poeak]	1946年
④	"	[Natal]	1946年
⑤	"	[Loeboek Sikaping]	1945年
⑥	"	[Pakanbaroe]	1946年
⑦	"	[Katiagam]	1946年
⑧	"	[Padang]	1946年
⑨	"	[Taloek]	1946年
⑩	縮尺1:100,000 地形図	39 sheets	1945年
⑪	縮尺1:250,000 地形図	[Lubuk Sikaping]	1976年
⑫	"	[Pakanbaru]	1976年
⑬	"	[Solok]	1976年
⑭	"	[Padang]	1976年
⑮	縮尺1:500,000 航測図		1974年
⑯	縮尺1:1,000,000 航測図		1974年
⑰	縮尺1:400,000 地質図	[Middem Sumatra]	一年
⑱	縮尺1:250,000 地質図	[Dumai & Bagan Siapiapi]	1932年

⑲	縮尺1:250,000 地質図	[Padang]	1973年
⑳	"	[Solok]	1975年
㉑	"	[Painan dan Bagian Timurlaut Muarasiberut]	1976年
㉒	"	[Pakanbaru]	未刊

この章では主として以上の資料に基づいた広域的地形、地質の概要について述べる。



## 2.1 地形概要

コタパンジャンダム集水区域は、スマトラのせき稜山脈であるバリサン山脈の東側斜面並びにこれにほぼ平行して走る小山脈及びそれらの山間の小平地を含む地域である。調査地域を含む $0^{\circ}\sim 1^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}33'\text{E}\sim 102^{\circ}\text{E}$ の範囲の地形を単純化して示すと図II-1のとおりである。

バリサン山脈は、地形学的にバリサン地背斜と呼ばれ、その東方の小山脈を東方バリサン前山群、更にその南西から北東方向に向って伸びる前山丘陵は、ダルダル～バンキナン隆起丘陵、ミナス丘陵群と呼ばれ、これらの丘陵の間に沖積平野が発達する。

これらの山脈、丘陵、低地はほぼ北西～南東方向に配列し、凸部は背斜に、凹部は向斜に対応した褶曲構造により形成されたものである。各地形单元の特徴は次のとおりである。

### (1) バリサン地背斜 (図II-1のI, I')

主として標高500～1000m程度で、西スマトラの主要な特徴をなす地背斜の一部である。

### (2) 東方バリサン前山群 (図II-1のII, II', III)

バリサン地背斜の東部にあたり、標高は主として150～500m程度でNW-S E方向の地塁、地溝から成る。地塁の部分では河川は山地を切る急流となって峡谷を生ぜしめ、地溝の部分では蛇行して流れる。この前山群の東端は前山丘陵として知られている。

### (3) ダルダル～バンキナン隆起丘陵 (図II-1のIV)

幅約20Km、標高50～150mの間で、低いながらも起伏を示す。このゾーンは第三紀の堆積岩が露出し、しばしば洪積世の段丘堆積物でおおわれ、依然として隆起を続けている地域である。

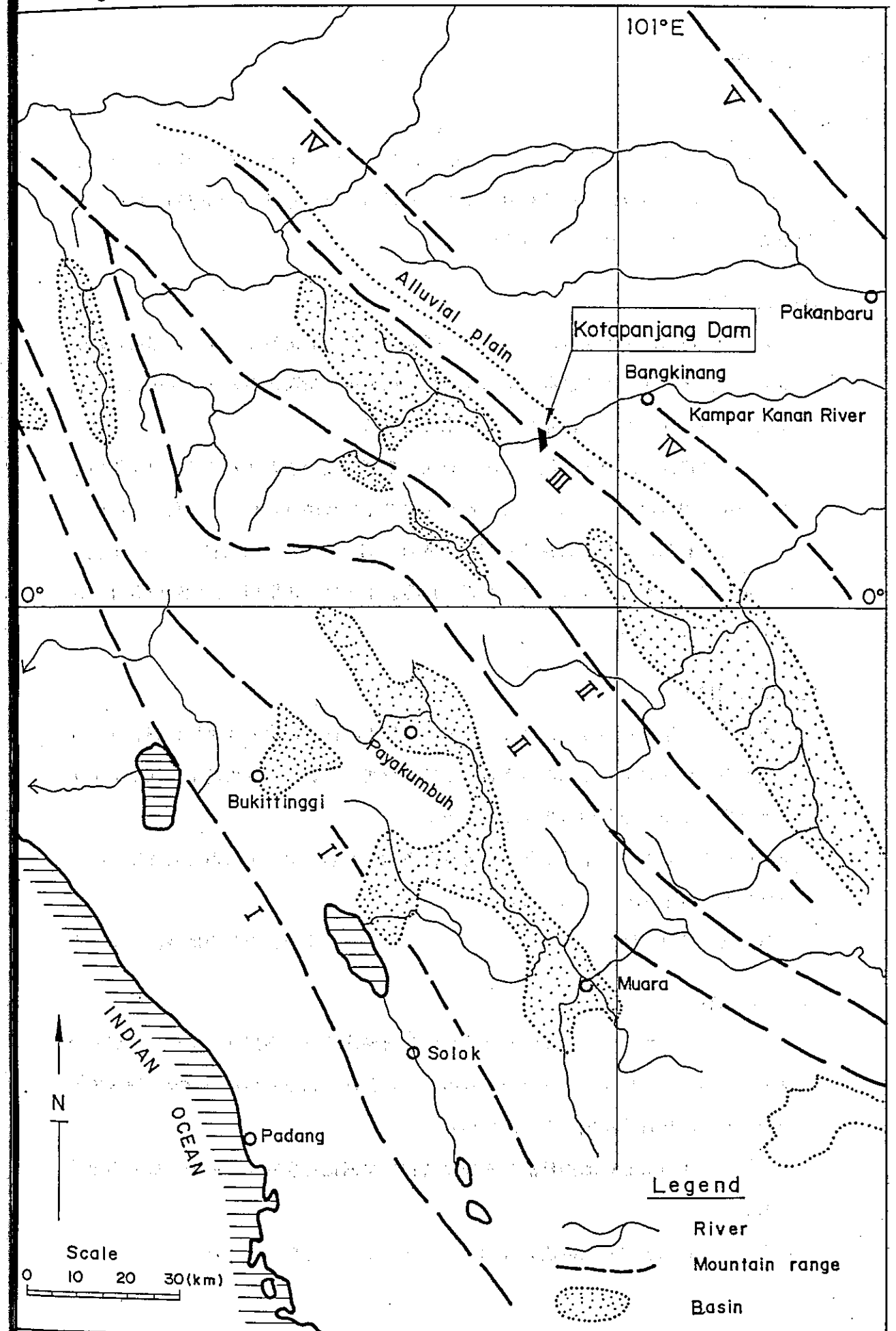
### (4) 沖積平野

地域の東部を占め、沖積層や沼地で植生の繁茂した地域である。現在の川の流路はしばしばはらん原に遮られ、所々に三日月湖を形成している。シアク川やカンパール川の間も低平で、厚い腐植物層を堆積している。

### (5) ミナス丘陵群 (図II-1のV)

前記の沖積平野中に標高約100mの小丘がある。ミナス石油産地を模式地とし、地質構造を反映して、背斜部に当たる。

Fig. II-1 Simplified Physiographic Map



## 2.2 地質概要

### 2.2.1 層 序

図Ⅱ-2に地質構造及び地質について単純化したものを示す。又、地質層序を表Ⅱ-1に示す。調査地域に分布する地質は先第三紀層、第三紀層、第四紀層及び火成岩類である。以下に各々について説明する。

#### (1) 先第三紀層

集水区域の基盤を成すもので、二つに区分される。下位のもの、下部石炭紀から下部二畳紀のタパヌリ層群であって、集水区域内の南西部のパリサン山脈とそれに続く東方パリサン前山群中によく露出している。

タパヌリ層群は、下部の泥質細粒～石炭質堆積岩類を主とするクワンタン累層と、上部の中～粗粒のワッケ類を主とするボホロク累層に細分される。上位のものは、主として粘板岩、頁岩、石灰質頁岩、凝灰質頁岩から成り、石英脈及び変質を受けたグレイワッケが狭まれる。プサンガン層群、トッフル累層で、地質時代は三畳紀上部とされている。

#### (2) 第三紀層

集水区域の第三紀層は下部はカンパール層群と呼ばれ、次の3累層に細分される。下位からペマタン累層（上部漸新世～下部中新世）、シハパス累層（下部中新世）、テリサ累層（早～中期中新世）の順である。

上部はペタニ累層で、中位中新世～上部鮮新世の砂岩、シルト岩の互層を伴う緑灰色頁岩を主体とする堆積岩である。

第三紀層は湛水区域の中で、ムアラマハットから上流の大部分の地域に分布する。

#### (3) 第四紀層

第三紀層を不整合に被いしばしば古い段丘を形成する。地層は、ミナス累層（一部でケルムタン累層）と呼ばれる。この層の特徴は、山岳部から平野部へ向って層厚を増し、凝灰質分を増すとされている。

ミナス層より新しい地層は汨らん原堆積物層や沼地を形成する軟弱な堆積物層である。

以上(1)～(3)に述べた堆積岩の詳細は表Ⅱ-2に示すとおりである。

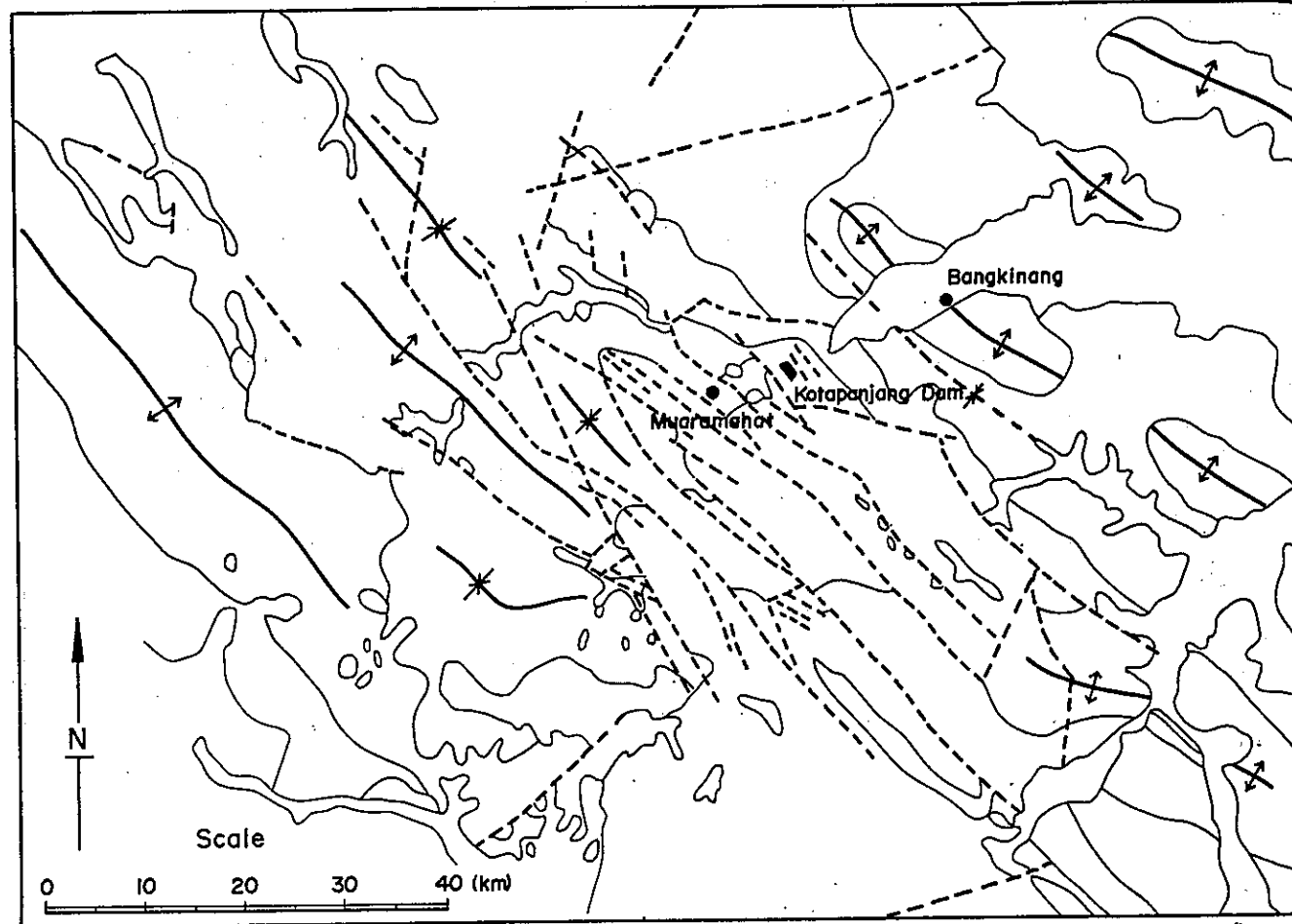
#### (4) 火成岩類

火成岩は古期の花崗岩類と新しい（新期）火山岩類から成る。

花崗岩類は、主にパリサン前山群の古生層中に小岩体として断層線上に分布している。調査地域内では特にクワンタン累層中のロカン～ブローガダン断層線沿いに集中して分布する。岩質は花崗岩を主として、ペグマタイト、石英脈や英雲岩を伴う。これらの岩体は錫石を伴っているため錫鉱業に重大な関係がある。岩体の貫入時代は中生代三畳紀又はそれ以前とされている。

火山岩は主に集水区域の南西の分水界付近に分布する。産出状態は熔岩流となって広域を被うものと、小岩体となって第三紀層中に貫入したものとある。前者は主に集塊岩で、後者は主に安山岩及び玄武岩である。新第三紀から第四紀に及ぶ火成活動により形成されたものである。

Fig.II-2 Simplified Geological Map



From "Geology of the Pakanbaru Quadrangle"  
Partly changed.

**Legend**




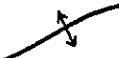

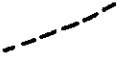



- |   |                |   |                           |
|---|----------------|---|---------------------------|
|  | Alluvium       |  | Syncline                  |
|  | Diluvium       |  | Anticline                 |
|  | Tertiary       |  | Fault                     |
|  | Pre - tertiary |    | Quaternary volcanic rocks |
|   |                |    | Granites                  |

Table II-1 Stratigraphy in the Project Area

Geological Age		Sediments and Metasediments		Volcanics and Intrusives		
Cenozoic	Quaternary	Holocene	Young Alluvium	Maninjau Pumice Tuff		
		Pleistocene	Older Alluvium	Kerumutan Fmn.		
			Minas Fmn.			
	Tertiary	Pliocene	Petani Fmn.		Kotaalam Volcanic Fmn.	Undifferentiated Minor Volcanics
		Miocene	Kampar Group	Telisa Fmn.		
		Oligocene & Eocene		Sihapas Fmn.		
Pematang Fmn.						
Mesozoic	Jurassic & Cretaceous	Peusangan Group	Tuhur Fmn.	Granites		
	Triassic					
Palaeozoic	Permian	Tapanuli Group	Bohorok Fmn.			
	Carboniferous		Kuantan Fmn.			

Note: Fmn.: Formation

Table II-2 Detail of Sedimentary Succession

Name of Formation	Type Area	Age	Lithologies (Individual outcrops are described separately)
Younger Alluvium		Holocene	Mud, sand and gravel
Older Alluvium		Younger Pleistocene	Remarkable clay, silt, sand and gravel, with much vegetational debris
Kerumutan Formation	S. Kerumutan	Pleistocene	Tuffaceous clay, sand and gravel
Minas Formation	Minas Field and Northwards	Pleistocene	Unconsolidated to semi-consolidated mud, sand and gravel. Extensive pebble beds in mountain front area. Iron-stained and veined sand with some outcrops characterized by kaolinization.
Petani Formation	Petani Field	Middle Miocene to Upper Miocene	General description: Greenish grey shale with sandstone and siltstone interbeds, thin brown coals. Bioturbated carbonaceous mudstone and siltstone. Red and black mudstone.
Telisa Formation	Telisa Anticline (Jambi area, south of Equator)	Early Middle Miocene	Mainly dark grey calcareous shales and highly fossiliferous often with thin glauconitic sandstone, siltstone and occasionally with thin limestone.
Sihapas Formation	Air Sihapas	Early Miocene	A sandstone-shale sequence with conglomeratic sandstone at base. The cover in the southwest direction includes numerous coal occurrences. Current and ripple bedding common.
Pematang Formation	Pematang Field	Late Oligocene to Early Miocene	1) Coarse breccio-conglomerates and sandstone interbedded with deep red clay or mudstone. These deposits are very variable with very local derivation, and may include coal seams. 2) Freshwater white-grey-brown sandstone with common volcanic glass shards, the sequence of which is essentially Red/Bed.
Peusangan Tuhur Formation Group	Selok Quadrangle, South of Equator	Upper Triassic	Medium to dark grey slate, shale, marly shale and intercalations of brown chert radiolarite, black silicified shale and thin layers of metamorphosed gray wacke.
Tapanuli Bohorok Formation Group	S. Bohorok	Carboniferous to Early Permian	Conglomeratic wackes, wackes, and subordinate turbidites. The latter is now poorly developed slate as a result of cleavage. Conglomeratic wackes are well exposed on the road side.
Kuantan Formation	S. Kuantan	Carboniferous to Early Permian	Same as above, but very subordinate conglomeratic wackes, and much greater proportion of turbidites, mudstone and arenites. Now, these are cleaned and metamorphosed in green schist facies.
Kuantan Formation	S. Pawan	Same as above or older	Intensely folded muscovite, tremolite, chlorite and carbonated schists.
Kuantan Formation	Tanjung Pauh	Carboniferous or older	Phyllites and muscovite/chlorite/carbonate/quartz schists

## 2.2.2 地質構造及び断層系

集水区域からパカンバルに至る大きな地質構造は既に述べたように、地形と密接に関連している。すなわち、パリサン地背斜、東方パリサン前山群、前山丘陵、ダルダル〜パンキナン隆起丘陵、ミナス丘陵群との南西から北東方向へ地背斜、向斜を繰り返している。

集水区域の西及び南西方向の分水嶺から、コタパンジャンダムサイトへ至る間の基盤は、古生代石炭紀のタバヌリ層群及び中生代のプサンガン層群である。本層の下部は強い変成作用を受けている。

上部は細粒の硬砂岩で塊状の部分と層状の部分がある。南西から北東へ向かって千枚岩層、粘板岩層、細粒硬砂岩層、凝灰質頁岩層と変化し、ダムサイトにおいては主として石英安山岩質凝灰岩となる。

第三紀層は下位の古生層を被っているが、褶曲軸にあたる山地の尾根部等では侵食を受け欠除している部分が多く、向斜軸にあたる凹地に多く見られる。

上述の第三紀層を被う第四紀層は、主として向斜軸の凹部に広く堆積している。集水区域内の主要な断層の方向はNW-SEで、これに交叉するNE-SWの断層が若干ある。

## 2.3 地震

### 2.3.1 調査地域の地震歴

コタパンジャンダムサイトを中心とした半径300Km以内において、1920年から1981年までの間に、マグニチュード(M)5.0以上の地震は、約55回が報告されている。(Earthquakes in Indonesia: Ministry of Communications Meteorological and Geophysical Institute, Jakarta Indonesia) このうち、本地域に影響を及ぼしたと推定される地震、すなわち震央距離( $\Delta$ )300Km以内、マグニチュード(M)5.0以上の地震を抽出すれば14回(表II-3)で、その震央の位置は図II-3に示すとおりである。

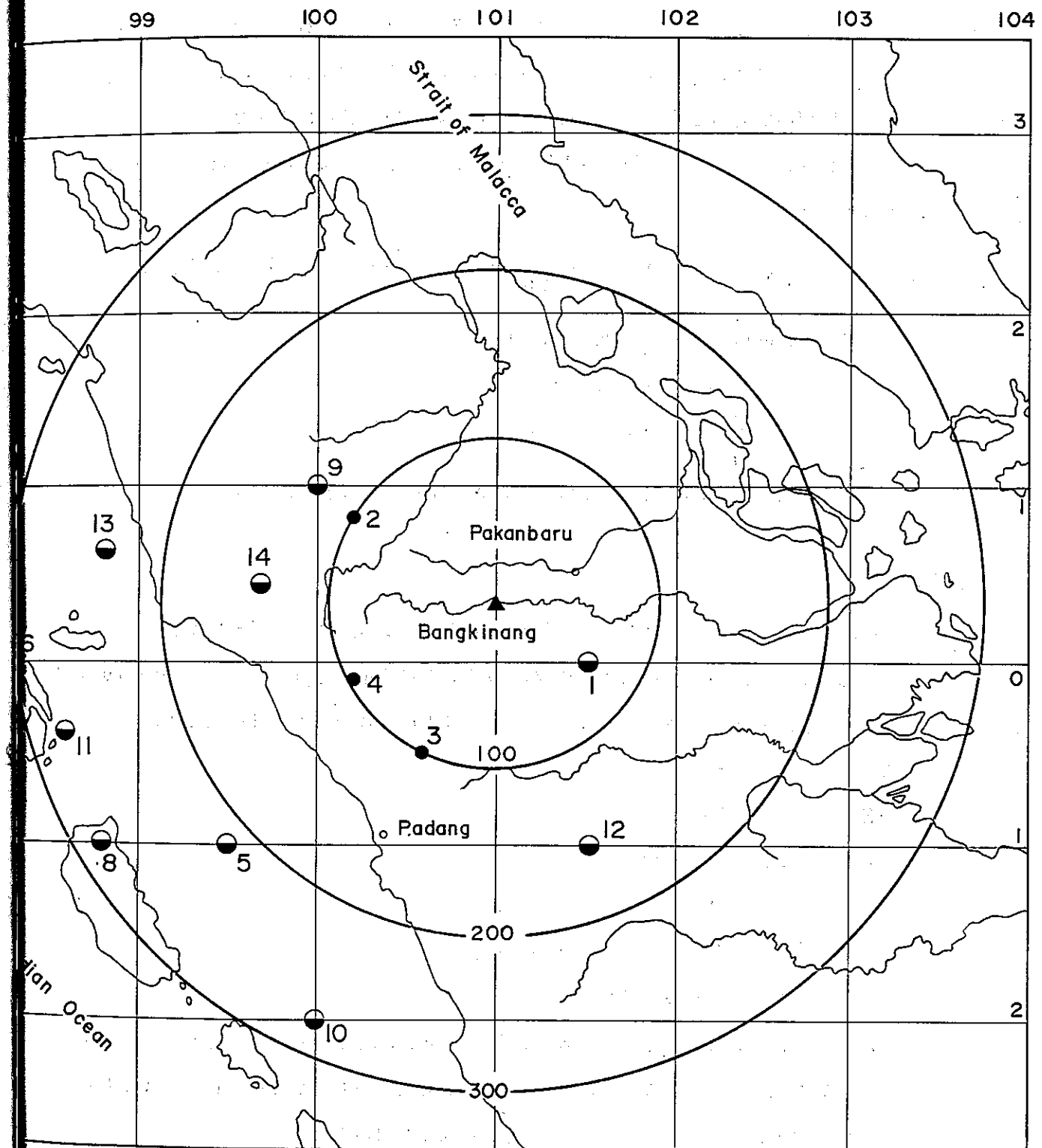
Table II-3 List of Major Earthquakes (1920 - 1981)

No.	Date	Epicentre		Magnitude	Distance (km)	*1) max (Gal)
		Latitude	Longitude			
1	June 28, 1926	1.0S	99.5E	6.7	220	9.6
2*2)	Dec. 28, 1935	0.0	98.2E	7.9	305	18.4
3*2)	Oct. 31, 1951	1.0N	98.25E	6.5 - 6.75	310	2.6
4	May 24, 1952	1.0S	98.8E	6.5 - 6.75	280	4.1
5	July 7, 1953	1.0N	100.0E	6.5 - 6.75	133	41.8
6	Sept. 9, 1955	2.0S	100.0E	6.5 - 6.75	277	4.3
7	Aug. 15, 1956	0.0	101.5E	6.4	70	82.0
8	Oct. 26, 1961	0.4S	98.6E	6.0	275	0.5
9	Dec. 31, 1965	0.8N	100.2E	5.2	99	6.4
10	May 21, 1967	1.0S	101.5E	6.3	158	13.1
11	Oct. 15, 1968	0.5S	100.6E	5.6	100	13.5
12	Feb. 4, 1971	0.6N	98.8E	6.3	242	2.5
13	Nov. 5, 1971	0.1S	100.2E	5.0	98	4.3
14	Mar. 9, 1977	0.4N	99.7E	6.0	142	10.2

Notes: \*1) Calculated based upon the Tamura's Formula.

\*2) Though the distance was more than 300 km, the earthquakes are listed in the table in view of their very intensive magnitude.

Fig.II-3 Epicenter Map of Significant Earthquakes (1920-1981)



Legend  
 ○ : 7.0  $\leq$  M  
 ● : 6.0  $\leq$  M < 7.0  
 ● : 5.0  $\leq$  M < 6.0

Scale  
 0 50 100 150 200(km)

### 2.3.2 最大加速度

最大加速度 (gal) の推定には、河角マップ法、重回帰分析法、金井公式法、田村公式法、修正金井公式法等種々の方法がある。本報告書では各公式によって計算された値のほぼ中間的値を示し、又最も信頼されている田村公式によった。

田村公式によると、最大加速度と地震のマグニチュード及び震央距離との関係は次式に示すとおりである。

$$\log_{10} \frac{\alpha_{\max}}{640} = \frac{(\Delta + 40)}{100} \times (-7.604 \div 1.7244M - 0.1036M^2)$$

ここに、 $\alpha_{\max}$  : 最大加速度 (gal)

M : マグニチュード

$\Delta$  : 震央距離 (Km)

上式により計算した  $\alpha_{\max}$  (gal) は、表 II - 3 の右端に示すとおりである。

### 2.3.3 設計震度

本地区に影響を及ぼしたと推定される地震の最大加速度は、表 II - 3 に示したとおりであるが、このうちで最大のものは、 $M=6.4$ ,  $\Delta=70\text{Km}$ ,  $\text{gal}=82.0$  (1956年8月15日発生,  $0^{\circ}0', 101^{\circ}5'E$ ) である。この地震について設計震度を次式によって求める。

$$K_H = A \cdot B \cdot K_0$$

ここに、 $H_H$  : 設計震度

A : 地盤の特性による補正係数

B : 建造物の種類による補正係数

$K_0$  : 標準水平震度

なお、Aについては、第三紀の比較的軟質な岩石の場合 1.0 (2種) とし、第三紀下部の硬質な岩石の場合 0.9 (1種) とする。本地区の場合 1.0 を採用した。また B については 0.5,  $K_0$  については最大加速度 / 980 を用いる。

上式に諸数値を代入すると、

$$K_H = 1.0 \times 0.5 \times 82.0 / 980 = 0.04$$

ここで、仮に表 II - 3 の地震で最悪の組合せを想定し、つまり、 $M=7.9$  ( $M=7$ )、

$\Delta=70\text{Km}$  ( $M=7$ ) の地震が発生したとして設計震度を計算すると、最大加速度は 206.3 となり、

$K_H = 1.0 \times 0.5 \times 206.3 / 980 = 0.105$  と算定される。設計震度の採用にあたっては、余裕をみて  $K_{H \max}$  を 0.11 とすることが望ましい。

## 2.4 鉱産資源

集水区域の内外には石炭、石油、金、銀、鉛、亜鉛、石墨等の鉱床が多数知られているが、集水区域又はその分水嶺付近で現在稼働している鉱山はない。図Ⅱ-4に鉱床の分布を示す。

金、鉛、亜鉛の鉱床は集水区域の南東に集中している。石墨鉱床は、古生層タパヌリ層群及びクワンタン累層中の結晶片岩の露出地域に主にある。石炭は第三紀層のテリサ累層とシハパス累層中にあるが、商業生産に耐えるものはない。その他温泉が断層に関係して数ヶ所にあるが、利用されているものはない。

## 3. 現地調査

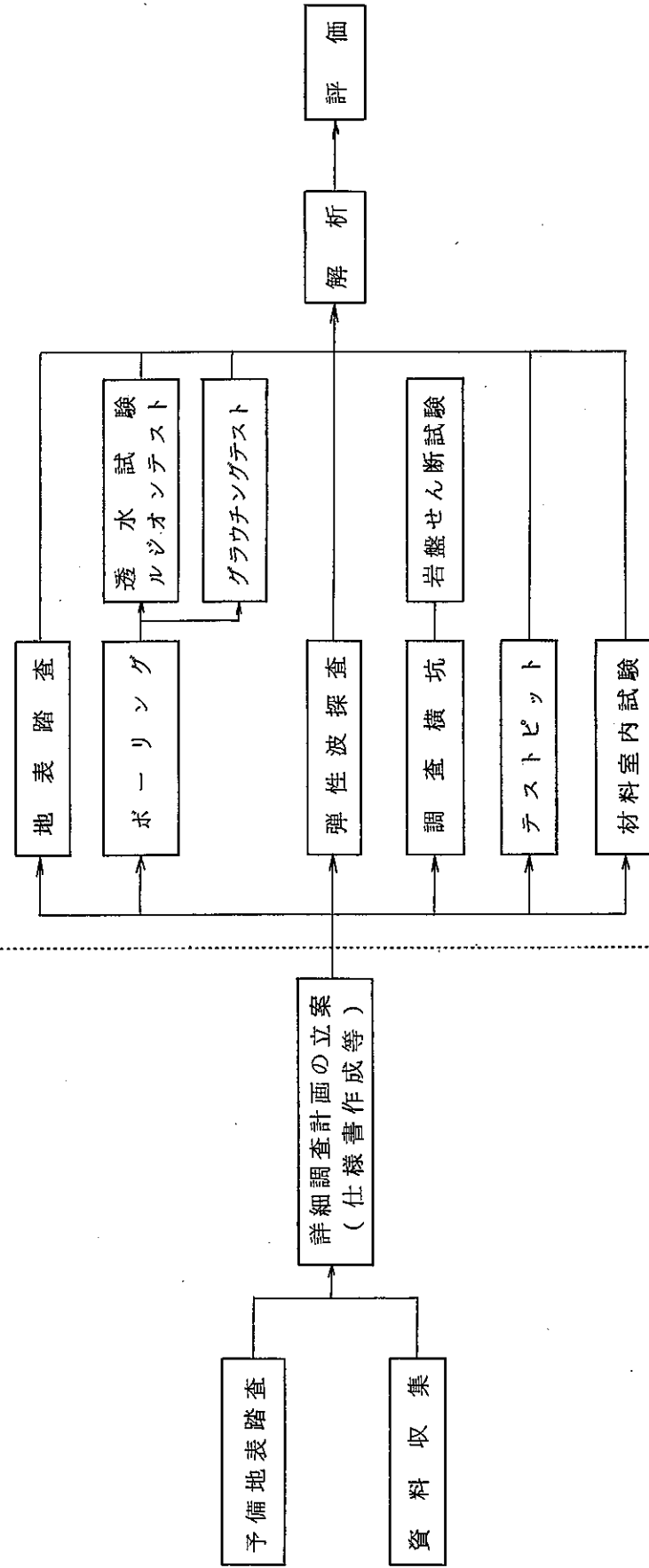
### 3.1 一般

地質調査は、予備調査と詳細調査の2段階に分けて実施した。予備調査の段階では、調査地域の地形及び地質を予備地表踏査により概略把握するとともに、既存の調査資料を収集し、これらの結果から詳細調査計画の具体的方法を立案した。詳細調査の段階では、調査地域の地表踏査を含め、ダムサイト、原石山及び河床砂礫について、ボーリングその他により詳細な調査を行った。

地表踏査の結果は既存の資料も参考にして、図Ⅱ-5の一般地質図にまとめた。

なお、この報告書でダムサイトとは、今回設定したダム軸1,3,4を含む範囲とし、今後、特に断らない限りこの意味に用いる。

調査の流れは次のとおりである。



### 3.2 調査の項目と方法

現地調査はダムサイト、原石山及び河床砂礫を対象に以下に示す内容と方法で実施した。調査位置は図II-6及びII-7に示す。

#### (1) 地表踏査

ダムサイト、原石山候補地点に対し、地表を踏査することによって調査地の岩相、岩質、地質構造、水、被覆物、地形の特徴等を調べ、地質図にまとめた。

今回の調査では、集水区域全体については既存の1:250,000地質図を編集して域内一般地質図を作成した。又、ダムサイトの上、下流約10Kmについては1:25,000、ダムサイト周辺では1:1,000の地形図を基に踏査した。なお、地質構造の把握のため、空中写真の判読を行った。

#### (2) ボーリング

ダムサイト、原石山候補地点で、コアを採取することにより、地下の岩盤の状況を直接観察し、岩石の堅さ、亀裂の状態を知り、更に地山の地下水位も知る目的で実施した。

ボーリングに用いた機械は、スピンドル型ロータリーボーリングマシンでYBM・YSO-1、TONE・TAS-3E、TONE・TDC等で、コアパレルの外径は75%である。得られたコアはすべて5m長を一箱に収納して観察を行い、DRILLING REPORTとして柱状図にまとめた。

柱状図には、以下の項目を観察記録した。

- ① 掘削方法(無水/送水の別)
- ② ケーシング及び採取コア径
- ③ 地上水位の経日変化
- ④ 地質観察
- ⑤ 地層の分類
- ⑥ 風化の程度(新鮮, 微風化, 中度風化, 強度風化, 完全風化)
- ⑦ RQP(単位長さあたりの採取コア10cm以上の累計長の割合)
- ⑧ コア流出率
- ⑨ コアパレルの種類(シングル, ダブル, トリプルの別)
- ⑩ 岩盤等級(A, B, CH, CM, CL, Dの別, 表II-4参照)
- ⑪ ルジオン値又は透水係数



⑫ 室内試験（岩石の一軸圧縮強度）

又、ボーリング孔を利用して、透水試験及びブルジオンテストを行った。  
河床砂礫候補地点では、砂礫層の厚さ、堆積状態等を知るために、ボーリングを行った。  
なお、地下水位の上昇によってテストピットが困難な地点では、砂礫のサンプリングを  
ボーリングで実施した。

Table II-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 <sub>H</sub>	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 <sub>M</sub>	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 <sub>L</sub>	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.

(3) 弾性波探査

ダムサイト及び原石山サイトにおいて、人工的に弾性波を発生させ地山を伝播する弾性波の速度値を測定し、速度値の大小から地山岩石の硬さ、深さ及び破碎帯の有無を推定する目的で実施した。

使用した機器はOYO・TR-4型(24ch)シリーズで、本体(増幅器、オシログラフ)以外の付属品では受振器、発波器、ケーブル等で河川を横切る際は、特にハイドロフォンを用いた。

測定は水平5m間隔に受振器を配し、発破点間隔は50~60m程度とした。解析はハギワラの方法によった。

(4) 調査横坑

調査横坑は地層を直接観察すると同時に、断層の有無・方向、割目の方向・頻度・挟在物、風化の程度、岩盤の硬軟、湧水の有無等を知ることができる。ダム軸3及びダム軸4の左右両岸に高さ1.8m、天端幅1.5m、インバート幅1.8mの台形断面の横坑を各1坑ずつ計4坑を掘削した。

(5) 透水試験及びブルジオンテスト

この試験の目的は、地山の透水性を知るために行うものである。試験の方法は、1982年の調査では水圧1Kg/cm<sup>2</sup>以下の透水試験、1983年の調査ではいわゆるブルジオンテストで最大加圧10Kg/cm<sup>2</sup>とした。

透水試験の測定方法と計算方法はEarth manual 1974年版、「Field Permeability Tests in Boreholes, Designation E-18, Packer Tests」に準拠した。

透水係数の計算は次式による。

$$K = \frac{Q}{2\pi LH} \ln \frac{L}{r} \quad : L \geq 10r$$

ここに、 K : 透水係数 (cm/sec)

Q : ボーリング孔への定流量 (cm<sup>3</sup>/sec)

L : 試験ケ所の孔長 (cm)

H : 水頭 (cm)

r : 試験孔の半径 (cm)

Fig. II-8 Grouting Hole Arrangement

$I_n$  : 自然対数

ルジオン値は注入圧力が  $10 \text{ Kg/cm}^2$  の水を岩盤中に圧入し、その時の孔長  $1 \text{ m}$  あたりの透水量 ( $\ell/\text{min}$ ) をもって岩盤の透水性を評価する方法である。

なお、岩盤の状況により昇圧できない場合、換算ルジオン値として次式により求める。

$$L_u = \frac{10 \cdot Q}{P \cdot L}$$

ここに、 $Q$  : 注入量 ( $\ell/\text{min}$ )

$L$  : 試験区間長 ( $\text{m}$ )

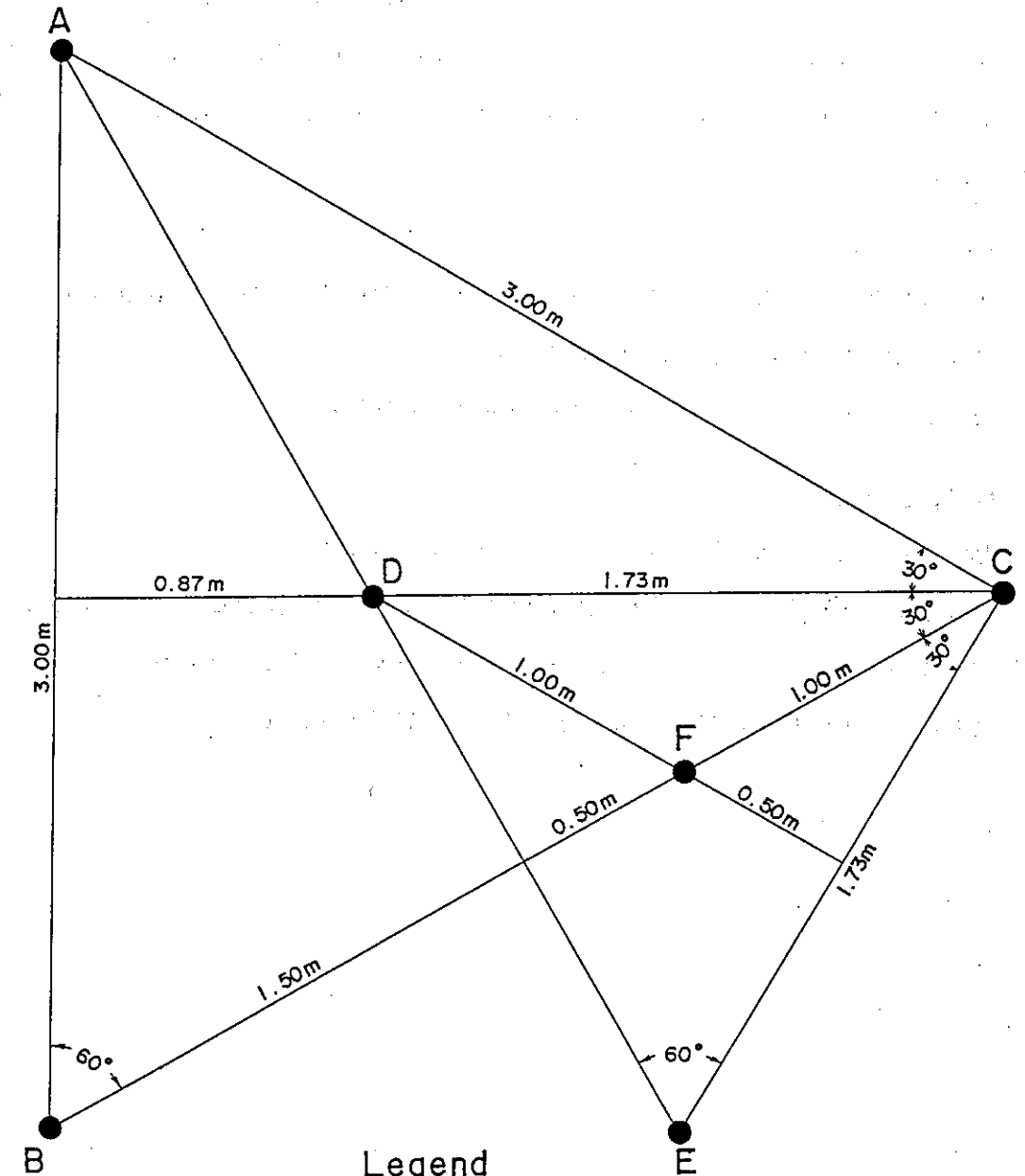
$P$  : 注入圧 ( $\text{Kg/cm}^2$ )

(6) グラウチングテスト

この試験は、ダムの基礎岩盤におけるグラウチング計画を立てるために必要なデータを得るために行った。試験の方法は、ダムサイトにおいてボーリングしながら、深度  $5 \text{ m}$  ごとに各種濃度のセメントミルクを岩盤中に加圧注入し、その注入量を測った後、ルジオン値を求めて効果を判断する。

グラウチングテストの注入孔及びチェック孔の配置は、図 II-8 に示すとおりである。図に従って説明すると、まず A, B, C 孔でそれぞれルジオンテストを実施した後、グラウチングテストを行う。その効果を判断するために、中心の D 孔でチェックを兼ねたルジオンテストを行う。更に E 孔もグラウチングテストを実施し、全体を F 孔でチェックして終了とする。

なお最初の  $5 \text{ m}$  間はいずれの孔でも試験を実施しない。



Legend

1. Primary test

A, B and C : grouting hole.

D : check hole.

2. Secondary test

C, D and E : grouting hole

F : check hole.

(7) 岩盤せん断試験

ダムサイトにおける基礎岩盤の力学的性状を知るために、T A-2 調査横坑内で岩盤のブロックせん断試験を行った。

試験ヶ所は、当調査横坑内において6ヶ所選点した。坑口からそれぞれ T D 28.40m, 31.80m, 36.55m, 38.90m, 43.05m 及び 47.45m のサイトである。このうち、岩盤の極端に堅い 38.90m と、逆に弱い 36.55m のサイトは供試体から除外し、4個を試験の対象とした。

(8) テストピット

河床に堆積する砂礫層中に垂直に深度 3 m の立坑を掘り、砂礫の堆積状況、品質を確認すると同時に、室内試験用試料を採取した。

候補地点 4ヶ所において、掘削深さは約 3 m で実施した。

(9) 材料、室内試験

地山の岩石及び河床砂礫の物理、力学的性質を知るために行った。

試料はボーリングコア、調査横坑内、野外の露頭から岩石試料を、テストピット内から砂礫試料を採取した。試料項目及びその仕様は表 II-5 のとおりである。

なお、岩石の薄片を作成し、顕微鏡観察により岩石名を同定した。

Table II-5 Detail of Laboratory Tests

For Sand and Gravel

No.	Type of test	Designation	Obtained test data			Remarks
			Presented data	Symbol	Unit	
1.	Specific gravity and absorption	ASTM C.128	Specific gravity	$G_s$	-	Sand
			Absorption	-	%	
		ASTM C.127	Specific gravity	$G_s$	-	Gravel
			Absorption	-	%	
2.	Gradation analysis	ASTM D.422-63 (1972)	Grain size distribution curve	-	-	Sand & gravel
3.	Relative density	ASTM D.2049 (1973)	Relative density	$D_r$	-	Sand & gravel
4.	Permeability	AASHTO T.215-66. ASTM D.2434-68	Coeff. of permeability	$k$	cm/sec	Sand & gravel

For Massive Rock

No.	Type of test	Designation	Obtained test data			Remarks
			Presented data	Symbol	Unit	
1.	Unconfined compression	ASTM D.2938	Crushing strength	$\sigma_c$	kg/cm <sup>2</sup>	
2.	Specific gravity	ASTM C.127-59	Apparent spec. gravity	$G_{ap}$	-	
			True spec. gravity	$G_{tr}$	-	
3.	Absorption	ASTM C.127-59	Absorption	$W_s$	%	
4.	Natural water content	ASTM C.566-67	Air dried water content	$W_n$	%	
5.	Tension		Tensile strength	$\sigma_t$	kg/cm <sup>2</sup>	
6.	Shearing		Cohesion	$C$	kg/cm <sup>2</sup>	
			Angle at internal friction	$\phi$	-	
7.	Elastic wave velocity		Long wave velocity	$V_p$	m/sec	
			Shear wave velocity	$V_s$	m/sec	

### 3.3 調査数量

今回実施した調査の数量は表 II - 6.1 ~ II - 6.5 に示すとおりである。

Table II-6.1 Quantity of Drilling Work

#### Dam Site

Location	Bore-hole No.	Depth (m)	Deviation from Vertical	Ground Elevation (m)	Remarks
Axis-1	B- 1	30	0°	96.63	P*1)
	B- 2	40	"	79.26	"
	B- 3	50	"	56.87	"
	B- 4	50	"	55.07	"
	B- 5	40	"	76.05	"
	B- 6	30	"	97.56	"
Axis-3	B-12	30	"	100.45	"
	BG- 2	30	"	84.51	Lu*2)
	B-13	40	"	77.40	P
	B-14	50	"	51.28	"
	B-15	70	45°	39.19	"
	B-16	60	60°	43.10	"
	B-17	50	0°	47.39	"
	BG- 1	40	"	65.12	Lu
	B-18	40	"	74.97	P
	B-19	30	"	84.00	"
	B-20	30	"	95.02	"
	Axis-4	B- 7	30	"	93.85
B- 8		40	"	79.91	"
B- 9		50	"	59.74	"
B-10		50	"	45.70	"
B-11		40	45°	45.71	"
B-34		50	0°	105.92	Lu
B-35		50	"	66.73	"
B-36		65	45°	41.92	"
B-37		65	"	42.06	"
B-38	50	0°	90.34	"	
Power House on Axis-3	B-21	30	0°	86.68	-
	B-22	30	"	62.20	-
Sub-Total	29 holes	1,260	-	-	-

Note: \*1) P: Including Permeability Test

\*2) Lu: Including Lugeon Test

#### Quarry Sites

Location	Bore-hole No.	Depth (m)	Ground Elevation (m)
QR-I	B-33	24.5	79.01
	B-43	20	63.80
	B-44	20	63.80
QR-II	B-24	25	85.75
	B-25	30.5	85.24
QR-III	B-26	40	159.61
	B-27	40	202.40
	B-28	60	223.01
QR-IV	B-31	50	115.07
	B-32	50	147.71
	B-39	35	77.03
	B-40	44	90.13
	B-41	35	71.34
B-42	51	91.49	
Sub-Total	14 holes	525	

Note: Due to amendment to the initial plan, the hole No.B-23 was excluded from QR-II.

#### Borrow Sites

Location	Bore-hole No.	Depth (m)	Ground Elevation (m)
New M. Mahat	B-30	5	47.65
Muara Mahat	B-29	15	48.64
Sub-Total	2 holes	20	

Total of holes 44 holes 1,790

Table II-6.2 Quantity of Grouting Test at the Dam Site

Location	Bore-hole No.	Depth (m)	Remarks
Right Bank of Axis-3	BG-1 A	40	Combinedly used for core drilling
	B	40	
	C	40	
	D	40	Check hole
	E	40	Check hole
	F	40	
Left Bank of Axis-3	BG-2 A	30	Combinedly used for core drilling
	B	30	
	C	30	
	D	30	Check hole
	E	30	Check hole
	F	30	
<b>Total</b>	<b>12 holes</b>	<b>420</b>	

Table II-6.3 Quantity of Test Pit at the Borrow Sites

Location	Pit No.	Pit Depth (m)	Ground Elevation (m)
New M. Mahat	TP-2	3.00	46.76
	TP-3	1.75	47.09
	TP-3'	3.00	-
Muara Mahat	TP-1	3.10	46.43
Pulau Gadang	TP-4	2.60	-
Kuok	TP-5	3.00	32.53
	TP-6	3.00	32.64
<b>Total</b>	<b>7 pits</b>	<b>19.45</b>	

Table II-6.4 Quantity of Test Adit at the Dam Site

Location	Adit No.	Adit Length (m)
Axis-3	Right Bank TA-1	60
	Left Bank TA-2	50
<b>Total</b>	<b>2 adits</b>	<b>110</b>

Table II-6.5 Quantity of Seismic Prospecting

Location	Line No.	Line Length (m)	Remarks	
Dam Site	Axis-1 0-1	440		
	Axis-3 2	400		
	Axis-4	3	330	
		4	505	
		5	550	
		6	580	
Quarry Site	QR-II	7	330	
		11	210	
	QR-III	12	220	
		13	220	
		14	220	
	QR-IV	15	165	
		16	460	
		17	115	
		18	115	
		<b>Total</b>	<b>15 lines</b>	<b>4,860</b>

Note: Due to amendment to the initial plan, the line Nos.8, 9 and 10 were excluded from QR-II.

## 4. コタパンジャンダムサイトの地質

### 4.1 地 形

コタパンジャンダムの位置する地域は、パリサン地背斜の北東に平行に並ぶ東方パリサン前山群の中にある。その中で、カンパールカナン川がこの前山群を横切って東方の沖積平野へ出る途中の狭谷部にあたる。

カンパールカナン川はダムサイトの上流約10 Kmの地点でマハット川と合流し、ダムサイトの下流約5 Kmのランタウブランギン橋付近で山地から平野へ出る。付近の一般地質図を図II-9に示す。

カンパールカナン川は、ところどころで流路をカギ型に曲げながらおおむね西から東へ流れる。ダムサイトの1.7 Km上流と1.0 Km下流でそれぞれ河川が屈曲しているが、ダムサイト付近はほぼ直線的な流れとなる。ダムサイトにおける地形は、左右両岸に交互に段丘を形成する非対象的な特徴を示す。

ダムサイト右岸の中央部付近を除くと、川の両岸には岩盤が露出し、特にダム軸4の右岸では比高約70 mの垂直な崖を生じている。右岸中央部付近はゆるやかに川側へ傾斜する段丘面で、比高3~4 m、最大幅100m程度である。

ダムサイト直上流では右岸にサンサン沢、左岸にアンサ沢があり、いずれもV字状を呈する深い谷である。

### 4.2 地 質

ダムサイトの地質は、中生代三畳紀のトゥフル累層に属し、本層は一般的には泥~凝灰質岩とされているが、ダムサイトの基盤を成す岩石は石英安山岩質凝灰石を主体とし、凝灰質頁岩が部分的に見られる。

石英安山岩質凝灰岩の特長は、層理が不明瞭で、所々軽石の白斑が点在する堅硬な岩石である。又、石英脈や酸化鉄脈を多く挟む。一般に水中及び水面近くの露岩においては表面に酸化鉄の被膜が付着し、表層が著しく堅い状態を示している場合が多い。

又、ダムサイトの基盤岩の特長として、川の水面付近にしばしば空洞が見受けられる。空洞の規模は最大で巾、高さ、奥行きともに3~5 m程度であるが、空洞を形成している面は節理面と良く一致しており、節理面に沿って岩塊が抜け落ちたものと想定される。な

お、空洞内部に見られる粘土等の挟在物は巾数 cm以内である。

基盤岩を被覆しているものは、段丘堆積物、現河床堆積物、崖錐堆積物及び表土である。

段丘堆積物はダムサイトでは右岸の中央部付近に見られ、未固結細砂~シルトから成る。ダムサイト以外では左岸でアンサ沢の右岸と、ダム軸4の下流約50 m付近の2ヶ所にみられ、地層を構成している物質はすべて同様である。

現河床堆積物は主としてダムサイト右岸の水面下に堆積し砂及び $\phi$  max 4cm程度の礫から成り、層厚は最大で5 m程度と推定される。

崖錐堆積物及び表土は地表の至るところで見られるが、左岸の斜面及び両岸の尾根付近では非常に薄い、右岸の段丘面の山側にそれを被うように堆積していて、層厚は2~3 m以内と推定される。

ダムサイトにおける地質層序は、表II-7に示すとおりである。

Table II-7 Stratigraphy in the Kotapanjang Dam Area

Geological age		Characteristics	Lithology
Cemozoic	Quaternary	River deposits	Sand and gravel
		Talus deposits	Clay and gravel
		Terrace deposits	Fine sand and silt
Mesozoic	Triassic	Tuhur formation	Dacitic tuff and partial tuffaceous shale

### 4.3 調査結果

ダムサイトにおける各種地質調査の結果を総合的に解析し、ダム軸 1, 3, 4 についての断面を図 II-11.1~II-11.3 に示す。

なお、各調査について以下に述べる。

#### (1) ボーリング

ボーリングは各ダム軸と、ダム軸 3 を対象とした場合の発電所予定位置において合計 27 孔削孔した。

その位置は図 II-10 に、深度、削孔方向等の詳細は表 II-8 に示すとおりである。

ボーリングの結果明らかになったダムサイトの地層は、前述のとおり表土、崖錐堆積物、現河床堆積物、段丘堆積物、石英安山岩質凝灰岩からなっている。

ボーリングの結果からダム基礎に対し、岩盤の評価という観点からいわゆる被覆物のほか D 級岩盤、C L 級岩盤、C M 級岩盤、C H 級岩盤というように 4 分類し、各深度を示すと表 II-9 のようになる。

#### (2) 弾性波探査

ダムサイトにおいて実施した弾性波探査は、6 測線延べ 2,805m で、各測線長及び位置の詳細は表 II-10 のとおりである。

Table II-8 Detail of Drilling Work

Location	Bore-hole No.	Ground Elevation (m)	Hole Depth (m)	Deviation from Vertical
Axis-1	1	96.63	30	0°
	2	79.26	40	"
	3	56.87	50	"
	4	55.07	50	"
	5	76.05	40	"
	6	97.56	30	"
Axis-3	12	100.45	30	"
	13	77.40	40	"
	14	51.28	50	"
	15	39.19	70	45°
	16	43.10	60	60°
	17	47.39	50	0°
	18	74.97	40	"
	19	84.00	30	"
	20	95.02	30	"
	Axis-4	7	93.85	30
8		79.91	40	"
9		59.74	50	"
10		45.70	50	"
11		45.71	40	45°
34		105.92	50	0°
35		66.73	50	"
36		41.92	65	45°
37		42.06	65	"
38	90.34	50	0°	
Powerhouse on Axis-3	21	86.68	30	"
	22	62.20	30	"
Total	27 holes	-	1,190	

Table II-9 Depth of Rocks Classified Based upon the Data in Table II-4

Left Bank					Right Bank					Remarks
Depth (GL-m)					Depth (GL-m)					
Bore-hole No.	D	CL	CM	CH	Bore-hole No.	D	CL	CM	CH	
B-1	15.40	20.0	23.0		B-4	1.0	14.80	21.0		AXIS-1
B-2	9.0	14.10	18.0		B-5	14.70	20.0	21.0		
B-3	5.30	13.90	33.50		B-6	12.70	30 <	-		
B-12	10.0	16.80	29.0		B-16(30°)	4.40	7.25	9.50		AXIS-3
BG-2A	16.50	22.0	23.0		B-17	4.70	10.0	13.50		
B-13	2.70	12.90	15.0		BG-1A	10.40	15.40	40 <		
B-14	4.70	11.0	30.0		B-18	10.0	12.10	21.80		AXIS-4
B-15(45°)	0	4.80	8.50		B-19	15.0	16.80	19.80		
					B-20	8.80	17.0	30 <		
B-7	7.0	10.0	30 <		B-10	1.55	8.70	19.0		AXIS-4
B-8	13.70	24.0	40 <		B-11(45°)	1.56	3.85	12.45		
B-9	7.60	13.0	31.20							
B-34	8.0	15.0	50 <		B-37(45°)	3.9	5.0	65 <		Power House on AXIS-3
B-35	6.0	14.0	40 <		B-38	-	5.0	50 <		
B-36(45°)	3.0	34.0	65 <							
B-21	6.60	25.0	29.0		B-22	6.20	11.60	11.60		

Notes: ( ): Inclination from horizontal level  
Depth: Vertical depth

Table II-10 Detail of seismic prospecting

Location	Line No.	Line length (m)
Axis-1	0-1	440
Axis-3	2	400
Axis-4	3	330
Left bank	4	505
Right bank	5	550
"	6	580
Total	6 lines	2,805

解析の結果は、走時曲線及び解析断面図として図II-12.1~II-12.6に示した。

ダムサイトの弾性波速度層は以下のように分類される。

級	Vp (Km/s)	分類
I	0.3~0.6	土, 崖錐, 沖積層
II-a	0.7~1.1	残積土, 硬い土
II-b	1.2~1.5	腐食岩, 一部河床砂礫
III-a	1.6~2.2	軟岩, 強風化キレツ岩
III-b	2.6~2.8	微風化岩
IV	3.1 <	新鮮な岩

(3) 調査横坑

調査横坑はダム軸3,4の左右両岸に各1坑ずつ計4坑掘削した。各坑の坑口標高, 掘削長は表II-11のとおりである。

Table II-11 Detail of test adits

Location	Adit No.	Ground elevation at inlet (m)	Actual length (m)	Remarks
Axis-3 Right bank	TA-1	62.41	60	40m upstream of dam axis
Axis-3 Left bank	TA-2	66.78	50	15m downstream of dam axis
Axis-4 Right bank	TA-3	42.06	50	15m downstream of dam axis
Axis-4 Left bank	TA-4	59.98	100	3m downstream of dam axis
Total	4 adits		260	



横坑観察の結果は図Ⅱ-13.1及びⅡ-13.2に示す。

(a) TA-1

坑口からTD 15 m (トンネル延長)までは、崖錐堆積物で風化を受け軟質化した $\phi 5\text{cm}$ 程度の角レキを混入する粘土から成る。以深は、石英安山岩質凝灰岩から成り、岩片はおおむね堅硬であるが、亀裂の多い岩盤である。

岩盤等級で評価すると、TD 3 mまでは風化を受け軟質化する一方、川側へ低角度で落ちる節理に富むCL級岩盤で、節理の密集する部分では一部粘土化してD級の岩盤である。

TD 34 mまで同様にCL級岩盤であるが、顕著な卓越を示す節理はなく、むしろ全体にやや軟質な岩盤である。

TD 34 m以深は、2~3 mおきにクラッキーなCL級岩盤と岩片が堅硬で割目が少ないCM級岩盤が規則的に繰り返す。このゾーンでは岩石は新鮮な緑灰色を示し、ところどころに軽石の白斑を点在する硬質岩であるが、天端からの滴水が多く、全体では $10\ell/\text{min}$ 程度である。

本調査横坑における岩盤の評価は、粘土脈の挟み、開口節理もないので、主として節理の密度を反映した分類である。

(b) TA-2

地形が急峻な左岸の斜面中に坑口が設けられているため、表土は非常に薄く、又岩盤もCMに近いCL級の露頭を示している。しかし横坑内に入ると、TD 10 mまでは極度に風化を受け粘土化したD級岩盤が連続する。このゾーンではむしろ節理等は不明瞭で、岩石ハンマーで容易に削削できる。

TD 17 mまではCL, CM級と除々に良化するが、TD 20 mまで巾約30 cmの酸化鉄脈に挟まれた粘土化したゾーンがあり、坑口側へ約 $35^\circ$ の傾斜を示す。このような流れ盤状の節理を持つ傾向は本坑では5 mおき程度にみられ、逆にその他の傾向を示す節理は少ない。

TD 19 m以深はCM級(部分的にCH級)、CL級の繰り返しであるが、34 mまではCM級優勢、43 mまでCL級、48 mまでCM級、48~50 m CL~D級という状況で、TD 20~34 mの区間が最も良好な岩盤であるといえる。

本調査横坑では規則的に分布する節理よりむしろ岩盤の硬軟にその分類が支配される。

(c) TA-3

ダム軸4右岸でダム軸に並行に下流15 mの位置に掘削した。

右岸の急崖(Batungalai)の中腹で、坑口から岩盤が露出している。

坑口付近は石英脈、酸化鉄脈が多く介在し、褐色に汚染されたCL級岩盤である。坑口からTD 20 m付近まで、横坑にはほぼ平行な破碎帯(巾約40 cm)が存在し、上流側へ約 $20^\circ$ の緩い傾斜を示す。破碎帯は酸化鉄脈、石英脈を挟み、全体に脆弱な岩相を示す。

TD 20 m以深では側壁はCL及びD級岩盤であるが、天盤はCM級の岩盤である。これも、横坑にはほぼ平行な節理に区切られた軟質岩帯が存在するため、双方の岩盤の強度の差は非常に明瞭である。

TD 34, 43 mにそれぞれ巾約1 m程度の横坑に交叉する破碎帯があり、その性状はハンマーで削削できる程度である。

全坑を通じて天盤から多量の滴水が見られる。横坑全体では $20\ell/\text{min}$ 程度に及ぶと思われる。

当坑全体の特長は、横坑に並行する破碎帯あるいは酸化鉄脈が横坑に交叉する破碎帯に区切られ、その間に挟まれた岩盤が脆弱となっていることである。

(d) TA-4

ダム軸4左岸で、ダム軸上に100 mの長さで掘削した。

坑口付近の地形は $15^\circ$ 程度の非常に緩やかな傾斜を示す。

表土はごく薄い、著しく風化された岩盤が3 m程度の深さまで見られる。このゾーンは岩石ハンマーで叩くと頭部が貫入するような軟質な岩盤であり、節理等の割目の存在は不明瞭で、とらえることは困難である。岩盤はD級に相当する。

TD 10 mまではオープンカットであり、この部分より先にCL級の岩盤が出現するが、この部分でも岩盤はやはり軟質で、ハンマーの尖頭が突き刺さる。極端に開口した割目はなく、むしろ難透水性の岩盤である。TD 20 m程度まで連続し、一部(TD 13, 16 m)にD級岩盤を挟む。

TD 20 m以深では、岩盤は褐灰色の中硬質岩盤となり、TD 33 m付近まで連続する。岩盤等級でCMに相当するが、この部分は天盤から滴水が多く、多数のキ裂があることを示す。引き続きTD 52 mまで同様の状態が続くが、前区間に比して、岩質が軟化し多数のキ裂が多方向に見られるため、岩盤等級はCLに落ちる。

T D 52 m から、低角度で坑口側へ約  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$  のこう配で、緩かに傾斜する酸化鉄脈が多く見られる。この脈は  $30 \text{ cm} \sim 50 \text{ cm}$  のものが多く、 $10 \text{ cm}$  程度の間隙の間に挟まれた岩盤は軟弱である。この部分は主として C M 級岩盤で中硬質なマッシブな岩盤であるが、特記すべき事項は、非常に連続性の良い低角度の酸化鉄脈が多く存在し、その一部が粘土等の介在物を流出し開口していることである。又、T D 70 m で断層（正断層、ずれ  $10 \text{ cm}$ 、断層巾  $1 \text{ cm}$ ）が見られ、それに伴って T D 70 ~ 73 m 付近に湧水（最大  $15 \text{ l/min}$  程度）を伴う破碎帯を形成していることである。

当坑全体の特長は、T D 52 m 以深で低角度流水盤の節理が卓越し、開口している部分では湧水を伴い、又節理間隔の狭いところでは節理に挟まれた岩盤が板状で風化軟質化していることであるが、T D 70 m ~ 73 m 間を除くすべての区間で塊状岩盤である。

#### (4) 透水試験及びルジオンテスト

ダム軸 1, 3, 4 上の各ボーリング孔で、低圧の透水試験と高圧のいわゆるルジオンテストを実施した。その結果は図 II - 14.1 ~ II - 14.3 の透水係数分布図及び図 II - 14.4 ルジオンマップである。

各孔とも最上位の 5 m は試験を実施しなかったので、透水係数は不明であるが、ダム軸 1 の左岸では斜面の高度に従って  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$  の透水係数ゾーンが  $10 \sim 20 \text{ m}$  と増える一方、右岸では逆に  $10 \sim 5 \text{ m}$  と減少する。断面のうち  $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  の部分が一部あるが、いずれもグラウチングで十分処理可能である。

ダム軸 3 では左岸の上段付近から河床下 (E L 0 m) へ向けて  $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  の透水ゾーンが連続し、右岸の上段へ連がっていることに特徴づけられる。

ダム軸 4 では左岸の地表から  $10 \sim 15 \text{ m}$  間は  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$  の低い透水係数を示すが、以深で  $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  のゾーンが大部分を占め、逆に、右岸では全体に  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$  の低い値を示す。

B - 34, 35, 36, 37, 38 で実施したルジオンテスト及び B - 7, 8, 9, 10 で実施した透水試験から得た換算ルジオン値によるルジオンマップを図 II - 14.4 に示す。これによると、左岸のダム上段及び中段の深度  $25 \text{ m}$  以深に  $20$  ルジオン以上の高いルジオン値を示す部分が多く見られる。しかし、左岸の中 ~ 下段では地下深部の岩盤は C M 級が主体であることから、グラウチングによる処理は効果的である。

#### (5) グ라우チングテスト

ダム軸 3 の軸上の左右両岸で各 1 ケ所実施した。位置は図 II - 10 に示すとおりで、右岸の B G - 1 は標高  $65.12 \text{ m}$ 、深度  $40 \text{ m}$ 、左岸の B G - 2 は標高  $84.51 \text{ m}$ 、深度  $30 \text{ m}$  とした。

表 II - 12 に、グラウチング前後のルジオン値を示す。これによると、一般に試験前の地山では B G - 2 が B G - 1 より透水性が高いといえる。つまり B G - 1 では  $20 \sim 25 \text{ m}$  間に  $11$  ルジオンを示す他は  $15 \text{ m}$  以深では  $2.6$  ルジオン以下を示すのに対して、B G - 2 では  $25 \text{ m}$  以深で  $3.1$  ルジオン以下になり、その上部では部分的に数ルジオンを示すものの  $10$  ルジオン以上が多い。

D, F 孔 (チェック孔) の結果から改良目標を仮に  $2 \text{ Lu}$  とすると、B G - 1 では  $3 \text{ m}$  間隔の場合  $15 \text{ m}$  以深、 $1.7 \text{ m}$  間隔で  $20 \text{ m}$  以深となり、孔間隔を縮めることによって必ずしも透水性が低くなる関係がみられない。B G - 2 では  $3 \text{ m}$  間隔で  $25 \text{ m}$  以深  $1.7 \text{ m}$  間隔でも同様に  $25 \text{ m}$  以深であるが、地山の透水性に対する改良の効果は大きい。

#### (6) 岩盤せん断試験

第 10 章参照。

Table II-12 Results of Grouting Test

BG-1 Right Bank

Depth L (m)	BG-1A		BG-1B				BG-1C		BG-1D				BG-1E				BG-1F										
	Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test (Check)										
	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	K (cm/sec)	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	K (cm/sec)	Lu		
5-10	4	2.5	38	2.5	36.1	4.2	43	1.9	162	4.5	32	4.6	84	4.3	39	4.4	43	4.5	24	4.6	123	4.3	5.0x10 <sup>-4</sup>	39	4.5	2.4x10 <sup>-4</sup>	19
10-15	6	2.8	68	2.8	445	6.4	4.4	6.6	92	6.3	1.8	6.4	1.2	6.5	11	1.6	141	6.9	2.9	7.0	28.0	6.5	1.5x10 <sup>-3</sup>	11	6.5	6.0x10 <sup>-5</sup>	4.6
15-20	8	8.6	0.8	8.6	0.2	8.4	1.7	8.6	0.4	8.4	0.8	8.5	4.7	8.5	0.5	8.6	0.4	9.3	0.5	9.4	0.6	8.5	6.2x10 <sup>-6</sup>	0.5	8.5	8.3x10 <sup>-5</sup>	6.0
20-25	10	11.3	1.0	11.3	1.8	10.4	11	10.6	43	10.4	0.8	10.5	0.9	11.0	0.1	11.1	0.3	10.7	0.5	10.8	8.8	11.0	1.3x10 <sup>-6</sup>	0.1	10.8	1.3x10 <sup>-5</sup>	1.0
25-30	10	10.7	2.1	10.7	6.2	10.2	2.6	10.2	2.8	10.5	0.6	10.6	0.5	10.6	0.4	10.7	0.6	10.8	0.6	10.9	0.4	10.6	5.2x10 <sup>-6</sup>	0.4	10.8	1.2x10 <sup>-5</sup>	0.9
30-35	10	11.1	0.1	11.1	0.4	10.2	0.6	10.3	0.4	10.2	0.6	11.3	1.0	11.3	0.4	11.4	0.5	10.9	0.3	11.0	0.3	11.3	4.7x10 <sup>-6</sup>	0.4	10.5	5.0x10 <sup>-6</sup>	0.4
35-40	10	10.8	0.4	10.8	1.1	10.4	0.7	10.6	0.9	11.3	0.7	11.4	0.9	11.4	0.5	11.5	0.8	11.3	0.4	11.4	0.9	11.4	6.7x10 <sup>-6</sup>	0.5	10.5	3.6x10 <sup>-6</sup>	0.3

