

第十章 堤

(59) 概論 堤は天然河川ヲ横ギリテ設ケラレル構造物デアツテ、以テ河川ノ流レヲ堰止メテ堰堤上流ニ貯水池ヲ造ラントスルモノデアル。此目的ヲ達スルタメニハ、堰堤ハ實際上、不滲透性デアツテ安定デナケレバナラヌ。或程度、安定度ハ此構造物ノ比較的不滲透性ニ關係スルモノデアル。堰堤構築ニ對シテ一般ニ用ヒラレル材料ハ岩石、こんくりーと、鋼、土壤及び木材デアル。

(60) 堤堤ニ作用スル力 堤堤ニ働く主要ナル力ハ水ニ基因スル力デアル；或狀況ノ下ニ於テハ風及ビ氷ニ基因スル力ハ此構造物ニ有效ニ作用スル。水ニ依ツテ堰堤面ニ受ケル圧力量ハ水深ノ自乘ニ比例スル。此力ハ轉倒又ハ滑動ヲ生ズル傾向ガアル。此直接力ニ加フルニ堰堤ノ基礎中ニ透入スル水ノ上向壓力ニ基因スル浮力ガ時々存在スル。風壓ハ常ニ水壓ヨリモ遙ニ小ナルヲ以テ之ヲ無視スルコトヲ得ル。堰堤面ニ働く水壓ハ或狀況ノ下ニテハ重大ナル事項デアツテ設計ニ於テ充分ナル考慮ヲ要スル。之ハ長イ石造堰堤ノ鉛直面ニ對シテ最モ效果的ニ働く。

重力堰堤ニ安定度ヲ與フル抵抗力ハ主トシテ構造物ノ重量ニ基因スルモノデアル。之ハ堰堤ヲ通ル滲透水量又ハ其基礎中ノ滲透水量ニ依リテ相當ニ影響セラレル、何トナレバ重量ガ浮力ニ依ツテ減少スルカラデアル。石造堰堤ノ失敗ハ他ノ原因ニ依ルヨリモ不充分ナル基礎ノタメニ一層屢生ズルモノデアル。

第58圖ハ堰堤ニ作用スル水壓ニ基因スル力ヲ示スモノデアル。此圖ハ何レノ型式ノ堰堤ニモ作用スル水ニ基因スル力ヲ決定スル原則ヲ説明スルニ役ニ立ツモノデアル。

H =堰堤ノ高サ及ビ溢流が起ル丁度前ノ

水深ヲ示ス、(米)

T =堰堤頂幅、(米)

B =堰堤底幅、(米)

w =堰堤ヲ構築スル材料ノ重量、(一立方
米ノ重量)

W =一米幅(紙面ニ直角ノ方向)=ツキ

堰堤断面ノ重量

P =堰堤ノ上流側ニ於ケル水ニ基因スル
總垂直壓力

P_H =總垂直壓力ノ水平分力

P_V =總垂直壓力ノ鉛直分力

$R = P + W$ トノ合成功力

以下述ベル論述ニ於テ断面ノ幅ハ1米ト考ヘ、其他凡テノ直線寸法ヲ米トスル。水ノ単位重量ハ1立方米ニツキ1000匁ト假定スル。

P_H ハ堰堤ヲ顛倒セントスル力又ハ堰堤ヲシテ其基礎上ニテ滑動セシメントスル力デアル。 $P_V + W$ トハ顛倒ニ抵抗スル力デアル。静水學ノ原則カラ力 P_V ト P_H トハ堰堤底以上 $\frac{H}{3}$ ノ點ニ作用シ其力ノ大イサハ次ノ通り。

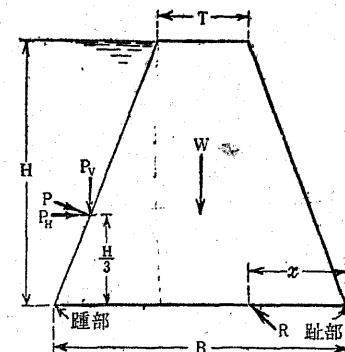
$$P_H = 1,000 \times \frac{H^2}{2} = 500H^2$$

$$P_V = 1,000 \times \frac{B-T}{2} \times \frac{H}{2} = 250(B-T)H$$

$\frac{B-T}{2}$ ハ堰堤上下流面ニ於テ同一ナリトスル。

$$W = w \left(\frac{B+T}{2} \right) H$$

堰堤趾部ノ周リノ顛倒力率ハ次ノ通り。



第58圖 堤堤ニ働く力ヲ示ス圖、
(圖ハ中心線ノ左右對稱ト假定スル)

$$P_H \times \frac{H}{3} = 500 H^2 \times \frac{H}{3} = 500 \frac{H^3}{3}$$

抵抗力率ハ次ノ通り。

$$P_V \times \left(B - \frac{1}{3} \frac{B-T}{2} \right) + W \frac{B}{2}$$

底面上ノ合成力ノ作用點ハ合成力ヲ其鉛直分力 R ベト水平分力トニ分解シテ堰堤趾部ノ周リノ力率ヲ求メテ見出スコトヲ得ル。 x ノ合成力 R ノ作用點マデ趾部カラノ距離トスルナラバ、圖示ノ力ニ對シテ次ノ力率方程式ガ成立スル。

$$R_V x + P_H \frac{H}{3} = P_V \left(B - \frac{B-T}{6} \right) + W \frac{B}{2}$$

堰堤中任意水平面上ノ合成壓力ハ若シ其水平面中ニ張力ガ無イナラバ、其平面ノ中央 $\frac{1}{3}$ ノ中ニ落チル。理論上、最モ經濟的ナル斷面ハ貯水池ガ空虚デアル時ニハ合成壓力線ガ中央 $\frac{1}{3}$ ノ上流側端ニ落チルモノデアル、貯水池ガ充満セル時ニハ中央 $\frac{1}{3}$ ノ下流側端ニ落チルモノデアル。他ノ考慮例ヘバ石工ニ於ケル許容壓力ノ如キモノガ實際設計ニ對シテ理論斷面ヲ改變スル。

(61) 石造堰堤 (Masonry dam) 石造堰堤ニハ一般ニ三種類ガアル
即チ重力堰堤、拱堰堤及ビ中空堰堤デアル。拱堰堤ハ上流ニ向ツテ彎曲シ、
拱作用ノ原則ヲ利用スルモノデアル。重力堰堤ニ對シテハ岩盤基礎が必要デ
アリ、甚ダ峻嶮ナル岩石ノ山腹ヲ有スル峽谷ハ拱堰堤ニ都合ノ良イ位置デ
アル。又中空堰堤ハ何レノ基礎狀態ニモ適當スル様ニ設計スルコトヲ得ルモノ
デ、上流側ノ緩勾配ハ冰ノ推力ヲ省略スルコトナリ又其長イ底面ハ顛倒ニ
對シテ一層大ナル安全度ヲ供スルモノデアル。

重力堰堤ガ時々地形狀況又ハ基礎狀況ニ一層良ク適當スルタメニ上流側ニ
向ヒテ彎曲スル平面形ニテ構築セラレルガ、此際ニ拱作用ヘ設計ニ於テ考慮
セラレヌ而シテ彎曲平面形カラ生ズル作用ハ附加安全率トシテ考慮セラレル
モノデアル。

石造堰堤ハ又溢流或ハ餘水吐及ビ非溢流型トシテ分類スルコトヲ得ル。前
者ハ貯水池ヲ構築スルニ用ヒラレル大抵ノ構造物ノ甚ダ緊要ナル部分デア
ル。

(62) 石造堰堤ノ設計要件 重力石造堰堤ノ失敗ハ次ノ要素ノ一ツ又
ハ其組合セニ依ツテ生ズルモノデアル。

1. 堤趾部（底面ノ下流側末端）ノ周リノ顛倒、之ガ生ズル原因ハ顛倒ニ抵抗ス
ル力ノ力率ガ堰堤ヲ顛倒セントスル力ノ力率ヨリモ小デアル事デアル。
2. 石工又ハ基礎材ノ抗壓強度ガ之ニ作用スル應力ヨリ小デアルタメ=石工又ハ基
礎ノ壓潰。

3. 堤内任意斷面又ハ基礎面ニ於ケル剪斷又ハ滑動、之ガ生ズル原因ハ水平推力
ガ摩擦安定度又ハ剪力ニ對スル抵抗力ヲ超過スル事デアル。
4. 非事ニ大ナル張應力ノタメニ任意斷面ニ於ケル破壊。

