

東松池 基礎地盤漏水處理例

金 周 範*

1. 概 要

이곳은 1921年 4月 於雲水理組合에서 보양湖를 築造하여 鐵原平野에 灌溉水를 給水하여 왔으나 6.25 事變으로 軍事分界線이 設定되면서 給水中斷으로 因하여 耕地가 放置되었으나 南方限界線에 隣接한곳에 貯水池를 築造하여 802町步의 廣大한 面積을 耕作하게 되었다.

1) 地區概要

位置：江原道 鐵原郡 東松面 江山里
 流域面積：1872 町步
 蒙利面積：802.3 町步
 貯水量：4,236,000m³
 堤 長：2,085m
 堤 高：12m
 餘水吐：195m(側溝式)
 頂 幅：3.5m
 滿水位：EL 262.20m

2) 築堤材料의 特性

調査設計當時 深度 0.4~2.0m 에서 採取한 粘

5) 그라우팅工事費

區 分	純工事費	洋灰代	工監費	計
1977年度	97,609,000	10,843,000	10,845,000	119,297,000
1978年度	463,441,000	42,262,000	50,570,000	556,273,000
計	561,050,000	53,105,000	61,415,000	675,570,000

土試料의 透水係數는 $k=1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-8}$ cm/sec 가 大部分이었으며 一部 No65 地點에서 $k=2.19 \times 10^{-6}$ cm/sec 였고 No75 에서 $k=1.70 \times 10^{-5}$ cm/sec 로서 地表層은 天然의인 不透水層(Blanket)을 形成하고 있어 No75 附近은 地表層을 다진후 築堤하는 特殊工法으로 施工하였다.

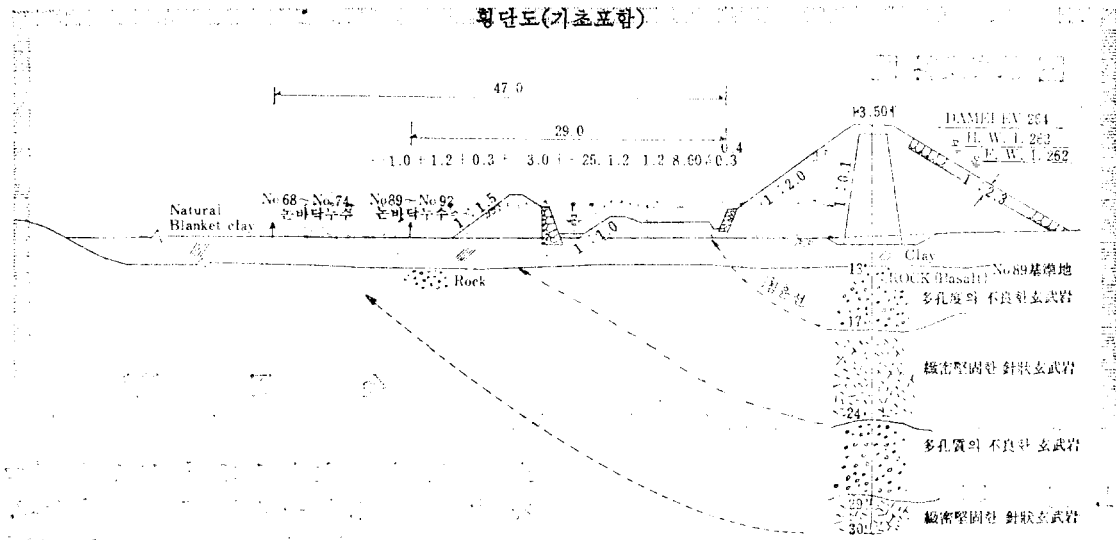
3) 漏水原因

貯水池築造에서 當初의 目的인 地表面의 不透水層을 물을 쉽게 導水한다는 생각으로 除去해 버린데서 問題가 發生하게 되었다. 이 不透水層을 除去함으로써 地質에서 說明한바와 같이 玄武岩層의 引張節理와 몇번에 걸친 溶岩噴流面 사이에서 貯水가 漏出되는 現狀을 나타냈으며 이 現狀이 크게 擴張되었었다.

