

氷壓에 의한 護岸블록破壞

金 周 範* · 沈 在 九*

1. 머리말

京畿道에 位置한 牙山, 南陽湖 內水面에 斜面浸蝕을 防止하기 爲하여 護岸블록을 施工하였으나 50年來의 寒波로 因하여 湖水面이 結氷하고 이 原因한 氷壓으로 相當한 部分이 破壞되었는데 이에 對한 原因을 究明하여 앞으로의 設計에 參考하고자 한다.

2. 施工現況

牙山防水堤는 1975. 11~1976. 12에 걸쳐 施工되었으며 南陽防水堤는 1974. 4~1976. 9까지에 施工된바 諸元은 다음과 같다.

표-1. 防水堤諸元

區 分	牙 山	南 陽
盛土高平均	3.0m	3.0m
옆비탈면	1:2.0	1:2.5
頂 幅	2~4m	4~6m
堤 頂 標 高	+5.0~+6.0m	+2.5~+3.8m
水 位	+2.5m	+0.5m

3. 施工材料

使用된 護岸工材料는 네가지 種類로서 체인블록, 핀블록, H블록 및 張石등으로 블록製品은 몰터 配合比 1:4 壓縮強度 80kg/cm², 許容引張強度 2kg/cm², 個當重量 40kg이고 두께는 6~12cm이며 8馬力 原動機로 다짐 하여서 만든것이다. 張石은 寫眞에서 보는바와 같이 約 30cm角의 것을 使用했다.

4. 施 工

基礎에는 40cm 두께로 조약돌을 敷設하였고 블록 뒷면에 15cm두께의 모래를 퍼서 施工하였으며 블록

뒷면에 外水(雨水)가 流入하는것을 防止하고자 上端에 10cm두께, 90cm나비로 머리콘크리트를 施工하였다.

5. 被害現況

표-2. 防水堤 被害 內容

區 分	材 料	施 工		被 害	
		연장m	면적m ²	연장m	면적m ²
牙 山	체인블록	5,291	16,547	1,000	2,765
	핀블록	2,862	5,870	1,245	2,370
南 陽	핀블록	4,458	19,053	421	1,574
計		12,611	41,470	2,666	6,709

6. 諸般與件

1) 氣 溫

氣溫은 표-5와 같으며 最低氣溫은 -19.4°C 이었고 日最低氣溫이 -10°C以下로 되는 連續日數가 거의 二個月이나 되었다.

2) 湖水의 結氷水位

牙山: +2.31m~+2.69m(防水堤등마루標高 +5.0~+6.0m)

陽南: -0.05m~+0.02m(" +2.5~3.8m)

3) 結氷두께

30~50cm

7. 試 驗

1) 自然結氷試料(長期間 結氷)

5×5×5(cm)의 試料를 使用하여 壓縮破壞強度試

* 農業振興公社 農工試驗所

驗을 하였든바 그結果는 다음과 같다.

2) 1日間 結水 試料

표-3. 自然水의 壓縮破壞強度

區分	試料番號	壓縮強度	備 考
水平方向 壓縮強度	1	kg/cm ² 11.52	壓縮試驗은 水面에 平行하게 加壓함 1977. 2. 6일 採取試料임
	2	5.04	
	3	11.52	
	4	9.05	
	平均	9.28	
垂直方向 壓縮強度	1	34.87	壓縮試驗은 水面에 直角으로 加壓함 1977. 2. 6日 採取試料임
	2	25.20	
	3	26.66	
	4	20.88	
	5	34.56	
	6	32.40	
	7	36.00	
	平均	30.08	

표-4. 急速結水의 壓縮破壞強度 및 膨脹率

區分	1977. 2. 16日 製作 17日 시험			17日 제작, 19日 시험		
	試料番號	壓縮強度	膨脹率	試料番號	壓縮強度	膨脹率
垂直方向 壓縮強度	1	kg/cm ² 11.52	% 9.2	1	kg/cm ² 20.88	% 7.6
	2	20.88	8.0	2	25.20	7.6
				3	20.16	10.4
水平方向 壓縮強度	1	20.88	12.4	1	25.20	5.8
	2	16.56	14.40	2	20.88	10.4
	3	25.90	—	3	16.56	8.8
				4	19.44	11.2
備考	溫度 -15.3°C			-18.3°C		

