

マレーシア

テカイ河水力発電開発計画調査

中間報告書（要約）

1982年3月

国際協力事業団

鉦計資

82-12



マレーシア

テカイ河水力発電開発計画調査

中間報告書 (要約)

JICA LIBRARY



1031275(9)

1982年3月

国際協力事業団

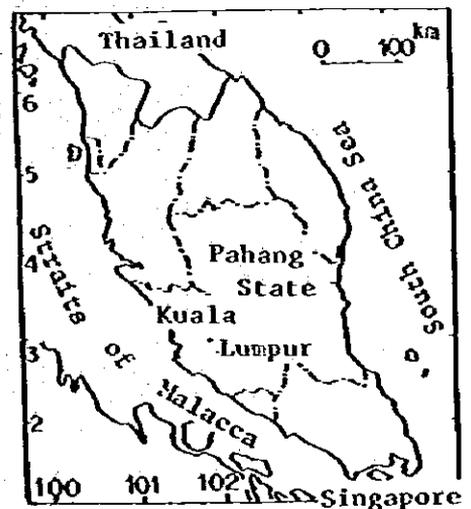
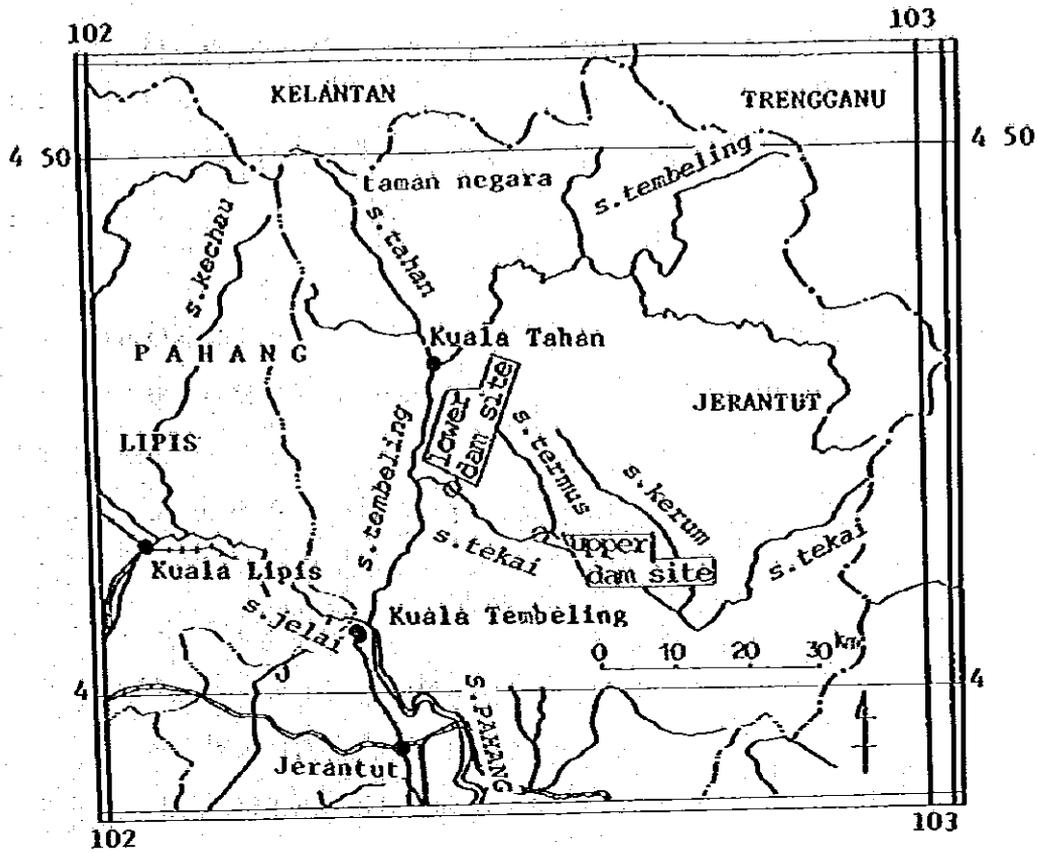
国際協力事業団

International Cooperation Association

International Cooperation Association

國際協力事業団	
入 期 57.8.24	213
登録No. 4-13892	64.3
	MPN

# LOCATION MAP





# 目 次

1. ま え が き .....	1
1.1 調 査 の 目 的 .....	1
1.2 業 務 の 範 囲 .....	1
1.3 調 査 活 動 .....	2
2. 要 約 お よ び 結 論 .....	3
2.1 調 査 検 討 結 果 の 集 約 .....	3
2.2 計 画 地 点 の 選 定 .....	4
2.2.1 上 部 地 点 .....	5
2.2.2 下 部 地 点 .....	5
2.3 計 画 案 の 比 較 と 評 価 .....	6
2.3.1 概 要 .....	6
2.3.2 単 独 開 発 計 画 .....	6
2.3.3 上、下 部 地 点 一 貫 開 発 計 画 .....	7
2.4 結 論 .....	7

Appendix



# 1. ま え が き



# 1. ま え が き

## 1.1 調査の目的

マレーシア連邦国政府の要請に基づき、同国、西マレーシアパハン州のパハン川水系テンブリン川の支流テカイ川に於て計画されている、テカイ水力発電開発計画の可能性を検討することを目的とする。

パハン川については、1972年から1974年にマレーシア連邦国政府の要請を受けた、オーストラリア政府により、全流域に対し、主として治水の観点から調査が行なわれているが、今回、水力発電という観点から見直しを行なうものである。

本報告書は、その第1段階として実施した予備計画検討に関するもので、計画地域内に設定された2つの開発候補地点(上、下部地点)について、その優劣を比較し、最も有利な開発方式と、概略の開発規模を策定し、次段階以後の調査検討に関する基礎資料を得ることを目的としている。

## 1.2 業務の範囲

テカイ水力発電プロジェクトのフィージビリティ調査は、

- (1) 予備調査段階
- (2) 詳細現地調査段階
- (3) フィージビリティ計画段階

の三段階により実施されるものであるが、前記目的を達成するために、予備調査段階として、次の各項目に関する調査および検討を実施した。

### i) 既存の資料および情報の収集調査

開発計画に関連する下記事項に関して、情報および既存資料を現地に於て収集する。

- a. マレーシアの電力事情
- b. 気象および水文
- c. 対象河川の治水、利水の現状および将来計画
- d. 地域社会に及ぼす社会的、経済的影響並びに環境上の影響

### ii) 上、下部地点の現地踏査

上、下部地点については、地表地質踏査により、主要構造物(ダム、発電所、開閉所等)の建設候補地点ならびに原石山、土取場等の地形地質の特性を調査する。湛水区域につい

ては、地表地質踏査およびヘリコプターからの上空視察により崩壊地、石灰岩露頭、推砂供給地、地質構造等の調査を行なった。

また、必要な水文観測施設についても立地条件より適確な場所の踏査選定を行なった。

#### iii) 現地調査工事

現地踏査の結果に基づいて、次の現地調査工事を行なった。

- a. 上、下部地点および下部地点の洪水区域の地形測量
- b. 上、下部地点の弾性波探査による地質調査
- c. 上、下部地点のボーリングによる地質調査
- d. 水文観測施設の設置指導
- e. 雨期洪水観測

#### iv) 予備計画検討

- a. 開発方式の検討
- b. 概略開発規模の検討
- c. 分流・揚水計画の検討
- d. 今後の調査検討の計画策定

### 1.3 調査活動

本報告書は、現地および国内で実施した約10ヶ月にわたる調査検討の結果をとりまとめたものである。

今回の調査の Scope of Work に関する取り決めが、日本側とマレーシア側との間で合意されるとすぐに合計10名の専門家からなる調査団が編成され、予備現地調査計画を検討するための現地踏査と資料収集を主目的として、1981年3月1日から同年3月25日まで現地に派遣された。(この結果は、インセプションレポートとしてとりまとめ報告済である。)

引続き調査団は1981年6月中旬より1981年10月末までの約5ヶ月間にわたり、予備現地調査を実施した。調査団は、ダム、地質、水文、発電土木、電力需給、測量等の専門家より構成され、それぞれの分野での活動を行なった。

その主な内容は、地元業者による上、下部地点のボーリング調査、弾性波探査の監理および航空写真撮影の監理ならびに、航測図作成のための地上測量、上、下部地点の縦横断測量、水文観測および各種資料収集等である。

水文観測については、特に雨期の洪水観測のために1981年11月中旬より、同年12月下旬まで専門家1名を派遣した。

## 2. 要約および結論



## 2. 要約および結論

### 2.1. 調査検討結果の集約

テカイ水力発電プロジェクトの開発が計画されているところは、西マレーシア最大の州であるパハン州の北部にあり、その地域の行政中心地であるジャランツツツから北へ約40kmのパハン川の支流、テカイ川下流部に位置している。

本計画は西マレーシアにおける急激な電力需要増に対応するための電源開発の一環をなすもので、さらにパハン州の地域開発推進に寄与するものと期待されている。

今回の予備調査段階における調査検討の結果明らかとなった基本的事項を集約すると次のとおりである。

① テカイ川流域は大陸性堆積層、変成堆積層と花崗岩によって構成される。大陸性堆積層はテンブリング層群（中生代）と称せられ、古い時代のものから新しい時代のものへかけて、ケラム層、ラリス礫岩、マンキン砂岩およびテルムス赤色岩層からなる。テンブリング層群のうち、マンキン砂岩とテルムス赤色岩層が上部地点および下部地点周辺に露出している。

マンキン砂岩は、主として侵襲な石英質砂岩からなり、灰色、赤色の頁岩をはさむ。またテルムス赤色岩層は主として赤色頁岩からなり、砂岩を挟む。

上、下部地点とも傾斜の緩やかな高所ではラテライト化した完全風化帯および高度風化帯でおおわれているが、河床近くになるにつれて、これら風化帯の厚さは薄くなり、その下にある微風化、または新鮮な岩盤部は非常に堅硬な石英質砂岩および頁岩から構成され、弾性波速度は約2～3.5 km/secを示し、大きな支持力を持つ。

