

第Ⅳ部 Santa河水資源開発計画 (リコネッサンス調査)

第1章 開発計画

第2章 水文と地質

第3章 発電計画

第4章 経済評価

第5章 今後の調査



第 1 章 開 発 計 画

1.1 計画地域の位置と概要

Santa河は、Ancash 県南部の Cordillera Blanca に源を発し、延長 290 km、流域面積 11,700 km²、年平均流量約 140 m³/sec を有する Peru 共和国太平洋岸最大の河川であるが、現在 C 発電計画も含めて、その河川流量の約 3 分の 1、言換えれば、同河川のもつ水力ポテンシャルの一部を有効に利用する計画しかない。

また、Santa河の水源である Cordillera Blanca の積雪は深く、約 10 年に一度の割合で大雪崩を起こしており、この雪崩に起因する大洪水の発生により、Santa河流域に甚大な被害を与えている。

これらの事項を考慮し、Cañón del Pato の溪谷に大ダムを築造することによって、同河川を持つ豊富な水資源を開発し、加えて雪崩に起因する洪水の被害を防止しようとするもので、同河川の標高 2,200 m 付近にある村 Sucre から、標高 430 m 地点に計画されている Chao-Viru 灌漑計画の取水口までの落差と、豊水期の流量を全て有効に利用しようとする一貫開発計画を立案した。

この開発計画は、Santa河の右岸に展開する C 発電計画とは対称に、左岸側に展開する大計画で R 発電計画と呼ばれる。

Santa河流域の特性としては、計画区域内の Santa河の河川勾配は約 $\frac{1}{50}$ 、計画区域の上、下流は約 $\frac{1}{100}$ の勾配となっており、計画区域は、水力開発の見地から最も有利な区域と言える。

計画区域の地質は、頁岩層よりなる Chicama 累層、珪岩よりなる Santa - Carhuaz 累層の各堆積岩の他に、それらを覆ったり貫いたりして、Calipuy 火山岩類および花崗閃緑岩がある。さらに、未固結の第 4 紀堆積物が部分的に分布している。

本開発計画の最重要構造物である R-1 ダムの建設を計画している Cañón del Pato 地点の地質は、良質な花崗閃緑岩で構成されており、発電所や調整池、ダム地点の地質は、同様に良質な花崗閃緑岩かまたは珪岩により構成されている。

1.2 計画の概要

既設 Cañón del Pato 発電所の沈砂池附近は、Santa河の中流域の中でも最も狭隘な V 字形の峡谷であり、この地点は貯水効率、落差、流域面積、発電所位置、水没家屋の有無を考慮した場合、大貯水池を設けるのに最もふさわしい地点である。

R 発電計画は、前述の地点に高さ 416 m のアーチダムを築造し、総貯水容量 $1,540 \times 10^6 \text{ m}^3$ を得て、Santa河の年間総流入量 $2,800 \times 10^6 \text{ m}^3$ を調整した後、左岸側にシリーズで設けられる R-1、R-2 そして R-3 の 3 発電所で発電を行うものである。またこのダムの建設により、この地点の下流域は、約 10 年に一度の割合で発生している雪崩に起因する洪水の被害を防止できると共に、この貯水池により流量が経年調整されるので、新たに 100,000 ha 以上の耕地の開拓が可

能となる。

R発電計画は、前述の通りR-1、R-2およびR-3発電所よりなっている。

R-1発電所は有効落差622.5m、最大使用水量 $252\text{ m}^3/\text{sec}$ 、最大出力1,320MWであり、その年間発生電力量は $4,062 \times 10^6$ kWhである。

R-2発電所は、有効落差440m、最大使用水量 $132\text{ m}^3/\text{sec}$ 、最大出力490MWであり、その年間発生電力量は $1,717 \times 10^6$ kWhである。

R-3発電所は、有効落差454m、最大使用水量 $141\text{ m}^3/\text{sec}$ 、最大出力540MWであり、その年間発生電力量は $2,067 \times 10^6$ kWhである。

1.3 ダム貯水池および調整池

1.3.1 R-1ダムと貯水池

ダム地点は狭隘なV字形の谷の中にあり、その地点の地質は緻密で堅硬な花崗閃緑岩からなっている。以上のことから、この地点に設けるダムの形式としてはアーチダムが考えられる。また工事費の面からロックフィルダムにすることも考えられるが、Cordillera Blancaの雪崩による土砂礫を含んだ大洪水が、約10年に一度の割合で発生しているため貯水池の水がダムを越流する恐れが多分にあるので、ダム本体の安全性を考えてアーチ・ダムを採用することにした。

ダムの高さについては、Santa河の流下土砂や、Cordillera Blancaの雪崩に伴う流下土砂等によって貯水池内に堆積するであろう土砂量と、河川流量の経年調整を行う為に必要な貯水容量を考慮すると、 $1,500 \times 10^6$ m³の容量を必要とする。したがってFig-N. 1. 1の貯水容量曲線からも判るように、湛水面標高は2,130mとなりダム高は416mとなる。

アーチ・ダムの設計にあたっては、コンクリートおよび基礎岩盤の許容圧縮応力は、 100 kg/cm^2 と仮定した。

1.3.2 R-2、R-3ダムと調整池

R-2調整池は、R-1発電所の発電放流水を調整し、El Chorro発電所(計画中)とR-2発電所へ分水するため 4.2×10^6 m³の調整容量を必要とする。このため、R-2ダムはダム高74m、堤頂長115mの重力式コンクリートダムとし、R-1発電所の放水口附近に建設する。貯水容量曲線をFig-N. 1. 2に示す。

R-3調整池は、R-2発電所からR-3発電所への負荷の変動に合わせて供給するため、 1.0×10^6 m³の調整容量を必要とする。このためR-3ダムはダム高55m、堤頂長180mの重力式コンクリート・ダムとし、R-2発電所の放水口付近に建設する。貯水容量曲線をFig-N. 1. 3に示す。

Fig.-IV.1.1 Reservoir Surface Area and Storage Capacity Curves of R - I Reservoir

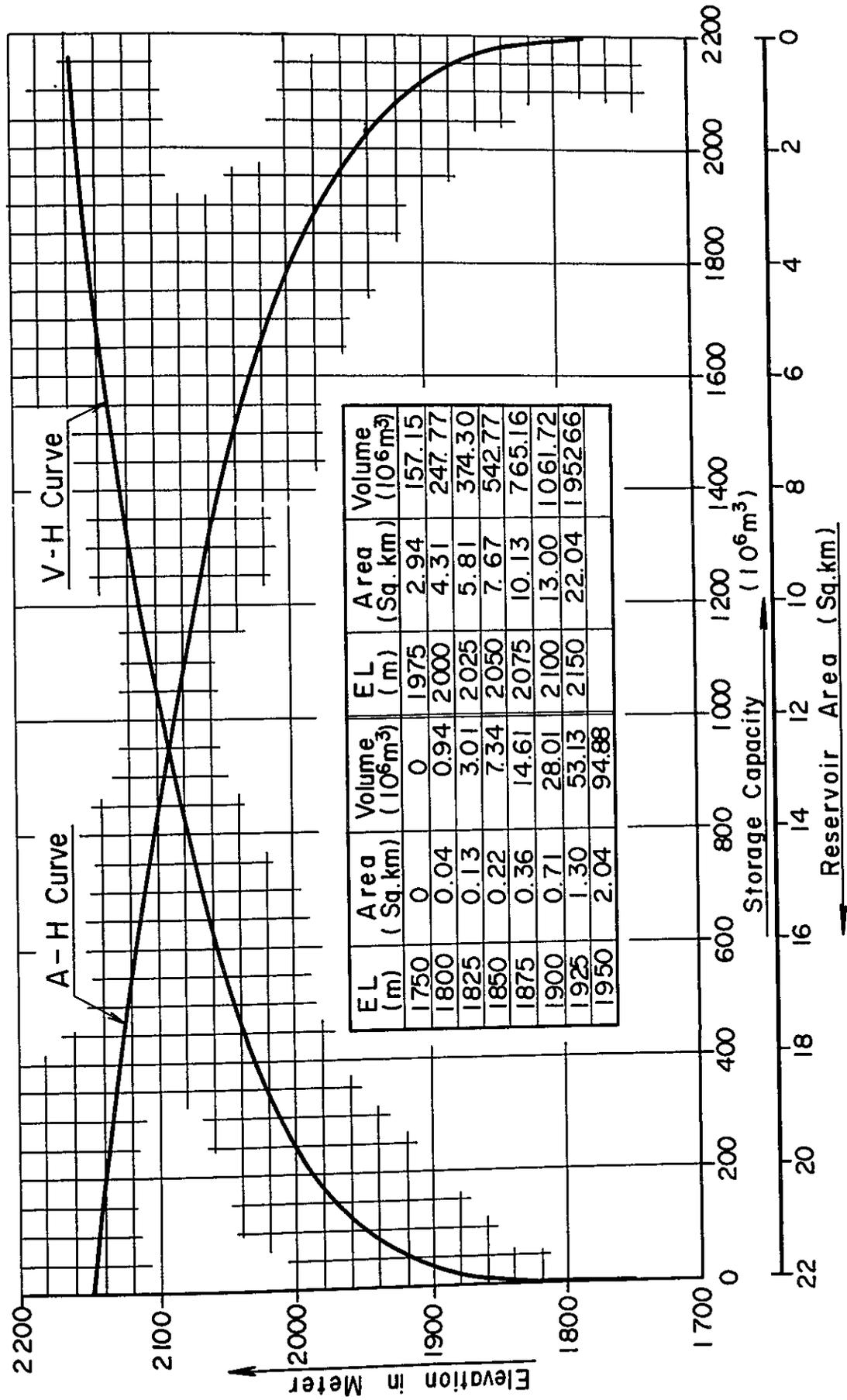


Fig.-IV.1.2 Pondage Surface Area and Storage Capacity Curves of R-2 Pondage

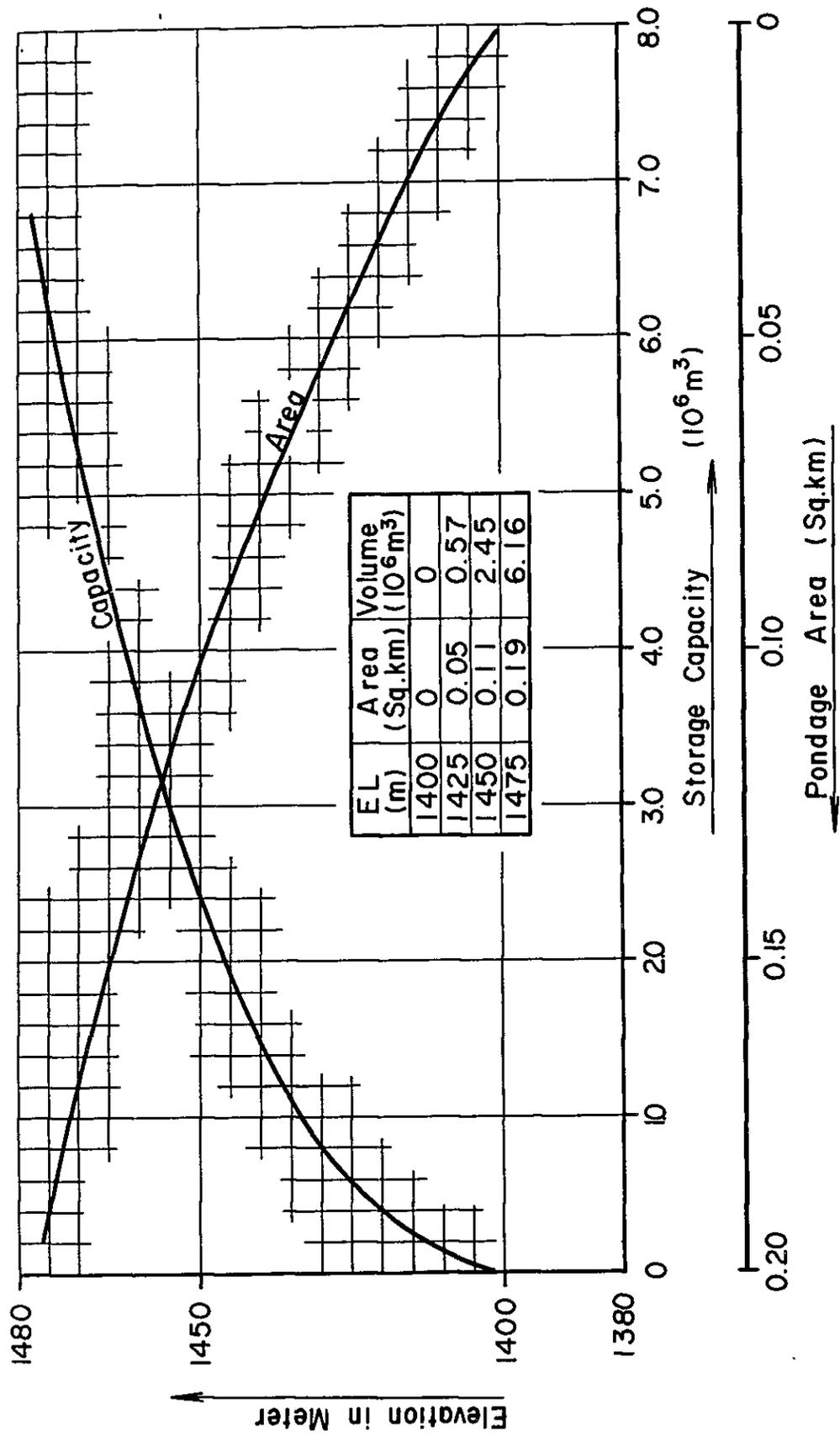
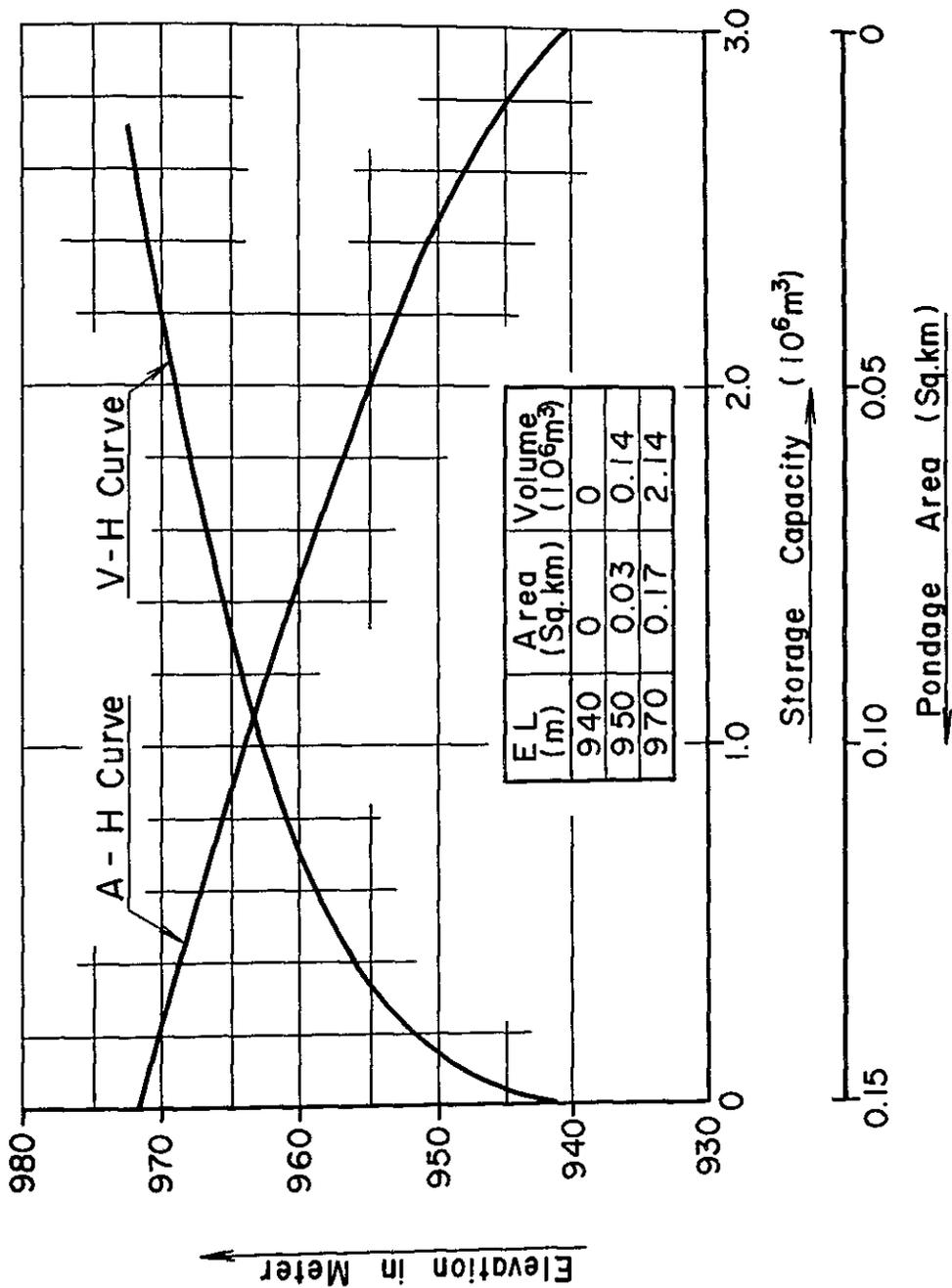


Fig.-IV.1.3 Pondage Surface Area and Storage Capacity Curves of R-3 Pondage



第 2 章 水文と地質

2.1 序 論

前述のように R 発電計画は、Santa 河の左岸側に展開する計画で、その計画区域の殆どは C 発電計画と重複するものである。したがって水文については大部分の項目が第 III 部「2 章水文」の項に述べられている。しかし、i) 計画地点の流量算定、ii) 計画洪水量、iii) 堆砂の項目については C 発電計画と異なるので以下に述べる。

また、調査地域の全般的な地形、地質については、第 III 部「第 3 章地質」に述べられているので、ここでは土木構造物の計画予定地点について以下に述べる。

2.2 計画地点の流量

2.2.1 R-1 ダム地点

R-1 ダムは既設 Cañón del pato 取水口の直下流に位置する。この地点の流量は Cedros と Balsa 測水所の流量から第 IV 部第 3 章 3.1 項で述べられている Fortaleza への分水 $4.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ を差引いたものとなる。

Cedros 測水所は、Cañón del pato 取水口の約 1 km 上流の Santa 河の右岸から流入する Cedros 川にあり、その合流点より 300 m 上流に位置する。

Balsa 測水所は、Santa 河と Cedros 川との合流点より 1 km 上流の本流に位置する。Table-IV. 2.1 に R-1 ダム地点の流量を示す。

2.2.2 R-2 ダム地点

R-2 ダムは、R-1 ダムの下流約 7 km の峡谷に位置する。その間の流域面積は小さく、その上、この地域の降雨も少ないことから大きな支流の流入は見られない。したがって R-2 ダム地点の流量は、R-1 発電所の放流水と同一となる。

Table-IV. 2.2 に R-1 発電所完成後の R-2 ダムの流入量を示す。

2.2.3 R-3 ダム地点

R-3 ダムは Santa 河と Manta 川との合流点下流約 800 m の本流に位置する。R-2 ダムと R-3 ダムとの間には、Quitaracsa 川と Manta 川およびその他小支流の流入が見られる。

Quitaracsa 川の流量は R-1 ダム建設による El Chorro 発電所の取水量の減少をカバーするため、その全量が同発電所へ導水される。また、小支流の流量は発電に有効化するほど大きくはないので無視することとした。

したがって、R-3 ダム地点の流量は、R-2 発電所の放流量と Manta 川の流量から C 発電計

Table-IV.2.1 Monthly Run-off at R-1 Dam

Month Year	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Total
1953 - 54	1,072.91	1,612.62	3,174.27	3,564.89	6,807.14	3,614.00	5,661.62	2,570.41	1,943.52	1,244.59	1,022.59	1,001.29	33,289.61
1954 - 55	1,177.22	1,500.95	1,735.02	2,442.28	2,967.73	7,138.18	7,826.05	4,318.72	2,681.44	1,270.56	924.16	813.87	34,796.18
1955 - 56	794.26	1,355.17	1,643.74	2,703.34	3,480.18	5,696.62	6,846.52	6,213.50	2,561.00	1,248.41	875.25	777.83	34,085.82
1956 - 57	890.93	1,546.86	1,554.24	2,138.87	2,632.03	4,930.69	5,823.26	4,036.11	2,117.19	1,109.19	969.80	971.80	28,720.43
1957 - 58	1,129.10	1,927.69	2,697.65	3,390.33	3,678.50	3,810.85	6,714.49	4,152.34	2,231.84	1,276.17	1,003.55	979.08	32,991.59
1958 - 59	1,243.51	1,496.56	2,177.32	2,608.66	2,434.23	2,893.30	5,029.12	3,750.45	2,872.77	1,390.25	1,091.26	1,282.47	28,270.40
1959 - 60	1,108.84	1,951.25	1,901.95	3,535.24	5,484.90	7,354.87	8,989.22	5,353.73	2,171.89	1,514.32	1,224.25	1,357.12	41,948.08
1960 - 61	999.23	1,433.60	1,886.13	2,220.15	4,968.15	3,260.40	5,736.46	5,648.98	2,170.45	1,160.28	851.52	763.70	31,199.05
1961 - 62	678.28	1,023.30	2,367.86	3,965.07	5,229.29	5,798.83	9,840.54	5,209.23	2,063.90	1,101.42	905.44	974.50	39,158.06
1962 - 63	1,085.39	1,109.78	1,898.11	2,232.52	3,909.60	4,047.02	8,735.97	5,463.89	2,070.40	1,067.27	846.27	861.94	33,328.16
1963 - 64	1,034.78	1,291.50	2,559.70	4,381.23	3,914.26	4,932.95	6,421.15	4,880.92	2,436.79	1,074.34	976.86	894.57	34,799.05
1964 - 65	1,578.52	1,578.52	1,808.25	1,808.25	2,810.45	2,810.45	3,136.14	3,136.14	1,816.15	947.09	775.39	788.37	25,517.09
1965 - 66	1,243.80	1,948.18	2,029.56	2,888.32	4,814.54	4,129.59	3,656.90	2,329.88	1,768.99	1,192.24	1,142.61	1,185.02	28,329.63
1966 - 67	1,337.43	2,563.69	2,681.78	2,890.04	4,102.60	10,302.05	9,877.69	2,910.89	1,758.18	1,054.57	832.30	795.46	41,106.68
1967 - 68	920.40	2,186.05	1,969.68	2,151.21	2,859.08	2,761.46	3,910.07	1,972.43	1,158.86	883.38	788.96	711.42	22,273.00
1968 - 69	1,021.10	1,757.08	1,954.90	2,340.75	2,566.00	2,755.70	4,925.31	3,978.96	1,970.69	1,378.25	1,022.96	1,088.89	26,036.59
1969 - 70	1,073.61	2,032.04	2,473.75	4,628.10	5,696.44	3,273.02	3,845.47	4,760.61	3,578.37	1,196.30	933.74	421.43	34,412.88
1970 - 71	993.91	1,643.92	2,125.94	3,581.91	4,384.67	6,200.44	6,675.01	4,039.38	2,225.98	1,196.30	933.74	921.43	34,922.63
1971 - 72	846.03	1,715.29	1,742.19	3,300.04	4,119.47	4,804.26	7,218.32	6,013.78	2,972.43	1,642.46	1,087.80	979.15	36,441.22
1972 - 73	1,004.19	1,393.46	2,001.39	2,960.53	3,818.06	3,444.93	6,891.14	6,926.15	3,003.16	1,207.84	934.51	910.25	34,495.61
1973 - 74	1,055.66	2,436.60	3,384.76	4,206.71	6,171.73	8,226.03	8,481.86	5,054.55	1,842.59	1,218.38	848.94	748.40	43,676.20
1974 - 75	721.01	1,160.67	1,752.37	2,455.41	3,574.47	3,748.99	8,647.46	4,484.54	2,578.21	1,212.19	824.75	860.21	32,020.28
1975 - 76	942.50	1,469.49	1,772.75	1,879.80	3,146.61	4,530.73	5,311.51	2,823.76	1,375.83	928.82	658.82	605.39	25,426.01
Mean (m ³ /s-m)	1,006.95	1,658.01	2,155.82	2,968.44	4,038.56	4,802.84	6,675.08	4,349.10	2,225.98	1,196.30	933.73	921.42	32,932.33
Mean (m ³ /sec)	33.57	53.48	71.86	95.76	130.28	169.94	516.33	144.97	71.81	39.88	30.12	29.72	*90.56

