

〈공사보고〉

茂朱揚水 發電所 建設現況

金 兌 烈^{*}

1. 概 要

1. 揚水發電所의 特性

現在 우리나라 電力供給量의 大部分을 擔當하고 있는 大容量의 原子力, 有煙炭發電所는 基低負荷用 으로서 需要 增減에 따른 急激한 出力變動이 困難할 뿐 아니라 可及의 一定한 出力이 維持되어야만 勢效率이 좋아 값싼 電力을 生産할 수 있고 機器에 無理를 주지 않으나, 揚水發電은 電力 開始 및 停止가 迅速하고 出力이 變動이 容易해서 이와 같은 大容量 設備의 短点を 補完할 수 있다.

따라서 大容量의 原子力, 有煙炭 發電所 으리 稼動率을 높여 高效率 連續運轉으로 電力을 安全하게 生産 供給하고 電力系統의 信賴度를 向上시키기 爲하여는 電力의 需要가 가장 적은 深夜 또는 休日の 값싼 剩餘電力을 動力으로 利用하여 下部貯水池의 물을 上部貯水池에 揚水하였다가 電力單價가 높고 電力需要가 많은 時間帶에 이물을 下部貯水池로 流下시켜 發電하는 방식이다.

즉, 電力의 間接的인 貯藏 狀態이며 이러한 특성으로 電力需要의 成長에 따른 大容量 發電所 建設에 맞추어 揚水發電所의 繼續 建設이 要求된다.

2. 茂朱揚水 發電所建設 概要

茂朱揚水 發電所의 事業區域은 全北 茂朱郡 赤裳面 北倉里, 浦內里 一圓으로 서울에서 남쪽으로 약 180Km 대전에서 약60km 떨어진 錦江 上流지점에 위치해 있다.

本 事業은 정부의 長期電源計劃에 의거 중부지역의 電力需給 安定에 寄與토록 建設되는 發電所로서, 국내에서는 淸平, 三浪津에 이어 3번째 建設되는 純揚水式 地下發電所이며 1988년 5월 事業을 着工하여 1995년 6월 竣

工을 目標로 '92. 6월 末 현재 51%의 工程을 보이고 있다.

茂朱揚水 發電所는 赤裳山 頂上의 天然盆地에 上部貯水池가 축조되고 下部貯水池는 裳谷川 계곡을 가로막아 댐을 축조하므로써 上·下部間의 낙차를 利用하여 발전하게 된다. 발전낙차는 598m로 국내에서는 제일 높고 세계적으로도 單段 可逆式 펌프/수차 설비로는 3위에 해당되는 大容量 高落差 發電所의 특징이 있다.

또한 지형적으로 上·下部댐이 근접해 있어 落差(589m) 對比 水路길이(2,020m)가 짧아 경제적인 건설이 가능한 優秀지점이다.

3. 主要設備 概要

○ 發電 基本諸元

總 落 差	589m
最大有效落差	579.5m
最大發展使用水量	130m ³ /sec/2台
揚水發電效率	70%
最大揚程	601.2m
最大揚水量	102.8m ³ /sec/2台

○ 發電所

型 式	地下空洞式
諸 元	幅 21m×長 98m×高 49m

○ 導水터널

型 式	原型CON'C LINING 壓力터널
諸 元	φ 5.5m×562.9m (L)

○ 水壓터널

* 한국전력공사 제1건설처 공사운영부 부처장

型 式 壓力鐵管 埋設터널
 諸 元 單線區間 \varnothing 5.5~4.0m×888.43m (L)
 二線區間 \varnothing 2,8~2,25m×65.02m (L)

1992. 5. 7 下部댐 築造着工水 開始
 (1992. 9.) 上部댐 築造 着工
 (1993. 5.) 下車發電機 設備 着工
 (1994. 6.) 下部댐 湛水 開始
 (1994.12.) 試運轉 着手
 (1995. 6.) 竣工

○防水路

型 式 圓型 CON'C LINING 壓力터널
 諸 元 #1 \varnothing 3,8m×468.45m (L)
 #2 \varnothing 3,8m×465.27m (L)

III 工事現況

○上部댐

流 域 面 積 0.6km²
 滿 水 面 積 182,600m²
 總貯水容量 3,146,000m³
 發電容水量 2,810,000m³
 利 用 水 深 28m
 댐 形 式 中心코아型 록필댐
 댐 높 이 60.7m
 댐 길 이 287m
 댐天端標高 EL 863.5m
 댐 體 積 870,900m³
 假排水터널 高 2.0×幅 1.8×長 289.9m