4) 그라우팅工事 施工

1977年 7月 3)에서와 같은 原因으로 堤塘 거의 全區間에서 漏水되어 이것이 堤外側에서 一部는 湧出水로 一部는 畚面에서 보일링(Boiling) 現狀으로 나타났다. 이 漏出水量은 約 4,600m³/日 로서 流込水量 8,600m³/日의 約半에 이르렀다.

* 正會員, 南元建設엔지니어링(株), 副社長



주상도
No62+13

2. 地 質

1) 地表地質

東松貯水池 堤塘左岸部에 花崗岩의 風化帶가 나타나며 局部的으로는 新鮮한 岩塊가 點石의 形態를 보여준다. 此外 堤體 周邊部의 낮은 平地에는 玄武岩이 分布하고 있다.

이 玄武岩은 江原道 鐵原을 中心으로 거의 N 30E 方向으로 噴流된 것으로서 그 北端은 北緯 38°70' 인 平康 北側에 이르며 南端은 北緯 37°70' 인 坡州郡 汶山里附近에 까지 이르러 大略 漢灘江 및 臨津江 줄기를 따라 噴流된 것이다.

이는 그 產出狀態로 보아 裂縫噴出(Fissure eruption)이며 또한 現河床을 따라 噴出된 것으로 보아 그 噴出時期는 現世에 가까운 第四紀末頃일 것으로 思料된다. 玄武岩의 岩色은 大體로 暗灰色이며 玄武岩質 마그마가 溶融狀態에서 冷却 收縮되면서 收縮으로 인한 張力으로 생긴 柱狀節理(Columnar Joint)가 發達되어 있다. 이 節理는 貯水池附近 및 漢灘江 兩岸絶壁에서 쉽게 發見할 수 있고 特히 잘 發達되어 있는 곳은 鐵原의 名勝地인 直湯이다.

2) 地下地質

堤塘測點 No62+13 및 No79+15에 本貯水池 地下地質狀態를 把握코져 試錐하였는데 岩質狀

주상도	기시	상태	색	비고
0	점토		갈색	
10	현무암	불량	암회색	
20		양호	담회색	Lava flow
23	현무암	불량	지색	
27		양호	담회색	Lava flow
	현무암	극히 불량	지색	
40	현무암	양호	암회색	코아 채취율 99%

態, 氣孔, 節理, 岩色을 基準하여 區分하면 柱狀圖와 같이 3部分으로 區分된다.

各部分 上部에는 氣孔이 크고 많으며 下部로 갈수록 漸移的으로 없어지며 岩色도 上部는 暗灰色이고 下部는 灰色을 띠고 있다.

節理는 上部에서는 無數히 發達되어 있으나 下部로 向할수록 緻密堅固하다.

地下의 틈들은 粘土 및 其他 物質等으로 充填되어 있는데 이는 掘進中の 排水色이 마치 泥水工法을 쓰는듯이 노란색 또는 보라색으로 나타나고 있음으로부터 알수가 있었다.

이와같은 節理는 調査 및 施工에서 큰 틈이나 空洞으로 룯트가 自由落下 하기도 하였는데 이는 浸透水에 의해 틈에 充填되어 있던 粘土가 流

去되어 버린 것으로 推定되었다.

小規模의 節理는 普通 掘進感覺으로는 알 수 없을뿐 아니라 위에 列擧한 狀況은 試錐機의 룯드를 풀때 發見할 수 있었던 것으로 미처 發見할 수 없었던 節理도 많았을 것으로 推定되었다

3) 地表粘土

이곳地表는 玄武岩의 風化土로서 이 風化土는 良質의 粘土를 이루고 있으며 그 깊이는 오가보 됨으로 세밀히 調査한 바 가장 얇은곳이 1.5m 이고 其他 約 3m 깊이로 地表가 被覆되어 이層을 不透水膜(Blanket)으로 利用되는 設計였으며 그 透水係數는 $k=1.0 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 였다.

