

◆ 新 工 法 ◆

Fill dam의 Asphalt 遮水工法

秦 柄 益*

<漢陽大學校工科大学 教授·工學博士>

目	次
1. 序 言	
2. 댐 本體	
3. Facing wall	
4. Core wall	
5. Cut-off wall	
6. 結 言	

1. 序 言

最近에 와서 世界 各國에서 築造되는 댐은 Concrete dam보다 Earth and Rock fill dam 즉 Fill dam이 많아졌다. 이것은 土質工學의 發展에 따른 Fill dam의 設計에 대한 信賴度가 높아지고, 各種建設機械의 進歩에 따른 多量의 土塊를 採取, 運搬, 輾壓하는 技術이 발달하였기 때문이다.

이와 같이 발달하는 Fill dam 技術中的 하나로 Asphalt 遮水工法이 있다.

이 工法은 加熱아스팔트混合物을 사용해서 Fill dam의 遮水壁(curtain wall)을 만드는 工法으로 댐의 上流面遮水壁이 될 때에는 Asphalt facing wall, 댐의 內部에 얇은 遮水壁을 설치할 때에는 Asphalt core wall로 불린다. 이들은 어느 것이나 水密性, 安定性, 強度 및 耐久性 등 遮水壁材料로서 필요한 特性을 保有하는 Asphalt 混合物(as-con이라고 함)을 鋪設機械에 의해서

*技術士 <建設部門>

施工하는 工法인 것이다.

Fill dam의 上流面 또는 內部에 아스팔트遮水壁을 설치하는 方法이 쓰여지기 시작한 것은 1930年代로 알려져 있으나 이때에는 實驗과 研究的인 아무 근거없이 施工하였고, 그 후 1952년에 西獨의 Genkel dam이 본격적인 Asphalt facing wall을 갖는 댐으로 등장하기까지는 아스콘(as-con)의 實驗的인 여러 研究와 鋪設機械에 대한 研究가 폭넓게 실시되어 아스팔트遮水工法技術의 발달을 가져왔다.

2. 댐 本體

아스팔트遮水壁(asphalt curtain wall dam) 댐에서도 일반적인 土質遮水壁댐과 같이 河床堆積土의 採取, 運搬이 쉬운 지점에서의 알맞는 築堤材料 등을 얻을 수 있으면 댐의 建設費는 低廉해진다.

그러나 이와 같은 土質材料가 없거나 얻기가 어려운 경우에는 原石山으로부터의 發破에 의해서 採取된 岩石을 사용하게 되는 데, 最近에는 岩石採取技術이 진보되어 原石山으로부터 採取한 材料를 築堤材料로 사용하는 일이 많아졌다. 築堤方法은 일반적인 Fill dam과 같이 層狀으로 撒布하여 輾壓하게 되는 데, 댐의 예상되는 沈下量을 고려해서 10噸級 이상의 振動로울러를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이때의 築堤材料의 最大粒徑은 80cm 이하가 적당하겠다.

근래에 와서 築造된 西獨의 Genkel dam(1952)

Henne dam(1955), Wahnbach dam(1956)등에서 많은 測定을 한 결과 위와 같은 다짐工法은 대단히 有效하고, 댐의 頂部까지 築堤가 完了 되었을때 그의 沈下도 거의 끝나 있음을 확인할 수가 있었다고 한다. 더욱 댐이 竣工된 후에도 계속해서 測定한 결과에 의하면 약 15年이 지난 1972년에 이르러 그 頂部の 沈下量은 1~2cm에 불과하였다고 한다.

이와 함께 Asphalt facing의 水平變位도 같은 2cm 以下에 머물러 있었다.

