

浸潤作用ニ對スル土堤ノ安定ニ就テ

工學士物部 長 穗

本論ニ入ルニ先タチ文中用フル所ノ術語ニシテ稍特別ノ意義ヲ有スルモノ二三ニ處キ左ニ其定義ヲ掲ク

浸潤 水分カ水壓ニ驅ラレテ漸次土砂中ニ浸入シ其間隙ヲ完全ニ填充シ凡テノ點ニ於テ水壓ヲ完全ニ傳達スルカ如キ狀態ヲ意味ス

濕潤 水分カ土砂中ノ間隙ニ入り其間隙ノ一部ヲ占メ水壓ヲ完全ニ傳達シ得サル狀態ヲ意味ス

浸潤面 浸潤セル狀態ノ界面ヲ意味ス

浸潤線 浸潤面上ノ最急勾配線即該面上ノ一點ヲ過キ絶エス最急勾配ヲ有スル線ヲ意味ス

洪水ニ際會シテ河堤ノ決潰スルヤ其原因種々アルヘシト雖モ次ノ四種ヲ以テ最モ普偏ナルモノト做スコトヲ得ヘシ即

- 一 河水堤頂ヲ溢流スルコト
- 二 水勢外側ノ法面又ハ法先ヲ削壞スルコト
- 三 堤體浸潤シ法面ハ自ラ保ツ能ハスシテ崩壞スルコト

四 基礎薄弱ニシテ濕潤土砂ノ荷重ニ耐エス堤土沈下陷没スルコト

第一ハ主トシテ河積ノ不充分ニ因リ第二ハ法先及法面ノ保護充分ナラサルニ因ルモノニシテ其ニ堤體自身ノ構造寸法等ニハ相關スルコト深カラス然ルニ堤體ノ濕浸潤ノ難易ハ主トシテ構造寸法ニ由リテ定マル所ナルヲ以テ其設計ニ際シテハ此等ノ作用ニ對シ充分ナル耐力ヲ有セシメサルヘカラス

以上ノ外猶局所的原因多々アルヘシト雖モ堤全般ノ安定充分ナルニ於テハ水防ノ力ニ頼リテ決潰ヲ防止スルコト敢テ困難ナラサルヘシ
 河堤ハ洪水ニ際シ其外側河水ニ接スルヲ以テ水ハ水壓ニ驅ラレテ漸次堤土中ニ浸入スヘク土質粗鬆ニシテ水頭高ク接水期長キニ從ヒ其浸入愈深カルヘシ而テ浸潤遂ニ内側ニ達シ堤土濕潤スルニ及ヒテハ法面ハ其傾斜ヲ維持スルコト困難ニシテ茲ニ崩壞ノ危險ヲ惹起スヘシ是河堤寸法ノ土質高水位接水期間等ニ應シテ決定セサルヘカラサル所以ニシテ老練ナル技術家ハ單ニ經驗ニ由リ此等複雑ナル條件ヲ參酌シテ能ク妥當ナル堤體ヲ定メ得ヘシト雖モ猶其具體的數量的關係ヲ明カナラシムルハ頗ル困難ナルヘシ而已ナラス築造物ノ設計ニ當リテハ諸必要件ト寸法構造トノ間ニ數量的關係ヲ確立シ唯餘裕ノ如何ヲ局所的情況ニ由リテ選定スルヲ以テ一層科學的ナル方法ト做サ、ルヘカラス然ルニ該問題ニ關スル科學的研究ハ從來殆ント見聞セサル所ナルヲ以テ予ハ本文ニ於テ不完全ナカラ理論上ヨリ之ヲ論究シ堤體設計ノ原則ヲ探究セントスルモノナリ

猶土堰堤モ其性質殆ント河堤ト同一ニシテ唯水位ノ昇降極メテ徐々タルノ差アルノミナルヲ以テ末章其安定ニ就キ少ク記述セントス

本文中第一章(第三及第六節ヲ除キ)ハ大半從來諸家研究ノ結果ニシテ唯後章閱讀ノ便ニ供セン爲

メ茲ニ集萃記述セリ而テ第二章以下ハ著者ノ考案ニ係ル所ニシテ研鑽到ラサル所多キヲ以テ會員諸君ノ叱正ヲ待ツコト切ナルモノナリ

第一章 土砂中ニ於ケル水ノ流動

第一節 地下水流動ノ原則

土砂中ニ存在スル水ノ流動ハ消費シ得ヘキ水頭ニ從ツテ遲速アリ其關係ニ就キ科學的研究ヲ遂ケタルハ佛人ダールシー(Darcy)氏ヲ以テ嚆矢トナス
氏ハ實驗ニ由リテ次ノ如キ原則ノ行ハルヲ識レリ

$$Q = kF \frac{h}{l}$$

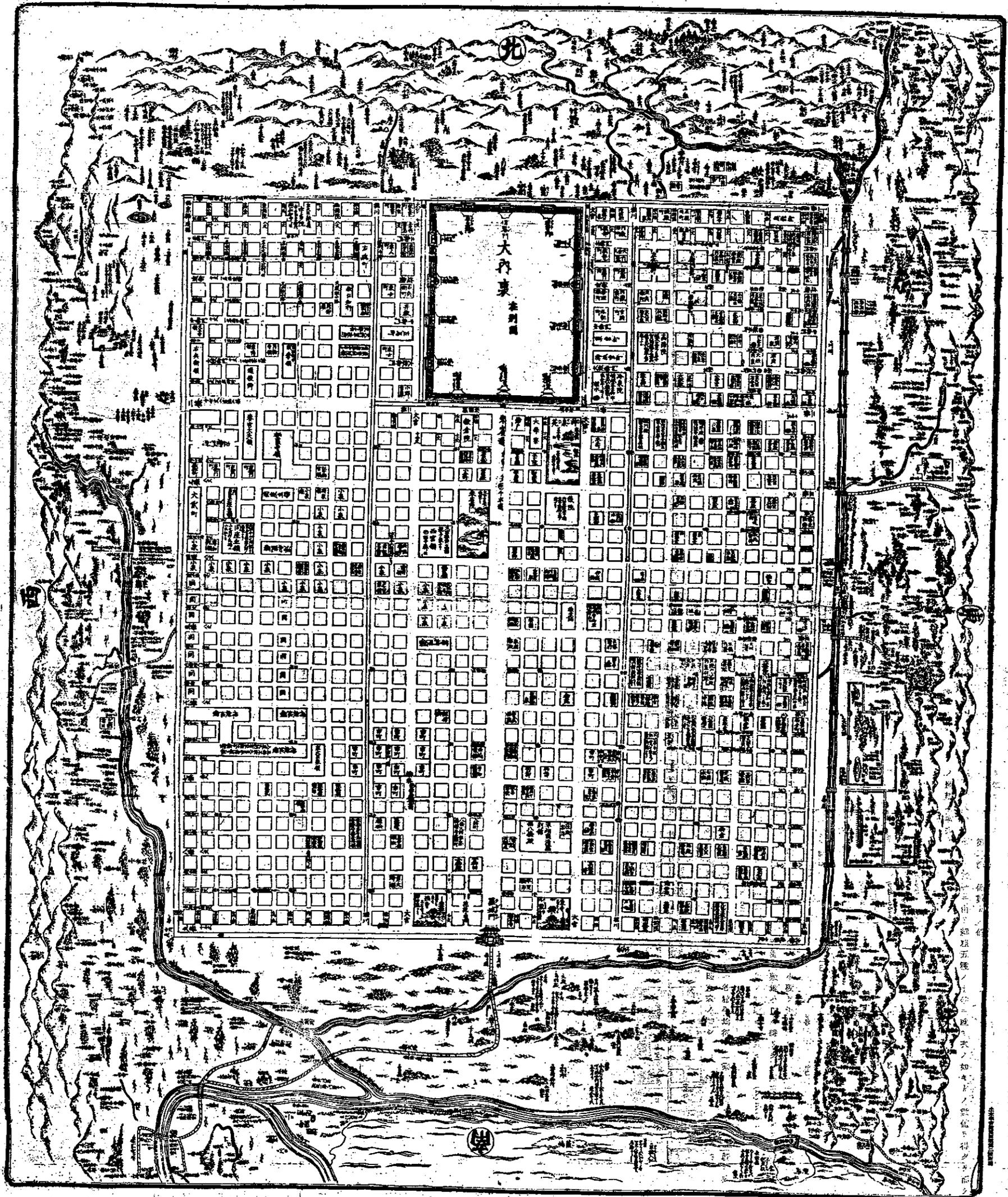
$$v = k \frac{h}{l}$$

(1)

茲ニ

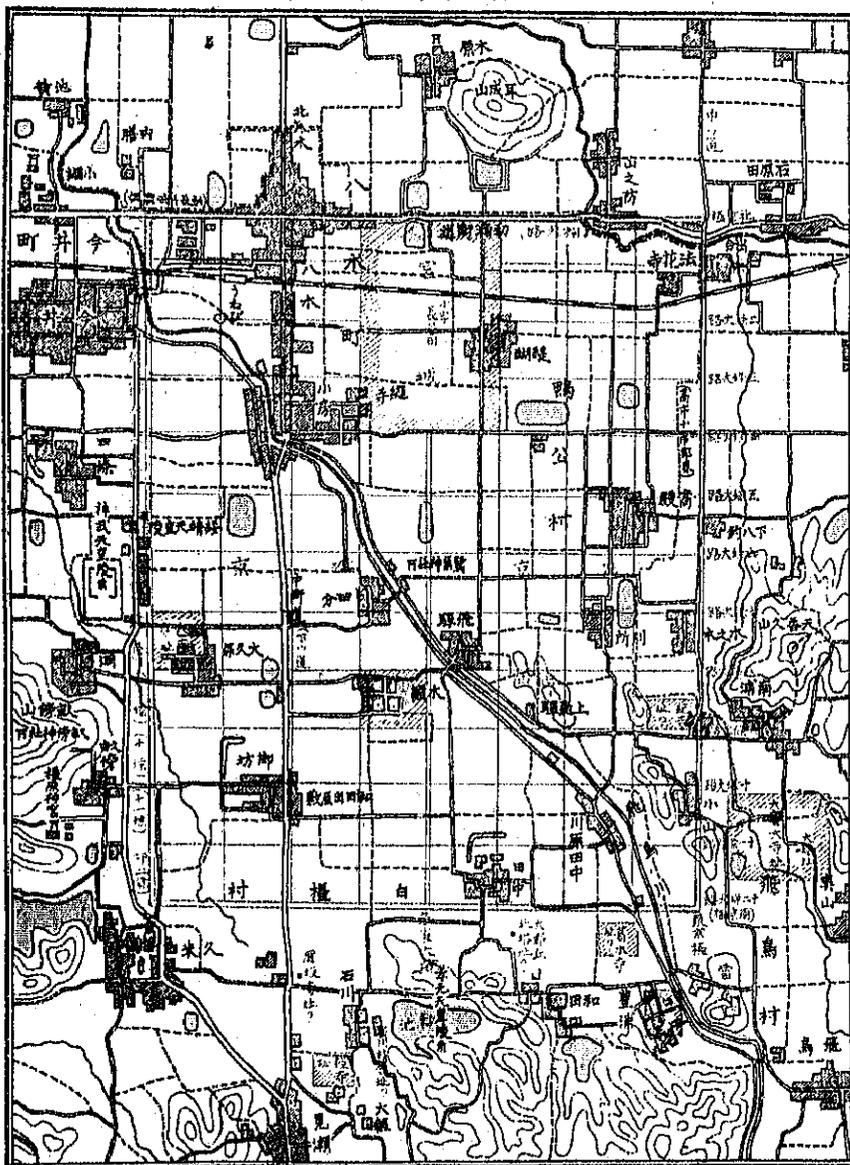
- Q.....單位時間ニFナル斷面積ヲ通シテ流ルハ水量
- h.....lタケノ距離ヲ流ルハ爲メニ消費セシ水頭
- k.....土砂粒ノ細粗形狀空隙ノ廣狹等ニ依ル係數
- v.....單位斷面積ニ相當テタルQ即 $\frac{Q}{F}$

即地下水流ニ於テハvハ動水勾配 (Hydraulic gradient = $\frac{h}{l}$) ニ比例ス是レ土砂中ニ於テハ流動極メテ緩徐ニシテ地上水流ノ如ク渦動ヲ生スル事ナク水頭ハ主トシテ水ノ粘質ニ因ル抵抗ニ打勝タンカ爲メニ消費セラルハヲ以テナリ而テvハ流水ノ實際速度ヲ現ハスニアラス今土砂ノ平面空隙ノ割合ヲ割トスレハ流水ノ實斷面積ハFナリ由テ實際ノ流速vハ



九
四

圖 址 京 原 縣



出木繪卷原京址圖三第圖

尺之一分万五

一般ニ地中流ノ速度ハ微少ナルヲ以テ時刻ノ單位ヲ一時間トシ距離ノ單位ヲ米呎又ハ尺ニ採ルヲ便ナリトス

第二節 係數 k ノ値

Pietke 氏ハ精密ナル實驗ニ由リ細粗五種ノ土砂ニ就キ次ノ如キ k ノ數值ヲ得タリ而テ五種土砂ノ組織ハ次表ノ如シ

種類番號	I %	II %	III %	IV %	V %
石 粉 ($d=0.1\text{mm}$. 以下)	3	13	22	23	64
微細砂 ($0.1-0.25\text{mm}$.)					
細砂 ($0.25-0.5\text{mm}$.)	12	22	25	54	15
砂 ($0.5-0.75\text{mm}$.)	14	32	27	11	3
粗砂 ($0.75-2.0\text{mm}$.)	41	33	23	6	2
砂 礫 (2.0mm 以上)	32	0	0	0	0
空隙百分率 (λ)	24.9	31.4	32.3	33.6	34.0
λ ノ割合	1.00	1.26	1.29	1.34	1.37
k (m^3/hour 單位)	10.1	3.95	2.41	1.18	0.44

猶 Berlin-Stein 運河ノ一閘門敷地ハ多少ノ小礫ヲ混スル砂地ニシテ其 k ノ値ハ四〇乃至六七ニシテ平均五・二ナリキ而テ Emden 港ノ新海閘敷地ハ良ク締リタル細砂層ニシテ k ハ〇六乃至一〇〇ニ亙リ平均〇・七七ナリ此等ハ良ク Pietke 氏ノ實驗ニ一致セリ (Kyrieleis:—Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten. S. 12 & S. 101—130 參照)

而テ一様ナル粒大ノ土砂ニ對スル k ノ値ハ各粒平均徑ノ二乗ニ比例スルコト既ニ式(1.)ニ示セル所ナルカ同式中ノ常數 σ ニ對スル實驗ハ略左表ノ如シ

論 說 報 告 浸 潤 作 用 ニ 對 ス ル 土 場 ノ 安 定 ニ 就 テ

Author	Hayez		Sselheim					Eagen		Kerber		
1000 d =	8	15	16	23	48	68	28	54	70	90	135	210
c = k/d² =	128	90	37	36	38	38	36	42	41	49	36	41
c / 平均	39.4											

$k = cd^2$ din cm. vin cm. per sec.

