



水力發電所の耐用年數에 따른 管理維持費 (O & M Costs)決定에 關한 資料

Data for Determining O&M Costs Over the Life of a Hydro Station

金 治 弘*
Kim, Chi Hong

序言：本資料는 北美水力發電產業雜誌인 HYDRO · REVIEW誌 Vol. IX, No. 6, 1990年 12月號에 掲載된 Charles T. Wong 氏의 研究論文을 要約紹介한 것이다. 우리나라도 水力發電을 實施하고 있으므로 水力發電의 O&M 費用을 耐久年數에 따라 如何히 策定할 것인가는 相當히 어려운 課題이고 關心之事인 것이다. 現在, 香港九龍에 있는 中國電光會社의 管理所長이고 本論文 作成當時에는 캐나다의 Ontario 水力會社의 技師長였었다.

研究論文要約： 예를 들어 우리가 타고다니는 自動車도 年數가 지나면 當然히 管理維持費는 많이 所要되어 最初의 경우와는 判異함은 當然한 이야기이다. 그렇다고 「느낌」만 가지고 管理維持費를 짐작하기에는 너무나도 非科學的여서 著者는 1988年에 온타리오(Ontario) 水力會社에서 67個水力發電所施設에 對한 管理維持費를 調査한바가 있었는데 이때에 어떤 經年別 水力發電所의 平均 O&M(管理維持)費를 알 수 있는 데이터·베이스(data base)가 있어야함을 알게했던 것이다.

그리하여 平均O&M費用을 樹立하자면 많은 情報가 必要한데 그 情報라는 것은 흔히 O&M 費用에 影響을 주는 水力系統의 規模, 規模의 混成狀態, 負荷 pattern, 地域의 位置關係 그리고

施設裝備의 經年등이라 할 수 있다. 그러므로 보다 크고, 보다 複雜한 sample일수록 O&M費用 分析에 有用하다는 結論을 얻게 되었다.

上記의 條件에 알맞는 資料로서는 美國聯邦에너지 管理委員會(U.S.Federal Energy Regulatory Commission—F.E.R.C)의 「選定된 發電所에 對한 經年設備投資와 年間生産支出」이라는 冊子인데 이를 活用했다. 이 冊子는 每年 美國에너지部에서 發刊되며 冊子の 題目과 같이 FERC가 管轄하는 發電所의 設備投資, 生産支出, 一般裝置의 特性, 其他 關聯運營資料가 掲載되어 있으며 30年間에 걸쳐 每年 發刊해왔다. 또한 캐나다(Canada)와 美國이 發電事業全般에 있어 類似하기 때문에 이를 利用하게 되었고, 本研究에서는 1972년부터 1985년까지의 것을 引用했다. 關聯 data base에는 1,600 個發電單位의 430 個發電所를 갖는 78個施設의 것이다. 發電單位의 範圍는 600KW로부터 600MW에 達하고 있다. Fig 1과 Fig 2에 FERC 冊子에 報告된 發電單位의 容量과 年輪을 提示하고 있다. Fig 2에서 같이 2/3以上の 發電單位가 40年, 또는 그 以上の 것들이다. 그리고 많은 製作者나 專門家들은 大部分의 水力發電施設에서 크게 維持管理上의 일이 생기는 年輪은 25년부터 35年 사이에 發生한다는 것에 同意하고 있는 것은 注目할 만하다.

* 土木技術士(水資源), 成均館大學校工科大学教授

FERC 冊子の年間費用資料는 經年費用과 生産支出의 2個部間으로 分割된다. 各部間마다 構造物, 댐, 道路, 및 電氣 設備等, 約12個項目으로 나누어 記載되어 있다. 모두가 美달러(U.S. \$)로 表記되어 있는데 本研究에서는 1987年現在 價値로 換算한 다음, 이것을 캐나다달러(Canada \$)로 例를 들어 Fig 3은 施設이 維持費對 耐用年數關係를 圖示한것이다. Plot點은 계속 上昇曲線을 나타내고 즉 各施設의 維持費는 耐用年數와 함께 增加하고 있다. 새로운 狀態의 施設일때에는 除除히 增加하나 40年또는 그 以上經過하면 急히 增加하고 있다.

