

### 10.2.3 電気機器

#### (1) 主要機器の選定

上部発電所は、有効落差214.5m、最大使用水量25.7m<sup>3</sup>/sec、発電所出力47,000kWで、水車は立軸フランシス水車が最も適正であり、これを採用する。

主要変圧器の型式については、主回路にケーブルを含まない屋外形とし、輸送および故障時の復旧性を考慮して、単相変圧器を採用する。

220kV開閉所の母線構成は経済性と保守性を勘案して、単母線方式とし、母線には屋外鉄構でアルミ線を採用する。

主要変圧器と開閉所を結ぶ連絡送電線は架空線を採用する。

水車、発電機、主要変圧器、220kV開閉所および連絡架空線の諸元は以下の通りである。

#### 一 水 車

型 式	.....	立軸フランシス水車
台 数	.....	1 台
基準有効落差	.....	214.50 m
使用水量	.....	25.7 m <sup>3</sup> /sec
基準出力	.....	48 MW
回転速度	.....	429 rpm

#### 一 発 電 機

型 式	.....	三相交流同期発電機
台 数	.....	1 台
出 力	.....	53 MVA
回転速度	.....	429 rpm
周 波 数	.....	50 Hz
電 圧	.....	11 kV

#### 一 主要変圧器

型 式	.....	屋外形単相変圧器
台 数	.....	4 台 (予備 1台含む)
容 量	.....	53 MVA (17.7 MVA×3+1)
電 圧	.....	11 kV

## 一 開 閉 所

母線構成	.....	単母線
母 線	.....	アルミ線
接続線路数	.....	2回線
電 圧	.....	220 kV
導体の種類	.....	AAC 400 mm <sup>2</sup>
区 間	.....	上部発電所～下部発電所 上部発電所～イリング変電所

## 一 連 絡 架 空 線

回 線 数	.....	1回線
鉄 構 数	.....	1基
電 圧	.....	220 kV
導体の種類	.....	ACSR 380mm <sup>2</sup>
区 間	.....	上部発電所～開閉所

## (2) 主 回 路

主回路は信頼性、保守性および所内電源の確保等の条件を考慮して、低圧同期、ユニット方式を採用する。

発電機と主要変圧器の間は電力ケーブルで接続され、主要変圧器と開閉所との間は連絡架空線によって結ばれる。Fig. 10-16 に Single Line Diagram を示す。

## (3) 連絡架空線

連絡架空線は発電所の屋外に設備する主要変圧器53,000kVAと屋外開閉所とを結ぶ220kVの架空線1回線である。

架空線にはACSR380mm<sup>2</sup>を使用し、出来るだけ短い距離で開閉所の鉄構に架設する。上部には雷しゃへい用の架空地線 G.S 70mm<sup>2</sup>を設備し、開閉所と連接々地とする。

## (4) 発電所の電気機器

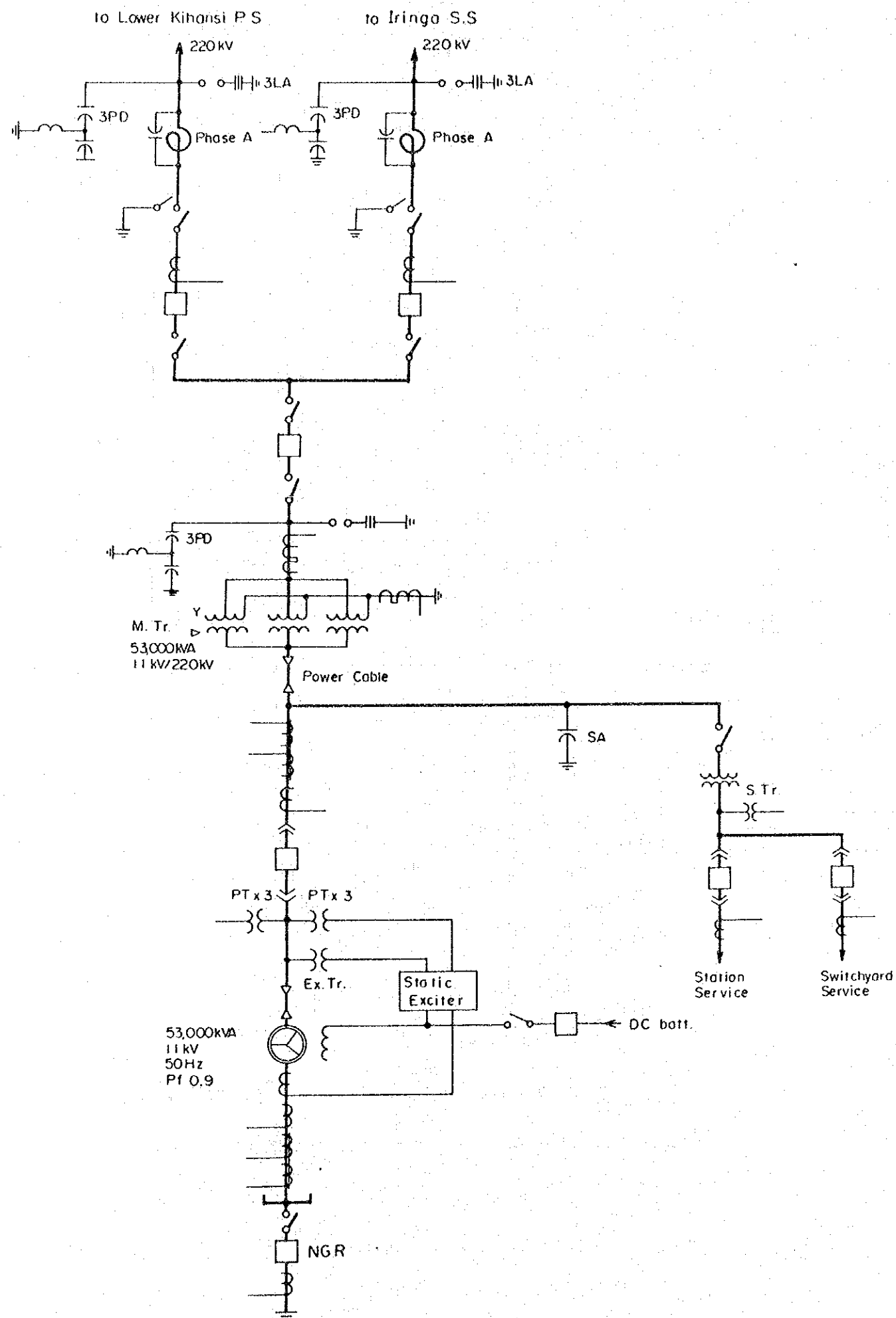
当発電所は半地下式で設計され放水口側に組立室が配置される。

主機は1台で地下に水車・発電機およびその他補機類が配置される。

その他として組立用天井走行クレーンが地下の組立室に、搬入用門型クレーンが地上の屋外に配置される。主要変圧器は屋外に配置される。

Fig. 10-17 ～ Fig. 10-20 に発電所機器配置図を示す。



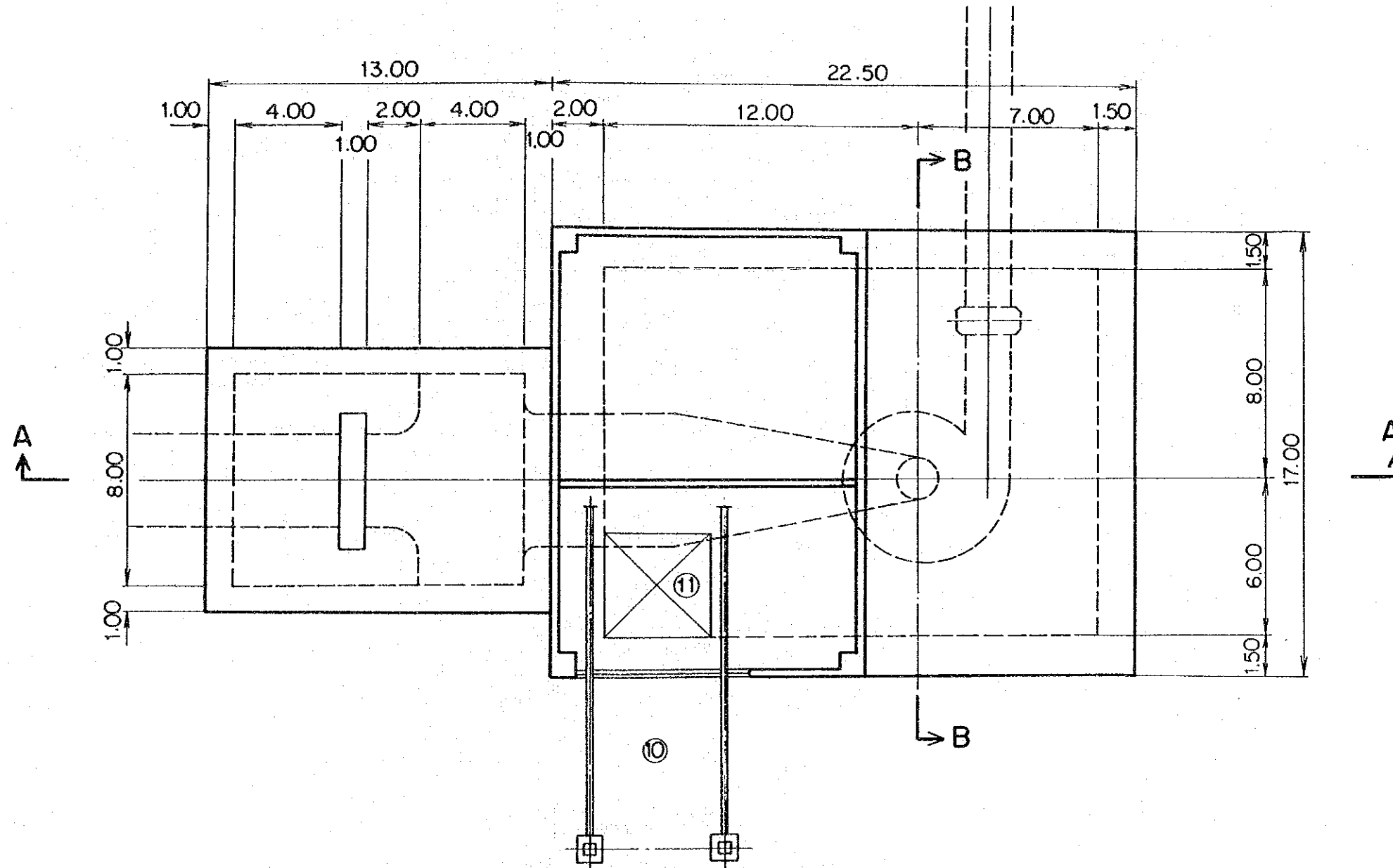


Symbols	Legend
	Circuit Breaker
	Disconnecting Switch
	Disconnecting Switch with Arcing Horn & Grounding Switch
	Potential Transformer
	Coupling Capacitor Potential Device
	Current Transformer
	Bushing Type Current Transformer
	Auto Transformer
	Transformer
	Line Trap
	Lightning Arrester
	Surge Absorber
	Generator

