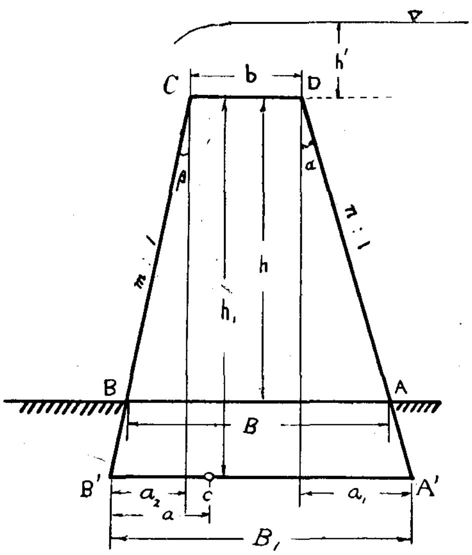
Title	砂防堰堤断面式ノ種類ト其ノ一般式ニ就テ
Author(s)	村上, 惠二
Citation	京都帝國大學演習林報告 (1943), 17: 1-20
Issue Date	1943-02-28
URL	http://hdl.handle.net/2433/190469
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

緒　　言

砂防堰堤トシテ從來採用サレ來ツタ型ハ、主トシテ重力堰堤デアル。拱堰堤ハ寧ロ特殊ナ存在トシテ取扱ハレ、從ツテ斷面式ノ公表サレタルモノ又ハ現ニ研究サレツヽアルモノモ、多クハ前者ニ就テデアル。本文ニ於ケル研究ノ範圍モ亦重力堰堤ニ限定シ、砂防工學ノ範圍內ニ於テ、內外ノ文獻ヨリ共ノ斷面式トシテ公表サレタモノヲ集メ、之等ノ諸式ニ就テ一應ノ說明ヲ試ミタル上、諸式ニ對スル一般式トモ稱スベキモノヲ誘導シタ。諸式ヲ研究スルニ當リ各式ニ就テ誘式ノ煩ヲ繰返スヨリモ、寧ロ一般式ヲ定メ置キ、諸式ヲ共ノ特別ナル場合ノ式トシテ取扱フコトガ便利デアルノミナラズ、一般式ソレ自身ノ使用ヲ適當ナリトスル場合アリト思惟スルカラデアル。

砂防堰堤ノ斷面式トシテ知ラレタルモノニ、外國ニテハ古クハ E. Thiéry ノ式アリ。之ニ次デ L. Hauska ノ式ガアル。我國ニテハ大正年代ニ入リテヨリ、砂防工事ノ進展漸ク著シカラントシ、荒廢溪ニ對スル主要工作用物タル砂防堰堤ノ斷面式ニ關スル研究ノ必要ニ迫ラルヽアリ、Hauska ノ研究トハ無關係ニ數種ノ斷面式ガ公表サルヽニ至ツタ。本文ニハ之等ノ諸式カラ成ルベク多數ノモノヲ輯錄セント努メタガ、特殊ノ研究ニ屬スルモノ又ハ本文トハ分離シテ考究スルヲ適當ナリト認メタモノニ就テハ輯錄ヲ見合セタ。

本文中ニ屢々使用スル記號ヲ次ノ如ク定メル



h_1 堰堤ノ全高(基礎底面ヨリ放水路底面迄)

h 堰堤ノ地上高

h' 溢水深

b 堤頂幅(天幅)

B_1 基礎部ノ底幅

B 地上部ノ底幅

n 上流法

m 下流法

$a_1 = nh_1$

$a_2 = mh_1$

G 堰堤單位長サノ重量

W 上流面ニ作用スル靜水壓

R G ト W トノ合力

γ_w 淸水又ハ濁水ノ單位容積重量

γ_m 堰堤ノ單位容積重量

c 三分點

$a = \frac{B_1}{3}$

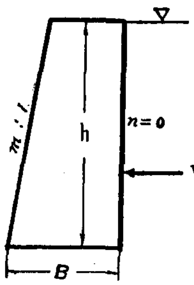
第1章 断面式ノ種類

砂防堰堤断面式トシテ公表サレタルモノヽ内主ナル公式並ニ其ノ内容ヲ示セバ次ノ如クデアル。

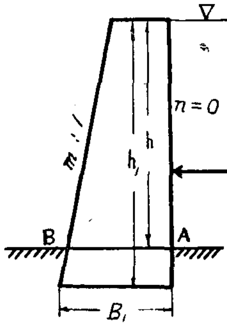
1. 佛、墺ニ於ケル断面式

1) E. Thiéry 式

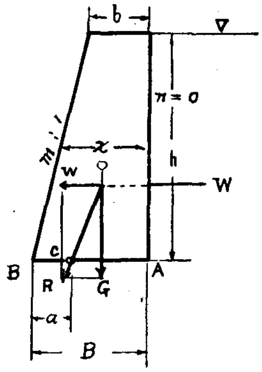
i) m ト n=0 トヲ與ヘ諸力ノ合力ガ三分點ヲ通過スル如キ断面ノ底面 B ヲ求ムル式デ、h′=0 即チ水位ハ堤頂迄トシタ、断面式トシテハ最モ簡單ナ場合ノ式デアル (a 式)



圖—a



圖—b



圖—c

$$\frac{B}{h}=-\frac{m}{2}+\sqrt{\frac{5}{4}m^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}}\cdots\cdots\cdots(a)$$

ii) h′=0 トシ、m ト n=0 トヲ與ヘ、諸力ノ合力ガ三分點ヲ通過スル如キ断面ノ基礎部ノ底幅 B_1 ヲ求ムル式デアル。(a)式ト異ナル點ハ、外力タル靜水壓 W ガ壁面ノ地上部 A 點以上ノ部分ニ作用スルモノトセルニ對シ、之ニ對抗スル堰堤ノ自重ハ地盤中ニ埋メ込マレタ基礎部ヲモ含メタ點ニアツテ、コノ點本式ノ特徴デアル。本式(b)ニ於テ $h_1=h$ トセバ(a)式ヲ得ル。

$$\frac{B_1}{h_1}=-\frac{m}{2}+\sqrt{\frac{5}{4}m^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left\{3\left(\frac{h}{h_1}\right)^2-2\left(\frac{h}{h_1}\right)^3\right\}}\cdots\cdots\cdots(b)$$

iii) 本式(c)ハ(a)式ノ場合ニ於テ、更ニ壓碎ニ對スル條件ヲ附加シタ式デアル。即チ諸力ノ合力 R ガ三分點 c ヲ通過スル場合堰堤ノ底面ニ生ズル最大應壓力 p_1 ノ爲メニ底面ガ壓碎セザル如キ断面ノ中央幅 X ヲ求ムル式デアル。誘導方法ハ次ノ如クデアル。

c 圖ニ於テ cB=a トシ c ガ底面上任意ノ位置ニアル時 m > 0, n=0, h′=0 ナラバ

$$a=\frac{1}{B+b}\left\{B^2-\frac{h^2}{3}\left(\frac{\gamma_w}{\gamma_m}+m^2\right)\right\}\cdots\cdots\cdots(i)$$

然ルニ c ハ三分點デアルカラ $3a=B$ $\cdots\cdots\cdots$(ii)

又張力=0 ナル時ノ最大應壓力 $p_1=\dfrac{2N}{B}=\dfrac{2G}{B}$ ……(iii)

但シ N ハ合力ノ垂直分力デ、コノ場合ハ G デアル。

(iii)式=(i)(ii)ノ値ヲ代入スルト

$$p_1=\frac{2G}{3a}=\frac{(B+b)^2h\gamma_m}{3B^2-h^2\left(\dfrac{\gamma_w}{\gamma_m}+m^2\right)} \quad\cdots\cdots\text{(iv)}$$

