# 講　座

# 透水性 基礎地盤의 浸透量(Ⅲ)

姜　　乂　　默*

## 8. 흙댐의 浸透量計算

不透水性 地盤上에 築造된 均一型 흙댐의 浸透量을 求하는 方法은 Dupuit, Schaffernak, Casagrande 및 Pavlovsky等에 의해서 提案된 方法이 利用되고 있으므로 이들 方法에 對하여 論하고 이들 方法으로 求한 浸透量을 比較하고저 한다.

### 가. Dupuit의 方法

그림.18에서 a,b는 浸潤線 即 最上部의 流線을 나타내고 댐의 單位길이當의 浸透量은 $q=kiA$와 같은 Darcy의 法則이 適用된다. 動水傾斜 i는 堤體内의 自由水面에 傾斜와 같고 깊이에 따라서 一定하다.

即 $i=\frac{dz}{dx}$, 이다.

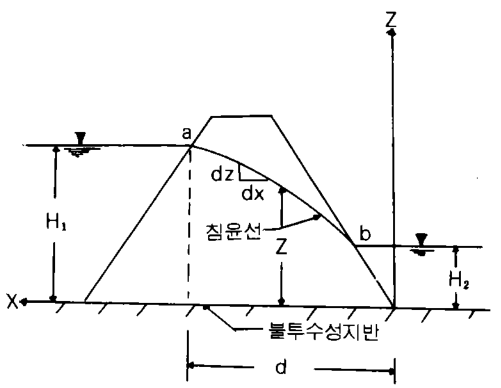


그림. 18. 흙댐의 浸透에 관한 Dupuit의 解

따라서

$$q=kiA=k\frac{dz}{dx}[(z)\cdot(1)]=k\cdot\frac{dz}{dx}\cdot z$$

$$\int_0^d q dx=\int_{H_2}^{H_1} kz\, dz$$

$$qd=\frac{k}{2}(H_1^2-H_2^2)$$

$$\therefore\ q=\frac{k}{2d}(H_1^2-H_2^2) \quad \cdots\cdots (62)$$

다만 Dupuit의 方法은 위 式을 誘導하는데 流入條件과 流出條件에 對하여 考慮하지 않았다. 따라서 $H_2=0$일때는 浸潤線은 下透水性의 表面을 교차하게 된다.

### 나. Schaffernak의 方法

浸潤線은 그림.19에서 a, b와 같으며 下流側의 浸出面은 不透水性 地盤으로부터 ℓ가되

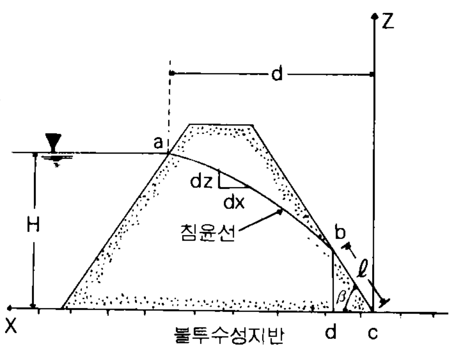


그림. 19. 흙댐의 浸透에 관한 Schaffernak의 解

* 忠南大學校 農科大學

는 點 b에서 교차되는 것으로 생각된다. 댐의 單位길이當의 浸透量은 그림. 19에서 三角形 bcd를 考慮해서 결정할 수 있다. q=kiA에서 Dupuit가 假定한 바와 같이 動水傾斜

$$i=\frac{dz}{dx}=\tan\ \beta$$

라고 하면 浸透量은 다음과 같다.

$$q=kiA=k\cdot\frac{dz}{dx}\cdot(z)\cdot(1)$$

$$=k\ell\cdot\sin\ \beta\cdot\tan\ \beta \qquad (63)$$

식(63)에서 傾斜角 $\beta$는 알고 있으므로 $\ell$을 알면 浸透量을 求할 수 있다. $\ell$은 다음과 같이 誘導된다.

식(63)에서

$$\int_{\ell\sin\beta}^{H} z\cdot dz=\int_{\ell\cos\beta}^{d}(\ell\sin\ \beta)\ \ (\tan\ \beta)\,dx$$

$$\frac{1}{2}(H^2-\ell^2\sin^2\beta)=(\ell\sin\ \beta)\ (\tan\ \beta)$$

$$(d-\ell\cos\beta)=\ell\frac{\sin^2\beta}{\cos\ \beta}(d-\ell\cos\ \beta)$$

$$\ell^2\cos\beta-2\ell d+\frac{H^2\cos\ \beta}{\sin^2\beta}=0$$

$$\ell=\frac{2d\pm\sqrt{4d^2-4[(H^2\cos^2\beta)/\sin^2\beta]}}{2\cos\ \beta}$$

$$\therefore\ell=\frac{d}{\cos\ \beta}-\sqrt{\frac{d^2}{\cos^2\beta}-\frac{H^2}{\sin^2\beta}} \ \cdots\cdots \ (64)$$

또 Schaffernak는 그림. 20에서 다음과 같이 $\ell$의 값을 求하는 圖解法을 提案하였다.