※ 팽창율측정은 5×5×5cm용기에 물을 덜러 팽창량을 측정함

표-5. 水原 觀測 所 氣溫 記錄 值

年	月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1976. 12	최 고		8.7	10.6	12.6	9.4	8.9	11.0	5.9	1.5	-1.6	5.6
	최 저		-0.3	-2.7	-3.0	-0.6	-2.8	-0.1	1.5	-8.3	-11.0	-2.3
	평균		3.4	2.4	3.3	3.2	2.1	4.8	4.1	-3.4	-5.9	0.5
1977. 1	최 고		-6.7	-8.3	-8.6	-5.0	-4.2	0.9	4.3	1.4	0.3	0.6
	최 저		-17.0	-16.1	-17.3	-18.4	-12.9	-15.8	-7.7	-10.5	-10.7	-12.2
	평균		-12.0	-12.6	-12.4	-12.2	-8.6	-7.8	-2.3	-4.5	-5.5	-5.4
1977. 2	최 고		-1.0	-2.8	-3.5	-2.9	-2.0	-2.6	-0.6	3.3	3.3	1.7
	최 저		-12.7	-14.6	-16.5	-16.1	-1.6	-15.2	-12.2	-10.9	-6.4	-8.4
	평균		-7.6	-8.2	-9.7	-9.1	-9.2	-9.0	-7.4	-3.5	-2.7	-3.1
순 별 평균		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	7.3	8.9	10.5	5.4	7.3	10.8	8.6	4.7	7.7	6.5	9.6	
	-3.0	-2.8	-3.8	-2.9	3.7	0.2	-2.0	-2.8	-3.7	-6.0	0.7	
	1.5	1.4	0.7	2.1	2.0	5.3	5.9	0.9	2.7	0.1	2.9	

	-2.6	1.5	-2.9	-7.0	-5.8	-1.4	-1.1	-1.0	-1.9	-0.5	0.4			
	-13.9	7.1	-15.4	-14.8	-1.8	-12.1	-14.3	-14.6	-12.1	-14.4	-14.1			
	-8.3	-3.5	-8.3	-10.6	-11.6	-7.2	-7.7	-8.0	-7.9	-8.5	-7.5			
	-0.7	2.9	9.6	2.6	-1.6	-7.3	-8.8	-4.3	0.2	5.8	7.8			
	-12.9	-10.3	-7.0	-4.6	-9.6	-12.9	-16.3	-18.3	-17.1	-11.4	-1.4			
	-7.0	-3.2	0.2	0.4	-5.7	-11.1	-12.4	-11.6	8.9	-2.0	2.6			
수별 별관	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	순별 평균	월별 평균	
	8.0	8.6	10.1	9.1	9.4	4.7	-9.1	-9.3	-7.4	-3.5	-4.0	-8.6	0.3	5.0
	-2.4	-1.4	2.8	-1.5	0.3	-9.1	-15.3	-17.7	-15.7	-16.1	-10.9	-16.5	-9.2	-5.0
	2.4	3.7	6.0	3.0	4.6	0.5	-13.3	-13.6	-11.6	-10.3	-7.7	-11.0	-4.5	-0.4
	-2.0	-1.8	-2.2	1.3	3.3	4.7	1.4	-5.3	-1.6	-7.8	-7.6	-5.6	-2.4	-2.3
	-13.7	-11.3	-11.9	-14.7	-11.2	-1.30	-6.9	-12.1	-15.3	-16.7	-14.3	-19.4	-12.3	-13.2
	-8.1	-6.6	-8.0	-7.7	-2.9	2.1	-2.5	-8.9	-11.0	-12.6	-11.5	-12.1	-7.4	-7.9
	0.7	-0.8	4.5	8.8	13.8	16.4	10.8	14.7	15.9	-	-	-	10.5	3.0
	-10.9	-10.1	-12.2	-7.6	-0.3	-0.5	-3.1	-4.2	-2.5	-	-	-	-5.1	-9.9
	-5.2	-4.8	-4.3	0.5	6.1	6.5	2.0	3.5	4.8	-	-	-	1.8	-3.8

3) 地盤

防水堤位置의 지반에 대하여 携帶型圓錐貫入試驗機로 시험한 結果 大體로 弱한곳은 2kg/cm² 程度이고 큰곳에서는 10kg/cm² 程度이나 이를 平均하면 5kg/cm² 程度라 하겠다.