이러한 關係를 FERC의 資料로부터 各費用群 別로 統計處理하여 다음과 같이 回歸모델式을 提案하게 되었던 것이다.

維持費 C_m

$$C_m = 2.35 + 0.00116 \times (\text{age})^2 \quad (1)$$

$$R^2 = 91.40\%$$

運營費 C_o

$$C_o^{0.5} = 1.33 + 0.0173 \times (\text{age}) + 0.0000741 \times (\text{age})^2 \quad (2)$$

$$R^2 = 96.16\%$$

維持 管理費 C_{mo}

$$C_{mo} = 4.83 + 0.00239 \times (\text{age})^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 95.66\%$$

資本修正費 C_c

$$\log_n(C_c) = 1.81 - 0.0618 \times (\text{age}) + 0.000962 \times (\text{age})^2 \quad (4)$$

$$R^2 = 38.33\%$$

總費用 C_t

$$\log_n(C_t) = 2.09 + 0.000235 \times (\text{age})^2 \quad (5)$$

$$R^2 = 82.49\%$$

이와같이 하여 Fig 4~Fig 8에 實線으로 曲線式이 測定値와 함께, 그리고 點線으로 95%有義性限界를 提示하고 있다. 以下 結果에 對한 檢討를 論文에서는 다음과 같이 結論을 맺고 있다.

(1) 維持費用 對 耐用年數(Fig. 4)

水力 O&M面에서 볼때 Fig. 4는 實際的이라 말 할 수 있다. 最初 設置된 時期와 初期사이에는 모든것이 새것이므로 完壁하다고 말 할 수 있

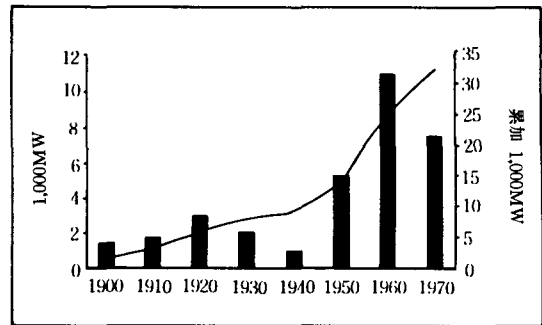


그림 1 FERC 費用資料에 의한 總水力發電施設容量, 막대표는 10年마다의 施設 MW를 표시한다. 線으로 표시된 것은 累加施設容量으로서 右側의 單位와 對應한다.

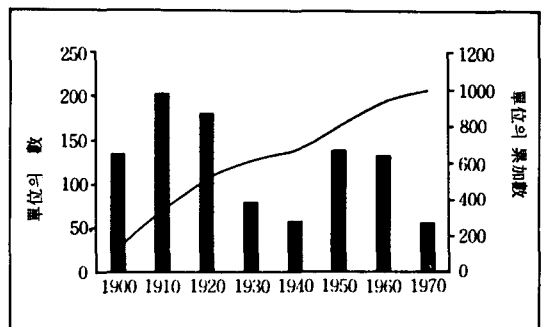


그림 2 美國에서 設置된 發電單位의 數, 막대 또는 各 10年마다의 單位設置數이고, 線으로 표시된 것은 總累加單位設置數로서 右側의 單位와 對應한다.