$k = 39.4 d^2$

$k = 14.2 d^2$

$k = 47 d^2$

即 今 ヲ ノ 單 位 ヲ 米 時 ニ d ノ 單 位 ヲ 耗 ニ 直 セ ン

次 ニ ヲ ノ 單 位 ヲ 尺 時 ニ d ノ 單 位 ヲ 耗 ニ 探 レ ン

此 等 ノ 關 係 ヲ 用 ヒ テ ヲ ヲ 計 算 ス レ ン

$d =$	mm.	mm.	mm.	mm.
	0.1	0.2	0.5	1

$k (m/h) = 0.14$ 0.57 3.55 14.2

$k (R/m) = 0.47$ 1.90 11.8 47

右 表 ト Piezke 氏 ノ 研 究 ト ニ 由 リ テ 按 ス ル ニ 普 通 堤 防 ニ 用 フ ル 土 砂 ニ 於 テ ハ ヲ ノ 値 ハ 略 次 ノ 範 圍 ニ 存 在 ス ヘ シ

Barth (土)	0.2—0.4	Fine sand (細砂)	0.6—1.20	Coarse sand & gravel (粗砂)	3.0—10.0
-----------	---------	----------------	----------	---------------------------	----------

而 テ ヲ 及 ス ニ 關 シ テ ハ 種 々 ノ 土 質 ニ 就 キ 多 ク ノ 實 驗 觀 測 ヲ 遂 ケ 其 結 果 ニ 依 リ テ Piezke 氏 表 ノ 一 層 細 密 ナ ル モ ノ ヲ 作 製 シ 置 キ 堤 用 土 ノ 解 析 ニ ヨ リ 直 ニ 適 當 ナ ル ヲ 見 出 ス ヲ 便 ト ス

第三節 容積空隙及面積間隙

地下流ノ研究ニ際シテハ此二者ヲ區別セサルヘカラス容積空隙トハ土砂ノ一定容積ヨリ其實質ノ容積ヲ引キ去リタル空隙ノ容積ヲ意味シ通常之ヲ全容積ノ百分率ヲ以テ現ハス面積間隙トハ土砂ノ一定断面ニ於テ其總面積ヨリ土砂實質ノ斷面積ヲ引去リタル間隙ノ面積ヲ云フ即チ

$$\lambda = \frac{\text{全容積} - (\text{實質ノ容積})}{\text{全容積}} \dots \text{容積空隙}$$

今單位容積ニ含マル、土砂ノ粒數ヲ n トスレハ

$$\frac{1-\lambda}{n} = (\text{一粒ノ平均容積})$$

$$c \left(\frac{1-\lambda}{n} \right)^{\frac{3}{2}} = (\text{一粒ノ平均斷面積}) \dots \text{係數}$$

土砂粒カ凡テ方形ナル時ハ c ハ一ニシテ凡テ球形ナル時ハ一ニナリ

$$n = 1 - c \left(\frac{1-\lambda}{n} \right)^{\frac{3}{2}} \dots n^{\frac{3}{2}} = 1 - c(1-\lambda)^{\frac{3}{2}}$$

此等ノ關係ニヨリテ n ノ種々ノ値ニ對シテ計算スルニ略次ノ如キ關係アリ

$$n = \frac{1}{2}$$

其他粒大同一ナル Ellipsoid, Ellipsoid of revolution 等ヲ累積スル場合ニ於テモ略上記ノ關係成立ス

第四節 滯水層中ニ水路ヲ開鑿シタル場合ノ地下流

此場合水路中ノ水位地下水位ヨリ低キ時ハ水ハ水路ニ向フテ流出スヘシ今第二圖ニ於テ

$$\frac{Z-Z_0}{2} = 0$$

$$\therefore Q = kZ \frac{dZ}{dx} \quad \therefore Z^2 - H^2 = \frac{2Q}{k} x \dots \dots \dots (3)$$

次ニ水路ノ幅員ニ對シ水深ハ小ナル時ハ CM 又ハ BM 間ノ抵抗ヲ無視シ得ルヲ以テ曲線 MAA' 及 MBB' 之ニ關シテ互ニ對象ナルヘシ然ル時ハ

$$Q = \frac{3}{2} Zk \frac{dZ}{dx} \quad \therefore Z^2 - h^2 = \frac{4}{3} \frac{Q}{k} x \dots \dots \dots (3a)$$

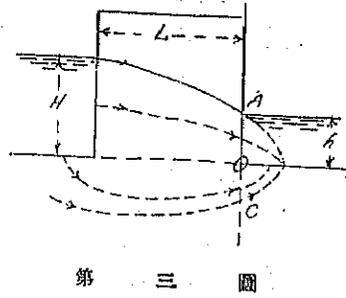
而テ水ハ水路ノ兩岸ヨリ流入スルヲ以テ實際此等ノ水面ヲ維持セントセハ上式ノ與フル流量ヲ更ニ倍加セサルヘカラス即式系(3)ノ與フル流量ハ底面ヨリ噴出スル水ヲ無視シタル場合ノ一倍半ニ當リ排水ポンプノ能力ノ算定ハ是ニ據ルヲ以テ妥當ナリトセン今 WL 面ノ高ヲ H トシ之ニ接近セル Z ヲ與フル z ノ値ヲ L トスレハ排水スヘキ水量ハ

$$Q = \frac{3}{2} k \frac{H^2 - h^2}{L} \dots \dots \dots (3b)$$

第五節 土砂ノ隔壁ヲ滲透シテ流ル、水

一ノ水域ヲ土砂ノ隔壁ヲ以テ限界支持スル時ハ域中ノ水ハ壁ヲ滲シテ漏出スヘシ此場合ノ水理ハ略前節ト同一ニシテ只 L ナル距離ニ於ケル水位ノ不動ナル場合ナリ第三圖ニ於テ H ヲ水域ノ水深 h ヲ壁外ノ水深トスレハ h ハ小ナルヲ以テ壁ノ單位延長ヨリ滲出スル流量 Q ハ

$$Q = \frac{3}{2} Zk \frac{dZ}{dx} \quad \therefore \frac{Z^2 - 2}{2} = \frac{Q}{3k} x + c$$



第 三 圖

然ルニ $H^2 - Z^2$ ニ於テ $Z = H$ ナルヲ以テ

$$c = \frac{H^2 - 2 \cdot \frac{Q}{k} L}{2 \cdot \frac{Q}{k} L}$$

$$\therefore H^2 - Z^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{k} (L - s) \dots \dots \dots (4)$$

$$\therefore H^2 - H^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{L}{k} Q \quad \text{又} \quad Q = \frac{3}{4} \cdot \frac{k}{L} (H^2 - H^2) \dots \dots \dots (4)$$

此等ノ關係ニ由リテ水域ニ近ク根掘工ヲ爲ス場合ノぼんぶノ能力ト隔壁ノ厚サトノ關係ヲ算定シ得ヘシ

第六節 地下流ノ精確ナル解法

從來地下流ヲ論スルニ當リテ一垂直線上ノ各點ニ於ケル流速ノ水平分速ハ凡テ同一ニシテ水面勾配ノミニ由テ定マルモノト考ヘタリ然ルニ流速ト水頭トノ關係ハ第一圖ニ示セル如キ裝置ニ依レルヲ以テリナル流速ヲ以テ土砂中ヲレタケ流動スル爲メニレタケノ水頭ヲ消費スル事ヲ意味スルモノニシテ式ヲ以テ現ハセハ

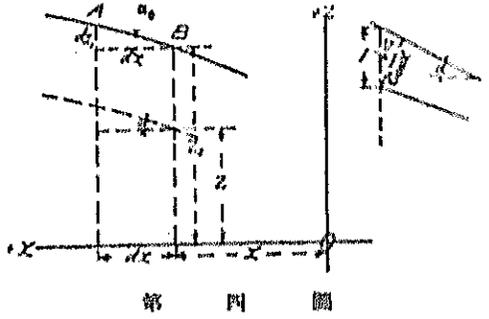
$$col = r(h_1 - h_2) \quad r \text{ ハ 水 ノ 滲 透 係 數 ノ 倒 數}$$

今土砂單位容積ノ水流ニ對スル抵抗ヲRヲ以テ現ハセハ

$$R = r \frac{h_1 - h_2}{l} = cv = \frac{r}{v}$$

即チハ流動ノ方向ニ於ケル速度ヲ意味シ其水平分速 v_x トハ同一ナル能ハス第四圖ハ Ox ナル耐水層上ニ於ケル地下流ノ一部ヲ示スモノナリ

猶 簡 單 ニ 解 決 セ ン 爲 メ 微 分 方 程 式 ニ 於 テ 比 較 的 重 要 ナ ラ サ ル 項 $\frac{1}{2} \left(\frac{dZ_0}{dx} \right)^2$ ヲ 無 視 シ テ $\frac{1}{2} \dots$ 略 式



第 四 圖

$$\text{單位長ニ對スル水頭消費} = \frac{dZ}{dx} \sin \alpha_0 = \frac{1}{k} \cos \alpha_0 = \frac{1}{k} \dots \dots \dots (5)$$

而テ α_0 カ 微 小 ナ ル 場 合 ニ 於 テ ノ $\sin \alpha_0 \approx \tan \alpha_0 = \frac{dZ}{dx}$

$$\therefore v_1 = k \frac{dZ_0}{dx}$$

α_0 カ ス ク 小 ナ ラ サ ル 時

$$\sin \alpha_0 = \sqrt{\frac{dZ_0^2}{dZ_0^2 + dx^2}} = \frac{dZ_0}{dx} \left| 1 - \frac{1}{2} \frac{dx^2}{dZ_0^2} + 3 \left(\frac{dx^2}{dZ_0^2} \right)^2 - \dots \right|$$

$$\therefore v_2 \approx k \frac{dZ_0}{dx} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{dx^2}{dZ_0^2} \right) \quad \text{即チ} \quad Q = \int_0^{Z_0} v_2 dZ$$

$$\therefore k \frac{dZ_0}{dx} Z_0 - \frac{k}{2} \left(\frac{dx^2}{dZ_0^2} \right)^2 Z_0 = Q$$

今 $\frac{dZ_0}{dx} = p$ ト 置 キ テ 此 微 分 方 程 式 ヲ 解 ケ

$$\left. \begin{aligned} z &= \frac{Q}{k} \int \frac{p-1}{p(p-\frac{p^2}{2})^2} dp + C \\ Z_0 &= \frac{Q}{k} \frac{1}{p-\frac{p^2}{2}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5_0)$$

ヲ得更ニ之ヲ該項ニ代用シテ第二近似値ヲ得ントス

$$\frac{k}{2} \left(\frac{dz_0}{dx} \right)^2 z_0 = 0 \quad \text{ナラハ} \quad k \frac{dz_0}{dx} z_0 = Q \quad \text{ニシテ} \quad z_0 \frac{dz_0}{dx} = \frac{Q}{k}$$

之ヲ代用シテ

$$\frac{Q}{k} = \left(z_0 - \frac{Q}{2k} \right) \frac{dz_0}{dx}$$

之ヲ積分シ $z_0 = 0$ ナル時 $z_0 = 0$ ナル條件ヲ挿入スレハ

$$(z_0 - h)^2 - \frac{Q}{k} (z_0 - h) = \frac{2Q}{k} x \dots \dots \dots (5)$$

尙 $z = L$ ナル時 $z_0 = H$ ナル條件ヲ入ルレハ

$$(H^2 - h^2) - \frac{Q}{k} (H - h) = \frac{2Q}{k} L$$

又ハ

$$Q = k \frac{H^2 - h^2}{2L + H - h} \dots \dots \dots (5)$$

然ルニ $z_0 = \frac{dz_0}{dx}$ ナル原則ニ依リテ計算スレハ

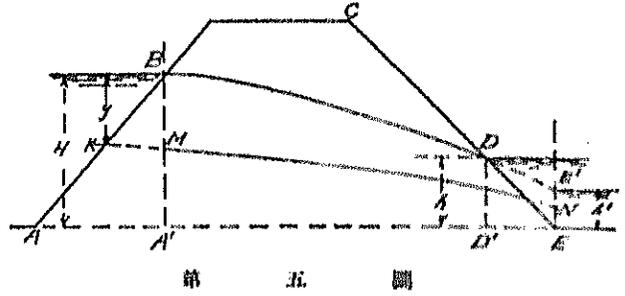
$$Q = k \frac{H^2 - h^2}{2L}$$

ナルヲ以テ L 小ニ H トムトノ差大ナル程其誤差ハ愈大ナルヘシ

第二章 土堤内部ニ於ケル水流ノ理論

第一節 土堤ヲ滲透シテ流ル、水

此場合モ其原理ニ於テハ前章第五六兩節ニ論セシ所ト何等相違ナシト雖モ實際ノ土堤ニ於テハ



兩側斜面ヲナレハ流線ノ位置ニ由リテ各同シカラサルノ虞アルノミ
 第五圖ニ於テ外側ニ近キ部ニ於テハ水面勾配零ナリト雖モリナ
 ル直接水頭ニ由リテ水ハ容易ニ土砂中ニ滲下スヘキヲ以テ KAN ノ如
 キ流線ヲ流ル、水ノ AM 間ニ受クル抵抗ハ微小ニシテ之ヲ無視シ得ヘレ
 依テ滲透ニ關シテハ外法ハ $A'B$ ナル垂直面ヲ以テ置換スルモ大過ナク而
 モ是ニ由テヨリ安全ナル結果ヲ得ヘレ次ニ内側ニ於テハ土砂カ EB 垂直
 面ニ迄及ヘルモノト假定シ浸潤面 BD ヲ延長シテ D' ニ達セシム然ル時ハ
 内側面 DD' ニシテムナル水位ヲ有スル場合ト内側面 ED' ニシテ D' ナル水位
 ヲ有スル場合トノ中間ノ狀況ヲ呈スヘシ然レトモ外側ニ於テ若干ノ抵
 抗ヲ無視セルヲ以テ内側ニ於テハ寧ロ ED' 面ト見做シ水位 h ヲ用ヒ
 以テ兩側ニ於ケル誤差ヲ相殺セシムルヲ可トス即

外側水位 = H 内側水位 = h 堤ノ厚 = $L = A'E$

水位ヲ以テ H ト見做シ由テ E ヲ定ムルヲ適當トス

第二節 外側ノ水位昇降スル場合

水位同シカラサルニノ水域ヲ矩形土堤ヲ以テ隔離セル場合其高キ水位カ時刻ニ從テ昇降スル時
 ハ土堤内部ノ浸潤面モ亦昇降變形スヘシ此場合浸潤面ト外側水位及時刻トノ關係ヲ詳ニセント
 スレハ稍複雑ナル算法ヲ要ス(第六圖參照)今内側ノ水位(即不變ナル水位)ヲ横軸ニ堤ノ外面(即
 縦軸ニ採リ次ノ如キ記號ヲ用フ

依テ

$$\frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial t} = -\beta^2, \quad \frac{d}{dx} \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} = -\beta^2$$

$$\therefore y = T \left(A \sin \frac{\beta}{\alpha} x + B \cos \frac{\beta}{\alpha} x \right)$$

然ルニ第二條件ヲ満足スル爲メニ

$$B = 0 \quad \text{及} \quad \frac{\beta}{\alpha} L = \pi \quad \text{ノ 整 數 倍} = 3\pi$$

$$\therefore y = A T \sin \frac{3\pi}{L} x = A_s \sin \frac{3\pi}{L} x$$

茲ニsハ如何ナル整數ニテモ支障ナクA_sハsヲ含マサル任意量タリ故ニyノ一般的形式ハ

$$y = \sum_{s=1}^{\infty} A_s \sin \frac{3s\pi}{L} x \quad \dots \dots \dots (7_5)$$

