

< 國際會議 >

多目的댐의 洪水調節에 關한 研究

李錫九*

1. 序論

우리나라는 地理的으로 大陸性 氣候와 海洋性 氣候가 交叉되는 東南亞 季節風 地帶와 太平洋 風권 내에 位置하고 있어서 年平均 降雨量은 1,274mm로서 比較的 많은 편이지만 年中 降雨의 약 2/3가 여름철인 6~9月에 集中되는 심한 偏在 現象을 나타내고 있다.

이러한 氣象學的 特性으로 여름철이면 해마다 크고 작은 洪水가 發生하고 이로 인해 莫大한 人命 및 財產 被害를 내고 있다. 특히, 近來에 와서는 河川 流域 내의 人口 增加와 產業 施設의 集中으로 因한 土地 利用의 高度化에 따라 그 被害의 種類가 多樣化되고 被害 規模가 大型화되어 가는 實情이다. 이러한 洪水被害를 輕減하기 위한 對策으로서 여러 가지 方案이 提示되고 있으며, 그 效果의 大案의 하나가 多目的댐에 依한 洪水 調節이다.

댐에 依한 洪水 調節이란 流域에서 降雨에 의한 큰 洪水가 發生하면 대체로 댐의 洪水 調節 容量을 適節히 活用하여流入되는 洪水量의一部를 貯藏함과 同時に 下流에서의 洪水 被害가 最小가 되도록 서서히 放流하는 것이다. 특히 多目的댐은 河川 流量을 高度로 調節함으로써 下流의 洪水 被害를 輕減시킬 뿐만 아니라 '洪水의 資原化'를 期하여 必要한 生活 用水, 工業 用水, 灌溉 用水, 河川維持 用水 등의 水資源을 確保한다. 이처럼

治水, 利水 兩面에 均衡이 잡힌 綜合的인 水資源의 管理라는 側面에서 그 重要性이 크게 認識되어, 國內에서는 1960年代부터 여러 개의 多目的댐을 築造하였거나 建設計劃中에 있다.

한편, 多目的댐에 依한 洪水 調節은 流入量 豫測, 貯水池 水門 操作, 下流 河道 追跡 等의 一連의 運營 過程이 單純하지 않으며, 특히 相互 背反의 인 利水와 治水를 調和시키고 띰 上下流와 流域 전체를 同時に 考慮한 運營을 하기 위해서는 高度의 技術을 必要로 한다.

따라서, 本 考察에서는 洪水 調節을 위한 貯水池 運營 操作 方案과 國內의 多目的댐을 通한 洪水 調節 現況을 概括的으로 알아본 다음, 앞으로의 보다 效果的인 洪水 調節을 위한 改善策에 대해서 記述하고자 한다.

2. 洪水 調節을 為한 貯水池 運營 操作 方案

多目的댐 貯水池는 平時에는 利水를 위한 水資源의 確保에 重點을 두고 運營되지만, 貯水期에는 洪水 調節의 極大化를 위해 運營되어야 한다. 따라서 洪水 期間중의 貯水池 運營 方案은 平時의 運營 方案과는 貯水池 操作 目標에 差異가 있다. 貯水期가 지나면 水資源의 確保가 重要하므로 洪水 期末에는 貯水池의 有效 容量를 最大限 活用하여 水資源을 確保할 수 있도록 運營하여야 한다. 이러한 觀點에서 洪水期의 貯水池 運營 操作은 다음의 事項들이 만족스럽게 違行되는 것이 바람직하다.

*建設部 洪水調節과장

一 水資源의 確保: 洪水期末 最大限으로 有效 貯水容量을 채움으로써 非洪水期의 利水 用량을 確保한다.

一 洪水 調節: 洪水量을 輕減시키기 위하여 洪水의一部가 貯留되어야 하며 貯水池의 空 容量을最大限 利用하여 尖頭流量의 最小化를 期한다.

一 唸의 安全 管理: 貯水池 水位를 적절히 維持시킴으로써 唌의 安全性을 圖謀하며, 上·下流에서의 被害를 最小화한다.

以上과 같은 基本 事項을 考慮한 洪水 調節 方法으로는 最適化에 의한 方案과 Simulation에 의한 方案을 생각할 수 있다.

