

# 埋設計器 計測結果分析

金 周 範\* · 金 浩 一\* · 崔 廷 凡\*

## I. 序 論

뮐뎡設計 施工에 있어서 뎡의 變位나 內部에서 發生하는 應力과 間隙水壓에 對한 舉動을 調查하는 것은 大端히 必要하고 有用한 것이다.

뮐뎡의 變位는 鉛直方向變位, 뎡 上下流方向變位 뎡 軸方向變位の 세가지 成分으로 區分할수 있다. 뮐뎡에서는 이들 3方向의 變位는 不可避하게 일어나며 콘크리트뎡에 比하여 크다 變位の 크기와 그 時間的인 變化는 뎡의 餘盛높이를 定하고 龜裂防止에 重要한 要素가 된다.

뎡 舉動의 要因으로서는 뎡 內部的 土壓이 있다. 이 土壓狀態를 알므로서 뎡 內部的 龜裂發生을 防止함과 함께 뎡의 理論解析을 보다 現實에 가깝게 할수 있다. 不透水層內에 發生하는 間隙水壓은 剪斷

強度를 低下시키기 때문에 뎡의 安定上重要한 뜻을 가진다. 뮐뎡의 舉動이나 間隙水壓은 다음 要素에 依하여 影響을 받는다.

- 1) 뎡 型式
- 2) 盛土材料의 粒徑, 粒度分布, 施工方法
- 3) 뎡 아랫트먼트의 形狀, 基礎地盤의 條件

이들 要素들은 複雜하게 엉켜있어 뎡 舉動이나 間隙水壓에 對한 理論的 解析을 하는것은 困難하다 따라서 旣設 뎡의 測定結果가 有力한 것이기는 하나 各要素가 相異하고 너무 變化가 甚하고 또 不確實하기 때문에 明確한 測定值의 要因分析이 이루어 지지 않는것이 現實이다.

## II. 뎡 規模

大單位農業 基盤造成事業의 一環으로 築造된 뎡 規模는 다음 表-1과 같다.

表-1. 뎡 의 諸 元

區 分	潭 陽  뎡	長 城  뎡	光 州  뎡	羅 州  뎡	德 洞  뎡
뎡 길 이 (m)	316	603	505	496	169
뎡 높 이 (m)	46	36	25	31	50
뎡 體 積 (m³)	1,681,000	1,689,000	733,000	1,128,000	790,1000
流域面積 (ha)	6,560	12,280	4,130	10,470	5,170
滿水面積 (ha)	405	687	186	780	196
貯水 量 (m³)	66,700,000	89,700,000	17,400,000	91,200,000	32,700,000
蒙利面積 (ha)	6,245	13,900	3,155	11,200	1,140
型 式	傾斜코아	中心코아	中心코아	中心코아	中心코아

## III. 埋設計器

뎡 內部的 水壓, 土壓 및 沈下量等의 舉動을 觀測하여 뎡의 安定狀態를 點檢하기 爲하여 諸般計器를 埋設하였으며 그 內容은 다음 表-2와 같다.

表-2. 計器 現 況

區 分	潭陽뎡	長城뎡	光州뎡	羅州뎡	德洞뎡
土 壓 計	36	30	—	15	36
水 壓 計	32	24	5	11	36
沈 下 計	1	1	—	1	1
表面變位計	1	1	1	1	1

\*農業振興公社 試驗所

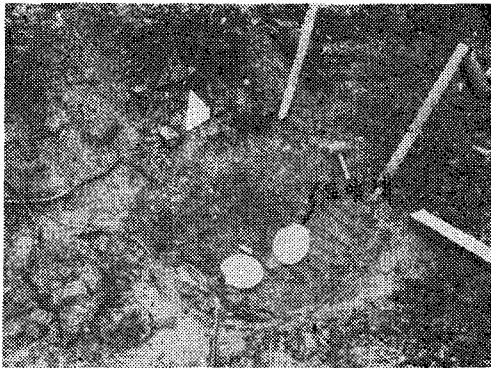


그림. 1. 土壓計埋設

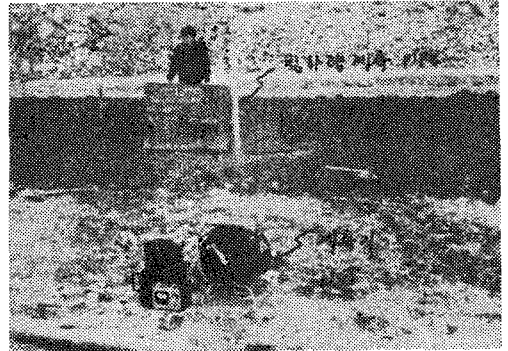


그림. 3. 沈下量測定器埋設光景

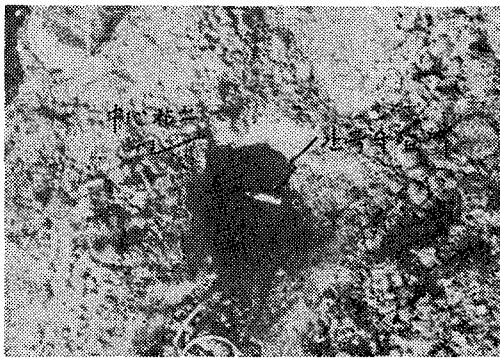


그림. 2. 間隙水壓計埋設

#### IV. 計器可動現況

埋設된 計器는 埋設作業課程, 自然的인 氣象變化에 依한 1975年 8月 24日 落雷로 因한 合線斷切, 重機作業에서의 不注意等으로 計器機能을 發揮하지 못하는 것들이 나타났으며 그 內容은 다음 表-3과 같다.

表-3. 計器可動現況

區 分	潭 陽 댐		長 城 댐		光 州 댐		羅 州 댐		德 洞 댐	
	可 動	不可動	可 動	不可動	可 動	不可動	可 動	不可動	可 動	不可動
土 壓 計	14	22	14	16	—	—	15	—	13	23
水 壓 計	15	17	11	13	5	—	10	1	15	21
沈 下 計	1	—	1	—	—	—	1	—	1	—

#### V. 計測 및 分析

##### 1. 土壓

土壓計는 칼손型으로서 埋設은 1個地點에 水平으로 設置된 1個를 中心으로 하여 上下流方向으로 45° 傾斜로 各各 1個씩 모두 3個로서 一組가 되어 있으며 埋設位置는 臨界圓을 따라서 埋設 하였다.