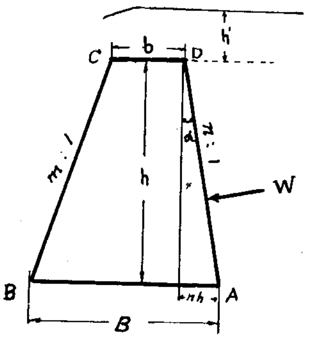
堰堤ノ抗壓强度ヲ P トスレバ、堰堤ガ少クトモ壓碎サレヌ爲メニハ

$$P=p_1 \quad\cdots\cdots\text{(v)}$$

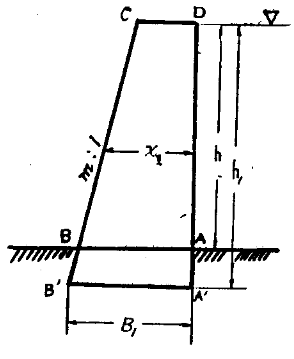
(v)式ヲ解イテ $B=x+\dfrac{mh}{2}$ ヲ代入スレバ(c)式ガ得ラレル。

$$\frac{x}{h}=\frac{-3Pm+2\sqrt{P\left\{3P\left(m^2+\dfrac{\gamma_w}{\gamma_m}\right)-h(\gamma_m m^2+4\gamma_w)\right\}}}{2\,(3P-4\gamma_m h)} \quad\cdots\cdots\text{(c)}$$

iv) 本式 (d) ハ (b) 式ノ場合=於テ前式同様壓碎=對スル條件ヲ附加シタ式デアル。即チ靜水壓 W ハ AD ノ部分ノミ=作用スルモノトシ堰堤重量 G ハ基礎部ヲ含メタモノヲ以テシ、其ノ他=就テハ前式=準ズル。但シ x_1 ハ斷面 A′B′CD ノ中央幅デアル。



圖—e



圖—d

$$\frac{x_1}{h_1}=\frac{-3m+\sqrt{9m^2+4A\left(i+\dfrac{m^2}{4}\right)}}{2A} \quad\cdots\cdots\text{(d)}$$

上式中 $A=3-\dfrac{4\gamma_m h_1(1+m^2)}{P}$, $i=\dfrac{\gamma_w}{\gamma_m}\left\{3\left(\dfrac{h}{h_1}\right)^2-2\left(\dfrac{h}{h_1}\right)^3\right\}$ デアル。

2) L. Hauska 式

i) 本式(e)ハ $h'>0$ トシ、b ト n トヲ與ヘ合力ガ三分點ヲ通過スル如キ斷面ノ B ヲ求ムル式デ

アル。天幅ト上流法ヲ與ヘテ底幅從ツテ下流法ヲ算出スルハ、砂防堰堤ノ特異性ニ反シ、本式ノ應用範圍ハ特殊ノ場合ニ限ラルト思ハレルガ、洪水時ヲ豫想シテ溢水深ヲ見込ミタルハ Thiéry 式ニ比シ一進歩デアル。

（註） 本式中 $\frac{b-nh}{2}$ ノ項ハ原式ニハ $\frac{b+nh}{2}$ トナリ居ルモ檢算ノ結果誤植ト認メ訂正シタ。

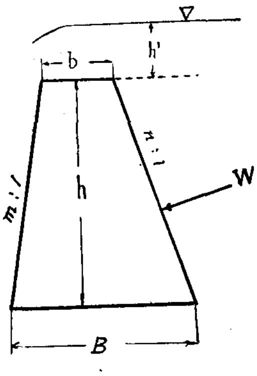
$$B=-\left\{\frac{b-nh}{2}+(2h'+h)\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\sin\alpha\right\}+\sqrt{\left\{\frac{b-nh}{2}+(2h'+h)\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\sin\alpha\right\}^2+(3h'+h)h\frac{\gamma_w}{\gamma_m\cos\alpha}+b(b+2nh)}\cdots\cdots\cdots(e)$$

ii) 本式(f)ハ前式(e)ノ特別ノ場合デアル。即チ(e)式ニ於テ $\alpha=0$ 從ツテ $n=0$、$\gamma_w=1{,}000\ \mathrm{kg/m^3}$ トシテ算出シタモノデアル。

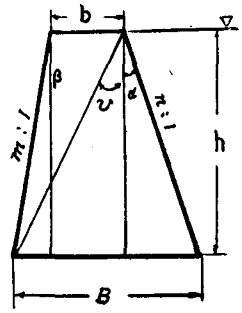
$$B=-\frac{b}{2}+\sqrt{\frac{5}{4}b^2+\frac{h(3h'+h)1000}{\gamma_m}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(f)$$

2. 我國ニ於ケル斷面式

我國ニ於テ、砂防堰堤斷面式トシテ最初ニ紹介サレタルモノハ諸戸博士ニ依ル Thiéry (a) 式及ビ(b)式デアル。之ニ次デハ蒲氏赤木氏ノ式ガアル。之等ノ諸式ハ孰レモ砂防堰堤斷面ノ算定規準



圖—g



圖—h

トシテ實地ニ應用サレツヽアル。コノ內(a)(b)式ニ就テハ前述ノ通リデアルカラ之ヲ省ク。

1) 蒲　　式

本式 (g) ハ $h'>0$ トシ、b ト m トヲ與ヘ合力ガ三分點ヲ通過スル如キ斷面ノ n ヲ求ムル式デアル。$h'>0$ トシテ溢水深ヲ考慮シタ點ハ Hauska 式 (e) ト同樣デアルガ、天幅及ビ下流法ヲ既知數トシタ點ハ砂防堰堤ノ特異性ヨリ見テ甚ダ合理的デアリ、コノ點 Hauska 式ヨリモ應用ノ範圍ガ廣

イ。$h_1=h$ トスル場合ノ砂防堰堤斷面式トシテハ最モ一般的デアル。

$$\left(1+\frac{h'}{h}\right)n^2+\left\{4\frac{h'}{h}\left(\frac{b}{h}+m\right)+2\frac{b}{h}+m\left(2+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\right)\right\}n=1+3\frac{h'}{h}-\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\left(m^2+3\frac{b}{h}m+\frac{b^2}{h^2}\right) \cdots\cdots\cdots (g)$$

2) 赤 木 式

本式(h)ハ $h'=0$ トシ m ト n トヲ與ヘ合力ガ三分點ヲ通過スル條件ノ下ニ誘導サレタ式デ (h) 式ニ依ル $\tan v$ ノ値ヲ $(h)_1$ 又ハ $(h)_2$ 式ニ代入シテ B 又ハ b ヲ求メントスルモノデアル。本式ハ上流下流兩面ノ法勾配ヲ既知數トシタ點ニ特徴ガアリ、天幅 b ヲ最初カラ定メ得ヌ點ニ不便ハアルガ、上流法ヲ垂直又ハ傾斜イヅレトモ自由ニ定メ得ル點ハ頗ル便利デアル。又 $h'=0$ トシタ點ハ一般的デハナイガ、ソノ不足ハ γ_w ノ値ヲ 1.000～1.800 kg/m³ ノ間ニ於テ適宜撰擇スルコトニ依リ斷面ノ大サヲ加減シテキル（γ_w ノ値ニ就テハ他ノ式ノ場合ニ於テモ多クハ此ノ例ニ從ツテキル）。

$$\tan^2 v+\left\{2\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\sin\alpha\sqrt{1+\tan^2\alpha}+\tan\beta\right\}\tan v=\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\sqrt{1+\tan^2\alpha}\,(\sec\alpha-2\tan\alpha\sin\alpha)$$
$$-\tan\beta\,(\tan\alpha-\tan\beta) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (h)$$

$$B=h\,(\tan v+\tan\alpha) \cdots\cdots\cdots\cdots (h)_1$$

$$b=h\,(\tan v-\tan\beta) \cdots\cdots\cdots\cdots (h)_2$$

3) 其他の諸氏の研究

伊藤博士ハ「石堰堤斷面ノ形狀ニ就テ」ニ於テ、鈴木氏ハ「砂防堰堤斷面新論」ニ於テ夫々有益ナル研究ヲナシ、ソノ際斷面式ノ誘導ニモ觸レラレ又柿氏ハ天幅 b ヲ定ムル式及ビ堤體ニ加ハル外力ニ就テ特殊ノ研究ヲナシコノ觀點ヨリ新斷面式ヲ公表サレテキルガ、之等ニ就テハ緒言ニ述ベタ趣旨ニ依リ本文ニ於ケル研究ノ範圍外トシタ。

