

土堰堤 安定計算

李 熙 榮

I 緒 論

貯水池의 堰堤가 萬一 破壞된다면 構造物 自體만의 災害가 아니라 莫大한 耕地의 流失과 人畜의 死傷等의 慘害를 免치 못하게 됨으로 設計 및 施工에 있어 가장 留意할 點은 將來 破壞의 念慮가 없다는 것이어야 한다.

土堰堤가 破壞되는 主된 原因을 추려 보면 餘水吐의 斷面이 不足하여 洪水가 堰堤를 溢流할 때 漏水로 因한 貫孔作用과 地盤의 支持力 不足으로 地盤의 不等沈下, 堤體法面の 滑脫 及 堰體의 不安定等이다. 여기서 取扱코져 하는것은 現場 築堤材料에 對한 土質試驗 結果를 갖이고 堰體斷面을 假定하여 浸潤線을 計算作圖하고 貯水壓에 依하여 이어나는 水平剪斷力에 對한 安全率 下流側部分의 水平剪斷力에 對한 安全率

急激한 貯水位 降下에 對한 上流側部分의 安定 計算 法面の 安定計算으로 區分하여 各各 使用 公式와 付號를 說明하고 例題를 풀어 實用에 寄與코져 하는바이다.

II 現場築堤 材料에 對한 土質試驗

現場築堤 材料와 그의 施工狀態에 對한 土質 試驗을 試驗室에 依賴한바 第一表와 같은 資料를 得하였다. 此 資料에 依해 假定斷面에 對한 安定度를 計算한 後 가장 經濟的인 斷面을 發見하여 設計斷面으로 決定하여야 된다. 또한 工事中의 築堤에 對해서도 그 施工狀態에 對한 安定 計算을 實施하여 施工方法을 指定示方書에 符合 되도록 指示하는 同時 土堰堤의 安全을 期하여 야 한다.

第一表 築堤 材料 試驗 資料 表

種 別	標 準 搞 固				現 場 施 工 狀 態										
	試 驗 目 的	比 重	最大濕潤密度	最大乾燥密度	最適含水比	乾 密 度	濕 潤 密 度	그대의 含水量比	間 隔 率	飽 和 量	水 中 量	透 水 係 數	內 部 摩 擦 角	tanφ	粘 着 力
單 位	-	gr/cm ³	gr/cm ³	%	gr/cm ³	gr/cm ³	%	%	gr/cm ³	gr/cm ³	Kcm/Sec	φ°		Ckg/cm ²	
中 粘 土	D	2.60	1.89	1.46	29.5	1.31	1.78	35.4	49.5	1.81	0.81	2.91×10 ⁻⁷	7°-30'	0.140	1.0
上 粘 土	M	2.71	1.89	1.56	21.0	1.40	1.87	33.0	48.2	1.88	0.88	9.24×10 ⁻⁶	21°-0'	0.384	0.8
下 粘 土	A	2.69	2.12	1.84	15.0	1.65	1.95	18.0	38.6	2.04	1.04	1.24×10 ⁻⁵	33°-7'	0.652	0.3

III 設計條件

貯水量과 餘水吐 溢流水深 餘裕高等을 考慮하여 다음과 같은 條件의 土堰堤를 設計하려고 한다.