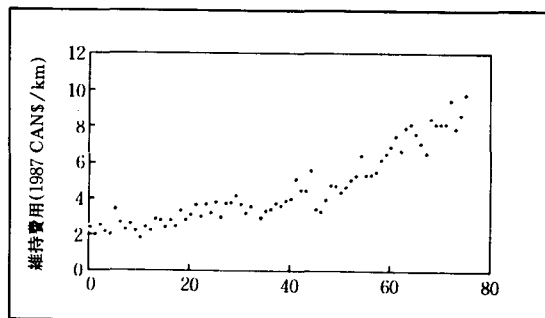


그림 3 FERC 資料에 報告된 各發電所의 年輪對維持費用

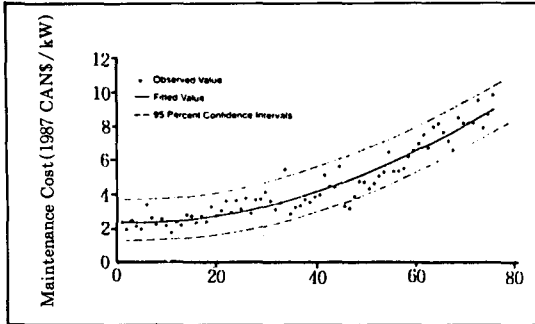


그림 4 Plot of the observed and fitted values of maintenance cost versus age, as well as the upper and lower limit values of maintenance with age.

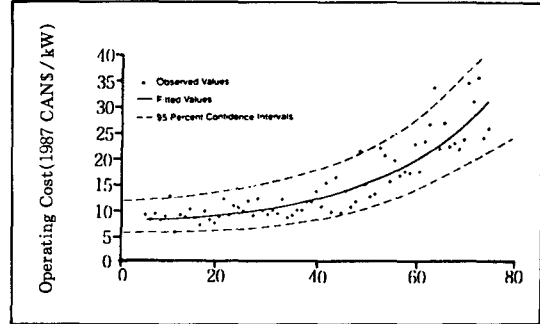


그림 5 Plot of the observed and fitted values of operating cost versus age, as well as the upper and lower limit values.

다. 그리하여 어느 年輪이 지나감에 따라 部分品의 交替, 修理를 하게 된다. 이 種類의 것으로서는 空氣壓縮機, 부심과 벨브등이라 空洞現象에 對한 修理도 이 種類에 屬한다. 比較的 安定時期라고 말 하는 25~35年以後에 가서는 많은 附屬品이 耐用年限을 超過하게 된다. 거기에다 發電機器의 主要部品에 對해서도 修理에 들어가게 된다. 뿐만아니라 콘크리트에 묻혀있는 放流管의 라이너의 修理를 위해 콘크리트를 부셔야하고 發電所建物에도 손을 대게된다. 이와같이 해서 漸次로 費用과 時間이 많이 所要되게 된다.

이 法則은 Fig. 9에 잘 提示되어 있다. 施設의 初期年度에 있어서는 費用分担中 裝置關係費用이 큰몫을 차지하고 있다. 年度가 經過함에 따라 土木工事關係費用이 큰 位置를 占有하게 된다. 80年이 經過하면 分析할 데이터는 거의 없으며 不分明하게 되고 만다. Fig. 4의 維持費用모델이 提示하는 것과 같이 耐用年數가 클수록 發電施設은 아주 높은 費用이 要하며 一時的 修理維持는 非經濟的이며 따라서 80年이 經過하면 새로히 施設을 다시 設置하는 것이 좋다.

(2) 運營費用 對 耐用年數(Fig. 5)

Fig. 5와 같은 結果가 나오리라고 豫想은 안하고 運營費用은 年輪과 더부러 一定한 값을 表示할 것이라고 생각했었다. 여기에는 여러가지 要素가 이 曲線에 影響을 주었을 것인데 說明할 根據가 없다. 다만 옛적 施設들은 施設容量이

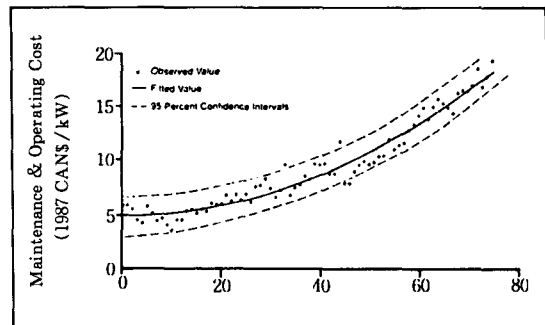


그림 6 Plot of the observed and fitted values of both maintenance and operating costs versus age, as well as the upper and lower limit values.