(1) 下流의 傾斜面 bc를 연장하여 a點에서 그은 垂線 ae의 연장선과의 교점을 f라고 한다.

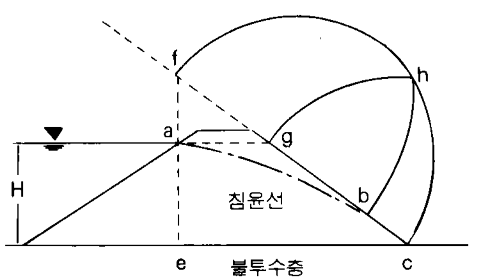


그림. 20. Schaffernak의 解를 위한 圖解法

(2) fc를 지름으로 하는 半円 fhc를 그리고 a點에서 水平線을 그어서 下流側 傾斜面과의 교점을 g라고 한다.

(3) c를 中心으로 하여 cg를 반지름으로 하는 원호 gh를 긋는다.

(4) fh를 반지름으로 하고 f點을 中心으로 円弧 hb를 그어서 b點을 求하면 bc=$\ell$이 된다.

이 方法은 A. Casagrande에 의하여 修正되었다. 即 그림. 19에서 抛物線 ab를 그림. 21에서와 같이 a′點에서 부터 始作하고 aa′=0.3△으로 取하여 식(64)에서 d는 a′와 c 點의 水平距離를 使用하도록 수정하였다.

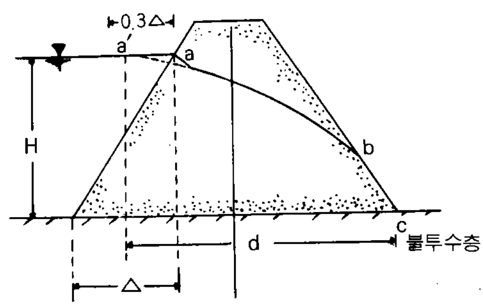


그림. 21. 식(64)에 使用하는 d의 수정

## 다. L. Casagrande의 方法

식(64)는 動水傾斜 i가 dz/dx와 같다는 Dupuit의 假定에 의해서 유도되었다. L. Casagrande는 實際條件에 近似値를 提案하여 그림. 22에서 動水傾斜를 다음과 같이 나타냈다.

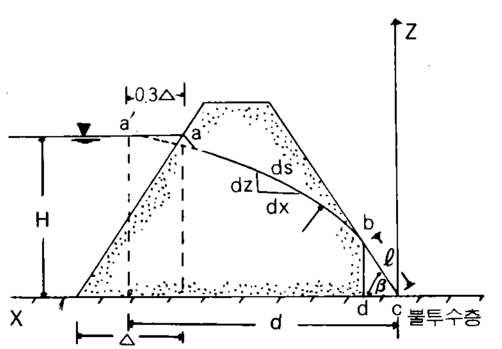


그림. 22. 흙댐의 浸透에 관한 L. Casagrande의 解

$$i=\frac{dz}{ds} \quad \cdots\cdots (65)$$

下流側의 傾斜角 $\beta$가 30°보다 크다면 Dupuit의 假定에서 求한 값은 偏差가 더욱 현저하게 나타난다.

動水傾斜를 식(65)와 같이 假定하고 浸透量은 Darcy의 法則에 의하여 $q=kiA$가 되는 것으로 한다.

그림. 22에서 三角形 bcd를 考慮하면 다음과 같은 식이 誘導된다.

$$i=\frac{dz}{ds}=\sin\beta \qquad A=(bd)\cdot(1)=\ell\sin\beta$$

$$q=kiA=k\frac{dz}{ds}A=k\sin\beta\,\ell\sin\beta=k\,\ell\sin^2\beta \quad \cdots\cdots (66)$$

식(66)에서 $\beta$는 下流側 斜面의 傾斜角으로 알려진 값이고 $\ell$을 알면 浸透量을 求할 수 있다.

$\ell$은 다음과 같이 誘導된다.

