

〈工事報告〉

淸平揚水建設報告

成樂常*

1. 머릿말

淸平揚水 發電所는 우리나라에서 처음 建設되는 高落差 大容量 純揚水式 發展所로 74. 12 對備工事인 上部貯水地 進入道路 工事を 着工한 以來 온갖 難關을 무릅쓰고 不徹晝夜 施行하여 이제 終盤에 접어들게 되었으며 豫定대로 79年 11月에 1号機(200 MW), 80年 3月에는 2号機(200 MW)가 稼動될 豫定이며 79年 3月末 現在 工程進度는 84%이다.

本 揚水建設이 우리나라에서 처음이므로 揚水發展所 建設의 必要性和 計劃上의 考慮事項을 簡單히 言及하고 淸平揚水의 設計 및 施工關係에 대하여 記述하고자 한다.

Ⅱ. 揚水發展所 建設의 必要性 및 計劃上 考慮事項

電力系統 容量이 大型化됨에 따라 低廉한 peak 負荷 設備의 確保가 問題가 되며 peak 負荷設備는 負荷率이 극히 낮아 運轉費는 多少 높더라도 固定費(建設 單價)가 싸고 運用上 起動停止 時間이 짧고 負荷變動에 대한 即應性이 커야 하는바 peak 負荷設備로서 peak 用水力 以外에 熱効率が 낮은 旧式 火力과 peak 火力(gas-turbin, Diesel Engine)이 있다. 이 중 旧式 火力은 負荷變動에 대한 即應性이 揚水와는 比較도 되지 않으며 gas-turbin이나 Diesel은 小容量이므로 局地 peak 用으로 適合하다.

揚水發電所는 負荷變動의 即應性이 아주 優秀하고 深夜의 off-peck 時의 剩餘電力을 揚水動力으로 利用하기 때문에 夜間負荷를 上昇시켜 基底負荷를 担当하는 新銳火力(原子力包含)의 熱損失과 運轉費用을 節減시키고 熱効率을 向上시켜 준다. 따라서 揚水發電所를 建設하면 peak 需要의 增加에 應하는 同時에 火力 및 原子力을 包含하는 全系統의 經濟的 運用이 可能하고 供給力의 信賴度를 높혀 주게 되므로 peak 負荷 및 預備電力 供給設備로서 揚水發電을 各國에서 開發에 拍車를 加하고 있으며 揚水比率이 系統容量의 7~10% 水力全体는 15~20%가 系統運用上 가장 經濟的인 供給力構成이라고도 한다.

우리나라는 一般水力 地点이 稀少하며 그간 꾸준히

開發되어는 왔지만 高度經濟成長과 더불어 急増하는 電力需要에 對備, 水力에 比하여 工期가 짧고 建設費가 적은 火力에 置重하게 되어 全系統에 있어서 水力의 構成比率은 점차 낮아지고 있으며 燃料費가 싼 原子力發電의 比重이 점차 커짐에 따라 앞으로는 一般水力보다 建設單價가 싼 揚水發電所의 開發이 促進될 展望이다.

表 1. 水火力構成比

年 度	水 力		火 力		計
	容 量	構成比	容 量	構成比	
1955	113,880	37.9	186,719	62.1	300,599
1960	143,480	39.1	223,774	60.9	367,254
1965	215,480	28.0	554,005	72.0	769,485
1970	328,680	13.1	2,179,365	86.9	2,508,045
1975	621,080	13.2	4,098,650	86.8	4,719,730
1978	711,730	10.3	火力 5,617,100 原子力 587,000	81.2 8.5	6,915,830

揚水發電은 運轉에 있어서 他 發電設備와의 相関度가 極히 크기 때문에 系統의 運轉様相, 容量等과 結付하여 開發되며 系統總經費가 最少가 되는 投入比率에 의하여 建設規模와 時期가 決定된다.

揚水發電所는 効率が 70~75%로 單純火力에 比하여 1.4 倍의 燃料費가 消費되어 火力과 겨누기 위하여는 固定費(建設單價)가 可及的 적도록 計劃하여야 한다.

따라서 첫째로 댐의 立地의 條件이 良好해야 하며 上, 下 貯水地中 한쪽은 既存 貯水池를 利用토록 함이 바람직하다.

둘째로 上, 下 貯水地는 高低差가 크고 또 近接하여 水路가 짧아야 한다.

셋째로 發電機器는 高落差이고 單機容量이 큰 것이 要望되며 地理的으로 需要地에 가까워야 함은 贅言을 要치 않는다.

妥當性 調査時 考慮할 重要한 要素의 하나는 發電所建物の 位置이다. pump 水車의 機械의 特性(吸入 高) 때문에 發電所建物は 地下式이 大部分이며 發電所의 位置에 따라 Head type, Middle type, tail typeol 있다.