댐의 長時間 運營에 관해서는 線形計劃法, 動的計劃法등의 最適化 技法이 많이 適用, 研究되어 왔다. 그러나 洪水시의 唌 運營에 있어서는 그制約 條件이 매우 많고 또한 復雜하기 때문에 最適化 技法을 適用하기가 매우 어려우며, 이는 計算의 時間 單位가 翳은 運營 問題에 있어서는 더욱 그러하다. 더우기 河道를 包含하고 있는 唌群의 運營에 있어서 最適化 技法의 適用은 매우 어려운 問題로서 現在까지 實際 唌 運營에 適用된 바가 稀少한 狀態이다.

反面, Simulation은 一般的으로 最適解를 얻기 어려우나, 詳細하고 複雜한 問題 및 不確實性이나 可變性을 包含한 問題를 다루기에 適合한 方法이다. Simulation에 의한 方案으로는 (1) 唌의 水門을 모두 열어 놓거나 일정한 開度를 維持하는 SRC (Spillway Rule Curve), (2) 一定率, 一定量放流에 의하는 Rigid ROM (Rigid Reservoir Operation Method), (3) 貯水池 水位를 一定하게 維持하게 하는 Automatic ROM, (4) 豫測流入水文 曲線으로부터 一定量을 구하는 Technical ROM, (5) 放流量과 貯水池의 線形 關係를 設定하는 LDR (Linear Decision Rule)등의 技法으로서 分陸할 수 있다.

어떤 方式에 의한 洪水 調節을 하건, 人為의 唌 洪水 調節이라 함은 流出 水文曲線의 尖頭 流量을

最小化시키는 것이며 다음의 貯水方程式에 基礎를 둔다.

$$I(t) - O(t) = dS(t) / dt$$

여기서 $I(t)$, $O(t)$ 및 $S(t)$ 는 각각 時刻 t 에서의 流入量, 放流量 및 貯溜量이다.

制限된 洪水 調節 容量 節圍내에서는 洪水 調節方法에 따라서 주어진 洪水 調節 容量을 最大限活用하여 最大限의 洪水 調節 效果를 얻을 수 있지만 實際의 洪水 調節 效果는 調節方法보다는 洪水 調節 容量의 크기에 더 左右되며, 이것은 洪水豫報 問題와 直結된다. 왜냐하면 流入 洪水 水文曲線을 정확히 豫測할 수만 있다면豫備放流 方式을 해서라도 洪水 調節 容量을 最大限 確保하여 尖頭 流出量을 最小化시킬 수 있기 때문이다. 實제의 洪水 調節 容量 確保는 基本的인 制限 水位方式, 豫備 方流 方式, Surcharge 方式등을 組合하여 運營한다.

貯水池의 初期 條件으로부터 주어진 洪水 調節 容量을 最大限活用한 貯水池 洪水 追跡을 통하여 얻은 流出 水文 曲線은 河道 追跡에 依하여 洪水 調節을 遂行한다. 下流 洪水 調節 地點에서의 最終的效果는 下流의 水文 現況과 流域內 貯水池群의 運營 結果에 따라 決定됨은 물론이다.

3. 多目的댐 現況 및 洪水 調節

우리나라의 多目的댐 建設은 1960년대부터 本格적으로 始作되었으며, 현재 漢江 流域의 昭陽江댐 및 忠州댐, 洛東江 流域의 南江댐, 安東댐 및 狹川댐, 錦江 流域의 大清댐, 蠻津江 流域의 蠻津江댐 等 7개의 多目的댐이 建設되어 運營 중이다. 建設中인 댐으로는 蠻津江 流域의 住岩댐, 洛東江 流域의 臨河댐 等 2개가 있으며, 南江댐은 補強 工事 中이다. 洪水 調節 觀點에서 살펴본 多目的댐의 諸元은 (表1)에서와 같다. 여기에는 水力 發電用이지만 洪水 調節 容量을 가지고 있는 華川댐이 包含되어 있다.

洪水 調節 容量은 常時 滿水位 또는 洪水期 制

限水位와 計劃 洪水位 사이의 用量을 利用하는 制限水位 方式으로 確保하고 있으며, 洪水 期間은 대체적으로 6月21日부터 9月20日 사이로 하고 있다. 既存 및 建設中인 10個 댐에서의 洪水 調節 容量은 總 2,057百萬 m³으로서, 漢江, 洛東江, 錦江 및 嵩津江 水系에서 각각 1,329, 366, 250, 122百萬 m³이다. 首都圈을 包含하는 漱江 流域이 流域 面積과 比較해 볼 때에도 가장 많은 洪水 調節 容量을 確保하고 있다.

