

地質改善 方法中 壓力 그라우팅에 關하여

Method of Pressure Grouting to Improve the Quality of Foundation.

李 天 福

目 次	
§ 1. 基礎 그라우팅	(1) 그라우팅 施工의 必要性
I. 概 說	(2) 示方書(例)
II. 方 法	(3) 鑽孔計劃
1. 壓力에 依한 分類	(4) 注入計劃
(1) 低壓力 브란켓트 그라우팅	(5) 計劃圖 作成
(2) 中壓力 그라우팅	IV. 裝 備
(3) 高壓力 그라우팅	V. 그라우트 材料
(4) 特殊 그라우팅	1. 性 質
2. 作業上에 依한 分類	2. 矽멘트 混合體
(1) 싱글스테이지 그라우팅	3. 粘土質 그라우트
(2) 파-카 그라우팅	4. 아스팔트 그라우트
(3) 석세시브 그라우팅	5. 化學的 그라우트
(4) 重複 그라우팅	6. 特殊 混合體
3. 그라우팅 方法의 細部內容	VI. 施工順序
III. 計 劃	VII. 그라우트 漏出處理
1. 地質 및 地盤調查	VIII. 竣功圖書 作成
2. 透水試驗	§ 2. 파-카 그라우팅
3. 注入試驗	§ 3. 뎀 節理 縮少 그라우팅
4. 計劃樹立	§ 4. 그라우팅 裝備
	§ 5. 基礎 그라우팅의 實例
	§ 6. 뎀 節理 縮少 그라우팅의 實例

§ 1. 基礎 그라우팅

I. 概 說

注入이라 함은 天然地層 또는 土木構造物 및 建設物內에 強化材 또는 止水材를 壓入하는 것으로 注入材를 注入對象物 內部에 注入시켜 注入目的을 達成하는데 있으며 大規模의 뎀 基礎를 完全히 處理하는 것은 오늘날 土木事業에 있어 큰 問題中의 하나에 屬한다.

異質材로된 二重 構造物을 設計하는데 있어서 基礎가 自體에 作用되는 最大 荷重을 支持하여야 함은 勿論이며 萬一 現狀態下의 基礎岩石이 基礎로써 不良하다면 現狀況의 不良한 缺陷을 改善하여 充分한 支持力을 갖도록 岩石을 改善하는 것은 可能한 일이며 그 實際方法으로서 壓力 그라우팅에 依한 改善方法이 있다.

滲透現狀과 構造物 下部의 基礎에서 일어나는 揚壓力을 除去시키기 爲하여 뎀 築造 初期에 壓力 그라우팅을 基礎에 施工하여야 하며 施工結果 注入材인 矽멘트, 물, 또는 其他 物質의 混合

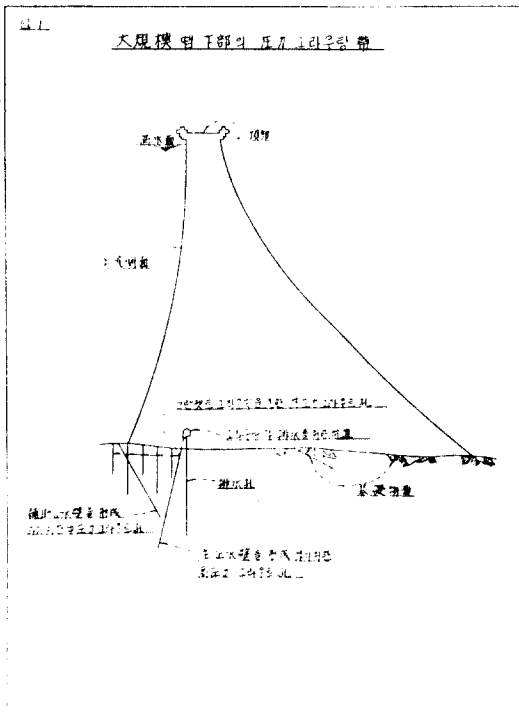
물이 注入 對象物을 固結시키고 現存하는 裂隙空間을 充填하여 基礎地盤의 支持力을 增加시킨다.

메손리 댐(Masonry Dam) 下部의 滲透現狀과 揚壓力은 一般적으로 構造物의 軸에 平行하고 軸에 가까운 位置에 一列 또는 數列로 孔을 試錐한 後 그라우트를 注入하므로써 除去되며 이 커터된 그라우팅은 下流側에 가까운 位置에 試錐한 排水孔에 依하여 補完된다. 卽 이 排水孔은 그라우팅된 帶를 通하여 滲透水의 流通을 促進시키는 靜水壓을 除去하게 된다.

그라우트 計劃을 樹立하기 前에 댐사이드의 基礎에 對한 調査研究가 充分히 遂行되어야 하며 調査結果 얻어진 資料는 그 位置에 適合한 帶의 形과 規模를 決定 짓는데 利用된다. 卽 基礎岩石의 性質과 斷層(fault) 所在 與否 그리고 節理(joint) 龜裂(crack) 空洞(cavity) 有無와 湧水 및 漏水狀況等에 對하여 調査研究한 後 이에 適切한 그라우팅 計劃을 樹立하여야 한다.

II. 方 法

그라우트를 構造物 基礎에 注入하는데 있어 作用하는 壓力과 注入 作業에 따라 下記와 같은



區分이 可能하다.

1. 壓力에 依한 分類

大規模 댐을 築造하기 爲하여 利用되는 그라우팅 方法을 壓力에 依하여 區分한다면 底壓力 그라우팅, 中壓力 그라우팅, 高壓力 그라우팅의 세가지 方法이 있으며 그外 特殊 그라우팅도 其 方法中 하나에 屬한다.

以上 三種類의 그라우팅 方法은 特殊한 基礎에 要求되는 것이며 이를 綜合하여 施工할 때와 各各 單一方法으로 施工할 境遇가 있다.

圖 1은 壓力 그라우팅帶의 典型的인 配列을 表示한 것이다.

(1). 底壓力 브란켓트 그라우팅 (Low-Pressure Blanket Grouting)

底壓力 브란켓트 그라우팅의 施工目的은 表面에 가까운 基礎를 密閉 시키고 固結시키기 爲한 것으로 正常的인 土木建築計劃에 있어 初期에 施工한다. 콘크리트 댐을 築造하기 爲하여 初期에 施工하는 底壓力 브란켓트 그라우팅은 基礎地域의 表面岩石에 施工하며 基礎岩石이 全般的으로 極히 不良할 때는 基礎地域全域에 施工한다.

土堰堤를 築造하기 爲하여 施工하는 底壓力 브란켓트 그라우팅은 軟弱部가 있는 表面 가까운 基礎地盤을 閉鎖할 必要가 있을 때는 어떠한 形의 댐에도 利用된다.

