



八堂Dam建設의 新工法

技術士 朴 箕 秀
(建設 部門)

目 次

1. 工事概要
2. 假물막이 形式의 選定과 施工順序
3. 圓形 CELL COFFERDAM 의 建立
4. 圓形 CELL 의 構造改良點
5. COFFERDAM 完成後의 洩水狀態
6. 工事途中의 洪水待避方法
7. 매듭말

1. 工事概要

第二次 電源開發 5 個年計劃의 一環으로 本 Project 는 南北漢江 合流點 下流 約 7 km, 서울東方 約 35 km 에 位置하는 漢江本流에 Dam 마루 標高 3,200 m, 全長 約 510 m 의 Concrete 重力式 Dam 를 築造하여 上流 各 貯水池에서 調節放水 되는 流量을 利用, 施設容量 80,000 Kw 의 低落差用 Bulb 型 發電機로서 年間 256 億 Kwh 의 電力을 生産코자 하는 計劃이다.

本 工事は 企劃處인 韓國電力과 施工處 大韓電拓公司로서 이미 1966 年 4 月에 着工되어 1,400 萬弗의 佛蘭西 借款으로 1971 年 中半期에 電力生産을 보게 될 長期事業이며, 現在 全工程의 25 % 程度의 進度率을 보이고 있다.

本 計劃은 特히 需要中心地인 서울과 隣接하고 Back water 影響으로 因한 農土의 浸水가 적고, 建設에 있어서 既存 鐵道 및 道路를 直接 利用할 수 있고, 上流 流域 面積이 廣大하여 流量이 많으며, 洪水排出이 容易한 點等 有利한 條件을 具備하고 있다.

本 工事的 特徵은 Law Dam 으로서 韓國 最初의 Bulb 機 設置이며, 이로 因한 土木工事的 節減, Bulb 機의 水利的으로 높은 效率과 가물막이에 Dam site 의 水深이 깊으므로 Steel sheet pile 圓形 Cell cofferdam 工法을 使用한 것 들이다.

이러한 條件下에 建設되는 八堂水力計劃의 經濟的 價値가 優秀하며, 現下 水力開發이 不可避한 此際에 八堂水力計劃은 現時期에 適合함과 아울러 電力需要 充足에 貢獻하는바 至大할 것이다.

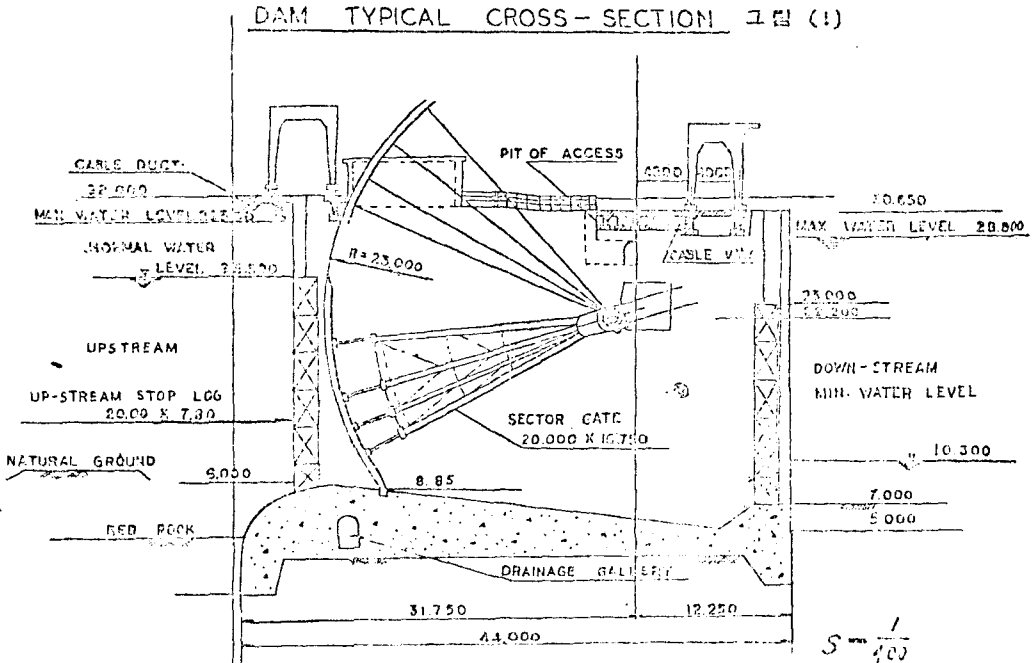
여기 本 工事計劃의 規模를 紹介하면 別表와 같다.