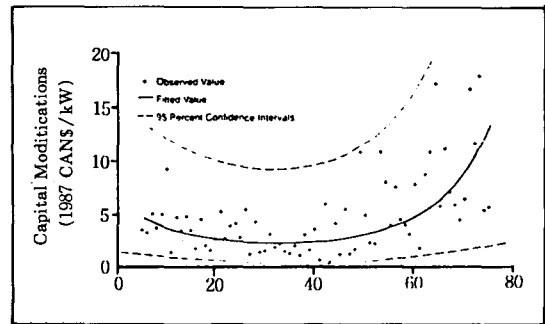


그림 7 Plot of the observed and fitted values of capital modification cost versus age, as well as the upper and lower limit values.

적은데 運營費用은 KW當으로 換算되어 있으므로 옛적施設들은 高價였으므로 크게 나타날 것이다. 둘째로는 옛施設은 手動操作形으로 設計되어 있는데 反하여 最近의 大部分의 施設은 거의 自動操作形인 것이다. 이러한 것이 Fig. 5에 反映되었다고 할수 있다. Fig. 6은 維持費用 + 運用費用 對 耐用年數 즉 O&M Cost vs. age 를 나타내고 있다.

(3) 資本修正費用 對 耐用年數(Fig. 7)

資本修正에 對한 費用 對 耐用年數와의 關係는 全然相關성이 없다. 그것에 對하여는 앞으로 繼續研究가 必要할 것이다. Fig 9의 左側 그림에서 보는바와 같이 1977年頃과 1980年頃에 즉 두곳의 維持費의 急上昇部가 있다. 美國에서는

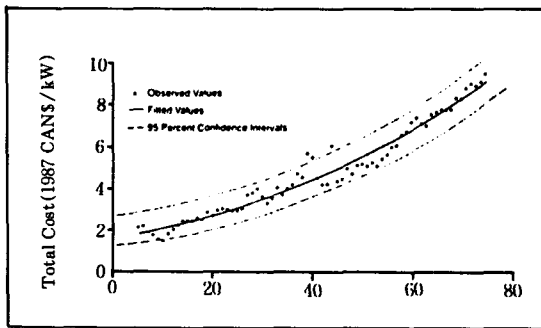


그림 8 Plot of the observed and fitted values of the total cost versus age, as well as the upper and lower limit values.

이 2個年頃, 澗安全檢査가 實施되어 그 結果 改修費를 要하게 한것였었다. 그렇다고 본다면 이러한 되풀이되는것이 아니고 特殊事情에 起因한 出資였기때문에 維持費라기 보다도 資本修正費로 計定되어야 할것이다.

本論文의 最初의 試圖은 水力發電에서의 費用 모델을 決定하는 것였었다. 그러므로 資本의 要素, 施設의 規模, 發電單位의 數, 또는 年間에너지와 같은 따로따로의 變數로서 分離시키지를 欲했기때문에 이러한 結果가 되었다고 말 할 수 있다.

(4) 總費用모델의 實地適用(Fig. 8)

Ontario 水力會社에서 가장 오래된 水力發電所는 1896年度에 建立된 것였다. 數10年을 經過함에 따라 66個의 施設이 建造되었다. 그리하여 每年 施設은 各種規模와 耐用年數가 相違한것들이 混成되어 왔다.

그러나 Fig. 8의 費用모델을 過去各年에 對해 檢討해 본 結果, 거의 一致함을 알게 되었다. 그러므로 이 모델로 將來의 費用豫測인 O&M 費用의 豫算樹立을 위해서도 充分히 活用性이 있음을 알게 했다.