3. 漏水狀況

(1977. 11月 基準)

漏 水 區 間	漏 水 量	備 考
No 10~No 43 外堤法尾 및 논바닥 No 42+10	450m ³ /日	當初 調査 試錐孔에서 被壓
No 44~No 53 用水路 바닥		
No 51~No 53 外堤法尾	50m ³ /日	車輛通行에 不便이 큼
No 53~No 58 道 路		
No 59~No 63 用水路 바닥	500m ³ /日	噴火口 모양의 湧出
No 62+5 用水路	1,600m ³ /日	最多漏水地點
No 63~No 65 用水路 바닥	200m ³ /日	噴火口 모양의 湧出
No 65~No 76 外堤法尾		No 67~No 72의 用水路斜面 滑動
No 65~No 76 用水路 바닥		車輛通行이 絕對不可함.
No 65~No 67+15 道路	※ 1,400m ³ /日	No 68~No 73의 用水路 背面 滑動
No 68+10~N 73+10 논바닥		
No 75~No 75+10 논바닥	소 량	
No 76~No 83 外堤法尾 用水路	360m ³ /日	
No 83~No 94 用水路	소 량	
No 87+12 논바닥	소 량	
No 89~No 93 논바닥	소 량	No 88~No 93 用水路 背面 滑動
No 94+10 논바닥	소 량	
거의 全區間 漏水	約 4,600m ³ /日	※ 流入水量 8,600m ³ /日

※ No68~No73의 논바닥 漏水 및 No89~No93의 논바닥 漏水는 12月 10日경 濕地 도자가 改番을 한 후 發見된 狀況임.

4. 鑽 孔

1) 鑽 孔 量

구 간	공 수	찬 공			비 고
		점 토	암 반	계	
No 6~No 0	120	399.6m	288.5m	688.1m	78시공(2 열)
No 0~No 34	680	6,399.4	2,875.1	9,274.5	"
No 34~No 52	360	4,352.4	2,670.4	7,022.8	"
No 52~No 59	140	1,680.0	700.0	2,380.0	"
No 59~No 65	180	2,366.1	1,440.0	3,806.1	77시공(3 열)
No 65~No 76	220	2,747.4	1,441.7	4,189.1	78시공(2 열)
No 76~No 83	210	2,642.1	1,680.0	4,322.1	77시공(3 열)
No 83~No 95	240	3,452.6	1,351.4	4,804.0	78시공(2 열)
No 95~No 98+5	66	515.2	—	515.2	"
계	2,216	24,554.8	12,447.1	37,001.9	

整施工하였다.

2) 列 및 孔間隔

2列 施工인때는 列間隔은 1.0m 로 하고 孔間隔은 2.0m 하였다.

3列 施工인때는 列間隔은 0.5m 로 하고 孔間隔은 2列때와 같이 2.0m 로 하였다.

3) 鑽孔順序

鑽孔은 前列, 後列, 中心列의 順으로 施工하는 것을 原則으로 하였고 注入에서는 注入效果를 높이기 위하여 加壓注入孔으로부터 8m 以內的 鑽孔은 可及的 抑制하였으나 여건에 따라 調

4) 深 度

鑽孔深度는 設計上 5~8m 로 되었는데 이는 $d = \frac{2}{3}h$ 로 $h=12m$ 에서 $d=8m$ 를 基準한 것이나 水頭가 낮은 No6~No14 區間은 2m, 岩質이 多少 不良하고 水頭가 낮은데는 5m 로 하였고 水頭가 높고 岩質이 매우 不良한 區間에서는 8m 로 施工 하였다.

例外로 No75 및 No88~No91 區間에서는 20m 까지 한 例도 있다.

參考表

(SANYU 提供 榮山江資料)

區 分	코어回收率	透水係數(cm/sec)	그라우팅深度	備 考
A class	90% 이상	—	不必要	diamond Bit, Double core tube 사용한 core Recovery 임.
B "	90~40	$1 \times 10^{-5} < k < 1 \times 10^{-4}$ $1 \times 10^{-4} < k < 5 \times 10^{-4}$ $5 \times 10^{-4} < k$	$d = \frac{1}{3}h$	
C "	40~10		$d = \frac{1}{2}h$	
D "	10% 이하		$d = \frac{2}{3}h$	
		—	全深度 그라우팅	

A class : 新鮮岩이며 龜裂이 거의 없고 core 는 完全成型이 되고 碎屑物이 없음.