##### (가) 鉛直土壓

얇은 中央코어나 傾斜코아의 댐에서는 不透水層의 鉛直土壓의 測定值가 實際土柱 重量보다 적게되는 境遇가 있다고 한다. 이와 같이 不透水層의 鉛直土壓이 적어지는 原因으로 다음과 같은 것이 있다

댐이 細粒材料로된 不透水層과 粗粒材料로된 透水層을 直接隣接시키는 일은 없고 粒度의 急變을 避하기 爲하여 礫타 또는 트란지손의 半透水層이 設置된다.

이 半透水層의 壓縮沈下와 不透水層의 壓縮沈下의 差異로 不等沈下가 생기게 된다. 이때 兩者의 材料의 特性이나 施工方法에 依하여 不透水層의 沈下가 半透水層의 沈下보다 크면 兩層 接觸面에는 剪斷力이 發生하고 그 때문에 不透水層의 沈下가 減少하고 鉛直土壓이 적어진다. 이 不透水層의 減少된 土壓分은 隣接의 半透水層이 그만큼 負擔한다

即 隣接하는 上下流의 半透水層을 아밋던트르 하는 一種의 아치(Arch)作用과 같은 것이 不透水層

埋設計器計測結果分析

부에 생기는 것으로 생각된다. 아치作用이 發生한 부분보다 아래部分의 鉛直土壓이 局部的으로 적어지고 그 部分은 싸이로現象을 일으킨다. 이 部分의 鉛直土壓  $\sigma_v$ 가 貯水壓  $\gamma_w \cdot h_w$ 보다 적으면 不透水層內에는  $\gamma_w \cdot h_r - \sigma_v$ 가 되는 힘이 上下로 갈라지려는 힘으로 作用하고 水平龜裂이 發生할 危險性이 생긴다. 따라서 이런 現象은 코아의 두께가 얇고 그 材料의 壓縮性이 큰 때는 特別히 注意하여야 한다. 鉛直土壓은 貯水位의 上昇, 下降에 依하여 間隙壓의

變化 即 有效應力의 變化에 依하여 影響을 받는다.

(나) 水平土壓

水平土壓은 滲上下流 方向과 滲 軸方向으로 なる다. 어떤 滲의 例로서 코아의 上下流方向의 變位는 늘어나고 滲 軸方向으로는 壓縮이 된다. 따라서 코아에 隣接하는 隕타나 岩石部는 코아의 늘어남을 拘束하기 爲하여 水平土壓이 作用한다. 水平土壓이나 鉛直土壓은 貯水壓의 作用에 依하여 影響을 받으며 增加 한다.

表-4. 측제 재료 제원

댐 명	재료 구분	성토부위	흙분류	다짐율 (%)	단위중량 (g/cm <sup>3</sup> )		점착력 (kg/cm <sup>2</sup> )		내부마찰력(도)		비고
					포화중량	습윤중량	포화시	비포화시	포화시	비포화시	
담양댐	투수성 재료	내외제	GW	95	2.12	1.84	0	—	35	—	
	불투수성 재료	중심부	SC CL	98	2.04	2.00	2.0	3.0	10	13	
장성댐	투수성 재료	내외제	GW	95	2.12	1.94	0	—	35	—	
	불투수성 재료	중심부	CL	98	2.04	2.00	2.0	3.0	10	13	
광주댐	투수성 재료	내외제	GW	95	2.21	2.04	0	—	35	—	
	불투수성 재료	중심부	S C C L	98	2.02	1.95	2.0	2.0	11	13	
나주댐	투수성 재료	내외제	GW	95	2.28	2.12	0	—	35	—	
	불투수성 재료	중심부	CL	98	1.96	1.93	2.0	2.0	9	15	
덕동댐	투수성 재료	내외제	GW	95	2.02	2.02	—	—	35	—	
	불투수성 재료	중심부	CL	98	2.167	2.055	—	2.2	—	28	

※ 불투수성 재료의 전단 시험은 대형 삼축 압축시험으로 하였음 (φ30cm×60cm)

表-5. 토압 측정 결과

댐 명 및 축점	번호	매설표고 (m)	매설일자	중심에서의 리계기번호 (m)	성토고 (m)	a 설계토압 (kg/cm <sup>2</sup> )	b 측정시 토압 (kg/cm <sup>2</sup> )	c 1978년 말 토압 (kg/cm <sup>2</sup> )	b/a (%)	c/a (%)	비고
담양 No. 6	S <sub>1</sub>	78.15	1974.4.19	U-130	BA 4427	13.50	2.85	0.6	—	21	—
	S <sub>2</sub>	"	"	"	BA 4428	"	"	1.2	—	42	—
	S <sub>3</sub>	"	"	"	BA 4429	"	"	0.58	—	20	—
	S <sub>4</sub>	76.08	1974.3.12	D-60	BA 1133	21.00	4.44	1.04	—	23	—
	S <sub>5</sub>	"	"	"	BA 1134	"	"	1.68	—	38	—
	S <sub>6</sub>	"	"	"	BA 1125	"	"	1.40	—	32	—
	S <sub>8</sub>	94.00	1975.8.20	U-25	BA 4426	24.00	5.07	3.30	3.24	65	64
담양 No. 10	S <sub>11</sub>	93.00	1975.8.15	D-25	BA 4431	22.00	4.65	1.55	1.37	33	29
	S <sub>12</sub>	93.50	1975.8.20	D-25	BA 4449	22.00	"	2.40	2.22	52	48
	S <sub>16</sub>	112.00	1975.12.12	D-5	BA 1135	12.00	2.54	1.40	1.46	55	58
	S <sub>17</sub>	"	"	"	BA 1132	"	"	1.55	1.53	61	60
	S <sub>1'</sub>	78.32	1974.3.19	U-130	BA 4453	13.43	2.83	2.16	—	74	—
	S <sub>2'</sub>	"	"	"	BA 4424	"	"	2.80	—	99	—
	S <sub>3'</sub>	"	"	"	BA 4436	"	"	2.00	—	71	—
	S <sub>8'</sub>	94.30	1975.8.20	U-25	BA 4443	23.70	5.00	4.00	3.94	80	79
	S <sub>10'</sub>	94.00	1975.8.10	D-25	BA 4432	21.00	4.43	3.25	3.10	73	70

