

論文

多目的댐의 最適開發을 위한 產出量評價方法에 關한 研究

A Study on Assessment of Output Available from Multi purpose Dam
Project in its Optimization Study

金麗澤*
Kim Yo Taik

Abstract

This study aims at rationalization of assessment method of the output such as power generation and water supply available from a multipurpose dam project in its optimization study.

The computer program proposed in this study has much contributed toward rationalization of the optimization study of Chungju Multipurpose Dam Project saving much labor as well as time. This computer program which has been developed in this study may be also applicable to other project similar to Chungju Project.

要旨

本 研究는 多目的댐 基本計劃 立案에 있어서 勞力과 時間을 가장 많이 消費하는 「事業으로 부터의 產出量 算定」의 合理化를 研究對象으로 삼았다.

本 論文에서 提案한 電算 program에 依하여 忠州댐 最適計劃 立案의 合理化를 이룩할 수 있었다.

本 方法은 忠州댐과 類似한 他事業의 產出量算定에도 適用可能하다.

1. 序論

通常 水資源開發에는 巨額의 資本이 投下된다. 그러므로 不必要한 大規模施設을 建設하여 施設의 遊休狀態를 招來하거나 또는 過少開發로 인한 貴重한 自然資源의 死藏을 가져오는 따위의 懸念을 犯하여서는 아니 될 것이다.

本 論文은 이점에 焦點을 맞추어 水資源開發에 있어서 最適開發規模 檢討를 위한 方法論에 關한 한 가지 試제라고 말할 수 있을 것이다.

本 論文은 多目的댐 最適計劃 立案의 全般에 關한 論述한 것이 아니고 最適計劃 過程에서 特히 合理化를 必要로 하는 部分 即 「產出量의 算定方法」에 關하여 忠州댐 計劃에서 研究開發한 方法을 紹介하는 것이다. 이 方法은 忠州댐과 類似한 事業 또는 同一水系內에서 忠州댐과 類似한 事業을 2個이상 連繫運轉하는 境遇에도 適

用이 可能하며 그 簡次도 至極히 簡便하다.

2. 計算 model의 開發

2.1 概 說

忠州댐事業과 같은 多目的댐 開發事業의 最適規模 決定의 簡次 및 作業內容은 그림 1과 같다. 이것을 더욱 簡略化하면 그림 2와 같이 表現할 수 있다. 最適開發規模의 檢討는 事業의 가치되는 便益과 事業에 投入되는 費用의 2가지 要素에 依하여 決定된다. 그러나 便益算出의 基礎資料가 되는 그림 2의 「事業의 產出量計價」은 複雜하고 膨入한 作業을 必用로 한다. 즉 그림 1에서 「V-」의 記號를 붙인 block은 最適規模를 案出할러 各의 數值을 變動시키면서 試算을 行爲시켜야 하는 意味이다. 그러므로 試算의 對象이 되는 case의 數는 各 block의 各樣한 combination의 數만큼 많아진다. 忠州댐事業의 例로는 約 160個의 case가 必要했다. 또한 1回의 試算에 關한 利用되는 流量資料는 通常數百個가 된다. 忠州의 例로는 48年間의 日流量이 516個가 된다. 이러한 膨大한 試算을 到底何人何日로 行爲 算理가 없다. 그렇기 때문에 「事業의 產出量」의 計算을 複雜한 論理에 依하여 展開시키지 않거나 從來에는 一貫되 同一體系의 簡便方法이 欠如로 感이 없지 않았다.

本 論文은 以上の 2가지 點에 注目하여 「事業의 產

* 産業基地開發公社 理事 正會員

를 생각할 수 있다⁽¹⁾.貯水池의 上端을 堰마루 標高로 보며 貯水池 上部에서 流入하고 使用水는 貯水池 下部 구멍에서 流出한다. 制限水位(乾期는 常時滿水位, 雨期는 雨期制限水位) 以上의 水量은 그 直上部的 구멍에서 放流된다. 이 model은 一般의인 多目的의 機能을 모두 갖주고 있다. 따라서 그림 3의 model에 마추어 「事業의 產出量計算」의 一般化를 이룩하면 他類 似事業에의 広範한 適用이 可能하게 될것이다.

