

第十三編

河海及衛生工論

第十三編 河海及衛生工論

第一章 貯槽及溜池

第一節 總說

液體 (Liquid) = 對スル膠灰混凝土ノ感覺遲鈍ナルト其工費比較的低廉ナル爲メ近來酒造業、洗濯業、染物業、製紙業、石鹼製造業、揉皮業、製糖業、製鹽業、瓦斯工業、上下水道事業等ニ貯槽 (Tank) 若クハ溜池 (Reservoir) トシテ鐵筋混凝土ノ應用頗ル廣汎ナルモノアリ此等貯藏ニ對スル重要ナル問題ハ其内側ニ於ケル塗抹ニ依リテ完全ニ液體ノ滲透ヲ防止スルニアリ塗抹材料ハ一般ニ膠泥ヲ使用ス其配合ハ 1:1 ノ如キ優良ナルモノタル可シ砂ハ細粗粒混合ノモノヲ良シトシ細粒ノミノモノハ之ヲ避ク可シ更ニ水硬石灰ヲ混合スルトキハ其成績一般ニ良好ナリ其配合ハ液體ノ種類、壓力ノ程度ニ依リテ一定セザルモ膠灰：砂：水硬石灰ノ比ハ略ボ $1:2:\frac{1}{2}$, $1:3:1$, 若クハ $1:5:1\frac{1}{2}$ タル可シ更ニ第二編第六章ノ各節ニ説明セル各防水劑ヲ混合セルモノ亦有效ナリトス。

貯槽ノ斷面ハ圓形、矩形及多角形ノ各種アリ、靜力的ニハ圓形最も便利ナリコレ液體ノ法線壓力ノミヲ受クルヲ以テナリ矩形若クハ多角形ニアリテハ法線壓力ノ外彎曲作用ヲ受クルノミナラズ水密ノ確保及施工ノ方法共ニ困難ナリ然レドモ屋内ニ備フル貯槽ニアリテハ室積ノ節用上矩形ヲ採用スルカ若クハ同大ナル貯槽ノ集團ヲ設計スル場合ニハ六角形ヲ並列スルヲ便利ナリトス矩形ハ更ニ其壁長大ナルトキニハ彎曲力率ヲ輕減スル爲メニ

間仕切壁 (Partition) を添加スルコトアリ貯槽ノ蓋版ハ穹窿拱床版若クバ丁形版トス若シ其徑間大ナルトキハ中間支柱ノ設備ヲ要スルコトアリ貯槽ノ位置高キヲ要スルコトキハ壁塔若クバ鐵骨檣形上ニ安置セシメ工場ニアリテハ屢々煙突ノ中間ニ之ヲ支持セシムルコトアリ。

鐵筋混凝土貯槽若クバ溜池ハ半球狀ノモノニアリテハ容量 132000 我倫水深 20' 内外ノモノアリ圓筒狀ニアリテハ容量 660000 我倫ニ達シ近キ將來ニ於テ 2000000 我倫深サ 40' 迄ハ建造ノ見込アリト云フ矩形貯槽ハ今猶使用セラレ一槽ノ容量約 66000 我倫深サ 10' 内外迄ハ實施ニ係ルモノアルモ深サ 15' 以上ハ壁厚及水密ノ點ヨリ一般ニ不經濟ナリ但シ沈澱池、濾過池若クバ配水池ニアリテハ主トシテ矩形ヲ用ヒ其容量亦無制限ナリ其算法ハ一般ニ擁壁ニ準ジテ之ヲ行フ可シ猶本章第七節ヲ參照ス可シ。各種貯槽ニアリテハ其水密度ヲ維持スルコト最モ重要ナルハ言フヲ待タズ而シテ鐵筋ガ張力ヲ受クル場合混凝土モ共働作用ヲ受クルヲ以テ其變形量大ナル時ハ假令上塗ヲ完全トスルモ多少ノ裂罅ヲ生ズルヲ免レズ故ニ鐵筋ノ許容應力ハ普通構造物ノ如ク之ヲ取扱フコト能ハズ通例從來ノ經驗ニ基キ 8000 乃至 9000*/sq"ト假定スルヲ常トス。