洪水 調節 容量을 流域에 降下한 雨量 中 몇 mm 까지 貯留할 수 있는가를 相當 雨量(容量/流域面積)이라 부르면, 平均 82mm에 不過하여 數百mm의 豪雨가 發生하면 充分한 洪水 調節 機能을 發揮할 수 없는 境遇도 있다. 따라서 效果的인 洪水 調節 을 위한 方案의 研究가 必要하며 보다 높은 洪水 調節 容量을 追加로 確保하여야 할 必要性이 있다.

한편, 有效 貯水 容量을 相當 雨量으로 換算하면 平均 486mm로서 比較的 높은 値을 나타낸다. 이러한 傾向은 댐의 年平均 流入量에 대한 有效 貯水 容量의 比에서도 나타나며, 有效 貯水 容量에 대한 洪水 調節 容量의 比率은 最小 7%에서 最高 50%로 變動 幅이 크다. 이것은 長短期 水文 豫測을 包含한 效果的 貯水池 運營方案이 研究되어야 함을 示唆한다.

댐의 設計 流入量은 100年 頻度 以上의 洪水를 對象으로 하고 있으며, 貯水時의 貯水池 運營은 大部分 Rigid ROM으로 計劃되었고, 實際 運營에서는 Technical ROM에 가깝게 運營한다. 流入量에 대한 流入量과 放流量 差異의 比로 定意되는 調節率은 14%에서 67%의 範圍이다.

洪水 豫報를 위한 Telemetering 設備 中, 流域 내 雨量局의 支配 面積은 華川댐을 除外하고 平均 약 280km²으로서 一般的인 基準보다 넓어서 追加 設備의 補完이 必要하다. 아울러 水系를 綜合의 으로 運營할 수 있는 制度的 裝置의 補完이 必要하다.

流入量 豫測을 위한 降雨一流出 模型은 全댐에서 貯留函數法을 基本으로 하고 있으며, 補助의

인 方法으로서 利用되고 있거나 模型의 選定 過程에서 檢討된 方法으로는 Tank 模型, SSARR 模型, HEC-1 模型등이 있다. 測定 水位를 利用한 洪水 豫報 體制는 아직 實用化 되지 않고 있는 實情이다.

多目的댐에서 지금까지의 주요한 洪水 調節 實績을 보면 表2와 같다. 洪水 開始 前의 貯水池 水位는 比較的 높게 維持되어 計劃 以上的 洪水 調節 容量을 擴大 運營하고 있는 實情이다. 多目的댐에 의한 洪水 調節 effect는 定量化가 상당히 어렵지만, 下流 洪水 調節 地點에서의 水位를 댐의 有無에 따라 比較할 때 多目的댐의 洪水 調節은 뚜렷하며, 댐에 의해 洪水가 거의 완전히 遮斷된 境遇를 考慮한다면 그 effect는 엄청날 것이다. 後者의 境遇에 대해서는 下流 住民이 차차 過去의 洪水 經驗을 妥却하게 할 社會 通念上의 問題를 內包하기도 한다. 차후 보다 정확한 被害 輕減의 把握과 洪水 對策樹立를 위해서는 洪水別 被害豫想 地域圖등이 確保되어야 할 것이다.

4. 問題點 및 改善 對策

댐에 의한 洪水 調節은, 다른 모든 水防 對策이 그러하듯, 몇 가지의 短點을 가지고 있으며, 最適의 洪水 調節을 위한 關鍵은 正確한 洪水 豫報이다. 정확한 洪水 豫報를 위해서는 流出 解析에 관한 信賴할 수 있는 模型과 洪水 調節 地點의 水位와 流量을 정확히 豫測할 수 있는 檢證된 河道 追跡 模型의 開發이 先行되어야 함은 물론이다. 模型의 效果的 運用을 위해서는 댐 上下流에 대한 水文 觀測 設備가 完備되어 隨時로 變하는 降雨, 流出, 水位 等의 資料가 On-line으로 入力되어 現時點에서 最善의 實時間으로 貯水池를 運營하여야 한다.

洪水를 誘發하는 降雨의 原因은 氣象 條件에 의하여 發生한다. 따라서 氣象 條件을 基礎로 한 洪水 豫報는 가장 많은 時間의 餘裕를 가지는 方法이 될 것이지만, 高度의 技術과 精密한 分析이 必

要하므로 아직 實際 適用 段階에는 이르지 못하고 있다. 근래의 氣象 異變에 대한 洪水 調節 效果를 提高하기 위해서는 豪雨의 位置와 移動 經路를 為始한 氣象에 관한 情報의 取得 및 分析 시스템이 研究 開發되어야 한다.