テカイ川流域の山脈は、主として北北西から南南東方向に連なる。このような線状構造は、この地域の地質構造に密接な関係を持ち、地層の褶曲軸は北北西から南南東方向に卓越する。テンブリング層群もまた、一般的に地層は北北西から南南東の走向を持ち、大小の背斜、向斜構造を持つ、テカイ川流域にわたり、多数の小断層が認められるも、今日迄地質構造に大きく影響する断層は見いだされていない。

② テカイ川の水位観測はNEB (National Electricity Board) により1972年から下部地点付近のペヌト (Penut) 地点 (流域面積 1,390 km<sup>2</sup>) で実施されている。またテカイ川流域近傍ではテンブリン川とテカイ川の合流点より15 km上流のテンブリン川クアラタハン (Kuala Tahan) 地点 (流域面積 3,220 km<sup>2</sup>) においてNEBにより1972年から実施されてい

る。しかしベヌト地点の流量資料には欠測が多いので、テカイ川水力発電開発計画検討に使用する上、下部地点の流量は、タプラタハン地点の流量（1973年～1980年）を流域換算して求めた。これによると、上、下部地点における年平均流量は $40 \text{ m}^3/\text{s}$  および  $46 \text{ m}^3/\text{s}$  である。また下部地点における平均年間流出量は  $1470 \times 10^6 \text{ m}^3$  であり、年流出高は  $1060 \text{ mm}$  となる。

テカイ川流域内における雨量観測については、No. 4227001 と No. 4127001 の2地点の1974年からの資料があるが、いずれも欠測が多くテカイ川流域平均年雨量を代表するとは至らないが、近傍の観測所から推定すると約  $2,300 \sim 2,400 \text{ mm}$  と思われる。

パハン川流域の洪水は北東モンスーン時期の12月後半から1月初旬にかけて発生しており、著名な洪水として1926年の洪水、1971年1月洪水、1972年12月洪水等がある。

パハン川流域の6観測所で得られた水位一流量を確率処理し、得られた確率流量と流域面積との関係から下部地点における100年確率洪水流量を求めると約  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  となる。

また、上、下部地点に発生し得ると予想される最大規模の1000年確率洪水流量は“Pahan River Basin Study”において検討した単位図法 (Unit Hydrograph) と今回、検討した流出モデル (貯留関数) から推定すると上部地点、 $4500 \text{ m}^3/\text{s}$ 、下部地点  $5000 \text{ m}^3/\text{s}$  となる。

- ③ テカイ川より下流部の地域において、テカイ川への上水、工水、農水等の需要要請の具体的な計画は現在のところない。パハン川流域における灌漑事業の実施計画はテカイ川水力発電開発計画と関わりなく農業省によって“National Small Scale Irrigation Project”として実施されている。しかしテカイ川水力発電開発により、パハン川本川へ安定した水供給が可能となることは、今後の灌漑用水需要に対処できる潜在的な利水効果を示している。

テカイ川水力発電開発計画地域における産業活動は、現在林業が主たるものであり、漁業および農業については近傍のテンブリン川とその沿岸で、地域消費型の小規模なものが行なわれているにすぎない。本地域およびその周辺はテカイ・テンブリン森林保護区 (Forest Reserve) に含まれている。まだ現在、この森林地帯は林野庁の管理する国有林であり、将来的な林業経営が森林公団 (JENKKA) により予定されている。

テカイ川水力発電開発による洪水予定地域およびその周辺域には数世帯の山地少数民族が居住しているが、その集落として長期間固定しているコミュニティとその施設は存在しない。

## 2.2 計画地点の選定

テカイ川流域において、地形、地質および工事施工等の立地条件から比較計画地点として

次の上、下部2地点を選定した。

### 2.2.1 上部地点

上部地点については、U-1、U-2、U-3の3ダムサイトを選定し、これらの優劣をダム本体工事費により判定し、U-2案を最適ダムサイトとして選定した。

次に選定されたダムサイトにおいて、ダムタイプの検討を行なった。ダムタイプとしてはロックフィルダムおよび重力式コンクリートダムを選び、ダム高はダムサイトの地形、地質的条件から制限される最大の90mとして、洪水吐、仮排水路を含めた工事費で比較検討を行ない、その結果ロックフィルダム案を採用した。

ダム規模の検討は、まず、ダム地点流量をもとにマスカーブを作成し、年間調整できる容量（有効貯水容量）として、 $540 \times 10^6 \text{ m}^3$ を求めた。次に上部地点の年平均流量  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  をファーム流量とし、ピーク運転時間を6時間としてダム高50m、75m、90mの3ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果よりダム高を90mとした。

次に上述のダム高90m、有効貯水容量  $540 \times 10^6 \text{ m}^3$ を用いて、ピーク運転時間6時間、8時間、12時間の3ケースについて検討を行ない、その結果費用便益比（B/C）及び、超過便益（B-C）を考慮してピーク運転時間6時間が有利と判定された。

### 2.2.2 下部地点

下部地点については同様に、L-1、L-2の2ダムサイトを選定し、優劣の判定結果より、L-1案を最適ダムサイトとして選定した。

次に選定されたダムサイトにおいて、ダムタイプの検討を2.2.1上部地点で述べたと同様の方法で行なった。但し、ダム高はダムサイトの地形、地質的条件から制限される最大の60mとした。その結果重力式コンクリートダムを選定した。

ダム規模の検討は、まずダム地点流量をもとにマスカーブを作成し、年間調整できる容量（有効貯水容量）として  $630 \times 10^6 \text{ m}^3$ を求めた。

次に下部地点の年平均流量  $46 \text{ m}^3/\text{s}$  をファーム流量とし、ピーク運転時間を6時間として、ダム高52m、60mの2ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果よりダム高を60mとした。

次に上述のダム高60m、有効貯水容量  $630 \times 10^6 \text{ m}^3$ を用いてピーク運転時間6時間、8時間、12時間の3ケースについて検討を行ない、その結果B/C及びB-Cを考慮してピーク運転時間12時間が有利と判定された。

## 2.3 計画案の比較と評価

### 2.3.1 概要

選定した上、下部2地点の開発方式としては、各々の単独開発および上、下部地点一貫開発が考えられる。各単独開発における最適規模は前述のように、ダム高、発電運転時間、最大使用水量、利用水深等を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、 $B/C$ 、 $B-C$ により決定した。また上、下部地点一貫開発における最適規模は発電規模の大きい上部単独開発案の最適規模を固定し、下部ダムの基準水位を上部発電所の放水位と同一とし、発電運転時間、利用水深を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、 $B/C$ 、 $B-C$ により決定した。

本計画における洪水調節効果については、テカイ川の流域面積がパハン川下流の洪水はらん区域(テムロー付近)の流域面積に対して微小なため、その効果を期待することはできないので、便益計算から除外した。また利水効果についても潜在的な効果は大きいと思われるが同様に便益の計算から除外した。従って便益(B)の計算は発電便益のみとした。また湛水による森林地域の損失は費用(C)計上から除外した。

以上の比較検討結果は表9-1および表9-2に示すとおりである。

### 2.3.2 単独開発計画

#### (1) 上部地点

2.2計画地点の選定で述べたように、上部地点について、決定されたダム高90m(ロックフィルダム)、ピーク運転時間6時間、最大使用水量 $160\text{ m}^3/\text{s}$  ( $40\text{ m}^3/\text{s} \times \frac{24\text{hr}}{6\text{hr}}$ )、を用いて、利用水深を2.5m、4.5m、10mの3ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果10mが有利であると判定され、これを採用した。この場合における最大出力は104MWである。

#### (2) 下部地点

同様に下部地点について決定されたダム高60m(重力式コンクリートダム)、ピーク運転時間12時間、最大使用水量 $92\text{ m}^3/\text{s}$  ( $46\text{ m}^3/\text{s} \times \frac{24\text{hr}}{12\text{hr}}$ )を用いて、利用水深を10m、18m、25mの3ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果10mが有利であると判定され、これを採用した。この場合における最大出力は38.7MWである。

### 2.3.3. 上、下部地点一貫開発計画

#### (1) 上部地点

上部地点の発電規模は、上部単独案の最適規模とする。

即ち最大出力は104MWである。

#### (2) 下部地点

下部ダムの基準水位は、上部発電所の放水水位 (EL. 82.00m) とし、発電有効容量は残流域を調整できる容量 ( $630 \times 10^6 - 540 \times 10^6 = 90 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) とした。この場合ダム高は38mとなる。下部ダムの利用水深、発電運転時間、最大使用水量を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、B/C、B-Cにより最適規模を決定した。その結果、利用水深4m、発電運転時間24時間、最大使用水量46.3m<sup>3</sup>/sを採用した。この場合における最大出力は12MWである。

(1)および(2)より、上、下部地点一貫開発計画における最大出力は、上、下部地点あわせて116MWとなる。

## 2.4 結 論

予備検討段階における調査、検討の結果結論される事項は次のとおりである。

- ① 選定した上、下部2地点の開発方式として、各々の単独開発計画と、上、下部地点一貫開発計画とを比較検討した結果後者が最も有利である。
- ② この場合、上部地点のダムの適正な形式と規模は、ダム高90mのロックフィルダムが最も有利であり、下部地点ではダム高38mの重力式コンクリートダムが最も有利である。
- ③ 上部地点の最高水位は、EL. 165m、下部地点の最高水位は、EL. 83mであり、利用水深は上部地点10m、下部地点4mが最も有利である。
- ④ 発電方法は上部地点は最大使用水量160m<sup>3</sup>/sで1日6時間のピーク運転を行ない、下部地点は最大使用水量46.3m<sup>3</sup>/sで1日24時間運転を行なう場合が最も有利である。
- ⑤ 上部地点の最大出力は104MW、L-5出力(各月最低5日平均出力の年平均値)は102MWであり、下部地点は最大出力、L-5出力ともに、12MWである。従って両者あわせ最大出力は、116MW、L-5出力は、114MWである。また年間可能発生電力量は上部地点、225GWH、下部地点、102GWHであり、合計327GWHである。
- ⑥ 上、下部地点一貫開発計画の費用便益比(B/C)は1.27となり、超過便益(B-C)は $12.37 \times 10^6 \text{ M\$}$ となる。また、この場合の内部収益率は10%程度となる。