BG-2 Left Bank

Depth L (m)	BG-2A		BG-2B				BG-2C		BG-2D				BG-2E				BG-2F										
	Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test		Grouting Test		Lugeon Test (Check)										
	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Injected Cement (kg/m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	K (cm/sec)	Lu	P (kg/cm <sup>2</sup> )	K (cm/sec)	Lu		
5-10	4	2.0	23	3.0	247	2.0	38	5.1	11.4	4.9	28	5.0	109	3.5	30	5.0	260	4.3	18	4.6	152	3.5	3.8x10 <sup>-4</sup>	29	4.2	1.0x10 <sup>-3</sup>	8.0
10-15	6	2.6	19	2.6	1.3	7.5	0.1	7.7	0.3	7.2	4.4	7.5	5.8	5.3	16	7.5	435	6.8	5.3	7.1	9.2	5.3	2.2x10 <sup>-4</sup>	1.0	6.7	2.4x10 <sup>-4</sup>	18
15-20	8	5.0	12	9.3	57	8.6	0.0	8.8	0.1	10.1	11.4	10.2	83	9.0	5.6	9.2	247	9.1	4.6	9.3	224	9.0	7.3x10 <sup>-5</sup>	6.0	8.6	1.2x10 <sup>-5</sup>	0.9
20-25	10	4.8	17	10.9	85	3.5	17	9.2	140	12.0	10	12.2	131	12.1	7.3	12.3	65	12.1	5.3	12.3	8.3	12.0	9.6x10 <sup>-5</sup>	7.0	11.0	3.9x10 <sup>-5</sup>	3.0
25-30	10	11.1	3.1	11.5	18	10.9	1.6	11.2	6.1	11.3	0.5	11.6	0.5	11.6	1.0	11.9	4.0	10.8	0.6	10.9	0.5	11.6	1.3x10 <sup>-5</sup>	1.0	11.1	2.2x10 <sup>-5</sup>	0.4

## 5. 湛水区域の地質

### 5.1 マハットダムサイト

マハットダムサイトは、カンパールカナン川の支流マハット川にあり、カンパールカナン川の本流との合流点から南へ直線で8 Kmの地点である(図II-15参照)。

ダムサイトまでの交通はブギティンギ〜パカンバル幹線道路上にあるブラウバンジャンからマハット川左岸まで約3 Kmの旧道があるが、そこから約1.5 Kmはボートで川を溯上する。

地形的にはダムサイトを境に上流は急峻なV字谷を成す山地で、下流は緩やかな広い川幅を持つ平地である。マハット川はダムサイトの上流約2 Kmの間ではNW-SE方向に流れているが、ダムサイトより下流ではS-N方向となる。

地質は古生代石炭紀のクアントン累層に属する堆積岩から成っている。岩質は粘板岩と砂岩の互層で、岩相の特徴として多数の石英脈を挟在し、又粘板岩は部分的に強く珪化作用を受けている。粘板岩は又変成作用を受けて千枚岩化している部分がある。砂岩は層厚数mのものから数10 m単位のものまで様々であるが、塊状で硬質である。

ダムサイト付近の地層の一般的走向はN54~60Wで傾斜はNE又はSW方向に60~90°の高い角度を示す。

### 5.2 湛水池左岸尾根の鞍部

湛水池左岸の上部で、他流域との分水嶺となる稜線のうち標高が低い鞍部がある。地質条件によっては透水の懸念もあるので、地表踏査によって地質概査を行った。その結果は次のとおりである。

分水嶺の稜線を構成する地質は、大部分は中生代のボホロク累層の凝灰質岩で、ダムサイトの地質と同じ時代のものであるが、一部は第三紀の中新世の水成岩で覆われる。岩質は細砂岩と泥岩の互層となっている部分もある。

航測図によると、鞍部は地形的には十分な高さ及び厚さを有しているものと判断される。しかし、今後踏査により、地形及び地質の確認が必要であろう。

### 5.3 環境地質

本節では、貯水池湛水に伴う湛水区域の環境問題について地質的観点から述べる。

第一は、湛水することによる水位の変動やそれに伴う地山の強度低下により、地沈みや崩壊を起す懸念がある。特に集水区域の中で、第三紀層の砂岩、泥岩、凝灰岩等の堆積岩が分布する地域ではその可能性がある。その場所は一般的には第三紀シハパス累層、テリサ累層の露出地で、貯水池の汀線、斜面での新設道路にあたる部分等が挙げられる。今後、詳細な調査に基づいて防災計画を検討する必要がある。

第二はカンパールカナン川沿いのムアラタクスにある仏教遺跡の問題である。遺跡はカンパールカナン川の右岸の段丘に位置し、寺院の最低地盤標高は86.25m、河川の水位よりも10m以上高い。貯水池の満水位は85.0mで計画されているので、寺院が水没することはないが、構造物の基礎の地質が現時点では明らかでないので、今後詳細な調査に基づき、その対策を検討すべきである。

## 6. 建設材料

### 6.1 一般

今回調査を実施した河床砂礫及び原石山候補地は、図II-6及びII-7に示すとおりで、ダムサイトから上、下流約10km程度の範囲で求めた。

カンパールカナン川沿いの河床には、ところどころに砂礫の堆積層が見られるにもかかわらず、1ヶ所あたりの賦存量は少なく、しかも乾季のみ露出するものがほとんどである。その中で、面積的に多い方から4ヶ所を選定し調査した。各候補地点の概略図を図II-16に示す。

原石山候補地点はダムサイトより上流で砂岩、花崗岩、石英安山岩質凝灰石の分布する地点で4ヶ所選定し、調査した。

### 6.2 河床砂礫

#### 6.2.1 ニュームアラマハットサイト

カンパールカナン川とマハット川の合流点に形成された沖積堆積層で、図II-16に示すとおりである。

雨季及び降雨後の増水時には水中に没するが、乾季には約31,000 m<sup>2</sup>の砂礫層からなる洲が出現する。

ボーリングの結果では3.7mで基盤の砂岩に到達する。砂礫の堆積状況は上流側で礫分が多く、下流側で少ない傾向があるが、礫：砂≒70～80：30～20、このうち最大の礫径は11cm程度である。礫種はチャート、粘板岩、安山岩等で、いずれも硬く、円礫である。

#### 6.2.2 ムアラマハットサイト

ダムサイトの上流約7km、カンパールカナン川中の沖積層から成る図II-16に示すとおりである。

島の上流半分は増水時は冠水するが、下流半分ではミカン、バナナ等の植生が見られ、ここでは常時2～2.5mの比高を保っている。乾季での面積は約34,000 m<sup>2</sup>程度である。

ボーリング、テストピットの掘削結果では地表下0.8～1.0m程度の表土及びシルト

を除くと、2.5 m程度まで砂分の多い砂礫で、以深礫の含有を増す。砂礫層全体の厚さは約10 mで、その下は千枚岩質岩石である。

砂と礫の混入割合は上位では60:40、下位では逆に40:60程度である。堆積状況はチャート、粘板岩、安山岩等の円礫混り砂で、砂は細粒乃至中粒の石英砂が主体である。

### 6.2.3 プローガダンサイト

ダムサイトの上流約3 Km, プローガタン村に位置し、図II-16に示すとおりである。

カンパールカナン川の左、右両岸の蛇行滑走斜面にあたり、雨季及び増水時には全体の約半分が水没する。沖積堆積物である。乾季での露出面積は推定で約13,000 m<sup>2</sup>である。

テストピットの結果では上部はほとんど礫であるが、下部で砂を混入し、砂:礫=40:60となる。礫の最大径は32 cmである。

礫は硬質で上流2地点と同様の礫種である。

### 6.2.4 クオサイト

ダムサイトから下流へ約9 Km地点、カンパールカナン川の中州で、洪水時は水波ちるが、乾季の露出面積は約60,000 m<sup>2</sup>である。地形的には他地点と違い平地であるので、流速も緩やかである。面積は4候補地点中最大規模である。

調査位置を図II-16に示すが、その結果によると、下流側はほとんど細砂層、上流側では礫を20%程度混入する砂礫である。礫の最多粒径は0.2~2 cm, 最大粒径は10 cmである。礫種は上流全地点と同じチャート、粘板岩、安山岩等からなる。

以上の4地点の位置、面積、可採量の推定を行うと表II-13のとおりとなる。

Table II-13 Location and Deposits of Sand and Gravel Material

Location	Distance from Dam Site (km)	Area (m <sup>2</sup> )	Deposits (m <sup>3</sup> )	Workable depth (m)
New Muara Mahat	11	31,000	103,500	-4.0
Muara Mahat	7	33,600	168,000	-5.0
Pulaugadang	3	13,400	51,000	-4.0
Kuok	9	60,000	342,000	-5.0 >
Total		138,000	664,500	

なお、砂礫の分布状況については、粒度試験(φ4 cm以下)を行ったが、その結果は図II-26のとおりである。

## 6.3 原石山

### 6.3.1 QR-I サイト

ダムサイト上流 9 Km で、国道が左岸から右岸へ移るパトアンジ橋の直上流に位置する（図 II-7 参照）。

カンパールカナン川はこの地点で幅約 60 m、崖の高さ約 20 m の峡谷となり、緩やかに流れる。

当地点では約 1 Km にわたり、硬砂岩の露頭が連続し、特に上流側半分は風化の影響が少なく新鮮な岩盤及び大きな岩塊が見られる。

ボーリングを左、右兩岸の丘陵地で実施した結果によると、左岸側では約 10 m の表土及び未固堆積岩が見られる、右岸では表土は見られず、直接風化した岩盤が露出している。（図 II-17 参照）。

カンパールカナン川を挟んで左、右兩岸で実施したボーリングの結果によると、地表付近は著しく風化し、砂状を呈するが、深部では割目も少なく、堅硬な状態を示す。但し、一見堅硬なコアでも粒度が粗いものは、小岩塊を破碎していくうちに、砂状化する傾向があるので、歩止りの検討をするために更に詳細な調査が必要である。

### 6.3.2 QR-II サイト

ダムサイトの上流約 7 Km のカンパールカナン川の左岸に位置する細長い山体である（図 II-18 参照）。

地質的には花崗岩と千枚岩質岩石の接触部にあたり、国道に沿う山腹では風化が進みマサ化している。

ボーリング及び弾性波探査の結果（図 II-19）によると、地表下 25~30 m でも新鮮な岩盤は見られず、弾性波速度 ( $V_p$ )  $< 1.5 \text{ Km/s}$  である。

既述のとおり、本地点は原石山としては、その風化部分の深さのために不適であるが、必要であれば土質材料としては利用できる。

### 6.3.3 QR-III サイト

ダムサイトの上流 1.7 Km でカンパールカナン川の右岸に位置する。広域地質図によると、カンパールカナン川はこの地点で断層の通過のために流路をカギ型に曲げている。（図 II-9）

当地点ではボーリングと弾性波探査を実施した。その位置及び地質断面は図 II-20

に示すとおりで、弾性波探査の走時曲線及び解析断面図は図 II-21 及び II-22 に示す。

川に面した QR-III サイトの山脚部分では硬い岩盤が露出しているが、地質調査の結果によると、稜線付近では、岩盤  $V_p \div 2.6 \sim 3.0 \text{ Km/s}$  程度の値を示すが、ボーリングの結果では深部でも D~CL 級の不良岩盤が大部分を占める。

このサイトにおいては弾性波伝播速度と岩盤等級との対比が良くないが、この結果からその周囲に 3 Km/s 程度の  $V_p$  を示す岩盤の存在が考えられる。

### 4 QR-IV サイト

ダムサイト左岸上流で、カンパールカナン川へ流入する アンサ沢の右岸に位置する地点で、基盤の岩種はダムサイトと同様の石英安山岩質凝灰岩である。（図 II-10 参照）。

アンサ沢は河床に新鮮な岩盤が露出し、兩岸が急峻な峡谷である。ボーリングは尾根で 6ヶ所を実施した。又、弾性波探査は尾根沿いとそれに交叉する測線を 2本、計 3本設定した。調査の位置及び地質断面は図 II-23 に示すとおりであり、弾性波探査の結果は図 II-24 に示すとおりである。

尾根上のボーリング B-32 及び B-31 のそれぞれ 14.0 m、10.80 m 以深は、 $V_p \div 2.8 \sim 2.9 \text{ Km/s}$  の値を示す。このゾーンのボーリング結果による岩盤等級の判定では、CL 及び D 級をとところどころに挟む CM 級主体の岩盤等級である。

## 材料の室内試験

材料の室内試験は、河床の砂礫材料と塊状岩石の二つに分かれる。

砂礫材料の結果は表 II-14 に、塊状岩石の試験結果は表 II-15.1 及び 15.2 に示すとおりである。又、塊状岩石の試験結果を図示すると図 II-25.1~II-25.5 のとおりである。

### (1) 砂礫材料

4 地点 6ヶ所における試験結果によると、比重試験では、砂の比重が 2.45~2.60、礫の比重が 2.59~2.75 で、礫の比重が全体に高い値を示す。吸水率も砂が 0.89~3.11%、礫が 0.68~0.88% と礫分の吸水率が小さい値を示す。

粒度分析結果では TP-1~TP-5 の砂礫混合材料は礫分の含有率はそれぞれ 45、62.5、51、32.5、41.5% であり、TP-2、3 のニュームアラマハットの礫分含有量が多く、TP-4 のプローガダンが少ない。TP-6 (クオ) の砂の材料では中粒砂

11% に対し、細粒砂 87.6% と圧倒的に細粒分が多い。

相対密度は 0.10~0.41 の範囲にあり、バラツキている。

透水係数は砂礫混合材料では  $2.4 \times 10^{-4}$  cm/s 以上の値を示し、TP-6 のみの試料では  $8.0 \times 10^{-5}$  cm/s と低く、細粒分の多いことをうらづけている。

(2) 塊状岩石

表 II-15.1 及び II-15.2 に岩の物理的性質の測定結果を示す。ここに示す記号は以下のとおりとする。

$r_n$  : 気乾密度  $W_n$  : 表面乾燥含水比  $r_s$  : 湿潤密度  $W_s$  : 湿潤含水比

水率  $r_d$  : 乾燥密度  $S$  : 飽和度  $n$  : 空隙率  $G_m$  : 見かけ比重

$G_{tr}$  : 真比重

なお、岩石は B-33 が砂岩である以外はすべて石英安山岩質凝灰石である。

表 II-15.2 は岩石の一軸圧縮強度 ( $\sigma_c$ ), 引張強度 ( $\sigma_t$ ), 超音波伝播速度 ( $V_s$ ), せん断強度試験による粘着力 (C) と内部摩擦角 ( $\phi$ ) の算出結果である。

Table II-14 Results of Laboratory Test (for Sand and Gravel)

No.		TP-1	TP-2	TP-3	TP-4	TP-5	TP-6	
Location		Muara Mahat	New Muara Mahat		Pulau Gadang		Kuok	
Depth (m)		0.80 - 3.0	0.80 - 3.0	0.00 - 3.0	0.00 - 2.60	0.00 - 3.00	0.00 - 3.00	
Specific Gravity (Gs)	Sand	2.594	2.47	2.536	2.604	2.452	2.543	
	Gravel	2.600	2.607	2.750	2.615	2.589	2.595	
Absorption (%)	Sand	1.379	3.114	1.174	1.256	0.888	0.969	
	Gravel	0.763	0.781	0.703	0.677	0.863	0.880	
Gradation (%)	Gravel	45	62.5	51	32.5	41.5	-	
	Sand	C	15	8	3	5.5	4.5	-
		M	16	10	14	21	22	11
		F	23.5	16.3	27.5	38.7	31.5	87.6
Unified Soil classification		SW -GW	GW -SW	GW -SW	SW -GW	SW -GW	SP	
Relative Density (Dr)		0.146	0.41	0.261	0.10	0.318	0.28	
Coefficient (k) of Permeability (cm/sec)		1.882 $\times 10^{-3}$	4.23 $\times 10^{-4}$	3.17 $\times 10^{-4}$	2.376 $\times 10^{-4}$	4.028 $\times 10^{-4}$	7.99 $\times 10^{-5}$	
Remarks		Sand and Gravel mixtured well graded					Sand Poorly Graded	

Notes: SW: Well-graded sand, gravelly sands, little or no fines.

GW: Well-graded gravel, gravel-sand mixtures, little or no fines.

SP: Poorly-graded sands, gravelly sand, little or no fines.





Table II-15.2 (Continued)

Location	Bore Hole No.	Sample No.	Depth of Sample (m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_t$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress	
								$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
Dam Axis-3	B-15	B-15a	12.00-12.40	4745	2088	805.3	72.4	66.51	
		B-15b	69.64-70.00	5130	2332	1004.0	48.2	139.85	
	B-16	B-16a	25.10	4745	2175	672.2	67.5		
			-25.60	4818	2524	418.6	-		
		B-16b	54.40-55.75	3807	1838	432.3	18.1		
	B-17	B-17a	20.15-20.50	3418	1709	173.9	20.2		
			B-17b	42.00-42.50	3056	1623	125.7	14.0	
	B-18	B-18a	23.00-23.35	3996	2361	270.9	22.8	27.41	
			B-18b	37.00-37.60	3732	1802	120.8	38.6	
	B-19	B-19a	20.50	3231	1915	94.2	36.0	65.04	
-21.00			3427	2142	-	-			
B-20	B-20a	19.55-20.00	4081	1829	99.0	9.4			
BG- 2	BG- 2a	23.45-23.75	3723	2104	85.5	12.1			
		BG-2b	26.65-27.00	4054	1882	505.2	32.8	65.29	
Power House on Axis-3	B-21	B-21a	29.20	3704	1673	79.8	16.1		
			-29.70	3965	2148	-	-		
	B-22	B-22a	11.60-12.00	4158	2170	216.1	24.5		
			B-22b	25.65-26.15	4283	2056	313.7	52.5	
QR-III	B-27	B-27a	30.10-30.50	2360	1098	240.1	5.9		
			B-28	B-28a	7.50- 7.80	2646	1563	175.8	21.6
		B-28b	53.35	2976	1581	93.5	12.7		
			-53.80	2830	1768	-	-		
QR-IV	B-31	B-31a	6.15- 6.50	3094	1503	63.7	16.7		
			B-31b	47.60-48.00	3173	1360	89.3	24.6	
	B-32	B-32a	42.00	3560	1405	215.9	34.3		
			-42.50	3550	1439	-	-		
	B-32b	46.45-47.00	3195	1302	27.5	20.1			
QR-I	B-33	B-33a	16.10-16.50	3169	1648	406.6	40.6		
			B-33b	23.00-23.35	1703	926	397.1	46.7	

## 7. 地質工学的評価

ダムサイトの基盤を構成する岩石は、石英安山岩質凝灰岩であり、ダム軸1の右岸、ダム軸3の左岸、ダム軸4の左、右両岸に岩盤が露出している。ダム軸3の右岸では段丘堆積物層が巾約100m程度で分布している。以下に各ダム軸における地質について考察する。

## (1) ダム軸1 (図II-12.1参照)

地形は左右対象であるが、右岸の河岸が岩盤が露出しているのに対し、左岸では段丘堆積物及び表土に被われている。岩盤等級でD級以下の地層は山腹斜面を登るに従って厚くなる傾向にある。

CM級岩盤の出現する深度は河岸付近で14~15m、中~上段では20mに及ぶ。又、CH級岩盤は左岸の中段で33.50mと深い他は18~23mである。

透水性については左岸の上~中段で10~15mの深度が $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ の透水係数を示す他は $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ の部分がほとんどで難透水性岩盤といえる。

## (2) ダム軸3 (図II-12.2参照)

ダム軸断面の形状は、左岸が35~40°、右岸が約30°の傾斜を示し、非対象的である。地質は急峻な左岸は基盤の石英安山岩質凝灰岩が河岸から露頭するのに対し、右岸では河岸から約80mは緩やかな傾斜を示す段丘と崖錐堆積物が分布しており、その上部斜面に基盤岩が分布する。

CM級以上の岩盤の出現する深度は河床付近では7~10mであるが、左岸山腹では13~22mの範囲で場所によるバラツキが大きい。右岸斜面では12~17mの範囲である。ダム基礎掘削の際には、凸凹な基礎岩盤の場合、不良岩盤の深度まで良質な岩盤も削除するので、掘削深度は左岸で22m、右岸で17m程度となる。

CH級岩盤は現河床下では10m以内であるが、中段付近では30m以上の所もあり、必ずしも山腹に沿う風化形態を示さない。

又、透水係数は、右岸では15m以深で $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ の値を示し、比較的難透水性であると評価されるが、現河床面下25mに至るまで $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ で更に左岸斜面の上、中段25mの深度と同オーダーで連続するため基礎岩盤の処理は地耐力とも合わせ考え、慎重な検討が必要である。

### (3) ダム軸4 (図II-12.3参照)

ダム軸断面の形状は、ダム軸3と反対に左岸で25°程度の緩い傾斜を示すのに対し、右岸では40°の急斜面の上部に50mに及ぶほぼ垂直な崖に基盤岩が露出している。本ダム軸上に厚い崖錐堆積物は見られず、河床付近にわずかに砂及び砂礫層の堆積があるのみである。

地質の状態は、気斜の緩い左岸のしかも中段から上段にかけて不良岩(D級)の分布が深部に及び最大で14m程度である。CM級岩盤の出現は14~20mで、河床に近いほど浅くなる。

当ダム軸上のCL級岩盤の出現深度は6.0~7.7m間が多く、例外的に中段~上段のEL. 80m付近で14mと深いことを除くと全体に浅いといえる。更に右岸では2.0m以内と良好である。但し、CM、CH級とダムの基盤となりうる岩種はそれぞれ左岸では4~24、30~40m以上、右岸では4~9m、12~13mとなり、右岸で浅く出現するのに対し、左岸で深い。

又、透水係数は $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 以上を示すものが15~20m以深で主体をなし、基盤岩盤の硬さは良好でもやや高透水性岩盤といえる。

ボーリング及び調査横坑の調査結果から総合的に考察すると、右岸では急崖(Batungalai)の地槽深部に節理系に挟まれた破碎帯もしくは軟化岩が存在するので、その伸び方向を確実に把握すること、又、左岸では上段付近に見られる破碎帯の性状が高透水性であることから、他の比較案同様、基礎岩盤の処理に慎重な検討が必要である。

### 8. 今後の調査課題

- (1) ダム軸4上流の地山について、湛水後の影響の調査(特異地形の抽出)及びその処理工法の検討を行う必要がある。
- (2) 今回の調査で材料の室内試験を実施し、物理的、力学的試験値を得たが、コンクリート骨材としての品質を求めるため、実際のコンクリート試験を実施する必要がある。
- (3) 湛水池左岸尾根の鞍部について、詳細な地質地表踏査を行い、漏水可能性の有無についての検討を行う必要がある。
- (4) 貯水池の汀線付近について、今後詳細な調査に基づき、防災対策を検討する必要がある。
- (5) 付替道路と工事用道路について、地形と地質の関連を調査し、防災対策を検討する必要がある。
- (6) ムアラタクスの寺院遺跡の敷地、特に基礎の地質について、ボーリング等により詳細な調査を行い、保存対策を検討する必要がある。

## 9. 引用文献

- (1) Departmen Perhubungan Pusat Meteorologi dan Geofisika:  
Gempa bumidi Indonesia Seria Nr. 45 - Nr. 61 (1948 - 1977)
- (2) Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium:  
On the Distribution of Earthquakes in the Netherland East India  
Archipelago II (1920-1926)
- (3) I.G.S. and D.M.R. (1980):  
Geology of the Pakanbaru Quadrangle (1: 250,000)
- (4) BATAN and BGR (1978):  
Bundesanstalt fur Geawissen shaften und Rohstoffe
- (5) R.W. VAN BEMMELEN 1970:  
The Geology of Indonesia
- (6) S. Tjokrosapoetro, A. Suyono, Priantono. A. (1978):  
PETA GEOLOGI LEMBAR PAKANBARU, SUMATRA 1: 250,000
- (7) N.R. Cameron, W. Kartaua and S.J. Thompson (1982):  
GEOLOGIC MAP OF THE DUMAI AND BAGANSIAPAPI QUADRANGLES, SUMATRA  
1: 250,000
- (8) P.H. Silitonga, Kastowo (1975):  
GEOLOGIC MAP OF THE SOLOK QUADRANGLE, SUMATRA 1: 250,000
- (9) H.M.D Rosidi, S. Tjokrosapoetro and B. Pendowo (1976):  
GEOLOGIC MAP OF THE PAINAN AND NORTHEASTERN PART OF THE  
MUARASIBERUT QUADRANGLES, SUMATRA 1: 250,000
- (10) Kastowo and Grehard W. Leo (1973):  
GEOLOGIC MAP OF THE PADANG QUADRANGLE, SUMATRA

Fig. II-4 Location Map of the Mineral Deposits and Mining Rights

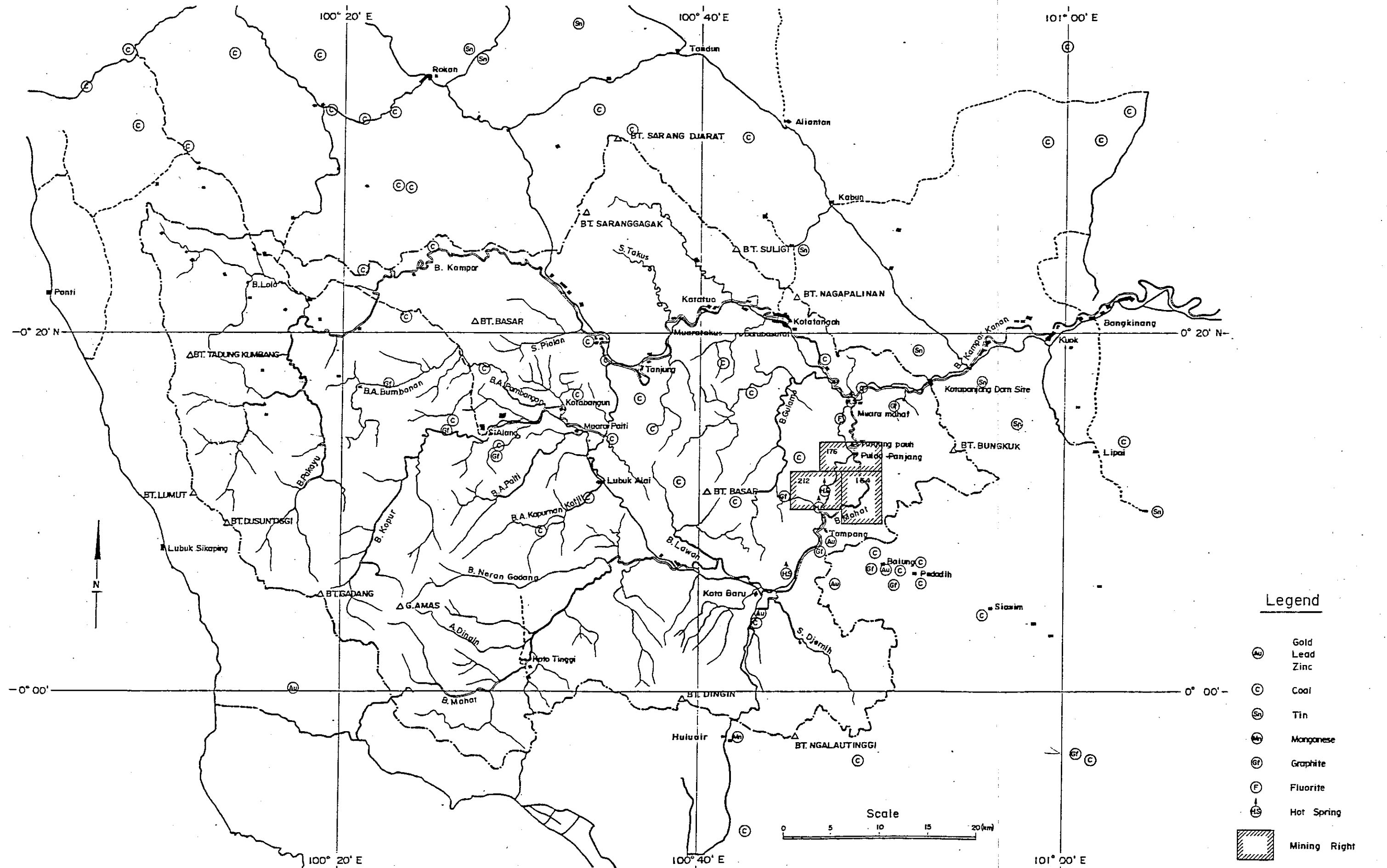
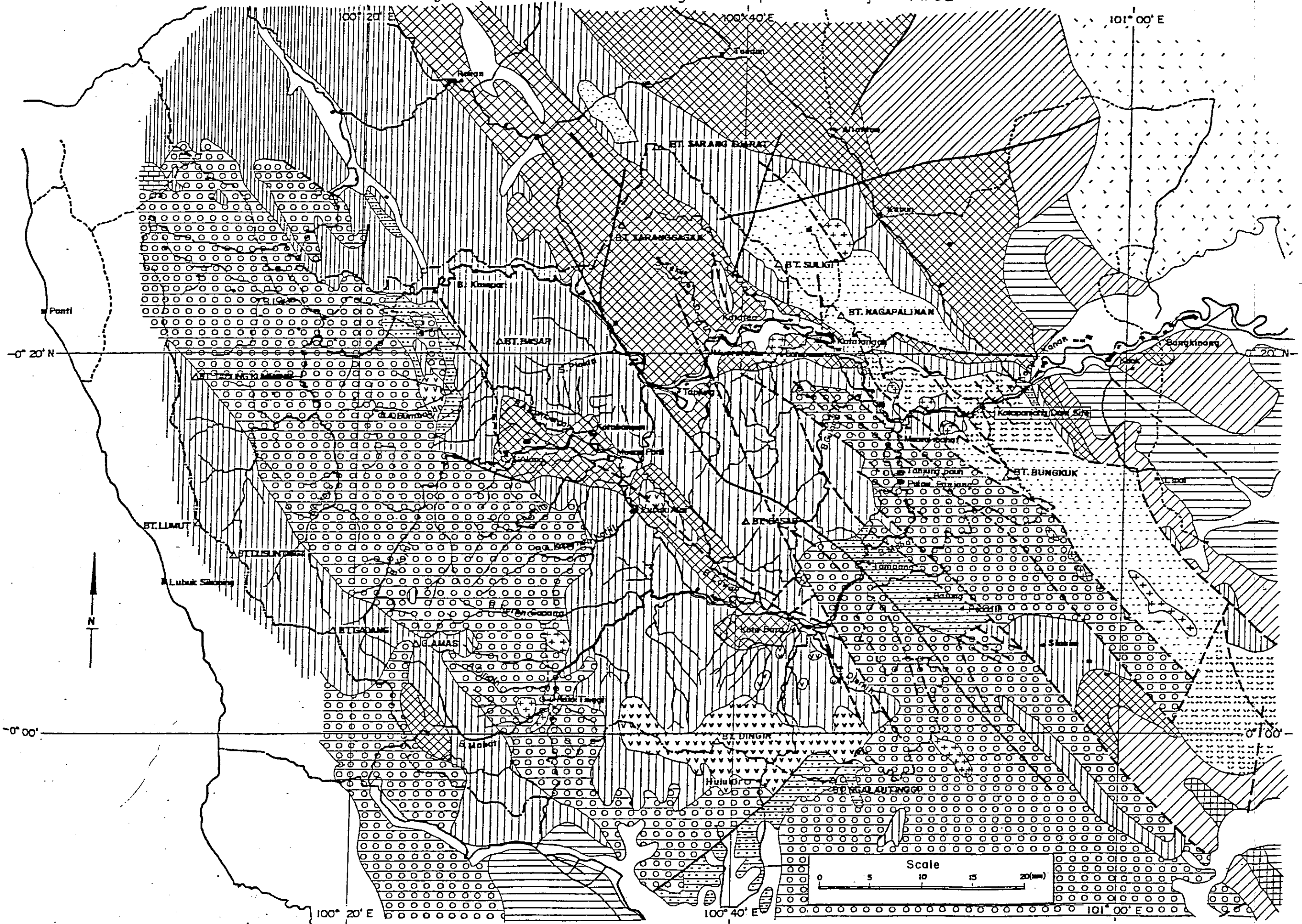


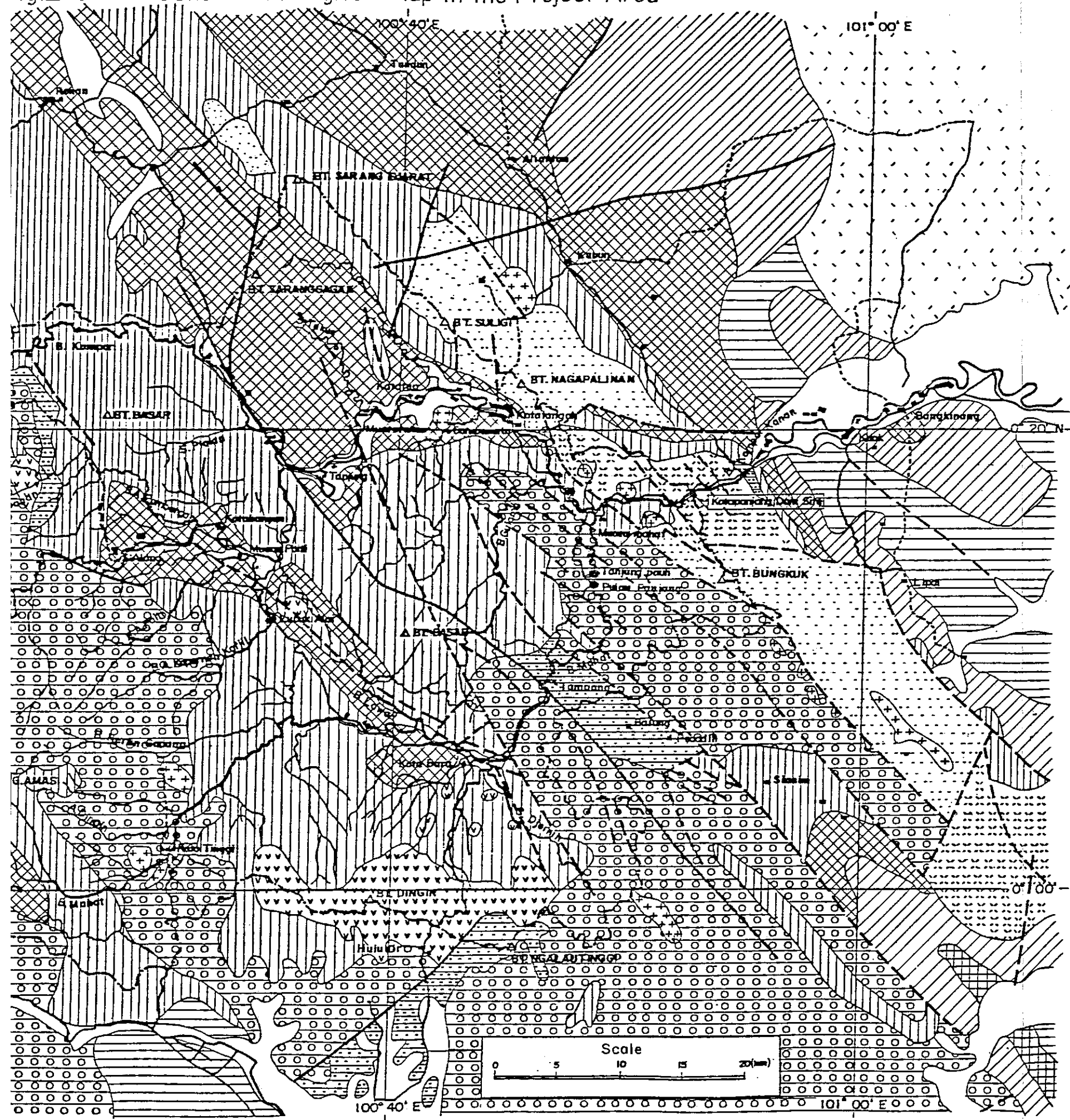
Fig.II-5 General Geological Map in the Project Area



PALAEOZOIC  
 MESOZOIC  
 CENOZOIC

Scale  
 0 5 10 15 20 (km)

Fig.II-5 General Geological Map in the Project Area



Legend

CENOZOIC	Quaternary	Alluvium			
		Pleistocene		Terrace	
	Tertiary	III	Pliocene		Minas Formation
			Middle Palembang Formation		
				Petani Formation	
		II	Miocene		Telisa Formation
			Sihapas Formation		
		I	Oligocene		Pematang Formation
			Eocene		
MESOZOIC	Cretaceous				
	Jurassic				
	Triassic		Tuhur Formation		
	Permian		Bohorok Kuantan Formation		
PALAEOZOIC	Carboniferous				
	Devonian				
			Granite		
			Volcanic rocks		
			Limestone		
			Fault		

- Village
- River
- Catchment Boundary
- Road

Fig.II-6 Location Map of the Kotapanjang Dam Area

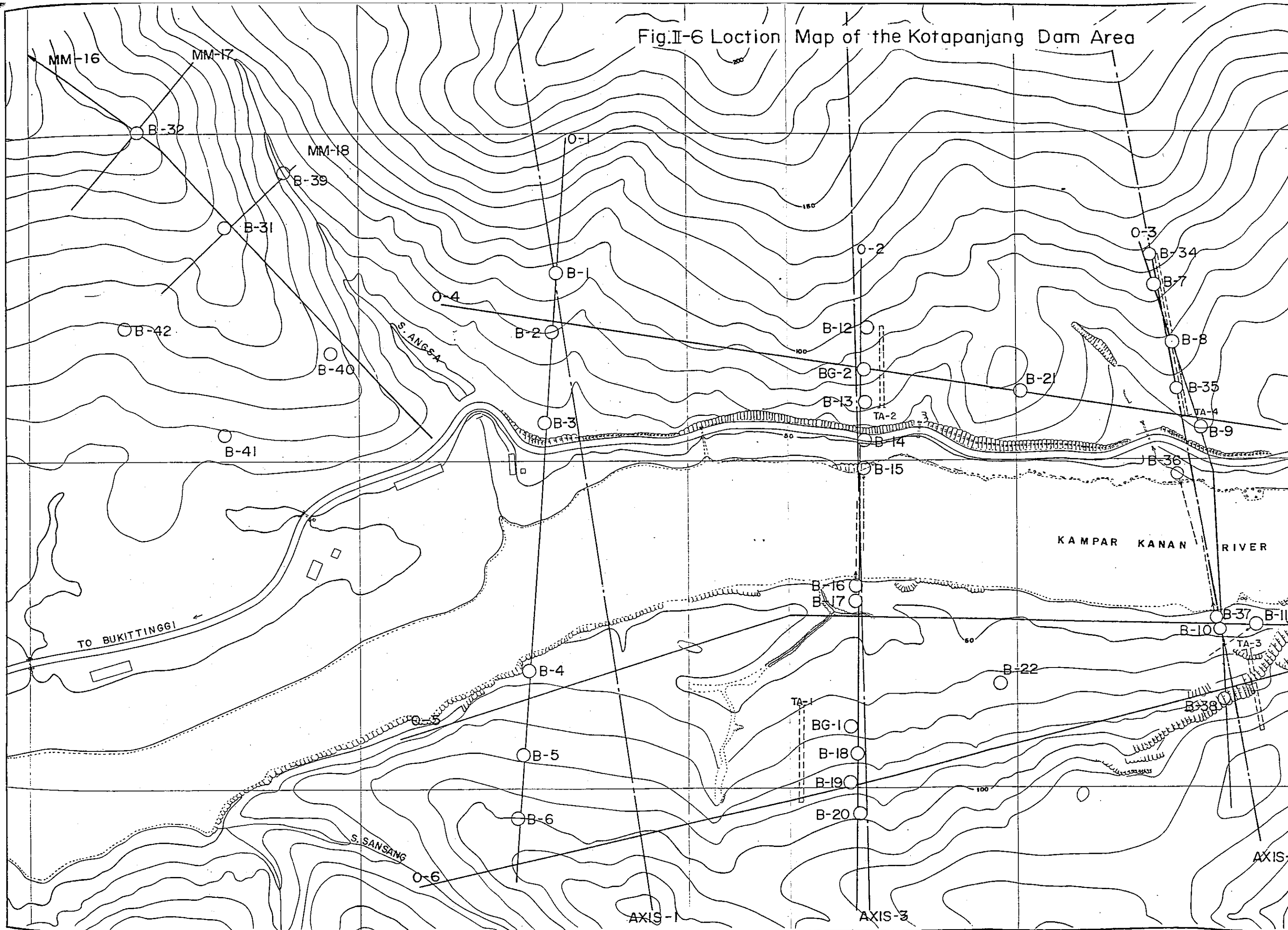




Fig.I-6 Location Map of the Kotapanjang Dam Area

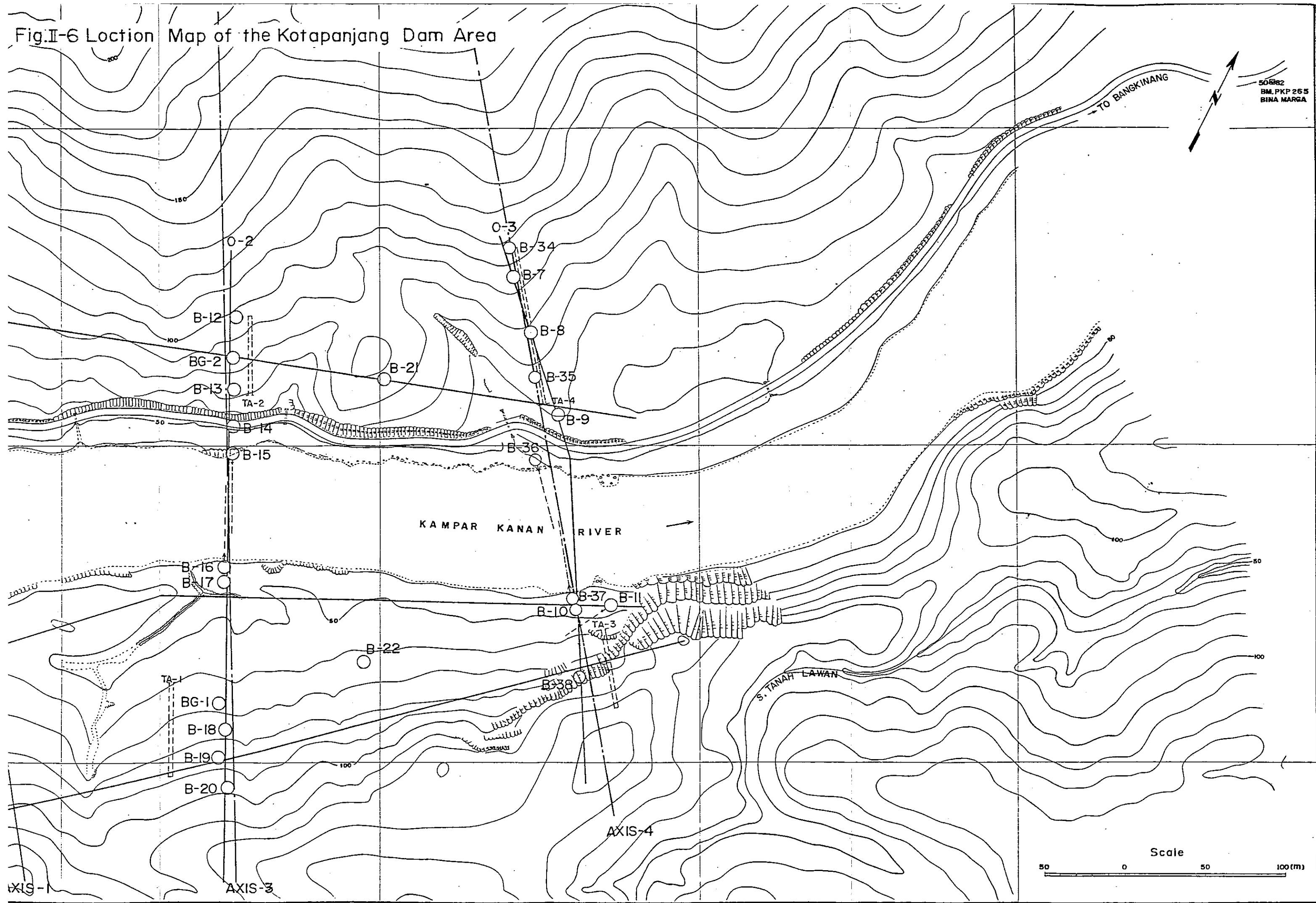
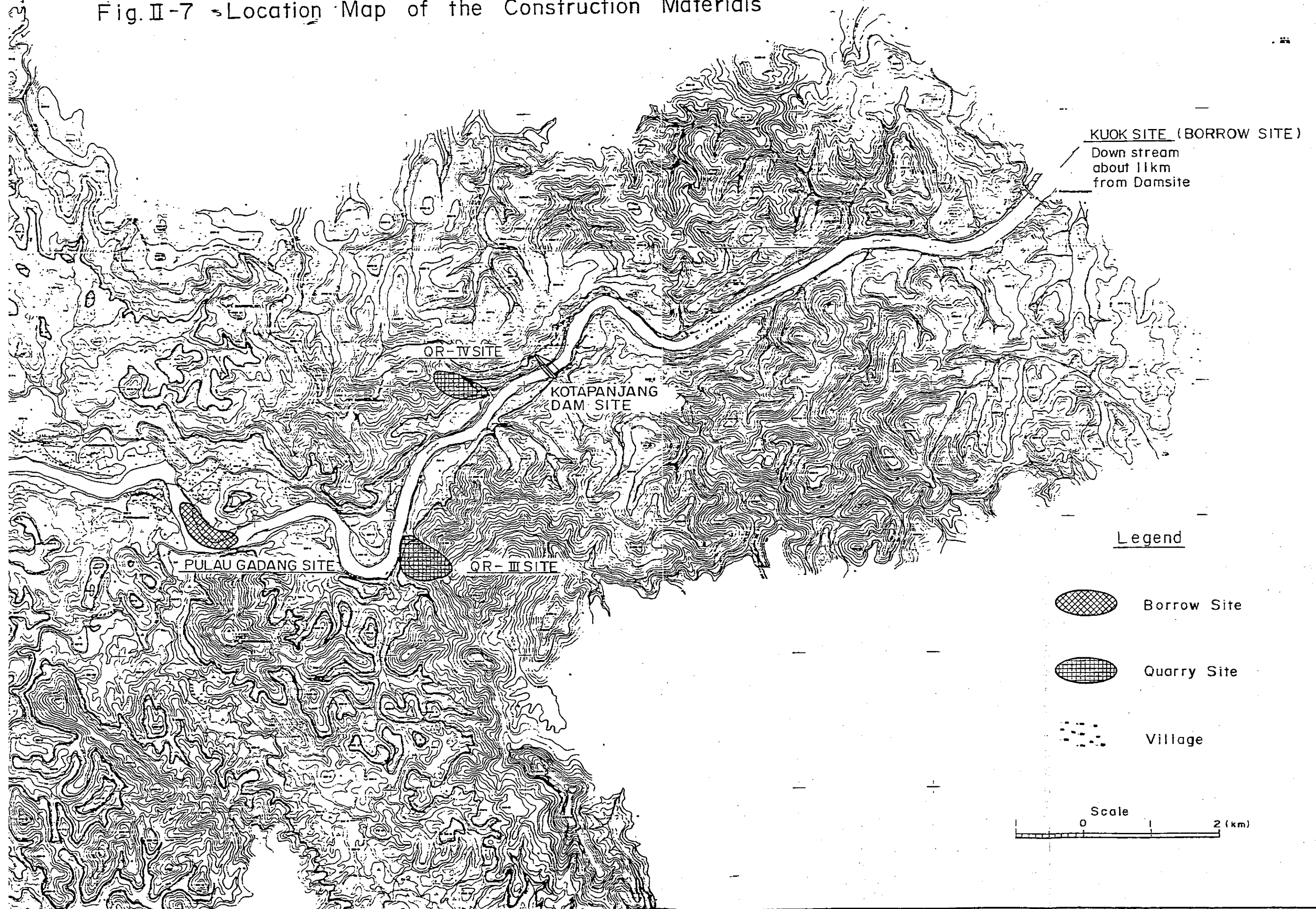


Fig. II -



Fig. II-7 - Location Map of the Construction Materials



KUOK SITE (BORROW SITE)  
Down stream  
about 11km  
from Damsite


QR-IV SITE

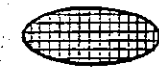
KOTAPANJANG  
DAM SITE

PULAU GADANG SITE

QR-III SITE

Legend

 Borrow Site

 Quarry Site

 Village

Scale

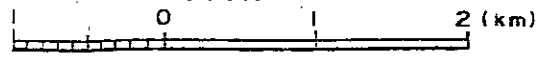
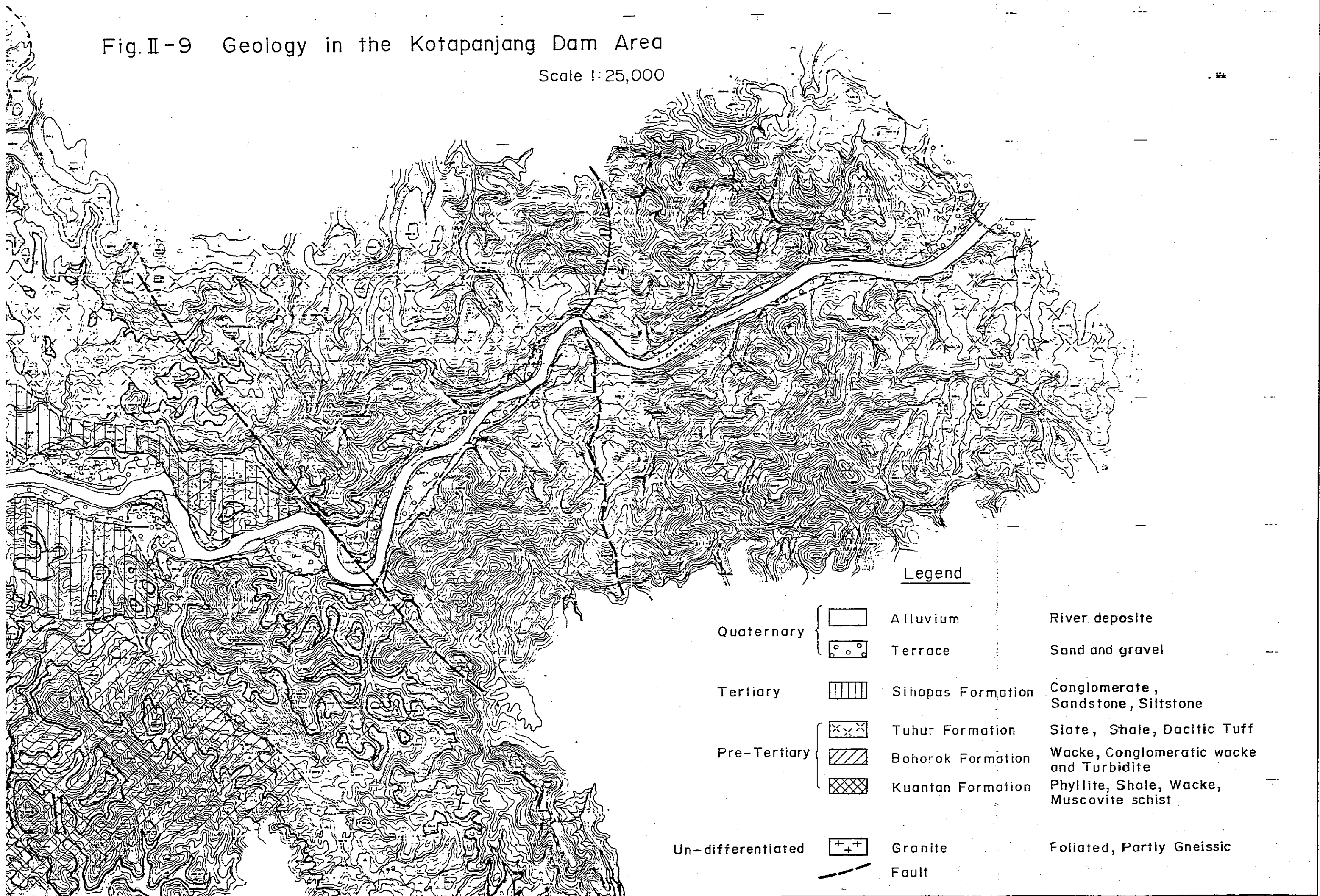


Fig. II-9



Fig. II-9 Geology in the Kotapanjang Dam Area

Scale 1:25,000



Legend









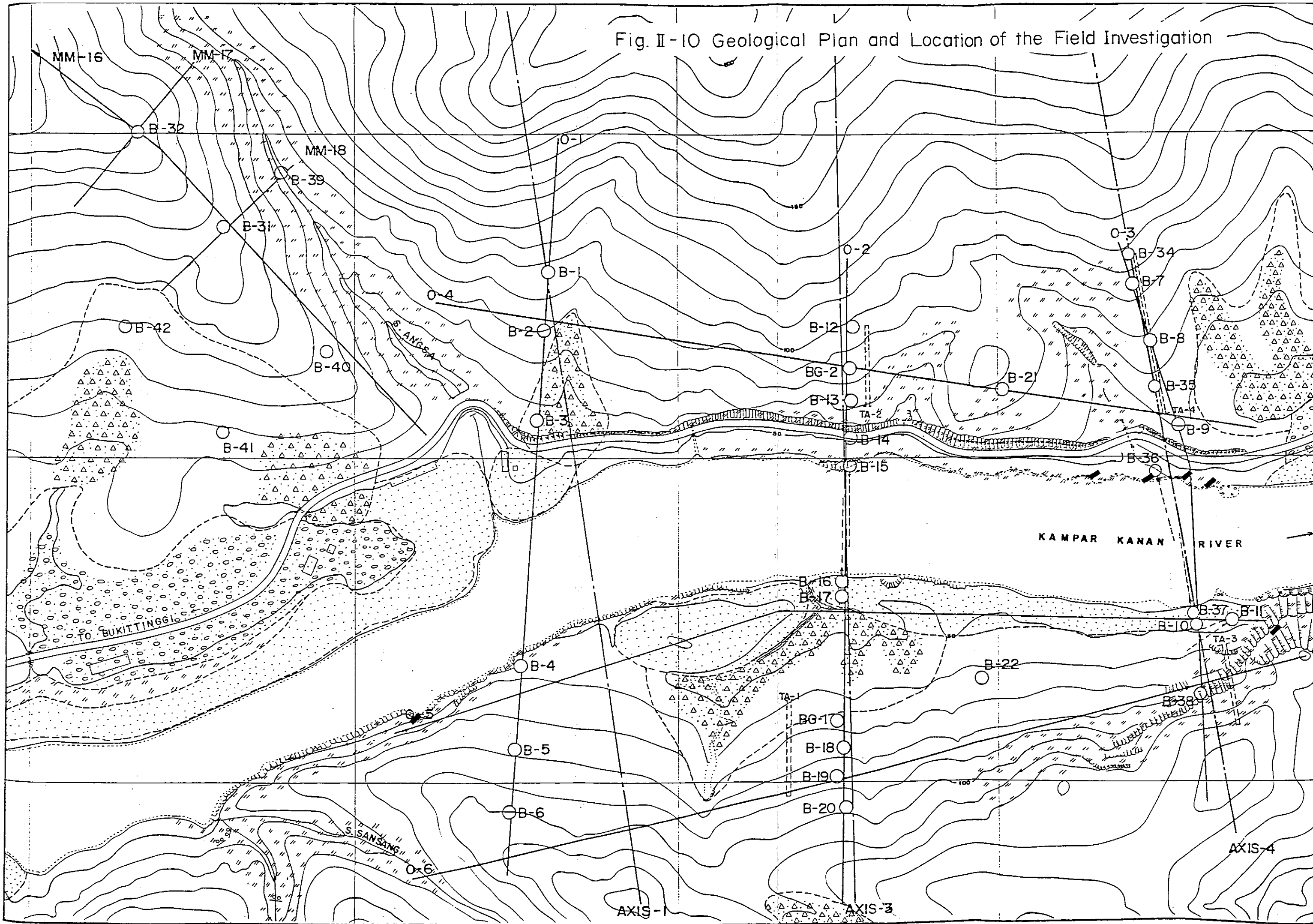
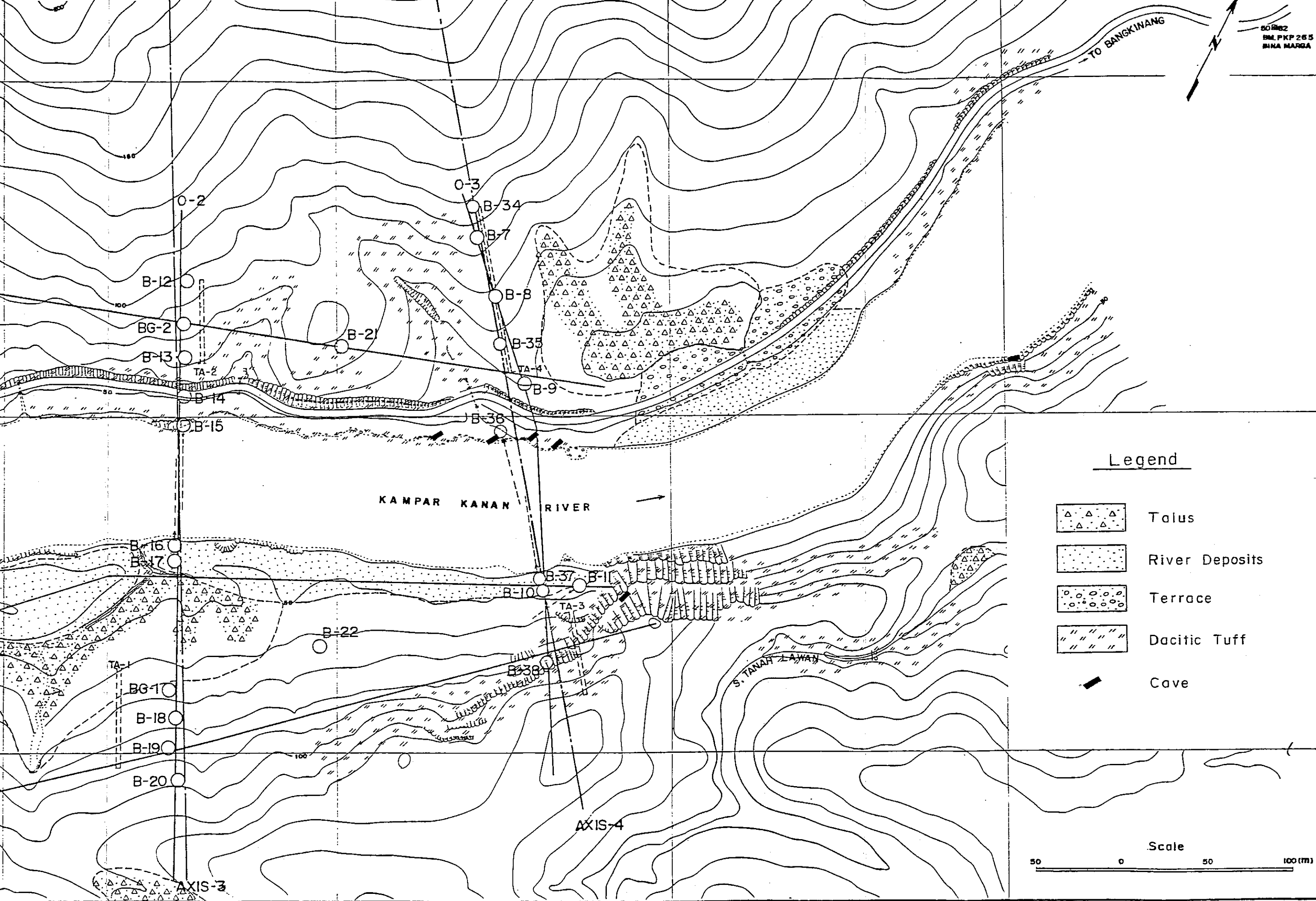
Quaternary	{		Alluvium	River deposite
			Terrace	Sand and gravel
Tertiary			Sihapas Formation	Conglomerate, Sandstone, Siltstone
Pre-Tertiary	{		Tuhur Formation	Slate, Shale, Dacitic Tuff
			Bohorok Formation	Wacke, Conglomeratic wacke and Turbidite
			Kuantan Formation	Phyllite, Shale, Wacke, Muscovite schist
Un-differentiated			Granite	Foliated, Partly Gneissic
			Fault	

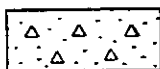
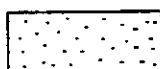
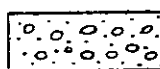
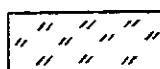

Fig. II-10 Geological Plan and Location of the Field Investigation



-10 Geological Plan and Location of the Field Investigation



Legend

-  Talus
-  River Deposits
-  Terrace
-  Dacitic Tuff
-  Cave

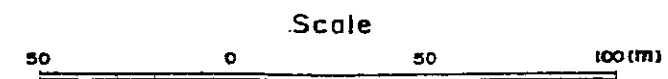


Fig. II-11.1 Geological Profile of Dam Axis  
(Axis - 1)

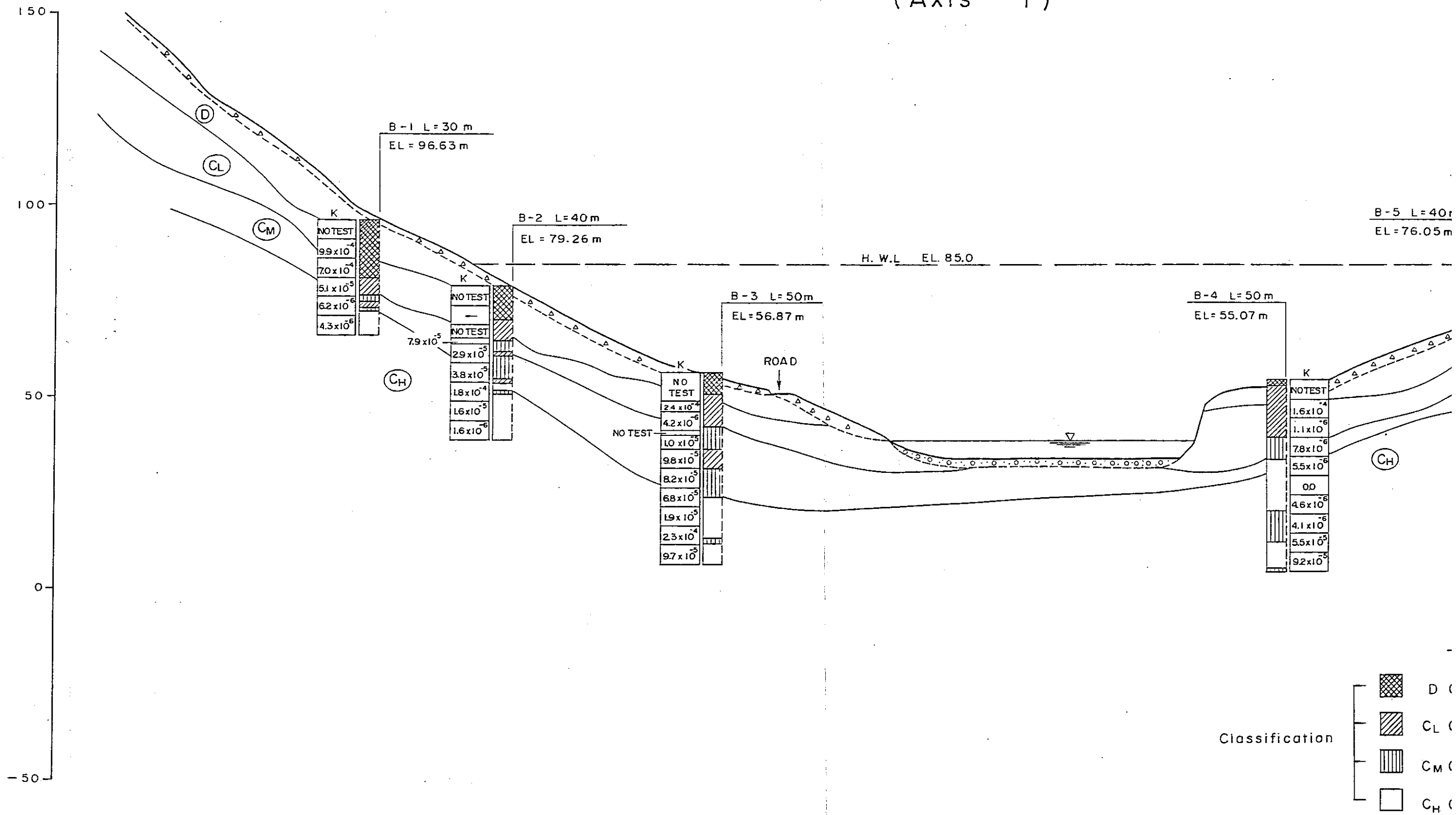




Fig. II-11.1 Geological Profile of Dam Axis  
(Axis - 1)

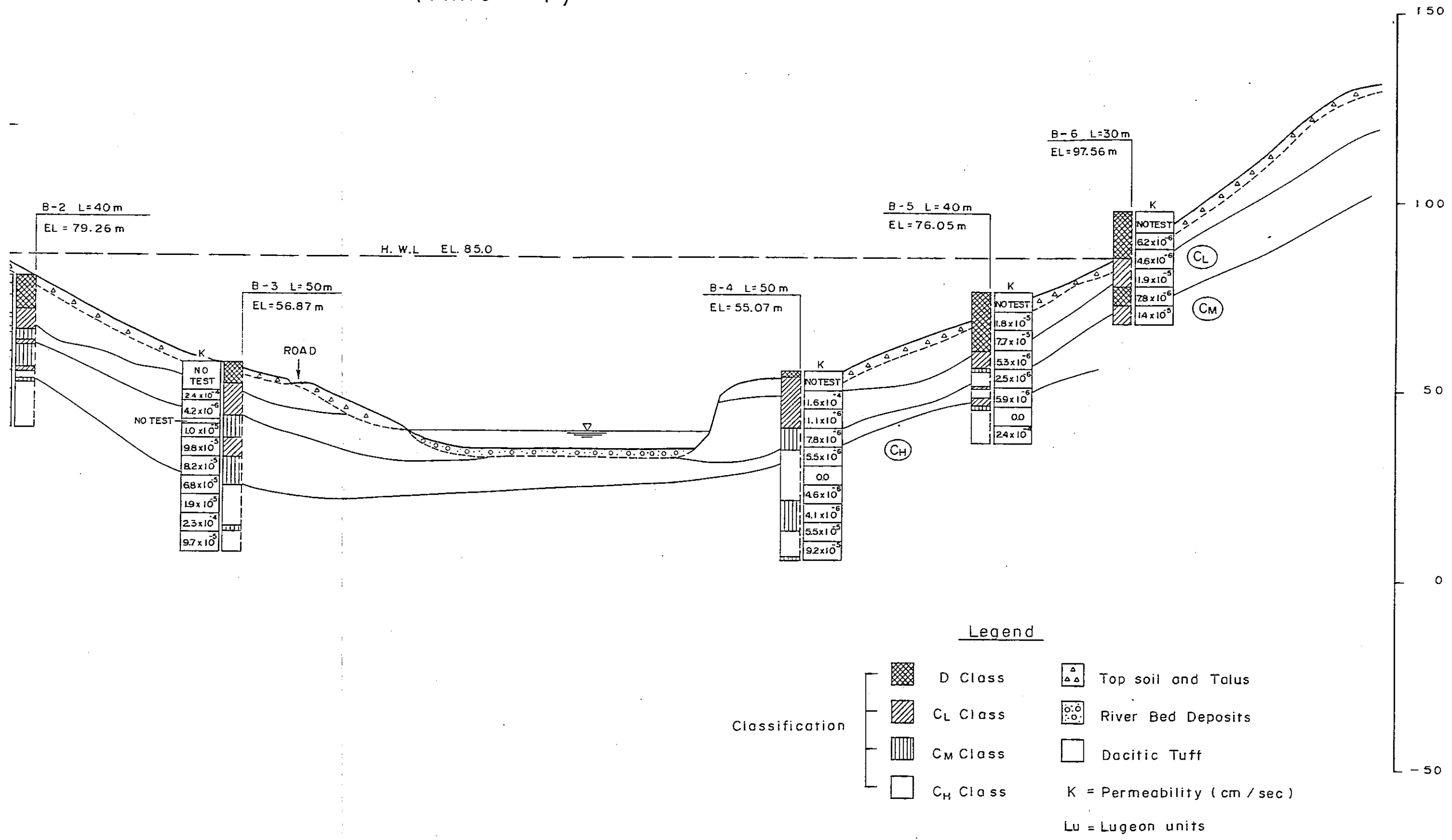


Fig. II-11.2 Geological Profile of Dam Axis  
(Axis - 3)