B class : 新鮮岩으로서 相當量의 龜裂이 있으며 core 는 完全成形이나 碎屑性岩片을 含有

C class : 많은 龜裂이 있고 新鮮하지 못하며 core 는 不完全하고 半以上の 碎屑性 岩片을 含有

D class : 大概의 core 碎屑性 岩片

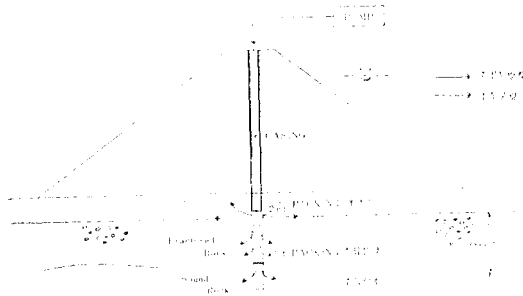
5. 注 入

1) 注 入 量

(1) 注入材量

區 間	孔 數	注 入 材					孔當平均 注入量	備 考	
		洋 灰	粘 土	모 래	규산소다	計			
No 6~No 0 (120m)	120	1,926	m ³	m ³	0.5	l	m ³	0.432	2 열
No 0~No 34 (680m)	680	27,340	103.9	110.9			51.86	0.432	2 열
No 34~No 52 (360m)	360	6,879	89.2	98.0			943.86	1.388	〃
No 52~No 59 (140m)	140	1,849		3.2			370.64	1.029	〃
No 59~No 65 (120m)	180	7,090	34.8	84.4	3,800		52.5	0.375	〃
No 65~No 76 (220m)	220	9,888	74.0	183.3	3,000		312.06	1.734	3 열
No 76~No 83 (140m)	210	6,070	27.7	57.1			523.98	2.381	2 열
No 83~No 95 (240m)	240	3,810	13.9	26.1			246.66	1.175	3 열
No 95~No 98+5 (65m)	66	1,070		0.9			141.6	0.590	2 열
計 2,085m	2,216	65,922	343.5	564.4	(=34D/M) 6,800		2,672.61	1.206	

캐시싱최하단부에 packer 설치시 주입재 침투방향 추정



(2) 多量注入區間

設計에는 No34~No52(360m), No59~No65(120m) 및 No76~No83(140m) 計 720m 區間の粘土와 基盤岩의 接觸部 2m 에 洋灰:粘土=3:7 로 注入토록 되어 있으나 其他區間の 接觸部 狀態가 豫想外로 極히 不良하여 이의 注入補強에 多量の 粘土注入材가 所要되었다(計劃 156m³ 인데 實際 344m³) 특히 不良했던 區間은 No65~No76 으로 設計量 165m³의 3倍인 524m³가 注入되었으며 No75+5 의 空洞에서는 粘土注入 15m³ 其他 38m³ 計 53m³가 外部漏出없이 注入되었다.

2) 注 入 材

注入材는 펌프로 쉽게 運搬될 수 있도록 充分히 流動的이고 작은틈에 들어 갈수 있도록 細粒質이어야 한다. 또한 強度가 있어야하고 固結時 收縮이 적어야 한다. 一般的으로 포틀랜드 시멘트가 이를 滿足시켜 준다.

藥液注入은 實際注入過程에 高度한 技術을 要하며 高價이고 效果에 對한 不確實性等으로 使用을 기피하는 傾向이다.

(1) 洋灰單一

比較的 經濟的이며 손쉽게 求할 수 있는 것으로 작은 틈이나 空隙의 注入材로 使用하며 粗粒質에 屬한다.

(2) 粘土+시멘트

洋灰單一注入은 空隙이 크면 좋으나 岩盤에서 0.2mm 以下の 작은 空隙에서는 粘土+시멘트를 쓰는 것이 좋다.

洋灰:粘土=25%:75%면 充分하며 값이 싸고 耐久性 強度가 좋아서 岩盤注入에 많이 쓰인다.