식(66)에서

$$\int_{\ell\sin\beta}^{H} z\,dz=\int_{\ell}^{s}(\ell\sin^2\beta)\,ds$$

여기서 S는 曲線 a′bc의 길이다.

$$\frac{1}{2}(H^2-\ell^2\sin^2\beta)=\ell\sin^2\beta(s-\ell)$$

$$H^2-\ell^2\sin^2\beta=2\ell s\sin^2\beta-2\ell^2\sin^2\beta$$

$$\ell^2-2\ell s+\frac{H^2}{\sin^2\beta}=0$$

위의 2次方程式을 풀어서 $\ell$을 求하면 다음과 같다.

$$\ell=S-\sqrt{S^2-\frac{H^2}{\sin^2\beta}} \quad \cdots\cdots (67)$$

여기서 S는 曲線 a′bc를 나타내나 이것을 a′c의 直線으로 槪略値를 取할때 4~5%의 誤差가 생긴다고 한다. 즉

$$S=\sqrt{d^2+H^2} \quad \cdots\cdots (68)$$

식(67)에 식(68)을 代入하여

$$\ell=\sqrt{d^2+H^2}-\sqrt{d^2-H^2\cot^2\beta} \quad \cdots\cdots (69)$$

식(69)로 求한 $\ell$의 槪略値를 使用하지 않는 解法을 Gilboy가 考案하였고 이 結果를 다시 Taylor에 의하여 그림. 23을 사용해서 $\ell$을 求하는 方法이 다음과 같이 提案되었다.

(1) 그림. 22에서 d/H를 결정한다.

(2) d/H와 $\beta$값으로 그림. 23에서 m을 결정한다.

(3) $\ell=mH/\sin\beta$에서 $\ell$을 求하고 식(66)에 의하여 浸透量을 求한다.

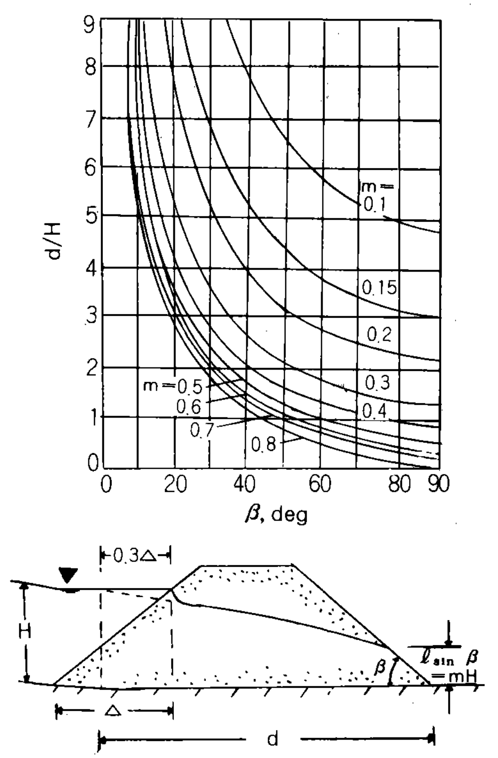


그림. 23. Gilboy의 方法에 의한 L.Casagrande 解法에 使用되는 圖表

## 라. Pavlovsky方法

이 方法은 그림. 24에서와 같이 댐의 斷面을 3個의 區域(zone)으로 分割하고 各 區域을 通過하는 浸透量은 다음과 같이 求한다.

Zone Ⅰ (面 agof)

이 區域에서는 流線이 實際로는 曲線이지만 pavlovsky는 水平線으로 代置할 수 있다고 假定하였다. 微小斷面 dz를 通過하는 浸透量은 다음 식으로 주어진다.

$$dq=ki\,dA \qquad dA=(dz)\cdot(1)=dz$$

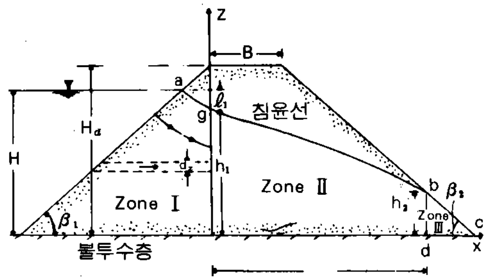


그림. 24. 흙댐의 浸透에 관한 Pavlovsky의 解

$$i=\frac{\text{損失水頭, } \ell_1}{\text{流線長}}=\frac{\ell_1}{(H_d-z)\cot\beta_1}$$

$$q=\int dq=\int_0^{h_1}\frac{k\ell_1}{(H_d-z)\cot\beta_1}dz=$$

$$=\frac{k\ \ell_1}{\cot\ \beta_1}\int_0^{h_1}\frac{dz}{H_d-z}$$

$$=\frac{k\ell_1}{\cot\ \beta_1}[-\ell n(Ha-h_1)+\ell nH_d]$$

$$=\frac{k\ell_1}{\cot\ \beta_1}\ell n\frac{H_d}{H_d-h_1}$$

$\ell_1=H-h_1$을 代入하면

$$q=\frac{k(H-h_1)}{\cot\ \beta_1}\ell n\frac{H_d}{H_d-h_1}\quad\cdots\cdots(70)$$

Zone Ⅱ (面 ogbd)

이 區域에서의 흐름은 Dupuit에 의하여 誘導된 식(62)를 사용할 수 있다.

