

土堰堤ニ就テ

准員 水谷 鏞

目次

一 緒言……………一

二 印度、英、米等ニ於ケル土堰堤……………二

三 土堰堤ノ形状及材質決定ニ關スル諸説……………七

四 我國ニ於ケル土堰堤……………二二

一 緒言

いんど、せいろん、えじぶと其ノ他太古ヨリ耕田ノ開ケタル地方ニハ恐ラク開墾ニ伴ヒ幾多ノ土堰堤ノ築造ヲ見タルコトナルベシ彼ノ有名ナルせいろん・たんく (Ceylon tank) ガ紀元前五百四年ニ於テ既ニ築カレシガ如キ驚ク可キ大規模ノ土堰堤工事ガ太古前記ノ地ニ於テ企テラレシハ史ニ明カナル所ナリトス又我國ニ於テハ垂仁天皇大和ノ狹山池ヲ作ラシメラレシヲ以テ史ニ表ハレタルモノ、始メトナス如シト雖モ尙其ノ以前ニ於テ開墾ノ事アリシニ徴スレバ蓋シ幾多ノ存在ヲ見シコトハ想像ニ難カラザル所ナリトス元來土堰堤ハ其ノ工費極メテ低廉ニシテ堤土ハ單ニ山腹ヲ切取使用シタルノ便アルヲ以テ殆ンド何レノ谷間ニモ築造シ得ラルベク特別ノ技術ト熟練トヲ要スルコト少ナキ故ニ大飢饉ニ逢遇シタル際ノ如キハ一藩又ハ一國ノ救濟事業トシテ多クノ溜池築造ヲ企テラレシハ全ク此ノ理由ニ仍レリ今ヤ學理ノ究明ト

技術ノ進歩トハ一般堰堤工事ニ對シテ極メテ嶄新ナル構造ヲ見出スニ至リシト雖モ土堰堤ハ決シテ其ノ數ヲ減セザルノミナラズ多々増加シ來リ曾テ見ザル大規模ノモノニ適用セラル、ニ至レリ斯クノ如ク一方ヨリ考フレバ人類生活上即チ灌溉又ハ給水上古來極メテ密接ナル關係ヲ有シ又他方ヨリ考フレバ時ニ天災ヲ被リテ幾多ノ破壞ヲ見下流ニ住メル人畜家財ニ及ボス損害夥シク日常生活ノ安危ノ係ル所極メテ重要ナル築造物ナリトモ云フヲ得可シ抑モ土堰堤ノ安全ハ土ノ摩擦抗抵ト其ノ粘着力トニ歸セザル可カラズ然ルニ此等土ノ固有性質ニ關シテハ數學的ニ解キシモノアルモ其ノ價值ニ乏シク又書籍ニ記スル所ノモノニ全ク準據シ得ルモノニアラズ宜シク實地ニ臨ミ必要ナル研究材料ヲ蒐集シ以テ周到ナル調査ヲ遂ゲザル可カラズ從來土堰堤企畫ニ當リテ施セル調査ノ方法ヲ見ルニ米國其ノ他ニ於ケル一二少例ヲ除キ特ニ吾國ニ於ケル大部分ノ如キ殆ンド何ニ根據シテ其ノ形狀ヲ決定シタリヤ解スルニ苦ムモノアリ就中我國ノ如キ降雨ノ量極メテ多ク洪水量宇内ニ冠絶シ加フルニ地震ノ襲來頻繁ニシテ英米諸國ト其ノ狀態著シク異ルモノアリ猥ニ歐米ノ範ヲ取リテ大堰ヲ招クコトナキヲ期シ得ルヤ否ヤ況ンヤ歐米ニスラ存在ヲ疑ハル、極メテ薄弱ナルモノ往々ニシテ築造セラレントスルニ當リテヲヤ誠ニ寒心ニ堪ヘザルモノアリ希クパス道經驗家ノ起チテ指導ヲ仰グコトヲ得バ誠ニ幸甚ノ至リト云フ可シ本文記スルトコロ單ニ堰堤其ノ物ノ形狀及材質ノ概要ヲ記スルニ止メントス

二 印度、英、米等ニ於ケル土堰堤

土堰堤ノ形狀材質共ニ周圍ノ狀況ニ支配セラル可キハ勿論ナリト雖モ堤土ノ撰擇、心壁更ニ細カニ立入ル時ハ上流面法留工及引出管等ニ至ル迄各地方特有ノ習慣ヲ有シ就中堤土及心壁ニ就テハ英米技術者間其ノ主張ヲ異ニシ興味アル問題トナレリ我國ニ於ケル土堰堤ヲ記スルニ先ダチニ書籍ニ窺ヒ得タル英米等ニ於ケルモノヲ略記セントス

印度ニ於ケル土堰堤ハ極メテ古キ歴史ヲ有セリうゐるゑんノ記スル處ニヨレバまごらす洲ニ於ケル *Canverpant tank* ハ今ヤ四五百年ノ使用ニ堪ヘ其ノ高サ僅カニ十七尺ナリト雖モ其ノ長サ三哩四分ノ三ニ達スト云フ此等古來ノ堰堤ハ多ク上流面石張ニ引續キテ高サ數尺ノ波除壁ヲ有セリ次テ大英國ノ版圖ニ歸スルヤ英國人ニヨリ土地ノ開發セラル、ト共ニ

堰堤工事亦一新セリ此等ノ事情ハ H. M. Wilson :—Irrigation in India ; Strange :—Indian storage reservoir ; Strange :—Reservoir in western India (Minute of Pro. of C. E. vol. 132) ; Backley :—The irrigation in India ヲ通シテ大要ヲ知り得ルニシテ堰堤ノ土質ハ稀ニ純砂ヲ用ヒシモノナキニシモアラザレドモ多クノ粘土質材料タル Cotton soil ヲ用ヒ其ノ中良質ノモノヲ撰擇シ小石礫ヲ除キシモノヲ上流面ニ置キ中央ニハ特ニ心壁ト稱スベキモノヲ設ケズシテ Black cotton soil ト稱スル最モ粘土質多キモノヲ幅廣ク用ヒ下流面ニハ摺動抵抗ニ富ミタル土質ヲ撰ビ使用セリ (Strange :—Indian storage reservoir) 其ノ形狀多クハ勾配急ニシテ天端幅六尺乃至十尺内外ニ過ギザルモノ多シ Backley ノ記スル處ニ仍レバ多クノ技術者ハ滿水面ニ於ケル堰堤ノ厚サハ其ノ水深ニ等シカラシムルコトヲ是認セリト云フ印度ニ於ケル土堰堤ハ殆ンド粘土質材料ヲ用ヒ全堤ヲ等質的ニ近カラシメタルガ如シ

英國ニ於ケル堰堤ニ二ツノ特色ヲ有セリ即チ

(一) 何レノ堰堤ヲ見ルモ各上流面勾配及下流面勾配殆ンド一樣ナルコト即チ全體ヲ通ジ殆ンド一樣ニ上流面勾配三割下流面勾配二割又ハ二割五分ナルコト

(二) 堤土ハ一般ニ粘土ヲ多量ニ含有スルモノヲ撰ビ特ニ心壁ハ殆ンド純粘土ニ近キモノヲ用フ而シテ心壁ノ形狀モ殆ンド一樣ニ上幅六尺内外地盤ニ於テ其ノ水深ノ三分ノ一内外ニ取レルモノ多シ

米國及墨其西哥ニ於テハ其ノ數夥シク大規模ノモノ多クシテ殆ンド近年ノ築造ニ係レリ其ノ特徴ト云フベキハ

(一) 土堰堤ニ關スル研究ノ最モ進歩セルコト

(二) 一めいそんりい心壁ヲ多ク使用セルコト及其ノ他ノ場合ニ於テモ粘土ヲ多量ニ含マシメズ砂利及砂ノ混合材ヲ用フルコト等ニシテ紐育水道ニ於ケル調査其ノ他學理上幾多研究ノ發表セラレシモノアリ從ツテ他ニ類例ヲ見ザル砂利中心壁、鐵板壁鐵筋混凝土壁或ハ近ク企テラレタルあんばいせん會社ノ二重壁ノ方法等苟モ學理上是ナリト信ズルモノハ毫モ躊躇スルコトナク敢然トシテ實地ニ試ムル所眞ニ同國民ノ意氣ヲ示セリ更ニ近ク Hydraulic 又ハ Semihydraulic 等ノ方法

ノ用ヒラル、ニ至リテ長足ナル進歩ヲ遂ゲ等質的ニ高堰堤ノ築造セラル、ヲ見ルニ至レリ
 獨逸佛蘭西等ニ於テハ大規模ノモノナク只堤土トシテハ英國式ニ類似シ心壁ヲ用ヒズシテ多ク混凝土ノ表裝ヲ用フ
 以上ハ各特徴トモ認ムベキ點ヲ列記セシニ止マリ各個大略ノ形狀ニ就テハ次表ニ明ラカナリ但シ本文ニ於テハ全部ヲ通
 シ五十尺未滿ノモノハ除外セリ

第 一 表

印度及英國ニ於ケル土堰堤

印 度	地 名	高 (呎)	天 堦 高 (呎)	法 勾 配		心 壁
				上 流	下	
	Muddak	108		3:1	2.5:1	
	Qummuu	102		3:1	1:1	
	Yaghad	95	6	3:1	2:1	
	Nagar	84				
	Vabar	84	24	3:1	2.5:1	P. C.
	Mhasvad	80	8			
	Erand	76	6	3:1	2:1	M. C.
	Nehr ¹	74	8			
	Anasagur	70	20	4:1		
	Pangran	68	8			
	Mukti	65	10	3:1	2:1	
	Persul	62	6-8			
	Ashhi	58	6	3:1	2:1	no
	Mairai	58	5			
	Khas	56	10			
	Dodder	115	22	3:1	3:1	P. C.
	Dale Dike	102	12	2.5:1	2.5:1	P. C.
	Torside	100				

英 國

地名	高 (呎)	天端 (呎)	上流	法勾配	下流	心壁
Yarrow	100	24	3:1		2:1	P.C.
Bradfield	95	12	2.5:1		2.5:1	
St. Andrews	93	25				
Edge Law	93		3:1		2.5:1	
Wood head	90					
Yarrow	87	30	3:1		2:1	P.C.
Tordoff	85	10	3:1		2.5:1	
Roddlesworth	80	16	3:1		2.5:1	
Grad house	79	12	3:1		2.5:1	
Taller	78	20	4:1		3:1	P.C.
Rake	78		3:1		2:1	
Silsden	78		3:1		2:1	
Glencouse	77		3:1		2:1	
Leeshaw	77					
Wayoh	76	22	3:1		2.5:1	
Leaming	73	10	3:1		2:1	
Loughvarlag	66	28	3:1		2.5:1	
Slakten	64	12	3:1		2:1	P.C.
Lomganlea	59	10	3:1		2.5:1	
Rotten Park	50	20	3:1		2:1	P.C.

米國ニ於ケル土堰堤

地名	高 (呎)	天端 (呎)	上流	法勾配	下流	心壁
Idaho	135	40	3:1		2:1	no
San Leandro	125	28	3:1		2.5:1	no
Tabaud	123	20	2.5:1		2.5:1	P.F.
New Croton	120	30	2:1		2:1	R.M.C.
Druid Lake	119	60	4:1		2:1	P.C.

地名	高さ (呎)	天端幅 (呎)	法 勾 配		心 壁
			上 流	下 流	
Belle Fourshe	115	20	2-3 : 1	1.75-2 : 1	no
Gatun (Panama)	115	80	3.5 : 1	3.25 : 1	Center piling
Stanley Lake	113	20	2-3 : 1	2 : 1	P. C. & P. T.
Thiens	110	30	2.4 : 1	2.5 : 1	R. M. C.
Ashokan dike	110	34	2.25-2.75 : 1	2-3 : 1	M. C.
Temesal	115	18	3 : 1	5 : 1	
Morriswaterburg	100	20	2.5-3 : 1	2 : 1	M. C.
Honey Lake	96	20	3 : 1	2 : 1	P. C.
Pitarctos	95	25	2.5-3 : 1	2.5 : 1	P. C.
San Andreas	93	25	3.5 : 1	3 : 1	
Haivee	91	20	2.5 : 1	2.5 : 1	P. C.
Forest Park	87	15	3 : 1	2.5 : 1	T. C.
Wachusett	82		2 : 1	1.66-3.33 : 1	no
Cold Spring	82	20	3 : 1	2 : 1	
South Fork	72	20	2 : 1	1.5 : 1	Q. C.
Subburg	64	14	2 : 1	1.5 : 1	
La Mesa	66	20	1.5 : 1	1.5 : 1	R. C. C.
Glen Wild	64	13	2 : 1	2.5 : 1	
Bog Brook	65	25	2 : 1	2.5 : 1	
Snake river	64	12	2 : 1	1.5 : 1	
Chollashight	56	20	3 : 1	2 : 1	Steel C.
Cedar Grove	55	18	3 : 1	2 : 1	Q. C.

備考 表中

- P. C. = Puddle core.
- P. F. = Puddle face.
- P. T. = Puddle trench.
- R. M. C. = Rubble masonry core.
- Q. C. = Concrete core.

フ表スモノトス

三 土堤ノ形状及材質決定ニ關スル諸説

(a) 極メテ一般的ニ堰堤ノ形状ヲ定ムル諸家ノ方法ヨリ掲ゲンニ
堰堤各水平層ノ摩擦抵抗ニヨルラッセルノ方法

心壁ヲ有セズ等質構造ナル場合

水壓力ニヨル摺動ニ對シ其ノ摩擦力ノミニテ抵抗スルモノトセバ

第一圖ニ於テ

$$\text{摺動ノ安全率} = \frac{P \cdot c}{P \cdot \sin \alpha}$$

但シ

c = 摩擦係數

心壁ヲ有スル場合

此ノ場合ニハ心壁ヨリ上流ニ位スル堤土ハ皆充分飽水シ摩擦抵抗ヲ全然失フモノト假定シ且ツ水壓ハ心壁ノ表面ニ水平ニ加ハルモノト考フ

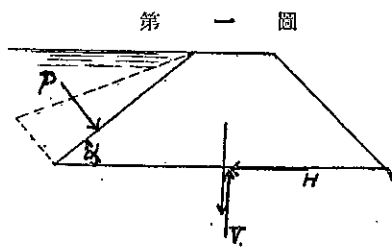
第二圖ニ於テ

w = 水一立方尺ノ重量

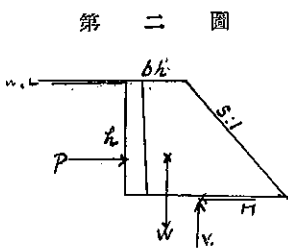
w' = 干燥土一立方尺ノ重量

W = 考ヘニ取レル堤體長一尺ニ對スル重量

$$= w'h \left(bh + \frac{hs}{2} \right)$$



第一圖



第二圖

$$\text{今 } c = \frac{1}{s} \text{ トセズ}$$

$$\text{摺動安全率} = \frac{w'}{w} (1 + 2bc)$$

若シ同率ヲ w' ニ取リ且ツ $w' = 100\text{lbs}$, $w = 62.5\text{lbs}$ トセズ

$$b = \frac{0.125}{c}$$

若シ $s = 2$ 即チ $c = 0.5$ トセズ

$$b = 0.25$$

即チ斯クシテ見出サレタル天端ノ幅ハ高サノ四分ノ一ニ相當ス然レドモ摺動安全率及摩擦抵抗係數ハ各其ノ場所々々ニヨリ適宜定メラルベキハ論ヲ俟タズ

(b) 同シクラッセル氏ノ方法

$$b = \frac{d \times w}{w'} \times \text{Factor of Safety}$$

但シ $b =$ 水深 d ナル點ニ於ケル堰堤ノ高サ

此ノ際ニ於ケル安全率ハ十以上ニ採定スルヲ要スト云フ

以上 (a) (b) ハ共ニ堰堤ノ大サヲ定ムル準備方法ニ過ギスト雖モ極メテ複雑ナル計算ヲ施シ幾多ノ假定ニ基ケルモノヨリ却ツテ信賴スルニ足ル場合アリ若シ現在満足ナル成果ヲ收メツ、アル堰堤各々ニ就キ其ノ堤土ノ重サ及摩擦係數ヲ實驗ニヨリ見出シ前掲各式ニ於ケル安全率ヲ見出サンニハ堰堤設計上有益ナル資料ナルベキハ言ヲ俟タズ

又池水ガ永年ニ亘リテ堤内ヲ浸潤シ漸次飽水面ヲ高メテ下流法ノ上方ニ達スル時ハ堤土ノ大部分ハ其ノ安定ヲ失フベキハ勿論下流法ニ於テハ水ノ浸出ヲ見逐ニ崩落ヲ來スニ至ル可シ仍ツテ若シ其ノ堤土ニ就キ適當ナル飽水面ヲ豫メ推定シ得バ該水面ヲ充分安全ニ堤體內ニ收メ得ル如キ形狀ヲ定メ得ベシ然レドモ堤體ヲ透ス水流ガ如何ニ流動シ如何ナル形狀

