論 說, 資 料

土堰堤內 浸潤線에 關하여

李　　昌　　九

1. 侵潤線의 位置

毛細管作用의 영향이 없을만큼 대단히 粗粒土材로된 土堰堤에 있어서는 浸潤線은 實地로 飽和線인 것이다. 即 流水의 最高의 細流이다. 이 境遇에 있어서 또는 모든 다른 境遇에 있어서 浸潤線은 그 위에는 靜水壓이 없고 그 아래에는 靜水壓이 있는 線이라고 定義할 수 있다. 이 定義는 如何한 種類의 土材로 構成되었든 間에 土堰堤에 關聯하여서는 언제나 使用되는 말이라고 强調할 수 있다. 그 理由는 相當한 깊이의 毛細管作用을 받을 수 있을만치 土材가 大端히 細微한 곳에는 靜水壓이 없어도 飽和되고, 浸潤線위의 毛細管 周邊의 流水는 恒常 無視할수 있기 때문이다. 浸潤線의 文字그대로의 定義는 不充分하기 때문에 飽和線이라는 말이 새로 생겨났다. 如何間 浸潤線의 定義를 위와같이 生覺한다면 이두 術語는 同義로 생각할 수 있다. 毛細管周邊은 (特別한 硏究를 除外하고는) 큰 土堰堤에서 別로히 重大한 意味가 있는 것은 아니나 Earth Dam의 Earth Model에는 大端히 興味가 있는 것이다. 計劃한 土堰堤斷面에서 浸潤線의 位置를 大略的이나마 적어도 豫測할 수 있다면 내단히 必要한 것이다. 萬一 이 線이 礎趾보다 多少間 위에서 外側下流面을 끈케 된다면 甚한 脫落이 生길 것이고 終局에는 堤防이 欠潰되고 말 것이다.

萬一 그 堤塘의 流線網을 그릴 必要가 있다면 境界線의 하나로서의 浸潤線을 使用하면 그 節次를 簡素化할 것이다.

不透水性 土材의 基礎地盤에 設置한 均質土堰堤에 對하여는 浸潤線은 堤塘基礎地盤上의 下流面을 끊을 것이고 그렇다면 勿論 特別한 排水設備가 必要하게 될 것이다. 이와같은 境遇에 있어서 浸潤線의 位置와 下流面을 끊는 點은 오직 堤塘斷面 如何에 따라 다른 것이다. 그 位置는 堤塘을 構成한 土材가 均質로 되어있는限 그 透水度의 영향은 받지 아니한다. 假定한 條件下의 浸潤線 入口와 出口의 局部的條件에 따라 거기서 出發點을 가진 基本的 拋物線이 될 것으로 表現하여 왔다.

그림 [1]에서

B_2는 浸潤拋物線이 延長되어 水面을 끈는 點

A는 下流礎趾. 萬一 堤塘이 透水性鞘土와 不透水性인 中心土로 되어 있다면 A는 中心壁의 下流趾이다.

C는 堤塘(또는 中心壁)의 下流面과 浸潤線과의 交叉點

d는 B_2에서 A點까지의 水平距離

h는 B_2에서 A點까지의 垂直距離. 即 浸潤을 하게 하는 水頭이다.

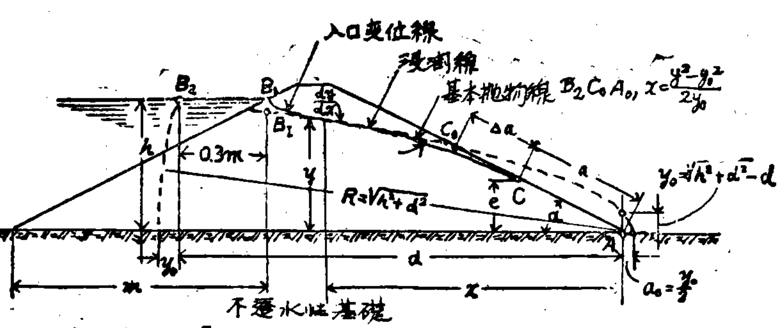


그림1. 浸潤線의 決定

a는 AC間의 距離로서 下流面의 濕潤된 部分이다.