* 本會理事 韓國電力(株)理事

式 (1.7), (1.12)와 같은 有限區間에서의 周期函數 이든가 $(-T/2, T/2)$ 以外에서는 變動이 0인 aperiodic函數인 경우에는 에너지 $|X(f)|^2$ 도 有限이라고 생각되어 에너지로 스펙트름을 定義하는것이 좋다 그러나 區間 T 가 無限인 경우에는 오히려 單位時間當의 平均에너지를 취해서 파워·스펙트름密度函數(power spectrum density function)라고 命名한다. 즉

$$P(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} |X(f)|^2 \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} X(f) X^*(f) \right] \quad (1.32)$$

函數 $x(t)$ 가 確率變動인 경우에는 $|X(f)|^2$ 의 期待값에 對해 파워·스펙트름을 定義한다.

$$P(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} E \left[\frac{1}{T} |X(f)|^2 \right] \quad (1.33)$$

即 $x(t)$ 로 表示되는 不規則變動을 생각하면 平均과 위 x^2 은

$$\overline{x^2} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt \quad (1.34)$$

이다.

周波數 f 와 $f+df$ 사이 에 包含되는 成分波의 變動에 너지 x^2 의 寄與率이 스펙트름 $P(f)df$ 이다. 따라서 위에 導入한 스펙트름 概念을 數式으로 表示하면 다음식이 된다.

$$\overline{x^2} = \int_{-\infty}^{\infty} P(f) df \quad (1.35)$$

上式 (1.35)이 所謂 原義의 스펙트름 $P(f)$ 의 定義이다.

表 1. 1 스펙트름의 定義

에너지스펙트름	$X(f) X^*(f)$
파워 스펙트름	$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{X(f) X^*(f)}{T}$

1. 5 Fourier級數와 Fourier積分(線 스펙트름 과 連續스펙트름)

Fourier級數와 Fourier積分의 關係를 例題에 依해 檢討해보자. Fig. 1. 8(a)에 表示하는것과 같은 길이 T 의 區間 $[-T/2, T/2]$ 의 單純한 周期函數 $x_T(t)$ 를 생각한다.

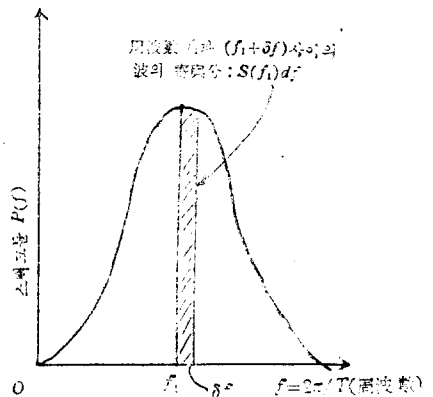
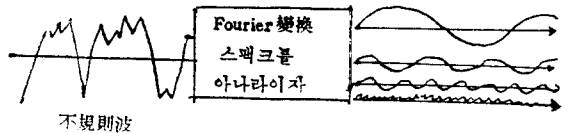
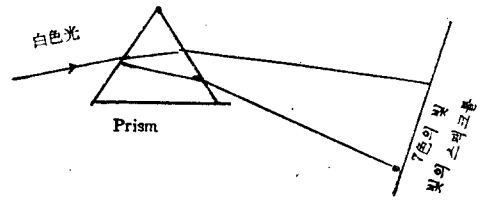
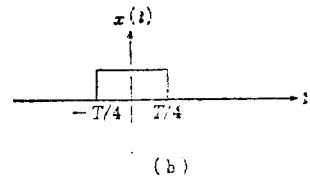
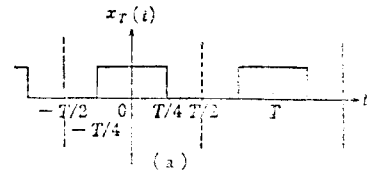


Fig. 1. 7 스펙트름의 뜻



利用水深; 21 M

滿水面積; 145,000 m^2

下部貯水地 (現 淸平貯水地)

最高水位; 51 M

最低水位; 46 M

平常水位; 49.5 M

利用水深; 5M

發電 및 揚水容量

最大使用水量; 105 m^3/sec (2 基)

最大揚水量; 78 m^3/sec (2 基)

水車最大有效落差; 472 M (2 基)

最大出力; 400 MW (2 基)

主댐 (Main Dam)

댐型式; 中央心壁型 Rock Fill 댐

댐마루標高; 538 M

댐높이; 62 M

댐마루길이; 290 M

댐마루넓이; 10 M

비탈구배; 1 對 2.3 (上流側)

1 對 1.7 (下流側)