1. 對備工事

上部댐 進入道路 築造工事は 幅 6m, 延長 8.9km 아스팔트 포장의 山岳道路로서 '88년 5월 着工하여 '91년 5월 竣工하였는데, 덕유산 國立公園內的 險峻한 山岳地에 축조되는 관계로 시공중 어려운 工事區間이 많았으며, 國立公園內的 自然훼손을 最小化 하기 위하여 굴착토량이 法面에 흘러내리지 않도록 裝備로 직접 굴착하여 殘餘土量은 捨土場을 지정하여 捨土하고, 도로 全圖間에 걸쳐 주위 景觀과 調和를 이루도록 造景공사를 시행하였다.

○下部댐

流 域 面 積 39,7 km²
 滿 水 面 積 597,000m²
 總貯水容量 5,300,000
 利 用 水 深 6.5m
 댐 形 式 中心코아型 록필댐
 댐 높 이 46.5m
 댐 길 이 234m
 댐天端標高 EL 281.5m
 댐 體 積 456,700m³
 假排水터널 \varnothing 6.8×264.4m

또한 茂朱邑에서 下部 水沒地域 까지의 기존 비포장 지방도를 아스팔트 포장으로 확장 및 이설하여 지역사회의 기여하기도 하였으며, 上部貯水池 水沒地域에 있는 史蹟인 安國寺의 移轉이 불가피 하여 貯水池 外郭 護國寺(부지로 移轉하고 史蹟만 남아있는 護國寺), 史庫址, 청하루 등을 復元하는등 자연보호와 文化財 保全에 대하여도 많은 支援을 아끼지 않았다.

2. 本工事

揚水發電所의 主要 構造物은 貯藏하는 上部댐과 下部댐, 이를 연결하는 水路터널과 地下發電所등으로 구성된다.

II. 推進經緯 및 계획

1975. 4. 14 地点 豫備調査 着手 (三安技術工事)
 1978.11. 7 妥當性 調査完了 (美國 C.T.M社)
 1987.12. 2 電源開發事業 實施計劃 承認(動資部)
 1989. 9. 29 作業터널 着工
 1991. 1. 15 地下發電所 着工
 1992. 3. 1 水壓鐵管 埋設 着工

1) 水路터널

水路터널은 延長이 약 2,020m로서 取水口, 道水路, 調壓水槽, 水壓管路, 地下發電所, 放水路 및 防水口로 연결되어 있으며, 水路터널의 掘鑿工期를 줄이기 위하여 5개소의 작업터널을 먼저 굴착한후 각 작업터널에서 左右 方向으로 터널을 굴착토록 하여 工期를 최대한 短縮하였다.

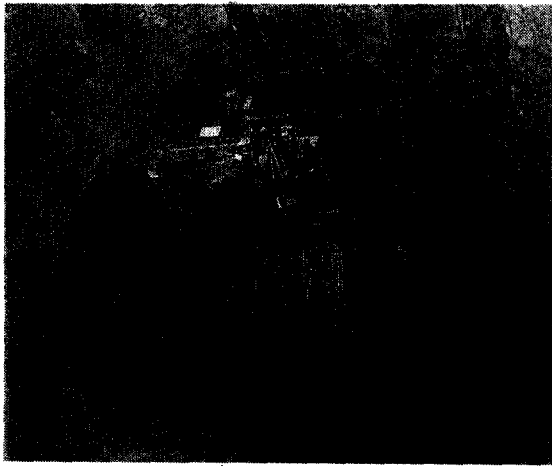
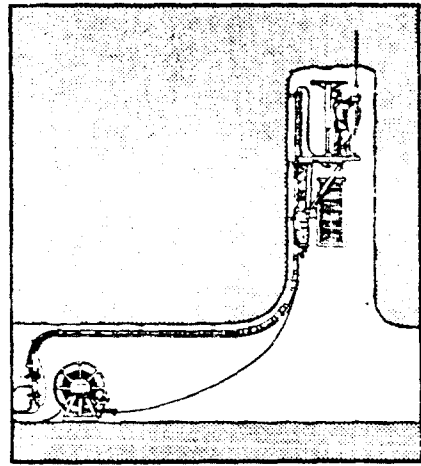


그림 2 RAISE CLIMBER 굴착현경



穿孔 및 裝藥을 한다. GUIDE RAIL에 장착된 PIPE로 AIR 및 물을 공급하고, 장비 자체구동 전원은 별도의 CABLE REEL에 의해 공급된다.