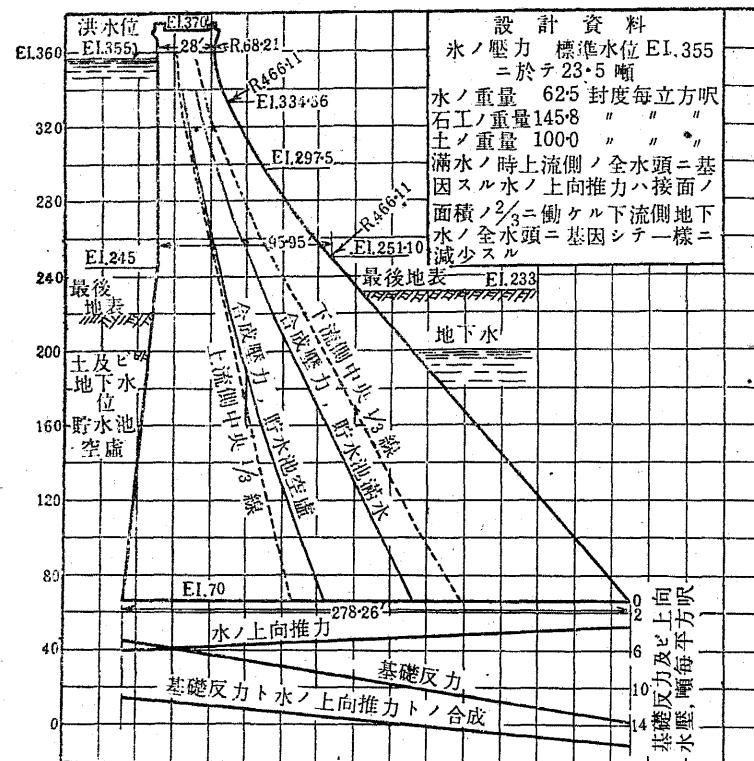
上記ノ失敗ノ原因ヲ除去スルタメニハ次ノ如キ制限ガアル。

1. 貯水池滿水ノ時及ビ空虛ノ時ニ於テ合成壓力線ハ堰堤ノ任意水平斷面ノ中央以外ニ落チナイコト。
2. 水平斷面又ハ基礎面上ノ任意點ニ於ケル最大作用壓力ハ其材料ノ安全作用應力
ヲ超過シテハナラヌ。
3. 任意水平斷面ニ於ケル又ハ堰堤ト基礎トノ間ノ摩擦係數ハ合成力ガ鉛直ト爲ス
角度ノ正切ヨリモ小デナケレバナラヌ。
4. 堤堤ノ底面ニ働く上向壓力ニ對スル餘裕ヲ採ラネバナラス。此量ハ基礎材料ノ
比較的滲透性ニ關係スル。採ルベキ餘裕ヲ追々增大スル順序デ述ベルト、花崗
岩、砂岩、水平層ヲ有スル成層岩、土壤及ビ砂利デアル。

米國紐育市上水道方式ノ一部分デアルけんしこ堰堤ノ非溢流部ニ用ヒラレ
タル設計資料及ビおるばに一上水道方式ノあるこ一ぶ堰堤ノ餘水吐部ノ設計
資料ハ第59圖、第60圖ニ示サレル。

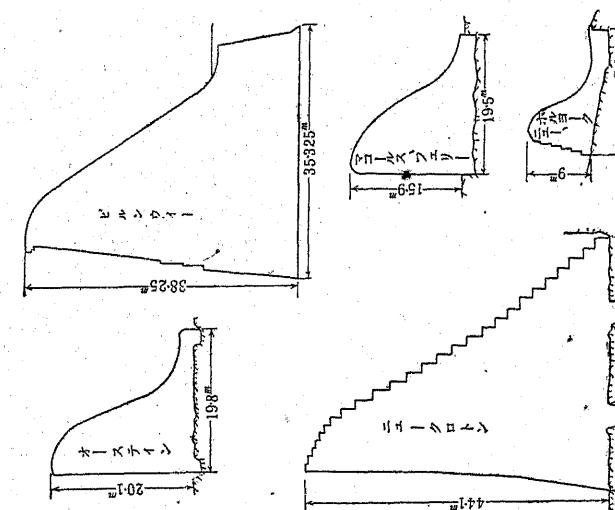
(63) 基礎 凡テノ高堰堤ノ基礎ハ堅牢ナル岩石上ニ在ラネバナラ
ヌ。低堰堤ハ時々土基礎上ニ構築セラレ、上流側ニ止水壁 (Cut-off wall)

ヲ又下流側ニ不滲透性水叩(Apron)ヲ設ケル。止水壁ハ堰堤ノ下方ヘ非常ナル水ノ滲透ヲ防止スルニ用ヒラレ又水叩ハ趾部ニ於ケル洗堀ト潜掘トヲ防ゲニ用ヒラレル。石造堰堤ノ失敗ノ最一般的ノ原因ハ基礎状態ノ缺點デアル。

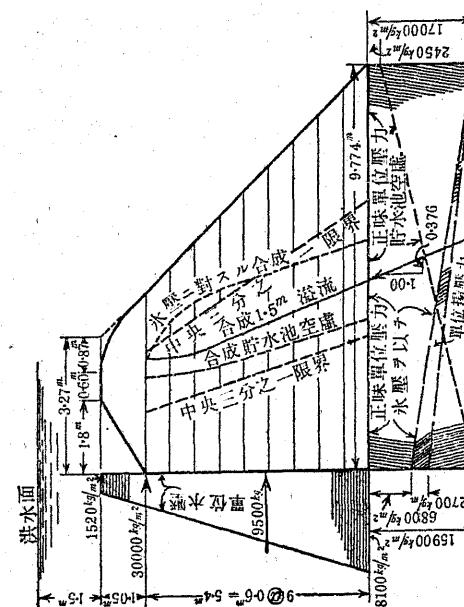


第59圖 石造堤防ノ非溢流型、けんしこ堤

石造堰堤が乗る岩盤ハ、堰堤ノ重量、堰堤背面ノ水ノ最大水頭及ビ水ト反對側ノ裏込土等ニ依リテ生ズル合成壓力ヲ支持スルニ充分デアルダケニ、堅牢デナケレバナラヌ。基礎岩盤ニハ龜裂、割レ目等ガ有ツテハナラヌ。若シスクノ如キ孔隙ガ有レバ、之ニもるたるヲ注入セネバナラヌ。又岩盤ノ性質



第61圖(1) 溢流堰堤ノ種々ノ例



第60圖 一條水吐斷面，あるこ一ぶ塊提

ヲ充分ニ注意セナケレバナラヌ。海外ニ於ケル石造堰堤ノ著名ナル失敗ノ例ハ米國てきさす州ころらど河ニ設ケタルおーすていん (Austin) 堤堤及ビカリふおるにあ州ろすあんぢえるすノせんと・ふらんしす (St. Francis) 堤堤デアル。

(64) 地震衝撃 堤堤ヲ地震ノ起ル地方ニ構築スル場合ニハ地震衝撃ニ基因スル力ハ重要ナルモノデアル。地震中ニ堰堤ニ生ズル實應力ヲ決定スルコトハ困難デアルガ次ノ公式ヲ設計ニ用ヒル力ヲ見積ルニ採用スルコトヲ得ル。

$$F = Ma = \frac{W}{g} a = WK, \frac{a}{g} = K$$

=震度

F =水平地震力,

W =構造物(堰堤)ノ重量

M =考慮セル堰堤断面ノ質量

a =衝撃ニ基因スル地盤ノ水平加速度

g =重力=基因スル加速度

此力 F ハ考フル水平面以上ノ堰堤断面ノ重心ニ水平ニ作用スルモノト考ヘル。 K =震度ノ値ノ一例ヲ擧ゲルト貯水池満水ノ場合 $K=0.15$, 空虚ノ場合 $K=0.1$ [自著水工學上卷(上水道之部) 487頁以下参照セラレヨ]



第61圖 (口)

大连上水道第三期擴張工程時水池、堰堤へ重力式粗石こんくりーと造り、長サ 3.8 米、高サ 38.4 米、貯水池面積 1,584,000 平方米、貯水量 1,600 萬噸、給水能力毎日平均 12,000 噸デアル。

土 堤 堤

(65) 概論 昔時ハ堰堤構築ノ此型式ハ其高サ凡ソ 40 米位迄ニ限定セラレタガ現時ニ於テハ適當ナル材料が存在スルナラバ之ヨリ一層高イ土堰堤ヲ構築スルコトヲ得ル。土堰堤ノ頂部ヲ水ヲシテ溢流セシメルコトハ出来ナイカラ、餘水ハ石造構造物ノ餘水吐 (Spillway) ヲ設ケテ之カラ溢流セシメネバナラヌ。