댐부피; 935,000 m^3

副댐 (Saddle Dam)

댐型式; 中央心壁型 Rock FiLL 댐

댐마루標高; 538 M

댐높이; 24 M

댐마루넓이; 10 M

비탈구배; 1 對 2.3 (上流側)

1 對 1.7 (下流側)

댐부피; 155,000 m^3

水圧鉄管터널

個數; 2 條

直徑; 1.9 M ~ 3.6 M

總延長; 726 M

鉄管두께; 11 ~ 14 %

發電所

型式; 地下發電所

높이; 40.7 M

길이; 80.4 M

폭 ; 20.5 M

IV. 設計 및 施工

1. 上部貯水地 및 댐

上部貯水池는 現 淸平貯水池의 右岸 山頂에 位置하며 1日 6時間의 發電을 위해 2,300,000 m^3 의 有效貯水량을 갖도록 했다.

댐 計劃地點은 朝宗川 無名支流의 合流點으로부터 3.5 km 上流에 位置하며 地形 地質條件과 工事費等 綜合的인 檢討를 實施한바 必要貯水量 確保를 위하여 높이 6.2 M, 延長 292 M의 中央遮水壁式 Rock fill Dam을 築造하고 貯水池 右岸側 낮은곳에 같은 型式의 높이 24 M의 延長 220 M의 副댐을 築造하는 한편 貯水池 敷地內를 990,000 m^3 掘鑿토록 했다.

上部댐 貯水池는 山岳地의 山頂에 位置하여 排水盆地가 狹小하므로 餘水路는 設備하지 않았다.

盆地로부터 若干의 表面水 流入은 되지만 大部分은 周圍 道路 排水溝를 따라 貯水池 밖으로 排水되도록 했고 貯水池에 流入되는 물은 터빈을 통해 下池로 放出되거나 댐에 餘裕高를 마련했으므로 이 空間에 貯留된다.

築堤總量은 1,140,000 m^3 이며 이 중 Core와 Random 材 一部는 貯水池敷地 掘鑿에서 流用되고 filter는 加平郡 垵谷里(北漢江本流採取場)에서 Random 材 一部와 Rock 材는 右岸 600 M 地點 石山에서 採取計劃이었다.

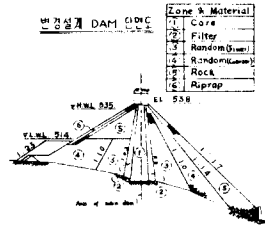
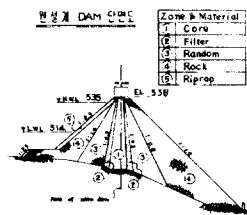
그러나 石山開發 結果 Rock 材의 生成比率이 적어 所 要量의 Rock 材 確保가 여러워 綿密한 檢討와 安全解析을 實施하여 댐 築造斷面의 一部를 變更, 現地 石山 條件에 맞도록 Random 材의 Rock 材의 一斷面을 合理的으로 變更하였다. (댐 斷面 參照)

댐의 安全解析에 있어서 揚水發電所 計劃에는 水位가 H.W.L와 L.W.L 사이를 每日같이 變動하기 때문에 間隙水壓에 對한 影響을 特別히 考慮해야 하며 本 댐 地點의 基礎地盤은 10度의 下向勾配가 있어 댐의 Sliding에 對하여도 綿密히 檢討가 되었다. 또한 댐의 維持管理과 建設管理에 必要한 資料를 얻기 위하여 堤體內에 20個의 Piezometer를 設置하였다.

1976. 1 假排水터본 掘鑿工事 着工을 始作으로 貯水池工事が 着工되었고 이어 貯水池掘鑿, 假물막이, 댐 基礎掘鑿 및 基礎處理, 댐 築造가 繼續 着工되어 現在 댐 築造가 78%의 工程으로 79年 9月 完工豫定이다.

2. 取水口 및放水口

取水口와 放水口는 揚水와 發電의 作動週期에 따라서 逆流狀態가 될 수 있도록 水理學的 條件(流速의 均等分布와 過流 發生 防止等)을 滿足시킬 수 있어야 한다.



가.取水口

取水口는 나팔관 桶口를 가진 垂直坑式이나 鍾口를 가진 水平式이 考慮되는바 本 地点에서는 水理學的 問題나 經濟的 側面에서 水平鍾口式으로 決定했으며 最大流量에서 平均 流入速度는 約 0.75 m/sec (trash rack에서), 低面 標高 (EL 504.8 M)는 貯水池 水位가 L.W.L인 514 M에서 水圧管속으로 空氣를 끌어 들이지 않도록 低水位에서 水圧管 中心 (EL 506.6M) 上的 水深이 水圧管 直径의 2.1 倍 (71.2)에 達하도록 했다.