ニ飽水面ヲ生ズルヤハ極メテ決定困難ナル問題ニシテ數學的ニ之ヲ解キシモノアリト雖モ果シテ實地ニ幾何ノ利益アリヤ疑ハシ

紐育市水道擴張ニ際シ専門家ノ集リテ調査セシ結果くるーとん、ばーれーニ現存セル多クノ堰堤ノ試鑿ニ於テ飽水面ハ心壁ノ有ルニ均ラズ堤土惡シキモノニ於テハ其ノ勾配一七ばーせんと乃至二〇ばーせんと堤土良質ノモノニ於テ三五ばーせんとナリシト云フ

斯ル試鑿ハ外國ニ於テハ其ノ例少ナカラズすとーれんじノぼんべいニ於ケル其ノ他あしゅーかん、ちくかす堰堤ノ調査局ノナセル又我國ノ大野調制池ニ於テ豫メ鐵管ヲ埋設シテ觀測シタルモノ等アリ何レモ飽水面勾配ハ二五ばーせんと至三〇ばーせんとノ間ニアルガ如シ

豫メ用ヒントスル堤土ニ對シ之ヲ縱又ハ横ノ位置ニ於テ透水シ硝子管等ヲ通ジテ其ノ損失水頭ヲ觀測シ之ヲ參考トシテ堰堤ノ大サヲ定メタルモノアリ其ノ實驗ノ方法及其ノ結果ハ次ノ書ニ明カナリ

1. Testing at Thicus dam (Water work handbook—Flinn weston and Bogert. p. 297)

2. Design of an earthen dam (Trans. of Am. So. of C. E. vol. 81, 1917)

然レドモ貯水池堰堤ノ如ク貯水永期ニ亘ルモノニ於テハ少クトモ飽水面ノ先端ハ如何ニ良キ條件ノ堰堤ニ於テモ遂ニハ下流面法尻ニハ達スルモノト考ヘザルベカラズ從ツテ飽水面ハ上流法水位ノ點ト下流法尻トヲ連絡シタル直線ト考ヘテ大差ナカル可シ但シ精確ナルモノヲ求メントセバ永年貯水ノ後試鑿ニヨル外ナキハ勿論ナリ

以上ハ堰堤ノ形狀全體ニ亘ル意見ナレドモ更ニ各部ニ立入りテ諸家ノ方式ヲ述ベントス

(a) 堰堤天端ノ廣サ 天端ノ廣サヲ堰堤ノ高サニ仍ル方式ヲ以テ示セルモノアリ

Trautwine's formula

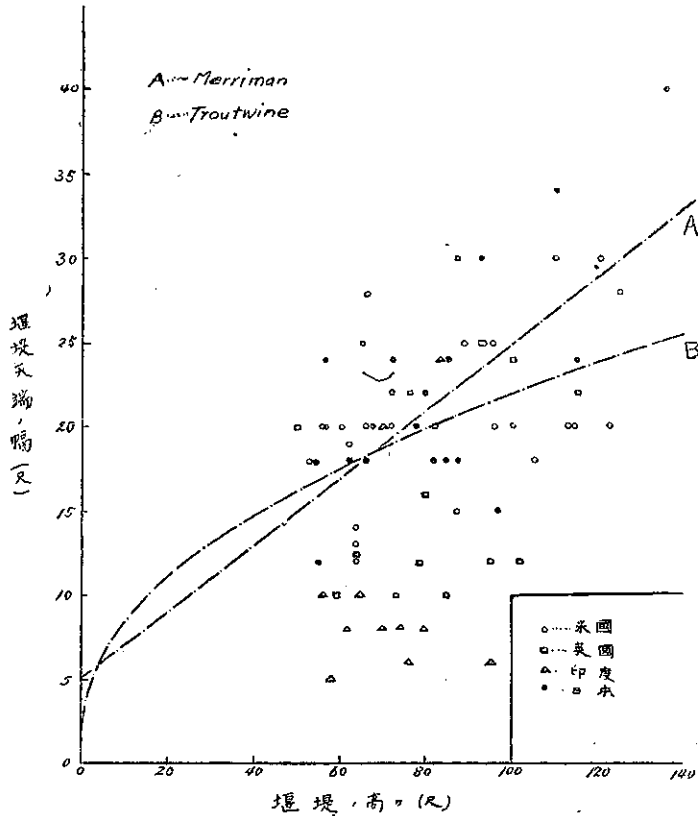
$$\text{Top width} = 2 + 2H/h$$

Merriman's formula

$$\text{Top width} = 5 + \frac{h}{5}$$

但シ Top width ハ 呎 h ハ 高サニシテ同シク呎ニテ表ス

第三圖



うゐるそん及すとれんぢ氏
 高サ五十呎以下ノモノニ對シ六呎乃至八呎
 高サ五十呎以上ノモノニ對シ十呎

以上公式ト第一表並ニ我國ニ現存セル堰堤トニ
 就キ其ノ高サト天端ノ幅サトノ關係ヲ圖示セバ
 第三圖ノ如シ

又 Ziegler Thalsperrenbau ニ於テ

$$\text{Top width} = 3.00 + c(H-3) \text{ in meter}$$

$$\text{但シ } c = \frac{5}{17}$$

H = 堰堤ノ高サ(米) 但シ 3 米ヨリ大

ナルヲ表ス

其ノ他大家ノ意見ヲ見ルニ
 らせる氏

低キモノニ對シ六呎乃至八呎

高サ八十呎乃至百呎ノモノニ對シ二十呎乃至二
 十五呎

うえぐまん氏

十呎乃至三十呎

要スルニ堰堤ノ天端ハ池内ニ起ル可キ波浪ノ大サ及水面上ノ餘裕ノ大小其ノ他天端利用ノ方面ヨリ其ノ幅員ヲ考フ可キモノニシテ理論的ニ見出サンコトハ困難ナル可シ

(b)高水面ヨリ天端迄ノ高サ 此ノ高サハ高水位上ノ餘裕ト稱スベキモノニシテ豫期セザル降雨ニ際會シタル場合又ハ溢流路ニ故障ヲ生ジタル如キ場合或ハ池内ニ生ズル波浪ノ高サ、年月經過ニ伴ヒ生スル堤土ノ沈降或ハ寒帯地方ニ於テハ凍結等ヲモ考慮シ此ノ高サヲ定ムベキモノトス

此ノ高サニ對シテハ何レノ大家モ小規模ナル貯水池ニ對シテハ五呎大ナルモノニ對シテハ十呎尙肝要ナルモノニ對シテハ十五呎乃至二十呎ヲ要スト云フニ一致セリ唯ウいるそんハ次式ヲ掲ゲタリ

$$H = D + X + O$$

但 H = 溢流路ノ敷ヨリ堤頂迄ノ高サ

D = 最大洪水時ノ溢流水深

X = 最大洪水時ノ水位ヨリ張石ノ頂上迄即チ池内ニ生ズル波ノ高サニ殆ソド等シ

O = 張石頂上ヨリ堤頂迄普通ノ場合 2 呎乃至 3 呎但シ實況ニヨル

而シテ波ノ高サハ Stephenson's formula

$$H = 1.5\sqrt{D} + (2.5 - \sqrt{D})$$

但シ H = 波ノ高サ(呎)

D = 水面ノ長サ(哩)

印度、英、獨及我國ニハ堤上ニ倭壁ヲ設ケテ此ノ高サヲ節約セルモノアリ之ニ關シテハ更ニ項ヲ分チ論スベシ印度ノモ
 ノニ對スルすとれんじノ説ニ曰ク「印度及英國ニ於テ用ヒラル、頂上上流肩ニ築造セラル、頂壁ノ缺點ハ波浪ノ爲メ其
 ノ根ヲ洗ハル、コト及飛越ヘタル波浪ニヨリテ其ノ背面ヲ害セラレ沈下シ易キコト之ナリ」トみるんハ地震ノ際ニ生ズ
 ル池水ノ波浪ヲ防グニ利益アリト稱スレドモ盛土上ノカ、ル築造物ガ地震ノ際果シテ全カル可キヤ疑ハント云フ可シ
 (c) 法勾配 法勾配ハ何レノ説モ用土ノ息角以上緩ニ定ム可キ旨ヲ主張セルモノ多シ各大家ノ測定セシ息角ヲ列記センニ
 次ノ如シ但シ角度ニ表サレタルモノハ勾配ニ換算セリ

Merriman (American Civil. Eng. Pocketbook)

名 稱	勾 配
Sand, clean	2 : 1
Sand and clay	3 : 1
Clay	3 $\frac{1}{2}$: 1
Gravel, clean	2 : 1
Gravel and clay	3 : 1
Gravel, sand and clay	3 : 1
Soil	3 $\frac{1}{2}$: 1
River mud	∞ : 1

以上ノ材料ハ掘取後直チニ水中ニ投入シ再ビ取出シテ測定サレタルモノナリ

Cain (Earth pressure walls and bins)

Sand, dry	2.75 to 1.43 : 1
" moist	1.73 to 1.00 : 1
" wet	2.75 to 1.19 : 1
Ordinary earth dry	2.75 to 1.00 : 1
" moist	2.14 to 1.00 : 1
" wet	2.14 to 1.73 : 1

Gravel, round to angular 1.73 to 0.90 : 1
 " sand and clay 2.73 to 1.23 : 1

水分ノ多少ニヨル息角ノ變化

砂	}	乾燥セル場合	1.5 : 1
		少シク濕リタル場合	1 : 1
普通土	}	甚ダシク濕リタル場合	1.5 : 1
		水中ニ浸リタル場合	2 : 1
普通土	}	乾燥セル場合	1.3 : 1
		少シク濕リタル場合	1.2 : 1
		甚ダシク濕リタル場合	1.7 : 1
		水中ニ浸リタル場合	3.3 : 1

Fining (Practice on Hydraulics)

Sand, dry fines	1.88 : 1
" " coarse	1.73 : 1
Damp clay	1.00 : 1
Wet "	3.73 : 1
Clayey gravel	1.00 : 1
Firm loam	1.38 : 1
Vegetable Soil	1.43 : 1
Masonry on moist clay	3.08 : 1
Earth on wet clay	3.26 : 1
Gravel and clay mixture	1.5 : 1

Russell (Earth dam)

Natural moist earth	1 : 1
Earth, dust, dry	1.38 : 1
Saturated earth	2.36 : 1

尙此種實驗ヲ遂グタルモノ頗ル多シ何レモ實驗者ノ用ヒタル標本ヲ異ニスルガ故ニ其ノ勾配モ一様ナラザルハ當然ノ結果ト云フ可シ大體ニ於テ乾燥セル土ハ一割五分内外飽水セル土ハ三割ニ近シ

すとーれんじ氏ハ其ノ著書ニ於テ一般ニ良好ナル基礎ヲ有シ良質ノ用土ヲ有ルス場合ニ於テハ次ノ形狀ヲ以テ安全ナリト云ヘリ

堤 高	潜水面上ノ高	頂 幅	法 勾 配		潜水位ニ於ケル幅
			上 流	下 流	
15 尺以下	$\frac{4}{5}$	6	2:1	1.5:1	30 ^R to 23.5 ^R
15 to 25	$\frac{5}{6}$	6	2.5:1	2:1	38 to 33
25 to 50	6	8	3:1	2:1	38
50 to 75	6.7	10	3:1	2:1	40 to 50

又曰ク「多クノ土堰堤ハ全高ヲ通殆ンド一様ノ材料ヲ用ヒ其ノ法ハ上下一勾配ニ計畫セルモノ多キモ下部ニ於ケル土ノ状態ハ上部ノ土ノ夫レトハ著シキ相違ナカル可カラザル故ニ即チ下部ニ於ケル土ハ上部ヨリノ大ナル壓力ヲ受ケアル層状ヲ作り易ク且ツ甚ダシク浸潤セラル、故ニ其ノ安定度ヲ軽減セラレ摺動シ易カラシムルニ至ルベシ換言スレバ摺動ニ對スル抵抗ハ上部ヨリ下部ニ至ルニ隨ヒ減少スベキガ故ニ法勾配モ亦下部ニ至ルニ隨ヒ緩ナラシメザル可カラズ」ト而シテ氏ノ示シタル實驗上ノ法勾配ヲ掲ゲンニ(但シ水面上七尺ニ天端ヲ有シ天端幅ヲ十尺トス)

基礎ヨリ二五尺迄	上流法	七割	下流法	五割
二五尺ヨリ四〇尺迄	同	六割	同	四割
四〇尺ヨリ五五尺迄	同	五割	同	三割半
五五尺ヨリ七〇尺迄	同	四割	同	三割
七〇尺ヨリ八五尺迄	同	三割	同	二割半
八五尺ヨリ百尺迄	同	二割半	同	二割

氏ノ言ヘル如ク土堰堤ハ日本ノ富士山形ナラザル可カラズ右ノ形ハ殆ンド其レニ彷彿セルモノナリ
米國ノ技術大家ハ斯クノ如ク法勾配ヲ指定シタルモノナクうえぐまん、すかいら一等何レモ法勾配ハ用フベキ土質地盤
等ニヨル可キヲ述ベ單ニ大體トシテ上流法ニ割乃至三割下流法一割五分乃至二割五分ナリト云ヘリ

尙此處ニ記セザル可カラザルハ犬走ナリトスうえぐまん、らっせる等ハ堰堤ノ直高三〇尺毎ニ數個ノ平場ヲ設ケ法面ニ
降ル雨水ヲ集メ併セテ堰堤ノ斷面ヲ大ニシ且ツ崩壞ヲ犬走りニ局限スルノ利益ナルヲ提唱セリすと一れんじハ之ニ反對
シテ犬走ヲ設クルヲ好マズ寧ロ其ニ相當シタル緩勾配ニスルニ如カズト云ヘリ。

(d) Puddle wall, Puddle face and Puddle trench. 主トシテ堰堤ノ減水ヲ止メントスル目的ノ爲メニ堰堤ノ中央若シク
ハ其ノ附近ニ不透透性材料ヲ搗固メ心壁トナシタルモノヲ Puddle wall ト稱シ我國ニ於テ刃金或ハ土金ヲ稱セリ又上流
法面又ハ其ノ附近ニ右材料ヲ用ヒタルモノヲ Puddle face ト稱シ且ツ堰堤在來地盤内ノ透水ヲ防グ目的ニ右材料ヲ用ヒ
タルモノヲ Puddle trench ト云フ而シテ前二者ニ就キ何レヲ用ルガ利益ナルヤハ各學者ニヨリテ異見アリ

今諸家ノ意見ヲ照合シテ其ノ利害ヲ見ルニ Puddle face ノ利益ト認メラル、點

一 上流面ノ沈下ニ伴ヒ一様ニ沈下スルコト (Strange 及 Flinn Weston & Bogart) 但シラえぐまんハ之ニ對シ其ノ沈
下ノ爲メニ表裝ニ龜裂ヲ生ゼシム可キニヨリ Puddle face ノ缺點トシテ之ヲ數ヘタリ

二 常ニ監視シ得ラレ若シ缺點アル時ハ速カニ手數少クシテ修繕シ得ルコト

三 論理的位位置ニ適合スルコト即チ理論上ヨリ言ハハ堰堤ノ透水ノ少シモ浸入セザル以前ニ於テ遮斷シ得ルガ故ニ内部
ノ土砂ハ全部乾燥状態ニアリテ充分ナル固有ノ安定度ヲ保チ得ベシ然レ共單ニ Puddle face ニテハ決シテ漏水ヲ防
止シ得ルモノニアラズト稱スル說多シ (Wilson, etc.)