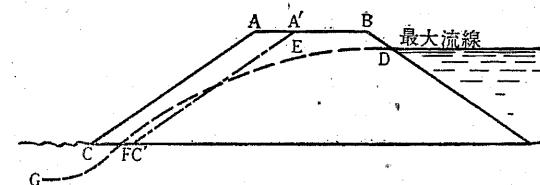
(66) 分類

土堰堤ヲ論述スル便上宣、之ヲ四種類ニ分ケル。(a) 均質材料ノ土堤、(b) 中央心壁ヲ有スル土堤、

(c) 上流側面ニ不滲透被覆ヲ有スル土堤、

(d) 水力填土方法ニ依ツテ造ル土堤。

(67) 土堰堤ノ設計 土堰堤ノ設計ハ主トシテ經驗ト用ヒルベキ材料ノ選擇ノ判断ニ依ルモノデアル。第62圖ニ於テ土堰堤ハ均質材料カラ成リテ多孔性基礎上ニ在ルモノトスル。線 GFED ハ堰堤ヲ流過スル水ノ表面ノ假定動水勾配ナリトスル。材料ハ一様性デアツテ土堤ノ凡テノ點ニ於テ同様ナル緻密サデアルカラ、流レニ對スル抵抗ハ凡テノ點ニ於テ同一デアツテ線 DE F ハ、之ガ CF 線ニテ示ス天然地盤下ニテ地水面ニ相會スル迄、殆ンド一様ナル勾配ヲ有スル。若シ堰堤ノ下流側面ガ AC デナクテ A'C' デアルナラバ、堰堤下流側勾配上ニ現出スル水流が存在スルコトナル。地下水面ノ曲線ハ其下流端ニ於テハ稍一層高ク、速度ハ狭イ断面ニ於ケル抵抗ノ減少ノタ



第62圖 土堰堤ノ横断面

メニ一層大デアル。斯クノ如キ状況ハ望マシクナイ、何トナレバ速度ハ土堤材料ノ若干ヲ運去スルダケニ充分ニ高イコトガアツテ擴大水路ヲ生ジテ増加速度ト一層ノ侵蝕ト堰堤ノ最後ノ破壊ヲ生ズルカラデアル。

堰堤ノ横断面ヲ通ル動水勾配ヲ降下セナケレバナラヌ、其レニハ断面ノ貯水池側ノ近クニテ低小ナル地下水送定數ヲ持ツ材料ヲ用ヒルカ、土壤又ハ石造心壁 (Core wall) ヲ構築スルカ、又ハ堰堤ヲ水力填土 (Hydraulic fill) 法ニテ構築シテ断面ノ不滲透性ヲ増加スルカデアル。

堰堤ノ高サハ最高水面ノ高サニ依ツテ決定スル。堤頂ハ此水面ヨリ上 1.5 米乃至 4.5 米ニ在ルベキデアツテ、以テ波浪作用ヤ氷結作用ニ對シテ餘裕ヲ採ルモノトスル。氷結作用ハ土壤ヲシテ一層粉碎シ易ク又滲透性トスル。

土堰堤ノ頂幅ハ 3 米ヨリ狭クテハナラヌ、而シテ其頂部ヲ公道トシテ用ヒル際ニハ此幅ハ 9 米乃至 12 米ニモ增加スルコトガアル。勾配ハ上流側ニ於ケル水ノ飽和状態ヲ假定シテ、材料ノ息角ニ依ツテ定マルモノデ、上流側ニテハ 2:1 (水平:鉛直) 乃至 3:1 (水平:鉛直)、下流側ニテ 1½:1 (水平:鉛直) 乃至 2:1 (水平:鉛直) デアル。高サ各 7.5 米乃至 9 米毎ニ水平犬走り (Berm) ヲ設ケル。之ハ勾配上ヲ流レル地表水ノタメニ侵蝕セラレルヲ防ゲタメデアル。此地表水ヲ流去スルタメニ犬走リニ沿ヒテ樋及ビ排水管ヲ設置スル。上流側勾配ハ粗雑ナル鋪石及ビ粗石ニ依ツテ保護シテ波浪ノタメニ侵蝕セラレルコトヲ防止スル。堤頂ヲ公道トシテ用ヒナイ場合ニハ、堤頂及ビ土堤ノ下流側ヘ注意シテ構築セラレテ之ニ或種ノ草ノ種子ヲ蒔キ又ハ芝ヲ以テ覆フモノトス。

(68) 土堰堤ニ對スル材料 土堰堤ノ材料ハ重 1 不滲透性ノ強靱ナル土デアルヲ可トスル。若シ適當ナル天然土ガ堰堤ノ近邊ニ於テ見出シ得ナイナラバ、砂、砂利及ビ粘土ノ人爲的混合物ヲ用ヒルヲ良シトスル。是等配合ノ割合ハ注意シテ選定シ不滲透性混合物ヲ得ル様ニスル。

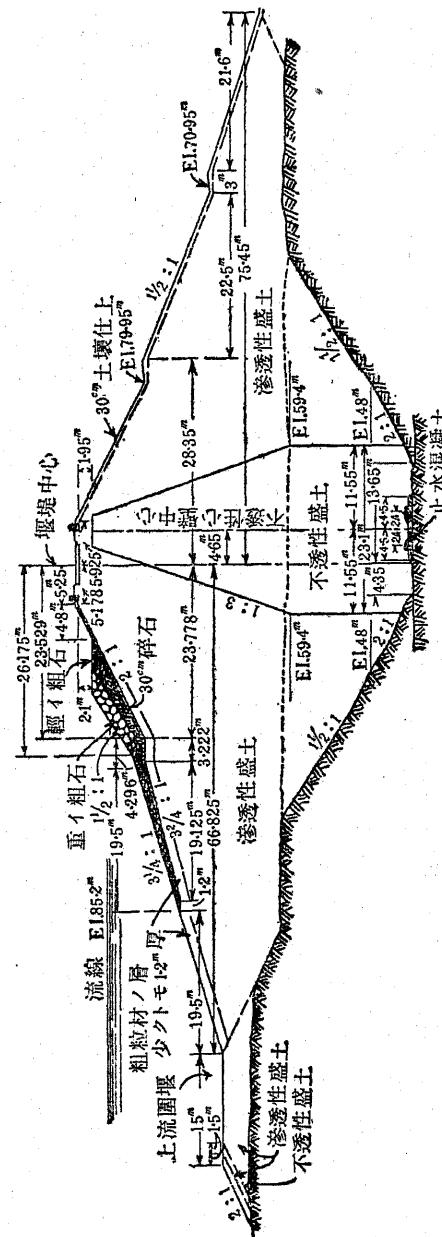
土堤材料ノ實驗室試験ハ價值ノアル報告ヲ供スルモノデアル。即チ水中ニ

沈入シタル材料ノ作用ヲ觀測スル。急速ニ水ヲ吸收シテ平タクナル材料ハ望マシクナイ。種々ノ水壓ノ下で行ハレタル充分ニ緻密ニ固メタル試料ノ滲透性試験ハ比較的滲透性ニ關スル資料ヲ與ヘルモノデアル。

利用シ得ル所望材料ノ充分ナル量が無い場合ニハ、土堤中ノ材料ハ細カラ粗ニ類別セラレテ、最良ノ材料ハ中央ニ置カレ又ハ土堤ノ上流部分ニ置カレ一層多孔性ノ材料ヲ下流側ニ用ヒル。

(69) 心壁及ビ止水壁

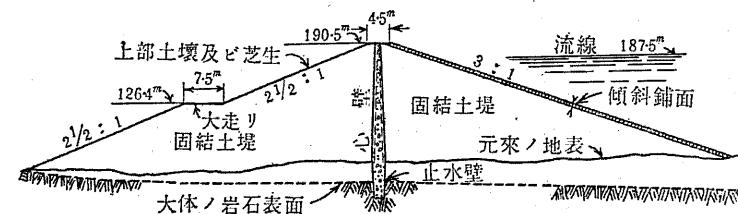
心壁 (Core wall) ハ土堤ノ中央部ニ設ケタル不滲透材料ノ壁デアル。止水壁 (Cut-off wall) ハ屢心壁ノ重要ナル部分デアツテ、天然地表面カラ基礎マデ下向キニ延ビテ居ルモノデアル。或場合ニハ止水壁ハ岩基礎上ニ構築シタル比較



米國してゆえーと堰堤横断面圖、ぶろびでんす水道
圖 63

的低イ壁デアツテ土堤ト之ガ乘レル岩石トノ間ヲ水ガ流過スルコトヲ防止セントスルモノデアル。

心壁ハ第63圖ニ示ス如キ注意シテ固結シタル選定土、普通こんくりーと又ハ上流側ト下流側トノ間ノ水圧ノ差ニ抵抗スル様ニ鐵筋ヲ挿入シタルこんくりーと等カラ造ラレル。此型式ノ構造方法ハ第64圖ノ通り。粘土ト砂トノ混合物カラ成ル^捏粘土(Puddle)ガ時々心壁ヲ造ルニ用ヒラレル。