基礎地盤上 土堰頂까지의 最高높이 15m

洪水位에서 土堰頂까지의 餘裕高 1.5m

溢流水深 1.0m

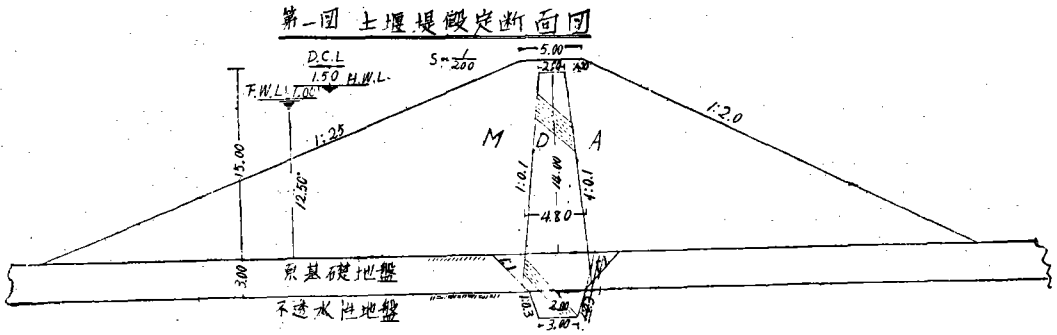
基礎地盤에서 岩盤 또는 不透水地盤까지의 距

離 3m

IV 斷面の假定

上記 設計條件과 築材材料의 試驗資料를 考慮하여 第一圖와 같은 斷面을 假定하고 그에 對한 安全度를 計算함. 萬一 그 安全度가 不足한 境遇에는 再三 斷面을 假定하고 安全度를 計算하여

가장 經濟的인 斷面을 發見하고 設計斷面으로함. 施工中の 土堰堤에 對해서 그 設計斷面에 對한 施工狀態에 따른 安全度 計算을 하고 許容安全度內에 없으면 施工方法을 變更하거나 設計變更이 必要하게 됨.



V 浸潤線의 計算

中心粘土와 上流鞘土의 透水係數의 比가 10 以上이면 上流鞘土의 浸潤線에 對한 影響은 無視해도 좋다. 本計算例에서 上流鞘土의 透水係數 K_1 , 中心粘土의 透水係數 K_2 라 하면 第一表에서

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{9.24 \times 10^{-9}}{2.91 \times 10^{-7}} = \frac{9.24}{2.91 \times 10^{-1}}$$

$$= \frac{9.24}{2.91 \times 0.1} = \frac{9.24}{0.291} = 24.7 > 10$$

故로 上流鞘土에 對한 影響은 無視하고 洪水位와 中心粘土法面과의 交點부터 始作한다고 假定한다.

a. 中心粘土의 浸潤線(第二圖參照)

A. casagrande氏의 拋物線型에 依한 方法을 利用하여 浸潤線을 그리는 順序는 다음과 같다.

計算方法

1. 中心粘土 上流側 斜面의 濕潤部分의 水平距離 n 를 計算한다. 卽 洪水位와 中心粘土 上流斜面과의 交點 B_1 과 法尼 T과의 水平距離이다.

$$n = 13.50 \times 0.1 = 1.35m$$

2. 中心粘土와 基礎地盤과의 接하는 幅 b 를 計算한다.

$$b = 14.00 \times 0.1 \times 2 + 2.00 = 4.80m$$

3. 理論浸潤線의 始點 B_2 를 發見한다. B_2 는 B_1 부터 上流側 斜面濕潤部分의 水平距離의 0.3倍인 卽 $0.3n$ 떨어진 洪水面에 있다고 假定한다.

$$B_1B_2 = 0.3n = 0.3 \times 1.35 = 0.405m$$

- 故로 B_2 는 中心粘土上流側 法肩로부터 $0.405 + 0.5 \times 0.1 = 0.41m$ 水平으로 떨어진 洪水面上에 있다.

4. 理論 浸潤線의 始點 B_2 와 中心粘土下流 斜面 法尻 A과의 水平距離 d 를 計算한다.

$$d = b - 0.7n = 4.80 - 0.7 \times 1.35 = 3.855$$

5. 理論浸潤線 B_2 點을 始點으로하여 다음 拋物線 公式으로 計算한다.

$$y^2 = 2y_0x + y_0^2$$

그런데 $y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$ h = 基礎地盤上의 洪水位까지의 水深 = 1.350m

$$\therefore y_0 = \sqrt{13.5^2 + 3.855^2} - 3.855 = 11.875 - 3.855 = 10.2m$$

$\therefore y^2 = 20.4x + 104.04$

計算結果 第二表 및 第二圖와 如하다.