又此ノ缺點トスル所ハ

一 中心壁ニ比較セバ多量ノ材料ヲ必要トスルコト之ハ何レノ諸家モ等シク唱フル所ニシテ免ガレ得ザル缺點ナリ

二 地盤ヲ通ル水ニヨリ堤土ノ飽水ヲ來スコト即チ *Pubble trench* ト直接連絡ヲ取り得ザルニヨレリ (*Flinn western and Bogart*)

三 霜、波浪、日光、穴居動物ノ害ヲ受ケ透水ヲ生ゼシムル心配アルコト諸家皆此說ヲ是認セリ *Bussell* ハ捨石ニテ表面ヲ蔽フコトニヨリ其ノ害ヲ除キタリト云フ又 *Buckley* ハ粗石ノ張石ヲナスト雖モ尙乾燥スルトキ其龜裂スルヲ免ル能ハズト云ヘリ

四 池内水位ノ急ニ低下シタル時江落スル虞アルコト此ノ實例アリ (*Wilson, Fitzgerald, Bussel, Wegman, etc.*) 但シ *Bussell* ハ氏ノ從事シタル *Tabaud dam* ニ於テ捨石ヲ法面ニ用フルコトニヨリ之ヲ避ケ得タリト云ヘリ

Puddle wall ノ利益ト認メラル、點ハ

- 一 *Puddle trench* ト同一鉛直面上ニ於テ直接連絡ヲ取り得ルコト
 - 二 最少量ノ材料ヲ以テ最モ厚ク作り得ルコト
 - 三 風化、波浪、動物ノ害ヲ受ケザルコト
 - 四 心壁其物ハ堰堤ノ安定ヲ増スモノナルコト (*Flinn western & Bogart*)
- 又其ノ不利益ト認メラル、點ハ

- 一 不等一ナル堤土ノ沈下ノ爲メニ内部應力ヲ増シ遂ニハ歪メラレ破壊セララル、ノ虞アリ (*Orange, Willson*) 又法面ノ摺動ヲ生ズル原因ヲナス可シ (*Shrange*)
 - 二 心壁ヨリ上流部ニ位スル堤土ハ充分ニ飽水シ其ノ安定度ヲ減殺スベシ諸家殆ンド之ヲ是認ス
- 若シば、せるノ言ヘルガ如ク何レカノ方法ニヨリ風化乾燥等ニヨル龜裂ヲ免レ得ルモノトセバ、んすとん教授ノ述べタル如ク雨衣ハ須ク最外部ニ用フ可シトノ原則ニヨル可キハ當然ナリトス

心壁ニモ表装ニモ Masonry ヲ用ヒタルモノアリ之ガ粘土トノ優劣ニ就テハ又議論多シ之ヲ次項ニ譲リ心壁表装ノ形狀ニ關スル諸家ノ意見ヲ述ベム

Core wall.

人名	Masonry core wall			Puddle core wall		
	上幅	兩側傾斜	下幅	上幅	兩側傾斜	下幅
Roaring	.....	.....	.....	5.0m (高水位 3 R)	1 : 1	.....
Bussel	2 to 4m	$\frac{1}{2}$ to $\frac{3}{4}$ for 1R	.....	4 to 8m	.....	$\frac{3}{4}$ x 水深
Wegman	2.5—6m	.....	$\frac{1}{2}$ to $\frac{3}{4}$ x 水深	4 to 8m (最高水位)	.....	$\frac{3}{4}$ x 水深
Wilson	4—5m	1 : 10	.....	4 to 8m (同上)	1 : 10	.....
Rankine	.....	.....	.....	$\frac{1}{2}$ x 高	.....	$\frac{3}{4}$ x 高サ
Merriman	4—6m	1 : 10	.....	.....	.....	.....
John weston & Bogart	1.5—3m	1 : 20 1 : 1	.....	5 (高水面 2 to 4 R)	1 : 10 1 : 1	.....
Sherman Gould	.....	.....	.....	.....	10m to 10m	$\frac{1}{2}$ x 水深
Tranwine	.....	.....	.....	6—8m	.....	$\frac{1}{2}$ —1 x 水深
Wilson	.....	Facing.	.....	.....	Puddle facing.	8—10m

Puddle trench ニ就テ

うえぐまん 地盤ニ於ケル幅ハ心壁ノ幅ニ等シクシ最下端ニ於テハ其ノ幅ノ二分ノ一ヨリ小ナラズ又地盤以下ノ各側勾配ハ四十五度ヨリ急ナル可カラズ

ふりんうえすとん 溝ヲ混凝土ニテ作ル場合其ノ下端ハ水深ノ八分ノ一乃至六分ノ一トス

すとーれんじ 止水溝ノ深サハ良質ノ固マリタル土ニ於テハ水深ノ半分以下可成良好ナル場合ハ水深ト同等以下トス但シ堅牢ナル岩盤ノ場合ト雖モ六呎以下ナル可カラズ其ノ幅ハ大切ナルモノニアリテハ十尺ヨリ狭カラズ小規模ノモノト

雖モ六尺以下ニスベカラズ六尺以下ニ於テハ漏水ヲ止ムルコト至難ナレバナリ大體ノ標準トシテ水深ノ四分ノ一或ハ水深ノ八分ノ一ニ三呎ヲ加ヘタルモノヨリ少ナカラザルヲ可トス

止水溝ノ形狀ニ就テハ階段形ニスルコトヲ提唱セルモノアリ (Ac. Alpine) 然シ透水ノ経路及壓力ヲ受ケテ水密ニナル關係ヨリ考フレバ楔形ニスルヲ適當トス (Strange—Bussel) 而シテ楔ノ勾配ハ四分ノ一ヨリ急ナル可カラズ

(Strange—Min. of Pro. of Int. of C. E. vol. 132)

尙本項ニ對スル諸家ノ意見甚ダ多シ例ヘバ心壁ニ關シテ煉瓦壁ニ純粹ノ瀝清ヲ顧充シテ安定ト燒性トヲ有セシメ得ベシト云フ說すといふ。なかだむヲ以テ排水ヲヨクセントスル說 (Eng. news June 25, 1903) アリ而シテ後者ハ最近實現セラルハニ至レリ (Eng. news-record vol. 80, p. 366) 此ノ外矢板ヲ用ヒシモノアルモ之ガ成績ニ就テハ充分理想的ノ工事ヲ施シ得ザルノミナラズ板ノ面ニ沿ヒ漏水ヲ見ルノ傾向アリ又腐蝕ノ虞アリトノ批難ニヨリ代フルニ鐵矢板又ハ鐵筋混凝土壁ヲ用フルモノアリ緒言ニ述ベタルあむびばーせん會社ニテ計畫セシ空虚心壁モアリ尙幾多研究ノ餘地ヲ存セリト云フ

(e) 法留工事 法保護ノ工事ハ波ノ作用水ノ昇落ニヨル堤土ノ流出、乾燥、其ノ他雨水ノ浸入、穴堀動物ノ攻撃等ニ備フルハ勿論ナリ多クハ上流面ニ捨石ヲ施シ下流面ハ芝付セリすかいらーハ英國技術者ハ穴堀動物ヲ防グコトニ對シ下流面ニ割栗石ヲ置キ其ノ上ニ六吋ノ被覆土ヲ用ヒ斯ル簡單ナル方法ヲ以テ成功セリト云ヘリ

印度ノ灌溉貯水池ノ上流面法保護工事トシテ蘆ヲ包柴ノ如ク丸メ之ヲ水平ニ數尺ノ間隔ニ並ベテ急勾配ノ個所ニモ成功セリト云フ

(Buckley:—Irrigation work in India; Wilson: Irrigation in India or Irrigation Eng.)

我國古來ノ方法トシテハはせねりト稱スル粘土ヲ搗固メタルモノ又ハ箴杭ト稱スル礫掛工事及ビ東北地方相馬藩ニ於テハ積芝様ノ法留ヲ用ヒタリト云フ

ノ材質ノ適否ニ關シテモ諸説區々タリ先ヅふあにしくノ説ヲ舉ゲンニ氏ハ理論上次ノ如キ混合物ヲ可トス

荒砂利	一・〇〇〇立方碼
細砂利	〇・二八 ”
砂	〇・〇八 ”
粘土	〇・〇三 ”
合計	一・三九立方碼

之ヲ搗固メテ一立方碼トス而シ勞力ノ關係上實際ニ於テハ次ノ配合ヲ可トス

荒砂利	一・〇〇〇立方碼
細砂利	〇・三五 ”
砂	〇・一五 ”
粘土	〇・二〇 ”
合計	一・七〇立方碼

之ヲ搗固メテ一・二五立方碼トスベシ然モ尙水ノ分子ノ大サノ一千倍ニ相當スル空隙ヲ有スレドモ實驗上相當ノ水頭ニ於テ充分水分ノ通過ヲ阻止スルノ能力アリ普通砂利ヲ用フル場合ニハ

普通砂利	一・〇〇〇立方碼
粘土	〇・三六 ”
砂	〇・二五 ”
合計	一・六一 碼

之ヲ搗固メテ一・一〇立方碼トスト

此ノ配合ヲ賞セルモノニウゐるゝンアリ曰ク砂、砂利ハ安定ナル材料ナレドモ粘着力ナシ粘土ハ粘着力アレドモ支ヘルモノナカリセバ摺動スベシ故ニ此ノ配合ハ重量ト粘着力ト安定トヲ兼ネ有シ加フルニ水密ナルモノナリトすと一れんじ之ニ對シテ曰ク此ノ混合材ハ豫期通り搗固ムルニ於テハ空隙ヲナクスルヲ得ベシ然レドモ粘土ノ分量少ナキヲ以テ果シテ充分耐水性ニナリ得ルヤ否ヤ且ツ幾何ノ粘着力ヲモ有スル能ハザル可シト

英國技術者ガ多ク粘土ヲ用フベキヲ主張セルニ反シ米國技術者ハ粘土ノ多ク用フ可カラザルヲ主張セリウゑぐまんハ堰堤ノ失敗ハ粘土量過多ナルニ基因ス大家ハ二〇乃至三〇ば一せんとヲ可トス但シ實地ニ於テハ五乃至一〇ば一せんとヲ用フルモ差支ナシトすみす曰ハク粘土ニテ作りシ堰堤程 不安全ナルモノナシ Forchheimer ハ砂ト粘土ノ混合材ヲ最良トシ砂ノ空隙ヲ粘土ガ滿スコトヲ得バ最モ可ナリト云ヘリ

ばさせるハ粘土容積ノ變化ニ就キ述ベ曰ク純粹ノ粘土ハ其ノ容積ノ三分ノ一ニ相當スル水分ヲ又自然ノ儘ニ置カレタル粘土ト雖モ六分ノ一若シクハ八分ノ一ノ水分ヲ吸收ス英國技術者ベ一カ一及らさむモ四〇乃至六〇ば一せんとヲ吸收スト云ヘリ又純粹ノ粘土ヲ乾燥セシムル時ハ五ば一せんとノ收縮ヲ來シ粘土一ニ砂二ノ割合ニナレル混合材ハ同三ば一せんと漸次粘土ノ割合ヲ増スニ從ヒ收縮率モ亦大ナリト

之ニ對シすと一れんじ曰ク實驗ノ結果ニヨレバ粘土ハ乾燥ノ結果二五ば一せんとノ重量ヲ失ヒ一〇ば一せんとノ容積ヲ減少シ極メテ堅牢トナル之ヲ若シ膨脹シ得ザル如ク制限スルニ於テハ著シク耐水のナル可シ且ツ粘土ヲ粉末シテ乾燥シタルモノハ七五ば一せんとノ水ヲ吸收シテ自由ニ透水的トナルヲ見ル然レドモ之ヲ長八呎徑三吋ノ管中ニ壓迫ヲ加ヘ願充シ之ニ水ヲ通ジタル結果ハ少シモ透水ノ經跡ナシ即チ壓迫ヲ加ヘタル乾燥粘土ハ其ノ壓迫大ナレバ大ナル程耐水のトナリ堰堤工事ニ満足ナル結果ヲ表スモノナリト

要之堤土ノ質ニ就テハ以上ノ如ク二様ノ觀察アリ粘土ヲ多量ニ用フル説ハ英國側ニ多ク粘土ノ少量ヲ用フルノ説ハ米國側ニ多シ現下何レモ實地ニ試ミラレ支障ヲ來シタルコトナシ

更ニ心壁ニ挺子粘土ヲ用フルヤめゝそんりヲ用フルヤニ就キ異見アリ

Mr. Reginald E. M. Middleton 〆 Eng. vol. 54 ニ於テ曰ク米國東部ニ於テハ厚キ石工心壁 (Masonry core walls) ヲ用フルモノ尠カラザレドモ若シ脊面ニ少シノ移動ダモ生ジタランニハ壁ハ安全ナルヲ得ザル可ク或ハ漏水ヲ來シ堰堤モ亦破壊スル如キ不測ノ災害ヲナス因ヲナスベシ又該壁ハ其ノ厚薄ニ不拘之ヲ完全ニ水密的ナラシムルニハ極メテ困難ナリトすかゝらゝ之ニ反對シテ曰ク (Eng. news Feb. 20, 1902) 英國技術者ハ挺子粘土ノ使用ニ慣レテ石工ノ如キ堅牢ナル材料ヲ使用シテ土ノ如キ粘性材料ヲ支持スルノ極メテ適當ナルコトヲ感知セザルガ如シ未ダ充分ナル成果ヲ擧グルニ至ラズト雖モ現在米國ニ於ケル幾多ノ土堰堤ハ石工心壁ガ或ル程度ノ撓性ヲ有シ壓力ニ對シテモ安全ナル膜トシテ有效ナルコトヲ明白ニ立證スルモノナリト

すとーれんじ氏ハ Ibid p. 267 & 268 ニ掲ゲラレタル石工心壁ノ利益ヲ列擧シ之ニ對シ彼ノ意見ヲ付セリ括弧内ハ氏ノ意見トス

(一) 若シ堅牢ナル不浸透性ノ地盤上ニ石工心壁ヲ設クル時ハ充分下流ニ透ス水ヲ遮斷スルコトヲ得ベシ (薄キ石工構造ニシテ水壓ノ大ナル場合ニハ決シテ耐水的ナルコト能ハズ)

(二) 石工心壁ハ假令之ヲ通ジテ僅少ノ漏水ヲ生ズルコトアリトモ決シテ其ノ漏水口ノ擴大ヲ來スコトナク却ツテ沈泥ニヨリテ頭塞セラル、利益アリ

(三) 石工心壁ヲ以テ全堰堤ヲ二分シ上流部ニハ出來得ル限り水密性材料ヲ用ヒ下流部ニハ安定ヲ保ツニ充分ナル材料ヲ用フルガ如ク劃然ト分チ得ルノ便宜アリ若シ右異リタル二様ノ材料間ニ心壁ナシトセバ不均一ナル沈下ヲ來シテ堰堤ニ龜裂ヲ來スニ至ル可シ (斯カル沈下ハ心壁ヲ設クルモ亦生ズベク從ツテ壁ヲシテ不安定ナラシムル弱點トナル可シ)

(四) 引出管ヲ堰堤ヲ横斷シ埋設スル場合石工ノ連絡ヲ取り得ラレ米國ノ一部ニ賞セラル、Dry tower (水中ニ塔ヲ立テタルモノヲ Wet tower ト云ヒ心壁内ニ塔ヲ立テタルモノヲ斯ク稱ス) ヲ築造シ得ラル、利益アリ

(五) 何等カノ理由ニヨリ池水堤上ヲ溢流スル如キ場合ニ於テハ石工心壁ニ於テ堤土流失ヲ少カラシメ得ベシ (溢流ニ對シテハ溢流路ノ敷ト天端ノ間ニ充分ナル餘裕ヲ取ルコトニ於テ避ケ得ベシ)

尙石工心壁ニハ穴掘動物ノ浸害ヲ絶對ニ避ケ得ベキ利益アリ然レドモ其ノ缺點トシテハ一般ニ工費ノ多大ヲ要スルコト (Strange, Brussel, etc.) 及ビ石工ト堤土トノ間ニ弱點ヲ生ズベキ傾アルコト (Folth) 多少ノ熟練ヲ要スルコト (Bussel) 等アリテ粘土ヲ用フルモ將タ混凝土ヲ用フルモ殆ンド同一程度ノ透水抵抗ヲ有スルモノト一般ニ認メラル (Willson:—Tri-gation engineering) 隨ツテ其ノ適否ハ經濟上ヨリ打算シ實地ニ於テ材料ヲ得ル便否ヨリ決定サルベキモノナリト云ヘルモノアリ

以上ノ外堰堤ノ形狀材質ニ關スル諸説甚ダ多カル可シ右ハ單ニ四五ノ書籍ニ索求シタルニ過ギザレ共大體ニ於テ泰西大家ノ意見ヲ伺フヲ得ベシト信ズ

要之堰堤ノ材質形狀ハ共ニ連關シテ考フベキハ勿論ニシテ其ノ材質ハ水分ニ會ヒテ化學的變化ヲ起シ或ハ溶解シ或ハ泥狀トナリ其ノ形ヲ保ツ能ハザルガ如キモノハ排斥セラレザル可カラザルモ然ラザル場合ニ於テハ實地ニ存在セル適當ナル材質ヲ用フルコトヲ以テ抑モ土堰堤ノ利益トスル所ナレバふあにんぐノ言ヘルガ如ク一々混合材ヲ作ルガ如キハ容易ナラザル事ト言フベシ從ツテ其ノ材料ノ良否ヲ斟酌シ其ノ形狀ヲ定ムルニ於テハ何等差支ナカルベシ尙此等ノ意見ニ付テハ更ニ項ヲ分チ論ズル所アラントス