KIHANSI HYDROELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
  
 UPPER KIHANSI  
  
 SINGLE LINE DIAGRAM  
  
 Fig. 10 - 16      DATE ;



PLAN  
EL. 1163.00



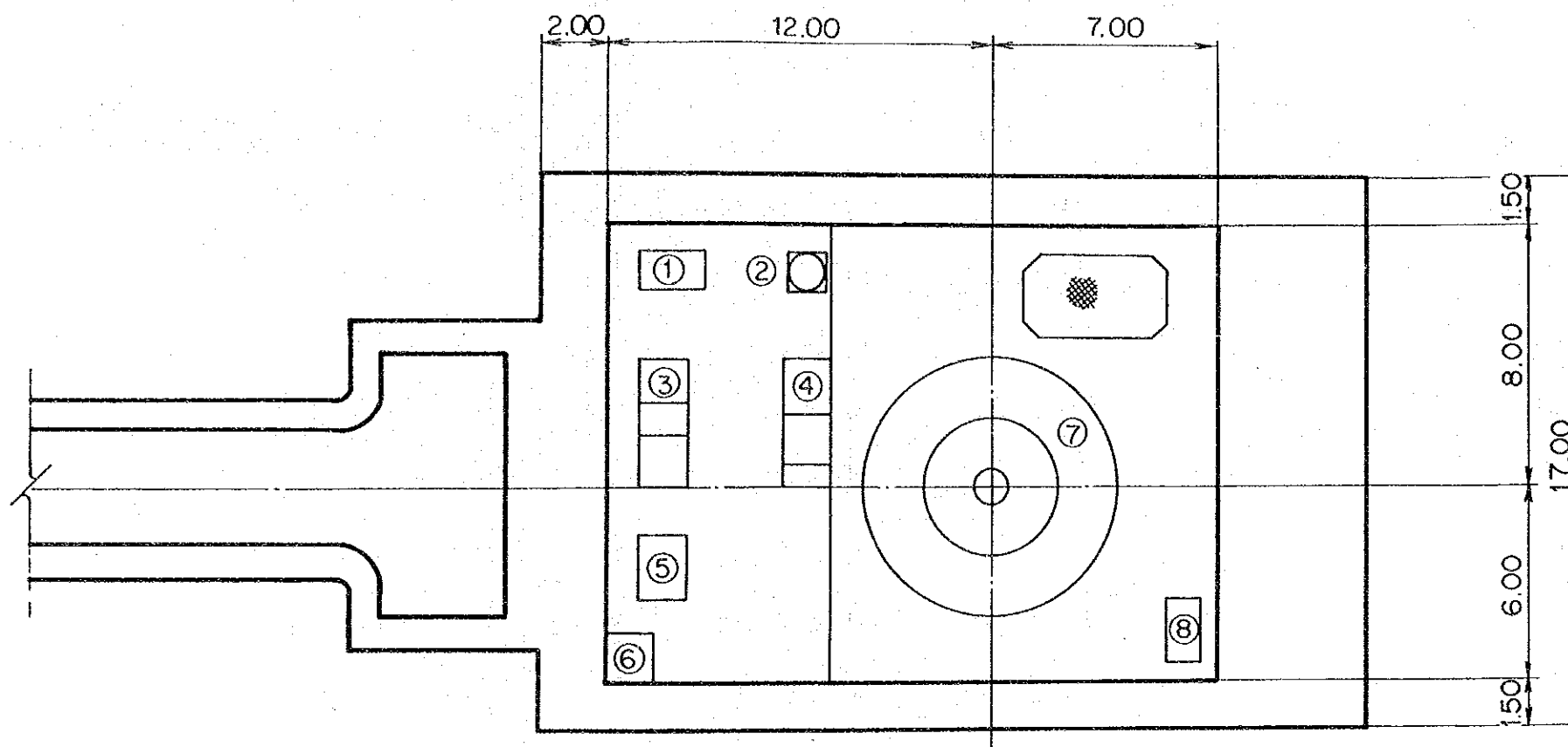
LEGEND

- ⑩ Gantry Crane
- ⑪ Crane Hatch

KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
UPPER KIHANSI POWERHOUSE GROUND LEVEL PLAN	
Fig. 10 - 17	DATE:



PLAN  
EL. 1140.00



LEGEND

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| ① Oil Pressure Pump           | ⑥ Fire Extinguisher of Generator |
| ② Oil Pressure Tank           | ⑦ Generator                      |
| ③ Speed Governor Cabinet      | ⑧ N.G.R. Cubicle                 |
| ④ Station Service Cabinet     | ⑨ Overhead Travelling Crane      |
| ⑤ Oil Drainage Tank with Pump |                                  |

KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

UPPER KIHANSI  
POWERHOUSE  
GENERATOR FLOOR PLAN

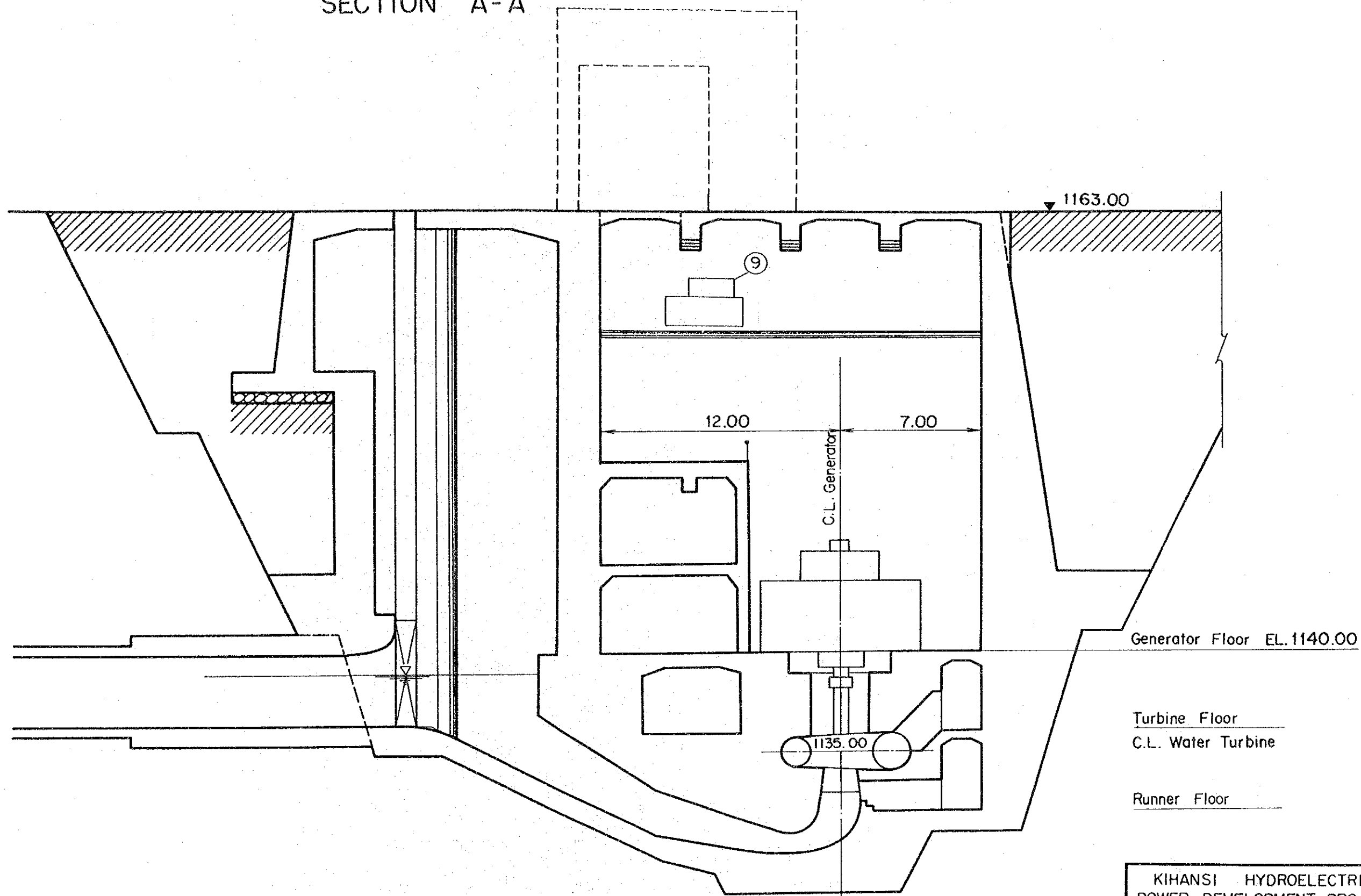
Fig. 10 - 18

DATE :