(A點을 x의 原點으로 함)

여기서 y_0 는 $x=0$ 일때 卽 下流斜面 法尻 A點 上的 浸潤線까지의 垂直距離이며 $y=0$ 일때의

x가 基礎地盤上과 理論浸潤線과의 交點이 된다. 이點과 A과의 距離를 a로 하면 拋物線 公式에서

$$a = \frac{-y_0}{2} = \frac{-10.2}{2} = 5.1m$$

第二表

理論浸潤線 計算表

$y^2 = 20.4x + 104.04$

y \ x	0.	0.4	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0
20.4x	0	8.16	16.32	18.36	20.4	22.44	24.48	26.52	28.56	40.8
y ²	104.04	112.20	120.36	122.40	124.44	126.48	128.52	130.96	132.60	144.84
y	10.2	10.59	10.97	11.07	11.16	11.25	11.34	11.45	11.52	12.04
y \ x	2.5	3.0	3.5	3.855	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	
24.4x	51.00	61.20	471.40	78.642	-20.4	-40.8	-61.20	-81.60	104.04	
y ²	155.04	165.24	175.44	182.684	83.64	63.24	43.84	22.44	0	
y	12.45	12.85	13.25	13.50	9.146	7.953	6.621	4.737	0	

6. 實際浸潤線의 決定

上記 理論 浸潤線은 中心粘土 下流斜面의 傾斜 α 가 180° 일때이다. 實際는 一定한 傾斜를 가지고 있음으로 이에 따른 修正이 要求된다. 本計算例에서 그 傾斜가 1:0.1 임으로 다음과 같이 計算한다.

가) 傾斜角의 計算

$$\alpha = \cot^{-1} 0.1 = 84^\circ 20'$$

$$\cos \alpha = \cos 84^\circ 20' = 0.09874$$

나) 下流傾斜面法尻 A에서부터 理論浸潤線이 下流傾斜面을 通過하는 點 C₀까지의 直線距離 Ac_0 는 다음式으로 計算한다.

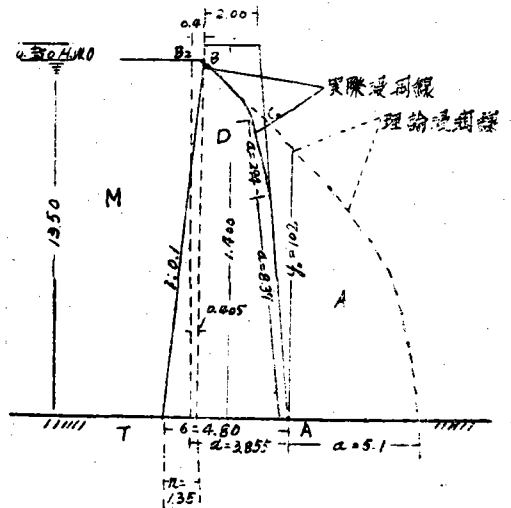
$$Ac_0 = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha}$$

$$\therefore Ac_0 = \frac{10.2}{1 - 0.09874} = \frac{10.3}{0.90126} = 11.31$$

다) Ac_0 의 修正

理論浸潤線은 C₀에서 下流傾斜面과 交叉되나 實際는 C₀보다는 좀 下位에 있는 C點에서 交叉된다. 이 C點의 決定은 다음과 같이한다. 第二圖에서

第二圖 中心粘土의 浸潤線



AC 의 直線距離를 a , cc_0 의 直線距離를 Δa 로 하면

$$AC_0 = a + \Delta a \quad cc_0 = \Delta a \quad \text{여기서} \quad \frac{\Delta a}{a + \Delta a} = c \quad \text{라}$$

하면 c는 傾斜角 α에 따라 달라지며 그値는 第二圖에서 求한다.

α=84°20' 일 때 C=0.26

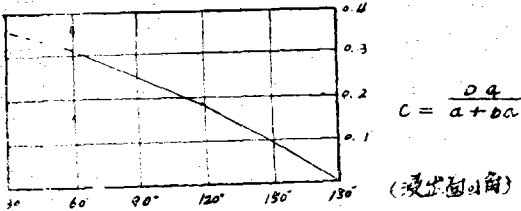
$$\therefore 0.26 = \frac{\Delta a}{a + \Delta a}$$

여기서 a+Δa=11.31

$$\therefore \Delta a = 11.31 \times 0.26 = 2.9406$$

$$\therefore a = 11.31 - 2.9406 = 8.37$$

第三圖 C의値



故로 交叉點 C는 A에서 直線距離 8.37미터인 C點에서 實際로 浸潤線이 交叉된다.

