

# 透水性 地盤內의 浸透經路 解析

李 培 浩

우리는 透水性 地盤위에 取入堰과 같은 콘크리트 또는 石造의 水理 構造物을 設置하는 境遇가 많다. 이때의 構造物은 그 自重의 不安定에 依하기 보다 基礎地盤에 있어서 透수로 因한 파이핑에 依하여 破壞되는 일이 많다.

파이핑은 構造物의 上下流에 있어서 그 有効水頭差에 依한 基礎地盤內의 透수로 因하여 일어나므로 透水徑路 即 浸透徑路의 길이는 파이핑을 防止하는데 要因이 된다고 하겠다.

다음에 이 浸透徑路의 길이를 計算하는 合理的인 方法을 紹介하러 한다.

## 1. 概 說

透水性 地盤위의 水理 構造物이 基礎地盤內의 透수로 因한 파이핑에 依하여 破壞된다고 하면 地盤內의 浸水徑路의 길이는 構造物의 上下流에서 作用하는 有効水頭差에 對하여 安全한 것이어야 할 것이며 또한 이 길이는 같은 水頭差에 對해서도 基礎地盤의 透水抵抗에 따라 다르게 된다.

現在 우리가 쓰고 있는 블라이氏의 族法에서는 浸透徑路가 構造物과 基礎地盤의 接觸面에 沿하여 일어나며 또 浸透徑路를 沿하여 그 透水抵抗이 一樣하다고 假定하고 있다. 그리고 테르자기氏의 流路網에 依한 方法에서는 地盤의 接觸面을 沿한 透수와 直接 地盤內의 透수가 그 透水抵抗에 있어서 均一하다고 假定하므로써 實際와 相異한 結果를 나타내고 있다.

이에 對하여 多數의 既存 構造物에서 測定한 資料에 依하면 水平 또는 45° 以下의 傾斜를 가진 接觸面을 沿한(水平透수) 透水抵抗은 鉛直 또는 45° 以上의 傾斜를 가진 接觸面을 沿한(鉛直透수)것에 比하여 3分之1 밖에 되지 않으며 直接 地盤內의(捷徑路) 透水抵抗은 鉛直透수의 約 2倍라고 한다.

다음에 이러한 結果를 利用하여 浸透徑路의

길이를 더 合理的으로 計算하는 方法을 記述코저 한다.

## II. 重量付 浸透徑路의 길이

透水性 地盤위에 있는 構造物의 基礎地盤에서 일어나는 透水現象은 構造物과 基礎地盤의 接觸面을 沿해서 일어나는 것과 直接 地盤內를 透過하는 것으로 나누어 生覺할 수 있다.

一般으로 透수에 依한 構造物의 破壞는 前者인 基礎의 接觸面을 沿한 透수에 依하는 境遇가 많으며 이때 浸透徑路를 沿한 透水抵抗은 레인氏의 調査에 依하면 前節에서 略記한 바와 같이 鉛直透수에 對하여 水平透수가 3分之1, 直接 地盤內의 透수가 約 2倍라고 한다. (여기서 水平透수라 함은 浸透徑路가 水平 또는 45° 以下인 境遇이고 鉛直透수는 鉛直 또는 45° 以上인 境遇이다. 그리고 透水抵抗은 鉛直透수에 對하여 單位 1을 取하며 또 基礎地盤은 均等質임을 前提로 한다.)

따라서 基礎의 接觸面을 鉛한 重量付 浸透徑路의 길이는 다음 式으로 表示할 수 있다. 即

$$L = V + \frac{1}{3}H \dots\dots\dots(1)$$

여기서

L = 總 重量付 浸透距離

V = 鉛直 透水距離

H = 水平 透水距離

그리고 1個의 浸透徑路위에 있는 2點사이에서는 地盤內를 直接 透수하는 捷徑路의 길이가 그들 사이에 있는 基礎의 接觸面을 沿한 重量付 浸透徑路의 길이의 半보다 짧을 때는 捷徑路가 形成되는 것으로 하며 이러한 捷徑路가 部分的으로 存在하는 境遇의 總 浸透徑路의 길이는 다음 式으로 表示된다. 即

$$L = V + \frac{1}{3}H + 2H, \dots\dots\dots(2)$$

여기서

$H_s$  = 捷徑路의 길이

1個 構造物의 基礎地盤에서 可能한 浸透經路가 1個 以上이면 各 經路에 對한 總 重量付 浸透經路의 長이가 가장 작은것을 取하여 安定을 檢討하고 必要한 計算을 한다.

그리고 基礎地盤의 一部를 다지거나 또는 다른 材料를 鋪設하여 原地盤과 그 透水抵抗이 相異하게 되면 이들 部分에 對한 浸透距離는 原地盤에 對한 透水抵抗의 重量比로서 修正해서 쓰게 된다.