揚水時 流速의 平均分布를 圖謀키 위하여 取水口, 水路의 水平拡散 角度를 30°로 設計하였으며 水理模型實驗에서 觀測된 最大流速은 2.1 m/sec로 이것은 日本 내에서 他 工事에서 經驗된 最大 約 3.5~4.0 m/sec의 許容範圍內에 들게 된다.

한편 작은 回流가 貯水池 水面에 생기는것이 觀測도 되었지만 空氣 混入은 없었다.

取水口 構造는 鉄筋 Concrete Lahmen 造로 水圧는 平常時 貯水口 内面과 外面에서 서로 平衡이 되며 最惡의 荷重條件은 水門을 닫고 水圧管路內에 물이 비어있는 狀態로 이례의 荷重條件에 의하여 構造計算을 實施하였다.

取水口는 建設期間中 水圧管路의 設置를 위한 臺車의 通路로 利用되기 때문에 二段階로 나누어 施工하였으며 1 段階는 76.12 着工하여 78.9 完了되었고 79.7 에 2 段階工事を 施工할 豫定이다. 取水口 基礎掘鑿中 前面 山側에서 落盤이 發生되어 이의 處理때문에 約 2 個月의 工期가 遲延되었고 水圧터널의 Enlarging

工事도 따라서 늦어졌다.

나.放水口

放水口는 現 淸平댐에서 14.5 km 上流 淸平貯水池 右岸에 位置하며 貯水池 水深이 깊어 坂木막이 工事が 어려운 관계로 河岸으로부터 約 40 M 떨어진 深部 陸上에 築造, 完工後 放水口 前面 土石을 掘鑿 除去토록 했다.

本 放水口 前面 土石除去 工事は 陸上 作業이 可能토록하기 위하여 貯水池 水位를 EL 41.0 M까지 低下시켜야만 施工 可能한 淸平댐 補修工事의 時期를 調整하여 本 工事와 同時에 (79.1~79.4) 施行하므로써 本 工事의 工事費 節減과 工期短縮을 圖謀했다.

放水口는 中央脚에 의해서 兩分된 2 個의 鍾口型 入口와 垂直門扉坑 및 前面에 埋設된 trash rack로 構成되며 荷重條件은 取水口와 비슷하다.

揚水時 平均 流入速度는 0.8 m/sec 이며 放水口 底面 標高 (EL 37.0 M)는 淸平 貯水池가 低水位인 EL 46.0 M에서 放水路터널 中心 (EL 39.55 M)까지의 水深이 放水터널直径의 1.3 倍 (> 1.2)가 되도록 하여 揚水時 放水터널로 空氣의 流入을 防止토록 했다.

水理模型實驗結果 水平拡散 角度는 32°에서 滿足스러운 流速分布를 얻을수가 있었고 觀測된 最大 流速은 3.4 m/sec 이며 空氣 混入을 隨伴하는 渦流는 發生치 않았으나 아주 弱한 回流가 揚水 期間中 貯水池面에 나타났으나 이로 인한 水頭損失은 無視할 정도로 작았다.

本 放水口는 77.5 放水口 掘鑿을 始作하여 79.3 構造物이 完成되었고 79.3 前面 土石 除去도 完了되었었다.

이放水口는 工事期間中放水路터널 坑口로써放水路터널 一部 區間의 버력運搬 通路로 利用되었다.

3. 水壓管路터널

取水口와 地下發電所를 連結하고 있는 壓力터널은 約 732 M × 2 條로서 이 중 42 M를 除外한 690 M가 48°의 傾斜터널이다.

水圧管路는 2 個의 獨立된 管路로 直徑은 取水口와 의 連續部에서 3.6 M이고 漸次的으로 減少하여 터널 入口에서는 1.9 M로되며 平均直徑은 2.9 M이다.

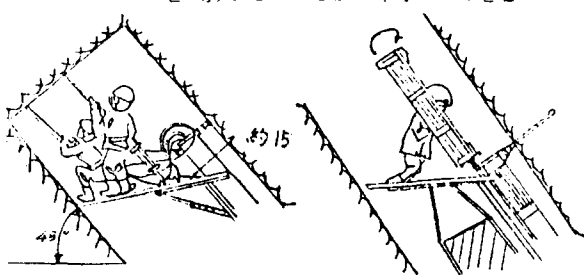
地盤被覆은 地下 50 M에서 400 M까지로 充分하며 EL 250 M, EL 23 M, 그리고 - 8 M에 即 3 個所에 水平作業坑을 掘鑿하여 掘鑿工事が 並行作業이 可能토록 했고 作業坑은 後에 壓力터널 周圍에 作用하는 外水壓을 排除키위한 排水터널로 使用토록 했다.