	S <sub>12</sub> '	"	"	"	BA 4450	"	"	1.90	1.92	43	43
	S <sub>13</sub> '	112.00	1975.11.30	U-10	BA 1136	12.00	2.53	0.40	0.97	16	38
	S <sub>16</sub> '	"	"	D-5	BA 1127	"	"	2.60	1.77	103	70
	S <sub>17</sub> '	"	"	"	BA 1119	"	"	1.45	0.20	57	8
장 성 No 11 +13	S <sub>1</sub>	58.19	1973.11.12	U-43.20	4912	17.00	3.60	0.7	—	19	—
	S <sub>2</sub>	"	"	"	9058	"	"	2.3	—	64	—
	S <sub>8</sub>	"	"	"	4922	"	"	0.6	—	17	—
	S <sub>4</sub>	"	1973.11.9	D-39.6	9060	18.00	3.80	1.0	2.15	26	57
	S <sub>5</sub>	"	"	"	4934	"	"	1.3	3.30	34	87
	S <sub>6</sub>	"	"	"	7976	"	"	0.44	3.30	11.6	87
	S <sub>10</sub>	65.00	1975.5.20	D-20	4905	18.00	"	2.70	2.55	71	76
	S <sub>11</sub>	"	"	"	7973	"	"	4.20	4.04	110	106
	S <sub>14</sub>	80.00	1975.11.14	㉚	9056	10.00	2.11	2.10	2.53	99.5	120
	S <sub>15</sub>	"	"	"	4399	"	"	1.50	2.66	71	126
장 성 No 22 +10	S <sub>4</sub> '	57.40	1973.11.11	D-39.6	7975	18.80	3.97	0.7	1.10	17.6	28
	S <sub>5</sub> '	57.40	1973.11.11	D-39.6	7981	18.80	3.97	0.7	2.00	17.6	50
	S <sub>8</sub> '	"	"	"	4928	"	"	0.7	1.85	17.6	46
	S <sub>10</sub> '	65.00	1975.6.1	D-20	7977	18.00	3.80	2.30	2.00	60.5	52.6
	S <sub>11</sub> '	"	"	"	7964	"	"	3.95	3.52	104	92.6
나 주 No 10 +15	S <sub>1</sub>	36.40	1973.11.6	U-45	BA 9048	12.6	2.79	1.40	2.50	50	90
	S <sub>2</sub>	"	"	"	BA 4927	"	"	2.00	1.46	72	52
	S <sub>3</sub>	"	"	"	BA 4932	"	"	1.40	2.75	50	98
	S <sub>4</sub>	36.00	1973.11.7	D-45	BA 7974	11.5	2.55	1.65	1.37	65	55
	S <sub>5</sub>	"	"	"	BA 4910	"	"	3.04	2.92	119	115
	S <sub>6</sub>	"	"	"	BA 4919	"	"	2.00	2.25	78	88
	S <sub>7</sub>	44.10	1974.9.25	U-20	BA 4916	15.6	3.46	2.90	3.07	84	89
	S <sub>8</sub>	"	"	"	BA 4908	"	"	3.30	3.36	95	97
	S <sub>9</sub>	"	"	"	BA 4915	"	"	1.70	2.04	49	59
	S <sub>10</sub>	44.00	"	D-20	BA 7967	15.5	3.44	2.80	2.56	81	75
	S <sub>11</sub>	"	"	"	BA 4933	"	"	3.40	3.14	99	91
	S <sub>12</sub>	44.00	1974.9.25	D-20	BA 4909	15.5	3.44	3.00	3.00	87	87
	S <sub>13</sub>	59.50	1975.6.27	㉚	BA 9970	8.0	1.78	1.00	0.65	56	37
	S <sub>14</sub>	"	"	"	BA 4902	"	"	1.80	0.30	101	17
	S <sub>15</sub>	"	"	"	BA 7980	"	"	1.00	1.56	56	88
덕 동 No 4	S <sub>3</sub>	124.80	1975.10.4	U-62	BC 4437	20.0	3.90	2.3	3.7	58	95
	S <sub>5</sub>	130.00	1976.3.15	㉚	BB 8384	42.5	8.30	2.3	2.0	28	24
	S <sub>8</sub>	"	"	"	BC 4443	"	"	9.4	6.0	113	82
	S <sub>11</sub>	141.60	1976.4.15	D-31	BC 9449	17.0	3.32	5.3	5.6		
	S <sub>16</sub>	163.20	1976.8.15	㉚	BC 9686	9.5	1.85	5.0	6.2		
	S <sub>17</sub>	"	"	"	BC 9449	"	"	6.0	8.5		
	S <sub>18</sub>	"	"	"	BC 9436	"	"	9.6	12.0		
덕 동 No 6	S <sub>5</sub> '	146.20	1976.5.24	㉚	BB 7704	26.5	5.17	2.3	1.2	44	23
	S <sub>8</sub> '	"	1976.6.15	D-38	BC 9440	7.0	1.36	1.5	1.7	110	125
	S <sub>9</sub> '	"	"	"	BC 9431	"	"	0.2	0.2	15	15
	S <sub>11</sub> '	152.20	1976.5.24	D-21	BC 9442	11.5	2.24	0.6	0.4	27	18

U : 上流側, D : 下流側(담 中心線에서)