SECTION A-A



Generator Floor EL.1140.00

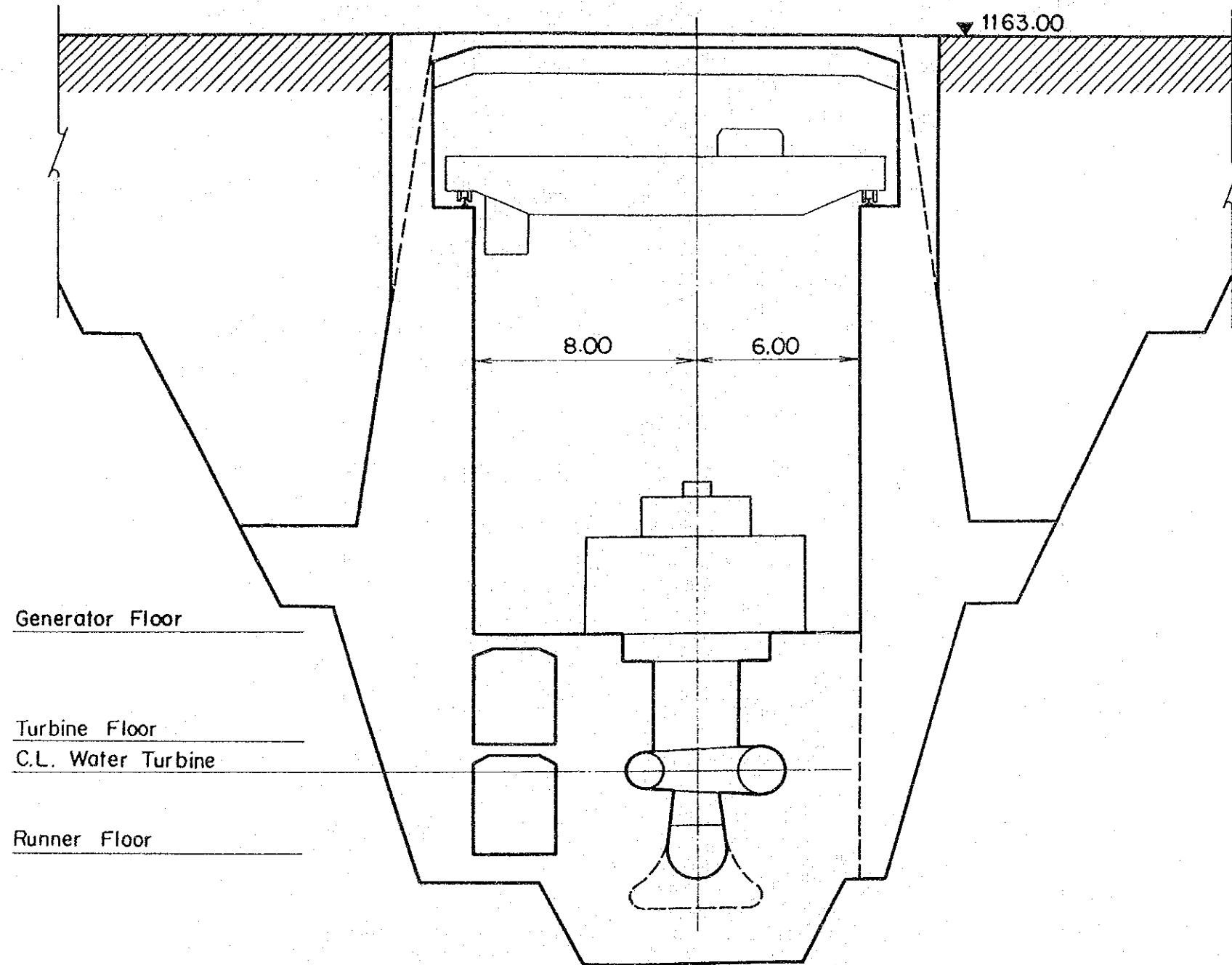
Turbine Floor  
C.L. Water Turbine

Runner Floor

KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
UPPER KIHANSI POWERHOUSE LONGITUDINAL SECTION	
Fig. 10 - 19	DATE :



SECTION B-B



KIHANSI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

UPPER KIHANSI  
POWERHOUSE  
TRANSVERSE SECTION

Fig. 10 - 20      DATE:



(5) 開閉所の電気機器

開閉所は地形を考慮して発電所建家の放水口側に設け 220kV 2 回線の送電線は右岸上流側へ引き出す。また11kV用ダム配電線は送電線と併行して建設する。

Fig. 10-21 に開閉所の機器配置図を示す。

(6) 通信設備

① 設計条件

i) 上部発電所は、当分の間有人運転するので通信設備は有人運転という条件で設計する。

ii) 上記発電所の運転情報はウブンゴ中央給電指令所に設置してあるSCADAシステムにより監視できるよう、最寄りのイリング変電所まで情報を伝送する。

② 通信回路の構成

通信回線は送電線の $\pi$ 引込みに伴って必要となる通信回線の構成を行うものである。通信回線の区間および回線数は以下の通りである。

— 上部発電所～下部発電所

給電指令用電話回線	.....	1 回線
保守用電話回線	.....	3 回線
搬送保護用信号伝送回線	.....	2 回線

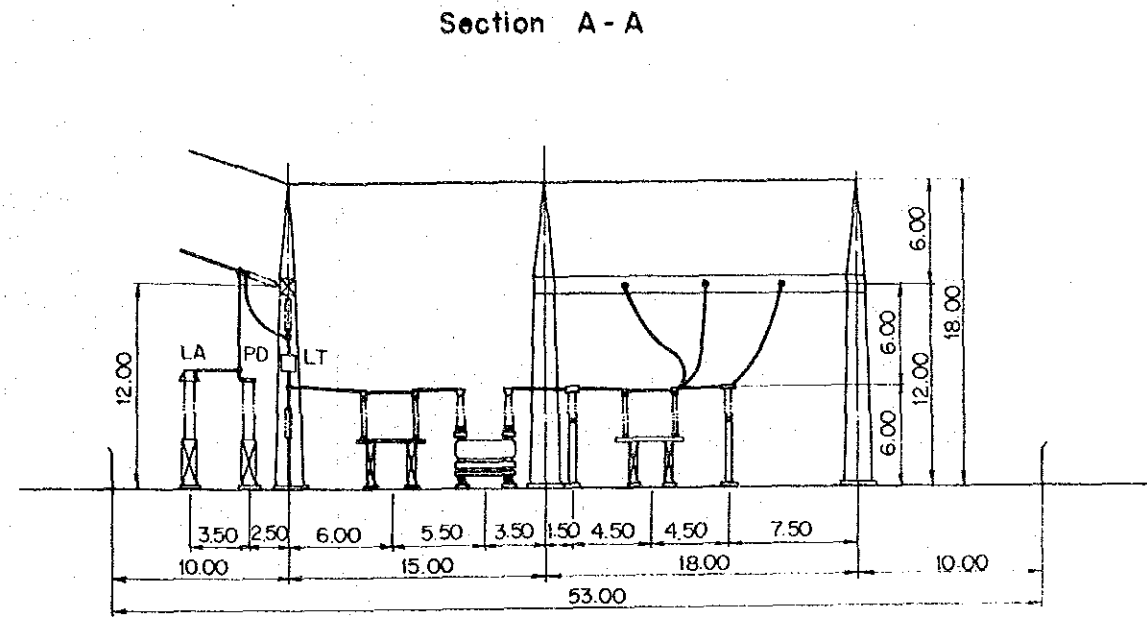
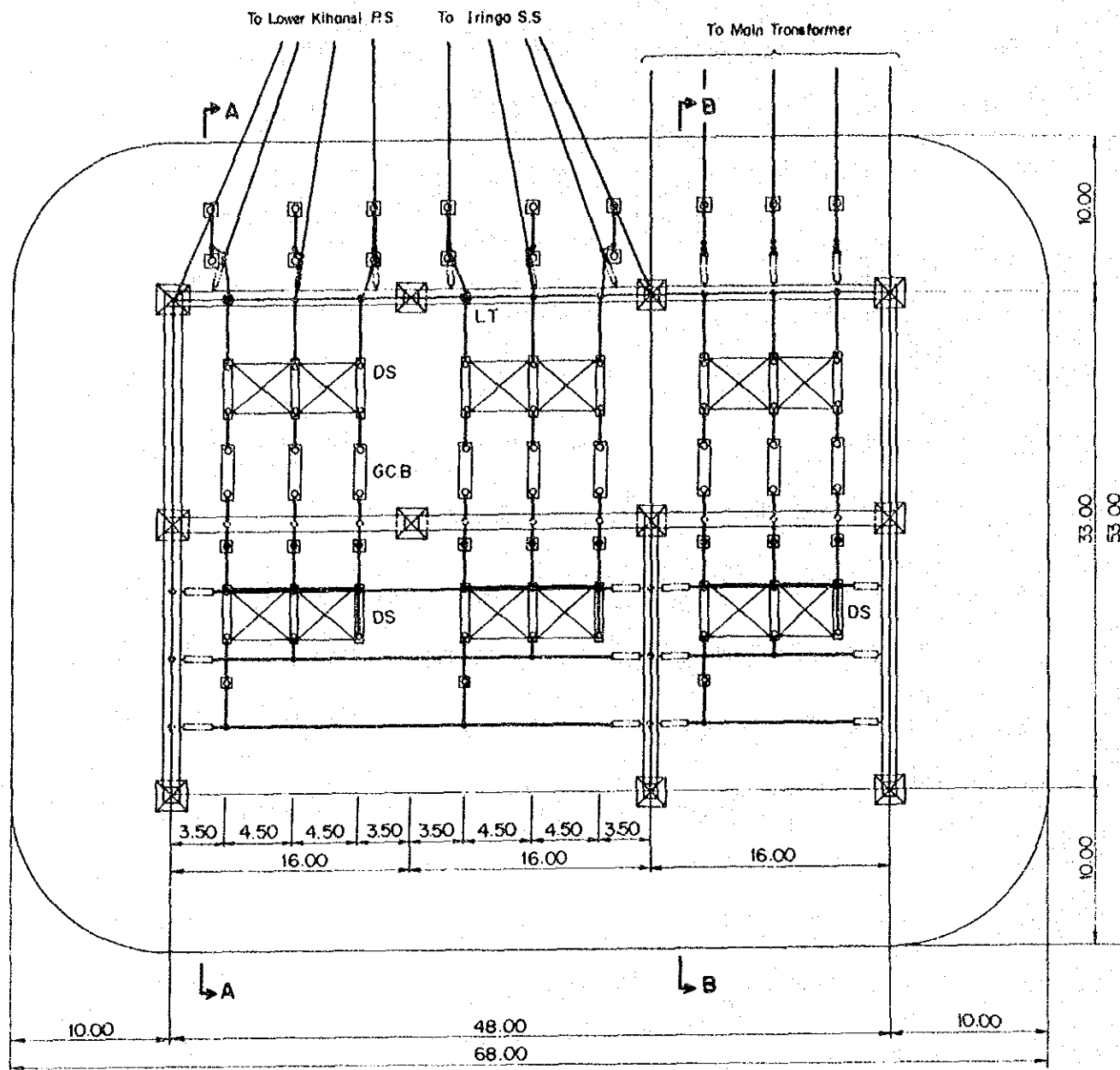
— 上部発電所～イリング変電所