高水頭 壓力터널에서 管 流速은 7~9 m/sec의 높은 流速이 採用된다. 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의 合計인 總年間經費가 極少化되도록 經濟的인 管徑을 計算 採択했으며 이때 平均直徑이 2.9 M이며 流速은 8 m/sec 가 된다.

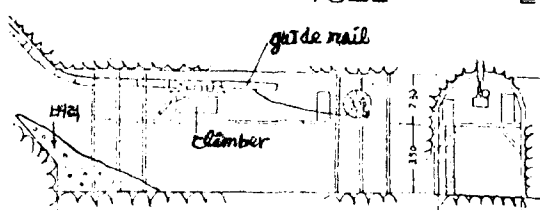
水圧管은 埋設管으로 內圧과 外壓에 견딜수 있도록 設計되었으며 管 두께는 11%~44%까지 變한다.

材質은 下部는 SM58(60 kg/mm²)을 쓰고 其他 部分은 SM41B와 SM 50 B 鋼材를 使用하였으며 管 總重量은 3,600 噸에 達한다.

本 傾斜터널은 4 臺의 스웨덴 ALIMAK 社製 Raise Climber 를 導入 2 m × 2.2 m의 pilot터널을 EL



림 4 Raise Climber로 Pilot 굴착 그림 5. Raise Climber 의 주행로인 Mono Rail 설치



림 6 Raise Climber 待避所 및 發破后 밀으로 떨어진 암 버력이 쌓인 그림

250, EL 23, EL - 8 M에 設置된 作業坑으로부터 上向으로 于先 掘鑿後 反對로 Sinking Jumbo를 使用 下向으로 所要斷面을 切拓토록 計劃하였다. Pilot 掘鑿은 計劃대로 遂行되었으나 切拓을 함에있어 Sinking Jumbo 用 軌條가 發破時 암 버력이 上向으로 飛散되어 Rail 이 破損되어 掘進作業의 能率低下가 招來되어 Sinking Jumbo 를 쓰지 않고 作業台없이 Hand Hold Drill 로 採掘 불이기도 어려운 傾斜面에서 危險을 무릅쓰고 掘鑿을 強行했다.

이 水圧管터널 掘鑿과 penstock設置工事は 國內에서 經驗이 전혀 없었던 工事로서 本 發電所 建設工事中 가장 作業條件이 나쁜 兪럽고 危險한 工事였으며 試練과 試行錯誤를 여러번 거듭했던 工事였었다.

77.2 EL 250 M Adit에서 Raise Climber로 取水口를 向해 pilot터널을 뚫기 시작한 以來 14 個月의 時間과 3 名의 貴重한 人命의 犧牲끝에 傾斜터널을 完了하고 現在 水圧鐵管을 敷設中에 있으며 79. 7.設置 完了 豫定이다.

4. 地下發電所

地下發電所는 地下 350 M 깊이에 位置하며 200 MW 揚水 펌프터널, 발전기 모터 2 臺와 主變壓器 및 補助 裝備를 收容하고 있다. 크기는 內幅 20.5 M 높이 40 M 길이 80.4 M 이고 길이 1,330 M의 進入터널과 575 M의 母線터널에 의하여 外部와 連結된다.

發電室은 4 層으로 되어있으며 EL - 10 M에 Spherical Valve 室, EL - 3 M에 turbin 室, EL 2.5 M에 Generator 室, 그리고 EL 8.5 M에 機械室 등으로 되어있다. 機械室에는 200 噸 × 2 臺의 天井 起重機가 設置되어 主機器의 設置 및 補修作業에 利用된다.

天井은 鉄筋 Concrete Arch 로 되어있고 側壁은 掘鑿量을 줄이기위해 기둥部材가 없는 얇은 鉄筋 Concrete 壁으로 되어있다. 壁面에는 Rock Bolt 에 의하여 周圍에 攪亂된 領域의 岩을 補強하고 Arch 部의 空隙은 Mortar grout 로 充填했다.

地下發電所의 掘鑿은 傾斜 1 : 2.5 의 母線터널을 于先 掘鑿後 3 個의 Arch Crown Adit 를 掘鑿하고 Ring Cut 工法에 의하여 地下發電所 全長 86 M를 3 個 部分으로 나누어 Ring Cut 를 하면서 Arch Concrete 를 뒤따라 施行토록 計劃하였다.

그러나 Arch Sliding form의 準備가 늦어졌고 空洞內的 岩質이 堅固한 點을 考慮하여 全 區間을 同時에 掘鑿完了後 Arch Concrete 를 打設하였다.