以上のとおり、テカイ水力発電プロジェクトは技術的には、充分実行可能な計画であると  
考えられるが、次の段階である詳細現地調査により、更に検討を進め精度の向上を図ること  
が必要である。

また、関連計画案としての分流計画案および揚水計画案について検討の結果、次の結論を  
得た。

- ⑦ テンブリン川上流よりテカイ川に導水する分流計画案については、1/63,360の地形図  
より取水候補地として、3地点を選定し、導水路延長と流域面積の関係を考慮して、③案  
について導水施設費と導水による発電便益を求め、検討を行なった。その結果から判断す  
ると分流計画案は有利でないと考えられる。
- ⑧ 揚水発電所の開発計画に当っては、長期的な需要動向、特に日負荷曲線の形状また各種  
電源設備の構成比率、揚水電源の有無等を考慮し、他の電源と組合せて系統全体で最も経  
済的になるように開発量を定める必要がある。

テカイ川水力開発計画を前述の上、下部地点一貫開発計画で考えるならば、揚水発電所  
が必要となった時点において、直ちに増設することが可能である。しかし、増設の時期、  
規模等については、前述の諸検討がなされていない現時点で決めることは困難である。

MAIN FEATURE

ITEMS \ TYPE	SINGLE (ONE DAM) DEVELOPMENT		SERIES (TWO DAMS) DEVELOPMENT	
	UPPER DAM	LOWER DAM	UPPER DAM	LOWER DAM
<b>1. DAM</b>				
Crest Level (m)	EL.170	EL.110	EL.170	EL.88
Height of Dam (m)	90	60	90	38
Volume of Dam Embankment (m <sup>3</sup> )	2.6x10 <sup>6</sup>	2.09x10 <sup>5</sup>	2.6x10 <sup>6</sup>	7.4x10 <sup>4</sup>
Maximum Spillway Discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	5,000	4,500	5,000	1,000
<b>2. RESERVOIR</b>				
Catchment Area (Km <sup>2</sup> )	1,200	1,390	1,200	1,390
Full Supply Level (m)	EL.165	EL.105	EL.165	EL.83
Minimum Operating Level (m)	EL.155	EL.95	EL.155	EL.79
Gross Storage Volume (m <sup>3</sup> )	3,400x10 <sup>6</sup>	1,000x10 <sup>6</sup>	3,400x10 <sup>6</sup>	265x10 <sup>6</sup>
Live Storage Volume (m <sup>3</sup> )	1,100x10 <sup>6</sup>	410x10 <sup>6</sup>	1,100x10 <sup>6</sup>	90x10 <sup>6</sup>
Surface Area at FSL (ha)	10,600	6,000	10,600	2,400
<b>3. POWER STATION</b>				
No. and Size of Unit (MW)	2 x 52	2 x 19.4	2 x 52 and 2 x 6	
Average Annual Generating Energy (GWh)	225	155	225 and 102 (327)	
Maximum Water Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	160	92	160 and 46	
<b>4. CONSTRUCTION COST (M\$10<sup>6</sup>)</b>				
	300	160	300 and 96 (396)	



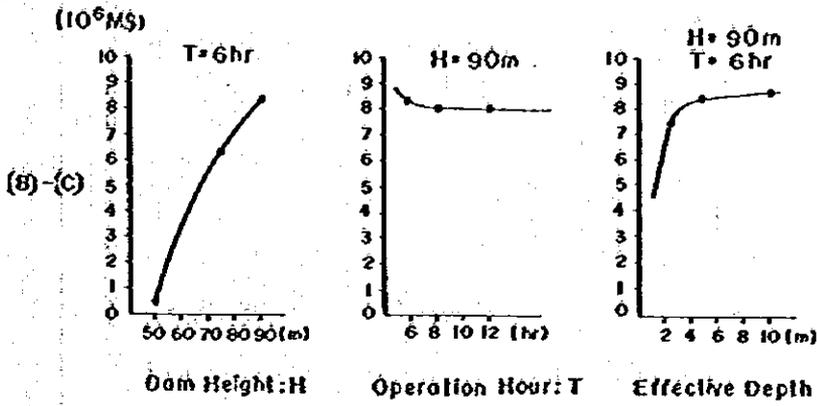
**APPENDIX**



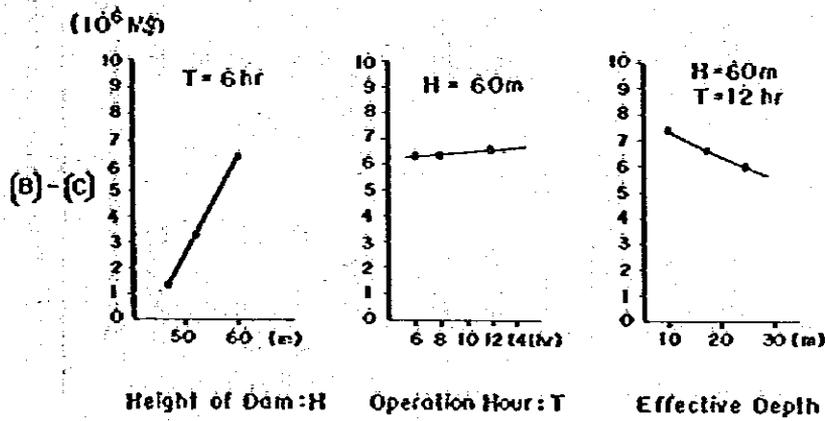
**FIGURE AND TABLES**



Fig. 2-1  
Upper Dam (Firm-Q=40m<sup>3</sup>/s) Single(One Dam) Development



Lower Dam (Firm-Q=46m<sup>3</sup>/s) Single(One Dam) Development



Lower Dam (H=38m) Series(Two Dams) Development

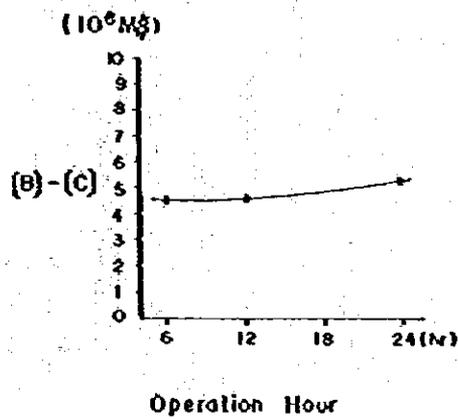


Table 2-1 Optimum Scale of Developments

Item	Single (One Dam) Development		Series (Two Dams) Development	
	Upper Dam Rockfill	Lower Dam Gravity	Upper Dam Rockfill	Lower Dam Gravity
Powersite				
Dam Type	90	60	90	38
Dam Height (m)				
Full Supply Level (m)	EL 165.00	EL 105.00	EL 165.00	EL 83.00
Minimum Operating Level (m)	EL 155.00	EL 95.00	EL 155.00	EL 79.00
Effective Depth (m)	10.0	10.0	10.0	4.0
Plant Operation Time (hr)	6	12	6	24
Maximum Turbine Discharge (m <sup>3</sup> /s)	160.0	92.0	160.0	46.3
Installed Capacity (kW)	104,000	38,700	116,000	
Annual Energy Generation (MWH)	225,000	155,000	327,000	
1-5 (kW)	102,000	33,000	114,000	
Construction Cost (10 <sup>6</sup> MS)	300	160	396	
Annual Benefit (10 <sup>6</sup> MS)	41.37	25.72	57.49	
Annual Cost (10 <sup>6</sup> MS)	34.15	18.35	45.12	
B/C	1.21	1.40	1.27	
B-C (10 <sup>6</sup> MS)	7.22	7.37	12.37	

Remarks: 1) Upper dam for Series (Two Dams) Development Scheme will be the same as that involved in Single (One Dam) Development  
 2) Calculation of the maximum output and annual energy production are as shown Tables 9-3, 9-6 and 9-8.  
 3) 1-5 means an annual guaranteed output.

Table 2-2 Optimum Scale of Respective Single (One Dam) Development (1)

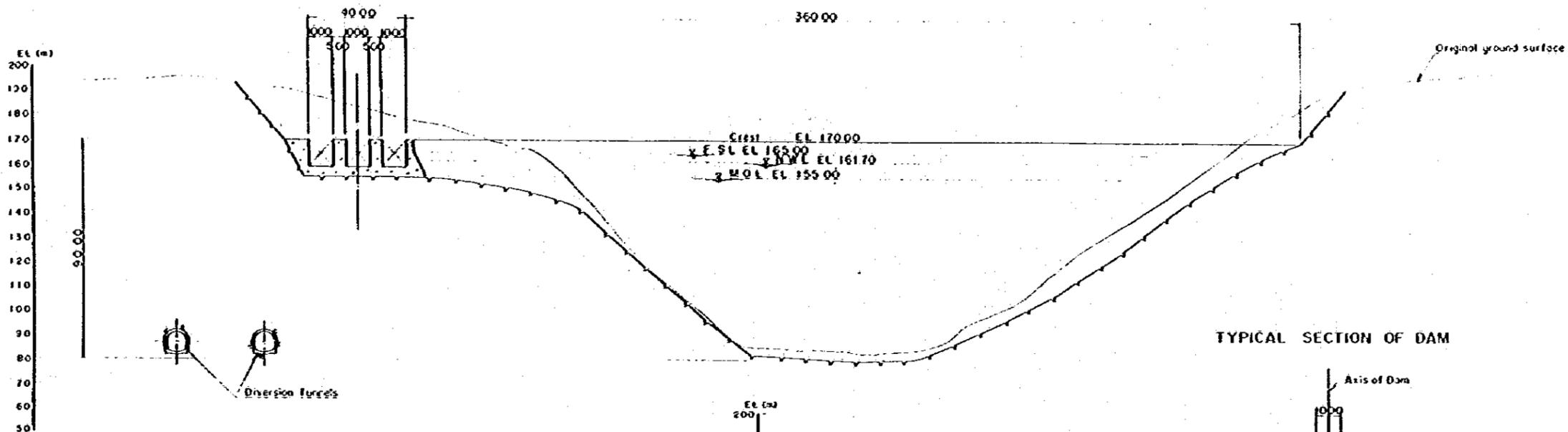
Item Water Power Site	Dam Height (m)	Running Hour (hr)	Maximum Turbine Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Full Supply Level (m)	Minimum Operating Level (m)	Installed Capacity (KW)	Annual Energy- Generation (GWH)	L-5 Energy (MW)	Annual Benefit (10 <sup>6</sup> MS)	Annual Cost (10 <sup>6</sup> MS)	(B)/(C)	(B)-(C) (10 <sup>6</sup> MS)	Remarks
Lower Dam Queue = 46m <sup>3</sup> /s	52	6	184.0	EL.97.0	EL.69.5	59,900	116	52	21.29	18.00	1.18	3.29	Dam Height Power Generation Effective Depth
	60	6	184.0	" 105.0	" 87.0	74,000	149	66	27.35	21.03	1.30	6.32	
	60	8	138.0	" 105.0	" 87.0	55,500	149	50	26.11	19.70	1.33	6.41	
	60	12	92.0	" 105.0	" 87.0	37,000	149	33	24.87	18.28	1.36	6.59	
	60	12	92.0	" 105.0	" 95.0	38,700	155	33	25.72	18.35	1.40	7.37	
	60	12	92.0	" 105.0	" 80.0	35,000	144	33	24.05	18.10	1.33	5.94	
Upper Dam Queue = 40m <sup>3</sup> /s	50	6	160.0	" 125.0	" 98.5	45,000	90	41	16.60	26.12	0.64	-9.52	Dam Height Effective Depth Power Generation Effective Depth
	75	6	160.0	" 150.0	" 141.5	85,000	175	78	32.15	29.52	1.09	2.63	
	90	6	160.0	" 165.0	" 160.5	106,000	223	99	40.87	34.20	1.19	6.67	
	90	8	120.0	" 165.0	" 160.5	79,500	223	74	39.03	32.81	1.19	6.21	
	90	12	80.0	" 165.0	" 160.5	53,000	223	49	37.17	30.99	1.20	6.18	
	90	6	160.0	" 165.0	" 162.5	107,200	216	89	39.05	34.18	1.14	4.87	
90	6	160.0	" 165.0	" 155.0	104,000	225	102	41.37	34.15	1.21	7.22		