라) 浸潤線의 修正

理論浸潤線의 始點 B₂는 實際는 洪水位와 上流傾斜面의 交點 B₁에서 始作하고 下流傾斜面과의 交點 C₂는 C에서 交叉된다. 故로 B₁ 및 C에서 理論浸潤線을 第二圖와 같이 作圖할수있다.

마) 中心粘土의 浸潤水量的 計算

中心粘土를 浸透하는 浸透量은 다음과 같다.

$$q = K_2 y_0$$

$$q = 2.91 \times 10^{-7} \times 10.2 = 29.682 \times 10^{-7} =$$

$$0.00000296$$

第三表 下流鞘土의 浸潤線

$$y^2 = 0.4796x + 0.05726$$

바) 下流鞘土의 浸潤線計算

下流鞘土의 浸透量은 中心粘土의 浸透量과 同一해야한다.

即 下流鞘土의 透水係數를 K₃라하고 下流鞘土 傾斜法尻 E點에서 下流鞘土浸潤線까지의 垂直距離를 h₂라 하면

$$q = K_2 y_0 = K_3 h_2 \quad \therefore h_2 = \frac{K_2}{K_3} y_0 \text{ 이다.}$$

$$K_3 = 1.24 \times 10^{-5} \quad y_0 = 10.2 \quad K_2 = 2.91 \times 10^{-7}$$

$$\therefore h_2 = \frac{2.91 \times 10^{-7}}{1.24 \times 10^{-5}} \times 10.2 = 23.93 \times 10^{-2} =$$

$$0.2393$$

下流鞘土의 浸潤線은 法尻E點을 基點으로 다음 公式에 依하여 計算한다.

$$y^2 = 2h_2 x + h_2^2 \text{으로 計算한다.}$$

$$\therefore y^2 = 2 \times 0.2393 \times x + 0.2393^2$$

$$y^2 = 0.4796x + 0.05726$$

$$x=0 \text{ 일 때 } y=0.2393$$

$$y=0 \text{ 일 때 } x=0.1193$$

또 中心粘土의 法尻 A부터 下流鞘土의 法尻 E點까지의 水平距離는

$$15.00 \times 2.0 + \frac{5.00}{2} - \left(\frac{2.60}{2} + 14.00 \times 0.1 \right) =$$

$$30.10$$

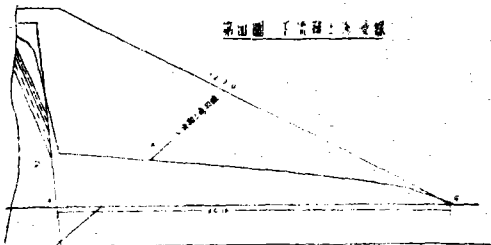
A點에서의 浸潤線까지의 垂直距離

$$y = (0.4796 \times 31.10 + 0.05726)^{\frac{1}{2}} = 14.493$$

$$\frac{1}{56^2} = 3.807$$

計算은 第三表 및 第四圖와 같다.

x	-0.1193	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30.1
0.4796x	0.05726	0	1.439	2.878	4.316	5.755	7.193	8.633	10.072	11.510	12.949	14.436
y ²	0	0.05726	1.496	2.936	4.373	5.812	6.250	8.690	10.129	11.567	13.006	14.493
y	0	0.2393	1.223	1.714	2.091	2.411	2.700	2.948	3.182	3.461	3.606	3.807



VI. 安定計算

a. 貯水壓에 依하여 이러나는 水平剪斷力에 對한 安定率.

堰體의 剪斷抵抗力은 貯水壓으로 因하여 이러나는 水平剪斷力의 2倍以上이면 安全하다. 그關係를 表示하면 다음과 같다. 内部摩擦力을 φ 粘

着力을 無視할때

堤長 1m當의 剪斷抵抗力 S

$$S = W \times \frac{b}{z} \times h \times \tan\phi = W \times A \times \tan\phi$$