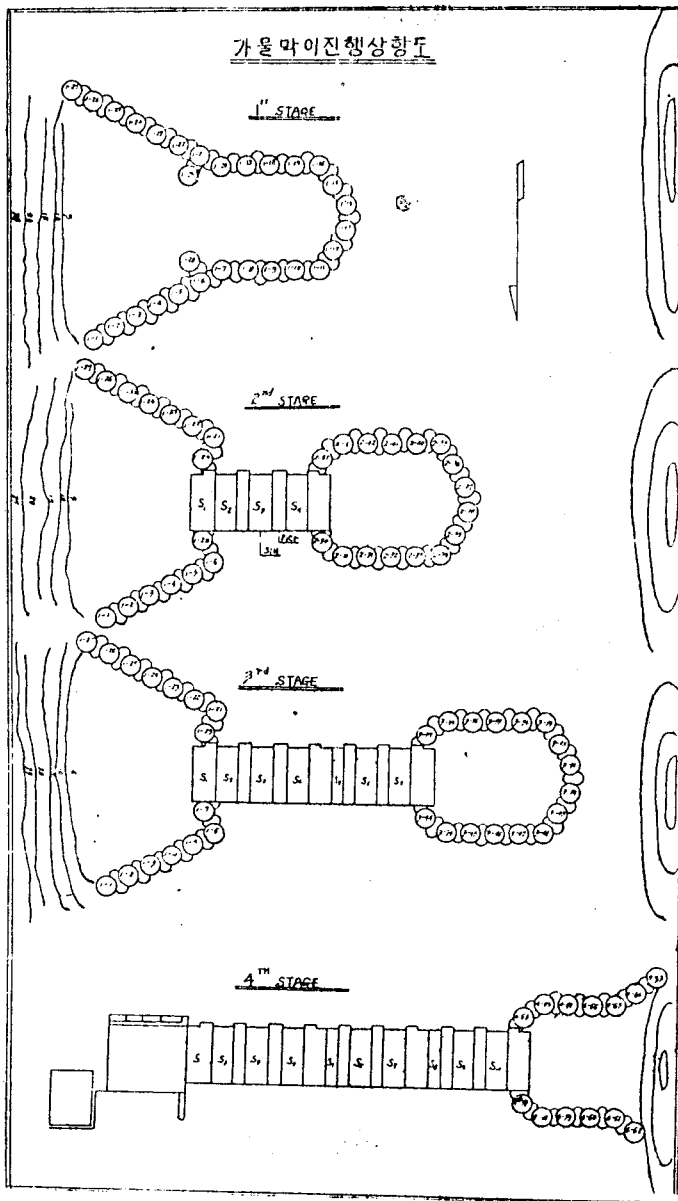
別 表

1. 水理的 條件; Hydrology	
流域面積	
Catchment area (Km ²)	23,800
平均流量	
Average Annual Inflow	(M ³ /SEC) 545
極大洪水量	
Flood Max	(M ³ /SEC) 38,000
年間總流入量	
Annual Gross Inflow	(M ³) 19,907×10 ⁶
年間利用流量	
Annual Available Inflow	(M ³) 8,923×10 ⁶
2. 貯水池 計劃; Reservoir	
湛水面積	
Reservoir Area	(Km ²) 36.50
貯水位(滿水)	
Full Reservoir Level	(M) 25.50
利用水深	
Draw Down	(M) 0.50
放水位	
Tailwater Level Min	(M) 11.30(50M ³ /SEC)