Table-IV.2.2 Inflow at R-2 Dam after Completion of R-1 Power Station

Year	Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Total
1953	- 54	1,152.86	1,142.63	1,349.87	1,432.84	1,611.61	1,529.29	1,572.92	1,831.77	1,687.99	1,606.49	1,521.48	1,501.79	17,941.54
1954	- 55	1,580.24	1,688.24	1,691.90	1,653.29	1,744.24	2,211.75	2,070.61	1,823.69	1,706.10	1,605.65	1,518.94	1,502.38	20,797.03
1955	- 56	1,564.11	1,579.99	1,623.84	1,673.46	1,707.48	2,035.81	2,165.12	1,895.81	1,454.17	1,409.31	1,330.12	1,326.60	19,765.82
1956	- 57	1,369.90	1,441.87	1,458.98	1,384.24	1,408.39	1,751.34	1,571.04	1,622.85	1,448.78	1,378.98	1,280.22	1,289.49	17,406.08
1957	- 58	1,348.02	1,402.21	1,535.16	1,479.84	1,587.22	1,596.08	1,772.13	1,636.63	1,511.44	1,423.63	1,341.09	1,335.51	17,968.96
1958	- 59	1,384.51	1,435.35	1,421.61	1,450.80	1,459.03	1,864.71	1,817.23	1,710.61	1,428.01	1,376.57	1,288.32	1,287.78	17,924.53
1959	- 60	1,333.05	1,378.12	1,406.96	2,403.47	2,448.83	2,587.85	2,615.43	2,473.51	1,718.77	1,644.01	1,540.68	1,546.00	23,096.68
1960	- 61	1,612.02	1,583.12	1,705.78	1,675.83	2,054.90	1,971.45	2,185.59	2,002.38	1,738.47	1,681.92	1,551.28	1,537.82	21,300.56
1961	- 62	1,581.79	1,559.80	1,755.96	2,174.60	2,410.95	2,671.05	2,734.98	2,407.76	1,588.71	1,574.27	1,508.54	1,507.59	23,476.00
1962	- 63	1,542.09	1,513.00	1,622.95	1,572.41	1,683.63	1,862.22	2,315.79	1,937.03	1,593.01	1,558.64	1,468.43	1,368.56	20,037.76
1963	- 64	1,516.80	1,509.50	1,650.08	1,720.77	1,777.95	1,962.26	1,919.91	1,920.67	1,384.54	1,321.97	1,247.59	1,229.48	19,161.52
1964	- 65	1,260.83	1,305.43	1,409.27	1,278.43	1,307.38	1,611.37	1,697.94	1,538.44	1,337.58	1,115.42	1,199.63	1,190.42	16,252.14
1965	- 66	1,295.40	1,373.63	1,384.50	1,519.02	1,651.37	1,764.18	1,473.68	1,499.59	1,384.98	1,325.82	1,265.77	1,249.74	17,187.68
1966	- 67	1,291.39	1,317.65	1,422.20	1,351.75	2,838.93	3,266.52	3,095.96	1,681.35	1,063.04	1,038.79	956.42	937.38	20,441.38
1967	- 68	997.02	1,248.50	1,100.01	1,025.23	1,225.68	1,243.62	1,213.84	1,140.70	995.84	1,021.28	945.70	942.50	13,099.92
1968	- 69	1,006.72	1,076.20	1,113.52	1,038.08	1,017.39	1,295.70	1,573.36	1,490.98	1,093.51	1,079.84	986.44	983.96	13,755.70
1969	- 70	1,017.31	1,044.24	1,122.95	1,734.96	1,949.69	1,893.79	1,765.02	1,877.71	1,603.53	1,553.59	1,468.70	1,452.14	18,483.63
1970	- 71	1,510.59	1,552.21	1,617.10	1,691.62	1,827.77	2,036.51	2,043.66	1,901.74	1,675.23	1,625.29	1,540.40	1,523.84	20,545.96
1971	- 72	1,582.29	1,623.91	1,598.14	1,965.36	1,917.28	2,075.25	2,060.03	2,068.25	1,852.93	1,802.99	1,718.10	1,674.48	21,939.01
1972	- 73	1,730.97	1,775.21	1,930.57	1,710.35	1,983.64	2,236.47	2,313.14	2,252.07	1,909.22	1,883.59	1,790.37	1,718.86	23,334.46
1973	- 74	1,785.65	1,879.26	2,588.15	2,550.88	2,725.29	3277.65	2,982.42	2,721.71	1,404.72	1,395.17	1,322.26	1,312.18	25,945.34
1974	- 75	1,321.34	1,337.37	1,367.30	1,421.35	1,653.22	1,716.97	1,923.32	1,650.86	1,471.84	1,190.99	1,098.93	1,101.15	17,254.64
1975	- 76	1,187.80	1,218.12	1,234.38	1,159.63	1,365.27	1,405.35	1,439.48	1,343.66	1,153.19	1,154.37	1,085.75	1,074.75	14,821.75
Mean	(m ³ /s-m)	1,390.12	1,434.15	1,526.57	1,616.01	1,798.14	1,994.23	2,014.03	1,852.60	1,487.20	1,424.72	1,346.74	1,330.19	19,214.70
Mean	(m ³ /sec)	46.34	46.26	50.89	52.13	58.00	70.56	64.97	61.75	47.97	47.49	44.89	42.91	*52.85

Table-IV.2.3 Inflow at R-3 Dam after Completion of R-2 Power Station

Month Year	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Total
1953 - 54	1,178.55	1,229.92	1,442.33	1,674.99	1,929.48	1,804.55	2,258.00	2,472.47	1,896.83	1,668.56	1,535.18	1,522.65	20,613.51
1954 - 55	1,605.93	1,775.53	1,784.36	1,895.44	2,062.11	2,487.01	2,755.69	2,464.39	1,914.94	1,667.72	1,532.64	1,523.24	23,469.00
1955 - 56	1,589.80	1,667.28	1,716.30	1,915.61	2,025.36	2,308.67	2,850.20	2,536.51	1,663.01	1,471.38	1,343.82	1,347.46	22,435.39
1956 - 57	1,395.59	1,529.16	1,551.44	1,626.39	1,726.26	2,026.60	2,256.12	2,263.55	1,657.62	1,441.05	1,293.92	1,310.35	20,078.05
1957 - 58	1,373.71	1,489.50	1,627.62	1,721.99	1,905.09	1,871.34	2,457.21	2,277.33	1,720.28	1,485.70	1,354.79	1,356.37	20,640.93
1958 - 59	1,410.20	1,522.64	1,514.07	1,692.95	1,776.90	2,139.97	2,502.31	2,351.31	1,636.85	1,438.64	1,302.02	1,308.64	20,596.50
1959 - 60	1,358.74	1,465.41	1,499.42	2,645.62	2,766.70	2,860.71	3,300.51	3,114.21	1,927.61	1,706.08	1,554.38	1,566.86	25,766.25
1960 - 61	1,637.71	1,670.41	1,798.24	1,917.98	2,372.77	2,246.71	2,870.67	2,683.08	1,947.31	1,743.99	1,564.98	1,558.68	23,972.53
1961 - 62	1,607.48	1,647.09	1,848.42	2,416.75	2,728.82	2,946.31	3,420.06	3,048.46	1,797.55	1,636.34	1,522.24	1,528.45	26,147.97
1962 - 63	1,567.78	1,600.29	1,715.41	1,814.56	2,001.50	2,137.48	3,000.87	2,577.73	1,801.85	1,620.71	1,482.13	1,389.42	22,709.73
1963 - 64	1,542.49	1,596.79	1,742.54	1,962.92	2,095.82	2,235.12	2,604.99	2,561.37	1,593.38	1,384.04	1,261.29	1,250.34	21,831.09
1964 - 65	1,286.52	1,392.72	1,501.73	1,520.58	1,625.25	1,886.63	2,383.02	2,179.14	1,546.42	1,177.49	1,213.33	1,211.28	18,924.11
1965 - 66	1,321.09	1,460.92	1,476.96	1,761.17	1,969.24	2,039.44	2,158.76	2,140.29	1,593.82	1,387.89	1,279.47	1,270.60	19,859.65
1966 - 67	1,317.08	1,404.94	1,514.66	1,593.90	3,156.80	3,541.78	3,781.04	2,502.05	1,271.88	1,100.86	970.12	958.24	23,113.35
1967 - 68	1,022.71	1,335.79	1,192.47	1,267.38	1,543.55	1,516.48	1,898.92	1,781.40	1,204.68	1,083.35	959.40	963.36	15,769.49
1968 - 69	1,006.72	1,158.54	1,166.91	1,058.07	1,048.96	1,445.00	2,061.39	2,077.74	1,252.41	1,142.76	1,002.19	984.07	15,404.76
1969 - 70	1,043.00	1,131.53	1,215.41	1,977.11	2,267.56	2,169.05	2,450.10	2,518.41	1,812.37	1,615.66	1,482.40	1,473.00	21,155.60
1970 - 71	1,536.28	1,639.50	1,709.56	1,933.77	2,145.64	2,311.77	2,728.74	2,542.44	1,884.07	1,687.36	1,554.10	1,544.70	23,217.93
1971 - 72	1,607.98	1,711.20	1,690.60	2,207.51	2,235.15	2,348.11	2,745.11	2,708.95	2,061.77	1,865.06	1,731.80	1,695.34	24,608.58
1972 - 73	1,774.24	1,824.57	2,012.94	1,992.70	2,380.36	2,701.40	2,996.42	2,979.45	2,309.71	2,101.87	1,868.09	1,769.03	26,710.78
1973 - 74	1,859.78	2,041.35	2,842.24	3,185.11	3,314.36	3,935.48	3,556.54	3,163.92	1,613.44	1,546.86	1,443.53	1,327.23	29,829.84
1974 - 75	1,340.48	1,408.95	1,420.70	1,532.74	2,070.84	2,133.75	2,800.70	2,136.75	1,757.86	1,391.87	1,153.25	1,319.58	20,205.47
1975 - 76	1,244.23	1,408.61	1,357.34	1,212.98	1,774.69	1,758.04	2,011.92	1,654.59	1,260.57	1,211.36	1,106.55	1,079.51	17,080.39
Mean (m ³ /s-m)	1,418.61	1,526.64	1,623.55	1,849.05	2,127.10	2,297.89	2,689.10	2,465.02	1,701.14	1,500.20	1,370.07	1,350.80	21,919.08
Mean (m ³ /sec)	47.29	49.25	54.12	59.65	68.62	81.31	86.75	82.17	54.88	50.01	44.20	43.57	*60.15

画の取水量を差引いた残量とを加えたものになる。

Table - IV. 2. 3にR-1, R-2発電所完成後のR-3ダムの流入量を示す。

2.3 計画洪水量

計画洪水量については、INIEによって作成された報告書「Ampliación C.H Cañón del pato, Evaluación Preliminar del Potencial Hidroeléctrico de la Cuenca del Rio Santa」の中で検討されている。

これによれば、Cedros, BalsaおよびQuitaracsaの各測水所における洪水量は夫々Table - IV. 2. 4に示す通りで、種々の検討の結果、これらの洪水量は妥当なものとして判断される。

Table-IV.2.4 Probable Flood Discharge

Return Period (Year)	Unit ; m ³ /sec		
	Cedros Gaging Station	Balsa Gaging Station	Quitaracsa Gaging Station
20	15.7	950	86
100	17.9	1,250	102
1000	22.8	1,750	125

R-1ダム地点の流量は、2.2.1にも述べているようにCedrosとBalsa測水所で記録された流量の合計である。したがって、計画洪水量を1,000年確率流量とすると、R-1ダム地点の計画洪水量は1,800 m³/secとなる。

R-2ダム地点の計画洪水量はR-1ダムと同様とする。R-3ダム地点の計画洪水量は、R-2ダムの計画洪水量にQuitaracsa川とManta川の1,000年確率流量を加えたもので、2,100 m³/secとした。

2.4 R-1貯水池の堆積土砂の推定

2.4.1 まえがき

Cañón del Pato 地点に大ダムを築造する場合の最大の問題は、豊水期に運ばれてくる大量の浮遊土砂と河床の流下砂礫の貯水池への流入であり、また、約10年に一度の割合で発生している Cordillera Blanca の大雪崩による洪水およびそれに伴う流下土砂の問題である。

現在までに、何れの問題についても十分な資料は得られておらず、今後の調査によらねばならない点が多々あるが、このスタディでは今回入手した資料を基に、R-1貯水池の堆積土砂の推定を行うものである。

2.4.2 雪崩による流下土砂量

過去50年間にわたる Cordillera Blanca より の 主 な 雪 崩 は 1941, 1950, 1962 お よ び 1970 年に発生している。

その中で特に大規模な雪崩は、1970年に記録された Cordillera Blanca の 最 高 峰 Huascarán に源を発するもので、標高 6,700 m にあった氷雪が Huascarán の 山 裾 にある標高 2,800 m の Yungay 町まで落下した。落下当初 $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度の容量であった雪崩が、落下する間に途中の土砂、礫、岩を崩壊し、また、それらを巻き込み Yungay 付近に $70 \times 10^6 \text{ m}^3$ の土砂を押し流した後、残りの多量に水分を含んだ流動性のある土砂礫は Santa 河を流下した。

この流下土砂礫の量について確実なデータはないが、INGEOMIN の Director Ing. Morales によると、流下土砂は落下した雪崩の 2.5 倍程度になるとの事であり、一般的に土砂や礫が流動性をもって流下するためには、その水量（雪崩）の 2～3 倍が限度であろうと推定されるので、流下土砂量は雪崩の量の 2.5 倍と推定した。

最大規模の雪崩は前記にも述べているように 1970年に記録された $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ の量をもつものであるが、平均的な雪崩はその $\frac{1}{2}$ 以下の規模であるとの事である。

したがって、雪崩による R-1 貯水池への流入土砂量は、1970年の雪崩の量を $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ とし、全ての雪崩の平均値を $2.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ と仮定すると下記の通りとなる。

	雪崩量 (m^3)	流下土砂礫量 (m^3)
1970年	5,000,000	12,500,000
平均値	2,500,000	6,250,000
本計画に採用する値		10,000,000

10年に一度の割合で発生すると考えると、平均では $1,000,000 \text{ m}^3/\text{年}$ となる。

2.4.3 流下浮遊土砂

流下浮遊土砂については INIE の過去数年にわたる実測調査の結果、その量は年平均 5,300,

000 t と見積られている。これを容積に換算すると 3,300,000 m³/年となる。

2.4.4 河床流下砂礫量

河床流下砂礫の量については、現在まで何ら調査が行われておらず、今回の調査においても、Santa河の特性を充分調査する時間はなかった。したがって、過去に INIE が河床流下砂礫の調査を行った Santa 河と類似の河川である Mantaro 河との比較で推定することとした。

その結果を Table - IV.2.5 に示す。

Table-IV.2.5 Comparison with Characteristic of Santa River and Mantaro River

		Santa River	Mantaro River
Annual Average Run-off	(m ³ /sec)	90	180
Flood Discharge	(m ³ /sec)	620	1,200
Dry-season Discharge	(m ³ /sec)	30	60
Gradient of River-bed	(%)	1.0~1.2	0.67
Amount of Bed Load	(m ³ /year)	1,500,000	3,570,000
Value adopted for project	(m ³ /year)	2,000,000	

2.4.5 R-1 貯水池流入土砂礫量

R-1 貯水池への流入土砂礫量は 2.4.2 ~ 2.4.4 で検討された結果 Table - IV.2.6 に示す通りとなる。

Table-IV.2.6 Amount of Sediment Inflow Unit; 10⁶m³

Item	Period (Year)			
	1	50	100	200
Sediment Caused by Avalanche	1.0	50.0	100.0	200.0
Suspended Load	3.3	165.0	330.0	660.0
Bed Load	2.0	100.0	200.0	400.0
Total	6.3	315.0	630.0	1,260.0

したがって、本計画では排砂ゲートに堆砂が達するのに50年、ダムが堆砂で満杯になるには、200年以上要することになり、100年以上は貯水池の機能を確保できる。

2.5 地質

2.5.1 R-1 発電計画

(1) R-1 ダム

ダム地点は、Cañón del pato と呼ばれている峡谷の上流部、既設の Cañón del pato 発電所の沈砂池の直下流に選定されている。

計画ダム周辺の地形は極めて特徴的である。すなわち、兩岸とも比高 600～800 m 位までは平均勾配 60°～70° もの急崖をなし、部分的に絶壁であったり、所によっては、オーバーハンクしている。左岸の谷壁は流路にそって直線的に連続しているが、右岸は計画ダム軸の直下流で急崖が山側へ退いている。

地質は花崗閃緑岩よりなり、計画地点一帯に広く露出している。花崗閃緑岩は堅硬、均質、塊状で、風化をほとんど受けておらず岩質は極めて良好である。新鮮部では白灰色を呈しており、稀に、地表ではわずかに風化している箇所もある。

(2) R-1 トンネル経路

R-1 ダムと R-1 発電所を結ぶこのトンネルは Cañón del Pato の左岸山体を通り、長さ約 4.3 km、径 8.7 m として計画されている。

トンネル経路周辺の地形は、標高 2,400～3,000 m の尾根が大体南から北へ延びているが、トンネル下流側では、尾根の向きはやゝ北西方向へ変っている。トンネルはダム地点から約 2.7 km の地点で標高 2,400 m の鞍部地形の下をよぎる。この尾根の東側斜面は Cañón del Pato から続く急崖地形をなしているが、西側斜面は比較的緩傾斜で、稜線を境に地形が著しく変っている。

トンネルが通過する地質は全区間花崗閃緑岩と推定される。経路の花崗閃緑岩の岩質は、堅硬、均質、塊状で、ほとんど風化を受けず、極めて良好と予想しうる。

(3) R-1 発電所

R-1 地下発電所地点は Huallanca より約 1.5 km 上流、Cañón del Pato の左岸の山体に選定されている。

計画発電所周辺の地形は頂部標高 2,400 m 位の尾根が南東から北西に延びており、その尾根の頂から計画地点にかけて、平均 55° の一様な斜面を形成しているが、わずかに上流部側の中ないし低位にかけて小さな尾根が分岐している。

地質は花崗閃緑岩であり、計画地点周辺一帯に全面露出している。基盤は全体に堅硬、均質、塊状で、ほとんど風化を受けず、極めて良好な岩質と予想される。地表は全般にわずかに風化して淡茶色を帯びているが、新鮮部は白灰色を呈している。

2.5.2 R-2 発電計画

(1) R-2 ダム

R-2 ダム地点は Huallanca の直上流、R-1 発電所地点の約 100 m 下流に位置している。ダム地点周辺の地形は両岸ともダム軸の下流側に向って尾根が突き出している。左岸の山腹は平均 45° 程度の一様な斜面であるが、右岸のそれは 60° ないし 65° の急崖を呈し、計画ダム天端より上流では、勾配はさらにけわしい。計画地点を流れる Santa 河は東から西へほぼ直線的に流下するが、計画ダム直下流では南西へその向きを変えている。河床部の標高はほぼ 1,400 m で、河幅は約 10 m である。

地質は花崗閃緑岩よりなり、地点周辺一帯に全面的に露出している。花崗閃緑岩は堅硬、塊状で風化をほとんど受けず極めて良好である。しかし、部分的に多少節理や亀裂が発生している所がある。

(2) R-2 トンネル経路

R-2 ダムと R-2 発電所を結ぶこのトンネルは約 21.5 km、径 6.2 m として Santa 河左岸に計画されている。

トンネルは上流部では、Santa 河に接近した標高 1,500 ~ 2,000 m 位の、主として急峻な斜面下を通過するが、中流部では Santa 河から 2 ~ 3 km も離れた、標高 1,600 ~ 2,800 m 位の山ひだの多い山腹の下を通過する。下流部では Santa 河から 2 km 位離れ、ほぼ河に平行し、標高 1,500 ~ 2,000 m の支沢および斜面下を通過している。トンネル経路のうちで、最も被りが薄い所では約 120 m であり、最も厚い所は、1,300 m あるが短区間である。

トンネルが通過する地質は花崗閃緑岩、頁岩を主とする Chicama 累層および珪岩を主とする Chimu 累層と推定される。これらの地質のうち、Chicama 累層がトンネルの大部分を占め、花崗閃緑岩は上流側に、Chimu 累層が下流側にそれぞれ僅かに現われる程度と思われる。また、トンネルが遭遇する大きな断層は予想されない。

(3) R-2 地下発電所

発電所地点は Manta 川と Santa 河の合流点より、Santa 河に沿って約 500 m 上流の左岸地下に選定された。

地点周辺の地形は、下流側では尾根が Manta 川と Santa 河の合流点の方向へ張り出しているが、上流側では平均勾配 30° 位のほぼ一様な斜面が続いている。ただ、水圧管路の経路には小さな支沢があり、山体は低位部では 60° 位の急崖をなしているが、中～高位部では 20° ~ 25° ほどの緩斜面となっている。

地点を構成している地質は Chimu 累層の珪岩である。珪岩は堅硬で概して新鮮であり、層理はほぼ一定しており N 50° ~ 70° W, 50° ~ 80° NE を示す。また、節理の間隔は広いので全体的には塊状に近い岩石である。顕著な断層は観察されない。

2.5.3 R-3 発電計画

(1) R-3 ダム

ダム地点はManta川とSanta河の合流点より、Santa河に沿い約800m下流に選定された。地点周辺の地形は両岸とも一様な斜面を呈している。左岸側の斜面は大体 35° ないし 40° の勾配をなしているが、右岸側の斜面はややそれより急峻で 45° ないし 50° 位の勾配を示している。Santa河は全体的には東から西へ流れているが、計画地点上流と下流ではゆるやかな曲流を繰り返している。河床部の標高は約940mである。地点を構成している地質は、珪岩を主とするChimu累層であり、両岸に広く露出している。珪岩は堅硬で概して新鮮であり、層理が明瞭である。右岸側の一部では多少風化しているが、岩質はそれほど脆くなっていない。地層の走向傾斜は $N 45^\circ W 50^\circ N$ でほぼ一定しており、顕著な断層破碎帯は観察されない。

(2) R-3 トンネルルート

R-3ダムとR-3発電所を結ぶこのトンネルは長さ約33km、径6.6mとしてSanta河から数百m～2,500m離れた、標高1,300m～2,000m位の支沢や山腹下を通過するが、上流から中流部にかけては河から1,000～3,500m程離れた、標高1,000～2,000mの山腹や尾根の下を通過している。トンネル経路のうちで最も被りの薄い所は僅かに80m位であり、上流から中流部にかけての標高3,000mの尾根の下では、被りが1,600mあるが短区間である。

トンネルが通過する地質は珪質を主とするChimu累層、砂岩・頁岩の互層を主とするSanta-Carhauz累層であるが、花崗閃緑岩類およびCalipuy火山岩類の一部も通ることが予想される。これらの地質のうち、Santa-Carhauz累層はトンネルのほとんど全区間を通じてあらわれ、Chimu累層はR-2ダム付近にのみあらわれるように思われる。花崗閃緑岩類は各所でSanta-Carhauz累層を貫いて存在しているので、トンネルにも所々であらわれる可能性がある。また、Calipuy火山岩類はトンネルの中流から下流部にかけて広く分布しているので、この区間のトンネルにもあらわれることが予想される。トンネルが遭遇する大きな断層は予想されない。

(3) R-3 地下発電所

この発電所地点はTablachaca川とSanta河の合流点より、Santa河に沿い約3km下流の左岸地下に選定された。

計画発電所周辺の地形は平均勾配約 40° の変化のない斜面を形成しており、斜面の上、下流側はそれぞれ支沢に刻まれている。上流側の支沢の侵食は顕著で、高位部まで沢が続いている。

地点を構成している地質はSanta-Carhauz累層である。岩種は珪岩、珪質砂岩および珪質頁岩で、これらの地層は下部に位するChimu累層との漸移部と考えられる。岩盤は層理、節理等がよく発達していて、部分的に大きなブロックとなってゆるんでいる所もある。しかし、このゆるみも表層部に限られ、地下深部までは及んでいないように思われる。

2.5.4 考 察

R-1, R-2 および R-3 の各発電計画に関するダムおよび地下発電所のうち, R-1 ダムを除く他の構造物は地形・地質ともに良好なので, 建設に対する大きな問題点はないようである。これに対し, R-1 ダムはダム高約 400 m という前例をみないような大ダムであるため, 建設に際しては入念な調査とこれに基づく慎重な設計が望まれる。しかし, この計画地点の地形は高位まで断崖が連続しているので, 堤体積に関しては有利であり, 地質もまた地表部だけでなく, 既設の Cañón del Pato 発電所に付帯する地下構造物の基礎岩盤も新鮮, 堅硬, 塊状で極めて良好であるところ等から, 地点一帯を構成している花崗閃緑岩の岩体は, ほぼ均質に同様の性状を有しているように考えられる。従って, このように地形・地質が優れた計画地点は R-1 ダムの建設に関して, 十分検討に値する資質をそなえているものと考えられる。

R 発電計画の各構造物は今回の調査により, 地点が選定されたので, 今後は精度の高い地形図を基に, それぞれの地点周辺の岩盤の性状を十分把握し, さらに検討を進めていく必要がある。なお, R-1 ダムの湛水池内に関しては, 主に地罅りを重点においた調査を行う必要がある。

R 発電計画における各トンネルのうち, R-1 トンネルは全区間が Cañón del Pato を形成している極めて新鮮・堅硬な花崗閃緑岩の岩体を通過するので, ほとんど問題はないと考えられる。R-2 および R-3 トンネルも現在予想されている断層破砕帯とは交わらず, また, 被りも大体 100 m 以上もあること等から, ほとんどの区間は良好な地質を通過するようと思われる。しかし, 下記のようないくつかの問題点も考えられる。

- (I) R-3 トンネルの上流から中流部にかけては, 主要構造線の方向を横切るように通るので, いくつかの大小の断層や破砕帯に遭遇する事が予想される。
- (II) R-2 トンネルの一部や R-3 トンネルには, 貫入岩体や熔岩流も存在している所から, それらと母岩との接触部にはかなり劣化している箇所があることが予想される。
- (III) R-2 トンネルおよび R-3 トンネルの中流部では一部被りが 1,500 m もある尾根の下を通るため, その付近のトンネル周辺の地山には大きな地圧が発生する可能性がある。

第 3 章 発 電 計 画

3.1 基礎的考察

Santa河の水資源調査すなわちR発電計画の策定に当っては、次に述べる事項について基礎的な考察を行った。

- (1) Santa河の最上流部に、Recreta貯水池を建設することが計画されており、太平洋岸のFortaleza川に同貯水池より $4.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ が分水されることになっている。したがって、R発電計画の立案に当っては、この水量は除くこととした。
- (2) El Chorro、C-2、C-3の各発電所が、予定通りに建設され、またQuitaracsa川の上流にQuitaracsa Huilica貯水池およびCañón del Pato発電所用のQuitaracsa Pondaje調整池それとQuitaracsa発電所も建設されているものとした。
- (3) Cañón del Pato発電所は、R-1発電所が建設された後は、Quitaracsa川の水(湧水量 $6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、年平均流量 $11 \text{ m}^3/\text{sec}$)のみで、ピーク用発電所として存続させるものとする。
- (4) R-1貯水池については、流下土砂を100年以上堆積出来る容量で、少なくとも50年間は十分に経年調整を行うことができ、しかも湛水池内に水没する大きな部落のないことを条件とする。これらのことから、R-1ダムの高さは、416m、満水位標高を2,130mとする。
- (5) R発電計画の検討は上記(1)~(4)を考慮して、リコネッサンス・レベルの観点より本計画の策定を行う。

3.2 常時使用流量

R-1貯水池のマス・カーブは、Fig-IV.3.1に示す通り1954年から1976年までの23年間の月流量資料によって作成された。この結果、R-1発電所の常時流量については、最小流量をとることとし、マス・カーブからも判るように、1967年5月より、1969年11月までの $75.7 \text{ m}^3/\text{sec}$ を常時使用流量とした。

R-2発電所の常時使用流量については、R-1発電所の常時使用流量から、El Chorro発電所への分水量 $36.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ を差引いた $39.7 \text{ m}^3/\text{sec}$ が常時使用流量となる。

R-3発電所の常時使用流量は、R-2発電所の常時流量と、Manta川のC-2発電所のための取水量を差引いた流量を利用することにより $42.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。