第二節 圓筒形貯槽。

圓筒形貯槽 (Cylindrical tank) ニ於テ其直徑ト深サトノ經濟的關係ヲ求ムルニハ $d = \text{直徑}, h = \text{壁高}, V = \text{容積}, S = \text{壁體ノ}$

表面積トセバ $V = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot h, h = \frac{4V}{\pi \cdot d^2}$ 從ツテ

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + \pi \cdot d \cdot h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + \frac{4V}{d}$$

故ニ今同容積ニ對スル最小壁體ノ面積ヲ求メントセバ

$$\frac{dS}{dd} = \frac{\pi \cdot d}{2} - \frac{4V}{d^2} = 0 \quad \text{即チ}$$

$$\left. \begin{aligned} d &= 2 \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}} = 1,366 \sqrt[3]{V} \\ h &= \frac{\sqrt[3]{V}}{\sqrt[3]{\pi}} = \frac{d}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1541)$$

今簡單ニ周壁ト底版トノ工費單價ヲ同一ト見做ストキハ h ナル高サニ對スル最大容積ハ

$$V_{max} = \frac{\pi \cdot d^3}{4} \cdot h = \pi \cdot h^3 \dots\dots\dots(1542)$$

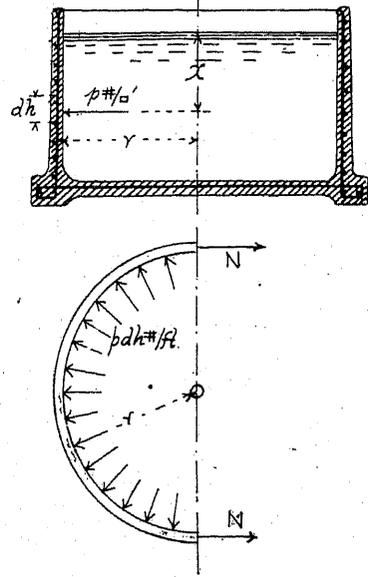
假令バ深サ 10' ノ貯槽ニアリテハ其最大容積 3142 立方呎直徑 20' トナル可シ同様ニ蓋版ヲ有スルモノニ於テ其工費單價周壁若クバ底版ト同一ナリト見做ス時ハ

$$\left. \begin{aligned} d &= \frac{\sqrt[3]{4}}{\sqrt[3]{\pi}} \sqrt[3]{V} = 1,084 \sqrt[3]{V} \\ h &= \frac{\sqrt[3]{4}}{\sqrt[3]{\pi}} \sqrt[3]{V} = d \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1543)$$

$$V_{max} = \frac{\pi \cdot h^3}{4} = 0,785 h^3 \dots\dots\dots(1544)$$

圓筒形貯槽ノ鐵筋配置ハ第一千三百九十六圖ノ如ク圓周鐵筋 (Ring bar) 及垂直鐵筋 (Vertical bar) ヨリ成ル若シ貯槽ガ地中ニ埋設セラル、場合ニハ周壁ハ内方ヨリハ液體壓力ヲ受ケ外方ヨリハ地壓ヲ受ク可ク何レモ壁體ニ法線方向ヲ爲シテ働ク可シ從ツテ圓周ニ切線ノ方向ニ張力若クバ壓力ヲ與フ可シ今貯槽内ノ液體

第一千三百九十六圖



ヲ水ト假定シテ之ヲ論ゼンニ水面ヨリノ或深サ w = 於ケル水壓ヲ p トシ水ノ一立方呎ノ重量ヲ w トセバ $p = w \cdot w' / \alpha'$ トナル可シ水槽ハ内方ヨリ水壓外方ヨリ土壓ヲ受クルモ鐵筋ニ受クル應力ヲ定ムルニハ内方ヨリノ水壓ノミヲ受クルモノト考フ然ル時ハ圓筒ハ張力ヲ受ク可シ今第一千三百九十六圖ニ於テ水槽内或一點ノ高サ $1'$ = 於ケル張力ヲ N' トシ直徑ノ方向ニ垂直斷面ヲ引ク時ハ dh ナル斷面ニ働ク張力