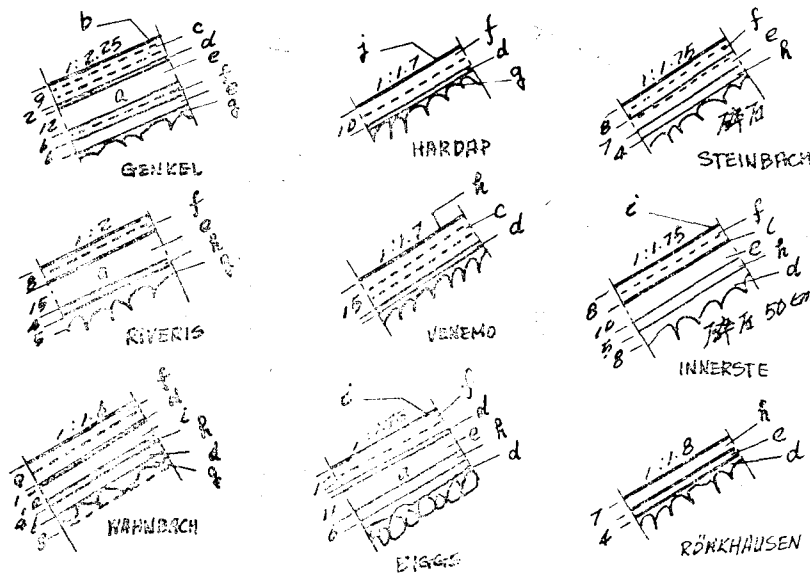
결과적으로 충분한 다짐에 의해서만 댐本體에 彈性的인 性質이 부여되는 셈이 되고, Facing type dam을 성공리에 完工할 수 있는 제일의 必須條件이라고 볼 수 있다.

더욱 Fill dam의 橫斷面을 보면 Asphalt Facing wall이나 Asphalt core wall의 두께는 全斷面에 比해서 얼마나 얇은가를 알 수 있듯이, 댐의 變形量을 처음부터 예상하고 Facing wall

이나 Core wall의 두께를 크게 하여 그 補強을 꾀한다는 것은 무모한 일이고, Facing과 Core는 오직 遮水만을 기대하도록 設計되어야 할 것이다.

그리고 댐의 斜面傾度는 기본적으로 築堤材料의 內部摩擦角에 따라 定해지게 되는데, 岩石材料인 경우는 1:1.4內外, 河床堆積土와 같은 비교적 등근 것이면 1:1.6內外의 緩傾斜로도 좋겠다.

이와 같은 材料로 된 댐에 Asphalt facing을 鋪設하게 되면 最急斜面傾度를 1:1.6정도로 하는 것이 적당하다. 여기서 Facing의 安定性으로부터만 고려한다면 이 값보다도 더 急한 斜面傾度로 施工해도 큰 지장은 없겠으나, 근래에 와서는 모든 施工이 機械化되어 있는 반면, 人力에 의하는 작업도 적지 않아 위험성이 수반하기 때문에 斜面을 사람이 걸어서 갈 수 있을 정도의 구배인 1:1.7정도를 그 限界로 하고 있다.



a. 배수층	b. 마스틱 2層 5kg/m ²	c. 密粒아스콘 3層
d. 바인더	e. 粗粒아스콘	f. 密粒아스콘 2層
g. 콘크리트	h. 密粒아스콘	i. 粗粒아스콘 40~60
j. 마스틱	k. 마스틱 1.5kg/m ²	l. 바인더 35kg/m ²

그림-1 Facing의 構造例

3. Facing wall

Facing에 鋪設되는 아스콘의 아스팔트량을 증가시키면 水密性和 可撓性を 높일 수 있는데 너무 지나치면 安定性이 불안해진다. 또한 骨材의 粒度를 잘 조정해서 충분히 大小粒子가 역물린 아스콘은 強度가 높아지지만 可撓性이 작아지는 수도 있다.

이와 같이 부분적으로 相反되는 條件을 각각 잘 調和되도록 아스콘을 配合해서 設計하도록 하여야 한다. 따라서 現場條件과 配合은 수시로 變化하기 때문에 주어진 條件으로 最適의 것을 얻으려면 廣範圍한 實驗的인 研究가 필요해지는 것이다.