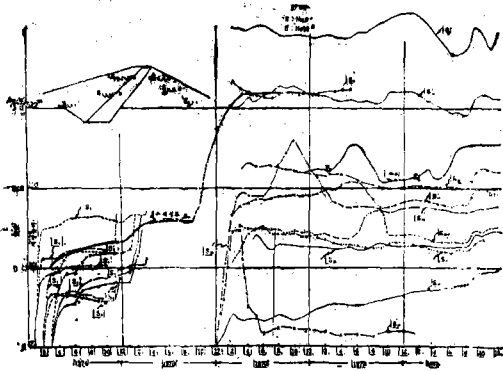


그림. 4. 담양댐 토압곡선도

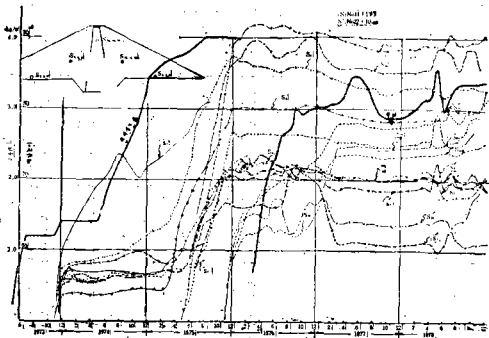


그림. 5. 장성댐 토압곡선도

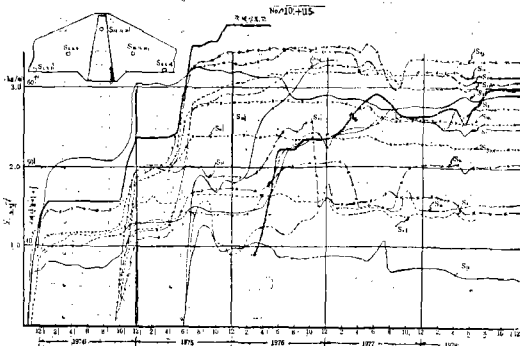


그림. 6. 니주댐 토압곡선도

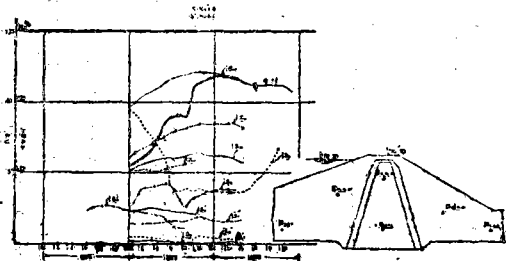


그림. 7. 맥동댐 토압곡선도

## 2. 間隙水壓

間隙水壓計는 칼손型으로 주로 中心코아부에 大部分 埋設이 되어있고 内外堤側에는 最下段部和 中間部位에 各各埋設되었다.

### (가) 施工中の 間隙水壓

不透水層內에 發生하는 間隙水壓은 그 層의 有効應力을 減少시키기 때문에 剪斷強度가 低下하고 이 層의 壓縮에도 큰 影響을 주기 때문에 間隙水壓의 크기는 埋 安定上 大端히 重要하다.

이 間隙水壓의 크기는 施工含水比에 크게 影響되고 其他 흙의 透水係數, 施工速度, 排水工法(철타) 等에도 影響을 받는다. 施工中에 생기는 間隙水壓은 그 部分의 施工直後에는 80~100%에 達하나 그 後時間의 經過에 따라 透水層 가까이에서 부터 消散되어 간다. 그 消散速度는 不透水層의 두께와 透水係數에 크게 關係되므로 層이 두꺼울 때는 오랫동안 中央部에 間隙水壓이 殘留하나 얇은 때는 消散이 빠르다 또 이 間隙水壓의 消散速度는 貯水位에 對하여서는 어느 程度의 時間差를 가지고 變化하거나 또는 貯水位에 따라서 變化한다.

(L) 不透水層의 두께를 B, 埋의 높이를 H, 消散率을 P로 할때 B/H가 1.5以上的의 均一型 堤에서는 P는 B/H가 增加함에 따라 적어진다. B/H=1.5에서는 間隙水壓은 80~50%가 消散되고 20~50%가 殘留한다. 따라서 均一型 堤에서는 施工中の 間隙水壓이 堤의 安定上 重要한 問題인 것을 알수가 있다. B/H=1.0 以上の 두꺼운 不透水層에 對하여 美國 開拓局에서 20年間 調査한바에 依하면 建設中에 發生한 間隙水壓은 不透水層內에서는 土柱重量의 1/2이 普通發生하였고 最大 80%까지 發生한 例도 있었다.

### (나) 施工含水比의 影響

間隙水壓은 施工含水比에 크게 影響을 받는다. 美國 Blowering 堤에서 濕潤側으로 다진 部位에서는 Hilf의 計算式보다 큰 間隙水壓을 나타내나 乾燥側에서는 적은 間隙水壓이 發生하였다. 故로 間隙水壓은 施工含水比와 最適含水比와의 差에 크게 影響을 받는 것으로 생각된다.

### (다) 土質特性의 影響

粒度分布가 좋은 粘土가 섞인 모래, 모래 粘土 자갈混合土等이 큰 間隙水壓을 發生하고 均質의 실토(silt), 微砂等은 적다. 또 透水係數가 크면 間隙水壓의 消散은 빠르다.

(라) 滿水時의 間隙水壓

不透水層內의 間隙水壓은 貯水에 依하여 徐徐히 飽和되어 浸潤面은 貯水位에 따라 變한다. 이와같이 完全하게 되기까지의 時間은 그 댐의 不透水層의 幅과 透水係數에 따라 다르며 幅이 넓은 均一型 댐에서는 4年後에도 施工中의 間隙水壓이 殘留되어 있는것도 있고 14年後에 定常流의 狀態로 된 例도 있다. 幅이 좁은 댐에서는 定常流의 狀態에 達하는 時間이 빨라 6個月에서 1年程度이며 後의 間隙水壓은 貯水池의 水位變動에 對하여 어느程度 時間遲

滯를 가지고 變動하든가 貯水位를 따라 變動한다.

(마) 水位急降下에 依한 間隙水壓

定常流狀態에 있던 댐內의 自由水面은 貯水位가 急激히 降下하면 이에 따르지 못하여 間隙水壓이 殘留한다.

이 때문에 上流斜面은 一般的으로 水位急降下가 斜面의 安定上 危險하게 됨으로 이 殘留間隙水壓에 對하여 安全하게끔 設計하여야 한다. 水位急降下時의 間隙水壓과 施工方法, 築堤材料, 水位降下速度 等의 關係는 아직도 充分히 解明되지는 못하였다.