ニシテ第一及第二條件ヲ満足スル如クA_sヲ定ムレハ可ナリ然ルニs₁よりs_n氏級數ニ由リyナル函數ハ次ノ如キ形ニ現シ得

$$y = f(x) = \sum_{s=1}^n A_s \sin \frac{3s\pi x}{L} \quad \text{茲ニ} \quad A_s = \frac{2}{L} \int_0^L f(Z) \sin \frac{3s\pi Z}{L} dZ$$

同様ニ $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ ヲふ₁りs₁級數ヲ以テ現ハセン

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \sum_{s=1}^n \frac{2}{L} \sin \frac{3s\pi x}{L} \int_0^L \frac{\partial^2 f(Z)}{\partial Z^2} \sin \frac{3s\pi Z}{L} dZ$$

右邊中ノ積分ヲ Partial integration ニ由リテ積分スレハ

依テ

$$\frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial t} = -\beta^2, \quad \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} = -\beta^2$$

$$\therefore y = T \left(A \sin \frac{\beta}{a} x + B \cos \frac{\beta}{a} x \right)$$

然ルニ第二條件ヲ満足スル爲メニ

$$B=0 \quad \text{及} \quad \frac{\beta}{a} L = \pi \quad \text{ノ 整数倍} = s\pi$$

$$\therefore y = AT \sin \frac{s\pi}{L} x = A_s \sin \frac{s\pi}{L} x$$

茲ニ \$s\$ ハ如何ナル整数ニテモ支障ナク \$A_s\$ ハ \$s\$ ヲ合マサル任意量タリ故ニ \$y\$ ノ一般的形式ハ

$$y = \sum_{s=1}^{\infty} A_s \sin \frac{s\pi}{L} x \quad \dots \dots \dots (75)$$

ニシテ第一及第二條件ヲ満足スル如ク \$A_s\$ ヲ定ムレバ可ナリ然ルニ \$A_s\$ 係數ニ由リ \$y\$ ナル函数ハ次ノ如キ形ニ現シ得

$$y = f(x) = \sum_{s=1}^{\infty} A_s \sin \frac{s\pi x}{L} \quad \text{故ニ} \quad A_s = \frac{2}{L} \int_0^L f(Z) \sin \frac{s\pi Z}{L} dZ$$

同様ニ \$\frac{\partial^2 y}{\partial w^2}\$ ヲ \$w\$ 一 \$r\$ 級數ヲ以テ現ハセン

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{2}{L} \sum_{s=1}^{\infty} \sin \frac{s\pi x}{L} \int_0^L \frac{\partial^2 f(Z)}{\partial Z^2} \sin \frac{s\pi Z}{L} dZ$$

右邊中ノ積分ヲ Partial integration ニ由リテ積分スレバ

$$\int_0^L \frac{\partial^2 f(Z)}{\partial Z^2} \sin \frac{s\pi Z}{L} dZ = \left\{ \frac{\partial f(Z)}{\partial Z} \sin \frac{s\pi Z}{L} \right\}_0^L - \frac{s\pi}{L} \int_0^L \frac{\partial f(Z)}{\partial Z} \cos \frac{s\pi Z}{L} dZ = -\frac{s\pi}{L} \int_0^L \frac{\partial f(Z)}{\partial Z} \cos \frac{s\pi Z}{L} dZ$$

$$\text{然ルニ} \quad \int_0^L \frac{\partial f(Z)}{\partial Z} \cos \frac{s\pi Z}{L} dZ = \left\{ f(Z) \cos \frac{s\pi Z}{L} \right\}_0^L + \frac{s\pi}{L} \int_0^L f(Z) \sin \frac{s\pi Z}{L} dZ = (-1)^s f(L) - f(0) + \frac{s\pi}{2} A_s$$

$$\text{然ルニ} \quad f(L) = y_{x=L} = 0 \quad f(0) = y_{x=0} = y_0 = F(\xi) \quad (\text{第三條件})$$

$$\therefore \int_0^L \frac{\partial^2 f(Z)}{\partial Z^2} \sin \frac{s\pi Z}{L} dZ = \frac{s\pi}{L} F(\xi) - \frac{s^2 \pi^2}{2L} A_s$$

$$\therefore \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \sum_{s=1}^{\infty} \left\{ \frac{2s\pi}{L^2} F(\xi) - \frac{s^2 \pi^2}{L^2} A_s \right\} \sin \frac{s\pi x}{L}$$

次ニツノ表現式(7b')ヨリ $\frac{\partial y}{\partial t}$ ヲ求ムヘシ

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{dA_s}{dt} \sin \frac{s\pi x}{L}$$

茲ニ得タル $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ 及 $\frac{\partial y}{\partial t}$ ヲ微分方程式(7b)ニ入ルヘシ

$$\sum_{s=1}^{\infty} \sin \frac{s\pi x}{L} \left\{ \frac{dA_s}{dt} - c^2 \left[\frac{2s\pi}{L^2} F(\xi) - \frac{s^2 \pi^2}{L^2} A_s \right] \right\} = 0$$

c ノ如何ニ係ラス成立スル爲メニハ次ノ關係ヲ要ス

$$\frac{dA_s}{dt} + c^2 \frac{s^2 \pi^2}{L^2} A_s = c^2 \frac{2s\pi}{L^2} F(\xi)$$

右ノ一元一次微分方程式ヨリ A_s ヲ解ケン可ナリ

$$A_s = e^{-\frac{c^2 s^2 \pi^2}{L^2} t} \left\{ \int_0^t e^{\frac{c^2 s^2 \pi^2}{L^2} t} \cdot \frac{2s\pi c^2}{L^2} F(\xi) dt + C \right\}$$

即

然ルニ第一條件ニ由リ $t=0$ ナル時 $u=0$ ナルヲ要スルヲ以テ $(A_2)_{t=0}=0$ ナリ即 C ハ零ナリ
猶混雜ヲ避クル爲メ積分中ノ變數 u ヲ ω ト置ケル

$$A_2 = \frac{2s\pi a^2}{L^2} \int_0^t e^{-\frac{s^2\pi^2 a^2}{L^2}(t-\omega)} F(\omega) d\omega$$

之ヲ(7₀)ニ入レテノ解答ヲ得ヘシ即

$$y = \frac{2\pi a^2}{L^2} \sum_{s=1}^{\infty} s \sin \frac{s\pi x}{L} \int_0^t e^{-\frac{s^2\pi^2 a^2}{L^2}(t-\omega)} F(\omega) d\omega \dots \dots \dots (7_c)$$

依テ外水面ノ變動ヲ $t(\omega)$ ノ函數 $(F(\omega))$ ヲ以テ現ハシ之ヲ右式積分中ニ入レ積分ヲ爲セハ級數形
ヲナセルヲノ値ヲ得ヘシ今外水面カ第七圖ノ如キ u ノ曲線ヲナス時ハ

$$F(t) = F(\omega) = \frac{H_0}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi t}{T} \right) = \frac{H_0}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi \omega}{T} \right)$$

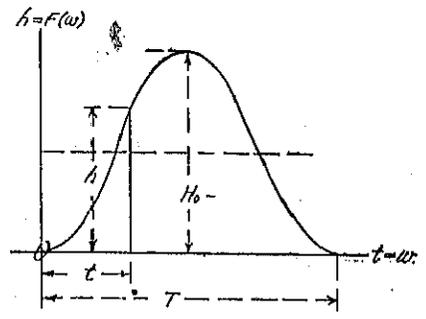
$$\frac{s^2\pi^2 a^2}{L^2} = n \quad \text{及} \quad \frac{2\pi}{T} = m \quad \text{ト置ケル}$$

$$\int_0^t e^{-\frac{s^2\pi^2 a^2}{L^2}(t-\omega)} F(\omega) d\omega = \frac{H_0}{2} \int_0^t e^{-nt(t-\omega)} \left(1 - \cos \frac{2\pi \omega}{T} \right) d\omega$$

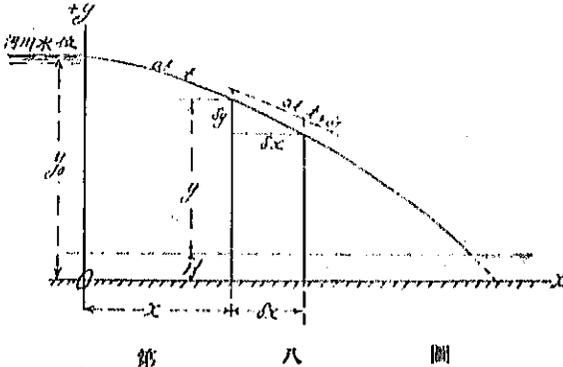
$$= \frac{H_0}{2} \left\{ \frac{1}{n} (1 - e^{-nt}) + \frac{ne^{-nt}}{m^2 + n^2} - \frac{n}{m^2 + n^2} \left(\cos mt + \frac{m}{n} \sin mt \right) \right\}$$

然ルニ e^{-nt} ハ若干時刻經過ノ後ハ一ニ比シテ極テ少ナルヲ以テ之ヲ除
外シ猶 $n = ps^2$ ト置ケル

$$y = \frac{\pi a^2}{L^2} H_0 \sum_{s=1}^{\infty} s \sin \frac{s\pi x}{L} \left\{ \frac{1}{ps^2} - \frac{ps^2}{m^2 + p^2 s^4} \left(\cos ms + \frac{m}{ps^2} \sin ms \right) \right\} \dots \dots \dots (7)$$



第七圖



第八圖

然ルニ此級數ハ速カニ收斂スルヲ以テハ二三ノ値ヲ採レハ充分ナリ今浸潤面ノ大勢ヲ知ラン
爲メニ一ナル主要項ノミヲ採リテ之ヲ現ハセハ

$$y = \frac{\pi \alpha^2}{L^2} H_0 \sin \frac{\pi x}{L} \left\{ 1 - \frac{p}{m^2 + p^2} \left(\cos mt + \frac{m}{p} \sin mt \right) \right\}$$

$$p = \frac{\pi^2 \alpha^2}{L^2} = \frac{\pi^2}{L^2} \cdot kH \quad m = \frac{2\pi}{T}$$

(7_a)ハ外側面ニ於テハ其條件ヲ満足シ得スト雖モ内側面ニ於テハ二條件ヲ共ニ満足シ得ルヲ以テ
其附近ニ對シテ稍實際ニ近キリノ値ヲ與フヘシ

第三節 前節ノ場合ニ於テH微小ニシテ内側ニ水域ナキ時

此場合ハ第八圖ニ示スカ如ク地下耐水層高ク平時ニ於ケル滯水深ハ
微小ニシテ式(7_a)中リニ比シテHヲ無視シ得ル如キ場合ニシテ外側水
位亦ノ上昇又ハ繼續スルニ伴ヒ浸潤ハ漸次内地ニ進入スヘシ
今耐水面(h)ヲ横軸ニ外側面(y)ヲ軸ニ採リ(7_a)中ノHヲ無視スレハ

$$\lambda \frac{\partial y}{\partial t} - k \frac{\partial}{\partial x} \left(y \frac{\partial y}{\partial x} \right) = 0$$

$$\frac{k}{\lambda} = \alpha^2 \quad \text{ト置ケル}$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \alpha^2 \left[y \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (8_a)$$

此二級二次偏微分方程式ヲ解クニ前節ト同様ニ

之ヲ (8_a)ニ入レ XT^2 ヲ以テ除セハ

$$y = XT \quad X = \alpha \text{ノ} \equiv \text{ノ函数} \quad T = t \text{ノ} \equiv \text{ノ函数}$$

$$\frac{1}{T^2} \frac{dT}{dt} = \alpha^2 \frac{d^2 X}{dx^2} + \frac{\alpha^2}{X} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2$$

左右兩邊ヲ共ニ m^2 ニ等シト置キ各別ニ積分スルハ

$$\frac{1}{T^2} \frac{dT}{dt} = m^2 \quad \therefore T = -\frac{1}{m^2(t+d)} \quad d \text{ハ積分常数}$$

次ニ X ニ對スル式ハ

$$\frac{d^2 X}{dx^2} + \frac{1}{X} \left(\frac{dX}{dx} \right)^2 = \frac{m^2}{\alpha^2}$$

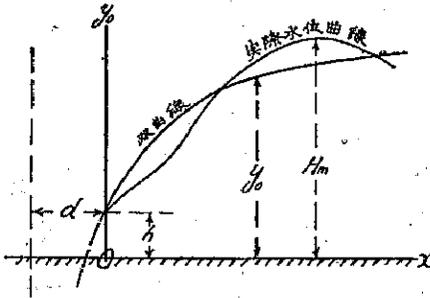
此二級二次方程式ヲ解キ X ト t トノ關係ヲ得ルハ或時刻ニ於ケル浸潤線ノ形ヲ得ヘシ地中集水溝ノ流出量ノ計算ニ於テモ同形ノ微分方程式ニ遇會スヘク從來ハ解決不可能ナリトシテ放置サレタル所ナリ然レトモ次ノ如キ方法ヲ用フル時ハ楕圓函数ノ力ヲ藉ラスシテ之ヲ解キ得ヘシ

$$\frac{d^2 X}{dx^2} = p \quad \text{ト置ケハ}$$

$$\therefore Xp \frac{dp}{dX} + p^2 = \frac{m^2}{\alpha^2} X \quad \times \quad \frac{dp}{dX} + \frac{p}{X} = \frac{m^2}{\alpha^2} \cdot \frac{1}{p}$$

$$\therefore \frac{1}{p^2} e^{\int \frac{dx}{X}} = 2 \int \frac{m^2}{\alpha^2} e^{-\int \frac{dx}{X}} dX \quad \therefore p^2 X^2 = \frac{2}{3} \frac{m^2}{\alpha^2} X^3$$

$$\therefore p = \frac{m}{\alpha} \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{X} = \frac{dX}{dx} \quad \therefore X = \frac{1}{4} \left(\frac{m}{\alpha} \sqrt{\frac{2}{3}} (x+C) \right)^2 \quad C \text{ハ積分常数}$$



第九圖

即水位曲線カ倒置雙曲線ナル時ハ(8_b)ヲ以テ凡テノ環境條件ヲ満足セシメ得ヘシト雖モ實際ノ水位曲線ハ多クノ場合倒置雙曲線ヲナサス然ルニ後節論スル如ク浸潤ノ前進距離ハ大體水位曲線ノ面積ニ由テ定マルヲ以テ實際ノ水位曲線ト等シキ面積ヲ有スル雙曲線ヲ以テ置換スルモ前進ヲ論スル上ニ於テハ支障ナシ即(第九圖參照)

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{C}{m} = a, \quad \frac{1}{4} \frac{C^2}{m^2} = b, \quad \text{及} \quad A = H_m \quad \text{ト置クナキハ}$$

$$y = H_m - \frac{b}{t+d} - \frac{1}{6a^2} \frac{a}{t+d}$$

或ハ

$$\therefore y = A - \frac{1}{4} \left(\frac{m}{a} \sqrt{\frac{2}{3}} a + C \right)^2 \quad A \text{ハ 常數} \dots \dots \dots (8_b)$$

$$y = A - \frac{C^2}{4} \frac{1}{m^2(t+d)} \left(\frac{2}{3} \frac{m^2 a^2 + 2}{a} \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{m}{a} Cx \right)$$