식(62)에서 $H_1$ 代身에 $h_1$을, $H_2$ 代身에 $h_2$를, 그리고 d 代身에 L을 代入하면

$$q=\frac{k}{2L}(h_1^2-h_2^2)\quad\cdots\cdots(71)$$

로 된다. 여기서

$$L=B+(H_d-h_2)\ \cot\ \beta_2\quad\cdots\cdots(72)$$

Zone Ⅲ (面 bcd)

이 區域에서 流線은 Zone Ⅰ 에서와 같이 水平으로 假定하여 다음 식이 誘導된다.

그림-24에서

$$i=\frac{h_2}{h_2\cot\ \beta_2}=\frac{1}{\cot\ \beta_2}$$

$$g=\int dq=\int_0^{h_2}k\frac{1}{\cot\ \beta_2}dz=\frac{k\ h_2}{\cot\ \beta_2}\quad\cdots\cdots(73)$$

식 (71), (72) 및 (73)에서

$$\frac{k}{2L}(h_1^2-h_2^2)=\frac{k\ h_2}{\cot\ \beta_2}$$

$$h_2=\cot\ \beta_2\left(\frac{h_1^2-h_2^2}{2L}\right)=\cot\ \beta_2\frac{h_1^2-h_2^2}{2}$$

$$\frac{1}{B+(H_d-h_2)\ \cot\ \beta_2}$$

$$(h_1^2-h_2^2)\ \cot\ \beta_2=2h_2[B+(H_d-h_2)\cot\beta_2]$$

$$h_2^2\cot\beta_2-2(B+H_d\cot\beta_2)h_2+h_1^2\cot\beta_2=0$$

$$h_2=\frac{B}{\cot\ \beta_2}+H_d-\left(\frac{B}{\cot\ \beta_2}+H_d\right)^2-h_1^2\quad\cdots\cdots(74)$$

식(70)과 식(73)에서

$$\frac{H-h_1}{\cot\ \beta_1}\ell n\frac{H_d}{H_d-h_1}=\frac{h_2}{\cot\ \beta_2}\quad\cdots\cdots(75)$$

식(74)과 식(75)는 두개의 未知數 $h_1$과 $h_2$를 包含하고 있는데 이것은 圖解的으로 求할 수 있다(例題參照).

이들 $h_1$과 $h_2$를 알면 댐의 單位길이當의 浸透量은 식(70)이나 (71) 또는 식(73)에서 求할 수 있다.

만약 水平方向의 透水係數와 垂直方向의 透水係數가 다른 때는 댐의 斷面을 5. (농공학회지 28권 2호 26페이지)에서와 같이 $x'=\sqrt{k_z/k_x}\cdot x$의 縮尺으로 作圖해야 한다. 그리고 모든 計算은 이 縮尺으로 그린 斷面에 對하여 計算하게 된다. 또 浸透量을 求할 때의 k는 $\sqrt{k_x\cdot k_z}$를 使用한다.

〈例題〉

그림. 25와 같은 흙댐 斷面에서 댐의 浸透量($q\ m^3/sec/m$)을 Dupuit, Schaffernak, L. Casagrande 및 Pavlovsky의 方法으로 求하고 比較하라.

(1) Dupuit의 方法

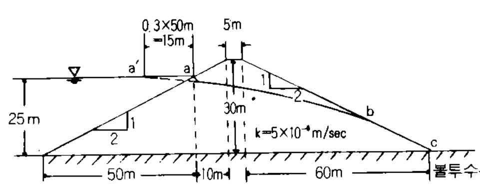


그림. 25. 堤体의 浸透量計算

식(62)에 $H_1=25m$, $H_2=0$, $d=60+5+10=75m$를 代入하면

$$q=\frac{5\times10^{-6}}{2\times75}(25)^2=2.08\times10^{-5}(m^3/see/m)$$

(2) Schaffernak의 方法

식(63)과 (64)에서 Casagrande의 修正한 d 값(그림. 21의 a'와 c의 水平距離)을 使用한다. $d=60+5+10+15=90m$.

$$\beta=\tan^{-1}\frac{1}{2}=26.57^\circ \qquad H=25m$$

$$\ell=\frac{90}{\cos 26.57^\circ}-\sqrt{\left(\frac{90}{\cos 26.57^\circ}\right)^2-\left(\frac{25}{\sin 26.57^\circ}\right)^2}$$

$=16.95m$

$q=5\times10^{-6}\times16.95(\sin 26.57^\circ)(\tan 26.57^\circ)$
$=1.896\times10^{-5}(m^3/sec/m)$

(3) L. Casagrande의 方法

그림. 23에서 $d=90m$, $H=25m$, $\frac{d}{H}=\frac{90}{25}=3.6$, $\beta=26.57^\circ$에 對한 m은 0.34를 얻는다.

