

清平揚水發電所 建設에 關하여

沈 喜 燮
(韓國電力(株)第一建設部長)

1. 序言

1962年 第一次 經濟開發五個年계획의 實施 以來 꾸준히 持續해온 政府의 經濟開發政策은 마침내 各種 産業의 눈부신 發達과 함께 高度의 經濟成長을 이룩하였고 이와 同時에 國民生活 水準의 驚異的 向上을 招來하였음은 周知의 事實이다.

이러한 國家産業經濟의 發達과 國民生活水準의 向上에 必的의 隨伴要件中에서도 가장 重要하다고 할 수 있는 産業用 動力이나 生活用 電力을 良質로서 適期에 供給하여야 하는 莫重한 任務를 띠고 있는 우리 會社에서는, 産業經濟의 成長度에 따른 電力需要를 蹉跌없이 供給키 爲한 長期電源開發계획을 樹立하고 위로는 社長任을 爲始하여 아래로는 末端의 工事監督員에 이르기까지 全職員이 渾然一體가 되어 꾸준히 發電所 建設에 注力하여 왔으며 第四次 經濟開發五個年계획이 끝나는 1981年 末까지 約 10,400MW의 發電設備確保를 目標로 하여 平澤火力 #1, #2, #5, 蔚山火力 #5, #6, 西

海火力 #1 등을 竣工계획으로, 81年 以後를 爲하여 平澤火力 #6, 三千浦火力 #1, #2, 高亭火力 #1, #2, 西海火力 #2, 三浪津揚水 #1, #2 및 原子力 #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 등 많은 發電所를 現在 建設中이며 清平揚水發電所 #1, #2도 이의 一環으로 1974年에 着手하여 1號機는 79年 10月末에 이미 竣工을 시켰고 80年 1月末까지는 2號機를 稼動시킬 豫定으로 建設에 拍車를 加하고 있다.

이 清平揚水發電所는 電力系統의 尖頭 및 豫備負荷를 擔當할 設備로서 國內에서는 最初로 계획되어 建設하고 있는 高落差 大容量의 純揚水式發電所라는 點에서 意義가 크다고 生覺한다. 여기에서 揚水式發電所의 理解를 圖謀키 爲하여 揚水式發電所의 一般的인 概要를 簡單히 記述한 後에 清平揚水發電所의 建設에 關하여 言及하고자 한다.

2. 揚水式發電所의 概要

揚水式發電所는 深夜와 같은 輕負荷時에 火力이나 原子力發電所의 電力을 揚水資源으로 利

用하여 下部貯水池의 貯留水를 上部貯水池에 揚水하였다가 晝間의 重負荷時에 貯水池 內水를 急流下시키면서 發電하는 方式의 發電所이다. 即 不必要時 剩餘의 電力에너지를 水資源 에너지로 變換貯藏하였다가 必要時에 電力에너지로 置換使用함으로써 電力需給의 便宜를 圖謀코자 하는 方式인 것이다.

이러한 揚水式發電所를 開發함으로써 얻게 되는 利點으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

① 一般發電所 稼動은 一定한 負荷로써 繼續 運轉하는 것이 機器壽命, 熱效率, 運轉 등의 면에서 有利함에도 低負荷時에 不可避 減發運轉해야 하는데 揚水式發電所를 建設함으로써 低負荷時에도 減發하지 않고 剩餘電力을 揚水資源에 利用케 함으로써 運轉費用을 節減하고 實質的 發電效率 向上을 期할 수 있게 된다.

② 揚水式發電所는 起動性이 敏捷하므로 尖頭負荷時의 供給力이 優秀할뿐 아니라 大容量發電所의 事故時에도 即時 對應할 수 있는 長點이 있다. 發電機를 完全히 停止한 後 다시 稼動하기 始作하여 全出力을 내기까지 所要되는 時間은 原子力發電所가 約 3日, 汽力發電所가 約 24時間 걸려야 하는데 揚水發電所는 不過 5分으로 可能할 程度로 即應性이 뛰어난 것이다.

③ 文明의 發達에 따라 電力의 需要는 增大되며 이의 供給을 爲하여 大單位의 火力이나 原子力發電所 設備를 함으로써 負荷率은 낮아지고 尖頭負荷가 增大하게 되는데 揚水式發電所로 하여금 尖頭負荷의 一部를 擔當케 함으로써 火力 및 原子力을 包含하는 全電力系統의 經濟的 運用을 可能케 하고 設備規模 및 構成을 適正化 할 수 있게 한다. 揚水式發電所의 比率은 系統容量의 7~10% 水力 全體는 15~20% 일때가 系統運用上 가장 經濟的인 供給力 構成이라고 한다.

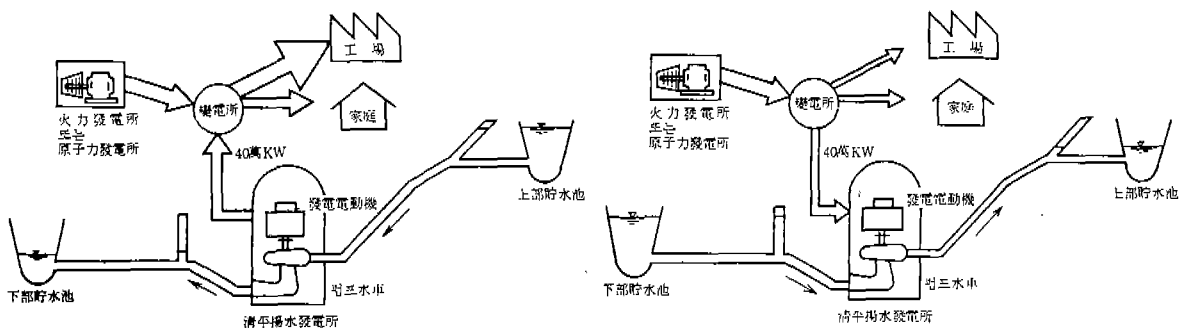
④ 揚水式發電所는 他 火力·原子力으로부터

受電하여 揚水하였다가 다시 流下시키면서 發電하게 되므로 그 過程에서 約 30% 程度의 에너지 損失이 있게 되나 低負荷時 發電原價가 低廉한 電力을 利用하여 揚水하고 尖頭負荷時 高原價發電으로 代替活用하는 것이므로 全體的인 發電原價를 節減할 수 있게 된다.