落差(總) Gross Head	(M) 14.20	型式 Type	Horizontal Shaft Bulb Type 수평축 벨브형
落差(平均) Average Head	(M) 11.80	容量 Capacity	(HP) 29,000×4
總貯水量 Reservoir Capacity	(M³) 244×10⁹	回轉數 Rotational Speed	(RPM) 120
有効貯水量 Live Storage	(M³) 18×10⁹	發電機 Generator	22,600K _{VA} ×4 (L66 ^m ×W46 ^m)
使用水量(最大) Power Water Max	(M³/SEC) 800	5. 屋外變電所; 變壓器 Transformer	Outdoor Switchyard 3 Phase 45.2M _{VA} ×2 延長 Length (Km) 9
施設容量 Installed Capacity	(KVA) 22,000×4	6. 送電線; Transmission Line	
年間發電量 256×10⁹ 283×10⁹ 336×10⁹ (현시설) (현+소양강) (현+소양 +충주) Annual Productivity KWH)		7. 其他; Miscellaneous	
3. 堰 堤; Dam		Kw當 建設單位 Cost Per Kw	(W/Kw) 84,875
型式 Type	Concrete Gravity Dam 콘크리트 중력식 댐	Kwh 當建設單位 Cost Per Kwh	(W/Kwh) 26.52
頂部標高 Crest Level	(M) 32.00	建設期間 Construction Period	(Month) 67
頂長 Dam Length	(M) 510	移設道路 Relocation Road	(Km) 27 Km
堤容積 Dam Volume	(M³) 約 250,000	水沒地域 Submerged Area	(Km²) 15.11
基礎地質 Geology of Bedrock	Granitic Gnisse 화강편마암	是 Wet Paddy (Km²) 5.7 (1,724,000평) 밭 Dry Paddy 2.5 (756,000평) 임야 Forest 4.4 (1,331,000평) 기타 Others 2.5 (756,000평)	
溢流部 Spill Way	H16 ^m ×W20 ^m 15 孔		
溢流部頂長 Crest Length of Spillway	(M) 377.00		
水門 Gate of Spillway	15 孔		
4. 發電所; Power Plant(L69 ^m ×W48 ^m)			
水車 Turbine			

Dam의 typical Cross-Section을 圖示하면 그림 (1)과 같다.





2. 假물막이 形式의 選定과 施工順序

八堂 Dam 築造에 앞서 가장 難工事이고 重視하여야 할 것은 Dam 本體築造를 爲한 가물막이 工事이다. 그 理由는 Dam site의 水深이 溫水位에도 平均 7m(標高+12,00 m) 내외이고 洪水水位가 1917~1965 年間 最高水位統計를 보면 標高+28,00 m 나 되어서 本工事의 生命은 가물막이 工事に 있으며, 가물막이 工事만 제대로 이

루어지면 本工事は 完成된 것이라고 하어도 過言이 아닌 것이다.

그리하여 여기에 選定된 것이 높이 18m 直徑 17,834 m의 Steel Sheet Pile 圓形 Cell에 依한 Cofferdam 工法이다.

勿論 이 外에도 Caisson 工法도 있겠지만 이는 Caisson 底部로부터 透水を 막기 爲한 河底岩盤部 고르기의 施工難關으로 適合치 않다고 본다.

그리하여 이 Cell Cofferdam의 施工은 河幅 400m를 4 stage로 나누어서 다음 그림(2)와 같이 1st stage를 發電所가 位置할 右岸側에서부터 始作하여 施工하였다.

當初 上述한 4 stage를 3 stage로 나누어서 施工하려고 論議도 있었으나, 이렇게 되면 Cofferdam의 길이 가 길어져서 17,700 m³ / sec의 洪水量을 通過시켜야 할 通水斷面 不足으로 上流測 水位上昇으로 因한 水沒地域擴大를 憂慮하여서 4 stage로 決定한 것이다.

現在 그림의 1st stage의 27個의 cell 施工이 完了하였고 今年末의 濁水位를 利用하여서 2nd stage cofferdam 施工에 着手 豫定이다.