ハ $N \cdot dh$ トナル可シ此張力ハ水壓ト平衡ヲ保持セザル可ラズ而シテ後者ノ値ハ周邊ノ長サ $1'$ = 付キ $p \cdot dh$ ニシテ其斷面ニ於ケル總水平分力ハ $p \cdot dh \cdot 2r$ ナリ故ニ

$$2 N \cdot dh = p \cdot dh \cdot 2r \quad \text{從ツテ}$$

$$N = p \cdot r' / ft \quad \dots\dots\dots(1545)$$

之ニ依リテ圓筒ノ各點ニ於ケル圓周應力量ヲ算出スルコトヲ得可シ今鐵筋ノ許容應力ヲ σ_s トセバ其高サ $1'$ = 要スル鐵筋ノ量ハ

$$A_s = \frac{N}{\sigma_s} \quad \text{トナル可シ}$$

貯槽ノ壁厚ハ混凝土ノ應張力及伸張率ニ準ジテ其最小値ヲ定ム可シ今 $\frac{E_s}{E_c} = n$, 壁厚 = t トセバ單位帶幅 b = 對スル貯槽斷面ハ

$$A_s = b \cdot t (1 + n \cdot q) \quad q = \text{混凝土斷面ニ對スル鐵筋斷面率}$$

而シテ鐵筋ノ張力ハ

$$T = \sigma_s \cdot A_s = \sigma_s \cdot q \cdot b \cdot t$$

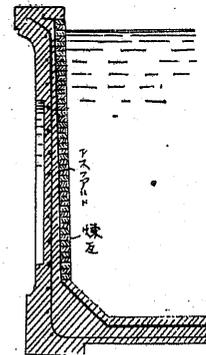
混凝土モ同様此張力ヲ受クルモノトセバ混凝土ノ應張力度ハ

$$C_c = \frac{T}{A_c} = \frac{\sigma_s \cdot q \cdot b \cdot t}{b \cdot t (1 + n \cdot q)} = \frac{\sigma_s \cdot q}{1 + n \cdot q} \quad \dots\dots\dots(1546)$$

或ハ $q = \frac{C_c}{\sigma_s - n \cdot C_c} \quad \dots\dots\dots(1547)$

此 q ヲ適用シテ $t \geq \frac{A_s}{q \cdot b}$ ヨリ水槽ノ厚サヲ定ムルコトヲ得可シ但シ實際ニ使用セルモノハ直徑 20' 内外、深サ 15' 以下ニアリテハ周壁下部ノ厚サ 8" 乃至 12", 上厚 4" 乃至 6" 内外タル可シ而シテ周壁ト底版トノ接合點ハ急角度ヲ避ケ曲線ヲ用キテ周壁ノ厚

第一千三百九十七圖



サヲ遞増ス可シ更ニ應力ノ分配ヲ均等ナラシムル爲メ相當間隔ニ堅筋ヲ使用シテ輪材ト合セテ網狀ヲ組織スルコト必要ナリ

圓筒形貯槽ノ水密ヲ維持スル爲メ屢々其内側及底邊ニハ一面ニ「アスファルト」ヲ塗り其剝落ヲ防グ爲メ垂直ノ部分ハ半枚厚煉瓦ヲ張り底邊ハ膠泥若クハ混凝土ヲ以テ之ヲ押ユ可シ第一千三百九十七圖ハ其構法ノ一斑ヲ示スモノナリ

第三節 球形貯槽

先ヅ回轉曲面 (Surface of revolution) ヨリ成ル一般貯槽ニ就キテ其圓周應力 (Ring stress) 及子午線應力 (Meridian stress) ヲ求ムル簡易方法ヲ述ブ可シ今第一千三百九十八圖ニ於テ