⑤ 大單位發電所 特히 原子力發電所의 不意의 停止에 對備할 수 있으므로 全體 電力系統의 信賴度를 向上시킬 수 있는 등의 利點이 있는 것이다.

우리나라에서 揚水式發電所 開發을 하게 된 事由를 說明키 爲하여는 우리나라도 이제는 上記한 바와 같은 揚水式發電所의 여러가지 利點을 利用해야 하는 立場이 되었음을 言及하지 않을 수 없다. 石油의 生産이 아직 전혀 없는 우리나라로서는 天然의 水資源을 電力에너지로 變換使用함으로써 燃料費가 들지 않아 經濟性이 있는 一般水力發電所의 開發이 所望스러운 일 이기는 하나 一時에 많은 建設費의 投資를 要하고 工事期間이 長久한 短點이 있을 뿐 아니라, 國土가 狹小하여 良好한 立地條件을 가진 一般水力地點이 稀少한 關係로 이의 開發이 不振한 한편 急激한 國家經濟成長에 따른 電力需要에 對備키 爲하여, 比較的 적은 投資를 하여 短期間에 大容量의 設備를 할 수 있는 火力發電所와, 燃料費가 싼 原子力發電所의 建設에 置重되게 되어 1979年 10月 現在 約 90%를 火力 및 原子力發電所가 占하게 되었다.

이와같이 發電所容量이 大型化되어감에 따라 尖頭負荷設備의 確保가 必要하게 되고 火力·原子力의 占有率 增大로 揚水式發電所의 揚水資源을 얻기 쉽게 됨으로써 水力, 舊式火力, Gas-Turbine, Diesel-Engine 등 他의 尖頭負荷設備에 比하여 우리나라 與件上 建設이 容易하고 負荷變動에 對한 即應性이 있어 尖頭負荷에 對한 供給力이 優秀할 뿐 아니라 低廉한



[그림 1] 揚水式發電所 原理說明圖

建設單價로서 大規模尖頭負荷設備가 可能한 揚水式尖頭負荷設備를 계획하게 된 것이며 本 淸平揚水發電所가 처음으로 계획되어 建設케 된 것이다.

近來에는 펌프터빈技術의 進歩에 따라 高落差 大容量單位의 製作이 可能하게 되고 系統規模의 擴大로 大規模揚水式發電所의 建設이 可能하게 되었으며 또한 터널, 댐 등 大規模 土木工事의 機械化 施工技術의 飛躍的인 進歩를 보게 되어 揚水發電所 建設單價를 더욱 低廉하게 할 수 있게 되므로 火力, 原子力과 揚水式發電所를 組合하여 電力供給계획을 樹立하는 것이 世界的 傾向인 것이다.

3. 淸平揚水發電所 建設概要

淸平揚水發電所의 地點選定으로부터 各種 設備의 계획 設計 및 施工概要를 보면 아래와 같다.

1. 地點의 選定 및 規模 決定

揚水式發電所는 一般水力發電所에 比하여 地點의 選定이 比較的 自由로운 편이긴 하나 揚水 및 發電時에 에너지損失이 많은만큼 火力과 의 對比에서 經濟性이 있도록 하기 爲하여 建

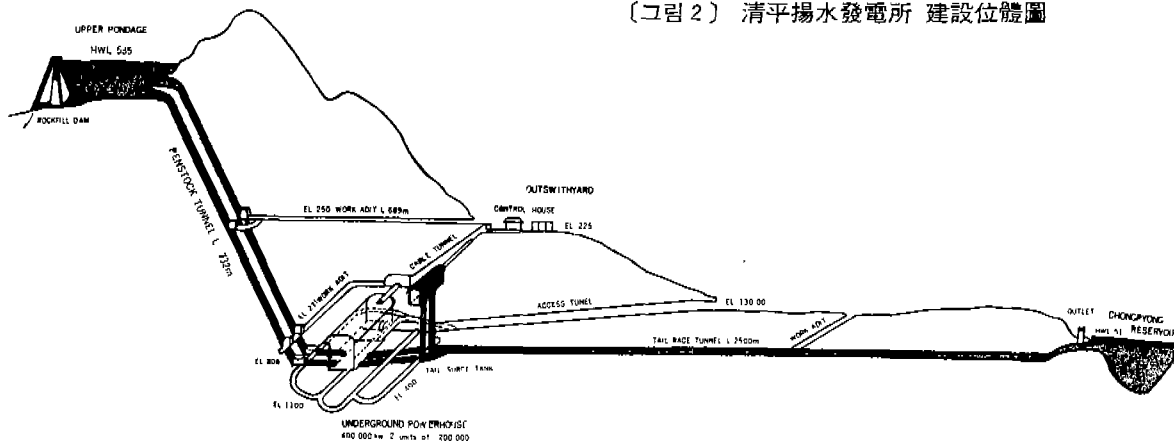
設單價를 可及의 낮추지 않으면 안되므로 本地點 選定時 다음 事項을 重要視하였다.

- ① 上部貯水池와 下部貯水池 間의 高低差를 크게 하여 高落差를 얻게 하되 水路延長 및 斷面을 最少가 되도록 하고,
- ② 댐, 貯水池, 터널取防水口 등 各種 構造物 地點은 地形 및 地質의 條件이 優秀하고 補償問題가 적고,
- ③ 建設用 機資材의 運搬을 爲한 輸送條件이 良好하여야 하고,
- ④ 送電經費 및 損失을 可及의 줄일 수 있는 地點일 것 등이다.

그리하여 下部貯水池는 平常水位가 49.5m인 現 淸平貯水池를 利用키로 하고 上部貯水池는 경기도 加平郡 外西面 福長里 即, 現 淸平貯水池 右岸側 標高 約 530m 高地에 그리고 댐은 朝宗川 無名 支流의 合流點으로부터 3.5km 上流의 標高 約 480m 高地에 選定하여 1日 6時間 發電可能容量의 貯水池를 築造함으로써 施設容量 400MW(200MW×2基)의 純揚水式發電所를 계획하게 된 것이다. 施設規模를 決定時는 全力系統의 運轉樣相, 需給條件과 該地點의 地形 條件 등에 依하여 綜合檢討하여 發電原價가 低廉하고 높은 便益-經費比率을 얻게 되는 容量으로 定하게 된 것이다.