댐에 의한 洪水 調節은 一次的으로 洪水의 尖頭 流量(Peak Discharge)을 낮추는 것이며 洪水의 量(Volume)을 根本的으로 줄이는 것이 아니다. 尖頭 流量을 낮추는 것은 작은 流量에 의한 坎에 서의 放流 期間을 길게 한다는 것이다. 下流의 狀況에 따라서는 尖頭 洪水位 못지않게 淍水 時間도 問題가 되는 境遇도 있으므로 坎에 의한 洪水 調節은 單純히 尖頭 流量 減少만을 追求하는 認識에 修正이 必要하다.

流域 内의 坎은 直列, 竝列 또는 複合 貯水池

群을 形成하고 있으므로 서로 連繫하여 體系의 고 綜合的 運營이 必要하다. 특히 貯水池群의 最適 運營 問題는 시스템적 觀點에서의 統合 運營 management를 通해 많은 效果를 얻을 수 있을 것이 豫見된다. 그러나 洪水期의 貯水池群의 連繫 運營에 대해서는 研究 자체가 아직 初步的 段階에 있으므로 이에 대한 實用的 分析 方案에 대한 研究가繼續되어야 할 것이다.

洪水 調節을 위해 坎을 建設하는 境遇의 短點의 하나는 貯水 容量 確保를 위해 많은 土地가 水沒되고 住民의 移住가 發生하며, 아울러 工事費가 많이 所要된다는 것이다. 이러한 短點은 坎의 多目的 開發로써 部分的인 解決이 可能하다. 그러나 洪水 調節을 위한 治水 容量과 水資源 確保를 위한 利水 容量은 相互 背反의이며, 특히 洪水期

多目的 坎 現況

區分	單位	漢江 水系			落東江 水系			錦江水系		蟾津江 水系		
		昭陽江	忠州	華川	安東	陝川	臨河	南江	大清	本 坎	調節池	蟾津江
◦ 流域												
流域面積	CMS	2,703	6,648	3,901	1,584	925	1,361	2,285	4,134	1,010	135	763
水系 占有率	%	7.8	19.3	11.3	6.7	3.9	5.7	9.6	42.1	20.6	2.7	15.6
年平均 流入量	m³/S	61.3	166.8		27.8	29.0	24.2	54.1	98.0	25.0		16.3
◦ 貯水池 水位												
計劃 洪水位	EL. M	198.00	145.00	183.00	162.50	179.00	164.70	39.50	80.00	110.50	111.10	197.5
常時 滿水位	EL. M	193.50	141.00	181.00	160.00	176.00	163.00	37.50	76.50	108.50	108.50	196.5
洪水期制限水位	EL. M	190.30	138.00	175.00	-	-	161.70	35.50	-	-	-	-
貯水位	EL. M	150.00	110.00	156.80	130.00	140.00	137.00	31.00	60.00	85.00	60.00	175.00
◦ 貯水量												
總貯水容量	百萬噸	2,900	2,750	1,018	1,248	790	595	190	1,490	457	250	466
有效貯水容量(A)	百萬噸	1,900	1,789	658	1,000	560	424	109	790	352	210	429
(相當雨量)	mm	703	269	169	631	605	312	48	191	349	1,560	562
洪水調節容量(B)	百萬噸	500	616	213	110	80	80	96	250	60	20	32
(相當雨量)	mm	185	93	55	69	86	59	42	60	59	149	42
洪水調節容量比率(B/A)	%	26	34	32	11	14	19	88	32	17	10	7
死水量	百萬噸	703	596	360	239	152	124	28	452	58	22	8.7
◦ 流量												
設計流入量	CMS	10,500	16,200	9,500	4,500	8,900	4,600	10,570	9,500	5,601	2,345	3,268
最大放流量	CMS	5,500	14,000	5,400	3,038	6,550	3,200	7,460	6,000	3,719	785	1,868
調節率	%	48	14	43	32	26	30	29	37	34	67	43
◦ 洪水豫警報施設												
T/M水位局	次/年	2	3		2	2	2	4	3	3	-	2
T/M雨量局	次/年	10	22		4	4	4	8	9	4	1	4
雨量局 1個所當	畝	270.3	302.2		396.0	231.3	340.3	285.6	459.3	252.5	134.6	190.8
◦ 竣工年度	年·月	'73.12	'86.10		'76.12	'89.12	(91.12)	'70.12	'81.6	(91.6)	(91.6)	'65.12
◦ 餘水路放流回數	回數	6	5		-	-	-	28	10	-	-	6

末에는 利水와 治水를 同時に 考慮한 貯水池 運營이 되어야 하며 경우에 따라서는 두가지 사이의 安協과 調整이 이루어져야 한다. 따라서 洪水期間의 設定, 洪水期 制限水位의 彈力的 運營등은 땅의 長期 運營과 관계한 앞으로의 研究 課題이다.