$$\ell=\frac{mH}{\sin\beta}=\frac{0.34\times25}{\sin 26.57^\circ}=19.0(m)$$

$q=k\ell\sin^2\beta=5\times10^{-6}\times19.0(\sin 26.57^\circ)^2$
$=1.901\times10^{-5}(m^3/sec/m)$

(4) Pavlovsky의 方法

식(74)에 그림. 25에서 구한 값, $B=5m$, $\cot\beta_2=\cot 26.57^\circ=2$, $H_d=30m$, $H=25m$를 代入하여

$$h_2=\frac{5}{2}+30-\sqrt{\left(\frac{5}{2}+30\right)^2-h_1^2}=$$

$$32.5-\sqrt{1056.25-h_1^2} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(a)}$$

같은 方法으로 식(71)에서

$$\frac{25-h_1}{2}\ell n\frac{30}{30-h_1}=\frac{h_2}{2}$$

$$h_2=(25-h_1)\ell n\frac{30}{30-h_1} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(b)}$$

方程式(a)와 (b)는 試定法으로 푼다.

다음 表에서 계산된 $h_1$과 $h_2$의 값을 使用하여 그림. 26과 같이 作圖할 수 있고 이것으로부터 $h_1=18.9m$, $h_2=6.06m$를 求해서 식(73)에 代入하여 浸透量을 求한다.

$$q=\frac{k\ h_2}{\cot\beta_2}=\frac{5\times10^{-6}\times6.06}{2}=$$

$1.515\times10^{-5}(m^3/sec/m)$

| $h_1$(m) | $h_2$(m) [(a)식] | $h_2$(m) [(b)식] |
|---|---|---|
| 2 | 0.062 | 1.587 |
| 4 | 0.247 | 3.005 |
| 6 | 0.559 | 4.240 |
| 8 | 1.000 | 5.273 |
| 10 | 1.577 | 6.082 |
| 12 | 2.297 | 6.641 |
| 14 | 3.170 | 6.915 |
| 16 | 4.221 | 6.859 |
| 18 | 5.400 | 6.414 |
| 20 | 6.882 | 5.493 |

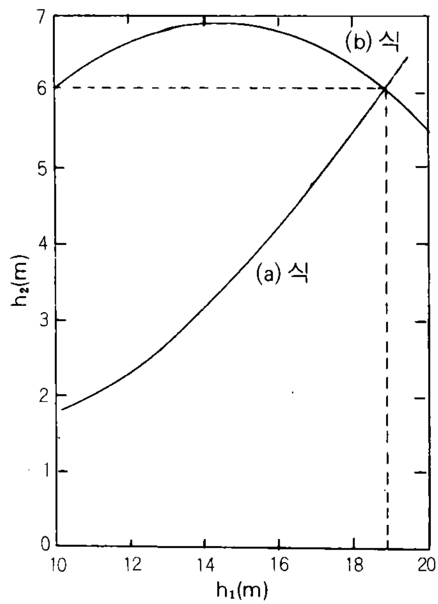


그림. 26

大體的으로 近似한 값을 나타내고 있으며 그中에서도 Dupuit의 方法이 가장 큰 값을 나타내고 Pavlovsky의 方法이 가장 작은 값을 나타냈으며 Schaffernak와 L. Casagrande의 方法은 거의 같은 값을 나타냈다.

## 9. 흙댐의 浸潤線 作圖法

흙댐의 浸透에 對한 流線網을 作圖하려면 우선 浸潤線을 먼저 決定해야 한다. 이 浸潤

線은 Casagrande가 提案한 方法으로 求한다. 그림.27에서 曲線 a′efb′c′는 c點을 焦點으로한 抛物線으로서 浸潤線과 一致하나 上流의 流入面과 下流의 流出面은 약간 차이가 있다. 따라서 上流部의 a點과 下流部의 b點을 修正하여 曲線 aefb가 實際의 浸潤線이 된다.

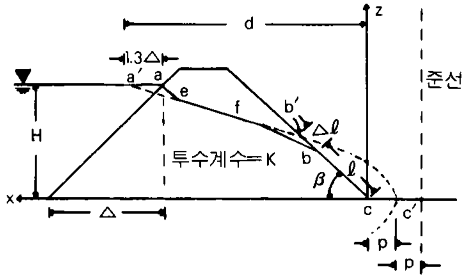


**그림. 27. 堤体의 浸潤線**

### 가. 基本抛物線의 作圖法

그림.27에서 aa′=0.3△로 取하여 抛物線 a′efb′c′는 다음과 같이 작도한다.

(1) 그림. 28에서 p=cc′이고 抛物線의 性質에서 AC=AD가 된다. 그런데

$AC=\sqrt{x^2+z^2}$, $AD=2p+x$ 이므로

$$\sqrt{x^2+z^2}=2p+x \quad \cdots\cdots (76)$$

식(76)에서 x=d, z=H를 代入하고 정리하면

$$p=\frac{1}{2}\sqrt{d^2+H^2}-d \quad \cdots\cdots (77)$$

H와 d는 알려진 값이므로 P를 계산할 수 있다.

