

表面遮水壁工法에 關한 研究

李 承 彦*

1. 序 論

表面遮水壁型 댐의 築造 技術開發은 크게보아 大略 1965年度를 基準으로하여 2段階로 區分할 수 있다.

1965年度 以前에는 주로 Dumped-Rockfill 方法에 의하여 築造되었으나, 大形の 댐다짐 裝備가 開發되면서 1965年度 以後부터는 Compacted-Rockfill 方法에 依해 大形댐의 築造가 可能해졌다.

表面遮水壁型댐은 댐築造 技術이 發達됨과 더불어 大形댐의 築造가 可能하고, 現場條件이 類似하다면 他型式의 댐에 비해 댐基礎 掘鑿量이 減少되고, 基礎處理 費用이 節減되며, 雨期나 冬節期에도 큰 支障을 받지않고 施工이 可能하므로 工期를 短縮할 수 있고, 댐築造 工種이 單純하여, 經濟的인 면이나 技術的인 면에서 選好되고 있다.

그러나 最近까지도 理論的인 根據를 基準으로 하여 댐設計가 이루어지지 못하고 過去의 實績과 經驗을 바탕으로 하여 設計가 이루어지고 있다. 따라서, 過去 初期의 表面遮水壁型 댐設計方法 및 最近의 댐設計傾向을 "Con'c Faced Rockfill Dams-Design, Construction and Performance (ASCE)" "Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 113, No. 10, October, 1987 (ASCE)" 및 國內에서 施工된 바 있는 "동북댐" 등의 設計 및 施工例를 通하여 考察해 보고자 한다.

*建設部 댐계획과 기좌

2. 設計 및 施工

表面遮水壁型의 댐은 斷面을 各各의 機能을 基準으로하여 分類할 境遇(그림-1)에서와 같이 流水遮斷을 目的으로 하는 Face Slab(遮水壁), Face Slab의 下端部를 支持하고 遮水壁과 댐基礎사이의 連結部에서의 遮水를 目的으로 하며 Grout Cap으로도 作用토록 되어 있는 Plinth, Face Slab 背面部 位置하여 Face Slab의 基盤層 役割을 하는 半透水性層의 Slab Bedding Zone, 댐體의 主軸을 이루는 Rock Zone, Slab Bedding Zone과 Rock Zone 사이에 位置하여 浸透水에 의한 Bedding材의 流出을 抑制하고 두 Zone間的 應力轉移의 緩衝役割을 爲한 Transition Zone으로 構成되는 것이 一般的이다.

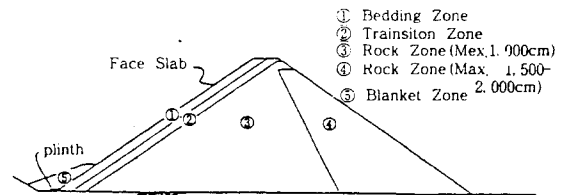


그림 1. 斷面 構成

또한 Rock Zone 댐體에 作用하는 荷重의 支持를 目的으로 하는 Zone과 浸透水의 排水를 目的으로 하는 Zone으로 兩分되며, 특히 댐의 높이가 높고 貯溜를 目的으로하는 댐에서는 Slab의 Joint部 및 댐基礎部를 通한 漏水를 抑制시키기 위하여

댐上流 表面遮水壁下端部 上流側에 不透水材의 Blanket Zone을 設置하는 것이 普遍化되어 있다.

댐의 標準斷面 設計를 爲한 斜面의 安定性 檢討는 一般의으로 無視되고 있으며(表-1) 既存댐의 施工例에서와 같이 過去의 經驗 및 實積을 土臺로 하여 決定하여도 斜面 安定性에는 問題가 없다.

1. 遮水壁 콘크리트(Face Slab)

가. 콘크리트

表面遮水壁用 콘크리트는 強度보다도 耐久性과 水密性이 더 重要視되며, 28日 壓縮強度는 約 210 kg/cm², 最大 骨材值數 40mm程度로서 포조란(Pozzolan)이 混合된 콘크리트를 使用하는 것이 最近의 設計 傾向이다.