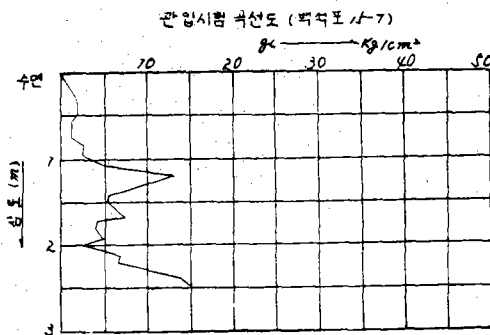


그림 1. 관입시험곡선도

관입시험 곡선도 (관음리 5-1)

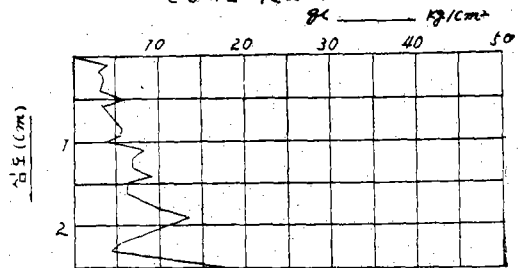


그림 2. 관입시험곡선도

8. 被害原因

1976. 12. 26日부터 1977. 2月 23日사이 에 氣溫이 -10°C以下 -18°C까지 低溫이 長時間 繼續되어 廣大한 湖水 全面에 걸쳐 結氷되었는데 그 두께는 30~50cm 程度였으며 試驗에서 보는바와같이 水平水壓 最大 10kg/cm²程度에 對하여 흙의 貫入抵抗值

驗을 하였든바 그結果는 다음과 같다.

2) 1日間 結水 試料

丑-3. 自然水의 壓縮破壞強度

區分	試料番號	壓縮強度	備 考
水平方向 壓縮強度	1	11.52 kg/cm ²	壓縮試驗은 水面에 平行 하게 加壓함 1977. 2. 6일 採取試料임
	2	5.04	
	3	11.52	
	4	9.05	
	平均	9.28	
垂直方向 壓縮強度	1	34.87	壓縮試驗은 水面에 直角 으로 加壓함 1977. 2. 6日 採取試料임
	2	25.20	
	3	26.66	
	4	20.88	
	5	34.56	
	6	32.40	
	7	36.00	
	平均	30.08	

丑-4. 急速結水의 壓縮破壞強度 및 膨脹率

區分	1977. 2. 16日 製作 17日 시험			17日 제작, 19日 시험		
	試料番號	壓縮強度	膨脹率	試料番號	壓縮強度	膨脹率
垂直方向 壓縮強度	1	11.52 kg/cm ²	9.2 %	1	20.88 kg/cm ²	7.6 %
	2	20.88	8.0	2	25.20	7.6
				3	20.16	10.4
水平方向 壓縮強度	1	20.88	12.4	1	25.20	5.8
	2	16.56	14.40	2	20.88	10.4
	3	25.90	—	3	16.56	8.8
				4	19.44	11.2
備考	溫度 -15.3°C			-18.3°C		

※ 팽창을 측정은 5×5×5cm 용기에 물을 얼려 팽창량을 측정함

丑-5. 水原 觀測 所 氣溫 記錄 值

年	月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1976. 12	최 고		8.7	10.6	12.6	9.4	8.9	11.0	5.9	1.5	-1.6	5.6
	최 저		-0.3	-2.7	-3.0	-0.6	-2.8	-0.1	1.5	-8.3	-11.0	-2.3
	평균		3.4	2.4	3.3	3.2	2.1	4.8	4.1	-3.4	-5.9	0.5
1977. 1	최 고		-6.7	-8.3	-8.6	-5.0	-4.2	0.9	4.3	1.4	0.3	0.6
	최 저		-17.0	-16.1	-17.3	-18.4	-12.9	-15.8	-7.7	-10.5	-10.7	-12.2
	평균		-12.0	-12.6	-12.4	-12.2	-8.6	-7.8	-2.3	-4.5	-5.5	-5.4
1977. 2	최 고		-1.0	-2.8	-3.5	-2.9	-2.0	-2.6	-0.6	3.3	3.3	1.7
	최 저		-12.7	-14.6	-16.5	-16.1	-1.6	-15.2	-12.2	-10.9	-6.4	-8.4
	평균		-7.6	-8.2	-9.7	-9.1	-9.2	-9.0	-7.4	-3.5	-2.7	-3.1
순 별 평균		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	7.3	8.9	10.5	5.4	7.3	10.8	8.6	4.7	7.7	6.5	9.6	
	-3.0	-2.8	-3.8	-2.9	3.7	0.2	-2.0	-2.8	-3.7	-6.0	0.7	
	1.5	1.4	0.7	2.1	2.0	5.3	5.9	0.9	2.7	0.1	2.9	