表-6. 간극수압 측정 결과

댐 명 및 측 점	번 호	매설표고 (m)	매설일자	중심에서의 거 (m)	리 계기번호	성토고 (m)	a 설계토압 (kg/cm <sup>2</sup> )	b 매설초기수 압(kg/cm <sup>2</sup> )	1978 <sup>c</sup> 년 말 수 압(kg/cm <sup>2</sup> )	b/a (%)	c/a (%)	비고
담 양 No 6 및 No10	P <sub>4</sub> '	77.00	1975. 5. 18		U-40 BA 1175	36.00	7.60	3.0	2.3	40	30	
	P <sub>6</sub>	77.50	1975. 5. 27		U-30 BA 6573	39.00	8.23	3.0	1.5	36	18	
	P <sub>7</sub>	85.00	1975. 6. 20		U-35 BA 1173	30.00	6.33	0.8	0.74	13	12	
	P <sub>7</sub> '	85.00	1975. 7. 19		U-25 BA 6461	33.00	6.96	2.0	0.12	29	2	
	P <sub>8</sub> '	"	"		U-35 BA 1171	35.00	7.38	3.0	1.9	41	26	
	P <sub>9</sub>	94.30	1975. 8. 20		U-25 BA 1160	24.00	5.07	2.0	1.7	39	34	
	P <sub>9</sub> '	94.00	1975. 8. 20		U-25 BA 1153	24.00	"	2.0	1.85	39	36	
	10 <sub>10</sub> '	"	"		U-15 BA 1150	27.00	5.70	2.3	1.08	40	32	
	P <sub>11</sub>	93.50	1975. 8. 20		D-25 BA 6467	21.00	4.43	0.04	1.06	09	1.4	
	P <sub>11</sub> '	94.00	"		" BA 6514	20.50	4.32	0.25	0.06	58	1.4	
	P <sub>12</sub>	103.50	1975. 10. 31		U-15 BA 6489	18.00	3.80	2.00	0.43	53	11	
	P <sub>18</sub>	103.50	1975. 10. 31		U-10 BA 6498	19.00	4.01	1.40	0.98	35	24	
	P <sub>14</sub>	112.00	1975. 12. 12		U-10 BA 6466	10.00	2.11	1.10	0.73	52	35	
	P <sub>14</sub> '	"	1975. 11. 30		" BA 4669	10.00	2.11	0.35	0.32	17	15	
	P <sub>15</sub> '	"	"		U-5 BA 6450	11.80	2.49	0.40	0.22	16	9	
장 성 No.11 +13	P <sub>19</sub>	112.00	1975. 12. 12		D-5 BA 6456	11.80	"	0.60	0.45	24	18	
	P <sub>1</sub>	51.00	1975. 1. 3		U-6.3 BA 6486	39.00	8.23	1.8	3.04	19	37	
	P <sub>2</sub>	"	"		D-6.3 BA 6560	"	"	1.5	0.78	18	9.5	
	P <sub>4</sub>	58.19	1973. 11. 9		D-39.6 BA 6452	18.00	3.80	—	0.06	—	1.6	
	P <sub>6</sub>	60.00	1975. 3. 13		U-5.0 BA 6566	30.00	6.33	0.8	1.8	12.6	28.4	
	P <sub>8</sub>	"	"		D-5.0 BA 6440	"	"	—	1.98	—	31.3	
	P <sub>9</sub>	65.00	1975. 5. 30		D-20 BA 6460	18.00	3.80	0.2	0.14	5.3	3.7	
	P <sub>9</sub>	70.00	1975. 7. 2		U-3.5 BA 4656	20.00	4.22	0.5	1.15	12	27.3	
	P <sub>10</sub>	"	"		D-3.5 BA 6458	"	"	—	0.35	—	8.3	
	P <sub>11</sub>	80.00	1975. 11. 14		⊥ BA 6495	10.00	2.11	—	0.44	—	20.8	
장 성 No.22 +10	P <sub>7</sub> '	65.00	1975. 5. 30		U-20 BA 4638	18.00	3.80	—	0.96	—	25.3	
	P <sub>11</sub> '	80.00	1975. 11. 14		⊥ BA 6491	10.00	2.11	—	0.26	—	12.3	
광 주	P <sub>1</sub>	48.37	1975. 6. 27		BA 1149	30.53	6.11	1.10	1.62	18	26.5	1차 만수
	P <sub>2</sub>	48.41	"		BA 6556	30.49	6.10	1.40	2.00	23	32.8	1977
	P <sub>3</sub>	58.00	1975. 8. 17		BA 4661	20.90	4.18	1.60	1.62	38	38.8	.5
	P <sub>4</sub>	65.00	1975. 9. 27		BA 6550	13.90	2.78	1.20	0.64	43	23	2차 만수
	P <sub>5</sub>	72.00	1975. 12. 15		BA 6455	6.90	1.38	0.5	0.14	36	10	1978 .6

埋設計器計測結果分析

나주 No. 10 +15	P <sub>1</sub>	31.40	1974. 8. 14	U-3.0	1151	36.10	7.99	1.3	4.05	16	50.7
	P <sub>2</sub>	31.40	"	D-4.2	1172	"	"	0.9	0.95	11	12
	P <sub>3</sub>	36.40	1973. 11. 6	U-45	6508	12.6	2.79	0.02	1.95	0.7	70
	P <sub>4</sub>	36.00	1973. 11. 7	D-45	6484	11.5	2.55	0.01	0.08	0.4	3.1
	P <sub>5</sub>	39.85	1974. 9. 11	U-4.0	6485	27.65	6.12	1.6	1.52	26	24.8
	P <sub>6</sub>	"	"	D-4.5	"	"	"	"	"	"	"
	P <sub>7</sub>	44.50	1974. 9. 25	U-20	6479	15.00	3.32	0.03	1.25	0.9	37.6
	P <sub>8</sub>	44.00	"	D-20	6542	15.50	3.43	0.10	0.02	2.9	0.58
	P <sub>9</sub>	51.00	1974. 11. 12	U-30	1152	16.50	3.65	0.1	0.60	0.3	16
	P <sub>10</sub>	51.00	1974. 11. 12	D-3.0	1147	16.50	3.65	0.40	"	11	"
	P <sub>11</sub>	59.50	1975. 6. 27	⊕	6449	8.50	1.78	0.10	0.08	5.3	4.3
수위 56.50m											
덕동 No. 4	P <sub>6</sub>	124.70	1975. 10. 4	U-62	YA 4494	20.0	3.90	0.6	0.7	15	18
	P <sub>9</sub>	130.00	1976. 3. 22	⊕ U-3.5	YA 2451	30.0	5.85	"	0.9	"	15
	P <sub>8</sub>	"	1976. 3. 15	⊕	YA 2456	42.5	8.29	4.3	1.6	52	19
	P <sub>9</sub>	"	"	D-12	YA 2495	39.5	7.70	5.0	4.2	65	54
	P <sub>11</sub>	141.60	1976. 4. 2	U-31	YA 2486	20.0	3.90	1.8	1.8	46	46
	P <sub>14</sub>	"	1976. 5. 8	D-31	YA 2498	17.0	3.31	0.7	2.0	21	60
	P <sub>17</sub>	153.70	1976. 6. 15	D-6	YA 2497	19.0	3.70	10	13.5	"	"
덕동 No. 6	P <sub>8</sub> '	140.20	1976. 5. 8	⊕	BC 4488	32.50	6.34	2.1	2.0	33	31
	P <sub>4</sub> '	"	"	D-9	BC 4474	30.00	5.85	2.7	2.4	46	41
	P <sub>6</sub> '	146.2	1976. 4. 25	U-22	YA 2454	20.5	4.00	0.1	0.2	3	51
	P <sub>7</sub> '	"	1976. 5. 24	U-8	YA 2499	25.5	4.97	12.3	9.0	"	"
	P <sub>8</sub> '	146.2	1976. 5. 24	⊕	YA 2494	26.5	5.17	11.0	7.2	"	"
	P <sub>9</sub> '	"	1976. 6. 3	D-8	YA 2455	25.5	4.98	1.2	1.1	24	22
	P <sub>10</sub> '	"	1976. 4. 26	D-23	YA 2500	16.5	3.22	1.3	1.1	40	34
	P <sub>12</sub> '	152.2	1976. 6. 7	U-6	YA 2487	20.5	4.00	2.7	4.0	68	100
	P <sub>18</sub> '	"	"	D-6	YA 2452	20.5	4.00	0.4	0.1	10	2.5
	P <sub>16</sub> '	158.2	1976. 8. 15	U-5	YA 2548	14.5	2.83	0.1	0.8	3.5	28
	P <sub>17</sub> '	"	"	D-5	YA 2453	14.5	2.83	1.5	1.5	53	53
P <sub>18</sub> '	163.2	1976. 8. 28	⊕	YA 2496	8.5	1.66	0.25	0.3	15	1	