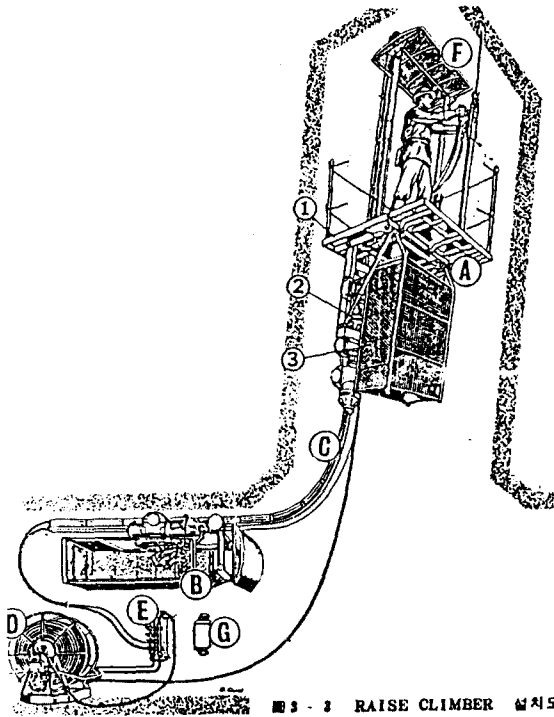
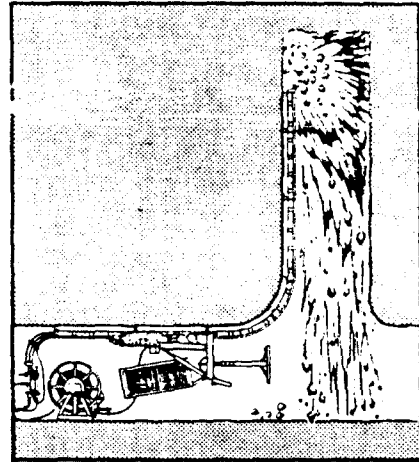


圖 3 - 3 RAISE CLIMBER 설치도



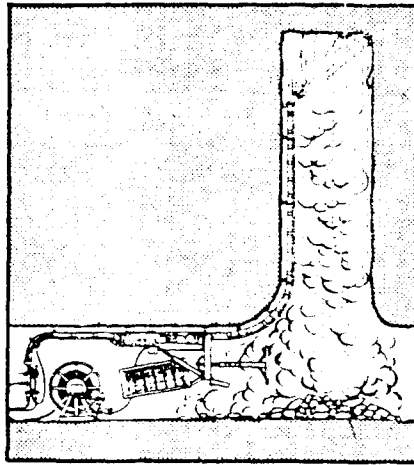
2)穿孔과 裝藥이 끝나면 RAISE CLIMBER는 하부로 이동하여 대피하고 發破를 施行한다.

茂朱揚水의 터널 總延長은 약 6,000m로 '89년 12월 11일 터널掘鑿을 착수하여 '92년 5월 3일 완료하므로서 하루평균 약 7m의 터널을 굴진하였다.

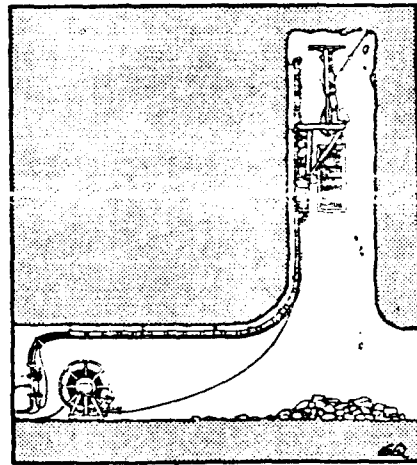
터널굴착에 있어서 水平部는 2 BOOM DRILL에 의한 全斷面 굴착을 실시하고 NATM 工法에 따라 SHOT-

CRETE 및 ROCK BOLT로 支保하면서 굴착 하였고, 傾斜 및 垂直部는 先導坑 굴착(PILOT)후 上部에서 下部에서 上部로 下向式으로 擴場掘鑿(ENLARGE) 방법을 택하여 시공하였다.