이 때에 1st stage에서 2nd stage로 건너가는 것을 그림에서 보면 上流 1-17, 1-18, 1-19, 1-10의 4 cell과 下流 1-7, 1-8, 1-9, 1-10의 4 cell을 除去하고 새로운 1-

28, 1-29, 2-30, 2-43을 建立하고 既히 施工 完了한 Dam pier의 一部를 물막이의 壁體로 利用하면서 2-30, 2-43 cell을 基點으로 하여 14個 cell를 建立하고 2nd stage를 形成시킨다.

여기서 上流 1-27~1-21, 下流 1-1~1-6의 Cell을 除去치 않은 것은 이 cofferdam 内部에 發電所가 位置할 部分으로 發電機 設置에 長

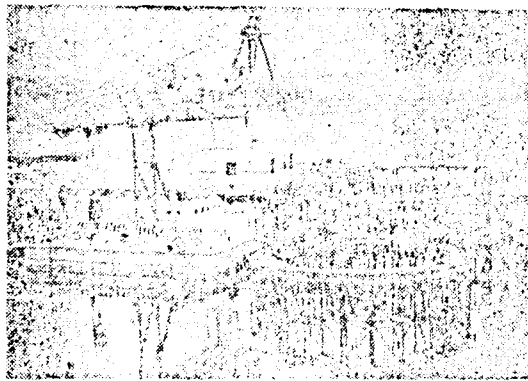
期日이 所要됨으로 Dam 築造 完了 最終年度인 1971 年에 除去하기 때문이다.

上記와 같은 方法으로 2nd stage 에서 3rd Stage, 3rd stage 에서 4th stage 로 건너 가면 서 Cofferdam 이 이루어져 가는 것을 그림에서 容易하게 理解할 수 있을 것이다.

3. 圓形 cell Cofferdam 의 建立

cell 은 本 cell 과 이 cell 들을 連結하는 arch cell로 區分하며 本 cell 의 sheet pile 의 總枚數는 144 枚이며 arch cell 는 外側 32 枚이고 內側 22 枚이다.

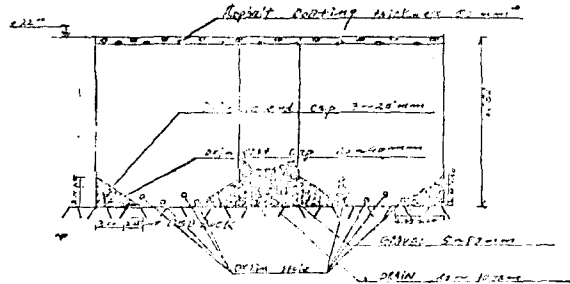
이 cell 의 建立에 앞서 cell 의 安定上 河底에 있는 轉石除去作業과 岩盤層이 보일 때까지 浚 課作業을 하여서 cell 가 完全히 岩盤上에 놓이도록 하여야하며 이 作業이 完了되면 圓型 또는



arch 型을 形成 시키기 爲하여 一種의 形枘과 같은 floating template 사진 (1)를 所定의 水上 位置에 設置하고 이 template 에 달려있는 4 個의 固定杭을 降下하여서 河底에 固定 시켜놓고 그 周圍에 나란히 떨어져 가면서 50 噸 起重機로 서 sheetpile 를 敷設한다. 다음 이 頭部를 2 噸 double acting air hammer 로 30 抄間 내려서 1 cm 貫入될 때까지 抗打作業을 繼續한다. 이러면 sheet pile 의 先端이 大略 15 cm 가량 岩盤에 插入 되게 되어서 外水의 Cofferdam 內部로의 透수를 防止할 수 있다.

cell 內部土의 構成을 보면 그림(3)과 같이 下部 3.5m 區間에는 cell 內水의 排水를 容易하게

圓形 cell 斷面圖 (그림 3)

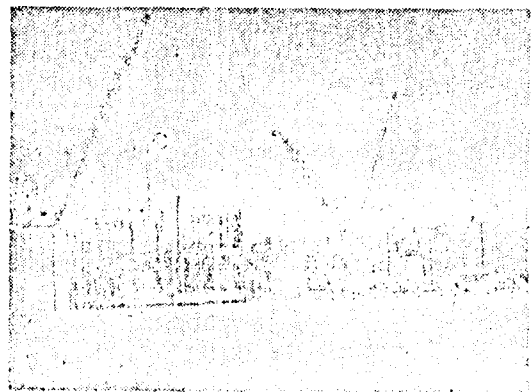


하기 爲하여의 3~90 mm 의 砂利層으로 構成 되어 있고 排水는 옆에 sheet pile 에 떨어져 있는 ϕ 100 mm Hole 에서 이루어지며 되도록 cell 內部水位를 降下시켜서 cell 安全을 圖謀케 한다. 그 上部는 隣接角이 크고 粘土質이 없는 砂利混入砂로 充填되어 있다.