	-2.6	1.5	-2.9	-7.0	-5.8	-1.4	-1.1	-1.0	-1.9	-0.5	0.4			
	-13.9	7.1	-15.4	-14.8	-1.8	-12.1	-14.3	-14.6	-12.1	-14.4	-14.1			
	-8.3	-3.5	-8.3	-10.6	-11.6	-7.2	-7.7	-8.0	-7.9	-8.5	-7.5			
	-0.7	2.9	9.6	2.6	-1.6	-7.3	-8.8	-4.3	0.2	5.8	7.8			
	-12.9	-10.3	-7.0	-4.6	-9.6	-12.9	-16.3	-18.3	-17.1	-11.4	-1.4			
	-7.0	-3.2	0.2	0.4	-5.7	-11.1	-12.4	-11.6	8.9	-2.0	2.6			
수평 평균	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	수평 평균	수평 평균	
	8.0	8.6	10.1	9.1	9.4	4.7	-9.1	-9.3	-7.4	-3.5	-4.0	-8.6	0.3	5.0
	-2.4	-1.4	2.8	-1.5	0.3	-9.1	-15.3	-17.7	-15.7	-16.1	-10.9	-16.5	-9.2	-5.0
	2.4	3.7	6.0	3.0	4.6	0.5	-13.3	-13.6	-11.6	-10.3	-7.7	-11.0	-4.5	-0.4
	-2.0	-1.8	-2.2	1.3	3.3	4.7	1.4	-5.3	-1.6	-7.8	-7.6	-5.6	-2.4	-2.3
	-13.7	-11.3	-11.9	-14.7	-11.2	-1.30	-6.9	-12.1	-15.3	-16.7	-14.3	-19.4	-12.3	-13.2
	-8.1	-6.6	-8.0	-7.7	-2.9	2.1	-2.5	-8.9	-11.0	-12.6	-11.5	-12.1	-7.4	-7.9
	0.7	-0.8	4.5	8.8	13.8	16.4	10.8	14.7	15.9	-	-	-	10.5	3.0
	-10.9	-10.1	-12.2	-7.6	-0.3	-0.5	-3.1	-4.2	-2.5	-	-	-	-5.1	-9.9
	-5.2	-4.8	-4.3	0.5	6.1	6.5	2.0	3.5	4.8	-	-	-	1.8	-3.8

3) 地 盤

防水堤位置의 地반에 對하여 携帶型圓錐貫入試驗 機로 시험한 結果 大體로 弱한곳은 2kg/cm² 程度이고 큰곳에서는 10kg/cm² 程度이나 이를 平均하면 5kg/cm² 程度라 하겠다.

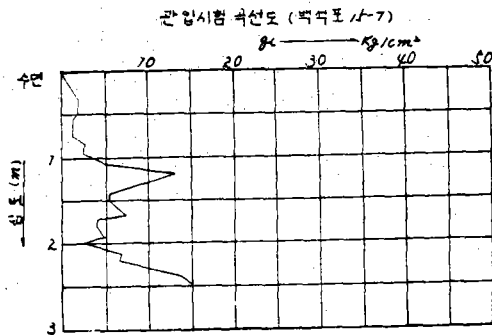


그림 1. 관입시험곡선도

관입시험 곡선도 (원음리 5-1)

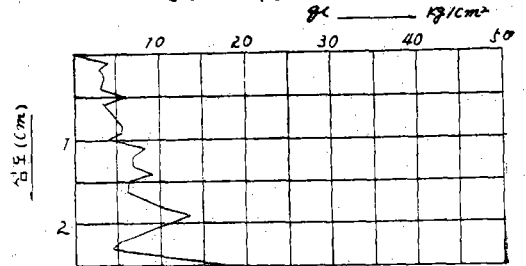


그림 2. 관입시험곡선도

8. 被害原因

1976. 12. 26日부터 1977. 2月 23日사이에 氣溫이 -10°C以下 -18°C까지 低溫이 長時間 繼續되어 廣大한 湖水 全面에 걸쳐 結氷되었는데 그 두께는 30~50cm 程度였으며 試驗에서 보는바와같이 水平水壓 最大 10kg/cm²程度에 對하여 흙의 貫入抵抗值

水壓에 의한 護岸블록破壞

驗을 하였으나 그結果는 다음과 같다.

2) 1日間 結水 試料

丑-3. 自然水의 壓縮破壞強度

區分	試料番號	壓縮強度	備 考
水 平 方 向 壓 縮 強 度	1	kg/cm ² 11.52	壓縮試驗은 水面에 平行하게 加壓함 1977. 2. 6일 採取試料임
	2	5.04	
	3	11.52	
	4	9.05	
	平 均	9.28	
垂 直 方 向 壓 縮 強 度	1	34.87	壓縮試驗은 水面에 直角으로 加壓함 1977. 2. 6日 採取試料임
	2	25.20	
	3	26.66	
	4	20.88	
	5	34.56	
	6	32.40	
	7	36.00	
	平 均	30.08	