(3) 몰탈

사용모래는 #10 체를 通過한 2mm 以下の 粒子

配合比

(m³ 당)

단위	A 액		B 액		A : B	비 고
	양 회	물	규산소다	물		
응결시간	kg	kg	kg	kg		
5.1 분	93.7	2.34	468.6	281.1	200.2	281.1
						1 : 1

를 選別하여 使用하였다. 設計에는 洋灰 : 모래 = 7 : 3 ~ 8 : 2 의 配合比로 使用토록 되어 있으나 岩盤의 開口度는 感知가 不可能함으로 洋灰 單一이 많이 注入되면 물탈로 除除히 바꾸어 注入하였다.

(4) 珪酸소다

이는 위의 注入材들이 止水壁形成部位外의 不必要한 部分으로의 脫出을 防止하는 急結劑로 使用하는 境遇와 微細한 空隙에 粗粒質 注入이 不可能한 때 浸透力을 좋게 하기 위하여 使用하는데 이 地區에서는 急結의 目的으로 使用하였다.

3) 注入壓力

注入壓力의 限界는 單位重量에 따른 上載荷重 基礎岩盤의 地質工學的性質 그라우트의 粘性 注入持續時間, 注入量等에 依하여 左右된다.

一般적으로 岩盤에서 0.2~0.5kg/cm²/m 로 하는것이 地層의 變位가 없다고 報告되어 있으나 現場透水試驗이나 注入試驗에서 壓力에 대한 地層變位點을 確認하고 이보다 80% 적은 값으로 한다.

中心粘土에서는 注入壓을 P=0.24h 로 하나 底幅에 따라 달라질수도 있다.

6. 施工結果

1) 漏水量 變化

單位 : m³/day

區 間	77.11.17 (EL 258.98)	77.12.22 (EL 259.32)	78. 3.26 (EL 259.60)	78. 8. 5 (EL 261.50)	78. 9.30 (EL 261.80)	78.10.19 (EL 262)	78.10.31 (EL 262.20)	78.11. 9 (EL 262.20)	78.12. 1 (EL 262.20)	비 고
No 6~No 0	—	—	—	미상	—	미상	미상	미상	미상	()는
No 0~No 43의계법 미논바닥	450	450	890	480	280	167	120	80	80	內水位
No 44~No 58 道路 用水路바닥 外堤法尾	50	50	173	0	0	0	0	0	0	No 0~N 04 3의 漏 水量增加
No 59~No 63 用水 路바닥	500	0	0	0	0	0	0	0	0	
No 62+5 用水路	1,600	0	0	0	0	0	0	0	0	
No 63~No 76 用水 路바닥外堤法尾, 道路	200	200	200	0	0	0	0	0	0	
No 68+10~No 73 +10논바닥	1,400	1,400	1,450	미상	미상	120	120	120	120	
No 75~No 75+10 논바닥	미상	미상	85	미상	미상	173	173	173	0	
No 76~No 83 外堤 法尾	360	0	0	0	0	0	0	0	0	
No 83~No 94+10 用水路논바닥, 外堤法 尾	미상	미상	미상	미상	미상	198	198	198	120	
No 95~No 98+5	—	—	—	미상	미상	미상	미상	미상	0	
計	4,560	2,100	2,798			658	611	571	320	7%

上記表에서 나타난바와 같이 漏水量을 93%나 減少시켰다.

2) 許容漏水量

① 許容基準堤長 100m 當 $1l/sec$ 의 漏水量에서 $320m^3/日$ 은 $1.85 \times 10^{-3}l/sec$ 에 該當함.

② 1日漏水量이 總貯水量의 0.05% 以上인데 比해 0.007%로 充分히 許容됨.

③ 漏水狀態에서 60日 以上 漏水量의 變化를 調査하였으나 增加現象이 없었다.

3) 堤體의安全度

堤體에는 이상이 없으며 No89~No92 區間の 畚面에서의 湧水는 基盤岩깊은 곳을 통한 漏水로 보이며 堤體安全에는 影響이 없을 것임.