第64圖 あるこーぶ堰堤横断面圖、おるばに一水道

心壁ガこんくりーとデアルナラバ其構造接手ニ留意スル。心壁ノ頂幅ハ堰堤ノ重要度ニ依ツテ45粂乃至90粂デアル、而シテ兩側面ハ1:20乃至1:10ノ勾配デアル。心壁ノ底面ノ厚サハ高サノ約 $\frac{1}{3}$ デアル。若シ止水壁ガ心壁ノ下部ニ用ヒラレルナラバ、之ハ充實石工デアツテ、心壁ノ底幅ニ掘鑿セラレテ不滲透性基礎地層中ヘ延ビテ居ル溝ヲ充タシテ居ラネバナラヌ。

(70) 水力填土堰堤 水力填土堰堤(Hydraulic fill dam)ハ土堤ノ適當ナル材料ヲ掘鑿シ、運搬シ、類別シ、堆積スルタメニ水ヲ用ヒ行ハレルモノデアル。適當ナル材料ト充分ナル量ノ水トガ利用シ得ラレル場合ニハ、其構築ニ對シテ必要ナル工費、便宜及ビ時間ガ此型式ノ堰堤ノ高サニ對スル唯一ノ制限デアル。最良ノ材料ハ粘土、砂、砂利、土壤及び小ナル圓味ノアル岩石片ノ混合物デアル。大體ニ土堤ノ $\frac{2}{3}$ ハ不滲透性材料カラ造ラレルベキデアツテ残餘ハ上流部分ト下流部分トノ間ニ等分シタル重1多孔性材料カラ成ルコトヲ得ルモノデアル。

此型式ノ堰堤ノ一

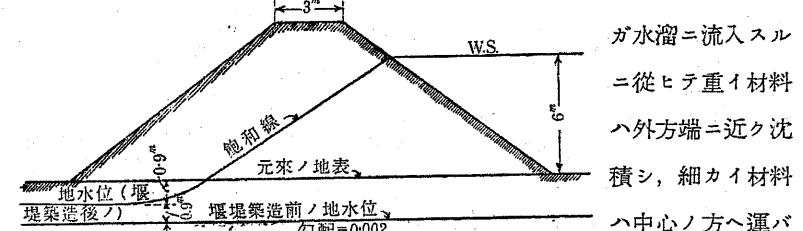
般構造方法ハ次ノ通

リデアル。基礎が出

來上ツタル後ニ、縦

軸ニ平行ニ堰堤ノ踵部(上流側ノ底面ノ末端)ト趾部(下流側ノ底面ノ末端)トニ沿ヒテ低堰堤ヲ造ル。斯クノ如クシテ水溜ノ如キモノヲ構築スル。

土堤材料ヲ運ブ水ハ此水溜中ヘ此低堰堤ノ頂部ニ沿ヒテ一點又ハ諸點カラ放出セラレル。水ガ水溜ニ流入スルニ從ヒテ重イ材料ハ外方端ニ近ク沈積シ、細カイ材料ハ中心ノ方へ運バ



第65圖 飽和線ノ種々ノ位置ヲ示ス

第66圖 地水位ニ及ボス土堰堤構造ノ影響

ル位置ニ堆積スル。水溜カラノ餘分ノ水ハ構造方法が進行スルニ從ヒテ排せラレル。材料ノ堆積ノ調整ハ大ナル注意ト良好ナル判断トヲ要スル事項デアル。



第66圖 ニ於テ

ABC, A'B'C 及ビ

A''Cハ夫々飽和線

デアル。飽和線 A

BC ハ充分ニ趾部

ノ内側ニアリテ、

第67圖 岩床ガ地表ニ近ク存在スルコトガ
飽和線ノ位置ニ及ボス影響

岩床ガ地表ニ近ク存在スルコトガ
飽和線ノ位置ニ及ボス影響

又堰堤下ノ元來ノ地表面ヨリ充分下方ニアル、之ハ安全ニ對シテ最モ望マシイ狀態デアル。

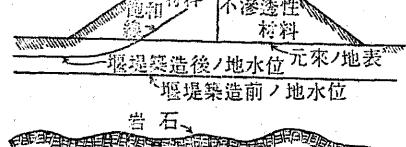
飽和線A'B'C'ハ趾部ニ於テ又ハ趾

部ノ近クニ於テ下流面ト交ル。此狀態ノ危險度ハ堰堤下流部ヲ構成セル材料及ビ下流趾部カラ發出スル水ノ速度ニ主トシテ關係スルモノデアル。若シ堰堤ノ下流部ガ細粒砂又ハ壤土カラ出來テ居ルナラバ、趾部ニ於テハ沸騰狀作用ガ生ジテ、ぱいびんぐ(Piping)ニ依ツテ構造物ノ破壊ヲ生ズルコトナル。若シ堰堤ノ下流部ノ材料ガ粘土カラ構成サレテ居ルナラバ、下流面ノ脫落ガ生ジテ之ガ堰堤ノ一部的又ハ完全破壊ヲ生ズルコトナル。併シ若シ堰堤ノ下流部ガ粗大砂利又ハ粗大石片カラ出來テ居ツテ趾部カラ發出スル水ノ速度ガ、堰堤ガ構成セラレテ居ル材料ヲ水共ニ流去スルニ不充分デアルナラバ、構造物ハ全然安全タリ得ルモノデアル。

線A'C'ハ極端ナル場合ヲ示ス。A''C'ニ示ス如キ飽和線ヲ有スル材料カラ築造セラレタル土堰堤ニ於テハ、下流面ノ脫落又ハぱいびんぐ或ハ此兩者ニ依ツテ、破壊ガ恐ラク切迫スルモノデアル。茲ニ云フぱいびんぐトハ堰堤ガ構成セラレテ居ル粒子ヲ動カスダケニ充分ナル速度ヲ以テ或流路ニ沿ヒテ土堰堤ヲ通シテ又ハ之ノ



第68圖 堰堤ヨリ下流ニ於テ岩床ガ高ク突出セルコトガ飽和線ニ及ボス影響



第69圖 下流部ヲ上流部ヨリ一層滲透性トスルコトガ飽和線ニ及ボス影響

下ヲ水ガ流過スルコトデアル。堰堤趾部ニ於テ又ハ之ヨリ下流ニ於テぱいびんぐガ起ル時ハ、其作用ハ湧沸セル泉ノ作用ニ大イニ似テ居ルモノデアル。

第66圖ハ堰堤ガ構築セラレテ水ガ貯溜セラレタル後ノ其横断面ヲ示ス。堰堤材料ハ其位置ニ於ケル材料ト實際上、同一デアツテ均質材料カラ成ルモノト假定スル。此圖ノ示ス所ニ依ルト、水ヲ貯溜シタルタメニ、其近邊ニ於ケル地水位ハ一般ニ上昇シテ居ル。地下水ニ關スル增加水頭ノタメニ地水面ノ勾配モ亦大イニ増加シテ居ル。圖示ノ如ク飽和線(Line of saturation)ハ下流側趾部ヨリ充分ニ上流ニ於テ底面ト交叉シ、次ニ漸次の曲線トナリ、終ニ趾部ヨリ下流或距離ニ於テ切線ニ到達スル。水頭增加ノタメニ、土壤ノ間隙ヲ通過シテ下流ノ方へ流出スル水量ハ堰堤構築以前ノ水量ヨリモ大イニ増加スルモノデアル。

第67圖ハ、岩石が地表ニ近ク存在スルコトヲ除イテハ、第66圖ニ示スモノト狀況ガ大體同一デアル他ノ堰堤位置ニ於ケル横断面ヲ示スモノノデアル。第67圖ニ依ツテ示サレル堰堤ニ甚ダ類似スル場合ノ堰堤ノ構築以前ニハ、地水面ハ地表以下單ニ僅小ナル距離ノ所ニ存在シ、年ノ或季節中ハ此位置ハ沼澤ノ如クデアツタ。堰堤後部ニ水ガ貯溜セラレタル後ハ、地水面ハ堰頂ノ丁度下部マデ上昇シテ、飽和線ハ趾部ヨリ上流デ下流側面ト交叉シタ。此場合ニ於テ、危險狀態ハ大岩盤ノ深サガ淺イコトニ原因スルモノデアル。基礎材料中ノ間隙カラ成レル地下水路ハ第66圖ニ於ケルモノ以上ニ大イニ制限セラレ、壓力ハ堰堤カラ下流ノ表面マデ水ヲ押上ゲル。

第68圖ハ提案セラレタル土堰堤ノ位置ニ於ケル横断面デアル。提案堰堤ノ中心線ニ於ケル岩石ハ地表以下相當ナル深サノ所ニ在ツテ、地水位モ亦地表以下相當ナル深サニ存在スル。此位置カラ下流短距離ニ於テ、岩石ハ地表マデ突出シテ居ル。