2.3 Model의 論理圖에 의한 表示現

「事業의 產出量計算」을 所謂 flow chart 로 表示하면 그림 4와 같으며 記号에 對한 說明도 그림 4에 덧붙였다. 本 flow chart 作成에 있어서의 基本 論理는 다음과 같다.

2.3.1 堰 規模(貯水池規模)

事業의 純便益을 最大로 하는 極值를 發見하기 위하여 堰 規模를 表示하는 變數로서 堰마루標高 $DH(m_d)$ 를 導入하였다. 堰 規模는 自然條件 및 社會與件의 制約⁽²⁾을 받게되므로 數個의 堰마루標高를 變數로 하여 堰 規模와 물使用可能量을 相關시킨다. 洪水水位는 堰마루標高에 따라 自動的으로 決定되며⁽³⁾ 常時滿水位는 堰마루標高에 따라 $HW_s(m_d)$ 로서 入力시킨다.

2.3.2 洪水調節 容量

洪水調節 容量⁽⁴⁾은 洪水被害의 輕減이라는 便益을 가져오는 反面 洪水期에 制限水位를 둠으로서 發生電力의 低減이라는 損失을 가져오기 때문에 洪水期 制限水位 $HW_r(j)$ 라는 變數를 導入하여 이 變數에 對한 물供給量 및 發電量의 增減을 算出하여 最適 洪水調節容量의 決定을 可能케 한다.

2.3.3 貯水池操作 rule

貯水池操作에 있어서 各月末의 目標水位의 設定은 必須의이며 이것은 使用水量 및 發生電力量에 相當한 影響을 주는 것이므로 이것을 變數로 導入하여 最適化를 圖謀하여야 한다. 그러므로 그림 5와 같은 數種의 rule을 設定하여 各月末 目標水位(貯水容量으로 表示)를 나타내는 變數 $St(i, im)$ 를 導入하였다.

貯水池操作 rule에서 決定되는 使用可能水量은 式 (1)과 같다. Q_{avail} 은 그림

$$Q_{avail} = \frac{Inf \times 24 \text{ 時間} \times 3,600 \text{ 秒} \times DH + St_0 - St}{24 \text{ 時間} \times 3,600 \text{ 秒} \times DH} \quad (1)$$

6에서 보는바와 같이 여러가지 制約條件이 規制되어 實際使用水量 Q_{use} 가 된다.

2.3.4 發電設備⁽⁵⁾

(1) 施設容量 및 定格落差

發電 施設容量과 定格落差의 最適值를 發見하는 것이

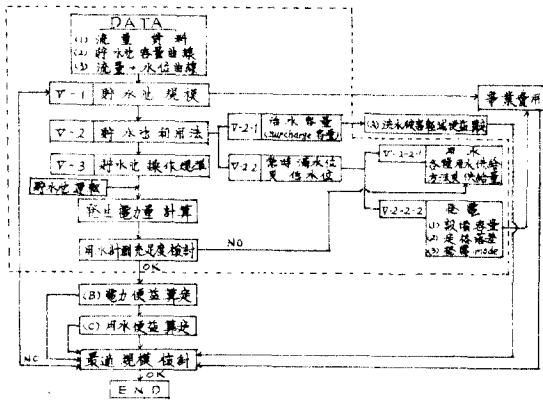


그림 1. 最適規模 決定程序에 對한 概念圖

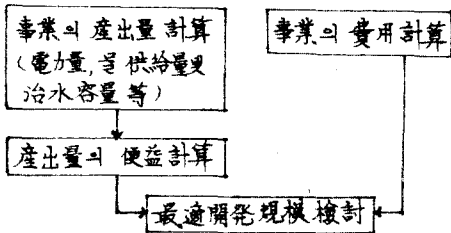


그림 2. 最適規模檢討 概念圖

出量」의 合理的인 計算方法의 開發을 目標로하였다. 따라서 그림 1의 點線으로 둘러싸인 部分의 計算의 合理化가 本論文의 主眼點이라고 할 수 있다. 이 作業은 計算의 膨大함에 비추어 電子計算機의 使用이 必須의이였다⁽¹⁾. 그리고 「事業의 產出量計算」을 위하여 忠州 堰事業에서 開發한 電算 program은 他 類似事業에도 適用可能토록하는것을 目標로 하였다. 以下 本文에서는 忠州堰事業에서 開發한 「事業의 產出量計算을 위한 電算 program」을 「model」 또는 「忠州 program」으로 부르기로 한다.