底壓力 브란켓트 그라우트孔의 深度는 10feet에서 50feet까지 多樣하며 孔軸은 基礎岩石에 있는 節理 龜裂 및 空洞이 孔과 平行되어 있는 곳을 除外하고는 基礎表面에 垂直으로 試錐하며 基礎表面에 垂直으로 發達되어 있을 때는 孔을 基礎表面에 傾斜를 갖도록 試錐하여야 한다. 壓力은 構造物의 規模와 形態에 따라 또는 基礎條件에 따라 20~150 PSI(Pound Per Square Inches) 사이로 多樣하게 作用하며 一般적으로 壓力의 限界度는 基礎岩石의 逆仰揚이 일어나지 않는 限界에서 維持되어야 한다.

(2) 中壓力 그라우팅 (Intermediate Pressure Grouting)

中壓力 그라우팅의 施工目的은 構造物의 上流側 邊을 沿한 基礎에 相當한 深度까지 閉鎖效果를 갖기 爲하여 利用되며 콘크리트 댐에 試錐하는 中壓力 그라우트孔은 構造物의 邊에 따라 上

流側 基礎岩石의 表面에서부터 試錐하든가 屢敷地의 上流側帶에 裝置해 둔 파이프를 通하여 試錐하여야 한다.

中壓力 그라우트孔의 深度는 條件에 따라 50 feet에서 100feet까지로 하며 그라우팅 壓力은 基礎上에 築造할 콘크리트의 重量과 地質構造및 基礎岩石의 強度에 따라 決定되며 一般의인 狀態에서는 75~400PSI까지 作用한다.

(3) 高壓力 그라우팅(High Pressure Grouting)

高壓力 그라우팅은 主止水壁을 形成하여 構造物下에서 일어나는 滲透現狀을 除去하기 위하여 施工하며 콘크리트 뱀이나 土堰堤에 다 같이 止水壁을 形成하는데 利用한다.

大規模의 콘크리트 뱀에 施工하는 高壓力 그라우팅은 一般的으로 隣接한 坑道에서부터 施工하든가 軸으로부터 약간 下流側에 施工해야 하며 基礎岩石에 가까워야 한다.

基礎上에서부터 坑道까지 뱀에 있는 파이프는 뱀을 築造하는 동안 남겨 두었다가 콘크리트가 基礎上에서부터 어느 程度까지 높아 졌을 때 孔을 試錐하고 파이프를 通하여 高壓力下에서 그라우팅하여야 한다. 卽 콘크리트가 相當한 높이를 갖기므로써 高壓力이 作用할 때 그라우트의 逆噴을 防止하고 注入對象物 內로 그라우트를 充分히 注入할 수 있다.

高壓力 下에서 施工하는 그라우트孔의 深度는 地質學的의 面과 地形學的의 面을 檢討하여 決定하며 前記條件에 따라 深度는 多様하다.

大規模의 뱀에 施工하는 그라우팅의 限界 壓力은 100~500PSI까지로 하며 特殊한 境遇에는 500PSI 以上の 壓力을 加하여 深孔의 基礎區間을 그라우팅할 때도 있다.

이와 같은 高壓力을 加할 때는 孔에 파—카를 裝置하여야 하며 基礎上에 作用하는 荷重과 揚壓力을 除去하기 위하여 高壓力을 加할 때는 特히 注意하여 施工 하여야 한다.

(4) 特殊 그라우팅(Special Grouting)

特殊 그라우팅의 施工目的은 湧泉, 排水를 密閉시키기 위하여 또는 基礎岩石內에 散在해 있는 구멍을 通하여 漏水되는 것을 막기 위하여 施工한다. 또한 特殊 그라우팅은 他 그라우팅을 補充하는 그라우팅 方法이며 그 方法에는 다음

과 같은 種類가 있다.

① 揚壓力을 除去하기 爲한 補助止水壁을 그라우팅하는 方法.

② 急傾斜로 切取作業을 하기 爲하여 破碎된 岩石을 固結시키기 爲한 그라우팅.

③ 風化된 節理, 斷層帶를 固結시키기 爲한 그라우팅 方法

④ 基礎上에 있는 湧水는 閉鎖한다면가 其他 軟弱部를 除去하기 爲하여 施工하는 그라우팅 方法

⑤ 또는 岩石의 支持力을 增加시키기 爲하여 行하는 그라우팅 方法

⑥ 岩石을 固結시키기 爲하여 그라우팅하는 方法

其外 特殊 그라우팅은 디비존 隧道(Diversion Tunnel)나 뱀에 附屬된 다른 隧道에도 必要하며 空洞을 閉鎖하기 爲하여, 流水路를 봉쇄하기 爲하여, 또는 試錐孔 前方을 그라우팅하는데도 利用된다.

또한 隧道 라이닝의 아—치와 岩石孔內의 空間을 充填하기 爲하여 隧道氣孔 周圍의 岩石을 그라우팅하기 爲하여, 그리고 樋管締切部 基礎上에 發達되어 있는 節理를 閉鎖하고 周圍 岩石을 固結시키기 爲하여 必要하며 橋臺(Abuttment)로 用水架樋이 通過할 境遇 橋臺 下部의 岩石을 그라우팅하는 것도 包含된다.

特殊 그라우팅은 構造物이 完成된後 揚壓力을 除去하기 爲하여 過度한 滲透現狀을 除去하기 爲하여, 基礎 그라우팅 自體를 補強하는데 때때로 必要하다.

上記와 같은 目的을 達成하기 爲하여 또는 不安全的 物質의 飽化에 依하여, 重複荷重으로 인한 基礎의 變形으로 因하여 完成된 破碎帶를 그라우팅 하는데도 必要하다.

뱀에 施工하는 그라우트孔의 深度는 大略 다음과 같은 基準을 갖고 있다.

$$d = \frac{1}{3}h + c$$

d : 孔의 深度

h : 堤塘高

c : 常數

上記 公式은 止水壁에 그라우트孔을 試錐할

境遇 孔의 深度를 決定하는데 活用된다.

單位는 feet이고 C는 基礎의 條件에 따라 專門 技術者에 依하여 決定되며 一般的으로는 25 feet 에서 75feet까지 多樣하다.

2. 作業上에 依한 分類

그라우트를 注入하는 作業面에서 그라우트 施工 方法을 分類하면 下記와 같은 네가지 方法이 있으며 基礎岩石의 形態와 特性에 따라 4 가지 方法의 通用이 決定된다.

- (1) 싱글스테이지 그라우팅 (Single-Stage Grouting)
- (2) 파-카 그라우팅 (Packer Grouting)
- (3) 석세스브 스테이지 그라우팅 (Successive-Stage Grouting)
- (4) 重複 그라우팅 (Multiple Grouting)

① 싱글스테이지 그라우팅

이 그라우팅 施工 方法은 先分한 深度까지 試錐하고 넛풀을 裝置하여 孔을 洗滌한 後 그라우팅 하는 것으로 이루어지며 한 作業中에 모든 것이 이루어진다.