Optimum Scale of Series (Two Dams) Development (2)

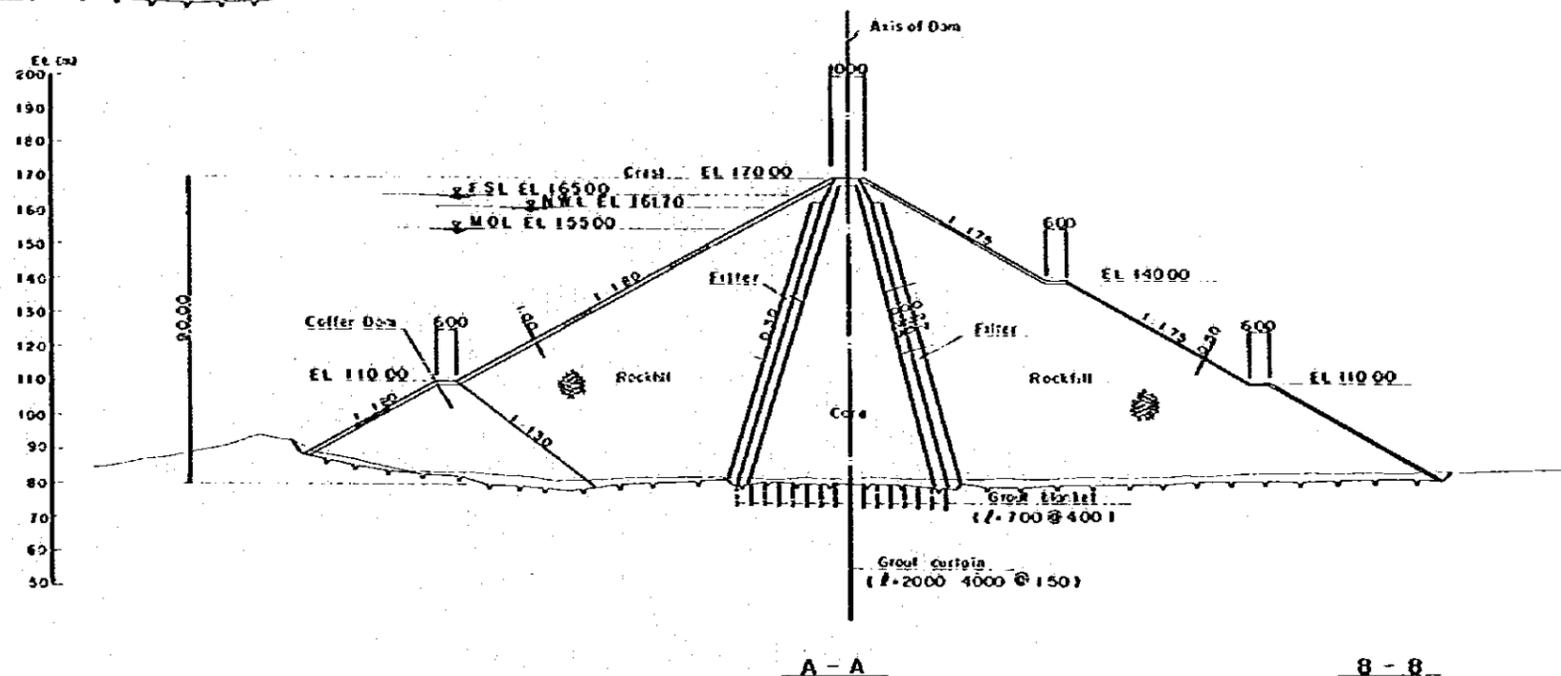
Item Water Power Site	Dam Height (m)	Running Hour (hr)	Maximum Turbine Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Full Supply Level (m)	Minimum Operating Level (m)	Installed Capacity (KW)	Annual Energy- Generation (GWH)	L-5 Energy (MW)	Annual Benefit (10 <sup>6</sup> MS)	Annual Cost (10 <sup>6</sup> MS)	(B)/(C)	(B)-(C) (10 <sup>6</sup> MS)	Remarks
Lower Dam Queue = 46m <sup>3</sup> /s	38	6	185.2	EL.83.0	EL.79.0	48,300	102	46	18.71	14.13	1.32	4.58	Power Generation
	38	12	92.6	" 83.0	" 79.0	24,100	102	23	17.0	12.41	1.37	4.57	
	38	24	46.3	" 83.0	" 79.0	12,000	102	12	16.12	10.95	1.47	5.17	



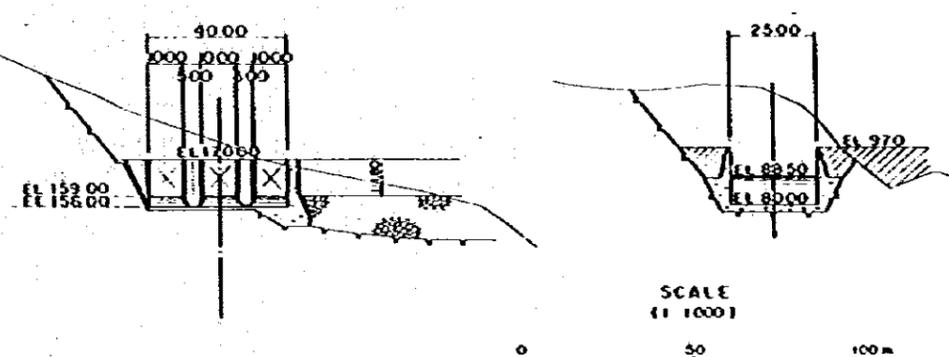
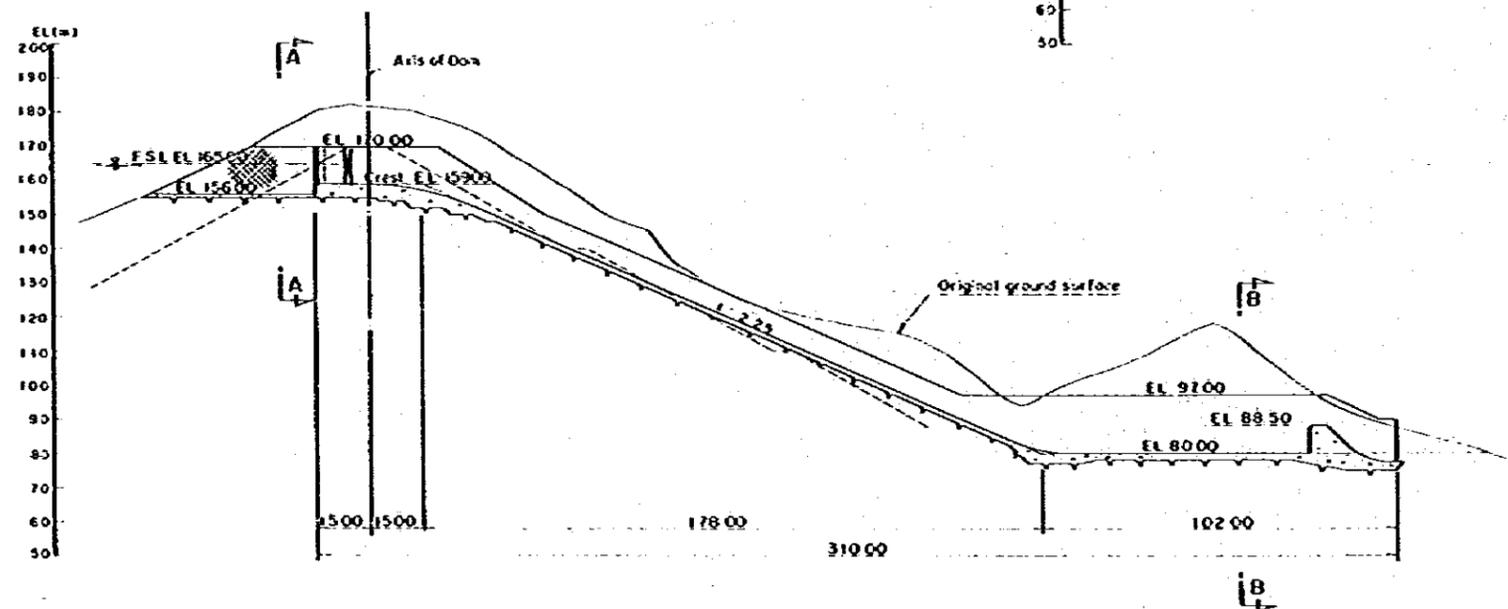
LONGITUDINAL SECTION