給電指令用電話回線	.....	1 回線
保守用電話回線	.....	3 回線
搬送保護用信号伝送回線	.....	2 回線
給電用信号伝送回線	.....	1 回線

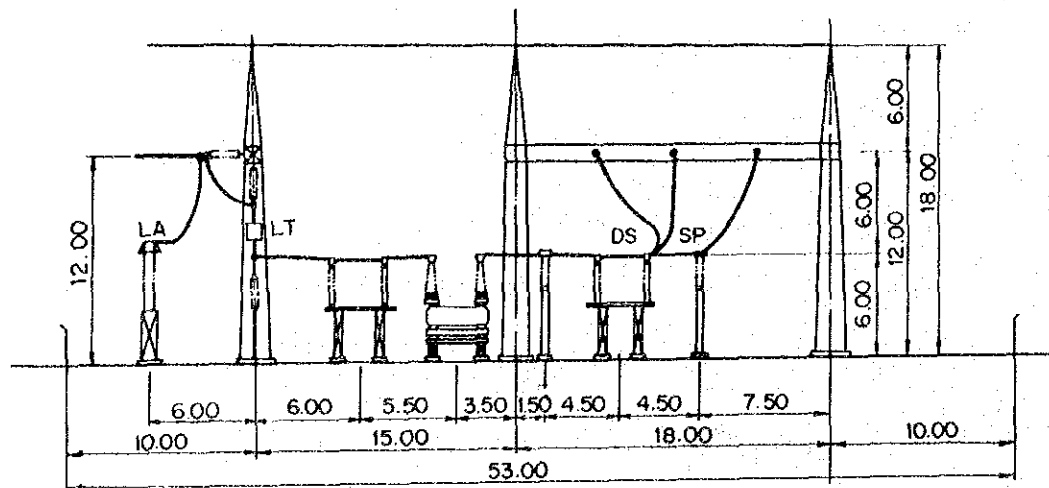
— 下部発電所～イリング変電所

給電用信号電話回線	.....	1 回線
-----------	-------	------





Section B - B



KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
UPPER KIHANSI SWITCHYARD PLAN	
Fig. 10 - 21	DATE :





給電指令用電話回線はトーンリンガー装置を設けることにより、3端子回線とする。上部発電所にVHF基地局を設置し、下部発電所工事で設置したイリング変電所のVHF基地局と合わせて送電線保守用回線を拡充する。また、上部発電所内に自動交換機を設置し、保守用電話回線を構成すると共に発電所の所内作業用としてページング回線を構成する。

### ③ 通信設備の概要

記の回線構成に必要な通信設備の概要は以下の通りである。

#### i) 電力線搬送装置

上部発電所に2CH型電力線搬送端局装置を下部発電所向け3台、イリング変電所向け3台合計6台を設置し、更に回線間結合方式の結合装置を下部発電所向けとイリング変電所向けに設置する。

#### ii) 搬送保護用リレー端局装置

本装置は上部発電所に下部発電所およびイリング変電所向け2回線送電線用として、合計4台設置する。

#### iii) 給電用信号端局装置

本装置は上部発電所に1台設置し、ウブンゴにある中央給電指令所のSCADA装置に接続出来るようイリング変電所まで回線を構成する。

#### iv) 自動交換機

100回線自動交換機を上部発電所に1台設置する。

#### v) 保線用VHF装置

基地局装置を上部発電所に設置し、車載無線機1台、携帯無線機1台を購入する。

#### vi) ページング装置

上部発電所に1台設置する。

#### vii) 直流電源装置

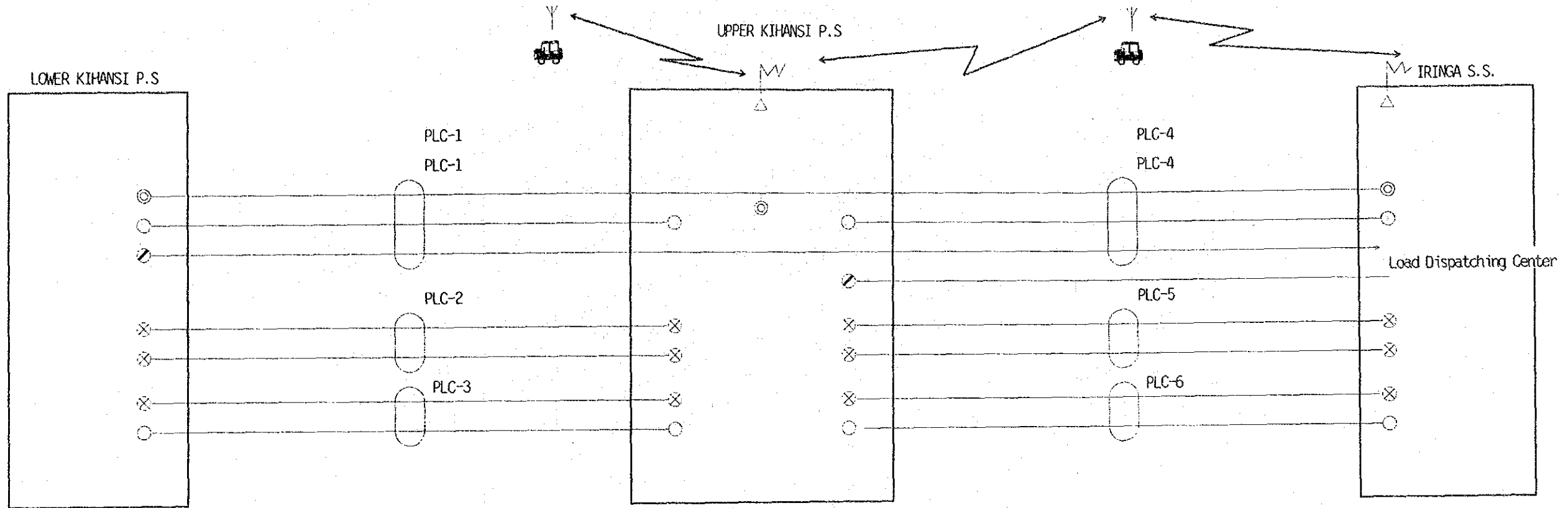
蓄電池と充電装置からなる通信用直流電源装置を上部発電所に1台設置する。

以上をまとめると Table 10-5 の通りである。

**Table 10-5 A List of the Communication Facilities on Upper Kihansi Project**

Equipment	Features	Upper Kihansi Power Station
Power Line Carrier Terminal Equipment	10 W, 2-channel type	6
Coupling Devices for the Above	Inter-circuit coupling	2
PLC Protective Relay Terminal Equipment		4
Load Despatching Signal Terminal Equipment	SCADA slave station	1
Automatic Telephone Exchange	100 channels	1
Line Maintenance VHF Base Station	150 MHz, 100 W	1
VHF Car-Borne Unit	150 MHz, 10 W	1
VHF Portable Unit	150 MHz, 5 W	1
Paging System	2 kW, 100 sets	1
Tone Ringer	10 channels	1
Battery Charger Unit	48 V, 100 A	1
Batteries	48 V, 500 AH	1

Fig. 10-22 Upper Kihansi Project Telecommunication System (1)