2.2 Model의 概要

發電, 用水供給 및 洪水調節 등의 多目的 機能을 갖는 多目的의 事業의 model로서 그림 3과 같은 貯水池

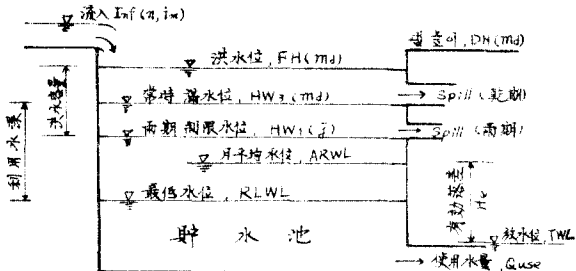
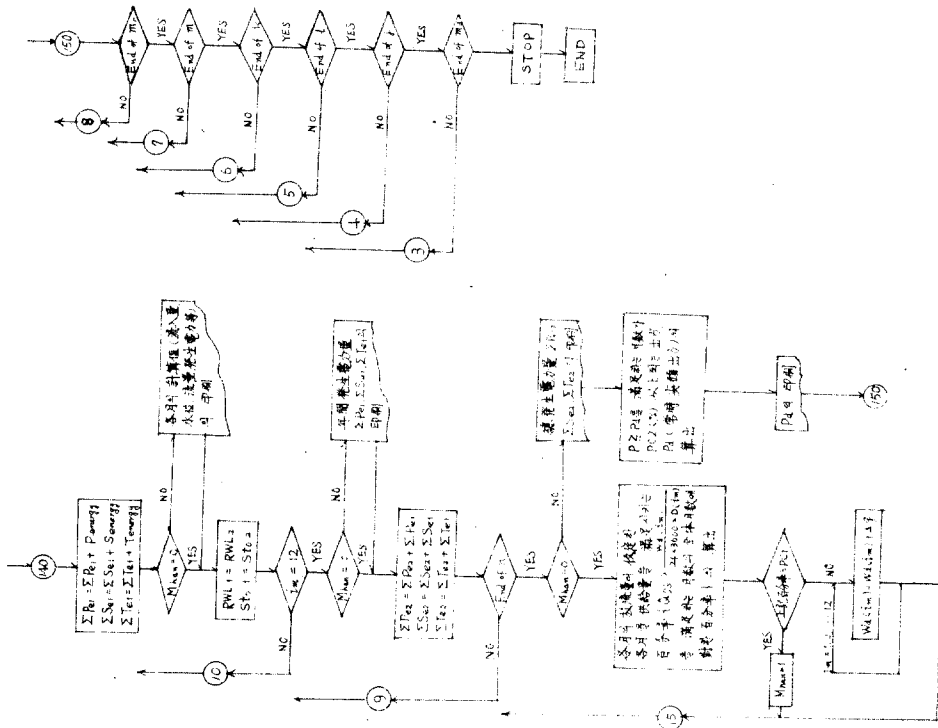