丑-4. 急速結水의 壓縮破壞強度 및 膨脹率

區分	1977. 2. 16日 製作 17日 시험			17日 제작, 19日 시험		
	試料番號	壓縮強度	膨脹率	試料番號	壓縮強度	膨脹率
垂 直 方 向 壓 縮 強 度	1	kg/cm ² 11.52	% 9.2	1	kg/cm ² 20.88	% 7.6
	2	20.88	8.0	2	25.20	7.6
				3	20.16	10.4
水 平 方 向 壓 縮 強 度	1	20.88	12.4	1	25.20	5.8
	2	16.56	14.40	2	20.88	10.4
	3	25.90	—	3	16.56	8.8
				4	19.44	11.2
備 考	溫度 -15.3°C			-18.3°C		

※ 팽창을 측정은 5×5×5cm 용기에 물을 올려 팽창량을 측정함

丑-5. 水原 觀測所 氣溫 記錄 值

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1976. 12	최 고	8.7	10.6	12.6	9.4	8.9	11.0	5.9	1.5	-1.6	5.6
	최 저	-0.3	-2.7	-3.0	-0.6	-2.8	-0.1	1.5	-8.3	-11.0	-2.3
	평 균	3.4	2.4	3.3	3.2	2.1	4.8	4.1	-3.4	-5.9	0.5
1977. 1	최 고	-6.7	-8.3	-8.6	-5.0	-4.2	0.9	4.3	1.4	0.3	0.6
	최 저	-17.0	-16.1	-17.3	-18.4	-12.9	-15.8	-7.7	-10.5	-10.7	-12.2
	평 균	-12.0	-12.6	-12.4	-12.2	-8.6	-7.8	-2.3	-4.5	-5.5	-5.4
1977. 2	최 고	-1.0	-2.8	-3.5	-2.9	-2.0	-2.6	-0.6	3.3	3.3	1.7
	최 저	-12.7	-14.6	-16.5	-16.1	-1.6	-15.2	-12.2	-10.9	-6.4	-8.4
	평 균	-7.6	-8.2	-9.7	-9.1	-9.2	-9.0	-7.4	-3.5	-2.7	-3.1
순 별 평 균	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	7.3	8.9	10.5	5.4	7.3	10.8	8.6	4.7	7.7	6.5	9.6
	-3.0	-2.8	-3.8	-2.9	3.7	0.2	-2.0	-2.8	-3.7	-6.0	0.7
	1.5	1.4	0.7	2.1	2.0	5.3	5.9	0.9	2.7	0.1	2.9

	-2.6	1.5	-2.9	-7.0	-5.8	-1.4	-1.1	-1.0	-1.9	-0.5	0.4			
	-13.9	7.1	-15.4	-14.8	-1.8	-12.1	-14.3	-14.6	-12.1	-14.4	-14.1			
	-8.3	-3.5	-8.3	-10.6	-11.6	-7.2	-7.7	-8.0	-7.9	-8.5	-7.5			
	-0.7	2.9	9.6	2.6	-1.6	-7.3	-8.8	-4.3	0.2	5.8	7.8			
	-12.9	-10.3	-7.0	-4.6	-9.6	-12.9	-16.3	-18.3	-17.1	-11.4	-1.4			
	-7.0	-3.2	0.2	0.4	-5.7	-11.1	-12.4	-11.6	8.9	-2.0	2.6			
시상 구분	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	수 평 균 값	일 평 균 값	
	8.0	8.6	10.1	9.1	9.4	4.7	-9.1	-9.3	-7.4	-3.5	-4.0	-8.6	0.3	5.0
	-2.4	-1.4	2.8	-1.5	0.3	-9.1	-15.3	-17.7	-15.7	-16.1	-10.9	-16.5	-9.2	-5.0
	2.4	3.7	6.0	3.0	4.6	0.5	-13.3	-13.6	-11.6	-10.3	-7.7	-11.0	-4.5	-0.4
	-2.0	-1.8	-2.2	1.3	3.3	4.7	1.4	-5.3	-1.6	-7.8	-7.6	-5.6	-2.4	-2.3
	-13.7	-11.3	-11.9	-14.7	-11.2	-1.30	-6.9	-12.1	-15.3	-16.7	-14.3	-19.4	-12.3	-13.2
	-8.1	-6.6	-8.0	-7.7	-2.9	2.1	-2.5	-8.9	-11.0	-12.6	-11.5	-12.1	-7.4	-7.9
	0.7	-0.8	4.5	8.8	13.8	16.4	10.8	14.7	15.9	-	-	-	10.5	3.0
	-10.9	-10.1	-12.2	-7.6	-0.3	-0.5	-3.1	-4.2	-2.5	-	-	-	-5.1	-9.9
	-5.2	-4.8	-4.3	0.5	6.1	6.5	2.0	3.5	4.8	-	-	-	1.8	-3.8

3) 地盤

防水堤位置의 지반에 대하여 携帶型圓錐貫入試驗機로 시험한 結果 大體로 弱한곳은 2kg/cm² 程度이고 큰곳에서는 10kg/cm² 程度이나 이를 平均하면 5kg/cm² 程度라 하겠다.