3.3 最大使用水量

最大使用水量の検討に当っては、将来予想される電力需要の負荷と、R発電計画の発電所に要求されるであろう負荷とを考慮すると、渇水年の渇水期で、40%程度の負荷率をとることが望ましい。しかしながら、R-1貯水池は、流量の経年調整が出来るため、最渇水月4ヶ月間については、40%の負荷率、平水月および豊水月の計8ヶ月間については、20~30%の負荷率で発電所

を運転するようにすると，R発電計画では渇水年平均で30%程度の負荷率となり，最適な給電運用が可能となる。

したがって，最大使用水量は，Table - IV. 3. 1 に示す通りとなる。

Table-IV.3.1 Maximum Available Discharge

Power Station	Firm Discharge (m ³ /sec)	Load Factor (%)	Max. Available Discharge (m ³ /sec)
R-1	75.7	30	252
R-2	39.7	30	132
R-3	42.5	30	141

3.4 貯水池の運用

Peru 共和国の既設水力発電所は，季節調整または経年調整の出来る大容量貯水池をもったものは少く，それらの大部分は渇水期流量を基準にして使用水量を決めており，豊水期の水は利用されていない。

しかしながら，R-1発電所のように大容量の貯水池をもつ発電所では，豊水期は負荷率の低い発電を行い，貯水池をもたない発電所の特殊電力量を有効化させるようにし，また，渇水期には出来るだけ負荷率を高くとるように運転し，他の発電所の発電では不足する常時電力量を補うように運転する事が可能である。

R-1貯水池の運用は，Fig-IV. 3. 1のマス・カーブに示す通りであるが，ここに示されている使用水量は，前記で述べている運転方法の平均値を示すものである。

R-1貯水池の調整率，補給率および補給持続日数は次のとおりである。

$$\text{調整率} = \frac{\text{有効貯水量 (m}^3\text{)}}{\text{年間総流入量 (m}^3\text{)}} = 41 \%$$

$$\text{補給率} = \frac{\text{発電所最大使用水量 (m}^3\text{/sec)} \times 100}{\text{年間総流入量 (m}^3\text{/sec-day)} \div 365 \text{ day}} = 281 \%$$

$$\text{補給持続日数} = \frac{\text{有効貯水容量 (m}^3\text{/sec-day)}}{\text{発電所最大使用水量 (m}^3\text{/sec)}} = 54 \text{ 日}$$

3.5 発電計画の予備設計

「第1章開発計画」にも述べているように、R発電計画は、計画区域内の落差約1,000 mを3つの発電所に分けR-1、R-2、R-3とし、それらについて地下発電所やダムに適地を图上並びに現地調査で確認し、下記のような概略の検討を行った。Fig-IV. 3. 2 に計画一般平面を示す。

3.5.1 R-1 発電計画

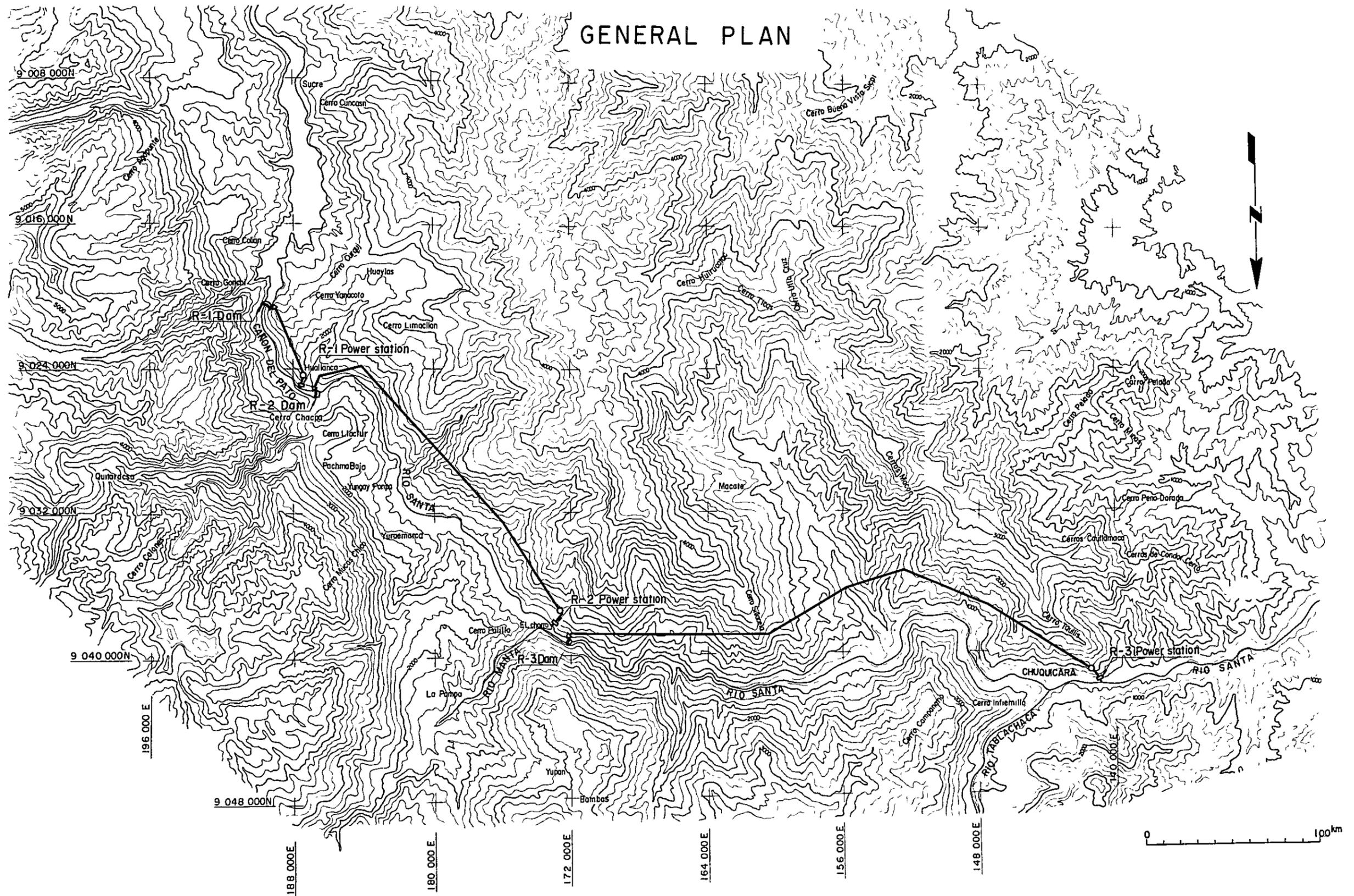
Cañón del Pato 発電所の地下式沈砂地の下流300 m地点にアーチダムを建設する。ダム高は416 m、堤頂長453.80 m、堤体積は約5,500,000 m³の大ダムである。

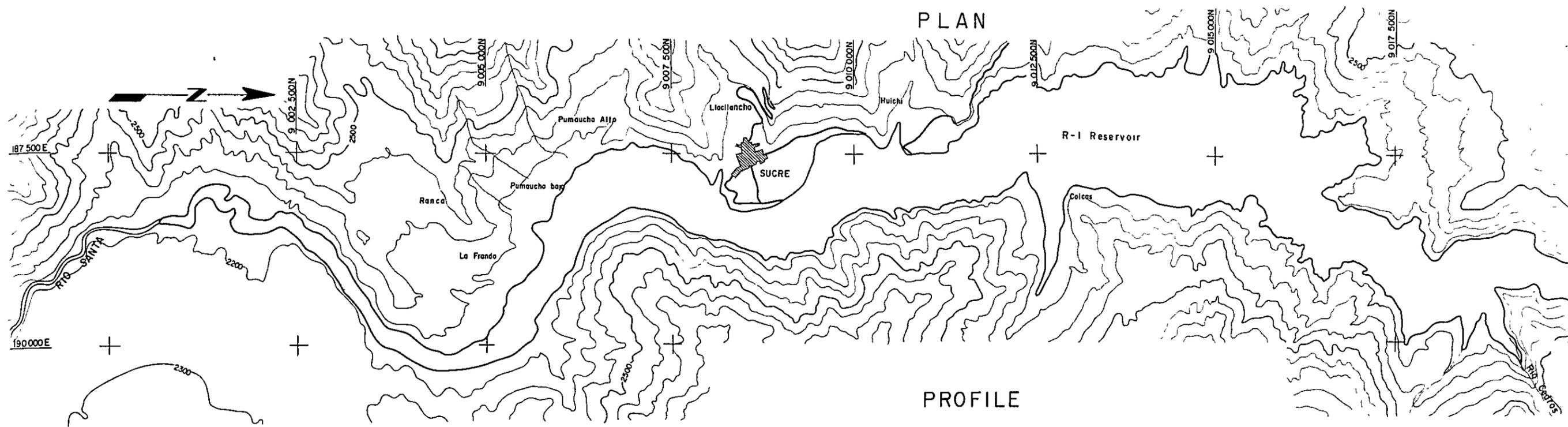
このダムには洪水吐と放流管が設けられている。なお利用水深を110 mに取り有効貯水容量1,170 × 10⁶ m³を得る。

取水口はダム本体と切り離して左岸に設けられる。傾斜型コンクリート構造で幅26.0 m、高さ141.0 m、取水口ゲートを2門設けている。取水された水は内径8.7 mの圧力トンネル4.3 kmで、Cañón del Pato 発電所の対岸上流に位置する内径10.45 m、高さ約170 mの水室式調圧水槽に導かれ、そこより内径8.70 ~ 3.70 m、延長810 mの2 ~ 4条の地下式鉄管路で発電所へ送られる。

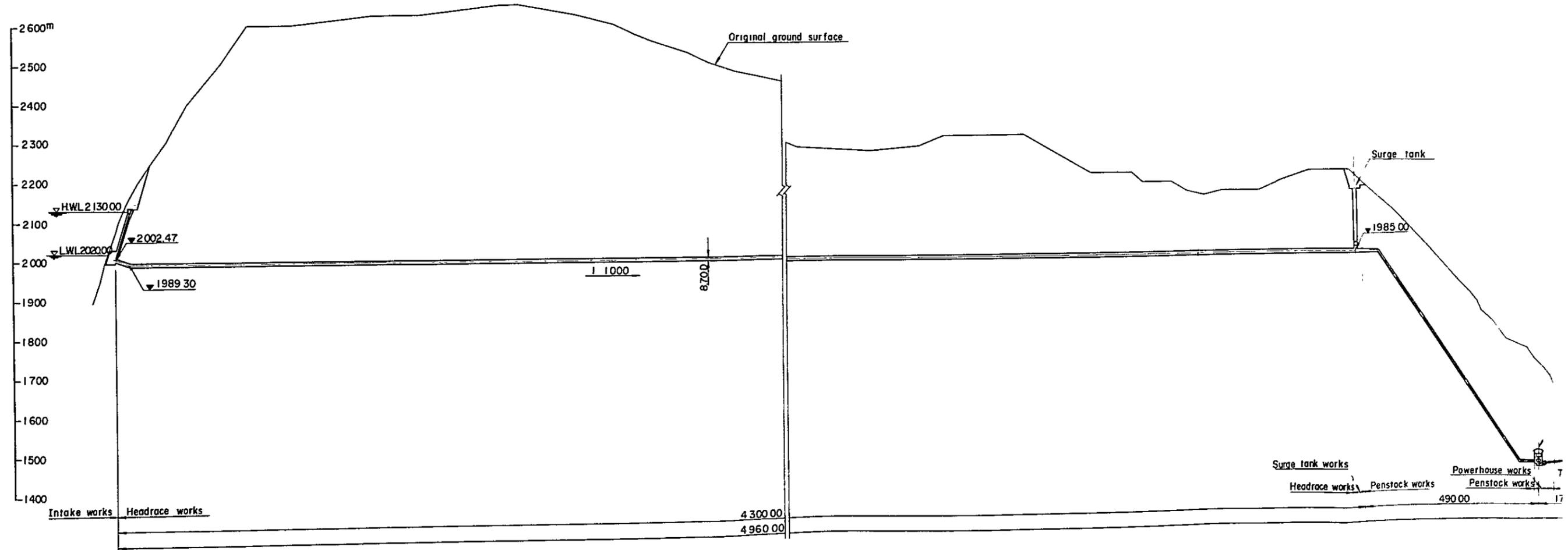
発電所は地下式構造で幅20.0 m、高さ45.0 m、長さ111.5 mの鉄筋コンクリート構造である。この発電所の基準有効落差は、622.5 m、最大使用水量は252 m³/sec、水車1台当りの最大使用水量は63 m³/secである。この条件に合致する水車としては、立軸フランシス水車が適当である。水車の出力は1台当り342,000 kW、発電機の出力は1台当り369,000 kVAであり、発電機電圧は16.5 kV、定格効率0.9（遅れ）である。これらにより最大出力1,320 MWを得る。発生電力量は、年平均で4,061.6 × 10⁶ kWh、渴水年で3,427 × 10⁶ kWhである。

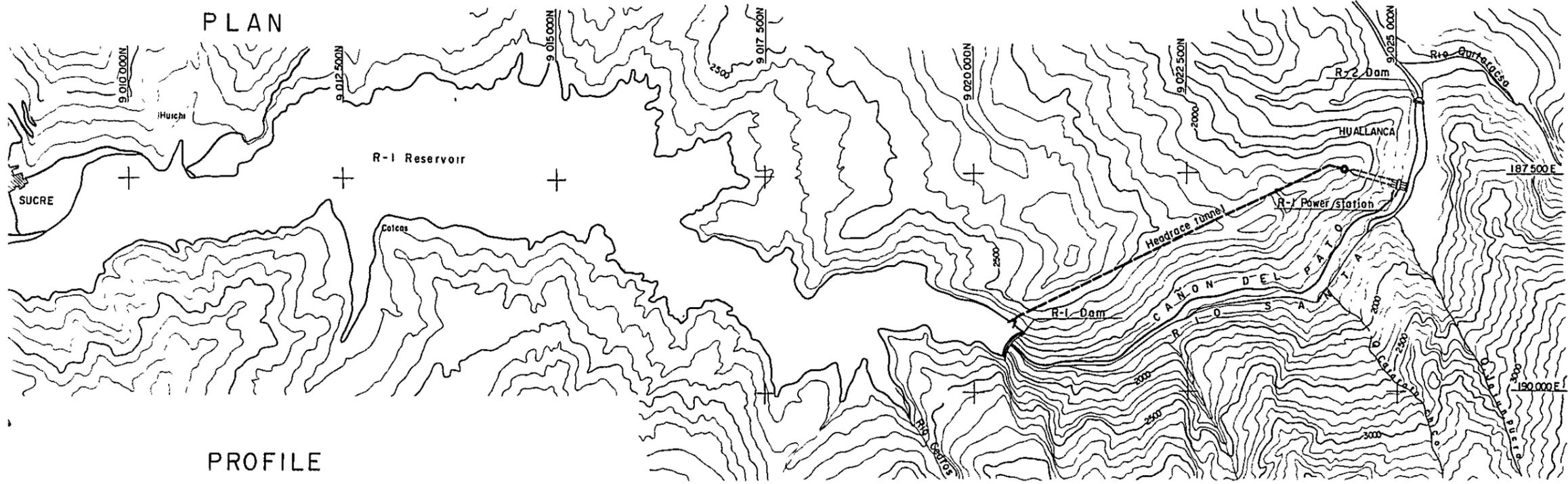
R-1 発電所の構造物の平面図、断面図をFig-IV. 3. 3 ~ IV. 3. 6 に示す。



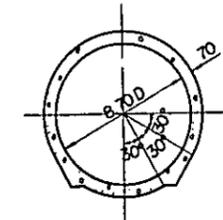


PROFILE

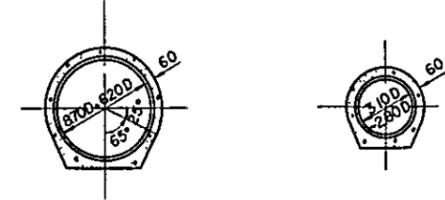




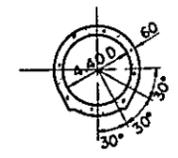
TYPICAL SECTION OF HEADRACE TUNNEL



TYPICAL SECTION OF PENSTOCK



TYPICAL SECTION OF TAILRACE TUNNEL



Original ground surface

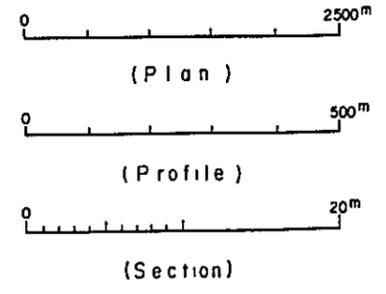
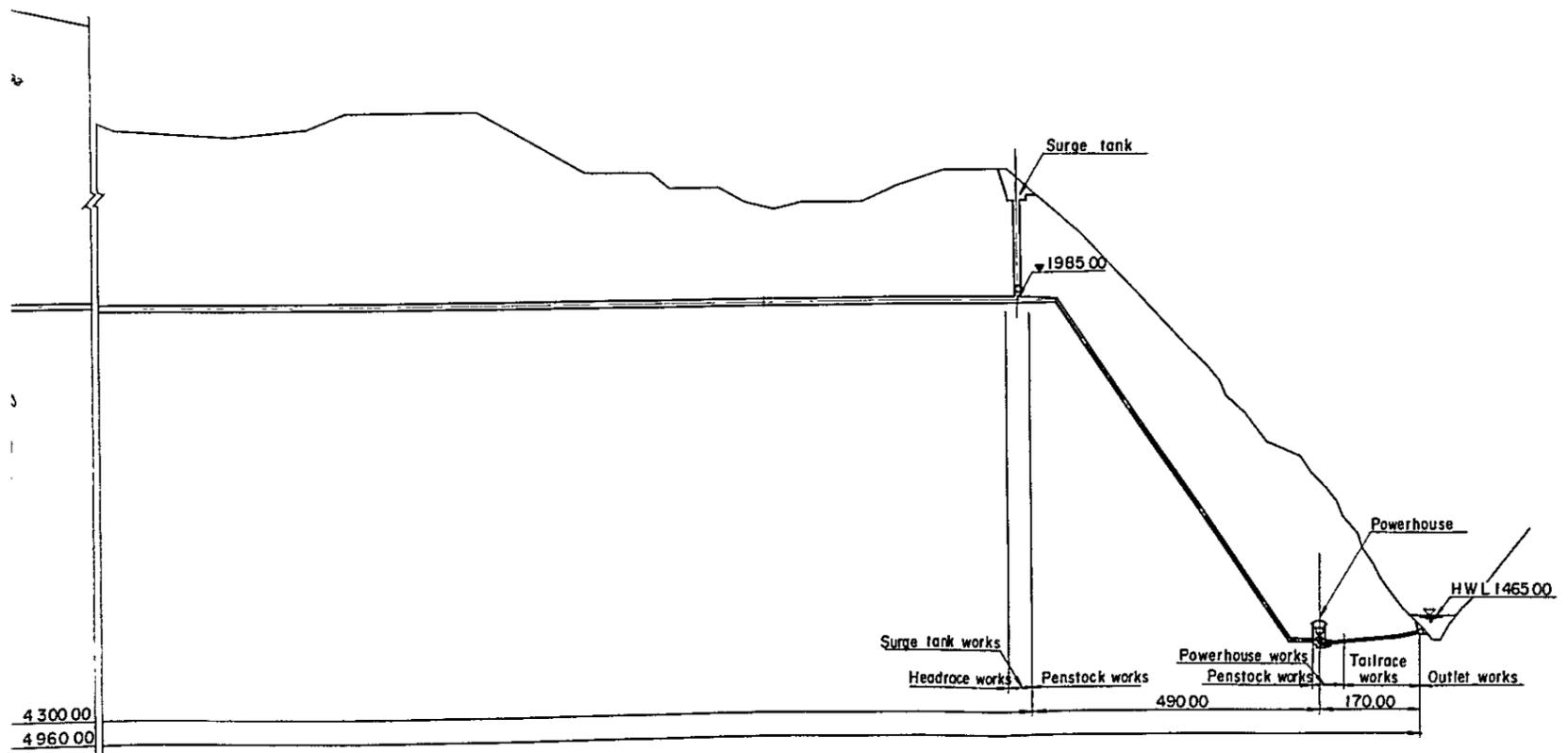
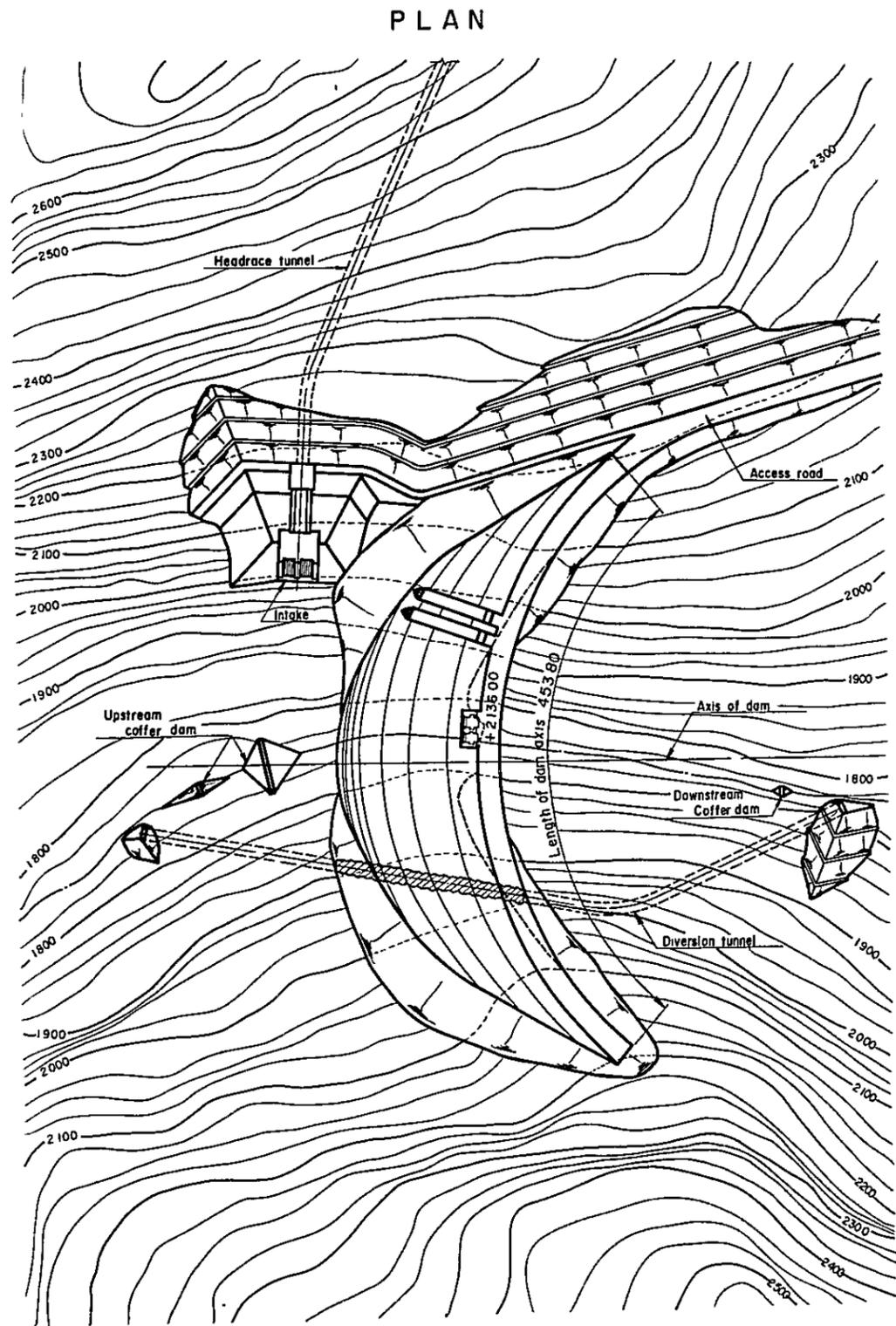