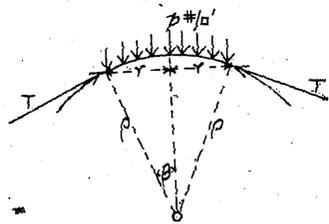
此外力ハ貯槽ノ子午線應力 T ト平衡ヲ保タザル可ラザルヲ以テ

$$2\pi\rho T = \frac{1}{3}\pi w\rho^3$$

故ニ $T = w \cdot \frac{\rho^2}{6}$ (1550)

此 T ノ値ハ單ニ内方液壓ノミニ就キテ得タルモノニシテ外方土壓ヲ考エザル場合ノモノナリ外方土壓ノ影響ハ全ク同一ノ方法ニテ取扱ヒ得可ク只子午線構材ニハ應壓力ヲ生ズルノ差アルノミ故ニ土壓液壓共ニ働ク時ハ槽壁ニ來ル應力ハ正ニ其差トナル可キヤ明カナリ若シ土壓ヨリ來ル影響ヲ無視シテ液壓ノミヨリノ應力ニ對シテ鐵筋ノ寸法ヲ定メ置ク時ハ貯槽内ノ空虛ニシテ外方土壓ノミノ影響ヲ受クル場合ニ於テモ一般ニ充分安全ナル可シ。

第一千四百圖



次ニ貯槽ノ頂點ニ於ケル子午線應力ヲ求メンニ若シ頂點閉塞サレ液體ガ頂點マデ充滿セル場合ニハ頂點ニハ一モ液壓ナキヲ以テ頂點土壤ヲ以テ掩ハレ其水平投影面ヘ p^*/ρ' ノ荷重ヲ與フル時ハ第一千四百圖ノ如ク

$$2\pi r T \sin \beta = \pi r^2 p$$

然ルニ $r = \rho \sin \beta$ ナルヲ以テ

$$2\pi \rho \sin \beta T \sin \beta = \pi \rho^2 \sin^2 \beta p$$

故ニ $T = \frac{p\rho}{2}$ (1551)

ナル壓力ヲ生ズ可ク此ニ依リテ頂點ニ於ケル寸法ヲ決定スルコ

トヲ得可シ。

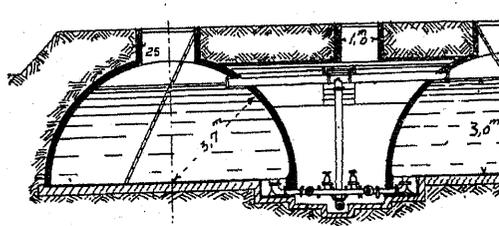
次ニ槽底ニ於ケル圓周應力ヲ求メンニ (1549) 式中 $r = \rho \sin \beta$ ナルヲ以テ $R = -T + p\rho$

槽底ニ於ケル p ナル液壓ハ槽内ニ液體充滿セル場合ニハ $w\rho^*/\rho'$ ナルヲ以テ $R = -T + w\rho^2$

更ニ $T = w \frac{\rho^2}{6}$ ナルヲ以テ

$$R = -\frac{w\rho^2}{6} + w\rho^2 = \frac{5}{6}w\rho^2 \text{ */ft (張力)} \dots\dots\dots(1552)$$

第一千四百一圖



同様ニ頂點ニ於ケル圓周應力ハ液壓ニ對シテハ前ト同ジク $R=0$, 土壓ニ對シテハ (1549) 式ヨリ

$$T - p\rho = -R \cdot \frac{\rho \sin \beta}{r}$$

$$r = \rho \sin \beta, T = \frac{p\rho}{2}$$

ナルヲ以テ

$$R = -\frac{p\rho}{2} + p\rho = \frac{p\rho}{2}$$

..... (1553)