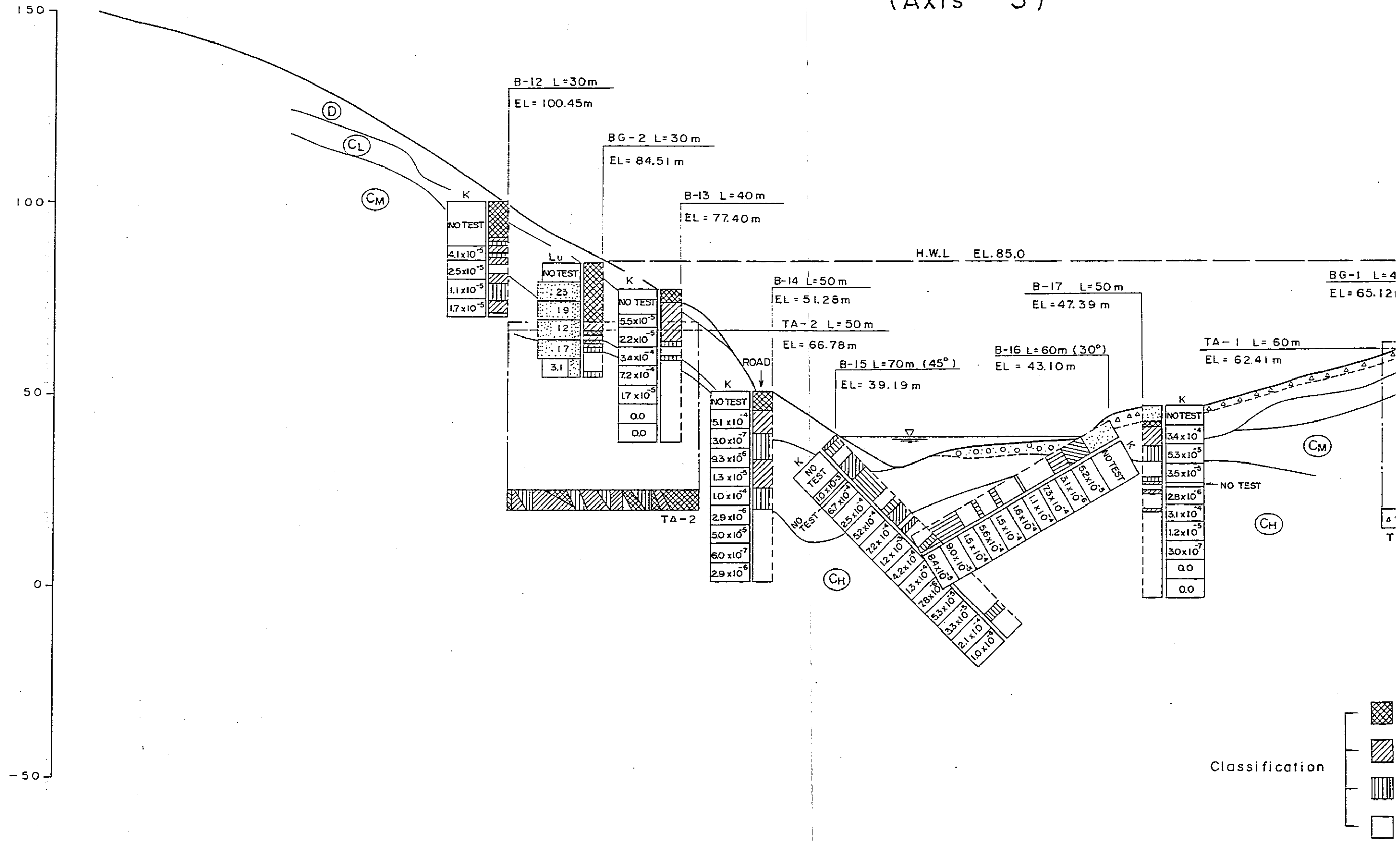
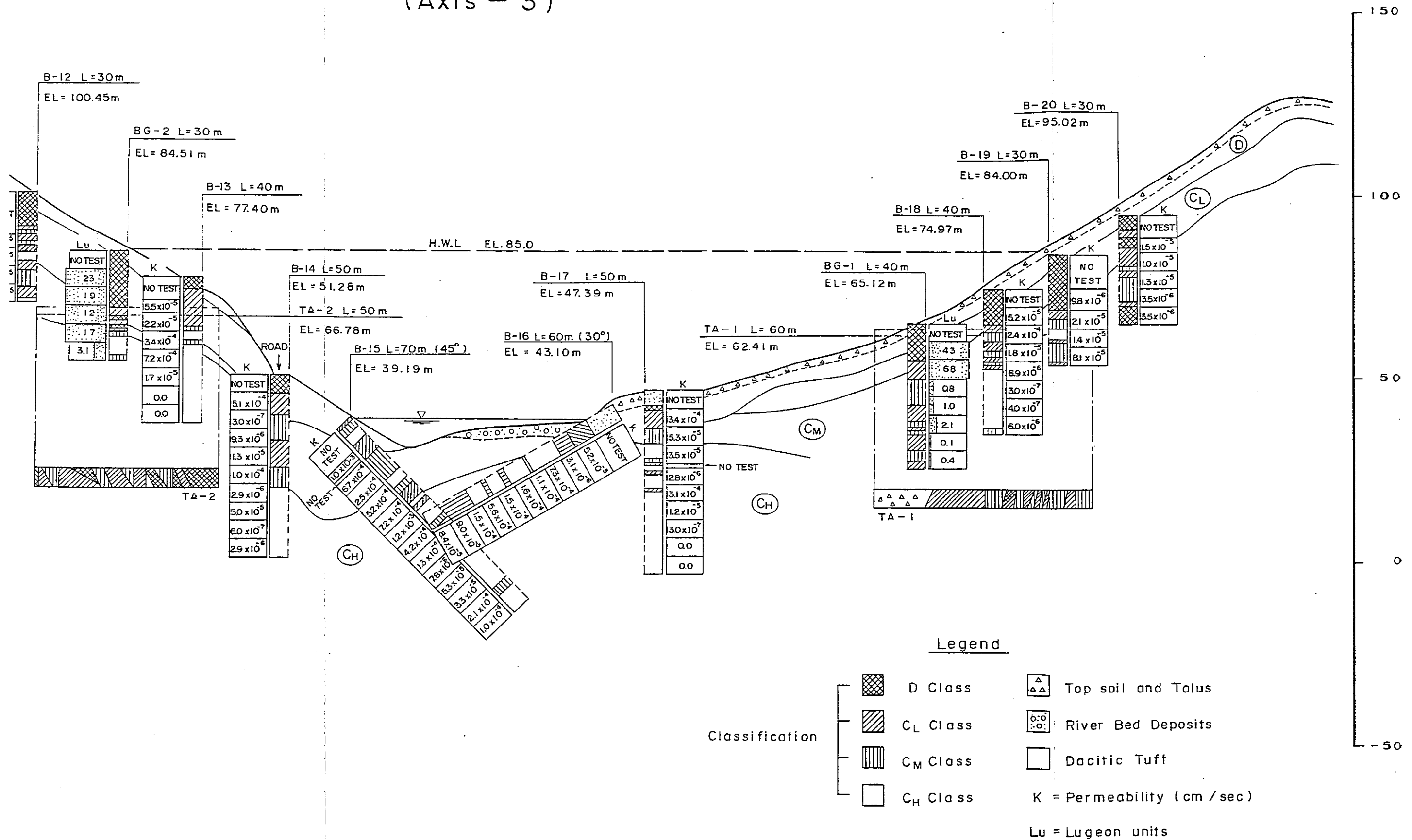


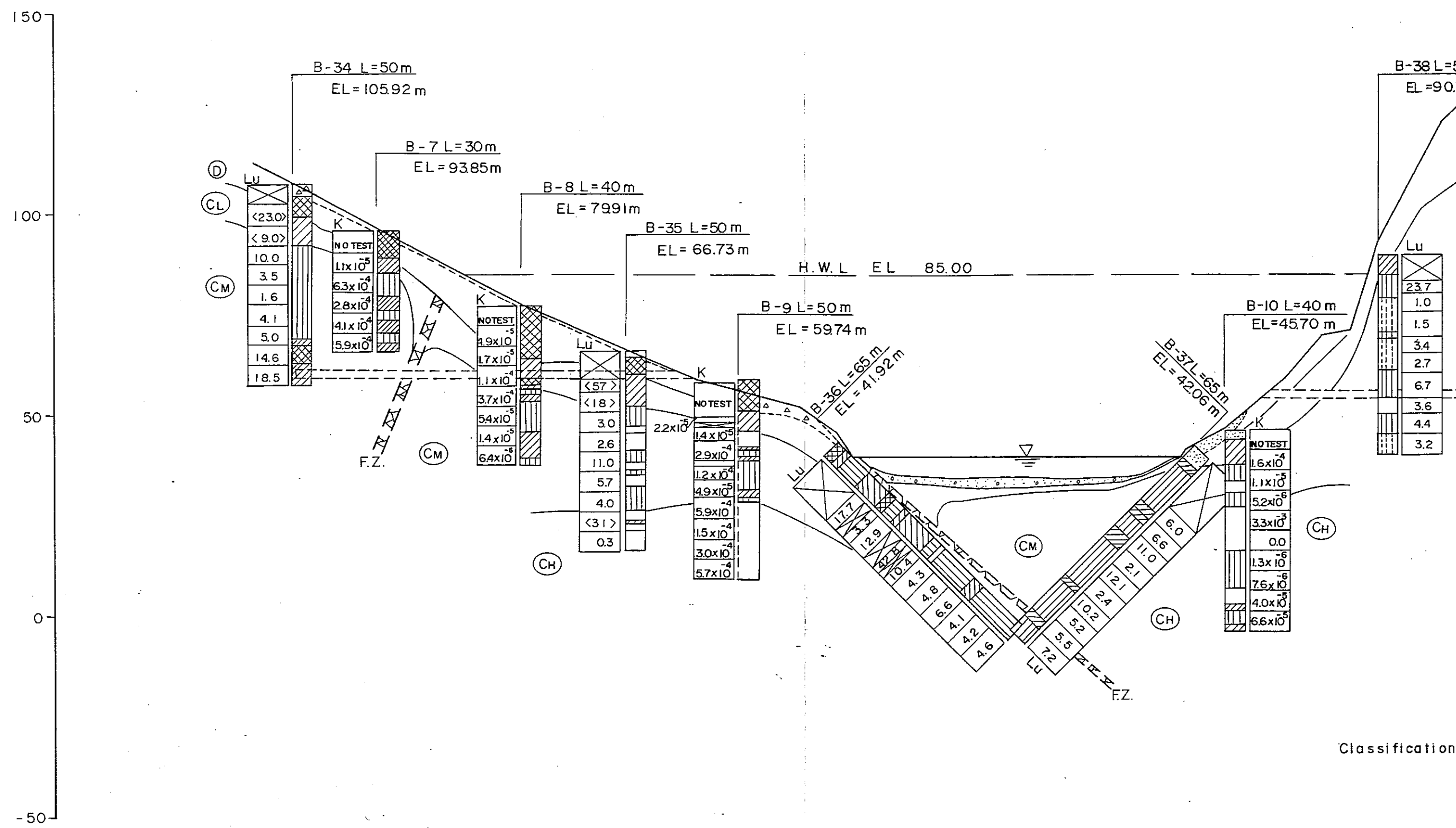
Fig. II-11.2 Geological Profile of Dam Axis  
(Axis - 3)



Legend

- |                |  |          |  |                             |
|----------------|--|----------|--|-----------------------------|
| Classification |  | D Class  |  | Top soil and Talus          |
|                |  | CL Class |  | River Bed Deposits          |
|                |  | CM Class |  | Dacitic Tuff                |
|                |  | CH Class |  | K = Permeability (cm / sec) |
- Lu = Lugeon units

Fig. II - 11.3 Geological Profile of Dam Axis  
(Axis - 4)



Classification

Fig. II - 11.3 Geological Profile of Dam Axis  
( Axis - 4 )

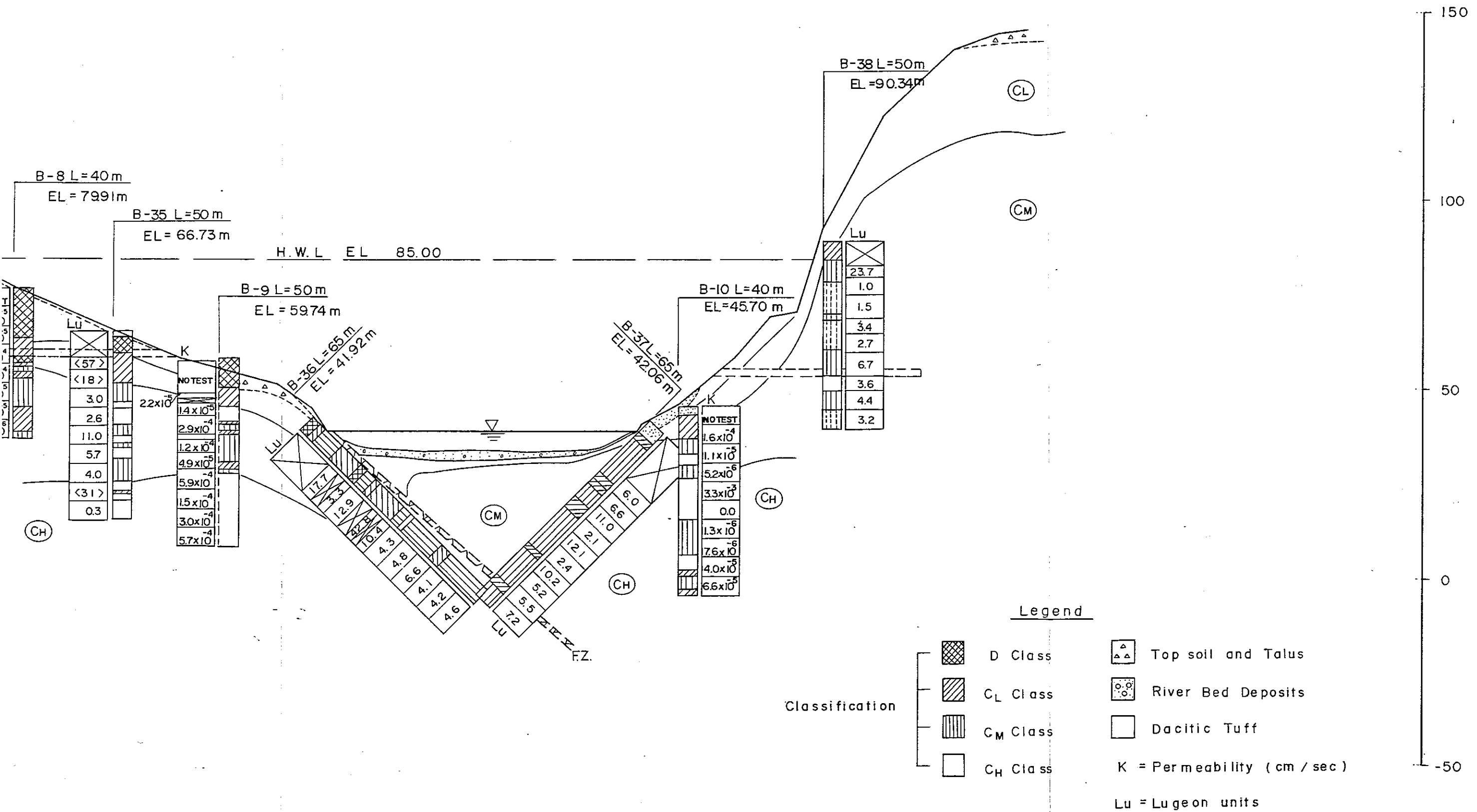


Fig. II-12.1 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Axis-1)

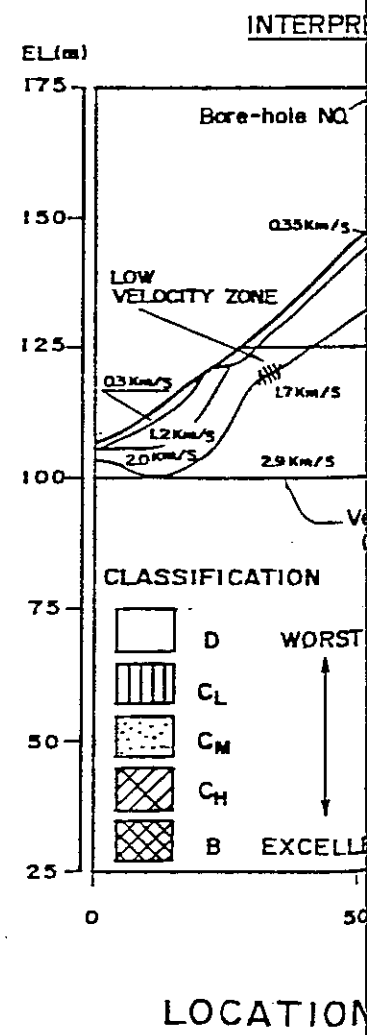
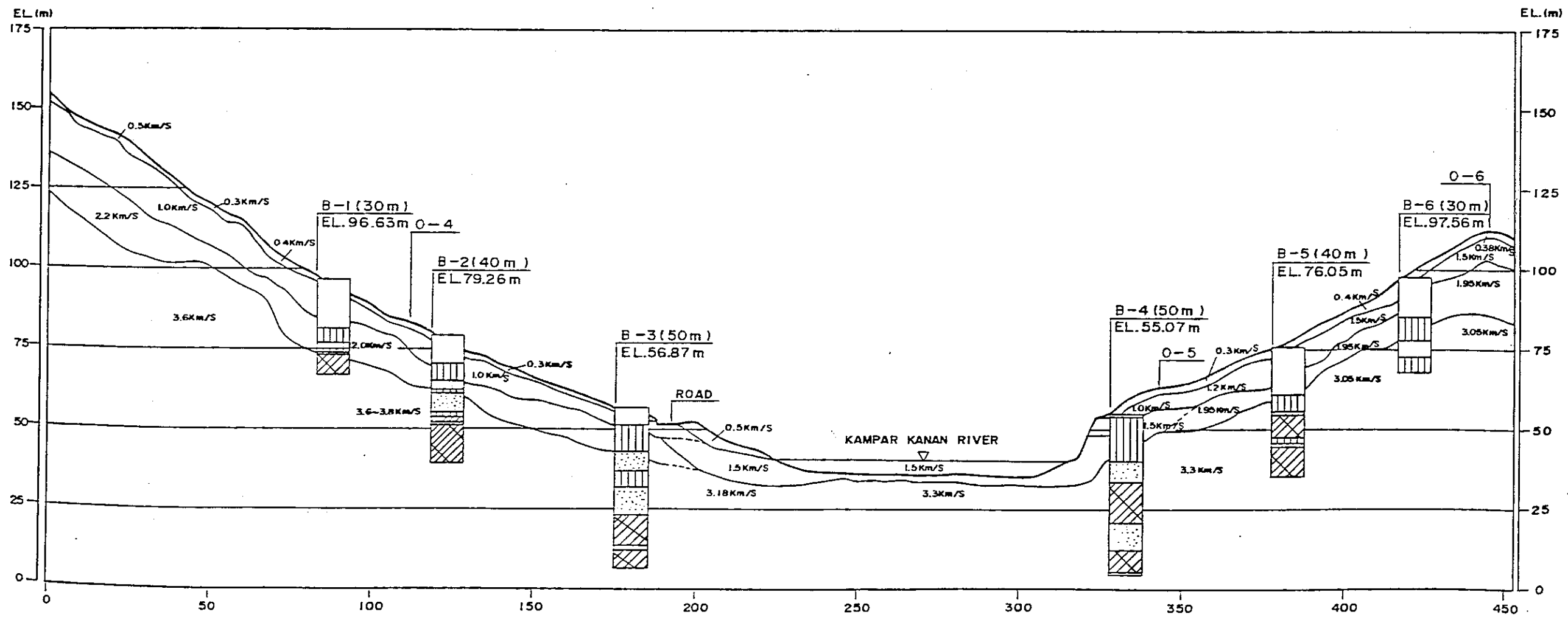
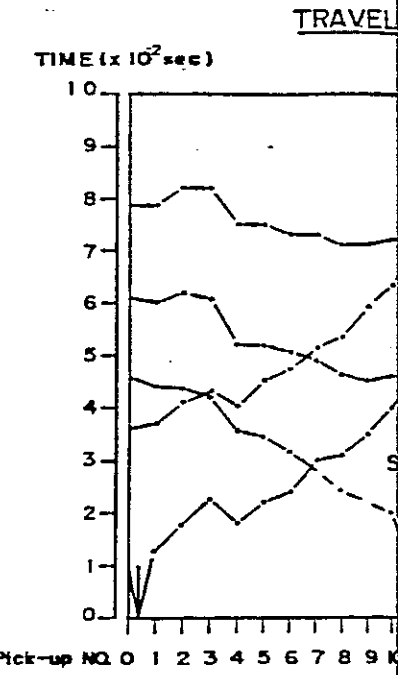
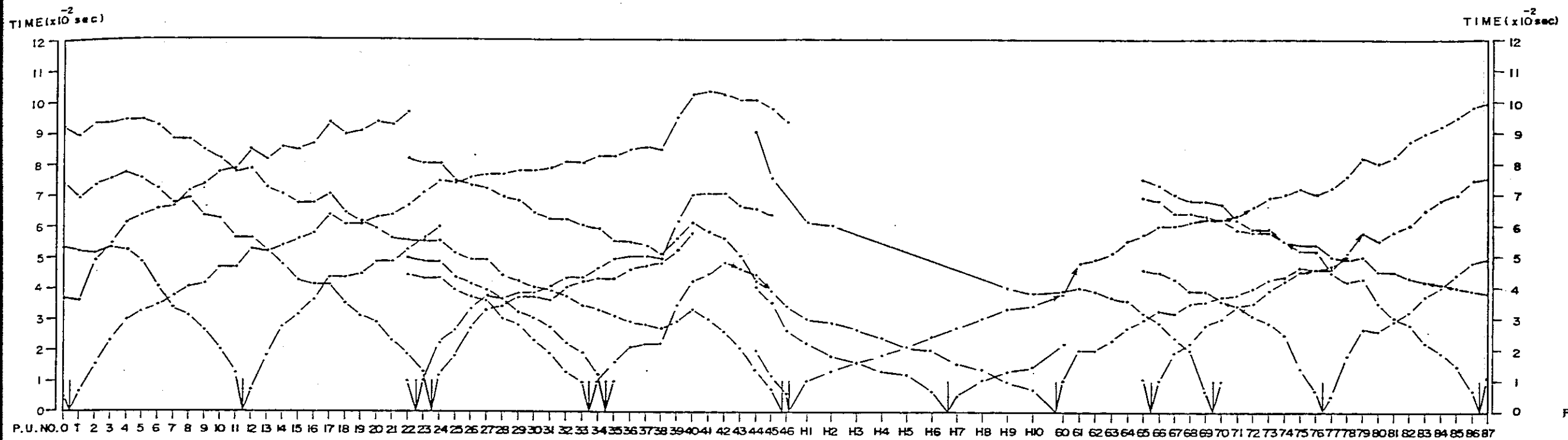


Fig. II-12.1 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Axis-1)

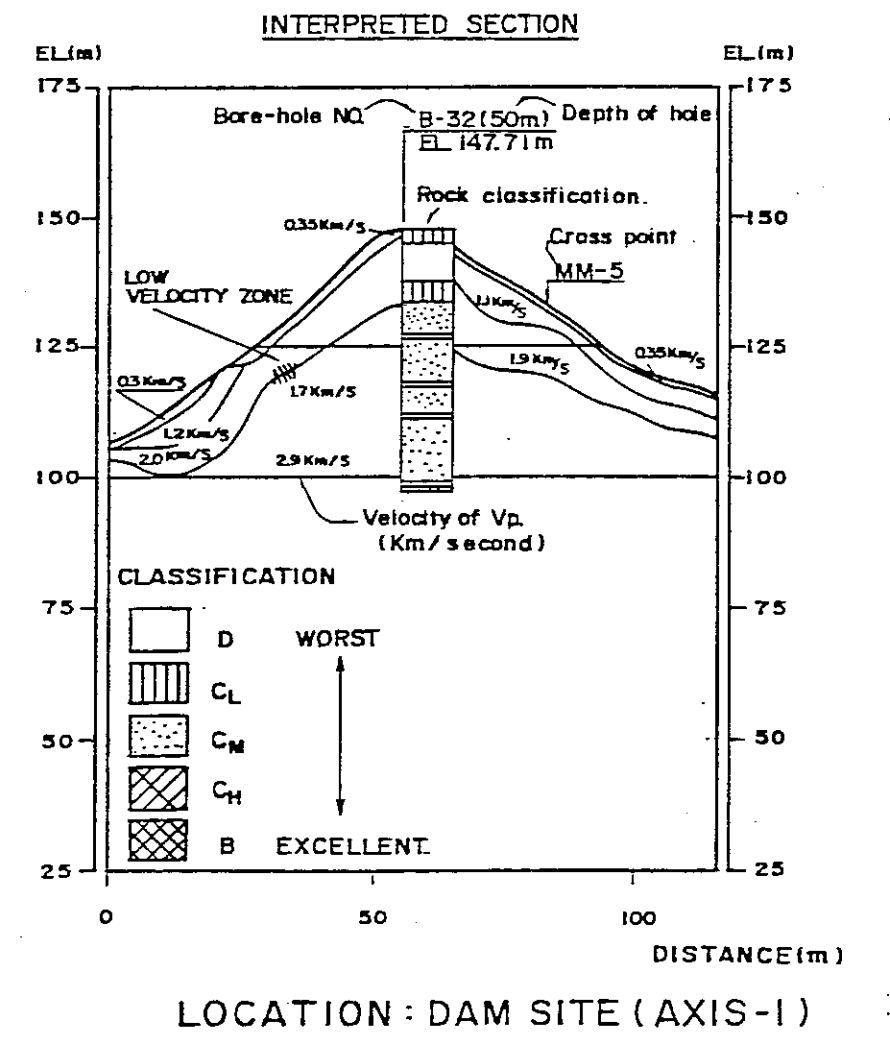
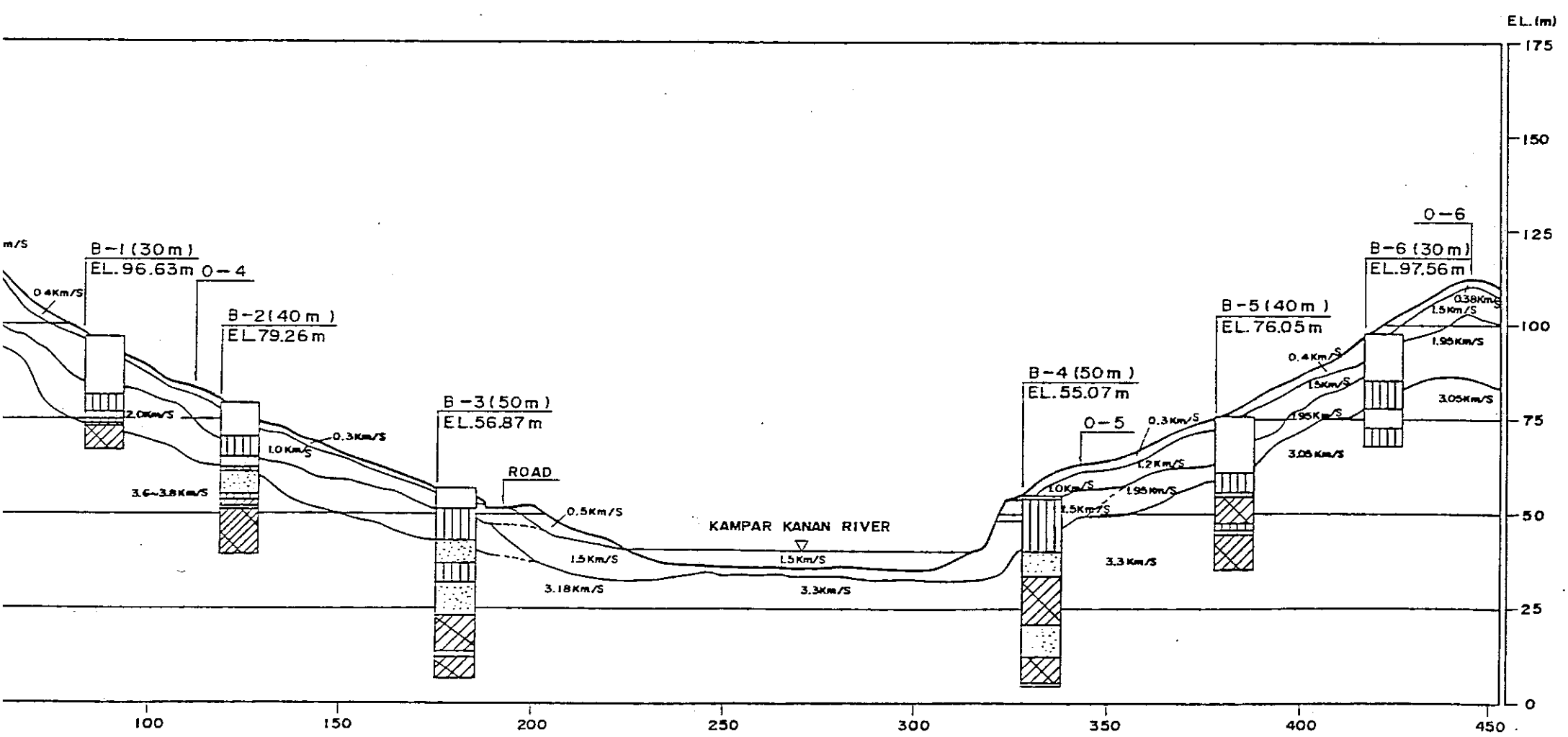
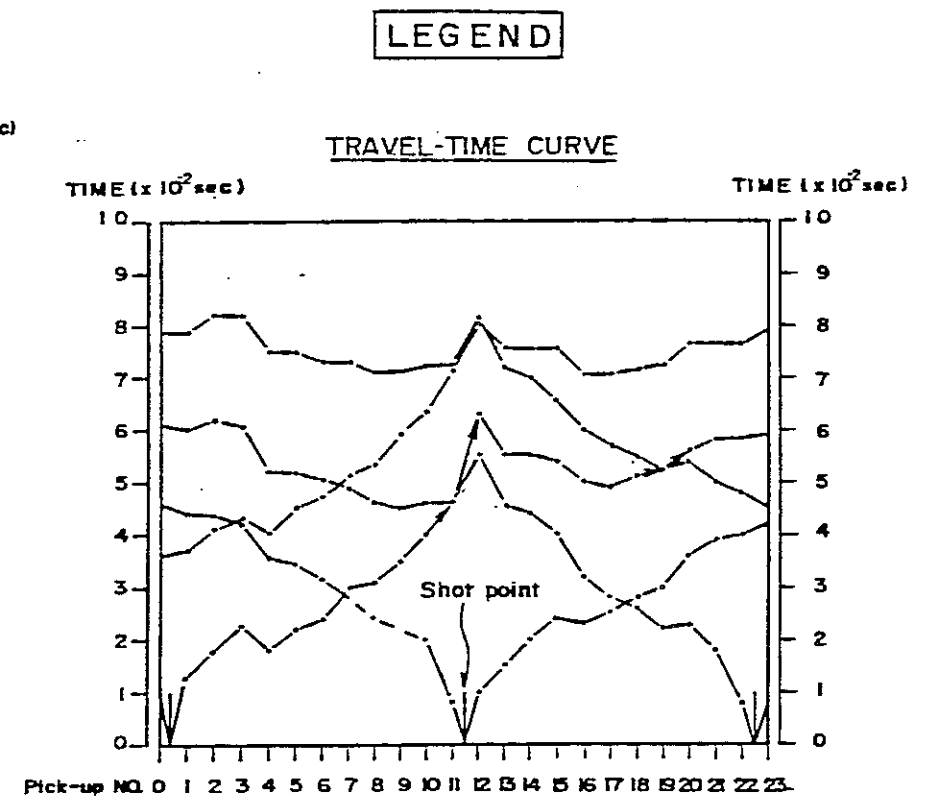
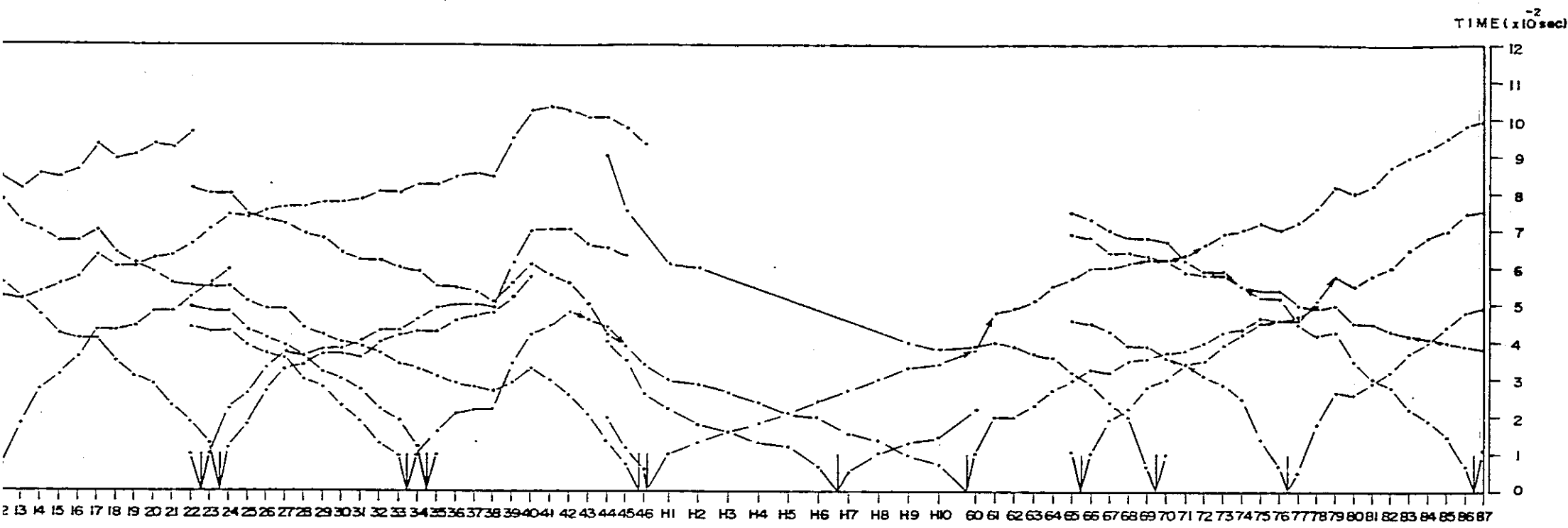
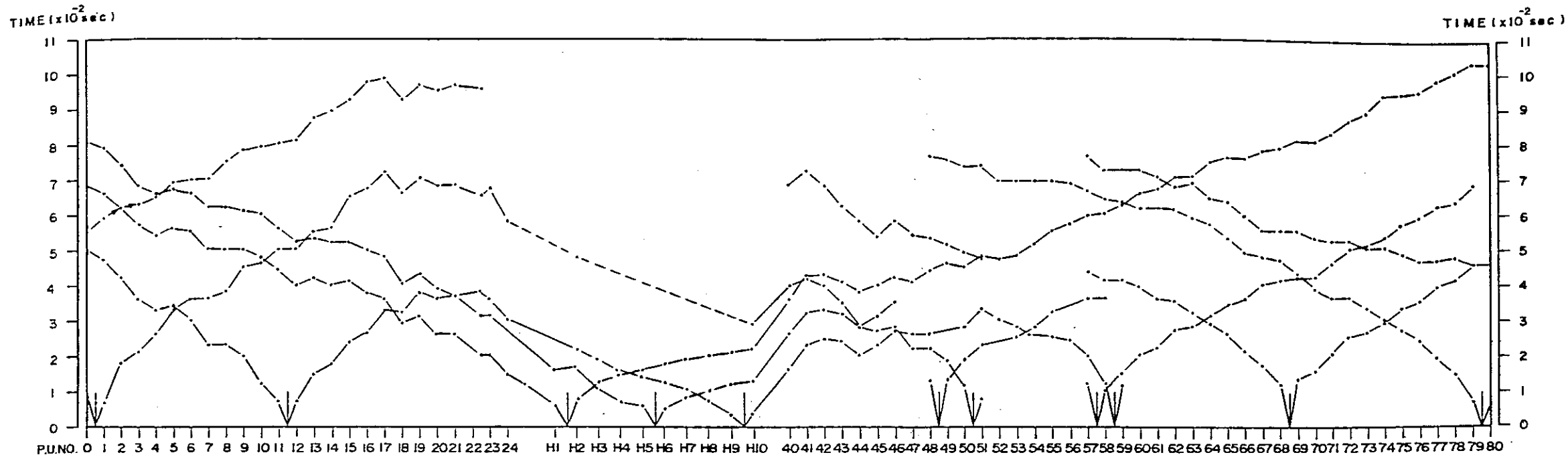
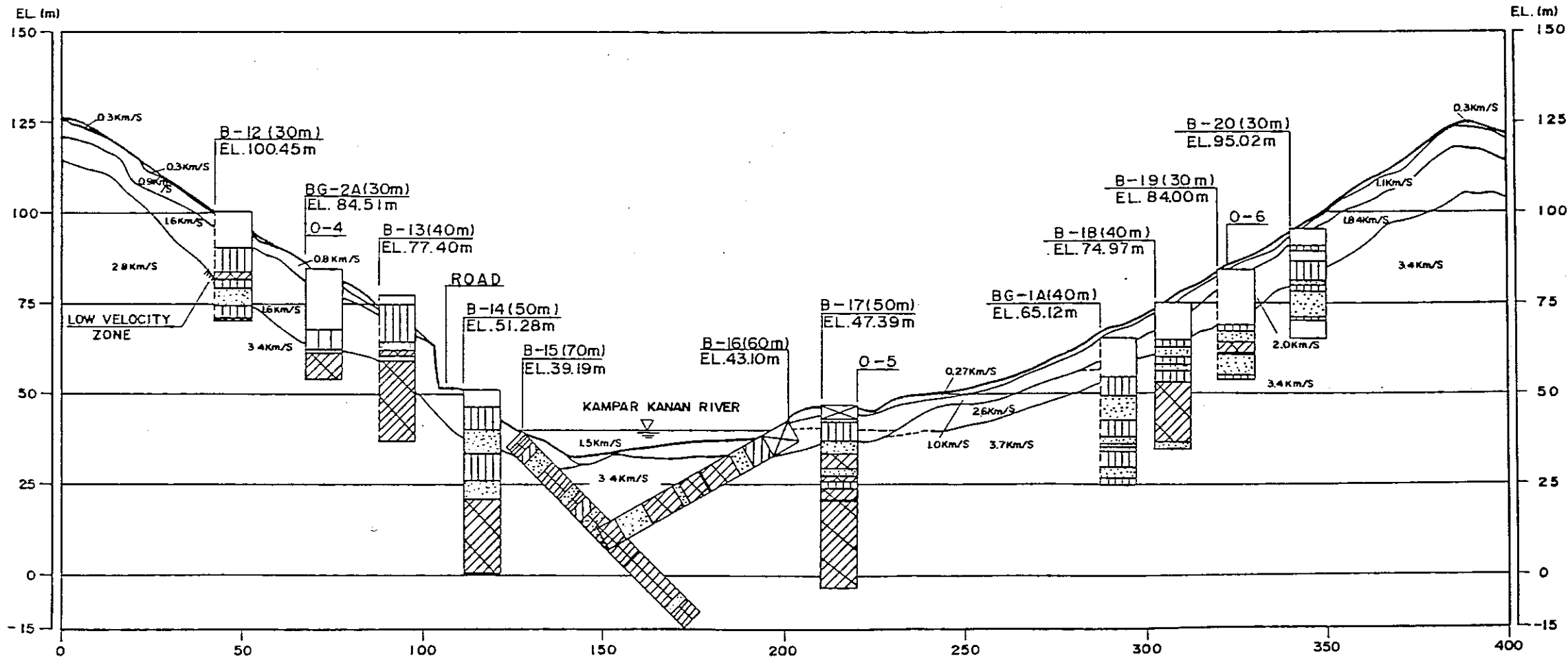
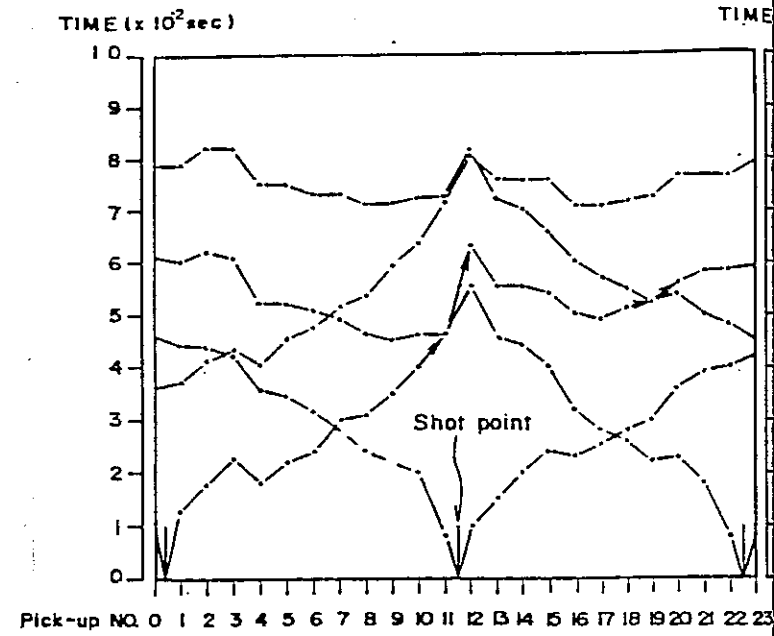


Fig.II-12.2 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Axis-3)

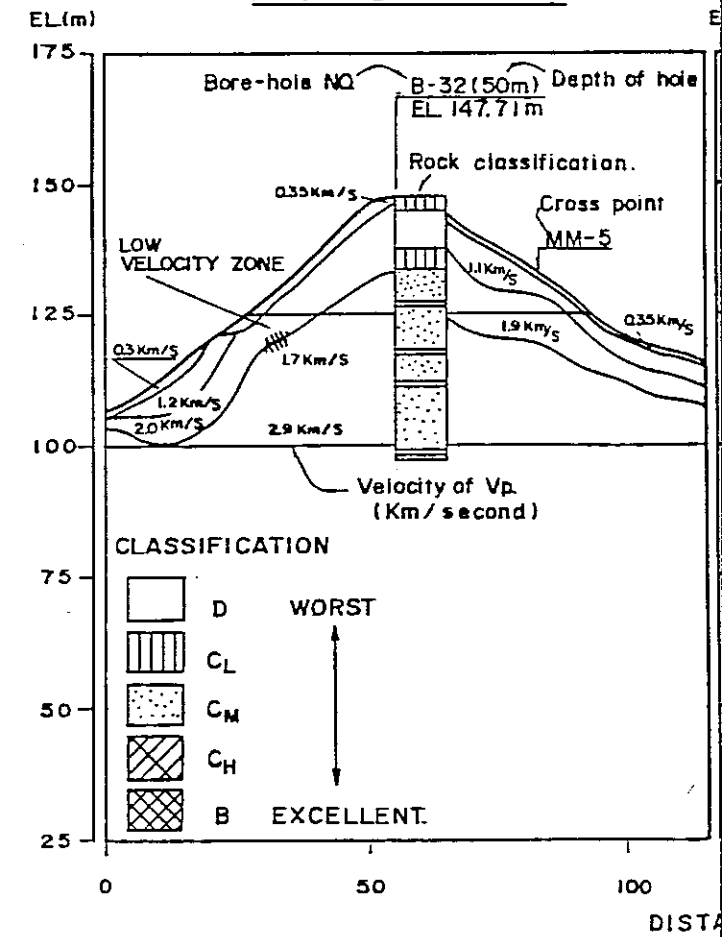
LEGEND



TRAVEL-TIME CURVE



INTERPRETED SECTION

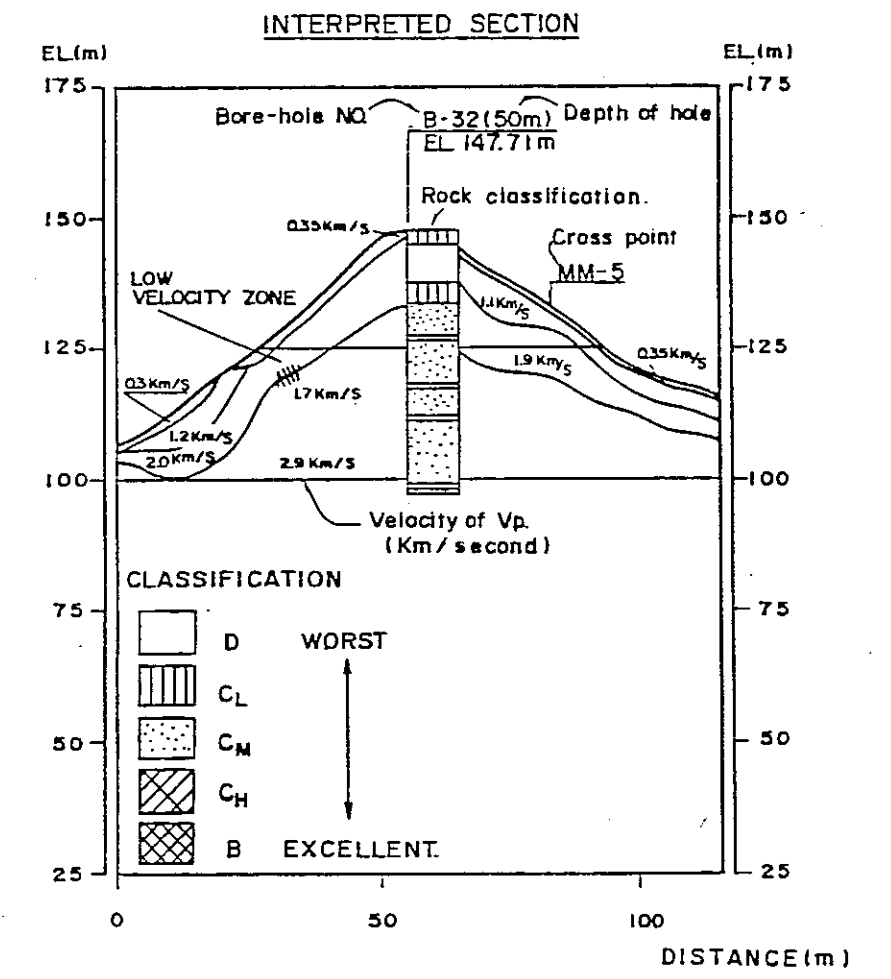
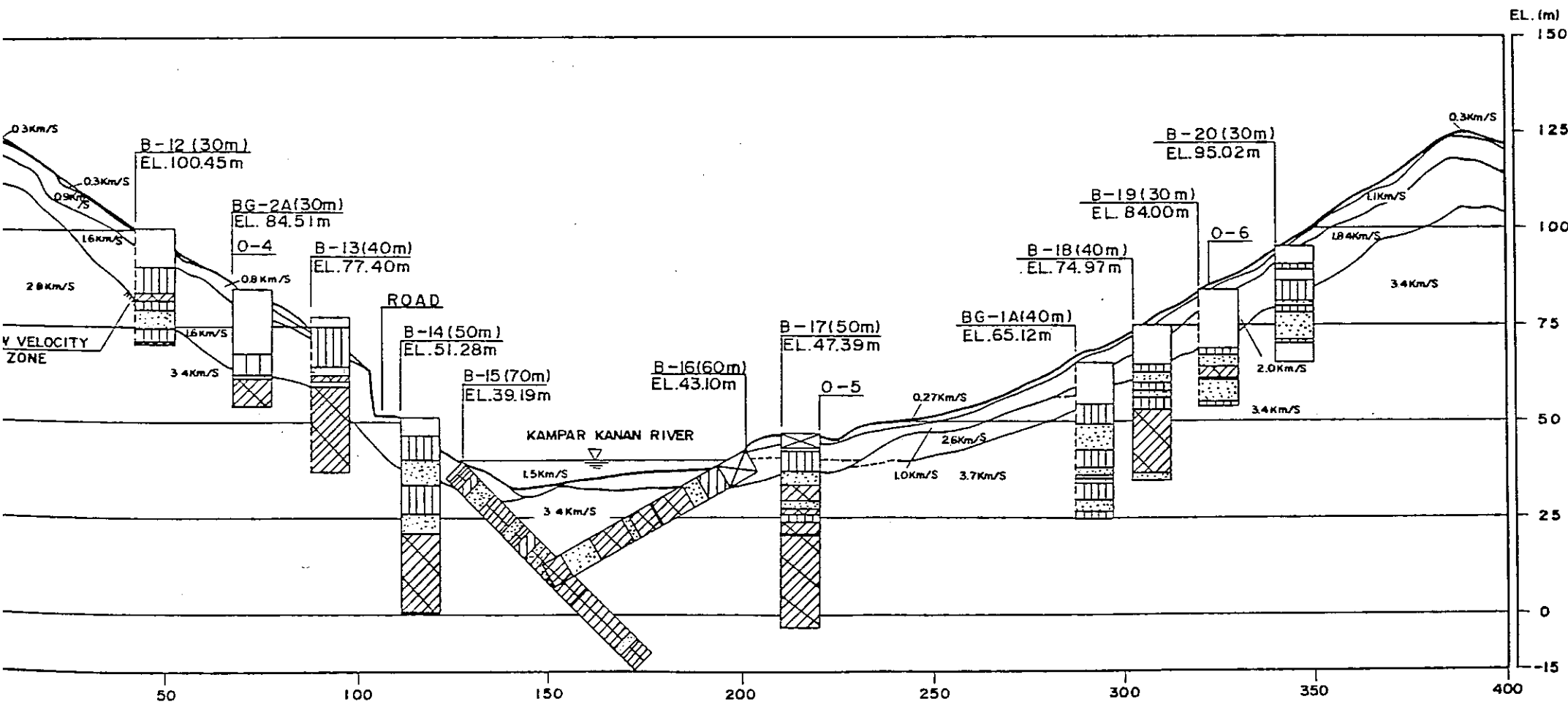
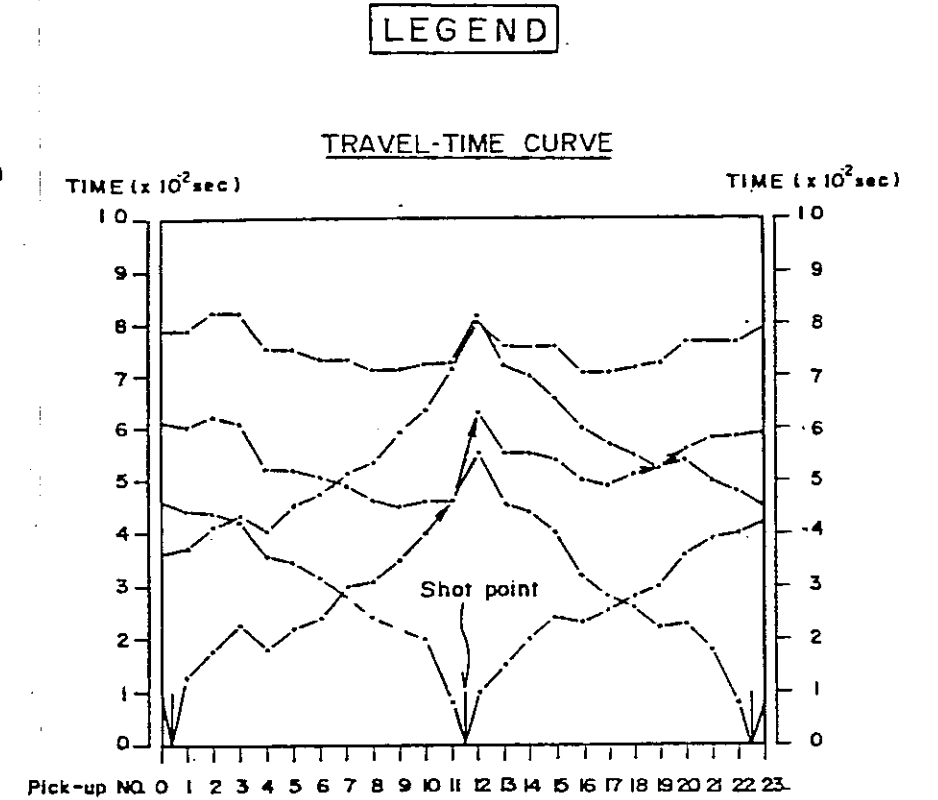
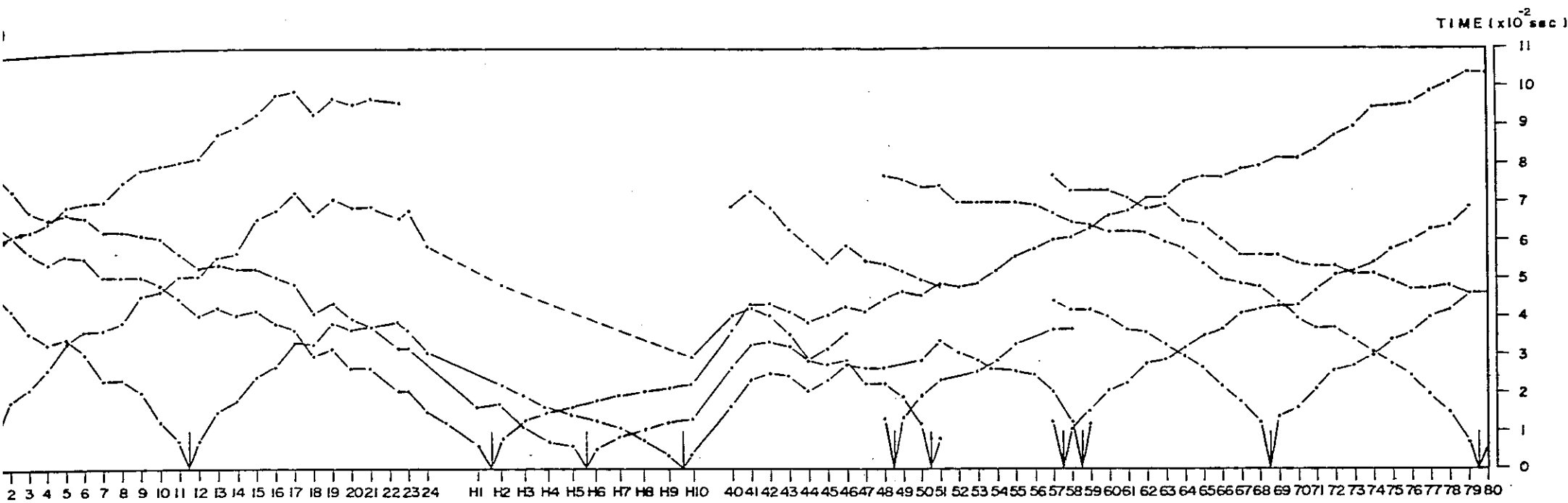


- CLASSIFICATION
- D WORST
  - C<sub>L</sub>
  - C<sub>M</sub>
  - C<sub>H</sub>
  - B EXCELLENT
- ↑
- ↓

LOCATION: DAM SITE (AXIS-3)

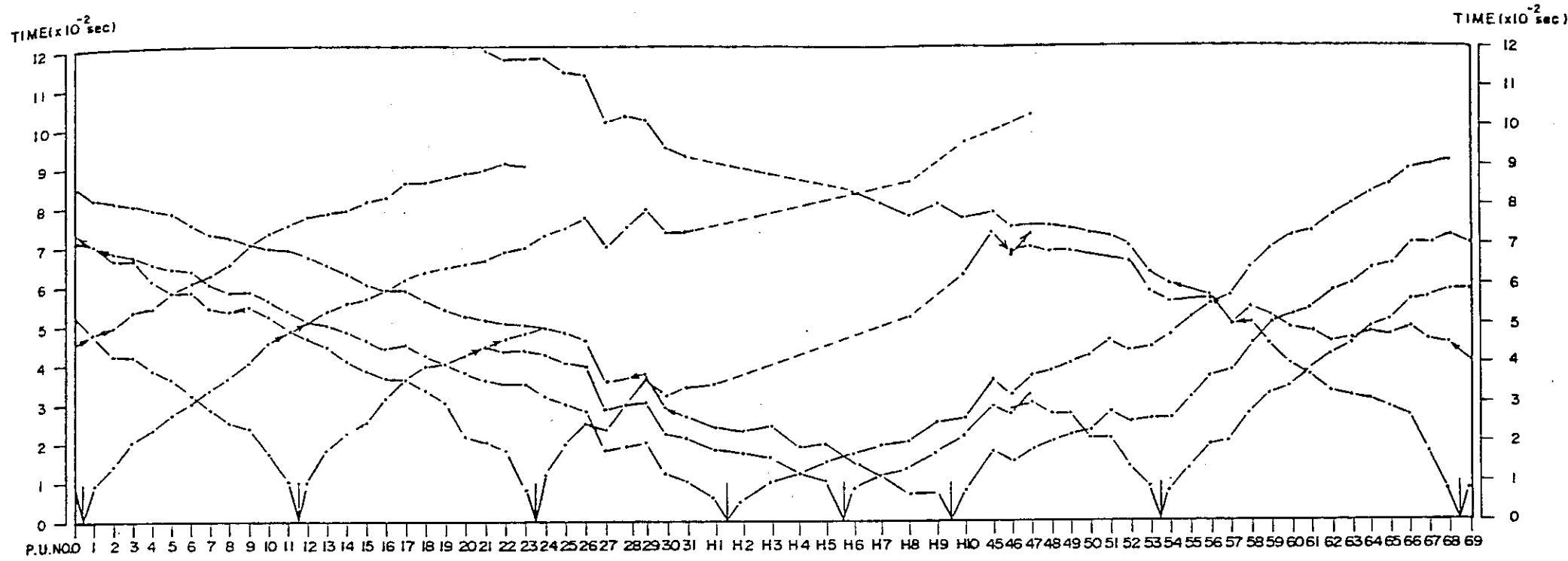


Fig.II-12.2 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Axis-3)

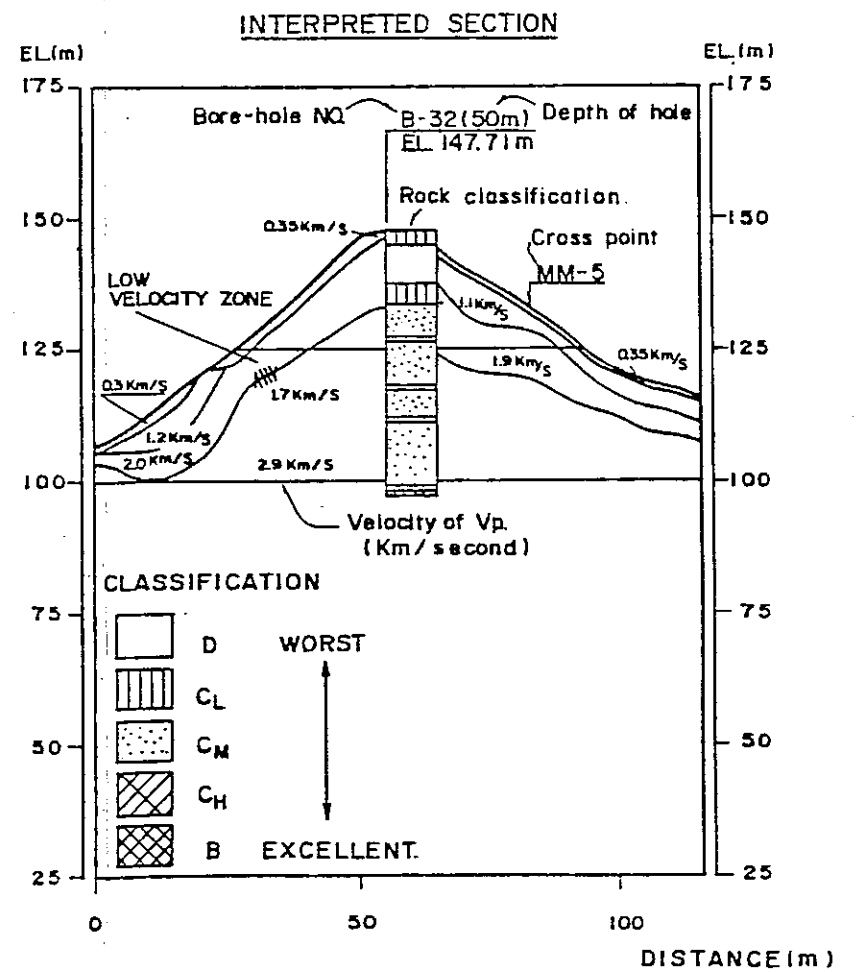
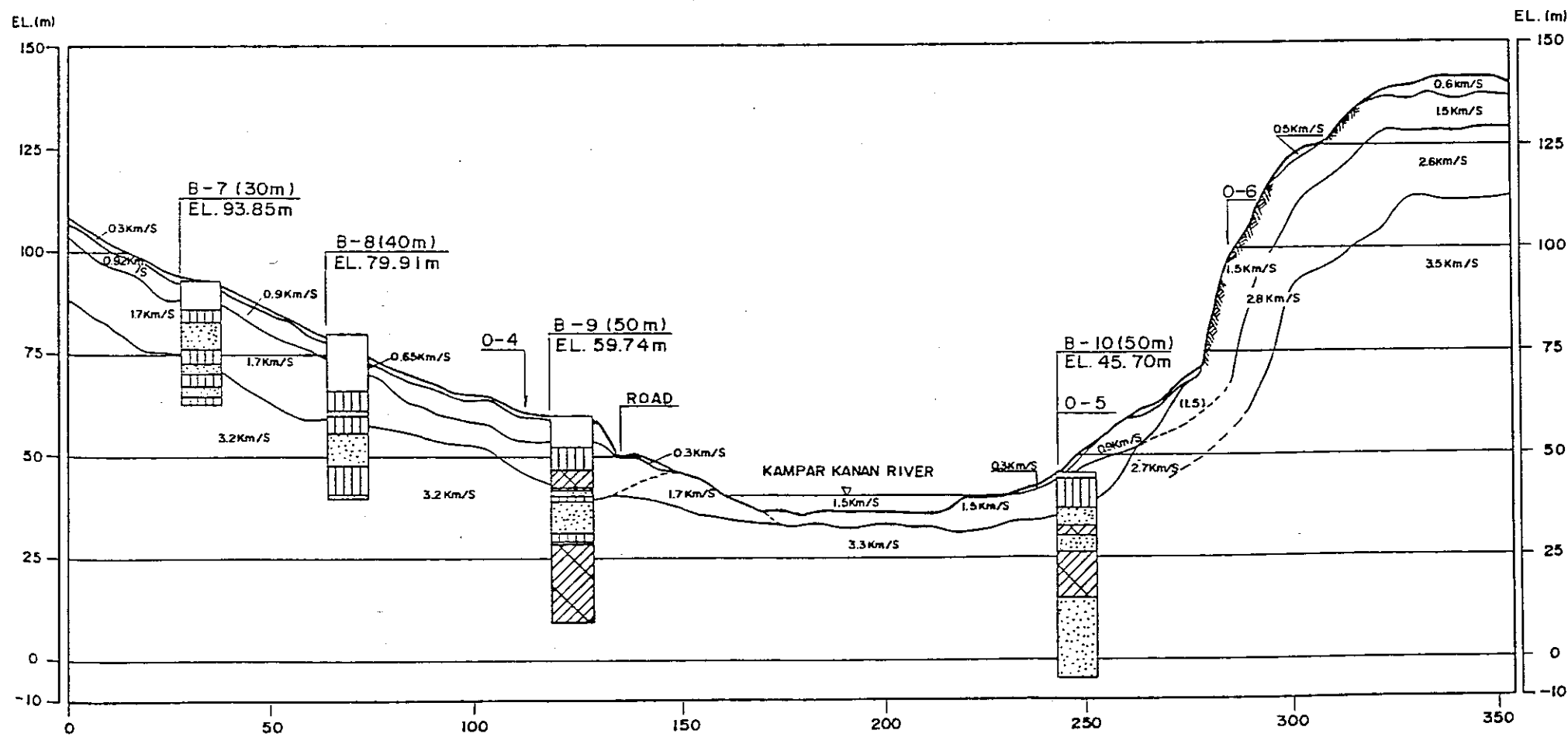
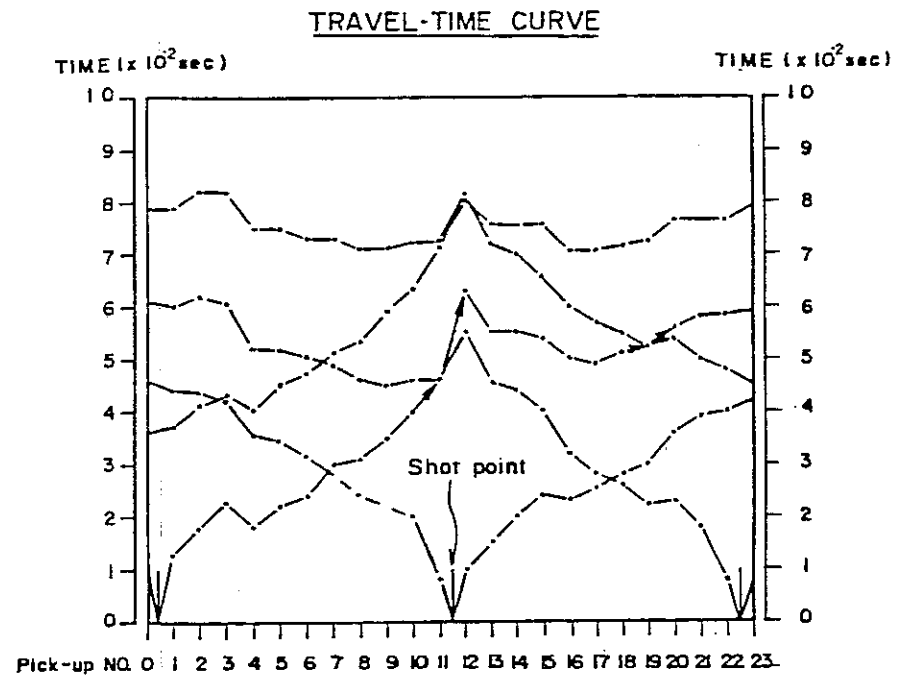


LOCATION: DAM SITE (AXIS-3)  
0-2  
II-67

Fig II-12.3 Seismic Travel Time Curve and Interpreted Section (Axis-4)



LEGEND



LOCATION: DAM SITE (AXIS-4)

0-3

Fig II-12.4 Seismic Travel Time Curve and Interpreted Section (Left Bank)