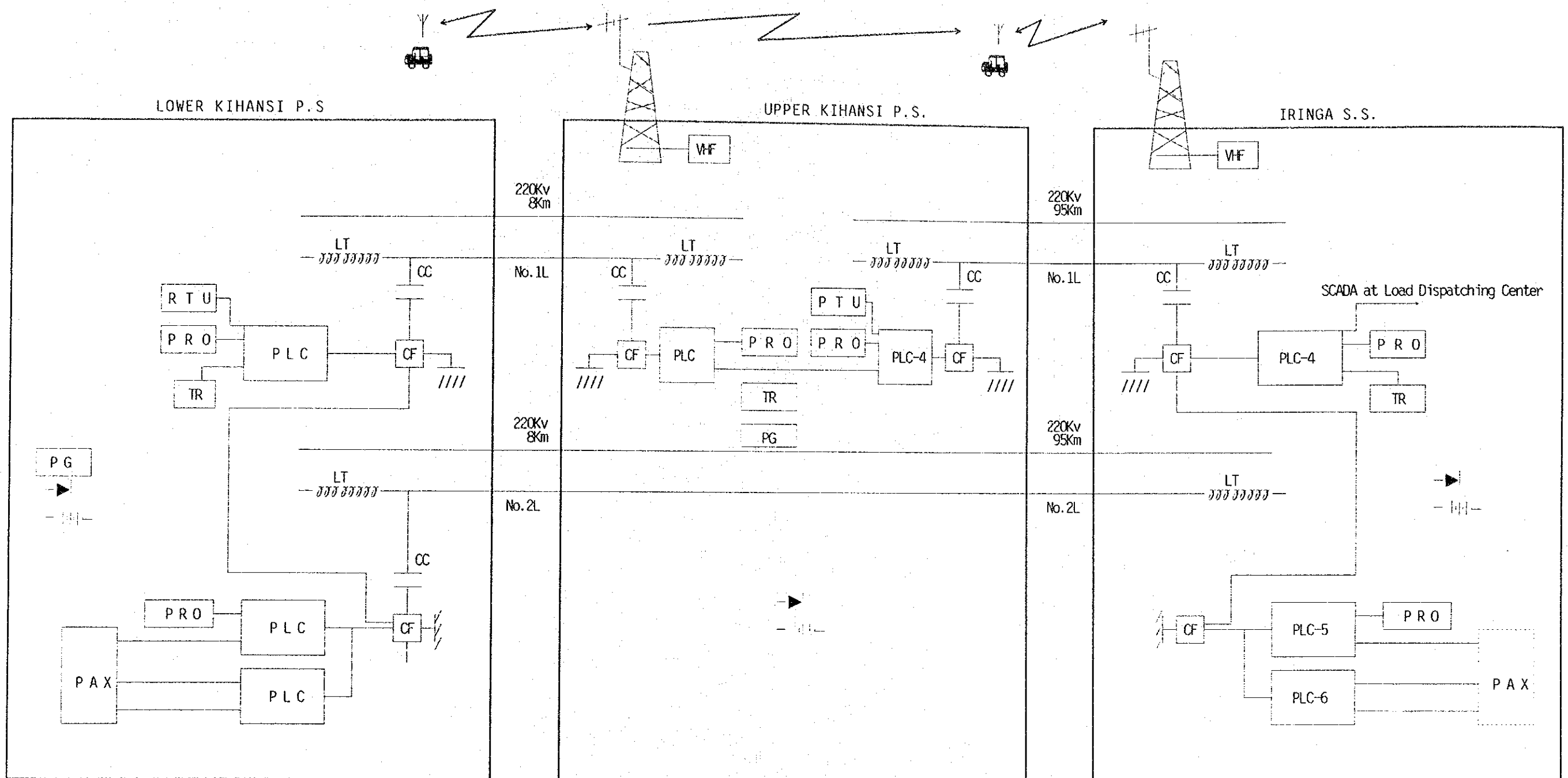


Legend

- ⊙—: Load Dispatching Telephone Circuit
- ⊗—: Administration Use Telephone Circuit
- : Data Transmission Circuit for Teleprotection
- ⊘—: Data Transmission Circuit for SCADA



Fig. 10-23 Upper Kihansi Project Telecommunication System (2)



.....Existing Equipment.....

Legend

- ||- : Line Trap
- ⊥ : Coupling Capacitor and Coupling Filter
- PLC : Power Line Carrier Terminal Equipment
- PRO : Protection Signal Equipment
- PAX : Private Automatic Telephone Exchange Equipment
- PG : Paging Equipment
- VHF : VHF Radio Equipment
- ▶ : Charging Rectifier for Telecommunication Equipment



#### 10.2.4 送電線

下部発電所の送電線は上部発電所の工事に先立って建設されるものであり、そのルートは上部発電所のごく最寄を通過する。従って上部発電所への引込みは最寄りの鉄塔から発電所の開閉所まで約400m 2回線を工事することになる。

送電線のフィージビリティ設計については 10.3.4 項で述べることとする。



## 10.3 下部計画

### 10.3.1 ダムおよび付属構造物

#### (1) 位置の選定

ダム計画地点は、キハンシの滝より直線距離にして約 900m 上流に位置している。

ダム付近の地形・地質は第7章において記述した通り、左岸側は傾斜約 $25^{\circ}$ の尾根状を呈し、右岸側は傾斜約 $35^{\circ}$ の山腹斜面となっている。河床部は標高1,115m、水面巾は20~30mであり、右岸には堅硬な露頭が見られる。両岸1本ずつ行ったボーリング調査結果によると、両岸共に地表から5~10m程度の深度でダム基礎としては十分な地耐力を有する岩盤が存在することが判明した。

その他のダム位置としては、今回のダムサイトより約300m上流が考えられる。このサイトでは、日間調整運転のために必要な約 $500 \times 10^3 \text{m}^3$ 調整容量を確保するために、満水位を1,150m程度にする必要があるが、右岸のアバット取付部がやせ尾根となっており、風化が深部にまで及んでいる可能性があるため、地形、地質の点からダムサイトとしてはふさわしくないと考えられる。

なお、今回選定したダムサイトより下流は河川勾配が急となり、ダム本体の経済性、施工性から不利であること、および発電計画上落差の有効利用が図れないことから、適当なダムサイトはないと判断した。

#### (2) ダム型式の選定

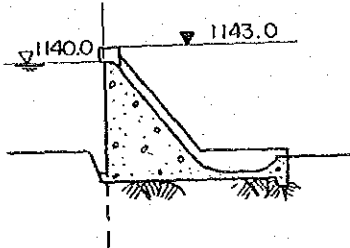
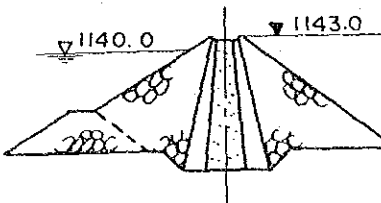
ダム型式としては、コンクリート重力式とフィルタイプダムの2通りが考えられる。この両者に対する比較を実施した結果、Table 10-6 に示す通り、経済性においてはるかにコンクリート重力式が有利であること、および施工においても工事中転流工が堤内バイパスのみで可能なこと等の多くの利点がありコンクリート重力案を採用した。Fig. 10-24 ~ Fig. 10-27 にコンクリート重力ダムと中央遮水壁型フィルタイプダム案を示す。

#### (3) ダム形状

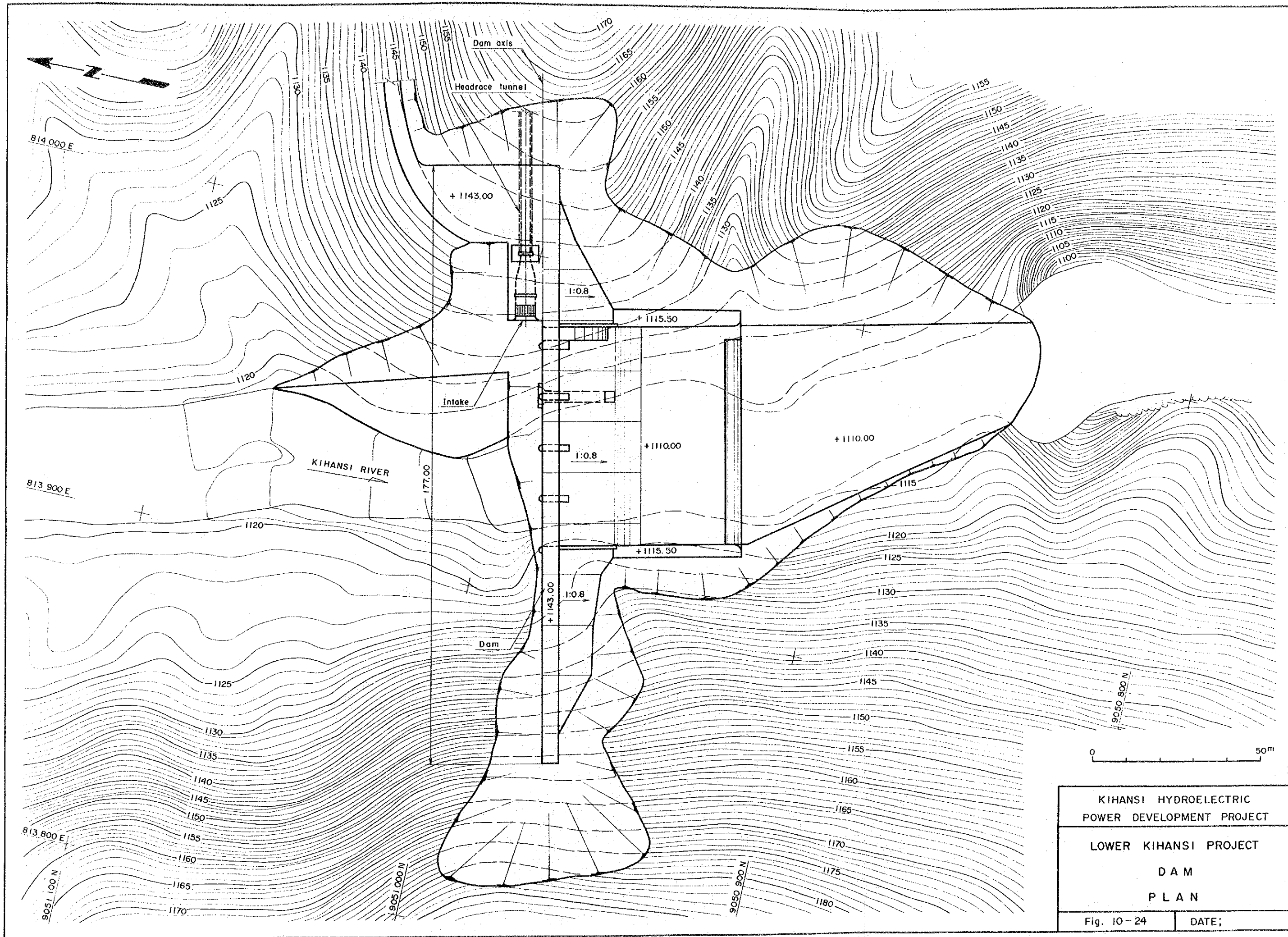
ダムは非越流部と洪水吐を兼ねた越流部から成っている。

以下に当ダムの諸元決定のための諸計算を示す。

Table 10-6 Comparison of Dam Type

Item		Concrete Gravity Type	Rockfill Type
Typical Section			
Slope	Upstream	Vertical	1 : 2.0
	Downstream	1 : 0.8	1 : 1.8
Dam Volume (m <sup>3</sup> )		54,000	160,000
Construction Cost		10.2 × 10 <sup>6</sup> US\$	16.0 × 10 <sup>6</sup> US\$

