

八堂水力發電所 建設計劃概要 및 Bulb 型 水車發電機의 特異性

解 說
15-2-2

金 圭 銀*

1. 建設計劃概要

A. 概 況

第二次 電源開發 5 個年計劃의 一環으로 南北漢江合流點 下流 約 6 km 地點 서울 東北方 約 35 km 漢江本流에 높이 32 m 길이 約 500 m 에 콘크리트 重力式「댐」을 築造 하므로서 上流 各貯水池에서 調節放水되는 流量을 利用 設備容量 80,000 KW 의 低落差用 發電所를 建設하여 年間 2 億 5 千 6 百萬 KWH 의 電力量을 生産코저하는 計劃이다.

이 計劃은 特히 需要中心地인 서울과 隣接하고 있다는 利點이 있을뿐 아니라 洪水로 因한 農土의 浸水가 적고 洪水數地를 大渾化 하므로서 觀光地를 이룩할수도 있을것이다. 그리고 建設에 있어서도 既存 鐵道와 道路를 利用할수 있으며 上流 流域面積이 廣大하여 流量이 많고 洪水排出이 容易한것等 有利한 條件과 經濟性을 具備하고 있다.

또한 西歐民間資本 으로서의 처음인 佛蘭西銀行團의 借款으로 推進되는 이 工事에는 韓國最初로 Bulb 水車發電機를 設置하므로서 높은 效率을 올릴수 있을뿐 아니라 土木工事量을 節減할수 있다.

B. 推進經過

- ◇ 1963 年 2 月 25 日 韓電과 佛蘭西 政府間의 技術協助計劃에 依한 漢江流域水力地點 調查完了
- ◇ 1963 年 5 月 10 日 韓電과 佛蘭西用役會社인 SOFRELEC 間에 八堂水力基本技術調查役務契約 締結
- ◇ 1964 年 11 月 17 日 韓電과 佛銀行團間에 八堂水力借款契約 締結 (\$ 12,500,000 限度)
- ◇ 1965 年 2 月 11 日 韓電과 SOFRELEC 間에 技術役務契約 締結
- ◇ 1965 年 10 月 17 日 韓電과 佛國電氣機器製作團間에 主機器 購買契約 締結
- ◇ 1965 年 12 月 18 日 政府에서 借款支拂保證 承認으로 契約 發効
- ◇ 1966 年 2 月 1 日 八堂水力建設事務所 發足
- ◇ 1966 年 6 月 9 日 建設 起工式

C. 工事內容

- (1) 位 置
 - 右岸 京畿道楊州郡互阜面陵內里
 - 左岸 同 廣州郡東部面拜謁尾理
- (2) 施設容量
80,000 kw
- (3) 年間發電量
256,000,000 KWH
- (4) 建設費
 - 원貨 2,819,110,000 ₩
 - 外貨 12,078,999 \$
 - 計 5,899,000,000 ₩
- (5) 工事期間
着工後 56 個月
- (6) 定格總落差
12.00 m
- (7) 流域面積
23,800 km³
- (8) 댐 型 式
콘크리트 重力式
- (9) 댐地點의 地質
片麻岩
- (10) 댐 높 이
32 m
- (11) 댐 길 이
約 500 m
- (12) 溢流門扉
길이 20 m, 높이 16 m, 12 門
- (13) 水 車
型式 水平軸 Bulb 型
容量 21,200 KW
臺數 4 臺
- (14) 發 電 機
容量 22,600 KVA
臺數 4 臺
相 3 相

D. 工事效果

- (1) 電力增強

* 韓電 建設部電氣課長 · 正會員

表 I. 電力增強

	年間發電量	平均出力	常時尖頭出力	設備利率
現 施 設	KWH 356	KW 29,200	KW 58,000	% 36.5
昭陽江建設後	283	32,300	81,000	40.4
昭陽 및 忠州建設後	336	38,400	81,000	47.9

이 發電所는 京仁地區에 近距離 位置함으로서 電力의 損失이 적다.

(2) 建設期間中の 雇傭增大

勞働者 690,000 名

技能職 420,000

工事監督者 140,000

外人技術者 4,500

計 1,254,000 名

(3) 其 他

重工業技術向上을 爲始한 모든 技術向上과 聯關産業 發展에 貢獻할것이며 八堂測水는 觀光地를 提供할 것이다.

2. Bulb型水車發電機의 特異性

A. 緒 論

해마다 늘어가는 電力需要에 對備하며 經濟的인 電力開發은 水火力을 併用하므로써 가장 저렴한 發電單價로서의 供給이 可能하게된다.

近年에 이르러서는 最新式火力을 電力系統의 成長과 더불어 單位容量大型化 되었을뿐 아니라 機器의 發達로 인한 效率의 大幅向上에서 KW當 建設費 및 KWH當 發電原價가 低廉케되어 需要의 Base部分은 最新式火力으로 하여금 담당토록 하고 比較的 短時間의 尖頭負荷는 水力 혹은 老朽火力으로 하여금 담당케하고 있다. 老朽火力은 新規火力의 開發에서 생기는 副產當의 施設로 볼 수 있으므로 尖頭負荷에 對한 供給電源이 不足할때 水力으로 하여금 메꿀것이나 그렇지 않으면 新規火力의 開發로서 생기는 老朽火力으로 메꿀것이나 하는 問題에 歸着된다.