Fig.-IV.3.3 General Plan and Water Conductor (R-1) Longitudinal Profile



TYPICAL SECTION OF DIVERSION TUNNEL

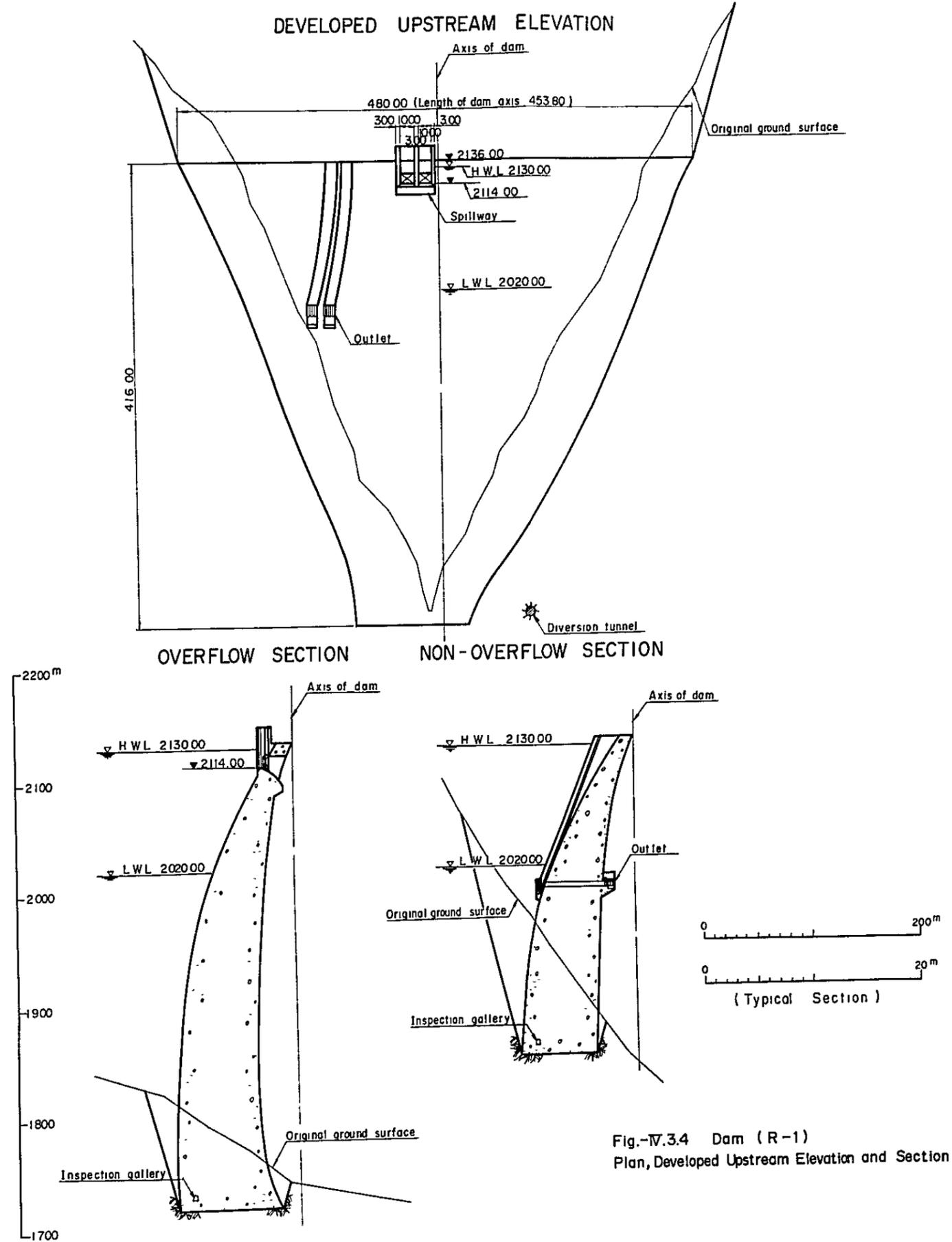
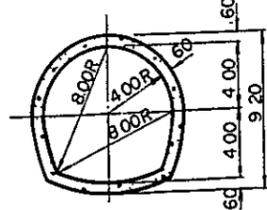
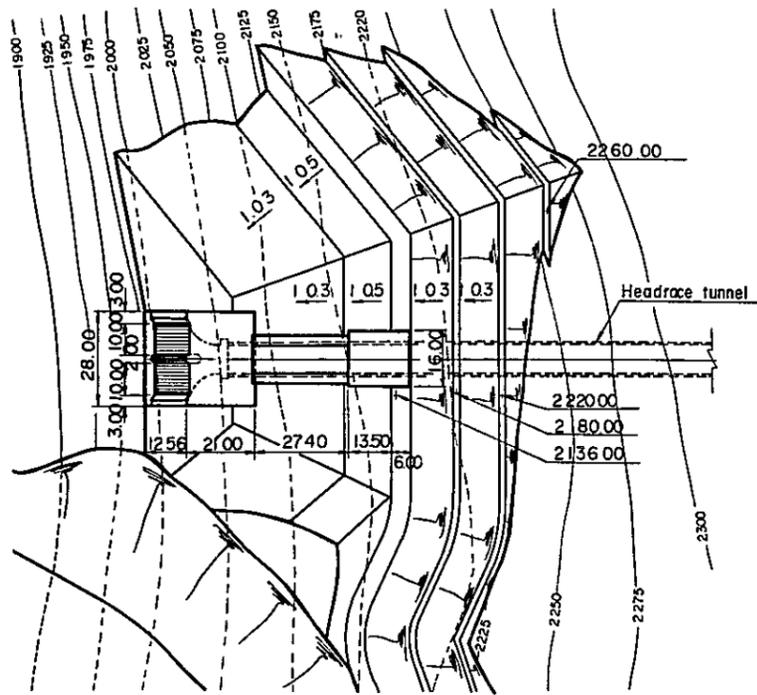
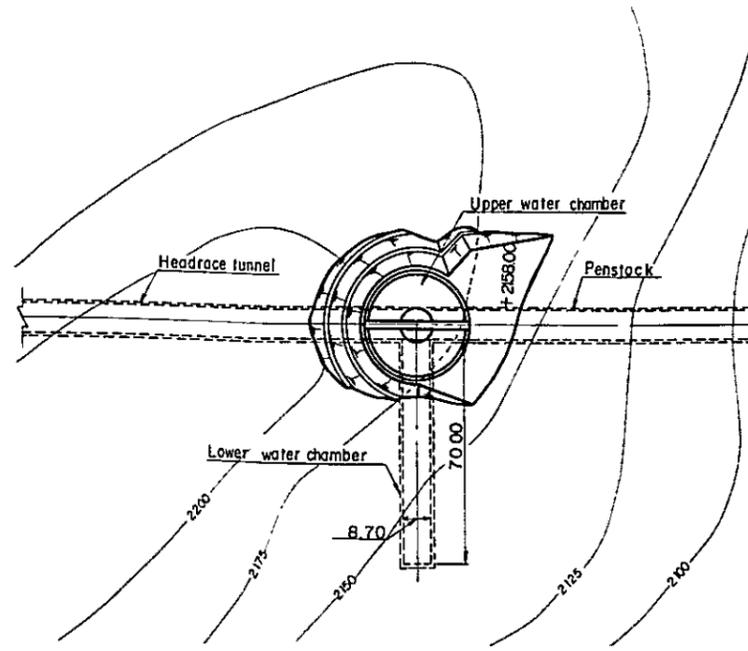


Fig.-IV.3.4 Dam (R-1)
Plan, Developed Upstream Elevation and Section

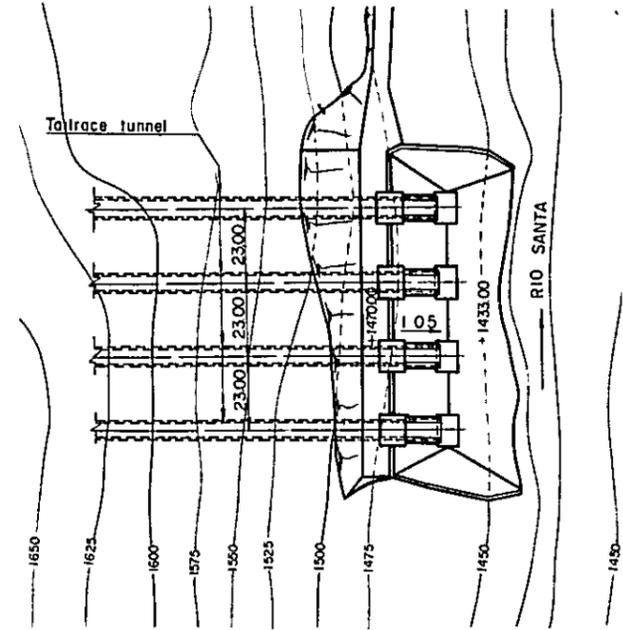
INTAKE PLAN



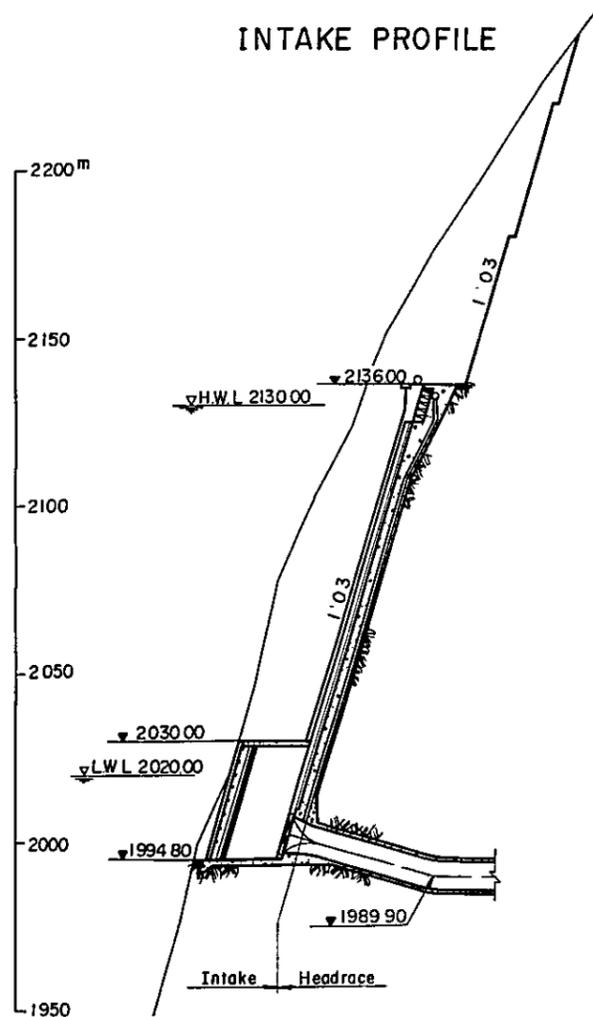
SURGE TANK PLAN



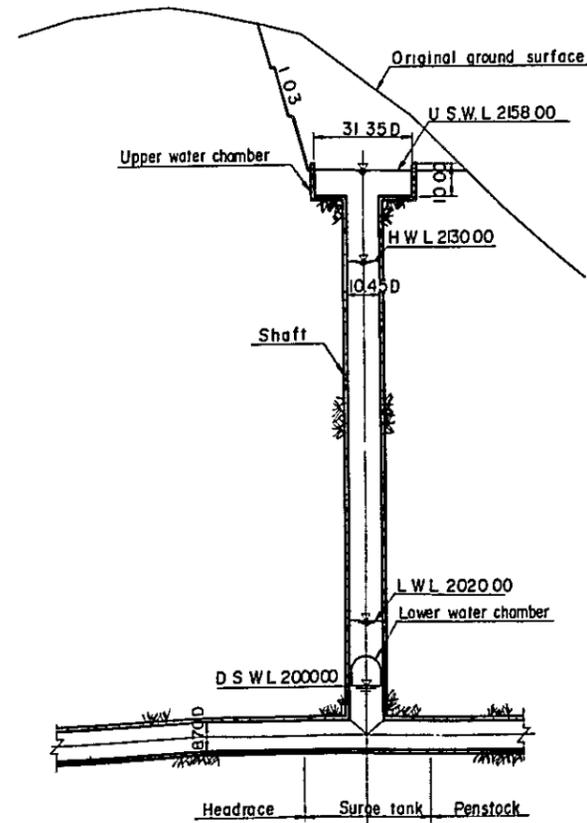
OUTLET PLAN



INTAKE PROFILE



SURGE TANK PROFILE



OUTLET PROFILE

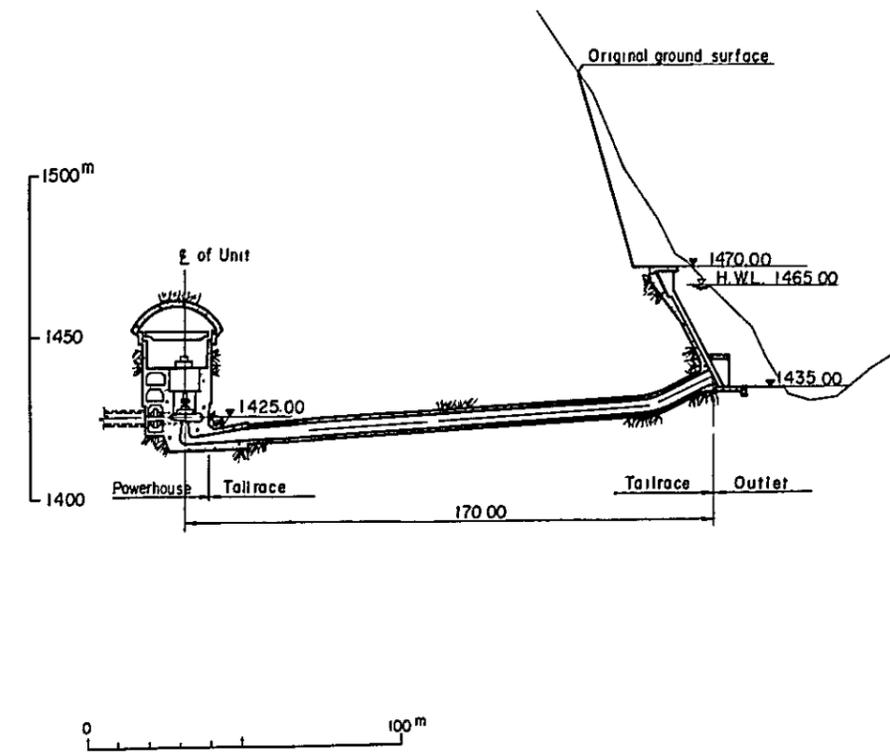
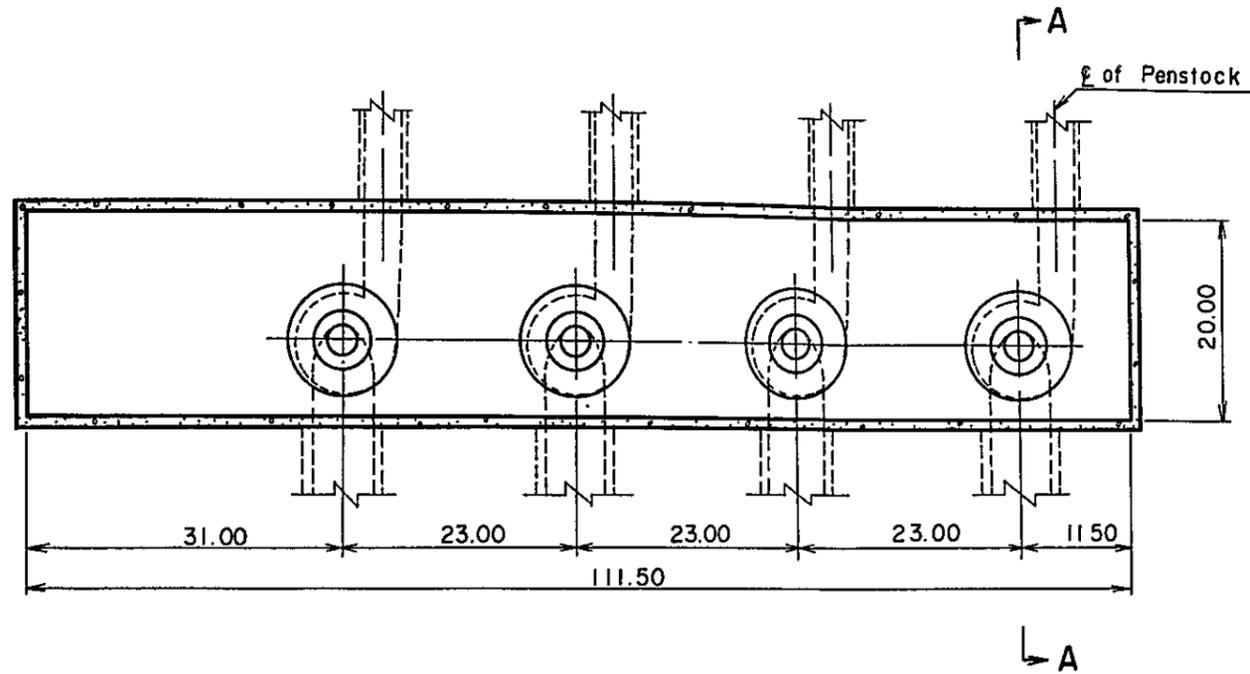
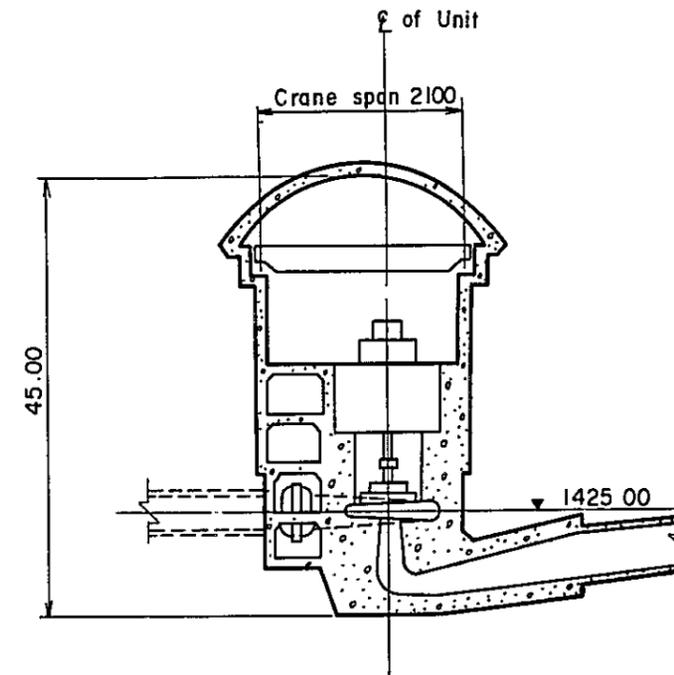


Fig.-IV.3.5 Intake, Surge Tank and Outlet (R-1) Plan and Profile

PLAN



SECTION A - A



LONGITUDINAL SECTION

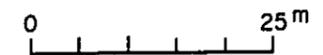
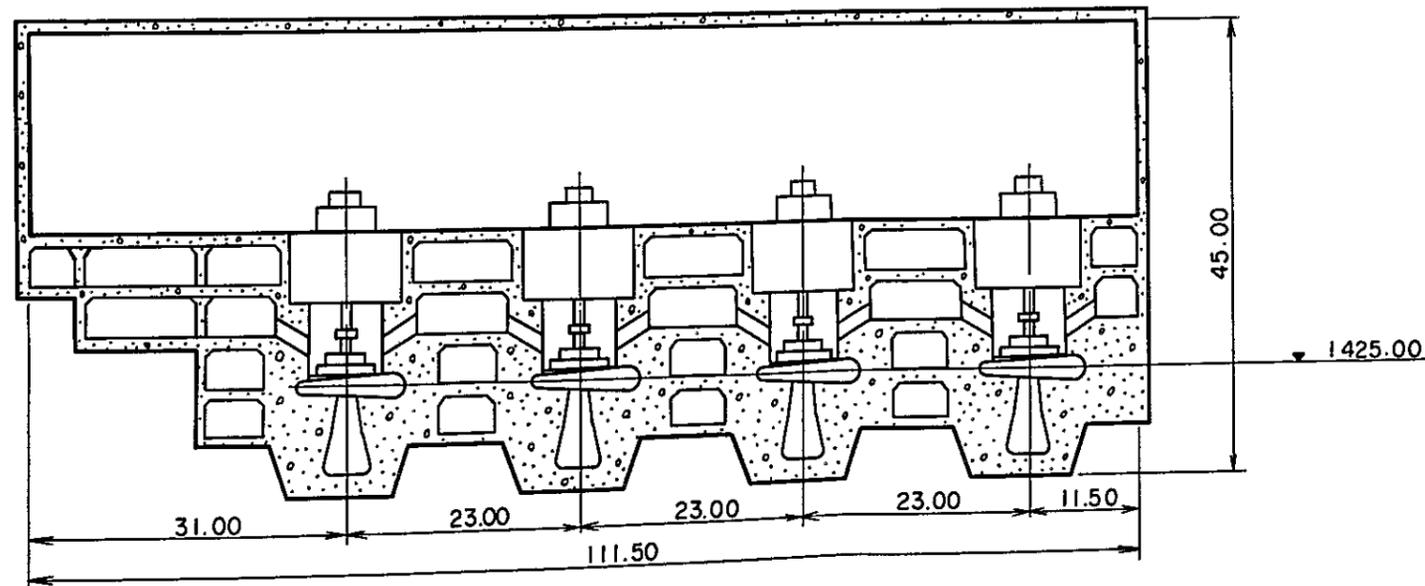


Fig.-IV.3.6 Powerhouse (R-1)
Plan, Profile and Section

3.5.2 R-2 発電計画

R-2 調整池は R-1 発電所の放流水を調整すると同時に、R-2 発電所と E1 Chorro 発電所へ分水する機能をもつものである。

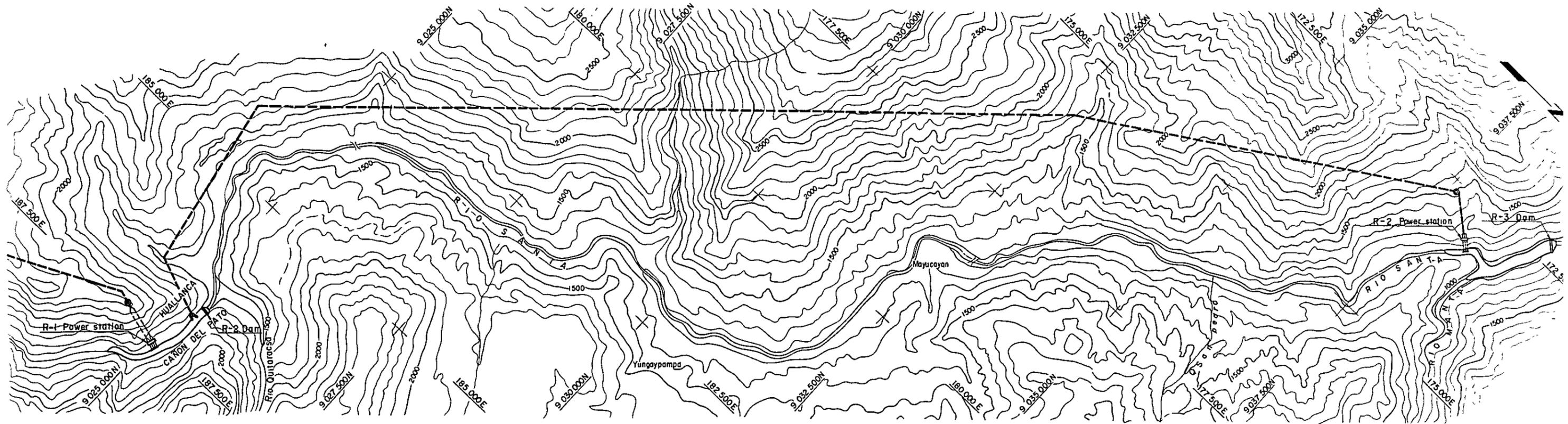
R-1 発電所放水口の直下流にダム高74m、堤頂長115 mのコンクリート重力式のダムを築造し、利用水深55m、有効貯水容量 $4.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ を得る。

取水口はダムの直上流の左岸側に設けられる。傾斜型コンクリート構造で幅15.0 m、高さ76.0 m、取水口ゲートを2門設けている。取水された水は内径6.20 m 延長21.5 kmの圧力トンネルで調圧水槽へ導かれる。この水槽は Santa 河と Manta 川の合流点より500 m上流の左岸側 E1 Chorro 地点に位置する。内径7.8 m、高さ180 mの水室式調圧水槽である。この水槽は内径6.20 ~ 3.10 m 延長900 mの水圧管路1 ~ 3条で発電所と結ばれている。発電所は地下式構造で幅20.0 m、高さ45.0 m、長さ77.0 mの鉄筋コンクリート構造である。

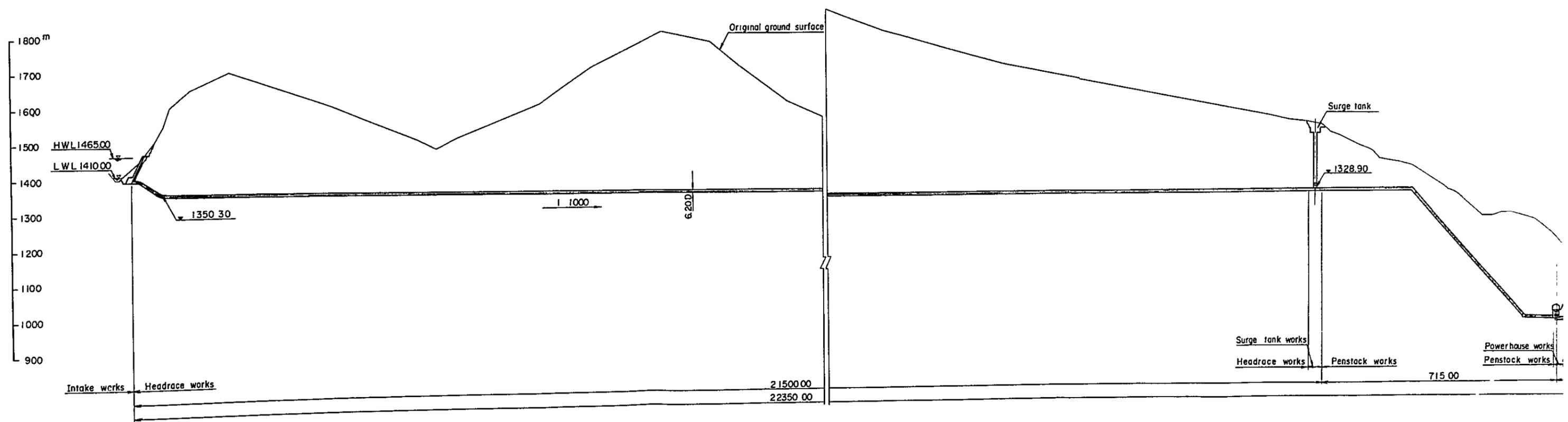
この発電所の基準有効落差は440 m、最大使用水量は $132 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、水車1台当りの最大使用水量は $44 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。この条件に合致する水車としては、立軸フランシス水車が適当である。水車の出力は1台当り169,000 kW、発電機の出力は1台当り182,000 kVAであり、発電機電圧は16.5 kV定格力率0.9（遅れ）である。これらにより最大出力490MWを得る。発生電力量は平均年で $1,717.0 \times 10^6 \text{ kWh}$ 、渇水年で $1,297 \times 10^6 \text{ kWh}$ である。