四 我國ニ於ケル土堰堤

我國ニ於ケル土堰堤築造ハ曩ニ述ベシガ如ク極メテ太古ニ屬シ印度せいろント殆ンド大差ナカルベシ我舊記ニ徵スルニ「崇神天皇ノ御宇諸國ニ池溝ヲ築カシメ云々」「垂仁天皇ノ御宇大和狹山池築設云々」又其ノ當時諸國ニハ八百有餘ノ池溝ヲ存シタリトアリ當時歷代ノ天皇皆農業立國ノ本ヲ立テ諸臣ヲ各地ニ封スルヤ必ズ修理池溝料ノ給與アリ仁德天皇茨田ノ堤ヲ築カシメラレ景行帝以降諸國ニ溜池ノ築堤セラル、數夥シキニ至レリト云フ下リテ源平、豐臣、徳川時代ヲ通

ジテ支那印度其ノ他泰西文物ノ輸入アリ農業ノ普ク僻地ニ及ブト共ニ大規模ノ溜池ガ僧空海其ノ他ノ僧侶ニヨリ或ハ武將ニヨリ更ニ下リテハ二宮尊徳、熊澤蕃山、成富兵庫等ニヨリテ築カル、ニ至リシガ如ク今日ニ尙殘存セルモノ亦尠シトセズ各地方農民ニヨリ企テラレンシガ如キ小規模ノモノニ至リテハ蓋シ枚擧ニ違アラザル可シ或ハ其ノ數三萬ト云ヒ五萬ニ達スト云フ今參考トシテ我國ニ於ケル河川堤防築造様式ノ歴史ニ就テ述ベンニ元淨法師ノ傳法即チ甲州武田ノ家法ニシテ之ヲ關東流ト稱スルモノアリ又紀州ニテ用ヒ來リタルモノニ紀州流アリ元淨法師ノ古法ト稱スルハ堤高一間ヨリ二三間以上ニ至ル迄片法一割半一間位ノ堤ハ片法一割ニテ可ナリ若シ土性ノ柔軟ナル所或ハ砂地等ハ其ノ高サニ應ジ川表ヲ二割川裏一割七八分トシ又關東流ノ新法ト稱スルモノハ片法一割砂堤ハ一割半又紀州流ト稱スルハ小堤ニ於テハ川表一割川裏一割三分大堤川表一割二分川裏一割五分ヲ肝要トス(堤防溝洫志ノ佐藤信有季亮著)ト云ヘルガ如ク我國ニ於テハ古來堤防ノ形狀ニ就テハ大體ノ據所アリ又上記志中ニ溜池ニ就テ記セルアリ「溜池ハ其山ノ形狀ニ隨ヒ三方二方或ハ一方又ハ丸堤ヲ築テ山水ノ滴瀝ヲ蓄ヘ以テ灌溉ニ供シ田地ヲ養フ者也其ノ築造法種々アリ堤ノ大小ハ溜池ノ廣狹ニヨル可シ勾配ハ内法七寸五分(註一割三分強)外法五寸(註二割勾配)ヲ常トス堤ノ内腹ハはせねりトテ土性宜キ眞土ヲ煉立テ土藏ノ下塗練壁等ノ如ク厚サ二三尺許ニ塗立テ乾固メ皸裂ヲ生ジタル所ハ又はせ土ヲ塗込ミテ塗立テ地形モ平均五本突ニシテ下地ヲ能ク突堅ムレバ水ノ漏ルコトナシ云々」ト土堰堤ノ構造ハ川堤ニ比シ重要視シタルハ其ノ形狀ニヨリ觀取シ得ル可シト雖モ尙川堤ト相似セル形狀ニシテ表面上水工ヲ用ヒタルヲ見ル可シ

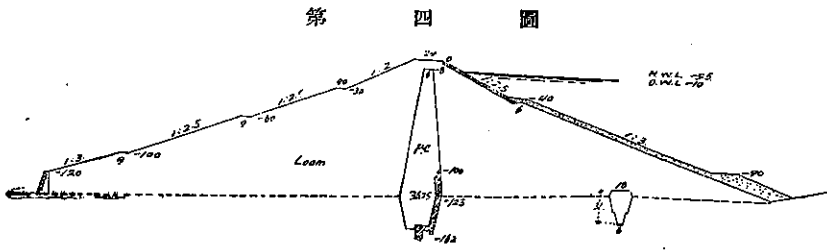
我國ニ於ケル溜池ハ前記ノ如ク其ノ數夥シト雖モ其ノ規模至ツテ小ニシテ高サ四五尺ヲ出ヅルモノ極メテ稀ナリ然ルニ明治初年以來歐米文物ノ直接輸入セラル、ニ至リ文化ノ進ムニ從ヒ各市ニ水道ノ企畫アリ或ハ農業ノ進歩開發ト共ニ荒蕪地開墾ノ企畫アリ或ハ近來水力發電ノ發達ト共ニ貯水池ノ計畫セラル、モノ尠ナカラズ此等ノ中ニハ土堰堤ノ大規模ノ計畫ヲ伴フモノアリテ我國ノ土堰堤中高級ニ屬スルモノハ殆ンド皆最近ノ築造ニ屬セザルハ稀ナリ

我國土堰堤中直高五十尺以上ノモノニシテ余ノ知り得タル分ヲ表記セバ次表ノ如シ

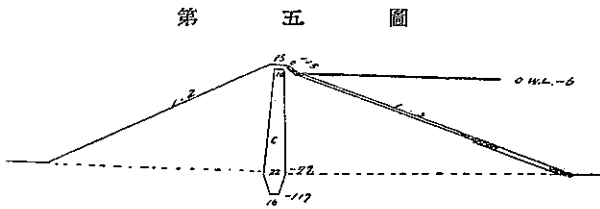
表 二 於 土 堰 堤

我 國 二 於 土 堰 堤

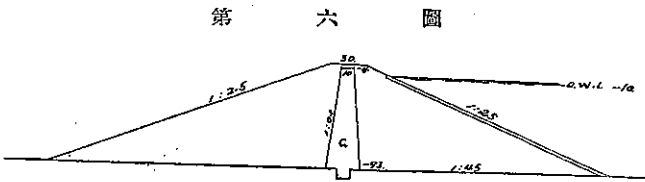
番 號	所 業 屬	所 在 地	全 長	最高部 中央ケル 長	水面 又ハ 最高水 面上ノ 高	法:勾配		大 走		心 壁		上 法	摘 要	
						上 流	下 流	個所數	幅員	側勾配	上幅			全高
1	東京電力會社	山梨縣 梨野	170 哩	123 R	10.5 R	2.5:1	2:1	1	6	P.C.	125:1	8 R	134 R	土木學會誌 第一卷第三號 參照
2	門司市	香榛川 縣 塚	68	97	6	3:1	2:1	0	0	C.	.065:1	10	114	空石張
3	木田郡四ヶ池用水組合	川縣 塚	56	93	10	2.5:1	2.5:1	0	0	C.	.10:1	10	99	同 上
4	九洲電力會社	大分縣 好	78	88	7	3:1	2:1	0	1	C.	.125:1	10	88	粘土壁上=空石張
5	小倉市	愛知縣 丹羽	62	85	6	3:1	2.5:1	0	0	C.	.067:1	8	97	同 上
6	入水組	池谷縣 丹羽	95	84	18.5	2.5:1	3:1	0	1		形 狀 不 明			籠 抗 工
7	和力會社	和歌山縣 尾	46	82.5	5	2.5:1	2.5:1	0	1	C.	.10:1	6	79.5	二尺ノ粘土上=二尺ノ空石
8	三豐郡豐田村用水組合	香逆川縣 豐	52	80	10	2:1	2:1	0	0	C.	.20:1	3	85	同 上
9	宮崎縣	宮崎縣 原	71	78		2.5:1	2:1	0	2		テ	シ		
10	瀨用水組合	香仲多度縣 池	5.5	76	10	1.8:1	2:1	0	0		心 壁 ノ 有 無 不 明			說明本文參照
11	小樽市	兵衛縣 小樽	126	72	7.5	3.4:1	2:1	2	11	C.	.040:1	8	89	粘土上=空石張
12	長野會社	兵衛縣 小樽		67	8	3:1	2:1	0	0	C.	.083:1	8	78	三寸ノモルタル上=三寸ノ空石張
13	長野會社	兵衛縣 小樽	200	66	5	3:1	2:1	0	0	C.	.010:1	6	92	空石張
14	九州會社	大分縣 好	32	62	7	3:1	2:1	0	0	C.	.125:1	10	67	粘土上=空石張
15	九州會社	大分縣 好	79	56	5	2:1	3:1	0	0	Con.	.067:1	6	65	空石張



東京電燈株式会社 大野調制池土堰堤



市水道 貯水池土堰堤



木田郡用水組合(香川縣) 糺家池土堰堤

備考	P.C. へ粘土混凝土(本文参照)	C. へ粘土	Con. へせめんと混凝土	粘土ノ土ニ張	同上													
16	下ノ關市山内口縣村	47	57	9	24	3:1	2:1	0	0	0	0	0	Q.	10:1	6	82	大正五年完成	
17	木用水組津府	29	55	5?	12	2:1	1.5:1	0	1	9	Q.	10:1	6	62			大正三年築造	
18	新用水組池合			4	18	2.5:1	1.8:1	0	0	0	0	0	不明					池面二町歩

但シ本表中ニハ計畫當時ノ概略的の設計ヨリ騰寫シタルモノアリ或ハ最近現狀ニ臨ミ外部ノミ實測ヲ遂ゲタルモノアリ仍テ多少實際ト異ナルモノ又ハ内部構造ノ不明ナルモノアリ尙期日ニ間ニ合ハズシテ本表ニ洩レタル高堰堤或ハ溜池堤ニシテ疑問アリシヲ以テ掲載ヲ見合セタルモノ不慚更ニ他日ヲ期シ増補スル時アル可シ

表中説明ノ足ラザル所ヲ補ハンニ

(1) 大野調制池ノ土堰堤(第四圖参照)ハ本邦ニ於ケル最高級ニ屬スルモノニシテ該築造ニ關シテハ周密ナル調査ヲ遂ゲタルモノナリ其ノ結果ニ就テハ土木學會誌第一卷第三號ニ久保田茂氏ノ報告アリ心壁ニハ砂利七、砂三・五、粘土三・五ヲ以テ一〇ノ粘土混凝土ヲ作ル如キ配合ヲ以テシ

ろーらー四噸乃至十噸ヲ以テ五寸ノ層ニ搗固メ

タリ貯水量(有效水深十尺)二千六百十萬立方尺堰堤長百七十間盛土量七萬九千坪粘土混凝土六千七百坪尙心壁ノ上流面及底部ニハせめんと混凝土ヲ使用セリ其ノ量千四百坪ナリ下流面ハ三十尺毎ニ幅九尺ノ犬走リヲ付ス

(2) 門司水道貯水池土堰堤 (第五圖參照)

貯水量二千六百萬立方尺堰堤長六十八間盛土量一萬八千坪粘土量一千四百坪

(3) 糠塚池土堰堤 (第六圖參照)

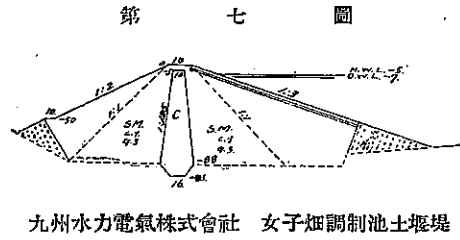
基礎ハ良質ノ岩盤ナリ大正四年完成堰堤長五十六間強

(4) 女子畑貯水池土堰堤 (第七圖參照)

九州水力電氣株式會社ハ玖珠川大山川ノ水ヲ集メテ女子畑ノ貯水池ニ導キ發電セリ該貯水池ハ三箇ノ堰堤ヲ有ス其ノ中第一第二ハ五十尺以上ノ高サヲ有ス其ノ構造ハ中央ニ粘土心壁ヲ用ヒ其ノ兩側ハ一割勾配ノ範圍ニ粘土七割砂利三割ノ混和材ヲ置キ特ニ第一堰堤ノ兩法先ハ岩屑ヲ使用セリ同池ノ有效水深五尺ニシテ其ノ量六百七十萬立方尺ナリ

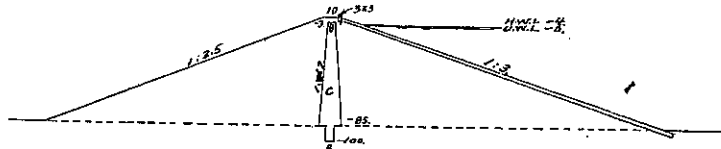
(5) 小倉市水道貯水池土堰堤 (第八圖參照)

貯水量一千四百八十萬立方尺弱堰堤長六十二間盛土量一千九百坪粘土千八百坪堰堤ハ上流層ニ高三尺幅三尺ノ波除ヲ有ス



第七圖

九州水力電氣株式會社 女子畑調制池土堰堤



第八圖

小倉市水道 貯水池土堰堤

(6) 入鹿池土堰堤 (愛知縣) (第九圖參照)

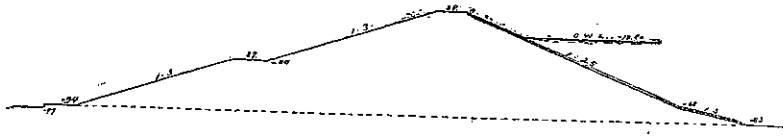
寛永五年中地方人江崎某外五名本堤ノ利益ヲ認メ此ノ旨尾張藩ニ建言スルトコロアリ藩主親シク實地ニ臨ミテ計畫ヲ企テ入鹿村(高五百石)ヲ廢シテ溜池ヲ築造シ後此ノ慶ニ仍ルモノ三十二個村以後百四十年ヲ經テ享和年中再ビ舊形ニ準ジ

堰堤長四十六間大正八年一月完成地盤ハ良質ノ岩盤ニシテ其ノ上ニ心壁ヲ築設セリ心壁ノ下部二十尺余ハ混凝土ヲ用フ

(7) 和歌山水力貯水池土堰堤 (第十圖参照)

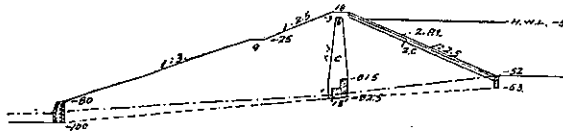
ル、箆杭ヲ用フ
構造ハ附近ニ於ケル山土ヲ使用シ又心壁ヲ有スルモ其形狀明カナラズ全體ノ斷
面圖ハ第九圖ニ明カナリ明治初年築造ノ際上流法尻ニ沈床ヲ用ヒタルモ腐朽ヲ
來シタルニヨリ大正四年之ヲ取除キ粘土ヲ築立テタリ上流法ハ此ノ地方ニ行ハ

第九圖



入鹿池土堰堤

第十圖



和歌山水力電氣株式会社 日高川、尾曾各調制池土堰堤

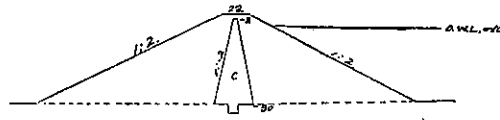
改築セリ其ノ工費一萬一千三百六十一兩餘ナリ
池ノ面積約五十一萬坪ニシテ周圍三里ニ達スト云フ

明治元年四月中旬ヨリ霖雨引續キ五月上旬ニ至リテ雨益々甚ダシク同月十四日ニ至リ遂ニ堰堤缺潰シ其ノ害ヲ蒙リシモ
ノ四郡百三十三個村流失家屋八百七戸浸水家屋一萬一千七百戸死者九百四十一
人負傷者千四百七十一人流沒耕地八千四百八十町歩其ノ被害ノ大ナルコト他ニ
類例ナク世界ヲ震動セシメシト云フ。だむノ破壊ニ彷彿タルモノアリ其ノ
破壊ノ原因ニ就テハ尙明カナラズ恐ラク溢流路ノ狹隘ナリシニヨリ池水ノ上昇
ヲ來シ降雨ニヨリ堤土ノ安定ヲ失ヘルニ乗ジ法ヨリ摺落ヲ來シタルニアラザル
カ

明治十二年西方山手ヲ切取リ幅六間ノ放水路ヲ築設セリ

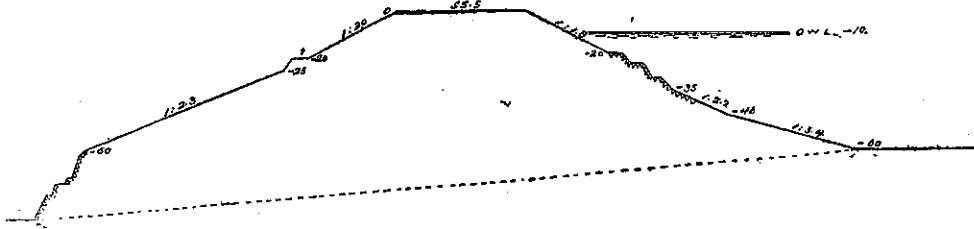
明治廿四年ハ有名ナル濃尾ノ大地震ナリ時恰モ樋管修理ノ爲メ池水排除ノ後ナ
リシカバ僅カニ堰堤ニ龜裂ヲ生ゼシニ止マリ明治元年ノ慘害ヲ繰返スニハ至ラ
ザリキ