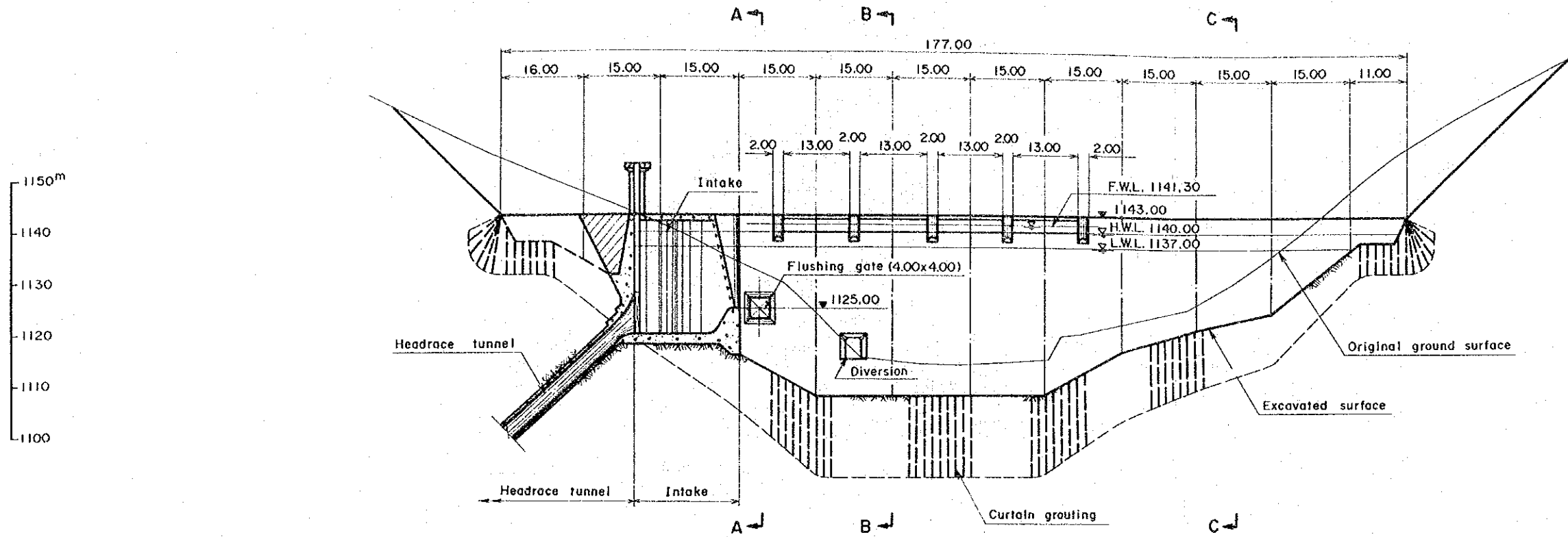




KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
LOWER KIHANSI PROJECT	
D A M	
P L A N	
Fig. 10-24	DATE;

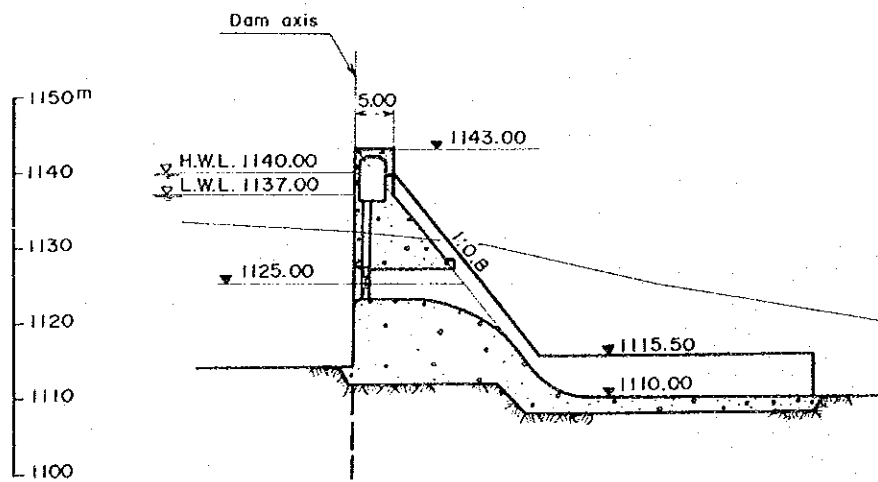


PROFILE OF DAM

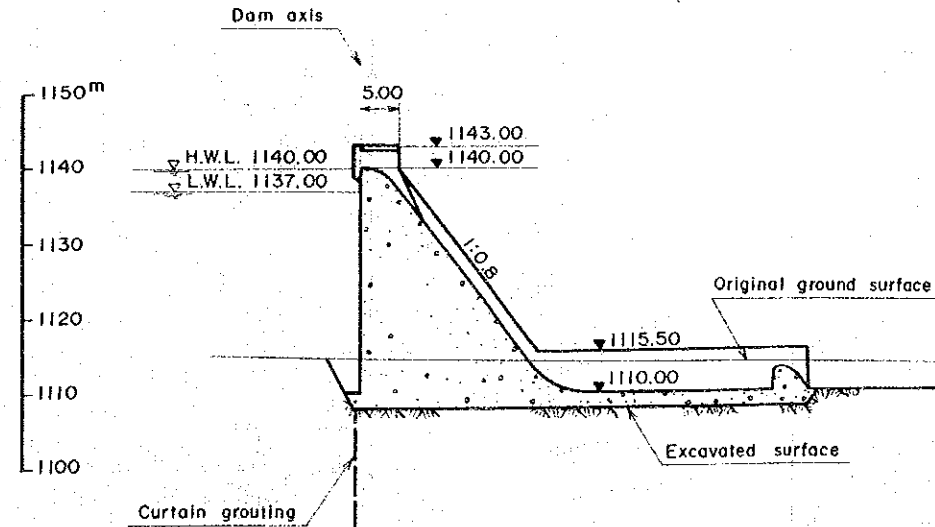


TYPICAL SECTION OF DAM

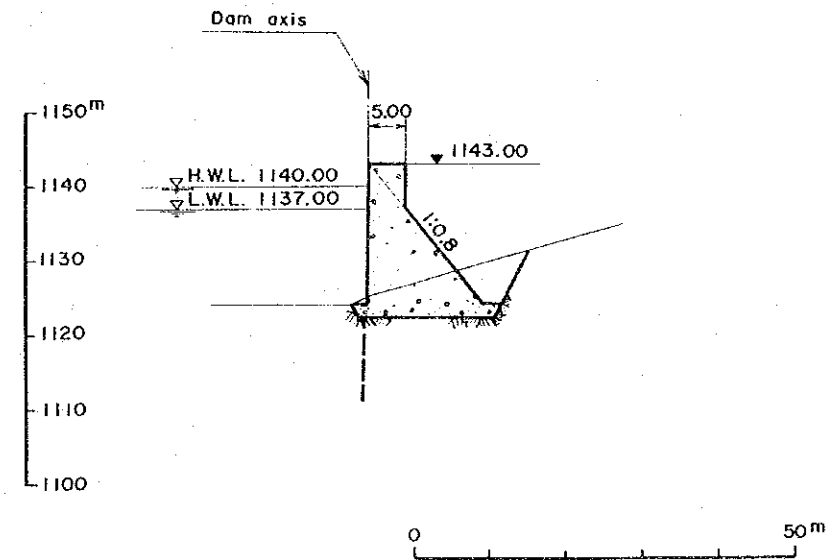
SECTION A-A



SECTION B-B

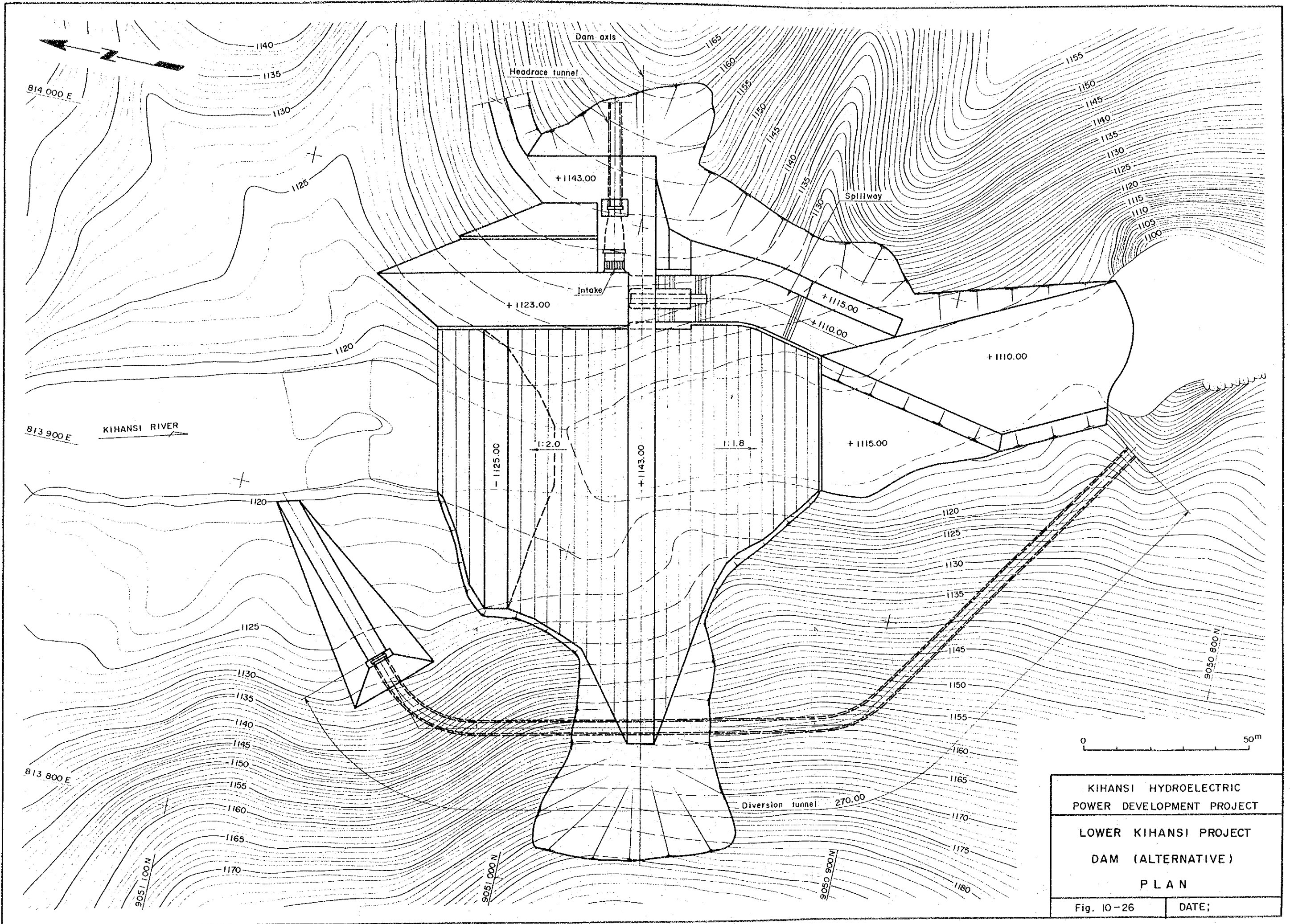


SECTION C-C



KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
LOWER KIHANSI PROJECT DAM	
PROFILE AND TYPICAL SECTIONS	
Fig. 10-25	DATE;