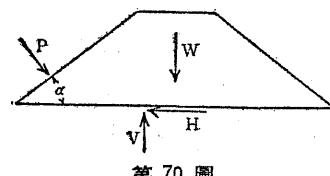
堰堤ノ築造後、岩石ノ下流側露出部ヘ土壤ヲ流過スル地下水ノ增加量ノ流レニ對スル有效ナル障壁トナル。堰堤後部ノ水ノ上昇ニ基因スル地下水ニ關

スル增加水頭ハ、土壤ヲ流過スル增加水量ガ岩石ノ缺部中ノ低處上ヲ通過スルコトニ依ツテノミ逸流シ得ル様ナ高サマデ、地下水ヲシテ上昇セシメル。此事が飽和線ヲシテ上昇セシメテ、堰堤カラ丁度下流ノ元來地表面ハ沼ノ如クニナリテ堰堤ノ下流側趾部ハ水ヲ以テ飽和スル。此状況ハ危險デアツテ堰堤ハ下流側趾部ノ脱落ノタメニ崩壊スルコトガアル。堰堤が使用セラレタヤ否ヤ下流側趾部ノ脱落ガ實際ニ始マツタ例ガアル。岩石露出部ヲ通リテ排水スルコトニ依ツテ地水位ト飽和線ノ高サヲ減少スルコトハ不可能デアツタ、而シテ岩石片及ビ砂利が下流側趾部ニ對向シテ重ク填充セラレタ、之が脱落ヲ中止スルニ有效デアツタ。

第69圖ニ於テ基礎ヲ構成セル材料ハカナリ緻密ナル土壤デアツテ堰堤上流部ハ甚ダ不滲透性ノ粘土カラ造ラレ、下流部ハ全ク滲透性ノ材料カラ造ラレルモノト假定スル。此配置ノ影響ハ、堰堤が全部不滲透性材料ヲ以テ造ラレル場合ヨリモ、下流側趾部中ニ遙ニ一層遠クニ飽和線ヲ持ツテ來ルコトナル。即チ飽和線ハ滲透性材料中ニテ遙ニ一層勾配ガ大デアルヲ見ル。上流側ノ不滲透性材料ハ水が透過スルコトヲ可及的少ナクシ、下流側ノ滲透性材料ヘ可及的速ニ堰堤中ニ透過シタル水ヲ排水セントスルモノデアツテ、以テ全堰堤體ヲシテ大イニ安定ナラシメントスルモノデアル。

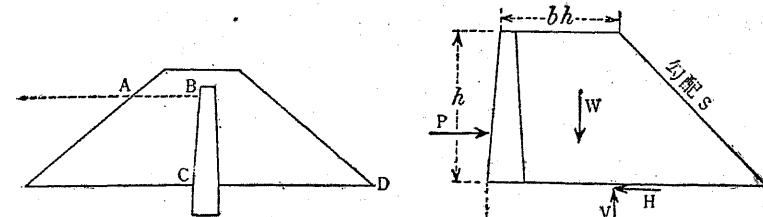
(71) 心壁ヲ有セザル土堤

土堤ガ不滲透性デアルナラバ、内部水壓ハ零デアル。此時ニ作用スル力ハ第70圖ニ示ス通り。底面ニ沿ヒテ滑動ヲ生ゼントルスル力ハ $P \sin \alpha$ デアツテ最大抵抗力ハ Vc デアル、 c ハ材料ノ摩擦係數デアル。 $V = W + P \cos \alpha$ ハ大デアルカラ滑動ニ對スル安全率ハ比較的ニ大デアツテ $Vc/P \sin \alpha$ = 等シイ。

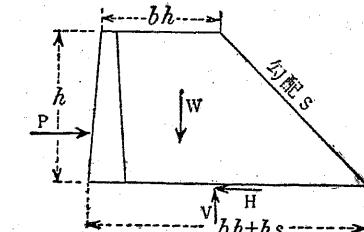


第70圖

(72) 心壁ヲ有スル土堤 心壁ガ第71圖ノ如ク中央ニ置カレテ心壁ヨリ上流側ノ材料ヨリモ一層不滲透性デアルナラバ、上流側ノ壓力線ABハ殆



第71圖



第72圖

シンド水平デアルト假定セラレネバナラヌ。若シ心壁ヨリ下流側ノ材料が比較的多孔性デアルナラバ堰堤ノ下流部分中ニハ水ハ無イ。其時ニ水壓ハ心壁ニ殆シンド水平ニ作用スル、而シテ滑動ニ對スル安定度ニ對シテハ心壁ト其下流側材料トニ信頼セネバナラヌ。第72圖ハ心壁ノ上流面ヨリ下流側ノ土堤ノ部分ヲ示ス。

h = 水深

bh = 水面ニ於ケル堰堤ノ此部分ノ幅

s = 外方面ノ水平投射ト鉛直投射トノ比ノ語デ表ハセル外面ノ勾配

w = 水ノ單位容積ノ重量

w' = 乾燥土堤材料ノ單位容積ノ重量

W = 單位長(紙面=直角ノ方向)ノ土堤ノ重量

水ノ壓力ハ次ノ通り。

$$P = \frac{wh^2}{2}$$

土堤ノ重量ハ次ノ通り。

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

μ ヲ摩擦係數トスレバ、滑動ニ對スル安全率ハ次ノ通り。

$$\frac{w'h\left(bh + \frac{hs}{2}\right)c}{\frac{wh^2}{2}} = \frac{w'}{w} \times c(s+2b)$$

材料ガ堤へ得ルダケノ勾配 s トスルナラバ、 $c = \frac{1}{s}$ ニシテ安全率ハ次ノ通り。

$$\frac{w'}{w} (1+2bc)$$

$w' = 1,600 \text{ kg/m}^3$, $w = 1,000 \text{ kg/m}^3$ トスレバ安全率ヲ 2 トスルタメノ b ノ値ハ次ノ通り。

$$\frac{1,600}{1,000} (1+2bc) = 2$$

又ハ

$$1.6 + 3.2bc = 2$$

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

若シ $c = \frac{1}{2}$ ($s=2;1$) デアレバ上式カラ $b = 0.25$ 即チ水面ニ於ケル堤幅ハ $0.25h$ デアル。普通ニ此幅ハ之ヨリモ大デアル。尙安定度ヲ大トスルタメニハ外側勾配ハ $\frac{1}{c}$ ヨリモ大トスル。

上述ノ論究ニ於テハ心壁ニ働く所ノ水デ浸漬セラレタル材料ノ壓力ハ無視セラレタ。之ノ大イサハ不明デアルガ滑動ガ生ズル前ニ壁ニ對シテ下向分力ヲ生ジテ摩擦ヲ増加スルモノデアル。上記ノ研究カラ知ルガ如ク、下流側ニ於テ寧ロ平坦ナル勾配ト爲シ、水面ニ於ケル幅ヲ大トシ而シテ重量ヲ充分ニ利用スルタメニ土堤ノ下流側半分ヲ比較的多孔性トシテ重クスルコトガ望マシ事デアル。尙最弱断面ハ底面デアルコトハ明白デアル。

第73圖ニ於テ堰堤ハカナリ滲透性ノ材料カラ造ラレテ居ツテ、此材料ハ基礎土壤ト實際上、同一デアルト假定スル。心壁ハ、石造デアツテモ又ハ捏粘土造ニテモ、不滲透性デ元來ノ地表面以下單ニ僅少ノ距離延ビテキルモノト假定スル。斯クノ如キ心壁ハ役ニ立タナイ。水ハ心壁ヲ流過セナイガ、水ハ心壁ノ下方ヲ通リ其水頭ハ心壁ニ依ツテ減少スルコト單ニ僅少デアツテ、飽和線ハ心壁ヲ持タナイモノト大差ガ無イ。或場合ニ於テハ心壁ノ所デ飽和線

ノ低下ハ單

= 60~90cm

デアル。

第74圖ニ

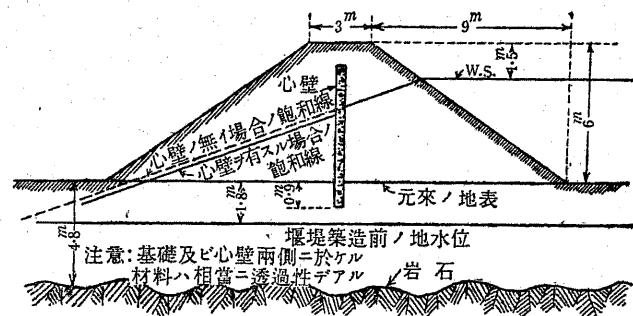
於テ、基礎

材料が全ク

不滲透性デ

アルコトヲ

除ケバ、狀



第73圖 堤體材料ハカナリ滲透性デアツテ、之ト同様ナル
材料ノ基礎が存在スル場合ニ於テ心壁ノ影響

況ハ第73圖ト同一デアル。堰堤ノ下流部ニ水が流入スルタメニハ、水ハ心壁ノ下方及ビ不滲透性材料ヲ通ラネバナラヌ、之ガ比較的大ナル損失水頭ヲ生ズルモノデアル。飽和線ハ心壁ノ所デ大イニ低下スル。