(2) 식(76)에서

$x^2+z^2=4p^2+x^2+4px$

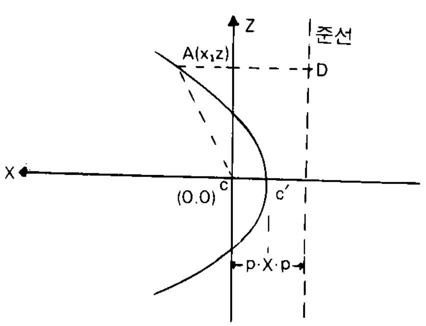


**그림. 28. 抛物線의 作圖法**

$$x=\frac{z^2-4p^2}{4p} \quad \cdots\cdots (78)$$

식(77)에서 p의 값이 계산되었으므로 z의 變化에 對한 x의 값이 식(78)로 계산되고 抛物線을 그릴 수 있다.

### 나. 浸潤線의 作圖法

그림. 27에서와 같이 作圖된 抛物線 a′efb′c′는 上流의 流入面과 下流의 流出面이 다음과 같이 修正되어야 한다.

(1) 上流側 傾斜面에서 流入部 a點에서 浸潤線은 傾斜面을 等水頭線으로 생각하여 直角으로 流入되므로 a′e를 ae로 되도록 a點에서 直角으로 그린다.

(2) 下流側 斜面의 傾斜角이 30° 보다 작을 때 (e<30°) ℓ의 값은 (64)에서 다음과 같이 구한다.

$$\ell=\frac{d}{\cos\beta}-\sqrt{\frac{d^2}{\cos^2\beta}-\frac{H^2}{\sin^2\beta}}$$

그림. 27에서 ℓ=bc로서 b點이 定해지면 曲線 fb′는 fb로 그릴 수 있다.

(3) 下流側 斜面의 傾斜角이 30°以上일때 ($\beta \geq 30°$) Casagrande가 提案한 方法으로 그림. 29에서 ℓ의 길이를 決定한도록 되어 있다. 그림.27에서 bc=ℓ, bb′=△ℓ로 하면 그림.29에서 β의 값에 의하여 △ℓ/(ℓ+△ℓ)을 구할 수 있다.

ℓ+△ℓ은 아는 값이므로 △ℓ을 求할 수 있

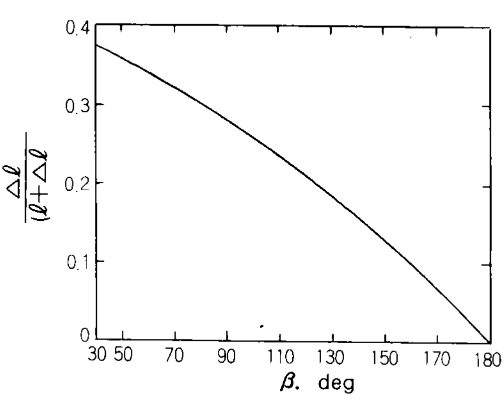


**그림. 29. 下流側 傾斜角(β)과 △ℓ/(ℓ+△ℓ)의 관계**

고 b點이 定해지면 下流側 斜面에서 fb′를 fb로 그릴 수 있다.

〈例題〉

그림. 30과 같은 흙댐에서 浸潤線을 그려라. 단 $k_x=k_z$로 한다.

(解) $\beta=\tan^{-1}(1/1.5)=33.69°$

$\triangle=21\cot 45°=21\text{m}$

$aa'=0.3\triangle=0.3\times 21=6.3\text{m}$

$d=24\cot 33.69°+5+3\cot 45°+0.3\times 21=50.3\text{m}$

식(77)에서

$$p=\frac{1}{2}\left(\sqrt{d^2+H^2}-d\right)=\frac{1}{2}\left(\sqrt{50.3^2+21^2}-50.3\right)\fallingdotseq 2.10\text{m}$$

식(78)을 사용하여 抛物線 a′efb′c의 各點에 對한 座標를 다음과 같이 計算할 수 있다.

| z (m) | x〔(78)식 참조〕 (m) |
|---|---|
| 21 | 50.40 |
| 20 | 45.52 |
| 19 | 40.88 |
| 18 | 36.47 |
| 17 | 32.30 |
| 16 | 28.38 |
| 15 | 24.69 |

위의 계산된 값으로 그림. 30의 기본 포물선을 그릴 수 있다. $cb=\ell$ 되는 b點을 구하면 다음과 같다.