한개의 cell 의 建立(sheetpile 敷設 抗打 土砂 充填) 完成에 所要되는 工事期間은 平均 15 日 걸렸다. 여기 cell 가 이루어지는 觀景과 Cofferdam 가 施工 되어가는 모습을 보면 사진 (2) (3) (4) (5)와 같다.

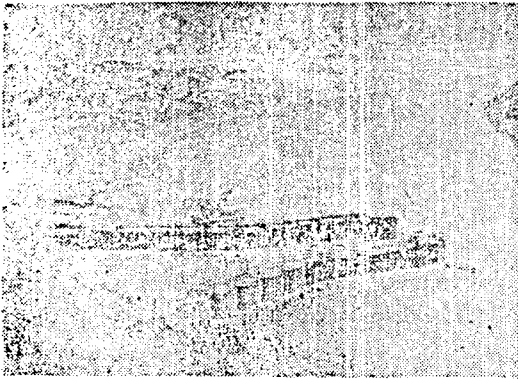
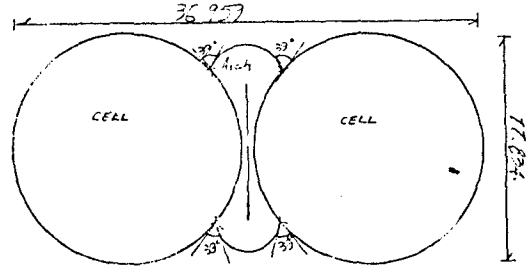
4. 圓形 cell 의 構造改良點

圓形 cell 와 cell 는 T-Pile 에 依하여 그림(4) 와 같이 arch cell 로서 連結되는데 1967 年 3 月 23 日, 1-25 cell 가 그 內부에 土砂充填 途中 下

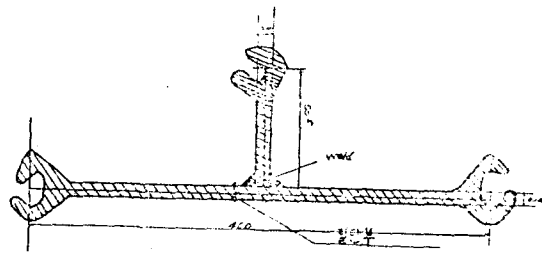




事故後円形CELL平面圖(그림4)



事故前T-PILE断面圖(그림5)



hoop tension 以外에도 arch cell 方向으로도 이 tension 이 作用되는데 不拘하고 여기에 普通部分의 12mm 平 pile 를 그대로 使用하고 아무 補強 對策도 없었다.

3) cell 内部 充填土의 面 高루기를 容易하게 하기 爲하여 물을 充填土에 飽和狀態로 使用하여서 約 1,7 T/m³의 密度로서 液體와 같이 cell 에 作用한 것이다.

4) T-pile 의 鐵의 有延性이 缺乏 되었다. 이러한 缺陷들을 佛人技術者들은 스스로 認知하고 直刻 다음과 같은 工法으로 改善 措置 하였던 것이다.

5) T-pile 의 製作 連結에는 絶對로 熔接을 避한다.

6) 平 pile 에 그림 (6)과 같이 두께 22mm 巾 145mm 의 鐵鈹으로 補強하되 이를 Bolt 로 連結한다.