그림1은 Asphalt facing type dam의 Facing 斷面을 보여준 것인데, 이에 대해서 검토를 가해 보기로 한다.

우선 Facing의 전체두께는 40cm미만이고, 이것이 3~7層으로 나누어 施工됐는데, 이것은 設計方針, 施工機械 및 施工經驗에 따라서 차이가 있는 것이다. 여기서 특히 눈에 띄는 것은 排水層의 有無와 層의 數가 漸減되어, 최근에 와서는 鋪設機械의 改良에 따라 2層으로 施工하기 까지 이르렀다. 먼저 排水層이 있는 Facing은 排水層위의 密粒아스콘의 層이 8~12cm의 두께이고 이것이 遮水層으로 Facing에서 가장 중요한 부분이 된다. 排水層아래 부분의 密粒아스콘層은 上層의 機能을 補完하는 역할을 다하고 있다. 즉 上層에 Crack이 생겨 漏水가 발생했을 때는 排水層에 의해서 漏수를 Drain pipe를 통해 Cut-off wall의 檢査路로 연결하여 流出시킨다. 密粒아스콘遮水層은 表面의 遮水層과 같은 配合을 사용하여 貯水를 차단하는 機能으로서는 그다지 중요하지가 않고 排水層의 일부로서 생각하는 것이 일반적이다.

下層密粒아스콘아래의 粗粒아스콘은 本體의 填充用碎石의 크기에 따라 1層 또는 2層으로 鋪設된다. 2層으로 鋪設되는 경우 처음의 層을 Binder層이라 부르고 다음의 層을 Leveling

層이라고 부른다. 근래에 와서는 Facing이 뛰어난 水密性, 安定性 및 耐久性등이 인정되어 마레이시아의 Pedu dam과 같이 排水層이 없는 경우도 나오고 있다.

4. Core wall

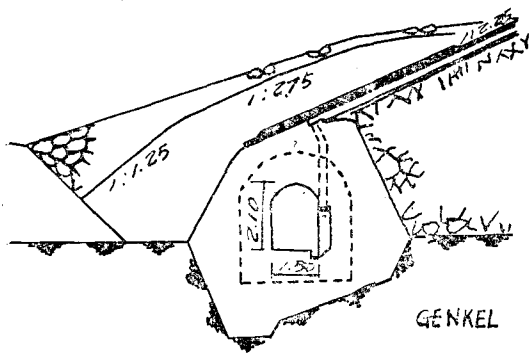
Asphalt core(아스팔트 心壁)가 댐의 遮水壁인 만큼 먼저 core자체가 不透水性이어야 한다는 것이 Facing의 경우와 같다. 또한 水壓의 作用을 받아서 아스콘으로부터 아스팔트가 押出되지 않도록 Filter 문제를 다루는 것도 Facing에서와 별 차이 없다. 그러나 Core wall에 있어서는 安定性 문제가 Facing wall에서 다루는 것과 약간 다르므로 이에 대한 檢討를 가해본다.

아스팔트心壁의 경우는 거의가 그 形狀이 鉛直壁을 이루게 되므로, Core wall의 兩側의 本體와 Rock fill과의 摩擦力을 무시하면 Core wall의 自重에 의한 鉛直方向의 荷重은 깊이와 더불어 直線적으로 증가하게 되어, 이 鉛直方向의 壓力은 Core wall에 接하는 本體의 Rock-fill 部に 대해서 相應하는 水平壓力을 미치게 한다. 이때 水平壓力이 커지면 댐의 上流面의 傾斜度도 달라져야 되는데, 어느 鉛直壓力에 의해서 이루어지는 水平壓力의 크기는 아스콘의 配合에 따라 變化하게 된다.