나. 두께

콘크리트 表面遮水壁의 두께는, 水頭(H)에 따라 斷面의 두께가 變化되는 經驗式에 의하여 設計되며, Dumped-Rockfill 方法으로 댐 築造를 하던 初期段階에는 댐 頂上部에서의 두께는 0.3m로 하고, 그 下端部에서는 0.3m+0.0067H의 經驗式으로 定하는 方法이 普遍的으로 使用되었으나 Compacted-Rockfill 方法에 의해 댐을 築造하기 始作한 1965-1970年度 부터는 變斷面 項의 H의 係數를 0.0067에서 0.003乃至 0.002까지 縮小調整하여 斷面의 두께를 設計하는 것이 一般의인 傾向이며, 심지어는 0.25-0.03m 두께의 一定한 斷面으로 設計한 境遇도 있다.

다. 鐵筋 配筋

遮水壁 콘크리트의 鐵筋 配筋은 水壓 및 溫度變化 등에 따른 콘크리트의 Crack 防止 目的으로 設置된다. 鐵筋 配筋 亦是 콘크리트 遮水壁과 마찬가지로 Dumped-Rockfill 方法으로 댐을 築造하던 初期段階에는 兩方向 0.5% 鐵筋比로 配筋하는 것이 普遍의이었으나, Compacted-Rockfill 方法으로 댐을 築造하면서부터는 鐵筋比를 0.4% 程度

로 縮小 調整하여 設計하는 것이 一般의인 傾向이다.

最近 一部댐에서는 遮水壁의 中央部에서는 0.3%의 鐵筋比로 配筋하고 周邊이음부(Perimeter Joint) 周圍는 0.4%의 鐵筋比로 配筋하여 設計한 境遇도 있다

鐵筋의 配筋은 콘크리트 表面遮水壁이 不等沈下할 棼應力을 減少시키고, 棼에 대한 抵抗力이 고루 傳達될 수 있도록 可及的 콘크리트 斷面의 中心線上 또는 中心線보다 若干 윗쪽(表面으로부터 약 1/3 地點)에 設置하는 것이 有利하다. 이는 棼應力을 받을때 應力方向의 反對方向에 있는 콘크리트 斷面은 無效斷面으로 보아도 問題가 없다는 意味이고 鐵筋配筋의 主目的이 溫度變化 등에 따르는 Slab 表面의 龜裂防止에 있다는 것을 나타낸다.

라. 콘크리트 打設

遮水壁 콘크리트의 打設은 Slab의 下端으로부터 上端쪽으로 施工하는 것이 一般의이나 댐의 높이가 낮고 길이가 긴 境遇에는 댐軸과 平行하게 하여 橫方向으로 施工하는 것이 有利하다.

Slab의 下端으로부터 上端쪽으로 콘크리트를 打設할 境遇에는 一般의으로 Slab를 Start Slab와 Main Slab로 區分하여 Start Slab는 木材 거푸집 등을 利用하여 打設하고, Main Slab部는 Slip Form을 利用하여 打設한다. 이때의 打設速度는 約 1.5m/hr程度이다. 各 Slab의 幅은 工期 및 施工性等을 勘案하여 決定되나 約 15m程度로 施工하는 것이 一般的이다.

既存의 施工實積을 勘案할때 最小 設計斷面을 確保하기 爲하여는 設計斷面に 依한 콘크리트 量보다 約 5-10cm(平均 7.5cm)程度 두께의 콘크리트 量을 追加 計上하여야 될 것으로 判斷된다.

2. Plint(Toe Slab)

가. Plinth 基礎 및 斷面

Plinth는 Grouting 등에 依하여 댐基礎로서 地

盤改良이 가능한 新鮮한 岩盤上에 設置되어야 한다. 따라서 Fault Zone 等 漏水可能性이 큰 地質不良區分은 掘鑿除去한 後 콘크리트로 甌채움(Dental Concrete)을 實施하고, 掘鑿面은 콘크리트와 岩盤의 附着을 좋게하기 위하여 高壓의 空氣 또는 水淸掃를 實施한 後 콘크리트를 打設하여야 한다.