線 cb′의 식은 $z=x\tan\beta$이고 抛物線의 方程式은 $x=\dfrac{z^2-4p^2}{4p}$이므로 이들 2方程式을 풀어서 b′點의 座標가 얻어진다.

$$x=\frac{z^2-4p^2}{4p}=\frac{(x\tan\beta)^2-4p^2}{4p}$$

$$x^2\tan^2 33.69°-4\times 2.1\cdot x-4\times 2.1^2=0$$

$$0.444x^2-8.4x-17.64=0$$

$$x=\frac{8.4\pm\sqrt{8.4^2+4\times 0.444\times 17.64}}{2\times 0.444}$$

$$=20.83\text{m}$$

$$\ell+\triangle\ell=cb'=\sqrt{20.83^2+20.83(\tan 33.69°)^2}$$

$$=25.03\text{m}$$

그림 29에서 $\beta=33.69°$에 對한 $\triangle\ell/(\ell+\triangle\ell)$을 求하면 0.366을 얻는다.

$\triangle\ell=0.366\times 25.03=9.16\text{m}$

$\ell=(\ell+\triangle\ell)-\triangle\ell=25.03-9.16=15.87\text{m}$

基本抛物線의 上流와 下流面에서 ae와 fb를 그려서 浸潤線 aefb를 完成한다.

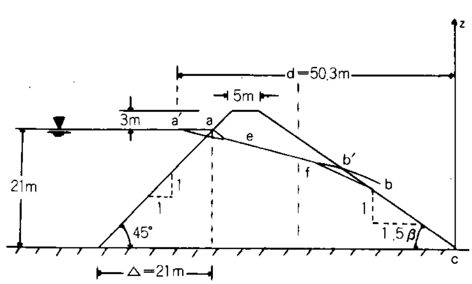


그림. 30. 堤体의 浸潤線 作圖

## 10. 흙 댐의 流線網

浸潤線의 性質과 流入, 流出 및 變換條件(transfer condition)을 가지고 흙댐에서 流線網을 그릴 수 있다.

그림. 31과 같이 垂直 및 水平方向의 透水係數가 같은 흙댐 斷面에서는 다음과 같은 順序로 流線網을 그린다.

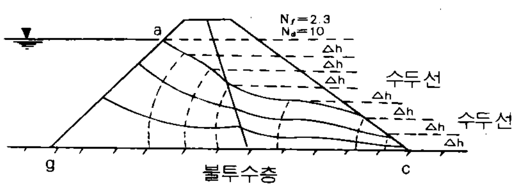


그림. 31. 堤体의 流線網作圖

(1) 앞에서 說明한 方法으로 그림.31에서와 같이 浸潤線을 그리면 ag는 等水頭線이 되고 cg는 流線이 된다.

(2) 浸潤線의 모든 點에서 壓力水頭는 0이 된다. 두個의 이웃하는 等水頭線사이의 水頭差는 이들 等水頭線이 浸潤線과 교차하는 點사이의 높이와 差와 같아야 한다. 두個의 對應하는 等水頭線 사이의 水頭損失은 같기 때

문에 流線網에서 必要로 하는 等水頭面의 數 $N_d$를 決定하고 $\Delta h=H/N_d$를 計算한다.

(3) 댐斷面에 水頭線(head line)을 그리고 水頭線과 浸潤線의 交點이 等水頭線이 始作되는 點이다.

(4) 等水頭線과 流線이 直角으로 교차하도록 流線網을 그린다.

(5) 흙댐을 通過한 浸透量은 식(25)(농공학회지 28권2호 25페이지), $q=kh\frac{N_f}{N_d}$에 의해서 계산한다.

그림. 31에서 等水頭面의 數 $N_d$는 10이고 流路의 數 $N_f$는 2.3이다. 上部의 2個는 正方形의 流路要素로 구성되고 아래의 流路는 길이와 幅의 比가 0.3程度이다.

만약 댐斷面이 水平方向과 垂直方向의 透水係數가 다르다면 5.(농공학회지 28권 2호 26페이지)에서 說明한 方法으로 變形斷面(transformed section)을 그리고 이 斷面에 對하여 流線網을 그려서 식(29)(농공학회지 28권 2호 26페이지)에 의하여 浸透量을 求한다.

댐斷面의 浸潤線이 알려져 있지 않으면 試定法으로 流線網을 作圖한다. 이方法으로 流線網을 作圖하려면 그림. 32에서 다음과 같은 順序로 作圖하면 된다.

(1) 댐斷面에 水頭線을 그리고 그림. 32(a)에서 보는 바와 같이 浸潤線의 概略的인 區劃을 그린다

(2) 그림. 32(b)에서와 같이 浸潤線 ab를 가정하고 概略的인 流線網을 그린 다음에 任意의 對應하는 2個의 等水頭線사이의 流路數를 求한다

만약 流線網이 正確히 그려졌다면 2個의 對應하는 等水頭線 사이의 流路數는 같아야 한다. 만약 같지 않다면 浸潤線과 流線 및 等水頭線을 移動하면서 修正해야 한다. 그림. 32(b)에서 화살표 방향이 修正해야할 方向을 나타낸 것이다

(3) 몇번 반복한 끝에 그림. 32(c)와 같이 修正된 最終 流線網이 얻어진다.