아주 작은 龜裂과 節理를 갖고 있는 良好한 岩石의 淺孔을 그라우팅 하는때만 使用된다.

싱글스테이지 그라우팅의 施工目的은 그라우트의 實際 浸透量을 充分하게 하기 爲하여 高壓을 加한다.

이 方法은 基礎岩石에 發達되어 있는 龜裂 및 節理를 通하여 漏水되는 表面漏水を 防止하는 데는 使用하지 않는다.

② 파-카 그라우팅

파-카를 使用하는 것은 어느 深度까지 그라우트 注入을 限定하게 하는데 目的이 있다.

先分한 深度까지 孔을 試錐한 後 파-카를 어느 限定된 深度에 裝置한다. 파-카를 裝置하기 前 또는 後에 孔을 洗滌하여야 하며 그라우트 孔으로 橫斷된 基礎의 限定된 部分에 對하여 洗滌 作業을 限定할 必要가 있을 때는 洗滌作業은 파-카를 裝置한 後 實施한다.

基礎岩石에 있는 틈은 孔의 橫斷에 파-카를 裝置함으로써 보다 效果的으로 洗滌되고 틈의 上部까지 그라우팅 된다. 비록 파-카 그라우팅 이 대개의 境遇 싱글스테이지 그라우팅보다 高

價가 되나 많은 基礎 그라우팅에 파-카를 使用 함으로서 보다 效果的으로 그라우팅 된다.

이 파-카 그라우팅에 對하여는 §2에서 充分히 論述하겠다.

③ 석세스브 그라우팅

이 方法은 첫단계로 事전에 既定된 深度까지 試錐하고 그라우팅하기 前에 孔을 洗滌한 後 그 孔에 對한 Water-Cement Ratio를한 다음 그 孔에 그라우팅을 하며 시멘트가 不均一하게 部分的으로 들어 갈때는 곧 孔으로부터 그라우트를 洗滌해야 한다.

다음 段階로 周圍 岩石內에 그라우트를 充分히 注入시킨 後 1段階 2段階 過程을 反復한다. 各段階를 進行하는 동안 孔이 最終深度까지 到 達함으로써 그라우트 壓力은 一般的으로 增加된 다.

석세스브 스테이지 그라우팅은 싱글스테이지 그라우팅보다 費用이 많이 들지만 싱글 스테이지 그라우팅을 陵駕하는 두가지 重要한 長點이 있다.

其一로서는 孔의 深度가 깊어 질수록 作用하는 그라우트 壓力이 增加한다.

其二로서는 表面의 구멍에 낭비된 그라우트가 除去된다.

④ 重複 그라우팅

같은 濃度の 그라우트는 境遇에 따라 구멍을 閉鎖하기 爲하여 첫段階로 使用한다. 即 岩石에 그라우트가 部分的으로 不均一하게 注入될 때는 孔을 洗滌하든가 다시 試錐하여야 하며 그 後 물은 濃度の 그라우트로 再 그라우팅 하여야 한다. 이것을 重複 그라우팅이라 한다.

3. 그라우팅 方法의 細部 內容

基礎를 그라우팅할 때 專門 技術者는 特定한 그라우트 孔에 對하여 適當한 그라우트 壓力과 처음 그라우트 配合의 Water-cement Ratio를 決定해야 하며 最大 可能壓力은 基礎의 條件에 따라 支配됨으로 技術者는 注入 效率(An Efficient Rate of Injection)을 決定할 必要가 있다. (時間當 注入되는 시멘트 袋)

이것은 그라우트 配合를 變化 시키어 最大 可能壓力을 超過하지 않도록 壓力을 調節함으로써 可能하다.

配合濃度(Consistency)는 注入對象 岩石의 地質學的 條件과 注入率에 따라 달라진다.

그라우트를 配合하는데 있어서 Water-Cement Ratio의 適用範圍는 묽은 濃度의 그라우트에서 부터 짙은 濃度의 그라우트까지의 限界를 20:1에서 0.5:1까지 適用한다.

配合하는데 있어 活用하는 一般的인 法則으로서는 初期 注入時間 동안 10:1에서 5:1까지 Water-Cement Ratio의 範圍를 定한다.

처음 묽은 配合 그라우트를 使用한 때 專門技術者는 孔의 性質을 認知할 수 있고 大端히 짙은 濃度의 그라우트를 使用하게 되면 너무 빨리 孔에 充填되는 것을 알 수 있다.

一般的으로 既定된 그라우트 順序에 있어 그라우트 注入의 最適率은 表面에 나타난 原因을 알 必要 없이 基礎岩石 內로 注入된 시멘트의 最大量을 許容하는 것이다.

技術者는 이 目的이 達成되도록 配合比와 壓力을 調節하여야 한다.

묽은 濃度의 그라우트를 最大 許容壓力을 加하지 않고서 쉽게 펌핑할 수 있을 때 注入되는 시멘트量은 Water-Cement Ratio의 減少에 依해서 또는 高壓을 지탱함에 따라서 增加될 수 있다.

그라우트가 너무 짙은 濃度일 때는 部分的으로 岩石 破碎帶를 充填할 뿐이다. 反對로 묽은 濃度의 그라우트를 注入할 때는 위축될 것이며 萬一壓力을 加하지 않으면 配合物로부터 과잉물 이 周圍岩石 속으로 들어가게 되므로 最適 그라우트의 配合에 使用하는 물의 量은 岩石 全般에 있는 구멍이나 破碎帶까지 시멘트를 運搬하는데 必要한 最少量을 意味한다.

可能壓力을 決定하기 爲하여 技術者는

- ① 岩石構造와
- ② 그라우팅할 對象帶의 深度
- ③ 基礎形態에 作用시킬 수 있는 壓力의 許容程度

그외 이에 따른 事項들을 알아야 한다.

一般的으로 水平地層面을 갖는 堆積岩은 急傾斜의 地層面을 갖는 堆積岩이나 不良한 破碎帶가 있는 火成岩 또는 變成岩에 그라우팅하기 爲하여 使用하는 高壓 그라우팅 方法을 適用시킬

수 없다.

基礎에 그라우팅하기 前에 基礎部에 堅固한 構造物을 築造할 必要가 있다면 그라우팅作業을 進行하는 동안 構造物 가까운 表面狀態를 調査하여야 한다. 한 孔의 그라우팅 作業이 끝나기 前에 일어나는 條件들은 普通 工事 示方書에 明示되어 있다.