댐에 의한 洪水 調節의 便益은 땅 下流의 洪水 터 使用者만이 받는 반면에 땅 建設에 所要되는 直·間接的 費用은 社會 全體가 負擔한다. 땅 上流에서는 堆砂와 環境 悪化등의 否定的 要素가 많으며 특히 貯水池 물꼬리 近方에서는 洪水 調節을 위한 貯水池 運營으로 背水位가 發生한다. 이러한 問題點을 解決하기 위해서는 水沒 補償線 設定에 대한 基準이 定立되어야 하며, 아울러 땅의 洪水 調節에 대한 上·下流 住民의 理解를前提로 하는合理的 貯水池 運營 方案에 대한 檢討가 있어야 한다.

댐에 의한 洪水 調節의 가장 큰 短點은 땅의 洪水 調節은 設計된 範圍의 일정한 水準까지만 可能하다는 事實을 下流의 住民들이 認識하고 있지 못하며, 땅의 洪水 調節 機能을 過多하게 期待하는 傾向이 많다는 것이다. 結果的으로 洪水터를 無計劃的으로 開發하거나 侵犯하여 洪水 被害를 加

重시키며, 多目的댐의 下流에서 큰 洪水 被害가 發生하는 境遇에는 땅 水位 操作이 適切했는가의 與否를 들려싸고 被害 住民과 땅 및 河川 管理者의 意見이 對立되고 있다. 따라서, 洪水터의 土地利用 規制등의 非構造物의 인 對策이 積極的으로 이루어져야 한다.

洪水를 防止하기 위한 對策으로는 땅 建設, 堤防築造, 河川 整備 따위의 構造物의 인 對策과 洪水 保險, 浸水豫想 地域圖 및 洪水豫警報, 洪水터 管理등의 非構造物의 인 對策으로 나눌 수 있다. 땅에 의한 洪水 調節은 前者的 일부분일 뿐이며, 다른 對策과 聯關하여 綜合의 인 對策이 必要하다. 특히 非構造物의 인 對策은 構造物의 인 對策에 비하여 效果的이며 큰 被害를 막을 수 있어 繼續 強調되어야 할 것이다.

5. 結論

지금까지 多目的댐에 의한 洪水 調節 方案과 우리나라에서의 現況에 대하여 알아 보았다. 多目的댐에 의한 洪水 調節은 洪水期間中의 主要한 水防 對策의 하나이다. 특히 近來에 水資源 利用

43쪽에서 계속 →

多目的댐 洪水調節實績

댐名	發生日	降雨量 (mm)	尖頭 流入量 (CMS)	調節 防流量 (CMS)	調節率 (%)	優良 開始前 貯水池 水位 (EL, M)	貯水池 最 高 水 位 (EL, M)	貯流量 (百萬톤)	調節效果
昭陽江댐	'84. 8. 31~9. 5	448. 9	11, 994	5, 500	54	183. 59	197. 79	868. 8	人道橋 水位 低下: 1. 23m
	'87. 8. 29~9. 5 '90. 9. 11~9. 13	130. 8 368. 8	2, 063 10, 653	1, 133 5, 675	45 47	191. 73 191. 56	193. 02 197. 99	81. 3 423. 1	人道橋 水位 低下: 0. 4m
忠州댐	'87. 8. 30 '90. 9. 11~9. 18	105. 3 333	6, 294 22, 200	1, 958 14, 000	69 37	136. 84 135	142. 47 146. 03	473 928	人道橋 水位 低下: 1. 65m
	'84. 9. 4~9. 23 '87. 7. 23~7. 23	233. 2 176. 8	4, 618 5, 214	1, 100 1, 000	76 80	70. 49 71. 01	78. 61 79. 17	500. 4 513. 9	公州地點 水位 低下: 1. 12m
大清댐	'87. 8. 5~8. 13	107. 5	1, 959	695	65	193. 16	194. 87	40	求禮地點 水位 低下: 1. 82m
南江댐	'81. 9. 1~9. 4 '87. 7. 15~7. 16	351. 8 230. 1	9, 975 12, 630	1, 561 1, 648	84 87	33. 36 32. 95	38. 9 39. 48	114. 4 138. 1	진동地點 水位 低下: 3. 29m