先導坑 (2×2.2m 規模)의 掘鑿은 RAISE CLIMBER 라는 特移裝備(그림 2)를 이용하여 LEG DRILL로 穿孔



3) 發破가 끝나면 AIR와 WATER SPRAY를 분사하여 坑內有毒 GAS 등을 제거하고 換氣狀態를 좋게 한다.



4) RAISE CLIMBER가 상승하여 부석파기, 면정리 등을 시행하고, 하부에서는 버럭치리를 한다.

그림 2 RAISE CLIMBER 굴착현경

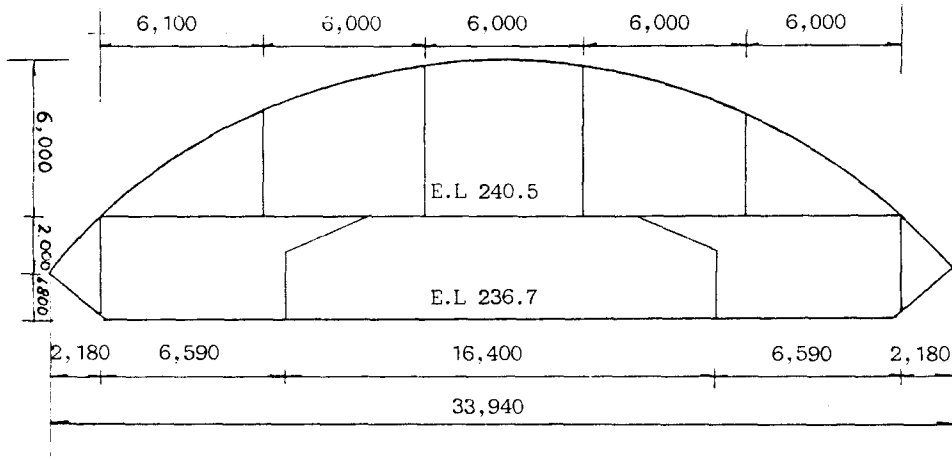


그림 4 지하발전소 아치부 굴착순서

하면서 下部로 上向式으로 進行하고 버럭은 下部에서 處理토록 하였다. 擴場掘鑿은 DRILL PLATFORM을 제작, 사용하여 上部에서 下部로 進行하면서 掘鑿하고 버럭은 下部에서 處理 하였다. (그림 2, 3 참조)

터널축조공사에 있어서 導水路는 鐵筋콘크리트 圓形斷面 구조로서 管徑이 5.5m인 壓力터널이며, 調壓水槽는 上部 水室을 갖는 單動式 調壓水槽로 설계 하였다.

水壓管路는 靜水壓과 水擊壓 및 高周波 振動水壓등의 內壓에 견딜 수 있도록 내경 2.25m×5.5m인 水壓鐵管을 銲接연결하여 설치하는데 설계 內壓의 20~50%를 주

위의 岩盤에 부담하고 그 나머지를 水壓鐵管이 부담하도록 설계 하였다. 壓力水路에 사용되는 鐵管의 두께는 16~42m/m로서 SM58Q 또는 POSTEN 80의 特殊材質을 사용하며 최대 設計水壓은 水頭로 약 805m이다. 또한 水壓鐵管 周邊은 콘크리트로 뒷채움을 하였으며 그 두께는 鐵管의 설치 및 溶接作業을 위한 최소의 공간 확보를 위해 60cm 정도로, 하였다.

下部貯水池와 發電所간의 水路인 防水路는 管徑 3.8m의 鐵筋 콘크리트 圓形斷面 구조의 터널 2列로서 DRAFT TUBE와 연결되는 약 18m 구간은 鐵管으로

LINING 하도록 하였다.

2) 地下發電所

地下發電所는 地下 약 200m 지점에 건설되며 工程중 가장 중요한 공사의 하나로서 전체 建設工期에 직접적인 영향을 미치는 어려운 공사이다. 공사는 발전소 掘鑿과 콘크리트 공사, 機器設置 공사로 구분되며 발전소 屈鑿 作業에 앞서 進入을 위한 進入터널 및 CABLE 포설용 母線터널 굴착공사가 先行되었고 발전소 掘鑿前에 空洞 內部的 岩盤試驗과 FEM(Finite Element Method)을 실시하고 그 결과에 따라 지하발전소 굴착 및 구조물 설계를 하였다.