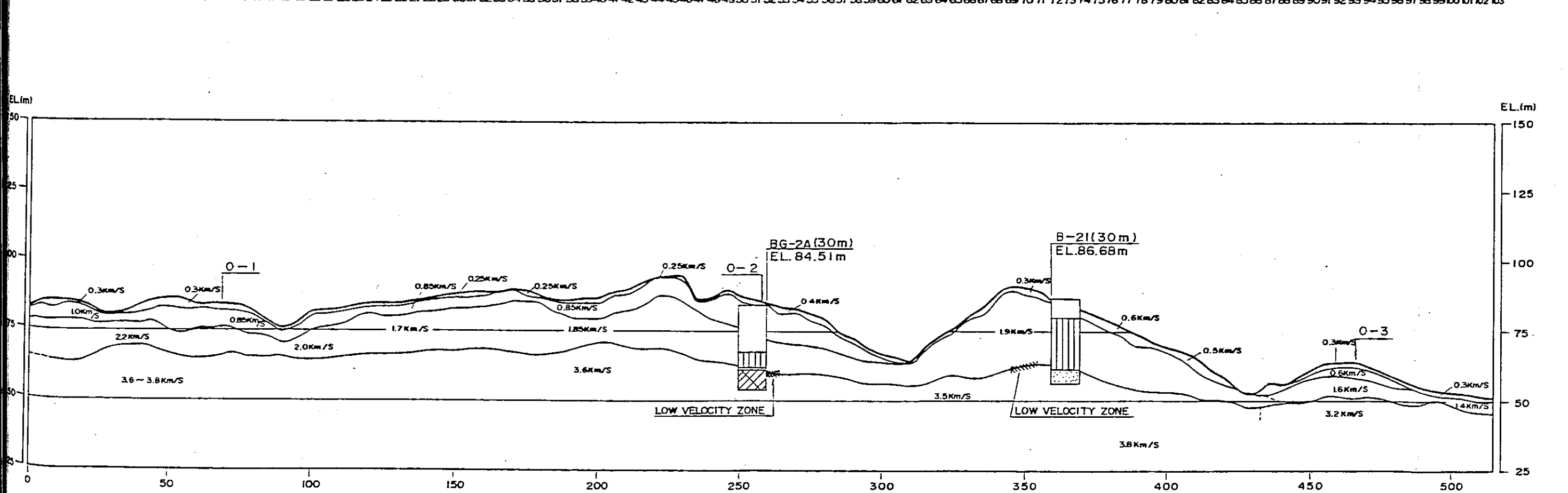
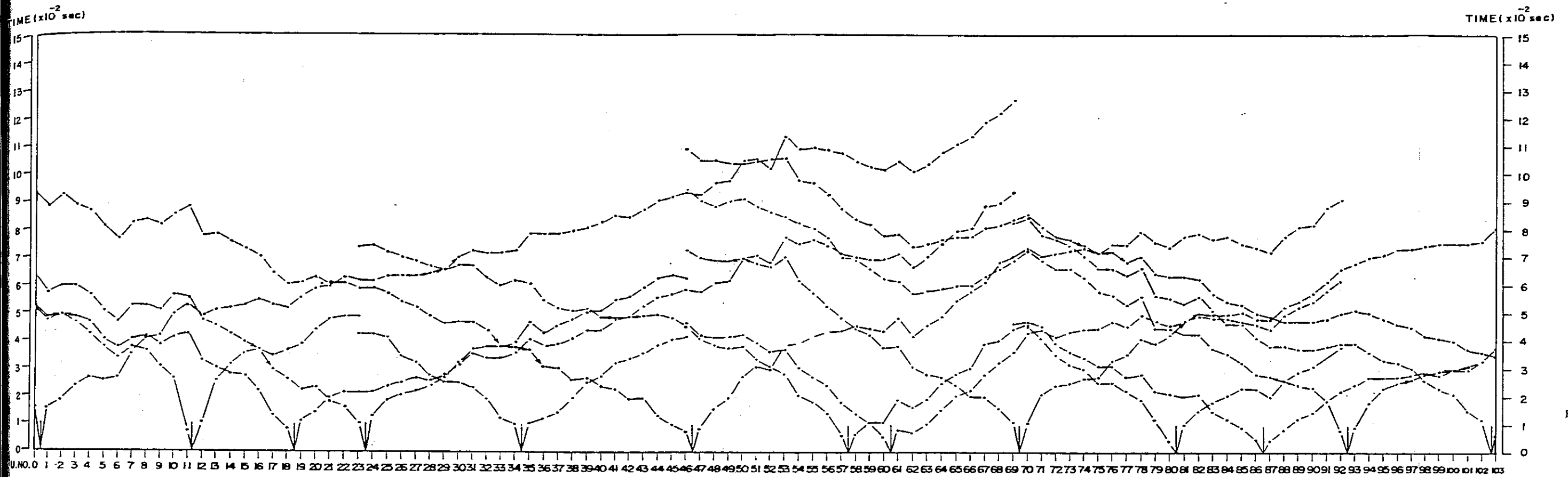
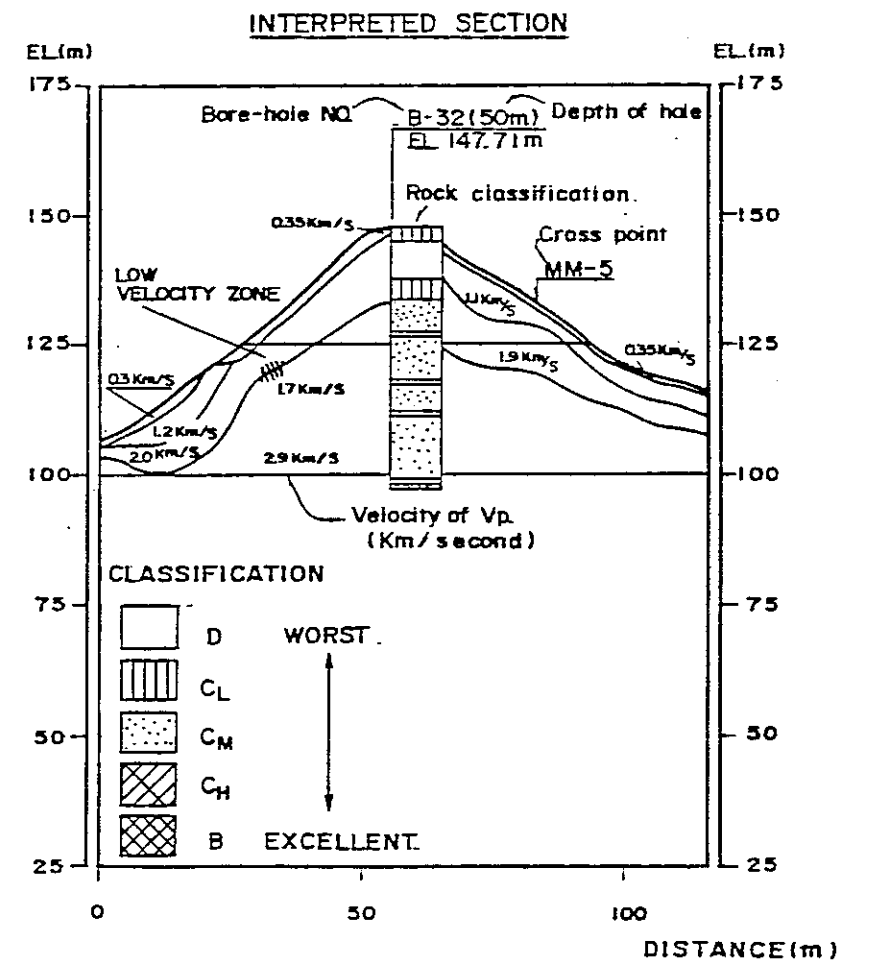
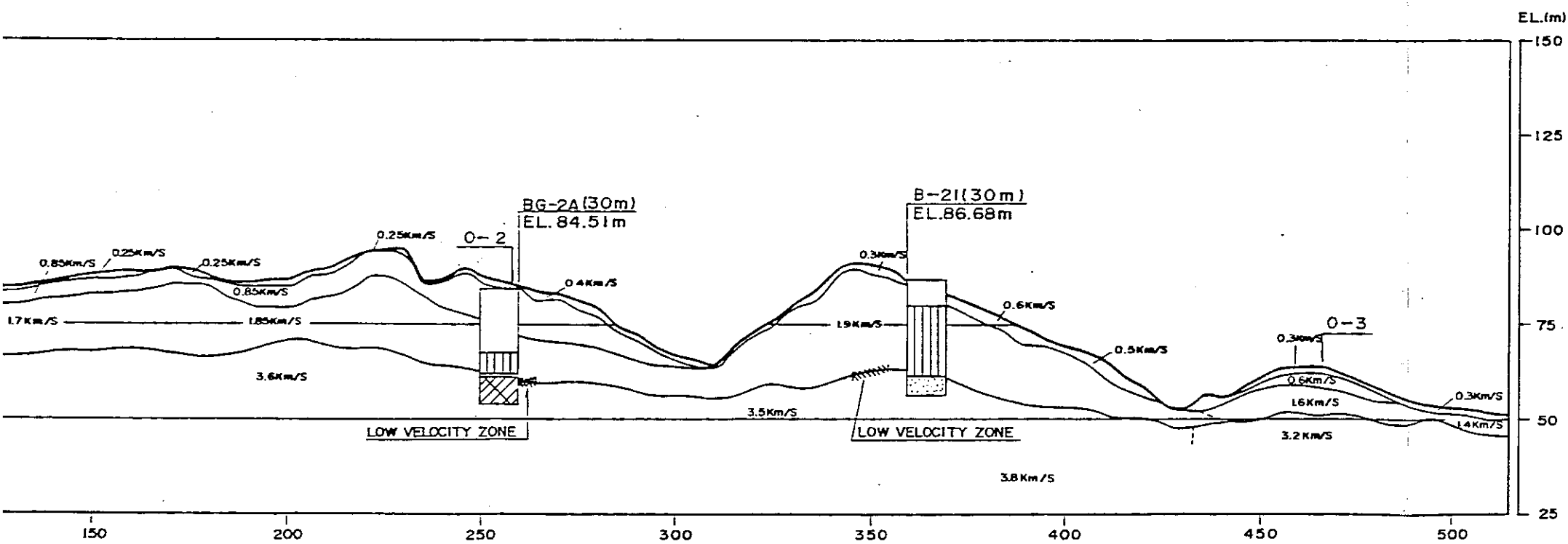
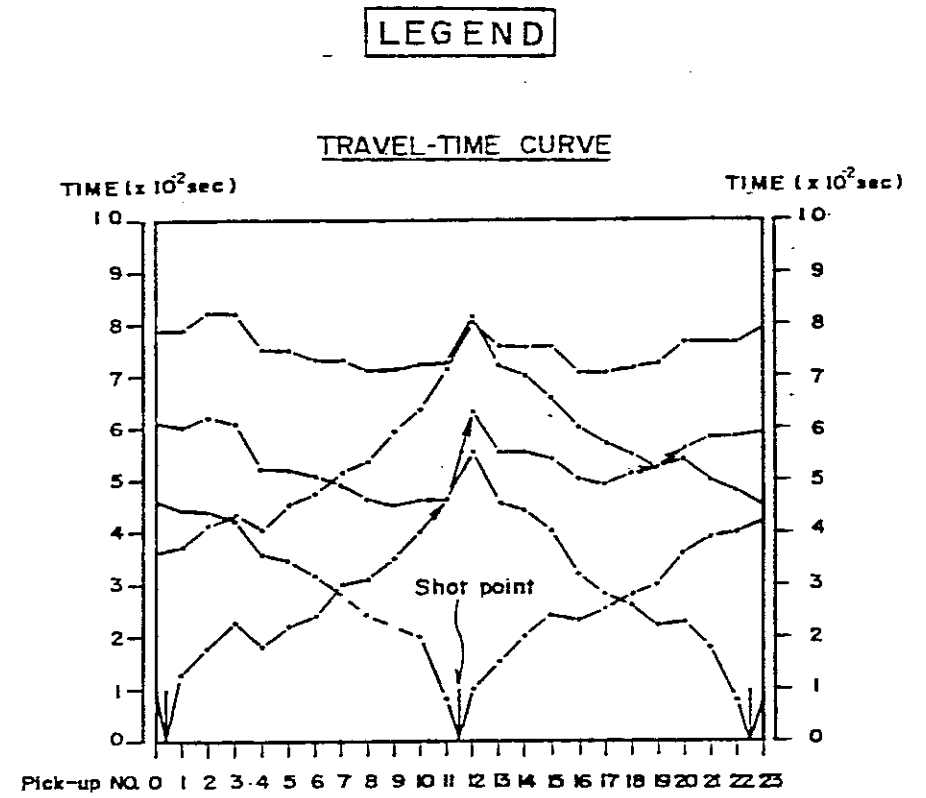
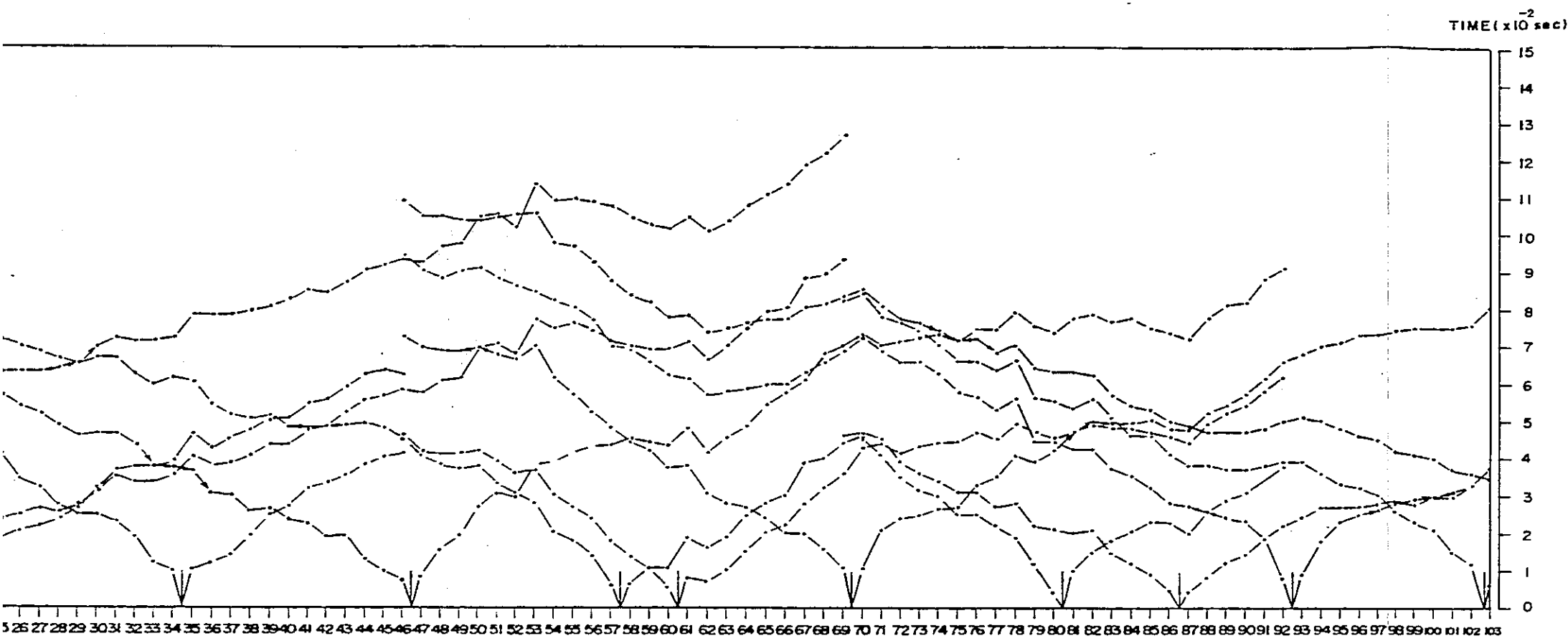


Fig II-12.4 Seismic Travel Time Curve and Interpreted Section (Left Bank)



LOCATION : DAM SITE

Fig II-12.5 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Right Bank-I)

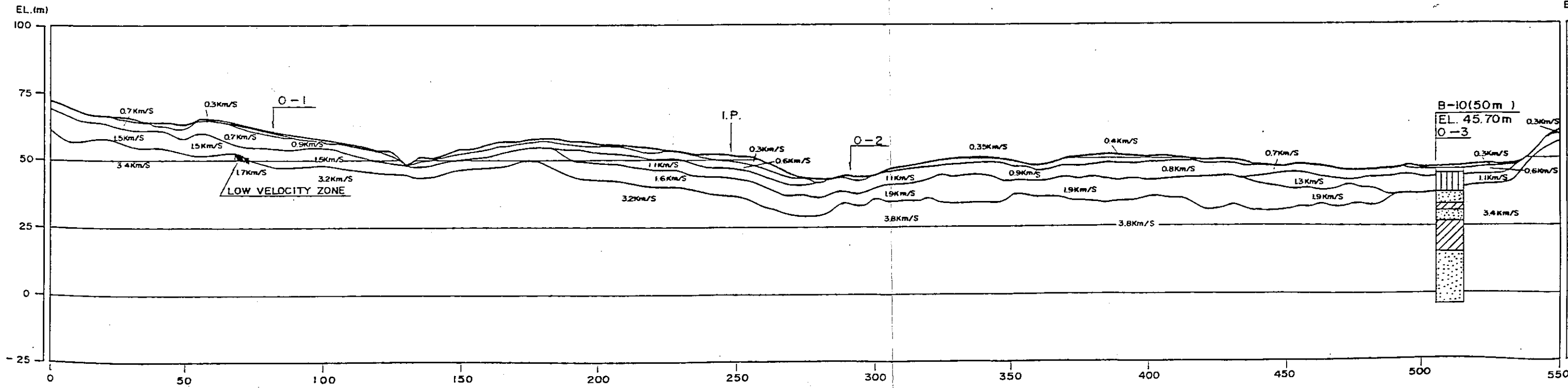
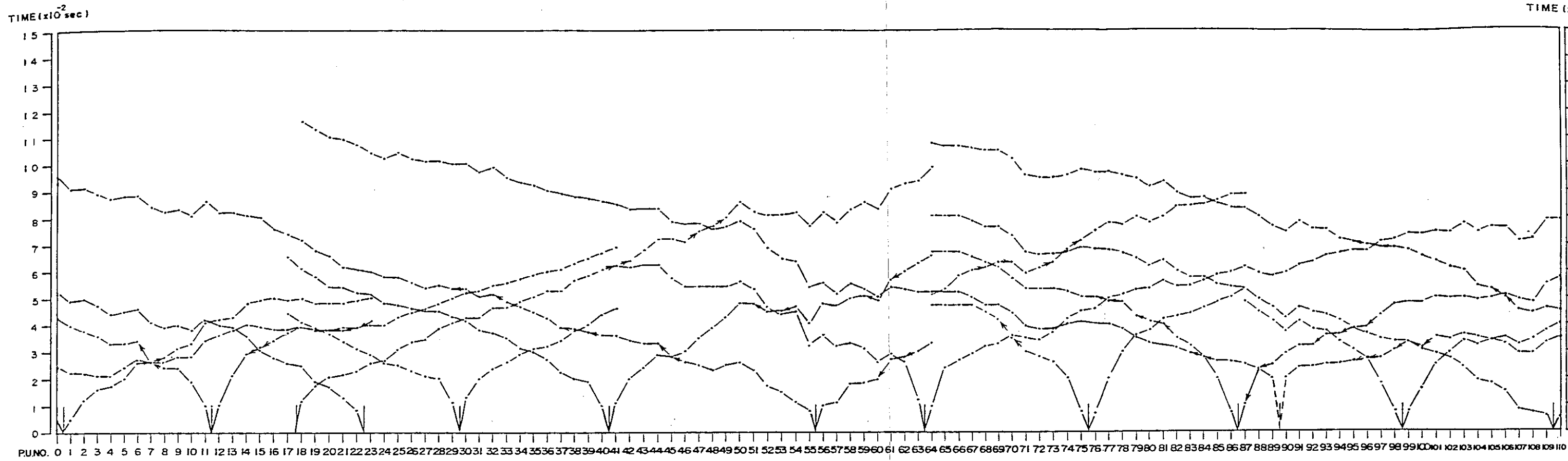
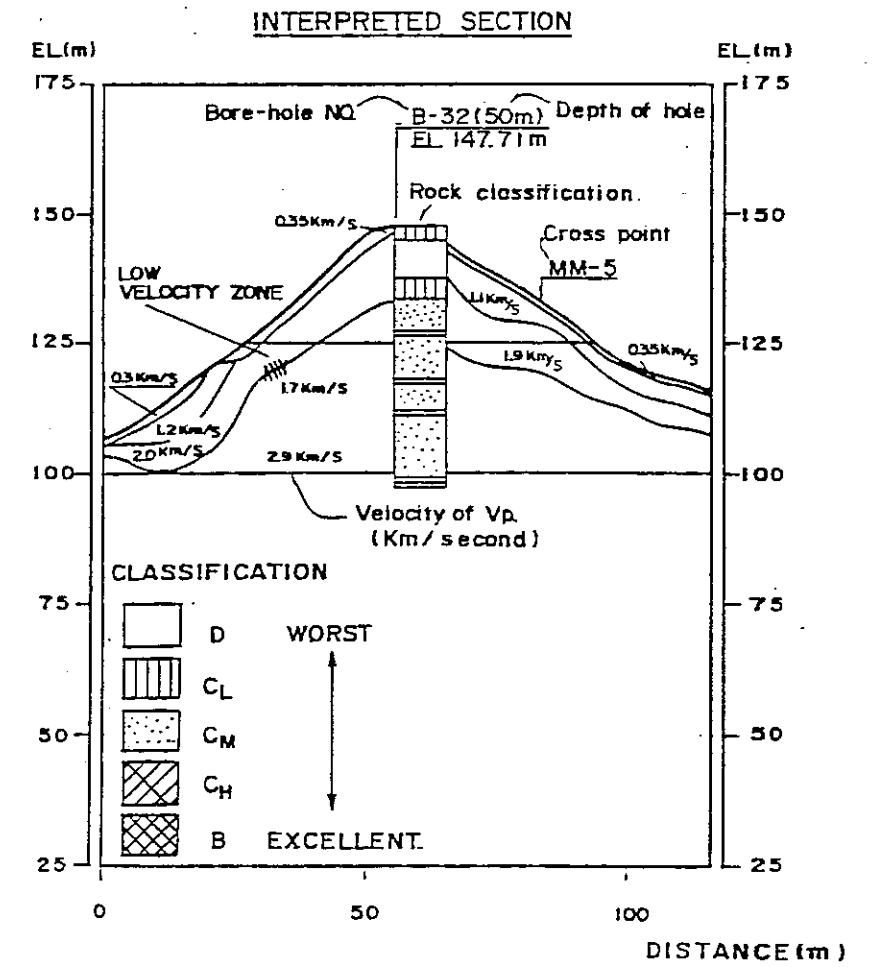
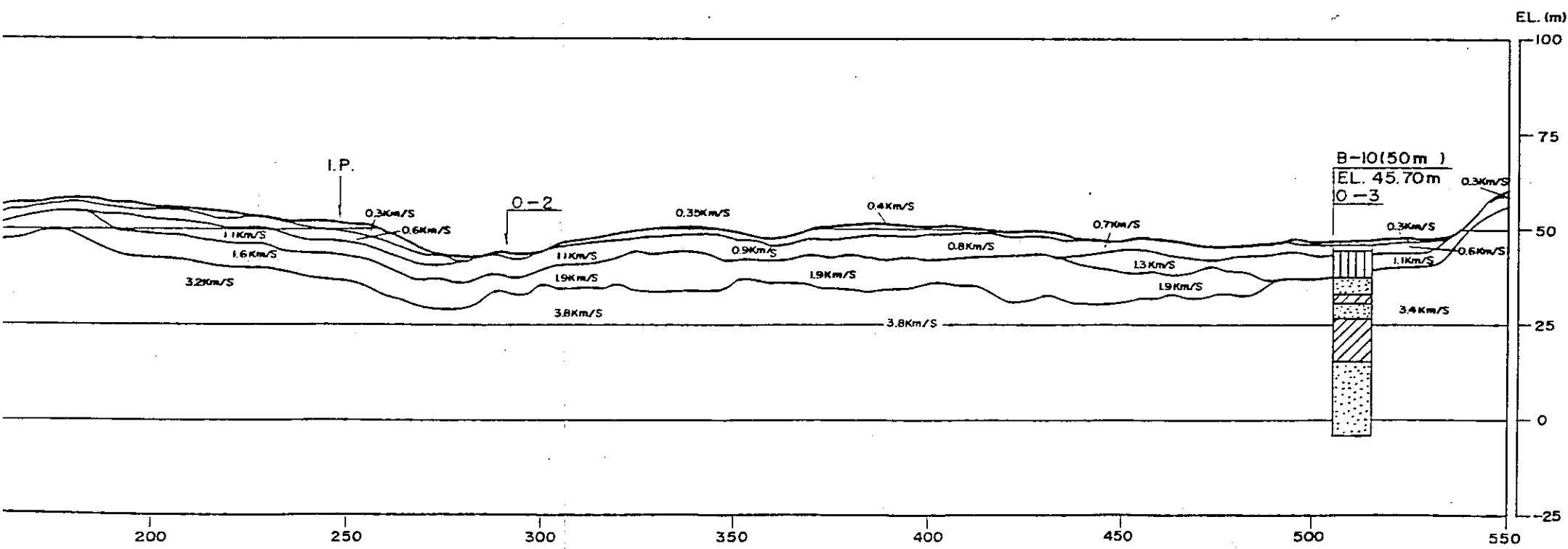
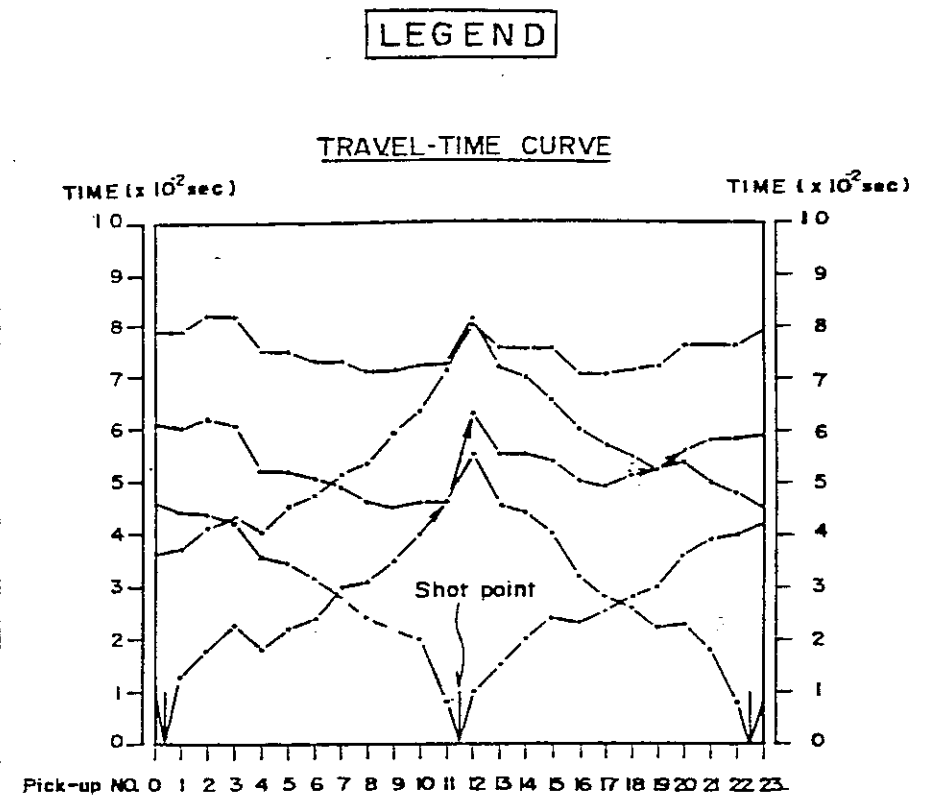
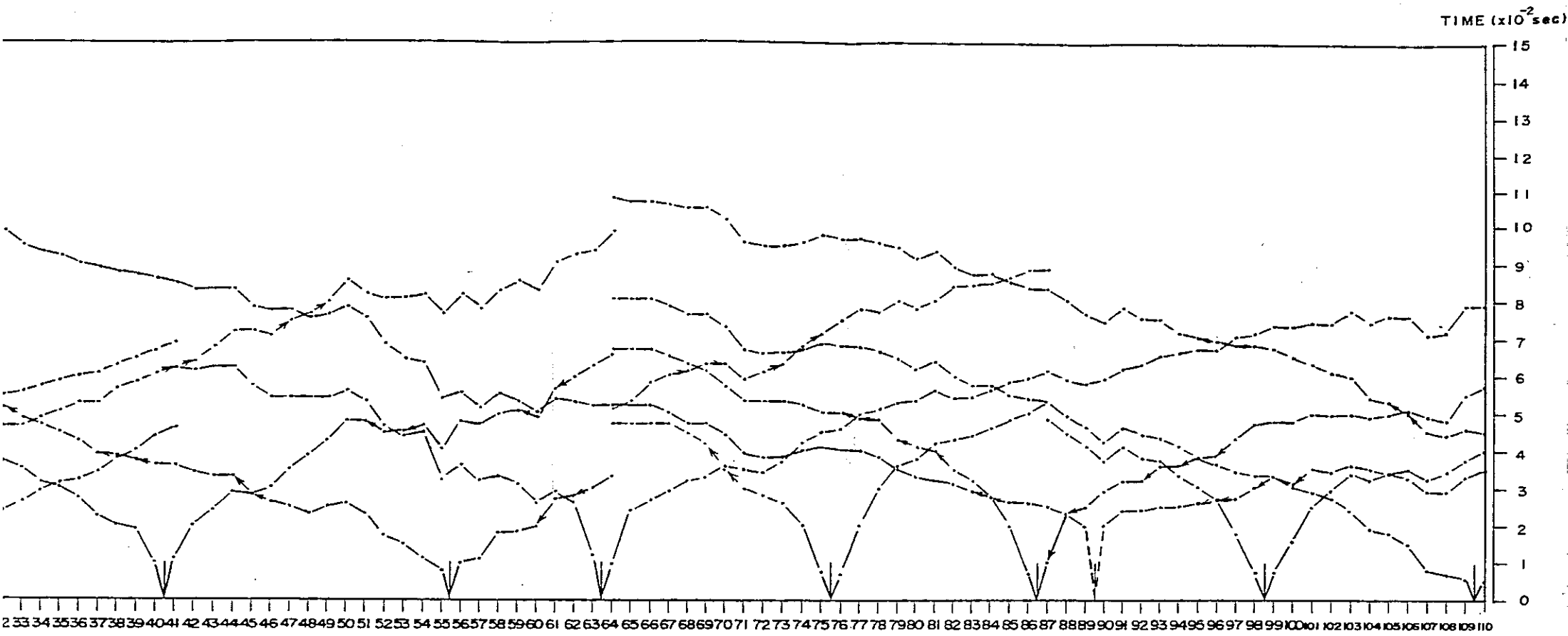


Fig II-12.5 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Right Bank-I)



LOCATION: DAM SITE

0-5

Fig II-12.6 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Right Bank-2)

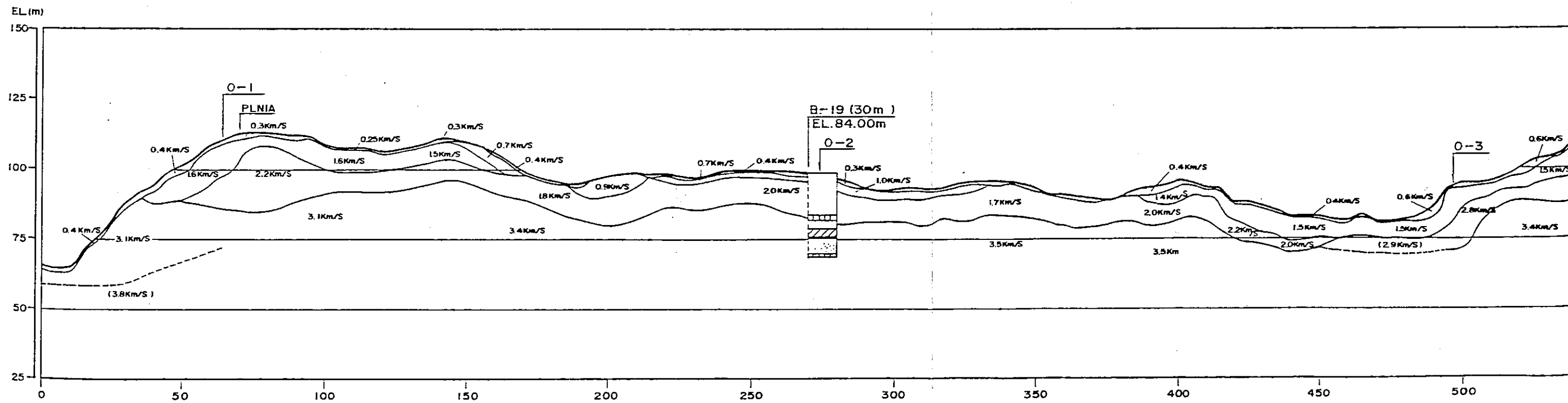
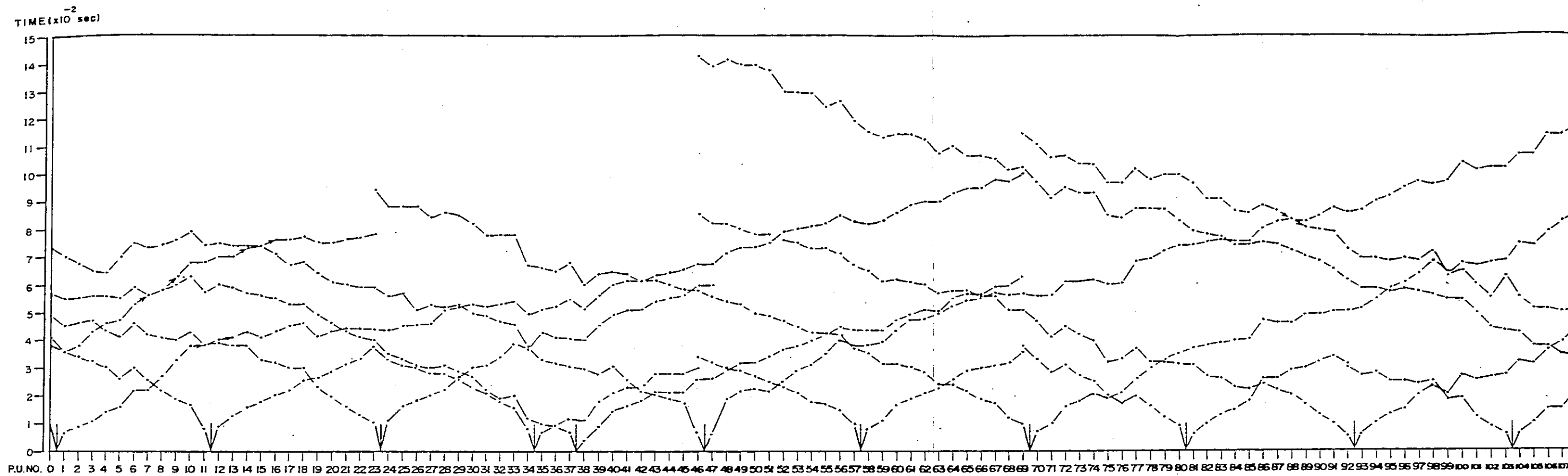
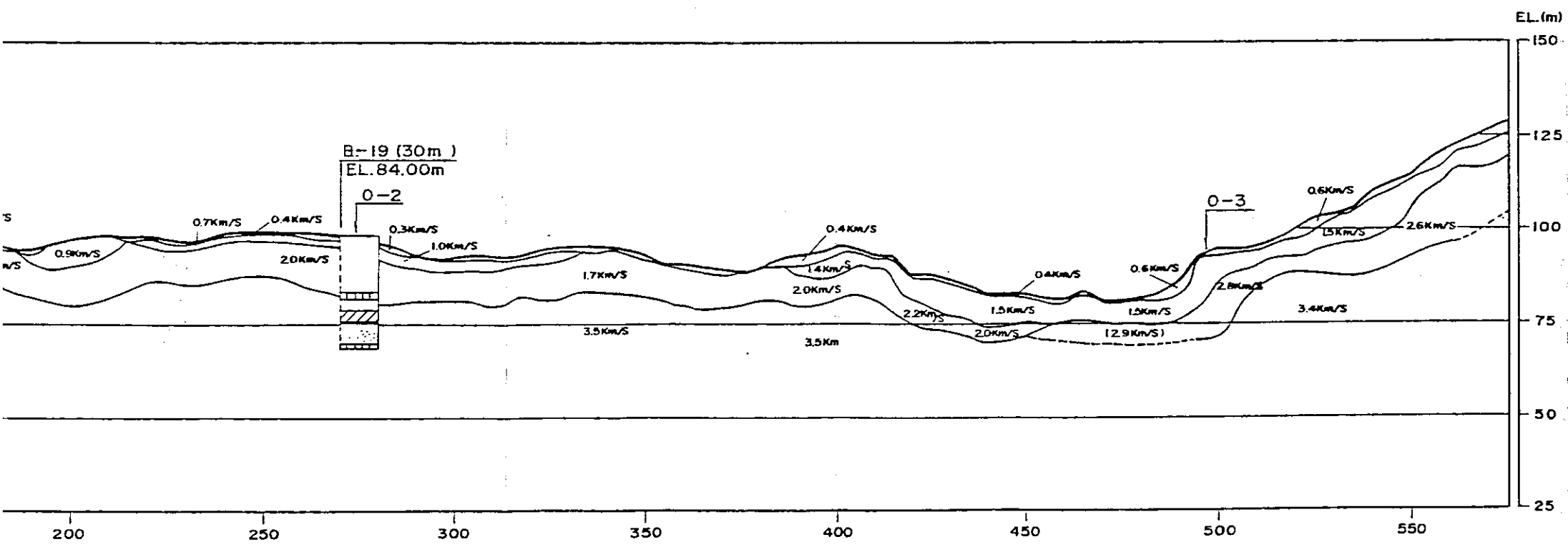
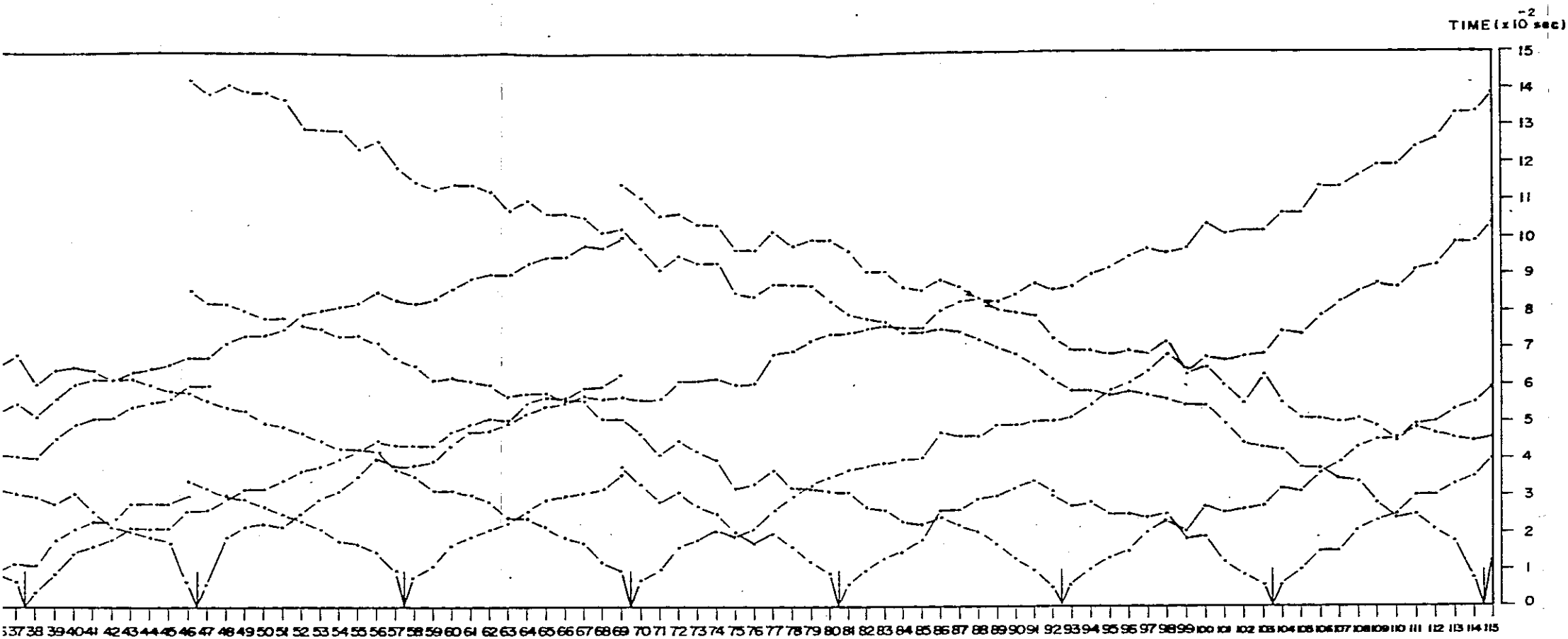
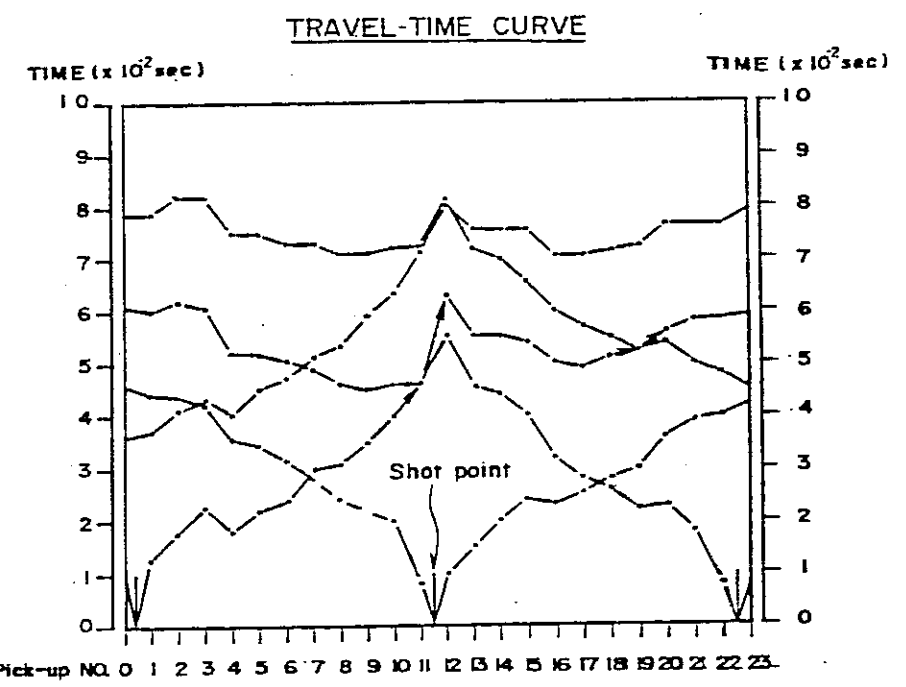


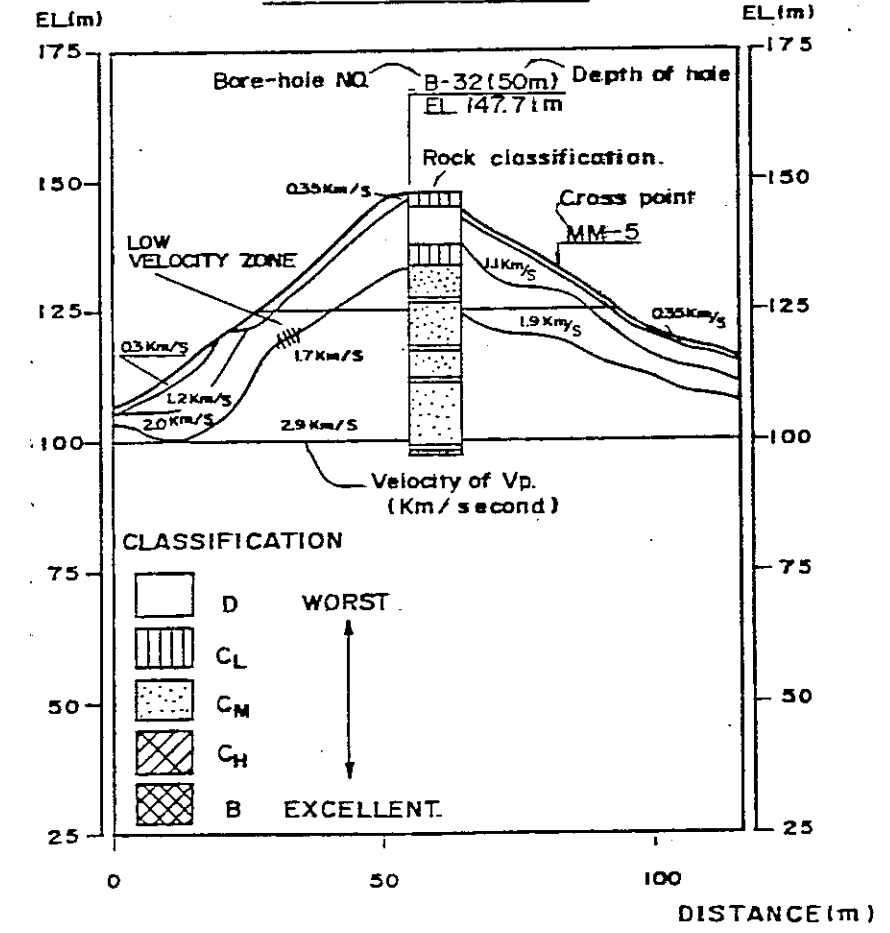
Fig II-12.6 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (Right Bank-2)



LEGEND



INTERPRETED SECTION



LOCATION: DAM SITE

0-6



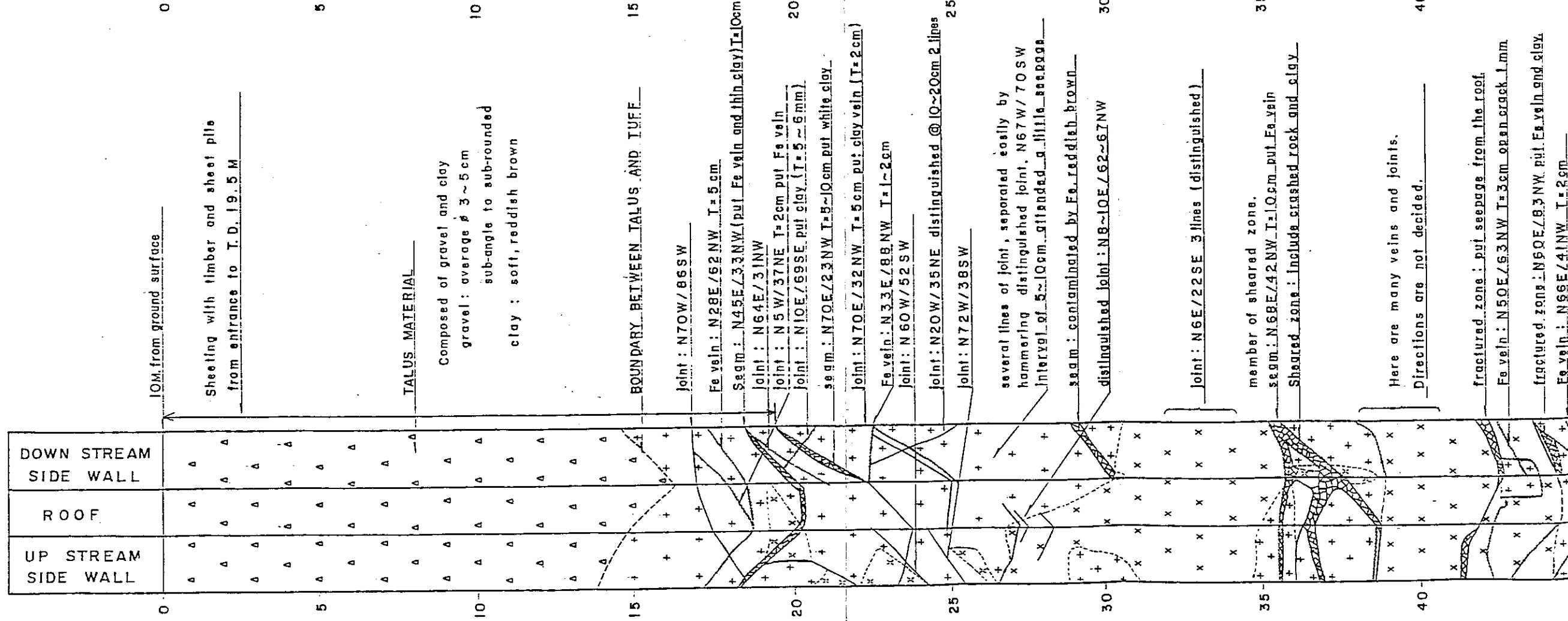
Fig. 13.1 Geological Development of the Test Adits ( Axis-3 )

TA-1 ( RIGHT BANK OF THE KAMPAR KANAN )

LENGTH : 60 M

ELEVATION OF PORTAL : 62.41 M

COORDINATE : X=1867.43 Y=1850.50

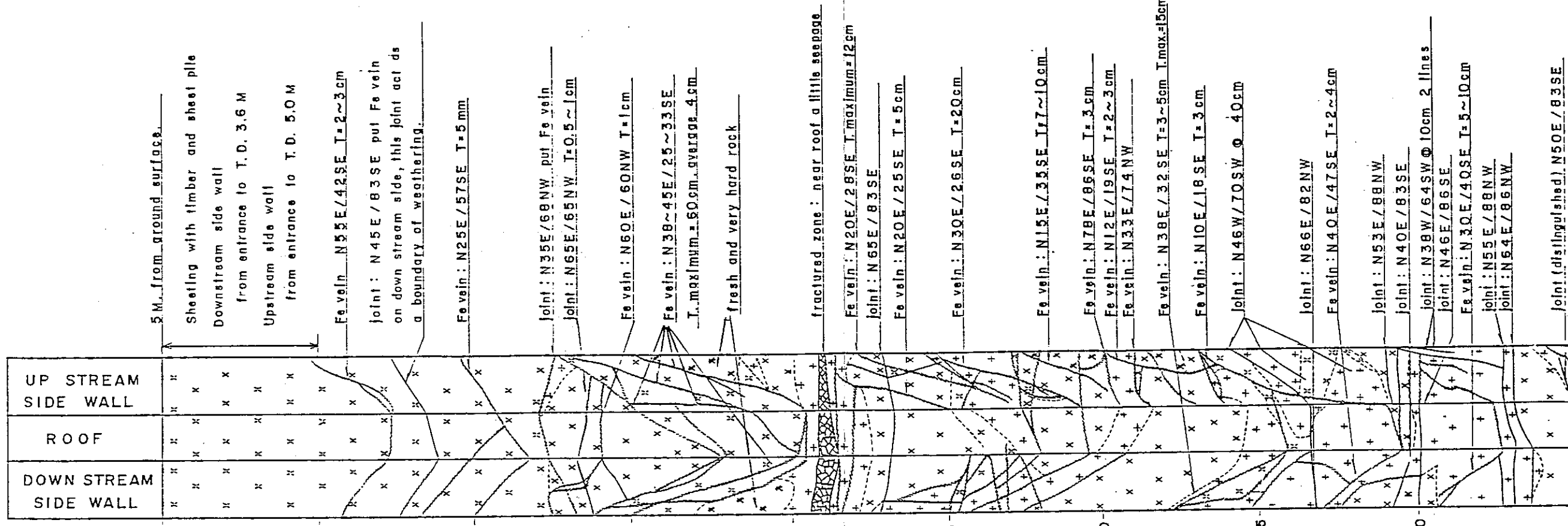


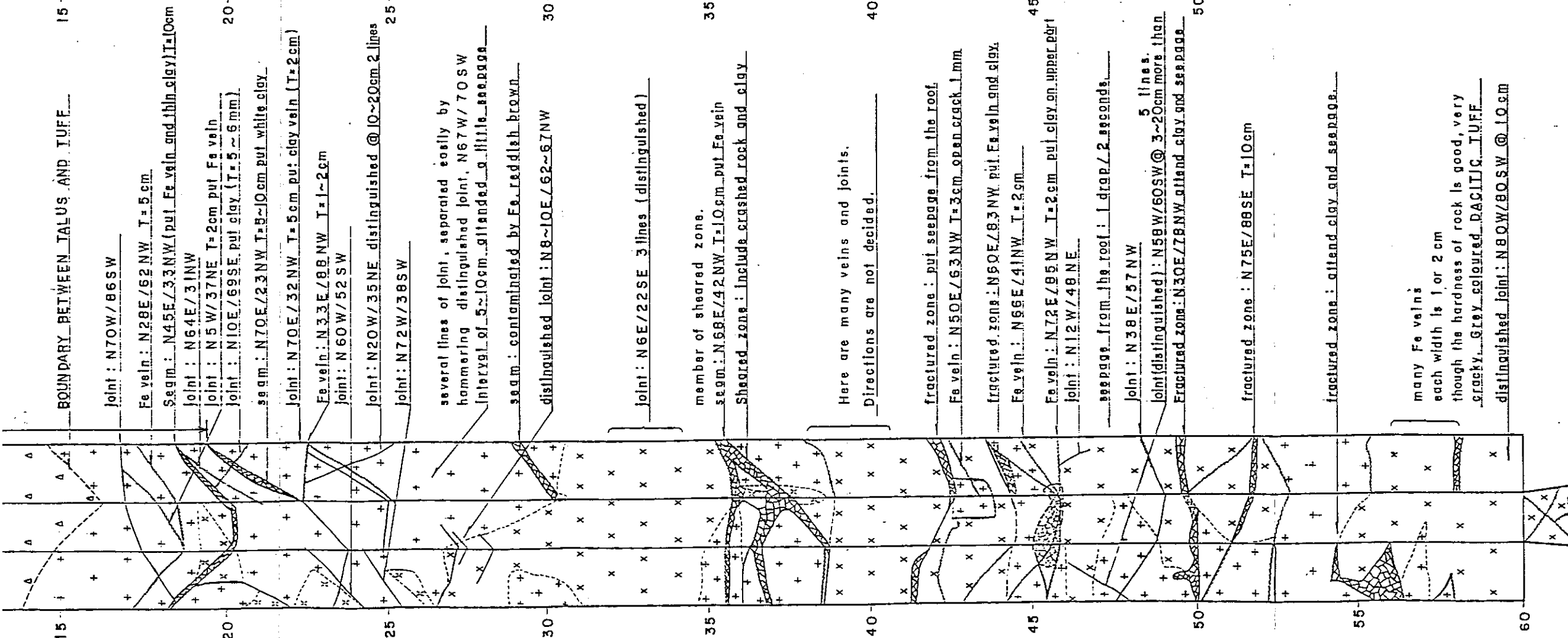
TA-2 ( LEFT BANK OF THE KAMPAR KANAN )

LENGTH : 50 M

ELEVATION OF PORTAL : 66.78 M

COORDINATE : X=1918.91 Y=2031.70





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=8~10cm 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 see page

seam: contaminated by Fe reddish brown

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

Joint: N6E/22SE 3 lines (distinguished)

member of sheared zone.

seam: N58E/42NW T=10cm put Fe vein

Sheared zone: include crushed 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: N50E/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 craky. Grey coloured DACITIC TUFF distinguished joint: N80W/80SW @ 10cm

Fe vein: N60E/60NW T=1cm

Fe vein: N38~45E/25~33SE

T. maximum = 60cm average 4cm

fresh and very hard rock

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/33SE 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)

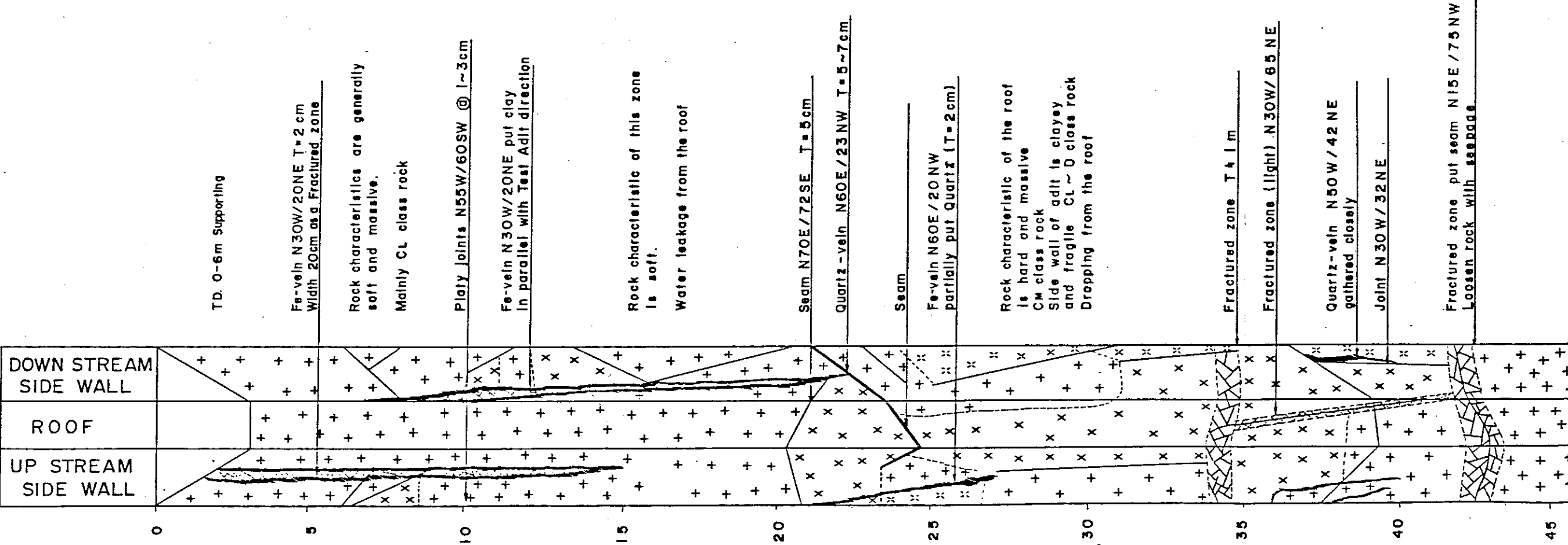
Legend

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

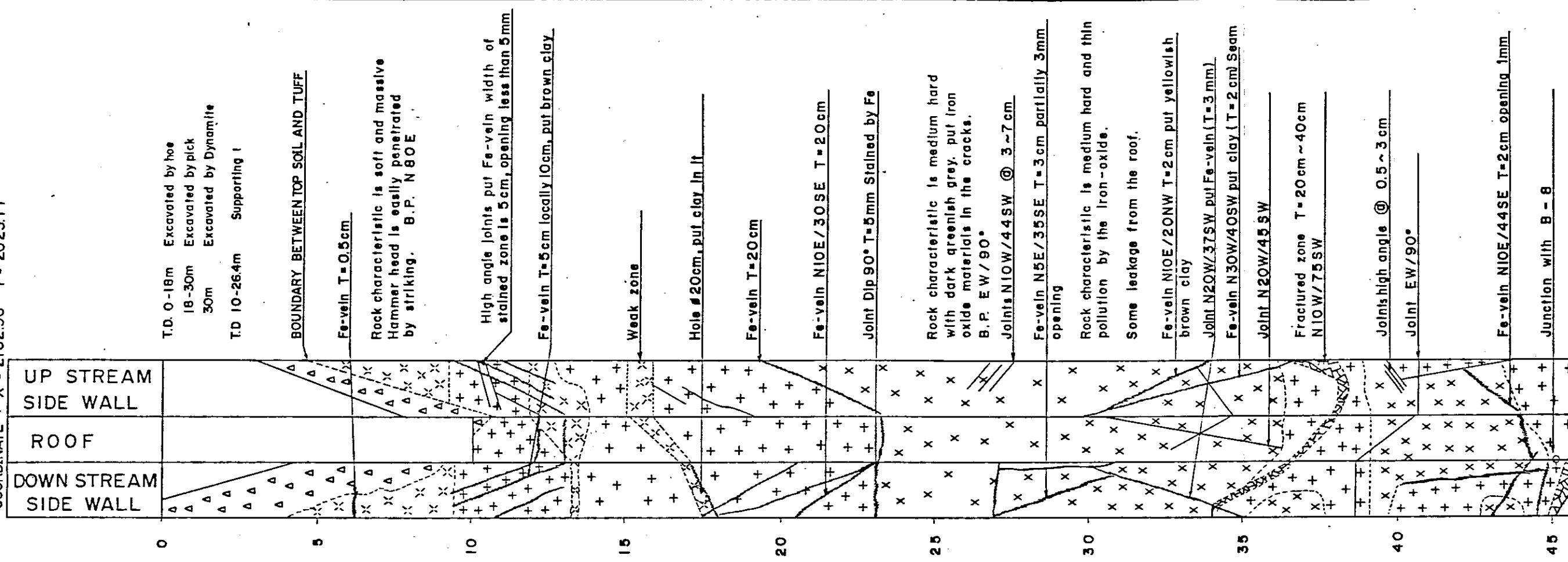
Dacitic Tuff  
Rock Classification

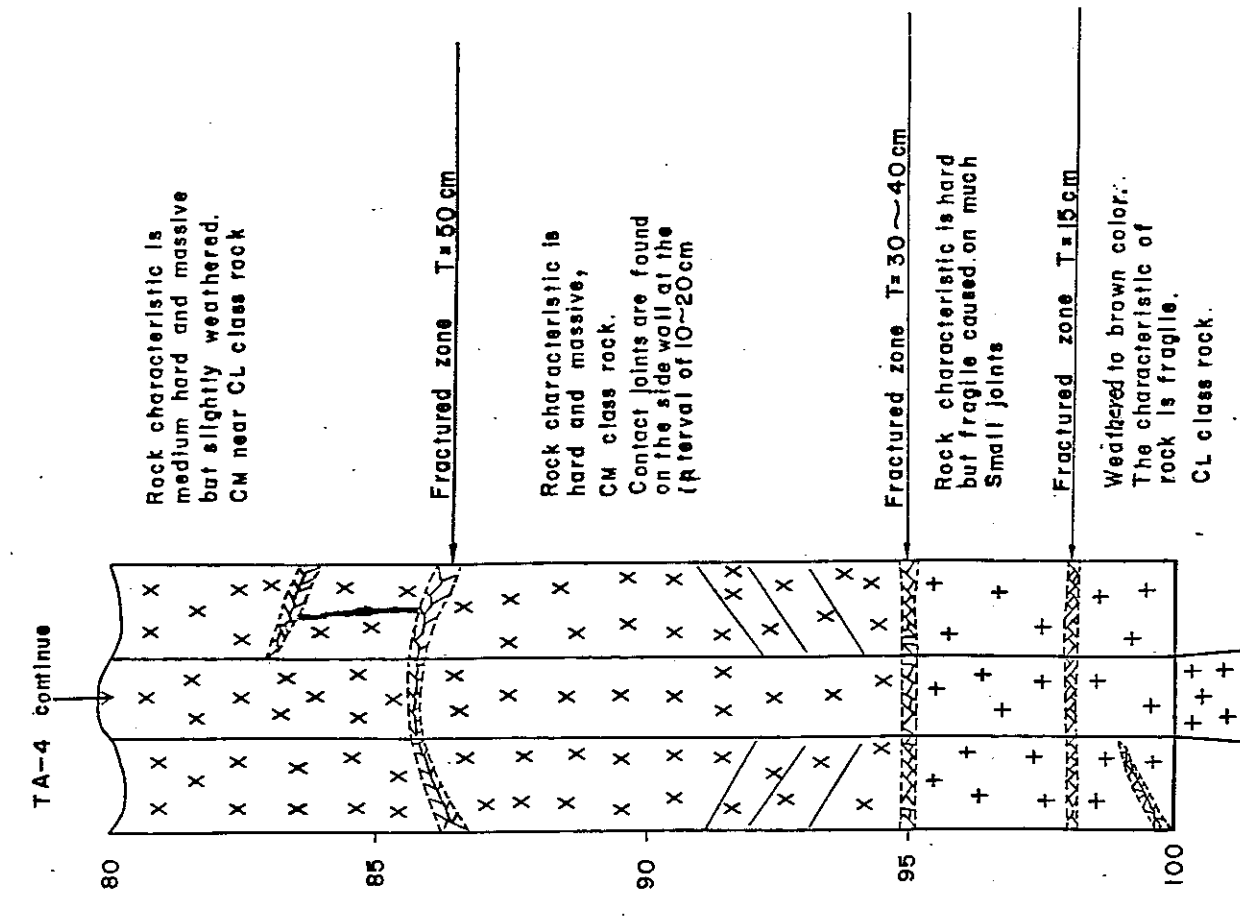
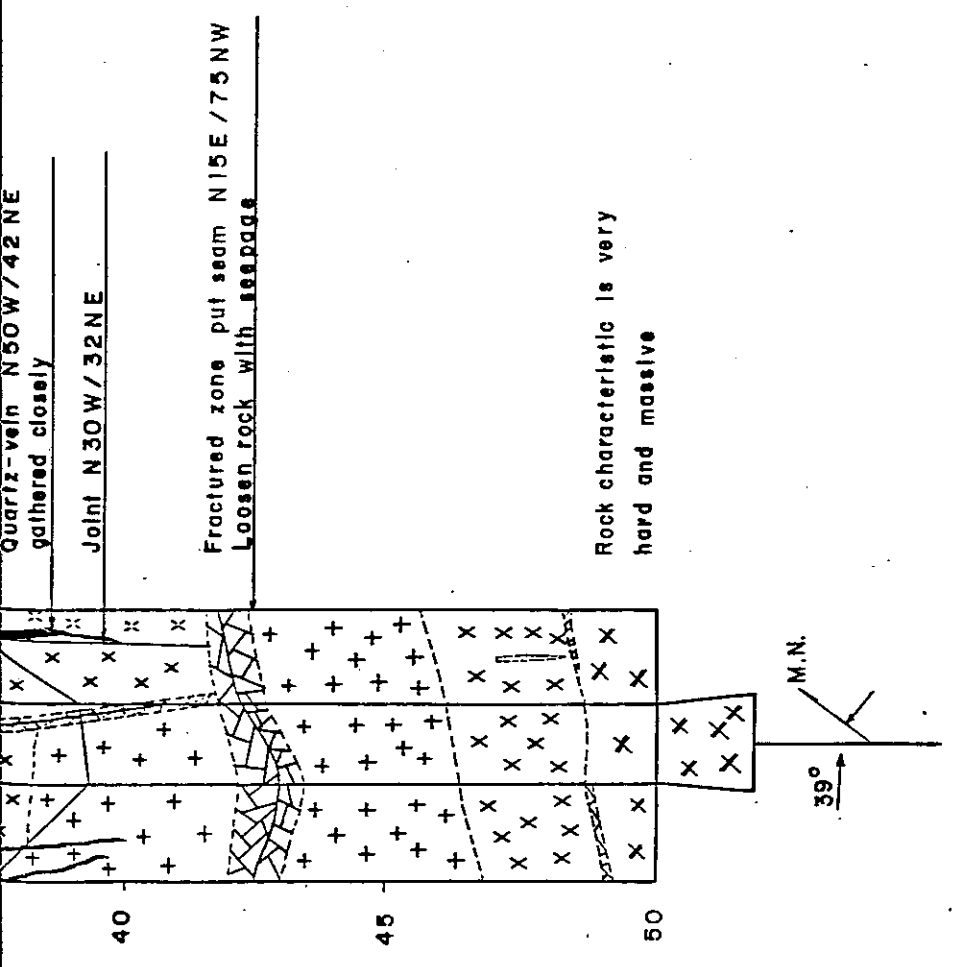
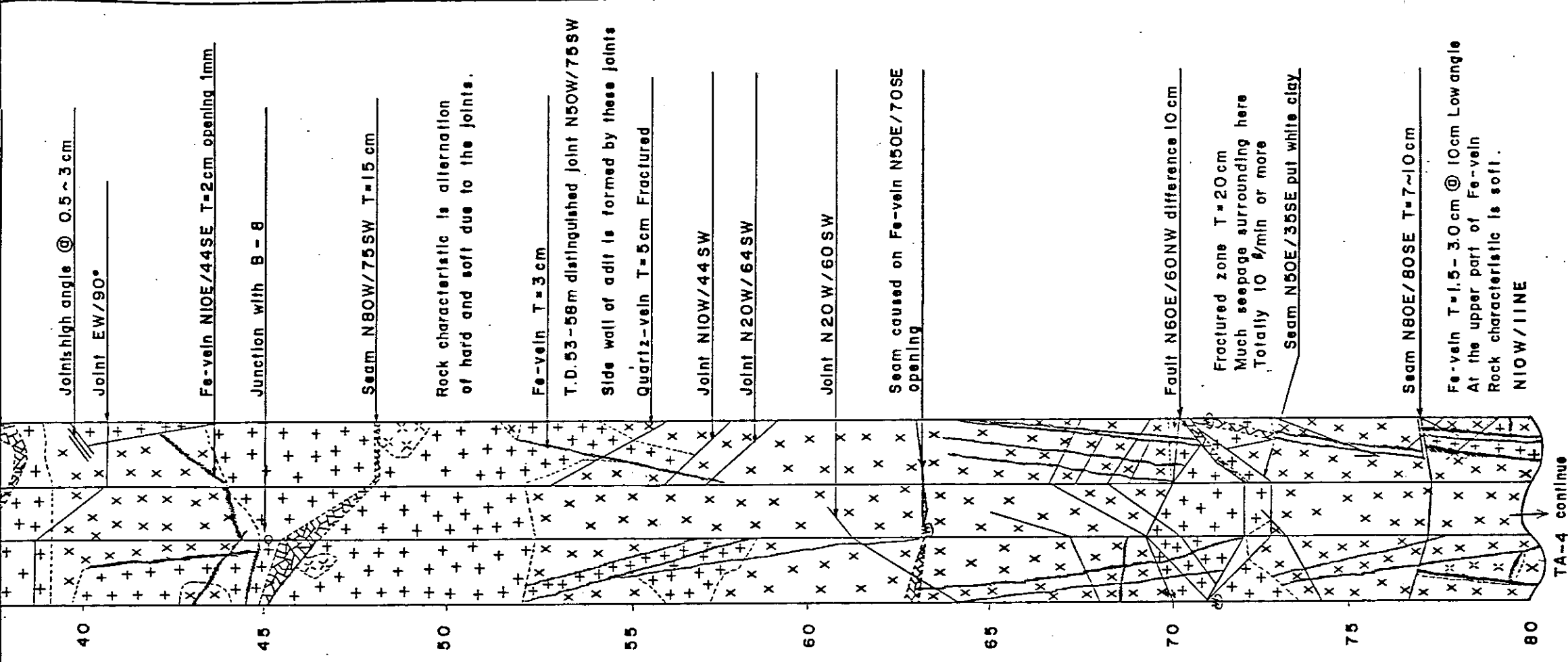
Fig. II-13.2 Geological Development of the Test Adits (Axls-4)