發電所의 型式은 純揚水式地下發電所로서 揚

(그림 2) 淸平揚水發電所 建設位體圖



水 및 發電機能을 兼한 200MW級 可逆펌프터빈 2基를 設置하여 年間 發電量 240,000,000 KWH로 계획되었으며 總工事費는 外資 日本商業借款 \$47,983,000와 內資 ₩45,661,000,000를 投入하여 技術者, 技能工, 勞務者, 事務職 등 延動員人員 約 920,000名에 依하여 建設하는 것으로 계획된 것이다.

量化하는 것으로 계획하였으며 主댐은 朝宗川 無名支流의 合流點으로부터 3.5km 上流部에 位置를 定하고 地形, 地質條件 및 工事費 등을 綜合檢討하여 淸平天端標高를 538m로 하는 中央遮水壁式 砂礫댐을 築造하는 것으로 하고 右岸側 낮은 地帶에는 같은 型式의 副댐을 設置하는 것으로 계획하였다.

2. 各種 設備의 계획·設計 및 施工 概要

本發電所의 設備系統을 發電時의 流下順으로 羅列하면 上部貯水池(主댐, 副댐)→取水口→水壓鐵管터널→地下發電所(펌프터빈)→吸出터널→調壓水槽→放水터널→放水口→下部貯水池의 順으로 되어 있으며 이 以外에 發電所進入用터널, 屋外變電所로부터 發電所까지의 母線터널과 地上에는 屋外變電所, 操縱室 其他 附屬建物 등을 계획하였고 터널掘鑿作業의 能率을 올리기 爲하여 數個所에 作業터널을 계획하였다. 다음에 各 設備의 概要를 簡單히 記述하고자 한다.

① 上部貯水池 및 淸平

上部貯水池는 現 淸平貯水池 右岸 山頂에 1日 6時間의 發電을 爲해 有效貯水容量 2,408,000m³을 갖도록 하기 爲하여 2個의 淸平 淸平하고 池內床部를 990,000m³ 掘鑿하여 貯水池容

<上部貯水池(Upper Pondage)>

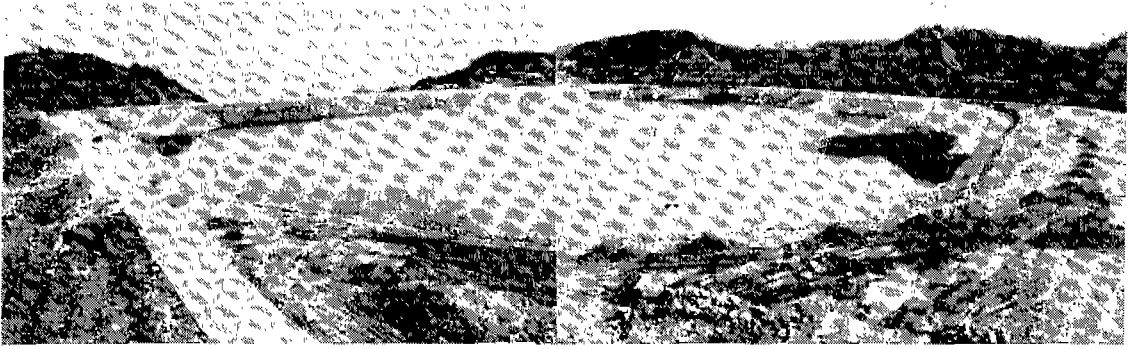
最高水位: 535.0m
 最低水位: 514.0m
 總貯水量: 2,677,000m³
 有效貯水量: 2,408,000m³
 利用水深: 21.0m
 滿水面積: 149,400m²

<主댐(Main dam)>

댐 型式: 中央心壁型砂礫댐(Center core type rockfill dam)
 淸平天端標高: 538.0m
 淸平 高: 62.0m
 淸平天端延長: 290.0m
 淸平天端幅: 10.0m
 法面勾配: 上流側 1對2.3 下流側 1對1.7
 淸平 體積: 1,046,000m³

<副댐(Saddle dam)>

댐 型式: 中央心壁型砂礫댐
 淸平天端標高: 538.0m
 淸平 高: 24.0m
 淸平天端延長: 220.0m



[사진 1] 上部貯水池의 淡水 後 光景

댐 天 端 幅 : 10.0 m

法 面 勾 配 : 上流側 1對2.3 下流側 1對1.7

댐 體 積 : 202,400m³

上部貯水池 地域의 地質은 調查結果, 帶狀의 片麻巖, 結晶狀石灰巖, 角閃石質片麻岩과 閃長巖 質페그마타이트로 構成되고 큰 斷層地域이나 破片巖이 없는 것으로 나타났으나 地層構成이 表土層, 風化巖層 및 硬巖層으로 되어 있어 貯水池의 漏水防止를 爲하여 댐基礎部 및 貯水池周圍에 그라우팅工을 實施키로 하였으며 댐은 築造材料를 近處에서 求得하기 쉬운 利點 때문에 가장 經濟的으로 築造가 可能한 砂礫댐으로 決定된 것이며 따라서 이의 安定度 計算은 水平地震係數 0.05를 考慮하여 圓弧滑動에 對한 檢討가 實施되었으며 貯水池內 水位의 갑작스런 變更에 依한 間隙水壓의 影響이나 基礎地盤의 下向傾斜로 因한 滑動 등에 對하여도 綿密히 檢討되었다.

上部貯水池는 山頂에 位置하여 排水盆地가 狹少함으로 流入地表水의 大部分은 周邊道路의 排水溝를 따라 밖으로 排水되도록 하여 餘水路는 考慮할 必要가 없었다. 댐의 築堤土工量中 心壁과 捨石材의 一部는 貯水池 敷地掘鑿時에 發生하는 것을 流用하고 捨石材의 一部는 右岸約 600m 近處에서 石山을 開發하여 使用하는 것

으로 設計하였다.

石山 開發 結果 大石 生産率이 豫想과 다름을 發見하고 即時 石山 生産條件에 맞추어 댐의 機能 및 安定上 問題가 없도록 댐築造 斷面의 一部를 變更實施함으로써 工事費나 工期上의 問題를 無難히 解決할 수 있었다.