水壓의 水平分力 H

$$H = \frac{W_w h_1^2}{2}$$

但 A=斷面積

b=底幅

W=흙의 單位重量

h=堤堰高

W_w=물의 單位重量

h₁=水深

∴貯水壓에 依하여 生하는 水平剪斷力에 對한 安全率 F_s

$$F_s = \frac{S}{H} \quad F_s \geq 2 \text{ 라야安全함}$$

b. 下流側部分의 水平剪斷力에 對한安全率

下流側 堰堤가 安全하기 위하여서는 堰堤下流側部分의 全剪斷 抵抗力이 堰堤下流側部分의 全水平剪斷力과 貯水에 依한 水壓의 2倍以上이라야 安全하다. 그 關係를 表示하면 다음과 같다.

$$R_d = W_e d \times \tan\phi + C. b_d$$

$$H_d = \frac{h^2 W \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\phi)}{2} + \frac{W_w h_1^2}{2}$$

$$\therefore F_d = \frac{R_d}{H_d} \quad \text{但 } F_d \geq 2 \text{ 라야安全함}$$

但 R_d=堰堤下流側 部分의 全剪斷抵抗力

W_e=堰堤下流部分의 全有效重量 c=粘着力

φ=內部摩擦角, b_d=下流의 底力 h=堤堰高

W=흙의 單位量 W_w=물의 單位重量 h₁=水深

H_d=랑기系土壓論에 依한 堤堰 下流部의 全水平剪斷力

F_d=堤堰下流側部分의 剪斷力에 對한 平均安全率

c. 急激한 貯水位 降下에 對한 上流側部分의 安全計算.

堰堤上流側部分에 있어 最惡의 狀態는 急激히 貯水池의 水位가 降下할때이다.

그關係를 表示하면 다음과 같으며 堤體上流側部分의 全剪斷抵抗力이 堤體 上流側 部分의 全水平 剪斷力의 2倍以上이면 安全하다.

$$R_u = W_e u \times \tan\phi + c b_u$$

$$H_u = \frac{h^2 W_s \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\phi)}{2}$$

$$F_u = \frac{R_u}{H_u} \quad \text{그런데 } F_u \geq 2 \text{ 이여야安全함.}$$

但 R_u=堤體上流側 部分의 全剪斷 抵抗力

W_eu=堤體上流側 部分의 全有效重量

b_u=上流側 法肩에서 法尾까지의 水平距離

h=堤體高 W_s=堤體上流側의 흙의 單位重量

H_u=堤體上流側 部分의 全水平剪斷力

F_u=堤體上流側 部分의 水平剪斷力에 對한 平均安全率

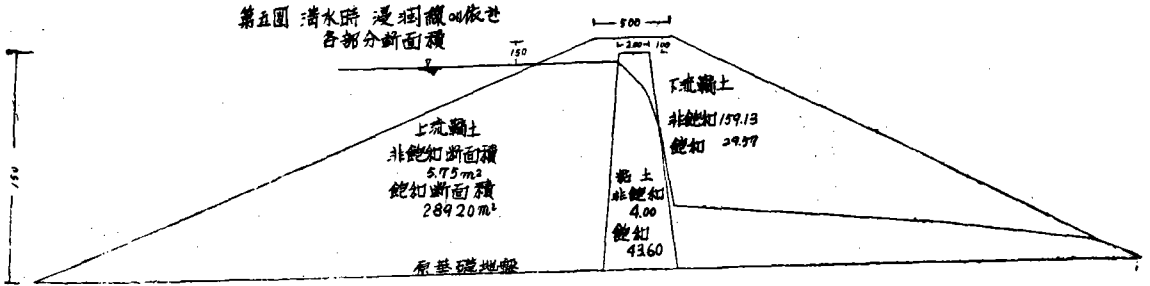
以上の 數式의 依하여 아는바와 如히 土堰堤의 安定을 左右하는것은 各 計畫의 斷面과 關聯이 있는 堰堤의 有效重量, 흙의 內部 擦摩角及 凝集力이다.

이들 中 흙의 重量은 搗固의 程度에 依하여 變化하고 特히 堰堤內部가 물로서 飽和되는 部分의 重量은 搗固結果에 依한 空隙率의 多少에 依하여 影響을 받는 것임으로 飽和되는 面積 卽 浸潤線의 位置如何는 堰堤 安定의 密接한 關係를 갖이고 있다.