그림 3. 多目的의 model 貯水池

그림 4. 多目的留事業의 產出量計算 論理圖 (Flow Chart) 總統



- $A_{in}(i, i_m)$: 月平均流入量 (m³), n 年, i, i_m 月
 $E_{wp}(i, i_m)$: 各月平均蒸發量 (m³/s)
 $W_{ms}(i, i_m)$: 各月蒸發量 (m)
 $D(i, i_m)$: 各月日數
 $P_{max}(i, i_m)$: 最大允許出力 (KW), M 最大允許出力分類
 $T_p(K)$: 支線運轉時間 (時間), K 支線運轉出力分類
 $H_r(M_r)$: 水庫水位落差 (m), M_r 支線運轉出力分類
 $DH(M_r)$: 水庫水位落差 (m), M_r 支線運轉出力分類
 $I_{ef}(i, i_m)$: 蒸發量 (m³/s), M_r 支線運轉出力分類
 RWL_i : 計算 start 時的貯水池水位 (m)
 $RLWL$: 貯水池最低水位 (m)
 $H_{W1}(j)$: 前期貯水池水位 (m), j 期水位分類
 $SH_1(j)$: $H_{W1}(j)$ 的對數貯水池容量 (m³)
 $H_{W2}(i, i_m)$: 9 月末貯水池水位 (m), M_r 支線運轉出力分類
 $SH_2(i, i_m)$: $H_{W2}(i, i_m)$ 的對數貯水池容量 (m³)
 $H_{W3}(i, i_m)$: 乾涸時貯水池水位 (m), M_r 支線運轉出力分類
 $SH_3(i, i_m)$: 乾涸時貯水池水位 (m), M_r 支線運轉出力分類
 $SLWL$: 貯水池最低水位 (m), M_r 支線運轉出力分類
 $Str(L, i, i_m)$: 貯水池操作 rule 的各個目標值 (m)
- f 目標分類, i, i_m 月
 Max : 各目標值的最大限制, 先決條件 M_{max} 是 M 的界限 $M_{max} = 0$
 RWL_1 : 各月初貯水池水位 (m)
 RWL_2 : 各月末貯水池水位 (m)
 SH_1 : RWL_1 的對數貯水池容量 (m³)
 SH_2 : RWL_2 的對數貯水池容量 (m³)
 $ATWL$: 蒸發量的極限值, T 的對數貯水池容量
 ΣP_{max} : Peak energy 的年間合計 (KWH)
 ΣS_{max} : Secondary energy 的年間合計 (KWH)
 ΣT_{max} : Total energy 的年間合計 (KWH)
 ΣP_{2max} : Peak energy 的總計 (KWH)
- ΣS_{2max} : Secondary energy 的總計 (KWH)
 ΣT_{2max} : Total energy 的總計 (KWH)
 He : 有功落差 (m)
 Q_{avail} : 貯水池操作 rule 的各個目標值 (m)
 Z : 月平均有功落差 (m), $Z=0$, 修正值 $Z=1$
 $ARNL$: 各月平均貯水池水位 (m)
 TWL : Rating curve 的各個目標值 (m)
 Q_r : 支線運轉出力 (m³/s)
 Q_g : 有功落差 (m) 的對數蒸發量 (m³/s)
 η : 發電機效率
 P : 有功落差 (m) 的對數發電量 (KW)
 $W_d(i, i_m)$: 推定月發電量 (m³), $W_d(i, i_m)$ 是 $W_d(i, i_m)$
 Q_{ub} : 失速時使用可能水量 (m³/s)
 P_{ub} : 失速時發電時間 (時間)
 S_{2max} : 實際 2 次 (Secondary) 發電時間 (時間)
 Q_{2max} : 使用水量的月間合計 (m³)
 AS : 月間貯水量 (m³)
 S : 貯水池水位落差 (m)
 H_{limit} : 貯水池水位 (m)
 S_{limit} : 貯水池水位 (m)
 $Spill$: 溢水流量 (m³/s)
 Q_{2g} : 實際下流流量 (m³/s)
 P_{2max} : 月間 Peak energy (KWH)
 S_{2max} : 月間 Secondary energy (KWH)
 T_{2max} : 月間 Total energy (KWH)
 $PC1$: 蒸發量 (m) 的對數蒸發量 (m)
 $PC2$: 蒸發量 (m) 的對數蒸發量 (m)
 P_d : 蒸發量 (m)
 d_g : 蒸發量 (m)
 d_e : 蒸發量 (m)