TA-3 (RIGHT BANK OF THE KAMPAR KANAN)  
 LENGTH : 50 M  
 ELEVATION OF PORTAL : 53.85 M  
 COORDINATE : X = 2140.84 Y = 1884.90



TA-4 (LEFT BANK OF THE KAMPAR KANAN)  
 LENGTH : 100 M  
 ELEVATION OF PORTAL : 59.98 M  
 COORDINATE : X = 2102.96 Y = 2025.77





Legend

- Top soil and Talus
- D Class
- CL Class
- CM Class
- CH Class
- Dacitic Tuff
- Rock Classification

Fig.II-14.1 Distribution Map of Permeability (Axis - I)

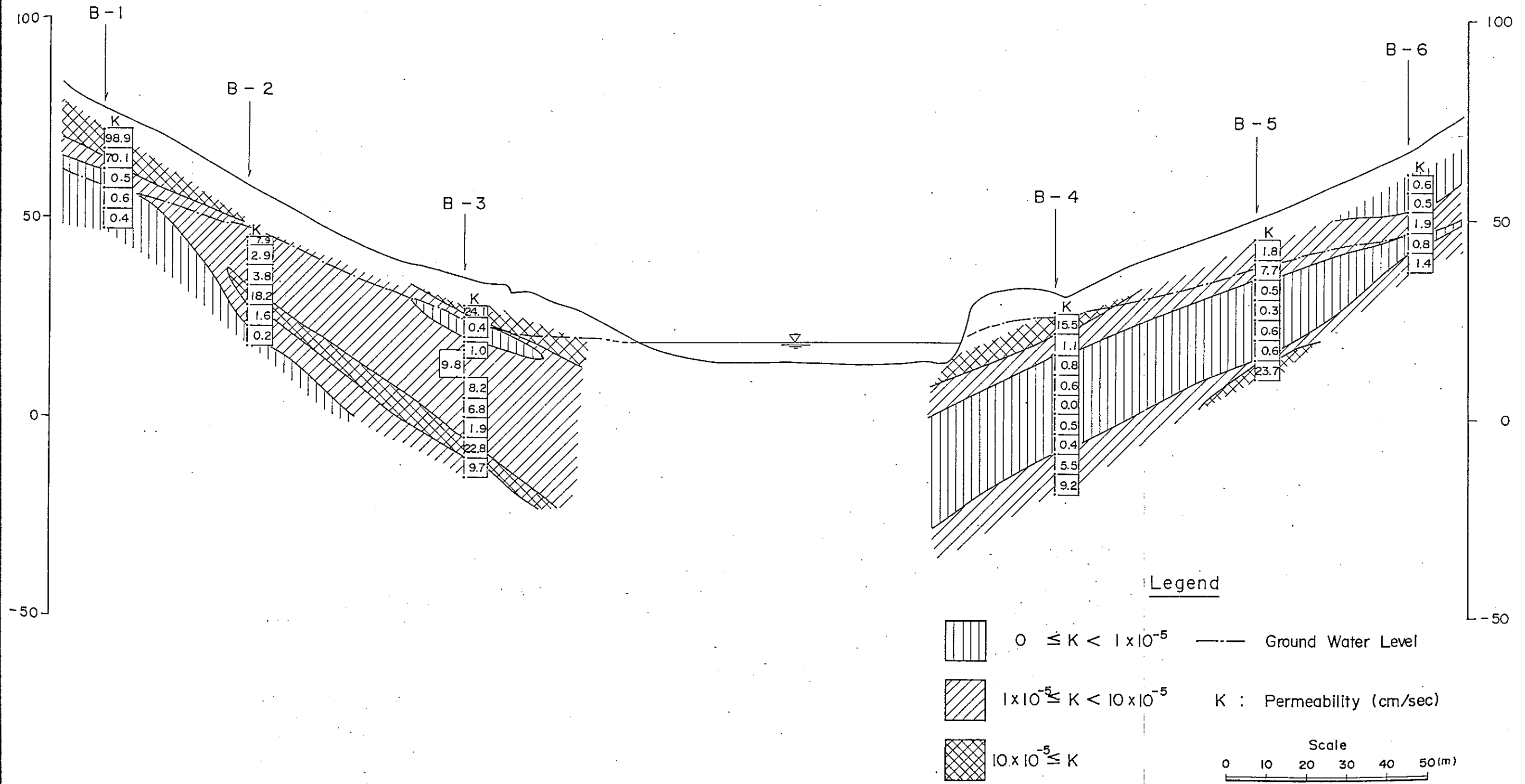
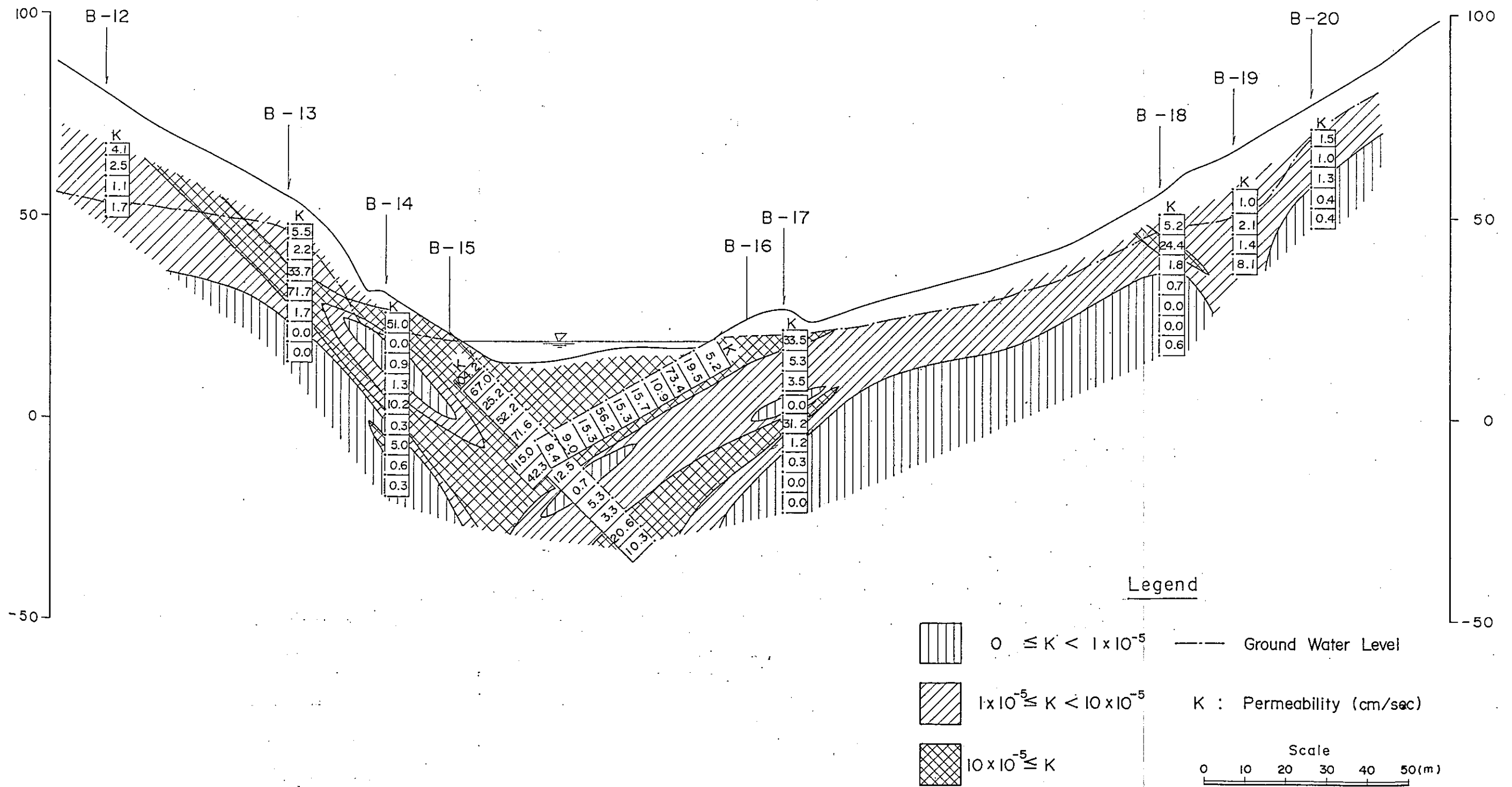






Fig. II-14.2 Distribution Map of Permeability (Axis - 3)



Legend

-   $0 \leq K < 1 \times 10^{-5}$        Ground Water Level
-   $1 \times 10^{-5} \leq K < 10 \times 10^{-5}$       K : Permeability (cm/sec)
-   $10 \times 10^{-5} \leq K$

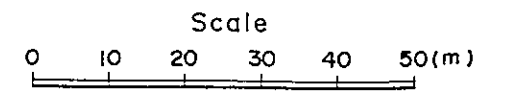


Fig.II-143 Distribution Map of Permeability ( Axis - 4 )

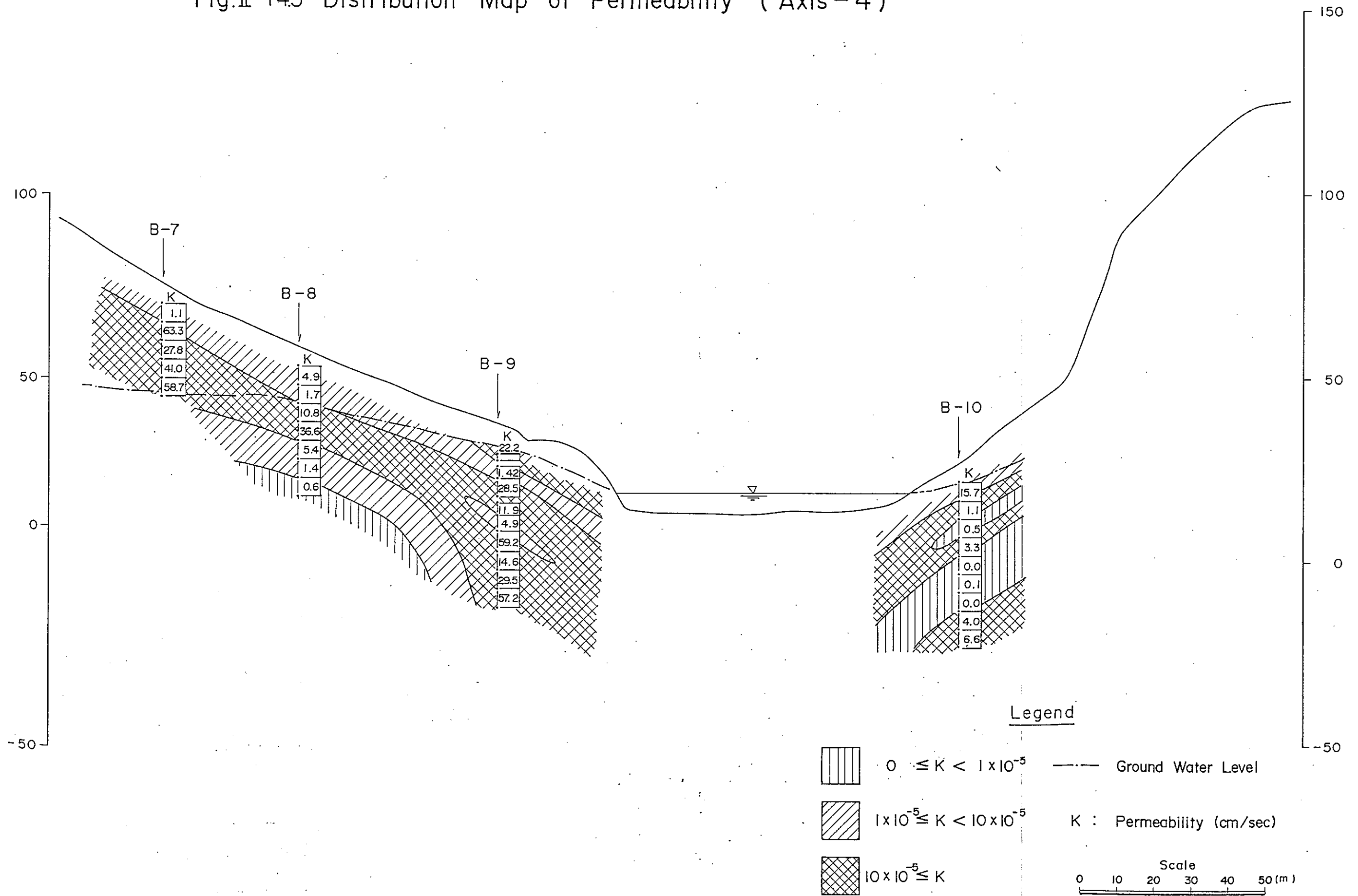
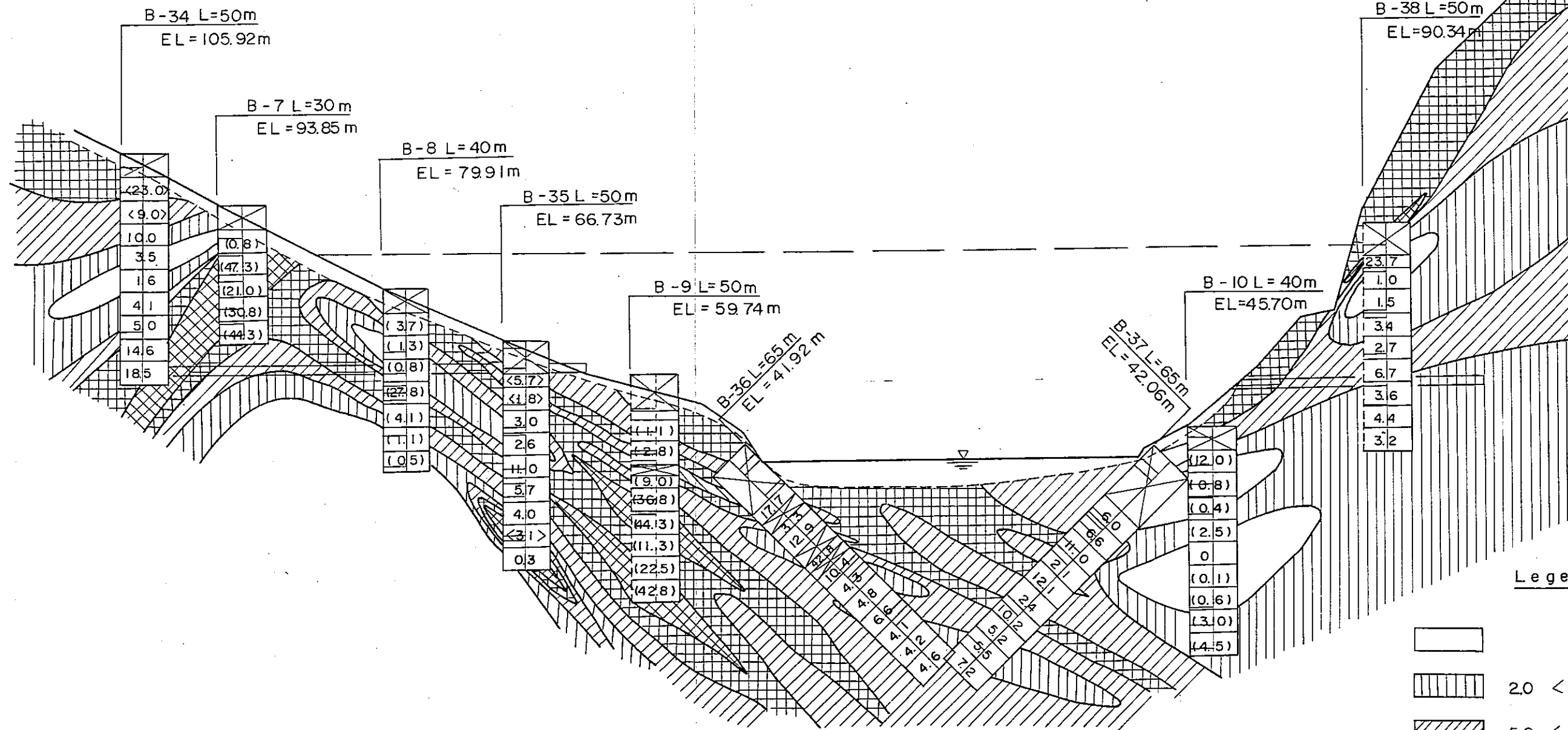


Fig II - 14.4 Lugeon Map ( Axis - 4 )

150  
100  
50  
0  
-50



Legend

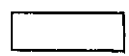

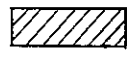


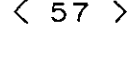
-  20 <
-  50 <
-  100 <
-  200 <
-  < 57 > Lugeon
-  ( 2.8 ) Lugeon from pe



Fig II - 14.4 Lugeon Map (Axis - 4)

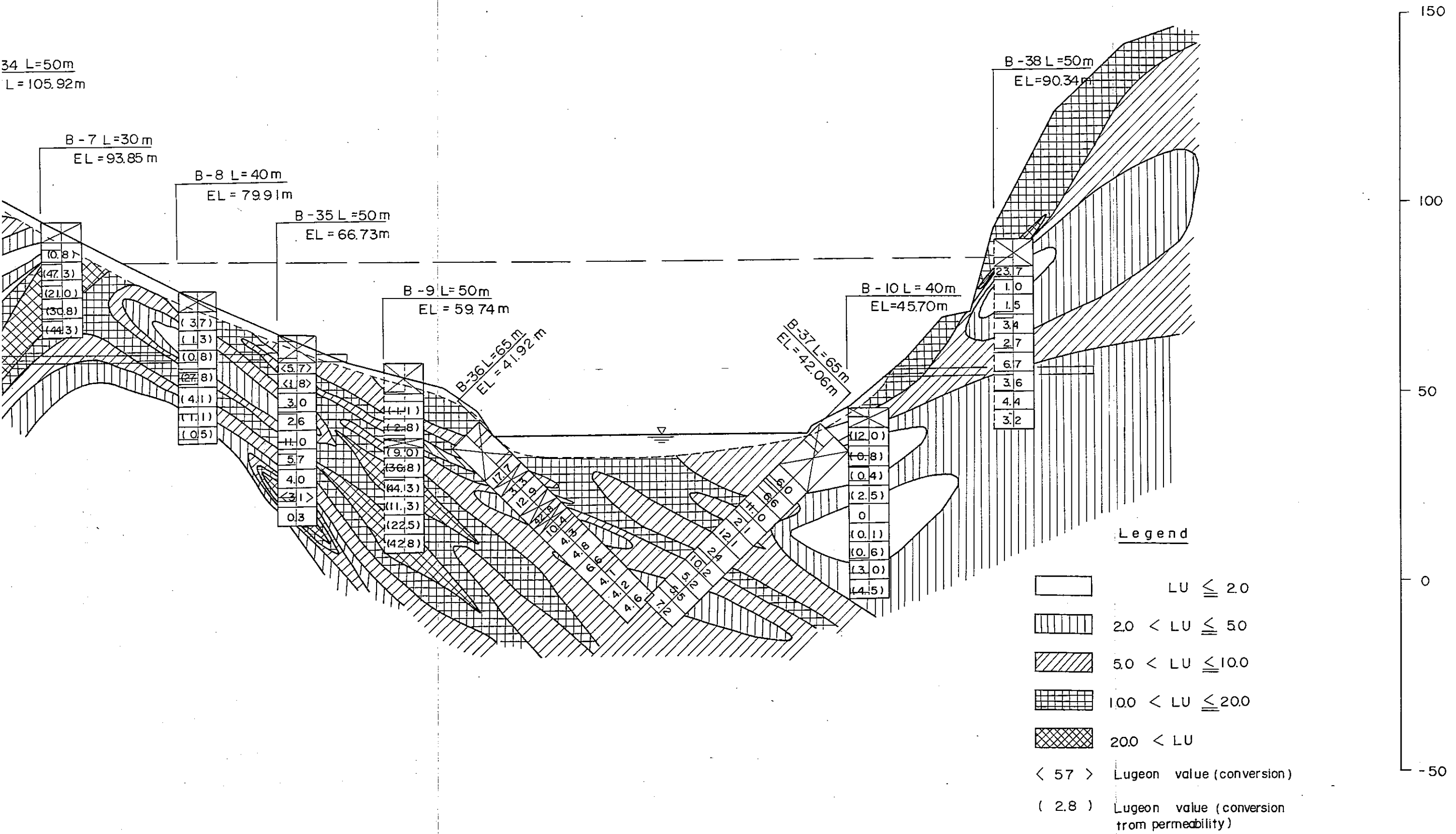
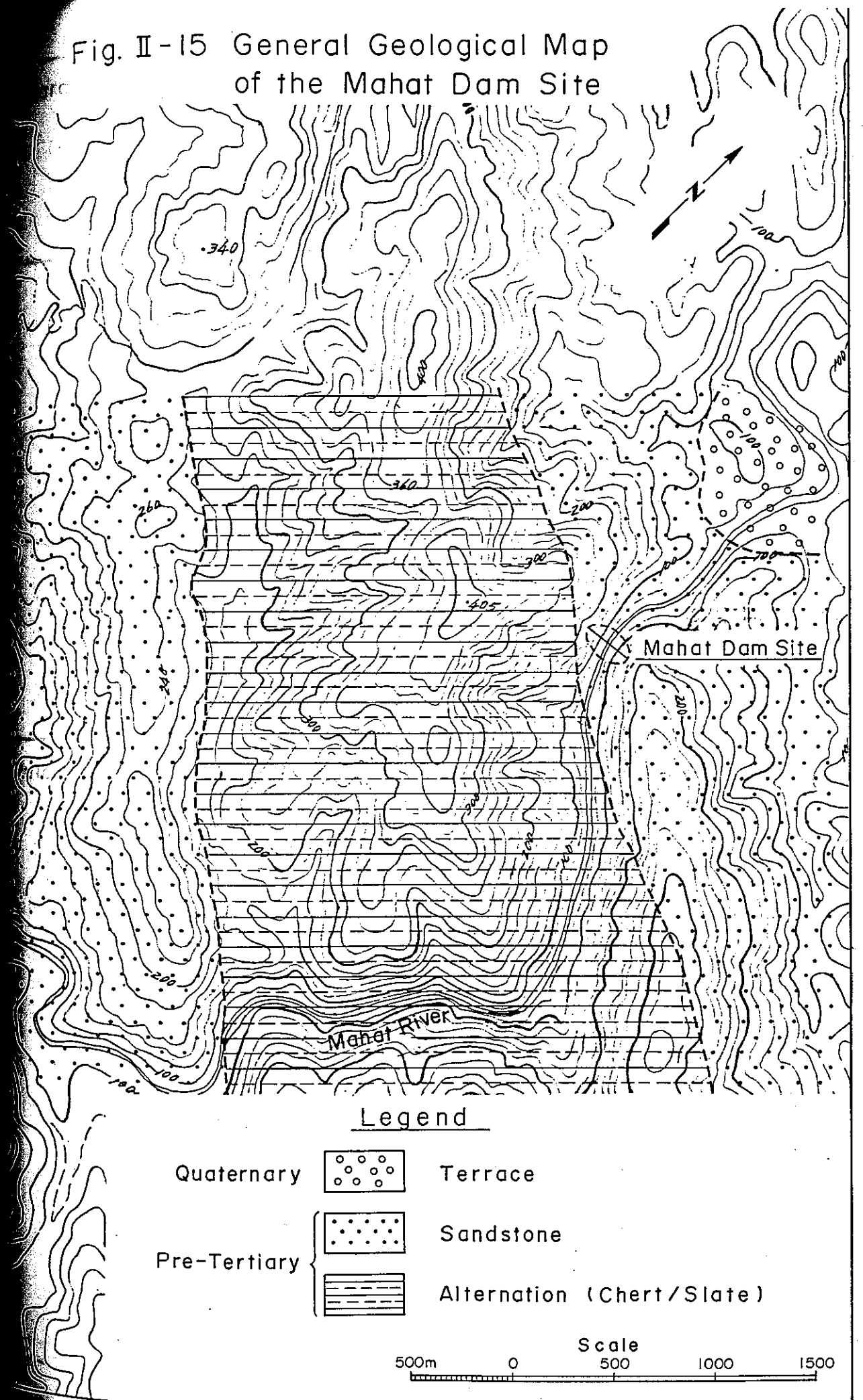


Fig. II-15 General Geological Map of the Mahat Dam Site



Legend

- |              |  |                           |
|--------------|--|---------------------------|
| Quaternary   |  | Terrace                   |
| Pre-Tertiary |  | Sandstone                 |
|              |  | Alternation (Chert/Slate) |

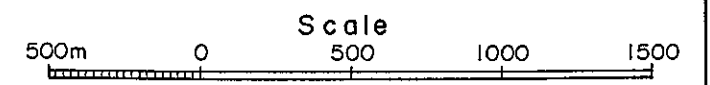
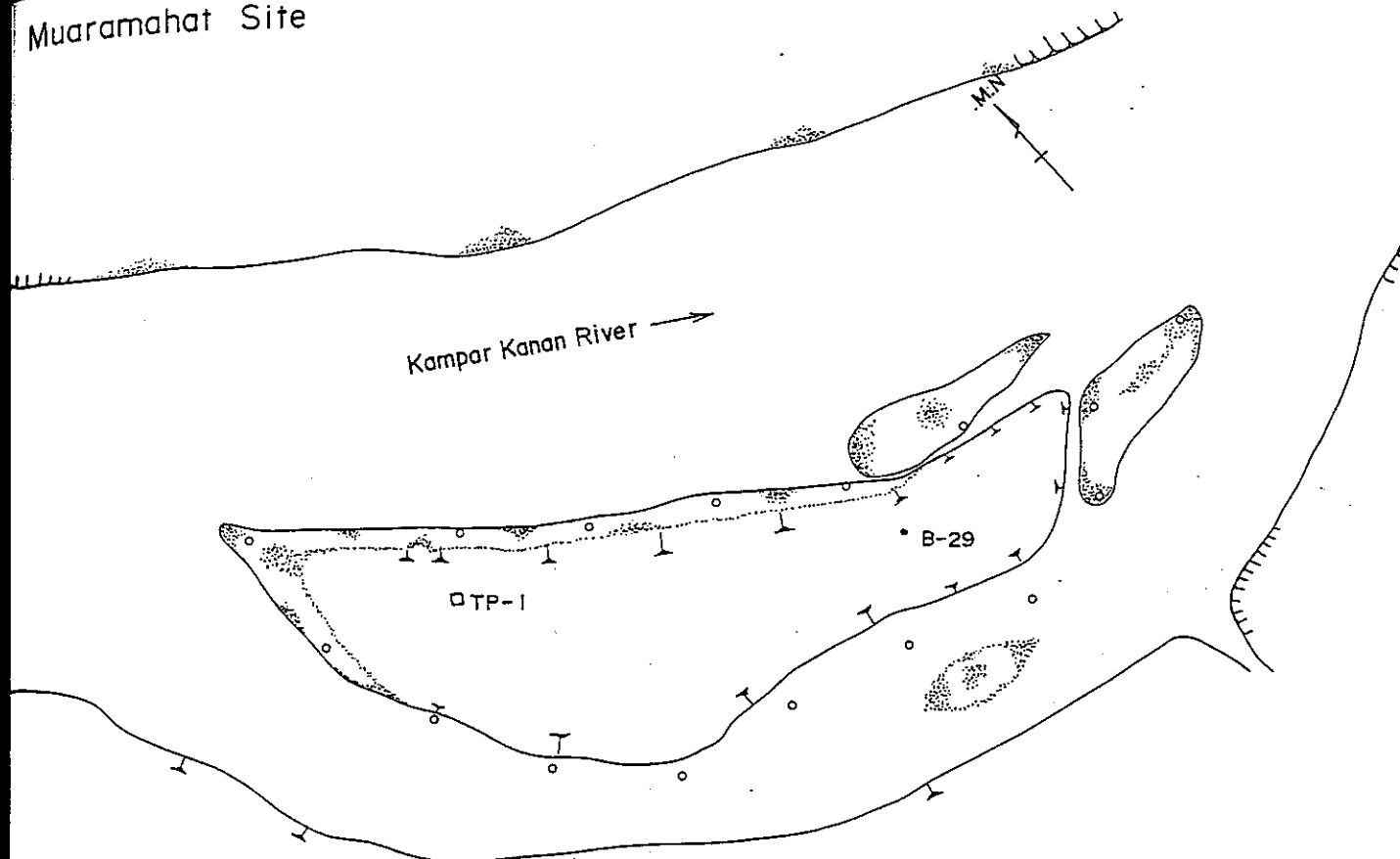


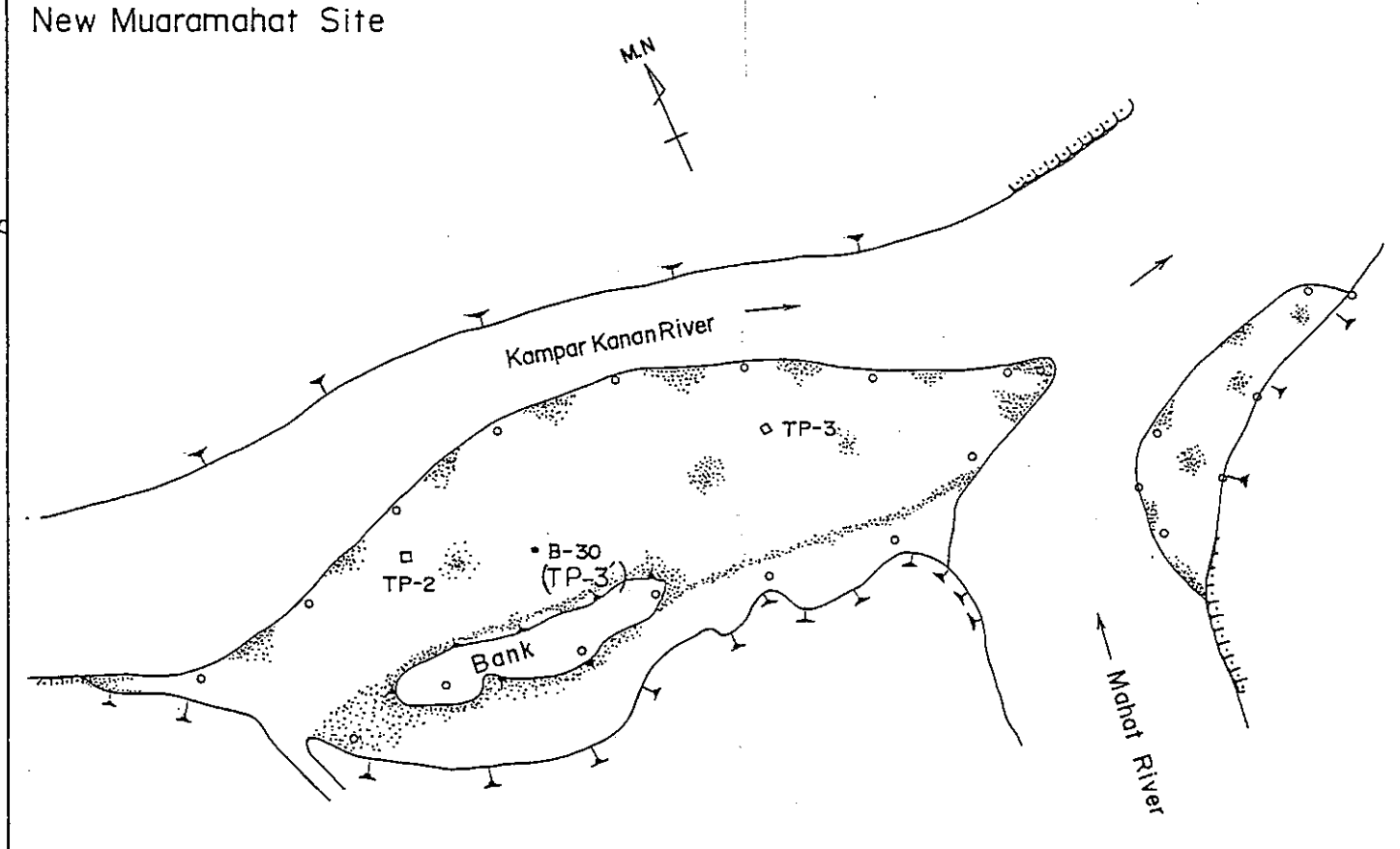
Fig. II-16 Outline Map of Sand and Gravel Sites

S = 1:800

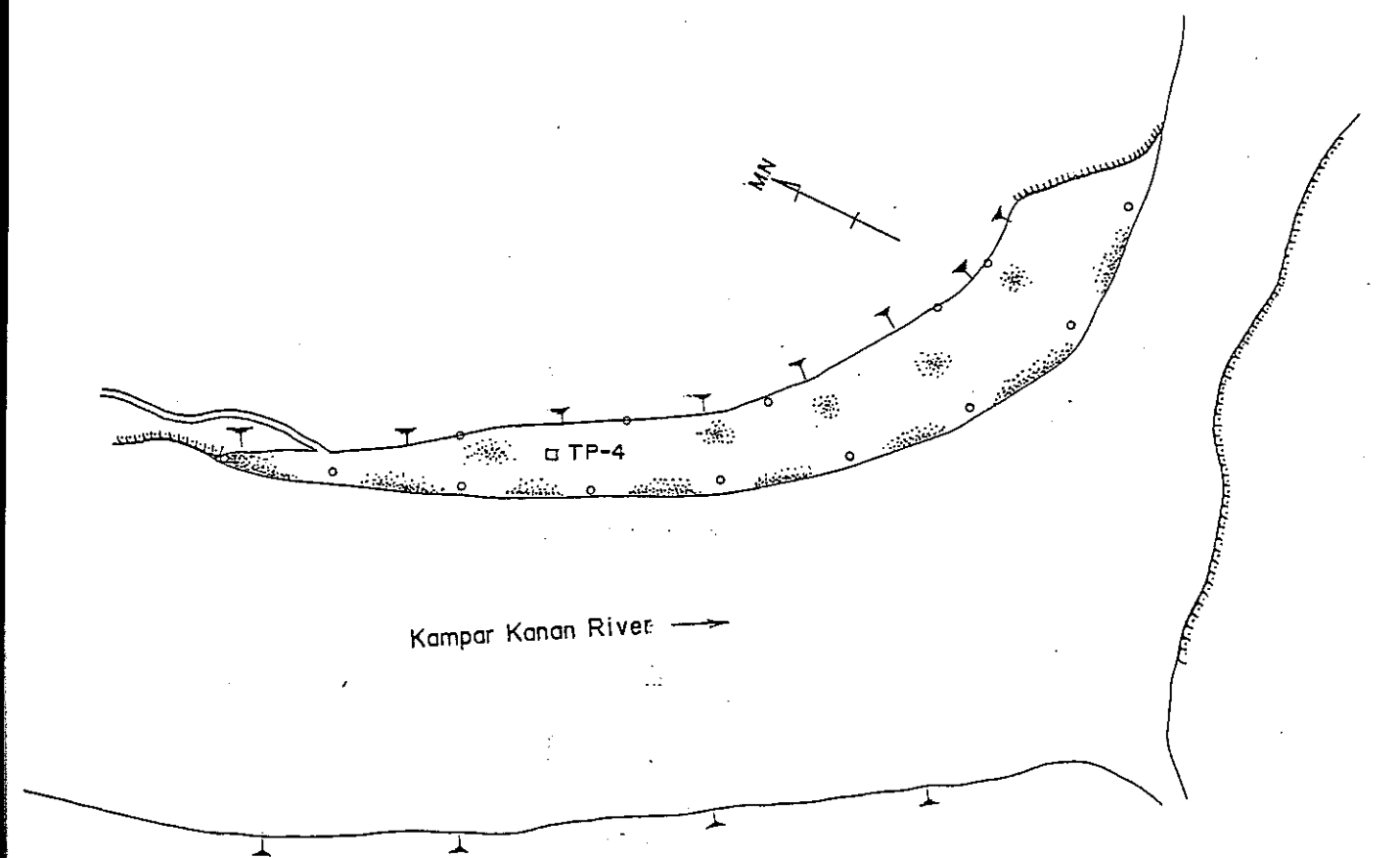
Muaramahat Site



New Muaramahat Site



Pulaugadang Site



Kuok Site

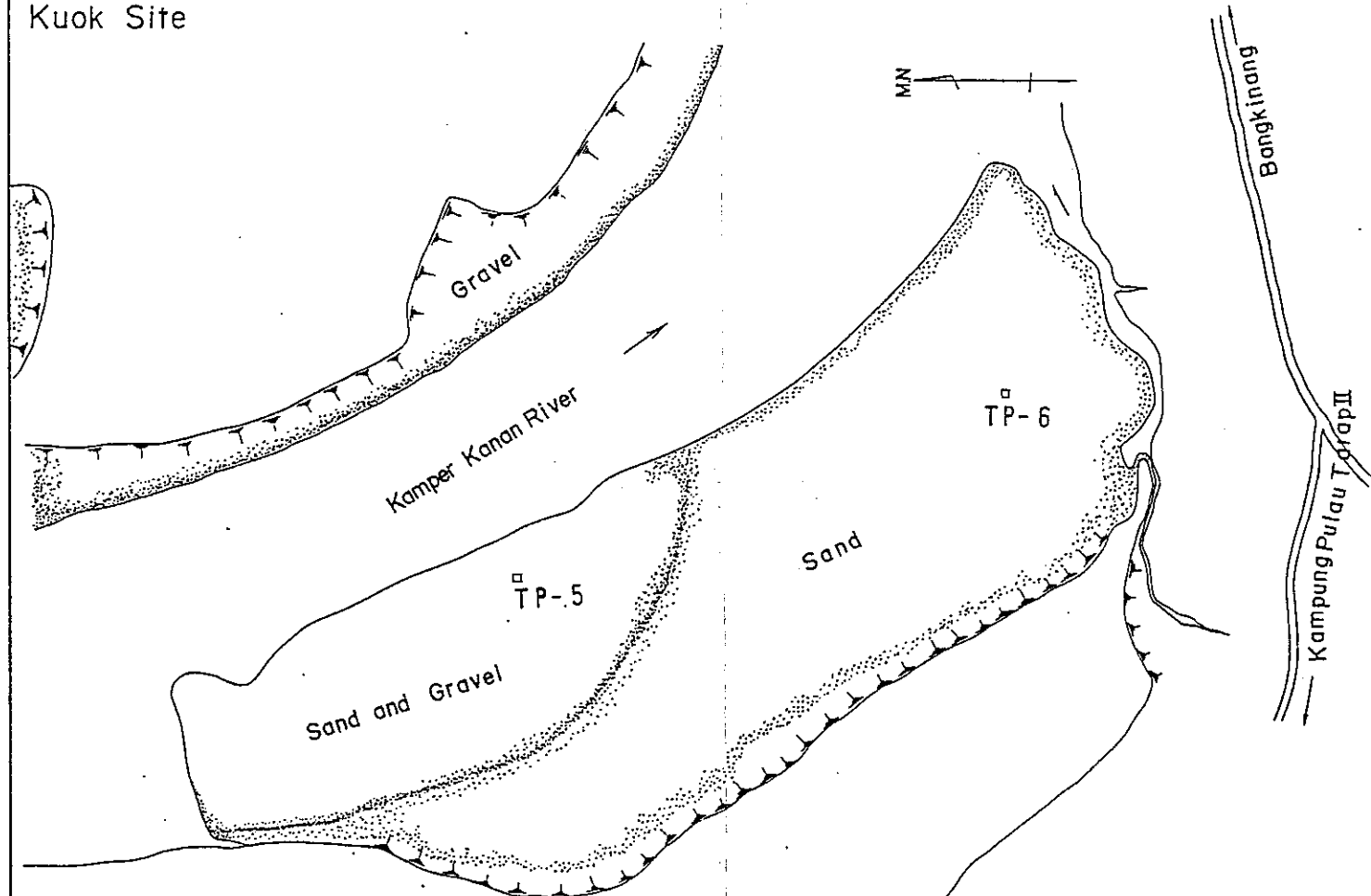
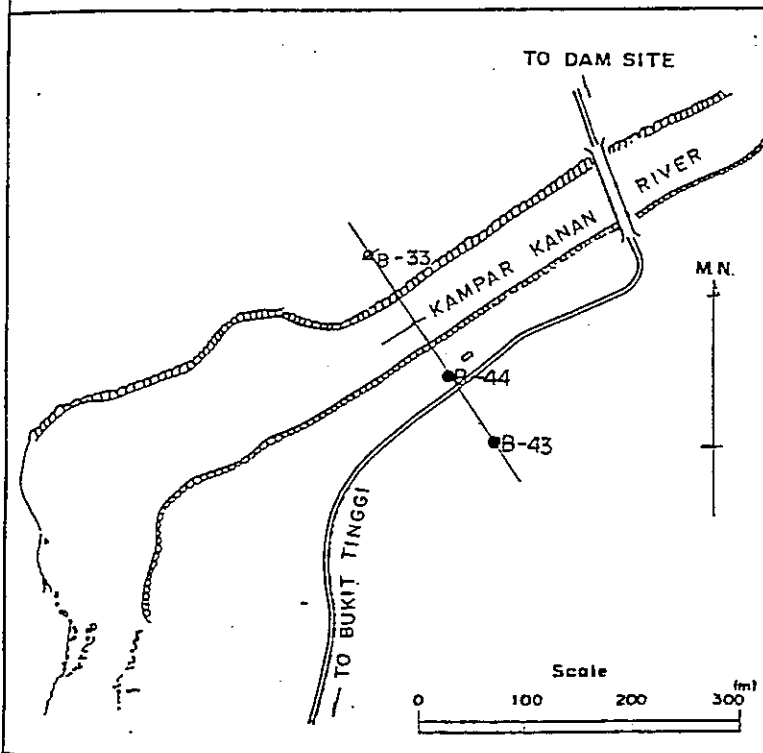
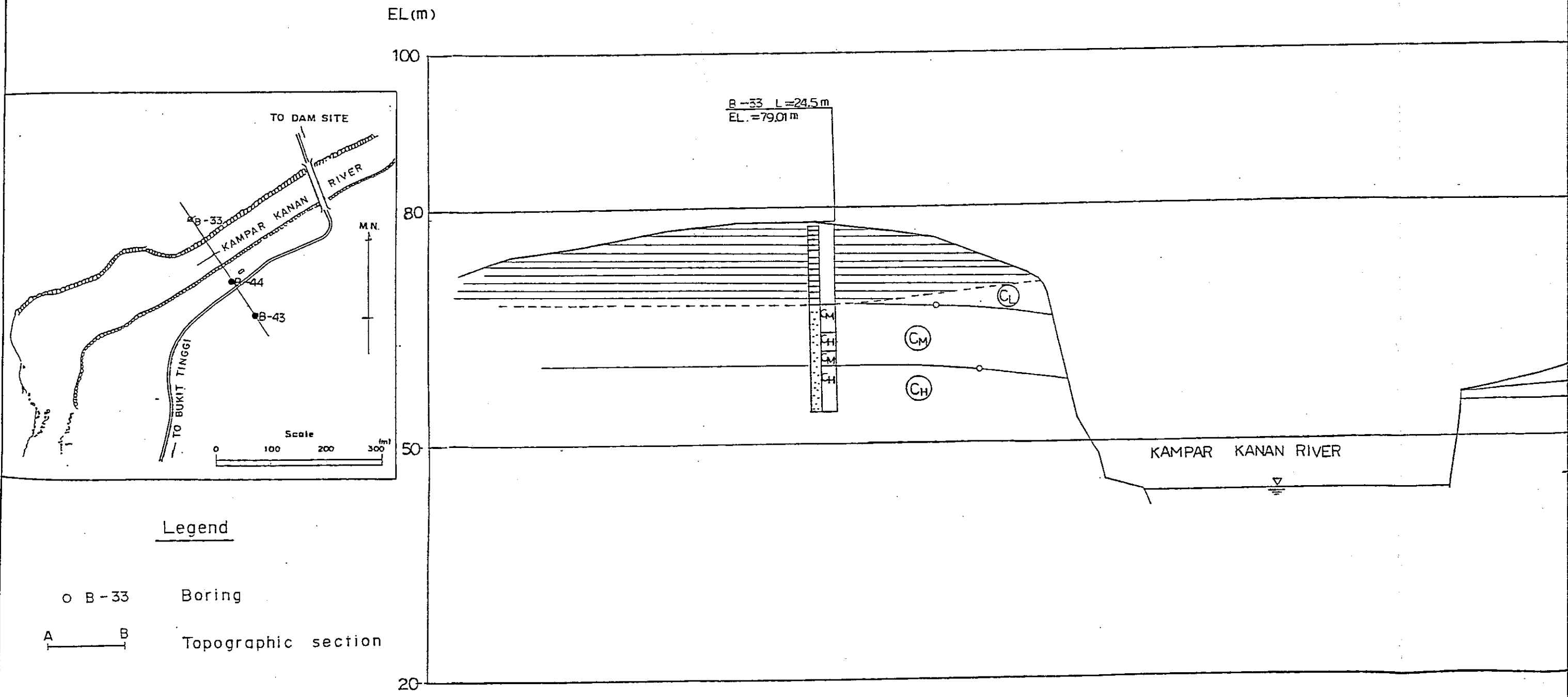


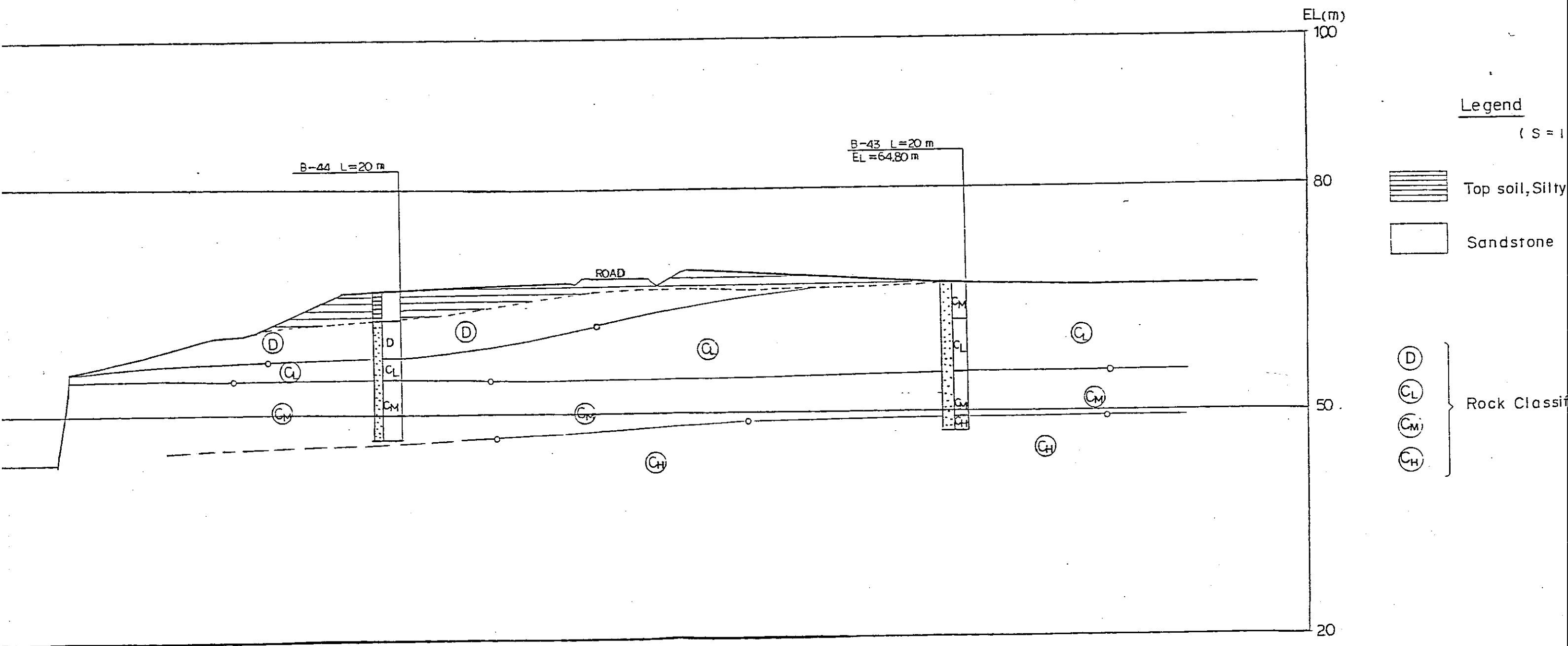
Fig.II-17 Location and Geo



Legend

- o B-33 Boring
- A — B Topographic section

Location and Geological Profile (QR-I)



(QR-I)

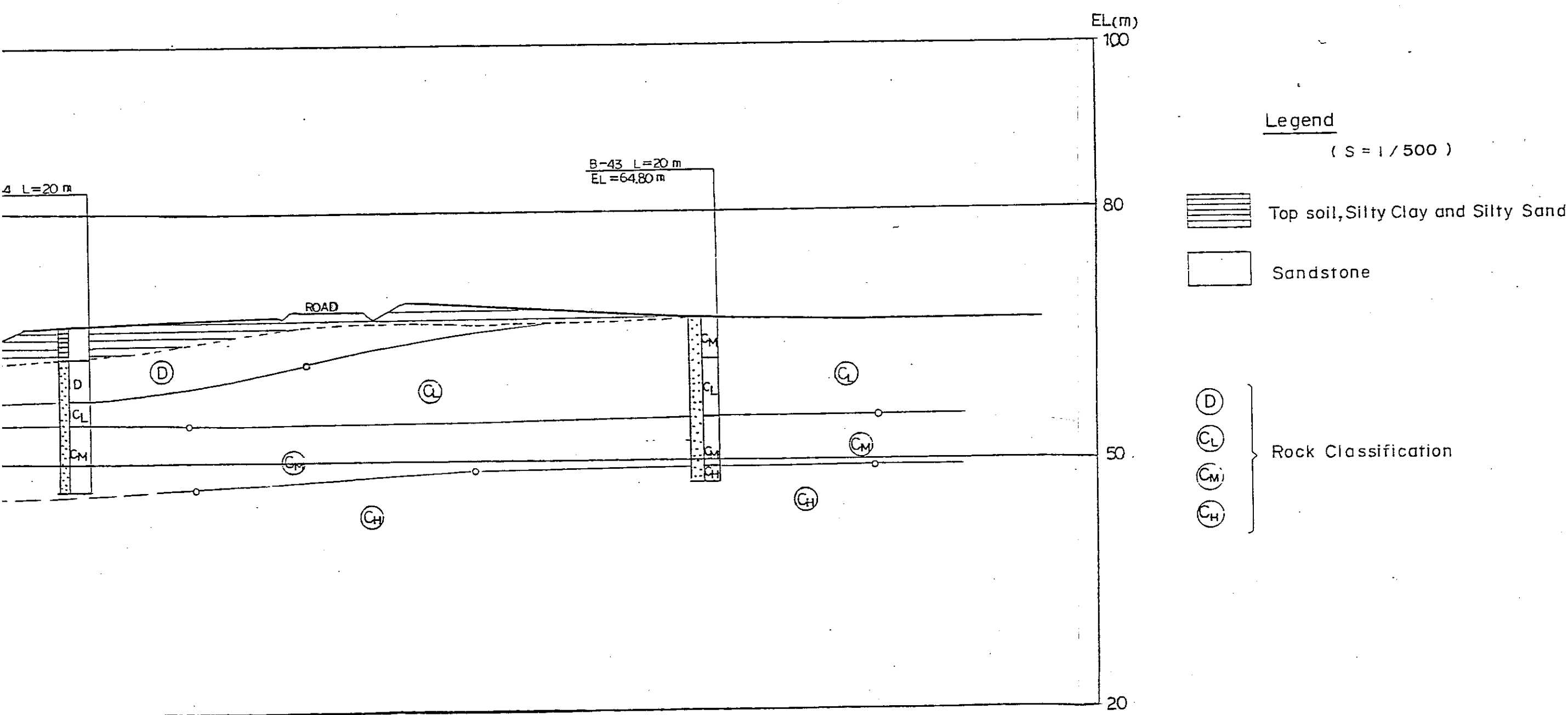


Fig. II-18

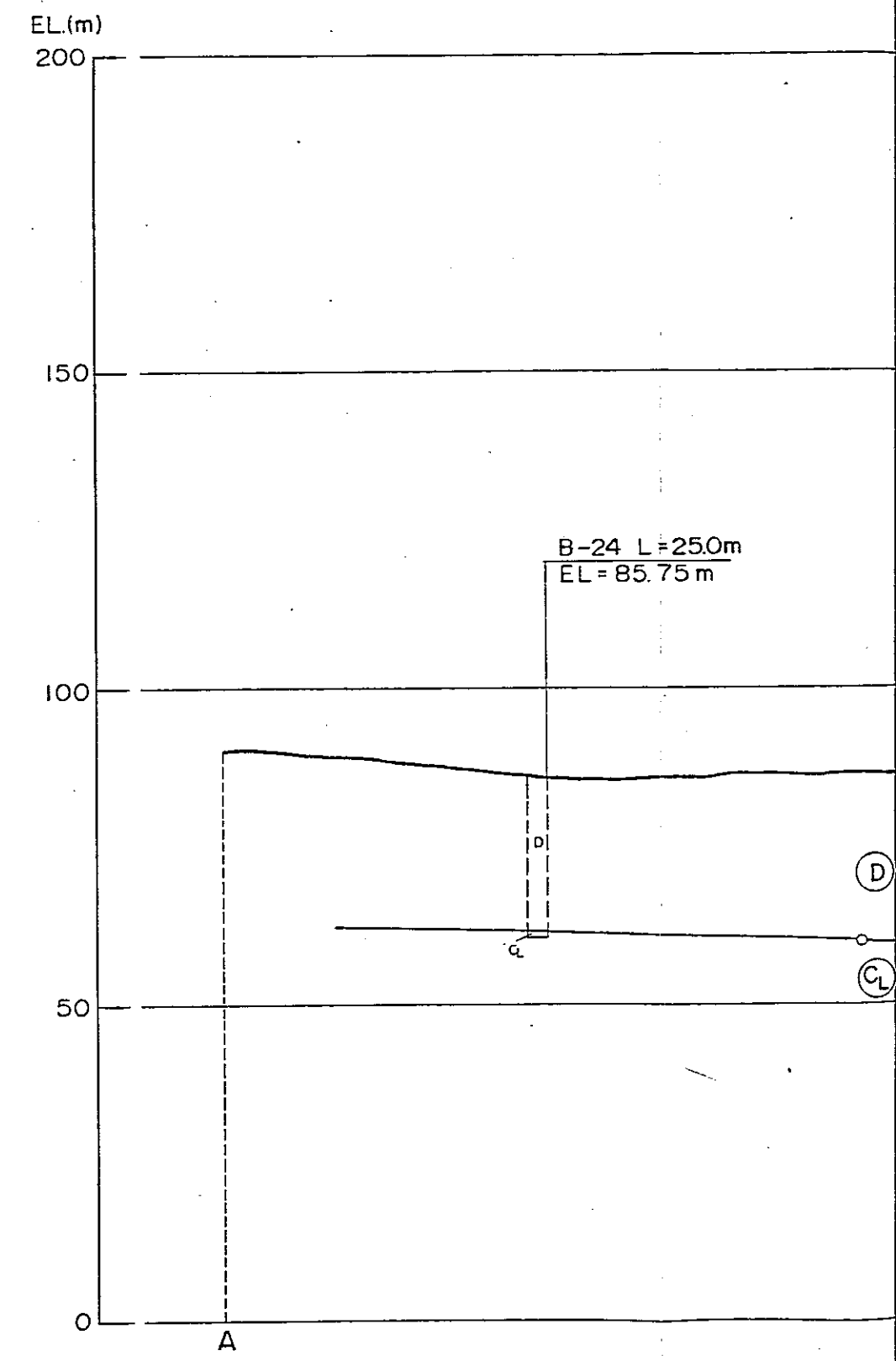
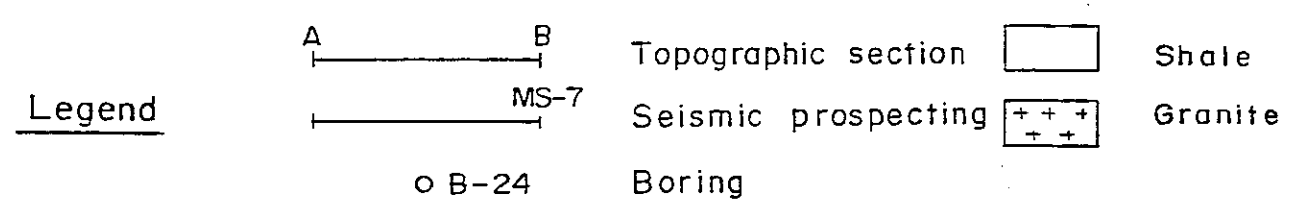
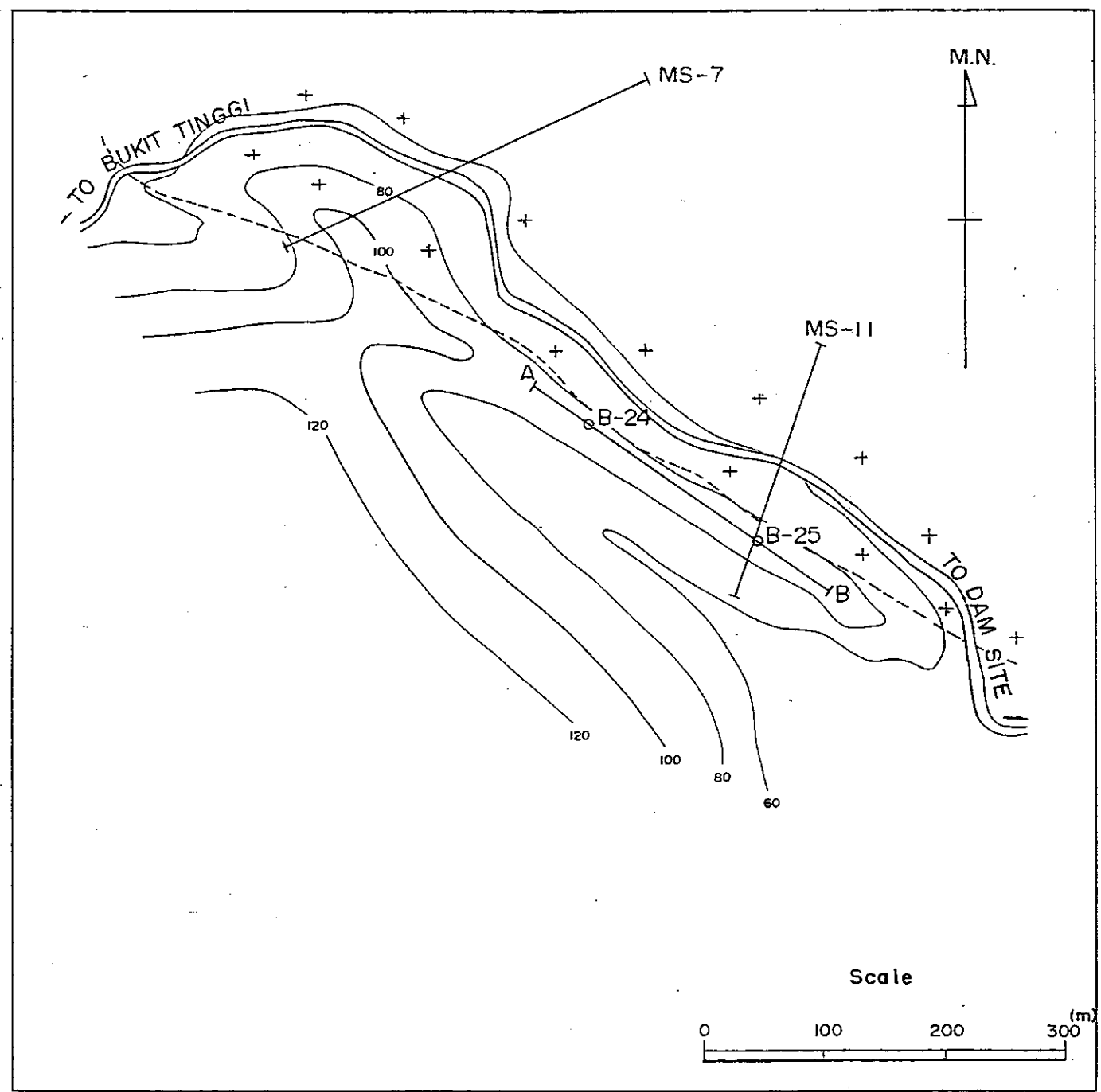
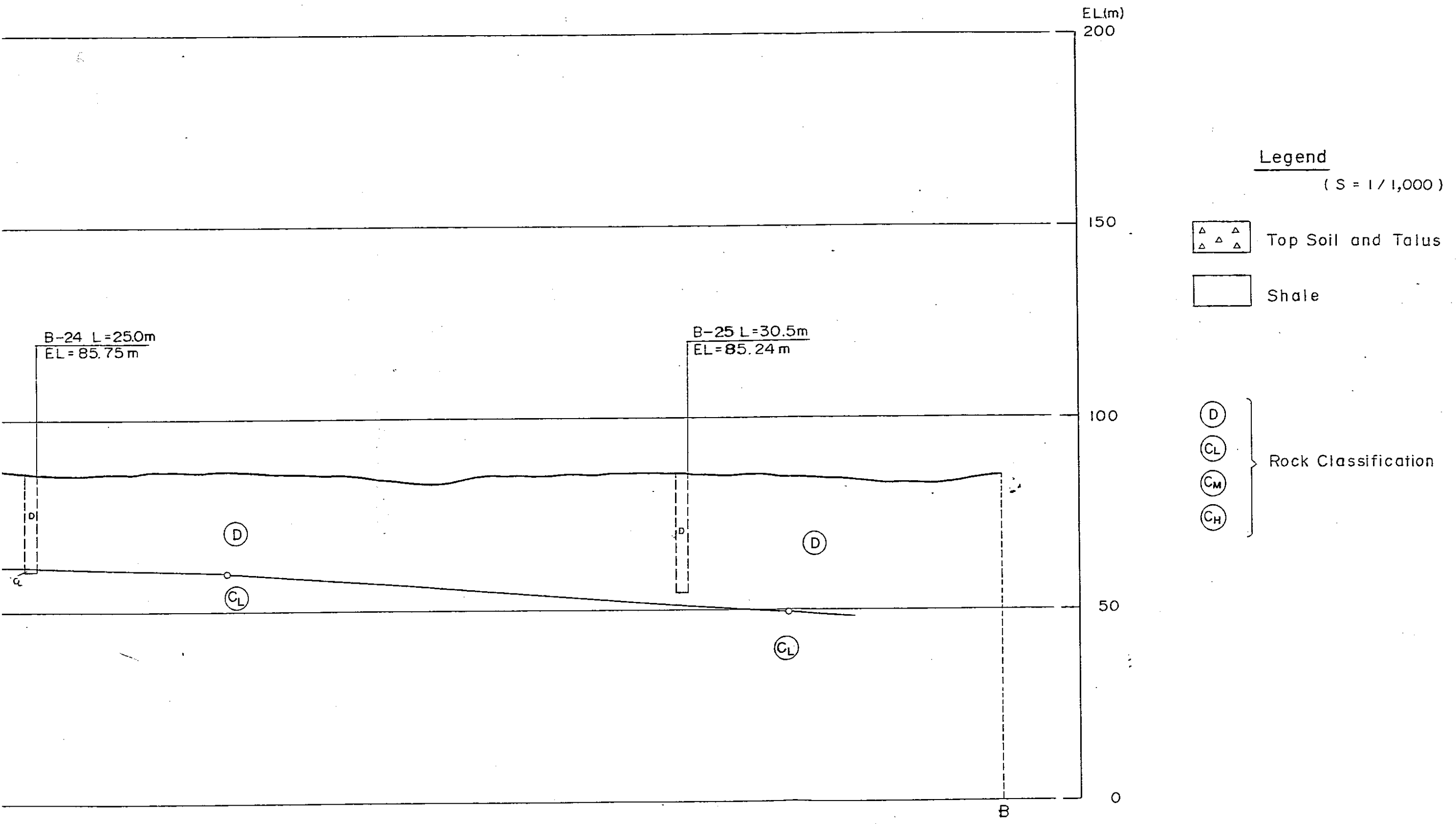
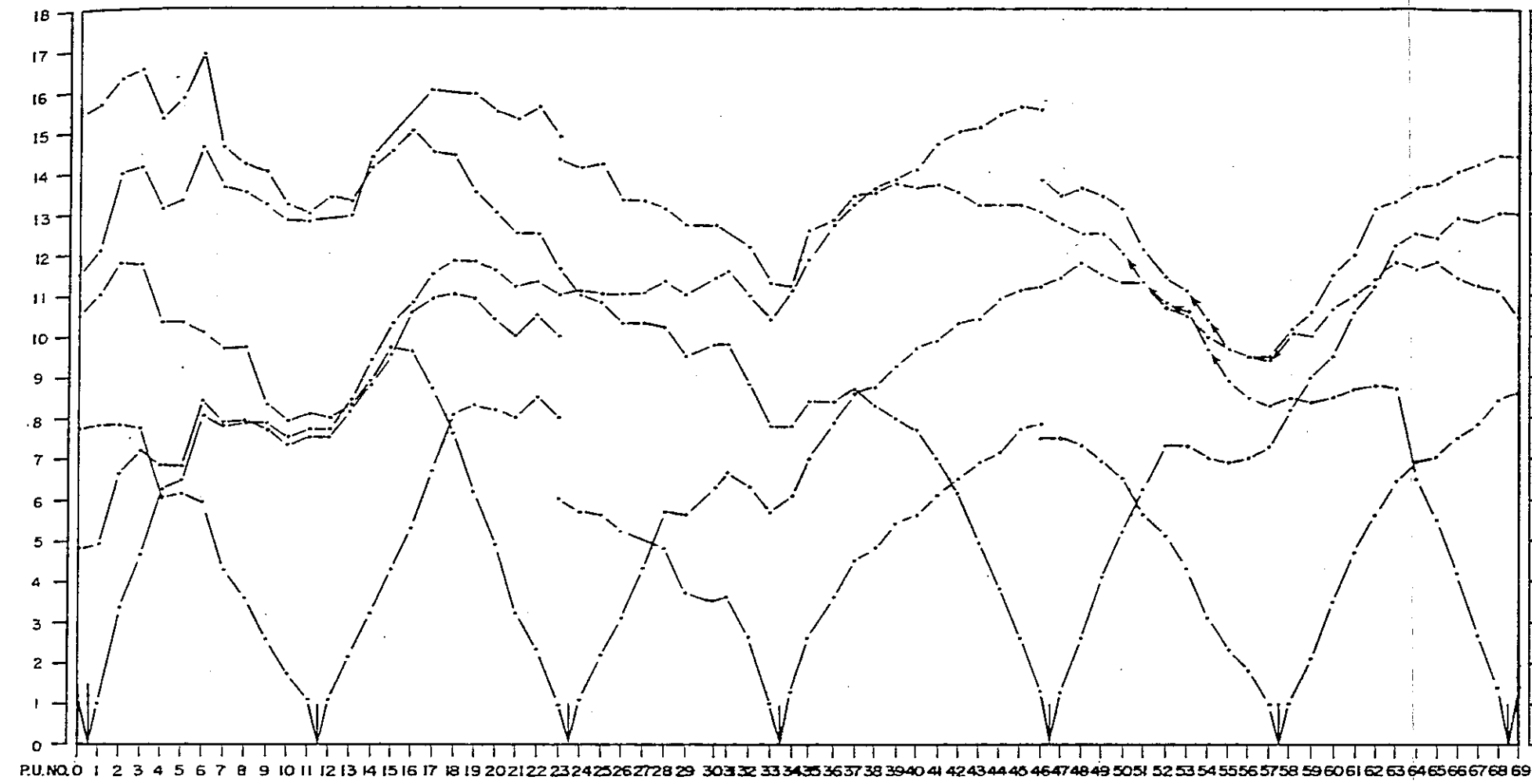