1976年 7月 貯水池工事が 着工되어 貯水池 掘鑿, 假물막이, 댐基礎掘鑿, 基礎處理 및 本體築造 등의 工事が 順次的으로 實施되어 이 미 79年 8月에는 貯水池와 댐이 모두 完成되었다.

② 取水口(Intake)

型 式 : 鐵筋콘크리트構造(水平鍾口式)

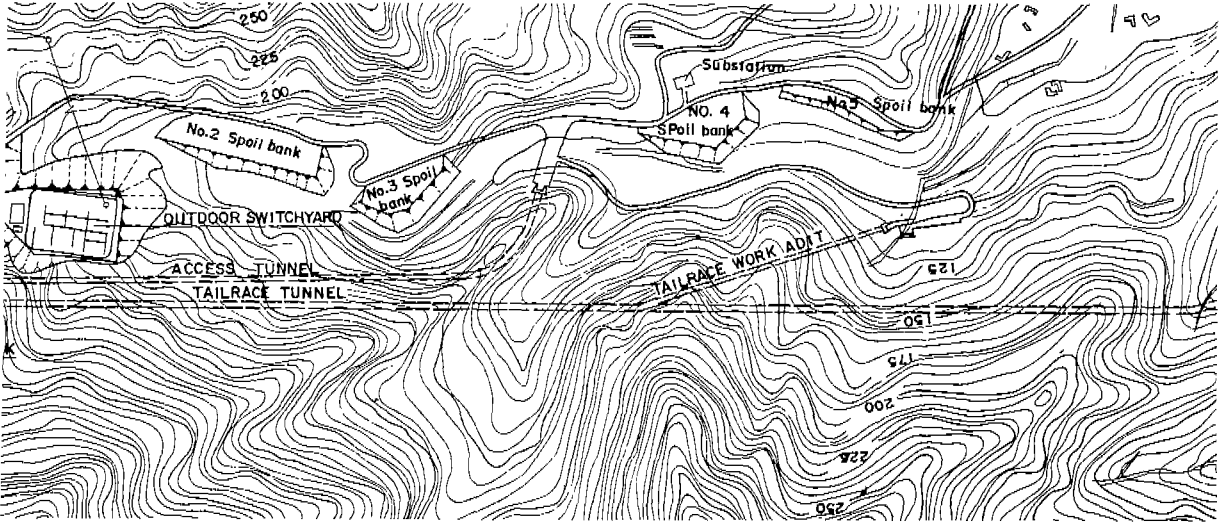
個 數 : 2個

바닥標高 : 504.8m

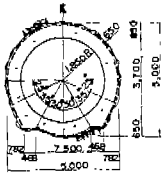
스톱·로그(stop log) : 1組 3.6m×3.6m

取水口는 貯水池의 有效水深, 泥土質沈澱, 地形, 地質, 水路構造物의 方向 및 水理學的 條件에 따라 配置되고 構造가 設計되는바, 上部貯水池는 流域이 적고 下部로부터 清水를 揚水하는 關係로 沈澱에 對한 問題는 없고 地質도 良好하여, 揚水와 發電의 作動週期에 對하여 逆流狀態가 될 수 있도록 하고 流速의 均等分布와 渦流發生防止를 爲한 水理學的 理由로서 그 型狀을 水平型鍾口式으로 決定하고 最大 流量에서 平均流入速度는 約 0.75m/sec가 되도록

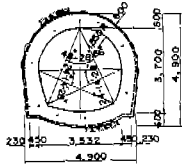
KOREA ELECTRIC COMPANY	TITLE OF DWG WATERWAY PLAN, PROFILE AND TYPICAL SECTIONS
------------------------	--