### Ⅲ. 重量付 安全 浸透比

上記한 總 重量付 浸透經路의 長이  $L$ 를 構造物의 上下流에서 作用하는 有効水頭差  $H$ 로서 나눈 값을 浸水經路의 長이 對 水頭의 比라 하고 略해서 浸透比라고 한다. 卽

$$L/H = P_f \dots\dots\dots(3)$$

여기서

$L$  = 總 重量付 浸透經路의 長이

$H$  = 有効 水頭差

$P_f$  = 浸透比

透水性 地盤위에 設置된 構造物이 安全을 維持하려면 基礎地盤內에 파이핑이 일어나지 않아야 하므로 設定된 水頭差에 對하여 總 重量付 浸透經路의 長이가 어느 倍數以上이라야 할 것이다.

이에 關해서는 實測한 資料에 準해서 各種의 基礎地盤의 材料에 對하여 파이핑을 形成하지 않는 安全한 浸透比를 決定하고 있다.

그러므로 1個의 構造物에서 基礎地盤의 可能한 모든 浸透經路에 對한 浸透比는 表記한 重量付 安全 浸透比 보다 크야 한다.

表 1. 重量付 安全 浸透比

材料別	重量付安全浸透比	블라이氏의係數
微細砂 또는 泥土	8.5	18
細砂	7.0	15
中粒砂	6.0	—
粗砂	5.0	12
細礫	4.0	—
中粒礫	3.5	—
礫과 砂混合	—	9
栗石 섞인 粗粒礫	3.0	—
栗石과 礫이 섞인 轉石	2.5	—

轉石礫 및 砂混合	—	4~6
軟粘土	3.0	—
中粘土	2.0	—
重粘土	1.8	—
硬粘土	1.6	—

이와같은 解析에 依하면 總 浸透經路의 長이는 構造物의 基礎地盤의 安全上 重要한 것이며 이것을 必要한 만치 길게 하는에는 鉛直距離를 크게 해야 할 必要가 있으며 實際로는 遮水壁으로서 이 目的을 達成할 수 있다. 이때 遮水壁으로는 止水가 完全한 練積石, 콩크리트 및 緊結된 鋼鐵板 등을 쓸수 있으며 이들 壁體의 上端은 構造物의 基礎面에 잘 連續되어야 한다. 그러므로 木鐵板은 構造物의 下流 末端部의 洗堀防止를 위해서 施工할 수 있으나 透水에 對한 遮水는 되지 않는다.

위에서 表記한 安全 浸透比는 構造物의 重要性에 따라 2割까지 減할 수 있으며 排水孔 또는 水拔孔이 제대로 作用하는 境遇에는 1割 減해서 適用할 수 있다.

### Ⅳ. 基礎面下의 揚壓力 計算

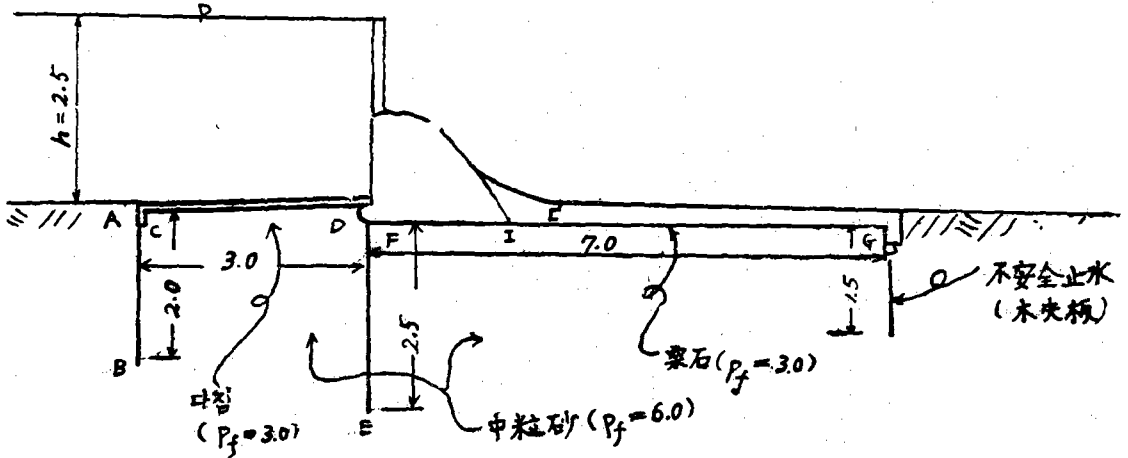
浸透性 地盤위에 設置된 水理 構造物의 基礎面에 미치는 浸透水의 揚壓力은 構造物의 安定에 重要한 要素가 되며 이것을 算定하는데는 앞에서 記述한 래인의 重量付 浸透經路의 解析法을 適用하면 實際에 近似한 結果를 얻을 수 있다. 卽 揚壓力은 基礎面을 沿한 浸透水의 透水壓에 依하는 것으로서 浸透經路위에 있는 基礎面의 各點에서의 透水壓 卽 揚壓力은 이들 各點에서의 全間隔 水壓에서 重量付 浸透經路의 長이의 距離比에 따르는 全有效水頭의 降下量을 除하므로써 얻어진다.