그러나 經常的인 檢討에서 極히 有利하다고 判定되는 火力地點 即 KW當 建設單價가 低廉할뿐더러 보다 많은 KWH의 發生이 期待되는 火力地點은 거이 開發되었으며 남아있는 水力地點은 大部分이 建設單價가 고등함을 免치 못하고 있는것이 現實이다. 特히 10m 内外의 低落差 水力地點으로서 開發價値가 認定되고있는 地點은 稀少한 까닭에 等閑視해왔었다.

그러나 漸次로 發達해가는 土木 및 機械技術은 이러

한 地點들의 經濟的 價値를 正當化 시키게되었으며 八堂 Project와 같이 負荷中心地인 서울에 가까운곳에는 特히 在來式 Kaplan보다 Bulb型機의 設置가 더욱 興味있는 問題로 擡頭하게된다. 水車發電機 型式選定에 있어서 12m의 低落差인 八堂의경우 Bulb型機의 特性을 Kaplan型機와 比較檢討하여 그 主要問題點을 論하고 저함.

B. 技術的 問題

(1) 效率比較

同一한 Runner直徑과 同一한 回轉速度인 Kaplan型機로서 同一한 落差와 使用用水量으로 運轉 한다면 Kaplan보다 Bulb가 實質的으로 效率이 높다는것이 ASME에 報告되어있고 한 例로서 RHONE(佛)江의 Pierre-Benite發電所의 水車模型試驗結果로서 나타나고 있다.

(2) 補修의 難易性

在來式 Kaplan型機에 있어서는 發電機의 Rotor pole piece 補修 및 其他 主要修理에 있어서 Rotor를 들어 내어야만 하였으나 Bulb型機에 있어서는 分解하여 들어내지 않고서도 補修할수 있으며 水車 Bearing의 點檢補修도 Bulb型機의 構造上 補助 Seal이있어 排水하지 않고서도 點檢할수 있는 등 補修期間이 節約될수 있다. 또한 運轉操作에 있어서도 別로 難點은 없을 것이다.

(3) 系統安定度問題

電力系統의 安定度問題는 系統全般에 걸쳐 檢討되어야 하겠지만 發電機型式選定에 直接 關係되는 事項으로서

가. Short Circuit Ratio

나. Fly Wheel Effect

다. Negative & Zero Phase Impedance

라. Quick Response Excitation

등이 主要事項으로 들수 있겠으며 上記 "다" "라" 項은 Kaplan型機와 같이 Bulb型機에서도 解決될수 있는 問題이며 "가" 項은 Bulb型에 있어서는 Kaplan型에 比하여 構造上, 또는 經濟的인 面에서 發電機自體의 正相 Reactance가 커지고 Short circuit ratio가 적어지는 것을 免치 못할것이다. 實際로서는 電力系統의 送電線의 Reactance를 綜合考慮하여 야되는것이므로 需要地까지의 送電線이 짧은 八堂에 Bulb型機를 設置하여도 綜合 Reactance面에서 볼때 Steady state stability面에서 어느 程度 補綴될수 있을 것이다.

"나"項의 Fly wheel effect 問題는 Bulb型에 있어서는 kaplan보다 構造上, 小型으로 되므로 自然히 Fly wheel effect가 적어지게 되며 系統周波數調整 및 Step-

out의 頻度가 憂慮된다고 할것이다. 그러나 八堂의 Bulb型機의 境遇 同一한 出力과 落差에 對한 Kaplan型機보다는 回轉速度를 若干 높일수 있으며 또한 壓力水管의 길이 가 Axial flow type 이기때문에 Spiral casing이 있는 Kaplan보다 짧아지므로 周波數調整에 關聯되는 回轉體의 Rotating mass 와 Water mass inertia 와의 關係에서 보면 發電의 Fly wheel effect 自體의 不足은 이들要素를 綜合考慮할때 補充될수 있는 것이다.

八堂의 境遇 夜間의 系統最少負荷時 八堂은 Full load operation 한다는 最惡의 境遇를 考慮하여도 周波數調整이 安定될것이며 또한 八堂의 경우와 類似한 佛蘭西의 Lyon 地方에 link 된 Pierre-Benite 發電所의 경우를

Model test한 結果를 比較할때 Bulb型機를 八堂에 設置하여 系統에서 運轉하여도 아무런 支障이 없을것이라는 것이 SOFREL의 意見이며 八堂이 實地運轉에 들어가는 1970年代에는 衣岩(45 MW) 群山(66 MW) 서울(125 MW) 嶺東(125 MW) 등 361 MW가 運轉開始되어 總施設容量 1,210 MW로서 電力系統의 容量이 훨씬 增加될것이며 八堂의 Bulb型機로 因한 系統上의 影響은 적어지게 될것이다.