示方書의 一例를 들면 . . . 前略 孔番 1~5 까지에 作用하는 壓力을 50PSI 以下로 加하였을 때에 20分 동안에 1 feet³ 程度의 그라우트가 注入될 때까지 繼續 그라우팅하여야 한다.

萬一 50PSI~100PSI의 壓力을 加하였을 때는 10分 동안, 200PSI를 超過하여 壓力을 加하였을 때는 5分 동안 各各 1 feet³ 程度의 配合物이 그라우팅될 때까지 繼續 그라우팅하여야 한다.

또 어떤 示方書에는 그라우트가 孔이나 甬道 사이에 각 層까지 最大 壓力下에서 孔內로 그라우트가 注入되는 것을 要求한다.

確實히 이러한 條件은 Circulating Grout System으로 孔에 그라우트를 供給하기 爲하여 使用할 때만 適用된다.

Ⅲ. 計 劃

1. 地質 및 地盤調査

地質調査 및 地盤調査를 實施하지 않음으로서 오는 作業上의 諸般 困難한 狀態와 工費의 增加 및 事故를 未然에 防止하기 爲하여 土木建築 工事に 있어 地質 및 地盤調査를 先行하여야 한다.

(1) 地質調査

地質調査를 施行하는 目的은 土木構造物 및 建築物이 位置할 地域과 其 周圍 一帶의 地質分布 狀況을 調査하고 그 地質 特別히 岩石의 生成時期 特性和 地質學的인 諸事項을 調査하여 構造物 및 建築物의 築造建設 可能性을 檢討하고 不良하다면 改善方法을 研究하기 爲한 것이다.

(2) 地盤調査

地質調査 結果 把握된 地質學的인 諸問題點을 土臺로 構造物이 位置할 地域의 地盤에 對하여 節理의 多少, 方向 龜裂의 發達程度 堆積岩일 境遇 層理의 破碎與否 岩石이 갖는 支持力 또는 試料採取에 依한 岩石의 空隙率 및 粒子 構造等

을 調査 檢討 研究한다.

2. 透水試驗

前記의 地質調査 및 地盤調査 結果 地質改善을 하여야 한다는 技術判斷이 내려지면 이 地盤에 對한 透水試驗을 實施하여야 한다. 透水試驗 結果 얻어진 透수도는 注入效果를 判定하여 注入材를 選擇하는데도 重要하다.

透수도는 透水係數 $k(\text{cm/s})$ 로 表示되는데 이 k 값은 定數가 아닌 空隙值 e 및 물의 溫度에 따라 달라진다.

“Kollbrunner”에 依한 數値의 分類는 다음과 같다.

$\times 10^{-4} \text{cm/s}$ ……軟地盤

$\times 10^{-7} \text{cm/s}$ ……粘土와 실트가 混合된 軟地盤
以上 二分시켰는데 이는 實用上으로는 問題로 하지 않는다.

3. 注入試驗

現場에서 實施하는 注入試驗은 몇個所의 試驗孔을 定하여 注入의 可能性과 그라우트의 適切한 配合比 注入壓力 注入速度 및 注入量의 算出에 必要한 것이다.

4. 計劃樹立

그라우팅 計劃을 樹立하는데 있어서는 다음과 같은 順序로 計劃을 作成한다.

(1) 그라우팅 施工의 必要性(假想)

○○池 堤塘 基礎岩石은 白亞紀에 屬하는 慶尙系 新羅統의 玢岩과 이를 貫入한 佛國寺統의 花崗岩과 玢岩이 分布되어 있으며 堤塘 中心線上에 堤塘을 橫斷하는 幅 15cm에서 35cm를 갖는 石英脈이 6枚 貫入하여 있다.

新羅統의 玢岩은 甚한 風化作用에 依하여 新鮮한 部는 거의 없으며 花崗岩의 貫入 接觸面은 幅 約 70cm의 破碎帶가 있어 龜裂이 아주 잘 發達되어 있다. 이 部分은 漏水의 憂慮性이 많으며 支持力에 있어서도 不良하므로 地質 改善策이 講究되어야 하겠다.

脈狀으로 貫入한 石英脈은 全部分에 柱狀節理가 發達되어 있어 石英脈과 接하는 花崗岩 및 玢

岩部를 改善할 必要가 있다.

花崗岩帶는 $N60^\circ E 75W$ 와 $N45W 30E$ 의 走向 傾斜를 갖는 大 節理가 相互 交叉하고 있어 이 節理를 통한 漏水를 防止하기 爲하여 그라우팅에 依한 改善策이 要求된다.

(2) 示方書(例)

本例는 그라우팅 施工에 앞서 施工業者가 留意하여야 할 事項을 要略한 것이다.

① 本 工事 施工者는 工事 着手前 試錐機 및 注入機와 其 附帶器具 一切를 搬入하여 監督員의 檢査를 받아야 하며 檢査結果 機資材가 充分하다고 認定될時 工事を 着手할 수 있다.

가. 試錐機…能力 150型 以上 4台

注入機…能力 300PSI 以上 2台

其他 附帶 機具 一切

나. Rod…規格 Ax, 長 120m分

Casing pipe…規格 3", 長 100m

② 注入孔 位置는 設計圖에 依하며 鑽孔順位 및 注入順位 決定에 있어서는 監督員의 指示에 依한다.

③ 鑽孔時 地質의 變化狀態가 確認되면 監督員에게 正確히 報告하고 次後 指示에 따라야 한다.

④ 壓力計는 注入作業에 支障이 없도록 하여야 하며 故障이 有할時 餘分壓力計를 代置하여야 하고 代置時까지는 注入作業을 中斷하여야 한다.

⑤ 注入材는 使用前에 數量 및 品質에 對하여 監督員의 檢査를 받아야 하며 配合比 注入壓力 注入時間 其他 技術的인 諸事項에 對하여서는 監督員의 指示에 依한다.

가. Water-Cement Ratio는 最少 20 : 1에서 最大 1:1까지로 한다.

나. 基礎 브란켓트 그라우트孔의 注入 最大壓力은 150PSI까지로 한다.

다. 注入時間은 一定 配合比의 그라우트를 注入할 때 最小 20分間 繼續 注入하여야 한다.

라. 注入時 注入材의 逆噴을 防止하기 爲하여 모든 수단을 傾注한다.