그림 4 多目的留事業의 產出量計算 論理圖 -記号說明

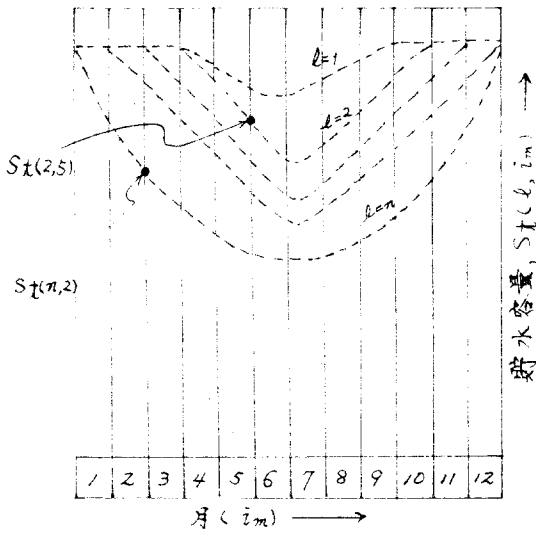


그림 5 貯水池 操作 rule 設定例

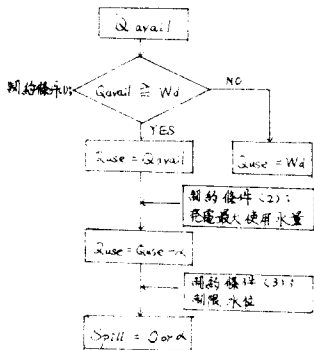


그림 6 Qavail과 Quse의關係

最適開發規模 決定의 重要한 關鍵이 됨은 더 말할나위도 없다. 그러므로 施設容量에 對한 變數로서 最大發生出力 $P_{max}(m)$ 을, 定格落差에 對한 變數로서 水車의 定格落差 $Hr(m_r)$ 을 設定하여 開發 model에 編入시켰다.

發電은 그림 7과 같은 pattern으로 이루어지며 發電機의 overload 運轉을 可能케 하였다.(overload 運轉을 하지 않을 境遇는 $\bar{O}_l = 1.0$) 그림 7의 發電樣式에 다른 出力 使用水量 및 落差 등에 關하여 整理하면 아래와 같이 式(2)~(9)로 表現할 수 있다.

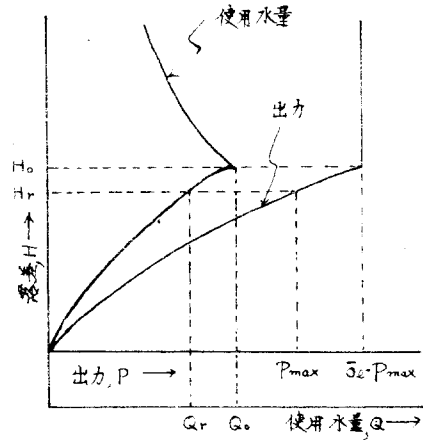


그림 7 發電機 運轉 Pattern

$$P_{max} = 9.8 \eta Q_r H_r \quad (2)$$

$$H_0 = \left(\frac{\bar{O}_l P_{max} \sqrt{H_r}}{9.8 \eta Q_r} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

$$Q_0 = \left(\frac{\bar{O}_l P_{max} Q_r^{\frac{2}{3}}}{9.8 \eta H_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

$H \leq H_0$ 일때 :

$$Q/Q_r = \sqrt{H}/\sqrt{H_r} \quad (5)$$

式(2)와(5)에서

$$Q = P_{max} \sqrt{H}/9.8 \eta H_r^{3/2} \quad (6)$$

$$P = 9.8 \eta QH = P_{max} \left(\frac{H}{H_r} \right)^{3/2} \quad (7)$$

$H > H_0$ 일때 :

$$P = \bar{O}_l P_{max} = \text{constant} \quad (8)$$

$$Q = \bar{O}_l P_{max} / 9.8 \eta H \quad (9)$$

(2) 發電 mode

發電施設容量을 크게 하여 尖頭運轉時間을 짧게 하는것이 有利한가 또는 施設을 縮少하여 尖頭運轉時間을 길게 하는것이 有利한가 등의 發電 mode 決定에 關한 問題는 最適化計劃에 있어서 焦點이 된다. 그러므로 尖頭運轉時間 $T_p(k)$ 를 導入하여 最適化를 圖謀할 수 있도록 하였다. 尖頭時 使用可能水量 Q_u 와 有效落差에 相應한 發電使用水量 Q_g 의 關係에 따라 出力 運轉時間 尖頭電力 및 剩餘電力 등은 다음과 같이 된다.