Plinth幅은 一般的으로 $1/20-1/25H$ (H =水深) 公式에 依하여 設計되나, 그라우팅 作業等を 爲하여 3m 程度를 縮小幅으로 하며, 두께는 Face Slab의 下端 두께와 同一하게 設計하되 0.3-0.4 m를 最小 두께로하여 設計한다.

그러나, Plinth의 두께가 두껍게 되는 境遇에는 Plinth側面에 作用하는 水壓에 대하여 安定檢討(滑動)를 實施하여야 한다. 이때에 Rockfill로서 支持되는 支持力은 無視하여야 한다.

나. 鐵筋配筋

Plinth에 配筋되는 鐵筋은 Face Slab에서와 마찬가지로 溫度鐵筋 및 彎變形에 依한 Crack 防止用으로 設置된다.

따라서, 初期段階에는 複鐵筋으로 配筋하던것을 近來에는 單鐵筋으로 配筋하며, 鐵筋量은 兩方向 0.3% 程度의 鐵筋比로 設計하고 있다. 配筋의 位置는 Plinth 表面으로부터 10-15cm의 純間隔을 두고 設置하며, 施工이음부에서도 鐵筋이 連結되도록 配筋하는 것이 一般的이다.

다. Grouting

Plinth 基礎의 岩盤改良 및 遮水を 目的으로 하는 Grouting 作業은 Plinth面 위에서 實施된다.

따라서, Plinth는 Grout Cap 役割을 하게되므로 直徑 25-35mm, 孔間隔 1.0-1.5m, 길이 3-5m 程度의 Anchor를 Plinth 콘크리트 打設 以前에 Plinth鐵筋에 Hook 連結하여 設置하여야 한다.

一般的으로 遮水 Grout孔은 Plinth의 中心線을 따라 配列하고, 地盤改良을 위한 Grout孔은 遮水 Grout列을 中心으로 左右로 配列하는 것이 바람

직하다.

3. Bedding Zone

Bedding Zone은 半透水性 Zone으로서 Face Slab의 基盤層 役割을 하며, Face Slab의 Crack 또는 Joint部로부터의 漏水를 抑制하는 役割을 한다.

따라서, 基礎掘鑿 亦是 Plinth部와 마찬가지로 Grouting에 의하여 地盤改良이 가능한 新鮮한 岩盤까지 掘鑿되어야 한다.

Bedding Zone의 材料는 最大 粒徑 75-150mm의 碎石材 또는 河床 砂礫이 利用되어 왔으나 最近에는 細粒粉이 約 40%程度 包含된 粒度の 材料를 使用하고 있다. 最大 粒徑 75mm로서 細粒粉이 約 40%程度의 粒度分布를 갖는 材料를 使用한 境遇 Face Slab 中央部の Crack 發生 및 Joint部 問題는 發生되지 않고 있다.

Bedding Zone은 4-10% 程度의 水分을 含有하도록 하고, 鋪設두께를 40-50cm로 하여, 10ton Vibro-Roller로 4回程度 振動다짐을 實施하면서 所要密度를 얻을 수 있다.

Face Slab가 設置될 Bedding Zone의 上流斜면 다짐은 甌上部側에서 6ton Vibro-Roller로 6回 上下 往複다짐을 實施하되 처음 2回は 無振動으로 하고, 나머지 4回は 上向時에만 振動다짐을 實施하는것이 效果的인 것으로 알려져 있으며, 斜면다짐이 完了된 後에는 Face 콘크리트 打設 以前에 降雨等に 依한 斜면洗掘을 防止하기 爲하여 50-76mm 程度의 두께로 Shotcrete 또는 시멘트 몰탈 등을 被覆하여 斜면 保護를 實施하는 것이 有利하다. 過去の 經驗으로 볼 때 數時間의 降雨로 因하여 5-8m 깊이의 洗掘이 發生된 記錄이 있다.

4. Transition 및 Rock Zone

Transition Zone은 Bedding Zone과 Rock

Zone 사이에 댐上流側に作用하는 水壓을 Rock Zone에 分散 傳達되도록 하고, 浸透水에 依한 Rock Zone으로의 Bedding材 流失을 抑制하는 役割을 하기 爲하여 設置된다.