마. 特殊한 境遇를 除外하고는 前記 가, 나,

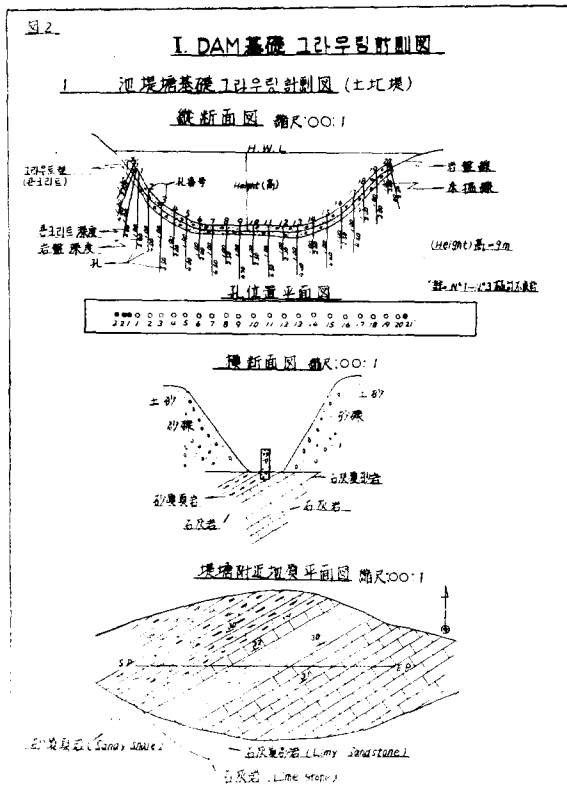
다, 라項을 준수하여야 하며 變更시 必要가 있을 때는 監督員의 指示에 依한다.

⑥ ⑤ 事項이 不良하게 施工되어 再鑽孔 및 再注入이 要할 때는 監督員의 指示에 따른다.

⑦ 注入作業은 必히 監督員의 立會下에 施工하여야 하며 監督員 不在時 施工한 內容에 對해서는 一切 認定하지 않으며 注入作業中 機械故障으로 因하여 注入效果를 達成치 못하였다고 認定될 時 이에 對한 모든 責任은 施工者가 져야 한다.

(3) 鑽孔計劃

댐의 基礎에 그라우트 注入孔을 計劃할 때 基礎調査 結果 確認된 不良한 破碎帶와 比較的 良好한 岩石일지라도 構造上으로 보아서 斷層 節理 層理等을 考慮하여 前記 公式 $d=1/3h+c$ 에 부합 되도록 深度를 決定하여야 하며 孔列은 構造物의 規模와 築造材料에 따라 地盤의 不良한 部分에는 2列以上 節理 및 層理의 틈을 充填하기 爲하여서는 1列以上 計劃하여야 한다.



(4) 注入計劃

基礎地盤調査 및 注入試驗을 通하여 얻어진 資料에 依하여 注入對象層을 設定하고 注入對象層의 條件에 따라 注入材를 選擇 하여야 하며 注入量을 推算한다. 또한 注入材의 配合比 및 注入壓力를 深度에 따라 決定하여야 한다. 上記와 같은 諸般順序가 進行되기 前에 그라우팅 方法이 決定되어야 한다.

IV. 裝 備

그라우팅에 必要한 裝備로서는 1. 그라우트 펌프 2. 그라우트 덕사 3. 水量測定器 4. 攪拌機筒 5. 壓力計 6. 注入管과 備品 7. 파-가 8. 其他 道具等이며 各 備品에 對한 用途와 使用方法 및 構造에 對하여서는 § 4에서 詳細하게 記述 하겠다.

V. 그라우트 材料

1. 性 質

그라우팅 方法으로 基礎岩石을 固結시키기 爲하여 使用하는데 適當한 物質은 硬경하는데 充分한 液體라야 하며 壓力을 加할 때 아주 작은 구멍과 龜裂을 通過할 수 있는 細粒質이라야 한다.

또한 그라우트 物質은 그라우팅 後 適切한 支持力을 갖는 物體를 形成해야 한다.

固結된 다음 量的으로 最下 減少가 되어야 한다.

시멘트와 물의 混合物이 壓力을 받게 될 때 正常的으로 上記와 같은 條件을 充足시킨다. 橋梁 工事의 감함과 小規模의 堤防 貯水池 번두리를 그라우팅 하기 爲하여 물의 큰 흐름은 閉鎖하기 爲하여 여러가지 種類의 그라우트 物質이 選別 되어 使用되든가 또는 시멘트와 섞어 使用한다.

그라우트 物質은 粘土(Clay) 벤토나이트(Bentonite) 外 化學物質, 아스팔트, 톱밥, 광제, 건축, 질, 연맥, 硃土 등이 있으며 이러한 物質 들은 一般的으로 시멘트 그라우트를 補完한다.

2. 시멘트 配合物

가장 많이 使用하는 그라우트 形態는 시멘트와 물을 正常的인 標準 比率로 配合하든가 또는 標準 比率에 구애됨이 없이 配合한다.

簡便하게 하기 爲하여 시멘트와 모래의 配合比를 一般的으로 量的 比率로 均衡을 취한다. (여기에서 表示하는 water Cement ratio는 量的 比率이다.)

Water-Cement의 比率는 基礎岩石의 진밀도에 依存한다.

萬一 岩石에 그라우트 注入液이 쉽게 들어 갈 수 있는 큰 구멍이 있는 때는 Water-Cement ratio는 1 : 1로 하며 岩石에 있는 龜裂이나 틈이 密閉 되어 있는 경우는 W-C. ratio는 20 : 1로 한다.

그라우트의 配合는 一般的으로 1 : 1~10 : 1의 比率를 取한다.

물은 濃度의 그라우트를 使用하게 될 때 오래 동안 견지고 얽은 막을 形成하게 되는 파잉물을 없애기 爲하여 充分한 壓力下에서 處理하여야 한다.

純粹한 시멘트 그라우트는 쉽게 펌핑할 수 있고 깨끗한 岩石表面에 注入物이 粘着되며 適當하게 取해졌을 때 相對的으로 높은 粘着力을 갖는다.

上記 方法은 基礎岩石을 固結시키는 것과 Dam 下部에 止水벽을 形成하는것 그리고 큰 메스 콘 크리트 構造物에 있는 縮少節理를 그라우트 하는데 使用된다.

3. 粘土질 그라우트

基礎 自體에 支持力을 增加 시킬 必要가 없는 基礎部分에 閉鎖注入이 要求 될때 粘土 또는 Clay-Cement配合物로 된 그라우트를 使用한다.

例를 들면 孔間을 그라우팅 할 때와 多孔質인 岩石 또는 Allurium層內에 브란켓트나 Sealing mats를 形成하기 爲하여 使用한다.

粘土는 물과 混合할 때 펌핑하기에 適當한 混合物을 形成하므로 그라우트로 利用되고 또한 粘土는 最下粘着性을 갖고 있으므로 有機體 또는 인접물체로 부터 自由롭다.

混合하기 前에 그라우트 線에 손실을 주고 펌핑할 때 마게에 손실을 주는 粘土덩이, 돌, 또는 다른 物質을 除去하기 위하여 ¼inch mesh를 갖는 강철 철사체로 쳐야한다.

粘土-시멘트(Clay-Cement) 그라우트에 있어서 最下縮少를 갖기 爲하여 取하는 量的 比率는

시멘트 : 粘土 = 1 : 3 일 때다.