α는 水平基底面과 下流放流面과로 이루는 內部角.

m은 濕潤된 上流側 傾斜面의 水平投影圖.

k는 堤塘(또는 中心壁)을 構成한 土材의 透水係數로 하면 土壤을 通過할 透水量은 Darcy 法則에 依하여 다음式으로서 計算된다.

$$Q=kiA$$

式中 Q…單位時間의 透水量

i …動水勾配線

A…물이 흐르는 土壤의 面積

$$i=\frac{h}{l}=\frac{\text{水頭差}}{\text{經路의 길이}}$$

流出傾斜角이 極히 적은것外의 모든 計算되는 浸潤線은 α가 180°인 境遇에 對하여 Kozeny 氏가 發表한 基本拋物線과 大略 近似하다고 Casegrande 氏는 말하였다. 萬一 Darcy 公式에서斷面積 A가 堤塘基底를 따라 어느點에서나 y로 表示되고 또 動水勾配線 i를 그點에서 浸潤線의 傾斜 $\frac{dy}{dx}$로 表示된다면 堤塘을 通過하는 滲透量은 다음 式으로 表現된다.

$$q=ky\frac{dy}{dx} \quad \cdots\cdots(1)$$

Kozeny氏는 $\alpha=180°$인 境遇에는 浸潤線은 다음 式으로서 表現될 수 있다고 하였다.

$$x=\frac{y^2-y_0^2}{2y_0} \quad \cdots\cdots(2)$$

이것은 A에 焦點을 두고 基底線에서 y_0 距離로 A에 垂直으로 交叉하는 拋物線이다. 이 拋物線은 d가 堤塘基底 넓이에서 0.7m을 差引한 것과 같고 y=h x=d인 座標를 가진 B_2에서 水面과 交叉되도록 繼續되여야 한다. 이 x와 y의 값을 (2)式에 代入하면

$$y_0=\sqrt{h^2+d^2}-d \quad \cdots\cdots(3)$$로 된다.

y_0의 값은 그림 1에서 AB_2의 斜面距離와 水面距離의 差이기 때문에 圖解式으로 容易하게 求할 수 있다.

基本拋物線이 下流面을 끈는 點 C_0는 拋物線의 極座標方程式으로서 容易하게 求할수 있으니 即

$$\gamma=\frac{P}{1-\cos\theta} \quad \cdots\cdots(4)$$

式中

γ…焦點에서 拋物線上의 點까지의 放射狀距離

P…焦點을 通하여 軸線에 垂直인데서 拋物線의 二線間을 끈는것.

θ‥拋物線과 放射線과의 角

y, γ, θ의 特別한 數値를 生覺해 보자.

$\gamma=a+\triangle a=A$에서 下流面과 基本拋物線과의 交叉點까지의 斜面距離

$P=y_0=$焦點을 지나는 垂直線으로서 拋物線의 二線間을 끈는것.

$\theta=\alpha=$下流面의 角

이와같이 하면 (4)式으로서 다음과 같치 된다.

$$a+\triangle a=\frac{y_0}{1-\cos\alpha} \quad \cdots\cdots(5)$$

그림 1을 參照하면 浸潤線과 下流面과의 交叉點 C는 基本拋物線과의 交叉點 C_0下 $\triangle a$ 距離에서 生긴다. Casagrande氏는 말하기를 $\triangle a$ 距離는 傾斜角 α가 달라짐에 따라 變하는 것인대 $\alpha=180°$인때는 0으로 된다. 다음 그림 2(b)는 流線網方法으로서 圖解式으로 硏究에 依하여 決定한 $\triangle a$ 對 $a+\triangle a$의 比를 表示한 것이다. 浸潤線의 下部端은 그림 1에서 指摘한바와 같이 눈대중으로 C에서 基本拋物線까지 變移曲線을 그으면 完成된다. 浸潤線의 下流端도 역시 눈대중으로 大略 그릴 수 있으니 그림 1에서와 같이 짧은 變移曲線은 基本拋物線과 B點에서 連結되도록 그으면 된다. 이 變移曲線은 自由水面과 交叉된 點에서 上流面과 直角으로 出發해야 한다. 堤塘이나 中心壁의 上流面이大端히 急한 傾斜로 되여 있다면 變移曲線은 反對曲線으로 된다. 浸潤線을 計算하는데 使用하는 方程式은 많이 있다. 그中 가장 簡單한 것은 浸潤線이 그下部端에서 基本拋物線($\alpha=180°$)으로서 表現되는 境遇에 對하여 誘導된 것이다.