第 十 一 圖



三豐郡用水組合(香川縣) 逆瀬貯水池土堰堤

第 十 二 圖



滿 濃 池 土 堰 堤

尙上流法尻ニモ止水混凝土溝ヲ付ス

(8)逆瀬池土堰堤(第十一圖參照)

大正二年完成堤長五十二間

(9)宮崎縣營用水薩摩原土堰堤

貯水量三千七百萬立方尺大正五年九月完成

(10)滿濃池上堰堤(第十二圖參照)

同池ハ當初刑部小丞真人濱斷築造ノ任ニ當リシモ業大ニシテ人少ナク容易ニ成功セザルニヨリ郡司等相談ヲ遂ゲ弘法大師ノ本工事ニ別當タランコトヲ求メ弘仁十二年五月大師其任ニ着クヤ人衆雲ノ如ク集マリ短時日ヲ以テ土功成リ今ニ至ル迄農民此ノ慶ニ仍ルト傳フ(高野山史)貯水池ハ神野谷野等七個村ニ跨リ其容量二億三千七百萬立方尺堤長僅カニ五間五分ニ過ギズ天下斯ノ如キ好適地亦何レニアランヤ池ノ流域面積〇・八八平方里ニシテ兩側ニ余水路ヲ有シ其ノ幅何レモ四間ナリ堰堤ノ橫斷圖ハ第十二圖ノ如シ

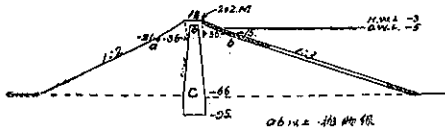
(11)小樽市水道土堰堤(第十三圖參照)

貯水量一千八百萬立方尺堤長百二十六間盛土量一萬八千五百坪粘土二千八百坪心壁ノ下部二十尺餘ハ石工ヲ用フ又上流法肩ニハ印度ニ見ラル、如キ沈通壁ヲ有セリ

(12)姫路水力電氣貯水池土堰堤(南小田)(第十四圖參照)

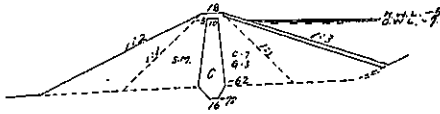
中央ニ粘土心壁ヲ設ケタル外六十尺ノ間隔ニ高サ十四尺幅八尺ノ止水壁四

第 十 五 圖



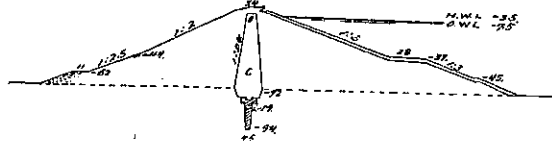
長野市水道 戸隠貯水池土堰堤

第 十 六 圖



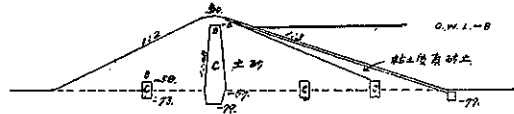
九州水力株式会社 女子畑調制池土堰堤

第 十 三 圖



小樽市水道 貯水池土堰堤

第 十 四 圖



姫路水電株式会社 南小田貯水池土堰堤

個ヲ置ケリ

(13) 戸隠貯水池土堰堤 (第十五圖参照)

貯水量一千萬立方尺堤長二百間盛土量二萬二千坪粘土七千坪上流法ハ頂上ヨリ十五尺迄下流法二十一尺迄ハ何レモ拋物線形ニ築造セラル本堰堤ハ大正三年殆ンド完成シタリシモ大正七年満水ノ際多少漏水ヲ生ジ一時堤防危險ニ頻シタル故ニ修理ヲ遂ゲタルコトアリ實測セル結果現下ニ於ケル飽水面勾配約五割五分アリ又築造後今日ニ至ル中央ニ於テ最大一尺ノ沈下アルヲ知レリ

(14) 逆川調制池土堰堤 (第十七圖参照)

堤長七十九間我國ニ於ケル石工心壁ヲ有スル一例ナリ

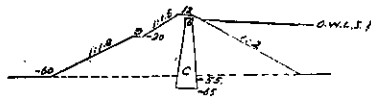
(15) 下關市水道貯水池堰堤 (第十八圖参照)

貯水量三千八百萬立方尺堤長四十七間粘土量七千坪地盤ハ堅牢ナル岩盤ナリ其ノ他ハ特ニ説明スルノ要ナカルベシ

大阪府河内郡ニ狹山池アリ豊大開時代ノ築設ナリト雖モ歴史明カナラズ垂仁天皇ノトセラレシ狹山ノ池ニアラザルナキカ其ノ形ハ天端幅十九尺高サ四五尺上流法一割五分乃至二割五分下流法二割五分乃至四割五分高水位ハ天端以下六尺五寸ニアリ因ニ水面積ハ三十九町歩ナリト云フ

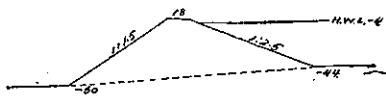
茲ニ特ニ記セザル可カラザルハ漉池ノ築設ナリトス「其土地惣體厚キ砂地ニテ高燥乾涸ノ瘠地アラン池ヲ穿チテモ水湧キ出デズ井ヲ掘リテモ水脈低クシテ水湧キ出デズ斯ル地捨置カバ幾百年ヲ經ルトモ荒蕪不毛ノ瘠草野原ナリ

第十九圖



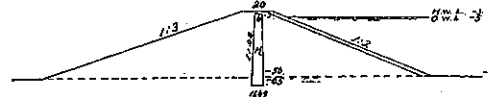
木津用水組合 木津貯水池土堰堤

第二十圖



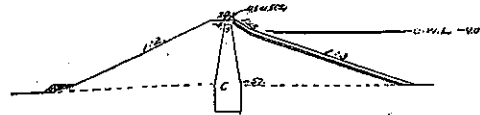
新池用水組合 新池貯水池土堰堤

第十七圖



鬼怒川水力株式會社 逆川調制池土堰堤

第十八圖



下ノ關市水道 貯水池土堰堤

ル野原ヲ良地ニ作スニハ其地ヨリ少シ高キ地ニ到リ山アラバ左右ノ山間ヲ深ク堀リ其ノ竅ヘ石礫ヲ詰メ其ノ隙ヘ砂ヲ詰メルヲ要スサテ其ノ地場作りタナラバ其ノ三方ニ粘土ヲ持込ミ擊固メタル堰堤ヲ高ク築立ツ可シ此ノ石礫ヲ池底ニ埋メタル池ヲ漚池ト云フ(水理眞密——市川義方)

而シテ池底ヨリ漏出シタル水ハ地下水トナリテ下流ノ田畑ニ浸潤スベシレ極メテ興味アル問題ナリト云フ可ク我國ニモ幾多存在セルナル可シ參考迄ニ記スルニ止ム

曩ニ記述セシガ如ク土堰堤ノ歴史クノ如ク古ク利用斯クノ如ク廣キニ不拘各其ノ計畫ニ當リテハ充分ナル調査ヲ遂ゲズシテ慢然タル常識ト經驗トニ倚籍シテ敢テ願ミザル如キアラバ遺憾ノ至リト言ハザル可カラズ凡ソ築造物ノ安否ヲ檢スルニハ十年二十年ノ經驗ハ決シテ頼ムニ足ラズ特ニ下流住民ノ生命ヲ不安ナラシムル如キ位置ニアル堰堤ニ就テハ周密ナル研究ヲ遂ゲ然ル上ニ萬端ノ計畫ヲ立テ且ツ嚴密ナル監督ノ下ニ施工セラレザル可カラズ願ミテ我國ノ堰堤ヲ考フルニ上古ハ暫ク問ハズ最近築造ニ係ル數多ノモノニ於テモ用土ノ撰擇ニハ如何ノ考慮ヲ拂ヒタルヤ更ニ堰堤ノ大サヲ決定スルニハ如何ナル苦心ヲ重ネタルヤ用土ノ重量隙等ヲ量リタルモノハ尙アル可シ息角ヲ量リタルアリヤ否ヤ進ンデ粘着力ト摩擦抵抗力ヲ量リタルモノハ如何更ニ透水ノ水頭減小率ヲ實驗シタルモノアリヤ尙進ンデ用土ノ化學的若シクハ物理的分解ヲ敢テシタルモノ幾何アリヤ蓋シ思半バニ過グト云フベシ論者或ハ言ハン某所ノ堰堤極メテ安固タリ我等ノ計畫セルモノ、

形狀尙此レヨリモ大ナリ何ゾ斯クノ如キ調査ヲ遂ゲテ初メテ其ノ安全ナルヲ知ランヤト此レ誤レルノ甚ダシキモノナリ
 内容ヲ度外シテ何ソゾ形狀ヲ比較シ得ンヤ凡ソ工事ノ何タルヲ問ハズ施工方法ノ適否ガ該工事ノ生命タル可キハ論ヲ俟
 ズト雖モ調査ノ精粗計畫ノ適否亦大ナル關係ヲ有ス可キハ勿論ナルヲ以テ主要ナル土堰堤ノ企畫ニ臨ミ地盤ノ試験試堀
 或ハ隘流路ノ施設等ニ就テハ暫ク措キ堤體其ノ物ニ就キテハ先ヅ用土ノ重量、空隙率或ハ息角ノ大サ化學的分析、物理
 的分解等ニヨリ常ニ場所場合ニ應ジテ測定ヲ遂ゲ或ハ進ンデ粘着力摩擦係數ヲ知り更ニ用土ヲ堆積シテ水ヲ堰キ浸透水
 ノ精密ナル損失水頭ヲ驗スル等以テ其ノ形狀ヲ定ム可キ研究ニ資スベキナリ

又現在成功シツ、アル堰堤ニ就テモ同ジク使用土ノ標本ニ就キ重量空隙其ノ他ノ性質ヲ見出スト共ニ一方現場ニ臨ミテ
 堰堤ヲ試験シ飽水面ノ狀況ヲ窺知スルコトヲ得バ土堰堤築造上著大ノ便宜ヲ得ベキハ勿論學理研究上其ノ利スル所何程
 ズヤ

元來堰堤完成後數月ノ後其ノ飽水面ヲ測定スルガ如キハ施工者ノ當然ナスベキ事ナルニ不拘未ダ其ノ發表少ナキハ遺憾
 ナリト言ハザル可カラズ

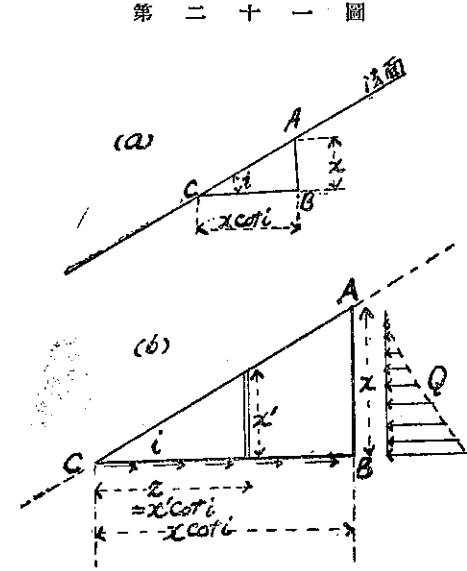
出來得ベクンバ或ル機會ニ於テ我國古來ノ土堤ニ就キ前記各項ノ調査ヲ遂ゲ之ヲ以テ堰堤ノ安否ヲ察スルト共ニ現下或
 ハ灌溉用ニ或ハ給水用ニ企テラル、土堰堤ノ計畫上ニ一大便宜ヲ得ルニ至ランコト近來米國ニ於ケル堰堤工事ガ多額ノ
 費用ヲ調査ニ費シ學理ノ研究ニ一大進歩ヲ加ヘツ、アル現狀ニ鑑ミ切望ニ不堪モノアリ

次ニ堰堤ニ關スル所信ヲ述ベンニ先ヅ其ノ材質ニ就テハ會ツテ印度ニ於ケルあすち・えーらそく堰堤ガ用土ニ不純ナル
 らいむ及あるかりヲ含有スルコトニヨリテ摺動ヲ生ジタコト其他此等ノ失敗ノ實例稀ナラズ隨ツテ斯ル材料ハ化學分解
 ノ結果ニ徴シテ速カニ排斥セザル可カラザルハ勿論ナリト雖モ其ノ他ニ於テ粘土分ノ多少ノ如キハ蓋シ論ズルノ必要ナ
 シト信ズルモノナリ即チ印度ニ於ケルかれー貯水池 (Kalegh reservoir, 1882) ハ純砂ヲ以テ築造セラル、ニ不拘充分ニ
 成功セルニ鑑ミ粘土ハ止水上ノ效力アルハ勿論ナレドモ粘土ナキノ故ヲ以テ築堤不可能ナリト斷ズベカラズ又粘土多キ

モノハ飽水セバ不安定ナルハ勿論ナルヲ以テ形狀ヲ大ナラシメ法ヲ緩ナラシメザル可カラズ要之前記ノ如ク材質ト形狀トハ分離シテ考フル能ハズ常ニ實驗室ノ結果ト相俟ツテ現場ニ運搬スベキ勞力ト用土ノ必要ナル容積トヲ計算シ幾多ノ比較研究ノ上ニ決定セラレザル可カラザル問題ト思考ス

用土ノ性質ト其ノ形狀トノ關係ハ學理ノ究明未ダ其ノ域ニ達セザルヲ以テ先ヅ以テ同性質ノ材料ヲ用ヒタル最寄ノ現存セル堰堤ニ付研究セルトコロヲ標準トシテ定ムルノ外ナカル可シ

堰堤ノ法勾配ハ曩キニ述ベシガ如ク用土ノ息角以上ニ緩勾配タラシムレバ安全ナルガ如シト雖モ實際堰堤ノ崩壊セル狀況ニ徴スレバ單ニ息角ノミヲ以テ決定シテ安心スベキニアラズ況ンヤ用土ハ相當ノ粘着力ヲ有スルガ故ニ息角ヲ測定スルニ困難ヲ感ズルコトアルニ於テオヤ



元來堰堤ノ崩壊スルニ際シ法ノ安定ヲ保チ得ザルハ歸スルトコロ内部應力ノ作用ニシテ上部ノ壓力ニ對シ著シキ橫壓力ヲ生ジテ法ヲ摺動セシムルモノト考ヘ今法ト内部橫壓力ノ大サトヲ比較セントス

今第二十一圖ニ於テO Aヲ以テ法面ノ一部トシ之ヲ斜邊トシ上圖A Bノ如キ直角三角形ヲ考ヘA B面ノ高サヲ z トセバ此ノ部分ニ於テハ背部ヨリノ土壓 Q ヲ受クベシ而シテ之ニ抵抗セン爲メ他ノ一邊C Bニハ粘着力ト摩擦力ノ生ズルハ言フ迄モナシC B面ニ於ケル全抵抗力ヲ F ヲ以テ表ハセバ F ハ Coulomb's lawニヨリテ

$$F = \int (Pf + Q) dz$$

$$P = wvz = \frac{wv}{\sin i} z = wz \tan i$$

第二十一圖

$f =$ 摩擦係數 $= \tan \phi$

$c =$ 粘着力

$$F = \int_0^{x \cot i} (w \tan i z \tan \phi + c) dz = w \tan i \tan \phi \frac{z^2}{2} + cz = \frac{wx^2}{2} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan i} + cz \dots \dots \dots (1)$$

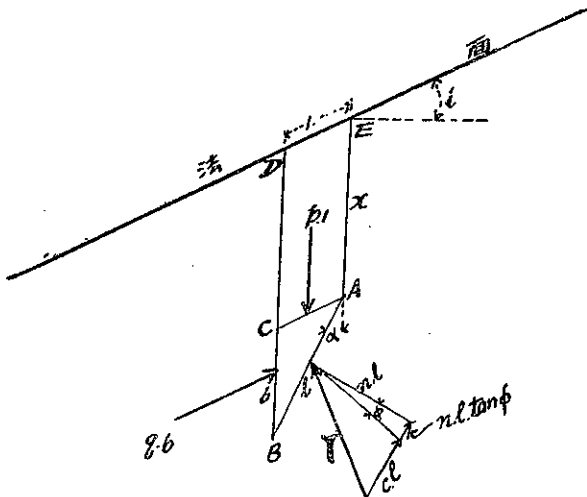
$$Q = 0 \quad \dots \quad F = \frac{wx^2}{2} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan i}$$

前第二十一圖ニ於ケル Q ノ値ハ $0 = 0$ ナリトセバ

Rankine ノ式ヲ用ヒ

$$Q = \frac{wx^2}{2} \cdot \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}} \dots \dots \dots (2)$$