斯クノ如ク頂點及底點ノ

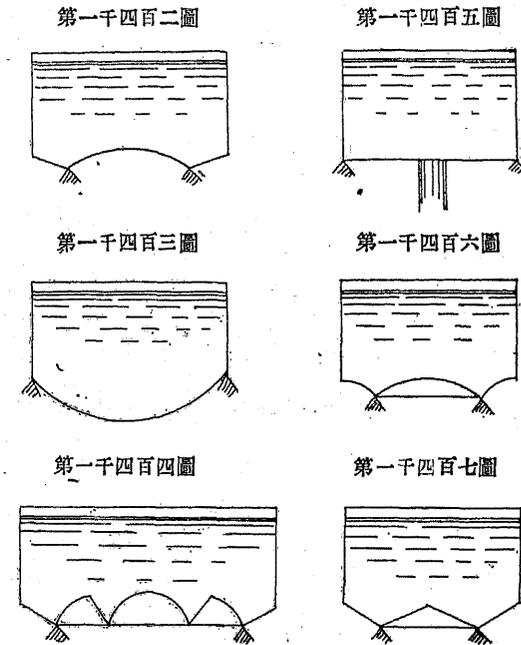
應力ヲ知ル時ハ其中間各部ノ應力ハ之ニ比例シテ容易ニ之ヲ求ムルコトヲ得可シ。

球形貯槽ハ淨水池トシテ其應用尠カラズ第一千四百一圖ハ獨國「ピルモント」(Pyrmont) 水道ニ使用シタルモノ、一例ヲ示シ其二

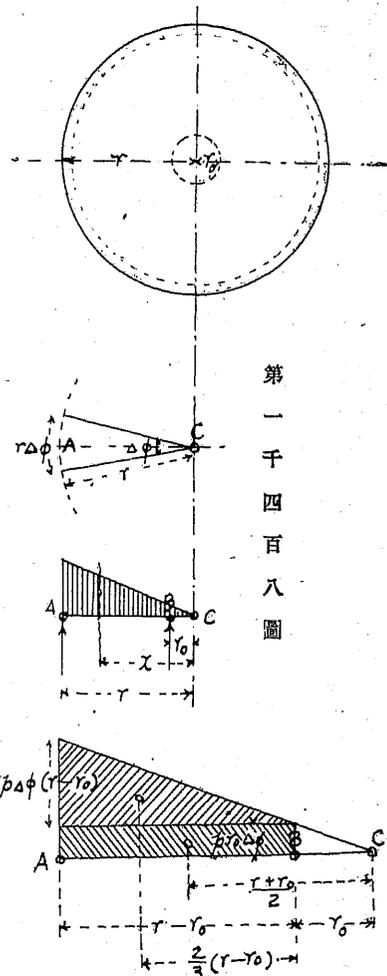
個ノ總貯水量 400 立方米突ヲ算ス.

第四節 高架式圓筒形貯槽ノ底版.

高架式圓筒形貯槽ノ構法ハ第一千四百二圖以下第一千四百七



圖ノ如ク種々ノ様式アリ側邊ハ圓筒狀ヲ爲シ底邊ハ平面若クハ回轉曲面ヲ爲ス今茲ニハ二三標準的ノモノニ就キテ其應力ノ配布ヲ論ズ可シ第一千四百五圖ハ特殊ノ場合ニ用キラレ圓筒ノ底邊ニ沿フテ支壁ヲ有シ更ニ中央支塔ヲ有スルモノニシテ斯クノ如キ場合ニハ底受桁ハ放射狀ヲ爲シテ之ヲ配置ス今第一千四百八圖ニ於テ底邊ニ來ル液重ヲ p^*/σ' トセバ A 點ニ



於ケル荷重ハ $p.r.\Delta\phi^*/fl$, B 點ニテハ $p.r_0\Delta\phi$. 故ニ A 及 B ナル支點反應力ヲ求ムルニハ C 點ニ關スル力率ヲ取レバ

$$A.r + B.r_0 = p.r_0.\Delta\phi.(r-r_0).\frac{r+r_0}{2} + \frac{1}{2} p.\Delta\phi.(r-r_0).(r-r_0)$$

$$\left[\frac{2(r-r_0)}{3} + r_0 \right] = \frac{1}{3} p.\Delta\phi.(r-r_0).(r^2+r.r_0+r_0^2)$$