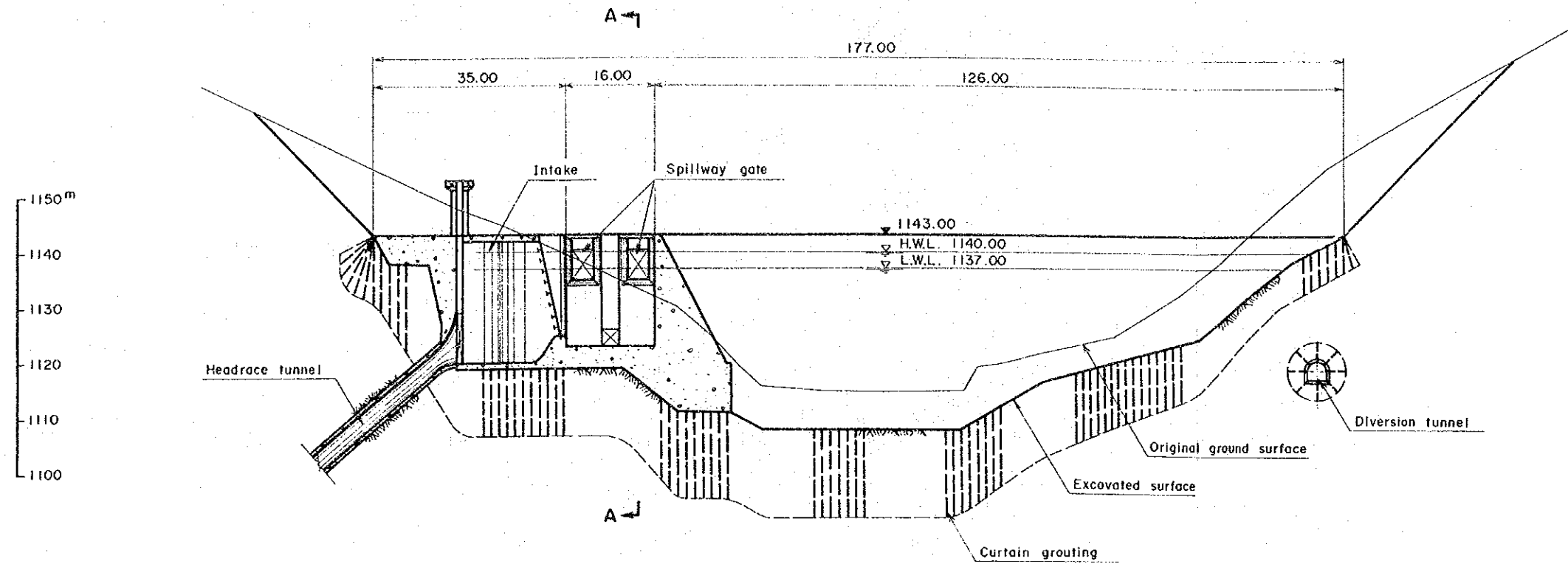


KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
LOWER KIHANSI PROJECT DAM (ALTERNATIVE)	
PLAN	
Fig. 10-26	DATE;

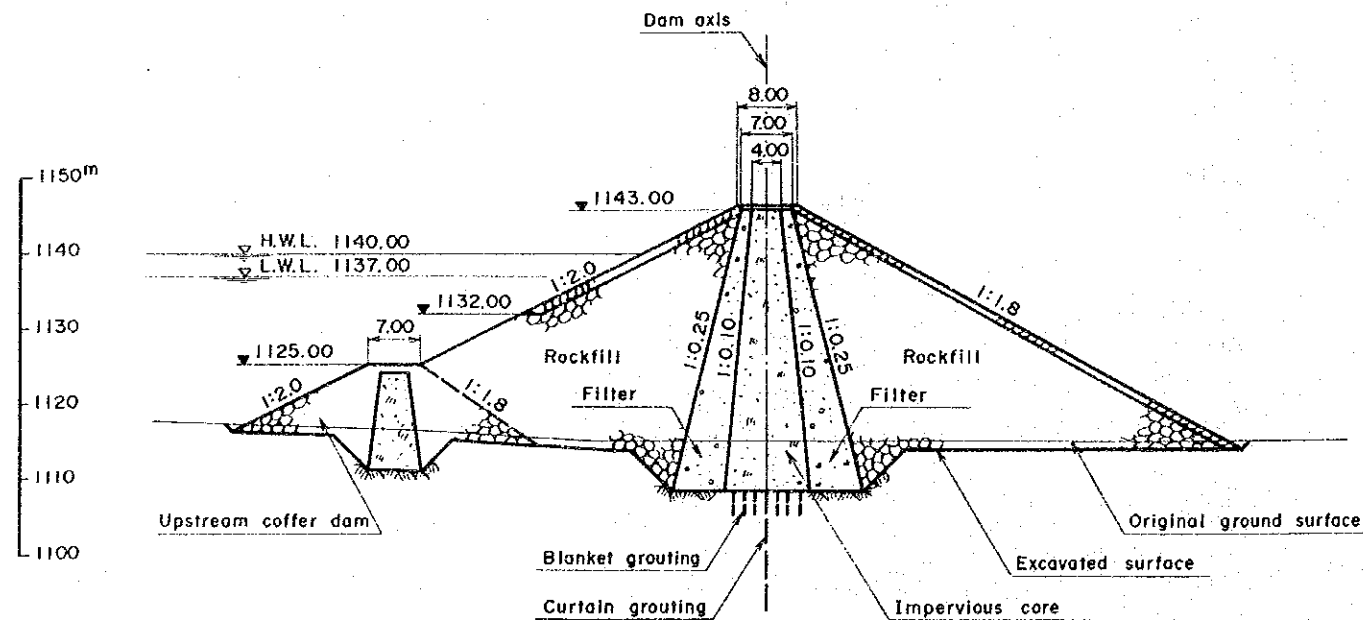




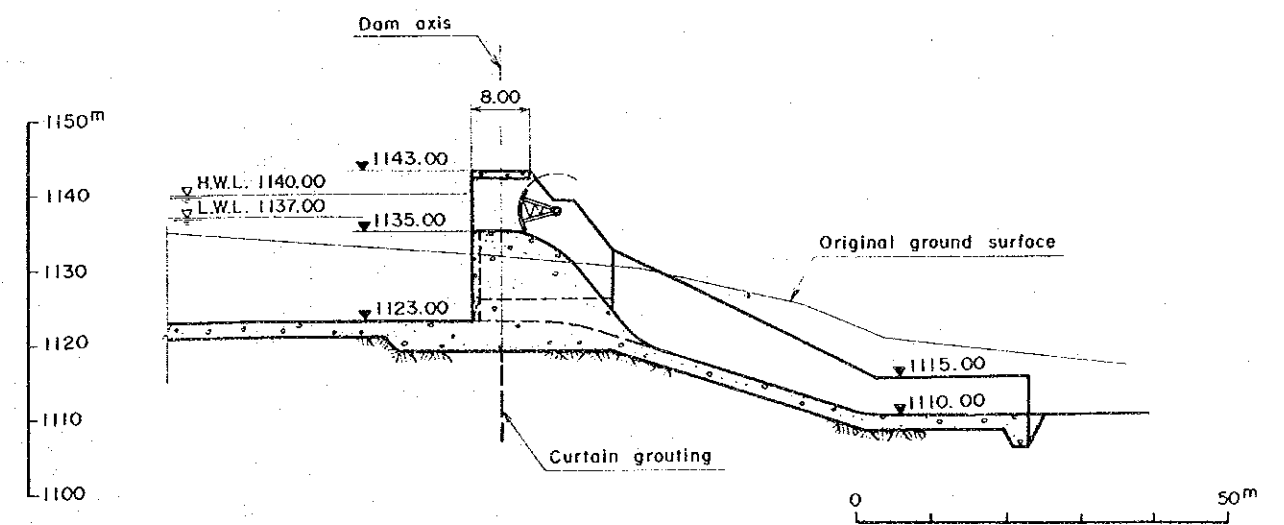
PROFILE OF DAM



TYPICAL CROSS SECTION OF DAM



SECTION A-A (SPILLWAY)



KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
LOWER KIHANSI PROJECT DAM (ALTERNATIVE)	
PROFILE AND TYPICAL SECTIONS	
Fig. 10-27	DATE:



i) ダム天端標高の決定

コンクリート重力ダムに対する算定式は次式の通りである。

$$H_1 = H_n + h_w + h_e \quad (h_w + h_e < 2 \text{ のとき } H_n + 2.00)$$

$$H_2 = H_d + h_w \quad (h_w < 1 \text{ のとき } H_d + 1.00)$$

$H_1$  および  $H_2$  のうち大きい値を採用する。

ここに、

$H_1$  : 常時満水位から決まる非越流部の天端標高

$H_n$  : 常時満水位 (= 1, 140.00m)

$h_w$  : 風による波浪の高さ

$h_e$  : 地震による波浪の高さ

$H_2$  : 設計洪水位から決まる非越流部の天端標高

$H_d$  : 設計洪水位 (= 1, 141.30m : ii) 洪水位の決定項参照)

風による波浪高

風速および対岸距離と波高の関係式については種々の公式があるが、ここでは SMB 方法と Saville の方法を組合わせた次式を用いる。

$$h_w = 0.00086 \times V^{1.1} \times F^{0.15}$$

ここに  $h_w$  : 風による波浪高 (m)

$V$  : 10分間の平均風速 (= 30m/sec)