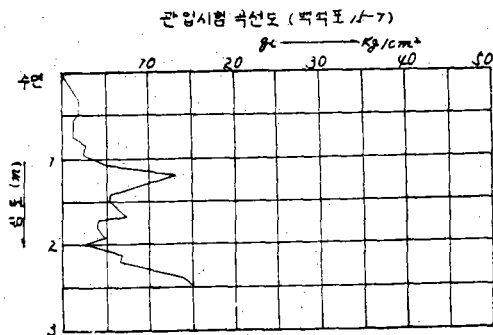


그림 1. 관입시험곡선도

관입시험 곡선도 (남쪽도 5-1)

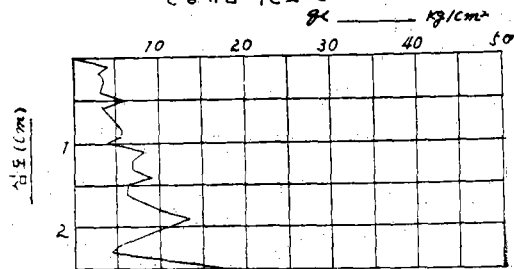


그림 2. 관입시험곡선도

8. 被害原因

1976. 12. 26日부터 1977. 2月 23日사이에 氣溫이 -10°C以下 -18°C까지 低溫이 長時間 繼續되어 廣大한 湖水 全面에 걸쳐 結水되었는데 그 두께는 30~50cm 程度였으며 試驗에서 보는바와같이 水平水壓 最大 10kg/cm²程度에 對하여 흙의 貫入抵抗值

水壓에 의한 護岸블록破壞

驗을 하였으나 그結果는 다음과 같다.

2) 1日間 結水 試料

표-3. 自然水의 壓縮破壞強度

區分	試料番號	壓縮強度	備 考
水平方向壓縮強度	1	kg/cm ² 11.52	壓縮試驗은 水面에 平行하게 加壓함 1977.2.6일 採取試料임
	2	5.04	
	3	11.52	
	4	9.05	
	平均	9.28	
垂直方向壓縮強度	1	34.87	壓縮試驗은 水面에 直角으로 加壓함 1977.2.6日 採取試料임
	2	25.20	
	3	26.66	
	4	20.88	
	5	34.56	
	6	32.40	
	7	36.00	
	平均	30.08	

표-4. 急速結水의 壓縮破壞強度 및 膨脹率

區分	1977.2.16日 製作 17日 시험			17日 제작, 19日 시험		
	試料番號	壓縮強度	膨脹率	試料番號	壓縮強度	膨脹率
垂直方向壓縮強度	1	kg/cm ² 11.52	% 9.2	1	kg/cm ² 20.88	% 7.6
	2	20.88	8.0	2	25.20	7.6
				3	20.16	10.4
水平方向壓縮強度	1	20.88	12.4	1	25.20	5.8
	2	16.56	14.40	2	20.88	10.4
	3	25.90	—	3	16.56	8.8
				4	19.44	11.2
備考	溫度 -15.3°C			-18.3°C		

※ 膨脹率 측정은 5×5×5cm 용기에 물을 얼려 팽창량을 측정함

표-5. 水原 觀測所 氣溫 記錄 值

年	月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1976. 12	최 고		8.7	10.6	12.6	9.4	8.9	11.0	5.9	1.5	-1.6	5.6
	최 저		-0.3	-2.7	-3.0	-0.6	-2.8	-0.1	1.5	-8.3	-11.0	-2.3
	평균		3.4	2.4	3.3	3.2	2.1	4.8	4.1	-3.4	-5.9	0.5
1977. 1	최 고		-6.7	-8.3	-8.6	-5.0	-4.2	0.9	4.3	1.4	0.3	0.6
	최 저		-17.0	-16.1	-17.3	-18.4	-12.9	-15.8	-7.7	-10.5	-10.7	-12.2
	평균		-12.0	-12.6	-12.4	-12.2	-8.6	-7.8	-2.3	-4.5	-5.5	-5.4
1977. 2	최 고		-1.0	-2.8	-3.5	-2.9	-2.0	-2.6	-0.6	3.3	3.3	1.7
	최 저		-12.7	-14.6	-16.5	-16.1	-1.6	-15.2	-12.2	-10.9	-6.4	-8.4
	평균		-7.6	-8.2	-9.7	-9.1	-9.2	-9.0	-7.4	-3.5	-2.7	-3.1
순 별 평 균		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	7.3	8.9	10.5	5.4	7.3	10.8	8.6	4.7	7.7	6.5	9.6	
	-3.0	-2.8	-3.8	-2.9	3.7	0.2	-2.0	-2.8	-3.7	-6.0	0.7	
	1.5	1.4	0.7	2.1	2.0	5.3	5.9	0.9	2.7	0.1	2.9	