基本拋物線인 (2)式으로서

$$y=\sqrt{2xy_0+y_0^2} \quad \cdots\cdots(6)$$

또 $$\frac{dy}{dx}=\frac{y_0}{\sqrt{xy^2+y_0^2}}$$

(1)式에서와 같이 萬若 y와 $\frac{dy}{dx}$의 값을 Darcy의 式에 代入하면

$$q=k\sqrt{2xy_0+y_0^2}\ \frac{y_0}{\sqrt{2xy_0+y_0^2}}$$

$$q=ky_0 \quad \cdots\cdots(7)$$

이 (7)式은 $\alpha=180°$인 境遇에 對한 透水量을 表示하는 것이다.

그림 2(a)를 觀察하면 通路의 平均 길이와 浸潤流의 斷面積은 30° 보다는 크나 180° 보다는

적은 角에 對하여는 若干 差位가 있다는것을 表示하고 있다.

(3)式의 y_0 값을 (7)式에 代入하면

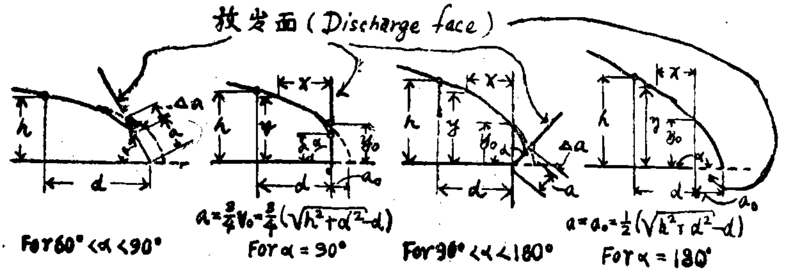
$$q = k(\sqrt{h^2-d^2} - d) \qquad \cdots\cdots(8)$$

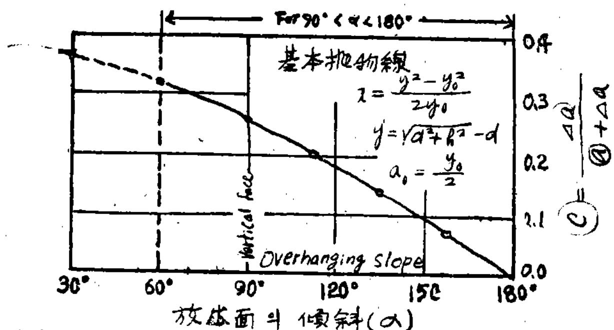
土堰堤를 設計하여야 할 大部分의 境遇에는 (8)式으로서 充分한 精密度의 浸潤을 計算할 수 있다. 放流面角 α가 30° 以下인 데는 다음 式을 使用하면 된다.

$$q = k\,a\,\sin^2\alpha \cdots\cdots(9)$$

$$a = \sqrt{h^2-d^2} - \sqrt{d^2 - h^2\cot^2\alpha} \cdots(10)$$

일때는 (9)式은 q의 값에 對하여 適當한 範圍內에서는 (8)式보다 얼마간 적은 값을 주는것이다.





그림(2). a와 Δa ... 그림(1)의 Δa와 a를 決定하는 圖表

(放流面과 基本抛物線과의 交點을 決定하면서 圖表로서 c의 값을 使用하야 △a를 減하라)

II. 垂直透水度와 水平透水度가 相異한 浸潤線

Roller로 輾壓한 堤塘에서나 물다짐 堤塘에서는 冲積土나 土堰堤內의 흙은 垂直透水度와 水平透水度와는 큰 差異가 있을 것이다. 自然的인 冲積土는 水平透水度는 垂直透水度의 4~20倍나 될 것이다.