펌핑하는데 適當하도록 粘土-시멘트 配合物에 充分한 물을 加하여야 하며 粘土 그라우팅 方法은 시멘트 그라우팅 方法과 同一하다.

벤트나이트 그라우트(Bentonite Grout).

벤트나이트는 부드럽고 吸收性이 比較的 強하며 特殊한 條件下에서는 그라우트로 使用할 수 있는 固有性을 갖고 있는 코로이드 狀態의 粘土이다.

벤트나이트는 그 自體가 갖고 있는 물의 무게보다도 3倍 以上の 물을 吸收할 수 있다.

이와 같이 물을 많이 吸收하게 되므로 量的으로 건조된 狀態보다도 7倍以上 增加된다.

벤트나이트는 물과 混合하면 쉽게 펌핑되며 또한 粒子가 細粒質이므로 시멘트 그라우트를 使用하여 効果的으로 그라우팅할 수 없는 多量의 流水를 그라우팅 하기 위하여 모래 시멘트와 混合하여 使用한다.

4. 아스팔트 그라우트

아스팔트 그라우트는 여과된 물로 因하여 시멘트나 시멘트 配合物로 그라우팅 할 수 없는 空洞이나 節理를 그라우팅하는데 使用된다.

아스팔트 그라우팅 方法은 많이 보급되어 있는데 이 方法은 他方法에 依하여 閉鎖할 수 없는 岩石을 그라우팅하기 爲하여서만 使用한다.

이 아스팔트의 施工方法은 다음에 詳細히 說明하겠다.

5. 化學的 그라우트

化學的 그라우트는 두가지 以上の 용액을 混合하여 基礎 그라우팅에 使用하는 注入方法이며 이 化學物質은 鑛物염인데 이는 펌핑하기 前에 섞든지 구멍내에서 섞어서 使用한다.

溶液은 固體덩어리로서 結晶化 되어 다른 複合體를 形成하기 爲하여 化學的으로 結合된다.

化學物質은 시멘트나 粘土 그라우트와 함께 使用한다.

여러가지 化學物質이 이 目的에 使用되는데 가장 一般的인 것은 다음과 같다.

- a. ① 염화칼슘(Calcium Chloride)와 結合하는 규산염 소다(Sodium Silicate).
- ② 重碳酸 소다(Sodium Bicarbonate).
- ③ 알루미늄염(Aluminum Sulphanate).

- b. 염화第2鐵과 結合되어 있는 木質素크롬
- c. 프라스티진(Plasticregins).
- d. 촉매를 加한 아스팔트 유한액.
- e. 粘土, 규산소—다 염산.
- f. 시멘트, 粘土, 규산소—다, 알미늄소—다.
- g. 高爐 시멘트와 粘土에 촉매제를 加한것.

化學的 그라우팅 方法이 유럽 몇個國에서 아주 오래동안 利用되는 동안 美國에서는 널리 보급되지 않았다.

이는 化學的 注入過程의 完全한 理解不足과 施工面에 있어서 高價가 所要 되므로 美國에서는 이 方法의 採用을 防害한 것이다. (國內에서도 勿論 이에 對한 施工 經驗이 없음)

이 化學的 그라우트의 注入技術은 比較的 複雜하며 特殊한 그라우트와 特殊技術은 野外探究後 testing을 거쳐 處理된 後라야 適切하게 選擇될 수 있다.

化學的 그라우팅의 여러가지 過程은 特許로 되어 있고 이 權利에 對한 위반의 可能性을 除去하기 爲하여 化學的 그라우팅 過程이 決定되기 前에 其過程에 對한 調查를 하여야 한다.

6. 特殊混合體

시멘트와 잘 丹磨된 모래 및 물의 그라우트 配合物은 시멘트를 經濟的으로 使用하게 되나 모래와 같은 높은 練磨性粉 物質은 一般的으로 基礎 그라우팅을 하는때는 適切하지 않다.

그 理由로서는

- ① 모래 粒子는 작은 空間속으로 침투 하기에는 너무 粒子가 크고
- ② 모래를 混合한 그라우트는 孔內에서 빨리 막히게 된다.
- ③ 모래는 混合物로 부터 分離되어 침전하고 찌꺼기를 注入線에 殘留시킨다.
- ④ 모래는 펌핑하는데나 헤드 발브에도 過度하게 損失을 준다.

如何튼 샌드—시멘트 그라우트는 턴넬아—치 그라우팅하는데 効果的으로 使用되며 또한 基礎에 있는 큰 空間을 充填하기 爲하여도 効果的으로 使用된다.

添加物(Admixture)은 시멘트 그라우트를 調整하기 爲한 그리고 混合하는데 物理的 性質인

限界度를 調整하기 爲한 添加物이다.

그라우트에 添加物을 使用하므로써 混合하는데 다음의 特性이 調整한다.

- ① 施工難易(Workability).
- ② 위축
- ③ 높은 初期 強度
- ④ 굳는 時間

添加物로서 使用되는 物質은 各各 다음 目的을 爲한 것이다.

添加物	目的
輕石 } 硅藻土 }	그라우트 混合物의 Workability를 發展시키기 爲하여
염화칼슘 大端히 높은 알루미나 시멘트 소석고 }	
粘土 } 岩石가루 }	큰구멍을 充填할 때 混合物의 經濟的인 使用目的을 爲하여

높은 알루미나 시멘트, 소석고, 염화칼슘을 使用할 때는 거의 모든 그라우팅 施工에 罌플을 裝置하여 使用한다.

大端히 높은 알루미나 시멘트는 그라우트 罌플 때문에 빨리 응고 시키는 모—타를 使用한다.

35%의 大端히 높은 알루미나 시멘트와 65%의 一般시멘트의 混合物은 充分한 물탈을 만든다.

即 Plaster-Cement와 물의 配合率이 1 : 1이면 곧 응고 하므로 plaster 容積을 줄이므로써 응고 時間이 延長된다.

염화칼슘은 순수한 시멘트 그라우트가 그라우트 罌플과 뚫어진 구멍을 막을 수 있도록 配合하는데 添加 한다.

염화칼슘 配合에 있어 건조狀態의 重量比로 5% 以上 添加하지 않는다.

염화칼슘은 亦是 孔으로 부터 먼 거리에 있는 작은 구멍을 막기 爲하여 촉진劑로써 첨가한다. 촉진劑를 使用하면 곧 응고 하게 되므로 經驗이 많은 技術者의 감독 하에서 使用할 수 있다.

VI. 施工順序

그라우팅의 根本的인 順序는 그라우팅 方法으

로써 處理할 수 있는 모든 基礎에 適用된다.

이 施工順序가 適用되는 方法은 基礎處理 計劃樹立에 있어 技術者의 判斷에 依存한다.