第二十二圖



BC ハ垂直ニシテ長サハ l ヲ以テ表ハスモノトシ且ツ

$p = \overline{AO}$ 上單位面積ニ加ル垂直壓力

$q =$ 法面ニ平行ニ BC 上ニ加ル單位壓力

$r = \overline{AB}$ 上單位面積ニ加ル壓力

ヨリ見出スコトヲ得ベシ然レドモ内部應力ヲ研究スルニ粘着力ヲ度外視スルハ特ニ土堰堤ニ於テ實際ニ遠ザカルノ批難ヲ免ル能ハズ今 William Cain ノ施コセル方法ヲ應用シ次ノ如キ解析ヲ試ミントス

第二十二圖ニ於テ ABC ハ法面ヨリ或ル深サ x ノ位置ニアリテ紙面ニ直角ノ方向ニ單位長サヲ有スル三角形ニシテ其ノ AO 邊ハ法面ニ平行ニ且ツ單位長サヲ有シ AB 邊ハ垂直線ト α ナル角度ヲ有シ其ノ長サヲ l トス又

$n = AB$ 面ニ直角ナル方向ノ n ノ分力

$c =$ 單位面積ノ有スル粘着力

$\phi =$ 摩擦抵抗力ノチヌ角度

$w =$ 土單位容積ノ重量

トシムルノ長サハ壓力 q 及ビ土質ノ様ニ加ルモノト考フルモ差支ナキ微小ナル長サトス又 q ハ Rankine ノ説ノ如ク法面ニ平行ニ働クモノト假定ス然ルトキ pp' ノ三力ハ互ニ平衡スベキ故ニ二ノ條件ヲ満足セザル可カラズ

$$\left. \begin{aligned} p \sin \alpha + qb \cos (\alpha + \beta) &= nl \\ p \cos \alpha - qb \sin (\alpha + \beta) &= nl \tan \phi + cl \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (A)$$

又三角定理ヨリ

$$l = \frac{\sin (\beta + 90^\circ)}{\sin \alpha} = \frac{\cos \beta}{\sin \alpha}$$

$$b = \frac{\sin [90^\circ - (\alpha + \beta)]}{\sin \alpha} = \frac{\cos (\alpha + \beta)}{\sin \alpha}$$

因テ(A)式ハ

$$p \sin^2 \alpha + q \cos (\alpha + \beta)^2 = n \cos \beta$$

$$p \cos \alpha \sin \alpha - q \cos (\alpha + \beta) \sin (\alpha + \beta) = n \cos \beta \tan \phi + c \cos \beta \dots \dots \dots (B)$$

上式ヲ下式ニ代入シ

$$p \sin \alpha [\cos \alpha \cos \phi - \sin \phi \sin \alpha] - q \cos (\alpha + \beta) [\sin (\alpha + \beta) \cos \phi + \cos (\alpha + \beta) \sin \phi] = c \cos \beta \cos p$$

$$\text{即チ} \quad p \sin \alpha \cos (\alpha + \phi) - q \cos (\alpha + \beta) \sin (\alpha + \beta + \phi) = c \cos \phi \cos \beta \dots \dots \dots (C)$$

q ヲ最大ナラシムル α ヲ見出ス爲メニ $\frac{dq}{d\alpha} = 0$ トセバ上式ハ

$$p [\cos \alpha \cos (\alpha + \phi) - \sin \alpha \sin (\alpha + \phi)] - q [\cos (\alpha + i) \cos (\alpha + i + \phi) - \sin (\alpha + i) \sin (\alpha + i + \phi)] = 0$$

即チ $p \cos (2\alpha + \phi) - q (2\alpha + 2i + \phi) = 0$

故ニ $q = p \frac{\cos (2\alpha + \phi)}{\cos (2\alpha + 2i + \phi)} = wp \frac{\cos i \cos (2\alpha + \phi)}{\cos (2\alpha + 2i + \phi)} \dots \dots \dots (D)$

又之ヲ(C)式ニ代入シ

$$p \sin \alpha \cos (\alpha + \phi) - p \frac{\cos (2\alpha + \phi)}{\cos (2\alpha + 2i + \phi)} \cos (\alpha + \phi) \sin (\alpha + i + \phi) = c \cos \phi \cos i$$

又 $p = 2wz \cos i$ ナルニヨリ上式ヨリ w ヲ求ムレバ

$$w = \frac{c}{z} \frac{\sin \alpha \cos (\alpha + \phi) \cos (2\alpha + 2i + \phi) - \cos (2\alpha + \phi) \cos (\alpha + \phi) \sin (\alpha + i + \phi)}{\cos \phi \cos (2\alpha + 2i + \phi)} \dots \dots (E)$$

即チ(E)式ニ於テ c w i ϕ ノ四項分明ナレバ α ト i トノ關係ヲ知り得ベク之ヲ(D)式ニ代入シテ w ニ對スル q ノ大サヲ知リ更ニ $\cos i$ ヲ乘ジテ水平壓力(Q)ヲ見出スヲ得此計算ハ一見面到ナル如キモ決シテ然ラズ今

$i = \phi$ トシ 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ノ四ツノ場合ニ付キ各 w ト Q トノ關係ヲ圖示セバ第二十三圖ニ見ルガ如シ但シ

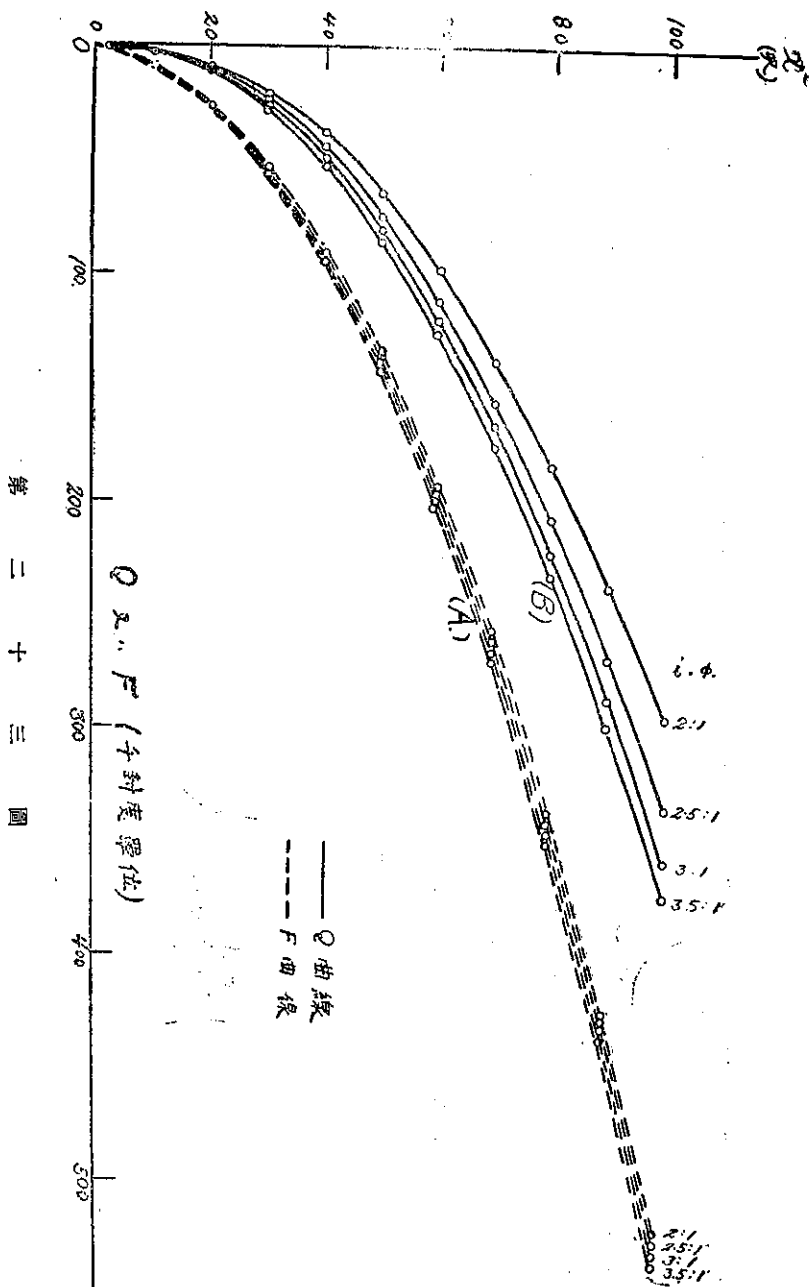
$$c = 100\# \quad w = 100\# \quad \text{トス}$$

又他方 F ノ値ヲ同圖表ニ表シ安定度ヲ檢セントス即チ同圖ニ於テ A ノ部類ニ屬スル曲線ハ F ノ値ヲ表ハス B ノ部類ニ屬スルモノハ Q ノ値ヲ表ハス隨ツテ $\phi = 0$ 尺ニ於テ勾配 2 割トセバ $F = 89,000\#$ ニシテ $Q = 38,000\#$ 即チ 2.35 ノ安全率ヲ有ス又 $\phi = 80$ ニ於テハ

$$F = 336,000\# \quad \text{ニシテ} \quad Q = 182,000\# \quad \text{即チ} \quad 1.84 \quad \text{ノ安全率ヲ有ス斯クノ如ク何レモ高サヲ増スニ從ヒ其ノ安全率ヲ減少ス之$$

レ高キ堰堤ニ於テ下部ハ緩勾配ナラシメザル可カラザル理由ナリ

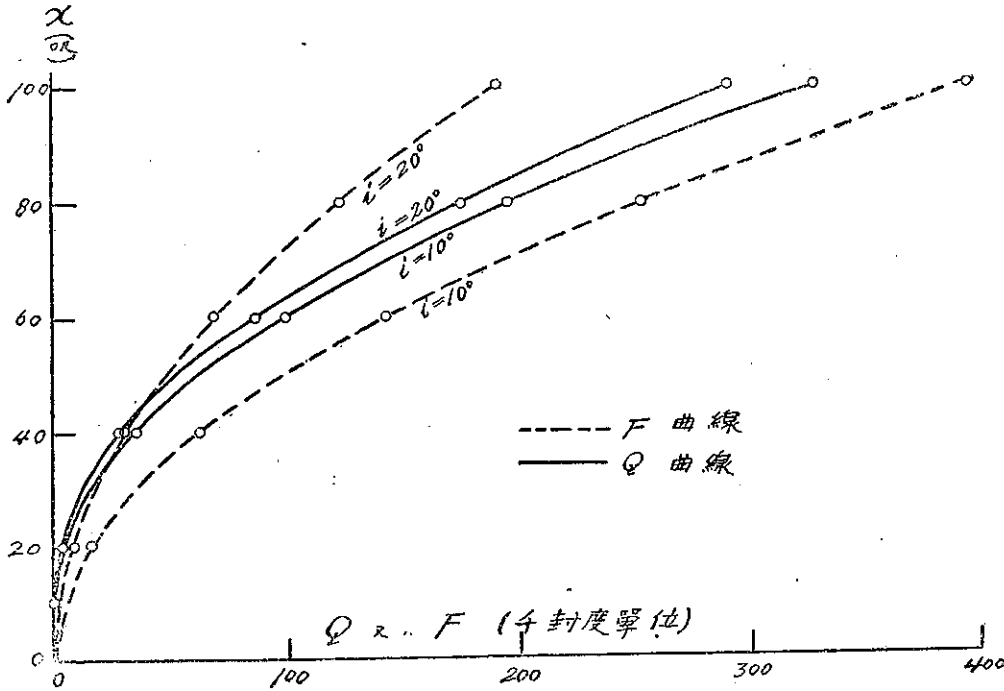
今ハ計算ノ便宜上極メテ簡單ナル例ヲ取りタレドモ實際ニ於テ $\phi = 0$ ナル假定ハ成立セズ又飽水スル時ハ w ノ大サニヨ



第 二 十 三 圖

リφモ變化スベキノミナラズ水壓ヲモ考慮スルノ必要アルベシ此ノφ及βノ値ハ言フ迄モナク實驗ノ結果ニ待タザル
 ベカラズ今一例トシテ 1910 Jaquinot and Frouard ガ破壞セシ土堰堤ヨリ採集シタル堤土ハ Coulomb 氏ノ方式ニ從
 ヒ實驗ノ結果

第 二 十 四 圖



Normal pressure	Coefficient of friction	Coefficient of cohesion
P	$f = \tan \phi$	C
lbs/sq. ft.	$\phi = 8^\circ$	lbs/sq. ft.
692	$f = 0.14$	395
2,980	"	420
5,665	"	403
7,154	"	448
Mean	$\phi = 8^\circ$ $f = 0.14$	420

今之ヲ簡單ニ

$$R = p \tan 8^\circ + 420$$

ナル式ヲ以テ表ハシ得タルモノト假定シ即チ $\phi = 8^\circ$, $C = 420$ lbs, $c = 100$ lbs トシ適當ナル i ヲ見出サンガ爲メ先ツ種々ナル價ヲ入レテ前記ノ方法ニヨリ F ヲ求メ一方 Q ヲ求ムレバ第二十四圖ノ如シ即チ點線ハ $i = 10^\circ$ 及 20° $\phi = 8^\circ$, $C = 420$ # トシテ見出シタル F ノ値ヲ表ハセルモノナリ又實線モ同シ條件ノ下ニ見出サレタル Q ノ價ナリ即チ $i = 20^\circ$ トセバ高約 6 尺迄ハ安全率ハナケレ共保チ得ベシ其以上ノ高サニ於テハ不安全ナリ $i = 10^\circ$ トセバ $C = 100$ # ニ於テ 20° ノ安全率ヲ有スレ共百尺ニ於テハ 1.20 ニ過ギズ因ニ $i = 10^\circ$ ハ五割七分ニシテ $i = 20^\circ$ ハ 2.75 割ナリ

以上ハ土壓計算法ヲ應用シタルニ過ギズ果シテ實際的幾何カノ價値アルヤハ疑ナキ能ハズト雖モ參考トシテ掲ゲントス
 次ニ或ル假定ノ下ニ堰堤ノ摺動安定度ヲ比較スル方法ヲ述ベントス
 土堤ガ一ノ塊トシテ水壓ノ爲メ摺動セントスルニ對シ其ノ安全度ヲ見出サントス

左圖ノ如キ土堰堤ニ於テA點ヲ滿水位トシ今任意ノ高サニアルb e aナル水平層ニ於ケル摺動安全率ヲ求メントス但シ

次ノ如キ條件ヲ付ス

- (一) 飽水面ハ上圖ノ如ク下流法尻ト上流水位トヲ結ベル線トス
- (二) 水壓ノ垂直分力ヲ無視スルコトABC三角形ガ水密ナルトキハ水壓力ハEOニ垂直ナル可キモ透水的ナル場合ニハ如何ニ働クヤ不明ナルニヨリ之ヲ無視スルコトノセリ
- (三) 飽水シタル部分即チABC三角形ノ部分ノ堤土ノ重量ハ次式ニヨリテ算出ス

$$w_1 = w - (1-p) \times w_0$$

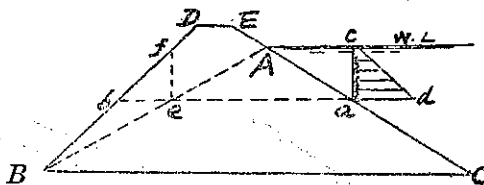
但 w_1 = 飽水土一立方尺ノ重量

w = 飽水セザル 土

p = 堤土ノ空隙率

w_0 = 水一立方尺ノ重量

第 二 十 五 圖



此ノ方法ハ一般ニ認メラレ居レドモ著者ハ甚ダシキ疑アリ即チ土砂ノ空隙ヲ通リタル水ガ通ラザル水ト同ジカヲ有スル
 ヤ否ヤニ存スミ一モ (Mean) ノ實驗 (Transaction of Am. So. of C. E. v. 60, p. 365) ハ極メテ小規模ニシテ其ノ結果ハ
 直チニ信頼シ得ズト雖モ此ノ説ニヨレバ或ル與ヘラレタル面積ニ對シ四十ば一せんとノ空隙アル砂ヲ通ジテ働ケル水壓
 カノ大サハ其ノ靜水壓ノ四十ば一せんとニ相當セリト云フ果シテ然リトセバ前記ノ式ハ次ノ如ク書カレザル可カラズ

$$w_1 = w - (1-p) \times w_0 \times p$$

之ハ興味アル問題ナレドモ他ニ尙此ノ説ヲ立證シタルモノナシ仍テ著者ハ疑ヲ存シツ、前者ヲ其儘踏襲シテ進マントス
 (四) 堰土ノ重量ハ二〇立方尺ヲ以テ一噸ト考フ即チ一立方尺百十二封度ナリ