Fig.II-18 Location and Geological Profile (QR-II)





TIME ( $\times 10^{-2}$  sec)



TIME ( $\times 10^{-2}$  sec)

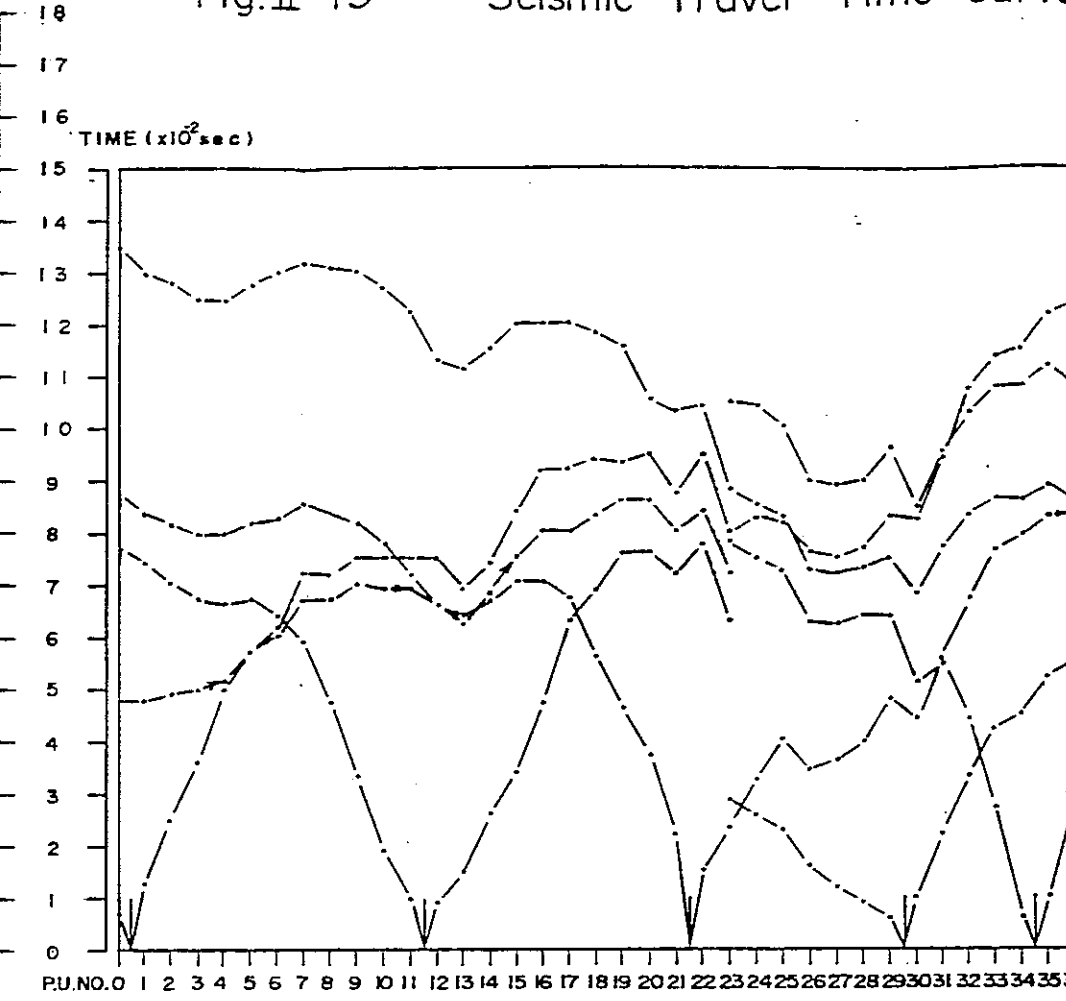
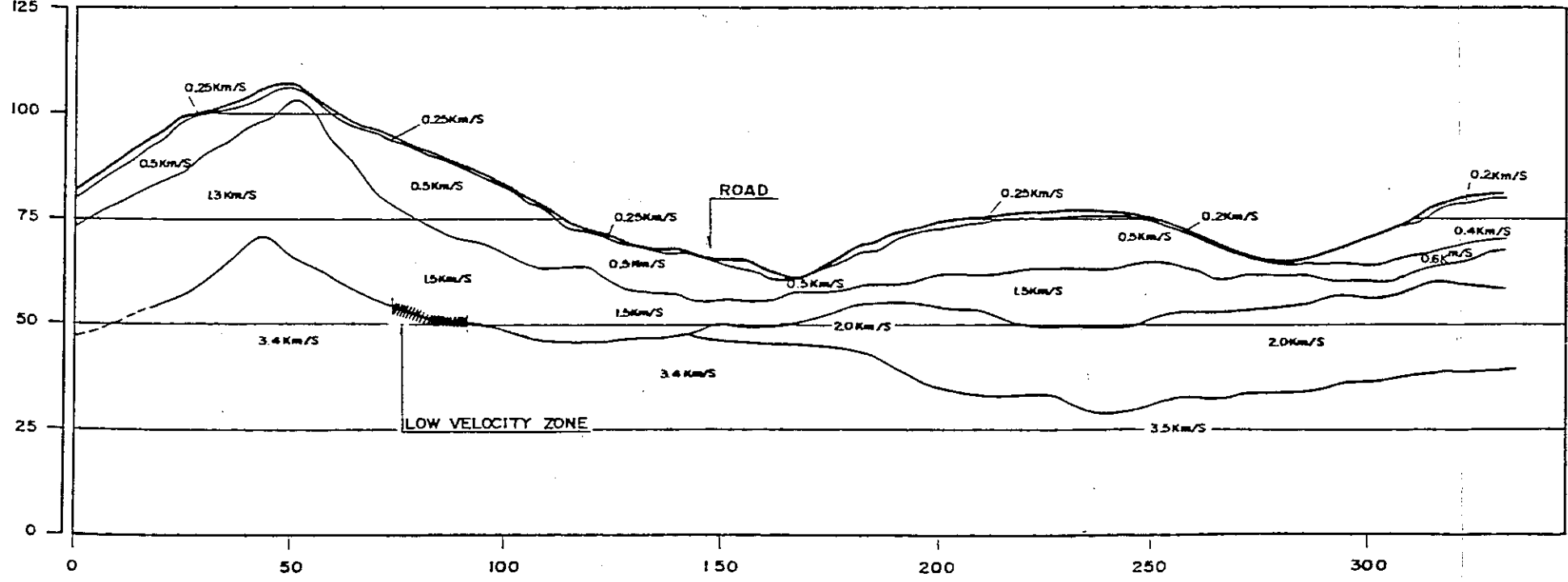


Fig. II-19

Seismic Travel-Time Curve

EL. (m)



EL. (m)

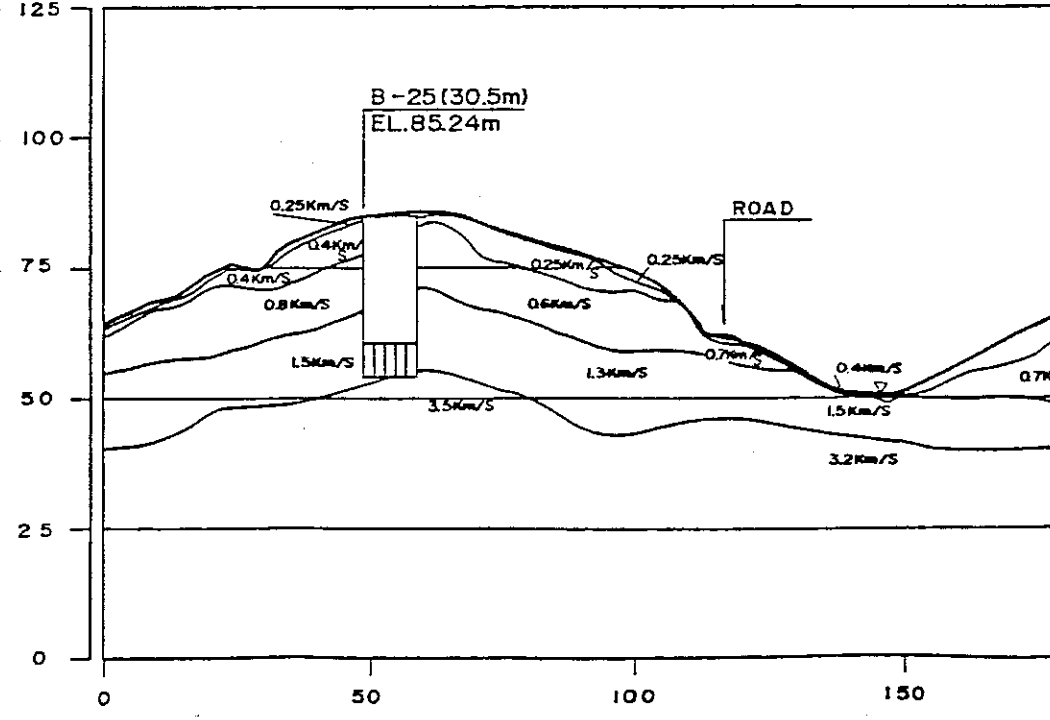
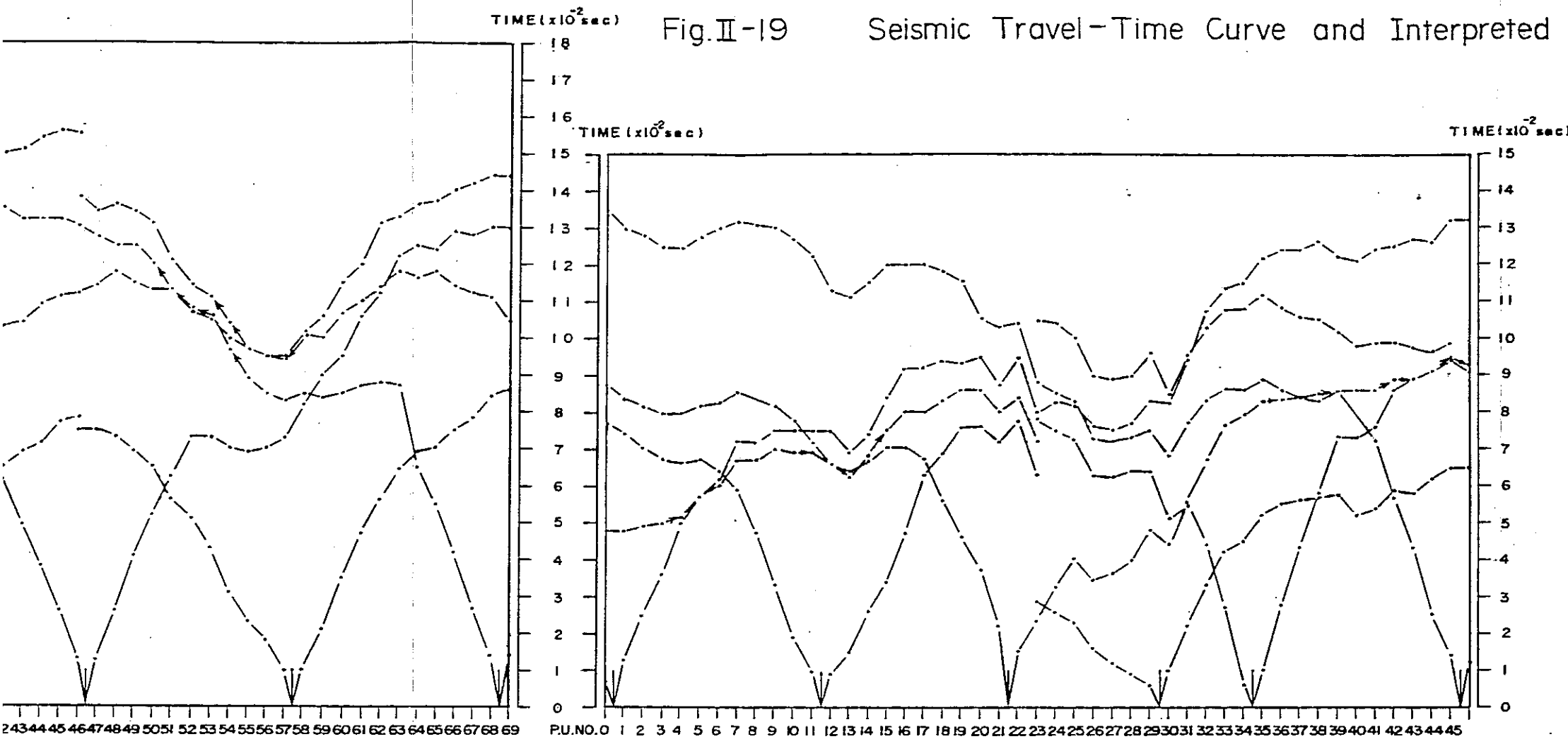
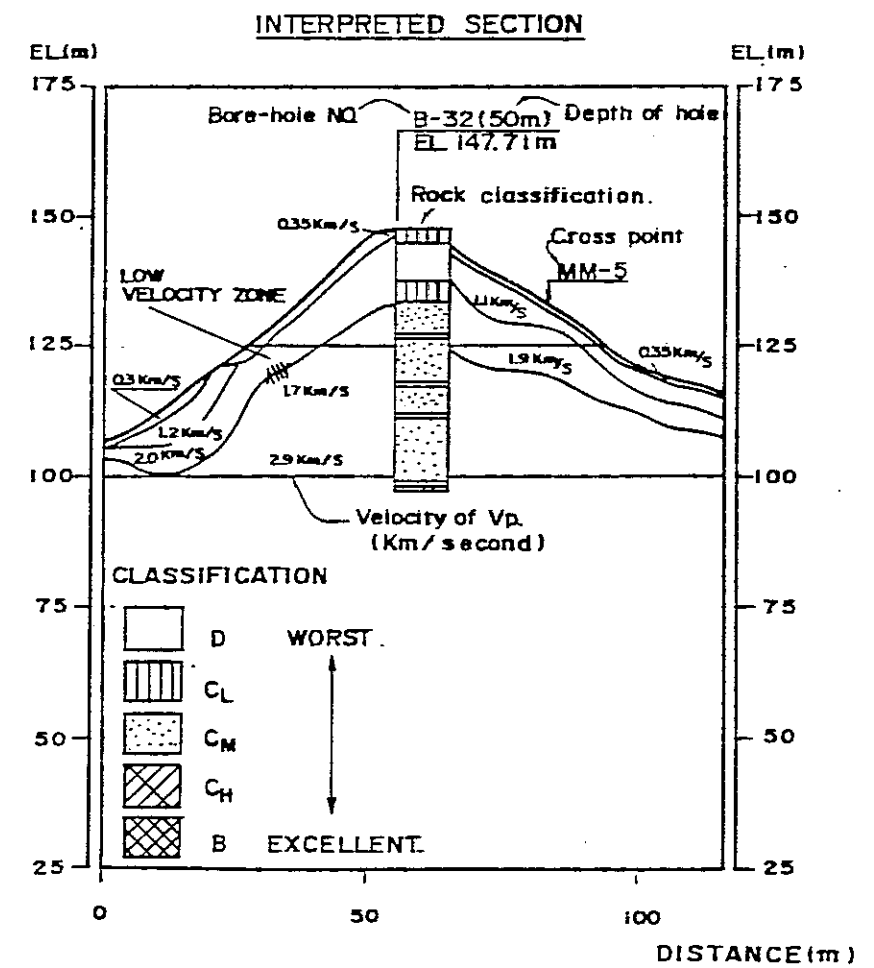
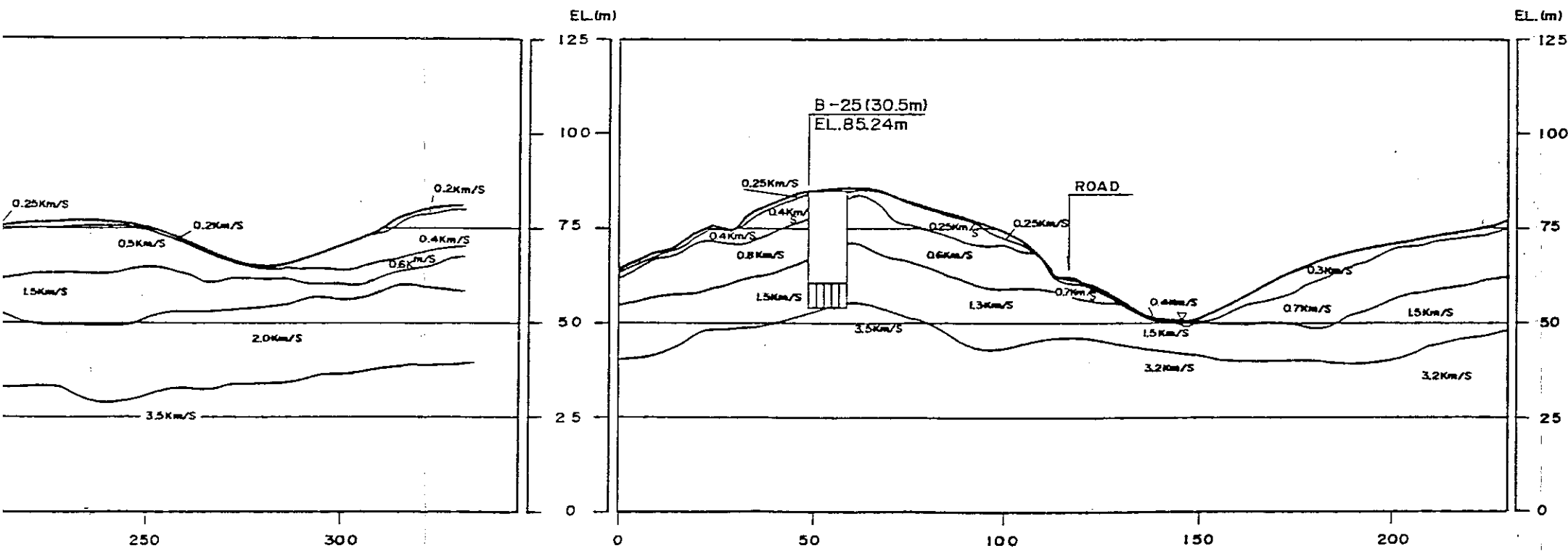
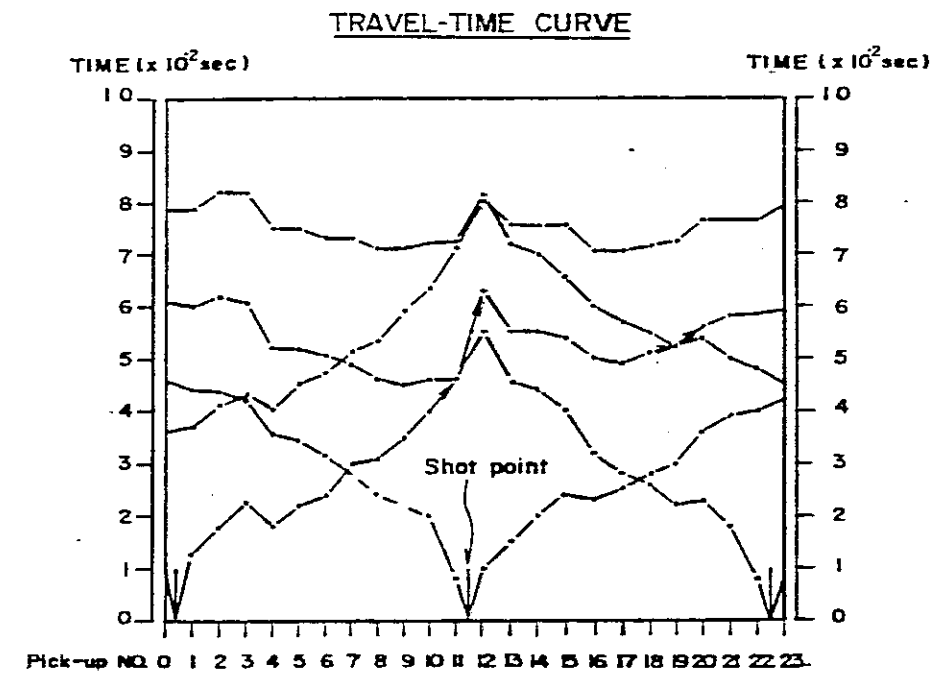


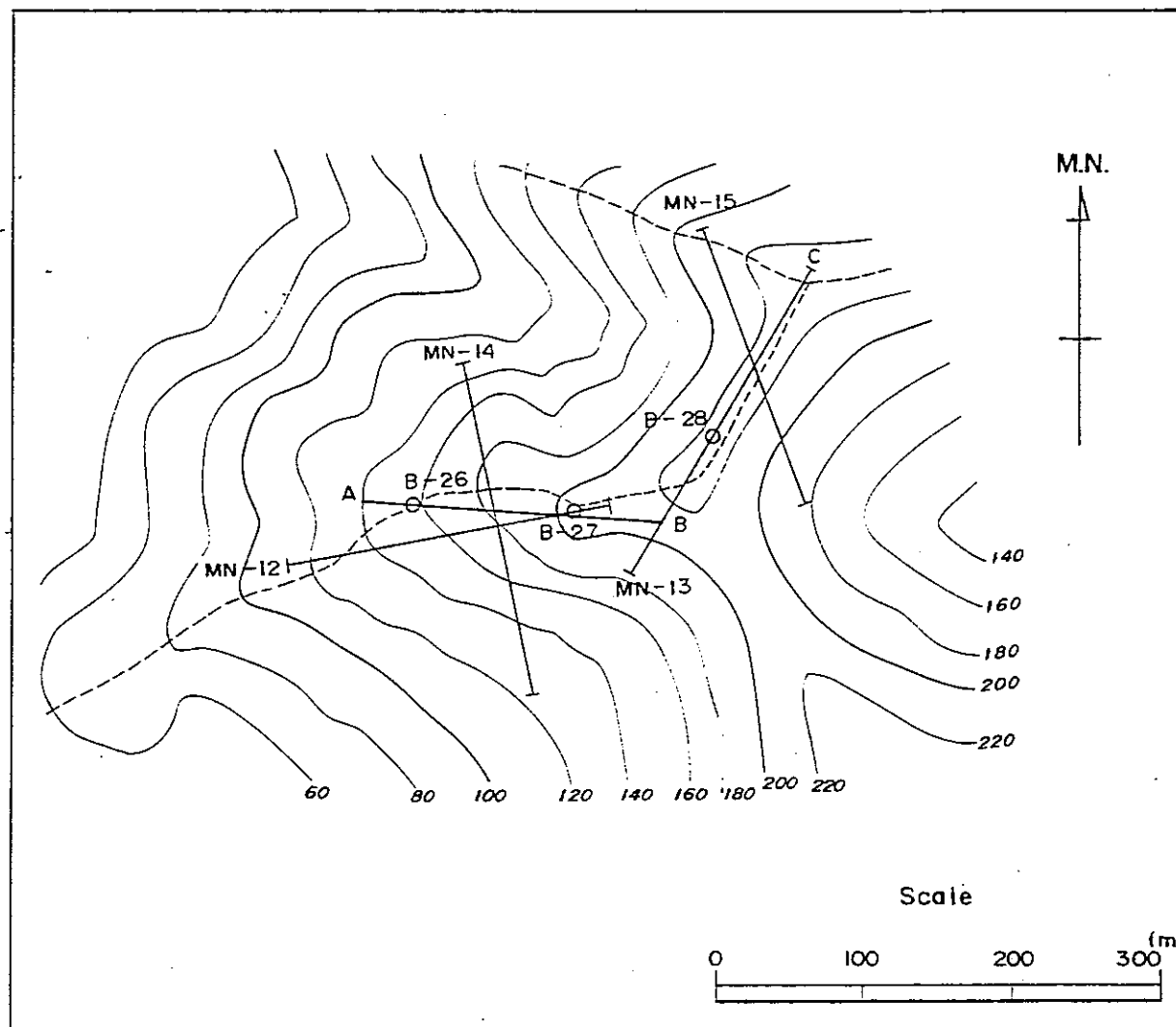
Fig. II-19 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-II)



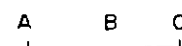

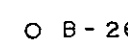
LEGEND



LOCATION: QR-II  
MS-7,11



Legend

-  Topographic section
-  Seismic prospecting
-  Boring

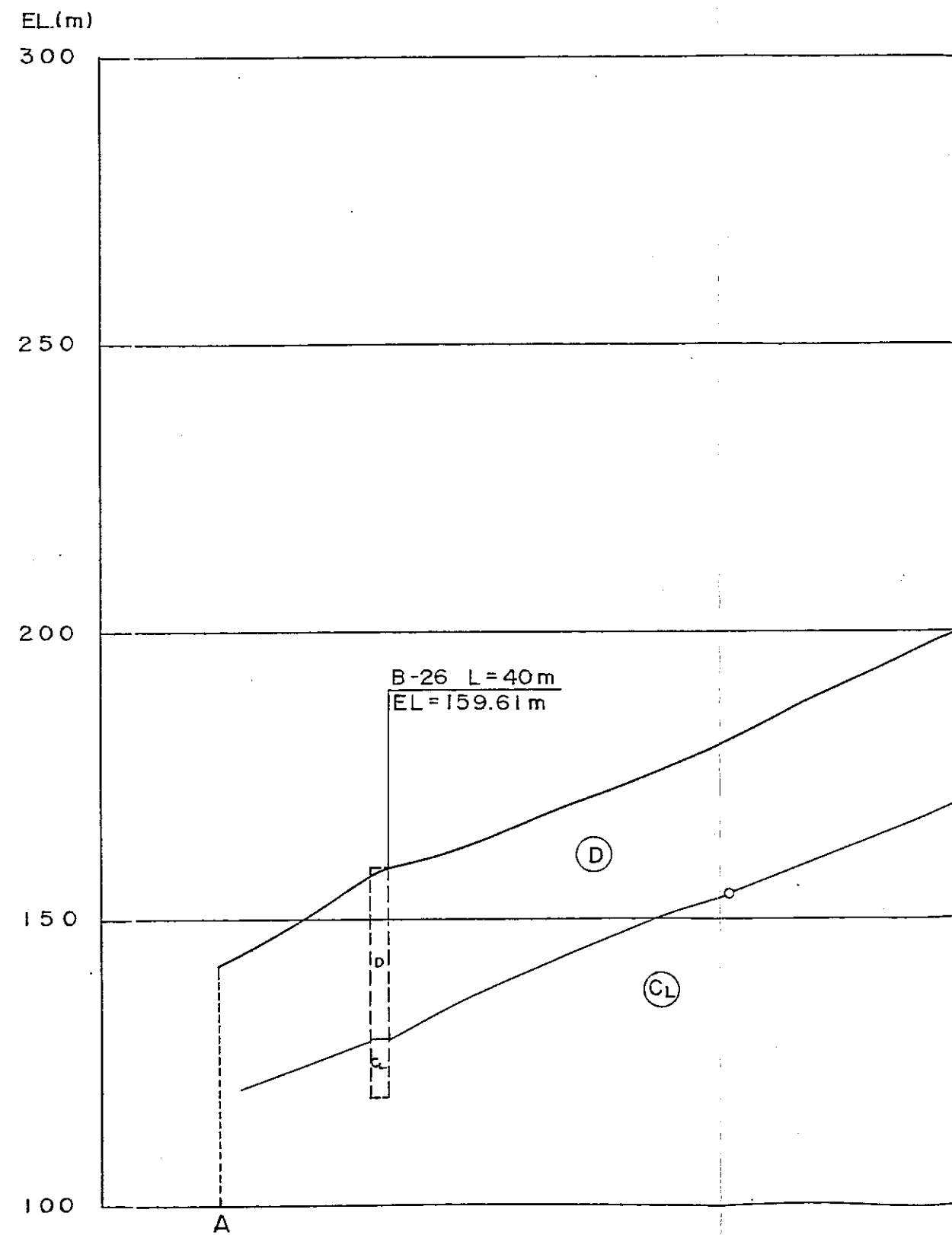
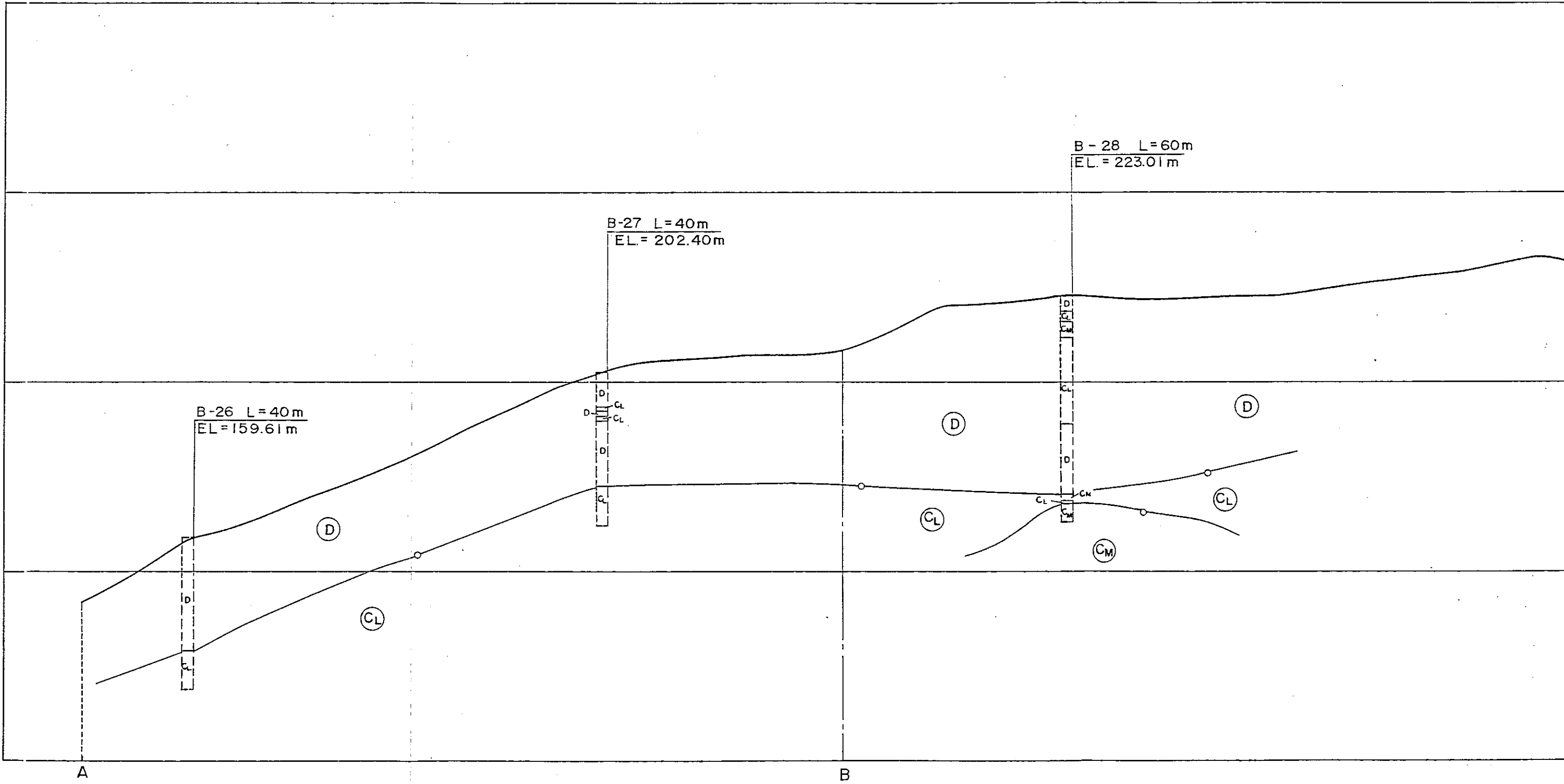


Fig. II-20 Location and Geological Profile (QR-III)



Location and Geological Profile (QR-III)

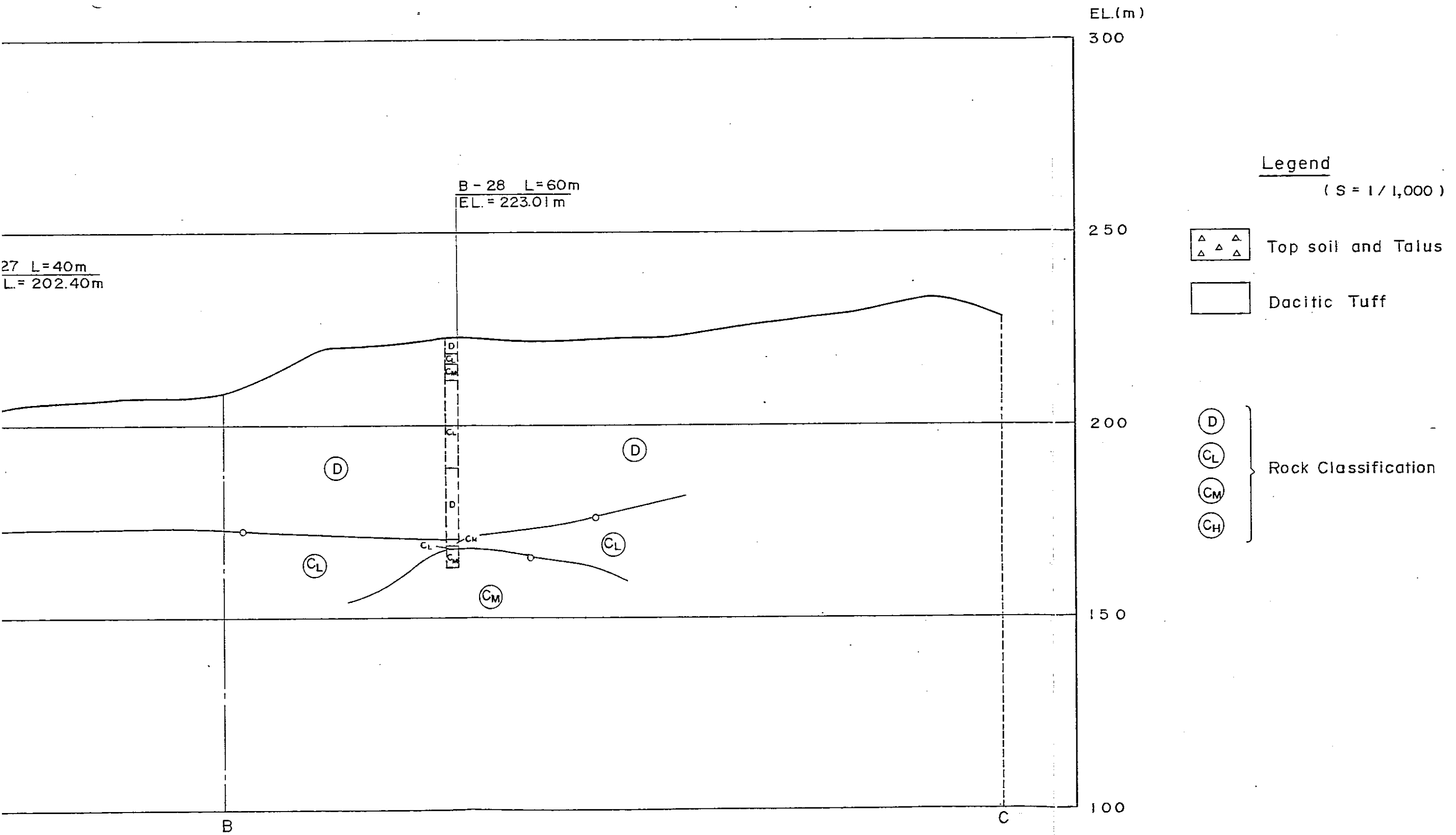


Fig. II-21 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-III-1)

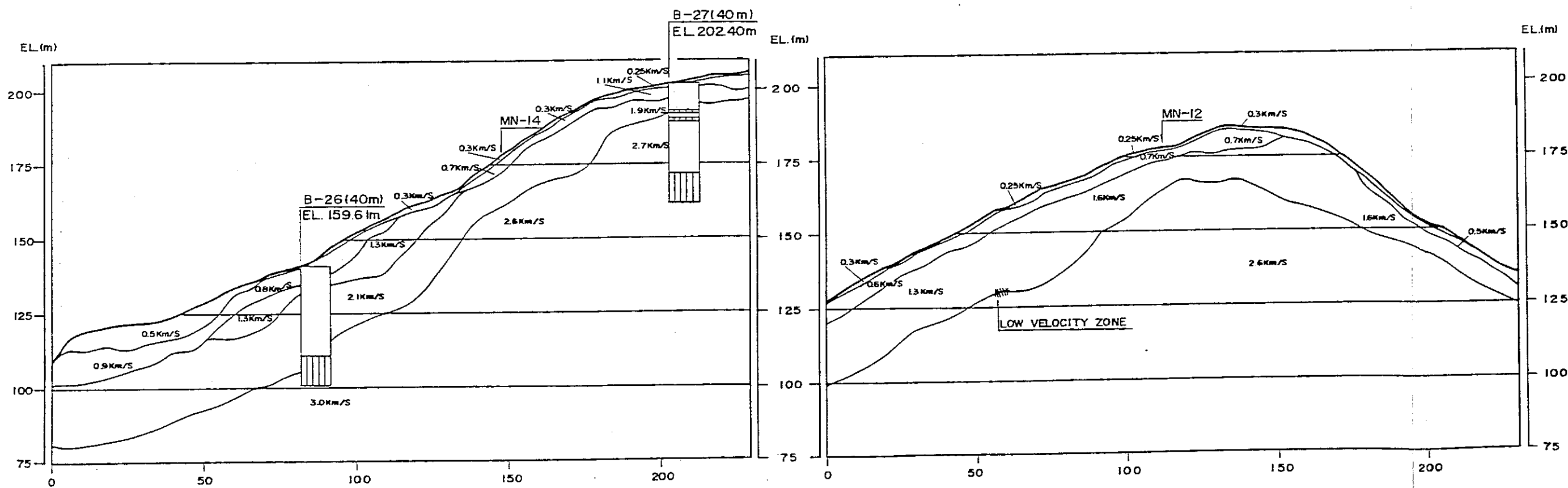
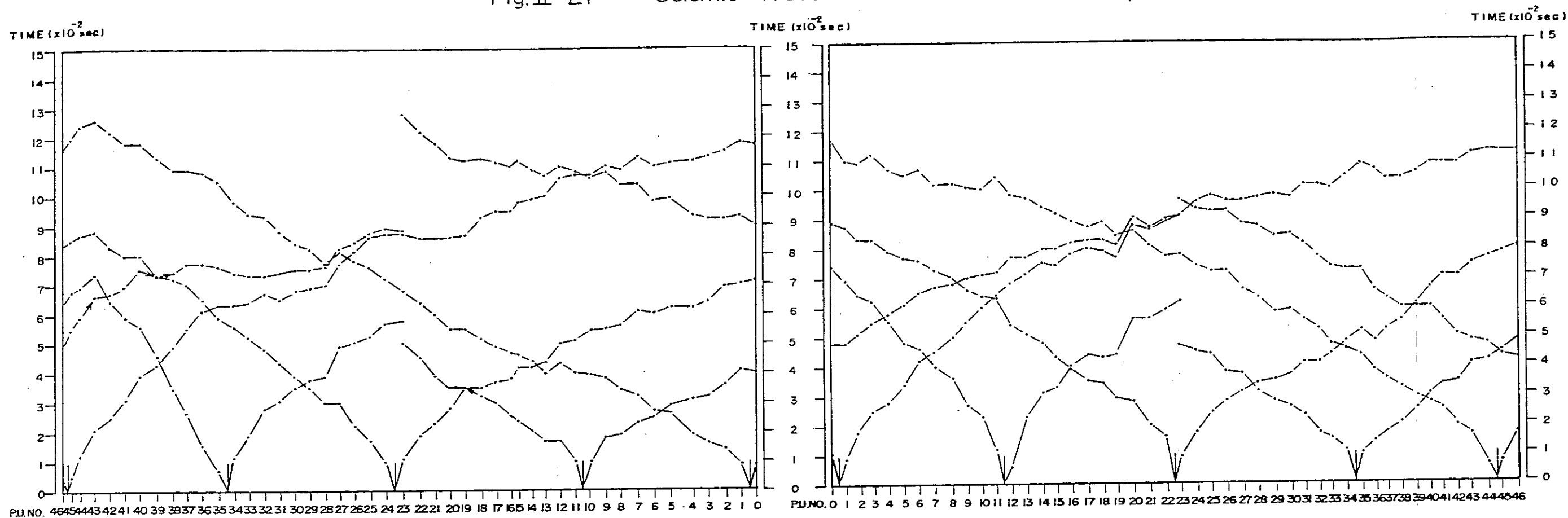
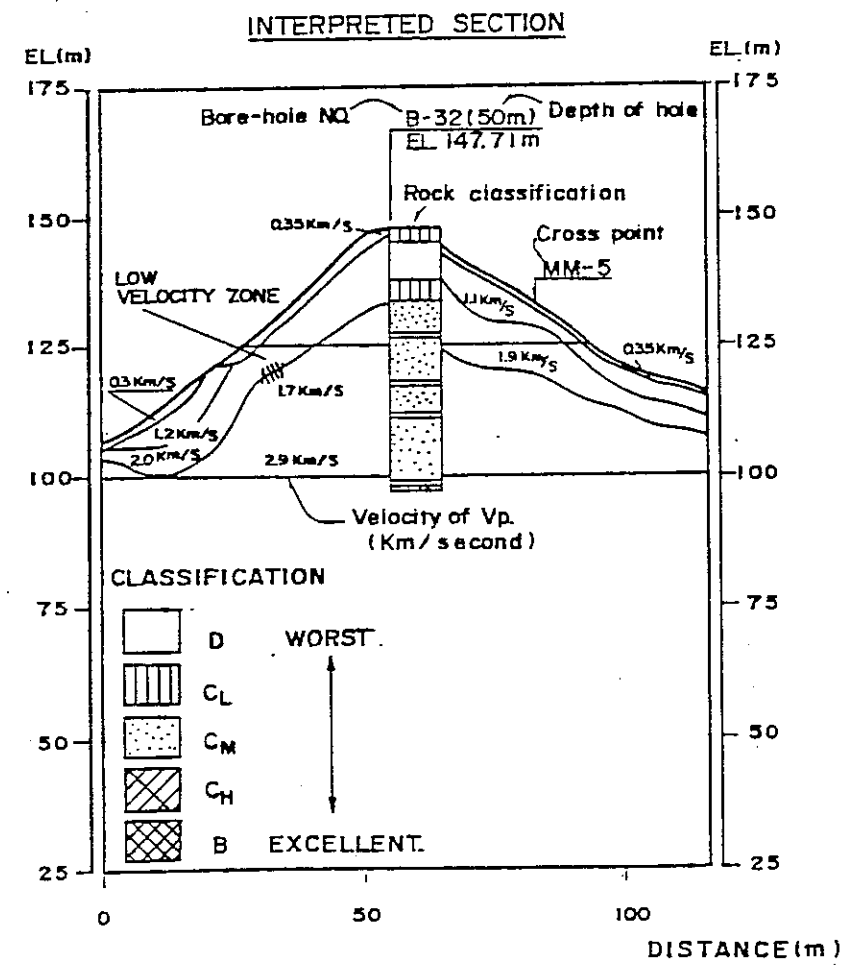
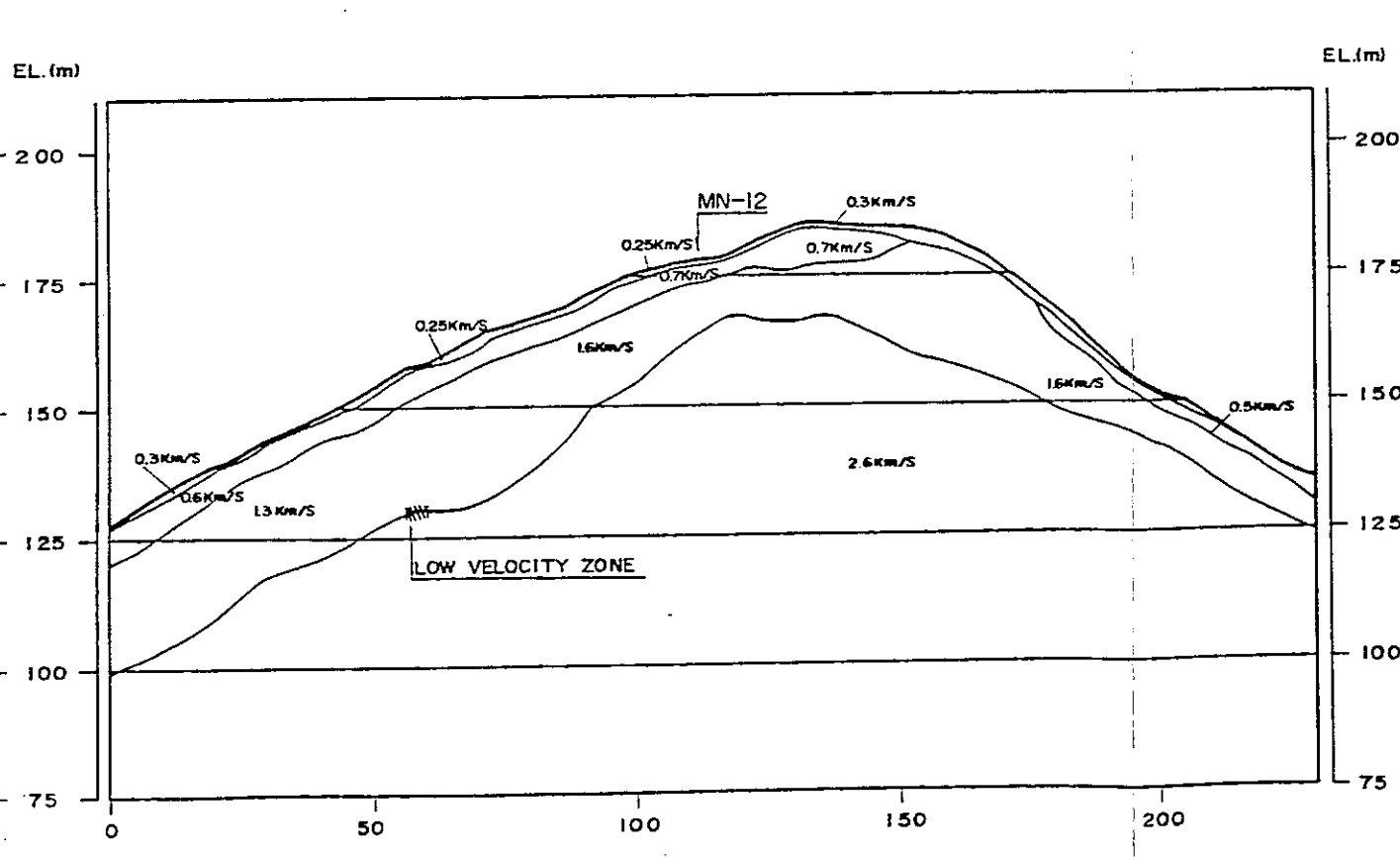
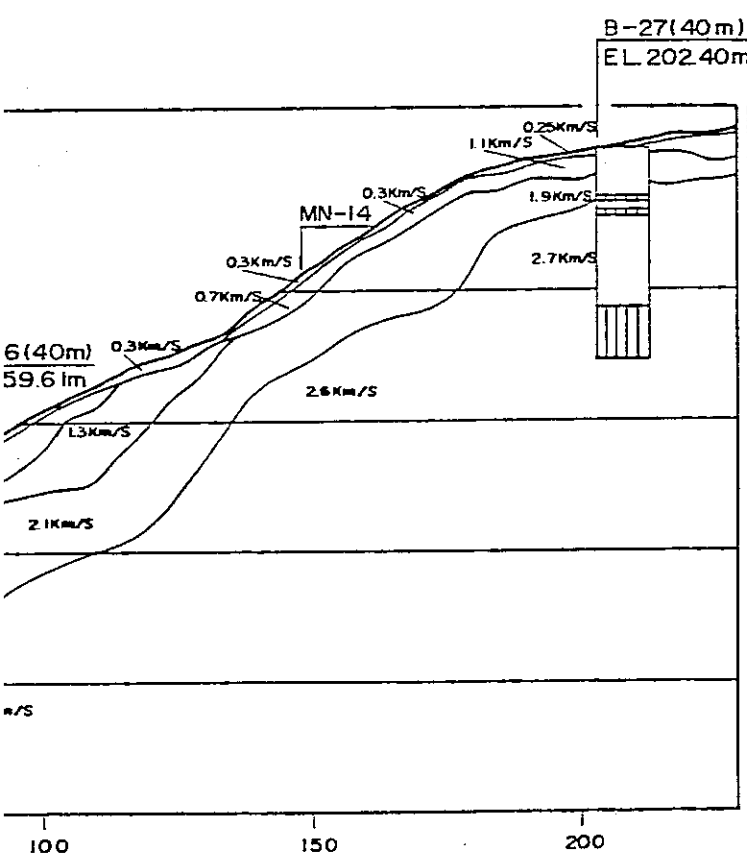
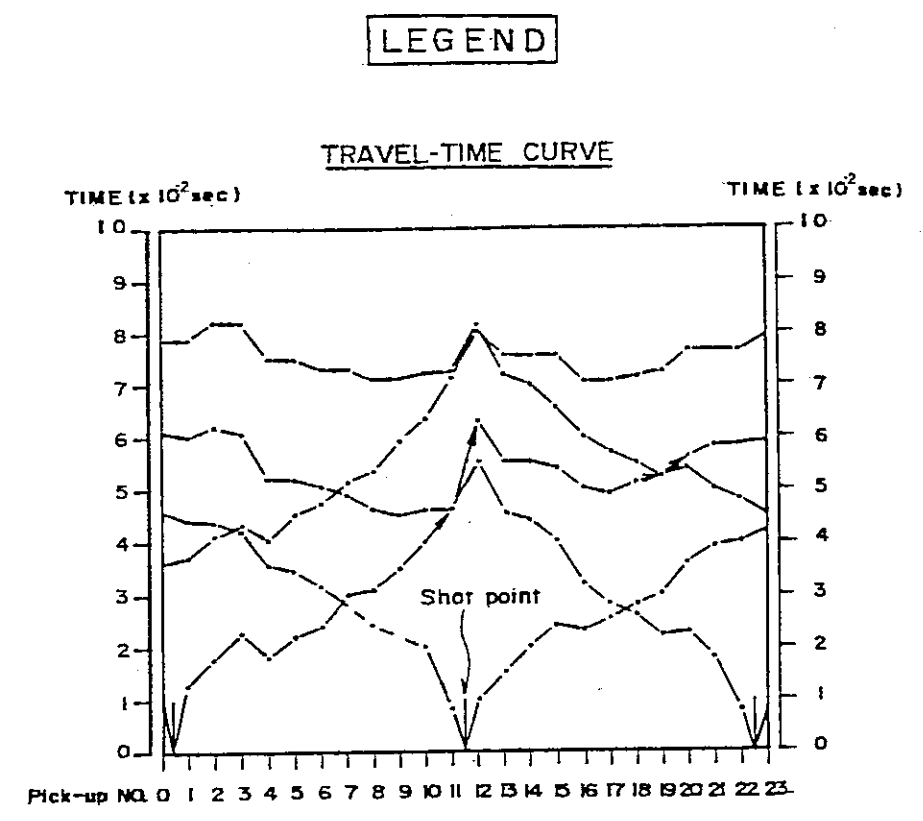
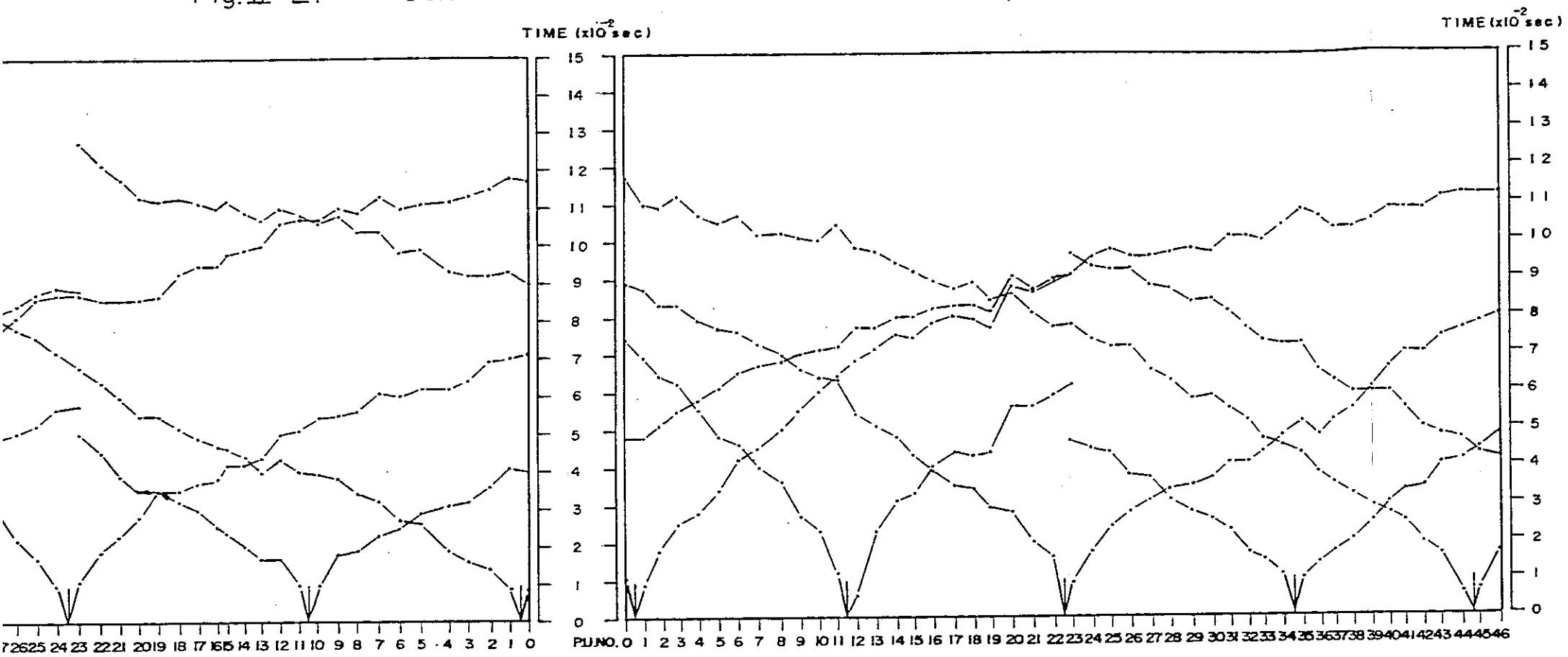


Fig.II-21 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-III-1)



LOCATION: QR-III  
MN-12,14

Fig.II-22 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-III-2)

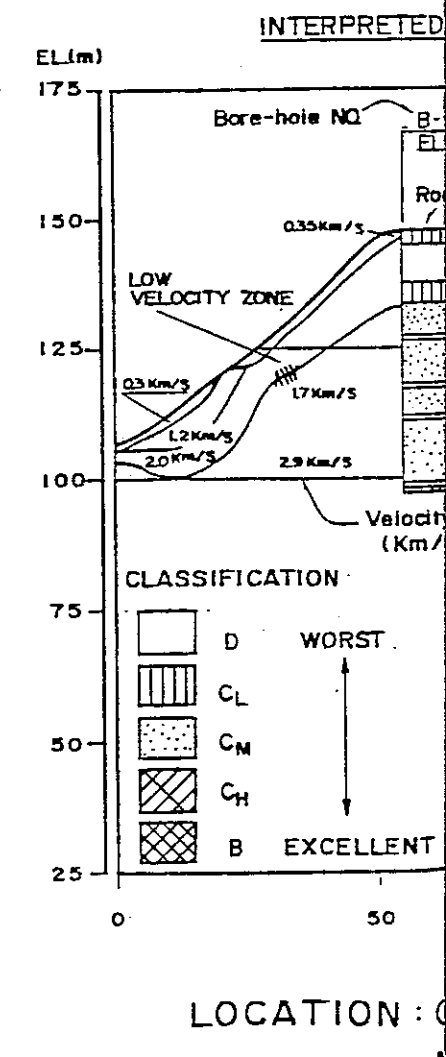
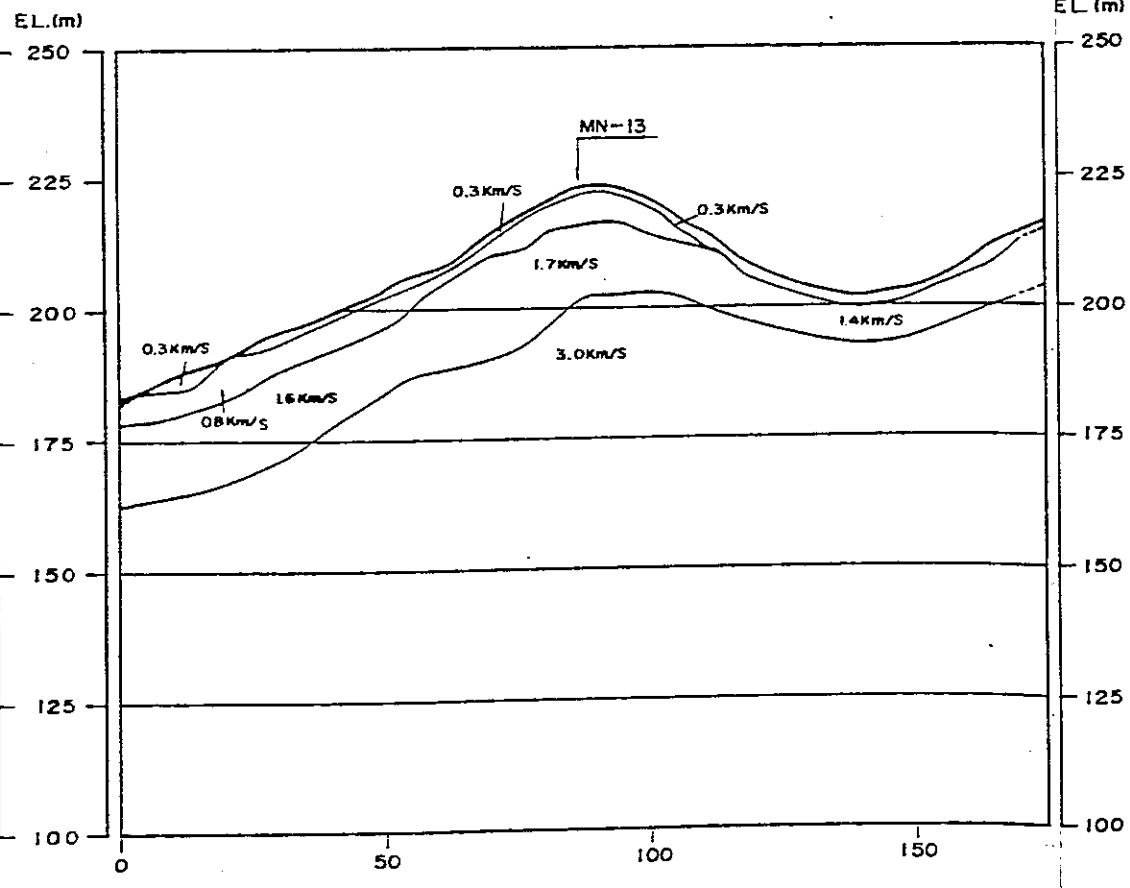
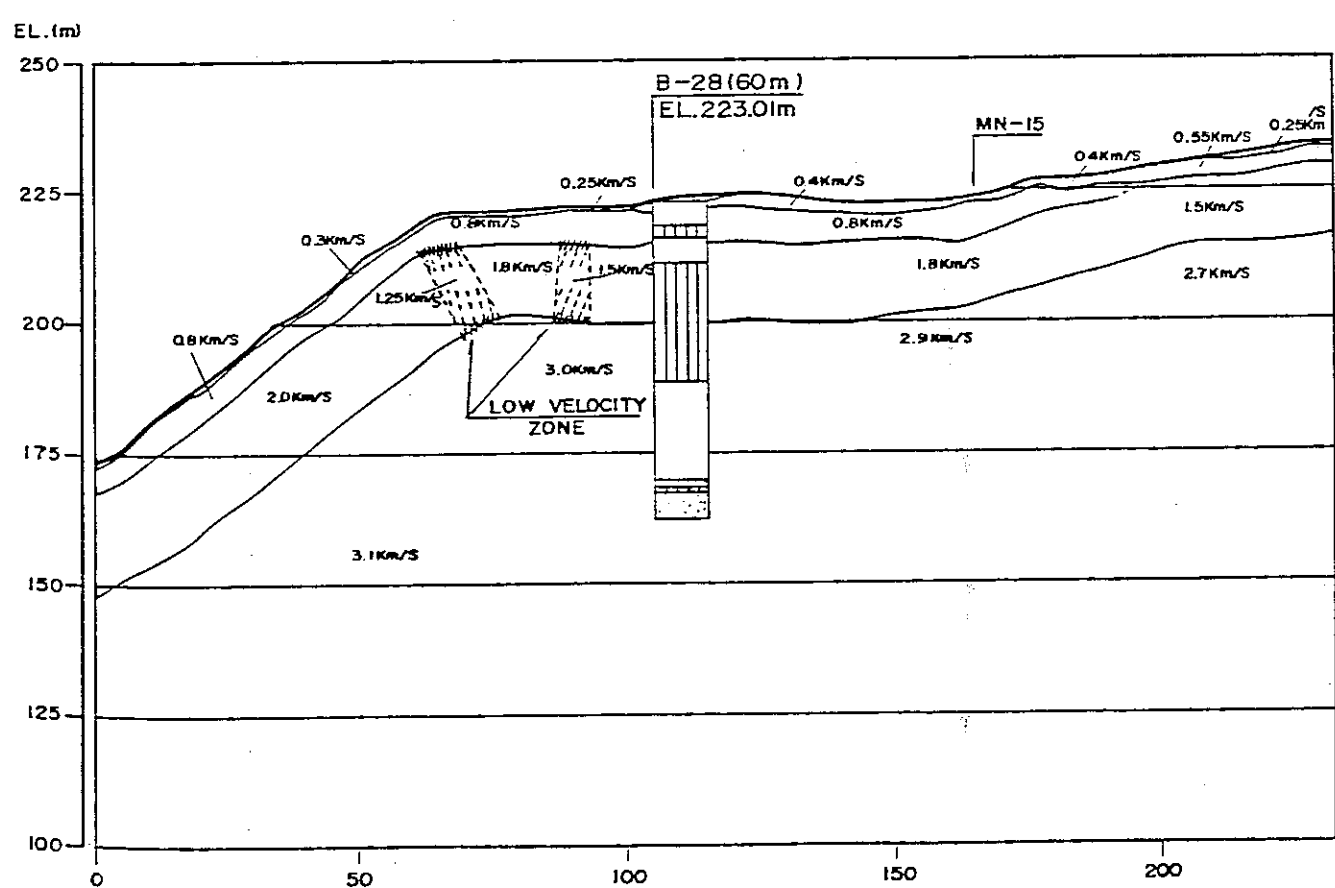
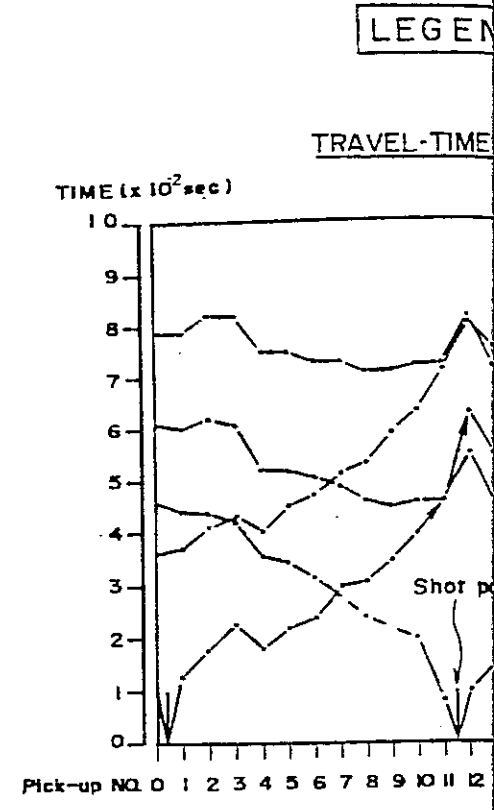
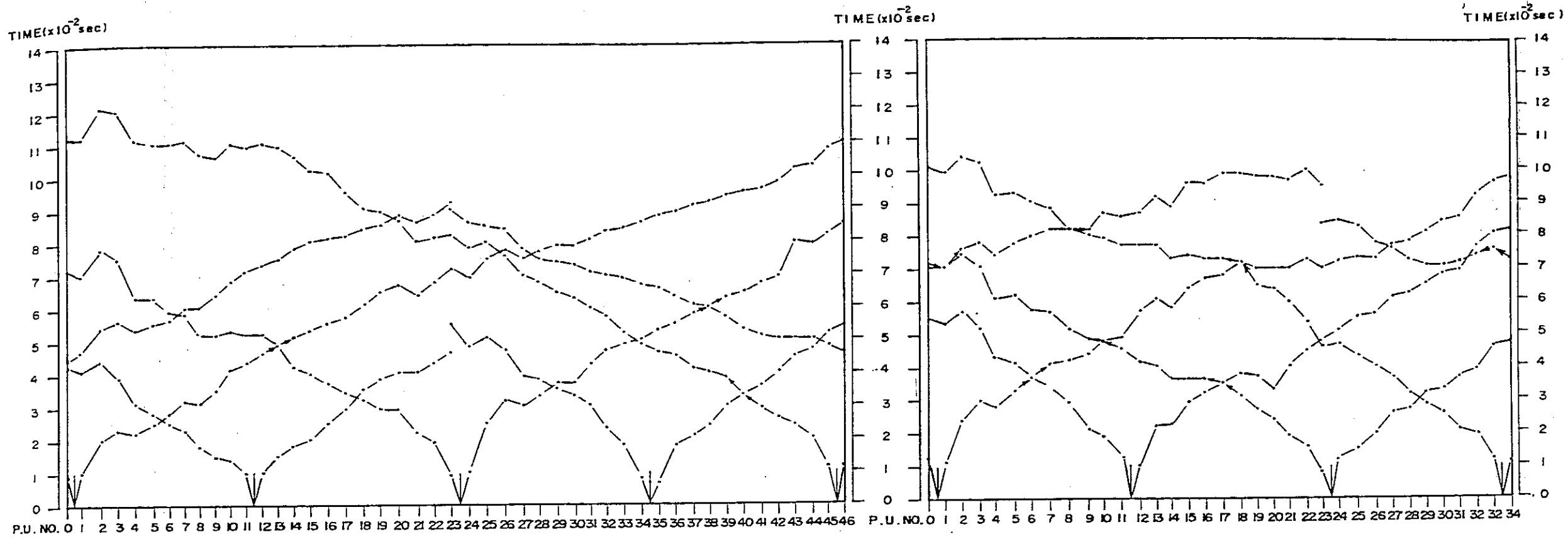
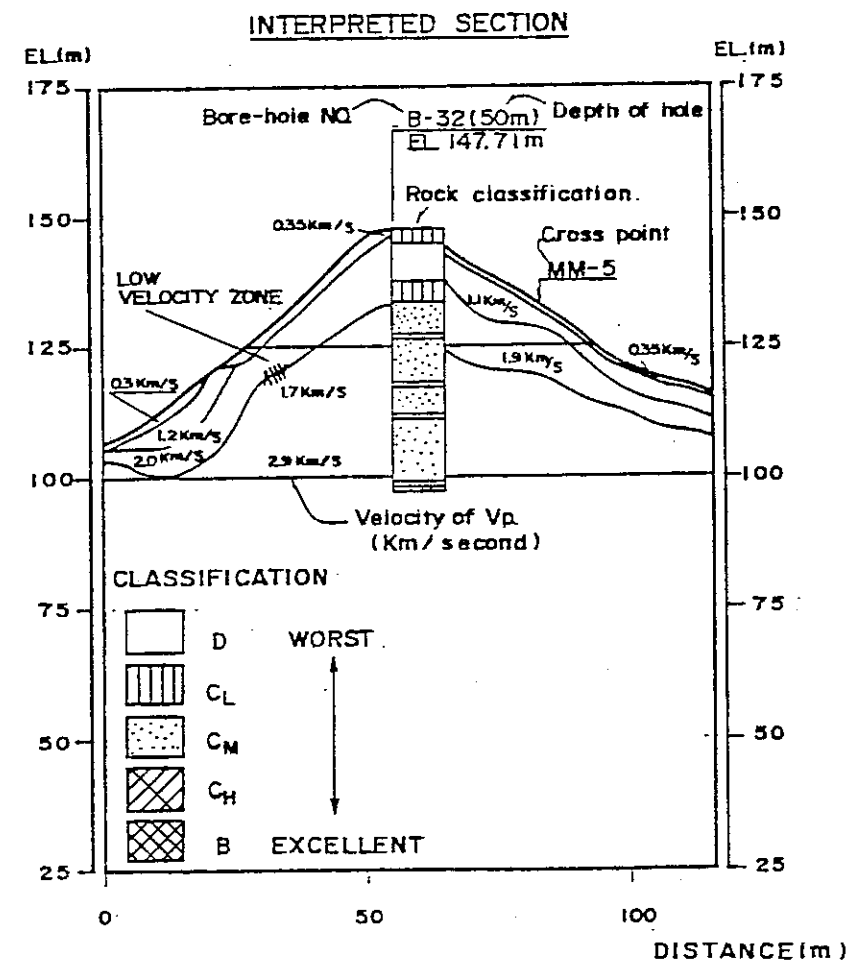
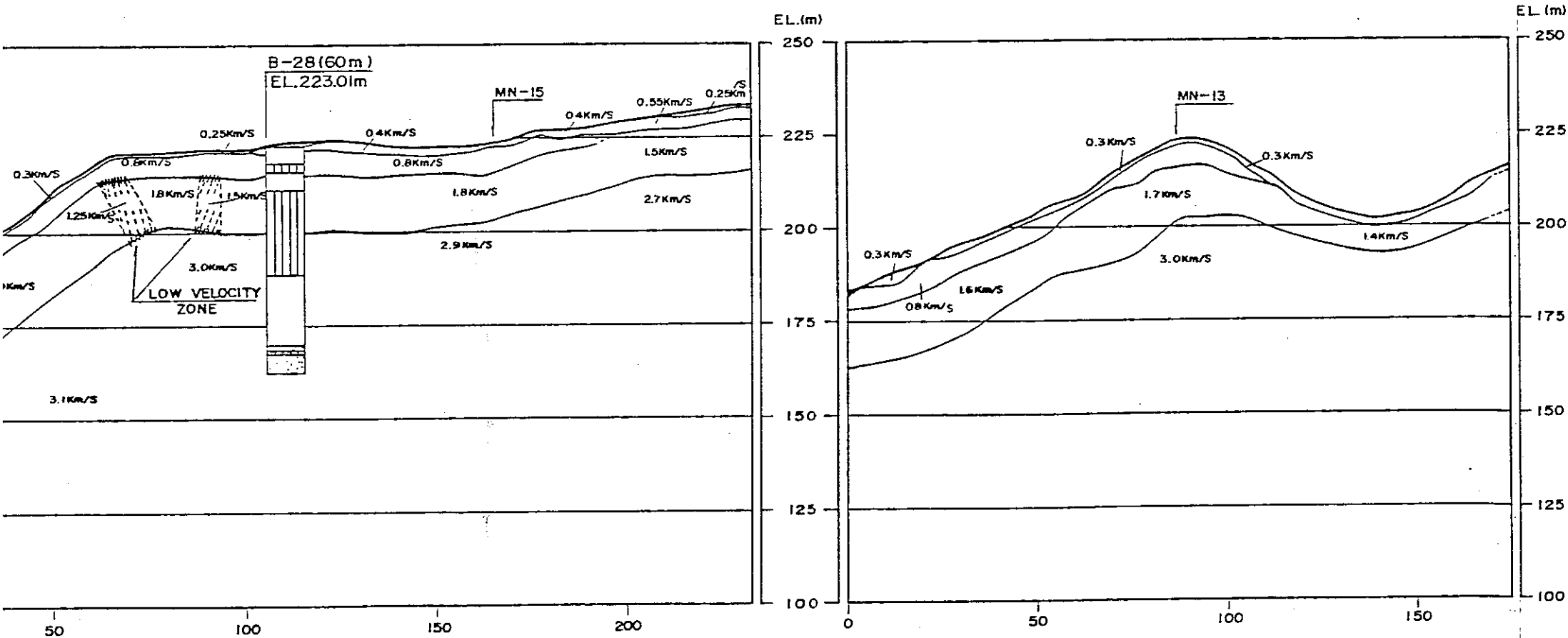
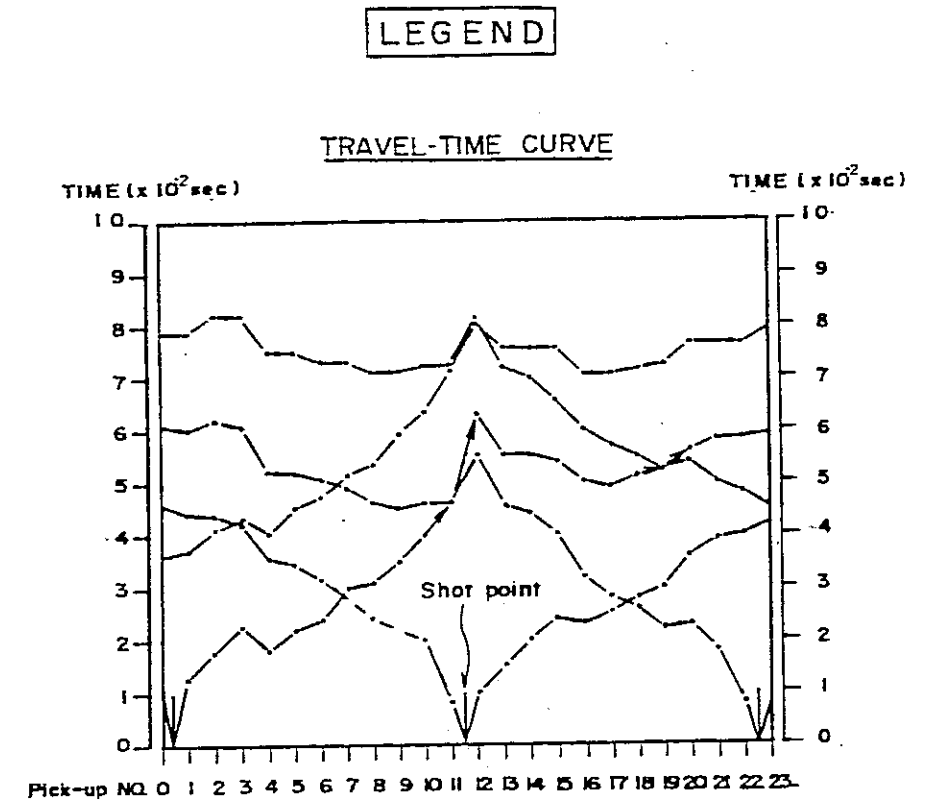
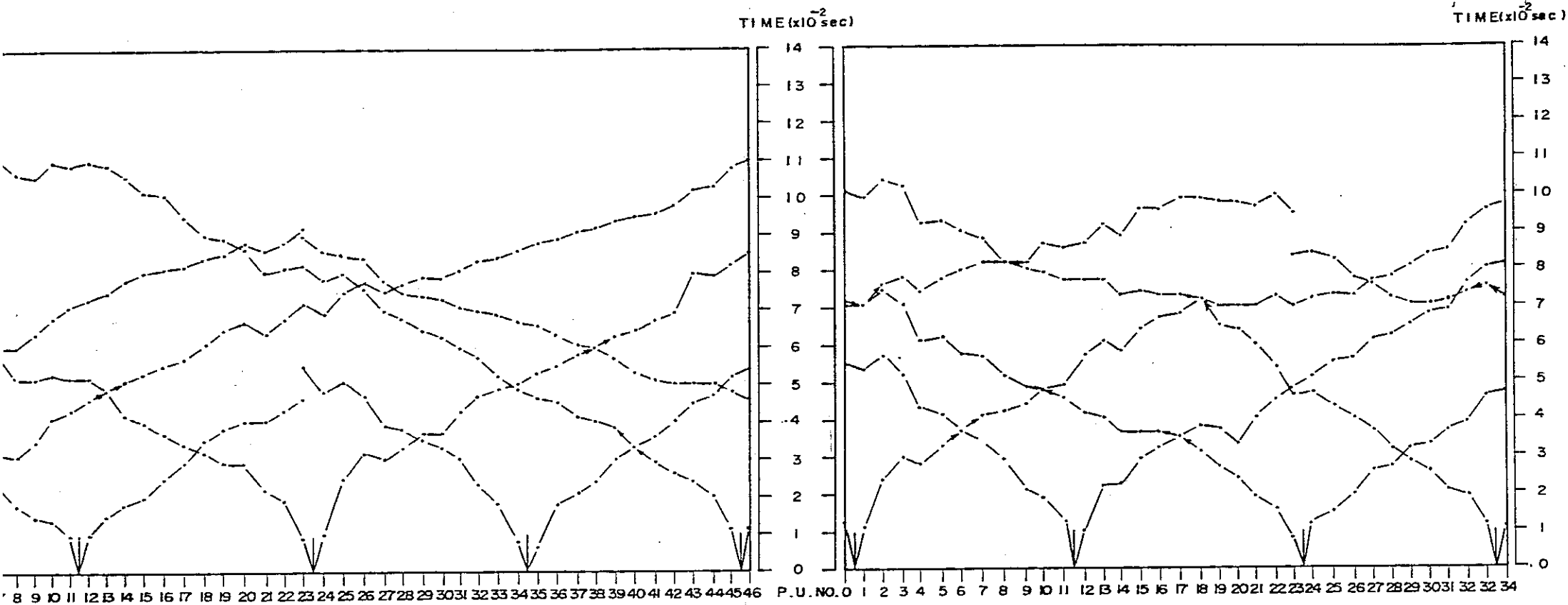