(가) $Q_u \geq Q_g$ 일때 (그림 8 參照)

$$Q_u = 24 \times Q_{use} / T_p$$

$$\text{出力} : H_e \leq H_0 \text{ 일때 } P = 9.8 \eta Q_g H_e$$

$$H_e > H_0 \text{ 일때 } P = \bar{O}_l P_{max}$$

$$\text{尖頭運轉時間} = T_p$$

$$\text{剩餘運轉時間} = (Q_u - Q_g) T_p / Q_g$$

$$\text{尖頭電力量} = P \cdot T_p$$

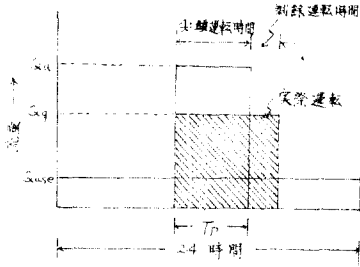


그림 8 $Q_u \geq Q_g$ 일때의 発電 mode

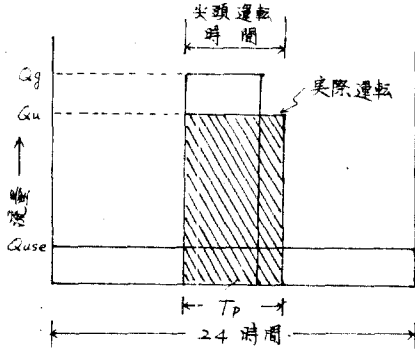


그림 9 $Q_u < Q_g$ 일때의 発電 mode

剩餘電力量 = $P(Q_u - Q_g) T_p / Q_g$

(나) $Q_u < Q_g$ 일때 (그림 9 參照)

$Q_u = 24 \times Q_{use} / T_p$

出力, $H_e \leq H_o$ 일때 $P = 9.8 \eta Q_u H_e$

$H_e > H_o$ 일때 $P = 0.1 P_{max} Q_u / Q_g$

尖頭運転時間 = T_p

剩餘運転時間 = 0

尖頭電力量 = $P \cdot T_p$

剩餘電力量 = 0

2.3.5 물 供給量

물 供給에 對하여는 다음과 같은 供給條件을 定立하여 model을 作成하였다.

(1) 農業用水 및 河川維持用水 등의 各月 最低必要流量 即 各月 最低責任放流量 $W_{ms}(im)$ 은 全期間을 通하여 어느 程度의 正確度를 가지고 供給하여야 한다.

(2) 工業用水 및 生活用水 등의 需要는 一般의 充分히 크기 때문에 最低必要流量 以上의 供給水는 모두 工業用水 및 生活用水로 吸收可能하다.

(3) 全期間을 通하여 어느 程度의 正確度를 가지고 供給可能한 「물 供給 pattern」을 「물 供給可能量」으로 看做하여 물 供給에 의한 便益의 對象으로 삼는다.

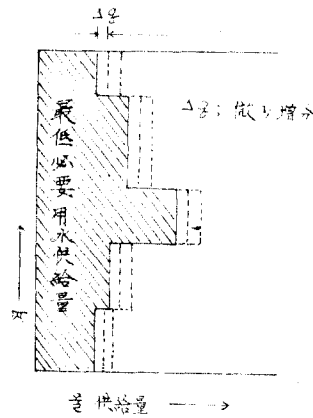


그림 10 最低供給pattern 決定方法

그림 10에서 보는 바와 같이 各月의 最低必要用水供給量 上部에 微少増分 Δq 를 反復 添加하여 물 供給條件을 滿足시키게 되면 그것을 「물 供給 pattern」으로 하여 그 水量을 「물 供給可能量」 即 $W_d(im)$ 으로 하였다.

以上과 같은 解析에 따라 忠州發電事業의 「產出量計算」을 위한 model 即 電算 program을 作成하였다. (그림 4 參照)

3. 計算 model의 他事業에의 適用性

3.1 單一事業에 對한 適用性

忠州發電과 類似한 單一事業에 對해서는 本 論文에서 開發한 電算 program의 適用은 入力 data의 交替만 可能하다. 概念圖를 가지고 說明하면 그림 11과 같이 된다. 入力 data의 交替는 電子計算機에 있어서 card의 交替와 같은 至極히 簡單한 操作으로 可能하다.