今河川水位ヲ y_0 ヲ以テ現ハセハ $y_0 = 0$ ニ於テ $y = y_0$ ナルヲ以テ

$$y_0 = A - \frac{1}{4} \frac{C^2}{m^2(t+d)} \quad \text{及} \quad y = y_0 - \frac{1}{4} \left(\frac{2}{3} \frac{m^2 a^2 + 2}{a} \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{m}{a} Cx \right) \dots \dots \dots (8_c)$$

此ヲ實際水位曲線ノ縱距 z_0 ヲ雙曲線ノ縱距トスル

$$\int_0^{t_1} y_1 dt = \int_0^{t_1} y_0 dt = \int_0^{t_1} \left(H_m - \frac{b}{t+d} \right) dt = H_m t_1 - b \ln \frac{t_1+d}{d} = \text{實際水位曲線ノ面積 } (A_1)$$

$$\therefore b = \frac{H_m t_1 - A_1}{\ln \left(\frac{t_1+d}{d} + 1 \right)}$$

然ルニ $t=0$ ナル時ニ $y_0 = h_0 = H_m - \frac{b}{d}$ ナルヲ以テ

$$b = (H_m - h_0)d \doteq H_m d \quad \text{又} \quad d \doteq \frac{b}{H_m}$$

$$\therefore d = \frac{H_m t_1 - A_1}{(H_m - h_0) \ln \left(\frac{t_1+d}{d} + 1 \right)} \quad \text{及} \quad a = \frac{\sqrt{\frac{2}{3}}}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{H_m t_1 - A_1}{\ln \left(\frac{t_1+d}{d} + 1 \right)}} \quad (\because a = \sqrt{\frac{2}{3}} b)$$

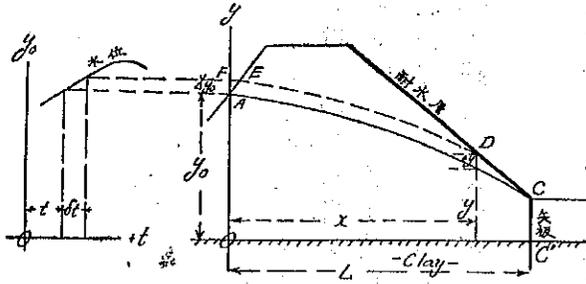
斯テ a, b, d ヲ定ムレハ時刻 t ニ於ケル浸潤線ハ

$$y = H_m - \frac{b}{t+d} - \frac{1}{6k} \frac{\lambda x^2 + a}{\sqrt{\frac{\lambda}{k}}} \quad (\because a^2 = \frac{k}{\lambda}) \dots \dots \dots (8)$$

今浸潤ノ尖端ノ y 軸ヨリノ距離ヲ L トスル

$$0 = H_m - \frac{b}{t_1+d} - \frac{1}{6k} \frac{\lambda L^2 + a}{\sqrt{\frac{\lambda}{k}}} L$$

即
$$\frac{1}{6k} \lambda L^2 + a \sqrt{\frac{\lambda}{k}} L = H_m (t_1+d) - b \doteq H_m t_1 \quad (\because b \doteq H_m d)$$



第 十 圖

然ルニ a ハ既知ナルヲ以テ依テ L ヲ算出シ得ヘシ猶右式ハ運算稍煩雜ナルヲ以テ後節更ニ L ノ略値ヲ與フル簡單ナル公式ヲ求メントス

第四節 堤ノ内側面不滲透質ナル場合ノ浸潤面

堤ノ外側面水ニ接シ若干ノ水量斷ニス堤體內ニ流入スル時若シ内側面カ全々水ノ滲出ヲ許サ、ル如キ構造ナル時ハ流入セシ水量ハ全部堤内ニ蓄積シ浸潤面ヲ漸次ニ上昇セシメ内側ハ其水壓ニ耐エスシテ遂ニ崩壊スルニ至ルヘシ如斯場合外水面及持續期間ト浸潤面トノ關係ヲ究メンコトハ頗ル困難ナリ然レトモ河水極テ徐々ニ上昇スル場合ニ對シテハ次ノ如キ方法ヲ以テ其大要ヲ知り得ヘシ第十圖ハ内側面不滲透質ナル土壤ノ断面及外面ノ水位曲線ナリ而テ $A'C'$ ハ地下耐水層 CC' ハ矢板工ニシテ滲水ノ漏出ヲ遮斷スルモノトス今水位 y_0 ニ於テ浸潤線ハ法先 C ニ達シ尙水位上昇シツ、 t 時刻ヲ經過スル時ハ外側ヨリ浸入セシ水ハ内部ニ蓄積シテ浸潤面ヲ ED ニ高ムヘシ若シ浸潤線ハ凡テ拋物線ニ近似セルモノト假定スレハ次ノ如キ計算ヲ施シ得ヘシ

浸潤線ノ等式 $y^2 = a(b-x)$ a, b ハ時刻ニ從ツテ變化スル係數

AA' 面ヨリ流入スル水量 $= \log i^2 = q$

$$\text{面積 } ABCDE = \frac{Ay_0 + Ay}{2} \cdot x + \frac{Ay}{2} (L-x) = \frac{1}{2} (axAy_0 + L Ay)$$

$$L = \sqrt{\frac{k}{\lambda} \frac{6H_{m^2} + 9a^2k}{\lambda} - 3a} \sqrt{\frac{k}{\lambda}} \dots \dots \dots (8)$$

浸潤線ヲ ED = 上ケル爲メニ要スル水量 = $\frac{\lambda}{2}(x\Delta y_0 + L\Delta y)$

$$\therefore qdt = \frac{\lambda}{2}(x\Delta y_0 + L\Delta y)$$

$$\therefore s = \frac{2qdt - \lambda L\Delta y}{\lambda \Delta y_0} = \frac{2}{\lambda} \frac{qdt - L\Delta y}{\Delta y_0} \dots \dots \dots (9)$$

然ルニ q ハ既知ナルヲ以テ dt ヲ適宜ノ期間ニ採リ Δy_0 ヲ定メ次ニ Δy ヲ假定シテ s ヲ算出シ是ニ由テ逆ニ Δy ヲ算出シ由テ前ニ假定セル値ニ適當ナル補正ヲ加ヘ若干ノ試算ノ後 s 及 Δy ヲ求メ得ヘシト雖モ其運用頗ル煩雜ニシテ實用ニ便ナラス依テ問題ヲ更ニ簡易ナラシメン爲メ s_0 ニ於テ浸潤法先ニ及ヘルモノトシ之ヨリ t 時間後ニ於ケル内側浸潤高ヲ求メン爲メ t 時間中ノ平均水位 H_m カ期間中持續スルモノト考ヘ t 間ニ流入スル水量ヲ求ムルニ

$$Q = \alpha H_m t = k_i H_m t$$

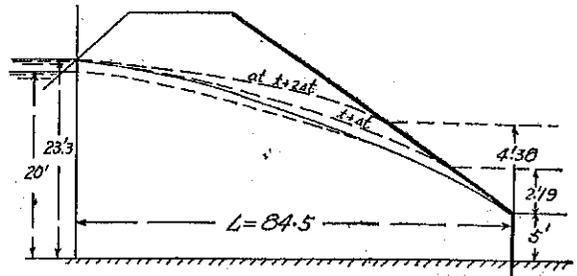
而テ此間ニ堤體內ニ蓄積セラル、水量ハ $\frac{\lambda}{2} L \Delta y$ ナリ

依テ

$$\Delta y = \frac{2Q}{\lambda L} = \frac{2k_i H_m t}{\lambda L} \dots \dots \dots (9)$$

右式ニ依テ浸潤ノ大勢ヲ推知スルヲ得ヘシ今一例トシテ第十一圖ノ如キ場合ヲ採ル(圖ハ方眼紙ニ畫クヲ便トス)

$$s_0 = 20' \quad h = 5' \quad t = \begin{cases} 20^m \\ 10^m \end{cases}$$



第十圖

$$H_m = 23.3 \quad k = 1.0 \quad \lambda = \frac{1}{3} \quad L = 84.5$$

浸潤面ノ等式 $y^2 = 6.3(88.7 - x)$

$$\therefore i = 0.132$$

$$4y = \frac{6 \times 1 \times 0.132 \times 23.3}{84.5} \times 10^3 = 2.19$$

$$4y = \dots \times 20^3 = 4.38$$

即本例ニ於テハ浸潤ハ内法ノ約半ニ及フヲ見ル猶4yハ高水位持續ノ時間ニ直接比例スルヲ以テ長期ノ洪水ニ接スル堤ニ於テハ内法ノ排水ヲ妨ケサル様注意ヲ要ス

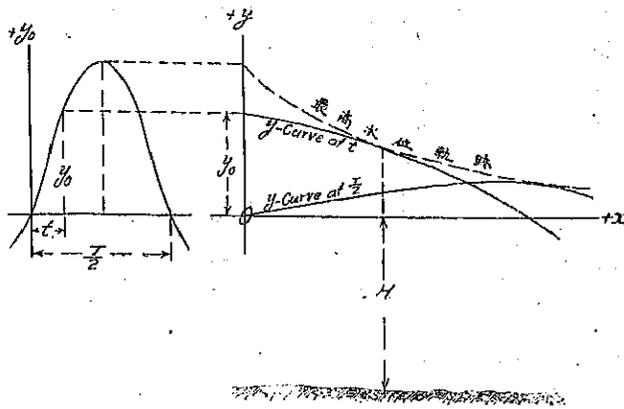
第五節 第二節ノ場合ニ於テ内側ニ水域在存セサル時

第二節ノ如ク外水面ハ時刻ニ從テ昇降シ而モ内側ニ水域ノ存スルナク陸地ハ等質ノ土砂ヲ以テ半無限 (Halfraum) ニ瀾漫スル場合ナリ此

ケルモノト同一ニシテ只環境條件ニ於テ少シク異ナルノミ先ツ平均地下水水位ヲ横軸ニ探リ(第十圖参照)外水面ハ之ヲ中軸トシテ上下ニ同様ノ變動ヲナスモノトス外水面海灣ニシテ潮汐現象ノ行ハル、時ハ水位變動ハ反復スルさいん曲線ヲ以テ現ハシ得ヘク若河水ニシテ洪水現象ニ因ルモノナル時ハ河水カ平均地下水水位ヨリ上昇シさいん曲線ノ上半周期ヲ畫クモノト考フヘシ次ニ環境條件ヲ求ムルニ先ツ最初水位カ平均水位ニ在リ將ニ上昇セントスル時ヲ時刻ノ起點ニ探ル此時ニ於テハ内地ノ水面ハ未タ外水面ノ影響ヲ受ケサルヲ以テ

(1) $t = 0$ ノ時

$y = 0$ (2)ノ凡テノ値ニ對シテ)



第 十 二 圖

次ニ外水昇降ノ影響ハ無限ノ遠距離ニ及ラ能ハサルヲ以テ
 (2) $\frac{\partial y}{\partial x} = 0$ ニ於テ $y = F(x)$
 而テ外水面昇降ノ條件ハ

微分方程式ハ第二節ト同様
 (3) $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$ ニ於テ $y = F(x)$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \dots \dots \dots (10)$$

ニシテ0ノさいん函數ヲ以テ之ヲ満足セシメ得ヘシ猶此場
 合空間ハ無限ニ亘ルヲ以テリノ形式ハフーリエ氏積分ヲ以
 テ現ハシ得即

$$y(x) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \sin x\beta d\beta \int_0^{\infty} y(\lambda) \sin \beta \lambda d\lambda$$

茲ニ β 及 λ ハ便宜ノ爲メ一時的ニ用フル補助變數ナリ
 同様ニ

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \sin x\beta d\beta \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 y(\lambda)}{\partial \lambda^2} \sin \beta \lambda d\lambda$$

然ルニ

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 y(\lambda)}{\partial \lambda^2} \sin \beta \lambda d\lambda = \left\{ \frac{\partial y(\lambda)}{\partial \lambda} \sin \beta \lambda \right\}_0^{\infty} - \beta \int_0^{\infty} \frac{\partial y(\lambda)}{\partial \lambda} \cos \beta \lambda d\lambda = -\beta \int_0^{\infty} \frac{\partial y(\lambda)}{\partial \lambda} \cos \beta \lambda d\lambda$$

$$\therefore \frac{\partial y(\lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\partial y(x)}{\partial x} \quad \text{而シテ} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad \therefore \frac{\partial y}{\partial x} = 0$$

猶

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial y(\lambda)}{\partial x} \cos \beta \lambda \, d\lambda = \left[y(\lambda) \cos \beta \lambda \right]_0^{\infty} + \beta \int_0^{\infty} y(\lambda) \sin \beta \lambda \, d\lambda = -y(0) + \beta \int_0^{\infty} y(\lambda) \sin \beta \lambda \, d\lambda$$

$$\therefore y_{x=\infty} = 0 \quad (\cos \beta \lambda)_{\lambda=\infty} = 1$$

然ルニ $y(0) = F(0)$ ナルヲ以テ $\int_0^{\infty} y(\lambda) \sin \beta \lambda \, d\lambda = \eta + \text{定数}$

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \sin \pi \beta \, d\beta \left[\beta F(0) - \beta \eta \right]$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \sin \pi \beta \, d\beta \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

同様ニ

此等ヲ (10_a) ニ入ルレハ次ノ關係ヲ得

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \alpha^2 \left[\beta F(0) - \beta \eta \right]$$

之ヲ積分シテ $\eta = \alpha^2 \beta \int_0^t e^{-\alpha^2 \beta x(t-\lambda)} F(\lambda) \, d\lambda$ ($t=0$ ノ時 $\eta=0$ ナルヲ以テ積分常數ハ0ナリ)

然ルニ $\eta = \int_0^{\infty} y(\lambda) \sin \beta \lambda \, d\lambda$ ナルヲ以テ之ヲ (9)ノ現式ニ入ルレハ

$$y = \frac{2\alpha^2}{\pi} \int_0^{\infty} F(\lambda) \, d\lambda \int_0^{\infty} e^{-\alpha^2 \beta x(t-\lambda)} \beta \sin \beta x \, d\beta$$

然ルニ $\int_0^{\infty} x e^{-\alpha^2 x^2} \sin bx \, dx = \frac{\sqrt{\pi} b}{4\alpha^2} e^{-\frac{b^2}{4\alpha^2}}$ ナル積分公式ニ依リ

$$\int_0^{\infty} e^{-\alpha^2 \beta^2 (t-\lambda)} \beta \sin \beta x \, d\beta = \frac{\sqrt{\pi}}{4\alpha^2 (t-\lambda)^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{x^2}{4\alpha^2 (t-\lambda)}}$$

$$\therefore y = \frac{x}{2a\sqrt{\pi}} \int_0^x F(\lambda) e^{-\frac{x^2}{4a^2(t-\lambda)}} (t-\lambda)^{-\frac{3}{2}} d\lambda \dots \dots \dots (10_0)$$

次ニ $\frac{x}{2a\sqrt{\pi}} = \gamma$ ト置ケハ

$$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-\gamma^2} F\left(t - \frac{x^2}{4a^2\gamma}\right) d\gamma \dots \dots \dots (10_1)$$