TYPICAL SECTION OF DAM



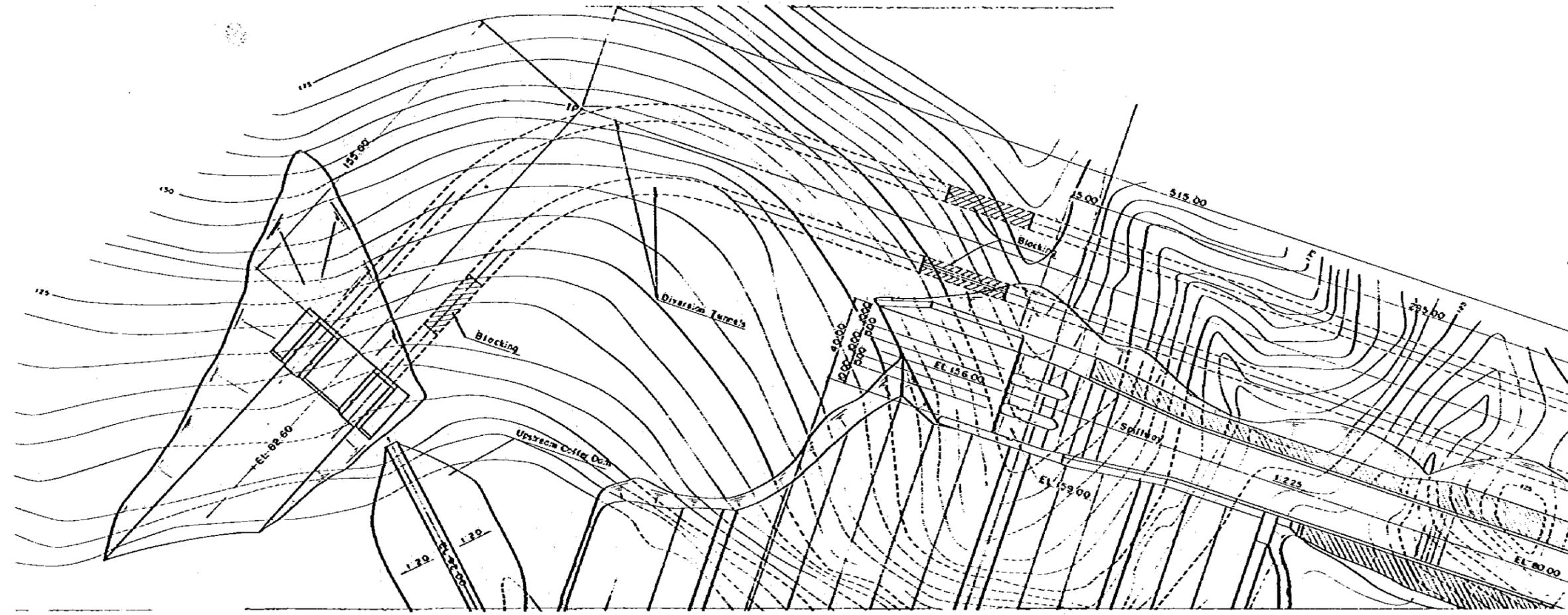
LONGITUDINAL SECTION OF SPILLWAY



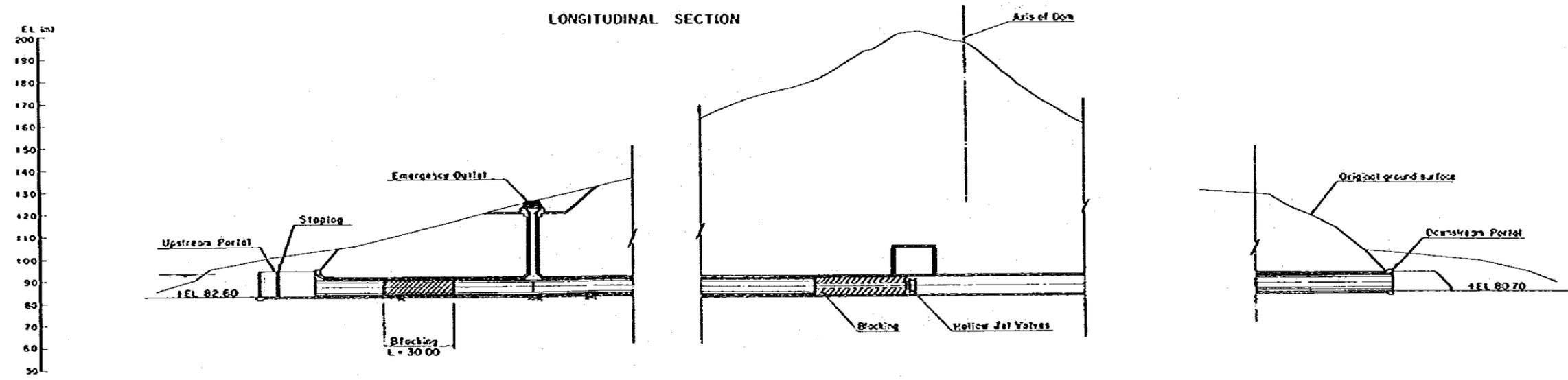
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
**UPPER SITE**  
 SPILLWAY AND SECTIONS

FIGURE - 12.2

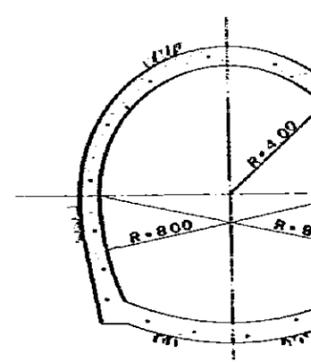
PLAN



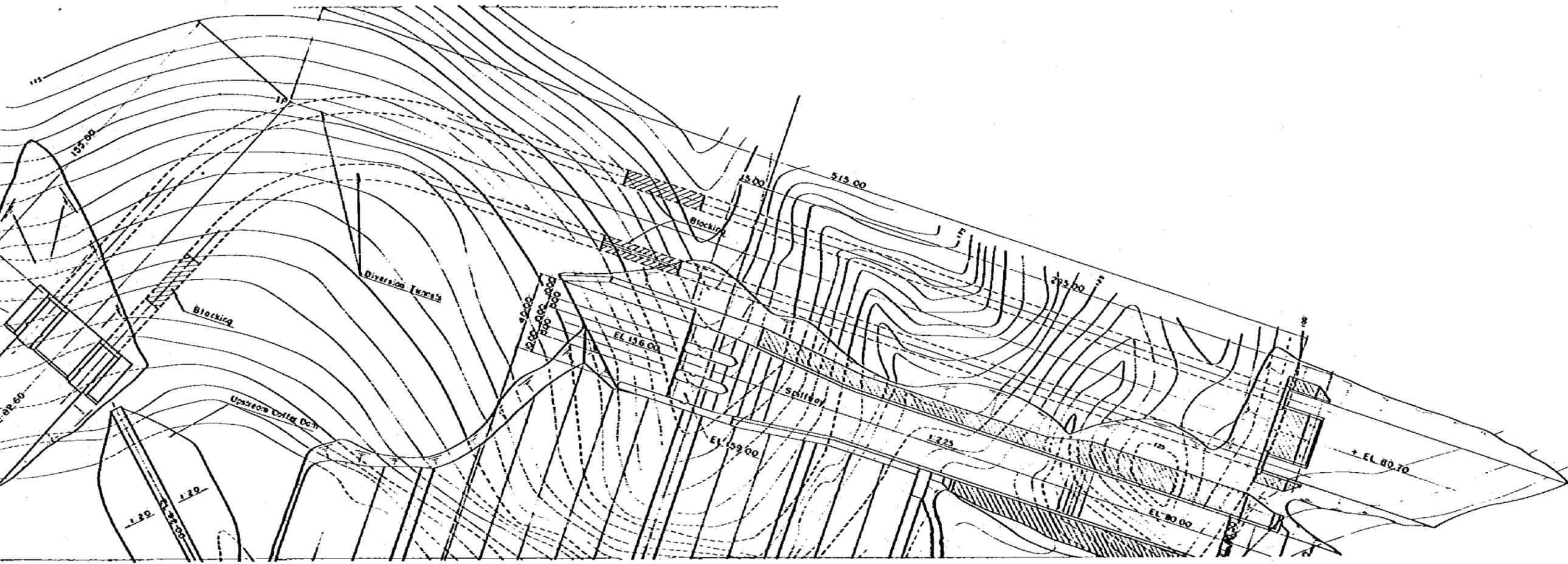
LONGITUDINAL SECTION



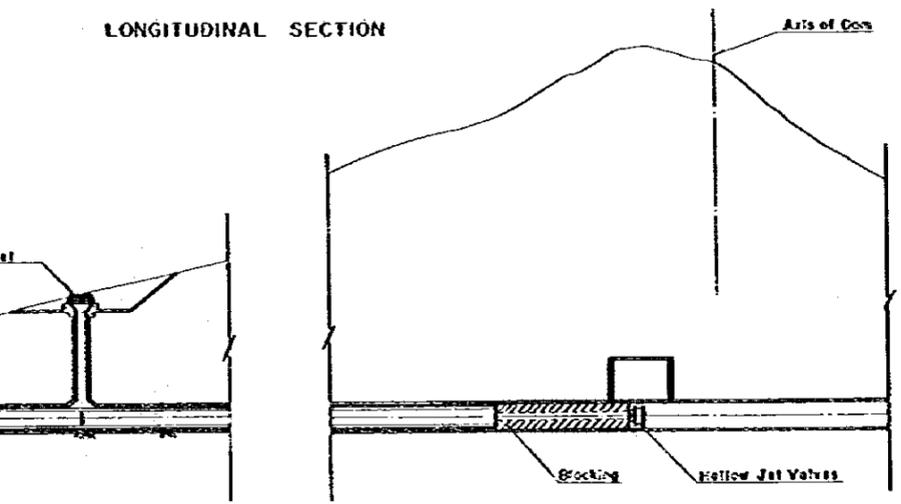
TYPICAL SECTION OF DIVERSION



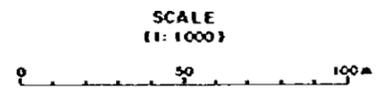
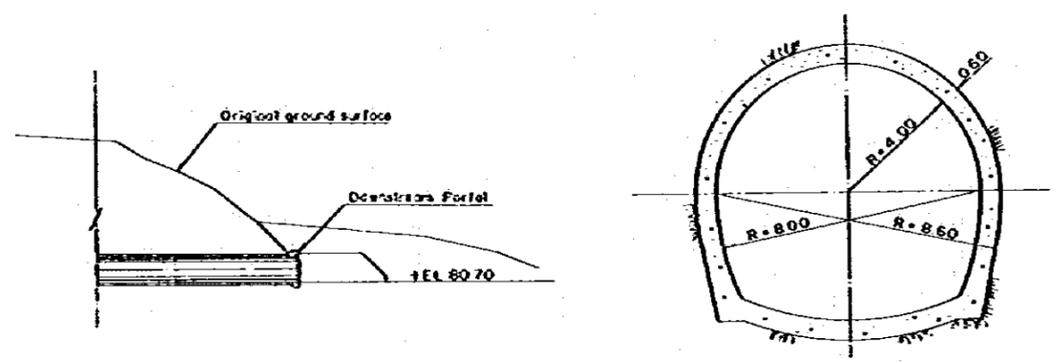
PLAN