Arch Ring 掘鑿과 Core 掘鑿의 岩벼력은 母線터널로 搬出 計劃이었으나 傾斜터널이므로 作業能率이 좋지않아 進入터널 入口에서 1,333 M 地點에서 母線터널 終端과 直結되는 延長 184 M의 緩勾配의 作業坑을 新設하여 大部分의 掘鑿을 傾斜가 거의 없는 進入터널

충청양수발전소건설입체도

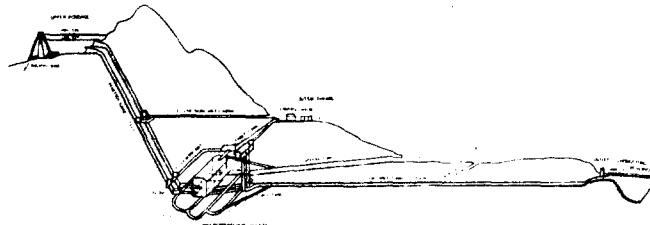


그림 7

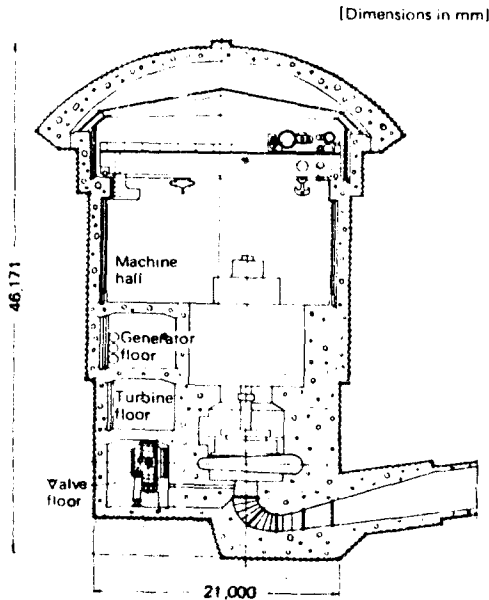


그림 8

로 Dump truck에 의하여搬出하므로써 버력處理 能率을 提高시켰다.

本 本 掘鑿은 Bench Cut工法을 採択하였으며 掘鑿 面은 8 個의 Bench Block으로 分割施工했다. 本 本 掘鑿量은 56,000 m³이며 EL 8.5 以上은 Mucking Sc-shaft를 通하여 進入터널로 搬出하였고 EL 8.5 以下는 EL - 11M Adit를 通하여 進入터널로 搬出하였다.

이 地下發電所는 우리나라에서 最大 地下空洞으로서 淸平 揚水發電所 建設의 工程上 Critical path이다.

1976. 5. 進入터널과 母線터널을 着工했으며 1977. 2. 부터 Arch 掘鑿을 그리고 1977. 8 ~ 1977. 10. 까지 Arch Concrete를 完了했으며 이어서 本 本 掘鑿을 繼續하여 78. 6. 本 本 掘鑿을 完了하고 78. 7. 부터 Draft tube를 埋設하므로써 本 本 格的인 水車發電機의 設置工事に 들 들어갔다.

5. 調壓水槽

本 發電所의 Draft터널과 放水路터널의 延長은 2,470m 나되고 流速은 發電時 4.9m/sec 나되는 相當히 큰 값이다. 이러한 水理學的 條件에서 發電과 揚水起動時에 또한 負荷拒絶과 揚水pump trip時에 흐름에 急激한 變化가 생기므로 이때 생기는 水衝壓을 緩和시키기 爲해 調壓水槽를 設置했다.

本 調壓水槽는 한 개의 上部 水室과 두 개의 Riser Shaft 로 되어있다.

上部 水室은 EL 60M에 位置하며 幅 10M에 높이 10.5 M, 길이 44 M로서 揚水 trip에서 생기는 最大 Surging水位에 對備하여 充分한 容積으로 하였다.

Riser Shaft는 直徑 7 M로서 Draft터널과 上部 水室에 連結되며 높이는 63 M이다.

調壓水槽의 Arch와 水室의 掘鑿은 地下發電所의 掘鑿工法과 거의 같다. Riser Shaft는 水圧管터널에서 使用했던 Raise Climber를 使用 Draft 터널로부터 垂直으로 Pilot를 2 m x 2.2 m로 鑿고 다시 水室側에서 下向으로 切抜掘鑿했다.

6. Draft 터널

Draft tube와 Surge tank사이를 잇는 터널로서 2列이고 延長이 約 57 M의 円形断面이다. 直徑은 3.7 M이고 調壓水槽側으로 1 : 7의 上向勾配를 갖고 있다.

Surging時에 Draft터널은 큰 水衝作用을 받는다. 따라서 Draft 터널은 可及의 짧은 것이 所望스럽다.