2個의 遮水壁이 近接하여 이들의 下端을 直結하는 捷徑路가 생기게 되는 境遇에는 이들 2點 사이의 水壓降下을 그 사이에 있는 基礎面을 沿한 重量付 浸透經路의 長이의 比率로 按分하여 基礎面을 沿한 揚壓力으로 修正하게 된다.

以上の 方法으로서 可能한 浸透經路에 對한 揚壓力을 計算하여 構造物의 安定上 가장 危險한 境遇를 擇해서 다른 作用荷重과 結合하여 構造物의 安定을 檢討한다.

### V. 計算 例

다음 그림과 같은 中粒砂 地盤위의 取入堰에 對하여 堰體下의 揚壓力을 求하려 한다.



1. 基礎地盤의 安定浸透比

表 1에서 中粒砂에 對한 浸透比가  $P_f=6.0$  이다 C-D에서는 다짐으로서 透水抵抗을 2倍로 보면  $P_f=3.0$ 된다. 그리고 F-G에서는 栗石을 舖設하므로써 表 1에서  $P_f=3.0$ 된다. 그러므로 C-D와 F-G에서는 水平浸透距離 H를 各各  $\frac{6.0}{3.0}$  即 2部로 해서 (1) 또는 (2) 式에 代入한다.

2. 可能的 浸透徑路

- a. A-B-C-D-E-F-G.
- b. A-B-C-D-E-G.
- c. A-B-E-F-G.
- d. A-B-E-G.

여기서 B-E와 E-G 區間에 對한 捷徑路의 可能性을 檢討하면

B-E :  $\sqrt{3^2 + (2.5-2.0)^2} = 3.04$

B-C-D-E :

$2.0 + \frac{1}{3}(2 \times 3) + 2.5 = 6.5$

$6.5/3.04 = 2.15 > 2.0$

故로 B-E 區間에서 捷徑路가 생긴다.

E-G :  $\sqrt{(2.5)^2 + 7^2} = 7.43$

E-F-G :  $2.5 + \frac{1}{3}(2 \times 7.0) = 7.17$

$7.17/7.43 = 0.96 < 2.0$

故로 E-G 區間에는 捷徑路가 생기지 않는다. 따라서 위의 4個徑路에서 b와 d는 除外되고 a와 c 即 A-B-C-D-E-F-G와 A-B-E-F-G의 2個徑路에 對해서만 透水에 實한 安全과 基礎面下의 揚壓力을 計算한다.

3. 浸透徑路의 安全檢定

- a. A-B-C-D-E-F-G

$L_e = 2 + 2 + \frac{1}{3}(2 \times 3) + 2.5 + 2.5 + \frac{1}{3}(2 \times 7) = 15.67$

$P_{f_e} = L_e/h = 15.67/2.5 = 6.27 > 6$

故로 安全

- b. A-B-E-F-G

$L_b = 2 + 2 \times 3.04 + 2.5 + \frac{1}{3}(2 \times 7) = 15.25$

$P_{f_b} = L_b/h = 15.25/2.5 = 6.01 > 6$

故로 安全

4. 揚壓力

- a. A-B-C-D-E-F-G.

點點	間量	右	累加距離	加水距離	頭下水	全水頭	揚壓力全水頭一水頭降下
點點	間量	右	累加距離	加水距離	頭下水	全水頭	揚壓力全水頭一水頭降下
A	0	0	0	0	0.25	2.50	2.50
B	2.0	2.0	0.13	0.33	4.50	4.17	4.17
C	2.0	4.0	0.26	0.65	2.50	1.85	1.85
D	2.0	6.0	0.38	0.95	2.50	1.55	1.55
E	2.5	8.5	0.54	1.35	5.00	3.65	3.65
F	2.5	11.0	0.7	1.75	2.50	0.75	0.75
G	4.67	15.67	1.00	2.50	2.50	0	0

- b. A-B-E-F-G.