$F$  : 最大対岸距離 (= 500m)

$$h_w = 0.00086 \times 30^{1.1} \times 500^{0.15}$$

$$= 0.59 \text{ m}$$

地震による波浪高

地震波高については比較的大きい波高を与える佐藤清一の公式を用いる。

$$h_e = K \cdot \tau / (2\pi) \cdot \sqrt{g \cdot H}$$

ここに  $h_e$  : 地震による波浪高 (m)

$K$  : 水平震度 (= 0.10)

$\tau$  : 地震周期 (= 1.0 sec)

$H$  : 満水位に対する貯水池の水深 (= 25.0 m)

$g$  : 重力の加速度 (=  $9.8 \text{ m/sec}^2$ )

$$h_s = 0.1 \times 1.0 / (2 \times \pi) \times \sqrt{9.8 \times 25.0}$$
$$= 0.25 \text{ m}$$

計算結果

$$h_w + h_s = 0.59 + 0.25 = 0.84 < 2.00$$

$$h_w = 0.59 < 1.00$$

$$H_1 = H_a + 2.00 = 1,140.00 + 2.00 = 1,142.00$$

$$H_2 = H_a + 1.00 = 1,141.30 + 1.00 = 1,142.30$$

以上より、天端標高は $H_2$  に余裕を見込み $1,143.00\text{m}$ とする。

ii) 洪水位の決定

洪水位は、設計洪水量  $400 \text{ m}^3/\text{sec}$  が土砂吐ゲート全開時においてダム越流部を流下する水位とする。

設計条件

設計洪水量 :  $400 \text{ m}^3/\text{sec}$

越流頂標高 :  $1,140.00 \text{ m}$

越流頂長さ :  $13.00 \text{ m} \times 4\text{門} = 52.00 \text{ m}$

越流頂形状 : ハロルドの標準越流頂

$$y = 0.4001 \times x^{1.85}$$

土砂吐ゲート :  $B \times H = 4.00\text{m} \times 4.00\text{m}$

計算式

(土砂吐ゲート)

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

ただし  $Q$  : 放流量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

$C$  : 流量係数 (=  $0.85$ )

$H$  : 土砂吐ゲート中心標高  $1,125.00\text{m}$  を基準とした貯水頭 (m)

$A$  : 土砂吐ゲート吐口断面積 ( $4.00 \times 4.00 = 16.00 \text{ m}^2$ )

(越流部)

基本的には岩崎の式を用い、ピアの影響を石井・藤本の式を用いて補正する。

$$Q = n \cdot C \cdot B \cdot H^{3/2}$$

$$C = C \cdot \{1 - Md \cdot (H/H_d)^{0.5}\}$$

$n=1$  あるいは  $n \geq 2$  かつ  $b/s \geq 0.8$  に対して

$$Md = 0.0756 \cdot \left( \frac{H_d^{0.5}}{B} \right)$$

$n \geq 2$  かつ  $b/s < 0.8$  に対して

$$Md = 0.0756 \cdot (H_d/B)^{0.5} \cdot \{1/n + 1.465 \cdot (n-1/n) \cdot (b/s)^{1.7}\}$$

$$C = 1.60 \cdot \frac{1 + 2a \cdot (H/H_d)}{1 + a \cdot (H/H_d)}, \quad a = \frac{Cd - 1.6}{3.2 - Cd}$$

$$Cd = 2.200 - 0.0416 \cdot (H_d/W)^{0.99}$$

ここに  $Q$  : 越流量 ( $m^3/sec$ )

$n$  : 径間数 (= 4門)

$C$  : 橋脚・橋台の影響を考慮した流量係数

$B$  : 1径間の越流幅 (= 13.00m)

$H$  : 越流水頭 (m)

$M_d$  : 2次元越流係数に対する橋脚・橋台の補正係数

$C$  : 橋脚・橋台のない2次元越流係数

$H_d$  : 設計水頭 (m)

$a$  : 定数

$C_d$  :  $H = H_d$  における越流係数

$W$  : 堤高 (= 30.00m)

$b$  : 橋脚幅 (= 2.00m)

$s$  : 堤頂から橋脚先端までの水平長 (= 2.40m)

## 計算結果

設計洪水量流下時の水位は1,141.26mとなり、余裕をみて標高1,141.30mとする。計算結果は Fig. 10-28 に示す。

### iii) ダムの安定計算

以上の検討により、ダム高は標高1,108.00mの基礎岩盤から標高1,143.00mの天端まで最大35mであり、天端頂長は177mとなる。次にダムの断面形状を決定するために、安定計算を実施した。

計算はダム断面形状を下流側勾配 1:0.8、上流側は鉛直と仮定し、設計洪水時および常時満水位における地震時の2ケースについて行った。

設計条件は以下の通りである。

- 一 上流端には、ダムの上流面に直角な鉛直面内の引張応力を生じないこと。
- 一 せん断に対して安全であること。
- 一 許容圧縮応力を越えないこと。

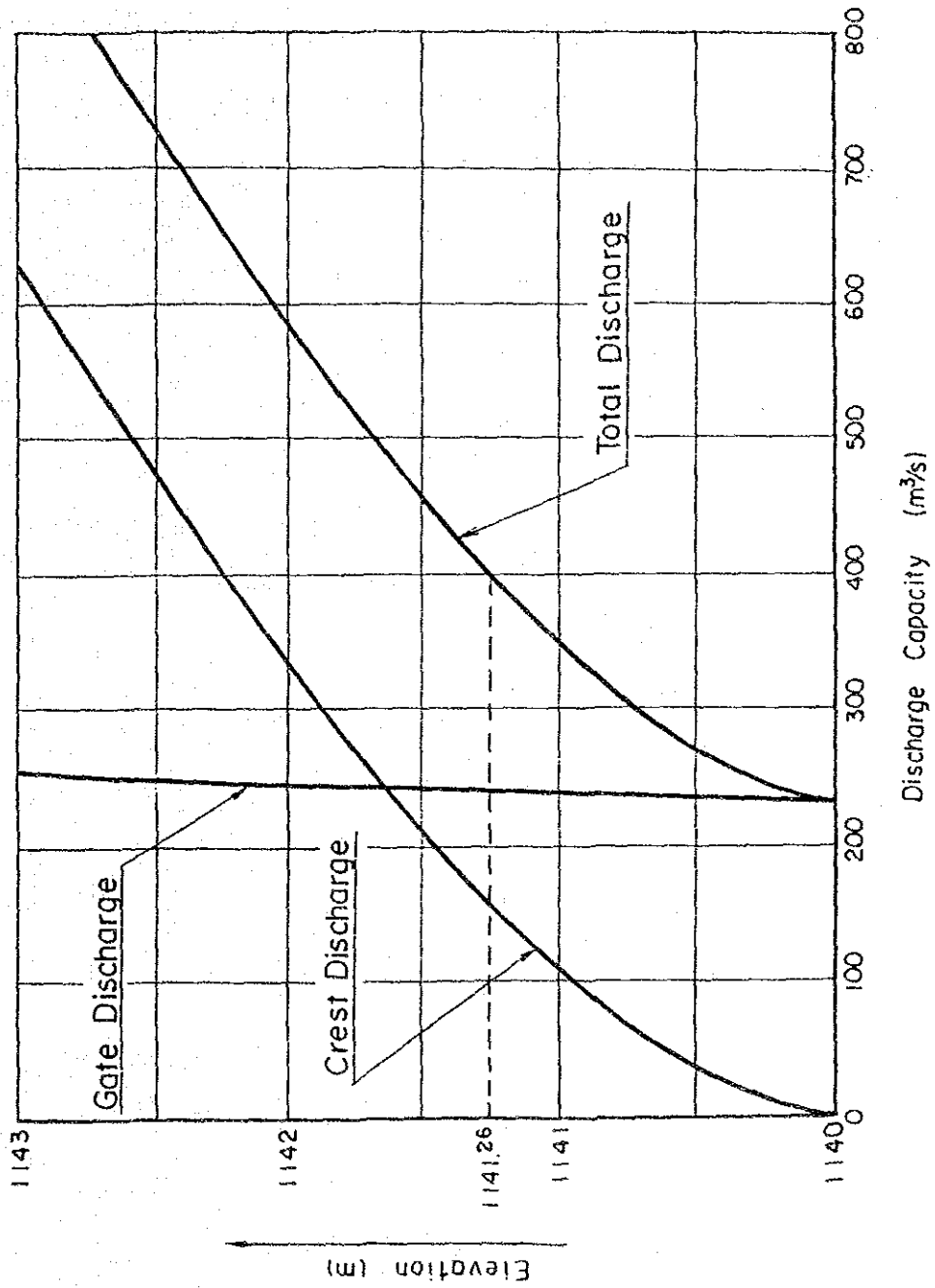
計算結果によると、転倒、滑動、支持力いずれも設計条件を満たしている。

### (4) 洪水吐

洪水吐の形状は(3)、ii) 洪水位の決定の項に設計条件として与えたように、自由越流式とし、これと土砂吐ゲート(4.0m×4.0m)の併用により洪水に対処することとする。ダム地点における設計洪水量はPMFにおいても400m<sup>3</sup>/secと比較的小さいこと、さらに既往最大値では50m<sup>3</sup>/sec程度にしかならないことから、自由越流式とした方が経済的にも保守・運用面でも有利と判断した。

洪水吐の減勢方式としてはダム軸より約60m下流にエンドシルを設けることにより、強制跳水を励起させることとする。なお、ダム下流の河床は露頭が随所に見られ、河床堆積物はほとんどないことから、たとえ波動が下流に伝播しても構造物に影響を及ぼすような洗掘は生じない。

Fig. 10-28 Discharge Capacity of Spillway





#### (5) 土砂吐

第6章水文および気象の6.5堆砂の項で述べたように、キハンシ川は浮遊砂量が少なく、当ダム完成後50年の推定堆砂面は取水口前面の溺堤天端高と同じ1,125.00mである。

現段階では、特に排砂設備を必要としないが、ダム完成により今後、キハンシ川流域の開発が進行することが予想され、それに伴い流出土砂量が増加することは十分考えられるため、取水口前面に隣接して標高 1,125.00mの位置に4.00m×4.00mの油圧式高圧スライドゲートを設置することとする。なお、本ゲートは洪水時には洪水吐ゲートとしても利用される他、緊急時の放流設備としての機能も併せ持つものとする。