Transition Zone 亦是 Bedding Zone과 같은 幅, 두께 및 다짐 方法으로 Bedding Zone과 同時에 築造를 實施하는 것이 普遍的이며, 最大 粒經은 約 150mm程度의 材料가 使用된다. Rock Zone은 다시 2個의 Zone으로 區分 施工되는데 一般의 所以로 댐體에 作用하는 荷重은 댐 中心側으로부터 上流側 部分에 依해 支持되며, 下流側은 浸透水の 排水를 圓滑히 하기 爲한 目的이 主가 된다. 따라서, 築造材의 最大粒經 및 施工方法이 區分된다.

댐體에 作用하는 荷重을 支持하기 爲한 目的의 Rock Zone은 最大粒經이 約 1.0m以下로서, 1層의 鋪設두께를 最大粒經 程度(約 1.0m)로 하고, 10ton Vibro-Roller로 振動4回 다짐은 實施하면 滿足할 만한 다짐密度를 얻을 수 있다. 이때 다짐을 돕기 위한 撤水量은 岩質에 따라 多少 差異가 있으나 築造量의 約 10-20% 程度가 適當한 것으로 알려져 있다.

排水를 主目的으로 設置되는 Rock Zone은 Rock 材料原으로부터 運搬되는 築造材中 1.5-2.0m의 Over Size를 活用하여 施工되며, 댐體에 作用하는 荷重을 支持하기 爲한 Rock Zone과 같은 方法으로 施工한다. 이때에 撤水는 不必要하다.

Rock Zone에 使用되는 築造材의 粒度規定은 2.5cm以下의 粒經을 갖는 築造材의 量이 30% 以下가 되도록 規定하는 것이 普遍的이었으나 石山 發破岩의 境遇 粒經 2.5cm以下의 材料가 30%를 넘는 境遇가 많다. 따라서 近來에는 이러한 規定을 無視하고 石山 發破岩 自體 그대로를 築造材로 使用하도록 하거나, 河床의 砂礫과 같이 直徑 約10-15cm 程度의 粒經으로 構成된 材料를 그대로 使用하기도 한다. 이러한 材料들로 築造試驗을 實施한 結果 댐築造材로서 良好한 것으로 判明되었다.

Rock Zone에 使用되는 Rock은 壓縮力이 작고, 剪斷強度가 큰 特性을 갖는 것이 좋다. 一般的으로 이러한 特性을 갖도록 하기 爲하여는 #4以下의 粒經을 갖는 材料가 20%以下이고, #200以下의 材料가 10%以下이어야 한다. 또한 Rock의 壓縮強度는 300kg/cm²以上이면 댐 築造材料로서 適當하다. 이런 뜻에서 新鮮하고 堅固한 岩보다는 다짐 時 岩의 모서리가 쉽게 부서지는 岩이 오히려 施工後 沈下가 적은 것으로 勸獎되고 있다.

5. Blanket Zone

Blanket Zone은 Face Slab의 下端에 設置되어 Face Slab의 Crack 및 Perimeter Joint部를 通한 漏水를 遮斷하고, 댐 基礎地盤의 浸透流路를 길게하여 過多한 漏水를 抑制할 目的으로 設置된다. Blanket Joint의 築造材料는 Silt 質의 不透水性 材料가 適合하며 不透水性 材料 外部 周圍에는 掘鑿岩等を 被覆하여 流水에 依한 流失을 防止하여야 한다. 不透水性 材料의 築造높이는 原地盤보다 約5-6m程度의 높이로 하고, 幅은 隣接한 Face Slab의 두께 程度이면 滿足스럽다.