忠州 電算 program은 發電 用水供給 및 供水調節을 目的으로 하는 事業에 對하여 開發된 것이지만 發電 單一目的의 事業은 勿論 發電과 用水 또는 用水와 供水調節 등 忠州發電事業보다 事業目的이 다른 單一事業에 對해서는 本 「忠州 program」의 適用이 可能하다.

3.2 連繫運転을 하는 事業群에 對한 適用性

同一 河川水系에서 一貫 開發로서 2個以上の 事業의 連繫運転에 의하여 事業 便益을 增進시키는 綜合 開發方式이 漸次 登場하게 될것이 期待된다. 이 境遇에 理論的으로는 그림 12와 같이 忠州發電에서 開發한 電算 program을 使用함으로써 2個以上の 連繫運転을 하는 事業群의 最適開發規模 檢討를 위한 產出量計算 即 發電量 및 물 供給量의 計算이 可能하다. 다만 計算量을 줄이기 위한 研究가 더욱 必要하며 이것은 今後의 課題라고 하겠다.

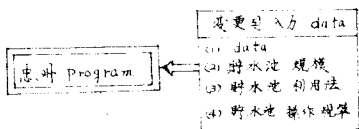


그림 11 類似率-事業에 對한 忠州 model 適用

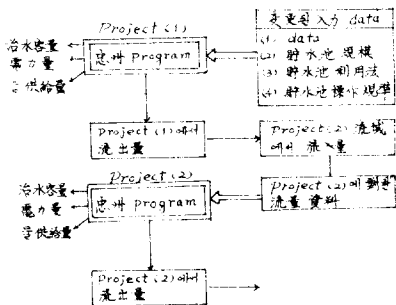


그림 12 連繫事業群에 對한 忠州 model의 適用

4. 結論

從前에 多目的댐의 最適開發規模 檢討에 있어서 가장 많은 勞力과 時間을 所要케 한 部分이 「事業으로 부터의 產出量計算」이었다. 또한 事業의 產出量計算은 複雜한 論理에 의하여 構築되어야 하는 바 從來에는 一貫되고 体系的인 接近方法이 欠如된 感이 없지 않았다.

本 論文은 上述한 2가지 問題點에 着眼하여 多目的 댐事業의 「產出量 算定方法」에 關한 電算 program을 提示하였다. 忠州댐 最適計劃에서는 本 論文에서 開發한 電算 program으로 產出量計算을 實施하여 많은 人力과 時間을 節減하였을 뿐만 아니라 作業內容의 合理

化를 圖謀할 수 있었다. 同時에 이 方法은 忠州댐과 類似한 他事業에도 適用이 可能하며 그 節次도 至極히 簡便하다. 또한 同一水系에서 이루어지는 忠州댐事業과 類似한 事業은 2個以上 連繫運轉하는 事業群에 對해서도 適用 可能하다.

參考文獻

1. 大萩 力, 水力發電所土木設備의 計劃保守面에 對한 電子計算機의 利用에 對하여, 電力土木 第158卷 PP. 34 ~ 49, 1979.
2. 石田哲郎, 電力土木と電算機, 電力土木 第158卷, PP. 10 ~ 13, 1979.
3. Design of Gravity Dam, USBR, PP. 7 ~ 10, 1976.
4. Rogers P., On the Choice of the Appropriate Model for Water Resources Planning and Management.
5. 山住有功, 水源地域對策, 多目的댐의 建設 第1卷, 建設省河川局, PP. 55 ~ 77, 1977.
6. Design Criteria for Dam, JNCOLD, PP. 9 ~ 15, 1976.
7. 山崎不二夫, 多目的댐의 洪水時의 댐操作에 對하여, 水利科學 23-2, PP. 32 ~ 41, 1979.
8. 荒井 治, 治水計劃, 多目的댐의 建設 第1卷, 建設省河川局, PP. 79 ~ 89, 1977.
9. 土木工学ハンドブック, 土木學會, PP. 2041-2417, 1978.