然ルニ此式ハ外水位ノ變動ヲ近似的ニ現ハシ得ル如キ $F(t)$ ノ凡テノ函數形ニ對シテ積分不可能ナリ從テ (10₀) ハ現今ノ數學ニ由リテ到達シ得ル最終最簡ノ解答ニシテ之ヲ實地ニ運用セントセハ與ヘラレタル $F(t)$ ノ函數形ニ依リ或 a ノ値ニ對シ $e^{-\gamma^2} F\left(t - \frac{x^2}{4a^2\gamma}\right)$ ナル曲線ヲ畫キ其面積ヲ測定シ以テ一點ノ水位變動ヲ推察セサルヘカラサルヲ以テ其應用頗ル困難ナリ由テ右解答ニ含マル、理論的意義ヲ摸シテ一ノ簡單ナル公式ヲ假定シ實驗ニ由リテ其係數ヲ定メ水域ニ接近セル部分ニ於ケル地中水位ノ變動ヲ現ハサントス

先ツ外水面變動シ初メテヨリ充分長キ期間ヲ經過シタル狀態ヲ考フル時ハ或點ニ於ケル變動ノ振幅ハ既ニ一定シテ t ニハ無關係ナルヘシ (10₀) 中ノ積分内ノ函數形ヲ見ルニ $e^{-\gamma^2}$ ノ指數ハ一ヨリ之ヲ γ ヨリ ∞ ノ間ニ積分スルヲ以テ其結果ニ對スル γ ノ影響ハ斯ク大ナラス γ ノ指數ハ一ヨリ僅ニ大ナルヘシ次ニ位相ノ後レハ $\frac{4a^2\gamma^2}{x^2}$ ニシテ a ニ無關係ナリト雖モ γ ハ a ヲ含ムヲ以テ之ニ關シテ積分シタル結果ハ a ヲ含ムヘク且波動傳播ノ一般原則ニ準シ位相ノ後レハ a ニ比例スト做スヲ妥當トスヘシ尙土質ノ粗密即 λ ノ影響ヲ考フルニ距離ヲ時刻ト同シ Dimension タラシムルニハ之ヲ速度ニテ除スヘク然ルニ速度ハ λ ニ比例シ有効距離ハ λa ニ比例スルヲ以テ結局位相ノ

ノ後レハ $\frac{\lambda_0}{h}$ ニ比例スヘシ斯クシテ外水面ノ昇降

$$y_0 = \frac{H_0}{2} \sin \frac{2\pi}{T} t$$

ヲ以テ現ハサル、場合ニ於テハ地中水位ノ運動ハ大體次式ニ依テ表現シ得ヘシ

$$y = \frac{H_0}{2} e^{-\alpha \left(\frac{\lambda_0}{h}\right)^2 t} \sin \left[\frac{2\pi}{T} \left(t - \mu \frac{\lambda_0}{h} \right) \right] \dots \dots \dots (10)$$

C, n, μ ハ係數

式(10)ハ微分方程式(10₀)ニ對シテ充分ナル解答タル能ハスト雖モ環境條件ノ凡テヲ満足セシメ得ヘシ

諸テ式中ノ諸係數ヲ決定スルニ充分ナル程度ノ觀測ハ其例稀有ニシテ予ノ知レル範圍ニ於テハ獨國えむでん港ニ於ケル觀測ノミナリ (Dr. W. Kyriels: Grundwasserabsonkung, S. 114)

式(10)中 n ハ一ニ近キノミナラス唯一箇所ノ材料ヲ有スルノミナルヲ以テ之ヲ未知トシテ算定スル能ハス依テ此場合 n ヲ一ニ等シト考ヘ C 及 μ ヲ算出セントス

$$k = 0.9 \quad \lambda = 33\% \quad a = 250^m$$

(而シニ側面ニ水域アルヲ以テ有効距離ハ $a \times \sqrt{\frac{2}{2}}$)

九回ノ潮汐ニ於テ

- 外水ノ滿干差ノ平均 = 2.87^m
- 波頂ニ於ケル位相ノ後 ν (平均) = 2.11^m
- 平均位相ノ後 $\nu = 2.09^m$
- 試驗井内ノ滿干差平均 = 0.581^m
- 波谷ニ於ケル位相ノ後 $\nu = 2.07^m$
- 波長ノ平均時間(T) = 11.25^m

此等ノ材料ヨリ計算スレハ

$$C=0.0243$$

$$\mu=0.032$$

$$\therefore y = \frac{H_0}{2} e^{-0.0243 \left(\frac{z}{k}\right)} \sin \left\{ \frac{2\pi}{T} \left(t - 0.032 \frac{z}{k} \right) \right\} \dots \dots \dots (10_a)$$

然レトモ本公式中ノ C, n, μ 等ハ猶多數ノ實驗觀測ヲ俟テ初メテ有力ナル數ヲ得ヘキモノニシテ
(10_a)ニ與フル所ハ其一例ニ過キス

第六節 浸潤線ノ前進

曩ニ第三節ニ於テ前進シツ、アル浸潤線ノ現式及其前進距離ヲ與フル公式ヲ誘導セシカ其等ハ
算定煩雜ナル多クノ常數ヲ有シ實際ノ運用容易ナラス依テ種々ノ場合ニ對スル其等ノ常數ヲ豫
メ算定シ置キ以テ實算ニ便ナラシメントス

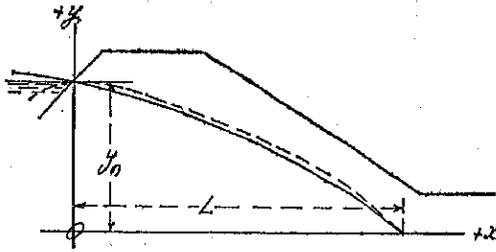
今 $A_0 = H_0 t$ (H_0 ハ t 期間ノ平均水位), $\frac{H_m - h_0}{H_m - H_0} = \mu$ ト置ケン

$$d = \frac{t}{\mu \ln \left(\frac{t}{d} + 1 \right)}$$

$$\therefore \frac{t}{d} = \mu \ln \left(\frac{t}{d} + 1 \right)$$

依テ μ ニ種々ノ値ヲ與ヘ $\frac{t}{d}$ ノ値ヲ求レハ

$\frac{1}{\mu} =$	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30
$\frac{t}{d} =$	0.99	1.59	2.50	4.05	6.88



第十三圖

次ニ右ノ μ 及 t/d ノ値ニ由テ常數 a ヲ算出シ依テ以テ前進ノ距離 L ヲ算出スレハ

$C =$	1.84	1.88	1.91	1.96	2.03
-------	------	------	------	------	------

$$L = C \sqrt{\frac{k}{\lambda} H_0 t} \dots \dots \dots (11)$$

C ノ値ハ μ ニ由リテ異リ右表中ニ掲クルカ如シ而テ其變化微小ニシテ平均一九五ニ近キヲ以テ L ノ値ハ t 期間ニ於ケル水位曲線ノ面積ト土質ノ μ ニ由テ定マルモノト考フルヲ得ヘシ是レ第三節ニ於テ雙曲線ノ等式ヲ求ムルニ當リ實水位曲線ト同一ナル面積ヲ有セシメタル所以ナリ依テ L ハ次式ニ依リテ其略値ヲ算出シ得ヘシ

$$L = 2 \sqrt{\frac{k}{\lambda} H_0 t} \dots \dots \dots (11)$$

L水位 H_0 ニ於ケル外側水際線ヨリ前進セシ距離

k地下流速ノ係數(第一章第二節)

λ堤土ノ空隙割合

H_0 t 期間中ノ平均水位即 H_0 ハ水位曲線ノ面積

猶時刻 t ニ於ケル浸潤線ノ形ハ式(8)ニ依テ算定シ得ヘク第十三圖ニ示スカ如ク垂直軸ヲ有シ $0, y_0, y_1$ 點ヲ通ル拋物線ナリト雖モ L カ y_0 ノ三倍以上ニ達シタル場合ハ y_0 ニ頂點ヲ有シ y_1 軸ヲ軸トシ $0, y_1$ 點ヲ通ル拋物線ヲ以テ之ニ代フルモ其偏差微小ナリ由テ t ニ於ケル浸潤線ノ現式ハ

驗 說 報 告 浸潤作用ニ對スル土堤ノ安定ニ就テ

$$y = y_0 \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right) \dots \dots \dots (11_b)$$

(11) 及 (11_b)ニ依リテ任意時刻ニ於ケル浸潤線ノ位置形狀ヲ確定シ得ルヲ以テ内法面浸潤ノ有無ヲ容易ニ決定シ得ヘシ今試ニ期間トニ對スル平均水位(粘土層上) H_0 ヲ二〇尺トシ種々ナル土質及トニ對スル L ノ値ヲ算定スレハ次表ノ如シ但シ

土堤ニ於テ	$k=0.3$	$\lambda=0.3$	$\therefore 2\sqrt{\frac{k}{\lambda}}=2.0$
細砂堤ニ於テ	$k=1.0$	$\lambda=0.3$	" = 3.66
粗礫堤ニ於テ	$k=3.0$	$\lambda=0.25$	" = 6.92

ト假定ス

$$L = 2\sqrt{\frac{k}{\lambda} H_0 t}$$

t (時間)	10	20	40	100	200	500
土堤 (尺)	28.2	40.0	56.6	89.4	126.4	200
細砂堤 (尺)	51.7	73.2	104.0	164	232	—
砂礫堤 (尺)	98	138	196	—	—	—

右表ニ由テ觀ルニ本邦ニ於ケル多數ノ河川ノ如ク水位上昇シ始メテヨリ最高ヲ經過シ堤ノ危險ヲ感セサル程度ニ減水スル迄四五十時間ニ過キササル場合ニ馬踏三間兩法二割ノ土堤ヲ採用スルニ於テハ内法浸潤ノ虞少ナシト雖モ長大ナル河川ニシテ期間十數日以上ニ及ヒテハ到底浸潤ヲ防止スル能ハサルヲ識ル而テ砂又ハ砂礫ノ堤防ニ於テハ地下水水位低キ場合ノ外浸潤ノ内法ニ波及スルヲ普通トス

猶浸潤線ハ上方ニ凸形ヲ爲スヲ以テ馬踏小ニ内法ノ勾配緩ニ過クル時浸潤法先ニ達セスシテ先ツ法中腹ニ接觸スル場合ナキニアラス此等ニ關シテハ後章更ニ詳述セントス

第三章 浸潤作用ヨリ見タル堤防ノ安定

第一節 土堤浸潤ノ程度

前章ニ於テ水頭ヲ有スル水ノ堤體浸入ニ關シ理論的考察ヲ試ミ略普通土堤ノ浸潤作用ヲ論スルニ必要ナル場合ヲ盡セルヲ以テ以下實際ノ土堤ニ就キ其安定ヲ研究セントス
先ツ堤防ノ浸潤現象ニ就テ考フルニ常時地下水水位堤底以下ニ位スル場合ト雖モ土砂ノ毛管作用ニヨリ水面ニ近キ部分ハ濕潤ノ狀態ニ在ルヘク又洪水ニ際シ浸潤堤體内ニ浸入スル場合ニ於テモ浸潤ノ表面外若干ノ部分ハ濕潤狀態ニ存スヘシ然リト雖モ此等吸引作用ニ由ル濕潤ノ範圍ハ數十糎ヲ超ユル事稀ナルノミナラス其上部ハ水分著シク遞減シテ土砂ノ息角ヲ害スル程度ニ達セス G. Wilson 氏ノ實驗ニ依レハ砂ニ於テハ含有水分約二割重量ニテニ達セサル間ハ其固有息角ヲ害スルロトナキヲ示セリ (Minute of I. C. E. vol. 149) 從テ浸潤現象ノ波及ヲ論スルニ當リテ毛管作用ヲ無視スルモ大勢ニ影響スル事少ナカルヘシ

土堤ノ外側面ニ接スル河水上昇シ高水位ヲ持續スルニ從ヒ浸潤ハ次第ニ内側ニ接近スヘク堤ノ安定上接近ノ程度ヲ次ノ如ク分別ス

(一) 浸潤線内法ニ達セサル場合

(二) 浸潤線ノ尖端僅ニ法先ニ達スルモ排水充分ナルカ又ハ減水速カニシテ浸潤線ノ上昇スル虞ナキ場合

(三) 浸潤線法面ニ到達シ尙高水ノ持續ニ由リ次第ニ上昇スル傾向アル場合
此等ハ土質堤形高水持續期間等ニ由リテ定マル所ナルヲ以テ堤體ノ設計ニ際シテハ宜シク浸潤

線進入ノ程度ヲ究メ之ニ應シテ其寸法ヲ定ムヘキナリ而テ浸潤程度ヲ算定セシニハ前章ニ得タル結果ヲ適宜應用スレハ可ナリ即耐水層深ク地下ニ存スル場合埋底以下數十尺ニ於テハ式(10)又ハ(10_a)ヲ用ヒ耐水層近ク存在スル場合ハ式(11)ヲ應用スレハ可ナリ次ニ此等ノ應用方法ニ就テ述ヘントス

第二節 浸潤程度ノ算定

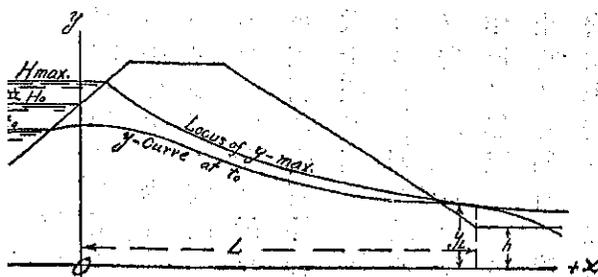
先ツ第一ノ場合ニ於テハ水際ヨリLナル距離ニ於ケル水位ノ變動ハ略次式ニ依テ現ハシ得

$$y = H_m e^{-\alpha \left(\frac{2x}{L}\right)^n} \sin \left\{ \frac{2\pi x}{L} \left(t - \mu \frac{\lambda L}{k} \right) \right\} \quad H_m \dots \text{最高水位}$$

C, n, μ 等ヲ決定スルニハ多クノ實地觀測ヲ要スヘシト雖モ假ニ之ヲ以テ
 nノ實例ニ由テ定メタル値ヲ用フレハ

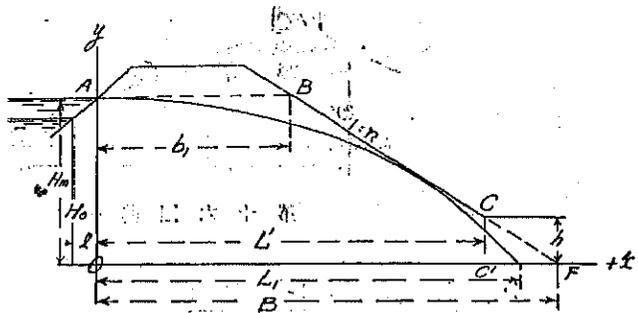
$$y = H_m e^{-0.0025 \frac{x}{L}} \sin \left\{ \frac{2\pi x}{L} \left(t - \frac{0.032L}{k} \right) \right\}$$