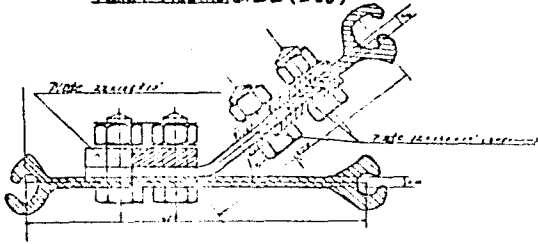
7) Arch 連結部の T-Pile 은 從前은 90°였으나 이를 變更시켜 39°方向로 그림 (6)과 같이 屈曲 시켜서 連結하여 (平面上으로는 그림 6')

流側 T-pile 의 連結部 그림 (5)가 pile 全長 18m 에 걸쳐 上下 찢어져서 瞬間적으로 1-25 cell 가 崩壞되고 말은 큰 事故를 냈다. 이 原因을 分析하여 보면 다음과 같다고 본다.

1) 그림 (5)와 같이 T-pile 의 熔接한 部分이 熱處理가 제대로 이루어 지지 않았다.

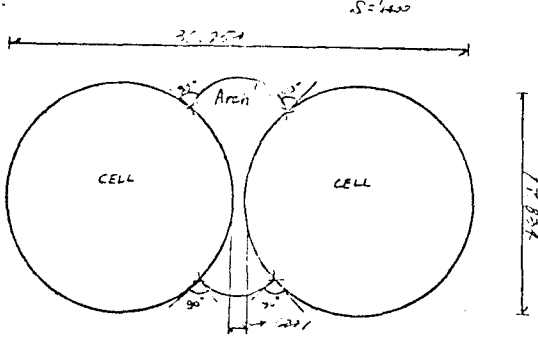
2) T-pile 에는 그림 (5)와 같이 그 方向의

事故前T-PILE改良断面图 (2圖6)



T-pile 作用을 시킨다. 이는 力學的으로 翻點인 A 點에 arch 方向으로 作用하는 힘 P를 從前에 比하여 $P \times \sin 39^\circ$ 만큼 줄이는데 있다고 본다.

事故前円形 CELL 平面图 (2圖6)



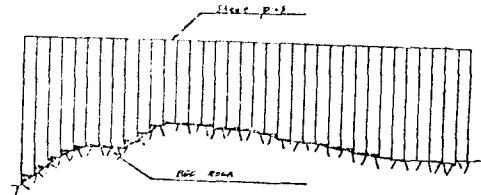
(4) Arch 方向의 T-Pile 도 그림 (6)과 같이 12×140 mm 鐵釘 2 枚로 bolt 에 連結시켜 補強한다.

以上과 같은 方法으로 T-pile 의 改造를 하여서 1ST stage 의 27 個에 cell 를 建立 하였다니 建立 途中이나 完成한 現在에도 아무런 異常을 招來치 않았다.

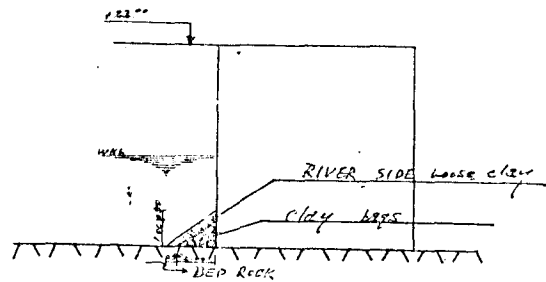
5. Cofferdam 完成後의 洩水狀態

Cofferdam 를 建立하면서 第一 궁금하였던 것은 이것의 完成後 內部排水가 끝난다음 外水가 cell 下部를 通하여서 얼마나 洩水가 생길 것인가였다. sheet pile 의 先端이 岩에 박혀 있어 洩水防止는 어느 程度 되지만 그림 (7)과 같이 sheet pile 와 岩의 屈曲된 間隙에서 洩水가 있을 것으로 보아 cell 外部에 粘土袋를 그림 (8)과 같이 Cofferdam 全長 560 m 에 걸쳐서 敷設 하였다.

SHEET-PILE 와 岩 사이의 間隙의 封鎖狀態 (2圖7)



粘土袋敷設圖 (2圖8)



이렇게 하여서 佛人技術者들은 Cofferdam 内部에 洩水가 Cofferdam 의 길이 1m 當 0.6 l/Sec 以下이면 매우 良好한 結果로 보았는데 實際로 八堂의 Cofferdam 内部의 洩水量은 不過 0.35 l/Sec 程度여서 佛人들에게 그 施工의 優秀함을 驚歎하게 하였던 것이다.