3. 諸式ノ共通性ト特徴

1) 諸式ノ共通性　前掲(a)～(h)式ヲ見ルニ、共通性ノ最モ著シイ點ハ i) 下流法 m ヲ既知數トセルコト ii) 誘式ノ基本條件トシテ張力ニ依ル堰堤ノ破壞ヲ避ケントセルコト、即チ合力ヲ底面ノ三分點ニ作用セシメテ張力=0 トセルコトデアル i) ハ砂防堰堤ニ於ケル常識デアツテ、普通 m ノ値トシテ 0.2～0.3 ノ如キ小値ヲ採用シテキル。堰堤ノ下流面ハ洪水時ニ在ツテハ、流水ノ外落石ノ激突ヲ受ケ易ク破堤ノ因ヲナスカラ、下流面ヲ急勾配ニスル。之ハ砂防堰堤ニ於ケル特異性ノ一ツデ諸式中 Hauska 式ヲ除クノ外、m ヲ既知數トセル點ハ共通デアル。ii) ハ堰堤ノ安定條件中、張力ニ關スルモノヲ重視セルニ外ナラヌ。滑動、剪斷、壓碎、沈下ニ關スル條件ハ、必要ニ應ジテ檢定ヲ行ヒ之等ノ條件ヲ式中ニ挿入セザルヲ普通トスルガ、諸式中 Thiéry ノ (c)(d)式ノミハ壓碎ニ

對スル條件ヲモ式中ニ挿入セル點他式ト趣キヲ異ニスルガ、諸式ヲ通ジ張力ノ條件ヲ基本トセル點ハ共通デアル。

2) 諸式ノ特徴　前揭ノ諸式ハ夫々ノ特徴ヲ有スルコト、各式說明ノ項ニ記述シタ通リデアルガ、ソノ中特ニ注意ヲ惹ク點ハ i) (b)式ニ於テ h_1 ト h トヲ區別シタコト、卽チ堰堤ノ全高ト外力ノ作用部分トヲ區別シタコト ii) (e)(f)(g)式ニ於テ $h'>0$ トシタコト、卽チ堤頂上ノ溢水深ヲ算入セルコトデアル。i) ニ就テハ次章ニ於テ改メテ述ベルコトヽスル。ii) ハ洪水時ニ於ケル出水狀態ヲ考フルトキ、$h'=0$ ハ事實ニ適合セヌコトハ自明デアリ、$h'>0$ ノ場合ヲ考フルガ至當デアル。放水路斷面ノ大サハ、洪水時ニ於ケル最大流量ヲ規準トシテ算定サルヽモノデアルカラ、h' ハ理論的ニハ放水路ノ斷面高ニ等シカルベク、又實際的ニハ豫期セザル大出水ニ遭遇シテ放水路ノ斷面高以上ノ値ヲ採ル事モ有リ得ル、諸式中 $h'=0$ トセルモノハ斷面式ヲ成ルベク簡易化シテ實用ニ便ナラシメントスル主旨ニ依ルモノト解スベキデアルト思フガ、孰レニヨセ (e)(f)(g)式ニ於テ $h'>0$ ナル因子ヲ式中ニ挿入シタコトハ理論式トシテノ進步デアリ特徴デアルト考ヘル。

第2章　一般的斷面式

1. 概　　說

砂防堰堤斷面式ニ關シテハ現在既ニ各種ノ觀點ヨリスル研究ガ行ハレツヽアルカラ、今後更ニヨリ良キ斷面式ノ發表ガ期待サレルガ、筆者ハ前揭 (a)～(h)式ヨリ (c)(d)式ヲ除キタル6式ヲ對象トシテ研究ヲ進メ、之等ノ諸式中ニ含マルヽ各因子ヲ網羅シタル所謂一般式トモ稱スベキモノヽ誘導ヲ試ミタ。コノ一般式ヲ規準トシテ、各因子ニ順次特定値ヲ與フレバ、前記ノ諸式ヲ得ルノミナラズ其他ノ場合ノ式ヲモ得ルカラ、參考ノ爲メ之等ノ派生式ヲモ算出シタ。

2. 一般式ニ含マルヽ因子

一般式ニハ因子トシテ m、n、b、B_1、h_1、h、h'、γ_w、γ_m ヲ含マシメタガ、コノ内 h_1、h、h'、γ_w、γ_m ハ既知數トシテ取扱ハルヽ性質ノモノデアリ且ツ砂防堰堤ノ斷面形ハ普通梯形ヲ採用シテヰルカラ、斷面決定ニハ m、n、b、B_1 ノ內3因子ガ判明スレバヨロシク、コノ爲メニハ4因子中ノ2因子ニ定値ヲ與ヘテ他ノ2因子中何レカ1ヲ求ムル式ヲ誘導スレバヨイ。

i) m ト n トヲ與ヘテ B_1 又ハ b ヲ求ムル式

ii) m ト b トヲ與ヘテ B_1 又ハ n ヲ求ムル式

iii) n ト b トヲ與ヘテ B_1 又ハ m ヲ求ムル式

其他ノ場合ガ擧ゲラレルガ、前掲ノ諸式ニ關係アルモノトシテハ以上3ツノ場合デアル、コノ内 i) ト ii) トハ豫メ m ＝定值ヲ與フル點ニ於テ應用ノ範圍最モ廣ク iii) ハ特殊ノ場合ノミニ考慮ザルベキ、應用ノ範圍極メテ狹キ場合デアルガ、Hauska 式トノ關係上附加シタ。

3. h_1 ト h トノ關係

h ハ地盤上ノ堰堤高デアリ、h_1 ハ床堀リ下面卽チ地盤下ノ基礎部ヲ含ム堰堤全高デアル。h_1 ナル因子ヲ式中ニ含マシメ居ルハ Thiéry ＝依ル(b)(d)式デアルガ、他ノ諸式ニテハ孰レモ $h_1=h$ ナル場合ヲ規準トシテキル。$h_1=h$ ノ場合ニ就テ考フルニ i) 堤體ノ一部デアル基礎部ヲ計算ノ範圍外ニ置クカ或ハ ii) 外力ガ基礎ノ底部迄作用スルモノトシテ計算スルカ、其ノ何レカデアル。尤モ i) ノ場合ニ於テハ實際上ノ取扱ヒトシテ、基礎部ハ地盤ソノ他ノ狀態ニ應ジテ壁面ヲ垂直ニ切落ス等、施工上臨機ノ措置ヲ取ツテキルカラ之ヲ算式中ニ入レルコトハ困難ナ場合モ生ズル。併シ基礎部ノ形狀ガ地上部ト同一デアルモノニ就テ $h_1>h$ ノ場合ヲ研究シ置クコトハ必ズシモ無益デナイト考ヘル。卽チ一率ニ $h_1=h$ ナル場合ノミヲ考ヘズ、一般的ニハ $h_1>h$ トシ外力ハ h ＝相當スル部分ノミニ作用シ、之ニ對抗スル堰堤ノ重量ハ h_1 ＝相當スル部分卽チ地盤中ノ基礎部ヲモ含メタルモノヲ以テスル場合ニ就テノ研究デアル。只 Thiéry ノ(b)式ハ $h'=0$、$n=0$ ノ如ク餘リニ簡單ナル場合ニ偏シ、應用ノ範圍ガ狹イカラ筆者ハ次章以下ニ於テ、$h_1>h$ ＝シテ且ツ $h'>0$、$n>0$ ナル一般式ヲ前節ニ述ベシ (i)(ii)(iii) ノ各場合ニ就テ算出シタ。