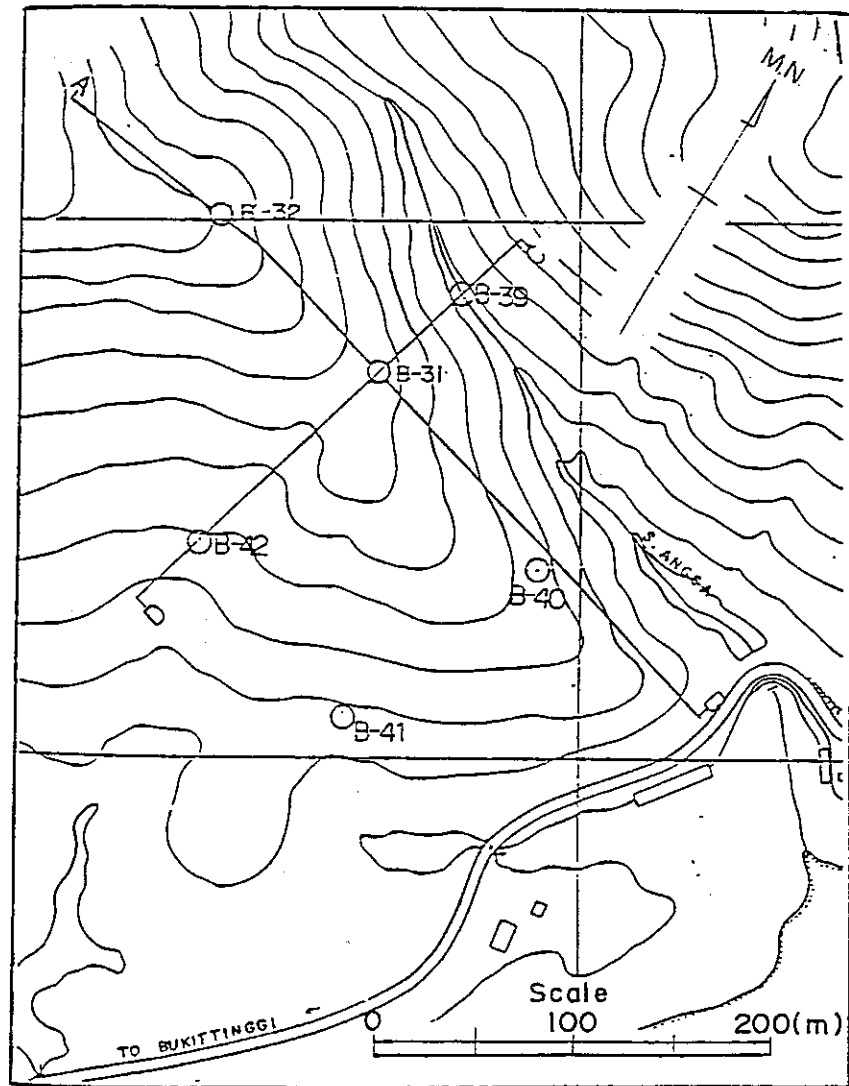


Fig.II-22 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section (QR-III-2)



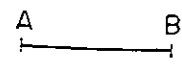
LOCATION : QR - III  
MN - 13, 15

Fig. II-23 Location and Geological Profile (QR-IV)

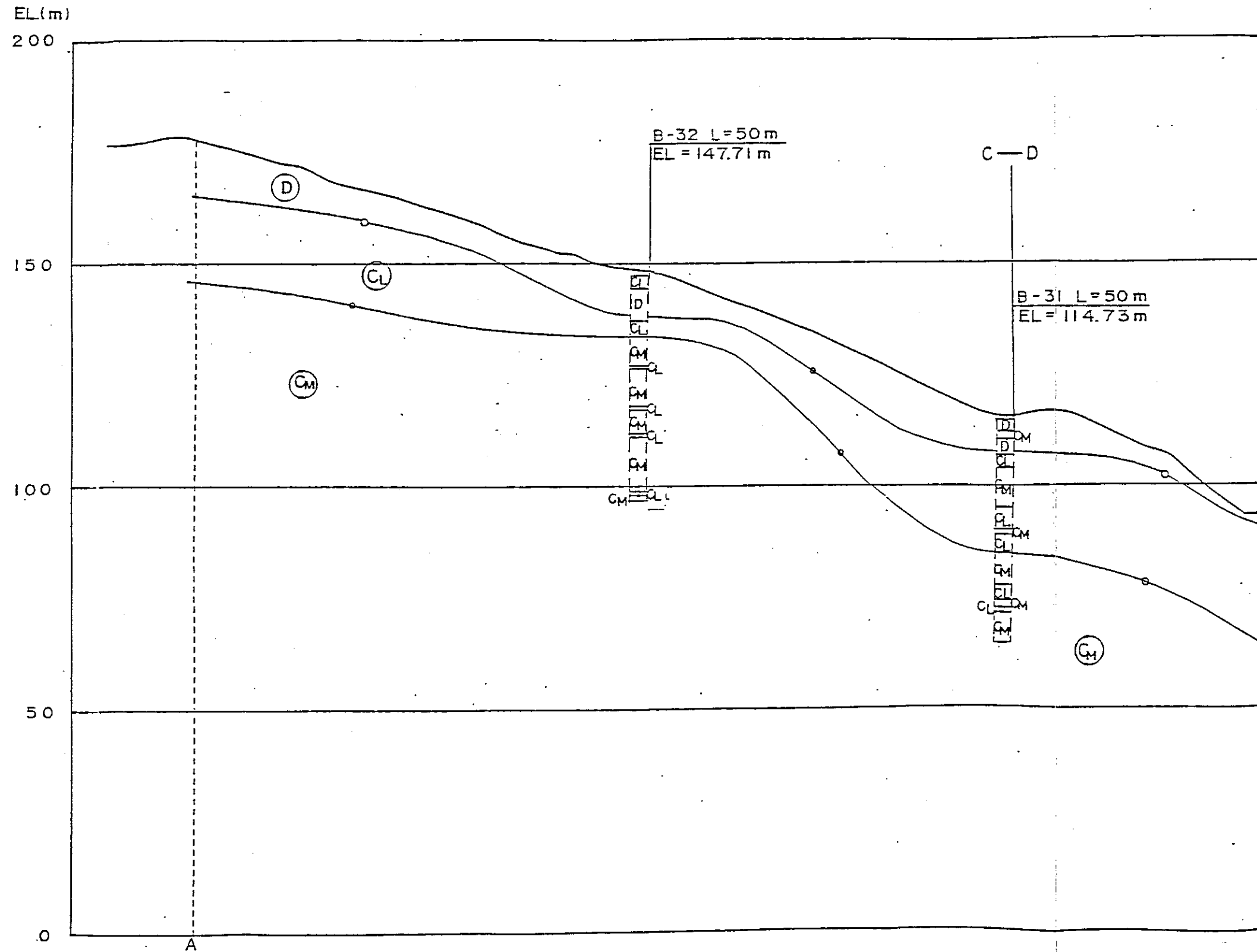


Legend

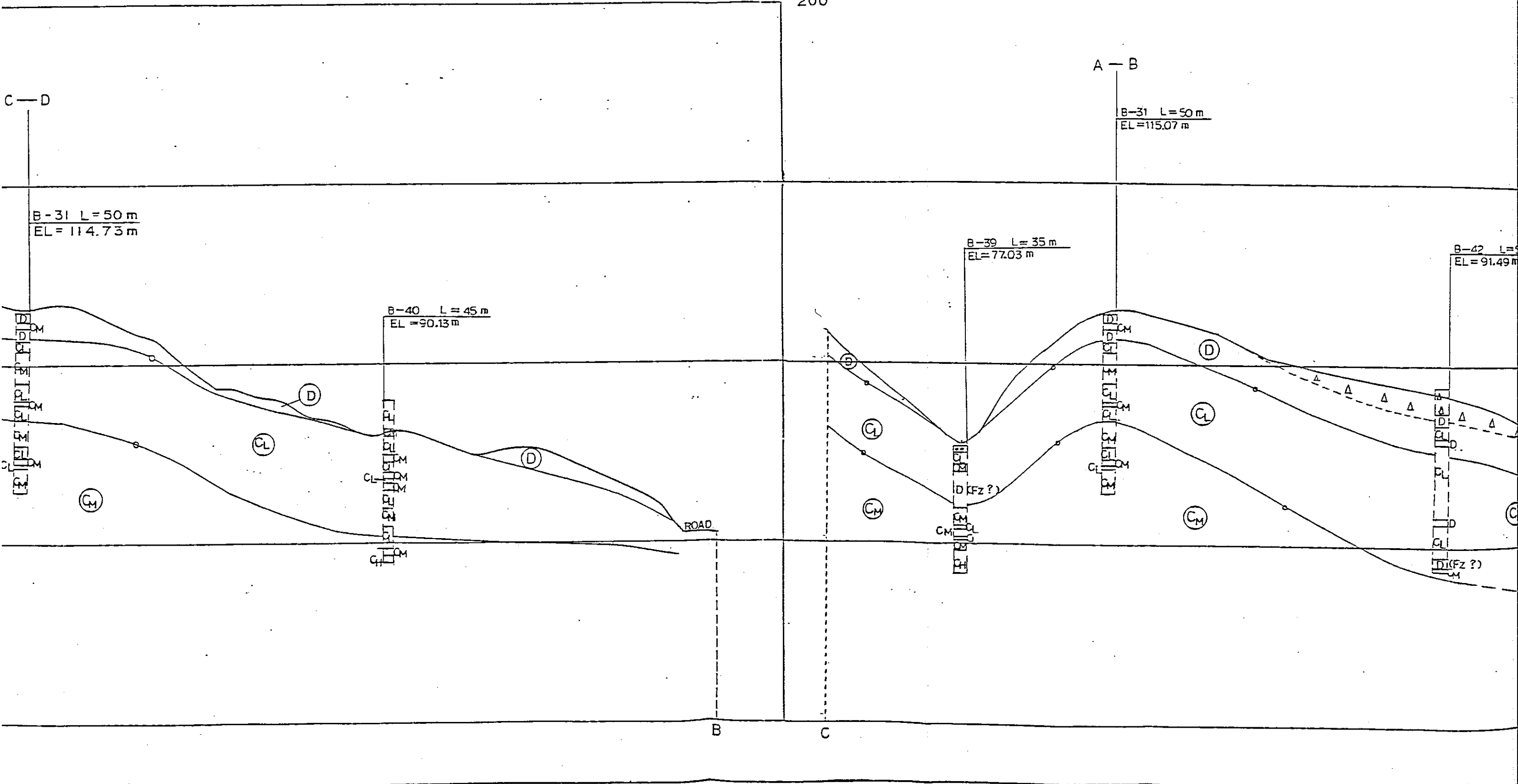
o B-5 Boring



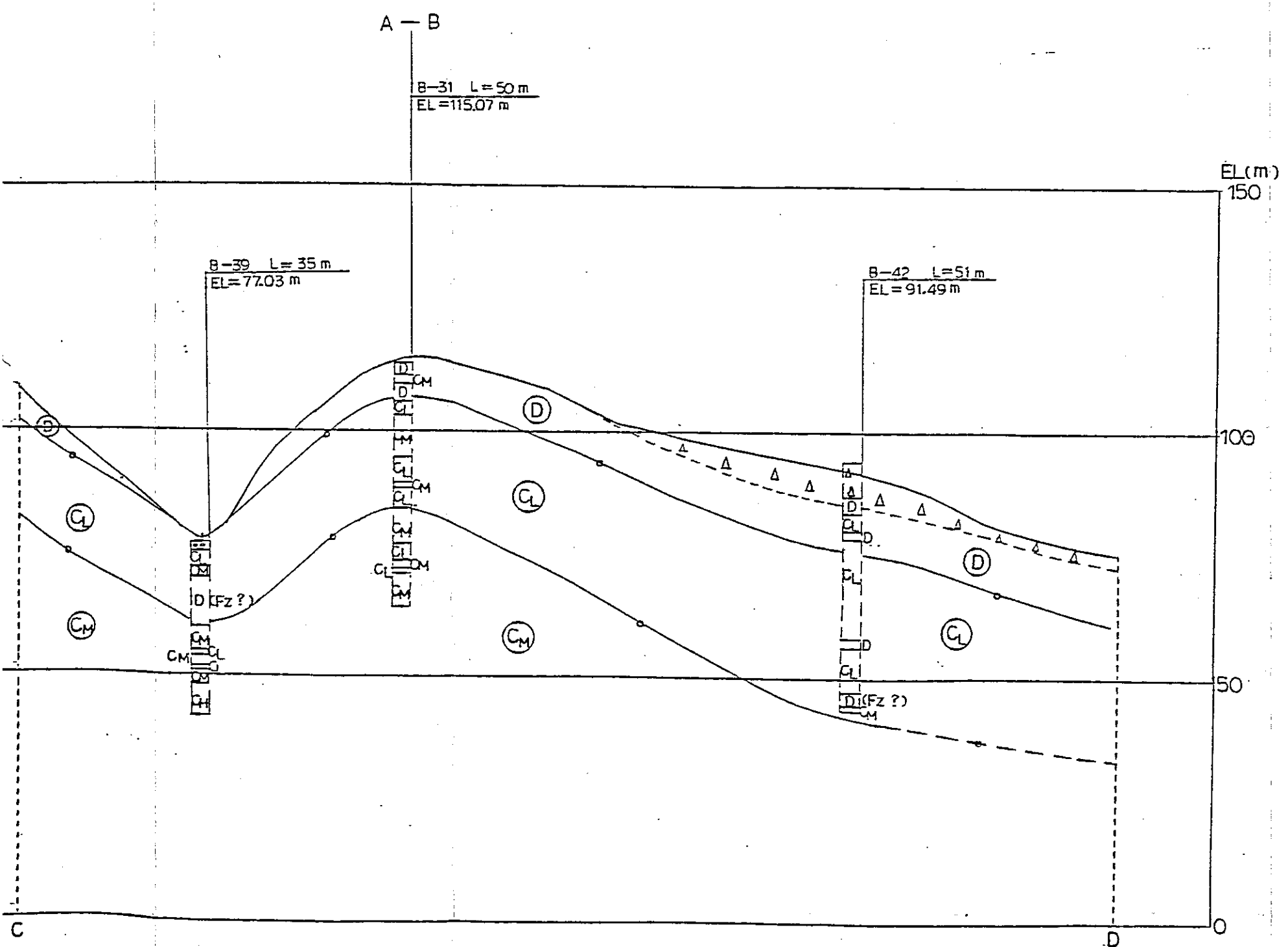
Topographic section



EL(m)  
200

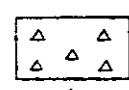


(m)  
0



Legend

(S = 1 / 1,000)

 Top Soil and Talus

 Dacitic Tuff





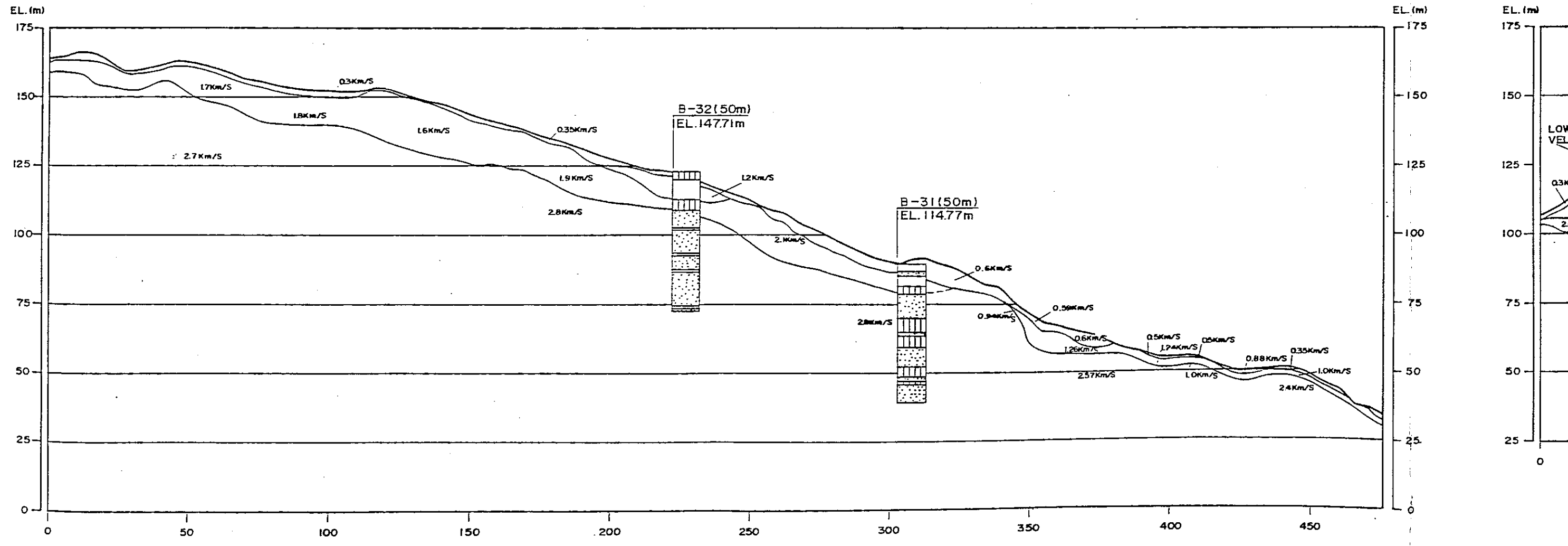
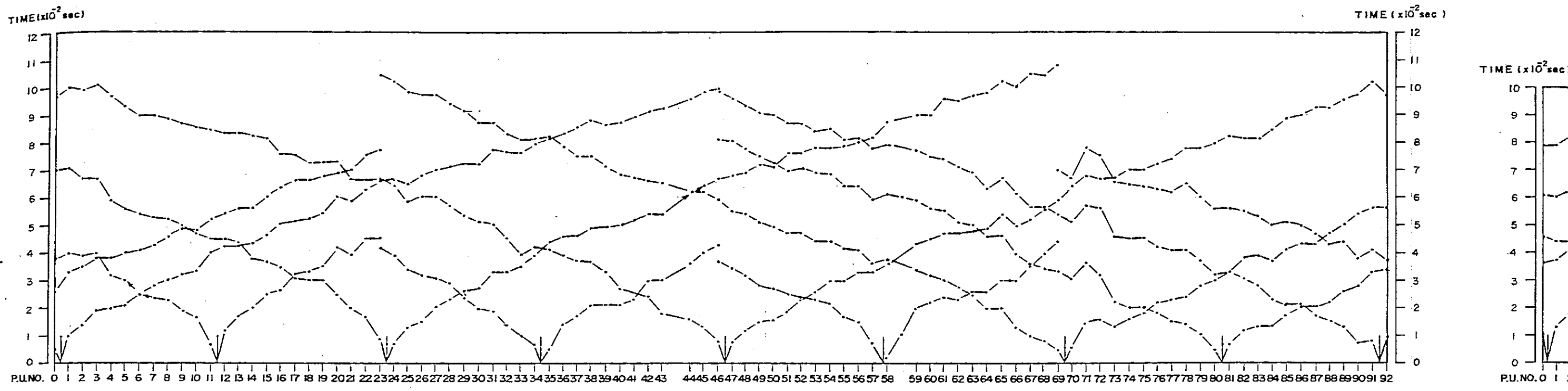
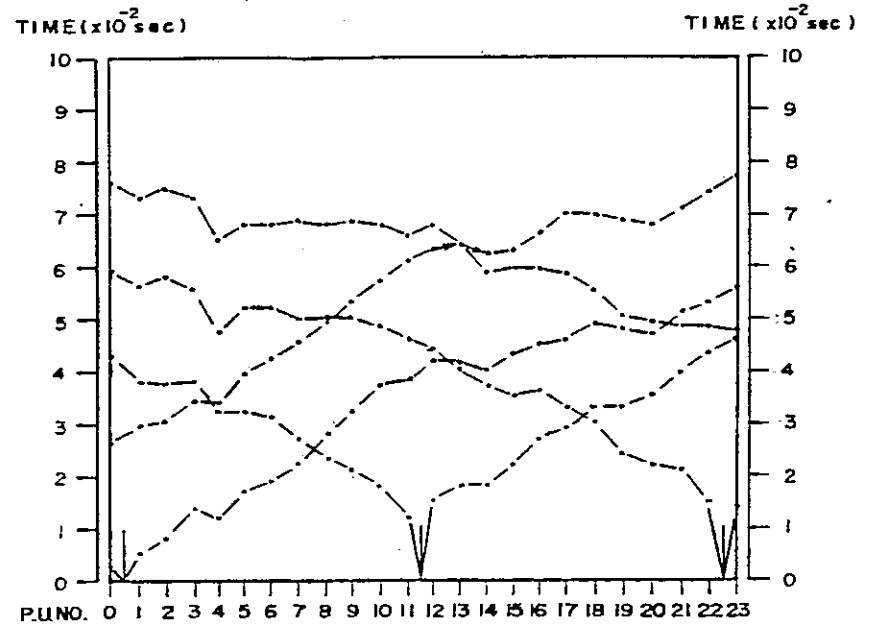
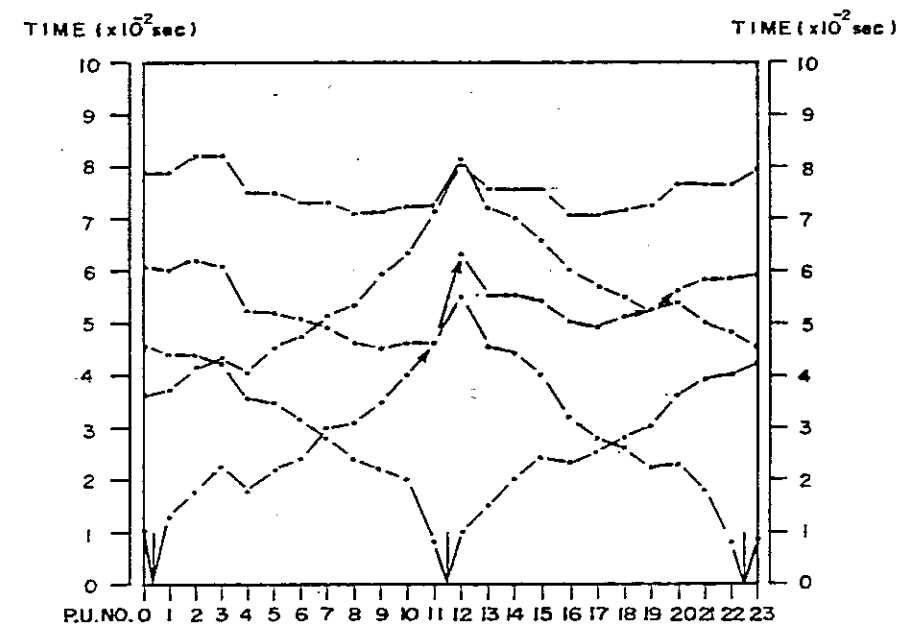
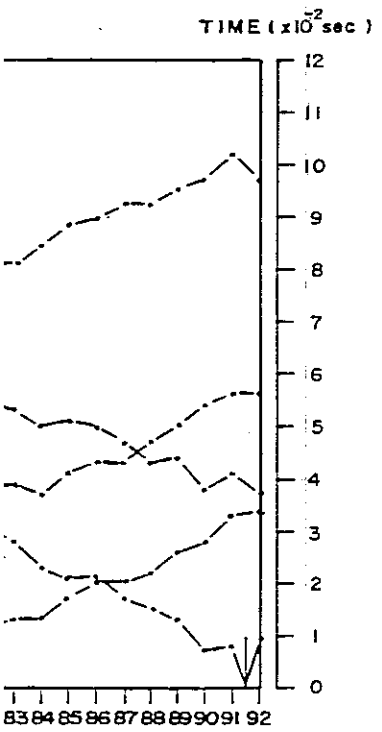
 }  
 }  
 }  
 }  
Rock Classification

Fig.II-24 Seismic Travel-Time Curve and Interpreted Section

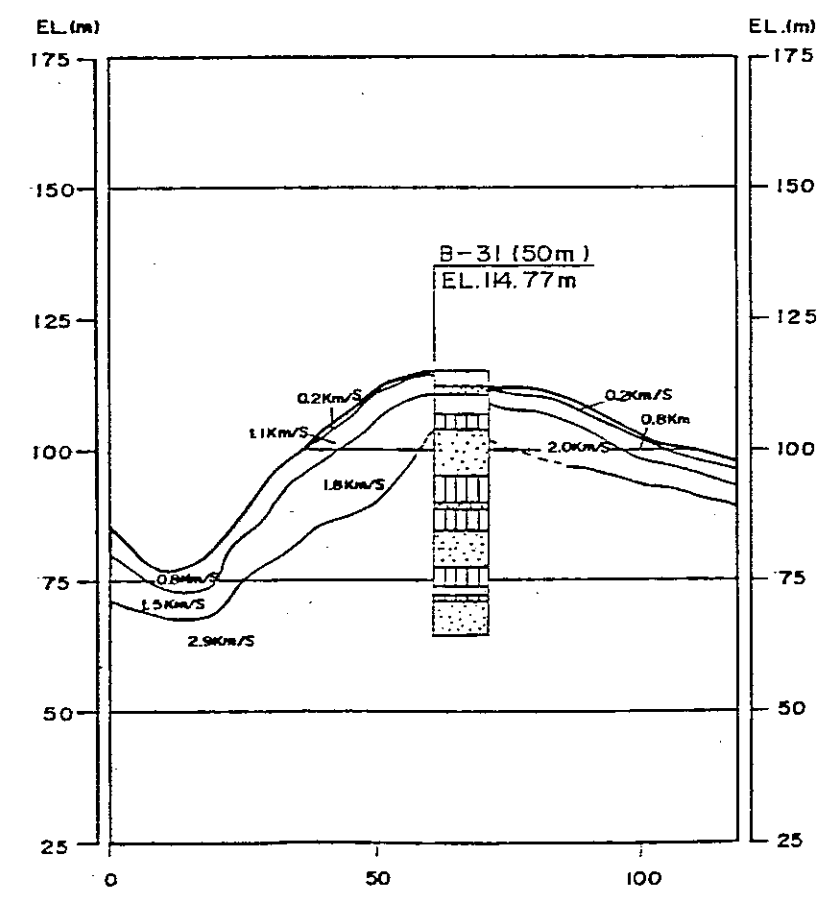
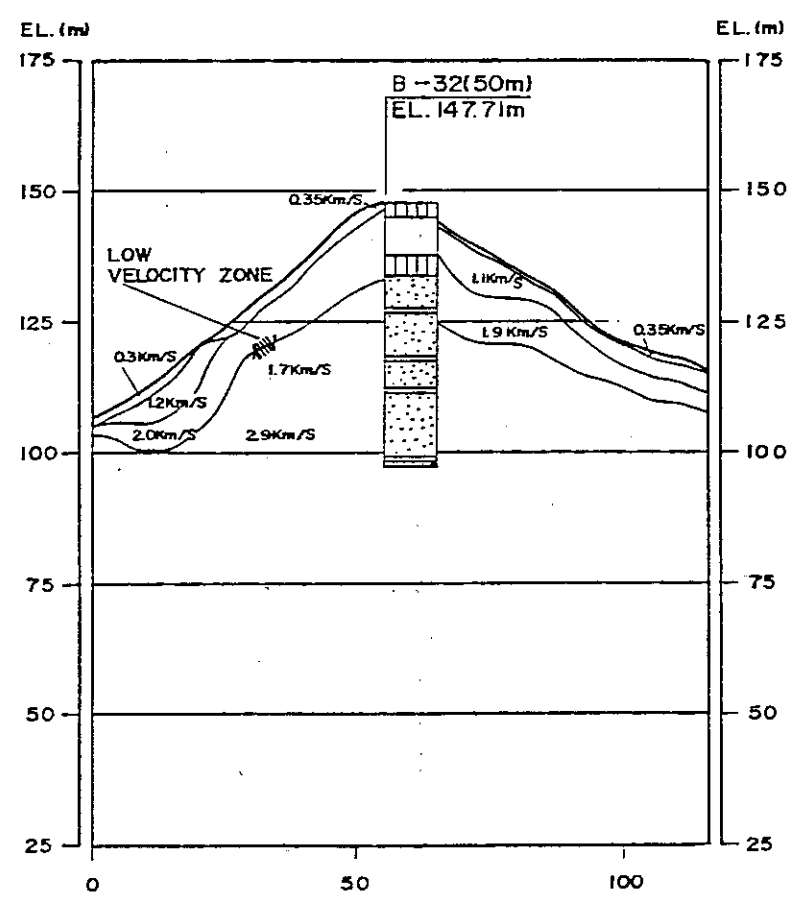
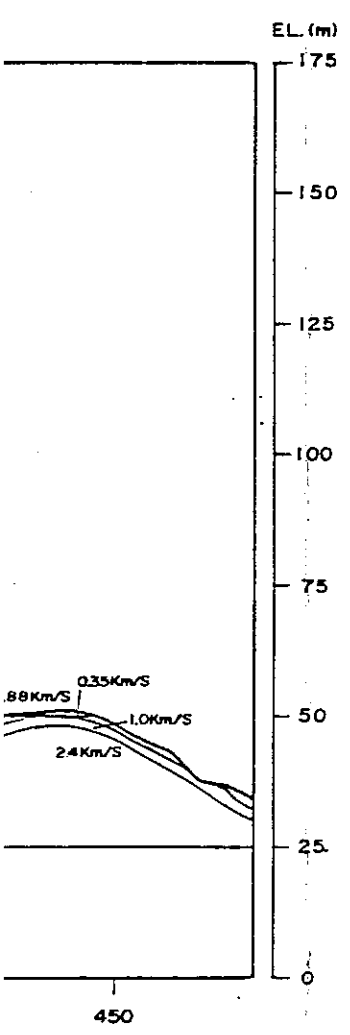
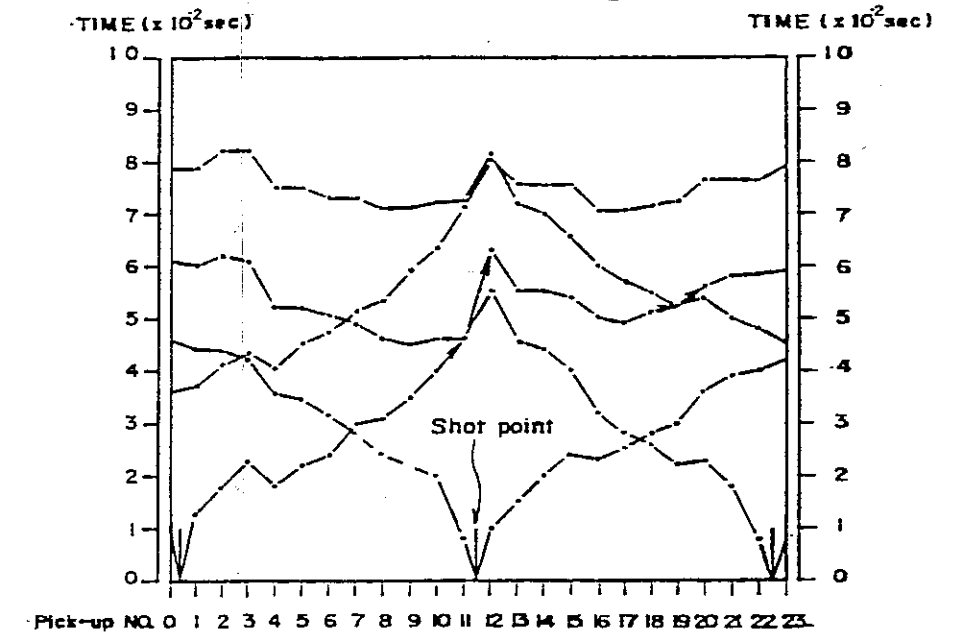


and Interpreted Section (QR-4)

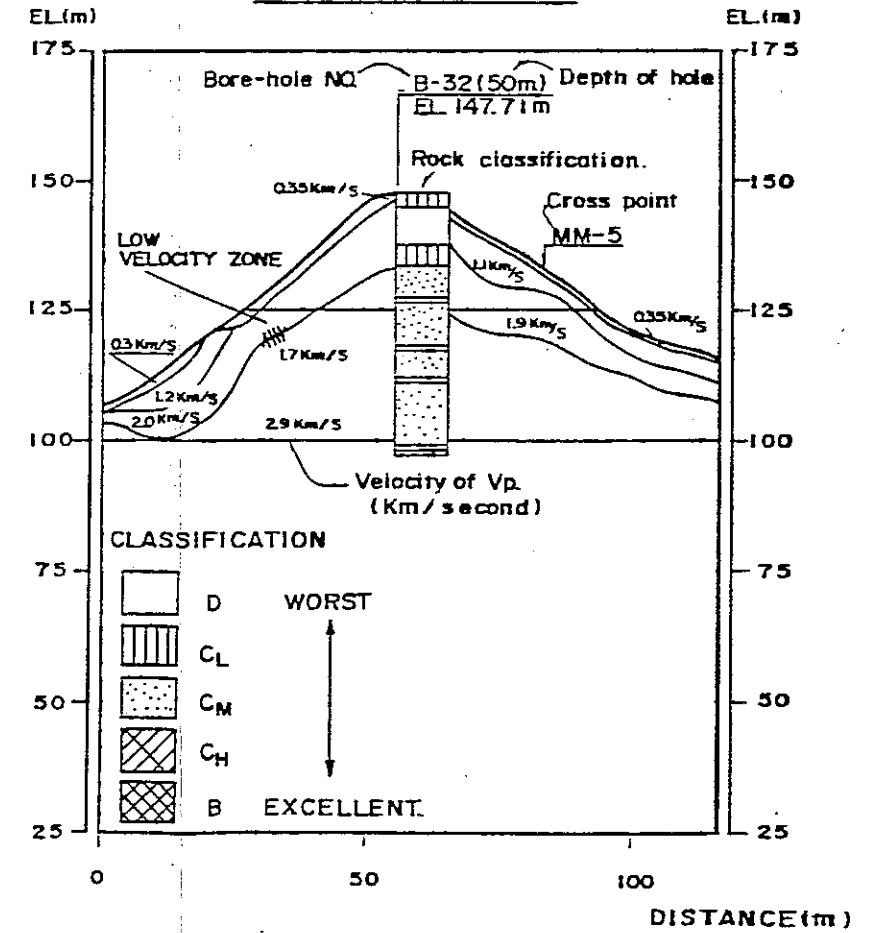


LEGEND

TRAVEL-TIME CURVE



INTERPRETED SECTION



LOCATION: QR - IV  
MM-16,17,18

Fig II-25. Relation Between Density ( $\rho$ ) and Depth-Location

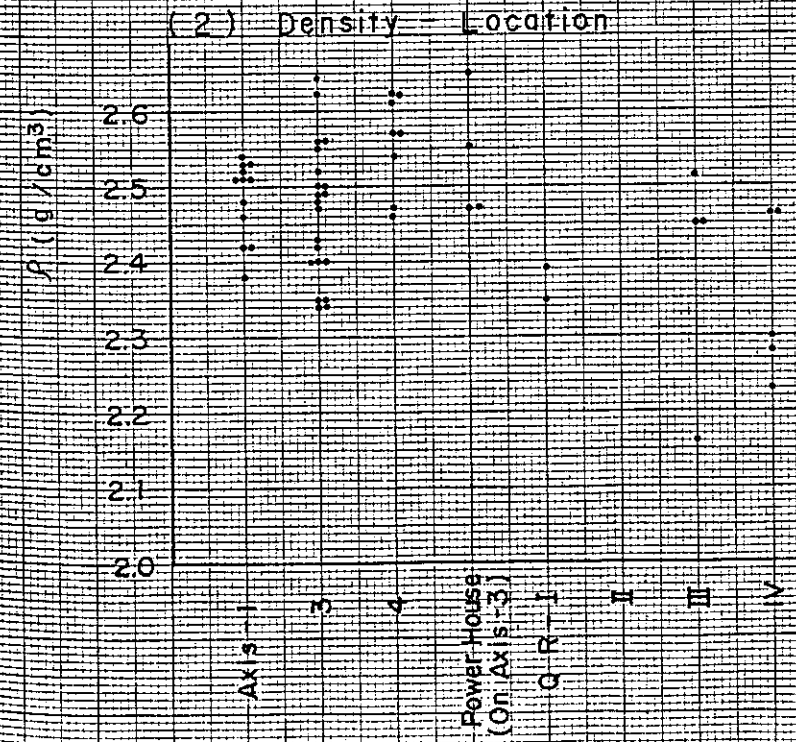
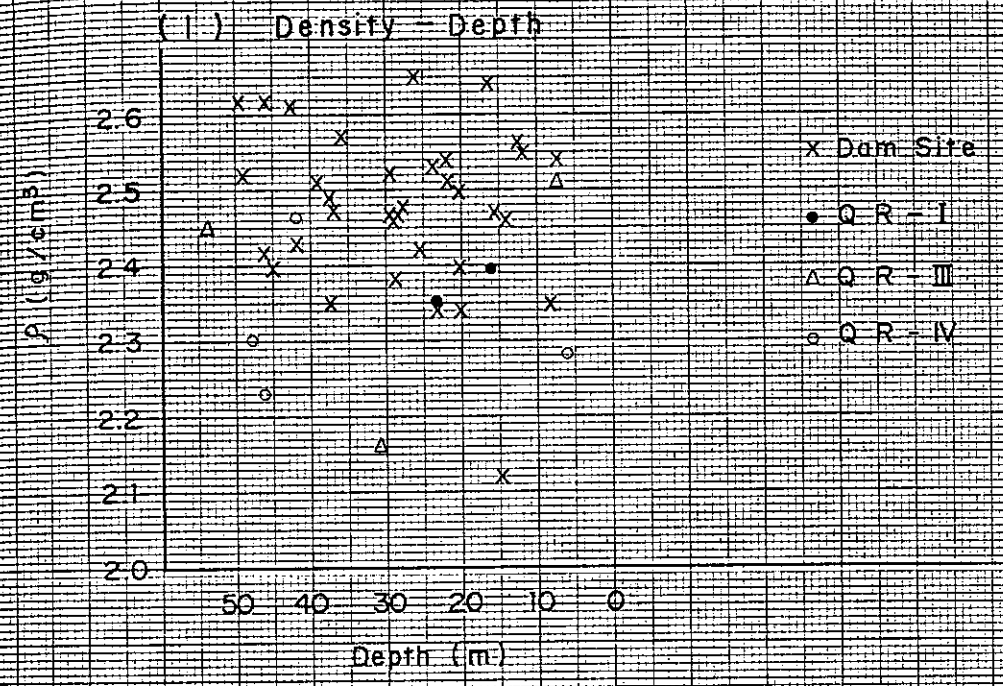
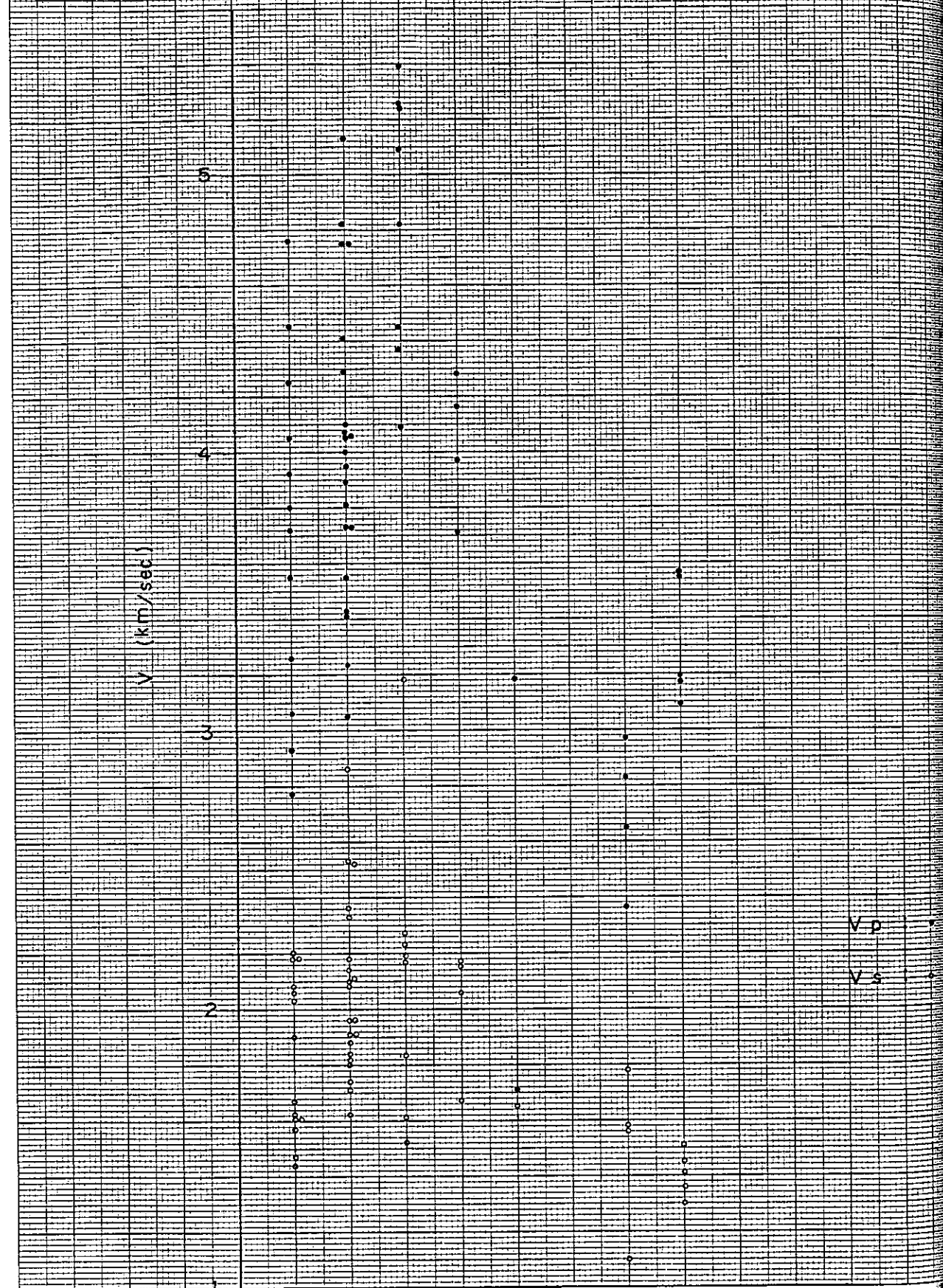


Fig. II-25.2 Distribution of Seismic Travel-Time (V) of Each Location



JIS A4 180×250<sup>m</sup>

Axis-1

3

4

Power House  
(On Axis-3)

QR-I

II

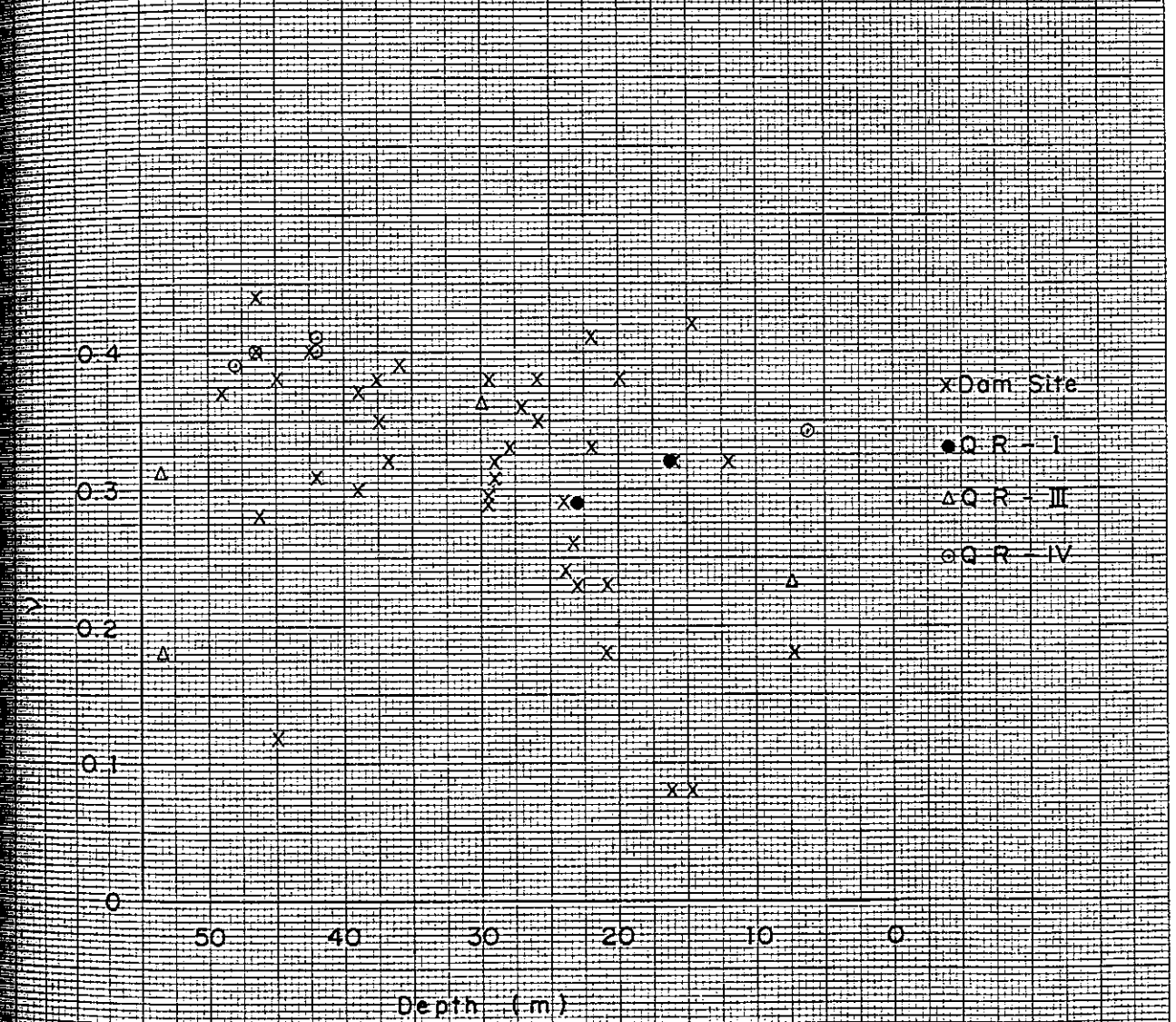
III

IV

II-89

SEKIREI NO. 401

Fig. II-25.3 Relation Between Dynamic Poisson's Ratio (V) and Depth.

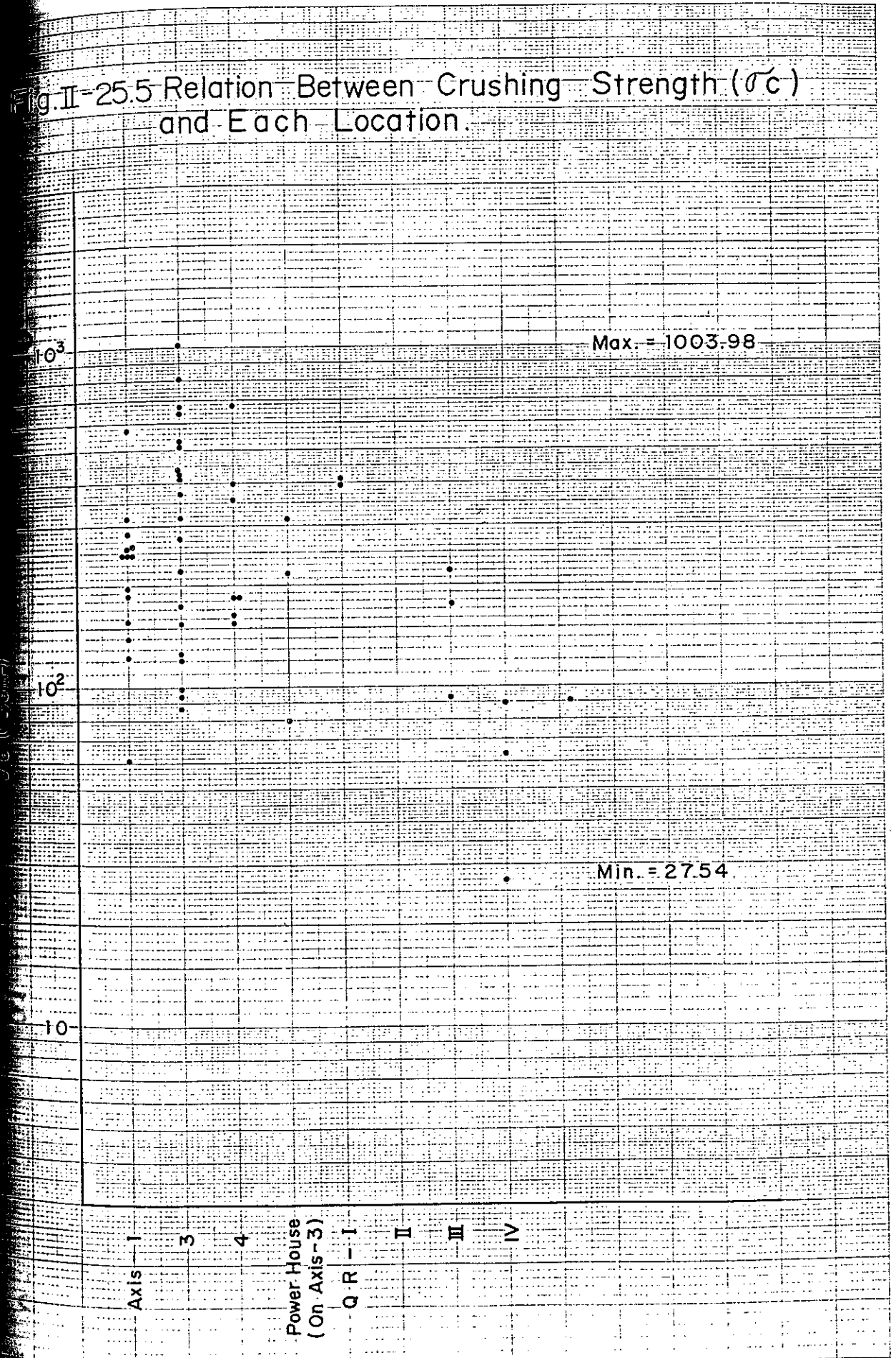
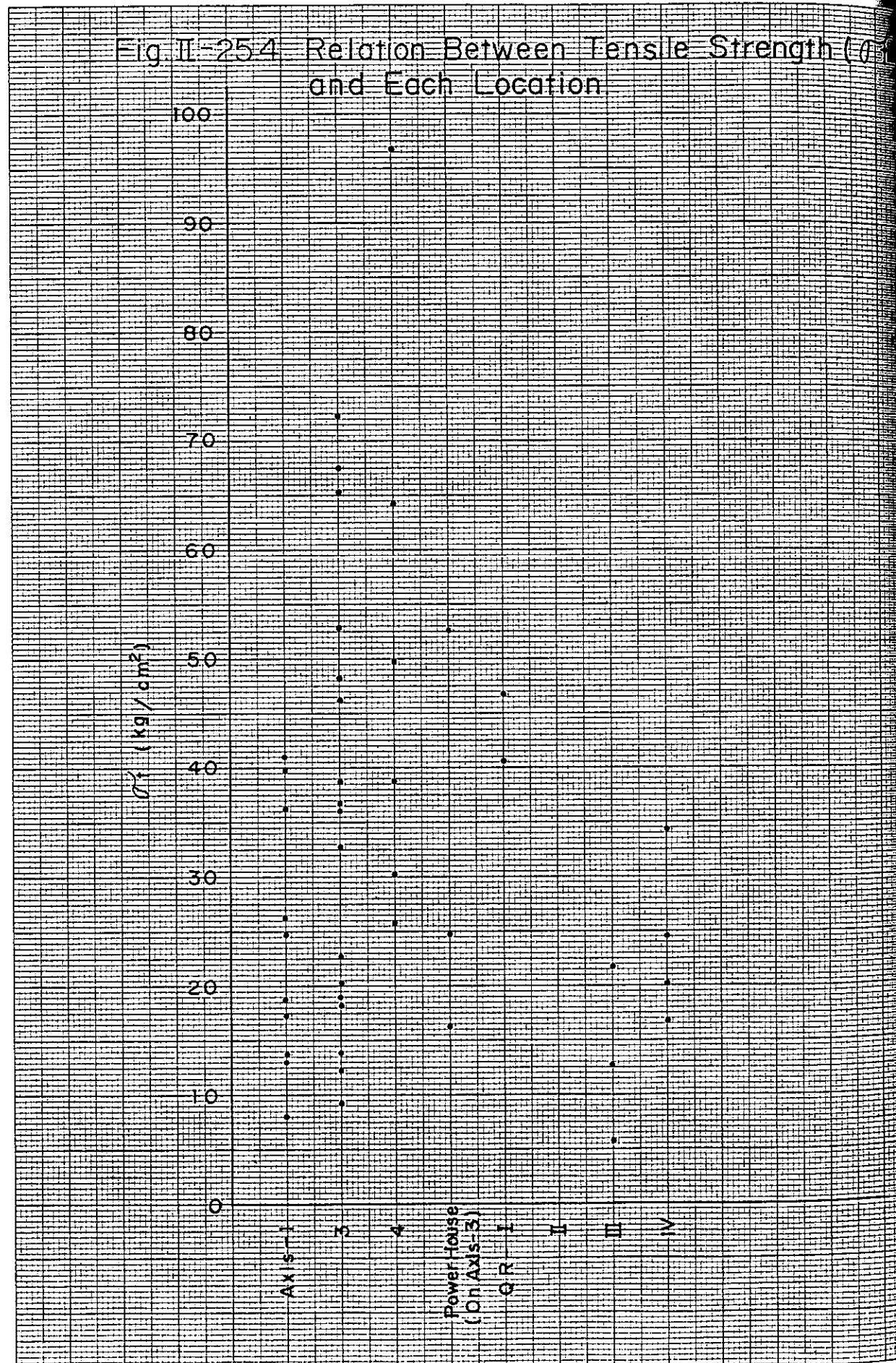


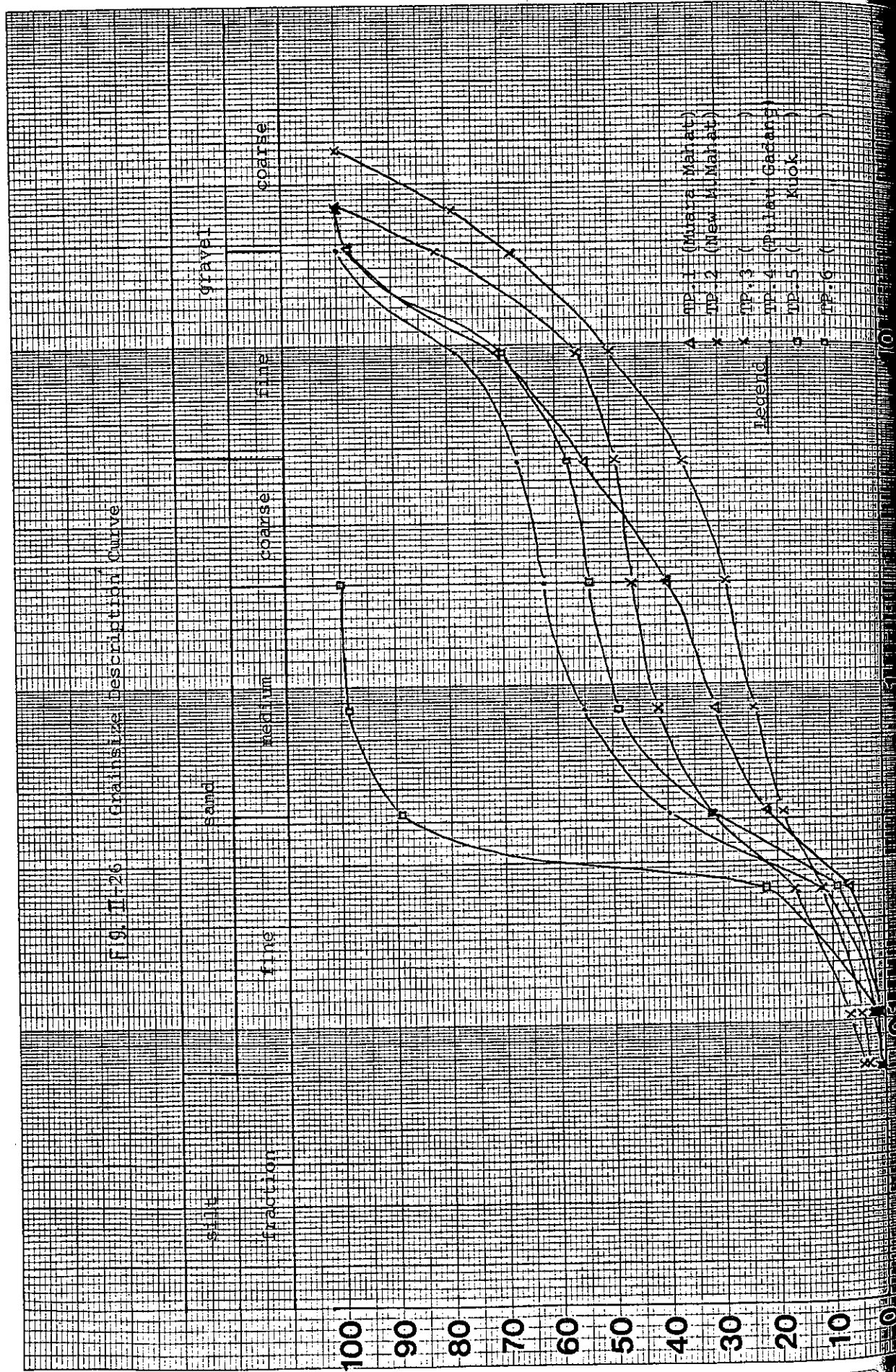
JIS A4 180×250<sup>m</sup>

II-90

SEKIREI NO. 401 C







### 岩盤せん断試験

ダム設計に必要な資料を把握するため、岩盤せん断試験を行った。試験の概要及び結果は次のとおりである。

場所：ダム軸3のTA-2横坑内

岩級：CL～CMクラス（CLクラスに近い）

試験量：せん断試験 4ブロック

フリクション試験 12回（1ブロックにつき3回）

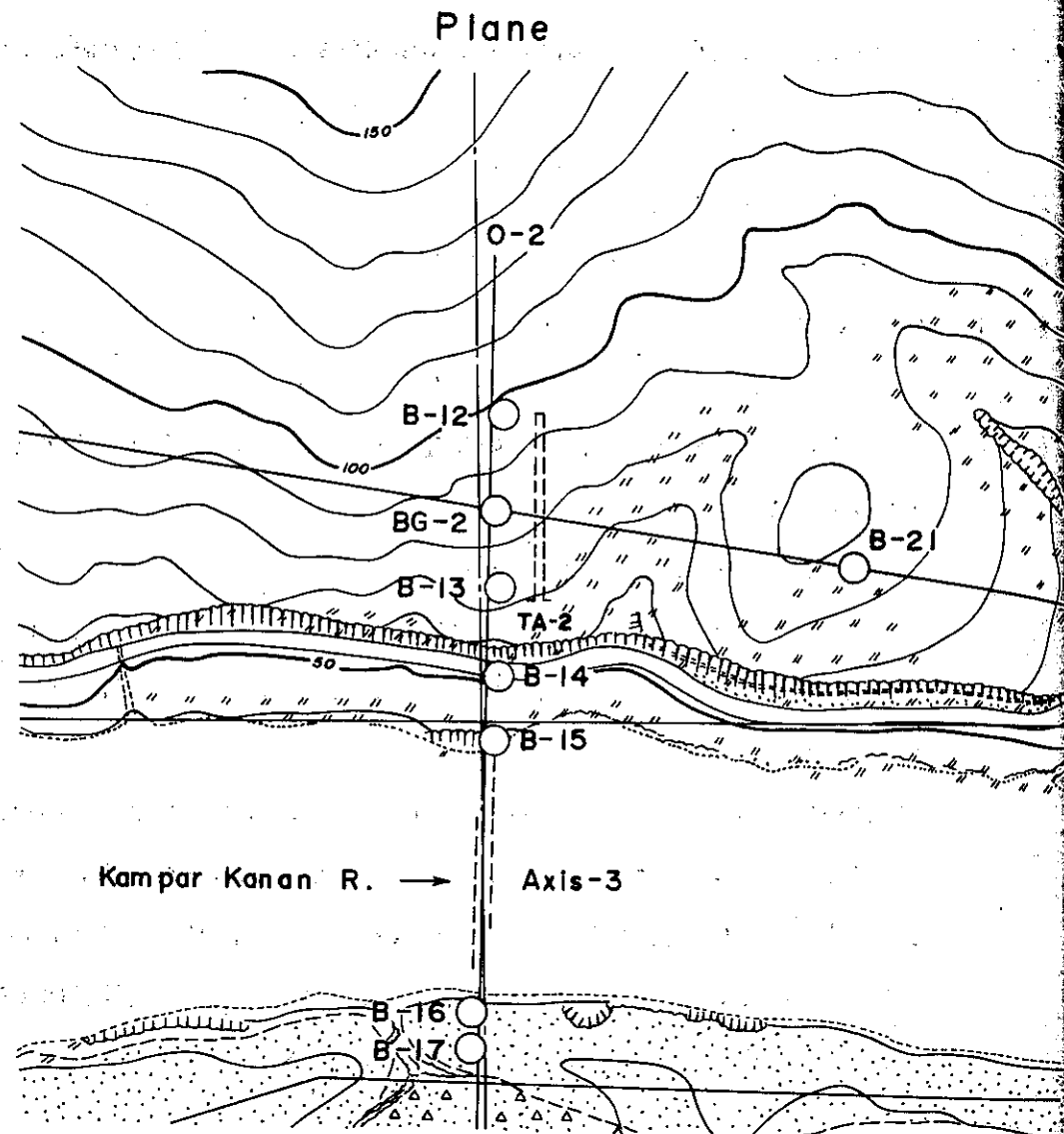
結果：テストブロックの状態の差、試験の誤差等を考慮に入れて検討した結果、次のせん断強度を得た。

$$\tau = 18.4 + \sigma \tan 38^\circ \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