또한 洩水가 Cofferdam 内部에 透水되는 것을 調査한 뿐만 아니라 洩水가 cell 内部에서 如何히 變化하는가를 調査하여야 한다. 이 cell 들은 本來 cell 下部에 있는 砂利 filtering 層을 通하여 그

水位測定管 位置圖 S=1/100 (2圖10)

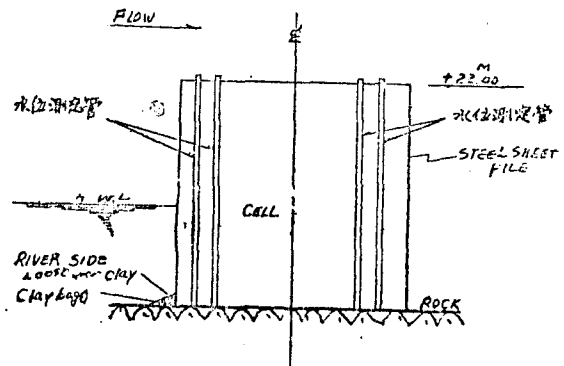
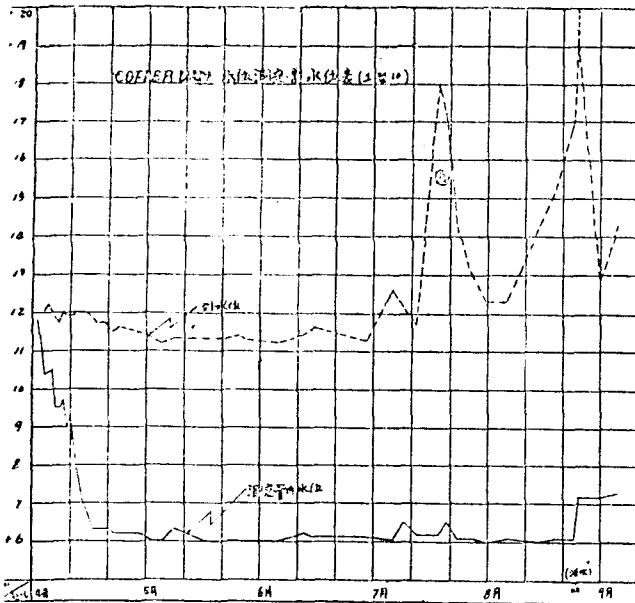


그림 (10)



옆에 設置되어있는 排水孔으로 短時間內에 cell 內水가 排水處理가 되도록 되어 있으며 이로 因한 cell에 作用되는 흙의 單位重量을 乾燥狀態로 1.6 T/m³로 維持하고자 하는 것이다. 이것을 觀察하기 爲하여 1-23의 試驗 cell에 그림 (9)와 같이 ϕ 10 cm의 水位測定管 4本을 미리 cell 內부에 設置하여서 이것을 每日 測定觀察하였던 것이다. 八堂 現場에서 이 管을 通하여 4月 1日 부터 現在까지 測定하여 보니 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) cofferdam 內부의 물푸기를 하기 前의 cell 內水位는 外水位+12,00와 同一하였던 것이 물푸기 直後인 4月 5日頃에는 約 +11,00 m로 下降하였다.

2) 時日이 갈수록 그 下降이 심하여 4月 7日 頃에는 同一 水位에서 +6,00 m程度로 내려가서 그 後 부터는 그림 (10)과 같이 一定하게 졌다.

3) 洪水時期에 外水位는 +20,00 m이었으나 內水位는 不過 +7,00 程度에서 平常時보다 約 1m 上昇하였을 뿐이다.

4) 이 水位는 佛蘭西 Rance 江의 境遇와 同一하였다.

