

<技術報文>

댐의安全管理

洪 永 河*

1. 序 言

우리나라에도 이제는 相當數의 댐들이 도처에 建設되어 洪水調節, 用水供給 및 發電等 여러 目的으로 運轉되고 있다. 이들 댐들 中에는 勿論 最近에 建設된 것도 많으나 華川댐, 淸平댐, 寶城江댐 등과 같이 1930年代에 建設되어서 現在까지 約 50年 가까이 경과한 댐들도 있다. 한편 1960年代 以後의 急速한 經濟發展으로 因하여 우리나라에서도 댐 下流地域의 都市 및 地域開發은 실로 눈부신 바가 있으며, 이로 因하여 上流 댐의 安全管理은 절대적인 社會問題로 擡頭되었다.

이러한 時點에서 댐의 安全管理에 對하여 本人이 平素에 느끼고 있던 事項과 美國 內務省에서 發刊한 「Dams and Public Safety」 (1980年)에서 記述된 事項들을 綜合하여 댐의 完全管理라는 題目으로 本文을 엮어 보고자 하는데, 本 內容이 댐 管理者 또는 댐 管理廳의 業務遂行에 다소나마 도움이 되기를 바라는 바이다.

2. 既存댐의 安全度 評價를 爲한 美開拓局의 프로그램

美開拓局은 既存댐에 對한 問題點들을 發見하고 나아가서 어떤 補修나, 運轉·可動上의 制限 및 修正이 必要한가를 決定하기 爲해서 定期的으로 安全度 評價를 實施한다. 이 評價에서는 設計와 施工方法, 使用材料, 運轉의 沿革 等を 綜給의 由로 檢討하며 댐과 貯水地의 狀態를 點檢하고 諸般 問題點들을 分析한다. 開拓局의 評價팀은 우선 댐에 對한 모든 基本 資料를 詳細히 檢討한 後 現場調査에 依하여 모든 資料를 比較 分析하여 資料集을 만들거나 既存 資料集을 補完한다. 그리고 評價報告書를 作成提出하게 되며 이 보고서에는 結論과 建議를 提示한다. 댐의 安全度 評價를 爲해

서는 共通의 一般的인 方法이 適用되기도 하지만 各 댐의 立地의 特性이나 構造物의 特性을 勘案하여 반드시 個別的인 特別한 고려를 해야할 경우가 많다. 어떤 댐의 脆弱點을 鑑定하기 爲해서는 評價팀이 댐 破壞의 一般的인 類型이나 原因을 充分히 알고 있어야 하므로 必須의 由로 過去의 댐 破壞에 對한 報告書 等を 入手하여 活用하게 된다. 評價팀의 構成은 最小 3人의 土木, 機械 및 地質 分野의 專門家로써 構成되는바 이들은 댐의 設計, 施工 및 運轉 業務에 充分한 經驗이 있고 또한 댐 破壞의 原因에 對해서도 해박한 知識이 있는 技術者 들이다. 때로는 上記 3人의 專門家 外에 恊同 目的으로 初級技術者를 대동하기도 한다.

美 開拓局의 既存댐 安全度 評價(SEED)에서 考慮하는 現場의 一般的인 缺陷狀態를 分類하면 다음과 같다.

缺陷狀態	原 因
◦ 基礎狀態의 惡化	◦ 溶解性 固型物體의 제거 ◦ 岩切 ◦ 下部 굴착
◦ 基礎의 不安定	◦ 溶解能(Liquefaction Potential) ◦ 滑動 ◦ 함몰
◦ 餘水路의 缺陷	◦ 障礙物 ◦ 라이닝의 破損 ◦ 通水能力 超過 ◦ 門扉 및 권양기의 缺陷
◦ 放流口의 缺陷	◦ 障礙物 ◦ 土砂의 積存 ◦ 門扉 및 권양기의 缺陷 ◦ 門扉의 位置 不良 ◦ 能力 不足

* 本 學會 理事 (株)三安建設技術公社 副社長(水資源 技術士)

○ 콘크리트의 缺陷	○ 骨材의 알칼리性 反應 ○ 結水 및 解水 ○ 리칭(Leaching)
○ 콘크리트 댐의 缺陷	○ 揚壓力의 增大 ○ 豫期치 못한 揚壓力의 分布 ○ 均一하지 못한 콘크리트 치기 및 坼 發生 ○ 超過壓力
○ 흙 댐의 缺陷	○ 溶解能 ○ 斜面 不安定 ○ 漏水의 超過 ○ 溶解性 固型物體의 제거 ○ 斜面 세굴 ○ 침하
○ 貯水地 周邊의 缺陷	○ 세굴 ○ 透水性 ○ 斜面 不安定