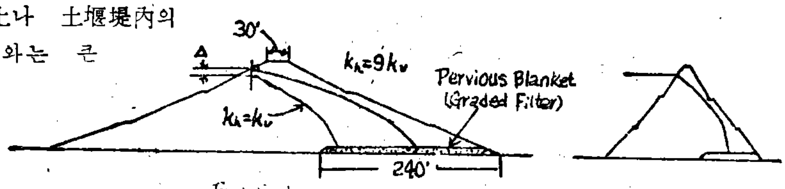


그림 (3) ...으로 된 斷面分析에 關한 變形法

浸潤線의 位置를 넣고 流線網을 그리고저하면 變形된 斷面을 利用하면 된다. 變形을 하려면 $\sqrt{\dfrac{k_v}{k_h}}$로서 眞正한 水平치수를 乘하면 된다. 여기서

k_v는 垂直方向에서의 土材의 透水係數이고

k_h는 水平方向에서의 土材의 透水係數이다.

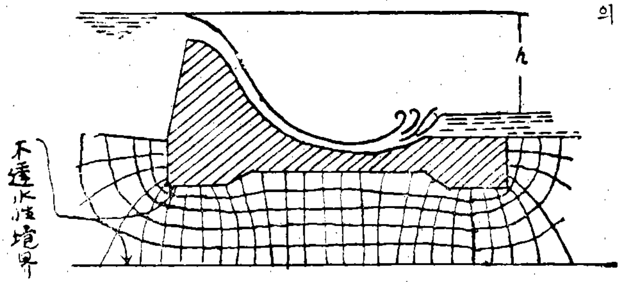
浸潤과 流線網은 이와같이 하여 同質이고 均質인 土壤에서는 같은 方法으로서 求하게 되며 浸潤線과 流線網을 包含한 치수는 올바른 斷面으로 變形하여야 한다. 水平透水度가 垂直透水度의 9倍로 될 境遇에 對한 變形은 그림 (3)에 表示하여 있다.

III. 流線網

流線網은 많이 應用된다. 그러나 여기서는 土壤을 通過하는 水流의 二次元에 限한다. 그 流線網은 서로 直角으로 된 두쌍의 曲線으로 되여 있다. 그 交點은 相似한 矩形을 만드러 그 矩形이 正方形이 되도록 因子를 擇하는 것이 모든 問題에 있어서 便利하다.

한쌍으로 된 流線은 實地로 土壤을 흐르는 纖細한 물로서 取하여진 通路이다. 이 流線에 垂直한 다른線은 同一한 等位線上의 어느 點에 세운 水壓測定器(Piezometer)內의 水表面의 높이가 같아질 것임으로 等位線이라고 불러진다. 이 두 線中에 있는 어느 點은 이線의 모든 다른 點과 같이 同一한 水壓損失을 表示할 것이다. 어

느 두개의 隣接한 等位線間의 距離는 어느 다른 두개의 隣接한 等位線間의 距離로서 同一한 損失水頭를 表示한다.



그림(4) 砂土上에 築造한 Concrete Dam下의 流線網

같은 모양으로 어느 두 隣接한 流線間의 距離는 어느 다른 두 流線間의 같은 流水의 同一한 增加를 表示한다.

流線網을 그리는 것은 잘한다하여도 取捨試案하는데 大端히 煩雜한 過程이다. 堤塘의 不透水性基底와 基礎地盤의 不透水尸間의 均質土壤을 通過하는 境遇에서와 같이 境界를 알게되면 流線網을 만드는 것은 比較的 簡單하다. 土堰堤와 그 基礎地盤을 通過하는 流線網에 對하여는 于先 浸潤線의 位置를 算定하고 또 大略的인 다른 方法으로서 定해도 좋다. 하나는 上部境界線을