R-2 発電所の構造物の平面図、断面図を Fig-IV. 3. 7 ~ IV. 3. 10 に示す。

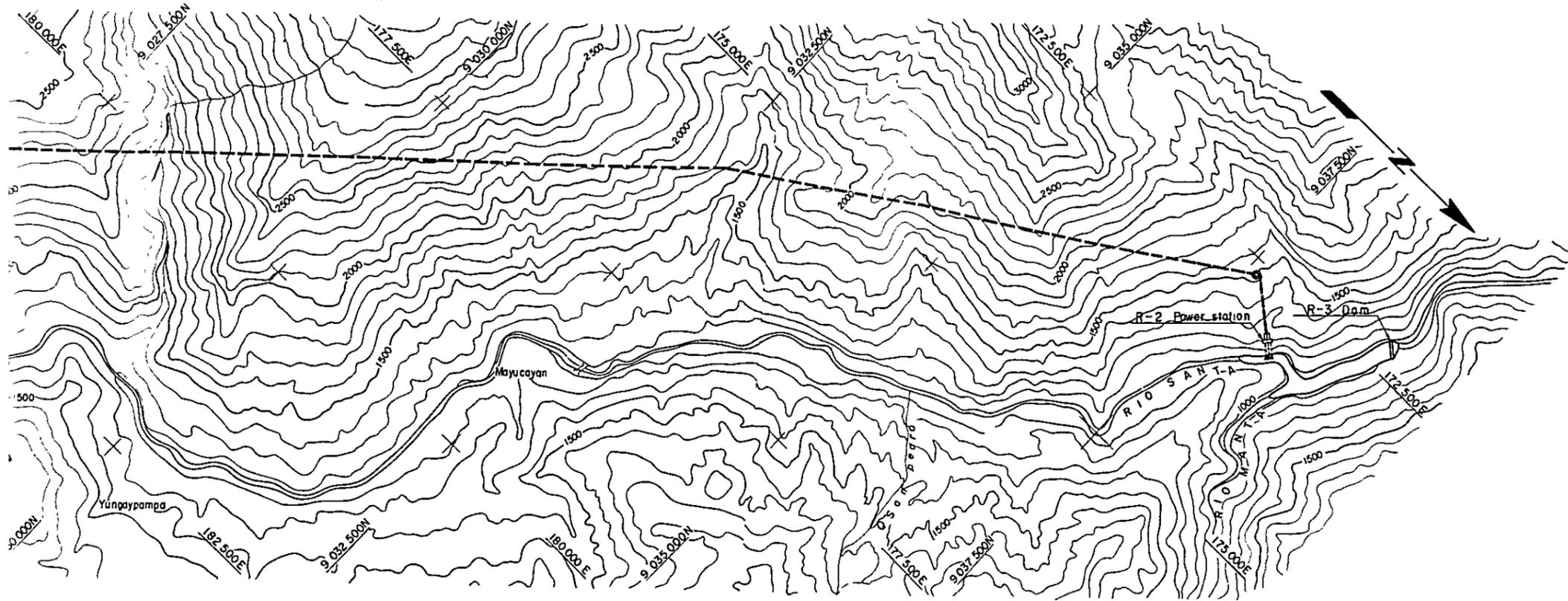
PLAN



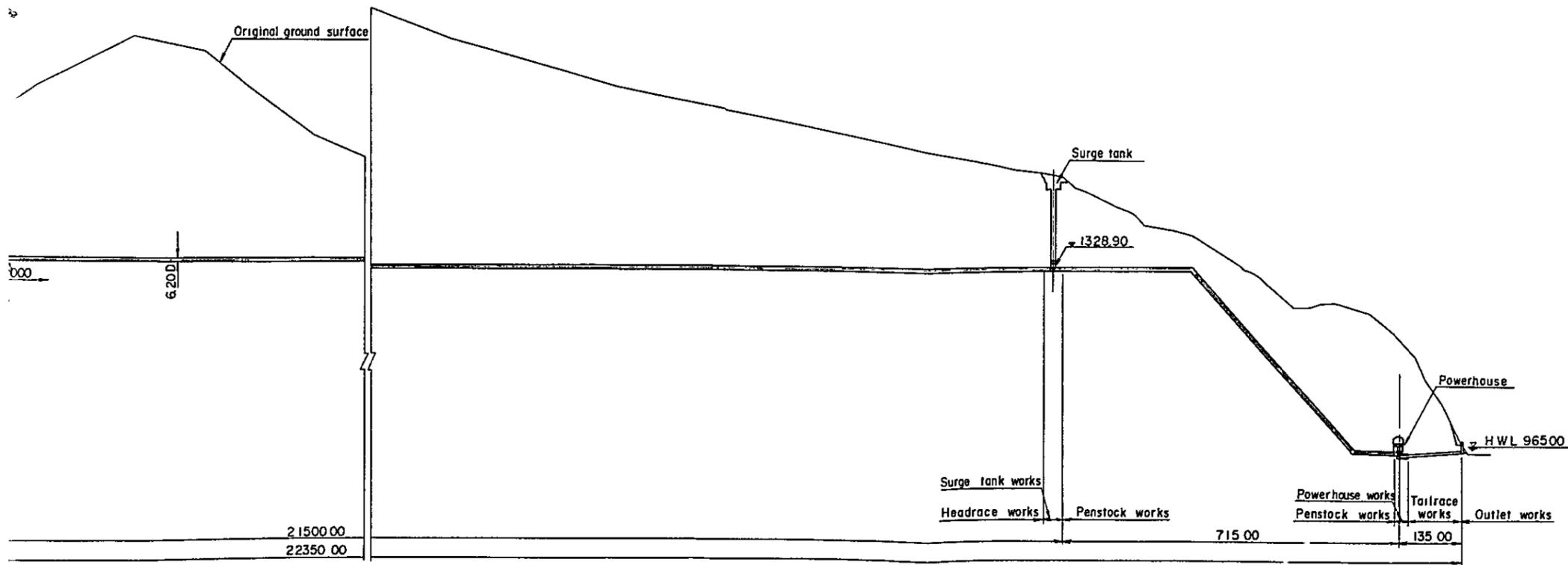
PROFILE



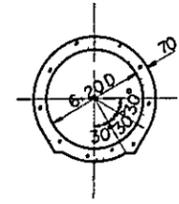
PLAN



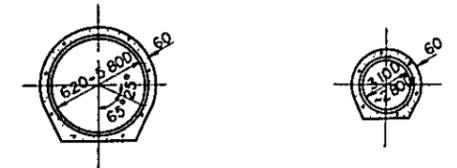
PROFILE



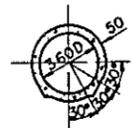
TYPICAL SECTION OF HEADRACE TUNNEL



TYPICAL SECTION OF PENSTOCK



TYPICAL SECTION OF TAILRACE TUNNEL



0 2500m

(Plan)

0 500m

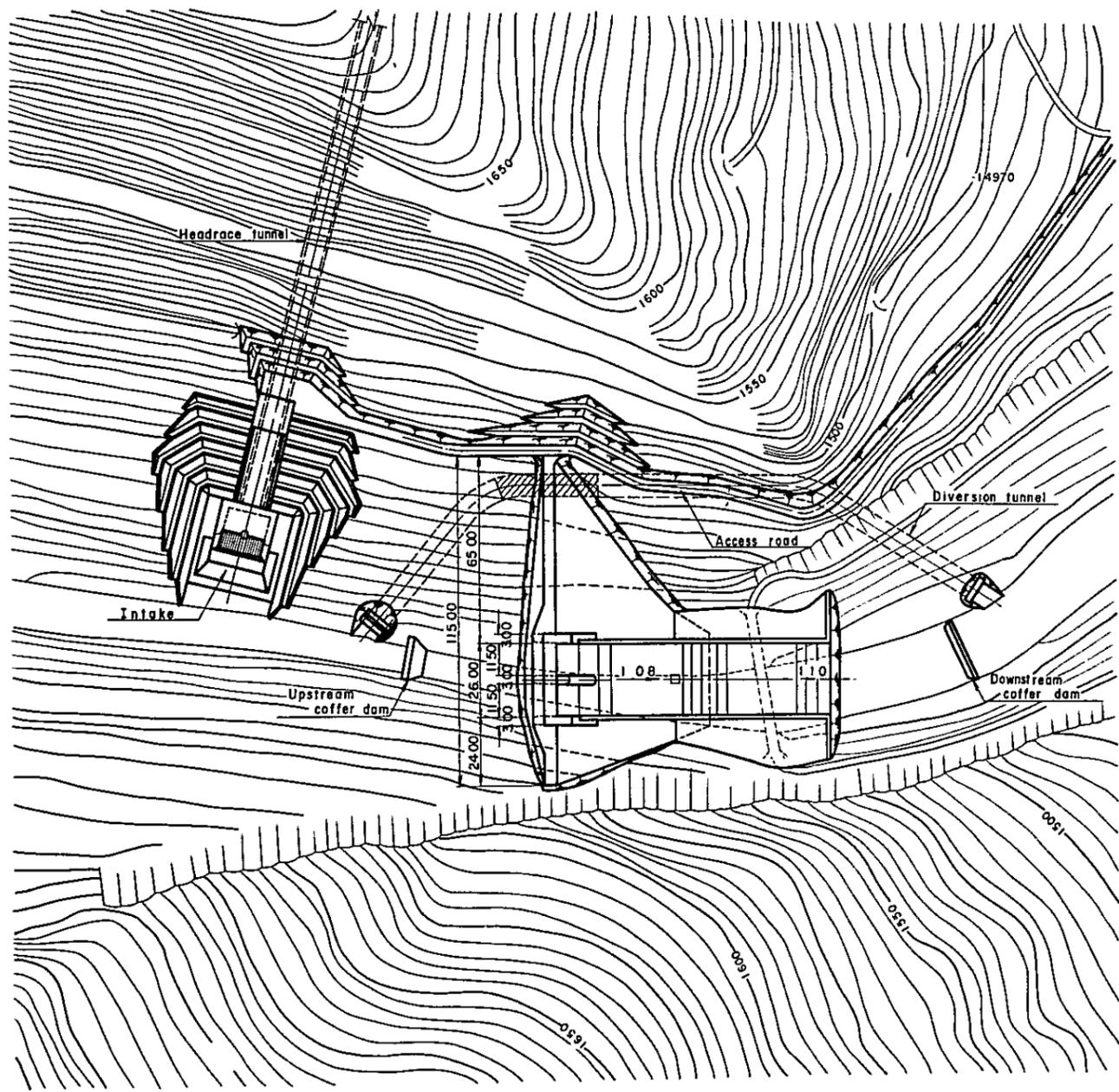
(Profile)

0 20m

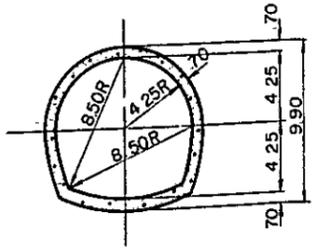
(Section)

Fig.-IV.37 General Plan and Water Conductor (R-2) Longitudinal Profile

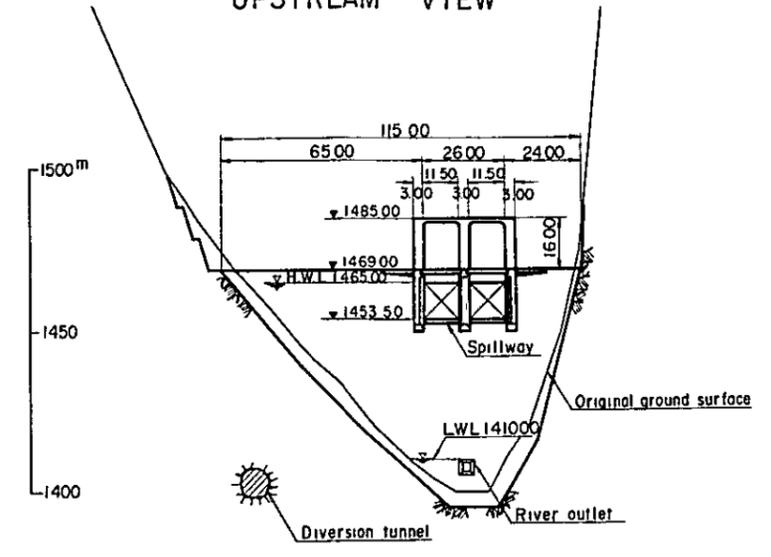
PLAN



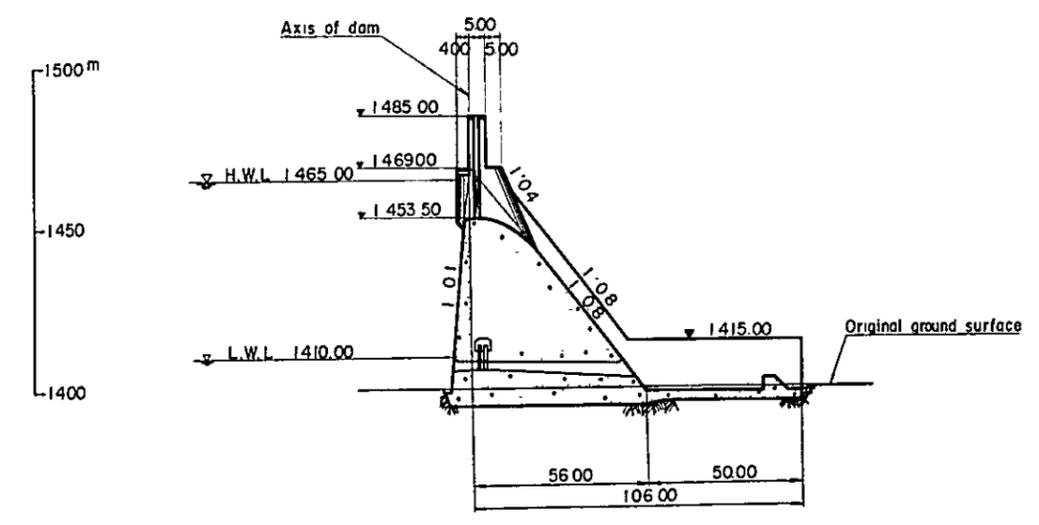
TYPICAL SECTION OF DIVERSION TUNNEL



UPSTREAM VIEW



OVERFLOW SECTION



NON-OVERFLOW SECTION

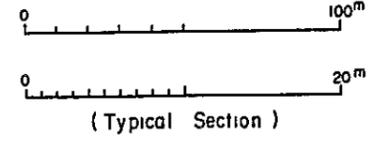
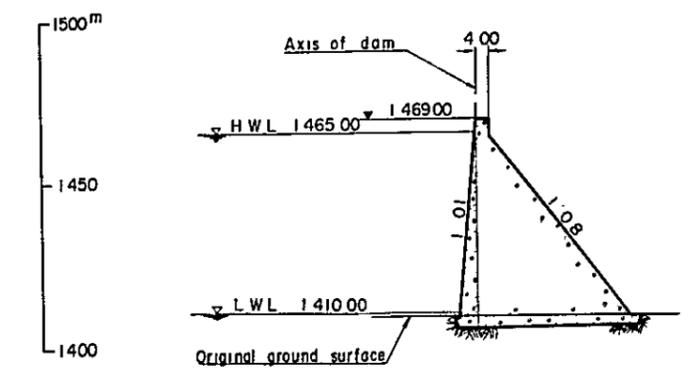
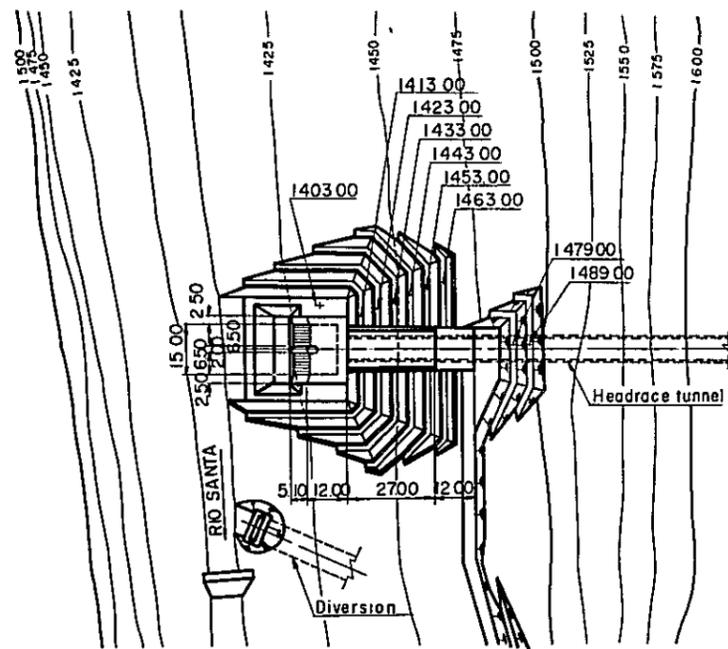
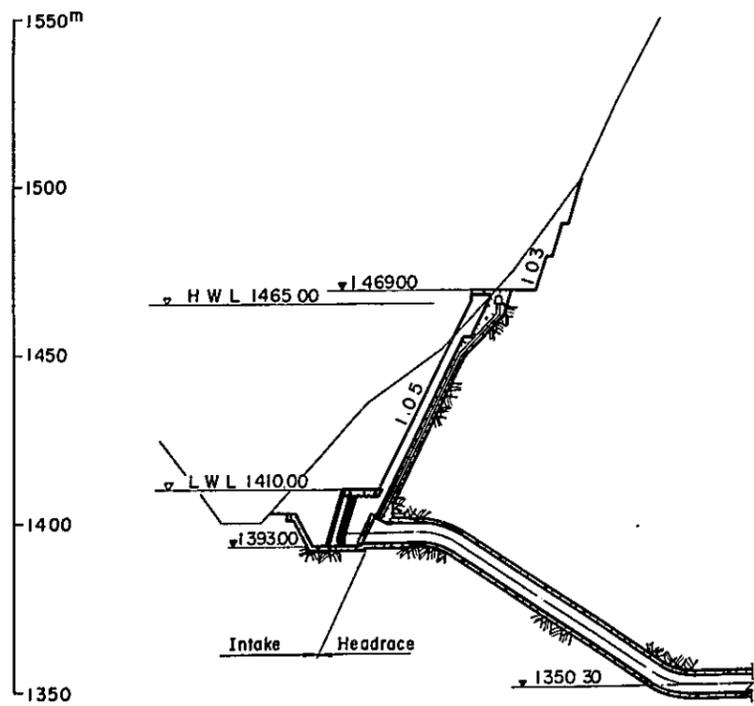