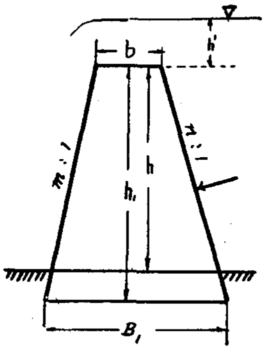
4. 安定條件

一般式ノ誘導ニ際シ式中ニ取リ入レタ堤體ノ安定條件トシテハ、諸式ノ例ニ從ヒ張力＝0 卽チ $a=\frac{B_1}{3}$ ナル條件ヲ採用シ、壓碎、滑動ノ條件ニ對シテハ前者ハ $P\geqq\frac{2}{B_1}(W\sin\alpha+G)$ ＝依リ後者ハ $\tan\phi'\geqq\frac{W\cos\alpha}{W\sin\alpha+G}$ ＝依ツテ別ニ檢定ヲ行フ方針ヲ採ルコトヽシタ。前式中 P ハ應壓力ニ對スル堰堤ノ安全强度、又 ϕ' ハ堰堤ノ底面ニ於ケル摩擦角デアル。

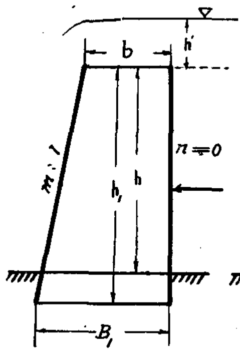
第3章 m ト n トガ與ヘラレタル場合

m ト n トガ與ヘラレタル時、B_1 ヲ求ムル場合ト b ヲ求ムル場合トガアル。ソノ各々ニツキ一般的ノ場合ト之ヨリ派生スル特別ノ場合トガアリ之等ヲ圖示スレバ次ノ如クデアル。

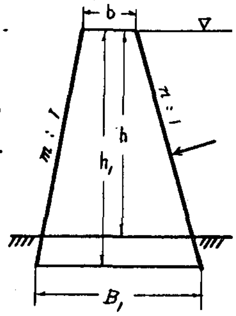
圖—1 ハ一般的ノ場合、圖—2～圖—8 ハ特別ノ場合デアル。又斷面圖ノ太線ハ與ヘラレタル因子ヲ示シ、細線ハ求ムル因子ヲ示ス。(以下之ニ準ズ)



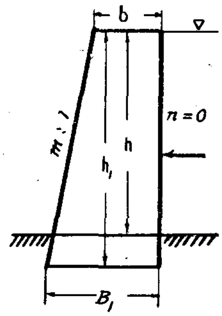
圖—1



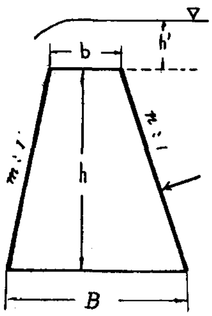
圖—2



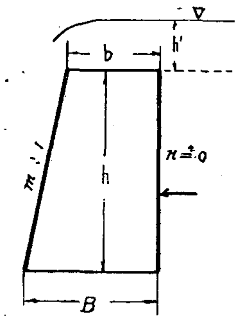
圖—3



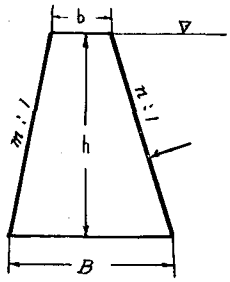
圖—4



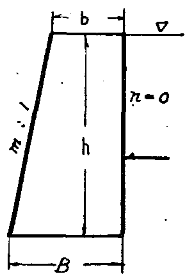
圖—5



圖—6



圖—7



圖—8

1. B_1 ヲ求ムル式

1) 一 般 式 $h_1 > h$、$h' > 0$、$n > 0$ ナル場合（圖—1）

$$\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+\left\{m-2n+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h}{h_1^2}(h+2h')\,2n\right\}\frac{B_1}{h_1}-(m^2-n^2)$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^3}(1+n^2)\left\{h+3h'+\frac{3}{h}(h+2h')(h_1-h)\right\}=0 \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

（誘導法） 堤底ノ右趾 A' ＝對スル諸力ノ力率＝依リ、諸力ノ平衡條件ヲ求メルト

$$R\cos\phi\,\frac{2}{3}B_1=W\sec\alpha\left\{\frac{h}{3}\,\frac{h+3h'}{h+2h'}+h_1-h\right\}+G.\eta \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{i})$$

然ル＝

$$R\cos\phi=G+W\sin\alpha \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{ii})$$

$$G=\frac{\gamma_m}{2}h_1(2B_1-a_1-a_2) \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{iii})$$

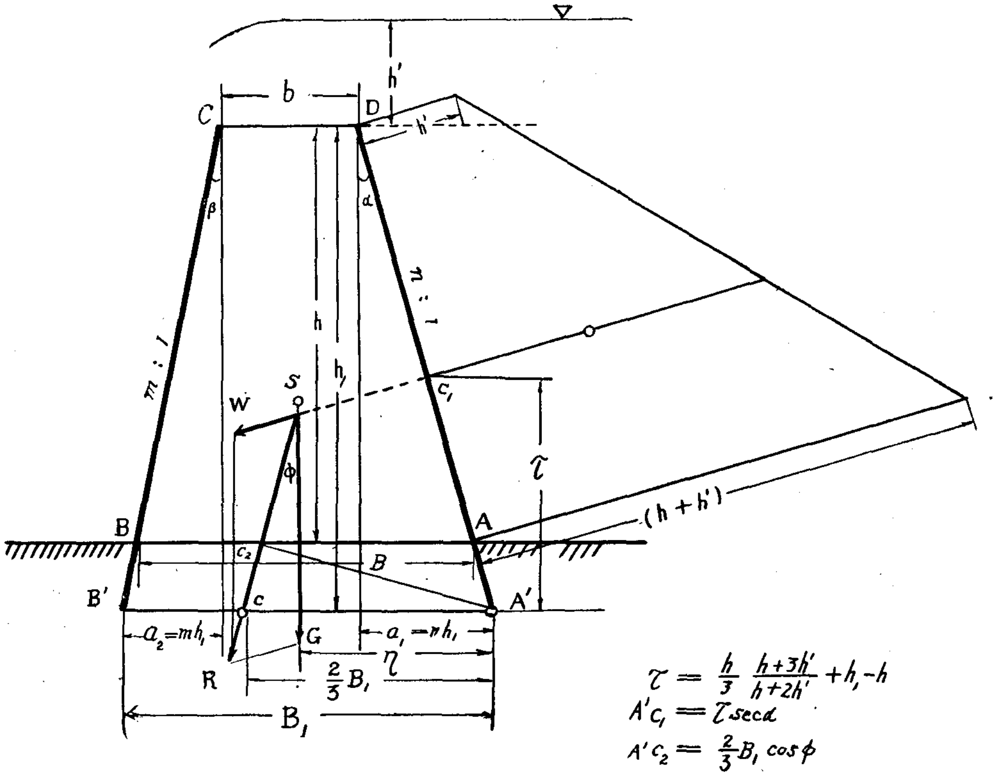


圖 — 1

$$G.\eta=\frac{\gamma_m}{2}h_1\left(B_1^2-a_2B_1+\frac{a_2^2-a_1^2}{3}\right) \quad\cdots\cdots\text{(iv)}$$

(ii) (iii) (iv)式ヲ(i)式ニ代入スレバ

$$B_1^2+\left(a_2-2a_1+\frac{4W\sin\alpha}{\gamma_m h_1}\right)B_1-(a_2^2-\alpha_1^2)-\frac{2hW}{\gamma_m h_1\cos\alpha}\left\{\frac{h+3h'}{h+2h'}+\frac{3}{h}(h_1-h)\right\}=0 \quad\cdots\cdots\text{(v)}$$