全體적으로 1955년부터 檢討한 結果 두가지 結論을 얻었다.

첫째는 1955년부터 1988년까지 Ontario 水力會社의 累計費用은 모델에 依한것 보다 不過 3%가 낮았었다.

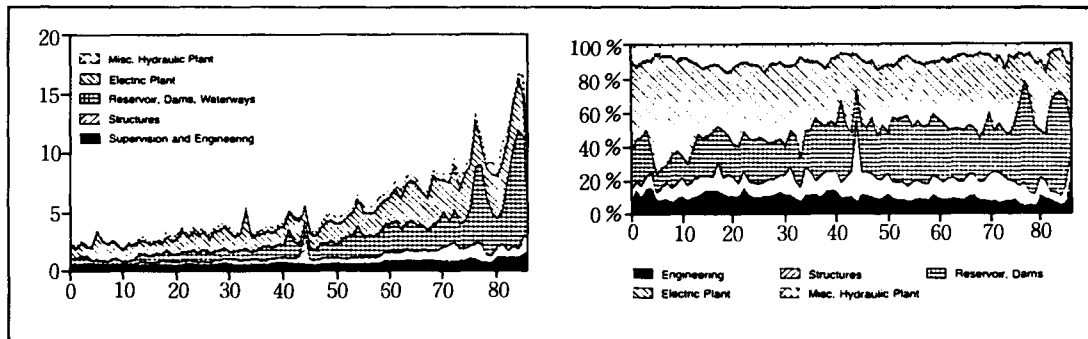


그림 9 The chart on the left plots the breakdown of five of the categories of maintenance cost reported on in the FERC documents. It shows the magnitude of the various components. The chart on the right shows the contributions of each category by percent. For example, if the overall maintenance cost is \$100, this chart can determine the cost for each of the five components.

둘째는 1955년부터 始作하여 1970年代 初半에 서는 모델의 豫測値와 거의 一致했었고 10年間의 Ontrio 水力會社 의 總費用實測値와 比較에 있어 서는 모델値가 若干 下廻値를 呈示하였다. 그리고 1980年代의 支出記錄은 모델値와 또다시 一致 했다.

以上の Wong氏의 論文을 要約한 內容인데

그모델의 妥當하다해도 우리나라와는 여러가지 與件도 다르고, 또 施設規模나 電氣機器가 外國 의 여러會社에서 製作되어 있어 室地活用에는 問題가 있으리라고 豫想된다. 그러나 Wong氏가 美國의 資料가지고 캐나다 水力會社의 耐用年數 의 O&M 費用算出모델을 導出한 것은 우리도 參與할만한것이 아닌가 思料된다.

廣告掲載案内

本會에서 發刊하는 隔月誌 『技術士誌』에 廣告掲載를 많이 利用하시여 本會發展에 積極 協調있으시기 바랍니다.

技術士誌案内

- 發刊部數: 1回 4,500部
- 發刊時期: 每年 2, 4, 6, 8, 10, 12月(1年 6回 發刊)
- 配 部 處: 技術士全會員, 官公署, 一般企業體, 言論機關 및 各 大學校 其他.

廣告掲載對象

一般企業體, 用役業體, 建設機械製造業界, 技術情報 및 企業 PR. 事務所開業.

廣告費

위치	구분	단 위	색 도	광고게재료	비 고
표 지 1		-	-	-	칼라는 별도
표 지 2		1 회	단 색	200,000	
표 지 3		1 회	단 색	200,000	
표 지 4		1 회	단 색	400,000	
표 지 1/2		1 회	단 색	100,000	

問議處

江南區 驛三洞 635-4

科學技術會館 401號

(社) 韓國技術士會 事務局 編輯室 TEL: 566-5875, 557-1352

FAX: 557-7408