Fig.-IV.3.8 Dam (R-2) Plan, Profile and Section

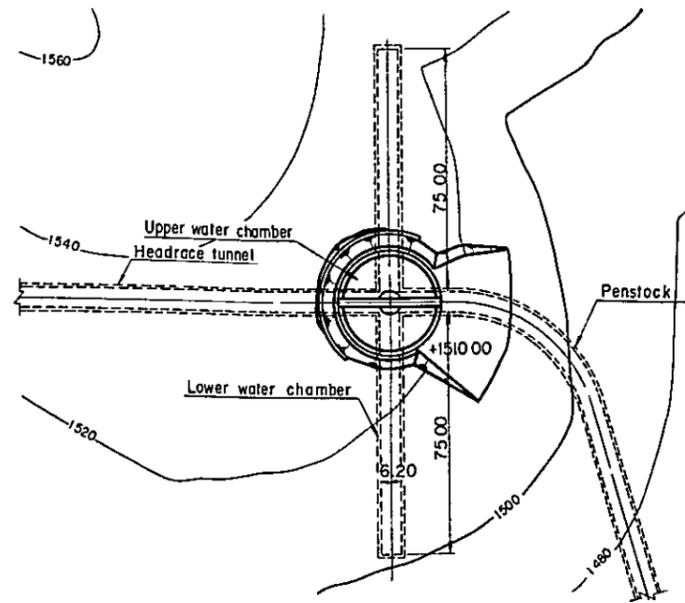
INTAKE PLAN



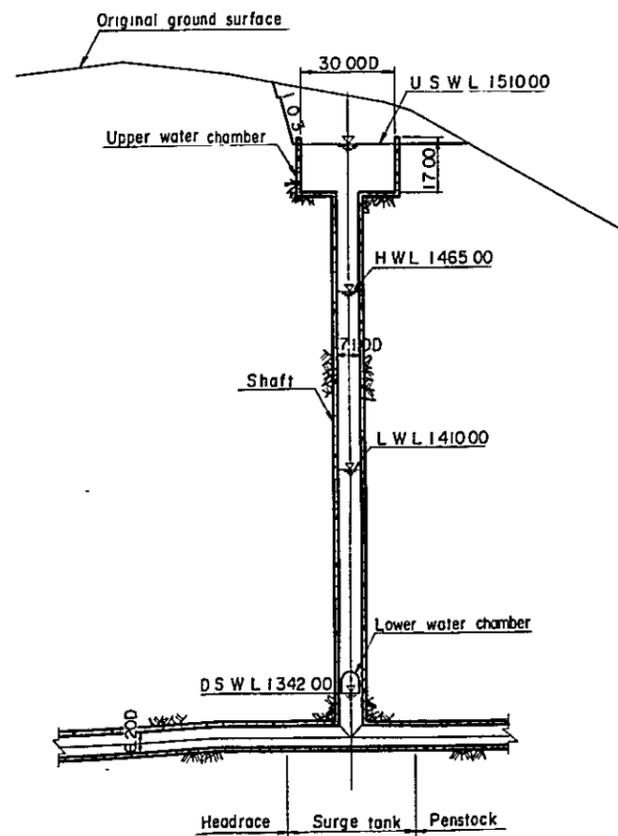
INTAKE PROFILE



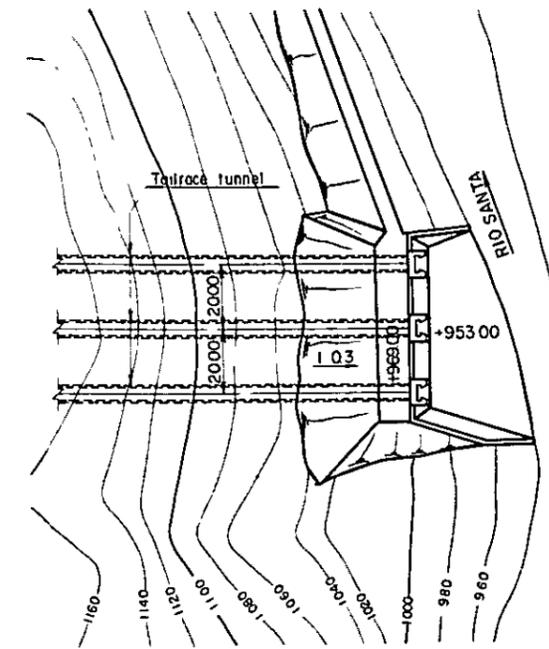
SURGE TANK PLAN



SURGE TANK PROFILE



OUTLET PLAN



OUTLET PROFILE

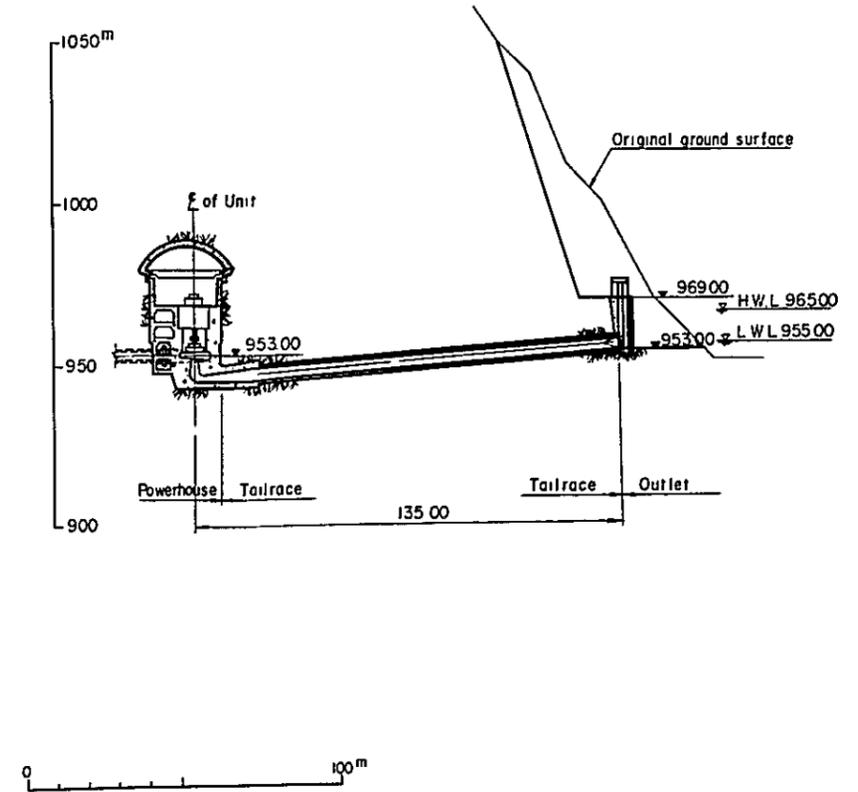
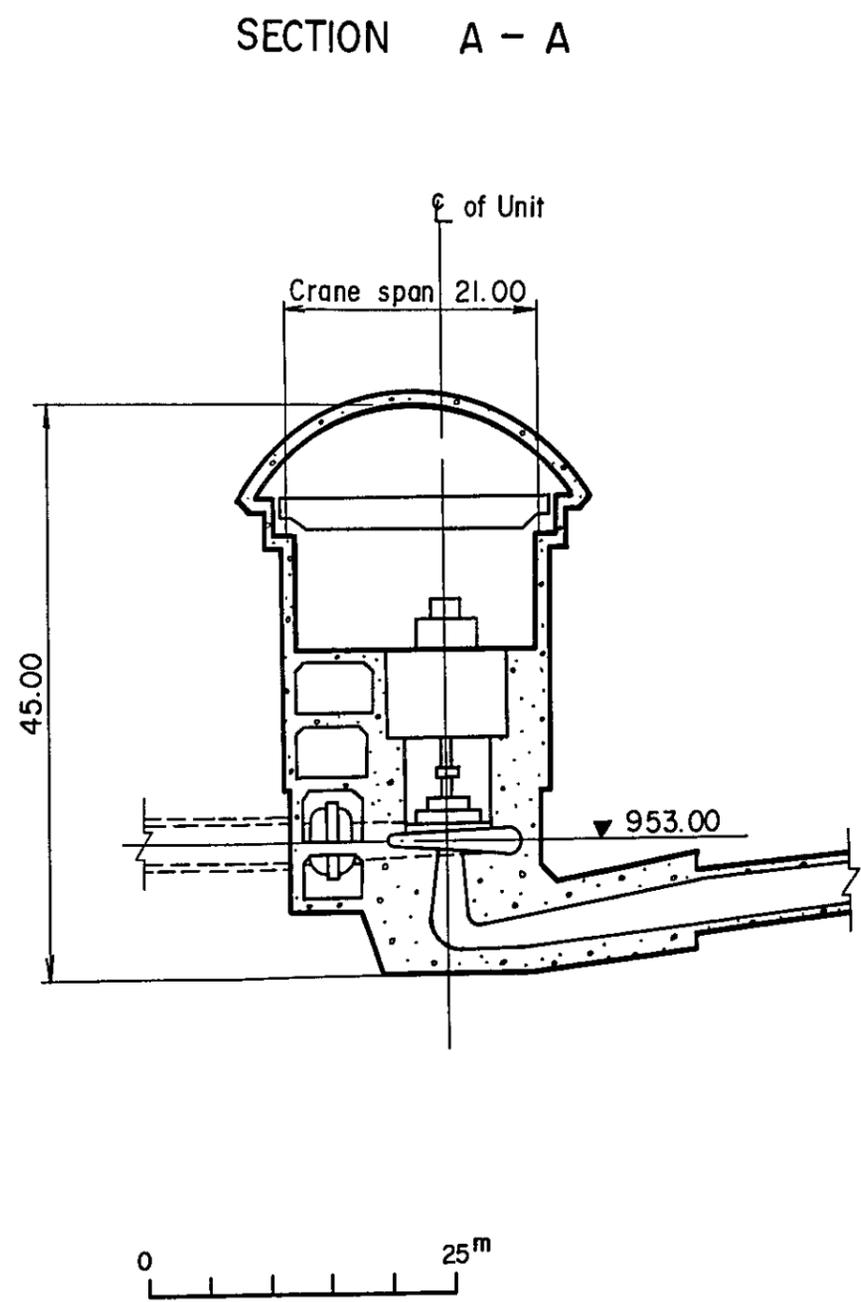
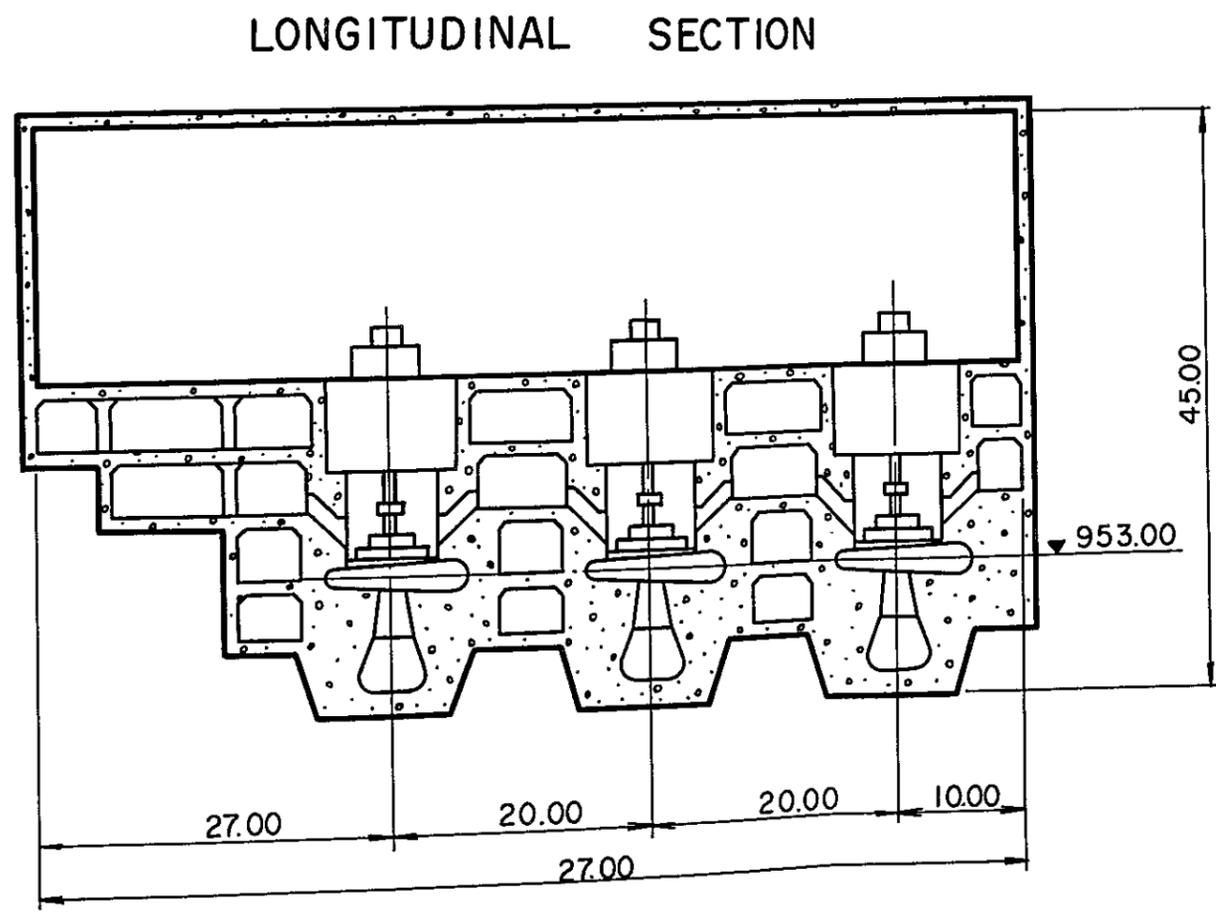
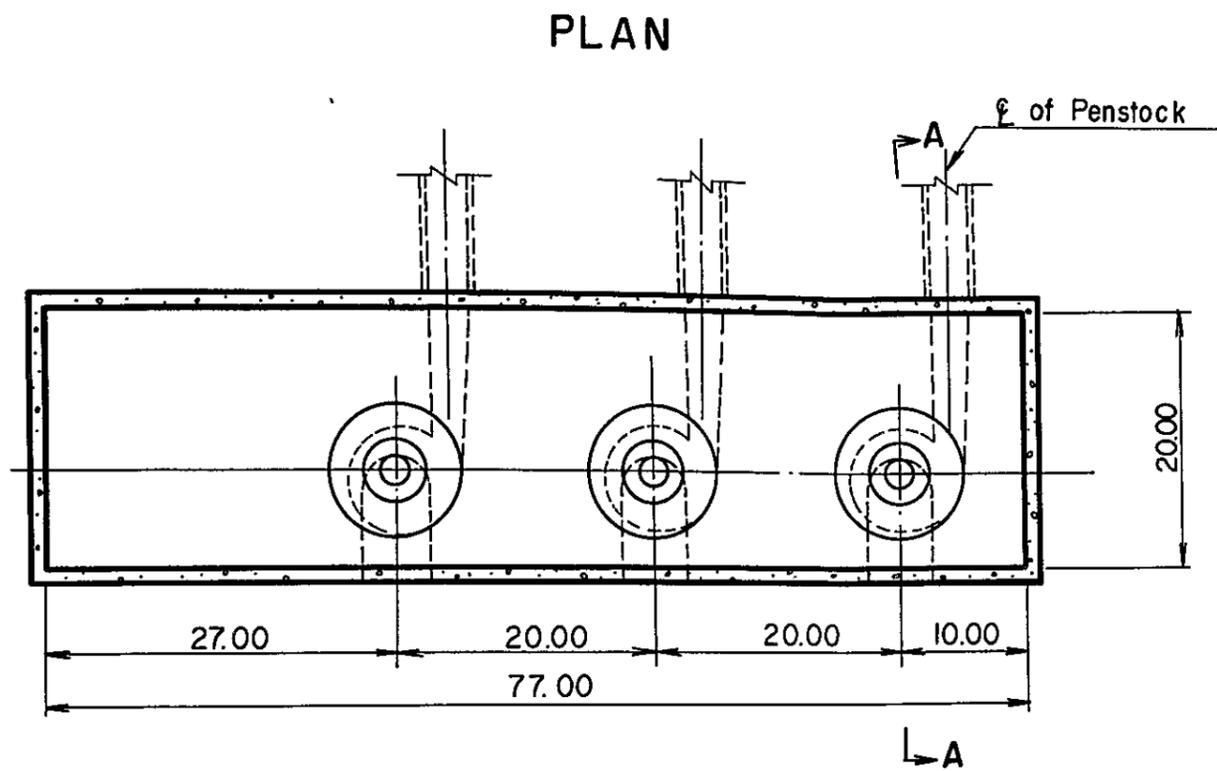


Fig.-IV.39 Intake, Surge Tank and Out let (R-2) Plan and Profile



**Fig.-IV.3.10 Power house (R-2)
Plan, Profile and Section**

4

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

•

3.5.3 R-3 発電計画

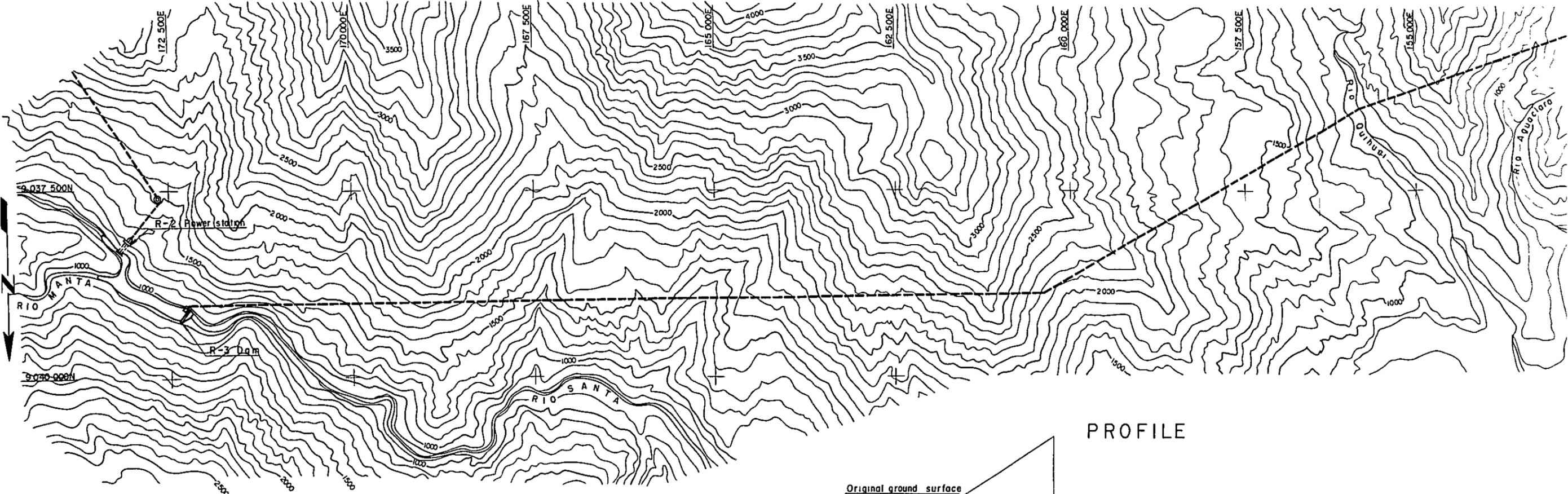
R-3 調整池は、R-2 発電所放水口の下流約 1.5 km 地点に高さ 55.0 m 堤頂長 100 m のコンクリート重力式のダムを築造し、利用水深 10 m、有効貯水容量 $1.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ を得る。

取水口はダムの直上流の左岸側に設けられる。傾斜型コンクリート構造で幅 15.0 m、高さ 33.0 m、取水口ゲートを 2 門設けている。取水された水は内径 6.6 m、延長 33.3 km の圧力トンネルで Chao-Viru 灌漑計画の取水ダム上流の左岸側に設ける調圧水槽へ導かれる。この水槽は内径 7.6 m、高さ 160 m の水室式である。これより内径 6.60 ~ 3.20 m、延長 700 m の水圧管路 1 ~ 3 条で発電所へ導かれる。発電所は地下式構造で幅 20.0 m、高さ 45.0 m、長さ 77.0 m の鉄筋コンクリート構造である。この発電所の基準有効落差は 453.5 m、最大使用水量 $130 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、水車 1 台当りの最大使用水量は $43.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。この条件に合致する水車としては立軸フランシス水車が適当である。水車の出力は 1 台当り 171,000 kW、発電機の出力は 1 台当り 184,000 kVA であり、発電機電圧は 16.5 kV 定格力率 0.9 (遅れ) である。

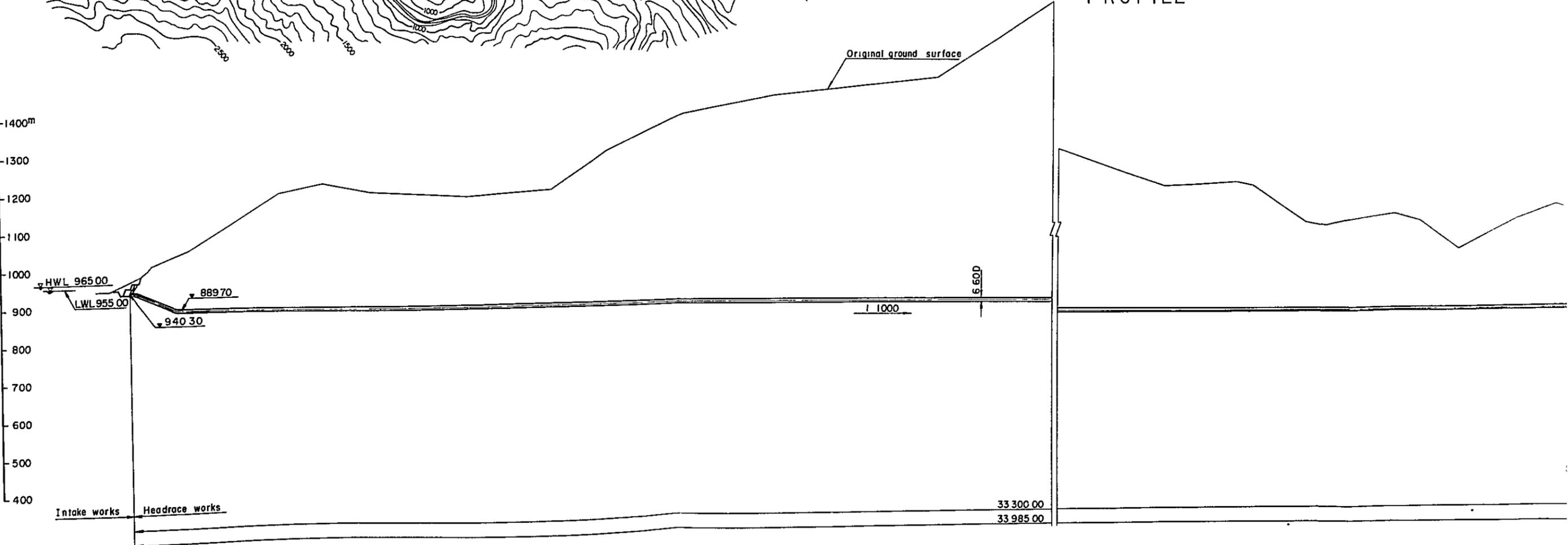
これらにより最大出力 540 MW を得る。発生電力量は平均年で $2,067.0 \times 10^6 \text{ kWh}$ 、渇水年で $1,433.0 \times 10^6 \text{ kWh}$ である。

R-3 発電所の構造物の平面図、断面図を Fig-IV. 3. 11 ~ IV. 3. 14 に示す。R-1、R-2 および R-3 の各発電所の使用水量は基準落差を基にして決められているが、貯水池または調整池の最低水位時においても、最大設備出力を確保できるように使用水量を増加しても支障のないよう考慮されている。したがって、最大設備出力は有効発電力といえる。

PLAN



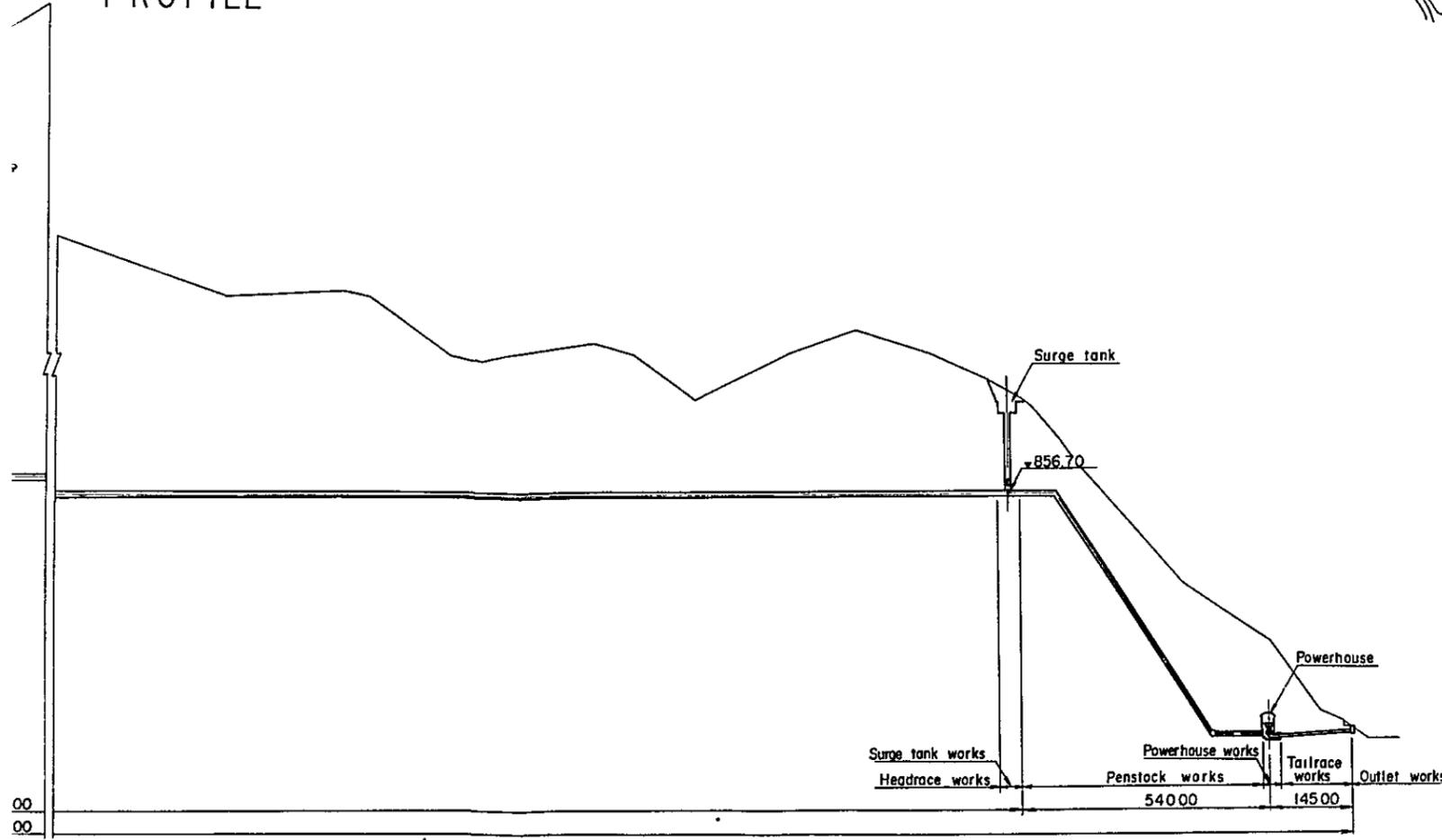
PROFILE



PLAN

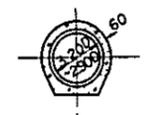
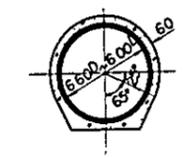
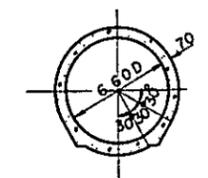


PROFILE



TYPICAL SECTION OF HEADRACE TUNNEL

TYPICAL SECTION OF PENSTOCK



TYPICAL SECTION OF TAILRACE TUNNEL

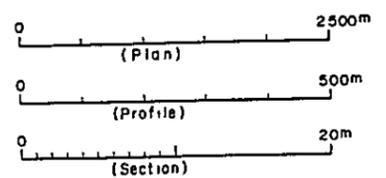


Fig.-IV.3.11 General Plan and Water Conductor (R-3) Longitudinal Profile

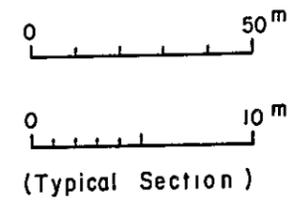
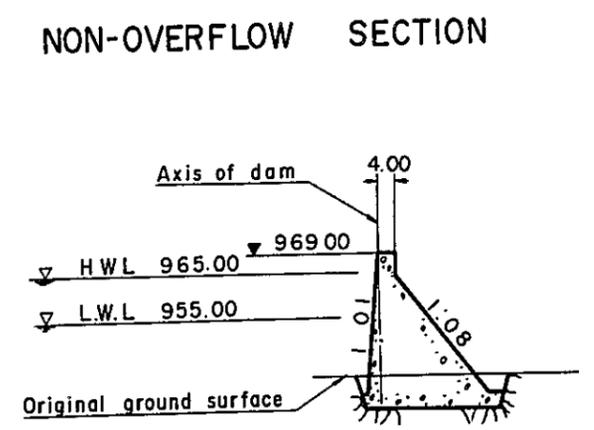
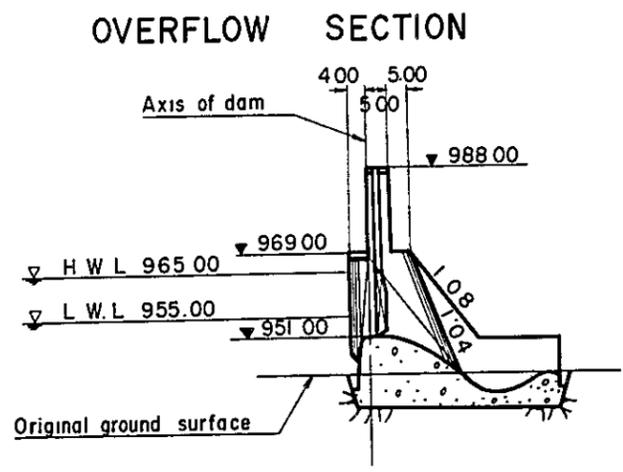
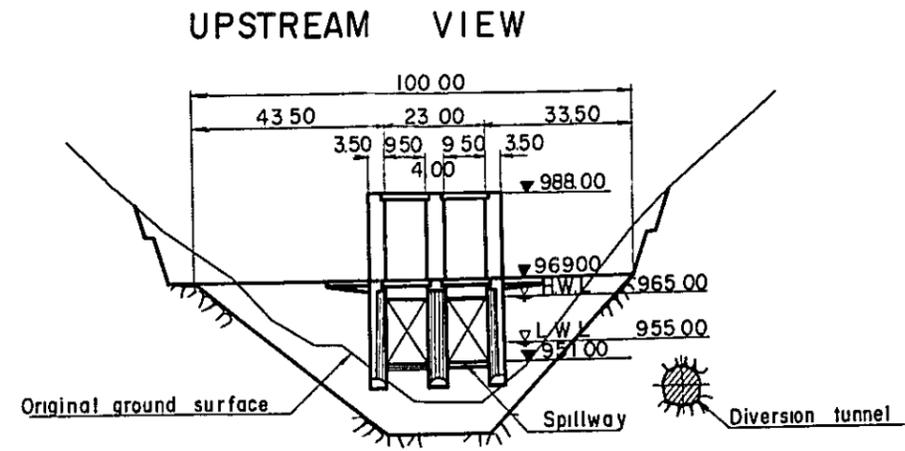
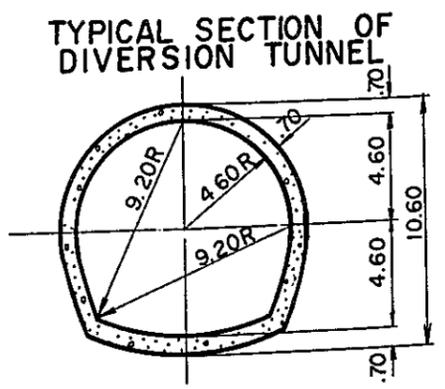
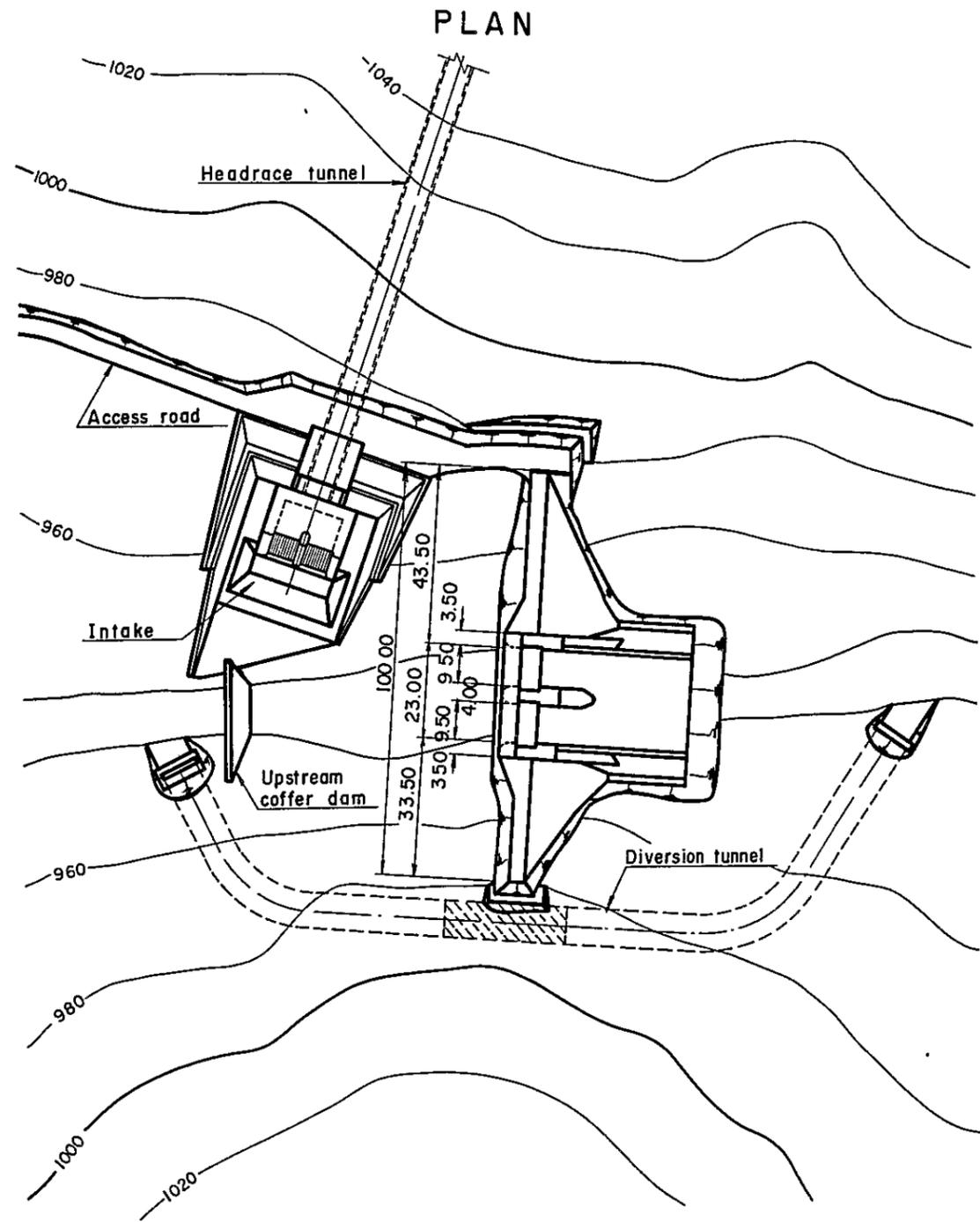
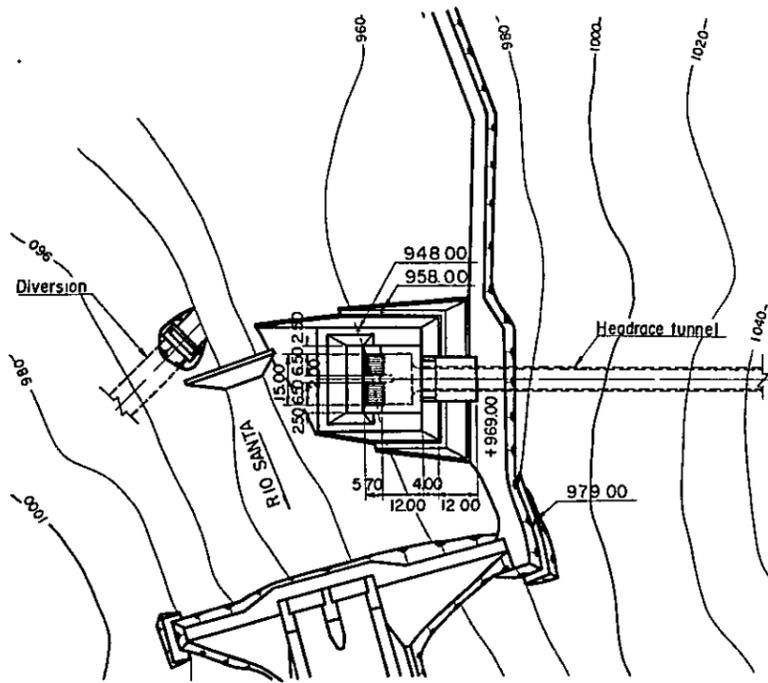
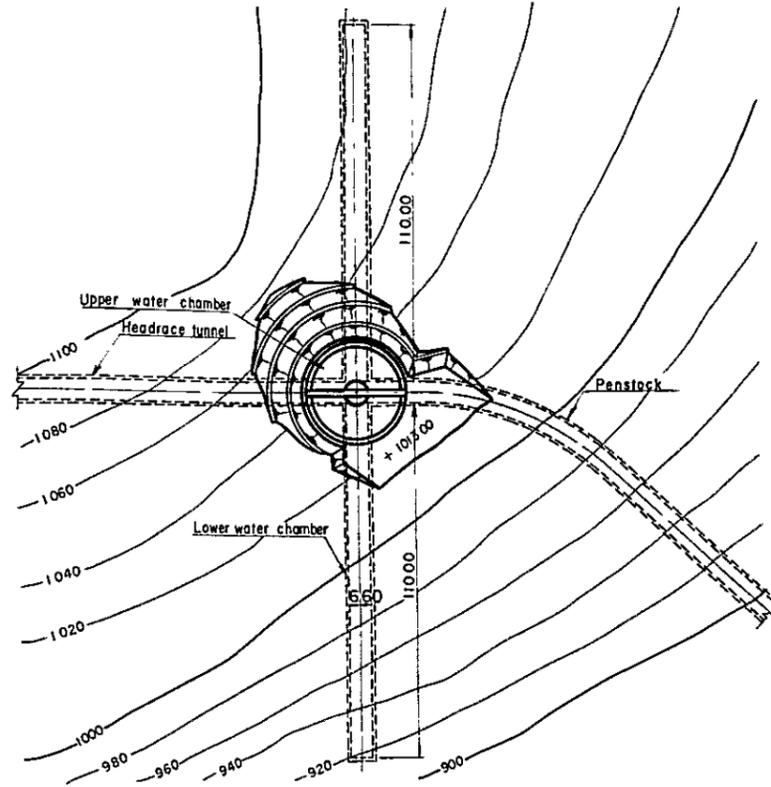