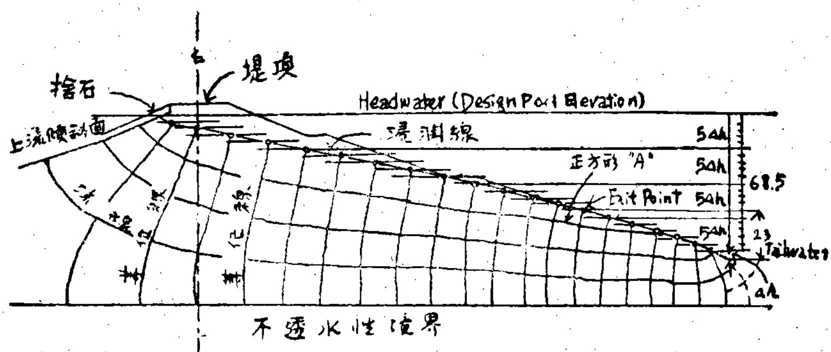


그림 (5) 均質土材이고 下流側斜面은 平扁한 堤堤에 対한 流線網

가질 것이다. 浸潤線은 流線網의 水流線의 하나 이고 따라서 等位線은 直角으로 또 같은 垂直間隙으로 交叉될 것이다. 下部境界는 不透水性基礎地盤으로 될것이고 或은 基礎地盤內의 不透水尸으로 될 것인대 萬一 未知이라면 實地에 맞도록 近似하게 決定할 것이다. 그림 (5)와 그림(6)은 不透水性基礎地盤上의 土堰堤을 通過하는 多少代表的인 流線網을 表示한 것이다. Arthur Casagrande는 流線網을 만드려야할 技術者에게特別한 暗示를 주었다.

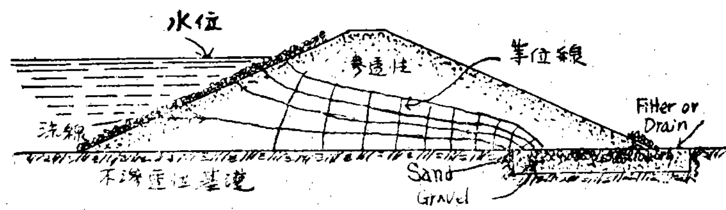
(1) 잘 만드러진 流線網의 外貌를 硏究할 모든 機會를 利用하라. 그림이 心中에 잘 納得이 간다면 利用한 解答을 보지 말고 같은 流線網을 그려보도록 하라. 即 滿足한 方法으로서 流線網을 그릴 수 있을때까지 이것을 反復하여라.

(2) 첫 試驗으로서는 4~5個의 流路만으로 普通은 充分하다. 너무 많은 流路를 使用하면 重要한 特性에 注意가 散慢케 된다.

(3) 全體의 流線網의 外貌를 恒常 注意하라. 全體의 流線網이 大略 바르게 되기 前에는 詳細히 修正하려 하지말어라.

(4) 流線이 大略 直線으로 되고 또는 平行으로 되어야 할 流線網의 部分도 가끔 있다. 그리하면 流路는 大略 같은 넓이이고 또 4邊形은 크기에 있어서 均一하다. 直線으로 되어 있다고 假定을 하여서 이와 같은 斷面內에 流線網을 그리기 始作하면 누구나 容易하게 그릴 수 있다.

(5) 平行된 境界線으로 限定되고 局限된 區域의 流線網은 楕圓形의 曲線으



그림(6) 均質土材이나 排水組織이 있는 堰堤에 対한 流線網

로 對稱的으로 되는수가 가끔 있다.

(6) 初心者는 流線이나 等位線의 直線部와 曲線部間에 너무 銳利한 變位를 그려서 틀리게 그리는것이 普通이다. 모든 變位는 楕圓形이나 抛物線으로 圓滑하게 해야한다. 各流路에 있어서 正方形의 크기는 漸次的으로 變化시켜야 한다.

(7) 一般으로 流路의 第一次假定은 全體가 正方形을 이루는 流線網으로 되지 않는다. 任意數의 流路에 相當 하는 서로 隣接한 等位線間의 水頭降下는 全水頭降下를 普通等分하지 않는다. 그럼으로 流線網을 全部 完成했을 때는 一連의 矩形이 될것이다. 一般目的으로서는 이것은 不利한 點은 없고 最後의 列은 矩形의 邊比를 槪算하는데 考慮하게 된다. 萬一 外觀때문에 全斷面을 正方形으로 다시 만들 必要가 있다면 補揷으로나 새 出發로 流線數를 變更하면 된다. 更正의 必要性이 대단히 적지 않는한 隣接한 領域을 調整하여 無理하게 正方形이 되도록 하여서는 안된다.

(8) 境界條件은 流線에 特殊性을 나타낼 것이다.

(9) 空氣와 接觸하고 있는 放出面은 流線도 아니고 等位線도 아니다. 그러므로 이와같은 境界線을 따르는 正方形은 不完全한 것이다. 그러나 이와같은 境界線은 等位線과 交叉되는 點間에 浸潤線이 同一한 水頭低下에 關係되는 바와 같이 同一한 條件으로서 完成되어야 한다.