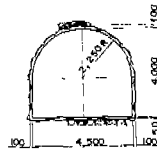
SCALE A 1



DRAFT TUNNEL



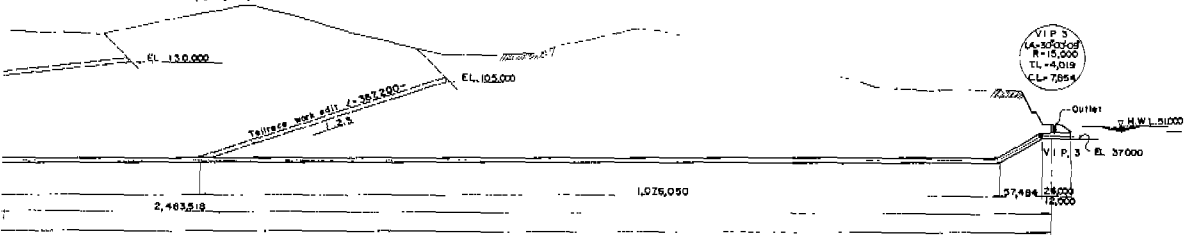
TAILRACE TUNNEL



TAILRACE WORK ADIT

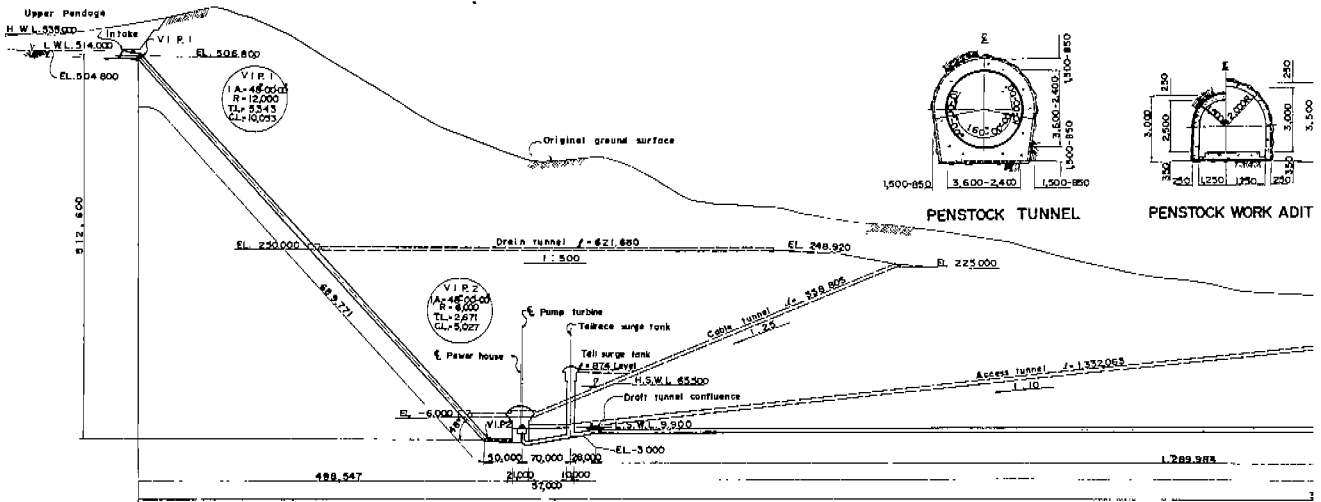
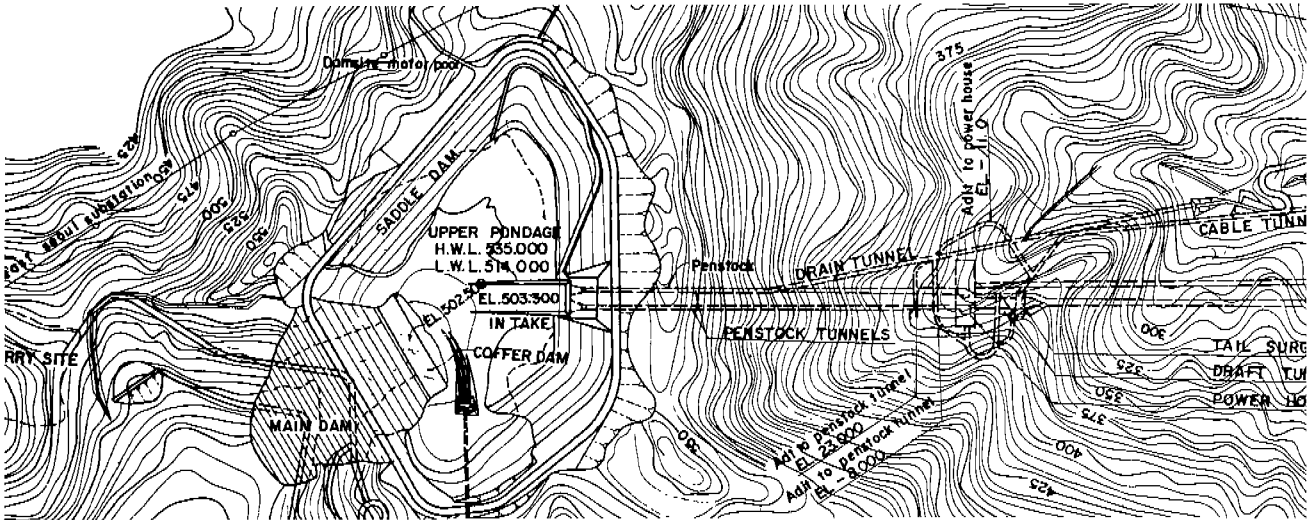
TYPICAL SECTIONS
(SCALE B 1)

COORDINATES OF MAIN STRUCTURES				
DISTRIBUTION	POINT NO.	LATITUDE	DEPARTURE	REMARK
WAILRWAY INTAKE	WP 1	-28,168.469	41 312.064	
	WP 2	-28,491.690	42,344.415	Start point tunnel
	WP 3	-28,582.719	42 672.448	End point penstock
TAILRACE TUNNEL	T 1	-28,556.795	42,424.366	
	T 2	-29,329.136	43 457.558	End work out
	T 3	-29 774.767	44,053.668	H 1 P 2
	T 4	-29 913.744	44,426.552	End Tailrace
	T 5	-29,441.605	43 706.557	End work out



SCALE A 1

Station	Elevation (EL.)	Structure	Level
17	100,000	Tailrace tunnel	12,000
18	100,000	Tailrace tunnel	12,000
19	100,000	Tailrace tunnel	12,000
20	100,000	Tailrace tunnel	12,000
21	100,000	Tailrace tunnel	12,000
22	100,000	Tailrace tunnel	12,000
23	100,000	Tailrace tunnel	12,000
24	100,000	Tailrace tunnel	12,000
25	100,000	Tailrace tunnel	12,000
26	100,000	Tailrace tunnel	12,000
27	100,000	Tailrace tunnel	12,000
28	100,000	Tailrace tunnel	12,000
29	100,000	Tailrace tunnel	12,000
30	100,000	Tailrace tunnel	12,000



CLASSIFICATION	Penstock tunnel Z = 496.547		Power house Z = 50,000	Draft tunnel Z = 50,000	Tail surge tank Z = 12,000												
GRADE	Slope 1:100 Z = 509.771		Level Z = 50,000	Level Z = 50,000	Level Z = 6,000	Level Z = 1294.364											
PROPOSED HEIGHT	448.800	378.800	248.168	87.868	8.000	5.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACCUM DISTANCE	0	100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	1000.000	1100.000	1200.000	1300.000	1400.000	1500.000	1600.000
DISTANCE	0	100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	1000.000	1100.000	1200.000	1300.000	1400.000	1500.000	1600.000
STATION NO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CURVE																	

斷面을 定하였고 底面標高는 貯水池水位가 低水位인 514.0m 以下가 되더라도 水壓管 속에 空氣를 끌어들이지 않도록 低水位에서 水壓管 中心上의 水深이 水壓管直徑의 2倍가 넘도록 504.8m로 하였다.

水理模型實驗에 依하여 揚水時에 流速의 平均分布를 圖謀키 爲한 取水口 水平擴散角度를 30°로 함이 適當함을 確認하였으며 構造物는 水門을 닫고 水壓管路內에 물이 없는 最惡의 荷重條件을 考慮하여 鐵筋콘크리트로 設計하였다.

取水口 工事는 水壓管路設置用 臺車의 通路로 利用되도록 二段階로 區分施行하였으며, 構造物 基礎掘鑿時에는 山側으로부터 落盤事故가 發生하여 이의 處理에 約 2個月이 所要된 關係로 工事進陟이 늦어졌었고, 이때 工程 換回를 爲하여 쏟은 建設陣의 刻苦는 말로 다할 수 없다.