Fig.-IV.3.12 Dam (R-3)
Plan, Profile and Section

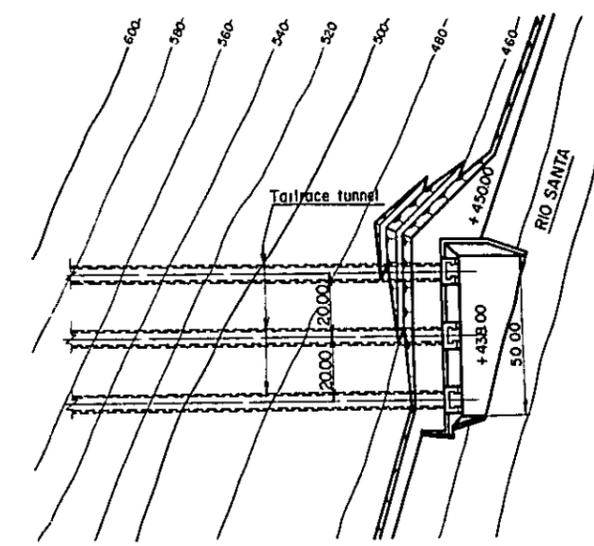
INTAKE PLAN



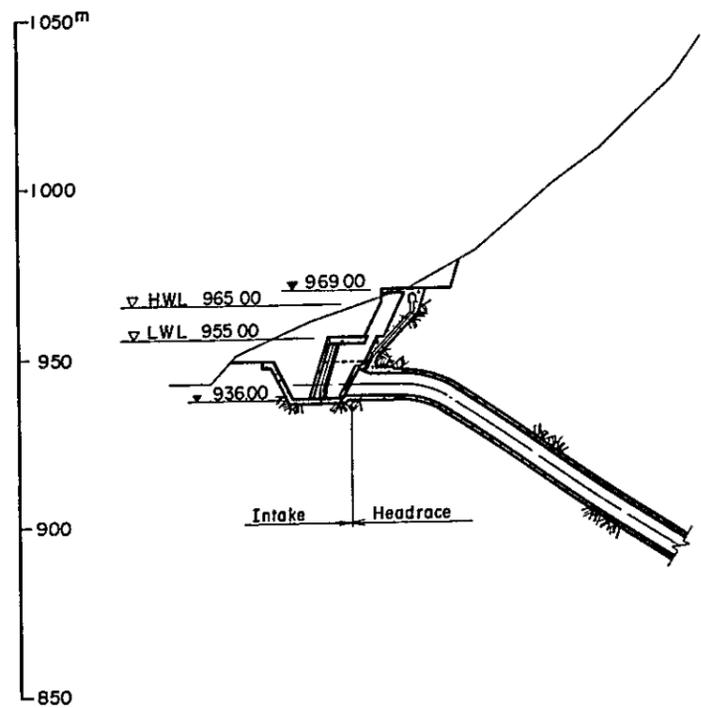
SURGE TANK PLAN



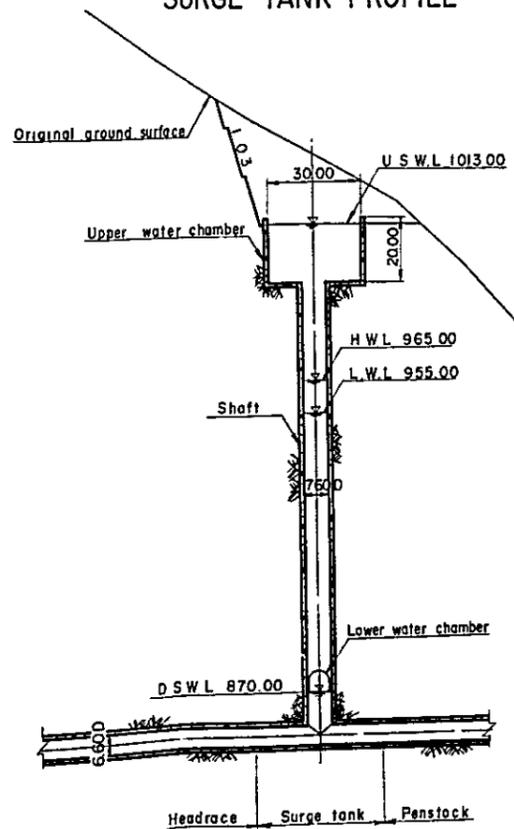
OUTLET PLAN



INTAKE PROFILE



SURGE TANK PROFILE



OUTLET PROFILE

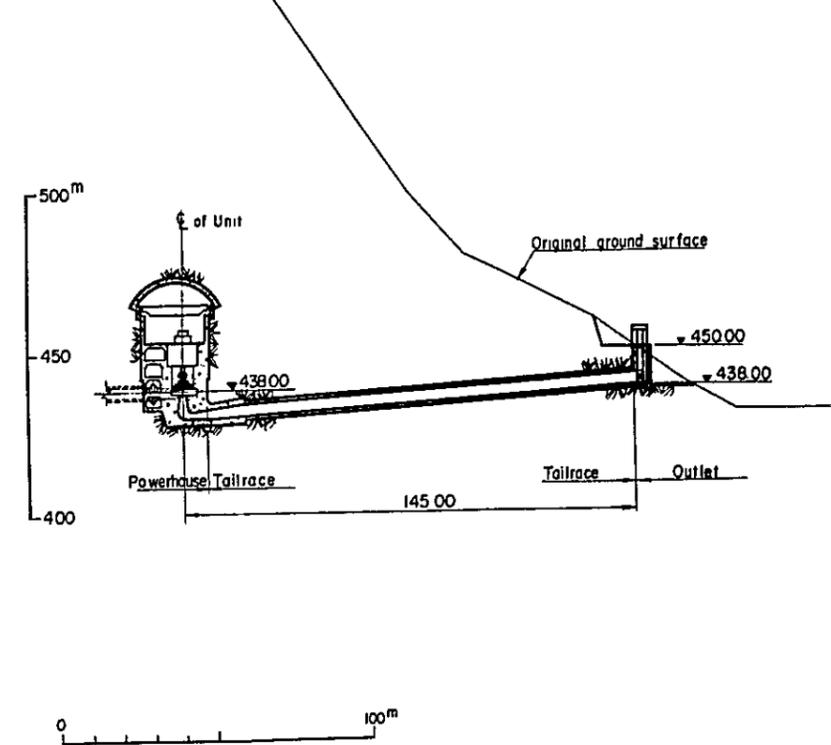


Fig.-IV.3.13 Intake, Surge Tank and Out let (R-3) Plan and Profile

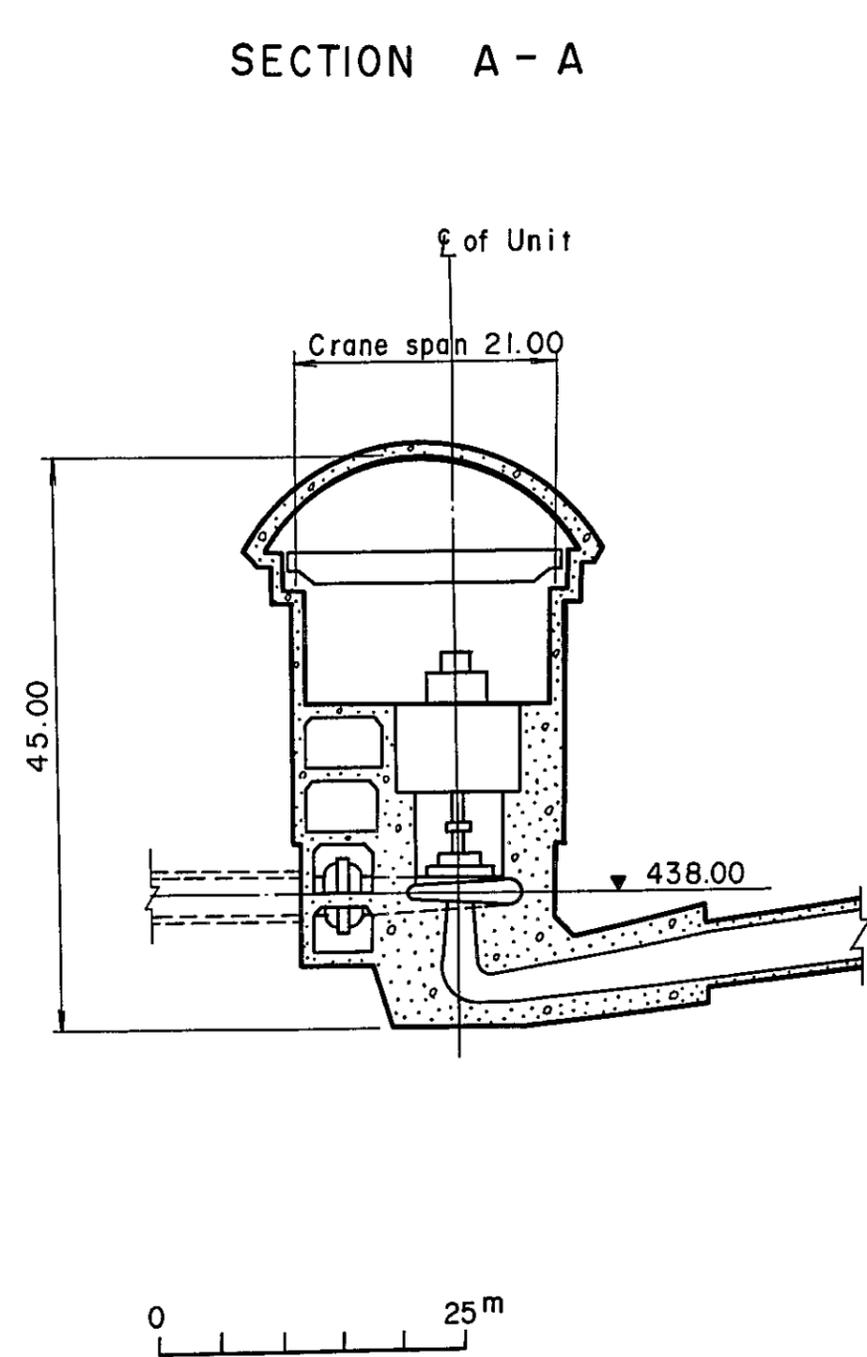
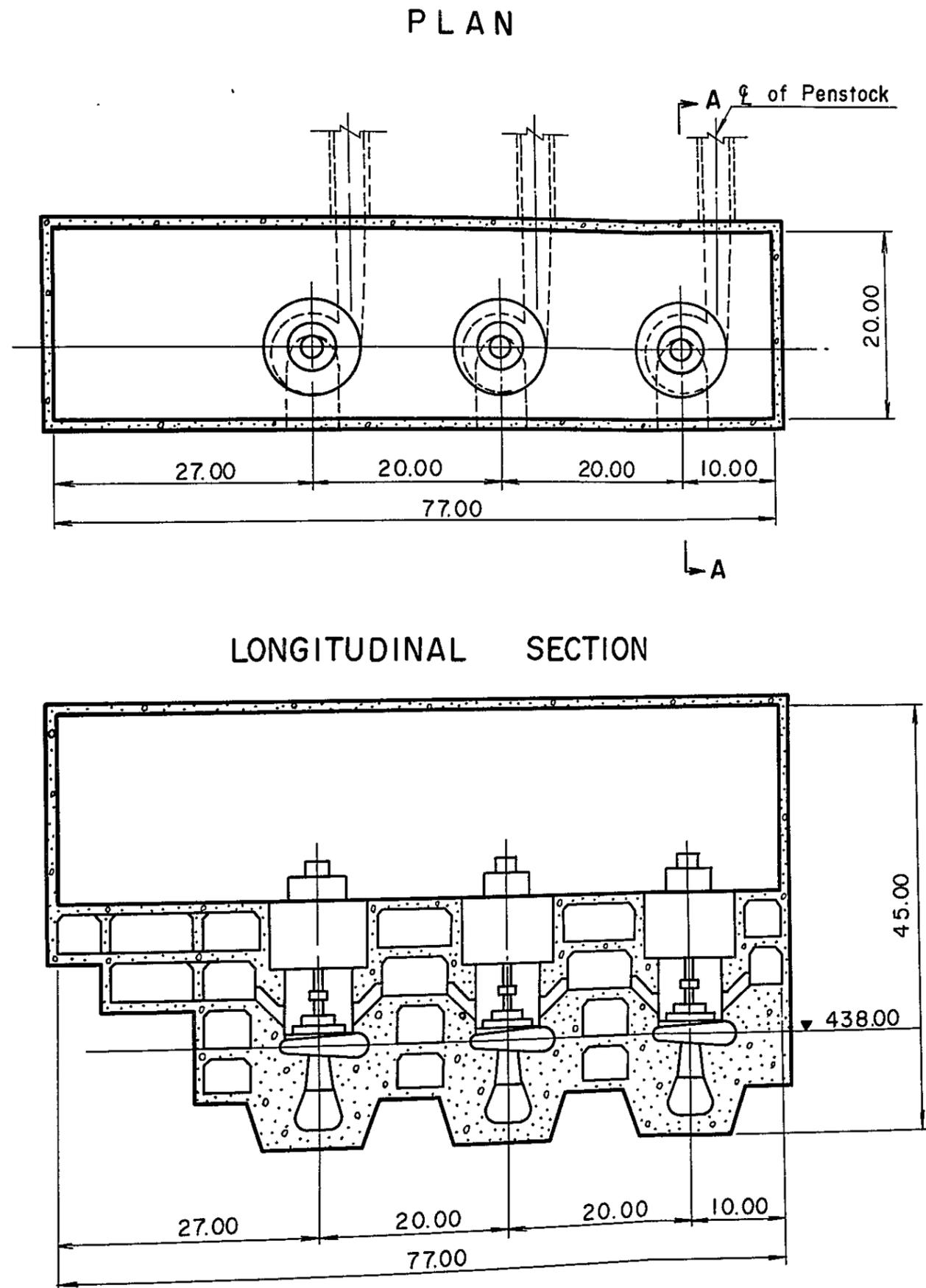
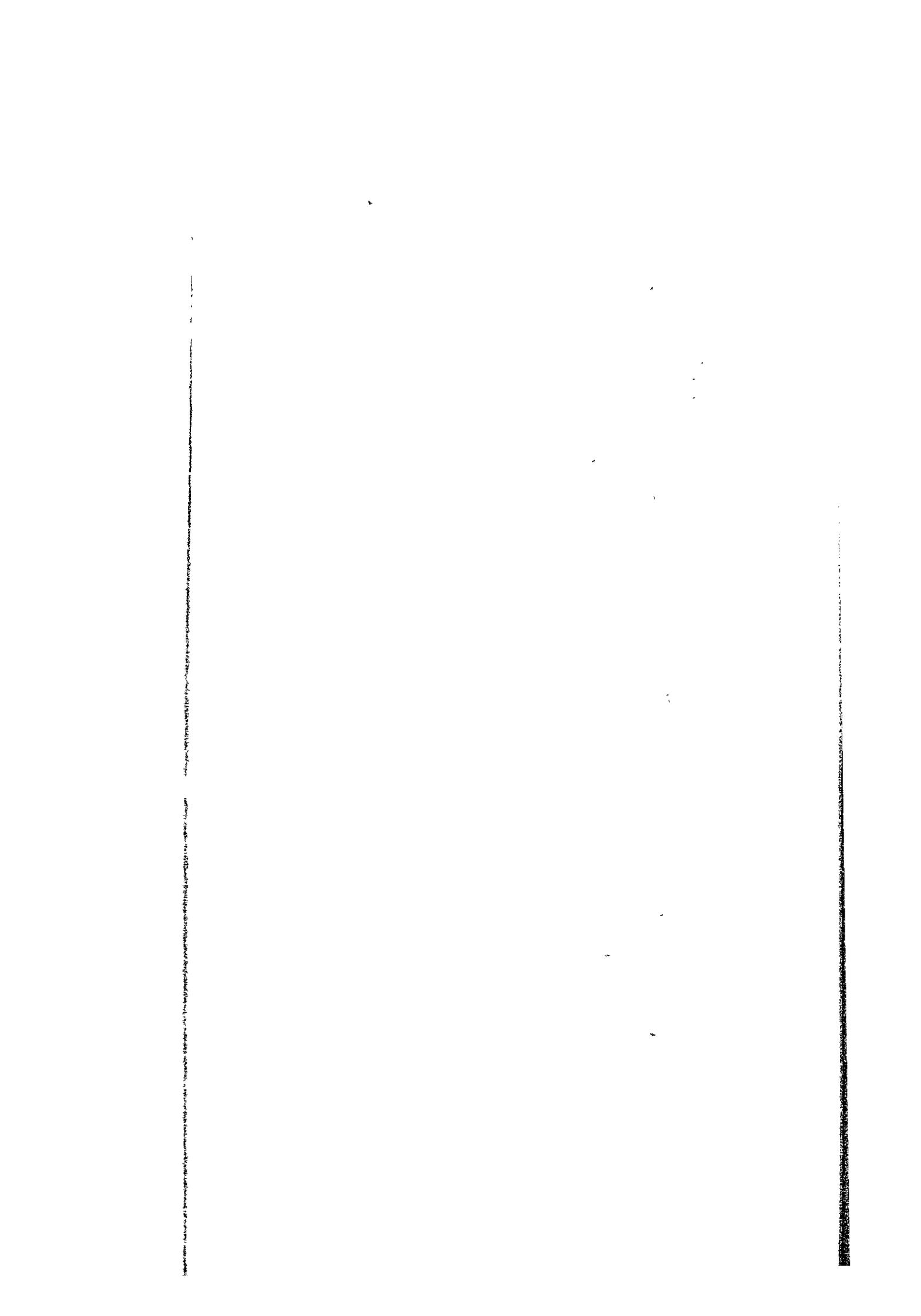


Fig.-IV.3.14 Powerhouse (R-3)
Plan, Profile and Section



3.5.4 送電および開閉所計画

(1) 送電計画

R 発電計画は 1995 年から順次開発され、この出力規模は 2,350 MW である。R 発電計画が全て開発される 1999 年時点の中央-北部地域の潮流分布は Fig- W. 3. 15 に示すとおりであり、需給バランス上、R 発電計画において発生された電力は Lima 方面の中央系と Trujillo, Piura 方面の北部系に分けられ送電される。

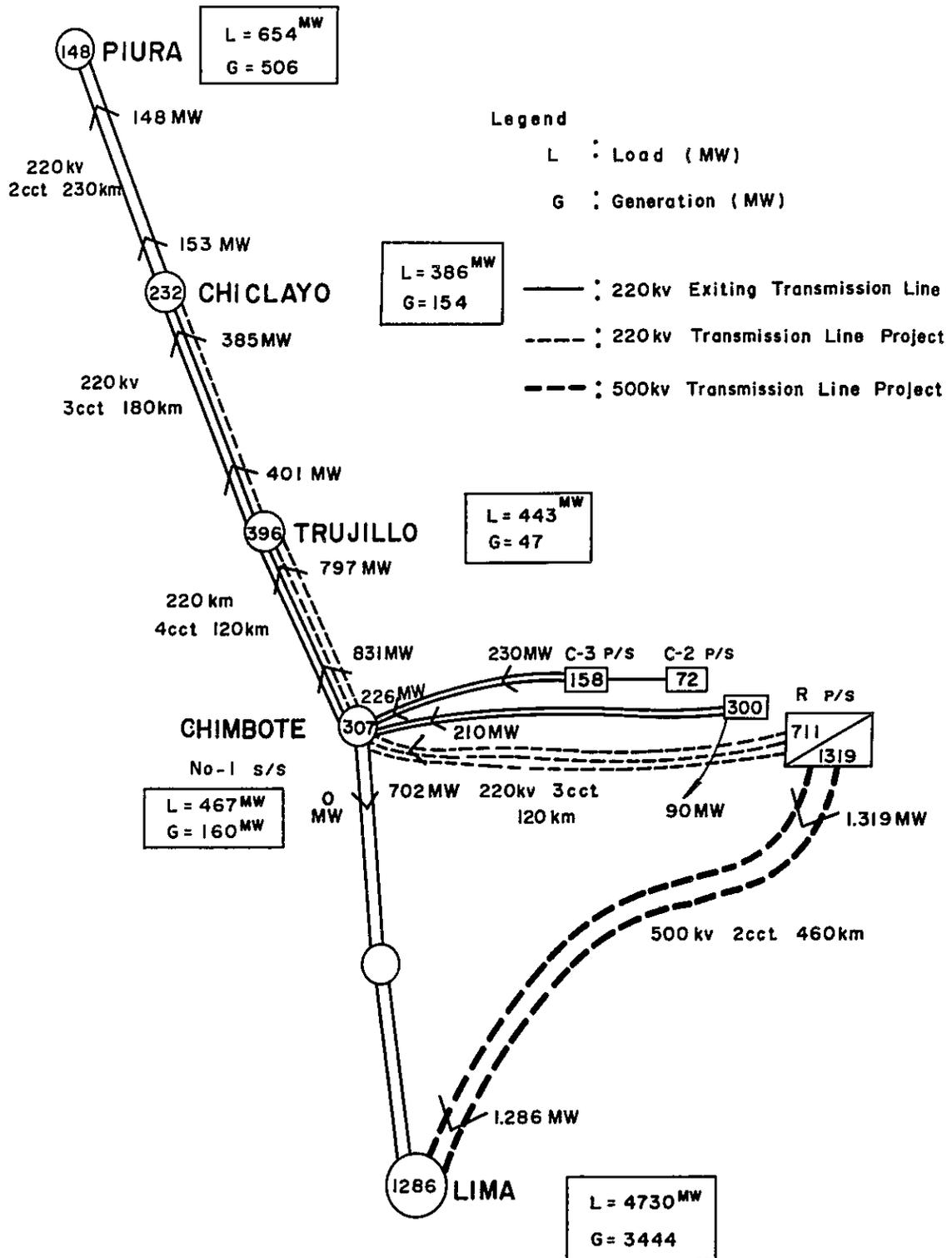
中央系向けの送電線は直接 Lima 変電所に接続するものとし、送電容量、距離等を考慮して新規の超高圧 500 kV 2 回線とする。

一方、北部系向けの送電線は既設に合わせて 220 kV 3 回線とし、Chimbote №-1 変電所で既設母線に接続するものとする。なお超高圧 500kV 送電施設の実現にあたっては高標高地におけるコロナ現象、海岸近接地での重塩塵害現象の調査研究を充分に行い対応すべきである。