6. Joint 處理

表面遮水壁 澁에서는 位置, 施工方法 및 目的의 等에 依하여 Perimeter Joint, Construction

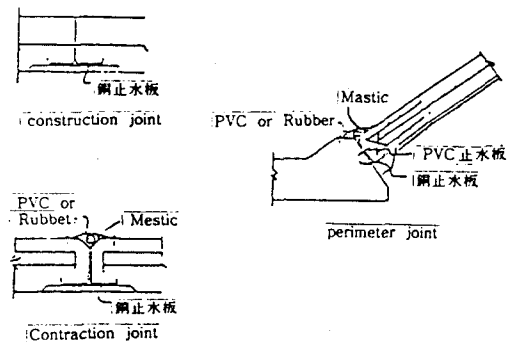


그림 2. Face Slab Joint

Joint 및 Contraction Joint로 區分된다. (그림-2 參照)

가. Perimeter Joint

Perimeter Joint는 Plinth와 Face Slab의 接合이음部로서 泄水後 漏水에 대한 脆弱性이 가장 큰 部分이다. 따라서 Perimeter Joint部는 銅止水板, PVC止水板 및 Mastic等을 使用한 2-3重 止水方法으로 設計하는 것이 一般的이다. Slab表面에 設置되는 Mastic에 依한 止水目的은 水壓에 의하여 Perimeter Joint가 벌어지는 境遇 벌어진 틈으로 Mastic이 流入되어 틈을 充填시켜 遮斷하기爲한 것으로서 Mastic은(그림-2)에서와 같이 PVC 또는 Rubber로 保護되도록 設計되어야 한다.

나. Construction Joint

表面遮水壁型 댐에서는 可及이면 Construction Joint를 두지 않는 것이 有利하며 不得已한 境遇에는 鐵筋을 斷切하지 않고 連結配筋하여 Slab沈下에 對하여 可塑性이 좋도록 하여야 한다. Construction Joint部는 銅止水板을 利用한 止水方法으로 設計하는 것이 一般的이다.

다. Contraction Joint

表面遮水壁型 댐의 兩 Abutment部는 基礎地盤의 不均衡等으로 因하여 大體적으로 泄水後에 變位가 크게 發生된다. 따라서 兩 Abutment部位等 變位가 크게 發生되는 地域에는 Contraction Joint를 設置한다. Contraction Joint部의 止水方法은 銅止水板 및 Mastic을 利用한 2重 止水方法을 利用하는 것이 一般的이며 鐵筋은 兩端部에서 斷切되도록 配筋하는 것이 좋다.

7. 測定計器

表面遮水壁型 댐의 設計는 經驗을 土臺로 하여 이루어지고 있으므로, 表面遮水壁型 댐에서의 測定計器는 댐의 安定分析을爲한 舉動測定에 主目

的이 있는 것이 아니라, 測定計器를 통한 計測資料를 活用하여 適切한 設計 技術 發展을 圖護하는데 있다.

表面遮水壁型 댐體에 埋設되는 測定計器는 主로 沈下計, Joint Meter, Stress Meter, Strain Meter로 最小의 所要量을 設置하는 것이 一般的이다.

3. 結 論

既存에 施工된 表面遮水壁型 댐의 施工實績과 經驗을 考察해 볼때 表面遮水壁型 댐은

- ① 댐의 規模에 相關없이 ECRD(Earth-Core Rockfill Dam)보다 經濟的이고 工期를 短縮할 수 있으며,
- ② ECRD에 비해 댐底幅이 窄아지므로 댐 附帶構造物의 規模가 작아지고,
- ③ 慣例的인 安定解析이 不必要하며,
- ④ 強한 地震에 對하여도 安全하고,
- ⑤ 中規模 程度의 餘水路는 댐體에 直接 設置가 可能하며,
- ⑥ Compacted Rockfill方法으로 댐을 築造할 境遇 沈下量(댐 높이 100m인 境遇 5年後 沈下量은 約10-15cm)이 적어 보다 높은 댐(約300m程度)의 施工이 可能한 것으로 豫見되고,
- ⑦ 댐體를 통한 漏水가 있더라도 ECRD와 같은 댐體 崩壞의 憂慮가 없으며,
- ⑧ 流水 轉換에 따른 費用을 節減할 수 있으며,
- ⑨ PMF에 對한 負擔이 있다.

→ 34 쪽에서 계속

科學 技術의 研究와 災害對策要員의 防災教育 및 訓練등 非構造的인 防災對策을 並行 推進하므로서 災害發生最小化에 우리 모두의 智慧를 짜내어야 하겠다.