上式ニ於テ　$W=\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')\sqrt{1+n^2}$　デアルカラ

$$\frac{4W\sin\alpha}{\gamma_m h_1}=\frac{4\sin\alpha}{\gamma_m h_1}\,\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')\sqrt{1+n^2}=\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\,\frac{h}{h_1}(h+2h')\,2n \quad\cdots\cdots\text{(vi)}$$

又

$$\frac{2hW}{\gamma_m h_1\cos\alpha}=\frac{2h}{\gamma_m h_1\cos\alpha}\,\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')\sqrt{1+n^2}=\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\,\frac{h^2}{h_1}(h+2h')(1+n^2) \quad\cdots\cdots\text{(vii)}$$

(vi) (vii)式ヲ(v)式ニ代入スレバ

$$B_1^2+\left\{a_2-2a_1+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\,\frac{h}{h_1}(h+2h')\,2n\right\}B_1-(a_2^2-a_1^2)$$
$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\,\frac{h^2}{h_1}(1+n^2)\left\{h+3h'+\frac{3}{h}(h+2h')(h_1-h)\right\}=0 \quad\cdots\cdots\text{(viii)}$$

$a_1=nh_1$、$a_2=mh_1$ デアルカラ上式ニ依リ(1)式ヲ得ル。

2) 特 別 式

i) $h_1 > h$、$h' > 0$、$n=0$ ナル場合（圖—2）

$$\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+m\frac{B_1}{h_1}-m^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^3}\left\{h+3h'+\frac{3}{h}(h+2h')(h_1-h)\right\}=0 \quad\cdots\cdots(2)$$

ii) $h_1 > h$、$h'=0$、$n>0$ ナル場合（圖—3）

$$\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+\left\{m-2n\left(1-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^2}\right)\right\}\frac{B_1}{h_1}-(m^2-n^2)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^2}\left(3-\frac{2h}{h_1}\right)(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(3)$$

iii) $h_1 > h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—4）

$$\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+m\frac{B_1}{h_1}-\left\{m^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^2}\left(3-2\frac{h}{h_1}\right)\right\}=0 \quad\cdots\cdots(4)$$

(4)式ハ Thiéry (b)式ニ相當ス。

iv) $h_1=h$、$h'>0$、$n>0$ ナル場合（圖—5）

$$\left(\frac{B}{h}\right)^2+\left\{m-2n+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+2\frac{h'}{h}\right)2n\right\}\frac{B}{h}-(m^2-n^2)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+3\frac{h'}{h}\right)(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(5)$$

v) $h_1=h$、$h'>0$、$n=0$ ナル場合（圖—6）

$$\left(\frac{B}{h}\right)^2+m\frac{B}{h}-\left\{m^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+3\frac{h'}{h}\right)\right\}=0 \quad\cdots\cdots(6)$$

vi) $h_1=h$、$h'=0$、$n>0$ ナル場合（圖—7）

$$\left(\frac{B}{h}\right)^2+\left\{m-2n\left(1-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\right)\right\}\frac{B}{h}-\left\{m^2-n^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}(1+n^2)\right\}=0 \quad\cdots\cdots(7)$$

(7)式ハ赤木$(h)_1$式ニ相當ス。

vii) $h_1=h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—8）

$$\left(\frac{B}{h}\right)^2+m\frac{B}{h}-\left(m^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\right)=0 \quad\cdots\cdots(8)$$

(8)式ハ Thiéry (a)式ニ相當ス。

2. b ヲ求ムル式

1) 一 般 式 　$h_1 > h$、$h' > 0$、$n > 0$ ナル場合（圖—1）

(1)式ニ於テ $B_1=b+(m+n)h_1$ ナル關係式ニ依リ B_1 ヲ消去スレバ次式ヲ得ル

$$\left(\frac{b}{h_1}\right)^2+\left\{3m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h}{h_1^2}(h+2h')2n\right\}\frac{b}{h_1}+(n+m)\left\{m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h}{h_1^2}(h+2h')2n\right\}$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^3}(1+n^2)\left\{3\left(h_1+2\frac{h_1h'}{h}\right)-(2h+3h')\right\}=0 \quad\cdots\cdots(9)$$

2) 特 別 式

i) $h_1>h$、$h'>0$、$n=0$ ナル場合（圖—2)

$$\left(\frac{b}{h_1}\right)^2+3m\frac{b}{h_1}+m^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^3}\left\{3\left(h_1+2\frac{h_1h'}{h}\right)-(2h+3h')\right\}=0 \quad\cdots\cdots(10)$$

ii) $h_1>h$、$h'=0$、$n>0$ ナル場合（圖—3)

$$\left(\frac{b}{h_1}\right)^2+\left(3m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^2}2n\right)\frac{b}{h_1}+(n+m)\left(m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^2}2n\right)$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^3}(3h_1-2h)(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(11)$$

iii) $h_1>h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—4)

$$\left(\frac{b}{h_1}\right)^2+3m\frac{b}{h_1}+m^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1^3}(3h_1-2h)=0 \quad\cdots\cdots(12)$$

iv) $h_1=h$、$h'>0$、$n>0$ ナル場合（圖—5)

$$\left(\frac{b}{h}\right)^2+\left\{3m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+2\frac{h'}{h}\right)2n\right\}\frac{b}{h}+(n+m)\left\{m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+2\frac{h'}{h}\right)2n\right\}$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+3\frac{h'}{h}\right)(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(13)$$

v) $h_1=h$、$h'>0$、$n=0$ ナル場合（圖—6)

$$\left(\frac{b}{h}\right)^2+3m\frac{b}{h}+m^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left(1+3\frac{h'}{h}\right)=0 \quad\cdots\cdots(14)$$

vi) $h_1=h$、$h'=0$、$n>0$ ナル場合（圖—7)

$$\left(\frac{b}{h}\right)^2+\left(3m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}2n\right)\frac{b}{h}+(n+m)\left(m+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}2n\right)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(15)$$

(15)式ハ赤木$(h)_2$式ニ相當ス。

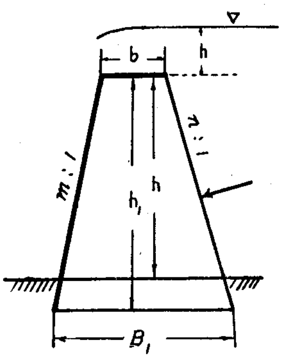
vii) $h_1=h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—8)

$$\left(\frac{b}{h}\right)^2+3m\frac{b}{h}+m^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}=0 \quad\cdots\cdots(16)$$

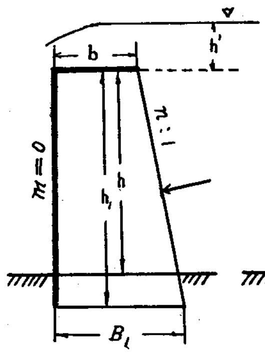
第4章　m ト b トガ與ヘラレタル場合

m ト b トガ與ヘラレタル時、B_1 ヲ求ムル場合ト n ヲ求ムル場合トガアル。ソノ各々ニツキ種々ノ場合ガ生ズルコト前章ト同様デアル。之等ヲ圖示スレバ次ノ如クデアル。