(2) 開閉所

今回計画される R 発電計画の発電所地点は Santa 河の急峻な峡谷に位置するため、地上には開閉所のための十分な面積を確保することは困難である。したがって開閉所は地下に設置するものとし、SF6 ガスを使用した GIS 方式 (Gas Insulated Switchgear) を採用する方が得策であると考えられる。GIS 方式は従来の屋外開閉所に比べ大巾に小形、軽量となるので敷地面積は少なく済み、組立て輸送を多くするため現地作業も少なく、建設工事の省力化、工事工程の短縮が可能になり、本計画に適していると思われる。

Fig. IV.3.15 Forecast of Power Flow in 1999



3.6 工事費と工事工程

(1) 工事費

R-1, R-2 および R-3 発電計画の概算工事費の算定にあたっては、以下の条件を考慮する。

(i) 工事費は Fig-IV. 3. 2 ~ IV. 3. 4 に示す予備設計に基づいて算出する。

(ii) 工事単価は、Peru 共和国における水力発電計画の実績を考慮し、計画地点の地域条件を加味して算定する。

上記の条件を基に算定された概算工事費は、Table - IV. 3. 2, IV. 3. 3, IV. 3. 4 に示す通りであり、R-1 発電計画の実施に必要な工事費は $1,234.87 \times 10^6$ US\$。R-2 発電計画の実施に必要な工事費は 440.94×10^6 US\$。R-3 発電計画の実施に必要な工事費は 517.77×10^6 US\$ である。しかしながら、これらの概算工事費は、今後行われる諸調査の結果に基づいて、将来修正される必要がある。

(2) 工事工程

R-1, R-2 および R-3 発電計画の工事期間は、工事の期模、構造物の配置および地形、気候等の地域条件を考慮して検討した結果、夫々 9.5 年、6 年および 6.5 年程度必要となろう。調査工事および設計をも含めた概略工事工程を Fig - IV. 3. 16 に示す。

Fig - 7.3.16 Construction Schedule of R Series Hydropower Project

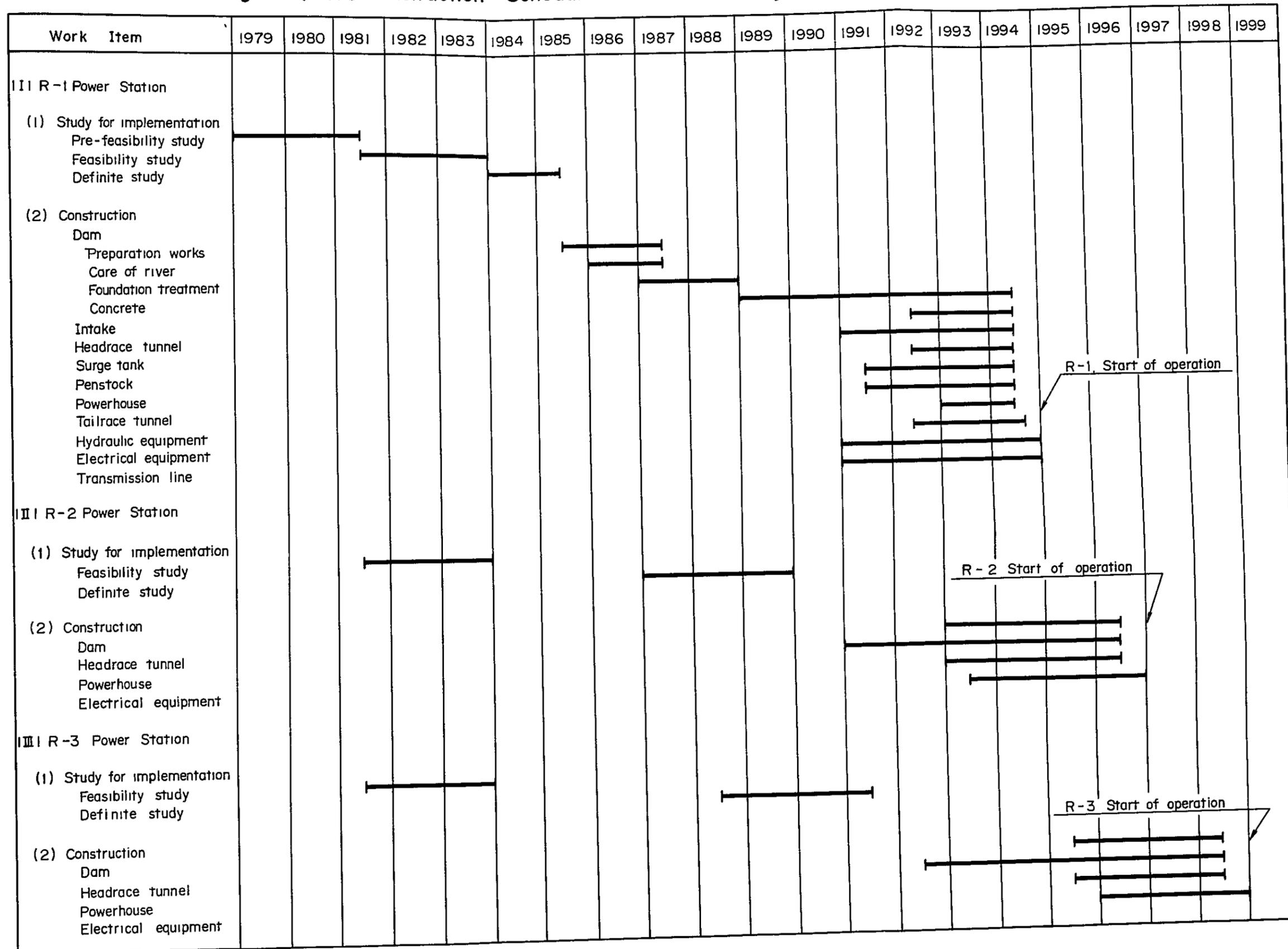


Table-IV.3.2 Summary of Estimated Construction Cost of R-1 Power Station

Work Item	Cost US\$
1) Care of River	6,338,000
2) Dam	365,981,000
3) Intake	21,388,000
4) Headrace Tunnel	37,140,000
5) Surge Tank	6,699,000
6) Penstock	67,362,000
7) Powerhouse	18,324,000
8) Tailrace Tunnel	2,760,000
9) Outlet	6,391,000
10) Access Tunnel	1,928,000
11) Under-ground Switchyard	6,460,000
12) Sub-total	540,771,000
13) Over Head	243,347,000
14) Electrical Equipment	118,330,000
15) Transmission Line	180,618,000
16) Total	1,083,066,000
17) 2ndary Sub-station	151,800,000
18) Grand Total	1,234,866,000

Item R-1 (1) Dam

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	4,629,000	10	46,290.0	Rock
2. Concrete in dam	"	5,430,700	45	244,381.5	
3. Concrete in pier	"	19,500	200	3,900.0	
4. Reinforcement	t	560	800	448.0	
5. Others	L.S			59,004.5	
Total				354,024.0	
Appurtenant Works					
1. Spillway gate	t	138	6,000	828.0	
2. Outlet gate	"	84	6,000	504.0	
3. Outlet tube	"	130	2,500	325.0	
4. Grouting	m	103,000	100	10,300.0	
Total				11,957.0	
Grand Total				365,981.0	

Item R-1 (2) Intake

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open Excavation	m ³	596,100	10	5,961.0	Rock
2. Concrete in structure	"	23,130	200	4,626.0	
3. Concrete in wall	"	30,660	160	4,905.6	
4. Reinforcement	t	1,157	800	925.6	
5. Others	L.S	1		3,283.8	
Total				19,702.0	
Appurtenant Works					
1. Gate	t	226	6,000	1,356.0	
2. Screen	"	110	3,000	330.0	
Total				1,686.0	
Grand Total				21,388.0	

Item R-1 (3) Headrace Tunnel

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	362,140	40	14,485.6	
2. Concrete in lining	"	96,370	160	15,419.2	
3. Reinforcement	t	2,887	800	2,309.6	
4. Others	L.S	1		3,221.6	
Total				35,436.0	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	17,040	100	1,704.0	
Total				1,704.0	
Grand Total				37,140.0	

Item R-1 (4) Surge Tank

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	54,500	10	545.0	
2. Excavation in chamber	"	16,230	40	649.2	
3. Shaft excavation	"	20,970	80	1,677.6	
4. Tunnel excavation	"	3,820	40	152.8	
5. Concrete in chamber	"	5,000	160	800.0	
6. Concrete in shaft	"	6,200	160	992.0	
7. Concrete in lining	"	1,320	160	211.2	
8. Reinforcement	t	578	800	462.4	
9. Others	L.S			1,098.8	
Total				6,589.0	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	1,100	100	110.0	
Total				110.0	
Grand Total				6,699.0	

Item R-1 (5) Penstock

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	75,540	80	6,043.2	
2. Fill-up Concrete	"	24,870	140	3,481.8	
3. Reinforcement	t	50	800	40.0	
4. Others	L.S	1		957.0	
Total				10,522.0	
Appurtenant Works					
1. Penstock	t	20,300	2,800	56,840.0	
Total				56,840.0	
Grand Total				67,362.0	

Item R-1 (6) Powerhouse

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Excavation in arch	m ³	25,330	60	1,519.8	
2. Excavation in body	"	80,560	40	3,222.4	
3. Concrete in arch	"	6,000	200	1,200.0	
4. Concrete in wall	"	8,620	200	1,724.0	
5. Concrete in base	"	1,160	160	185.6	
6. Concrete in foundation	"	13,290	200	2,658.0	
7. Concrete in slab	"	8,470	200	1,694.0	
8. Reinforcement	t	3,000	800	2,400.0	
9. Others	L.S	1		2,920.2	
Total				17,524.0	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	8,000	100	800.0	
Total				800.0	
Grand Total				18,324.0	

Item R-1 (7) Tailrace Tunnel

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel Excavation	m ³	17,270	55	949.85	
2. Concrete in lining	"	6,720	181	1,216.32	
3. Reinforcement	t	202	800	161.6	
4. Others	L.S	1		233.23	
Total				2,561.0	
Appurtenant Work					
1. Grouting	m	1,990	100	199.0	
Total				199.0	
Grand Total				2,760.0	

Item R-1 (8) Outlet

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	100,660	10	1,006.6	
2. Concrete in structure	"	7,610	200	1,522.0	
3. Concrete in wall	"	13,700	160	2,192.0	
4. Reinforcement	t	381	800	304.8	
5. Others	L.S			1,005.6	
Total				6,031.0	
Appurtenant Works					
1. Gate	t	60	6,000	360.0	
Total				360.0	
Grand Total				6,391.0	

Item R-1 (9) Access Tunnel

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	13,890	49	680.61	
2. Concrete in lining	"	4,720	172	811.84	
3. Reinforcement	t	142	800	113.6	
4. Others	L.S	1		321.95	
Total				1,928.0	

Item R-1 (10) Under-ground Switchyard

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Excavation	m ³	70,320	40	2,812.8	
2. Concrete	"	14,040	200	2,808.0	
3. Others	L.S			839.2	
Total				6,460.0	

Item R-1 (11) Electrical Equipment (Including Transportation and Installation)

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Turbine	Unit	4	5,720,000	22,880.0	
2. Generator	Unit	4	8,125,000	32,500.0	
3. Others	L.S	1		43,228.0	
Total				98,608.0	
1. Over Head	L.S	1		19,722.0	
Total				19,722.0	
Grand Total				118,330.0	

Item R-1 (12) 500KV Transmission Line

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Transmission Line	Km	460	300,000	138,000	
2. Contingencies	L.S			13,800	
3. Engineering Fee and Maintenance	"			10,626	
4. Interest during construction	"			18,192	
Total				180,618	

Item R-1 (13) 2ndary Sub-station

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Construction Cost	L.S			120,000	
2. Contingencies	"			12,000	
3. Engineering Fee and Maintenance	"			6,000	
4. Interest during construction	"			13,800	
Total				151,800	

Table-IV.3.3 Summary of Estimated Construction Cost of R-2 Power Station

Work Item	Cost US\$
1) Care of River	3,279,000
2) Dam	16,287,000
3) Intake	5,824,000
4) Headrace Tunnel	131,389,000
5) Surge Tank	6,144,000
6) Penstock	29,327,000
7) Powerhouse	12,669,000
8) Tailrace Tunnel	1,183,000
9) Outlet	2,630,000
10) Access Tunnel	805,000
11) Repair of Intake Structure	532,000
12) Under-ground Switchyard	5,060,000
13) Sub-total	215,129,000
14) Over Head	86,052,000
15) Electrical Equipment	62,556,000
16) Transmission Line	42,592,000
17) Total	406,329,000
18) 2ndary Sub-station	34,606,000
19) Grand Total	440,935,000

Item R-2 (1) Dam

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Rock excavation	m ³	50,900	10	509.0	
2. Concrete in dam	"	149,000	50	7,450.0	
3. Concrete in pier	"	3,130	200	626.0	
4. Concrete in guidewall	"	15,950	169	2,552.0	
5. Reinforcement	t	1,111	800	888.8	
6. Others	L.S	1		2,405.7	
Total				14,431.5	
Appurtenant Works					
1. Spillway gate	t	136	6,000	816.0	
2. Sand flush gate	"	12	6,000	72.0	
3. Steel pipe	m	27	2,500	67.5	
4. Grouting	"	9,000	100	900.0	
Total				1,855.5	
Grand Total				16,287.0	

Item R-2 (2) Under-ground Switchyard

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Excavation	m ³	56,256	40	2,250.0	
2. Concrete	"	11,232	200	2,246.0	
3. Others	L.S	1		564.0	
Total				5,060.0	

Item R-2 (3) Electrical Equipment (Including Transportation and Installation)

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Turbine	Unit	3	4,004,000	12,012.0	
2. Generator	Unit	3	5,460,000	16,380.0	
3. Others	L.S	1		23,738.0	
Total				52,130.0	
4. Over Head	L.S	1		10,426.0	
Total				10,426.0	
Grand Total				62,556.0	

Item R-2 (4)

220KV Transmission Line and 2ndary Sub-station

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Transmission Line Constraction Cost	Km	320	100,000	32,000.0	
2. Contingencies	L.S	1		3,200.0	
3. Engineering Fee and Maintenance	"	1		3,520.0	
4. Interest during construction	"	1		3,872.0	
Total				42,592.0	
1. 2ndary Sub-station Construction Cost	L.S	2	13,000	26,000.0	
2. Contingencies	"	1		2,600.0	
3. Engineering Fee and Maintenance	"	1		2,860.0	
4. Interest during construction	"	1		3,146.0	
Total				34,606.0	
Grand Total				77,198.0	

Table-IV.3.4 Summary of Estimated Construction Cost of R-3 Power Station

	Work Item	Cost US\$
1)	Care of River	3,305,000
2)	Dam	5,888,000
3)	Intake	3,082,000
4)	Headrace Tunnel	211,309,000
5)	Surge Tank	6,485,000
6)	Penstock	26,602,000
7)	Powerhouse	12,669,000
8)	Tailrace Tunnel	1,047,000
9)	Outlet	1,232,000
10)	Access Tunnel	805,000
11)	Under-ground Switchyard	5,060,000
12)	Sub-total	277,484,000
13)	Over Head	110,994,000
14)	Electrical Equipment	64,651,000
15)	Transmission Line	30,037,000
16)	Total	483,166,000
17)	2ndary Sub-station	34,606,000
18)	Grand Total	517,772,000

Item R-3 (1) Dam

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
<i>Direct Cost</i>					
1. Open excavation	m ³	30,500	10	305.0	
2. Concrete in dam	"	27,660	60	1,659.6	
3. Concrete in pier	"	4,170	200	834.0	
4. Concrete in guidewall	"	3,820	160	611.2	
5. Reinforcement	t	608	800	486.4	
6. Others	L.S	1		779.8	
Total				4,676.0	
<i>Appurtenant Works</i>					
1. Spillway gate	t	142	6,000	852.0	
2. Grouting	m	3,600	100	360.0	
Total				1,212.0	
Grand Total				5,888.0	

Item R-3 (2) Under-ground Switchyard

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Excavation	m ³	56,256	40	2,250.0	
2. Concrete	"	11,232	200	2,246.0	
3. Others	L.S	1		564.0	
Total				5,060.0	

Item R-3 (3) Electrical Equipment (Including Transportation and Installation)

Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Turbine	Unit	3	3,850,000	11,550.0	
2. Generator	Unit	3	6,020,000	18,060.0	
3. Others	L.S	1		24,266.0	
Total				53,876.0	
1. Over Head	L.S			10,775.0	
Total				10,775.0	
Grand Total				64,651.0	

Item R-3 (4)

220KV Transmission Line and 2ndary Sub-station

	Work	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1.	Transmission Line construction cost	Km	100	100,000	10,000.0	2 circuit
	" "	Km	180	70,000	12,600.0	1 circuit
2.	Contingencies	L.S	1		2,260.0	
3.	Engineering Fee and Maintenance	"	1		2,443.0	
4.	Interest during construction	"	1		2,734.0	
	Total				30,037.0	
5.	2ndary Sub-station Construction Cost		2	13,000	26,000.0	
6.	Contingencies	L.S	1		2,600.0	
7.	Engineering Fee and Maintenance	"	1		2,860.0	
8.	Interest during construction	"	1		3,146.0	
	Total				34,606.0	
	Grand Total				64,643.0	

第 4 章 経 済 評 価

4.1 経済評価の方法

第Ⅲ部第7章7.1で述べたC-2, C-3発電計画と同様に重油専焼火力発電設備のコストを便益に置き換え, R-1, R-2, R-3発電所の発電設備のコストと比較し, 便益費用比および超過便益を求めることにより行う。

4.2 年間費用

本計画の年間費用は下記の条件で求めることとする。

(i) 利子率：外貨, 内貨共に 8.0 %

(ii) 償却方法：減債基金法

(iii) 運転・維持・管理費

R-1 発電所は 1.6 %

R-2 及び R-3 発電所は 2.0 % とする。

以上の条件で求めた R-1 ~ R-3 発電所の年間費用は Table - IV. 4. 1 に示すとおりである。

4.3 年間便益

年間便益はⅢ部7.3に述べたC-2およびC-3発電所と同様とし, kW に対しては 84 US\$/kW, kWh に対しては 0.022 US\$/kWh とする。

また, 年間発生電力量は Table - IV. 4. 2 に示す通りである。この発生電力量は, 既設 Cañón del Pato 発電所が R-1 発電所を建設することにより, Santa 河より取水出来ず Quitaracusa 川の水のみで発電することになるので, 次の2ケースにつき検討した。

(i) Cañón del Pato 発電所は R 発電計画の全ての発電所の建設が終了する西暦 2,000 年には, ほぼ耐用年数が 50 年に達しているためこの補償については考えないとする場合。

(ii) Cañón del Pato 発電所 150,000 kW は Quitaracusa 川の年平均流量 11 m³/sec, 湧水量 6 m³/sec (上流 INIE 計画による貯水池ができているとする) のみにより発電し湧水時, 3 時間ピーク, 平均 5.5 時間ピークの発電所になると考え, 現在の電力量と比較し減少分を全て R 発電計画のマイナス便益とする。また, Cañón del Pato 発電所が 150,000 kW のピークを取れるようにするための設備費についても, これを R 発電計画が負担するものとして, マイナス便益として計上した場合。なお灌漑, 洪水防禦, 雪崩災害防禦等の効果は非常に大きい, これは余裕として考慮しなかった。

4.4 経済評価の結果

電力のみを考慮しても R 発電計画の B/C, B-C は Table - IV. 4. 2 に示す通りでその経済性

は、火力発電所と比較して1.56～1.69倍有利であり、年間 111×10^6 US\$～ 136×10^6 US\$の支出が火力発電の場合よりも少なくて済む。さらに、100,000 haの灌漑用水が確保され雪崩、洪水等の災害防禦効果を考慮すると、周辺地域にもたらすその経済的效果は大きい。

Table-IV.4.1 Annual Cost of R Hydropower Plants

(Unit : US\$ 10⁶)

Item	R-1		R-2		R-3	
	Investment cost	Annual cost	Investment cost	Annual cost	Investment cost	Annual cost
I. Interest and Depreciation	1,083.07	89.43	406.33	33.53	483.17	39.76
I-1. Civil work and Hydraulic Equipment	784.12	63.96	301.18	24.57	388.48	31.69
I-2. Electrical Equipment	118.33	10.08	62.56	5.33	64.65	5.51
I-3. Transmission Line	180.62	15.39	42.59	3.63	30.04	2.56
II. Maintenance, Operation and Administration Expenses	1,083.07	17.33	406.33	8.13	483.17	9.66
III. Total Annual Cost	-	106.76	-	41.66	-	49.42
IV. Annual Cost of Secondary Sub-station	151.80	15.97	34.61	3.64	34.64	3.64
IV-1. Interest and Depreciation	-	12.93	-	2.95	-	2.95
IV-2. Maintenance, Operation and Administration Expenses	-	3.04	-	0.69	-	0.69
Grand Total	1,234.87	122.73	440.94	45.3	517.81	53.06

Table-IV.4.2 Economic Evaluation of R Hydropower Plants

Item	Unit	R-1	R-2	R-3	Total
Installed Capacity	MW	1,320	490	540	2,350
Available Capacity	MW	1,320	490	540	2,350
Load Factor (Average)	%	35.6	39.7	43.4	38.1
" (Minimum)	%	30.0	30.0	30.1	30.0
Energy Production (Average)	10 ⁶ kWh	4,062	1,717	2,067	7,846
" (Minimum)	10 ⁶ kWh	3,468	1,288	1,424	6,180
Construction Cost	10 ⁶ US\$	1,083.07	406.33	483.17	1,972.57
Construction Cost per kW	US\$	821	829	895	839
Construction Cost per kWh (Annual Average)	US\$	0.267	0.237	0.234	0.251
Annual Cost	10 ⁶ US\$	106.76	41.66	49.42	197.84
Benefit	10 ⁶ US\$	184.03	70.50	79.57	334.10
Benefit Cost Ratio (B/C)		1.72	1.69	1.61	1.69
Annual Surplus Benefit (B - C)	10 ⁶ US\$	77.27	28.84	30.15	136.26
* Decrease of Annual Benefit	10 ⁶ US\$	14.0	5.20	5.80	25.00
Benefit Cost Ratio (B/C)		1.59	1.57	1.49	1.56
Annual Surplus Benefit (B - C)	10 ⁶ US\$	63.27	23.64	24.35	111.26

* These values were calculated based on the reduction in benefit of Cañón del Pato Power Station due to reduction in kWh caused by completion of R-1 Power Station.

第 5 章 今後の調査

R 発電計画の発電所（計 2,350 MW）の開発の可能性は、全て R-1 ダム建設の技術的可能性と貯水池に流入する堆砂量の推定にかかっている。したがって、先づ必要とされる今後の調査は、R-1 発電計画に関するもので、以下の通りである。

5.1 水文調査

- (1) 本計画区域内に、気象観測所を設け、R-1 貯水池に影響をおよぼすであろう気温、湿度、蒸発量に関して観測を行う必要がある。設置場所としては、維持、管理の面から考えて Cañon del Pato の既設取水口および Caraz が適当であると思われる。
- (2) Santa 河浮遊流下土砂並びに河床流下砂礫量の推定、調査。
- (3) Cordillera Blanca の雪崩（Huayco）の資料収集を行い、流下土砂量の推定を行う事。
- (4) Huayco による河床流下土砂量を調査する方法として、下記に掲げる事項が考えられる。
 - (i) 河床にカーボンを埋設して、洪水発生後のその流出、移動等について調査する。
 - (ii) 航空写真による調査。

5.2 地形および地質調査

今後必要な調査事項は、下記の通りである。

- (i) R-1 ダム・サイトの $\frac{1}{5,000}$ および $\frac{1}{25,000}$ の地形図と地表踏査による地質図を作成すること。
- (ii) ダムサイト付近の $\frac{1}{1,000}$ 地形図を航測図化により作成すること。
- (iii) 物理探査による内部地質の推定を行う事。…… 4 km
- (iv) R-1 貯水池内の地滑りの可能性についての調査を行うこと。
- (v) 上記作業のために調査用小道を建設すること。

5.3 地震調査

5.3.1 耐震設計

近年耐震設計の手法として、構造物の震動性状と強度、構造材料の動力性質等を究明して、総合的にその構造物の耐震性を評価するという手法が提案されている。この基本的方針は R-1 ダムに対してもそのまま適用できるが、必要とされる諸資料は現在のところ殆ど未だ得られていないので、今後の調査で解明されねばならない。特に現地での地震観測は早急に着手される必要がある。

また、ダム地震時の安定性を検討する際にはダム本体についてのみならず、ダムの基礎地盤や貯水池周辺の斜面の安定性についても調査されなければならない。湖底およびその周辺では地盤内の応力や地下水位、間隙水圧がダムの集造や貯水により変化するので、地盤の流動化や斜面の滑動、崩壊等に対して、不利な条件が新たに発生しないかどうか充分調査する必要がある。

5.3.2 地震観測

地震観測はダム軸近傍で実施されるのが適当と考えられるが、その際地震観測設備を設置する地点は、次の各項目を満足するような場所であることが望ましい。

- (1) 急崖や山頂付近あるいは厚い軟弱地盤上のように特殊な振動性状を示す場所でないこと。
- (2) 車輛通行の頻繁な道路や飛行場、また牛、馬、羊の通行路から離れていること。
- (3) 電動機、発電機、コンプレッサ等の振動機器の影響をうけにくい地点であること。
- (4) 機器の安定に悪影響を与えるような高温や低温、高湿度の場所、冠水する恐れのある場所、また強風や突風の影響を受けやすい場所等は避けること。
- (5) 保守点検のための接近が安全で、交流電源の確保が容易な場所であること。
- (6) 誘導電流による障害を避けるため、強大な電流の流れる電力線や変圧器の近傍あるいは落雷の危険性のある場所から離れること。

上記を勘案すると地震計の設置場所としては本計画区域内ではCañon del Pato発電所の地下沈砂池内が適当と思われる。また出来ればダムの天端付近になるであろう標高の左右岸に地震計を1セットずつ、地下沈砂池内の1セットと合わせて合計3セット設置するのが望ましい。

また設置機器は水平方向2成分、鉛直方向1成分、合計3成分の地震動を感知するため、東西方向、南北方向、鉛直方向に1台ずつ電磁式換振器を設置するようにする。

APPENDIX

- A.1 C-1 発電計画の使用水量の検討
- A.2 C-2 発電所の必要調整容量の検討
- A.3 Santa 計画における水車型式および台数の選定
- A.4 C-3 発電所緊急用独立取水口について
- A.5 Basic Data