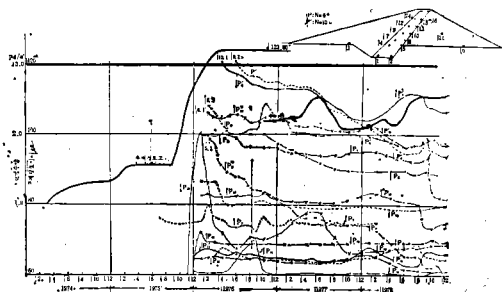


그림. 8. 담양댐 간극수압 곡선도

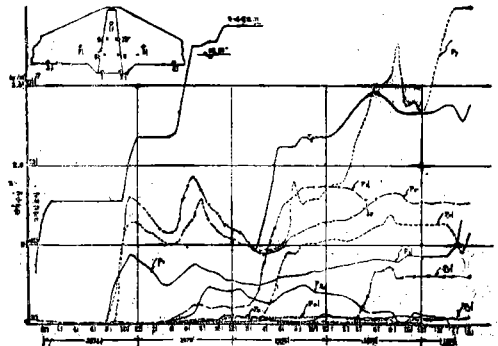


그림. 9. 나주댐 간극수압 곡선도

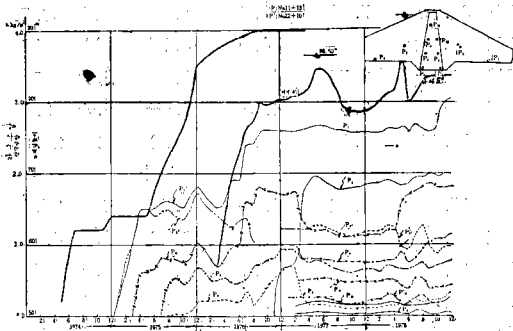


그림. 10. 장성댐 간극수압 곡선도

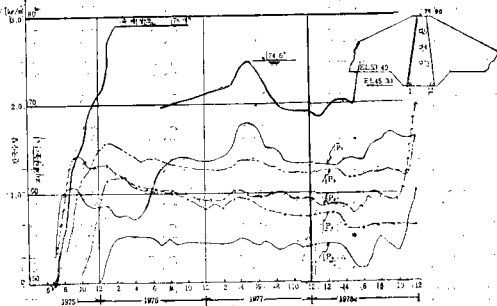


그림. 11. 광주댐 간극수압 곡선도

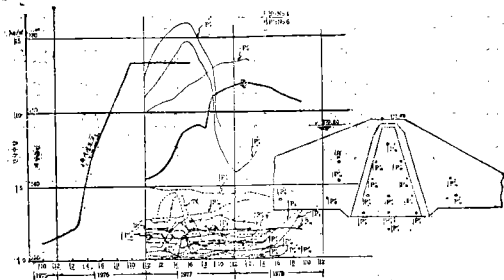


그림. 12. 덕동댐 간극수압 곡선도

### 3. 댐 변위

필댐에서 施工中의 沈下는 盛土施工에 따라 載荷重量이 增加하며 堤體壓縮 變形이 커진다.

필댐은 完成後를 包含하여 全沈下量의 大部分은 施工中에 일어나고 貯水後의 沈下量은 施工中과 比較하여 적다. 필댐은 透水層, 半透水層, 不透水層으로 나뉘이며 各層은 其의 材料特性, 施工方法에 따라 沈下狀況도 달라진다.

#### (가) 不透水層

一般的으로 沈下는 盛土높이의 中央部附近에서

最大로 되고 댐 低部에서는 基礎地盤에 가깝고 또 댐 上部에서는 盛土에 의한 載荷重量이 적으므로 沈下는 적어진다.

施工中 沈下에 影響을 주는 要素로서 다음과 같은 것들이 있다.

- i) 載荷重量
- ii) 施工含水比
- iii) 土質材料의 特性

iv) 其他 不透水層의 形狀, 轉壓方法 基礎地盤의 狀態等 沈下는 이런 要素들이 複雜하게 일혀 일어나고 同時에 壓密過程에서 發生하는 土中의 間隙水壓에 依하여 支配되는 有效應力과는 깊은 關係가 있다. 이와 같이 沈下에 影響되는 要素가 많기 때문에 沈下量을 正確히 算出하기는 大端히 어렵다.

#### ① 載荷重量의 影響

沈下는 不透水層 거의 中央部에 埋設된 크로스암(Cross Arm)의 區間마다의 壓縮量을 그 區間의 두께의 百分率로 나타낸다. 上載荷量으로서 가까운地點의 바로위에 施工된 土柱重量에서 가까운 곳의 間隙水壓計로 觀測한 水壓을 除한 것이 有效應力이다. 한 例로서 有效應力 約  $7\text{kg/cm}^2$  以上에서 壓縮率은 1~4% 範圍에 있고, 兩對數紙上에서 거의 直線關係가 이루어진다. (美國開拓局 資料에 依함)

#### ② 施工含水比의 影響

美國開拓局의 댐 例로는 有效應力  $0.7\text{kg/cm}^2$  以下에서 沈下量은 含水比(施工含水比-最適含水比)에 比例하고 最適含水比보다 1~2% 乾燥側으로 다진 것은 오히려 적었다.