判斷이 이루어 질때 施工한 基礎의 効果의인 處理 結果等을 참고하여 計劃을 樹立하여야 한다.

언제나 그라우팅 計劃을 樹立하는 데 있어서 技術者는

- ① 펌핑 壓力
- ② 그라우트 配合濃度
- ③ 試錐孔 位置 選定
- ④ 그라우트孔의 간격
- ⑤ 그라우트孔의 深度
- ⑥ 그라우트의 注入率

⑦ 그라우팅할 地層의 연약部의 假想 位置 選定等을 決定하여야 한다.

上記와 같은 事項이 決定 되므로써 技術者는 準備研究된 Data로 부터 얻어 진 資料와 Water-test 및 孔 錐열의 Grout-take等에 依하여 助力을 받아야 한다.

콘크리트 댐이나 土堰堤의 基礎 그라우팅 順序는 비슷하나 孔列의 位置選定에 있어서는 서로 다르다.

即 土堰堤의 基礎에 브란켓트 그라우팅을 計劃할 때는 止水벽사이 또는 단일 止水벽 어느한 쪽 方向에 試錐孔列을 計劃한다.

即 물이 침투하지 않는 帶의 下部에 있는 基礎 全般은 그라우팅 計劃에서 除外한다.

土堰堤의 커틴 그라우팅은 止水벽이 차지하는 下部의 軸을 따라 또는 軸에 接近하여 均一한 深度를 갖는 孔列을 一列 以上 計劃한다.

콘크리트 댐을 築造하기 爲하여 施工하는 그라우팅은 크게 두가지로 區分된다.

- 即 ① 브란켓트 그라우팅
- ② 커-틴 그라우팅

브란켓트 그라우팅 計劃은 一般的으로 基礎地域의 上流側部에 있는 댐축에 平行하게 3列 以上 孔列을 計劃하고 中心에서 10~20feet 사이에 孔을 計劃한다. 孔列은 孔사이의 최소 間격을 同一하게 하여 취한다.

커-틴 그라우팅은 正常的으로 軸에 平行한 一列 以上 中心에서 5~10feet에 一定한 間격을

두고 試錐孔을 計劃하며 軸으로 부터 짧은 거리의 下流側에 位置하여야 한다.

그라우트孔 사이의 最少間격은 固定되어 있는 것이 아니다.

即 이 간격은 基礎岩石에 要求되는 固結樣狀과 범위에 따라 달라진다.

어떤 基礎岩은 洗滌方法에 依하여 除去될 수 있는 風化된 物質로 充填된 파쇄대를 갖고 있는데 이는 그라우트孔을 통해서 콤푼렉스 에어나 물을 순환시켜 不必要한 物質을 効果의으로 充分히 除去할 수도 있다.

몇가지 실험 結果 심한 風化에 依하여 基礎로서 不可能한 岩石에도 充分히 그라우트를 注入시켜 이를 개선할 수 있도록 公심을 決定하는데 까지 發展되었다.

그러나 이 실험結果가 모든 그라우팅 方法이 適用되는 것은 아니다.

그라우트孔의 深度를 決定하기 爲하여 技術者는 孔의 試錐目的, 基礎岩石의 特性, 構造物의 形態와 높이 그리고 그라우트의 計劃上 孔位置等에 對한 資料를 갖어야 한다.

그라우트 供給線은 分岐管과 넛풀을 通하여 그라우트하에 連結되어 있다.

그라우트 넛풀은 一般的으로 1~ $\frac{1}{2}$ inch의 검은철 pipe인데 한쪽 끝은 철사로 連結되어 있고 다른 한쪽 끝은 콜크를 박도록 축 나와 있다.

또는 양쪽 끝이 다 철사로 꿰어 있고 카루링이 아래쪽 끝에 스크리우식으로 붙어 있다.

넛풀의 기리는 그라우트할 岩石의 形態와 作用될 壓力에 依하여 달라진다.

大端히 不良한 岩石에는 넛풀을 岩石파쇄대를 通하여 나오는 과잉漏水を 막기 爲하여 孔內는 5 feet까지 연장시킨다.

신선한 表面 岩石은 그라우팅할 때는 넛풀을 짧게 한다.

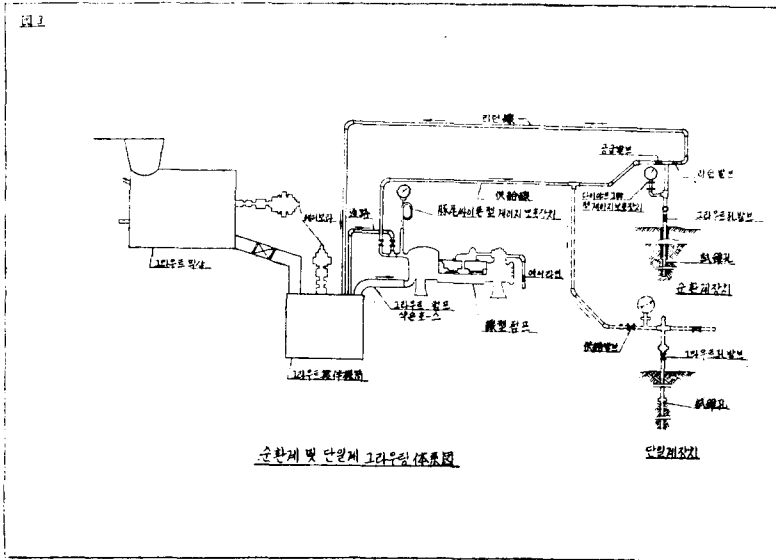
그라우트 넛풀은 一般的으로 높은 初期 強度를 갖는 시멘트의 두터운 그라우트 孔벽에 固定시킨다.

넛풀은 또한 lead-wool로서 콜크를 박도록 고정되어 있다.

그림 3은 펌프로 부터 孔까지 公급되는 그라우트에 關한 두가지 기본 體系를 나타낸 것이다

單一 그라우팅 體系에서는 펌프로부터 孔까지 인길로 계속 연결되어 있다. 連結 裝置는 1 孔으로 부터 다른 孔까지 移動될 때 公給線에서 그라우팅을 하기 爲한 公給발브를 갖고 있으며 公給線의 地장을 除去하고 洗滌하기 爲한 blow-off 발브를 갖고 있다.

裝置된 pipe에 붙은 닛플은 그라우트孔 발브인데 이 발브는 裝置가 全體結合體에서 떨어져 있을 때 孔內에 있는 그라우트를 保有하도록 하며 供給線이 洗滌되었을 때 孔內로 들어가는 물을 막는다.



VII. 그라우트 漏出處理

그라우트 漏出孔이 생기는 基礎地盤 및 岩石類는 이를 處理하는데 있어 相當히 다른 業務로 바뀐다. 이 處理方法에 있어서도 여러가지가 있다.