	-2.6	1.5	-2.9	-7.0	-5.8	-1.4	-1.1	-1.0	-1.9	-0.5	0.4			
	-13.9	7.1	-15.4	-14.8	-1.8	-12.1	-14.3	-14.6	-12.1	-14.4	-14.1			
	-8.3	-3.5	-8.3	-10.6	-11.6	-7.2	-7.7	-8.0	-7.9	-8.5	-7.5			
	-0.7	2.9	9.6	2.6	-1.6	-7.3	-8.8	-4.3	0.2	5.8	7.8			
	-12.9	-10.3	-7.0	-4.6	-9.6	-12.9	-16.3	-18.3	-17.1	-11.4	-1.4			
	-7.0	-3.2	0.2	0.4	-5.7	-11.1	-12.4	-11.6	8.9	-2.0	2.6			
수평 별곡	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	수평 별곡	별곡	
	8.0	8.6	10.1	9.1	9.4	4.7	-9.1	-9.3	-7.4	-3.5	-4.0	-8.6	0.3	5.0
	-2.4	-1.4	2.8	-1.5	0.3	-9.1	-15.3	-17.7	-15.7	-16.1	-10.9	-16.5	-9.2	-5.0
	2.4	3.7	6.0	3.0	4.6	0.5	-13.3	-13.6	-11.6	-10.3	-7.7	-11.0	-4.5	-0.4
	-2.0	-1.8	-2.2	1.3	3.3	4.7	1.4	-5.3	-1.6	-7.8	-7.6	-5.6	-2.4	-2.3
	-13.7	-11.3	-11.9	-14.7	-11.2	-1.30	-6.9	-12.1	-15.3	-16.7	-14.3	-19.4	-12.3	-13.2
	-8.1	-6.6	-8.0	-7.7	-2.9	2.1	-2.5	-8.9	-11.0	-12.6	-11.5	-12.1	-7.4	-7.9
	0.7	-0.8	4.5	8.8	13.8	16.4	10.8	14.7	15.9	-	-	-	10.5	3.0
	-10.9	-10.1	-12.2	-7.6	-0.3	-0.5	-3.1	-4.2	-2.5	-	-	-	-5.1	-9.9
	-5.2	-4.8	-4.3	0.5	6.1	6.5	2.0	3.5	4.8	-	-	-	1.8	-3.8

3) 地盤

防水堤位置의 地반에 對하여 携帶型圓錐貫入試驗機로 시험한 結果 大體로 弱한곳은 2kg/cm^2 程度이고 큰곳에서는 10kg/cm^2 程度이나 이를 平均하면 5kg/cm^2 程度라 하겠다.

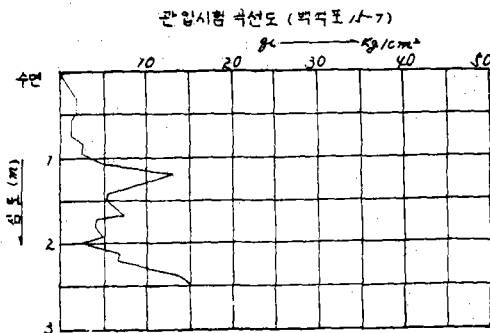


그림 1. 관입시험곡선도

관입시험 곡선도 (참곡리 5-1)

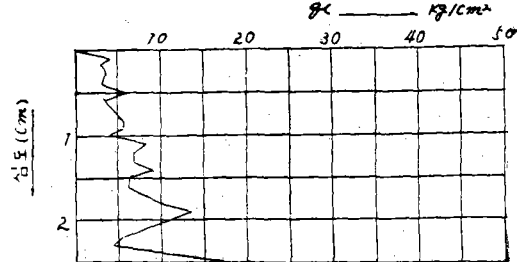


그림 2. 관입시험곡선도

8. 被害原因

1976. 12. 26일부터 1977. 2월 23日사이에 氣溫이 -10°C 以下 -18°C 까지 低温이 長時間 繼續되어 廣大한 湖水 全面에 걸쳐 結氷되었는데 그 두께는 $30 \sim 50\text{cm}$ 程度였으며 試驗에서 보는바와같이 水平氷壓 最大 10kg/cm^2 程度에 對하여 흙의 貫入抵抗值

는 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도로서 抵抗力이 훨씬 작아 變位가 發生하였으며 따라서 호안공은 이 變位에 의하여 破壞된 것으로 볼수있으며 變位の 量은 10cm 이상 이었다. (사진참조)

9. 工法別 特徵

1) 체인블록은 相互 鐵線으로 連結되어 있으며 圓形홈이 있어 碎波效果는 優秀하나 홈에 어름이 채워져 水壓 大部分을 받는다.