#### ③ 土質材料의 特性에 따른 影響

美國 開拓局과 美陸軍工兵團, 其他 文獻에 依하던 흙의 統一分類와 壓縮率의 關係가 有效應力  $1.4\text{kg/cm}^2$ ,  $3.5\text{kg/cm}^2$  일때 1~5% 까지 넓은 範圍로 變化한다. 또 흙의 乾燥密度의 絶對值에 거의 影響되지 않는다.

#### ④ 其他

中心코아의 幅이나 轉壓方法도 沈下에는 影響이 있다고 생각되나 現在로서는 比較할 資料가 적고 明確하지 않으나 幅이 얇은코 아에서는 싸이로(silo) 現象에 依하여 壓縮率이 적어지는 때도 있다. 또 轉壓方法은 모든 댐에서 最大密度를 얻도록 하기 때문에 沈下에 주는 影響에는 큰 差가 없다고 보겠다. 그러나 施工速度는 그 內部에 發生하는 間隙水壓 即 有效應力과 깊은 關聯이 있기 때문에 코아의 壓密沈下에 對하여는 影響이 큰 것으로 생각된다.

#### (나) 透水層



## 埋設計器計測結果分析

透水層은 그 構成要素의 大部分이 粗粒입으로 施工中에 沈下가 커진다. 이 沈下의 原因으로는 岩石相互接觸面의 破碎에 基因하는 것이다. 即築造進行됨에 따라 增大하는 荷重때문에 岩石의 支持點이 破壞되거나 岩石表面에 있던 泥土等의 不純物이 눌러 깨어지거나 岩石의 局部的인 아치 作用에 依하여 荷重이 적을때는 均衡되어 있던 것이 큰 荷重에 依하여 눌러 깨어지는 것을 생각할수 있다. 깨끗하고 굵은 岩石을 얇게 띄고 물을 加하면서 充分히 轉壓한 砾石(Rock fill)은 沈下量이 적다. 透水層의 沈下는 埧 表面에서 最小가 되고 鉛直方向에서는 透水層의 内部 및 上下流面 共히 埧 中間標高部에서 最大가 된다. 이와 같이 沈下가 埧 基礎地盤바로 위와 上部에서 적고 埧 中間部에서 크게 되는 것과 全沈下量의 大部分이 施工中에 일어나는 것은 不透水層인 中心코아에서와 같은 現象이다.

### 4. 埧 變位計測器

埧의 鉛直變位 및 水平變位를 測定하기 爲하여 다음 表-7, 表-8, 과 같이 各 埧에 測定計器가 埋設 되었다.

表-9. 埧 體 沈 下 量

埧 名	施 工 完 了 時		1978 年 末 現 在		施 工 中 沈 下 率	沈 下 層 厚 度	備 考
	沈 下 量	沈 下 率	沈 下 量	沈 下 率			
潭 陽	17.1cm	0.40 %	23.2cm	0.55%	72.6%	42.10m	1976.2盛土完
長 城	33.0	0.97	35.0	1.03	94.3	34.10	1976.8 "
羅 州	—	—	14.2	1.00	—	14.00	1976.5 "
德 洞	20.0	0.53	26.5	0.71	75.0	37.37	1976.12 "

#### (나) 表面變位

表面變位 現況은 그림에 나타남과 같으며 水平最大는 光州埧에서 約 9cm, 鉛直最大는 長城埧에서 約 6cm로 나타났고 一般의으로 水平, 鉛直共히 3cm 程度에서 머물렀다.

## VI. 分析結果의 綜合

埋設計器 測定에 따른 施工期間에서 부더 完成後인 1978年末까지의 測定值의 結果를 分析한 것을 綜合하여 보면 다음과 같다.

### 1. 土 壓

#### (가) 潭陽埧

斜傾코아型으로 築造된 堤體이며 最大荷重이 作用한  $S_0$ 에서 設計土壓의 65~80% (鉛直荷重)가 作

表-7. 表面變位點

埧 名	列數	上流側	下流側	計	埧 深 (m)
潭 陽	5	10	10	20	316
長 城	9	18	18	36	603
光 州	8	16	16	32	505
羅 州	7	14	14	28	496

表-8. 層別沈下計

埧 名	測 點	間 隔	個 數	埧 深 (m)
潭 陽	No.9+10	7.0~7.1m	6	46
長 城	No.17+0	6.4~7.2	5	36
羅 州	No.13+0	7.0 내의	5	31
德 洞	No.2+18	4.0 내의	9	50

### 5. 沈下量과 表面變位

#### (가) 沈下量

各 埧에 對한 施工中 沈下量과 完工後 沈下量은 다음 表-9, 와 같다.

用하였으며 傾斜面 下段에서는 約 40%가 作用되고 있다. 中心線에 가까운 곳에 埋設된 傾斜土壓計(45°)에서는 中心線에서 外側에 埋設된 것이 內側에 埋設된 것보다 크게 나타나는데 이는 土壓이 中心部에서 外側을 向하여 傾斜方向으로 더 많이 作用함을 뜻한다.

#### (나) 長城埧

中心코아型으로서 上下流側비탈기슭에서 上流側이 下流側에 比하여 約倍인 64%가 作用하였으며 中心線에 가까운 部位에서는 100~110%까지 鉛直土壓이 作用하였고(施工中) 1978年末現在도 같은 狀態로 作用하고 있으며 傾斜方向 土壓計의 作用土壓은 潭陽埧과 같은 傾向으로 나타났음.