VII 土堰堤의 安定計算 (例題)

第四表 堤體 各部分의 斷面積 및 條件

	上流側賴土	中心粘土	下流側賴土
非飽和斷面積	6.50m ²	4.25m ²	176.78m ²
飽和斷面積	289.20m ²	44.00m ²	79.76m ²
計	295.70m ²	48.25m ²	256.53m ²
非飽和單位重量	1.37	1.78	1.95
飽和單位重量	0.88	0.81	1.04
眞 比 重	2.71	2.6	2.69
空 隙 率	48.2%	49.5%	38.6%
tanφ	0.384	0.14	0.652



第五圖 貯水時 邊坡圓弧에 依한 各部分斷面積

a. 貯水壓의 依하여 이어나는 水平剪斷力에 對한 安全計算

堤長 1m當의 剪斷抵抗力(S) (粘着力을 無視함)

(第四表參照)

$$S = W \times \frac{b}{2} \times h \times \tan\phi = WA \cdot \tan\phi = 0.384$$

$$(1.87 \times 6.50 + 0.88 \times 289.20) + 0.652$$

$$(1.95 \times 176.78 + 1.04 \times 79.76) + 0.14$$

$$(1.78 \times 4.25 + 0.81 \times 4.40) = 0.384 \times$$

$$266.651 + 0.652 \times 327.671 + 0.14 \times 43.205$$

$$= 102.39 + 213.64 + 6.05 = 322.08$$

$$H = \frac{wh_1^2}{2} = \frac{1 \times 13.5^2}{2} = 91.125$$

$$F = \frac{S}{H} = \frac{322.08}{91.125} = 3.5 \therefore F_s \geq 2$$

b. 下流側의 水平剪斷力에 對한 安全率

$$R_d = W_{ed} \times \tan\phi + c \cdot bd$$

$$W_{ed} = 1.95 \times 176.78 + 1.04 \times 79.76 = 327.671$$

$$\therefore R_d = 327.671 \times 0.652 + 3 \times 30 = 213.641$$

$$+ 90 = 303.641$$

$$H_d = \frac{h^2 W \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\phi)}{2} + \frac{W_w h^2}{2}$$

$$W = \frac{195 \times 176.78 + 1.04 \times 79.76}{256.53} = 1.27$$

$$\tan^2(45^\circ - \frac{33^\circ - 7'}{2}) = 0.32$$

$$\therefore H_d = \frac{15^2 \times 1.27 \times 0.32 + 1 \times 12.5^2}{2}$$

$$= 45.175 + 78.175 = 123.35$$

$$\therefore F_d = \frac{R_d}{H_d} = \frac{303.641}{123.35} = 2.46$$

$$\therefore F_d > 2$$

c. 急速한 貯水位降下에 對한 上流側의 安全率

$$R_u = W_{eu} \tan\phi + c \cdot bu$$

$$W_{eu} = 1.87 \times 6.50 + 0.88 \times 289.20 = 266.651$$

$$\therefore R_u = 266.651 \times 0.384 + 8 \times 37.5 = 388.394$$

$$H_u = \frac{h^2 W_s \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\phi)}{2}$$

$$W_s = 1.88$$

$$\tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\phi) = \tan^2 34^\circ - 30' = 0.472$$

$$\therefore H_u = \frac{15^2 \times 1.88 \times 0.472}{2} = 99.828$$

$$\therefore F_u = \frac{R_u}{H_u} = \frac{388.394}{99.828} = 3.7$$

$$(\therefore F_u \geq 2)$$

VIII. 法面의 安定

a. 臨界圓의 決定

土堰堤의 法面과 같은 斜面의 勾配는 一定한 限度를 넘으면 崩壞現象이 나타난다. 그러므로 滑圓으로 斜面角肩을 지나고 基礎地盤에 接하는 圓을 試的으로 몇個 그려 安全率이 最少로 되는 圓을 그린다. 安全率이 最少라 함은 이 圓弧에 沿하여 作用하는 滑動을 防止하는 抵抗力의 總和(ΣN)를 이 圓弧에 沿하여 圓弧를 滑動시키려고 作用하는 힘의 總和(ΣT)로 除한 值(S.F)가 最少로 된다 함인데 이 最少值가 1.5以上이 되어야만 安定한 것이다. 本編에 記載한 例題는 時間關係로 臨界圓을 제대로 못차고 時間關係로 그 方法만을 알리기 爲하여 記入하였음을 미리 諒解를 求하는 바이다.

b. 作圖

먼저 말한 바와 같이 試的으로 臨界圓은 찾으면 그圖面에서 다음과 같이 하여 求한다.