2) 핀블록은 上下로 홈이 달려 碎波效果는 亦是 좋으나 水壓을 많이 받게 되어있다.

3) H블록은 傾斜面(1:2.5)에 凸凹이 없이 매끈하여 傾斜面을 따라 어름이 미끄러져 오르기 때문에 比較的 安全하다.

4) 돌쌓기는 他工法에 比하여 施工勾配(1:1.2)가 急하고 面이 굽지 못하여 水壓을 많이 받았으나 變位에 依한 崩壞는 없었다.

10. 結 論

今般 이地區 被害調査에서 얻은 結果는

1) 水壓의 最大値를 어름의 壓縮破壞強度와 같다고 보면 水平最大水壓과 垂直最大水壓을 求할 수 있고 膨脹率의 量도 어느程度 알수가 있었다.

水平最大水壓 $5.04 \sim 11.52\text{kg}/\text{cm}^2$

垂直最大水壓 $20.88 \sim 36.0\text{kg}/\text{cm}^2$

膨脹率 $5.8 \sim 14.4\%$

(드럼통에서의 어름의 膨脹率은 12%로 測定)

2) 對岸距離에 關係없이 大略 7~13m 區間內에서 相互 水壓에 依하여 隆起가 일어나 마치 바둑판과 같은 모양으로 格點에서 어름이 上昇한다. (應力相殺)

3) 斜面保護工에서 表面에 凸凹이 있어 碎波役割



사진-1. 체인블록 공 (1977. 2. 11 남양길움양수장)

을 잘하는 것이 水壓을 많이 받으며 表面이 매끈할 수록 어름이 面을 따라 上昇하면서 水壓이 減少된다.

4) 斜面勾配가 緩할 수록 水壓의 影響을 적게 받는다.

5) 張石工은 水壓에 抵抗할수 있는 利點이 있다.

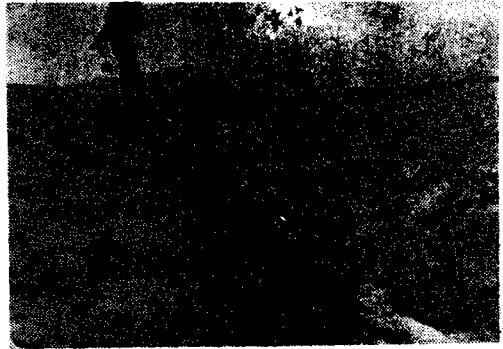


사진-2. 핀블록 공 (1977. 2. 11 남양)

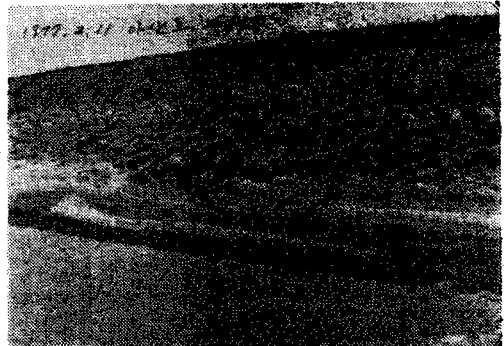


사진-3. 장석공 (1977. 2. 11 아산호)



사진-4. H블록 공(1977. 2. 11 아산)



사진-5. 체인블록공 머리콘크리트파손
(1977. 2. 11 아산상류 5공 3구호방수제)

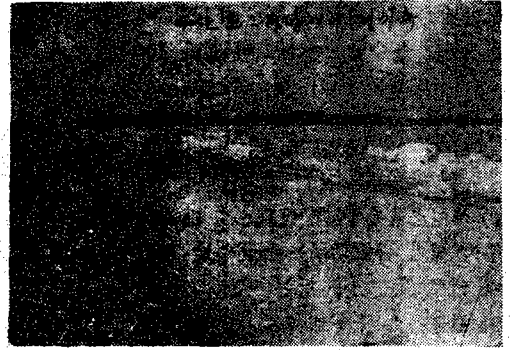


사진-6. 완경사장석 공
(1977. 2. 11 아산호제방에서경기측)