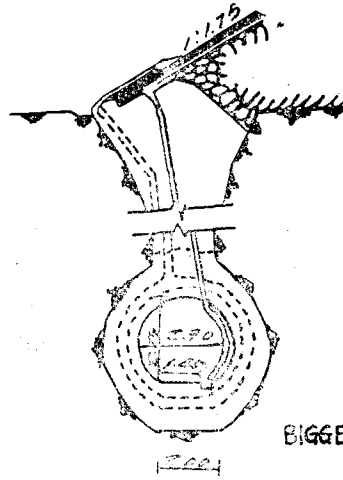
그런데 여기서 아스팔트량이 많아지면 아스콘 또는 순수한 아스팔트에서는 水平壓力이 鉛直壓力과 같아진다. 이에 반해서 아스팔트량이 적어지면 아스콘은 그 強度가 本體의 Rock fill 本體材料과 거의 같은 값을 갖게 되어 本體의 安定性에는 별 지장이 없게 된다.

다음 Core wall 부분의 溫度變化는 本體內部的 溫度變化에 따라 좌우되며, 本體外部에 있는 Facing의 溫度變化에 비해서 극히 작아, 溫度變化의 폭은 보통 Facing의 溫度變化의 폭의 1/10 이하가 된다.

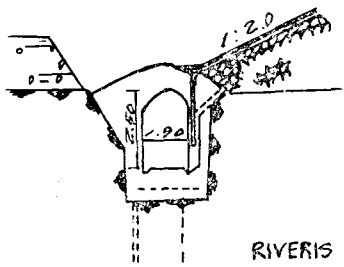
따라서 아스팔트의 針入度를 安定性에 대한 要求度에 따라 變化시킬 수도 있는 것이다. 즉 基礎地盤에 큰 變形이 예상될 때 아스콘의 可撓性を 느끼기 위해 軟한 아스팔트를 사용하는 따위이다.



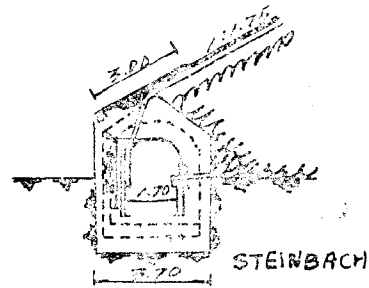
GENKEL



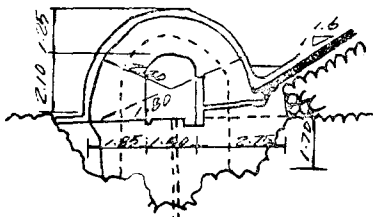
BIGGE



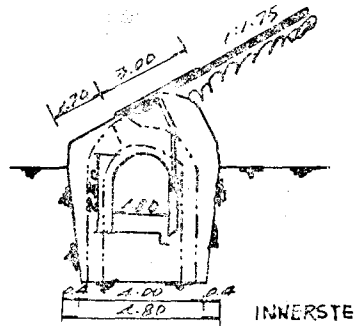
RIVERIS



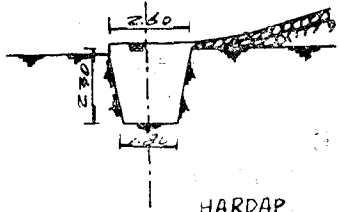
STEINBACH



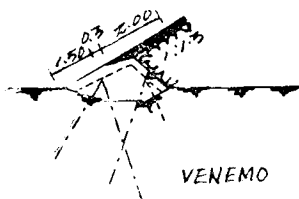
WAHNBACH



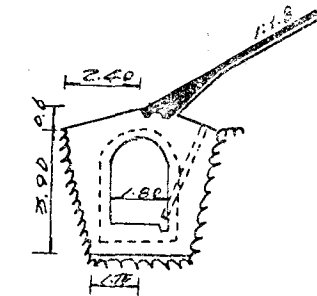
INNERSTE



HARDAP



VENEMO



RÖNKHAUSEN

그림 Cut-off의 構造例

5. Cut-off wall

Cut-off wall(止水壁)은 Asphalt facing wall 또는 Asphalt core wall과 댐의 基礎地盤의 Grout curtain 을연결하는 構造物로서 그림-2에 그 斷面形狀을 소개한다.