評価：ダム軸の基礎は一部CLクラスを除きほとんどがCMクラスの岩盤上に設置する計画である。今回試験を行った岩盤の岩級はCLクラスに近いので、安全サイドといえる。

設計に用いた岩盤のせん断強度は、 $18.4 \text{ Kg/cm}^2$ で、この場合のダムのせん断に対する安全率は越流部で4.6、左岸非越流部で8.4である。なお、安全率4を確保するために必要な岩盤のせん断強度を求めると、越流部で $15.6 \text{ Kg/cm}^2$ 、左岸非越流部で $7.2 \text{ Kg/cm}^2$ となる。試験の結果、岩盤の純せん断強度は $18.4 \text{ Kg/cm}^2$ であるので、十分なものと判断できる。

Fig. II-27 Location of the Test



Section

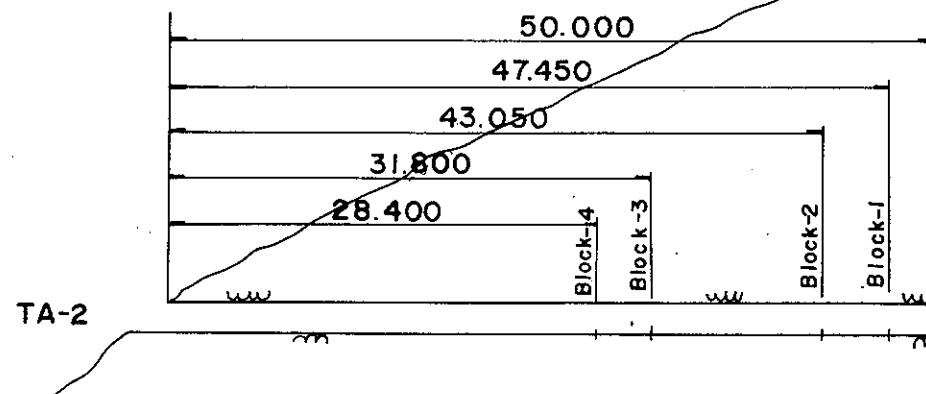
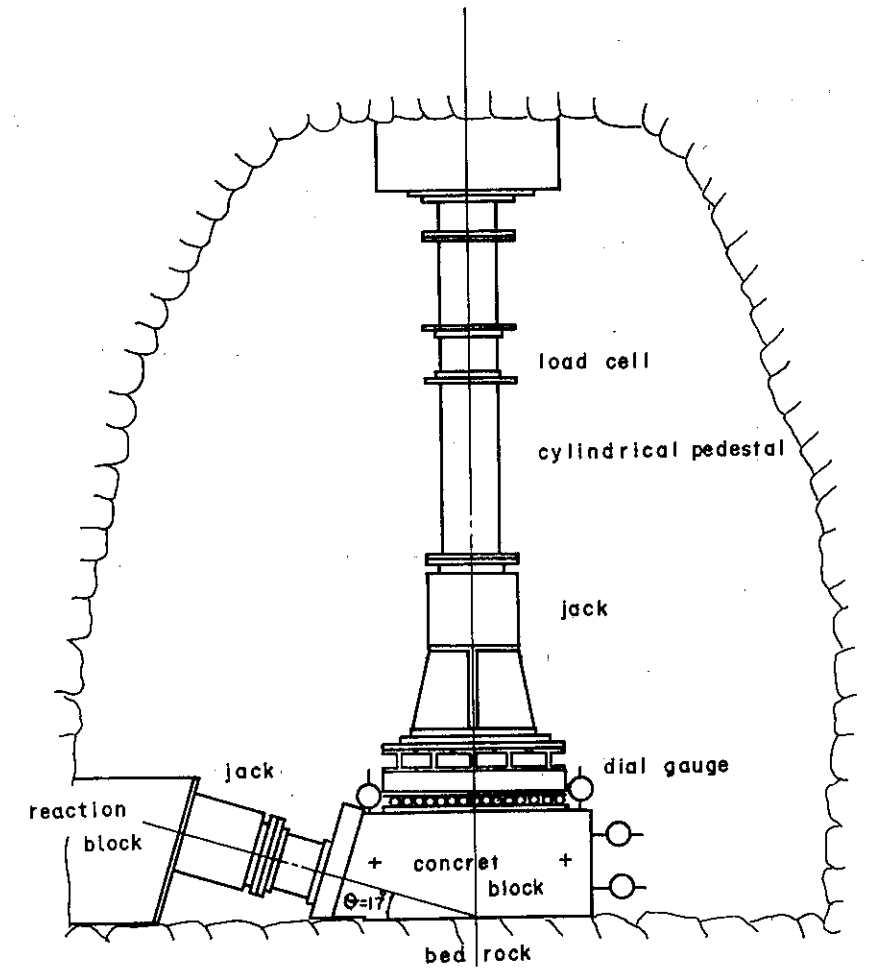


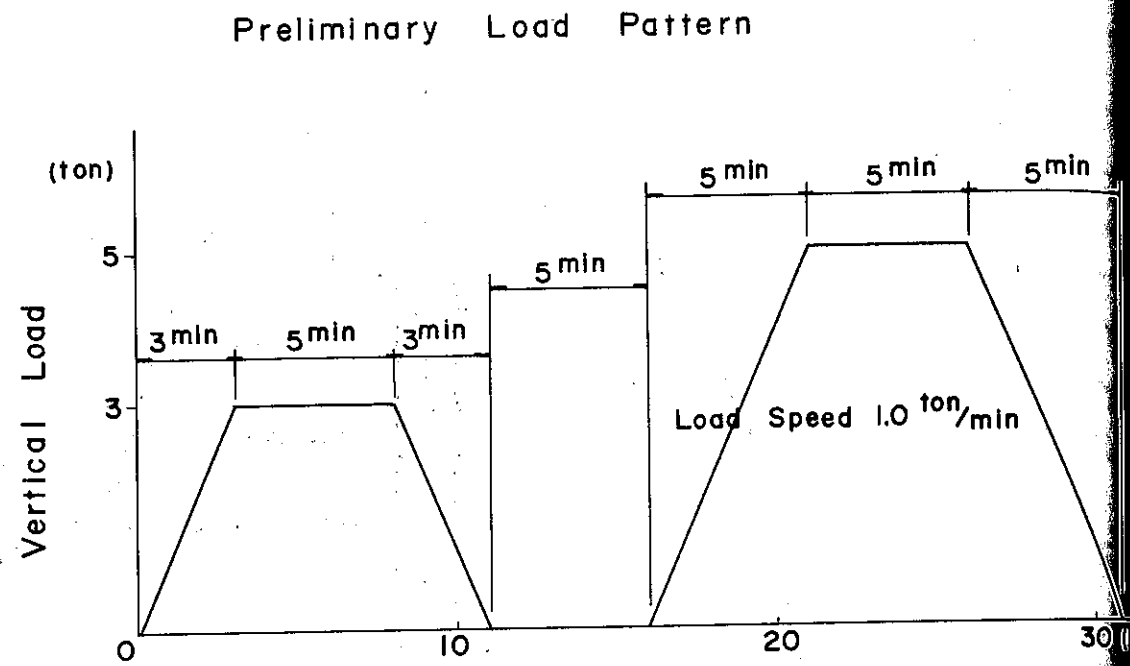
Fig. II-28 Loading Equipment



Main Equipment

Name	Unit	Quantity
Hydraulic jack (100 <sup>ton</sup> )	Set	1
Hydraulic jack (150 <sup>ton</sup> )	"	2
Load cell	"	3
Strain meter	"	1
Dial gauge	"	10

Fig. II-29 Loading Pattern



Shearing Load Pattern

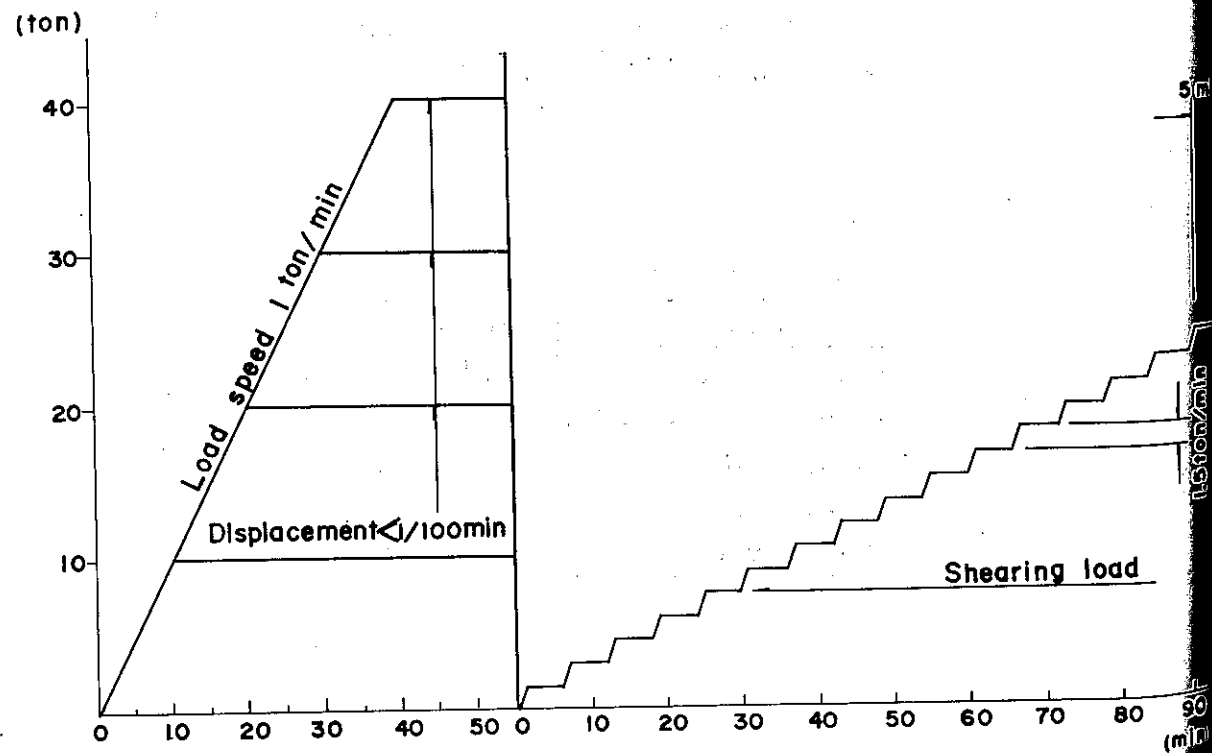


Fig. II-30 Load-Displacement Curves (1)

(Block-1)

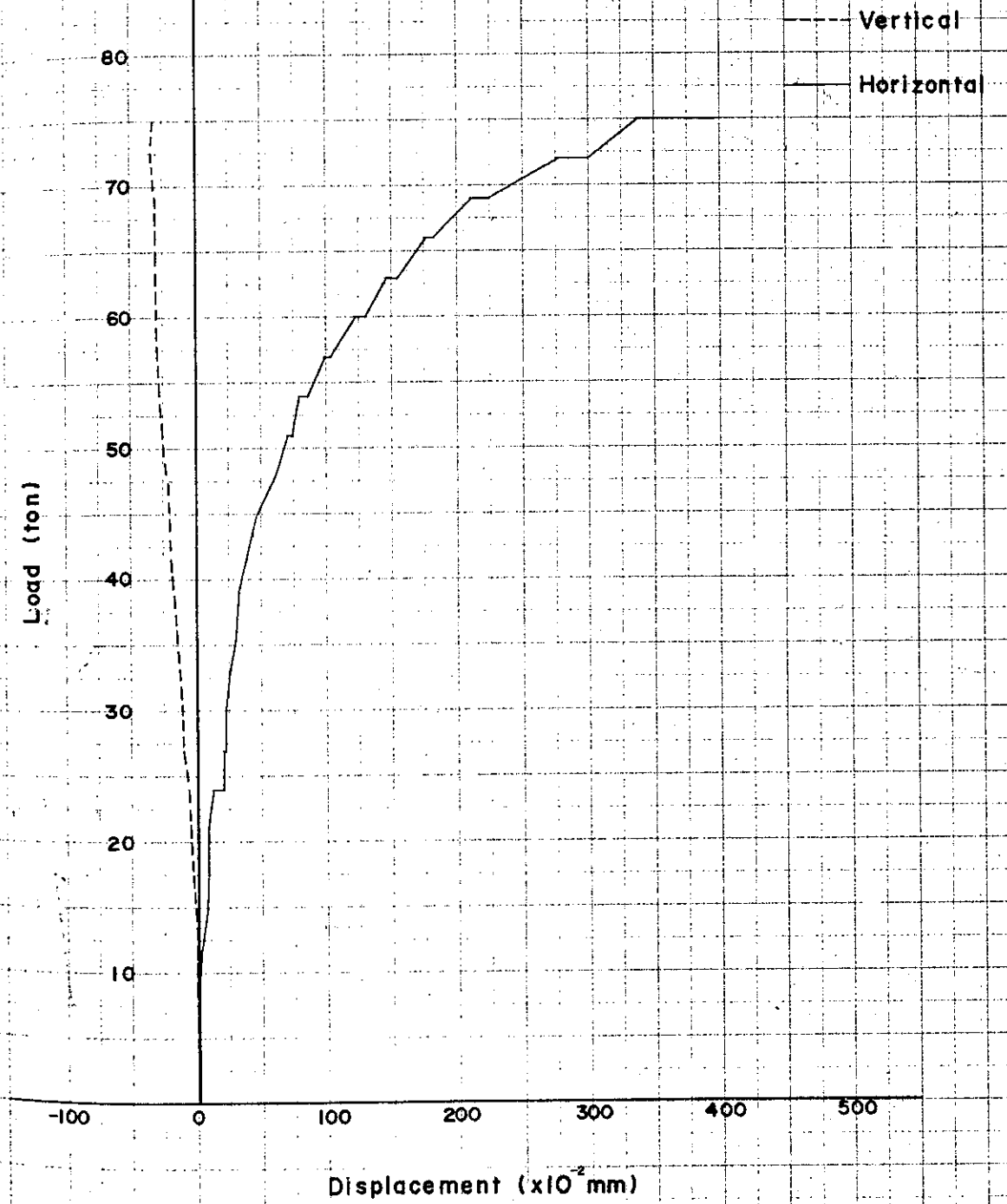
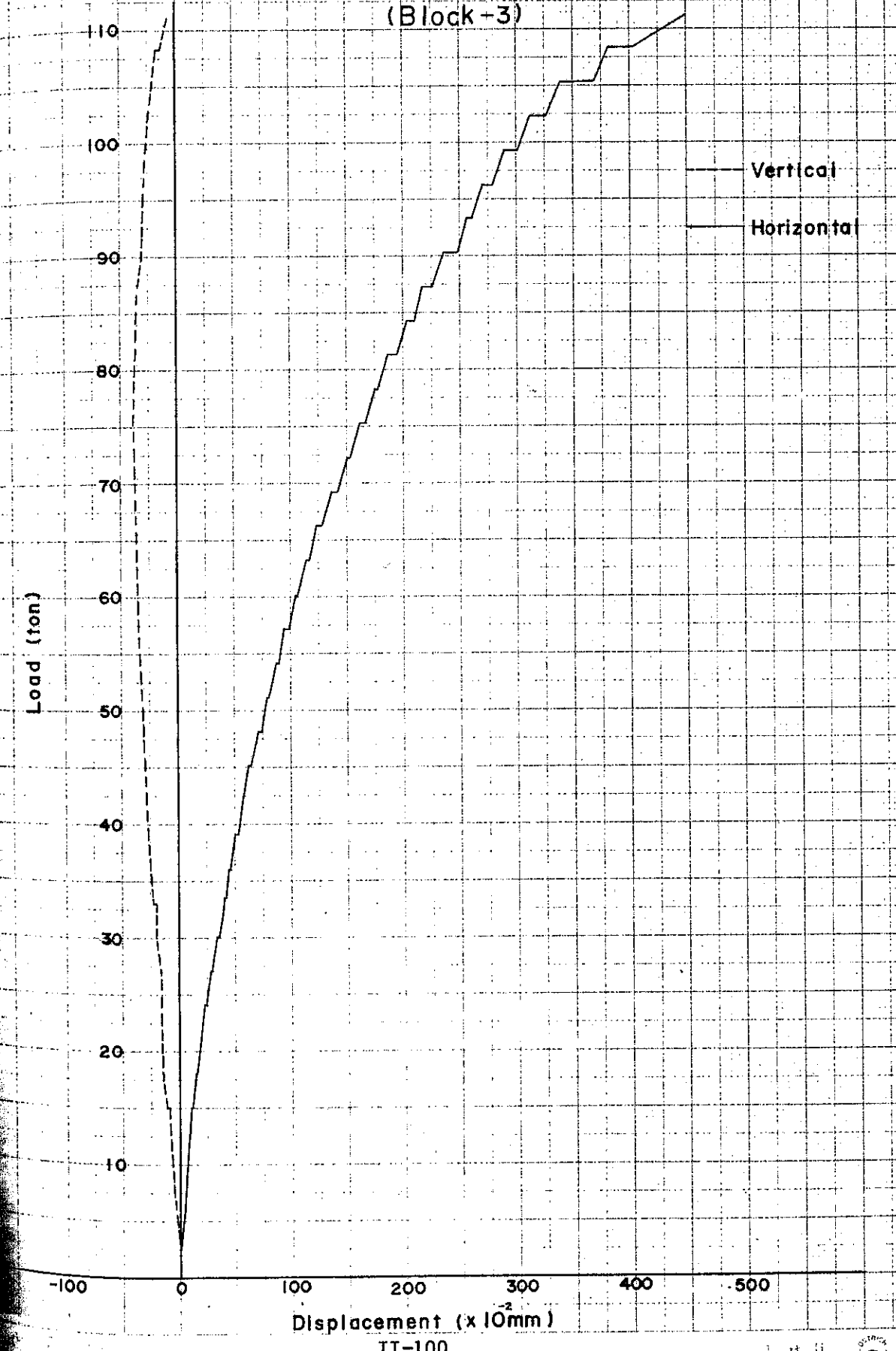


Fig. II - 30 Load-Displacement Curves (2)  
(Block-2)



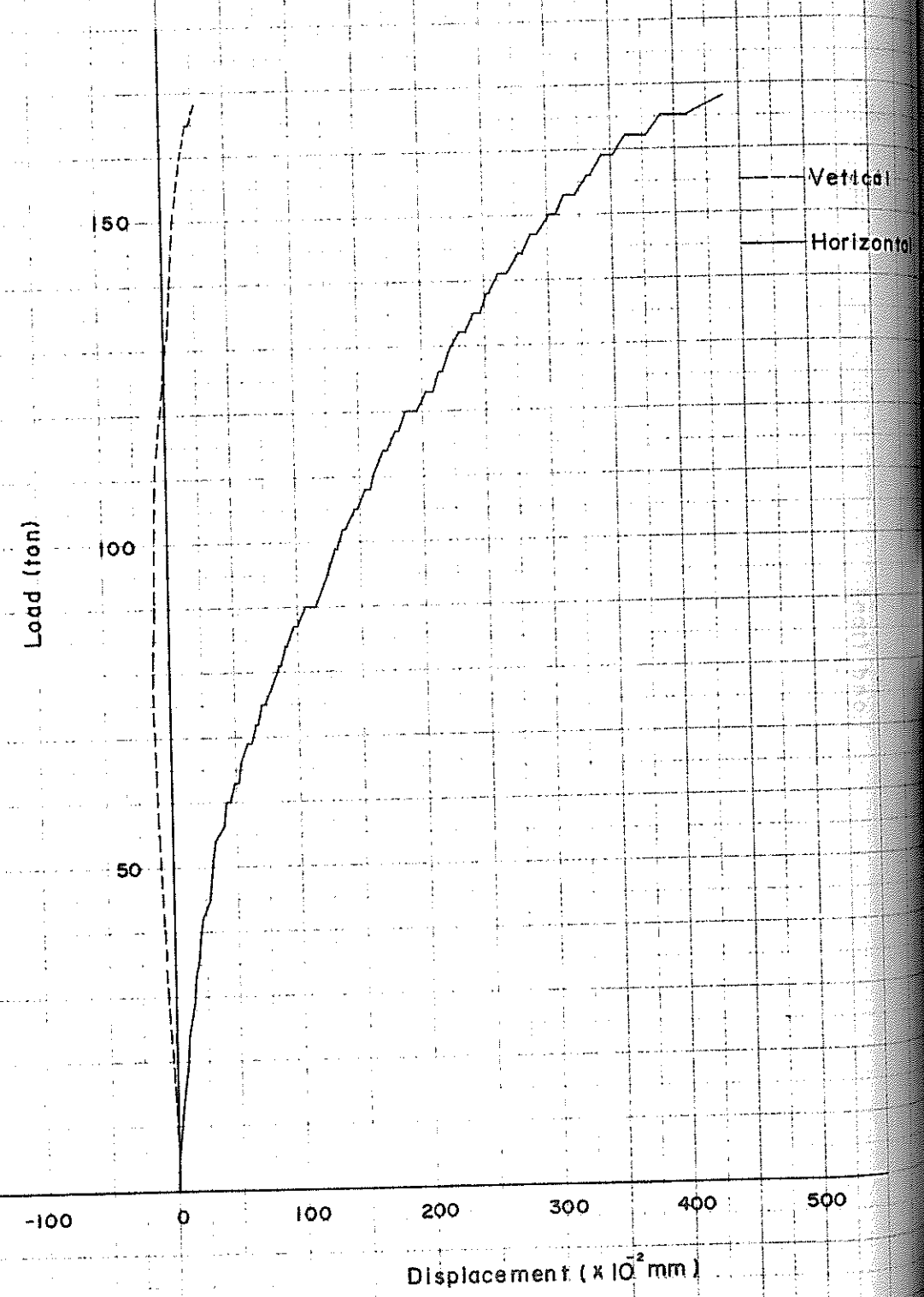
II-99

Fig. II - 30 Load-Displacement Curves (3)  
(Block-3)



II-100

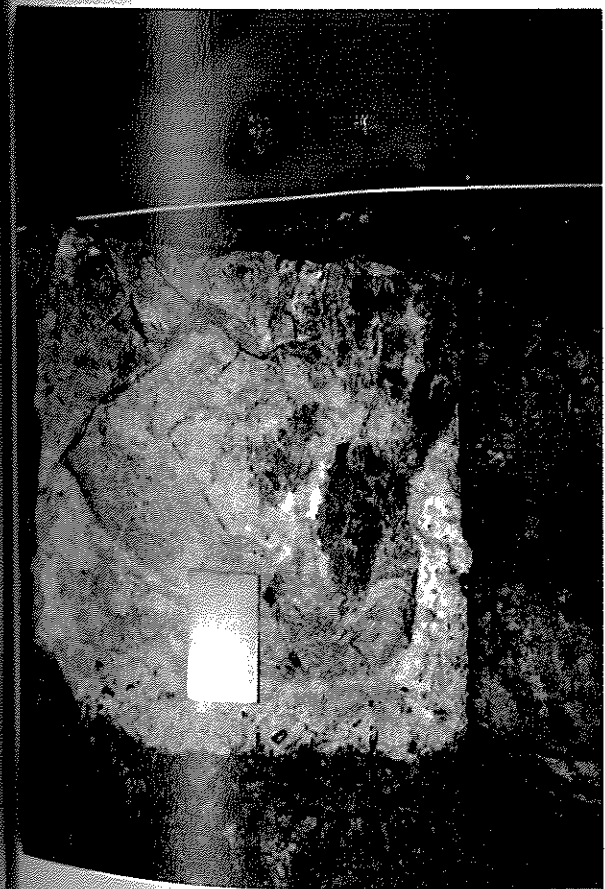
Fig. II - 30 Load-Displacement Curves (4)  
(Block-4)



Block-1



Block-2

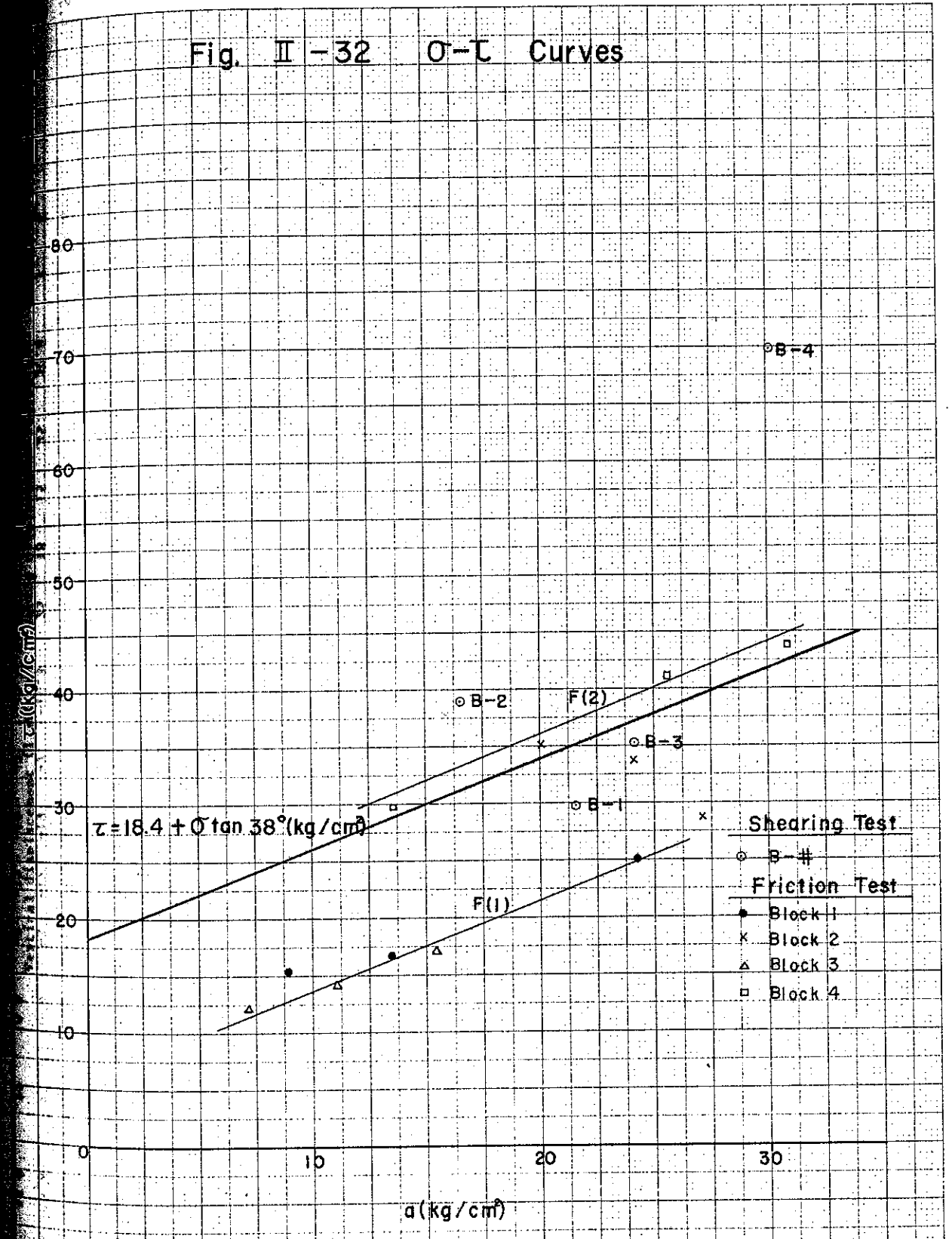


Block-3



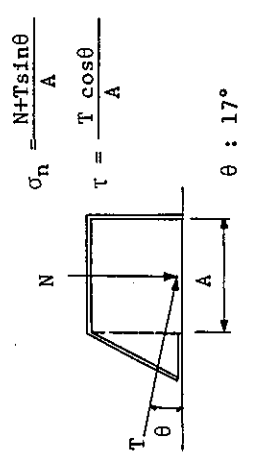
Block-4

Fig. II - 32  $\sigma$ - $\tau$  Curves



- Notes: 1. F(1) and F(2) show friction angle for group of Block 1 and Block 3 and for Block 4 respectively.  
 2. Due to abnormal values, data for Block 2 of friction test and for B-4 of shearing test were rejected.

Table II-16 Data Sheets of Rock Shearing Test



1-(1)

Date: 19th March

Test number: 1

Size of test block: length(cm) 68 x width(cm) 61 x height(cm) 24

Shearing area: 2,400 cm<sup>2</sup>

Rock classification: CL - Cm

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Shearing load (ton)	Vertical Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Average	Lateral displacement (1/100 mm)				Average
					Shearing displacement					Lateral displacement				
					Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge		Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge	
0	30	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	30	12.9	3	1.2	-1	0	0	-0.3	0	0	0	0	0	0
7	30	12.9	3	1.2	-1	0	0	-0.3	0	0	0	0	0	0
9	30	13.2	6	2.4	-1	0	0	-0.3	0	0	0	0	0	0
14	30	13.2	6	2.4	-1	0	0	-0.3	0	0	0	0	0	0
16	30	13.6	9	3.6	-1	0	-1	-0.5	0	0	0	0	0	0
21	30	13.6	9	3.6	-1	0	-1	-0.5	1	0	0	1	0.5	0
23	30	14.0	12	4.8	-1	0	-1	-0.5	1	0	0	2	0.8	0
28	30	14.0	12	4.8	-1	0	-1	-0.5	1	0	0	2	0.8	0
30	30	14.3	15	6.0	-1	-2	-5	-2.0	4	0	0	6	2.5	0
35	30	14.3	15	6.0	-1	-4	-9	-4.5	8	3	2	11	6.0	0
37	30	14.7	18	7.2	-1	-4	-9	-4.5	9	3	2	12	6.5	0
42	30	14.7	18	7.2	-1	-4	-9	-4.5	9	3	2	12	6.5	0
44	30	15.1	21	8.4	-1	-5	-9	-4.8	12	3	2	14	7.8	0
49	30	15.1	21	8.4	-1	-6	-12	-5.8	12	3	2	14	7.8	0
51	30	15.4	24	9.6	-1	-8	-14	-6.8	14	3	15	16	12.0	0
56	30	15.4	24	9.6	-3	-12	-19	-10.3	22	18	15	25	20.0	3
58	30	15.8	27	10.8	-3	-12	-19	-10.3	25	18	15	25	20.8	3

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Shearing load (ton)	Vertical Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Average	Lateral displacement (1/100 mm)				Average	
					Shearing displacement					Lateral displacement					
					Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge		Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge	Dial gauge		
72	30	16.5	33	13.1	-2	-15	-24	-7	-12.0	33	20	15	33	25.3	3
77	30	16.5	33	13.1	-2	-18	-25	-8	-13.3	34	20	15	33	25.5	3
79	30	16.9	36	14.3	-2	-18	-29	-9	-14.5	39	24	16	39	29.5	7
84	30	16.9	36	14.3	-2	-20	-29	-9	-15.0	40	24	16	40	30.0	7
86	30	17.3	39	15.5	-2	-21	-33	-10	-16.5	45	26	17	44	33.0	7
91	30	17.3	39	15.5	-2	-22	-34	-11	-17.3	47	26	17	46	34.0	7
93	30	17.6	42	16.7	-2	-24	-36	-11	-18.3	50	28	18	48	36.0	10
98	30	17.6	42	16.7	-2	-25	-38	-12	-19.3	53	30	22	52	39.3	11
100	30	18.0	45	17.9	-2	-26	-40	-13	-20.3	61	37	25	58	45.3	13
105	30	18.0	45	17.9	-2	-28	-42	-13	-21.3	62	37	25	60	46.0	13
107	30	18.3	48	19.1	-2	-29	-44	-14	-22.3	77	52	40	70	59.8	16
112	30	18.3	48	19.1	-2	-30	-46	-14	-23.0	81	55	42	73	62.8	17
114	30	18.7	51	20.3	-2	-32	-48	-15	-24.3	88	69	45	79	70.3	18
119	30	18.7	51	20.3	-2	-33	-52	-16	-25.8	94	66	49	87	74.0	19
121	30	19.1	54	21.5	-2	-34	-53	-17	-26.5	99	70	56	93	79.5	20
126	30	19.1	54	21.5	-2	-35	-55	-17	-27.3	108	78	59	98	85.8	22
128	30	19.4	57	22.7	-2	-35	-56	-17	-27.5	122	92	73	108	98.8	24
133	30	19.4	57	22.7	-2	-37	-58	-17	-28.5	127	96	74	111	102.0	25
135	30	19.8	60	23.9	-2	-37	-60	-18	-29.3	159	120	86	123	122.0	28
140	30	19.8	60	23.9	-2	-38	-61	-18	-29.8	166	123	97	137	130.8	30
142	30	20.2	63	25.1	-2	-38	-61	-17	-29.5	175	144	109	151	144.8	32
147	30	20.2	63	25.1	-3	-40	-63	-17	-30.8	188	153	118	159	154.5	35
149	30	20.5	66	26.3	-4	-40	-64	-16	-31.0	209	177	139	177	175.5	39
154	30	20.5	66	26.3	-4	-42	-64	-16	-31.5	216	182	144	182	181.0	39
156	30	20.9	69	27.5	-5	-43	-64	-15	-31.8	250	220	170	209	212.3	44
161	30	20.9	69	27.5	-5	-43	-65	-15	-32.0	265	229	182	224	225.0	46



Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Shearing load (ton)	Vertical Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)							
					Dial gauge				Average				Dial gauge				Average			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
163	30	21.3	72	28.7	-7	-44	-65	-15	-32.8	297	261	199	242	249.8	48	17			32.5	
168	30	21.3	72	28.7	-10	-46	-65	-13	33.5	347	311	258	291	301.8	54	18			36.0	
170	30	21.6	75	29.9	-13	-46	-64	-11	33.5	385	352	282	327	336.5	56	19			37.5	
175	30	21.6	75	29.9	-15	-42	-58	-11	31.5	449	413	344	387	398.3	59	19			39.0	

Date; 21st March

Size of test block; 68 x 61 x 24  
length(cm) width(cm) height(cm)

Rock; Tuff

Shearing area; 2,200 cm<sup>2</sup>

Rock classification G<sub>L</sub> - G<sub>M</sub>



Test number; 2  
120 10 17.3 20 30.0 30 39 10 50 2(1) 122 12 130 135 102 134.3

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Shearing load (ton)	Vertical Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)							
					Dial gauge				Average				Dial gauge				Average			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0	10	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	10	4.9	3	1.3	-2	-1	0	-3	-1.5	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
7	10	4.9	3	1.3	-2	-1	0	-3	-1.5	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
9	10	5.3	6	2.6	-3	-1	0	-5	-2.3	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
14	10	5.3	6	2.6	-4	-2	0	-5	-2.8	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
16	10	5.7	9	3.9	-5	-2	0	-7	-3.5	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
21	10	5.7	9	3.9	-6	-2	0	-8	-4.0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
23	10	6.1	12	5.2	-8	-2	-2	-10	-5.5	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
28	10	6.1	12	5.2	-8	-2	-2	-10	-5.5	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	
30	10	6.5	15	6.5	-10	-2	-2	-12	-6.5	1	0	3	-1	1.0	0	-1	1.0	0	-0.5	
35	10	6.5	15	6.5	-10	-2	-2	-13	-6.8	1	0	3	-1	1.0	0	-1	1.0	0	-0.5	
37	10	6.9	18	7.8	-12	-2	-2	-15	-7.8	4	3	6	2	3.8	0	-1	3.8	0	-0.5	
42	10	6.9	18	7.8	-12	-2	-2	-16	-8.0	5	4	7	2	4.5	0	-1	4.5	0	-0.5	
44	10	7.3	21	9.1	-14	-2	-2	-17	-8.8	8	8	10	5	7.8	0	-1	7.8	0	-0.5	
49	10	7.3	21	9.1	-16	-2	-3	-18	-9.8	10	11	11	7	9.8	0	-1	9.8	0	-0.5	
51	10	7.7	24	10.4	-17	-2	-3	-19	-10.3	12	13	14	10	12.3	0	-1	12.3	0	-0.5	
56	10	7.7	24	10.4	-17	-2	-3	-19	-10.3	13	14	15	11	13.3	0	-1	13.3	0	-0.5	
58	10	8.1	27	11.7	-18	0	-3	-22	-10.8	18	19	20	15	18.0	0	-1	18.0	0	-0.5	
63	10	8.1	27	11.7	-18	0	-3	-22	-10.8	20	21	21	16	19.5	0	-1	19.5	0	-0.5	
65	10	8.5	30	13.0	-19	1	-3	-23	-11.0	26	28	27	23	26.0	0	-1	26.0	0	-0.5	
70	10	8.5	30	13.0	-20	3	-3	-24	-11.0	30	32	31	26	29.8	0	-1	29.8	0	-0.5	

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Shearing load (ton)	Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)				
					Average				Average				Average				
					Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Dial gauge 4	Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Dial gauge 4	Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Dial gauge 4	
72	10	8.9	33	14.3	-22	3	-3	-25	-11.8	33	36	34	28	32.8	0	-1	-0.5
77	10	8.9	33	14.3	-22	3	-3	-25	-11.8	36	38	36	30	35.0	0	-1	-0.5
79	10	9.3	36	15.6	-23	5	-4	-25	-11.8	40	43	40	35	39.5	1	-1	0
84	10	9.3	36	15.6	-23	5	-4	-25	-11.8	43	46	42	37	42.0	1	-1	0
86	10	9.7	39	17.0	-24	7	-3	-27	-11.8	50	56	48	45	49.8	2	0	1.0
91	10	9.7	39	17.0	-25	7	-3	-27	-12.0	50	56	48	45	49.8	2	0	1.0
93	10	10.1	42	18.3	-25	9	-3	-28	-11.7	55	61	52	49	54.3	3	0	1.5
98	10	10.1	42	18.3	-25	9	-3	-28	-11.7	57	63	53	50	55.8	3	0	1.5
100	10	10.5	45	19.6	-26	11	-1	-28	-11.0	62	69	58	54	60.8	4	-1	1.5
105	10	10.5	45	19.6	-26	11	-1	-28	-11.0	65	73	58	56	63.0	4	-1	1.5
107	10	10.9	48	20.9	-27	12	-1	-29	-11.3	70	78	64	60	68.0	4	-1	1.5
112	10	10.9	48	20.9	-27	13	-1	-29	-11.0	73	82	68	63	71.5	4	-1	1.5
114	10	11.3	51	22.2	-27	13	1	-29	-10.5	79	88	72	67	76.5	4	-1	1.5
119	10	11.3	51	22.2	-27	15	1	-29	-10.0	81	91	75	70	79.3	4	-1	1.5
121	10	11.7	54	23.5	-28	16	2	-29	-9.8	89	99	81	77	86.5	4	-1	1.5
126	10	11.7	54	23.5	-28	17	2	-29	-9.5	91	99	81	77	87.0	4	-1	1.5
128	10	12.1	57	24.8	-28	19	3	-29	-8.8	105	113	89	87	98.5	5	-4	0.5
133	10	12.1	57	24.8	-28	19	3	-29	-8.8	106	113	89	87	98.8	5	-4	0.5
135	10	12.5	60	26.1	-28	21	4	-29	-8.0	113	119	96	92	105.0	5	-4	0.5
140	10	12.5	60	26.1	-28	21	4	-29	-8.0	115	123	98	94	107.5	5	-4	0.5
142	10	12.9	63	27.4	-28	23	6	-29	-7.0	122	130	103	99	113.5	5	-4	0.5
147	10	12.9	63	27.4	-28	24	6	-29	-6.8	124	130	105	99	114.5	5	-4	0.5
149	10	13.3	66	28.7	-28	25	8	-29	-6.0	130	138	109	104	120.3	5	-4	0.5

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Shearing load (ton)	Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)				
					Average				Average				Average				
					Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Dial gauge 4	Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Dial gauge 4	Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Dial gauge 4	
168	10	14.1	72	31.3	-28	32	12	-29	-3.3	155	163	130	125	143.3	6	-5	0.5
170	10	14.5	75	32.6	-28	33	14	-29	-2.5	161	170	134	131	149.0	6	-5	0.5
175	10	14.5	75	32.6	-28	34	14	-29	-2.3	164	172	137	134	151.8	6	-5	0.5
177	10	14.9	78	33.9	-28	36	17	-27	-2.0	171	182	144	136	158.3	6	-5	0.5
182	10	14.9	78	33.9	-28	37	17	-27	-0.3	176	182	144	141	160.8	6	-5	0.5
184	10	15.3	81	35.2	-28	40	22	-24	2.5	186	199	155	153	173.3	6	-5	0.5
189	10	15.3	81	35.2	-28	42	22	-23	3.3	192	203	162	158	178.8	6	-5	0.5
191	10	15.7	84	36.5	-28	45	27	-21	5.8	201	211	169	164	186.3	6	-6	0
196	10	15.7	84	36.5	-28	47	29	-18	7.5	207	217	173	169	191.5	6	-7	-0.5
198	10	16.1	87	37.8	-28	49	35	-15	10.3	222	233	184	182	205.3	6	-10	-2.0
203	10	16.1	87	37.8	-28	53	41	-11	13.8	230	239	193	188	212.5	6	-10	-2.0
205	10	16.5	90	39.1	-28	58	57	-3	21.0	252	263	209	206	232.5	6	-12	-3.0

Date; 23rd March

3-(1)

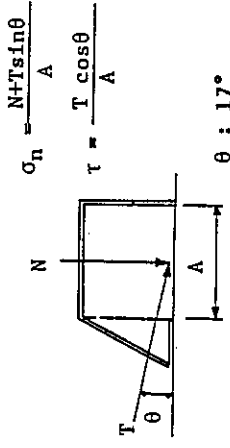
Test number; 3

Size of test block; length(cm) width(cm) height(cm)  
68 x 61 x 24

Shearing area; 3,000 cm<sup>2</sup>

Rock; Tuff

Rock classification C<sub>L</sub> - C<sub>M</sub>



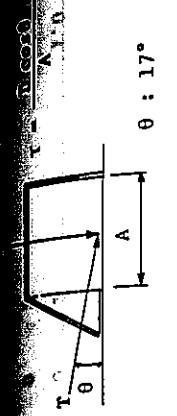
Vertical displacement (1/100 mm)    Shearing displacement (1/100 mm)    Lateral displacement (1/100 mm)

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Shearing load (ton)	Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Dial gauge				Average	Dial gauge				Average			
					1	2	3	4		1	2	3	4				
0	40	13.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	40	13.6	3	1.0	-1	-2	-1	0	-1.0	5	0	0	0	1.3	0	-1	0
7	40	13.6	3	1.0	-2	-3	-3	0	-2.0	7	0	0	0	1.8	0	-1	0
9	40	13.9	6	1.9	-2	-6	-4	0	-3.0	9	0	0	1	2.3	0	-1	-0.5
14	40	13.9	6	1.9	-3	-7	-5	0	-3.8	10	0	0	1	2.8	0	-1	-0.5
16	40	14.2	9	2.9	-6	-9	-6	0	-5.3	15	1	0	1	4.3	0	-2	-1.0
21	40	14.2	9	2.9	-8	-13	-9	0	-7.5	17	2	0	4	5.8	0	-4	-2.0
23	40	14.5	12	3.8	-9	-13	-10	1	-7.5	19	3	1	5	7.0	0	-4	-2.0
28	40	14.5	12	3.8	-12	-16	-10	1	-9.3	22	5	2	6	8.8	-3	-5	-4.0
30	40	14.8	15	4.8	-12	-16	-11	1	-9.5	25	7	2	6	10.0	-3	-6	-4.5
35	40	14.8	15	4.8	-13	-16	-12	1	-10.0	26	7	7	8	12.0	-3	-7	-5.0
37	40	14.1	18	5.7	-14	-19	-13	1	-11.3	29	10	7	10	14.0	-3	-9	-6.0
42	40	15.1	18	5.7	-16	-21	-15	1	-12.8	32	12	8	11	15.8	-3	-10	-6.5
44	40	15.3	21	6.7	-18	-22	-16	1	-13.8	36	15	9	13	18.3	-3	-11	-7.0
49	40	15.3	21	6.7	-19	-24	-16	1	-14.5	38	16	10	14	19.5	-5	-12	-8.5
51	40	15.7	24	7.7	-20	-25	-18	1	-15.5	42	19	10	16	21.8	-6	-12	-9.0
56	40	15.7	24	7.7	-20	-26	-18	1	-15.8	44	20	14	18	24.0	-6	-14	-10.0
58	40	16.0	27	8.6	-22	-27	-20	1	-17.0	49	23	16	19	26.8	-6	-15	-10.5
63	40	16.0	27	8.6	-22	-29	-21	-2	-18.5	50	24	19	22	28.8	-6	-16	-11.0
65	40	16.3	30	9.6	-25	-32	-24	-2	-20.8	57	31	20	24	33.0	-5	-18	-12.0

Vertical displacement (1/100 mm)    Shearing displacement (1/100 mm)    Lateral displacement (1/100 mm)

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Shearing load (ton)	Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Dial gauge				Average	Dial gauge				Average			
					1	2	3	4		1	2	3	4				
72	40	16.5	33	10.5	-26	-33	-26	-2	-21.8	66	38	25	32	40.3	-7	-20	-13.5
77	40	16.5	33	10.5	-28	-36	-29	-3	-24.0	69	39	26	34	42.0	-7	-20	-13.5
79	40	16.8	36	11.5	-29	-38	-30	-4	-25.3	73	43	27	34	44.3	-7	-22	-14.5
84	40	16.8	36	11.5	-29	-38	-31	-4	-25.5	77	46	29	36	47.0	-7	-23	-15.0
86	40	17.1	39	12.4	-29	-39	-32	-4	-26.0	81	50	31	38	50.0	-7	-24	-15.5
91	40	17.1	39	12.4	-30	-41	-34	-4	-27.3	87	54	34	40	53.8	-7	-25	-16.0
93	40	17.4	42	13.4	-30	-41	-35	-4	-27.5	93	58	37	42	57.5	-7	-26	-16.5
98	40	17.4	42	13.4	-31	-43	-35	-4	-28.3	93	58	37	42	57.5	-7	-26	-16.5
100	40	17.7	45	14.3	-31	-45	-34	-4	-28.5	98	64	41	47	62.5	-7	-28	-17.5
105	40	17.7	45	14.3	-31	-45	-38	-4	-29.5	102	67	43	49	65.3	-7	-29	-18.0
107	40	18.0	48	15.3	-31	-46	-40	-4	-30.3	109	73	48	52	70.5	-7	-29	-18.0
112	40	18.0	48	15.3	-32	-47	-41	-4	-31.0	113	77	50	55	73.8	-7	-30	-18.5
114	40	18.3	51	16.3	-32	-47	-42	-4	-31.3	119	82	53	58	78.0	-7	-31	-19.0
119	40	18.3	51	16.3	-32	-48	-44	-4	-32.0	122	85	56	60	80.8	-7	-32	-19.5
121	40	18.6	54	17.2	-32	-49	-45	-4	-32.5	131	93	60	64	87.0	-7	-33	-20.0
126	40	18.6	54	17.2	-32	-50	-46	-4	-33.0	134	95	62	66	89.3	-7	-34	-20.5
128	40	18.9	57	18.2	-32	-51	-48	-4	-33.8	140	101	66	69	94.0	-7	-35	-21.0
133	40	18.9	57	18.2	-32	-52	-48	-4	-34.0	145	106	68	73	98.0	-8	-35	-21.5
135	40	19.2	60	19.1	-32	-52	-50	-4	-34.5	154	113	73	77	104.3	-8	-35	-21.5
140	40	19.2	60	19.1	-32	-53	-50	-4	-34.8	156	114	76	79	106.3	-8	-36	-22.0
142	40	19.5	63	20.1	-32	-53	-52	-4	-35.3	163	123	78	90	113.5	-9	-37	-23.0
147	40	19.5	63	20.1	-32	-54	-53	-4	-35.8	167	125	82	91	116.3	-9	-37	-23.0
149	40	19.8	66	21.0	-32	-55	-55	-4	-36.5	175	131	87	97	122.5	-9	-37	-23.0
154	40	19.8	66	21.0	-32	-56	-55	-4	-36.8	181	137	90	100	127.0	-9	-39	-24.0
156	40	20.1	69	22.0	-32	-57	-56	-4	-37.3	191	146	97	107	135.3	-9	-41	-25.0
161	40	20.1	69	22.0	-30	-58	-58	-4	-37.5	200	155	105	114	143.5	-11	-43	-27.0
163	40	20.3	72	23.0	-30	-58	-58	-4	-37.5	208	168	108	117	150.3	-11	-43	-27.0

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Shearing load (ton)	Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)							
					Dial gauge				Average				Dial gauge				Average			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
168	40	20.3	72	23.0	-30	-58	-58	-4	-37.5	212	165	112	122	152.8	-11	-44	-27.5			
170	40	20.6	75	23.9	-30	-58	-59	-4	-37.8	223	175	120	129	161.8	-12	-12	-28.0			
175	40	20.6	75	23.9	-28	-59	-60	-3	-37.5	229	180	124	133	166.5	-12	-45	-28.5			
177	40	20.9	78	24.9	-27	-59	-61	-3	-37.5	240	190	130	140	175.0	-12	-45	-28.5			
182	40	20.9	78	24.9	-25	-60	-61	-3	-37.3	242	192	132	142	177.0	-12	-46	-29.0			
184	40	21.2	81	25.8	-24	-60	-61	-3	-37.0	252	201	139	148	185.0	-12	-47	-29.5			
189	40	21.2	81	25.8	-22	-60	-62	-3	-36.8	264	213	147	157	195.3	-12	-48	-30.0			
191	40	21.5	84	26.8	-21	-60	-62	0	-35.8	271	221	154	163	202.3	-12	-50	-31.0			
196	40	21.5	84	26.8	-19	-60	-62	0	-35.3	278	235	159	168	210.0	-12	-52	-32.0			
198	40	21.8	87	27.7	-18	-60	-63	1	-35.0	287	235	167	176	216.3	-13	-52	-32.5			
203	40	21.8	87	27.7	-15	-60	-63	1	-34.3	297	245	175	185	225.5	-13	-53	-33.0			
205	40	22.1	90	28.7	-14	-60	-63	16	-30.3	310	258	182	192	235.5	-18	-61	-39.5			
210	40	22.1	90	28.7	-13	-60	-63	16	-30.0	322	269	195	206	248.0	-18	-62	-40.0			
212	40	22.4	93	29.6	-12	-59	-63	16	-29.5	331	278	202	213	256.0	-18	-62	-40.0			
217	40	22.4	93	29.6	-11	-59	-63	16	-29.3	336	283	207	219	261.3	-18	-62	-40.0			
219	40	22.7	96	30.6	-9	-58	-63	16	-28.5	346	292	215	227	270.0	-18	-63	-40.5			
224	40	22.7	96	30.6	-6	-57	-63	16	-27.5	355	302	225	235	279.3	-18	-63	-40.5			
226	40	23.0	99	31.6	-5	-55	-63	16	-26.8	365	312	231	243	287.8	-18	-64	-41.0			
231	40	23.0	99	31.6	-3	-54	-63	16	-26.0	379	326	243	256	301.0	-18	-65	-41.5			
233	40	23.3	102	32.5	-1	-52	-63	18	-24.5	391	338	254	267	312.5	-18	-67	-42.5			
238	40	23.3	102	32.5	1	-50	-61	18	-23.0	405	352	267	281	326.3	-19	-68	-43.5			
240	40	23.6	105	33.5	5	-46	-61	18	-21.0	416	367	279	292	338.5	-20	-69	-44.5			
245	40	23.6	105	33.5	7	-44	-59	18	-20.3	448	396	306	321	367.8	-21	-71	-46.0			



length(cm) width(cm) height(cm)  
68 x 61 x 24  
Shearing area; 2,300 cm<sup>2</sup>  
Rock classification  $C_L - C_M$

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical Shearing load (ton)	Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)							
					Dial gauge				Average				Dial gauge				Average			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0	20	8.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	20	9.1	3	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.3	0	0	0			
7	20	9.1	3	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.3	0	0	0			
9	20	9.5	6	2.5	0	0	0	0	0	2	2	1	2	1.5	0	0	0			
14	20	9.5	6	2.5	0	0	0	0	0	2	2	1	2	1.5	0	0	0			
16	20	9.8	9	3.7	0	0	-3	0	-0.8	4	3	1	3	2.5	0	0	0			
21	20	9.8	9	3.7	0	0	-3	0	-0.8	4	3	1	3	2.5	0	0	0			
23	20	10.2	12	5.0	0	0	-3	0	-0.8	6	5	3	5	4.5	0	0	0			
28	20	10.2	12	5.0	0	0	-3	0	-0.8	6	5	3	5	4.5	0	0	0			
30	20	10.6	15	6.2	0	-1	-5	0	-1.5	8	7	4	7	6.5	0	0	0			
35	20	10.6	15	6.2	0	-1	-6	0	-1.8	8	7	4	7	6.5	0	0	0			
37	20	11.0	18	7.5	0	-1	-6	0	-1.8	10	8	5	9	8.0	0	0	0			
42	20	11.0	18	7.5	0	-1	-6	0	-1.8	10	8	5	9	8.0	0	0	0			
44	20	11.4	21	8.7	0	-1	-7	0	-2.0	12	10	6	10	9.5	0	0	0			
49	20	11.4	21	8.7	0	-1	-7	0	-2.0	12	10	6	10	9.5	0	0	0			
51	20	11.8	24	10.0	0	-1	-9	0	-2.5	15	12	7	12	11.5	0	0	0			
56	20	11.8	24	10.0	0	-1	-9	0	-2.5	15	12	7	12	11.5	0	0	0			
58	20	12.1	27	11.2	0	-2	-11	0	-3.3	17	15	8	13	13.3	0	0	0			
63	20	12.1	27	11.2	0	-2	-11	0	-3.3	17	15	8	13	13.3	0	0	0			
65	20	12.5	30	12.5	0	-4	-13	-1	-4.5	19	17	10	15	15.3	0	0	0			
70	20	12.5	30	12.5	0	-4	-13	0	-4.3	22	17	10	15	16.0	0	0	0			

4-(2)

Time (min)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )		Vertical displacement (1/100 mm)			Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )			Shearing displacement (1/100 mm)			Lateral displacement (1/100 mm)					
	load (ton)	shear stress (kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	Average	5	6	7	8	Average	9	10	Average		
72	20	12.9	33	13.7	0	-5	-14	0	-4.8	22	19	11	17	17.3	0	0	0
77	20	12.9	33	13.7	-1	-5	-14	0	-5.0	23	20	11	18	17.8	0	0	0
79	20	13.3	36	15.0	-1	-6	-14	0	-5.3	25	22	13	18	19.5	0	0	0
84	20	13.3	36	15.0	-1	-6	-15	0	-5.5	25	22	13	18	19.5	0	0	0
86	20	13.7	39	16.2	-2	-8	-17	0	-6.8	27	24	14	20	21.3	0	0	0
91	20	13.7	39	16.2	-2	-8	-17	0	-6.8	28	25	15	20	22.0	0	0	0
93	20	14.0	42	17.5	-2	-8	-18	0	-7.0	29	24	15	23	22.8	0	0	0
98	20	14.0	42	17.5	-2	-8	-18	0	-7.0	31	27	16	23	24.3	0	0	0
100	20	14.4	45	18.7	-2	-8	-20	0	-7.5	34	30	18	26	27.0	0	0	0
105	20	14.4	45	18.7	-2	-8	-20	0	-7.5	35	31	19	28	28.3	0	0	0
107	20	14.8	48	20.0	-2	-9	-21	0	-8.0	37	33	20	32	30.5	0	0	0
112	20	14.8	48	20.0	-2	-9	-21	0	-8.0	38	34	21	33	31.5	0	0	0
114	20	15.2	51	21.2	-2	-9	-22	0	-8.3	40	36	22	34	33.0	0	0	0
119	20	15.2	51	21.2	-2	-9	-23	0	-8.5	41	37	23	35	34.0	0	0	0
121	20	15.6	54	22.5	-2	-9	-23	0	-8.5	45	41	26	39	37.8	0	0	0
126	20	15.6	54	22.5	-2	-10	-24	0	-9.0	47	43	27	41	39.5	0	0	0
128	20	15.9	57	23.7	-2	-10	-25	0	-9.3	49	44	28	43	41.0	0	0	0
133	20	15.9	57	23.7	-2	-10	-25	0	-9.3	49	44	29	43	41.3	0	0	0
135	20	16.3	60	24.9	-2	-11	-27	0	-10.0	49	46	30	46	42.8	0	0	0
140	20	16.3	60	24.9	-2	-11	-27	0	-10.5	53	49	33	49	46.0	0	0	0
142	20	16.7	63	26.2	-2	-11	-29	0	-10.5	56	52	35	52	48.8	0	1	0.5
147	20	16.7	63	26.2	-2	-11	-30	0	-10.8	61	57	38	53	52.3	0	1	0.5
149	20	17.1	66	27.4	-2	-11	-30	0	-10.8	62	60	41	55	54.5	0	2	1.0
154	20	17.1	66	27.4	-2	-11	-30	0	-10.8	62	60	41	55	54.5	0	2	1.0

II-114

Time (min)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )		Vertical displacement (1/100 mm)			Shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )			Shearing displacement (1/100 mm)			Lateral displacement (1/100 mm)					
	load (ton)	shear stress (kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	Average	5	6	7	8	Average	9	10	Average		
168	20	17.9	72	29.9	-2	-11	-35	0	-12.0	78	75	55	68	69.0	0	2	1.0
170	20	18.2	75	31.2	-2	-11	-37	0	-12.5	82	80	57	72	72.8	0	3	1.5
175	20	18.2	75	31.2	-2	-10	-38	0	-12.5	86	82	60	76	76.0	0	3	1.5
177	20	18.6	78	32.4	-2	-10	-38	-1	-12.8	90	86	61	79	79.0	0	3	1.5
182	20	18.6	78	32.4	-1	-10	-39	0	-12.5	93	90	65	80	82.0	0	3	1.5
184	20	19.0	81	33.7	-1	-10	-39	0	-12.5	97	93	69	83	85.5	0	4	2.0
189	20	19.0	81	33.7	0	-9	-39	0	-12.0	99	95	70	85	87.3	0	4	2.0
191	20	19.4	84	34.9	0	-9	-39	0	-12.0	103	99	73	88	90.8	0	4	2.0
196	20	19.4	84	34.9	0	-9	-39	0	-12.0	104	100	75	90	92.3	0	4	2.0
198	20	19.8	87	36.2	1	-8	-39	0	-11.5	110	106	80	95	97.8	0	4	2.0
203	20	19.8	87	36.2	1	-8	-39	0	-11.5	113	109	81	98	100.3	0	5	2.5
205	20	20.1	90	37.4	2	-8	-39	0	-11.3	120	118	88	104	107.5	0	5	2.5
210	20	20.1	90	37.4	3	-5	-40	0	-10.5	137	124	92	109	115.5	0	5	2.5
212	20	20.5	93	38.7	3	-5	-40	0	-10.5	140	127	94	112	118.3	0	5	2.5
217	20	20.5	93	38.7	3	-5	-40	0	-10.5	141	128	94	112	118.8	0	5	2.5
219	20	20.9	96	39.9	4	-4	-40	0	-10.0	146	133	99	117	123.8	0	6	3.0
224	20	20.9	96	39.9	4	-4	-40	0	-10.0	148	135	101	117	125.3	0	6	3.0
226	20	21.3	99	41.2	4	-3	-41	0	-10.0	153	140	105	123	130.3	0	6	3.0
231	20	21.3	99	41.2	5	-3	-41	0	-9.8	155	141	106	123	131.3	0	6	3.0
233	20	21.7	102	42.4	5	-3	-41	1	-9.5	160	146	109	127	135.8	0	6	3.0
238	20	21.7	102	42.4	6	-2	-41	1	-9.0	162	149	112	130	138.3	0	6	3.0
240	20	22.0	105	43.7	7	-1	-42	2	-8.5	171	158	120	138	146.8	0	7	3.5
245	20	22.0	105	43.7	8	0	-42	2	-8.3	175	162	121	138	149.0	0	7	3.5
247	20	22.4	108	44.9	8	0	-42	2	-8.3	181	167	126	145	154.8	0	7	3.5
252	20	22.4	108	44.9	9	1	-42	3	-7.3	185	172	131	148	159.0	0	7	3.5
254	20	22.8	111	46.2	9	1	-42	3	-7.3	189	176	133	151	162.3	0	7	3.5
259	20	22.8	111	46.2	9	2	-43	3	-7.3	189	177	133	151	162.5	0	7	3.5

II-115

4-(4)

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical shearing load (ton)	Vertical shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)				
					Dial gauge		Average	Dial gauge		Average	Dial gauge		Average	Dial gauge		Average	
					1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	5
261	20	23.2	114	47.4	10	3	-43	4	-6.5	196	183	140	158	169.3	0	7	3.5
266	20	23.2	114	47.4	11	3	-43	4	-6.3	200	188	143	161	173.0	0	7	3.5
268	20	23.6	117	48.6	12	3	-43	6	-5.5	206	194	148	168	179.0	0	8	4.0
273	20	23.6	117	48.6	12	5	-43	7	-4.8	209	196	150	169	181.0	0	8	4.0
275	20	24.0	120	49.9	13	5	-43	7	-4.5	214	201	156	174	186.3	0	8	4.0
280	20	24.0	120	49.9	16	5	-43	10	-3.0	223	212	163	182	195.0	0	9	4.5
282	20	24.3	123	51.1	18	5	-44	11	-2.5	232	220	170	190	203.0	0	9	4.5
287	20	24.3	123	51.1	21	5	-44	12	-1.5	237	226	173	199	208.8	7	9	8.0
289	20	24.7	126	52.4	21	5	-44	13	-1.3	244	232	177	199	213.0	7	9	8.0
294	20	24.7	126	52.4	21	5	-44	14	-1.0	248	237	182	202	217.3	7	10	8.5
296	20	25.1	129	53.6	22	5	-44	15	-0.5	253	241	185	206	221.3	7	10	8.5
301	20	25.1	129	53.6	22	5	-44	15	-0.5	254	242	185	206	221.8	7	10	8.5
303	20	25.4	132	54.9	23	13	-44	16	2.0	262	250	192	214	229.5	0	10	5.0
308	20	25.4	132	54.9	25	13	-44	18	3.0	270	256	197	218	235.3	0	12	6.0
310	20	25.9	135	56.1	26	13	-44	19	3.5	277	263	202	225	241.8	0	12	6.0
315	20	25.9	135	56.1	27	13	-44	20	4.0	283	269	207	229	247.0	0	12	6.0
317	20	26.2	138	57.4	28	13	-44	21	4.5	287	273	210	235	251.3	0	12	6.0
322	20	26.2	138	57.4	28	13	-44	21	4.5	288	273	212	235	252.0	0	12	6.0
324	20	26.6	141	58.6	31	13	-44	23	5.8	298	285	221	244	262.0	0	12	6.0
329	20	26.6	141	58.6	32	13	-44	24	6.3	305	292	227	250	268.5	0	13	6.5
331	20	27.0	144	59.9	34	11	-44	26	6.8	313	300	235	259	276.8	0	13	6.5
336	20	27.0	144	59.9	35	11	-44	27	7.3	318	305	240	263	281.5	0	15	7.5
338	20	27.4	147	61.1	37	11	-44	29	8.3	323	311	245	268	286.8	0	15	7.5
343	20	27.4	147	61.1	37	11	-44	29	8.3	328	316	252	271	291.8	0	15	7.5

II-116

Time (min)	Vertical load (ton)	Vertical stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical shearing load (ton)	Vertical shearing stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Vertical displacement (1/100 mm)				Shearing displacement (1/100 mm)				Lateral displacement (1/100 mm)				
					Dial gauge		Average	Dial gauge		Average	Dial gauge		Average	Dial gauge		Average	
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
357	20	28.1	153	63.6	45	11	-43	35	12.0	358	346	278	303	321.3	0	16	8.0
359	20	28.5	156	64.9	50	11	-42	36	13.8	367	355	289	314	331.3	0	17	8.5
364	20	28.5	156	64.9	51	10	-42	37	13.8	371	359	291	318	334.8	0	17	8.5
366	20	28.9	159	66.1	52	10	-42	39	14.8	380	368	298	327	343.3	0	18	9.0
371	20	28.9	159	66.1	54	9	-40	43	16.8	388	376	305	334	351.0	0	19	9.5
373	20	29.3	162	67.4	57	9	-40	48	18.5	393	386	315	353	361.8	0	19	9.5
378	20	29.3	162	67.4	62	9	-39	43	18.8	412	401	333	362	377.0	0	20	10.0
380	20	29.7	165	68.6	66	9	-37	44	20.5	424	412	346	374	389.0	0	22	11.0
385	20	29.7	165	68.6	73	11	-36	48	24.0	444	433	370	394	410.3	0	23	11.5
387	20	30.1	168	69.9	78	12	-34	52	27.0	470	459	395	421	436.3	0	27	13.5

II-117