第75圖ハ、心壁ガ滲

透性基礎中ヘ一層深ク

延ビテ居ル以外ハ、第

73圖ニ示スモノト狀況

ハ同一デアル。心壁ハ

不滲透性デアリシ、

水ハ心壁ノ下流側ニ流

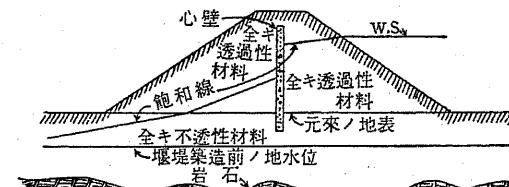
過スルニ第73圖ニ於ケ

ルヨリモ一層長距離ヲ

流レネバナラヌ。飽和

線ハ低下セラレ、堰堤

ノ安定度ハ増加スル。



第74圖 不滲透性材料ノ基礎上ノ滲透性材料ノ堰堤
ノ場合ニ於ケル飽和線ニ及ボス心壁ノ影響

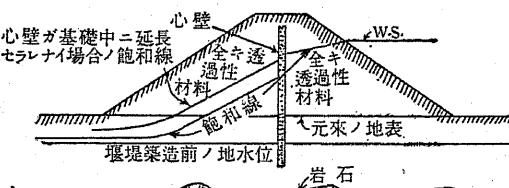
心壁ガ基礎中ニ延長

セラレナイ場合ノ飽和線

全キ透

透性

材料



基礎土壤ヲ流過スル

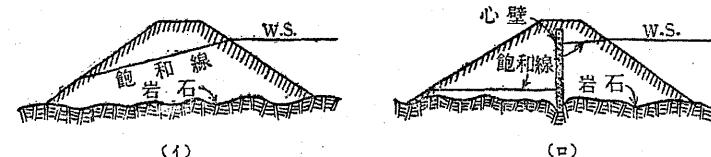
水壓ヲ持ツ水ハ延下セ

第75圖 比較的滲透性材料中ヘ心壁ヲ延下スル
影響

ラレテ居ル心壁ト接觸シ、心壁ハ土壤ヲ流過スル水路ヲ制限スル。水ハ此ノ制限セラレタ面積ヲ流過セバナラヌカラ、速度ト損失水頭トハ増加スル。壁ヲ

通リタル後、水ノ若干量ハ上昇シ、之が附加損失水頭ヲ生ズル。併シ水ノ大抵ハ第76圖ニ示ス如クニ一般ニ水平方向ニ流過スル。

第77圖(イ)ハ岩盤基礎上ノ土堰堤デアル。堤體ハカナリ不滲透性ノ材料カラ成ルモノトシ、飽和線ハ下流側趾部ヨリ上部ノ或點ニ於テ下流側面ト交



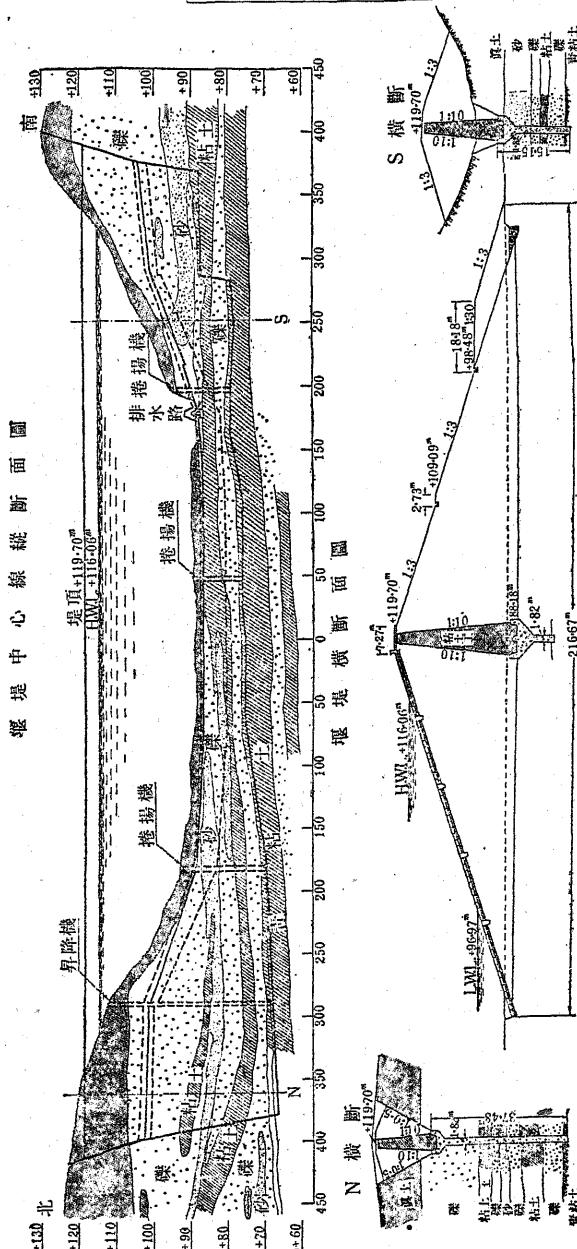
第77圖 岩床上ニ乘レル土堰堤ノ心壁ノ影響

又スル。此圖ニ示ス堰堤ハ危険ナル状態ニ在ルモノデアル。(ロ)圖ハ(イ)圖ト同一位置ニ於ケル同一堰堤ニテ心壁ヲ有スルモノデアル。飽和線ハ岩盤ノ所ニ下流側面ト交叉スル。此状況ノ下デハ、少量ノ滲出水ガ趾部ニ於テ生ズ

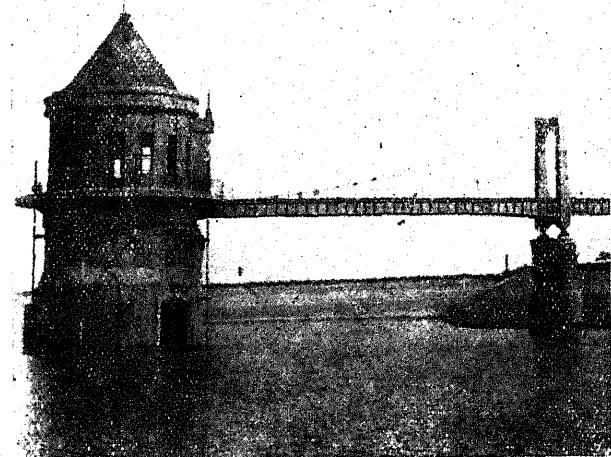
ルガ、適當ナル排水法ニ依ツテ之ニ對處スルコトガ出來ル。岩盤上ニ直接乗レル心壁ノ無イ或土堰堤ハ或排水方式ニ依ツテ安全トセラレタコトガアル。

第78圖 堰堤中心ヨリ上流側ニ心壁ヲ設ケルコトノ飽和線ニ及ぼす影響

第78圖ニ示ス堰堤ノ状態

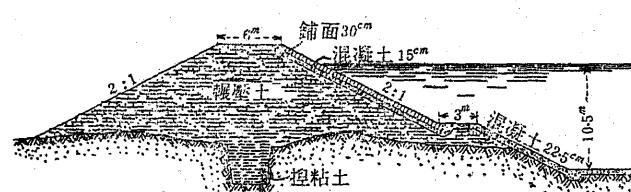


ハ第74圖ノ其レト同様デアルガ、心壁ガ凡ソ水面ノ所デ堰堤ノ上流面ト交叉セルコトガ第74圖ト異ナル點デアル。圖ヨリ知ルガ如ク、飽和線ハ第74圖同一勾配ヲ有スルガ、之ハ遙ニ一層低イ。水ガ飽和セル断面ノ部分ハ第74圖



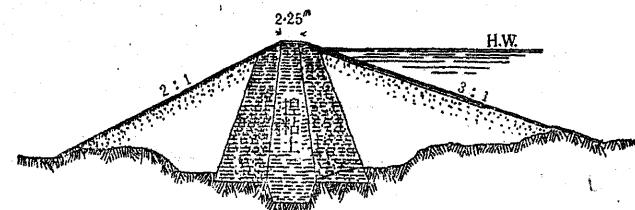
第80圖 山口貯水池取水塔圖

ニ於ケルヨリモ第78圖ニ於テ遙ニ一層小デアルカラ、第78圖ノ方ガ一層安定デアル。第78圖ノ配置ノ他、附加的利益ハ上流面トノ交叉點以上ノ心壁ノ部分ガ或場合ニ於テハ粗石ノ代リニ波浪ノ力ヲ破壊シテ勾配面ヲ防護スルニ用ヒラレルコトデアル。勿論減浪作用ハ心壁ノ上流側ノ土堤ヲ甚ダ平坦ナル勾