IV. 混成斷面 土堰堤의 浸潤線

鞘土는 極히 滲透性이고 中央斷面은 埴質粘土와 같이 高度의 不透水性土材로 構成된 土堰堤에 있어서는 그것이 堅固하고 比較的 不透水性基礎地盤上에 築造된다면 安全度와 水密性의 두觀點에서 大端히 重要한 堰堤形式의 하나이다. 이와 같은 堤塘斷面은 그림 (7)에 表示하였다. 砂礫鞘土는 粘質埴土中央部分에 比하여 數百倍의 透水性을 가진것임은 疑心할 餘地가 없다. 上部의 滲透性鞘土는 實地로 飽和線의 位置에는 아무런 영향도 없고 下流의 滲透性鞘土는 排水溝로서 作用할 것이다. 이 透水度의 巨大한 差異에 依하여 鞘土는 中央部에서는 浸潤線의 位置에는 實地로 영향되지 않는다. 그 結果 浸潤線의 位置도 앞에서 記述한 것과 같이 中央斷面에 對하여 決定해야 한다.

堤塘下流側 透水性鞘土에서는 浸潤線은 中央의 不透水性斷面을 通해서 下流面鞘土에 흘러내린 若干의 水量때문에 그로 因하여 生起는 水頭인 아주 작은 下流水位上으로 올라갈 것이다. 이와 같은 下流側 斷面에 對한 大略的인 浸潤線의 位置는 그림 (7)에 表示되여 있다. 浸潤線의 位置가 堤塘의 가장 不透水性인 部分에 對해서 注意깊게 決定되기만 하였다면 全混成堤塘全斷面에 對한 浸潤線을 正確한 方法으로 決定할 必要性은 거의 없다. 堤塘의 各部分의 透水係數가 相當히 近接할때는 全斷面을 通한 浸潤線의 位置를 求할 必要가 있는 것이다. 이와 같은 計算을 遂行하는데 重要한 것은 그斷面의 어느 點에서나 流量은 同一하다는 것을 잊어서는 안되는 것이다. 浸潤線과 境界線과의 理論的 交叉點은 各斷面을 通하는 計算된 流量이 同一할때까지 假定하고 變更한다

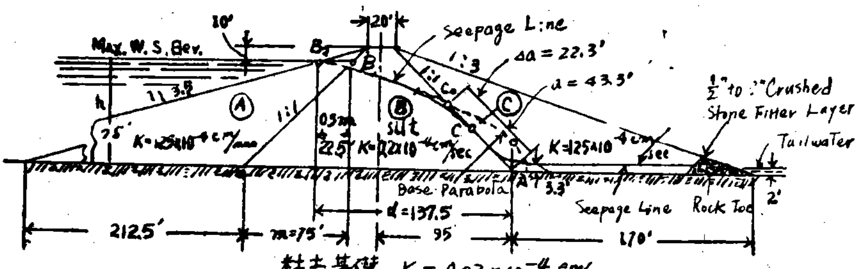


그림 (7) 堤成斷面內의 浸潤線決定

V. 混成斷面內의 浸潤線의 位置

하나의 例로써 그림 (7)에 圖示한 混成土堰堤斷面을 考察할 수 있다. 基礎地盤은 比較的不透水性인 粘土이고 堤塘의 上下流部는 自然的 砂礫의 混合物로 되여서 아주 滲透性인데 堤塘中央部는 比較的 不透水性 Silt로 되여있다.

例. 于先 (2)式으로서 基本抛物線을 그린다. y_o의 값은 (3)式으로서 求하게 되는데 h=75.0

$d=137.5$ 이면 $y_o=19.2$, $m=75$이다.