更ニ

$$A+B = \frac{p.r.\Delta\phi + p.r_0.\Delta\phi}{2} .(r-r_0) = \frac{1}{2} p.\Delta\phi.(r^2-r_0^2)$$

此二式ヨリ

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{1}{6} p.\Delta\phi.(2r^2-r.r_0-r_0^2) \\ B &= \frac{1}{6} p.\Delta\phi.(r^2+r.r_0-2r_0^2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1551)$$

A, B ノ値ヲ知レバ各點ニ於ケル彎曲力率ハ容易ニ之ヲ見出スコトヲ得

底版ノ必要ナル厚ハ $h-a = a\sqrt{\frac{M}{b}}$ ナルヲ以テ $\frac{M}{b}$ ノ最大值ヲ

知レバ $h-a$ ノ最大值ヲ求ムルコトヲ得可シ今 x 點ノ力率ハ

$$M_x = \frac{1}{6} p.\Delta\phi.(x-r_0).(r^2+r.r_0-r_0x-x^2)$$

$$b_x = x.\Delta\phi$$

ナルヲ以テ

$$\frac{M_x}{b_x} = \frac{\frac{1}{6} p.(x-r_0).(r^2+r.r_0-r_0x-x^2)}{x} \dots\dots\dots(1552)$$

而シテ $\frac{M_x}{b_x}$ ノ最大值ハ $\frac{d\left(\frac{M_x}{b_x}\right)}{dx} = 0$ 即チ

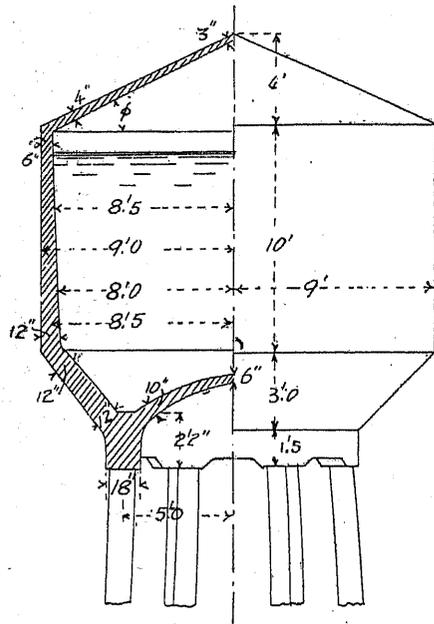
力ニシテ其値 $R = \frac{p}{\sin \beta} \cdot r$ ナリ之ニ依リテ必要ナル鐵筋數ヲ
求ムルコトヲ得可シ。

第一千四百十圖ハ高架式「インツ」式貯槽ノ一般構法ヲ示スモノ
ニシテ鐵筋混凝土周壁上ノ支點ニハ屢々字形桁ヲ併用スルコト
アリ。

例題第百二十二. 容量 15000 米瓦倫ノ「インツ」式圓筒形貯水槽
ヲ設計シ其應力ヲ計算セヨ。(第一千四百十一圖)。

● 答. 15000 米瓦倫 = 2010^{ft}³

第一千四百十一圖



故ニ内徑 16', 高サ 10', ノ圓筒
形トス

I) 天幕式屋根.