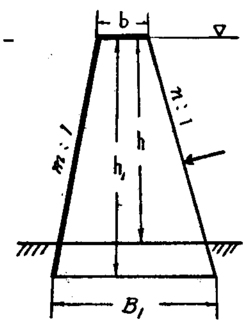
圖—9 ハ一般的ノ場合　圖—10～圖—16 ハ特別ノ場合デアル。



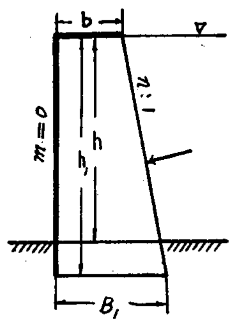
圖—9



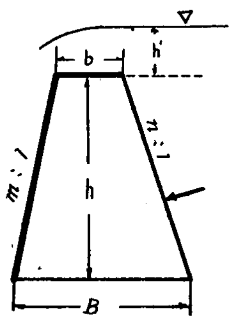
圖—10



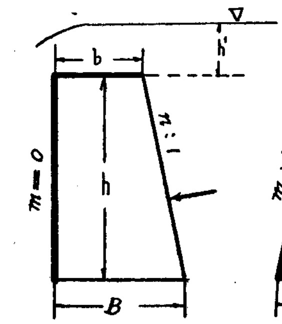
圖—11



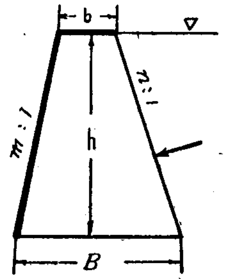
圖—12



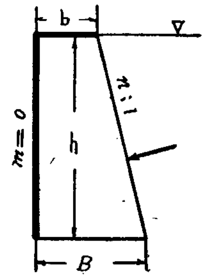
圖—13



圖—14



圖—15



圖—16

1.　B_1 ヲ求ムル式

1）一　般　式　　$h_1 > h$、$h' > 0$、$m > 0$ ナル場合（圖—9）

$$\left\{h(2b+3h')-h_1(h+2h')\right\}\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+\left[2(b+mh_1)\left\{2(h+2h')-\frac{h}{h_1}(2h+3h')\right\}\right.$$

$$\left.+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\,\frac{h_1^2}{h}mh_1\right]\frac{B_1}{h_1}-\left\{h_1^2+(b+mh_1)^2\right\}\left\{\frac{3}{h_1}(h+2h')-\frac{h}{h_1^2}(2h+3h')\right\}$$

$$+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\,\frac{h_1}{h}(b+2mh_1)\,b=0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (17)$$

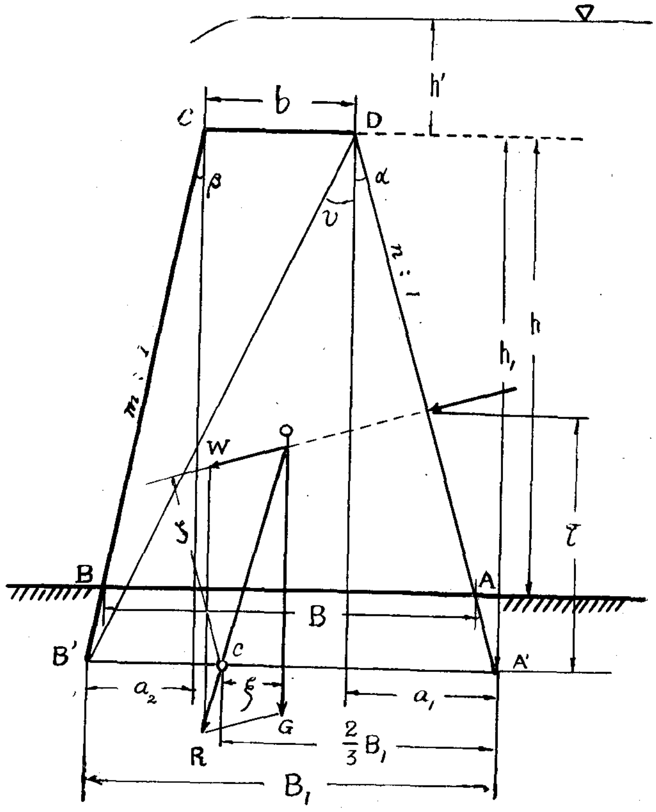


圖 — 9

本式モ $B_1=b+(m+n)h_1$ ニ依リ(1)式ニ於ケル n ヲ消去シテ求メ得ルガ、參考ノ爲メ(1)式トハ異ル方法ニ依リ誘式スレバ次ノ如クデアル。

(誘導法) 諸力ノ力率ハ、底面ニ於ケル R ノ作用點 c ニ對スルモノヲ求メルト、諸力平衡ノ條件ヨリ

$$G.\xi=W.\zeta \qquad \text{(i)}$$

但シ ξ ハ c 點ヨリ G ノヘ水平距離、ζ ハ同ジク W ヘノ垂直距離トス。

$$W=\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')\sqrt{1+n^2} \qquad \text{(ii)}$$

$$\zeta=\tau\sec\alpha-\frac{2}{3}B_1\sin\alpha$$

$$=\left\{\frac{h}{3}\ \frac{h+3h'}{h+2h'}+h_1-h\right\}\sec\alpha-\frac{2}{3}B_1\sin\alpha \qquad \text{(iii)}$$

$$G.\,\xi=\frac{\gamma_m}{6}h_1^3(\tan^2 v+\tan v\tan\beta+\tan\alpha\tan\beta-\tan^2\beta)$$

$$=\frac{\gamma_m}{6}h_1\left\{(b+a_2)^2+(B_1-a_2)a_2\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{iv})$$

(ii) (iii) (iv)式ヲ(i)式ニ代入スレバ

$$\frac{\gamma_m}{6}h_1\left\{(b+a_2)^2+(B_1-a_2)a_2\right\}=\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')\sqrt{1+n^2}\left[\left\{\frac{h}{3}\,\frac{h+3h'}{h+2h'}+h_1-h\right\}\sec\alpha\right.$$

$$\left.-\frac{2}{3}B_1\sin\alpha\right]\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{v})$$

上式中 $a_2=mh_1$ 又 $\sqrt{1+n^2}\sec\alpha=1+n^2$、 $\sqrt{1+n^2}\sin\alpha=n$ デアルカラ(v)式ヲ整理スレバ(17)式ヲ得ル。

2) 特 別 式

i) $h_1>h$、$h'>0$、$m=0$ ナル場合 (圖—10)

$$\left\{h(2h+3h')-h_1(h+2h')\right\}\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+2b\left\{2(h+2h')-\frac{h}{h_1}(2h+3h')\right\}\frac{B_1}{h_1}$$

$$-(h_1^2+b^2)\left\{\frac{3}{h_1}(h+2h')-\frac{h}{h_1^2}(2h+3h')\right\}+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\,\frac{h_1}{h}\,b^2=0\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(18)$$

ii) $h_1>h$、$h'=o$、$m>0$ ナル場合 (圖—11)

$$h(2h-h_1)\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+\left\{4(b+mb_1)\left(h-\frac{h^2}{h_1}\right)+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\,\frac{h_1^2}{h}\,mh_1\right\}\frac{B_1}{h_1}$$

$$-\left\{h_1^2+(b+mh_1)^2\right\}\left(3\frac{h}{h_1}-2\frac{h^2}{h_1^2}\right)+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\,\frac{h_1}{h}(b+2mh_1)b=0\cdots\cdots\cdots(19)$$

iii) $h_1>h$、$h'=\theta$、$m=0$ ナル場合 (圖—12)

$$h(2h-h_1)\left(\frac{B_1}{h_1}\right)^2+4b\left(h-\frac{h^2}{h_1}\right)\frac{B_1}{h_1}-(h_1^2+b^2)\left(3\frac{h}{h_1}-2\frac{h^2}{h_1^2}\right)+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\,\frac{h_1}{h}\,b^2=0\cdots\cdots\cdots(20)$$

iv) $h_1=h$、$h'>0$、$m>0$ ナル場合 (圖—13)

$$h(h+h')\left(\frac{B}{h}\right)^2+\left\{2(b+mh)h'+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}mh^2\right\}\frac{B}{h}-\left\{h^2+(b+mh)^2\right\}\left(1+3\frac{h'}{h}\right)$$

$$+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}(b+2mh)b=0\cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

v) $h_1=h$、$h'>0$、$m=0$ ナル場合 (圖—14)

$$h(h+h')\left(\frac{B}{h}\right)^2+2bh'\frac{B}{h}-(h^2+b^2)\left(1+3\frac{h'}{h}\right)+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}b^2=0\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

vi) $h_1=h$、$h'=0$、$m>0$ ナル場合 (圖—15)

$$\left(\frac{B}{h}\right)^2+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}m\frac{B}{h}-\frac{1}{h^2}\left\{h^2+(b+mh)^2-\frac{\gamma_m}{\gamma_w}(b+2mh)b\right\}=0 \quad\cdots\cdots(23)$$

vii) $h_1=h$、$h'=0$、$m=0$ ナル場合 (圖—16)

$$\left(\frac{B}{h}\right)^2-\left\{1-\frac{b^2}{h^2}\left(\frac{\gamma_m}{\gamma_w}-1\right)\right\}=0 \quad\cdots\cdots(24)$$