1. 圓弧에 沿하여 作用하는 滑動을 防止하는 抵抗力(第六圖參照) 圓弧 ABC上의 適當한 間隙으로 1.2...6點을 定하고 中心O와 連結한다.

點 3에 對하여 說明하면 點 3에서 底面에 垂直線을 세우고 斜面과의 交點을 F라하고 F에서 O-3線에 垂直을 긋고 交點을 G라하고 \overline{OG} 의 長을 $\overline{F3}$ 線에 옮기어 그點을 3'로 한다. 이 같은 方法으로 各點마다하여 1'2'3'...6'라 하고 c에서 A까지 連結하면 이 線과 圓弧와 싸인 部分의 面積의 總和에다 흙의 單位重量을 乘하면 된다. 但 흙의 種類가 다르고 浸潤線以內 以外的 것은 各點의 單位 重量을 乘한 總和를 내어야 한다.

2. 圓弧에 沿하여 圓弧를 滑動시킬려고 作用하는 힘의 總和(ΣT),

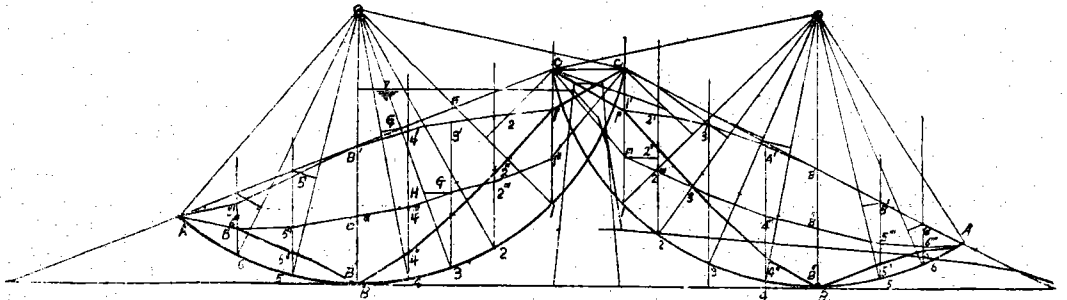
1에서와 같은 方法으로 하여서 \overline{FG} 를 얻고 \overline{FG} 의 長으로 3F線에 옮기고 그點을 3'' 卽 \overline{FG}

=33'' 되게 取한다 이와같이 各點에서 하여 1'' 2''3''...6''를 얻고 c에서 A까지 連結하면 이 線과 圓弧와 싸인 部分에 面積의 總和에다 흙의 單位重量을 乘하면 된다. 그런데 B點에 以下의 斷面積은 B點 以上의 斷面積에서 減한 斷面積으로서 計算하고 斷面積이 먼저 말한 바와 같이 條件이 다른 때는 各各 求하여 單位 重量을 乘한 總和를 求하여야 한다.

(第六圖參照)

3. 間隙水壓은 各點에 있어 土柱의 高의 $\frac{1}{2}$ 의 水壓이 作用한다고 본다. 卽 3에서 底面에 垂直線을 세우고 斜面과의 交點을 F點 3에서 $\frac{3F}{2}$ 되게 $\overline{3O}$ 線에 H點을 取하고 H에서 $\overline{3F}$ 에 垂直線은 내리고 交點을 3'''라 한다. 같은 方法으로 各點에서 行하여 1'''2'''3'''...6'''를 決定하고 C에서 A까지 連結하면 이 線과 圓弧와 싸인 斷面積이 바로 間隙水壓($\Sigma P.P$)이다. 이것은 水壓이므로 斷面積에 單位 重量 1을 乘하면 된다

第六圖



(第六圖參照)

第6圖 ΣN , ΣT , $\Sigma P.P$. 算出表

區分	上流側		下流側		
	粘土斷面積	粘土 m^2	粘土斷面積	粘土斷面積	
ΣN	200.4	12.4	172.4	13.6	
ΣT	44.0	12.4	48.4	13.6	
$\Sigma P.P$	103.6	8.4	88.4	9.6	
飽和	ΣN	156.8	9.6	42.0	10.0
狀態	ΣT	40.4	9.6	10.0	10.0