備考 あし、うかん貯水池ノ堰堤ニ於テ四吋層ニ搗固タル部分ヨリ採集シタル十二個ノ見本ニ就キ重量ヲ測リタリ其ノ平均ハ一三六封度九ニシテ六吋層ニ搗固メラレタル八個ノ平均ハ一三八封度四ナリ而シテ大部分ハ粘土壤ニシテ小部分ハ砂質又がんばーヲ含メリ又ば、せる氏土堰堤ニ仍レバ堰堤ノ試験孔ヨリ取りタル搗固メザルモノハ八〇封度土取場ニ於ケルモノハ一一六封度五又堰堤上ヨリ取りシ搗固メタルモノハ一三三封度ナリト又大野調製池ニ於ケル盛土ノ平均重量ハ九〇封度ナリキ

- (五) 飽水シタル土砂ノ摩擦係數ハ飽水セザル場合ノ八〇ばーせんとトス
- (六) 粘着力ヲ無視ス

摺動安全率(第二十四圖参照)

$$S = \frac{bcf \times w \times f + \{c + DEA \times w + aeA \times w\} \times 0.80f}{\text{水壓 } cad}$$

此ノ式ニヨリSノ値ヲ求ムルニ次ノ如シ

高さ	入鹿池	満濃池
〇尺	七・五	六・二
一〇	八・一	七・三
二〇	九・五	九・七
三〇	一二・二	一四・九
四〇	一九・六	三六・七
五〇	五六・〇	無限大(水位)
六〇	無限大(水位)	”

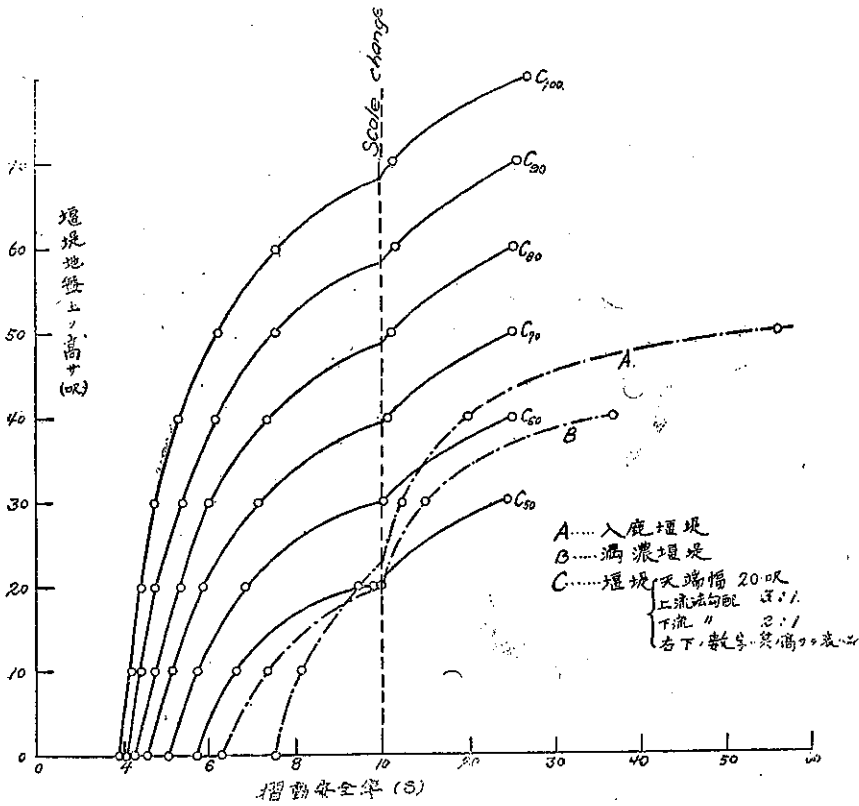
七〇
八〇

無限大(水位)

無限大(水位)

四〇

第二十六圖



面ノ高サ及ビ用土ノ重量其ノ他ヲ調査シ之ニヨリSノ價ヲ定メ堰堤設計ノ際ニハ先ヅ其ノ用ヒントスル土質ニ就キ透水

尙此ノ外最モ普通ニ築造セラル、形即チ

天端幅 二十尺

水位天端以下 十尺

上流法勾配 三割

下流法勾配 二割

ニシ其高五十尺、六十尺、七十尺、八十尺、九十尺、百尺ノ六種ニ就キSノ値ヲ求メ壘ノ入鹿満濃ノ兩池ト共ニ比較シ第二十六圖ニ示ス之ニテ觀取シ得ラル、如ク我國ノ古ク作ラレタル土堰堤ガ如何ニ多クノ安定度ヲ有シ目下作ラレツ、アル普通形狀ノモノニシテ而モ高サノ大ナルモノガ如何ニ安全率ノ少ナキカハ明白ナルヲ得可シ

右ノ如キ推定ニ於テ飽水面形ハ著シクSノ價ヲ變化セシムルモノナリ今ハ單ニ上流満水位下流法尻トヲ結ビタル線ヲ以テ飽水面ナリト假定シタレドモ若シ現存セル多クノ堰堤ニ就キ試験ニヨリ飽水

ニ對スル水頭減少率重量其ノ他ヲ研究シSノ價ヲ現存セル安全ナルモノヨリ得タル價ト對照シ相當ノ形狀ニ定メンニハ大ナル間違ヲ見ルコトナカル可シ之試鑿及其ノ他土性ヲ研究スルノ要アルヲ主張スル所以ナリトス

以上二様ノ場合ニ就キ考フルニ先ツ初メノ場合ニ於テハ高サ六十尺内外迄ハ約二ニ近キ安全率ヲ有スレドモ其レ以上ハ著シク減少ス又後ノ場合ノ結果ニ照スモ五十尺以上ノ「普通横斷面」ヲ有スル堰堤ハ現在セル入鹿滿濃兩池ニ比シ著シク定全率少ナシ此等元ヨリ堤土ノ性質ニ關スルハ勿論入鹿滿濃ノ二池ガ必ズシモ標準トシテ論ズルノ至當ナルヤ否ヤ疑ハシト雖モ紐育水道ノ擴張ニ於ケルにゆゝくろゝとんノ調査局ノ發表ハ土堰堤ノ安全ナル高サハ堤土ノ良好ナラザル場合六十三尺ヲ限度トスルト云ヘルコト佛國技術者中六十尺ヲ限度トスベシト力説スルモノアリ又米國技術者ニ於テモ六十尺七十尺迄ハ石工構造物ト同様堅牢ナル築造物ト考ヘ得ト云ヘルニ徴シ著者ノ試タル簡單ナル以上二様ノ推定ニ於テモ又斯ル結果ヲ得タルコトヲ付加セントス

地震ノ影響

我國ノ土堰堤ニ付特ニ關係ヲ有スルハ地震ナリトス今我國ノ各地方ニ起ル破壊的地震ノ平均年數ヲ舉グレバ次ノ如シ但シ慶長年間以降トス

越後地方	平均七十一年目
長野高田地方	同 九十年目
相模小田原地方	同 七十三年目
秋田庄内地方	同 百年目

又十七世紀以後ノ破壊的地震ノ總計回數ハ百十回ニシテ平均二年九個月間ニ一回ノ割合ナリ又北海道臺灣及琉球ヲ包含スル時ハ二年五箇月ニ一回ノ割合ナリ(大森博士)而モ土堰堤ノ構造ハ永久的ナラザルベカラザルヲ以テ地震ニ就テハ大ニ考慮ヲ拂フノ必要アルハ言ヲ待タズ

土堰堤ト地震トノ關係ニ就テ由來記錄セルモノ稀ナリ唯明治初年我政府ニ招聘セラレタル英國技術者バートン氏ハ其ノ著「都市給水」中ニ述ベテ曰ク「大ナル貯水池ガ地震ニ際シ如何ナル運命ニ逢遇スルカニ就キ一言ナカル可カラズ即チ其ノ運命ニ就テハ二様ノ觀察ヲナシ得ベシ余ハ農夫ニヨリ作ラレタル小ナル灌溉用溜池ガ震動激甚ナリシ地方ニ於テモ未ダ破壊セラレタリシコトヲ聞カズ更ニ又技術的設計ニナレル構造物ガ明治廿四年ノ大震災ノ如キ激震ニ於テ尙安全ナル如ク作ラレザル可カラザリシトセバ日本ニ於テハ一ツノ技術上ノ構造物ヲモ作り得ザリシナル可シ即チ山裂ケ崩レ落ちルガ如キ大變動ニ於テ如何ナル建築物モ全キヲ得ル理ナケレバナリ」トヨク震力ノ大ナルヲ説明セリ農夫ニヨリ作ラレタル堰堤ガ破壊セルヲ聞カズト述ベタルモ著者ノ調査セル所破壊ノ事實極メテ多シ近世ニ屬スル實例ヲ舉ゲンニ

一 寶曆元年四月二十五日越後大地震ニ於テ塔ノ崎溜池大破壊

二 享和二年十一月十五日佐渡ノ大地震ニ於テ溜井破損十一個所用水堰地割六個所

三 文政十一年十一月十二日越後ノ大地震ニ於テ用水溜池破損四十七個所

四 弘化四年三月廿四日信濃越後ノ地震ニ於テ水内郡小管村溜池堤震崩出水セリ

五 安政元年六月十五日伊勢地方ノ大地震ニ於テ藤堂領タル和州古市後ナル溜池堤震切レ大水一時ニ押出シ流死六十人怪我人數不知

六 安政元年十一月四日東海道大地震ニ於テ尾張藩ニ於ケル用水溜池破損六十六個所

田邊藩ニ於ケルモノ二十一個所

三河遠江ノ分五十二個所

七 最モ近ク明治二十四年大地震ニ於テハ震災豫防調査會報告第二號ニ於テ委細ヲ報告セリ此地方ニ於ケル溜池ノ數ハ許多ニシテ其ノ構造概ネ地盤ノ高低ニヨリ適宜ニ區畫シテ上池下池ト爲シ大抵下池ノ方水量多ク且ツ堤防巨大ナルヲ例トス其ノ堤防ハ皆ナ中心ニ粘土刃金ナルモノアリ然ルニ大地震ニ當テヤ其ノ溜池ノ堤塘ハ孰レモ害ヲ被リテ無難ナル

モノハ殆ンドナシ斯クノ如ク震害ノ溜池堤ニ普及シタル所以ヲ考フルニ其ノ河川堤防ノ如キハ多クハ震動ノ力ノミニシテ破壊スルモノナレドモ溜池堤防ニ至ツテハ震動力ノ外貯水ノ振盪同時ニ發作スルヲ以テ災害ノ結果ハ他ノ物體ノ受クル有様ヨリハ全ク二力ノ關係ニ對スルダケ酷シキヲ致シタルヤ蓋シ明カナリ故ニ溜池ハ用水期節ヲ終ルヤ直チニ樋口ヲ開キテ次ノ期節迄必ず貯水放流センコトヲ希ム

尾州ニアル入鹿池ハ大震ノ際ハ樋管修理ヲ要スル所アルガ爲メニ貯水ヲ放流セシメタル際ニアリシヲ以テ單ニ地震力ノミノ災危ニ止マリ貯水暴溢ノ憂ナカリシト雖モ若シ此ノ大池ニシテ盈水ノ時ナリセバ必ずヤニ力併作ノ爲メ名狀スベカラザル非常ノ水害ヲ尾張平野ノ震災地方ニ加ヘタルコト明治元年同地決潰ノ時ニ於ケル水害ノ慘狀ヨリモ幾層ノ慘狀ヲ呈シタルナラン

入鹿池ニ次キ大ナルモノハ愛知郡池野村猫ヶ洞(註現下名古屋市)溜池トス堤防延長二百八十間直高六間ニ達ス其ノ灌漑反別四百三十町歩ナリ其ノ大震災ニ當リテ俄然鳴動スルヤ上池堤防ノ西隅ニ於テ百三十餘間及樋管一箇所破壊シ下池ニ浸入ス元來下池堤塘ハ堅牢ナルヲ以テ一時破損スルニ至ラズト雖モ堤上凡ソ五六尺溢水ス然ルニ水勢益々加リ遂ニ東隅ニ於テ二〇間餘並ニ杵樋破壊セリ爲ニ家屋流失シ田畑荒蕪ニ歸シタルモノ多シ

又報告書第三號ニ於テ溜池堤防ノ被害亦甚ダシク特ニ其ノ蓄水シアリタル方ハ一層劇甚ナリ中ニハ數十間ノ下流ニ壓シ出サレタルモノアリキ樋管ハ多ク關東流又ハ美濃流ニシテ其ノ構造堅牢ノ方ナリシモ其ノ多數ハ破壊セラレ其ノ狀一様ナラズト雖モ多クハ地動ヨリ生ジタル壓力ニヨリ崩壊シ其ノ地盤ノ軟弱ナル個所ニ於テハ左右ヨリV形ニ崩潰セシモノアリ(岐阜三重兩縣土木震害報告)

明治三十九年桑港大地震ニ於テ同市水道貯水池さんあんどりーすハ幅三吋ノ龜裂ヲ生ジタリト云フ

又入鹿池誌ニ明治廿四年ノ震災ニ於テ項上ニ龜裂ヲ生ジ復舊シタル事實ヲ記載セリ因ニ濃尾ノ震災ニ於ケル溜池堤防復舊費ハ間數三萬五千餘圓三五二個所金額十二萬六百圓(明治二十四年愛知縣臨時土木費中)ナリ如何ニ溜池ノ破損大ナリ

シヤヲ想像スルニ足レリ

以上ハ手近ニ於テ調査シ得シ者ヲ列記セシニ止リ尙各地ノ歴史ヲ索ムルニ於テハ此種ノ災害枚擧ニ遑ナキニ至ル可シ而シテ地震ノ影響斯クノ如ク大ナルニ不均堰堤ノ構造上如何ナル考慮ヲ拂ハレタリヤ尤モ其ノ例ハ外國ニ求ムル能ハズ殆ンド我國特有トモ稱スベケレバナリ僅カニ知り得タルハじよんみるんノ説ナリ曰ク「貯水池ノ堰堤ニハ地震ニヨル水平力ノ加ハルコトヲ忘ルベカラズ故ニ若シるゝずまてりあるヲ用ヒタルモノナランニハ殆ンド搖板上ニ砂山ヲ築クニ等シク震動ニ際會セバ忽チ崩落スベシ之ニ仍リ考フルニ堤土ハ寧ロ米國式ニヨルヨリモ英國式ニヨルヲ適當トシ又地震ニヨル池水ノ波浪ガ堤頂ヲ流崩ス虞アルガ故ニ地震地方ノ堰堤ニハ天端ニ沿ヒ小壁ヲ設ケ且ツ天端ハ上流法ト引續キ同様に張石スルノ有效ナルヲ推唱ス」ト然レドモ明治二十四年濃尾ノ震災ニ際シ木曾長良其ノ他ノ河川ニ於ケル堤防ノ破壊ハ中流部ニ於ケル土砂堤ヨリモ却ツテ下流部ニ於ケル真土堤ニ烈シカリシ事ハ假令震力ノ相異地盤ノ堅軟ニヨル所アリト雖モ必ズシモ真土堤ガ土砂堤ヨリ安固ナリト稱シ得ザル理由アリ又地震ニ於ケル土堰堤ノ龜裂ハ最モ多ク法肩附近ニ生ズル事實ニ徴シ前記小壁ガ波浪ヲ防グ目的ニ對シ充分信頼シ得ルヤ否ヤ尙此等ニ就テハ充分研究スル余地ヲ存スルモノト言ハザルベカラズ

思フニ堤土ノ如キハ前述ノ如ク充分ナル實驗ト實地採取ト便否ヲ考察シテ決定スベキモノニシテ直チニ粘土分ノ多少ニヨリ律スル能ハザルベシ

堤堰内ニ設クル石工心壁ニ關スル泰西ノ諸説ハ先ニ述ベタルガ如クニシテ其歸スル處將來ノ實驗ニ俟タザル可カラザルハ勿論ナリト雖モ石工心壁ガ堅固ナル地盤ノ上ニ於テ相當ノ厚サニ築造セラル、ニ於テハ漏水ヲ防止スル上ニ於テ或ハ動物ノ浸害ヲ防グ上ニ於テ其他利益トスル所少ナカラザルハ言ヲ俟タズト雖モ一度地震ニ逢遇シタル場合ヲ考及セバ其ノ結果果シテ如何ナル可キ一般ニ盛土ト混凝土又ハ石材トノ比重ハ不勘差違ヲ有スルガ故ニ同一地震ニ於テモ之ニ加ハル震力ニ變化アルハ勿論ニシテ結局心壁ト盛土トノ離反ヲ生シ或ハ心壁ノ破壊ヲ見或ハ堤腹ノ崩落ヲ來スニ至ル曾ツテ