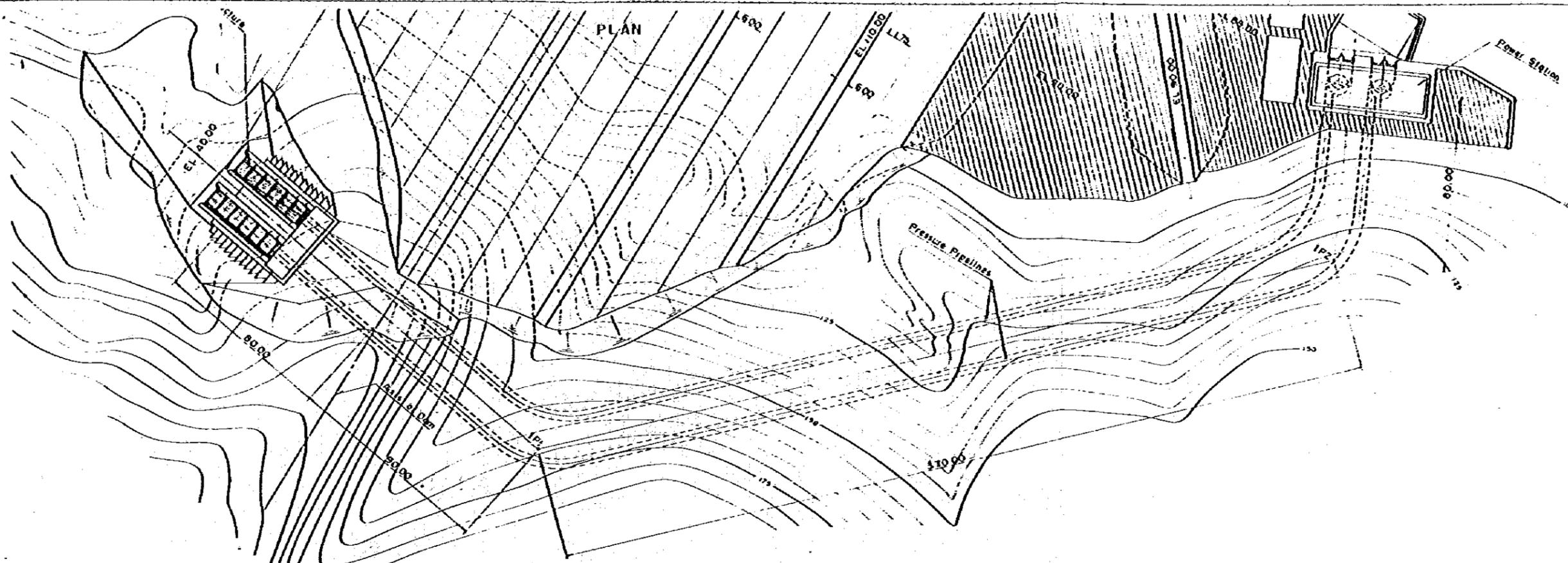
LONGITUDINAL SECTION



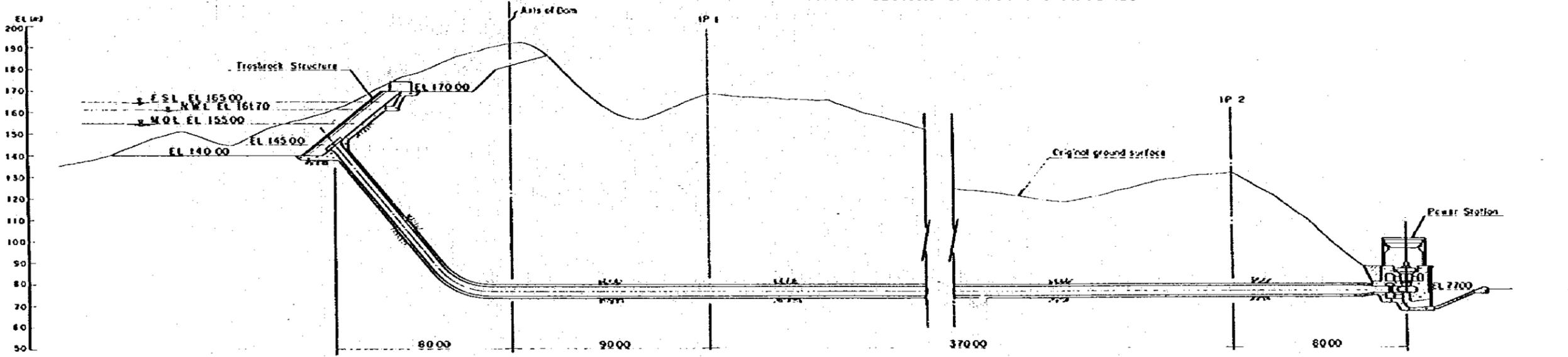
TYPICAL SECTION OF DIVERSION TUNNEL (1:100)



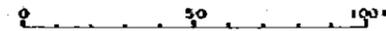
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
**UPPER SITE**  
 DIVERSION TUNNELS  
 FIGURE - 12.3