3. 댐의 安全調査

댐의 安全管理을 爲해서는 長期間의 댐 運轉中에 發生할 수 있는 여러가지의 狀況 變化에 對處할 수 있도록 對備策이 마련되어 져야 한다. 狀況이 나빠질 수 있는 可能性에 對해서는 댐 運轉中에 항시 조심스럽게 관찰하여야 한다. 또는 이러한 可能性에 對해서는 設計 當時에 각별히 有意하여 接近施設의나 維持施設 및 計器 埋設 등을 設計에 反映시켜야 한다. 댐의 安全調査는 댐 本體 인근에서만 이루어 져서는 아니 되며 貯水地 全域을 對象으로 하여야 한다. 新設 댐의 管理를 맡은 技術者 들은 댐의 基礎나 築堤材料 등에 對해서 仔細한 資料를 갖고 있으며 또한 댐이나 各種 構造物의 어느곳에 弱點이 있는지도 잘 알 수 있다. 이러한 知識이나 情報 등은 后日의 分析을 爲하여 반드시 文書로 保管되어 져야 한다. 만일 이러한 情報나 知識이 資料로 記錄 保存되지 않으면 세월이 감에 따라서 댐의 安全管理에 어려움을 겪게 될 것이다. 大體的으로 댐의 設計나 建設 當時의 記錄이 充分히 保存되지 못한 댐의 경우에는 埋設 計器조차 充分치 못하게 마련이다. 물론 약간의 調査나 觀測資料가 있는 경우도 있기는 하나 그 신뢰성에는 의문의 여지가 많다. 이러한 경우에는 새로이 計器를 埋設하여 各種 變化狀態를 觀測하는 것이 바람직하다. 既存댐의 安全度 評價를 爲

해서는 設計, 工事 및 運轉等의 모든 過去 狀況을 철저히 추적 調査하여야 하는바 이 作業은 상당히 廣範圍하고 複合的이기 때문에 처음 設計때의 努力보다도 더욱 힘들고 지루한 境遇가 많다. 大多數의 오래된 댐의 境遇에는 原設計者의 意圖나 努力에 對한 資料들이 不足하기 때문에 相當한 努力과 調査에도 불구하고 댐의 安全을 爲해 꼭 알아야할 資料들을 찾을 수 없는 境遇가 많다. 따라서 때로는 試錐나 試驗 및 測定들을 새로이 할 必要도 있다. 또한 肉眼으로 細密히 관찰하는 것은 댐의 機能低下나 缺陷을 찾아낼 수 있는 가장 근본적이며 신빙성 있는 방법이다. 不等沈下, 浸透水의 變色 또는 浸透量의 增加, 堰體의 함몰 등은 댐 破壞의 可能性을 보여 주는 것이므로 이러한 境遇에는 經驗있는 技術者에 依한 調査가 즉시 이루어 져야 한다. 댐에서의 緊急事態는 繼續的인 安全調査에 依해서만 豫防될 수 있다. 그러나 大部分의 境遇 이러한 調査計劃이 始作 當時에만 좀 지켜지다가 세월이 흐르면 저절로 無視되어 지게 마련이다. 만일 이러한 調査業務에 對한 責任이 低級技術者나 無知한 雇傭人에게만 맡겨진다면 댐의 破壞를 豫見할 수 있었던 여러가지 徵候들이 早期에 發見되지 못하고 결국은 피할 수 없는 災害를 초래하게 될 것이다. 따라서 댐의 調査·管理業務는 能力있고 誠實한 技術者에게 맡겨 져야 한다. 댐의 안전을 保障하기 爲해서는 調査·管理業務가 專門的이며 持續的으로 行해 져야 한다. 設計者와 댐 管理者는 댐이 竣工되어서 正常可動에 들어간 以后에도 設計當時의 設計者의 意圖와 實際로 現場에서 發生하고 있는 狀況에 對하여 수시로 情報를 相互 교환하여야 한다. 또한 經驗있고 우수한 技術者에 依한 定期的인 檢査가 必須的인바 이때 調査者는 (1) 構造物 接合部에서의 變型, (2) 水壓測深器의 記錄變化, (3) 浸透水의 變化, (4) 沈下 또는 水平上의 不均衡, (5) 댐 法面の 勾配 變化, (6) 콘크리트의 크랙(CRACK), (7) 세굴, (8) 機器 또는 管距의 부식狀態 등 댐의 安全에 害를 미치는 갖가지 徵候들을 現場에서 看破할 수 있어야 한다.

4. 댐의 安全調査를 爲한 체크·리스트

現場에서 댐 管理者가 댐의 安全을 爲하여 관찰해야 할 細部事項에 對한 체크·리스트는 다음과 같다.

1) 既往의 設計나 調査計劃을 再檢討 해야할만은 與件 變化가 貯水地 周邊에서 發生하였는가? (例: 터널 굴착, 建物工事 및 폭발물 또는 인화성 物質의 저장 등과 같은 産業 活動)

2) 施設の 破壊가 댐의 安全에 害를 미칠수 있는 送油管, 送水管 및 下水管等의 施設物이 댐의 本體를 撼動하거나 댐의 週邊에 位置하고 있는가?

3) 긴급사태에서도 破壞되지 않을 進入道路나 通信施設이 建設되어 있는가?

4) 댐의 構造計算 結果는 安全한가? 또는 最新의 設計技法에 依한 再分析이 必要한가?