第81圖 貯水池土堰堤斷面圖、米國しらきゅーす

配ニ侵蝕ス
ルガ、之ハ
水面以下數
呎ノ所マデ
ニ限定セラ
レルモノデ
アル。水面

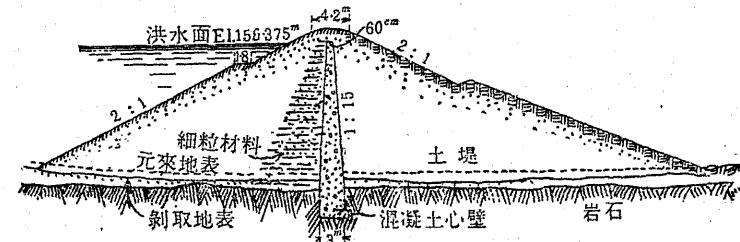


第82圖 貯水池土堰堤斷面圖、ぐらすごー水道

ノ高サガ大イニ變化スル場合ニハ、此配置ハ波浪作用ニ對スル防護トシテハ其レホド有效デナイ。此種類ノ心壁ハ、短距離ノ間、肱木桁トシテ動ク様ニ一般ニ鐵筋ヲ挿入セラレルカラ、心壁ノ上流側ノ土ガ數呎ノ間摩耗スルカ否カハ重大ナル問題デハナイ。

(73) 貯水池流出口 貯水池カラ引水スル流出口ハ、土堤ト流出口構造物ノ外側トノ間ヲ水ガ通過セヌ様ニ、構築セネバナラヌ。之ノ構造方法ニハ三型式ガアル。(a)調整室カラ土堤中ヲ通レル隧道中ニ敷設シタル流出管、(b)石造から一ヲ有スル管、(c)こんくりーと中ニ全然埋置シタル管；何レノ方法ヲ用ヒルニセヨ、流出水路ヲ天然地表面以下ニ設置スルヲ望マシトスル。

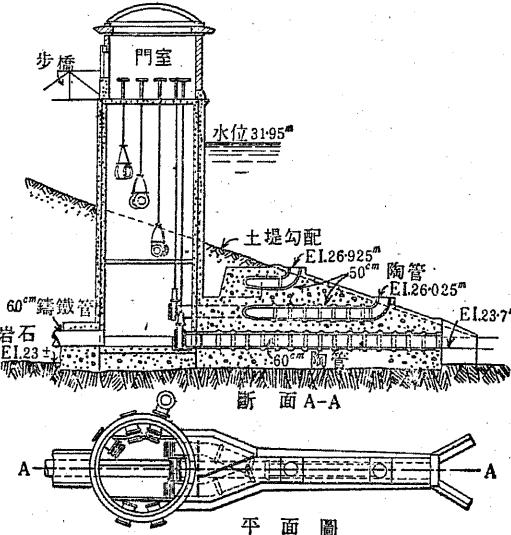
流出管ヲ流レル水量ヲ調節スペキ瓣ハ可及的ニ堰堤ノ踵部（上流側堤底ノ末端）ニ近接シテ設置スペキデアル。調節瓣ト塵除トハ門室（Gate house）ト稱セラレル單一構造物中ニ一般ニ取附ケラレル。こんくりーと心壁ガ用ヒラレル時ニハ、門室ハ心壁ノ丁度上流側ニ置カレ、心壁ハ此構造物ノ下流側



第83圖 米國ぼすとん水道 No. 5 堤断面圖

壁部ヲ構成スル。種々ノ高サニ設ケタル數個ノ流入口カラ門室ニ水テ流入セシメル設備が普通ニ設ケラレル。門室ハ堰堤ノ踵部ニ備ヘラレテ歩橋ニ依ツテ之ト堤頂トノ連絡ガ行ハレル。第84圖ハ土堰堤ノ踵部ニ設置シタル門室ヲ示シ、門室ハ貯水池中ノ六個所ノ異ナレル水位カラ引水スル。貯水池ヲ排水スル排水管モ亦此構造中ノ瓣ニ依ツテ調節セラレル。

(74) 餘水吐 餘水吐(Spillway)ハ貯水池ノ重要ナル部分デアル。土堰堤ノ全構造物ノ安全度ハ洪水が土堰堤ノ上ヲ溢流セナリ設備ニ關係スルモノデアル、即チ洪水が貯水池カラ流レ去ル水路即チ餘水吐ガ充分ナル容量ヲ有スルコトガ肝要デアル。餘水吐ハ必然石造溢流堰堤デアル。餘水吐ノ位置ハ稍地形状態及ビ地質状態ニ關係スル。之ハ元來ノ河川水路中ニ設ケル可デアル。此場合ニハ餘水吐ヲ通過スル水ヘ其河川中ヲ下流ニ流去シ續ケルモノデアル。此位置が最大量ノ石工ヲ要スル理由ハ之ハ堰堤ノ最高部分中ニ餘水吐ヲ設置スルヲ以テデアル。



第84圖 勾配面ノ下端ニ設ケタル貯水池取水塔、れきしんぐとん水道

堰堤ノ兩端ノ何レカ一方ノ末端ニ岩盤が存在スルナラバ、餘水吐ヲ土堤ノ其末端ニ近ク構築スルヲ得ルモノデ、天然排水路ヘ溢流水ヲ流去スルタメニ岩盤中ニ一水路ヲ掘鑿スルヲヨシトスル。此方法ハ餘水吐自體ニ對シテハ石

工ノ最少量ヲ用ヒルコトヲ得シメルガ、餘水吐水路ニ對スル附加工費ヲ必要トスル。或狀況ノ下デハ餘水吐ト水路トノ總合工費ハ河川軸構造物ニ對スルモノヨリモ一層大デアルコトガアル。餘水吐ノ第三ノ位置ハ貯水池ノ何レカノ側ノ土地ノ脊部中ノ低所デアル。此處ハ岩石ヲ基礎トシテ利用スルコトヲ得、溢流水ヲ隣接流域中ニ放流シ得ル所デアル。餘水吐ノ斯クノ如キ配置ニ對スル都合ノ良イ地質的及ビ地形的狀況ガ見出サレルノハ屢デハナイ。

(75) 餘水吐容量 餘水吐容量ハ最大洪水量ニ依ツテ決定セラレル。餘水吐ニ對スル設計量ヲ與ヘルタメニ計算最大流量ニ安全率ヲ附加セネバナラヌ。餘水吐ノ普通ノ型式ハ廣頂堰ノ下ニ分類セラレテ居リ、此廣頂堰上ヲ流レル流量ハ次ノ通り。

$$Q = CLH^{3/2}$$

Q =流量、立方呎每秒

L =堰頂長、呎

H =堰頂上ノ水頭、呎

C =堰頂ノ形狀及ビ其上ノ水頭ニ關係スル定數、2.50~3.50

餘水吐堰頂ノ形狀が決定セラレ、所望流量が知ラレタナラバ、長サト水頭トノ間ノ關係ハ上式ニ依ツテ得ラレル。注意スペキコトハ長イ餘水吐ハ水頭ヲ減少シ、從ツテ貯水池築堤ノ高サヲ減少スルガ、一層多量ノ石工ヲ必要トスルコトデアル。最モ經濟的ナル餘水吐ノ長サハ築堤ト石工トゾ合成要素ニ對シテ最小工費ヲ與ヘル長サデアル。設計ハ地形的狀況ニ依ツテ限定セラレル。

拱 堤 堤

(76) 拱作用ノミヲ考慮スル場合 今迄ノ堰堤ニテハ堰堤ハ顛倒ニ對シテハ重力作用ノミニエ抵抗スルモノト假定シタ。若シ短キ堰堤ヲ其兩側部ヲ岩盤等ニ堅固ニ緊定シテ、之ニ銳キ曲線ヲ與フレバ顛倒ハ拱ノ作用ニテモ