LONGITUDINAL SECTION OF PRESSURE PIPELINES



SCALE  
(1:1000)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO, JAPAN

FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT

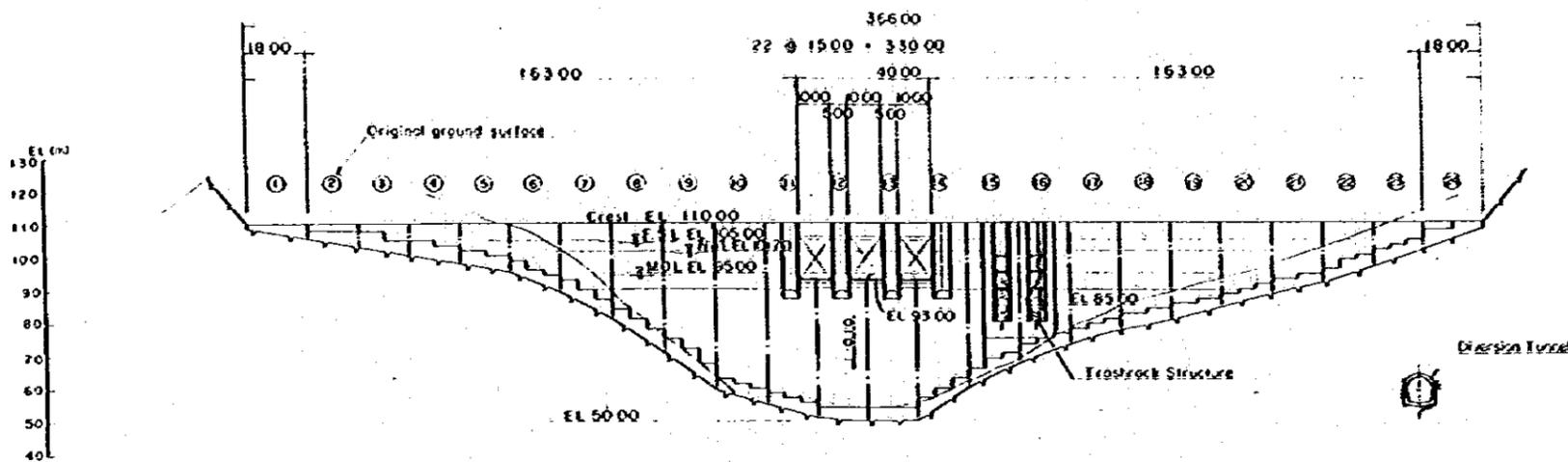
**UPPER SITE**

PIPELINES AND POWER STATION

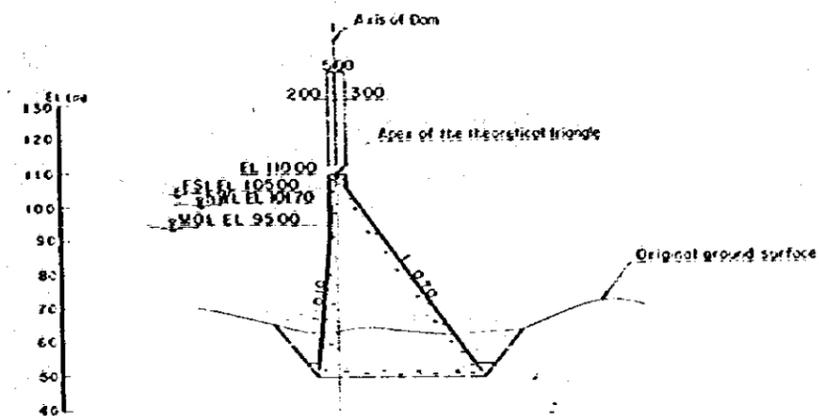
FIGURE - 12.4



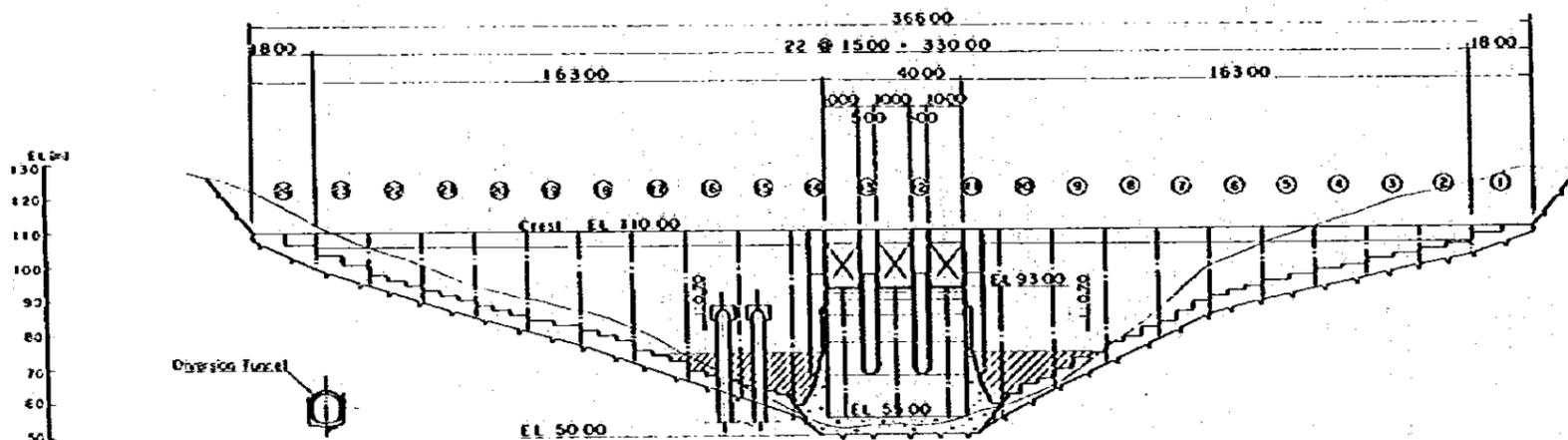
UPSTREAM ELEVATION



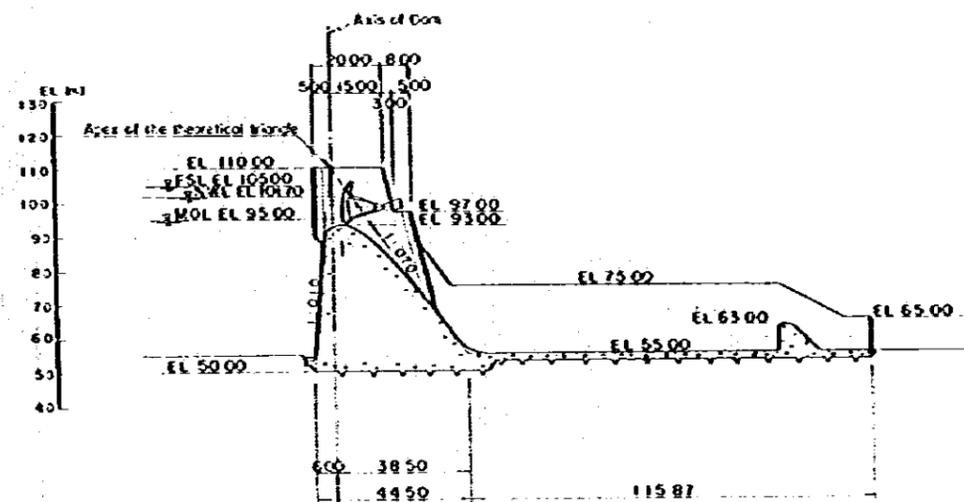
NON-OVERFLOW SECTION



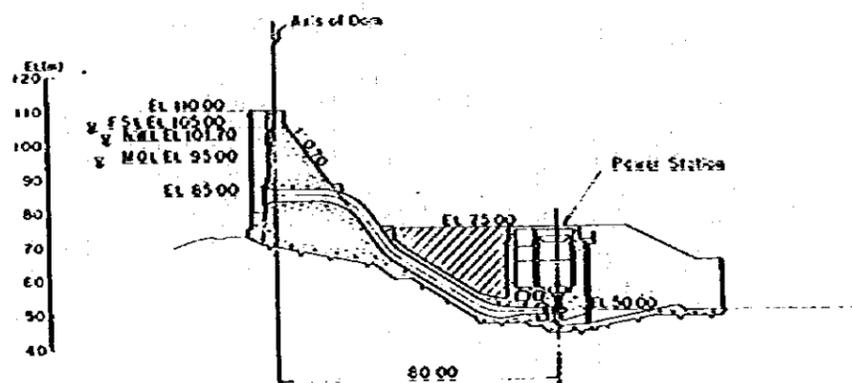
DOWNSTREAM ELEVATION



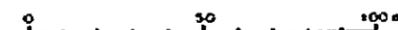
OVERFLOW SECTION



LONGITUDINAL SECTION OF PRESSURE PIPELINE



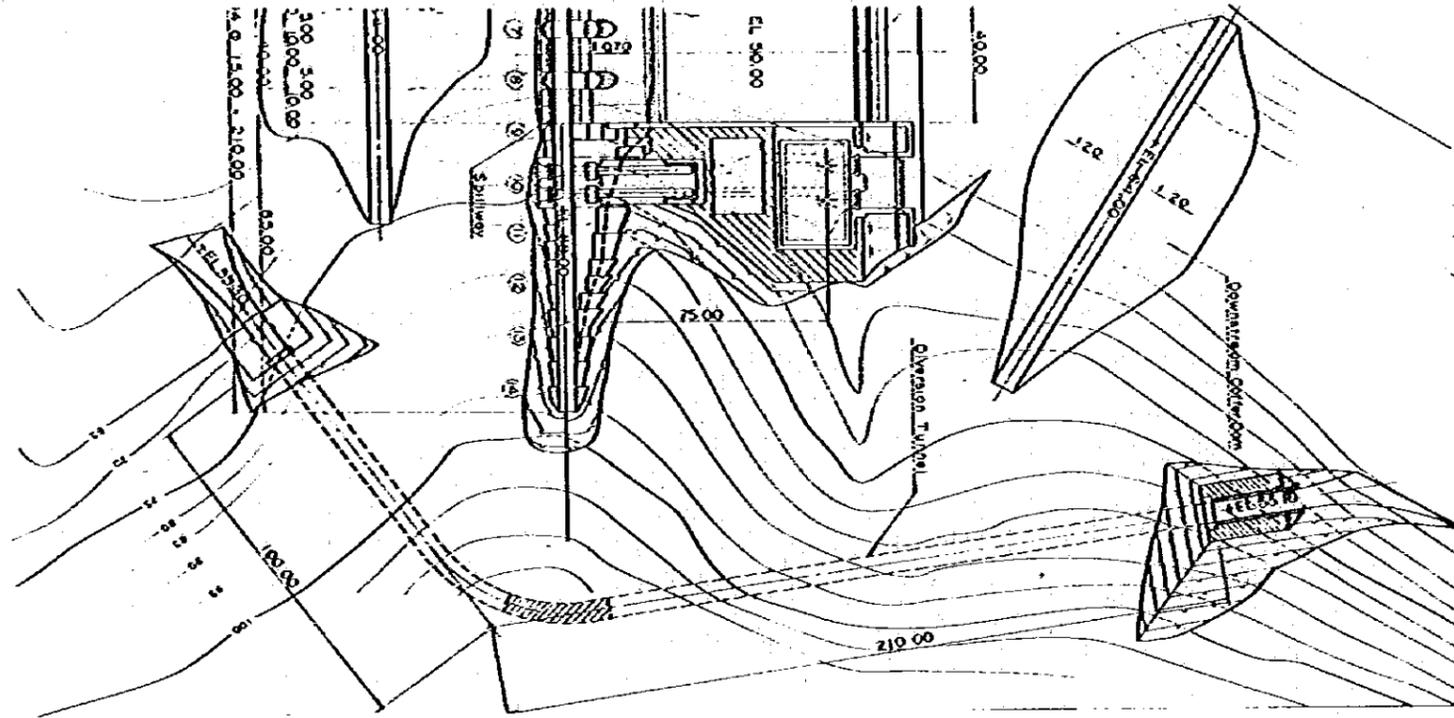
SCALE  
(1:1000)



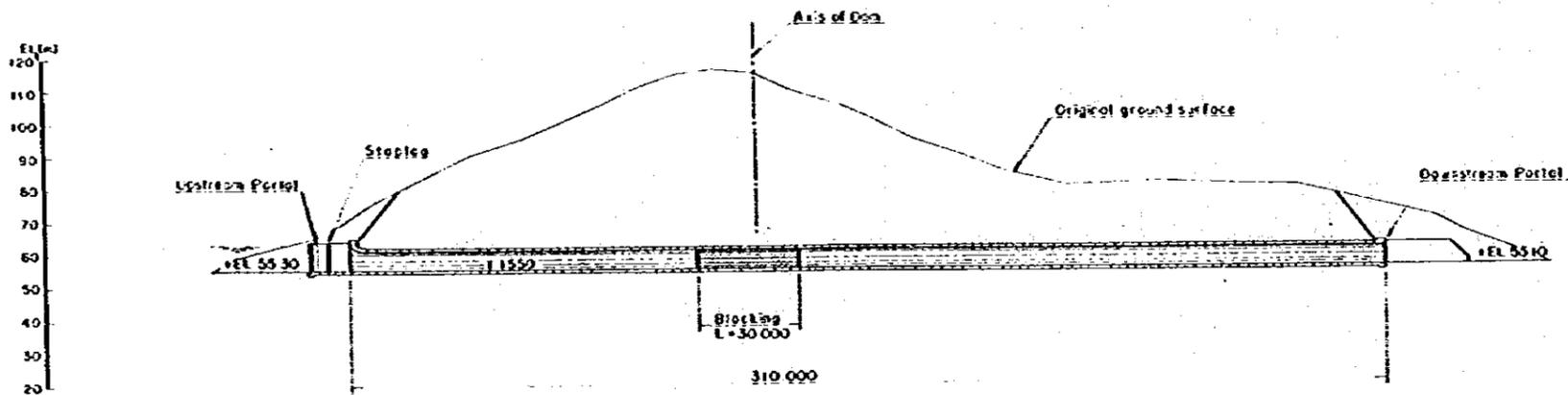
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
TOKYO JAPAN  
FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT  
LOWER SINGLE DEVELOPMENT  
POWERSTATION AND SECTIONS