點點	間量	右	累加距離	加水距離	頭下水	全水頭	揚壓力全水頭一水頭降下
點點	間量	右	累加距離	加水距離	頭下水	全水頭	揚壓力全水頭一水頭降下
A	0	0	0	0	0.25	2.50	2.50
B	2.0	2.0	0.13	0.33	4.50	4.17	4.17
E	6.08	8.08	0.53	1.32	5.00	3.67	3.67
F	2.50	10.58	0.69	1.72	2.50	0.78	0.78
G	4.67	15.25	1.00	2.50	2.50	0	0

여기서 B-E 區間은 捷徑路이므로 B와 E에서의 揚壓力 4.17과 3.67에서 그 사이의 基礎接

觸面 B-C-D-E에 그 重量付 距離比로 內  
分하면 基礎面下의 揚壓力이 求해진다. 即

$$C : 2.50 - \left\{ 0.33 + \frac{2}{2+2+2.5} \times (1.32 - 0.33) \right\} = 1.86$$

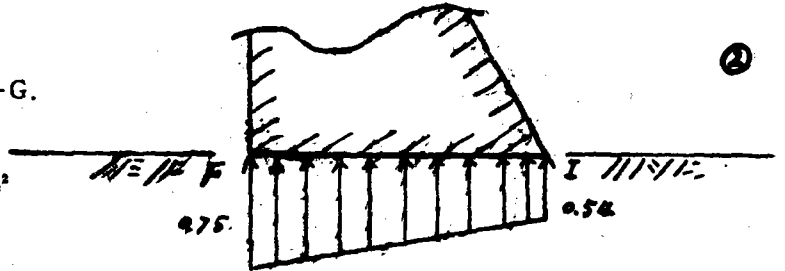
$$D : 2.50 - \left\{ 0.33 + \frac{2+2}{2+2+2.5} \times (1.32 - 0.33) \right\} = 1.56$$

5. 堰體에 미치는 揚壓力

a. A-B-C-D-E-F-G.

$$F : 0.75 \text{ T}^m/m^2$$

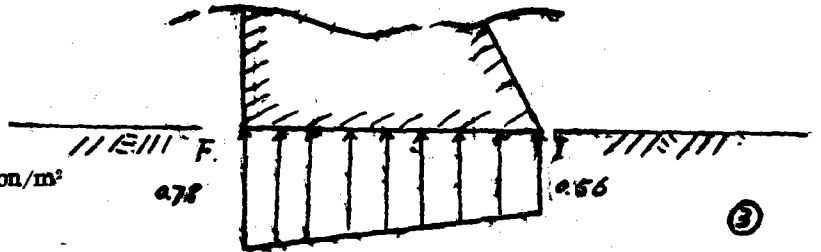
$$I : 0.75 \times \frac{5}{7} = 0.535 \text{ T}^m/m^2$$



b. A-B-E-F-G

$$F : 0.78 \text{ ton}/m^2$$

$$I : 0.78 \times \frac{5}{7} = 0.557 \text{ ton}/m^2$$



以上の 計算方法으로 構造物(取入堰)의 安定을 檢討할 때는 上下流의 水位差가 最大되는 境遇의 水理條件을 取하여 計算을 하게 된다. 그리고 堰體에 直接 作用하는 揚壓力은 上下流에 取付하는 水叩의 設置方法에 따라 달라질 것이

다. 그러므로 이 方法에 依하여 堰體의 揚壓力이 計算되는 境遇는 計算例에서 보인 그림과 같이 堰體에 水叩를 取付하여 施工하는 때이다.

(筆者: 農林部 鐵良課勤務)

## Design Hydrograph에 대한 小考

### 跋 泰 管

現 水利事業에 當面하고 있는 課題中 貯水池 餘水吐 能力 計算에 있어 必要한 洪水量 計算 方法은 여러가지 있으나 그中 現在 美國 Soil Conservation Service에서 使用하고 있는 Hydrograph method를 소개 하고저 한다.

#### 算數方法의 概要

餘水吐 上部 流域에 關한 材料中 다음과 같은 材料는 洪水量 計算上 常時 必要한 것이다.

- (1) 地勢圖
- (2) 貯水池 位置面圖
- (3) 流域의 土地 分類에서 오는 水文學的 土被 土性의 係數
- (4) 流域에서 餘水吐까지의 流達時間

I. 餘水吐 上部 流域에 Soil 植物 地勢等이 均等히 分布하면가 水文學的으로 極히 멀리 떨어져 있어 그 영향이 極히 小하게 미치는 流域에 있어 洪水量 計算은 普通 다음 順序에 依한다.

a. 新設 構造物의 埋理의 位置에 따라 6時間 降雨 分布圖로부터 6時間 地點 降雨量을 計算한다면가 혹은 경험에 依하여 用도된 다음의 式으로써 여러 期間에 對한 最大 降雨量을 6時間 地點 降雨量으로 變化시켜 使用할 수가 있다.

$$P_6 = P_f(6/D)^{0.1}$$

여기서  $P_6$  = 6時間의 降雨量

$P_f$  = D時間 동안의 降雨量

D = 時間