第十四圖



第十四圖ニ於テOxヲ地下水位又ハ河川ノ常水位ニ採リ岸面ヲOyニ採リ堤内法先ハs=L, y=hニ在ルモノトセハLニ於ケル水位カハヲ超ユヘキヤ否ヤニ依テ法面ノ浸潤スルヤ否ヤヲ定メ得ヘシ而テ此場合yノ振幅ハe^{-α(x/L)ⁿ}ニ比例スルヲ以テ浸潤線カ法先ニ達セサル以前ニ中腹ニ接スルノ虞ナシ今y_{max}ノ最大ヲ求ムルニ其時刻t₀ハ

Copyrighted material



第十六圖

$b_1 = \dots$ 浸潤線法面より接ス

$b_1 > \dots$ 浸潤線法面より離セシ

而テ右條件式中ニハ交點CF部ニ存在スル場合ヲモ包含セリ依テ交點カBC内ニ存スル場合ノミヲ取ランニシテUナレハ交點ハBC部ニ在リ而テ此場合ニ小ナル値ニ由テ比較スレハ足ルヲ以テ

依テ浸潤面カ法先ニ達セシテ先ツ法中腹ニ達スルキ條件ハ

$$\frac{L_1^2}{2nH_m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4nH_m b_1}{L_1^2}} \right) > U \quad (U = L - S) \text{ナラン法面ニ於テ交ハラズ}$$

$$\frac{L_1^2}{2nH_m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4nH_m b_1}{L_1^2}} \right) < U \dots \dots (13a)$$

今一例ヲ掲ケテ斯ル場合ノ可能ナルヲ示サントシ第十六圖ニ於テ

(1) $U = 70'$ $H_m = 20'$ $n = 3$ $L_1 = 80'$

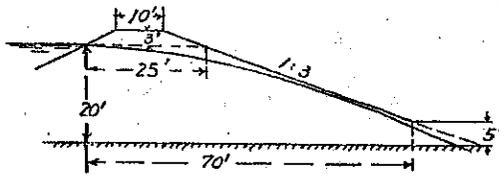
$$\frac{L_1^2}{2nH_m} = \frac{80^2}{4 \times 3 \times 20} = 26.7 > b_1 = 25'$$

$$\frac{L_1^2}{2nH_m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4nH_m b_1}{L_1^2}} \right) = \frac{80^2}{2 \times 3 \times 20} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 3 \times 20 \times 25}{80^2}} \right) < 70$$

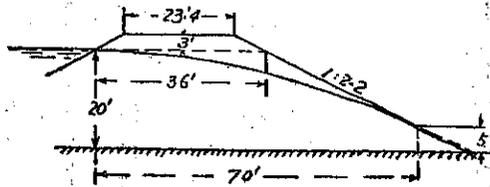
$$y_s = H_m \left(1 - \frac{T^2}{L_1^2} \right) = 20 \left(1 - \frac{70^2}{80^2} \right) < h = 5'$$

ニシテ浸潤ハ先ツ中腹ニ達スル今同一堤幅(U)ヲ用ヒ馬踏ヲ大ニシテ法ヲ急ニスル時ハ

(2) $b_1 = 36'$ $n = 2.2$ $b_2 = 2.2 \times 20 = 44$



第十六圖其一



第十六圖其二

然ルニ

$$\frac{L_1^2}{2nH_m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4nH_m b_1}{L_1^2}} \right) = \frac{80^2}{2 \times 2.2 \times 20} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 2.2 \times 20 \times 36}{80^2}} \right) = 79 > L = 70'$$

$$\frac{L_1^2}{4nH_m} = \frac{80^2}{4 \times 2.2 \times 20} = 36.4 > b_1 = 36'$$

即此場合ハ交點CF間ニ在スルヲ以テ法先ニ先シテ中腹ノ浸潤スル虞ナシ今堤頂ハH_m以上三尺ノ餘裕ヲ有スルモノトシテ此等兩種ノ堤形ヲ圖示スレハ第十六圖其一及同其二ノ如シ猶此等ノ關係ヲ今一層簡單ニ概略的ニ現ハサシ爲メeノ現式ヲ採リ其開平記號内ノ項ヲ負ナル時ハ交點存在スル能ハサル事實ヨリ

$$b_1 > \frac{L_1^2}{4nH_m} \dots \dots \text{交ラス}$$

此條件ハ右邊ニ尙一層大ナル量ヲ置換スルモ差支ナク然ルニn著シク大ナル場合ノ外CFハb₁ヨリ小ナルヲ以テ通常B > L₁ 又ハ b₁ + nH_m > L₁²

$$\therefore \frac{L_1^2}{4nH_m} < \frac{(b_1 + nH_m)^2}{4nH_m} = \frac{1}{4} (nH_m + 2b_1 + \frac{b_1^2}{nH_m}) \div \frac{1}{4} (nH_m + 2b_1 + \frac{b_1}{n})$$

$$\therefore 2b_1 > nH_m + \frac{b_1}{n} \dots \dots \text{交ハラス}$$

又ハ $b_1 > \frac{nH_m}{2-1} \dots$ (尚一層概略的ニ) $b_1 > \frac{nH_m}{2} \dots$ 交ハラス $\dots \dots \dots$ (13a)

即チ極テ概略的ニ云ヘハ b_1 カ $\frac{nH_m}{2}$ ヨリ大ナル場合ハ浸潤先ツ中腹ニ及フノ憂ナク b_1 カ $\frac{nH_m}{2}$ ヨリ小ナル場合ニ於テノミ式 (13a) ノ試算ヲ要スルモノトス
由テ前節ニ掲ケタル浸潤程度ヲ數式ヲ以テ現ハセハ

$y_2 < h$ (又ハ近似的ニ $L_1 < L$) 及 $b_1 > \frac{L_1^2}{4nH_m} \dots$ 浸潤程度 (1)

$y_2 = h$ (又ハ近似的ニ $L_1 = L$) 及 \dots 同 上 (2)

$y_2 > h$ $\dots \dots \dots$ (13a)

又ハ $b_1 < \frac{L_1^2}{4nH_m}$ 及 $\frac{L_1^2}{3nH_m} (1 - \sqrt{1 - \frac{4nH_m}{L_1^2}}) < L$ $\dots \dots \dots$ (3)

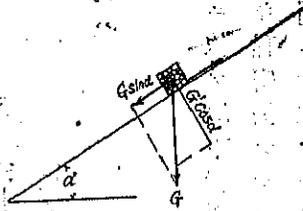
($H = L - l$)

式 (13) ニ依テ地下耐水層近キ場合ニ於ケル内法浸潤ノ難易ヲ考フルニ堤體全體ニ厚ク内法面河水ニ遠キ程安全ナルハ勿論ナルモ出水急ニシテ H_m 大ナル割合ニ L_1 大ナラサル場合ハ先ツ中腹ニ於テ浸潤スル虞アルヲ以テ緩法即ルノ大ナルハ何等ノ利益ナク廣キ馬踏又ハ稍高キ小段ニ依リテ接觸ヲ避クルヲ可トス此事實ハ洪水期短クシテ厚キ堤體ニ由リ内法ノ浸潤ヲ全々回避シ得ルカ如キ本邦河堤ニ於テ割合ニ馬踏大ニ法急ナル堤形ヲ採用スル事ノ有利ナルヲ理論上ヨリ證明スルモノナリ

第三節 濕潤セル土砂ノ息角

土砂ノ空隙中ニ水分浸入シ其一部又ハ全部ヲ充タシタル場合ニ於ケル土砂ノ息角ヲ求メントス

從來ノ觀測實驗ニ依リハ濕潤ノ程度輕キ間ハ水ノ凝集力ノ作用ニ依リ却テ息角（大）ヲシムト雖モ濕潤漸ク甚シキニ及ビテハ附着力ハ土粒間ノ摩擦減少ニ依リテ打消サレ息角ハ次第ニ小トナルヲ事實ヲ知レリト雖モ其減少程度ニ關シテハ未タ簡明ナル算法ナシ今濕潤セル土砂カ（ナ）ハ傾斜（度）爲シ其最上層ノ土砂カ將ニ滑落セントシテ僅ニ停止セル場合ヲ採リ（第十七圖）最上層ノ微容積ノ平衡ヲ考フルニ



第十七圖

トシテ微容積ノ重量 G ヲ求ム

(浸潤状態ニ於テ) $\lambda = \lambda_1$

$$G = \{ (1 - \lambda) \gamma_0 + \lambda \gamma_1 \} \Delta x \Delta y \Delta z$$

其割合ハ濕潤ノ程度ニ比例スルモノト假定スレハ

$$G = (1 - \lambda) \left(\gamma_0 - \frac{\lambda_1}{\lambda} \gamma_1 \right) \Delta x \Delta y \Delta z$$

ナリ而テ滑落ノ方向ニ働ク分力ハ $G \sin \alpha$ ニシテ之ニ耐抗スルモノハ土砂粒間ノ摩擦及水ノ凝集力ナリ然ルニ凝集力ハ削離ノ面積ノミニ比例スルヲ以テ厚層ヲ爲ス土砂ノ平衡ニ於テハ之ヲ無視スルヲ可トス而テ摩擦ハ接面濕潤ノ爲メ乾燥セル場合ニ比シ多少ノ減少アルヘク其程度ハ土質ニ依リ同シカラス(余ノ觀測ハ第五節ニ在リ)今乾燥状態ニ於ケル摩擦係數ヲ μ トシ濕潤セル場

合ヲムトスレハ微容積平衡ノ等式ハ

$$G \sin \alpha = (1-\lambda)r_0 + \lambda_1 r \int \partial x \partial y \partial z \sin \alpha = \mu_1 (1-\lambda) \left(r_0 - \frac{\lambda_1}{\lambda} r \right) \partial x \partial y \partial z \cos \alpha$$

$$\therefore \tan \alpha = \mu_1 \frac{(1-\lambda) \left(r_0 - \frac{\lambda_1}{\lambda} r \right)}{(1-\lambda)r_0 + \lambda_1 r} \dots \dots \dots (14)$$

今乾燥セル土砂ノ息角ヲ ϕ トスレハ $\mu = \tan \phi$ ナルヲ以テ $\mu_1 = m \tan \phi$ ($m =$ 係數)ト置ケハ

$$\tan \alpha = m \frac{(1-\lambda) \left(r_0 - \frac{\lambda_1}{\lambda} r \right)}{(1-\lambda)r_0 + \lambda_1 r} \tan \phi = mK \tan \phi \dots \dots \dots (14)$$

$$K = \frac{(1-\lambda) \left(r_0 - \frac{\lambda_1}{\lambda} r \right)}{(1-\lambda)r_0 + \lambda_1 r}$$

(14)ニ於テ α ト置ケハ水分カ空隙ヲ完全ニ充填セル場合即浸潤土砂ノ安全勾配ヲ得ヘシ

即 $\tan \alpha = m \tan \phi \frac{(1-\lambda)(r_0-r)}{(1-\lambda)r_0 + \lambda_1 r}$

今濕潤セル場合ノ息角ノ正切 (μ)ヲ濕潤安全勾配ト名ツクレハ該勾配ハ常態ニ於ケル安全勾配ニ土質ニ依ル係數 mK ヲ乗シタル形ヲ以テ現ハシ得ヘシ今種々ノ場合ニ於ケル mK ノ値ヲ算出スレハ大體次表ノ如シ

	砂	土	土	土
$r_0/r =$	2.5	2.5	2.4	2.2

論 說 報 告 浸潤作用ニ對スル土堤ノ安定ニ就テ

四四

	砂 礫	細 砂	粗 砂	礫 土	植 土
$\lambda =$	0.3	0.3		0.35	0.35
$m =$	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8
(1) $\lambda_1/\lambda = 1/2$	0.88	0.88	0.62	0.58	0.50
(2) $\gamma = 3/4$	0.62	0.62	0.50	0.46	0.41
(3) $\mu = 1$	0.51	0.51	0.41	0.39	0.34
					0.27

依テ堤土ノ乾燥状態ニ於ケル安全勾配ヲ一割乃至一二五割トシ各濕潤程度ニ對スル安全勾配ヲ算出スレハ大略左ノ如シ

	砂 礫	細 砂	粗 砂	土
(1) 新築固セル場合			1.6—2.0	2.0—2.5
(2) 強度ノ濕潤状態	1.7—2.0		2.0—2.5	2.5—3.5
(3) 被覆状態	2.0—2.5		2.5—3.0	3.0—4.0

.....(15)

第四節 外法面ノ安定

外法面ノ安定ハ主トシテ水勢ノ直接作用ニ依ルモノナルヲ以テ本文ノ論題ト相關スル事深カラス然レトモ浸潤ニ依ル法面安定ノ如何モ亦決シテ輕視スヘキニアラス土堤ハ通常張芝張石等ニ依リテ被覆保護セラルト雖モ法カ浸水セル堤土ノ息角ヨリ急ナル傾斜ヲ有スル時ハ被覆層ニ對シテ若干ノ水平土壓ヲ作用セシムヘシ而テ法面宏キ程下部ニ於ケル土壓ハ益々大ナルヲ以テ張芝ハ勿論張石ト雖モ其構造貧弱ナルモノニ在リテハ之ニ耐抗スルコト困難ナルヘシ故ニ此等ノ被覆工ハ單ニ水流ノ激突剝削等直接作用ニ對シテノミ有效ナルモノト考ヘ法面ハ浸水セル場合ニモ猶自ラ其傾斜ヲ支持シ得ル如ク設計スルヲ宜シトス而テ充分ナル裏込ヲ有スル堅固ナル石

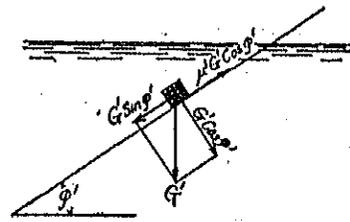
眼工ヲ用ヒテ急勾配ヲ支持セントセハ豫メ浸水セル堤土ノ土壓ヲ算定シ一般土留石垣ノ方針ニ

由リテ之ヲ設計スルヲ可トス惟テ外法ハ洪水ニ際シ全々水中ニ没スルヲ以テ其場合ノ安全勾配ヲ求ムルニ第十八圖ニ於テ ϕ' ヲ水中ニ於ケル愚角トスレハ前二節ノ如ク

$$(1-\lambda)(\gamma_0-\gamma) \sin \phi' = \mu(1-\lambda)(\gamma_0-\gamma) \cos \phi'$$

$$\mu \dots \text{水中ニ於ケル摩擦係數}$$

$$\tan \phi' = \mu$$



第十八圖

配ヲ測定セシニ

而テ水中ニ於ケル摩擦係數ヲ乾燥セル場合ニ比スルニ砂礫ニ於テハ大差ナキモ微細粒ノ土砂ニ於テハ一般ニ多少減却アリ余カ完全ニ静止セル水中ノ土砂ニ就キ傾斜ヲ觀測シ更ニ之ヲ乾燥シテ靜ニ撤出シ其法勾

普通(普通土質)

1.7-1.8

1.45

普通

1.5-1.6

1.4

水中

乾燥(土質)