PLAN

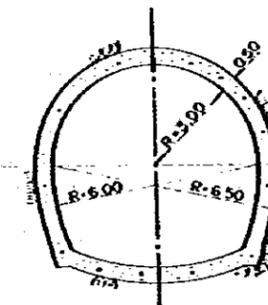


LONGITUDINAL SECTION

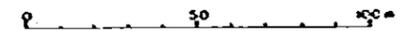


TYPICAL SECTION OF DIVERSION TUNNEL

(1:100)



SCALE  
(1:1000)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 LOWER SERIES DEVELOPMENT  
 DIVERSION TUNNEL

FIGURE - 12 B

Table 12-1 Unit Rate of Estimation (1)

Item	Quantity	Unit	Unit Cost (M\$)	Construction Cost (M\$)	Remarks
<b>1. Civil Works</b>					
<b>1-1. Preparatory Works</b>					
1) Access Road		Km	400,000		
2) Temporary Facilities					[(1-2)+(1-3)] x 10%
<b>1-2. Diversion Tunnel</b>					
1) Common Excavation		m <sup>3</sup>	7.0		
2) Rock Excavation		"	22.0		
3) Concrete		"	.0		
4) Tunnel Excavation		"	300		
5) Cofferdam		"	14.0		
6) Others					5%
Sub Total					
<b>1-3. Dam</b>					
1) Common Excavation		m <sup>3</sup>	8.0		
2) Rock Excavation		"	25.0		
3) Embankment Construction					
a) Concrete		m <sup>3</sup>	200		
4) Pressure Grouting					
a) Drilling Grout Holes		m	120		
b) Grout Cement		t	1,300		
5) Others					10%
Sub Total					
<b>1-4. Mechanical Equipment</b>					
1) Gate		t	10,000		

Unit Rate of Estimation (2)

Item	Quantity	Unit	Unit Cost	Construction Cost	Remarks
1-5. Intake Structure and Penstock			(M\$)	(M\$)	
1-6. Power House and Switch Yard					
1-7. Tailrace					
2. Generating Equipment					
3. Engineering Service					(1+2)x13%
4. Government Administration					(1+2)x5%
5. Contingency					(1+2+3+4)x10%
6. Grand Total					

**Table 12-2 Summary of Costs for Tekai Development**

	Single (Upper One) Dam Development M\$ x 10 <sup>6</sup>	Single (Lower One) Dam Development M\$ x 10 <sup>6</sup>	Series (Two) Dams Development M\$ x 10 <sup>6</sup>
<b>1. Contract Construction Cost</b>			
<b>1.1 Civil</b>	194.2	100.8	254.4
<b>1.2 Generating Equipment</b>	36.8	23.4	50.6
<b>2. Engineering Service and General Expense</b>	30.0	16.1	39.7
<b>3. Government Administration</b>	11.5	6.2	15.2
<b>4. Contingency</b>	27.3	14.6	36.0
<b>5. Grand Total</b>	299.8	161.1	395.9

Table 12-3. Construction Cost Estimates (1)

## Upper Single (One Dam) Development

Fill, H=90  
[ 6 hr, Mol=155.0 ]

Item	Quantity	Unit	Unit Cost	Construction Cost	Remarks
			(M\$)	(M\$)	
<b>1. Civil Works</b>					
<b>1-1. Preparatory Works</b>					
1) Access Road	20	Km	400,000	8,000,000	
2) Temporary Facilities				13,675,000	[(1-2)+(1-3)+ (1-4)]×10%
<b>1-2. Diversion Tunnel</b>					
1) Common Excavation	26,050	m <sup>3</sup>	7.0	182,000	
2) Rock Excavation	94,950	"	22.0	2,089,000	
3) Concrete	21,600	"	450	9,720,000	
4) Tunnel Excavation	120,000	"	300	36,000,000	
5) Cofferdam	47,200	"	14.0	661,000	
6) Others				2,433,000	5%
Sub Total				51,085,000	
<b>1-3. Dam</b>					
1) Common Excavation	169,700	m <sup>3</sup>	8.0	1,358,000	
2) Rock Excavation	169,700	"	25.0	4,243,000	
3) Embankment Construction					
a) Core	417,000	m <sup>3</sup>	10.0	4,170,000	
b) Filter	226,200	"	30.0	6,786,000	
c) Rock-fill	1,898,800	"	15.0	28,482,000	
d) Riprap	68,000	"	30.0	2,040,000	
4) Pressure Grouting					
a) Drilling Grout Holes	12,300	m	120	1,476,000	
b) Grout Cement	980	t	1,300	1,274,000	
5) Others				4,983,000	10%
Sub Total				54,812,000	

Construction Cost Estimates (2)

Item	Quantity	Unit	Unit Cost	Construction Cost	Remarks
<b>1-4. Spillway</b>			(M\$)	(M\$)	
1) Common Excavation	106,100	m <sup>3</sup>	8.0	849,000	
2) Rock Excavation	247,600	"	25.0	6,190,000	
3) Concrete	57,500	"	350	20,125,000	
4) Reinforcing Steel Bars	520	t	1,700	884,000	
5) Others				2,805,000	10%
<b>Sub Total</b>				<b>30,853,000</b>	
<b>1-5. Mechanical Equipment</b>					
1) Gate	500	t	10,000	5,000,000	
<b>1-6. Intake Structure and Penstock</b>				<b>25,692,000</b>	
<b>1-7. Power House and Switch Yard</b>				<b>4,500,000</b>	
<b>1-8. Tailrace</b>				<b>520,000</b>	
<b>2. Generating Equipment</b>				<b>36,800,000</b>	
<b>3. Engineering Service and General Expense</b>				<b>30,022,000</b>	(1+2) × 13%
<b>4. Government Administration</b>				<b>11,547,000</b>	(1+2) × 5%
<b>5. Contingency</b>				<b>27,251,000</b>	(1+2+3+4) × 10%
<b>6. Grand Total</b>				<b>299,757,000</b>	

Table 12-4 Construction Cost Estimates (1)

Lower Single (One Dam) Development

Conc. H=60  
[12 hr, MOL=95.0]

Item	Quantity	Unit	Unit Cost (M\$)	Construction Cost (M\$)	Remarks
<b>1. Civil Works</b>					
<b>1-1. Preparatory Works</b>					
1) Access Road	20	Km	400,000	8,000,000	
2) Temporary Facilities				6,289,000	{(1-2)+(1-3)} x 10%
<b>1-2. Diversion Tunnel</b>					
1) Common Excavation		m <sup>3</sup>	7.0		
2) Rock Excavation		"	22.0		
3) Concrete		"	45.0		
4) Tunnel Excavation		"	300		
5) Cofferdam		"	14.0		
6) Others				12,713,000	5%
Sub Total					
<b>1-3. Dam</b>					
1) Common Excavation		m <sup>3</sup>	8.0		
2) Rock Excavation		"	25.0		
3) Embankment Construction					
a) Concrete		m <sup>3</sup>	200		
4) Pressure Grouting					
a) Drilling Grout Holes		m	120		
b) Grout Cement		t	1,300		
5) Others					10%
Sub Total				50,173,000	
<b>1-4. Mechanical Equipment</b>					
1) Gate		t	10,000	5,000,000	(82,175,000)

Construction Cost Estimates (2)

Item	Quantity	Unit	Unit Cost	Construction Cost	Remarks
1-5. Intake Structure and Penstock			(M\$)	(M\$)	
				14,900,000	
1-6. Power House and Switch Yard				3,200,000	
1-7. Tailrace				440,000	
2. Generating Equipment				23,400,000	
3. Engineering Service and General Expense				16,135,000	(1+2)x13%
4. Government Administration				6,206,000	(1+2)x5%
5. Contingency				14,646,000	(1+2+3+4) x 10%
6. Grand Total				161,102,000	

Table 12-5 Construction Cost Estimates (1)

Lower Dam in Series (Two Dams) Development

Conc., H=38  
[24 hr. Q max.=46.3]

Item	Quantity	Unit	Unit Cost (M\$)	Construction Cost (M\$)	Remarks
<b>1. Civil Works</b>					
<b>1-1. Preparatory Works</b>					
1) Access Road	20	Km	400,000	8,000,000	
2) Temporary Facilities				3,969,000	[(1-2)+(1-3)] x 10%
<b>1-2. Diversion Tunnel</b>					
1) Common Excavation		m <sup>3</sup>	7.0		
2) Rock Excavation		"	22.0		
3) Concrete		"	45.0		
4) Tunnel Excavation		"	300		
5) Cofferdam		"	14.0		
6) Others				12,713,000	5%
Sub Total					
<b>1-3. Dam</b>					
1) Common Excavation	39,360	m <sup>3</sup>	8.0	315,000	Vo=65,600
2) Rock Excavation	26,240	"	25.0	656,000	
3) Embankment Construction					
a) Concrete	74,000	m <sup>3</sup>	200	14,800,000	
4) Pressure Grouting					
a) Drilling Grout Holes	6,600	m	120	792,000	
b) Grout Cement	530	t	1,300	689,000	
5) Others				1,725,000	10%
Sub Total				18,977,000	
<b>1-4. Mechanical Equipment</b>					
1) Gate	500	t	10,000	5,000,000	(48,659,000)

Construction Cost Estimates (2)

Item	Quantity	Unit	Unit Cost	Construction Cost	Remarks
1-5. Intake Structure and Penstock			(M\$)	(M\$)	
				9,152,000	
1-6. Power House and Switch Yard				2,100,000	
1-7. Tailrace				360,000	
2. Generating Equipment		Kw	870	13,800,000	
3. Engineering Service and General Expense				9,629,000	(1+2) x 13%
4. Government Administration				3,704,000	(1+2) x 5%
5. Contingency				8,740,000	[(1+2+3+4) x 10%
6. Grand Total				96,144,000	



JICA