그러나 Surge tank와 地下發電室 位置와의 構造的인 相關關係와 두 構造物사이의 岩質上, 또는 地質上 條件때문에 짧게하는에는 制限을 받게되며 이러한 制限을 考慮하여 Draft터널의 延長을 定했다.

7. 放水터널

放水터널은 調壓水槽와 放水口를 連結하는 延長 2,475 M의 水路터널로서 調壓水槽側 31 M 区間은 2列로 3.7 M의 円形断面이고, 其他 区間은 1列로 5.1 M

의 標準馬蹄形断面이다.

馬蹄形은 岩質이 좋은 때 採掘되며 掘鑿 및 Concrete lining 施工이 容易하고 運搬裝備의 通行도 容易이다.

揚水發電所의 導水터널과 放水터널의 平均流速은 普通 4~8 m/sec 이다.

이 流速에 對한 本 發電所의 使用水量에 對應하는 터널 內徑은 4.7~5.8M로 經濟的断面을 計算하면 5.1~5.3M사이가 되며 여기서는 5.1M로 決定했다.

lining 두께와 鉄筋量은 外圧과 內壓에 견디도록 設計했으며 標準 lining 두께는 4.45cm로 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의 作業區間으로 나누어 한 쪽은 調圧水槽側으로 다른 한쪽은 放水側을 向해 掘鑿을 進行하도록 했다. 工程上 掘鑿을 하면서 約 50M 後方에서 lining을 뒤따라 施行토록 하였으며 岩 버럭은 locomotive로 索引되는 버럭鉸車를 使用하여 作業坑 入口까지 運搬後, 傾斜作業坑 區間은 winch로 裝

아 끌어올렸다. 여기에는 高性能 winch가 必要하여 特別히 注文製作을 했으나 國內技術의 不足과 여러가지 事情이 겹쳐 適期調達이 되지않아 工期遲延의 要素가 되었다. 따라서 放水口 掘鑿을 서둘러 放水口側으로도 掘鑿을 하는 한편 Surge shaft 作業坑 完成을 기다려 本 作業坑 中間에서 放水路側으로 作業坑을 新設(79M) 하였으며 이 作業坑을 利用하여 放水路 傾斜 作業坑側으로 掘鑿을 試圖하여 都合 4個의 作業區間으로 나누어 掘鑿을 했으며 Lining Concrete 를 위한 Sliding form도 当初 2Set (1= 9M×2)를 導入했으나 1Set를 追加로 國內에서 製作 投入하므로써 工期를 挽回했다.

76.9~77.2間에 傾斜 作業坑을 掘鑿하고 77.3 부터 本터널을 前述한 바와같이 4個 作業區間으로 나누어 全断面 掘鑿工法으로 掘進하여 78.7 全 터널이 貫通 되었으며 79.7 까지 lining과 Grouting을 完了하고 作業坑을 閉塞한 豫定이다.

參考로 地下發電所를 비롯한 水路터널과 各種 作業坑의 諸元과 工量을 表示하면 다음과 같다.

表 2. 淸平揚水 本設備 및 作業坑

구	분	단	면	연	장	굴	차	량	Cone	량	비	고
本 設 備	地下發電所	W=22.5	H=46.6	86 ^M		69,978 ^{M³}		25,693 ^{M³}				
	Surge tank	W=12 H=15.5	L=46	Shaft	R=5.0 H=65	16,482		8,772				
	Cable Tunnel	R=2.15	W=4.3 H=4.05	581		8,984		4,928				
	Access "	R=3.5	W=7 H=6	1,332		50,994		13,652				
	Renstack "	R=3.3	W=6.6 H=6.6	726 ^M × 2 ^연		24,402		20,839				
	Draft "	R=2.5	W=5 H=5.88	58 ^M × 2 ^연		3,754		1,995				
	Tailrace "	R=3	W=6 H=6	2,493		77,617		38,840				
	Surge tank Gelleri	R=2.25	W=4.5 H=4	94		2,539		647				
	Diversion Tunnel	R=1.4	W=2.8 H=3.1	204		1,390		975				
	소	계			터널연장6.272 ^M		256,140 ^{M³}		116,341 ^{M³}			
作 業 坑	Penstock EL 250 Adit	R=1.5	W=3 H=3	678 ^M		5,988 ^{M³}						
	" EL 23 "	R=1.5	W=3.0 H=3.5	165		1,512						
	" EL -8 "	R=3.5	W=7 H=5.035	88		2,355						
	P/H 연락갱	R=2.25	W=4.5 H=4	184		5,666				추	가	
	EL -11 Adit	R=3.5	W=7 H=5.035	216		8,764						