($N_f=1.2$, $N_d=5$)

그림 33 및 34는 흙댐 斷面에 對한 典型的인 流線網을 나타낸 것이다.

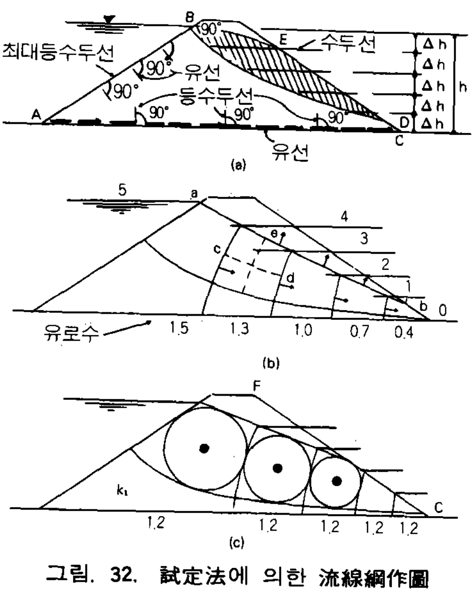


**그림. 32. 試定法에 의한 流線網作圖**

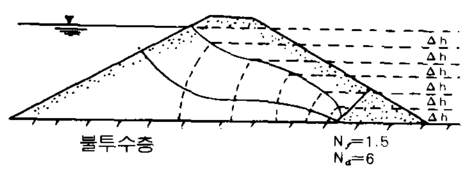


**그림. 33. 흙댐의 流線網(rock toe filter)**

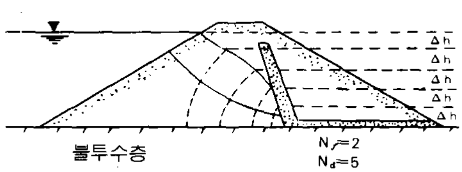


**그림. 34. 흙댐의 流線網(Chimney drain)**

그림. 35는 흙댐에서 上流部의 댐 斷面의 透水係數가 $k_1$이고 下流部의 댐斷面의 透水係數가 $k_2=5k_1$인 경우에 浸透量을 求하기 爲한 流線網을 그린 것이다.

浸潤線은 試定法으로 그린다. 그림. 10(b)(농공학회지 28권2호 28페이지)의 경우와 같이 浸透는 透水性이 낮은 흙(上流部)으로 부터 透水性이 큰 흙(下流部)으로 向해서 일어난

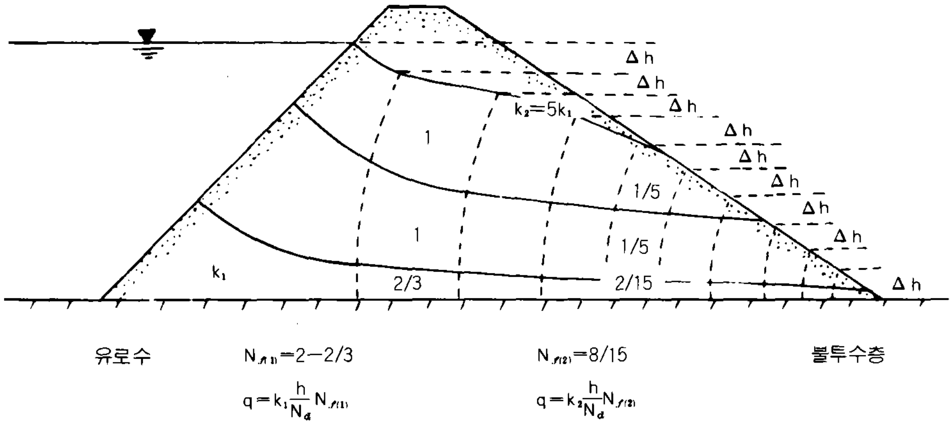


그림. 35. 존型 흙댐의 流線網

다. 식(30)에서

$$\frac{k_1}{k_2}=\frac{b_2/\ell_2}{b_1/\ell_1}$$

만약 $b_1=\ell_1$이고 $k_2=5k_1$, $b_2/\ell_2=1/5$ 이라면 댐의 上流部의 半은 正方形의 流線網을 그려야 하고, 下流部의 半은 幅과 길이의 比가 1/5인 流線網을 그려야 한다.

여기서 浸透量은 다음식을 使用하여 求한다.

$$q=k_1\frac{h}{N_d}N_{f(1)}=k_2\frac{h}{N_d}N_{f(2)}$$

여기서 $N_{f(1)}$과 $N_{f(2)}$는 透水係數가 各各 $k_1$과 $k_2$인 흙에서의 流路의 數이다.

〈끝〉