③ 水壓鐵管터널(Penstock tunnel)

型 式：傾斜型 콘크리트 채움식 水壓鐵管路

個 數：2條

直 徑：1.9m~3.6m(圓形斷面)

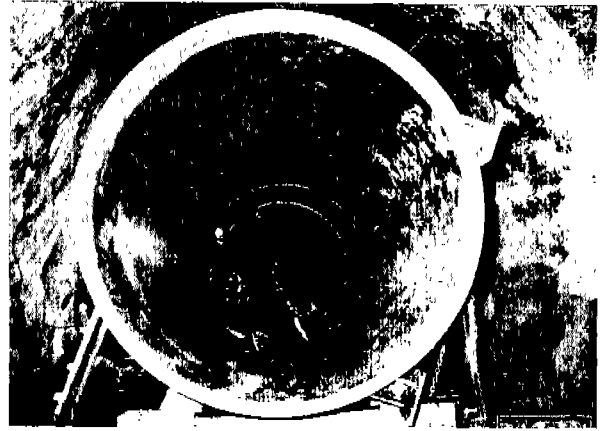
總 延長：條當 731.3m

鐵管두께：11~44m/m

取水口로부터 流入한 流量은 水壓鐵管을 通過하여 地下發電所에 到達되게 되는데, 이 水壓鐵管徑은 年間 建設費와 壓力터널의 水頭損失에서 오는 年間 發電損失量으로 計算되는 總年間 經費가 極少가 되도록 定한 것으로 取水口와의 連續部에서 3.6m로 하고 漸次的으로 減少시켜 터빈入口에서는 1.9m로 하였다. 本 水壓터널中 690m 區間은 傾斜度 48°의 急傾斜터널이므로 이의 掘鑿을 爲하여 標高 250m, 23m 및 -8m 等 3個所에 水平作業坑을 掘鑿하는 것으로 하였고, 이 坑들은 後에 壓力터널 周圍에 作用하는 外水壓을 減少시키기 爲한 排水터널로 使用토록 設計되었다.

水壓管路가 通過하는 區間은 地盤被覆이 50

〔사진 2〕 水壓鐵管터널內 鐵管設置作業 광경



~400m에 達하며 地質은 片麻巖質의 硬巖層으로서 斷層 등의 特別한 地質的 缺陷이 없었으며 水壓管은 內壓 및 外壓에 抵抗할 수 있도록 區間條件에 따라 設計되었다. 傾斜터널의 掘鑿을 爲하여 터널의 天井에 軌條를 附設하고 그 軌條에 따라 움직이면서 作業할 수 있는 作業臺即, Raiser climber를 4臺 導入하여 各作業坑으로부터 干先 上向으로 pilot터널을 2.0m×2.2m 크기로 掘鑿하고 Sinking Jumbo를 使用하여 下向으로 進行하면서 所要斷面 크기로 切擴하는 工法으로 設計하였다.

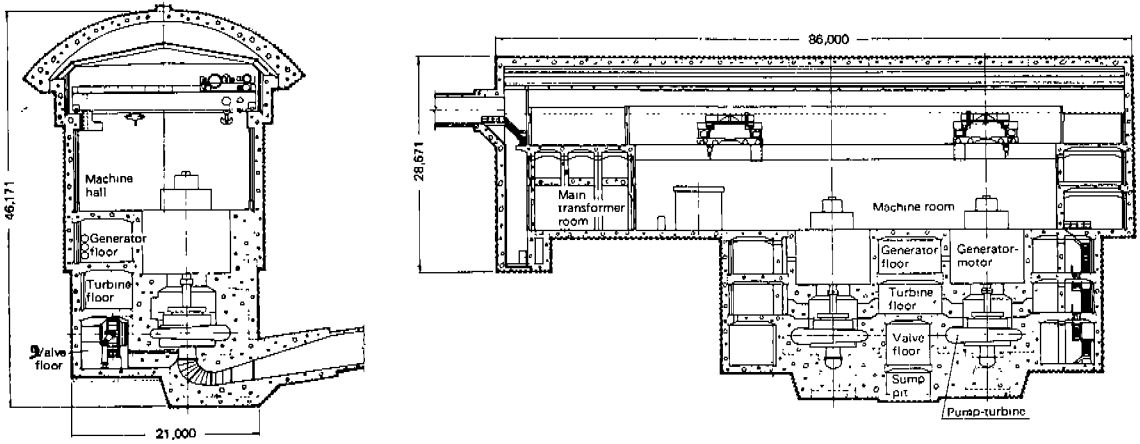
工事實施中에는 發破時의 飛散巖片이 Jumbo 作業臺의 軌條를 破損시키는 일이 잦아 掘進作業 能率이 低下됨으로써 急傾斜에도 不拘하고 作業臺 없이 Hand hold drill에 依한 作業을 하면서까지 掘鑿을 強行하였다.

國內에서는 經驗이 전혀 없을뿐 아니라 作業條件이 不良하고 危險이 많은 工事였으므로 設計時부터 綿密한 계획하에 臨하였으나 가장 많은 施行錯誤를 거뒀던 難工事였었다.

④ 發電所(Power plant)

地下發電所는 펌프水車에 吸入高의 限界性 때문에 地下 350m 깊이에 設置하는 것으로 하였고 1,332m의 進入터널과 575.8m의 母線터널에 依하여 外部와 連結되도록 계획되었다.

[Dimensions in mm]



(그림 3) 地下發電所 斷面圖

型 式：地下發電所(鐵筋콘크리트 構造)
 規 模：高46.2m×長86.0m×幅20.5m
 機 器：可逆펌프터빈(發電機, 모터)
 200MW×2 臺
 設 備：主變壓器 및 補助裝備
 最大使用水量：105m³/sec (2 基)
 最大揚水量：78m³/sec (2 基)
 水車最大有效落差：473.0m
 最大出力：400MW (2 基)

全地域의 地質은 結晶質石灰巖이 部分的으로 挿入된 帶狀의 片麻巖으로 構成되어 있는 것으로 調査되었다. 發電室은 4層으로 하여 아래로부터 辨室, 터빈室, 發電室 그리고 機械室을 配置하였고, 天井은 側壁과 獨立된 鐵筋콘크리트 固定아치로, 側壁은 巖掘鑿量을 줄이기 爲해 얇은 鐵筋콘크리트壁으로 設計하였고 壁面에는 rock bolt에 依하여 周圍의 攪亂된 巖을 補強하고 拱部에는 몰탈·그라우트로서 充填하였다.