#### (다) 羅州埧

中心코아型으로 內堤비탈기슭에서 72%作用분을

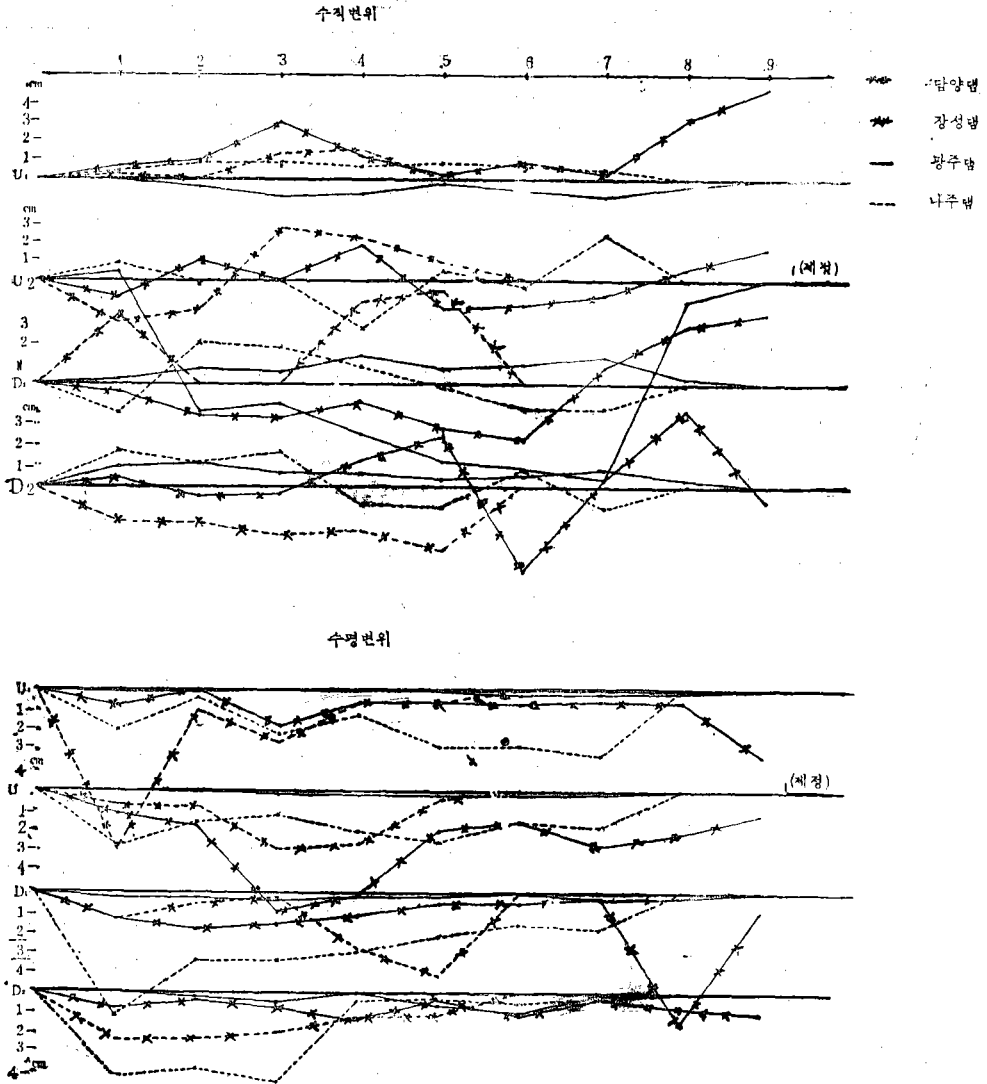


그림. 13. 표면 변위 곡선도

除外하고는 거의 全部가 100%内外로 作用되었으며 이는 設計土壓과 거의 一致하는 값을 보인다.

(라) 德洞댐

中心코아型댐으로 코아 下部에서 30~45%로 相當히 적은 값을 나타내는데 이는 計測에 異常이 있는 것으로 看做된다.

2. 間隙水壓

(가) 潭陽댐

築堤時 堤塘下部에서 設計土壓의 40%가 最高值로

나타났고 上部에서는 50%로 計測되었으며 貯水後인 現在에는 最大 36%로서 漸次消散되어 가고있다.

(나) 長城댐

築堤時의 計測値는 確實치 않았으나 湛水後의 水壓은 大體로 土柱重量의 30%内外를 보이고 있다.

(다) 光州댐

築堤時 土柱重量의 18%에서 43%까지의 값이었으나 湛水後에 最大 40%가 되었는데 이 댐에서는 間隙水壓의 消散이라기 보다는 漸次 水位増減에 따라 比例的으로 影響을 받는데 이는 時間의 滯滯現

況으로 나타난다.

(라) 羅州댐

築堤時의 間隙水壓은 微微하여 最大土柱重量의 20%를 보였으나 湛水後에는 漸次 增加하여 50%까지 되었는데 이는 粘土의 最下部 內側에서 不規則하게 變動되고 있음을 보여준다.

(5) 德洞댐

築堤時 最高 70%까지 나타 냈으나 湛水後 漸次로 消散되어 가고 있다.

3. 沈下

沈下量은 大部分 施工中에 일어났으며 完工後의 沈下量은 全體沈下量의 25%程度를 보였는데 全體沈下率은 0.6%에서 1.0%까지로 나타났다.

4. 表面變位

(가) 水平變位

堤塘內外側의 水平變位는 正常的인 沈下에 依한 것과 外側으로 밀리는 것과의 두가지로 볼수 있는데 兩者 共히 3cm 內外이며 다만 光州댐에서 約 9cm의 값을 보였다.

(나) 鉛直變位

堤體縱斷方向으로 볼때 中央部分에서 變位가 많이 나타났으며 그 값은 大體로 3cm 以內이나 長城댐에서 最大 6cm를 보였다.

VII. 結 論

5個댐에 對하여 綜合分析한 結果 다음과 같이 評

價할수 있겠다.

1) 土 壓

土壓計測은 羅州댐이 代表的인 것으로 思慮되며 그 값은 비탈기슭에서의 70%計測值를 除外하고는 大體로 設計土壓이 作用되었다.

2) 間隙水壓

大體로 各댐 마다 土柱重量의 50%程度가 作用되고 있으며 砂礫層에서는 極히 적은 값이 나타났다.

3) 沈 下

沈下率은 0.6~1.0% 사이에 있었으며 沈下量의 大部分 (75%)이 築堤中에 發生 하였다.

4) 表面變位

鉛直 및 水平變位 共히 3cm 程度이며 極히 一部에서 9cm가 나타났다.

5) 其 他

埋設計器의 取扱은 埋設作業에서 부터 計測과 分析까지의 過程은 責任있는 同一人이 繼續 觀測한다면 더 좋은 結果分析值를 얻었을 것이라는 아쉬움이 남아 있다.

특히 計測資料를 提供해준 榮山江事業所側에 感謝를 드린다.

參 考 文 獻

發電水力 No 123 1973.3

土と基礎 No331 1977.5

FAILURE OF TETON DAM. 1976.12 U.S.B.R

最新フィルタム工學

댐建設 및 管 理技術세미나 1977.6 KICOLD

土質調査法 土質工學會 發行

土の試驗・調査實習書・土質工學會發行