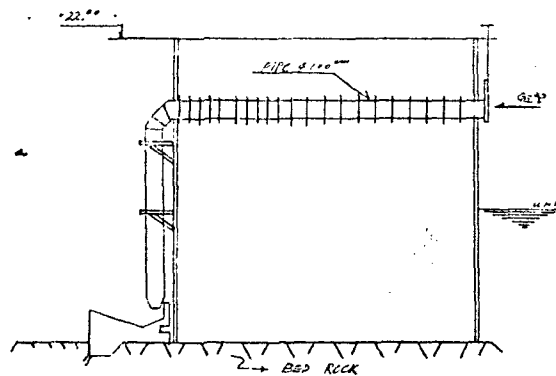
上記한 事實들은 cell 安定 計算假定 과도 一致하였으며, Cofferdam 內부에의 洩水量도 一定함을 證明하는 것이다.

6. 工事途中 洪水待避方法

八堂水力에 採擇된 Cofferdam 의 높이는 그것의 工事費 輕減上 最高洪水位+28,00 m 보다 낮게 +22,00 m 로 되어 있기 때문에 이 以上 洪水位가 上昇하면 洪水는 Cofferdam 頂上을 通하여 그 內부에 自然溢流放水 하게 된다. 그러나 이 Cofferdam 의 境遇 洪水位+21,00 m 에 到達하였을 때 미리 cell에 設置된 그림 (11)과 같은 ϕ 1 m의 siphon 導水管(上下流 都合 7個所)을 通하여 外水を 透引하여서 內側に 잡아 넣는다. 그 理由는

- 1) cell 頂上을 通하여 溢流되는 물의 放水 Energy 를 없애고 이로 因한 Cofferdam 內部既存 構造物의 破壤을 막는다.
- 2) Cofferdam 內外 水位差를 없애서 cell에 過壓力이 發生하지 않게 한다.

SIPHON 導水管 斷面圖 (그림 11)



今年度 洪水位는 多幸히도 +20,50 m까지와서 syphon gate 를 열어야 할 直前까지 到達하였으나 外水透引의 危機를 겨우 모면할 수가 있었다. 그러나 이때 Cofferdam 의 V 形模樣으로 되어 있는 1-20 Cell에서 異常한 金屬性 大音響을

듣고 그 附近에 있던 人夫들이 cell 崩壞의 危險性을 느끼고 逃亡한것은 特記할만한 事實이었다 이쪽의 原因을 分析하고 보면 다음과 같다고 推測된다.

1) 平水位時 sheet pile 의 hoop tension 이 完全作用되지 않았다가 外水壓의 增加에 따라 늦어졌던 pile 의 hook 와 hook 가 急激히 結合引張하면서 鐵과鐵이 닿는 소리

2) 水位上昇에 따라 水位가 +20,00 m 에 達하였을 때에는 外水の 流速 6.5 m 1 sec 의 動水壓과 波壓(이때 波高가 約 60 cm 였다.)을 받으면서 上流部 cell 는 下流測으로 約 5mm 可量 傾斜진 事實로 비추어 鐵과鐵이 비틀어지면서 發生한 소리

그런데 佛人들의 計算書를 보면 外水壓은 簡單히 靜水壓으로 取,어져 있는 것은 修正하여야 한다고 본다.

7. 매듭 말

上述한 바와 같이 八堂水力에 있어 鐵물막이를 爲하여 높이 18m, 直徑 17,834 m 의 圓形 steel sheet pile 工法에 依한 全長 560 m 의 大規模 工事は 實로 全 土木工事 工程의 約 25%

를 占有하고 있고 大漢江의 下流部를 막는다는 難工事인 만큼 앞으로 또한 이와 同一한 工事が 있을 것으로 보아 여기에는 主로 cofferdam 工事に 關하여 記述하였다. 더욱이 앞으로 남은 2ND, 3RD stage 들은 水中 島式가 되어서 더한 層 難關에 逢着할 것이 豫測 됨에 따라 이것 들이 無事히 完成되는대로 이誌를 通하여 紹介하기로 하고 아울러 Dam 本體構造物 工事進行 狀況도 알리고자 하며, 參考로 現在 Cofferdam 內에서 Dam concrete 打設作業 狀況을 보면 寫眞 (6)과 같다.



<筆者：大韓電拓公司 理事
八堂 Dam 建設所長>