발전소 掘鑿순서는 아치部 掘鑿 및 아치部 콘크리트 타설, 아치 CORE部 掘鑿 本體 掘鑿의 順으로 진행되는 데 아치部 掘鑿은 아치部的 橫방향으로 作業坑을 조성한 후 아치部 중앙 頂設導坑(B=6.0m, H=6.0m, L=100m)을 굴착한다. 頂設導坑이 완료되면 左右斷面을 동시에 竅擴한 후에 나머지 側壁을 굴착하여 상단부 굴착을 완료하였고, 하단부 굴착은 CORE部的 양측을 굴착함으로써 아치부 굴착을 완료하였다. 굴착면은 ROCK BOLT(ϵ :25m, L:3m, 간격:1.5m)와 SHOTCRETE를 시공하였으며 굴착 裝備는 갱내의 粉塵을 흡수할 수 있고 시공성능이 우수한 최신 裝備인 CRAWLLER DRILL(MODEL名:ROC 742-10)을 사용토록 하여 굴착 공기 단축 및 건설원가 절감을 기하였다. <그림 4>

아치 콘크리트 設計는 岩盤에 대한 F.E.M 해석 결과를

토대로 岩盤의 弛緩荷重을 고려하였고 ARCH 構造는 수개의 ELEMENT로 연결된 라아멘 構造로 보고 해석 하였다. 施工은 1회 콘크리트 打設幅을 3.5m로 하여 전체를 28區間으로 분할하여 시공하였으며, 打設裝備는 콘크리트 펌프로 1區間當 約 230m³이다.

콘크리트 打設후에는 岩盤의 弛緩과 콘크리트와의 空隙을 補強해 주기 위하여 CONSOLIDATION GROUTING과 BACKFILL GROUTING 을 하였다.

발전소내에 설치되는 2基의 펌프/수차는 可逆式 FRANCIS 型으로 最大 낙차 589m이고 水車의 出力은 有效落差 560m에서 309MW이며, 最大人力은 330MW이고, 펌프의 最大 土出量은 51.4m³/sec이다.

發電/電動機는 水直, 回轉磁計, 密閉 空氣冷却方式이며 定格出力이 發電에서는 343 MVA이고, 電動機에서는 330MW이다.

3) 댐

상부댐은 赤裳山 頂上의 天然盆地에 건설되기 때문에 비교적 적은 규모(높이 60.7m길이 287m)의 댐으로도 축조가능 하였으며, CORE재를 인근에서 얻을 수 있어 中心코아型 ROCK FILL 댐을 채택하였고 CORK재는 상부지역 發生岩과 석산 개발량으로 충당하였다.

댐의 주요공사는 댐 건설에 필요한 假排水터널공사, 가물막이공사 등의 가설공사와 댐, 東側의 RIM, 南側岸部處理, 循環道路, 放流工 등의 本工程로 區分되는데, 工事순서는 먼저 假排水터널을 屈鑿한후 가물막이 築造



그림 5 지하발전소 아치부 콘크리트 및 본체굴착 전경

를 完了하고 그 후에 本댐 基礎掘鑿과 그라우팅 작업을 하고 댐을 築造하였다.

基礎掘鑿에서 코아부는 댐 全區間을 TRENCH式 터파기로 연암선이 노출될 때까지 굴착 하였고 基礎部의 止水는 CURTAIN GROUTING으로 댐축을 따라서 2열, 간격 2m, CONSOLIDATION GROUTING은 4열, 간격 3m로 시공토록 하였다. 또한 巖을 전량 유용토록 설계하여 별도 석산 개발없이 축조되도록 하므로써 공사비

절감을 피하도록 최대한 노력하였다.

하부댐은 상부댐과 같은 型式으로서 CORE재는 水沒地 인근에서 全量採取 하고 ROCK재는 터널 발생巖을 전량 유용토록 하였다.

댐 우안에는 設計洪水量 $810\text{m}^3/\text{sec}$ (PMF기준)이 到來될 때 댐에 影響을 주지 않고 安全하게 放流할 수 있도록 幅 9m, 높이 7m, 3連의 RADIAL GATE를 갖는 슈트형 余水路를 설치하였다.