2. n ヲ求ムル式

1) 一 般 式　　$h_1>h$、$h'>0$、$m>0$ ナル場合 (圖—9)

$$\left\{\frac{h}{h_1^2}(2h+3h')-\frac{1}{h_1}(h+2h')\right\}(nh_1)^2+\left\{\frac{2}{h_1}(b+mh_1)(h+2h')+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\frac{h_1}{h}mh_1\right\}nh_1$$
$$+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\frac{h_1}{h}\left\{(b+mh_1)^2+bmh_1\right\}-h\left\{(h+3h')+\frac{3}{h}(h+2h')(h_1-h)\right\}=0\cdots(25)$$

2) 特 別 式

i) $h_1>h$、$h'>0$、$m=0$ ナル場合 (圖—10)

$$\left\{\frac{h}{h_1^2}(2h+3h')-\frac{1}{h_1}(h+2h')\right\}(nh_1)^2+\frac{2}{h_1}b(h+2h')nh_1$$
$$+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\frac{h_1}{h}b^2-h\left\{(h+3h')+\frac{3}{h}(h+2h')(h_1-h)\right\}=0 \quad\cdots\cdots(26)$$

ii) $h_1>h$、$h'=0$、$m>0$ ナル場合 (圖—11)

$$\frac{h}{h_1}\left(2\frac{h}{h_1}-1\right)(nh_1)^2+\left\{2\frac{h}{h_1}(b+mh_1)+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\frac{h_1}{h}mh_1\right\}nh_1$$
$$+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\frac{h_1}{h}\left\{(b+mh_1)^2+bmh_1\right\}-h(3h_1-2h)=0 \quad\cdots\cdots(27)$$

iii) $h_1>h$、$h'=0$、$m=0$ ナル場合 (圖—12)

$$\frac{h}{h_1}\left(2\frac{h}{h_1}-1\right)(nh_1)^2+\frac{h}{h_1}2bnh_1+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\frac{h_1}{h}b^2-h(3h_1-2h)=0 \quad\cdots\cdots(28)$$

iv) $h_1=h$、$h'>0$、$m>0$ ナル場合 (圖—13)

$$\left(1+\frac{h'}{h}\right)(nh)^2+\left\{2(b+mh)\left(1+2\frac{h'}{h}\right)+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}mh\right\}nh$$
$$+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\left\{(b+mh)^2+bmh\right\}-h(h+3h')=0 \quad\cdots\cdots(29)$$

(29)式ハ蒲(g)式ニ相當ス。

v) $h_1=h$、$h'>0$、$m=0$ ナル場合 (圖—14)

$$\left(1+\frac{h'}{h}\right)(nh)^2+2b\left(1+2\frac{h'}{h}\right)nh+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}b^2-h(h+3h')=0 \quad\cdots\cdots(30)$$

vi) $h_1=h$、$h'=0$、$m>0$ ナル場合 (圖—15)

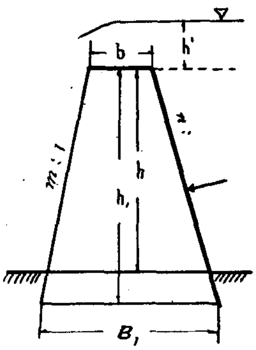
$$(nh)^2+\left\{\frac{\gamma_m}{\gamma_w}mh+2(b+mh)\right\}nh+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}\left\{(b+mh)^2+bmh\right\}-h^2=0 \quad \cdots\cdots(31)$$

vii) $h_1=h$、$h'=0$、$m=0$ ナル場合 (圖—16)

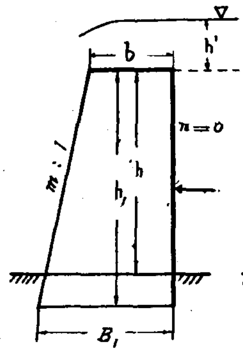
$$(nh)^2+2bnh+\frac{\gamma_m}{\gamma_w}b^2-h^2=0 \quad \cdots\cdots(32)$$

第5章　n ト b トガ與ヘラレタル場合

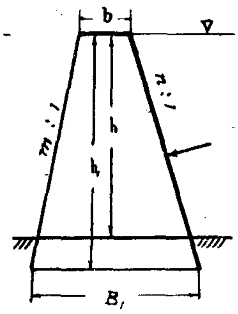
n ト b トガ與ヘラレタル時、B_1 又ハ m ヲ求ムル方法ハ前章ト同様デアルカラ之ヲ省略シ、各場合ノ圖並ニ式ヲ列擧スルト次ノ如クデアル。



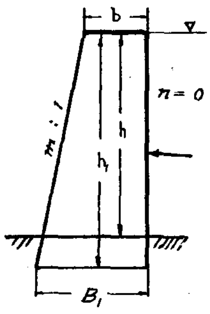
圖—17



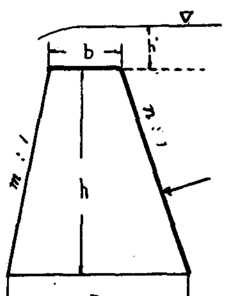
圖—18



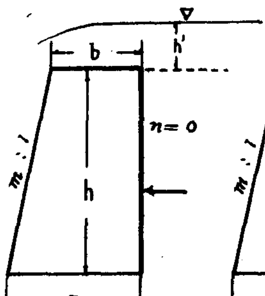
圖—19



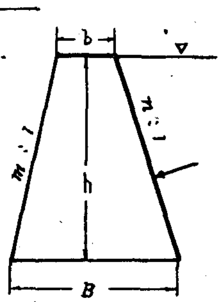
圖—20



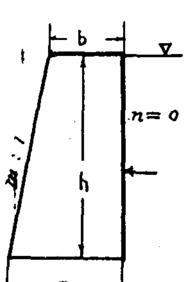
圖—21



圖—22



圖—23



圖—24

1. B_1 ヲ求ムル式

1) 一 般 式　　$h_1>h$、$h'>0$、$n>0$ ナル場合（圖—17）

$$B_1^2+\left\{b-nh_1+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h}{h_1}2n(h+2h')\right\}B_1$$

$$-b(b+2nh_1)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1}\left\{3\frac{h_1}{h}(h+2h')-(2h+3h')\right\}(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(33)$$

2) 特 別 式

i) $h_1>h$、$h'>0$、$n=0$ ナル場合（圖—18）

$$B_1^2+bB_1-b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1}\left\{3\frac{h_1}{h}(h+2h')-(2h+3h')\right\}=0 \quad\cdots\cdots(34)$$

ii) $h_1>h$、$h'=0$、$n>0$ ナル場合（圖—19）

$$B_1^2+\left(b-nh_1+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h}{h_1}2nh\right)B_1-b(b+2nh_1)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1}(3h_1-2h)(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(35)$$

iii) $h_1>h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—20）

$$B_1^2+bB_1-b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\frac{h^2}{h_1}(3h_1-2h)=0 \quad\cdots\cdots(36)$$

iv) $h_1=h$、$h'>0$、$n>0$ ナル場合（圖—21）

$$B^2+\left\{b-nh+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}2n(h+2h')\right\}B-b(b+2nh)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}h(h+3h')(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(37)$$