(6)式에다 y_o의 값을 代入하여서 x의 값에 相應하는 y의 값을 求할 수 있고 또 x, y의 값으로서 基本抛物線을 그릴 수 있다. (그림 (1) 참조)

$x=d$, $y=h$이면 基本抛物線은 中央의 不透水性 斷面의 上流面과 自由水面과의 交叉點에서 0.3m (22.5ft) 上流에 位置한 B_2 點을 通할것이다. (그림 (7))

下流面과 基本抛物線의 交點 C_o는 極座標方程式인 (5)式으로서 求하게 된다.

$$a+\triangle a=\frac{19.2}{1-0.707}=65.6 \text{ 呎}$$

그림2 (b)에서 $\alpha=45°$이면 $\frac{\triangle a}{a+\triangle a}$의 값은 0.34 $\triangle a=0.34\times65.6=22.3$ 呎 그러므로 C點은 $65.6-22.3=43.3$ 呎인데 A點에서부터 下流面을 따라 測定한다. C點에서부터 基本抛物線까지 짧은 變移曲線을 그려서 下流端에서의 浸潤線을 完成한다 浸潤線의 上流端은 그림 (7)에서 보는바와 같이 짧은 變移曲線을 그려서 完成한다. 堤塘單位넓이 當 滲出流量은 (8)式으로서 計算된다.

$$q=k(\sqrt{d^2+h^2}-d)$$
$$k=0.2\times10^{-4}\text{cm/sec}=0.4\times10^{-4}\text{ft/min.}$$

그러면 $q=0.0004(\sqrt{137.2^2+75^2}-137.5)$
$=0.00076$ 立方呎/分

勿論 이것은 또한 透水係數가 125×10^{-4}cm/sec (0.025 呎/分)인 그림 (7)의 下流側 透水斷面을 通過하는 流量으로도 된다. 그림(7)에서 下流側 鞘土의 礎趾에서의 浸潤線은 下流水에 依하여 不透水性 基礎地盤面上 2呎로서 表示되고 있다. Darcy 公式은 다음과 같이 下流側鞘土內의 浸潤線의 大略的인 位置를 決定하는데 使用된다.

A' 는 鞘土의 礎趾에서의 浸潤線에서의 높이 (=2呎)를 나타내고, h' 는 鞘土內의 浸潤線의 標高差, l는 鞘土內의 滲透路長 (110呎), k' 는 鞘土의 透水係數 $(=125\times10^{-4}\text{ft/min})$로 하면

$$q=k'iA=k'\frac{h'}{l}\left(A'+\frac{h'}{2}\right)\cdots\cdots\cdots(12)$$

式中 q…中心土를 通過하는 透水量과 同一하며 0.00076Cu. ft/sec이다.

$A'+\frac{h'}{2}$…………平均斷面積

$\frac{h'}{l}$………………平均動水勾配

$$0.00076=0.225\times\frac{h'}{110}\left(2+\frac{h'}{2}\right)$$
$$h'^2+4h'=6.7$$
$$\therefore h'=1.27\text{呎}\fallingdotseq1.3\text{呎}$$

이와같이 하면 浸潤線의 높이는 鞘土의 上流端에서는 不透水性 基礎地盤上 1.3+2 即 3.3呎이다.

이와같이 하면 充分한 正確度로서 그림 (7)에 對한 浸潤線을 完成할수가 있다. 上流側 滲透斷面에 比하여 大端히 透水性임으로 浸潤線에는 事實上 아무 영향이 없다. 그러므로 이 斷面을 通하는 浸潤線은 그림과 같이 直線이 된다.

比較的 不透水性인 堤塘中央斷面入口에서는 浸潤線은 傾斜面에 大略 直角으로 들어가나 既述한바와같이 決定한 理論的 浸潤抛物線과 合해지도록 即時 彎曲될 것이다. 中央不透水性 斷面의 下流側 放出面에서의 浸潤線은 下流水의 영향을 받지 않는한 放出面의 傾斜과 거의 同一方向으로 계속될 것이다. 勿論 여기에서 下流側斷面은 比較的透水性이라고 假定한 것이다. 그림 (7)에서 주어진 條件으로서는 下流斷面을 지나는 浸潤線의 位置를 決定하는 滿足한 方法은 既知일 것이고 出口點에서 부터 不透水性 中央部에 對한 變移는 變移曲線으로서 容易하게 그려넣을 수 있을 것이다.