地下發電所掘鑿은 巖質이 良好하여 拱부와 本體部로 區分하여 全區間을 同時에 掘鑿하였으며 巖벼력은 進入터널과 母線터널을 通하여 搬出하였다. 1976年 5月 進入터널工事を 着工

한 以來 拱部掘鑿, 拱部콘크리트打設, 本體部掘鑿, 吸出管設置에 이어 水車發電機設置 工事的 順으로 施行되었다.

⑤ 吸出터널(Draft tunnel)

型 式：콘크리트라이닝 터널(Concrete lined tunnel)
 個 數：2條
 總延長：條當 57.6m
 直 徑：3.7m(圓形斷面)

揚水터빈吸出管과 調壓水槽 사이를 連結하는 本 吸出터널은 揚水터빈에 各 1列씩 2列로 계획되었는데, 서징時에 큰 水衝作用을 받으므로 그 延長을 可及의 짧게 함이 有利하나 地下發電所와 調壓水槽間의 構造의 相關關係와 區間의 地質的 條件에 依하여 57.6m로 設計되었다.

터널斷面은 相當히 큰 內部水壓과 水衝作用에 依해 일어나는 水壓上昇 및 外部水壓을 考慮하여 콘크리트라이닝의 圓形터널을 採擇하였다.

⑥ 調壓水槽(Surge tank)

型 式：水室型
 <라이저 샤프트(Riser shaft)>
 個 數：2個

直徑：7.0m
 高：63.0m
 〈上部水室〉
 個數：1個
 規模：高14.5m×幅10.0m×長44.0m
 吸出門：1組 3.7m×3.7m

本發電所의 吸出터널과 放水路터널의 延長은 2,474.5m나 되고 터널內 流速은 發電時 放水量 105m³/sec에 對해 4.9m/sec나 된다. 이러한 水理學의 條件下에 發電과 揚水起動時나 負荷拒絶 또는 揚水펌프 Trip時에 생기는 水衝壓을 緩和시키기 爲하여 放水路側에 調壓水漕를 設置하는 것으로 계획하였다.

調壓水漕工事에서 아치部와 水室部 掘鑿은 地下發電所의 方法과 거의 같이 하였고 라이저사프트는 수압터널에서 使用했던 raise climber를 使用 吸出터널로부터 垂直으로 pilot 터널을 掘鑿하고 水室側에서부터 下向切擴掘鑿하였다.

⑦ 放水터널(Tailrace tunnel)

型式：콘크리트라이닝 터널(Concrete lined tunnel)
 個數：30.6m 2條+2,443.9m 1條
 總延長：2,474.5m
 直徑：30.6m - φ3.7m(圓形斷面)
 2,443.9m - φ5.1m(馬蹄形斷面)

放水터널은 調壓水漕와 放水口를 連結하는 延長 2,474.5m의 水路터널로서 地質은 大體로 良質의 片麻巖으로 되어 있어 調壓水漕側 30.6m 區間은 2列의 圓形斷面으로, 其他 區間은 콘크리트라이닝作業이 容易하고 運搬裝備의 通行이 便利한 標準 馬蹄形斷面으로 設計하였다.

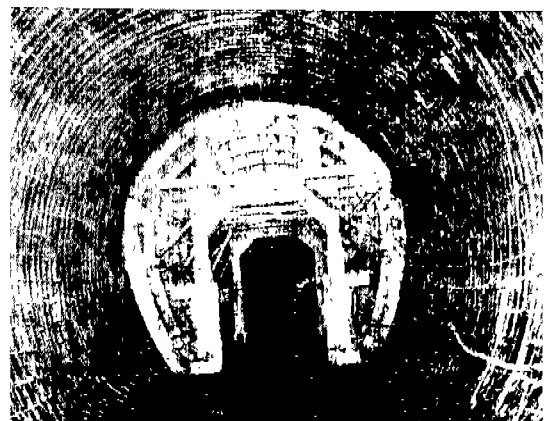
揚水發電所의 導水 및 放水터널의 平均流速은 普通 4~8m/sec인바 이 流速에 對한 經濟的 斷面을 算定하여 5.1m로 定하였고 라이닝 두께와 鐵筋量은 外壓 및 內壓에 견디도록 設計하였다. 放水터널은 延長이 길어 中間地點에 約 370m의 傾斜作業坑을 設置하여 2個 作業區間으로 나누어 兩側으로 掘進하고 掘鑿後



〔사진 3〕 地下發電所의 Arch Concrete 打設準備 光경



〔사진 4〕 放水터널內 버럭 搬出 光경



〔사진 5〕 放水터널內 Lining Concrete打設準備 光경

方 約 50m에서 lining 을 施行토록 하였으며 巖 버력은 locomotive로 索引되는 버력鑛車를 使用하여 作業坑 入口까지 運搬後 傾斜作業坑 區間은 원치로 끌어올리는 것으로 계획하였다. 여기에 使用할 高性能원치의 調達이 適期에 되지 않아 工期遲延의 要素가 되었으나 放水口側 으로서도 掘鑿을 하는 한편 서지샤프트作業坑 完成을 기다려 本作業坑 中間에서 放水口側 으로서 79m의 作業坑을 新設하여 4個의 作業區間으로 區分하여 掘鑿하였고 라이닝콘크리트打設을 爲한 sliding form도 當初는 2組를 導入하였으나 追加로 1組를 國內에서 製作하여 投入함으로써 工期를 換回할 수 있었다. 76年 9月 傾斜 作業坑掘鑿으로부터 着手하여 78年 7月에는 全 區間이 貫通되어 79年 7月에는 라이닝과 그라 우팅을 完了하고 作業坑을 閉塞하였다.

⑧ 放水口(Outlet)

型 式：鐵筋콘크리트 構造(水平鍾口式)

個 數：1個

바닥標高：37.0m

門 扉：1組 5.1m×5.1m

放水口는 現 淸平댐에서 上流 14.5km 貯水池 右岸에 配置하고 取水口와 마찬가지로 水理學 的 條件에 따라 水平鍾口式構造로 設計하였으 며, 假물막이工의 難點을 考慮하여 山側으로 配 置하고 施工 後에 貯水池側 土石을 除去하는것 으로 계획하였다.