그림 2로 부터 알 수 있는 바와 같이 Cut off 에는 대부분의 경우 檢査路(inspection gallery)가 設置되어 있다.

따라서 檢査路를 設置했을 때는 檢査路가 없는 Cut off에 比해서 斷面이 굉장히 커진다. 또한 檢査路 주변에는 콘크리트의 Crack發生을 막기 위해서 多量의 鐵筋으로 보강하지 않으면 안되기 때문에 檢査路가 없는 것이 있는 것에 比하면 工事費가 싸진다. 그러나 檢査路를 설치함에 따라 댐基礎의 止水Curtain grout를 댐本體의 築堤工事와 함께 실시할 수 있으며, 댐이 준공된 후에도 Grouting의 追加施工이 可能하여, Facing이나 Core의 排水層으로 부터의 漏水를 항상 감시할 수가 있는 것이다. 軸方向으로의 檢査路는 그 目的에 따라 높이 15~50m마다 設置하고, 上流面에서의 距離는 應力集中의 影響이 충분히 없어진다고 생각되는 지리 즉, 檢査路의 높이의 2배정도로 하면 무난할 것이다. 그리고 檢査路의 橫斷面形狀과 크기는 Grouting을 하기 위한 보오링機 Grout pump 등을 運搬할때 작업에 지장이 없도록 하고, 應力計算上 댐 자체에 影響을 주지 않는 정도로 해야 한다.

그림-2를 중심으로 몇개의 특징있는 댐의 Cut off wall에 대해서 검토를 가해 보기로 한다.

먼저 Wahnbach dam에서는 Cut-off concrete의 構造上的 強度를 지나치게 고려한 나머지 Facing wall과 Cut-off wall과의 연결부의 施工이 매우 어려운 構造로 되어 있다.

Hardap dam과 같이 댐本體 Toe로부터 떨어진 곳에 Cut-off wall을 設置하는 경우에는 cut-off wall工事와 堤體工事を 병행해서 施工할 수

있는 長點이 있다. 그러나 이것은 兩岸의 계곡이 급한 경우에는 施工이 곤란해질 수도 있어 채용하기가 어려운 것으로 본다.

Bigge dam에서는 Cut-off는 基礎가 透水性地盤이었으므로 15m까지 굴착하였고 檢査路를 Tunnel로 굴착한 후 저꾸로 파 올려 Cut-offwall의 施工을 하였다. 이와같이 Cut-off wall의 높이가 지나치게 커지거나 Facing下端과 cut-off wall과의 接合部를 필요이상으로 길게 한다는 것은 일반적으로 좋다고 볼 수는 없겠다.

결국, Riveris dam, Steinbach dam, Innerste dam등의 Cut-off 形狀이 이상적이라고 볼 수 있다.

6. 結 言

우리나라에서도 최근에 와서 Fill dam의 施工技術, 특히 機械化施工이 급속히 발전하여 Fill dam의 發展普及이 큰 조약단계에 돌입한 느낌이 있다.

비근한 例로 지난해에 竣工을 본 昭陽江댐은 國內技術陣의 숨은 實力을 滿天下에 誇示한 좋은 본보기가 되었다.

그런데 Fill dam에 쓰여지는 土質材料 가운데 가장 중요한 遮水壁材料가 댐地點 부근에서 얻기가 어렵거나, 그 質과 量이 불충분하다는 制約을 받게 되어, Fill dam의 建設을 단념하여야 할 경우도 있었다.

이와같은 경우 遮水壁材料를 아스팔트 混合物을 사용하므로써 試驗과 現場施工 결과, 그 우수성이 인정되었으므로 土質材料를 얻기 어려운 곳에서의 이에 대한 활용시기가 到來되었다고 느껴진다.

우리나라에서도 先進諸國에 조금도 손색이 없는 道路鋪裝技術을 보다 研究發展시켜 이를 Fill dam 建設技術에 活用할 수 있는 技術的 研究와 施工研究를 거듭하여 아스팔트 遮水壁댐이 建設될 날을 고대하는 바이다.