VI. 浸潤線의 位置를 豫測하는 槪略的인 方法

그림 (1)을 參考하면 不透水性 堤塘基底에서부터 浸潤線의 交叉點까지의 垂直距離 e는 大略 h/3이다. 그림 6에서 堤塘을 通하는 流量은 方程式으로서 說明할 수 있다.

$$q=\frac{k(h-e)(h+e)}{l}\ \frac{(h+e)}{2}$$
$$=\frac{k}{2}\ \frac{(h^2-e^2)}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

여기에서 l는 平均滲透路長이다.

$$l=2(h+z)\cot\alpha+w-0.7h\cot\alpha-\frac{e}{2}\cot\alpha$$
$$=\left(1.3h+2z-\frac{e}{2}\right)\cot\alpha+w$$

式中 z=上流水面에서 堤頂까지의 垂直距離
w=堤頂幅

위의 것은 堤塘 單位巾員에 適用되는 簡單한 Darcy 法則이며 平均放出面은 $\frac{h+e}{2}$로 假定하

는 것이다. 이 式은 比較的 느린 傾斜에 對한 (9)式과는 아주 一致되며 1 : 1.0 ($\alpha=45°$)과 같이 急한 傾斜의 값보다는 約 10% 더 크다는 것을 指摘한다. q가 最大인때 e의 값은 試行誤差法에 依하여 或은 微分에 依하여 決定될 것이며 約 1 : 1 보다 緩한 放出傾斜에 對하여서는 大略 h/3와 같다. 이리하여 放出面과 浸潤線과의 交叉點이 正接하는 C의 位置를 定하게 된다. k의 値의 變化는 이 關係에서는 아무 變化도 이르키지 않는다.

(13)式의 (e)에 h/3를 代入하면

$$q=k\frac{(h^2-h^2/9)}{2l}=\frac{4kh^2}{9l}\cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$

이리하여 다음 그림 (8)에 對한 大略的인 方法은 $e=\frac{h}{3}=\frac{75}{3}=25$呎로 된다. 便宜上 그림 (7)의 中央部 (B)를 그림 (8)에 다시 그려 보자. e=25呎를 使用하여 C(浸潤線과 放出面과의 交叉點)는 그림 (8)에 그려진다. 다음에 最高水面上 0.3m 되는 點에서 始作하여 上流面(여기서는 22.5呎)에서 그림 (8)의 C點에 接하는 浸潤 線을그린다.

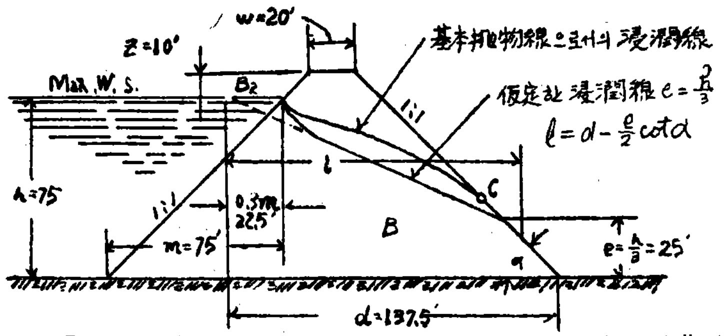
結局에 大略 實地의 浸潤線을 얻기 爲하여 그림 (8)에서와 같이 浸潤正接線과 連結되는 上流面에 垂直하고 曲線을 이루는 入口의 變位曲線을 그려 넣어라 平均滲透路長은 (14)式에서

$$l=\left(1.3+75+2\times10-\frac{25}{2}\right)\times1+20=125\text{呎}$$

呎當넓이의 堤塘을 通하는 滲透量은 (14)式으로부터 다음같이 計算된다.

$$q=\frac{4\times0.00004\times75^2}{9\times125}$$
$$=0.0008\text{Cuft/min/lim. ft}$$

이것은 同一堤塘에 對하여 (8)式으로서 計算한 q=0.00076Cu.ft/min/Lim.ft에 匹敵한 것이다. 이 두流量값은 實地堤塘에 對하여 平均透水率을 推算하는 것보다 더 正確하게 一致된다. 그럼으로 浸潤線의 位置를 넣고 滲透量을 計算하는 方法을 實地目的에 있어서 理解할 수 있을 것이다.



그림(8) 浸潤抛物線과 大略的인 方法으로 作圖한 浸潤抛物線과의 比較

(筆者, 서울大農大農工科長)

$K_1 = 0.3 \times 10^{-6}$ cm/sec

$K_2 = 1.24 \times 10^{-5}$