構造는 中央脚에 依하여 兩分된 2個의 鍾口 型入口와 垂直門扉坑및 前面에 設置되는 Trash rack로 構成되며 底面標高는 淸平貯水池의 最 低水位時에도 揚水時에 空氣의 吸入이 없도록 하기 爲하여 37.0m로 定하였다.

放水口 前面의 土石 除去工事は 淸平댐 補修 工事時期를 調整하여 陸上作業을 할 수 있도록 措置함으로써 工事費의 節減과 工期短縮을 圖 謀하였다. 本放水口는 77年 5月부터 着工하여 79年 3月에 前面土石除去까지 完了하였다.

⑨ 下部貯水池(Lower reservoir)

現 淸平貯水池를 利用한 下部貯水池의 水位 諸元은 다음과 같다.

最高水位：51.0m

最低水位：46.0m

平常水位：49.5m

利用水位：5.0m

⑩ 發電所進入터널

進入터널은 建設期間이나 完了 後에 發電室 로 通하는 進入路가 될 것이므로 車輛通行을 爲 하여 可及的 緩勾配로 設計하는 것이 좋으나 工 事費와 地形條件上 10%로 계획되었다.

型 式：콘크리트라이닝 터널(Concrete lined tunnel)

總 延長：1,332.0m

直 徑：高5.2m×幅6.2m(半圓形斷面)

道路勾配：1對10

⑪ 母線터널(Cable tunnel)

母線터널은 地下發電室과 屋外變電所間을 連 結하는 154KV와 6.6KV의 電力線과 操縱케블 線을 附設하기 爲하여 建設하는 것으로 工事中 에는 發電室과 調壓水漕工事의 作業坑으로 使 用하고 竣工 後에는 發電室의 換氣通路로서 機 能을 할 수 있도록 계획된 것이다.

型 式：콘크리트라이닝 터널(Concrete lined tunnel)

延 長：575.8m

直 徑：高3.45m×幅3.6m(半圓形斷面)

地面勾配：1對2.5

⑫ 發電設備

地下發電所에 펌프터빈, 發電機모터 및 變壓 器 2臺와 其他 附屬設備를 하게 되며, 屋外變 電所에 154KV Switch gear와 配電施設을 하 고 地下發電所와 屋外變電所 및 操縱室은 運轉 操作케블로 連結된다. 運轉操作은 操縱室에서 하고 地下發電所는 定期的 調查點檢時에만 巡 察하게 된다.

〈펌프터빈(Pump-turbine)〉

型 式：垂直軸 單段 Francis 可逆式
最大揚水量：78m³/sec
最大發電使用水量：105m³/sec
最大水車出力：206,000KW(定格有效落差 452m
에서)
最大펌프入力：220,000KW
回轉速度：450rpm

〈發電機모터(Generator-Motor)〉

型 式：垂直軸 2相同期型 交流
出力：220,000KVA
電 壓：13.8KV
回轉速度：450rpm
週波數：60HZ

〈主變壓器〉

型 式：水冷油壓循環式
電 壓：13.8/140~168KV
週波數：60HZ

이發電設備工事は 1978年 8月 吸出管 埋設
作業이 完了되고 Spiral casing 設置가 始作됨
으로써 本格化되어 79年 7月 機器設置를 完了
하였다.

⑬ 其他事項

本工事は 地上의 여러 地點으로부터 掘進하
여 地下에서 相互連結되어야 하는 터널工事が
므로 精密한 測量을 要함에도 터널內의 視野가
어둡고 더욱이 傾斜터널內에서의 機械据置가 不
可能하여 Raiser transit를 導入 使用함으로써
成果를 올렸으며, 터널掘鑿時의 發破가스, 먼
지, 機關의 排氣가스 等を 吸出키 爲하여 大型
送風機에 依한 強制換氣는 效果가 滿足스럽지
못하였으나 母線터널과 進入터널을 利用한 地
下發電所側의 風道式換氣의 效果는 滿足스러웠
다. 한편 地下深層의 터널工事も므로 湧水를 念
慮하였으나 多幸히도 簡單한 排水設備에 依하
여 處理할 수 있는 程度의 地下水 流入이 있었
을 뿐이었다.

4. 結言

國內에서는 처음으로 建設하게 된 揚水發電
所였으므로, 技術과 經驗이 不足 乃至는 全無
인 急傾斜水壓管路터널을 包含하여 8km가 넘는
터널工사와 大規模 地下洞空掘鑿 및 構造物工
事を 처음 着手할 때는 半冒險的 心情이었다는
것이 率直한 表現일는지 모르겠다.

1974年 12월에 對備工事인 上部貯水池 進入
道路工事を 着工하고 75年 12월에 本工事を 始
作한 以來 이루 形言할 수 없이 많은 難關에 逢
着하였으나 오로지 계획工期를 遵守하겠다는 使
命感에서 總力으로 이를 克服하면서 不徹晝夜
로 強行한 結果, 1號機는 豫定期보다 1個月
을 短縮하여 79年10月末에 竣工하여 11月1日부
터는 商業運轉에 突入하게 되었으며 2號機는
現在 工程進度로 보아서 2個月의 工期短縮으
로 80年 1月末에는 稼動시킬 수 있을 것으로 豫
想된다.

長長 5 個年間の 建設期間中에 겪은 온갖 施
行錯誤와 刻苦는 後續될 揚水式發電所 建設을
爲하여서뿐만 아니라 國內建設技術의 一步前進
을 爲하여 언제라도 한번은 겪지 않으면 안되는
는 必然的 試鍊이었으리라고 自慰하면서, 期間
갖은 어려운 條件下에서도 企業의 利潤 追求를
超越한 獻身의 努力으로 超人的能力을 發揮하
여 大役事を 좋은 成果로 完成할 수 있도록 奮
闘하여 주신 大林産業의 關係者 여러분과 建設
用役設計 및 監理를 擔當하여 주신 日本工營,
機器와 水壓鐵管의 製作供給을 各各 맡아 手苦
하여 주신 富士 및 佐世保의 關係者 여러분, 그
리고 建設一線에서 몸을 아끼지 않고 手苦하여
준 職員여러분의 勞苦에 對하여 이 機會를 빌
어 深甚한 謝意를 表하는 바이며, 建設期間中
不意의 犧牲을 당한 英靈들의 冥福을 비는 바
이다.