災害ヲ受ケタル築堤ノ龜裂ガ多ク暗渠ノ上部ニ多カリシ事ハヨク之ヲ證スルモノト言ハザル可カラズ元來土堰堤ノ沈下ハ幾多測定ノ結果ニ見ルモ往々五ば一せんとニ達セントスルモノアリテ既ニ堤體中ニハ恐ルベキ弱點ヲ有スルモノト考ヘラル、ニ況ンヤ彼ノ印度ノ地震ニ於ケルあつさむべんがる鐵道ノ築堤ニ見タル如キ沈下ヲ來スコトアラバ心壁ノ安全ハ至難ナリト言ハザル可カラズ殊ニ堰堤築設地盤ノ堅牢ヲ疑ハル、如キ場合ニ於テハ尙然リ

粘土心壁ヲ用フル場合ニ於テモ他ノ盛土ノ部分ト劃然區別スル如キ材質ヲ撰ム場合ニハ同ジク此ノ傾向ヲ有スルモノト言フベク震災ニ於ケル堤防破壞ノ事實ガ石張又ハ刃金粘土ノ處ニ於テ最モ激甚ナリシハ愛知ノ震災ニ於テ調査會報告書第二號ニ精シク記載セルトコロナリ而已ナラズ粘土作業ハ實地極メテ困難ニ逢遇スル場合少カラズ特ニ地盤附近ニ於テ湧水ヲ生ズル場合若シクハ他ノ浸水ヲ受クル如キ際ニハ完全ナル工事ヲ施シ得ザルハ勿論ニシテ假令良質ノ粘土ヲ用ヒ満足ニ施工シ得タル場合ニ於テスラ尙實地試鑿ノ結果ニヨレバ堤體浸透水ノ狀況心壁ノ有無ニ大ナル關係ヲ有セザルニ想到セバ遂ニ心壁ノ要不要ヲ考ヘザル可カラザルニ歸スベシ

翻ツテ考フルニ水流ノ堰堤ヲ浸透スルヤ其頭ノ減小ハ外部ヨリ堤内ニ初メテ浸入スル附近及堤内ヨリ外部ニ流出スル附近ニ於テ著シク大ナルコトハかるまんノ實驗

The action of water under dams (Trans. of So. of C. E. vol. 80)

或ハはす氏ノ實驗

Design of an earthen dam. (Trans. of So. of C. E. vol. 81)

ニヨルモ明カニシテ若シ石工心壁等ヲ以テ之ヲ遮斷スル場合ニハ假令心壁ニヨリ水頭ノ減小ヲ計ルコトヲ得ト雖モ前記堤表ニ於ケル並ニ堤體上流半分ニ於ケル水頭ノ減小ヲ沒却スルガ故ニ水ハ直チニ心壁ニ接シ水壓ニ抵抗スルモノハ恰モ心壁並ニ下流半分ノ堤體ナル如キ状態トナルベシ

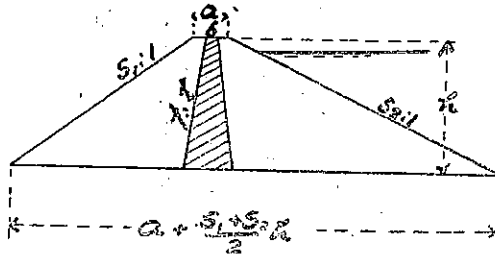
加之心壁ノ材質ハ混凝土ナルト石材ナルト將タ又粘土ナルトヲ問ハス多クノ場合良質ノモノヲ得ンコト著シク困難ニシ

テ從ツテ高價ヲ拂ハザル可カラザルベク之ガ施工ニ當リテハ殊ニ嚴重ナル監督ト熟練トヲ以テ臨ムニアラズンバ却ツテ堤内ニ失敗ヲ生ムベキ因子ヲ埋ムニ似タル結果トナルベシ

茲ニ於テ余ハ等質土堰堤ノ我國ニ最モ適合セルヲ思ハズンバアラズ即チ等質土堰堤ハ全堤一樣ノ材質ヨリ成リ而モ取付兩岸基礎共略同一自然的地質トナシ得ルガ故ニ地震ニ對シテ比重ノ差ニヨル離反ノ虞ナク且ツ充分土質ト搗固トニ注意シ且ツ通常ノ形狀ニ計畫セバ浸透水ニ對シテモ破壊ノ憂ナク又せめんと、砂利、砂或ハ粘土等ヲ求ムルノ要ナク此等運搬ノ勞力ヲモ省キ得ベキガ故ニ吾ガ農村ニ於ケル溜池築造ノ如キニハ最モ經濟的ニシテ最モ平易ニ築造シ得ラレ而モ安全ナルモノト稱スベシ

只然シナガラ全堤ヲシテ等質的ナラシメンコトハ事實極メテ困難ナルベク恐ラク不可能ナルベキガ故ニ粘土分ヲ有シ比較的耐水の土質ハ撰ビテ之ヲ上流部分ニ置キ充分ナル搗固ヲナシ漸次下流部ニ至ルニ從ヒ透水の土質ヲ撰ビ其ノ間搗固ノ層ヲ通スコトナク各部ニ於ケル土ノ比重ヲシテ急變スルコトナカラシムルニ於テハ均等質的ナルト同等ナルヲ得ベシ而シテ今心壁ヲ用フル場合ト同工費ヲ以テ各法勾配ヲ如何ニ緩ナラシメ得ルカラ考フルニ

第二十七圖



a = 堰堤天端ノ廣サ

b = 心壁ノ堤頂ヲゾアレモノト考ヘ其ノ天端ノ廣サ

s = s₁ + s₂ = 下流法勾配 + 上流法勾配

h = 心壁側面ノ勾配兩側一様ト假定ス

h = 堰堤ノ高サ

盛土單位容積ニ要スル費用ヲ1トシ心壁單位容積ニ要スル費用ヲ其ノd倍トス

今堰堤長一尺ニ付考フルニ其ノ全容積 V_a ハ

$$V_a = (a + 0.5 + sb)h \quad \dots \dots \dots (1)$$

心壁ノ容積 V_c ハ

$$V_c = (b + tb)h$$

若シ心壁ヲ廢シ盛土ニ更フルトセバ其ノ容積ハ

$$V_d = (b + tb)h \times (d - 1) = \text{粘土}$$

全容積 V ハ

$$\begin{aligned} V &= (b + tb)h \times (d - 1) + (a + 0.5sb)h \\ &= [a + b(d - 1)]h + [0.5s + t(d - 1)]h^2 \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

此ノ容積 V ニ相當スル等質堰堤ノ法勾配 s' ヲ見出サンニ(1)(2)式ヨリ

$$\begin{aligned} (a + 0.5 \times s' \times b)h &= [a + b(d - 1)]h + [0.5s + t(d - 1)]h^2 \\ s' &= \frac{1}{0.5b} [b(d - 1) + \{0.5s + t(d - 1)\}h] \\ &= 2 \left\{ \frac{b}{h} (d - 1) + t(d - 1) + 0.5s \right\} \end{aligned}$$

若シ $b=6$, $h=60$, $d=4$, $s=2+3=5$, $t=0.1$ ノ粘土心壁ノ場合ニ於テ

$$s' = 2 \times (0.3 + 0.3 + 2.5) = 6.2$$

即チ上流法三割トセバ下流法ハ三割二分トシ得又若シ

$$b=30, h=60, d=13, s=2+3=5, t=0.05 \quad \text{石工心壁トセバ}$$

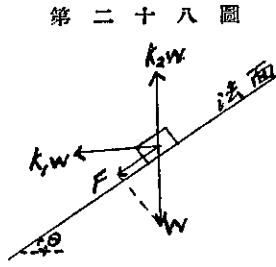
$$s' = 2 \times (0.6 + 0.6 + 2.5) = 7.4$$

即チ上流法三割トセバ下流法ハ四割四分ノ緩勾配トナスコトヲ得
 即チ等質的ニ築造スル場合ニハ心壁ヲ設クル場合ニ比シ著シク緩勾配ニ築造シ得、水壓ニヨル摺動ノ安定ヨリ論ズルモ

利益スルトコロ多カル可シ

今震力ノ加ハリタル際ニ於ケル息角ノ變化ヲ簡單ニ摘記セシニ

今上圖ニ於テ傾斜面上ニ W ナル重量ヲ有スル土塊 M アリト考ヘ之ニ k_1 ナル水平震力 k_2 ナル上下震力加ハリタル場合ノ平衡ヲ保ツ可キ θ ノ大サト $k_1 W$
 $k_2 W$ ノ加ハラザル場合ノ息角即チ ϕ トノ關係ヲ求メントス



第二十八圖

但シ $k_1 =$ 水平ノ方向ニ於ケル地震ノ最大加速度
 電力ノ加速度

$k_2 =$ 上下ノ方向ニ於ケル地震ノ最大加速度
 電力ノ加速度

之ノ物體ヲ下方ニ摺動セシメントスル力 F ハ

$$F = W \sin \theta + k_1 W \cos \theta \pm k_2 W \sin \theta = (1 \pm k_2) W \sin \theta + k_1 W \cos \theta.$$

$$(1 \pm k_2) W \sin \theta + k_1 W \cos \theta = \mu [(1 \pm k_2) W \cos \theta - k_1 W \sin \theta]$$

但 $\mu =$ 摩擦係數

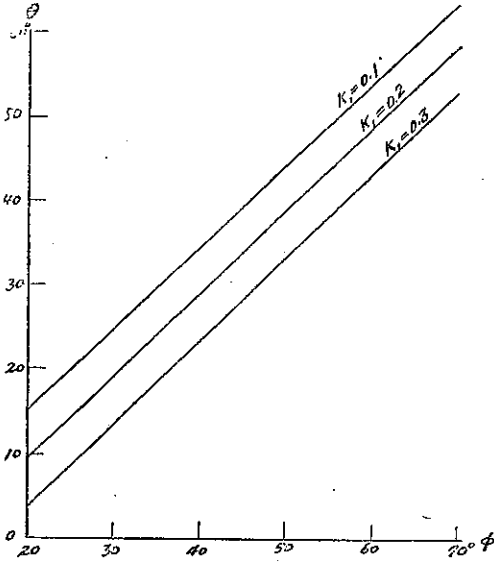
$$[(1 \pm k_2) + \mu k_1] \sin \theta = [\mu(1 \pm k_2) - k_1] \cos \theta.$$

$$\tan \theta = \frac{\mu(1 \pm k_2) - k_1}{(1 \pm k_2) + \mu k_1} = \tan \phi \frac{1 \pm k_2 - \mu / \tan \phi}{1 \pm k_2 + k_1 \tan \phi}$$

k_2 ハ多クノ場合小ナルニヨリ無視スレシ

$$\tan \theta = \tan \phi \frac{1 - \frac{k_1}{\tan \phi}}{1 + k_1 \tan \phi} \quad \text{ヲ得}$$

第二十九圖



是レ即チφトθトノ關係ヲ表ス式ナリ而シテh₁ノ値ハ

明治二十四年濃尾地震	岐阜大垣	○・三〇
同上	名古屋	○・二五
明治二十七年東京地震	本所深川	○・三〇
同上	本郷臺	○・一〇
明治三十九年桑港	桑港下町	○・二五
同上	同上手	○・一〇

又h₁ノ種々ナル値ニ就キφトθトノ關係ヲ前式ヨリ計算シ圖示セバ
第二十九圖ノ如シ

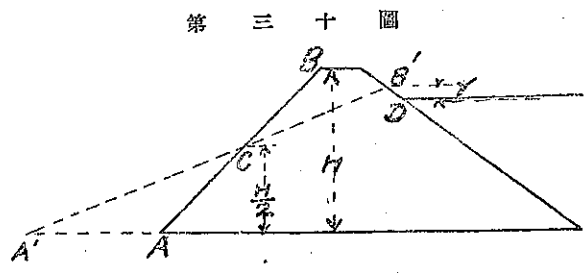
即チ平素三〇度ノ息角ヲ有スル土砂ハ水平震度二割ノ場合ニ於テ十
八度五ニ減ズベシ之ハ極メテ概略的ナル方法ニ過ギズ尙粘着力ヲ有
スル場合ハ多少複雑トナリ更ニ内部應力ヨリ法ヲ定ムル方法ニ就テ
ハ一層複雑トナルニヨリ更ニ研究ノ上ニ讓ラントス

池ガ頂上以下満水位迄十尺ヲ有シ入鹿池ガ十八尺五寸ヲ有シ英米ニ於ケルモノニ於テスラ尙十尺内外ヲ有スルニ鑑ミ近
ク成功若シクハ成功セントスル幾多ノ堰堤ガ僅カニ四、五尺ヲ出デザルヲ見テ著者ハ寒心ニ堪ヘザルナリ

天端幅、高水面上ノ余裕其他附屬物ニ就テハ前項記述ノ如ク地震ニ
ヨル池水ノ溢堤ハ頂上ニ設ケラレタル倭壁ノヨク防ギ得ルモノニア
ラズ從ツテ之ヲ防グ可キ唯一ノ方法ハ高水面上ニ極メテ大ナル余裕
ヲ存スルカ又天端ヲ極メテ廣クスルノ二途ニ出デザル可シ彼ノ満濃

印度米國其ノ他ニ於ケル破壊後ノ實例ニ仍リ堰堤ノ安否ヲ考フル上ニ次ノ如キ卑近ナル方法ヲ以テスルモ可ナランカト
 信ス

即チ破壊後ノ堰堤形状ハ殆ンド上圖 AB ニ該當シ AB トハ $H/2$ ノ點ニテ交叉シ約三割乃至五割ノ勾配ヲナス
 仍テ $H/2$ ノ高サノ點ヲ AB 線上ニ取り之ヲ過リテ土質ニ應シ安全ニ見込四割又ハ五割ノ勾配線ヲ引キ上流面法勾配



ト交叉スル點ヲ B' トシ B' ト D トノ間二尺内外ノ余裕ヲ有スルニ於テハ外法崩落ヲ來スコト
 アルモ尙池水ノ氾溢ハ免ガレ得ベシ

以上ニ於テ堰堤ニ關スル著者ノ意見ヲ述ベ得タリ尙暗黒ノ構造、法留ノ方法、止水溝等ニ就テハ
 容易ニ盡キザルベシ只堰堤ヲ横ギリテ暗渠ヲ設クル場合我國ノ實例ニ於テハ多ク其ノ外周ヲ全
 長ニ亘リ粘土ヲ以テ包圍セリ右ハ多クノ場合透水ハ此ノ外周ニ沿ヒ流出スル故ニ粘土ヲ用ヒテ
 數個ノ鑿壁ヲ用フルハ當ヲ得タルモノナレドモ下流部ニ於テハ此ノ粘土ヲ廢シ砂利ヲ用ヒ透水
 ヲ集メテ暗渠中ニ排水スル如キ方法ヲ適當ナリト思惟ス

土堰堤ノ最モ多ク破壊ヲ招ク原因ハ溢水路ノ不充分ニ歸ス其内溢水口ニ就テ其ノ長サヲ定ムル
 根據タル洪水量ハ外國特ニ平原ニ於テ實驗シ得タル洪水公式等ヲ信賴スベキニアラズ我國ノ如
 キ降雨量極メテ多ク而モ急激ナル降雨ヲ見地勢山岳ニシテ浸透率殆ンド大部分ノ流出ヲ見ル如
 キ處ニハ又充分ナル安全ヲ見タル獨特ノ實驗公式ヲ作ラザル可カラズ而モ未ダ一ツノ公式ナキ

ハ遺憾ナリ然レドモ溢流路ハ多クハ貯水池ノ周邊ニ沿ヒ側壁ヲ越ヘテ水路ニ溢入スル如ク築造サル、ヲ可トスルガ故ニ
 溢流口ノ長サハ差程堰堤ノ工費ヲ増領セシメズ却ツテ溢頂ニ對スル安全ヲ増スモノナルガ故ニ溢流口ヲ定ム可キ雨量ハ
 集水面積ニ應シテ最モ短時間ノ豪雨ヲ採用シ貯水池面ノ調制作用ノ如キハ安全ノ爲メ無視シ流出係數ヲ大ニシ且溢流水
 深ハ極メテ淺ク豫定シテ其ノ長サヲ定メンコトヲ切望スルモノナリ

(末尾)本文元ヨリ本會誌ニ載スルノ意志ナク唯余ガ執務上參考ニ記セシニ止マリシモ諸先輩ノ德憑ニヨリ推稿ノ暇ナク敢テ僭越ヲ顧ズ諸賢ノ叱正ヲ乞フコト、セリ幸ニシテ之ヲ端緒トシ我國ニ於ケル土堰堤ノ所在地、形狀其ノ他技術上參考トナル可キ事項ヲ併セ御教示ヲ仰クヲ得ハ誠ニ幸甚ノ至リト云フ可シ尙此ノ機會ニ於テ本文掲載ノ堰堤ニ就キ實地調査ヲ給リシ諸賢ニ對シ謹テ深甚ノ謝意ヲ表セントス (完)