(37)式ハ Hauska(e)式ニ相當スルガ、兩式ニ於テ一致セザル點アルハ(37)式ニテハ靜水壓 $W=\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')\sqrt{1+n^2}$ ヲ採レルニ對シ(e)式ニテハ其ノ水平分力 $W\cos\alpha=\frac{\gamma_w}{2}h(h+2h')$ ノミヲ採リ垂直分力ヲ無視セルニ依ル。

v) $h_1=h$、$h'>0$、$n=0$ ナル場合（圖—22）

$$B^2+bB-b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}h(+3h')=0 \quad\cdots\cdots(38)$$

(38)式ハ Hauska (f)式ニ相當ス

vi) $h_1=h$、$h'=0$、$n>0$ ナル場合（圖—23）

$$B^2+\left(b-nh+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}2nh\right)B-b(b+2nh)-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}h^2(1+n^2)=0 \quad\cdots\cdots(39)$$

vii) $h_1=h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—24）

$$B^2+bB-\left(b^2+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}h^2\right)=0 \quad\cdots\cdots(40)$$

2. m ヲ求ムル式

1) 一 般 式　　$h_1 > h$、$h' > 0$、$n > 0$ ナル場合（圖—17）

$$(mh_1)^2+\left\{3b+nh_1+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ \frac{h}{h_1}(h+2h')2n\right\}mh_1+b^2$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ \frac{h}{h_1}\left[h\left\{h+3h'+\frac{3}{h}\ (h+2h')(h_1-h)\right\}(1+n^2)-(h+2h')2n(b+nh_1)\right]=0 \cdots (41)$$

2) 特 別 式

i)　$h_1 > h$、$h' > 0$、$n=0$ ナル場合（圖—18）

$$(mh_1)^2+3bmh_1+b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ \frac{h^2}{h_1}\left\{h+3h'+\frac{3}{h}(h+2h')(h'-h)\right\}=0 \cdots\cdots (42)$$

ii)　$h_1 > h$、$h'=0$、$n > 0$ ナル場合（圖—19）

$$(mh_1)^2+\left\{3b+nh_1+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ \frac{h}{h_1}\ 2nh\right\}mh_1+b^2$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ \frac{h}{h_1}\left[h\left\{h+3(h_1-h)\right\}(1+n^2)-2nh(b+nh_1)\right]=0 \cdots\cdots (43)$$

iii)　$h_1 > h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—20）

$$(mh_1)^2+3bmh_1+b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ \frac{h^2}{h_1}(3h_1-2h)=0 \cdots\cdots (44)$$

iv)　$h_1=h$、$h' > 0$、$n > 0$ ナル場合（圖—21）

$$(mh)^2+\left\{3b+nh+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}(h+2h')2n\right\}mh+b^2$$

$$-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left\{h(h+3h')(1+n^2)-(h+3h')2n(b+nh)\right\}=0 \cdots\cdots (45)$$

v)　$h_1=h$、$h' > 0$、$n=0$ ナル場合（圖—22）

$$(mh)^2+3bmh+b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ h\ (h+3h')=0 \cdots\cdots (46)$$

vi)　$h_1=h$、$h'=0$、$n > 0$ ナル場合（圖—23）

$$(mh)^2+\left\{3b+nh+\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ 2nh\right\}mh+b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\left\{h^2(1+n^2)-(b+nh)2nh\right\}=0 \cdots\cdots (47)$$

vii)　$h_1=h$、$h'=0$、$n=0$ ナル場合（圖—24）

$$(mh)^2+3bmh+b^2-\frac{\gamma_w}{\gamma_m}\ h^2=0 \cdots\cdots (48)$$

結　言

1. 第3章以下ニ於テ $h_1>h$ ヲ規準トスル一般式ト、之ヨリ派生スル特別式ヲ各種ノ場合ニ應ジテ誘式シタガ、之等ノ式ト第1章ニ掲ゲタ(a)～(h)式ノ内(c)(d)式ヲ除イタ諸式トノ關係ヲ述ベルト

1) Thiéry (a)式ハ一般式(1)ニ於テ $h_1=h$、$h'=0$、$n=0$ トシタル場合卽チ(8)式ニ相當ス。

2) Thiéry (b)式ハ一般式(1)ニ於テ $h_1>h$、$h'=0$、$n=0$ トシタル場合卽チ(4)式ニ相當ス。

3) Hauska (e)式ハ一般式(33)ニ於テ $h_1=h$、$h'>0$、$n>0$ トシタル場合卽チ(37)式ニ相當ス。

4) Hauska (f)式ハ一般式(33)ニ於テ $h_1=h$、$h'>0$、$n=0$ トシタル場合卽チ(38)式ニ相當ス。

5) 蒲 (g)式ハ一般式(25)ニ於テ $h_1=h$、$h'>0$、$m>0$ トシタル場合卽チ(29)式ニ相當ス。

6) 赤木$(h)_1$及ビ$(h)_2$式ハ一般式(1)又ハ(9)ニ於テ $h_1=h$、$h'=0$、$n>0$ トシタル場合卽チ(7)式又ハ(15)式ニ相當ス。

2. 砂防工事ハ天然ノ狀態ヲ對象トシテ行ハルヽモノデアリ、天然ノ狀態ハ各種ノ事情ニ依リ千差萬別デアル。從ツテ之ニ使用セラルル砂防堰堤ノ重要度ニモ亦輕重アルハ勿論デアル。筆者ガ $h_1>h$ ナル場合ノ一般式ヲ掲記シタ所以モ亦斯ル式ヲ參考トスル場合アリト思惟シタニ外ナラヌ。又特別式ヲ列擧セシハ(a)以下ノ諸式ト對比スルニ便デアリ、且ツ好機ヲ利用シテ補式セント欲シタ爲メデアル。

3. 本文中ニ特別式トシテ取扱ヒタル(2)～(8)式、(10)～(16)式、(18)～(24)式、(26～32)式、(34)～(40)式、(42)～(48)式ハ孰レモ其ノ一般式(1)(9)(17)(25)(33)(41)ノ各式ヨリ求メ得ルガ、各特別式ヲ直接誘導セント欲スル場合ニハ(1)式又ハ(17)式ノ誘導法中ノ因子ニ $h_1=h$ ノ如キ特定値ヲ與フルコトニ依ツテ求メ得ル。但シ各式ハ $B_1=b+(m+m)h_1$ ナル關係ニ於テ孰レモ相關聯シテヰルカラ各式相互ノ轉換ハ容易デアル。

（附記） 本研究ハ文部省科學研究費ニ依ル「砂防工事特ニ溪流工事ノ基礎的研究」ノ一部ナルコトヲ記シテ文部省ニ謝意ヲ表スルト共ニ從來コノ方面ノ研究ニ貢獻セラレタ諸家ニ對シ敬意ヲ表スル。

引　用　文　獻

1) Thiéry, E.: Restauration des montagnes, correction des torrents et reboisement (2. édition 1914)

2) Wang, F.: Grundriss der Wildbachverbauung (1901 u. 1903)

3) Hauska, L.: Der Einfluss von Ueberfallausschnitten auf die Abmessung von Sperren (1922)

4) Hauska, L.: Berechnung forstlicher Bauwerke, Heft 1. Talsperren (1926)

5) Winter, P. und Härtel, O.: Wildbach- und Lawinenverbauung (Hauska: Das forstliche Bauingenieurwesen Bd. V. 1934)

6) 諸戶北郎: 理水及砂防工學工事編（大正6年）

7) 諸戶北郎: 諸戶砂防工學（昭和13年）

8) 伊藤武夫: 石堰堤横斷面ノ形狀ニ就テ（砂防 昭和6年）

9) 薄　孚: 砂防工學（昭和12年）

10) 赤木正雄: 溪流及砂防工學（昭和14年）

11) 鈴木恭介: 砂防堰堤斷面新論（砂防 昭和14年以降）

12) 柿　德市: 治水砂防工學（昭和16年）

13) Cain, W.: Earth pressure, retaining walls and bins (1916)

14) Ziegler, P.: Der Talsperrenbau Bd. II (1927)

15) 大藤、近藤: 構造强弱學（昭和12年）