다음에 現在 佛蘭西의 型機의 製作實績은 相當數가되며 그代表의인것은 表 2와 같다. 이表에서 보 는바와같이 이미 7~8年前부터 系統에 連結運轉되고 있는 發電機는 Argentat 등 數個所가 있으며 現在 建

表 2. LIST OF BULB UNIT POWER STATIONS

Power Stations	No. of units	Head (m)	Discharge (m ³ /sec.)	Output (KW)	Diameter of Wheel ()	Diameter of Bulb	Speed (R.P.M)	Cos	Voltage (KV)	Date of into service
Cambeyrac on the Truyère	1	10.75	95	5,150	3.1	3.4	150	0.96	3.3	July 5, 1977
Argentat on the Dordogne	1	16.5	95.5	14,400	3.8	4.2	150	0.97	5.2	April 29, 1958
Beaumont-montoux on the Lsère	1	12.0	83.4	8,800	3.8	3.6	150	1.00	5.65	Dec. 23, 1958
Sant-malo Groupe Maré-moteur expérimental	1	4.8	310.0	9,000	5.8	5.0	88.25	1.00	5.65	Nov. 4, 1959
La rance Centrale Marémotrice	24	5.75	283	10,000	5.35	4.35	93.75	1.00	3.5	Under construction
Pierre benite on the Rhône	4	7.95	332	20,700	6.1	5.15	83.33	0.98	3.6	//
Gerstheim on the Rhin	6	9.8	234	23,000	5.6	5.20	107.00	0.98	4.4	//

設中인 現實을 보아도 이미 Bulb型機에 對한 Study 時期는 넘여 있는것으로 보아도 無妨 할것이다.

(4) 經濟性의 比較

在來式 Kaplan型과 Bulb型의 建設費를 比較하여보 면

가. Bulb型은 機器重量이 가벼워진다

Kaplan型은 Spiral casing이 있어 水路가 自然히 길어지지만 Blub型에 있어서는 流水가 軸方向으로 되므로 比速度(Specific Speed)를 높일수 있으며 同 一한 落差에 있어서 Bulb의 Maximum permissible discharge는 Kaplan보다 大略 22% 程度크게할 수 있다 同一한 使用水量을 取하려던 Kaplan型에 있어 서는 Runner直徑이 더커져야만 된다.

그 한例로서 年間電力發生量으로 볼때도 佛蘭西의 Pierre-Benite 發電所의 境遇 同等한 年間電力 發生 量을 내기 위해서는 Bulb型에 있어서는 240 inch의 Runner直徑이면 되는것이 Kaplan型에 있어서는 276 inch Runner直徑으로 커져야 同等하게된다. 다시말

하면 Bulb型은 Runner直徑에 있어서 大體의으로 13 % 程度減少시킬수 있다.

佛蘭西 Pierre-Benite 發電所 Model test 結果의 重 量比較表를 보면 다음과 같다.

表 3. Kaplan, Bulb 水車發電機의 重要比較

水車發電機	Kaplan	Bulb	重量 감소 Bulb/kaplan
水 車	720	575	-20%
發 電 機	270	145	-46%
全 體	990	720	-27%

위와 같이 重量은 Blub型이 減少되나 一般의으로 製作費는 多量이 所要되므로 全體의으로 大略 10~ 15%程度 Bulb가 Kaplan보다 싸진다.

나. 土木工事費가 싸진다.

八堂發電所는 4臺의 水車發電機를 設置하게 되 는데 一般的으로 Kaplan型인 境遇 取水口 Screen의

幅은 Runner 直徑의 約 倍로 하는것이 普通이나 Bulb 型에 있어서는 1.8~2 倍로 設計되므로 最少한 10% 의 Space 가 減少되던 各 Unit 間의 Space 가 約 2/3 로 좁아질수 있으며 Spiral casing 과 Draft elbow 가 있는 在來式 Kaplan 보다 土木基礎 Concrete 量이 節約된다.

Draft tube 의 最低設置位置는 Runner 直徑(D)와 Runner 背壓(Hs)로서 決定되며 다음 關係式으로 比較 할수있다.

Bulb Unit; $H_s + 1.42 D$

Kaplan Unit; $H_s + 2 D$

同一한 直徑의 Runner 인 境遇 Bulb 型 機器가 Kaplan

보다 埋藏량을 約 0.5 D 節約할 수 있다.

Bulb unit 는 Kaplan 에서와 같은 Spiral casing 이 없고 "Straight through" flow passage 이므로 concrete forming 等 이 容易하며 工事費가 節約될수 있다.
다. 發電所 建設費가 싸진다.

Bulb 型은 kaplan 型과 달라서 橫軸으로서 地下의 水中에 設置하게되며 屋內 天井起重機를 훨씬 낮은 곳에 設置할수있어 建物높이가 相當히 節約된다. 뿐만아니라 建物の 幅과 길이도 어느程度 적게 될 수 있으므로 全般的으로 建物費가 싸진다.

(1966年 6月 15日 接受)

各種電氣機器販賣(韓電指定)

世明電業商社

代表 權 宰 祺

釜山市 西區 土城洞 1街 8番地

電話 ② 8525