亦抵抗セラレル。重力作用ニ依ル抵抗ヲ省略シテ各水平薄層ハ他薄層ト無関係ニ其レ自身ニ働く水壓ヲ支フルモノト假定スレバ、一米厚サノ薄層ニ於ケル水平圧應力ハ wdr デアル。

w =水ノ重量

d =水面以下此薄層迄ノ深サ

r =堰堤ノ曲率半徑

此壓力ガ薄層ノ斷面ニ一様ニ配布セラレルト假定スレバ、一平方米ニツキ

$$\text{テノ壓力} p \text{ハ} \quad p = \frac{wdr}{t}$$

$t=d$ ナル深サ=於テ壁ノ厚サ

p ノ一定ノ值ニ對シテ厚サ t ハ d ト共ニ變化スル。

$$t = \frac{wdr}{p} = \frac{w}{p} dr = kd\gamma, k = \text{定數}$$

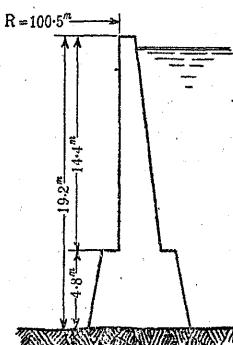
又 t ハ d ト共ニ變化スル、即チ銳キ曲線トスル程經濟的デアル。

(77) 重力及ビ拱作用 上記ノ拱作用ノ外ニ堰堤自身ノ重量ガ水壓ニ抵抗シテ顛倒セヌ様ニスルヲ以テ曲線堰堤ハ拱作用ト重力作用トヲ合セテ安定トナル。

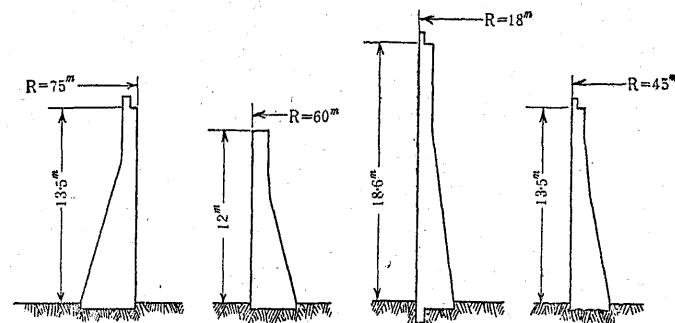
實際ノ設計方法、實際ノ設計ニハ次ノ三ツノ方法ガアル。

1. 堤堤ヲ直線トスル、即チ重力式トスル。
2. 狀況ガ許セバ堰堤ニ銳キ曲線ヲ與ヘ多少拱作用ニ信頼スル。
3. 重力堰堤ニ曲線ヲ與ヘ拱作用ヲ唯安全度ヲ附加スルモノト考ヘル。

相當ニ短キ堰堤ニテハ第三ノ方法ヲ最良トスル。長キ堰堤ニハ長キ半徑ノ曲線ヲ用ヒテ得ル利益ハ甚ダ僅少ニシテ曲線トスルタメ生ズル施工上ノ困難及ビ大ナル工費ヲ考フレバ其利ハ甚ダ小デアル。半径60米乃至90米位ヲ用ヒ得ル場合ノ甚ダ短キ堰堤ニハ第二ノ方法ヲ用



第85圖
ベアーザレード堰堤



第86圖 拱堰堤にゆー・さうす・うえーるす

セテ可デアル。

かりふおるにあノベー・ばれー堰堤ハ第85圖ノ通り。頂部ノ半徑ハ100.5米ニシテ、粗石積デアル。

第86圖ハにゆー・さうす・うえーるすノ種々ノ堰堤断面ヲ示スモノデ、拱作用ノミヲ基トシテ設計セラレタルモノデアル。第87圖(イ)ハ米國ばすぶいんだー堰堤デアツテ拱作用ト軸作用トニ關シテ設計セラレタルモノデアル。標準溫度及び標

準溫度以上

15° (華氏)

ニ對スル

壓力線ハ圖

示ノ通り。

(ロ)圖ハ南

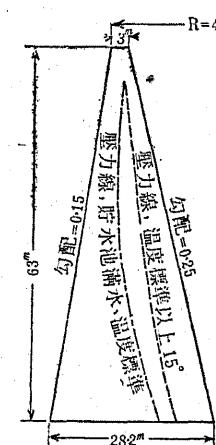
濠洲ノばろ

さ堰堤ヲ示

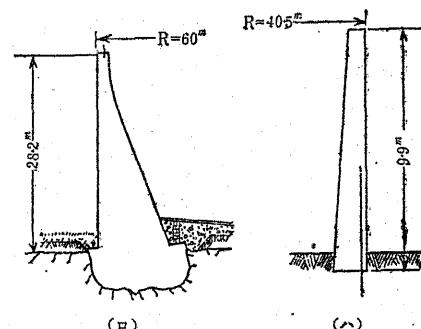
シ、(ハ)圖

ハ濠洲うー

りんぐ堰堤



(イ)



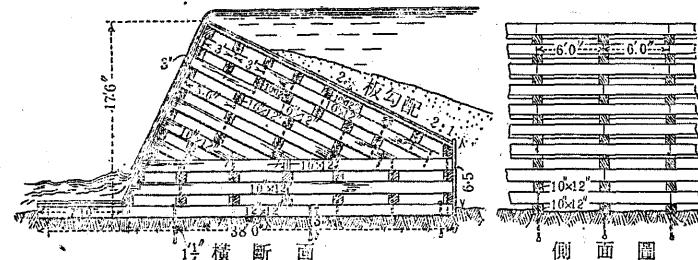
(ロ)

第87圖

ヲ示シ、上流面ノ半径ハ40.5メートルアツテ底面ニ於テ鉛直鐵筋ニ依ツテ固定セラレテ居ル。

木 堤 堤

(78) 木 堤 堤 木堤堤ハ粗朶、丸太、角材、板等ノ木材ヲ使用シテ造リタル堤堤ニシテ堅牢ヲ缺キ耐久力ニ乏シク一時的ノモノカ又ハ小規模ノモノノ外用ヒラレナイ。木堤堤ハ材料ヲ精選シ構造宜シキヲ得ル時ハ20~30年間ノ使用ニ堪フルモ多クハ洪水ノタメ壽命ヲ全ウセズシテ破壊セラレルニ至ルモノデアル。



第88圖 べあー河堤

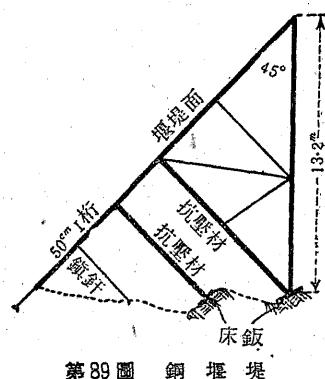
第88圖ハベアーロード堤ニシテ灌漑用ノタメニ分水スル目的デ設ケラレタルモノニテ基礎ハ堅固ナル岩石ニテ之ニばるとニテ木材ヲ繋著シタモノデアル。凡テ木材ノ寸法ハ25厘×30厘デアル。内部ニハ石ガ充满シ、重キ土ノ層ガ後部ニ築カレテ水ノ滲透ヲ防止スル様ニナツテ居ル。

鋼 堤 堤

(79) 鋼 堤 堤 鋼堤堤ハ鐵骨ニ鐵板ヲ張リタル堤堤ニシテ貯水、溢流ノ兩方式ニ用ヒラレル。鐵材ハ腐蝕ヲ防グタメ年々塗料ヲ施サネバナラヌ。又保存年數ニ於テモ石工、鐵筋こんくりーと工等ニ比シ遜色ガアル。特ニ我國ノ如キハ鐵材ニ乏シケレバ特殊ノ場合ニアラザレバ建設スルコトガ少ナイ。

第89圖ハ米國アリゾナ州アツシユ・フオーカーに建設セラレタル高サ13.8メートル、長サ55.2メートルノ鋼堤堤ニシテ上流面ハ一割ノ勾配ニテ2.4メートル間隔ニ設ケラレタル50厘ノI桁ヲ骨トシ其突縁ニ幅267厘、厚サ9.5耗ノ鋼板ヲ鍛結シタルモノデアル。鋼板ノ長サハ2.4メートルニシテ半径2.25メートル曲面ヲ成ス。

斯クノ如キ型式ガ有スル大ナル利益ハ應力ヲ正確ニ計算スルコトヲ得、尙安定度ハ上流面ノ滲透性ニ全ク無關係ナル事デアル。之ニ反シテ主ナル不利ハ維持費大ナルコト、耐久性ニ缺乏セル事デアル。

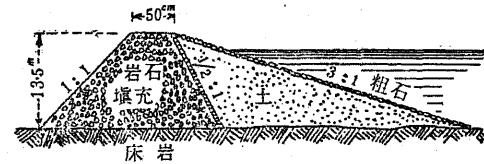


第89圖 鋼堤

石塊 堤 堤

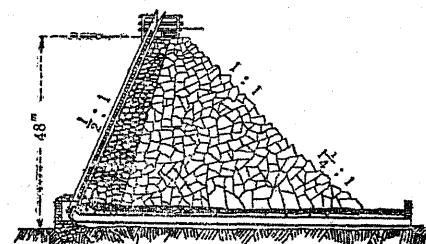
(80) 石塊 堤 堤

第90圖ハ石塊堤堤ノ一例ニシテ一般ニ其表面勾配ハ土堤堤ヨリ少シク急ナルモノ多ク普通1割乃至2割デアル。



第90圖 べこす堤

第91圖ハカリ・フオーラニアノえすこんでいど堤堤ニシテ木ノ板ヲ水際ニ張ツタモノデアル。高サ22.8メートルニテ流出口ハこんくりーと中ニ敷設シタル60厘鍛鐵管ニシテ上流端ニ瓣ヲ有スル。



第91圖 エスコンディド堤