萬一 그라우트 漏出孔을 좁히려면 뱃밥(船材의 틈에 끼어서 물이 들어오지 못하게 하는 낚은 뱃줄 나부랑이) 꼴킹 솜 시멘트 포대로부터 얻을 수 있는 황마포 조각이나 뱃조각 나무썰기 빨리 裝置할 수 있는 루미나이트 푸라스트(Luminite Plaster)와 시멘트 或은 上記 物件들을 綜合하여 使用하므로써 漏出孔을 막을 수 있다.

萬一 漏出孔이 좁혀지지 않든가 또 다른 原因으로 因하여 漏出孔을 막을 수 없다면 그라우트의 配合를 調整하여 漏出을 防止할 수 있으며

그라우트가 순환수 속으로 漏出되고 있다면 모래나 粘土 톱밥 製粉飼料等을 使用한다.

한 孔의 Water-Testing을 하는 途中 發見되는 큰 漏水孔은 可能하면 썰기를 막아야 한다. 萬一 그라우팅에 依하여 漏出孔이 막히지 않는다면 漏出하는 程度에 따라 Water-Cement Ratio를 5 : 1로 始作하여 3 : 1까지 配合하고 다시 1 : 1까지 進하게 配合한다.

漏水孔과 基礎岩石이 대치하고 있는 곳은 特記된 最大壓力下에서 그라우팅을 完全하게 施工하는 것은 不可能하다.

上記와 같은 條件에 施工하는 그라우트 注入要領은 壓力을 弱하게 하여 孔內로 進한 濃度の 그라우트가 조금씩 흘러나오도록 하여 漸次的으로 이를 閉鎖하는 것이다.

一般的으로 Water-Test를 하는 동안 모든 漏水孔을 閉鎖할 수 없다. 그러나 큰 漏水孔은 썰기를 막아 두어야 한다. 專門技術者는 可能하면 빨리 全 그라우트 漏水孔을 막아두어야 하며 萬一 그라우트 漏出

孔이 썰기로 막을 수 없다면 그라우트의 Water-Cement Ratio를 1 : 1까지 徐徐히 減少시키든가 狀態를 보아서 그 以下라도 나추어야 한다.

漏水現象이 確實히 일어나는 境遇 또는 基礎岩石의 대치가 입증될 境遇 特記된 最大壓力下에서 그라우팅을 完全하게 施工하는 것은 不可能하든가 實效性이 없다. 이러한 境遇에는 最大 펌핑 壓力을 減少시킬 必要가 있고 進한 濃度の 그라우트가 스며나오는 漏水地盤의 孔을 閉鎖해 둘 必要가 있다. 또한 Water-Cement Ratio를 減少시키는데 있어서도 너무 急히 減少시켜서는 안된다. 그러나 岩石內의 그라우트 保持率을 觀察한 後 이에 對한 決定을 試圖해야 한다. 어떤 孔은 너무 進한 濃度の 그라우트를 注入하여 도리어 失敗하는 境遇도 있다.

基礎岩石內에 注入된 그라우트가 多量保有되

어 있다는 證據가 있는限 아주 진한 濃度の 그라우트를 使用하면 안된다. 境遇에 따라서는 特記된 最大壓力보다 낮은 壓力下에서 그라우팅을 完全하게 施工할 必要가 있다. 勿論 이런 境遇에는 專門技術者의 確固한 判斷이 나린 後라야 한다.

漏水孔 處理가 多少 不滿스럽게 施工되었을 때 專門技術者는 이에 對한 原因을 究明해야 하며 그라우팅 하여도 孔이 줄어들지도 않거나 쇄기를 박을 수도 없는 漏水孔은 Water-Cement Ratio를 0.75 : 1 或은 그 以下로 하여 注入하므로써 막을 수 있다.

萬一 이와 같은 方法으로도 漏水孔이 閉鎖되지 않는다면 어느 程度의 壓力을 作用시켜야 하는가를 研究하여야 한다.

진한 濃度の 그라우트를 使用하여 處理된 孔은 앞으로 그라우팅을 더 繼續하여 아직 完全히 閉鎖되지 않은 漏水孔을 閉鎖하는 境遇가 있다.

一般的으로 基礎岩石의 節理에서 일어나는 그라우트 漏出을 防止하는 것은 다른 原因으로부터 일어나는 그라우트 漏出을 防止하는 것보다 어렵다. 그러나 이 節理를 통한 그라우트 漏出을 防止하는 方法은 쇄기를 박아서 成功시키는 境遇가 많다. 왜냐하면 節理의 發達 樣狀이 바르고 節理틈이 큰 部分으로 形成되어 있으므로 쇄기를 박기에 便利하다.

一般的으로 그라우트가 漏出되는 틈이나 孔에 注入할 때도 먼저 쇄기를 박고서 그라우트 注入 作業을 實施하여야 한다.

岩石이 硬성하든가 軟은 조각으로 떨어지는 岩質에 쇄기를 박는 效果적인 方法은 쇄기를 擘조이게 하지않고 岩石表面에서 붙어지지 않도록 하여 튼튼하게 쇄기를 돌려 박는 것이다. 必要할 때마다 같은 順序를 反復하며 다른 쇄기를 붙어진 쇄기뒤에 돌려박고 처음 박은 쇄기를 튼튼하게 돌리므로써 쇄기作用으로 因하여 岩石의 揚壓力을 減少시켜서 틈속으로 더 깊이 돌려 넣는다. 여러 現場에서 이 方法을 使用하여 만족한 效果를 얻었다.

이 나무쇄기는 축조질리에서 일어나는 그라우트 漏出을 處理하는데 適切한 用具이다. 쇄기는 乾燥한 것이라야 하고 잘 자란 소나무이거나 그라우트가 쇄기와 接할 때 그 部分이 完全히 부풀어나는 強한 吸收性 나무라야 한다.

쇄기의 크기는 대략 다음과 같다.

2 ~ 1/2 inch 以上 커서는 안되고 幅은 1 inch, 깊은 쪽 끝은 3/8 inch보다 커서는 안된다.

Ⅶ. 竣功圖書 作成

竣功圖書 作成要領으로서는 1. 全作業日誌를 整理하여 計劃과 比較하고 2. 施工圖面을 作成한다.

(註) § 2 ~ § 6는 다음號에 繼續 收錄하기로 함

§ 2. 파-카 그라우팅

§ 3. 맴 節理縮少 그라우팅

§ 4. 그라우팅 裝置

§ 5. 基礎 그라우팅의 實例

§ 6. 맴 節理縮少 그라우팅의 實例

(筆者·土聯 企劃課)

祝

發

展

安康土地改良組合

組合長 孫 秀 浩