5) 非常時에 貯水池의 水位를 신속히 낮출수 있도록 放流口의 能力은 充分한가?

6) 余水路의 能力이 最近까지의 水文資料를 利用하여 算定된 洪水를 充分히 放流할 수 있는가?

7) 余水路를 통한 洪水 排除時에 構造物 下端部에 세굴의 위험이 있는가?

8) 非常時에도 권양기의 操作 等に 必要한 適切한 補助動力이나 其他 施設이 있는가?

9) 余水路는 下流部에 심한 세굴 또는 퇴적이 發生하지 않도록 建設되고 또한 維持되고 있는가?

10) 샤프트, 터널 및 갤러리에는 유독가스로 인한 부식을 막고 또한 人命을 保護할 수 있도록 適切한 환기 시설이 되어 있는가?

11) 門扉, 발브 및 권양기 등과 같은 基本的인 主要 施設들은 항상 運轉이 可能한가?

12) 排水用 펌프와 같은 施設이 있다면 이들은 항상 運轉이 可能한가?

13) 자동경보 및 텔레메타 施設들은 作動되고 있는가?

14) 捨石, 콘크리트 및 응벽이나 護岸等은 建設當時와 마찬가지로 保存되고 있는가?

15) 모든 計器들은 正常的으로 作動되고 있는가?

16) 댐本體나 岸部에 陷초나 수목이 무성하여 缺陷을 쉽게 發見하기 어려운 狀態는 안인가?

17) 콘크리트 댐의 境遇에 콘크리트의 強度를 의심할 만한 理由가 있는가? 이러한 事項들을 非破壞 試驗이나 코어 實驗으로 確認해 보았는가?

18) 放流口나 余水路의 流入部가 土砂나 찌꺼기 等に 依하여 支障을 받고 있지 않는가?

19) 댐의 缺陷에 대처할 수 있는 適切한 非常供給이나 장비의 活用이 可能한가?

20) 使用頻度가 낮은 機器나 장비들 일찌라도 正常 作動이 可能한지 如否를 確認해 보았는가?

21) 破壞行爲로부터 손상받기 쉬운 施設들을 保護할 수 있도록 울타리, 자물쇠 및 경보장치 등이 되어 있는가?

22) 有能하고 훈련된 技術者들이 安全調査 業務를 遂行하고 있는가?

23) 댐의 管理業務를 맡은 사람들에게 非常時에 대처할 수 있도록 適切한 指針과 권한이 부여되어 있는가?

24) 水壓測深器의 記錄이나 井戶의 水位가 正常的이며 또한 貯水池의 水位에 對하여 一貫性이 있는가?

25) 安全을 期하기 爲하여 追加로 水壓測深器나 井戶 또는 웨어가 必要한가?

26) 만약 貯水池에 라이닝이 되어있다면 設計當時의 目的을 達成하고 있는가?

27) 댐의 安全調査 資料들은 定期的으로 分析되고 있는가?

28) 댐頂이 침하로 因하여 計劃洪水位에 對한 余裕高의 減少는 없는가?

29) 漏水量이 許容值를 초과하고 있는가? 漏水量이 增加 또는 減少추세中 어느쪽인가? 漏水水는 맑은가? 또는 탁한가?

30) 댐의 下流側 法面이나 接岸部 또는 댐의 直下流部에 肉眼으로 볼 수 있는 젖은 흔적이 있는가?

31) 浸透水로 因한 基盤岩의 溶解 흔적이 있는가?

32) 貯水池가 아닌 岸部의 높은 곳에서 浸透水의 위험 가능성이 있는가?

33) 댐이나 댐의 岸部 또는 貯水池 部近에서 肉眼으로 判別할 수 있는 함몰이나 침하의 상태가 있는가?

34) 構造物의 성토地點에서 파이핑 現狀이 있는가?

35) 콘크리트 表面 스톱램에서 肉眼으로 判別할 수 있는 뒤틀림이나 초과하중에 依한 피로상태가 있는가?

36) 構造物이나 堤防 또는 基礎部에 크랙이 發生하였는가?

37) 堤防이나 基礎에 세굴의 징후가 있는가?

38) 파라페트나 측대의 線型에 어떤 變化가 發生하였는가?

39) 地域內에서 最近에 地진활동이 있었는가?

40) 댐이나 그 인근에 함몰된 흔적이 있는가? 함몰을 일으킬만한 地下水 採取 또는 鑛産活動이 進行中인가?

41) 콘크리트의 接合部에 틈이 생기고 있는가?

42) 水平接合部에서 漏水되고 있는 물이 위험할 정도 的 揚壓力을 發生시키고 있는가?

43) 余水路나 靜水地 등에서 콘크리트의 세굴이 심하게 나타나고 있는가?

44) 용해되거나 부스러지거나 크랙이 생기는 등의 콘크리트의 化學的 變質狀態가 나타나고 있는가?

45) 放流口에서 세멘트의 溶解狀態가 나타나고 있는가?