作 業 坑	EL -4 "	R=3.5	W=7 H=5.035	105	2,688		
	Tailrace Adit	R=2.25	W=4.5 H=4	359	4,779		
	" EL 1.50 Adit	R=2.25	W=4.5 H=4.0	79	1,405		추 가
	소 계			1,874 ^M	33,157 ^{M³}		
합	계			8,146 ^M	289,297 ^{M³}	116,341 ^{M³}	

8. 發電設備

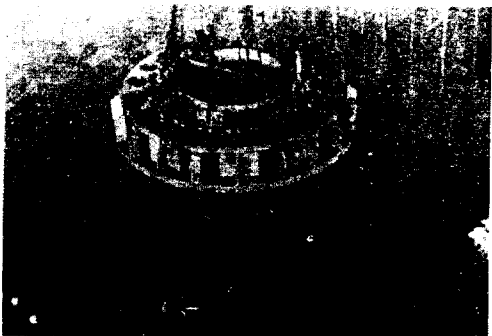
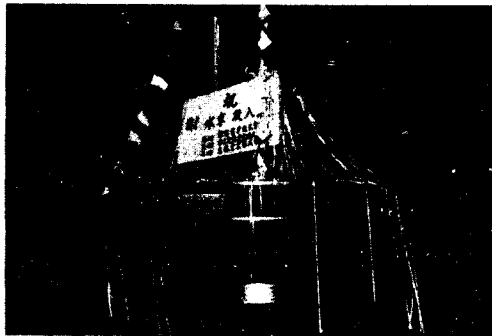
Pump - turbin, Generator - mortor 및 變圧器 各 2 台와 其他 附屬設備等 主要 發電設備는 地下發電室에 設置된다.

154Kv Switch gear 와 配電施設은 屋外 變電所에 設置하고 運轉操作 Cable 은 母線터널을 통해 地下發電室 機器와 屋外 變電所 및 Controll hous 連結되었다.

地下發電室에는 運轉員이 없고 Controll house 에서 運轉操作을 하며 調査点檢을 위해 定期的으로 作業者가 地下發電所를 巡察하게 된다.

pump-turbin 의 型式은 垂直軸 單段 Francis 可逆 pump-turbin 이며 最大揚水量은 78 m³/sec 이고 發電使用水量은 最大 105 m³/sec 이다.

發電時 最大 水車出力은 定格有效落差 452 M에서



水車發電機 設置光景

206,000 kw 이고 揚水時의 最大 pump 人力은 220,000 kw이며 回轉速度는 450 rpm이다.

發展機 - Mortor 의 型式은 垂直軸 3 相同期型 交流 發展機-電動機이며 出力은 220,000 KVA 電圧 13.8 kv 回轉速度는 450rpm 週波數는 60 HZ 이다.

主變圧器는 水冷 油圧循環式이며 電圧은 13.8/140~168 kw 週波數는 60 HZ 이다.

이 發電設備는 1978. 8 Draft tube 埋設作業이 完了 되고 Spiral Cashing 設置가 始作되므로서 本格化되어 1979. 7 設置를 完了하고 Dry test (15個月)와 Wet Test (2.5個月)을 거쳐 79.11 1号機가 商業運轉에 들어갈 豫定이다.

9. 測量

앞에서도 言及했지만 本 建設工事は 8.1km에 達하는 16個의 大小터널이 地下 P/H를 中心으로 4方으로 分岐되어 있다. 따라서 高度의 精確測量이 必要했으나 測量條件이 터널內이므로 視野가 어둡고 심히 傾斜터널은 測量機의 据置가 거의 不可能했으므로 Raser 光線을 利用한 Raser transit 6臺를 日本에서 導入使用하였으며 測量結果는 매우 滿足스러운 것이었다.

10. 換氣

發破 gas, 먼지 Diesel 기관 truck 의 排氣 gas를 處理하여 作業員의 呼吸, 坑木의 부패, 강지보공의 酸化에 의한 酸素欠乏等에 対処하기 위하여 cable tunnel, Access tunnel, 放水路, 其他作業等에 大型(800~1000%) 送風機를 設置 風管에 의하여 送氣式 強制 換氣를 했으나 坑內 空氣는 期待보다는 나빴다.

地下 P/H側은 地下 P/H와 Cable tunnel 및 access tunnel 이 相互連結이 된후는 Cable tunnel入口에 送風機를 集中設置, 送風하여 access tunnel로 排氣토록 하는 風道式 換氣工法으로 變更施行하므로써 換氣效果를 보다 改善할 수 있었다.

11. 湧水 및 排水

工事中 多幸히도 湧水는 별로 없었으며 若干의 地下水和 掘鑿作業에서 發生되는 廢水等은 여러곳에 Sump pit 를 設置하여 pump로 排水토록 했다. 75 페이지 계속 -