而テ減却ノ程度ハ土質ニ依リテ變化アルヘシト雖モ普通土砂ニアリテハ水中ニ於テ摩擦抵抗ノ平均一割乃至三割ヲ失フヘク其程度ハ粒微細ニ比重低キ程大ナルヘシ依テ外法面ヲ充分安固ナラシメンニハ土堤ニ於テハ二割以上砂礫堤ニアリテハ一割五分以上ノ法ヲ必用トスヘシ猶外法ニ設ケタル粘土心ハ其耐水性ニ依リテ堤體ノ浸潤ヲ防止スルノ效大ナリト雖モ高水長期ニ亘ル時ハ粘土ト雖モ浸潤ヲ免ル、能ハス爲ニ自身ノ位置ヲ保テ得サルニ至ルヲ以テ之ニ頼リテ外法ノ勾配ヲ急ナラシムルハ危險ナリト云フヘシ

第五節 浸潤セサル内法ノ安定
 浸潤ノ内法面ニ達スヘキヤ否ヤハ式(12)及(13)ニ依テ算定スルヲ得ヘク即次ノ條件ヲ満足スル時ハ其虞ナシ

地下層水層深キ場合

$$y < h$$

(第一等條件)

地下層水層埋底ニ接近セル場合

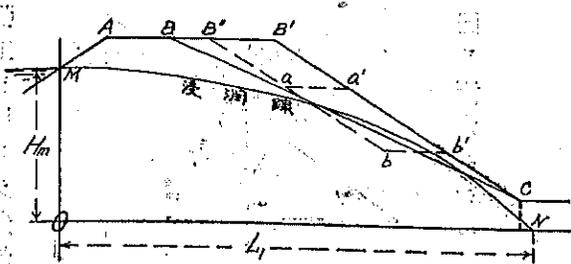
$$y < h$$

又

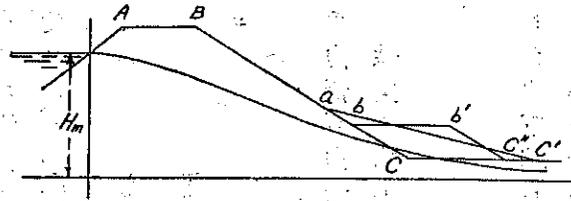
$$b > \frac{L^2}{4hD_{im}}$$

(第二等條件)

第九圖



但シ第一ノ場合ニ於テモ内法先ニ排水溝開溝又ハ盲溝ヲ設クル場合ハ第二ノ場合トシテ取扱フヲ安全ナリトス
 内法面浸潤セサル場合ニ於テハ其傾斜ヲ堤土固有ノ永久的安全勾配以下タラシムレハ可ナリ然レトモ法先ニ接近シテ水域ノ存在スル場合ハ法ノ下端ハ強度ノ濕潤状態ニ在ルヲ以テ其勾配ヲ濕潤安全勾配(第三節(15)ノ(2)即砂礫堤ニ對シテハ二割以上土堤ニ於テハ二割五分以上ノ法ヲ用フルヲ良シトス而テ前記條件式ノ兩邊殆ト相等シキ場合ハ法面下部ノ濕潤ヲ豫期セサルヘカラス即堤内水域ノ有無ニ係ラス法下部ヲ充分緩ナラシムル必要アルヘク若シ浸潤線法中腹ニ接近セル時ハ中腹以下ノ勾配ヲ緩ナラシムヘシ
 而テ此等ノ場合法下端ニ砂礫ヲ入レ換フルハ排水ヲ助ケ中腹ノ濕潤ヲ輕減シ得ルノミナラス自身ノ濕潤息角大ナルニ由リ法先ノ安定ヲ増大セシムル事大ナリ
 猶法面ノ浸潤ヲ避ケシカ爲メ堤幅(五)ヲ増大スル場合ニ馬踏ヲ擴クヘキ



カ法ヲ緩ニスヘキカハ頗ル重大ナル問題ニシテ地盤軟弱ナラサル場合ニ於テハ一ニ浸潤線ノ形

狀ニ依テ決定スヘキナリ即粘土盤堤底ニ接近セル時又ハ法先ニ排水溝ヲ設クル時ハ浸潤線ハ上方ニ凸形ヲ爲スヲ以テ法ハ濕潤程度ニ對シテ必要ナル勾配ヲ用ヒ堤幅ハ馬踏又ハ高キ小段ニ依テ之ヲ擴ムルヲ可ト

ス此場合小段ニ依ル方一般ニ土坪ヲ減シ得ト雖モ其位置低キニ過クル時ハ却テ浸潤線ニ接近セシムル虞アリ今第十九圖ニ就テ之ヲ説明センニMNヲ浸潤線トスレハ高キ小段ヲ有スル AB'aa'C'形ハ最モ有利ニシテ

過緩ナル法ヲ有スル ABC 及低キ小段ヲ有スル AB'bb'C 等ハ危険ナル堤形ナリ之ニ反シテ地下耐水層深キ場合ハ浸潤線ハ上方ニ凹形ヲ爲シ中腹浸潤ノ惧少ナキヲ以テ法下端ヲ緩ナラシムルカ法先ニ小段ヲ設ク

レハハヲルヨリ小ナラシムル上ニ於テ頗ル有効ナリ而テ以上ノ論定ハ法面ノ浸潤ヲ回避シ得ル場合ニ對スルモノニシテ洪水長期ニ亘ルカ用土砂礫質ニシテ到底内法ノ浸潤ヲ免レサルモノ又ハ地盤軟弱ナル所ニ於テハ別ニ考究セサルヘカラス

猶法面ニ於ケル張芝等ノ被覆工ハ風雨ノ直接作用及ヒ不測ノ缺點ニ對スル保護ト見做シ堤體ノ設計ニハ之ヲ見込マサルヲ宜シトス

第六節 浸潤セル内法ノ安定

内法浸潤ノ條件ハ

地下耐水層深キ場合

$$g > h$$

(本章第二節參照)

地下耐水層堤底ニ接近セル場合

$$g_1 > h \quad \text{又} \quad b_1 < \frac{I_1^2}{4mH_m} \quad \text{及} \quad \frac{I_1^2}{2mH_m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4mH_m b_1}{I_1^2}} \right) < H \quad (\text{同})$$

ニシテ其波及スル範圍ハ兩邊ノ差ノ大小ニ依リテ又ハ力カハテ超ユル事大ナラサル場合ハ浸潤ハ法ノ下端ニ止マルヘク其差大ナルカ又ハ中腹浸潤スル時ハ法下半部ノ浸潤ヲ豫期セサルヘカラス而テ此等浸潤部ニ對シテハ浸潤安全勾配即砂礫堤ニ於テハ二割五分土堤ニ於テハ三割以上ヲ緩法トナスヲ要ス一般ニ法面浸潤スル場合ニ於テハ法先ノ排水最モ肝要ニシテ若シ之ヲ妨クルカ如キ工法ヲ用フルニ於テハ浸潤面ハ第二章第四節ニ論セシ如ク法面ニ添フテ容易ニ上昇シテ下端ニ危險ナル水壓ヲ作用セシムヘシ故ニ浸潤長期ニ宜ルモノニアリテハ法ヲ緩ナラシムルノミナラス法先ニ排水溝開溝又ハ盲溝ヲ設ケテ滲出水ノ排出ヲ促スヘシ而テ該溝ノ所要疎通力ヲ算定スルニハ最高水位カ暫時持續スルモノト考ヘ式(4)_aヲ應用スヘク即

堤防ノ單位長(尺)ヨリ滲出スル流量(毎時立方尺) $q = \frac{3}{4} \cdot \frac{k}{T} (H^3 - h^3)$

延長 s 尺 ヲリ滲出スル流量 (同)

$Q = qs$

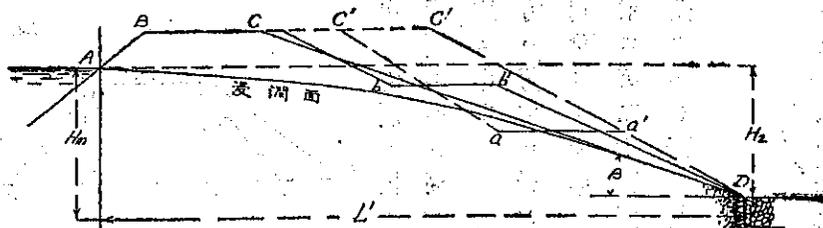
茲ニ

h.....排水溝ノ水深 H.....溝底ヨリ計ラタル最高水位
 T.....Hニ對スル水際線ヨリ溝岸ニ至ル水平距離

而テ内側ニ排水溝ヲ設クル時ハ耐水層ノ位置ニ係ラス浸潤線ハ上方ニ凸形ヲ爲スヲ以テ式(11)_bト同一性質ノ曲線ト見レハ安全ニシテ且實狀ニ近キヲ以テ其式ハ

$y = H_m - (H_m - h) \frac{x^2}{T^2}$ T.....最高水位ノ水際線ヨリ溝岸ニ至ル水平距離

ニシテ法下端ニ於ケル水面勾配カ法ノ浸潤安全勾配ヨリ急ナルハ法ノ安定ヲ期シ難キノミナラスTノ小ナルハ滲水ノ流速ヲ大ナラシメ堤土ヲ洗流スルノ危險ヲ生ス故ニ斯ル場合法面ノ安定ヲ期センニハ堤幅(工)ヲ出來得ルタケ大ナラシメ法下半ヲ用土ノ安全浸潤勾配ヨリ緩ナラシムル



第 二 十 一 圖

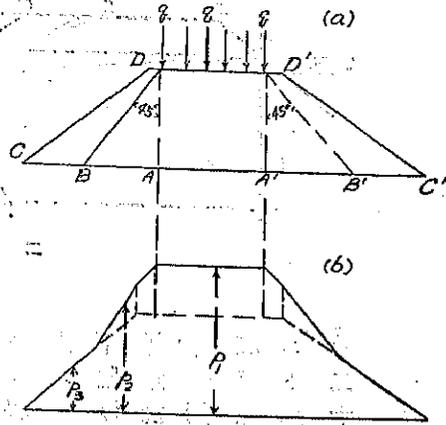
ヲ要ス而テ馬踏ヲ大ナラシムルハ通常土量ヲ増加スルニ過キサザルヲ以テ其幅員ハ水防交通將來ノ嵩疊等ノ爲メニ必要ナル程度ニ止ムルヲ利トス若シ法先浸潤部ヲ砂礫ヲ以テ置換ヘ法面ノ安全勾配ヲ大ナラシメ法ノ上部ニ小段ヲ設クル時ハ浸潤區域ヲ縮少セシメ得ヘシ(第二十一圖參照)然レトモ小段ノ位置低キニ過クル時ハ(堤形 ABC' a' D)法面ヲ浸潤線ニ接近セシムルヲ以テ有害ナリ通常最高水位ヨリ最大接水高 H_2 ノ $\frac{1}{4}$ 以上低カラサルヲ宜シトス

第七節 軟弱ナル地盤上ノ築堤

軟弱ナル地盤上ニ築堤スル時ハ堤底ニ於ケル土砂ノ支持力ニ不同ヲ生シ一般ニ堤心ニ大ニ外部ニ小ナルヘシ中央ノ軌道ヨリ撤出シニ由リテ築堤スル場合特ニ然リトス斯如キ堤土カ洪水ニ際シテ濕潤スル時ハ堤底ニ作用スル壓力著シク強大不同トナリ支持力充分ナラサル部分ニ於テ遂ニ沈下陥没等ヲ惹起スルニ到ルヘシ而テ堤底ニ於ケル支持力ノ分布ヲ推定シ堤體浸潤ノ狀況ヲ假定スル時ハ此等沈下陥没ノ有無ヲ略推定シ得ヘシ今一例トシテ中央ノ軌道ヨリ撤出シニ由リテ築堤セル場合ノ支持力ノ分布ヲ求メンニ此場合中央部ハ動荷重ノ作用ニ由リテ著シク支持力ヲ増加スト雖モ兩法底ニ於テハ僅カニ直上ノ土砂重量ト平衡スルニ止マルヘシ(第二十二圖參照)

γ_0 = 土砂單位容積ノ重量 (實質ノ單位容積ニアラス)

h_0 = 兩法底ニ於ケル支持力ノ餘裕



第二十二圖

q = 動荷重 = 依テ支持力ノ増加

又ハ中央部單位面積ニ對スル動荷重

Z = 堤底ヨリ計リタル堤表面ノ高

$$(AA') \text{ 中央部ニ於ケル支持力} = (Z+h) \rho' + q = P_1 \dots \dots (16a)$$

$$(CB \text{ 及 } C'B') \text{ 兩側ニ於ケル同上} = (Z+h) \rho' = P_2 \dots \dots (16b)$$

尚堤頂ニ於ケル動荷重ハ約四十五度ノ開キヲ以テ地下ニ傳播

ス下者ノ得ルヲ以テ

$$(AB \text{ 及 } A'B') \text{ 法肩底部ノ支持力} = (Z+h) \rho' + q \left(1 - \frac{z}{AD}\right) = P_3 \dots \dots (16c)$$

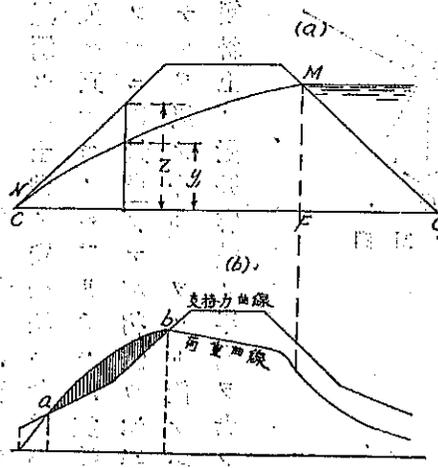
依テ支持力ノ分布ヲ圖示スルハ大體第二十二圖(b)ノ如キナル

次ニ濕潤ニ因ル荷重ノ變化ヲ考フルニ浸潤線内法ニ達スル場合其上部若干ハ毛管作用ヲ依リテ濕潤スヘク高水ノ持續長キニ亘ルニ從ヒ其厚サ及水分ハ漸次増加スヘシ而テ其程度ニ由リテ堤底ニ作用スル荷重ニ強弱アリト雖モ之ヲ正確ニ算定スルハ困難ナルノミナラス一方堤底ノ支持力ハ荷重ニ對シテ若干ノ餘裕ヲ必要トスヘキヲ以テ濕潤作用ノ極度ニ波及セル場合ヲ豫想シ浸潤面ヨリ堤面ニ至ル間土砂空隙ノ全部ハ水分ニ依テ充填サレ然モ壓力ノ傳達不能ナルモノト假定ス第二十三圖ニ於テ MN ハ浸潤面ニシテ是以下ニ於テ土砂ハ該面ヨリノ深サニ相當スル浮力ヲ受クヘシ而テ其上側 $MNKL$ 部ハ完全ニ濕潤セル部分ニシテ土砂ハ浮力ノ作用ヲ受ケス今

Z_1堤底ヨリ浸潤面迄ノ高
 Z_2水單位容積ノ重量

トスレハ堤底各部ニ作用スル荷重ノ強サハ次ノ如シ

第四章 土堰堤ノ安定
 土堰堤ニ於テハ高水永久ニ持續スルヲ以テ耐水性完全ナル心壁ヲ用フル場合ノ外内法面一部份ノ浸潤ニ到底之ヲ避クル能ハス唯心壁ノ耐水力大ナル場合ニ於テハ浸潤現象法先ノ小區域ニ止マ