非飽和狀態	ΣN	3.6	2.8	130.4	3.6
	ΣT	3.6	2.8	38.4	3.6

◆法面安全計算 例題

- (1) 上下流側에 完成直後의 安全率
(間隙水壓은 滑面의 各點에 있어 土柱高의 $\frac{1}{2}$ 水壓과 같이 作用한다고 본다)

C=粘着力(表에有) L는 弧의 長

$$S.F = \frac{(\Sigma N - \Sigma P.P) \tan \phi + L \cdot C}{\Sigma T}$$

第 5 表

	分子의 計算							分母의 計算			S.F (安全率)	備考		
	面積	單位重量	총의全重量 (ΣN)	$\Sigma P \cdot P$	$\frac{\Sigma N - \Sigma P \cdot P}{\Sigma P \cdot P}$	$\tan \phi$	$(\frac{\Sigma N - \Sigma P \cdot P}{\Sigma P \cdot P}) \times \tan \phi$	C.L	$(\frac{\Sigma N - \Sigma P \cdot P}{\Sigma P \cdot P}) \tan \phi + C.L$	面積			單位重量	총의全重量 (ΣT)
上流側計	雜土 200.4	1.87	374,748	103.6	271,148	0.384	104.12	$\frac{8 \times 32.59}{=260.72}$	435.95	44.0	1.87	82.28		粘土
	粘土 12.4	1.78	22,072	8.4	13,672	0.14	1.81	$\frac{10 \times 6.92}{=69.2}$						
							106.03	329.92				104,352	4.177	
下流側計	雜土 172.4	1.95	336,180	88.4	247,780	0.65	161,037	$\frac{3 \times 30.90}{=92.70}$	311,762	48.4	1.95	94.38		
	粘土 13.6	1.78	23,208	9.6	13,608	0.14	1,905	$\frac{10 \times 5.61}{=56.1}$						
							162,962	148.80				118,588	2.629	

(2) 上流側에 있어 完成後 急速한 水面降下時의 安定率
(築堤材料의 무게를 水中重量에 같다고 생각한다)

第 6 表

面積	分子의 計算						分母의 計算			安全率 (S.F)	備考
	單位重量	총의全重量 (ΣN)	$\tan \phi$	$\Sigma N \tan \phi$	C.L	$\Sigma N \tan \phi + C.L$	面積	單位重量	총의全重量 (ΣT)		
雜土濕潤 3.6	1.83	6,732	0.384	2,585	$\frac{8 \times 32.59}{=260.72}$	329.92	3.6	1.87	6,732		
" 水中 196.8	0.88	173,184	0.384	66,502							
粘土濕潤 2.8	1.78	4,984	0.14	0,698	$\frac{10 \times 6.92}{=69.2}$	329.92	2.8	1.78	4,984		
" 水中 9.6	0.8	7,776	0.14	1,069							
計				70,874					55,044	5.593	

$$S.F = \frac{\Sigma N \tan \phi + C.L}{\Sigma T}$$

(3) 下流側에 있어 完成後 滿水時의 安全率

$$S.F = \frac{\tan \phi \Sigma N + C.L}{\Sigma T}$$

第 7 表

面積	分子의 計算						分母의 計算			安全率 (S.F)	備考
	單位重量	총의全重量 (ΣN)	$\tan \phi$	$\Sigma N \tan \phi$	C.L	$\Sigma N \tan \phi + C.L$	面積	單位重量	총의全重量 (ΣT)		
雜土濕潤 130.4	1.95	254,280	0.652	165,790	$\frac{3 \times 30.90}{=92.70}$	344.80	38.4	1.95	74,880		
" 水中 42.0	1.04	43,688	0.652	28,479							
粘土濕潤 3.6	1.78	6,408	0.14	0,897	$\frac{10 \times 5.61}{=36.10}$	344.80	3.6	1.78	6,408		
" 水中 10.0	0.81	8,100	0.14	1,134							
計				196.30					99,788	3.455	

(筆者: 水聯 試驗室 勤務)