第二十三圖

ラ助ケン爲メ内法先ニ並杭ヲ用フルハ一般ニ有效ナルヘシト雖モ此場合裏込ニ割栗礫砂ヲ漸次ニ用ヒ水ノ滲出ヲ妨ケサランコトニ留意スベキナリ
 要スルニ軟弱ナル地盤上ニ築堤スル場合ハ濕潤區域ヲ最小ナラシメン爲メ堤形ヲシテ出來得ル限リ浸潤面ニ接近セシムルヲ可トス即馬踏及小段ノ過大ナルハ却テ有害ニシテ寧ロ法面ヲ緩ナラシムルヲ良シトス猶浸潤セル底土ノ支持力
 即 C-F 部ニ於テハカトカトノ大小ニ由リテ荷重ハ浸潤潤ノ爲メニ増加又ハ減少シ F-C 部即外法ニ於テハ常ニ減少スルヲ見ル猶地盤軟弱ナル場合ハ常時ト雖モ堤底濕潤セルモノ多キヲ以テ洪水浸潤ノ爲メ特ニ支持力カヲ低減スルノ必要ナカラシ由テ支持力ノ過不足ハ P トカト P トノ大小ヲ比較スル事ニ由リテ直ニ之ヲ推知シ得ヘク其計算ハ作圖ニ由ルヲ便ナリトス即第二十三圖 (b) ニ示スカ如ク P ヲ現ハス支持力曲線ト P 示ス荷重曲線トヲ堤底線上ニ畫ケハ其高低ニ由リテ支持力ノ過下足ヲ判シ得ヘシ圖ニ於テハ P 部即内法ノ上半部ハ沈下陷没ノ虞アルモノトス

C-F 部ニ對スル荷重ノ強サ $w_1 = Z_1^2 + 2Z_1 - y_1x = Z_1^2 + 2Z_1 - y_1x$ (17a)

F-C 部ニ對スル荷重ノ強サ $w_2 = Z_2^2 + 2Z_2 - y_2x = Z_2^2 + 2Z_2 - y_2x$ (17b)

上 $w_2 = Z_2^2 + 2Z_2 + (y_2 - y_1)x - y_2x = Z_2^2 - (1 - \lambda)Z_2$ (17c)

即三割三分勾配ナリ即堰堤ノ内法下端ニシテ濕潤スル部分ハ三割以上五割ノ勾配ヲ與フルヲ要ス而テ此場合 $\tan \phi_1$ ノ小ナルハ $\tan \phi_2$ ヲ著シク低下セシムルヲ以テ土質及搗固ハ特ニ重要ナルモノトス

次ニ外法面ヲ考フルニ河堤ノ場合ト同一ニシテ(第三章第五節)唯地震ノ作用ヲ參酌スルノ差アルノミ即安息角 ϕ_1 ハ次ノ如シ

$$(1-\lambda)(\gamma_0-r)\delta V \sin \phi_1 + \{r + (1-\lambda)(\gamma_0-r)\} \delta V a \cos \phi_1 = \mu(1-\lambda)(\gamma_0-r)\delta V \cos \phi_1$$

$$\therefore \tan \phi_1 = \tan \phi' - \frac{r + (1-\lambda)(\gamma_0-r)}{(1-\lambda)(\gamma_0-r)} \dots \dots \dots (19a)$$

式(14_b)ト同一ノ常數ヲ用フレハ

$$\tan \phi_1 = \tan \phi' - 2a \dots \dots \dots (19b)$$

水中ニ於ケル堤土ノ安全勾配ヲ一割二分五厘ト假定スレハ

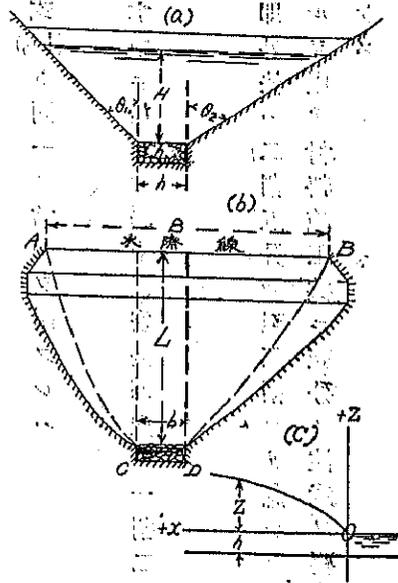
$$\tan \phi_1 = \frac{1}{2.5}$$

即外法ハ二割五分乃至三割ヨリ急ナラサルヲ可トス此場合ニ於テモ ϕ' ノ小ナルハ非常ニ不利ナルヲ以テ材料施工共ニ充分ノ注意ヲ要ス猶外法ノ安定ハ心壁ノ不完ニ由リテ直接ノ影響ヲ受ケス

第二節 排水設備

上述ノ如ク心壁ノ耐水作用ハ多クノ場合完全ヲ期スヘカラサルヲ以テ法先ノ排水ヲ充分ナラシメ依テ浸潤面ノ低下ヲ計リ法面ノ安定ヲ保タサルヘカラス心壁ノ能力ハ豫メ其耐水力ヲ試験シ同一抵抗ノ堤土ノ厚サニ換算シ(即實際ヨリモ厚キ等質堤體トシテ)滲透水量ヲ計算スルモ一方法

ハツト雖モ出来上リ心壁ノ耐氷力ヲ豫斷スル事ハ頗ル困難ナルノミナラズ排水量ヲ過大ニ見積ルモ全工費ニ影響スル所微々タルヲ以テ心壁ノ作用ヲ全々無視シ以テ滲透水量ヲ算出シ是ニ對スル排水設備ヲ設クルヲ可トモシ第二十五圖ニ於テ(6)ヲ堤ノ平面トシ接觸地盤ヲ耐氷性ト考ス



第 二 十 五 圖

- h 同上
- $B = \overline{AB}$ 外側水際線ノ幅
- H 堤底ヨリノ水深
- $\theta_1 \theta_2$ 谷兩岸ノ傾斜
- L 水際ヨリ内法先ニ到ル水平距離
- $m = \tan \theta_1 + \tan \theta_2$

關セス一定シ法端ヨリ排出スヘキ水量ニ等シ之ヲ毎秒 Q トスルハ

$$Q = \iint k \frac{\partial Z}{\partial x} dz dy \cos \theta + k \frac{\partial Z}{\partial x}$$

$$Q = k \frac{\partial Z}{\partial x} \left\{ \cos \theta_0 \frac{mZ^2}{2} + b(h+Z) \right\}$$

$$k \frac{\partial Z}{\partial x} = \left\{ \cos \theta_0 \frac{mZ^2}{2} + b(h+Z) \right\} dz$$

$\cos \theta_0$ = mean of $\cos \theta$ ト置キ積分スルハ

積分シテ得ルナル時 $Z=H$ ナル條件ヲ入ルニ

$$\frac{Q}{k}(L-x) = \frac{m}{6} \cos \theta_0 (H^3 - Z^3) + b \left\{ \left(h + \frac{H}{2} \right) H - \left(h + \frac{Z}{2} \right) Z \right\} \dots \dots \dots (20_a)$$

然ルニ $s=0$ ナルトキ $Z=0$ ナルヲ以テ

$$Q = \frac{kH}{L} \left\{ \frac{m}{6} \cos \theta_0 H^3 + b \left(h + \frac{H}{2} \right) H \right\} \dots \dots \dots (20_b)$$

若シ兩岸ノ傾斜極メテ緩ニシテ堤長大ナル時ハ $\cos \theta_0 = 1$ ト置キ得此場合 Q ハ内法ノ全長ヨリ滲出スル水量ヲ與フルモノナリ猶上式ニ由テ知ル如ク滲水ハ内法先ニ近ツクニ從ヒ著シク其流動ヲ増大スルヲ以テ法先ニ於テハ特ニ浸潤ニ耐ヘ而モ滲透容易ナル構造タラシメ直ニ盲排水溝ノ作用ヲ爲サシムルヲ利トス即法先部ニ砂礫割栗等ヲ用フルハ此理ニ基クモノナリ而テ法先ノ内部ニ盲排水溝ヲ設クルハ浸潤面ヲ低下シ法先ノ安定ニ對シテハ著シク有利ナリ次ニ法先ニ於ケル浸潤線ノ勾配即 $\frac{dZ}{dx}$ カ法ヨリ急ナルハ浸潤ノ上昇ヲ促スヲ以テ之ヲ避クルヲ良シトス最初ノ微分方程式ニ於テ $s=0, Z=0$ ト置キ法先ノ $\frac{dZ}{dx}$ ヲ求ムレハ

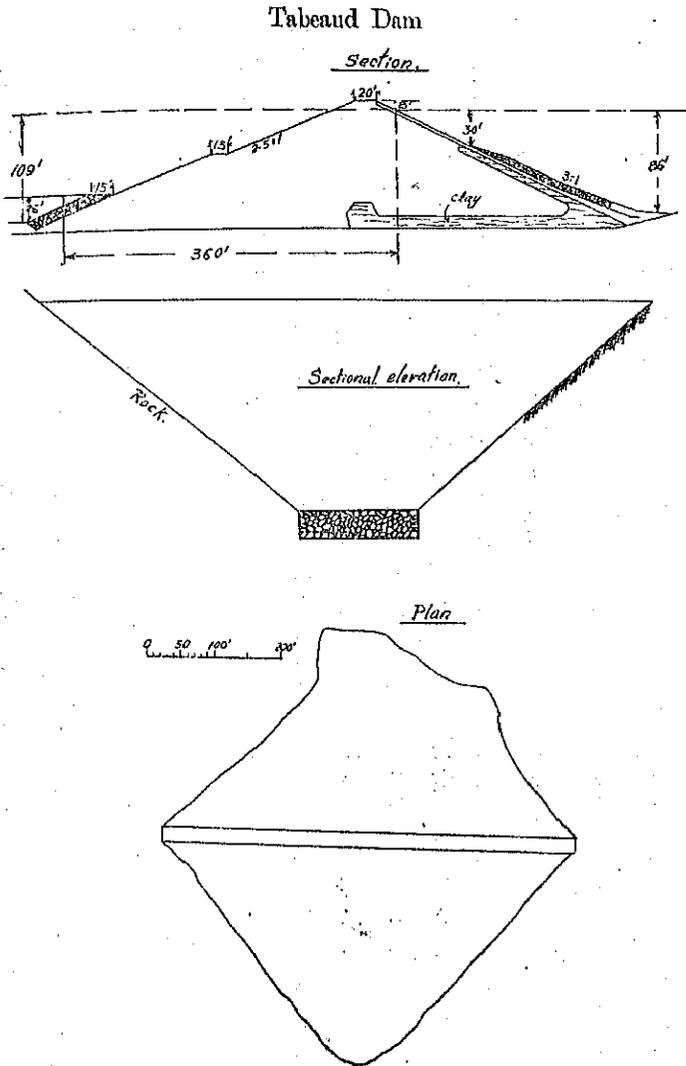
$$\left(\frac{dZ}{dx} \right)_{x=0, Z=0} = \frac{Q}{2kbi} \dots \dots \dots (20_c)$$

式系 (20) ノ運用ヲ Tabeaud Dam ニ就キテ例示セントス該堤ハ心壁ヲ有セス代フルニ外法面ニ添フテ厚キ粘土捲キヲナセリ谷ノ兩岸ハ略四十五度ノ傾斜ヲ爲シ稍耐水性ヲ有スル岩盤ナリ(第二十圖參照)

$H=109'$, $h=26'$ (割栗ヲ以テ保護セル高ニシテ浸潤線ヲ此高迄テ上ラシムルヲ得)

$$b=200 \quad \theta_1=45^\circ \quad L=360'$$

$$\cos \theta = 0.92 \quad m = \tan \theta_1 + \tan \theta_2 = 2$$



即滲出スル水量ハ毎秒二個ヲ超ニス

$$Q = k \frac{109}{360} \left\{ \frac{2}{6} \cdot 0.92 \times 109^2 + 200 \left(26 + \frac{109}{2} \right) \right\} = 5,980 k \text{ cub. ft./hour} = 1.66 k \text{ cub. ft./sec.}$$

$$\frac{dZ}{dz} = \frac{5,980}{2 \times 200 \times 26} = \frac{1}{1.84}$$

第 二 十 六 圖

即約一割八分勾配ニシテ法傾斜ニ割五分ヨリ急ナルヲ以テ若シ粘土捲キノ效力ヲ無視スル時ハ内法下端ノ浸潤ヲ免レス從テ堤幅(L)ヲ今少シク大ナラシムルヲ可トセン
 猶兩岸耐水層ナラサル時ハ其土質ヲ堤土ト同一ナリト假定シテQ及 $\frac{dZ}{dz}$ ヲ算出シ得此場合合流線(Stream lines)ハ同焦點楕圓

(Confocal ellipses) ニシテ等勢線 (Equipotential lines) ハ楕圓ト同一焦點ヲ有スル雙曲線ナルヲ以テ各流線ノ微分流量ヲ求メ之ヲ積分シテ Q ヲ得ヘシ然レトモ其算出値ハ式(20)ニ依ルモノヨリ常ニ小ナルヲ以テ普通如斯煩雜ナル算法ヲ用フルノ必要ナカルヘシ

附 記

余ハ本論ニ於テ問題ノ取扱ヒヲ理論的抽象的タラシメ實證的具體的ナランコトヲ避ケタリ是レ現存河堤ニ於テハ計算ニ必要ナル諸種ノ材料(石、土、木等)ヲ確定スルコト難ク之ヲ在來ノ貧弱ナル實驗ニ依リテ推定臆斷スルモ到底適切ヲ期シ難ク斯ル材料ノ下ニ重大ナル職責ヲ有スル現存堤ノ安否ヲ論議スルハ頗ル危險ニシテ寧ロ暴論ニ庶幾キテ慮レハナリ然レトモ上來論スル所ニ由リ本邦ニ於ケル短河川ニシテ良好ナル堤土ヲ用ヒ馬踏三間以上兩法二割乃至二割五分以上堤頂餘有四、五尺タラシムルニ於テハ內法ノ浸潤稀有ナルヲ以テ內法先ニ充分ナル注意ヲ拂フニ於テハ其安定ヲ危惧スルノ要ナキヲ信スルモノナリ然リト雖モ洪水稍長期ナルカ堤土細砂質ナルカ小ナル寸法ヲ用フルカ又ハ地盤軟弱ナル場合ニ於テハ特ニ科學的考究ヲ用ヒテ堤形ヲ決定セン事ヲ希望スルモノナリ

猶本論ニ於テハ問題ヲ現今ノ數學ニ依テ取扱ヒ得ル様單純化セル所少ナカラス例ヘハ地下耐層ノ位置ヲ極テ深キカ極テ淺キカノ場合ニ限リ土質ヲ齊等ト見做シ心壁ヲ無視スル等はナリ即諸公式ハ理論ノ企及シ得ル所ヲ究メタルニ過キサリナリ而テ如斯單純化ニ依テ生スル誤差ノ多少ハ今日ノ場合理論ニ依テ之ヲ探究スルニ由ナキヲ以テ公式ノ改良補正ハ一ニ實驗觀測ノ結果ニ俟タサルヘカラス而テ公式ノ照査トシテ要スル材料ハ堤形、土質、水位曲線、耐水層及地下水位ノ位置法面浸潤ノ時刻及位置崩壞ノ狀況等ナルヲ以テ洪水ニ際シ此等ノ觀測ニ留意セン事ヲ切ニ希望スルモノナリ(完)