厚サ頂點 3'', 緣端 4'' トシ屋根
ノ高サ $h = 4'$, 徑間 $2r = 17.5'$ ト
ス從ツテ屋根ノ斜長

$$s = \sqrt{4^2 + 8.75^2} = 6',62$$

屋根ノ勾配ヲ ϕ トスレバ

$$\sin \phi = \frac{4}{9,62} = 0,416$$

$$\cos \phi = \frac{1,75}{2,9,62} = 0,909$$

更ニ雪重 20^{#/ft}, 風壓 40^{#/ft} ト假

定セバ

$$\text{死重 } \frac{4+3}{2,12} \cdot 150 = 43,8^{\#}/\text{ft}'$$

然ル時ハ死重應力ハ (1379) 式及 (1381) 式ニ據リ

$$\text{子午線應力 } T = \frac{43,8 \cdot 9,62^2}{2,4} = 506^{\#}/\text{ft}.$$

$$\text{圓周應力 } R = \frac{43,8 \cdot 8,75^2}{4} = 839^{\#}/\text{ft}.$$

雪重應力ハ (1383) 式及 (1385) 式ニ據リ

$$T = \frac{20,8,75}{2,0,416} = 210^{\#}/\text{ft}.$$

$$R = \frac{20,8,75^3}{4,9,62} = 348^{\#}/\text{ft}.$$

風壓ニ對シテハ (1388) 式及 (1389) 式ニ據リ

$$T = \frac{40,0,416 \cdot 8,75}{2} = 73^{\#}/\text{ft}.$$

$$R = 40,0,416 \cdot 0,909^2 \cdot 8,75 = 120^{\#}/\text{ft}$$

故ニ

$$T_{max} = 506 + 210 + 73 = 789^{\#}/\text{ft}.$$

$$R_{max} = 839 + 348 + 120 = 1307^{\#}/\text{ft}.$$

屋根ノ緣端ニ於ケル子午線應力ニ依リテ生ズル圓周應力ハ

$$T \cdot \cos \phi \cdot r = 789 \cdot 0,909 \cdot 8,75 = 6276^{\#}/\text{ft}.$$

之ニ圓周應力 T ヲ加フル時ハ

$$\text{全圓周應力} = 1307 + 6276 = 7583^{\#}/\text{ft}.$$

今 $\sigma_s = 8000^{\#}/\text{in}^2$ トセバ所要鋼材斷面積ハ

$$\frac{7583}{8000} = 0,95^{\text{in}^2}/\text{ft}.$$

即チ 3'' 匚, 重量 5,0^{#/ft} (此斷面積 1,49ⁱⁿ) ノモノ一片ヲ使用ス.

II) 水槽側壁.

側壁ハ高サ 10', 厚サ上部ニ於テ 6'', 下部ニ於テ 12'', 水槽下部ニ

於ケル直徑 17' トシ水槽内ハ之ヲ滿水セルモノト假定ス。

$$\text{最大水壓度} = 62.5 \cdot 10 = 625^*/\text{ft}'$$

故ニ水壓ニ依ル最大圓周應力

$$R = 625 \cdot \frac{17}{2} = 5313^*/\text{ft}$$

子午線應力ヲ求ムルニ當リテ考慮ス可キ荷重ハ屋根及側壁ノ自重、屋根上ノ雪重及風壓之レナリ而シテ側壁自重以外ノ荷重ニ依ル子午線應力ハ明カニ

$$T_{max} \sin \phi = 789.0,416 = 328^*/\text{ft}$$

ニシテ側壁自重ニ依ル子午線應力ハ

$$\frac{6+12}{2.12} \cdot 10.150 = 1125^*/\text{ft}.$$

故ニ全子午線應力 = 328 + 1125 = 1453^*/ft.

水槽側壁下部ニ於ケル水平鐵筋ノ量ハ上掲圓周應力ニ拮抗シ得ル爲メ

$$\frac{5313}{8000} = 0,664^{\square}/\text{ft}.$$

ヲ要ス即チ $\frac{3}{4}$ " 圓錐ヲ 6" 毎ニ配置ス可シ(此斷面積 0,8836[□])

III) 側壁肱部

肱部ハ其傾斜 $\beta = 45^\circ$ トシ上端ノ直徑 17', 下端直徑 10' トス而シテ水深ハ上端ニ於テ 10', 下端ニ於テ 13' ナルヲ以テ

$$\text{平均水壓} = 62.5 \cdot 12 = 75^*/\text{ft}'$$

トシ平均半徑ヲ 6',5 ト假定セバ水壓ニ依ル平均圓周應力ハ

$$\frac{p \cdot r}{\sin \beta} = \frac{75.6,5}{\sin 45^\circ} = 689^*/\text{ft}.$$

4) 肱部上端

水壓ニ依ル圓周應力 = 689^*/ft.

側壁以上ノ部分ヨリノ荷重ニ依ル圓周應力ハ

$$P = 1453^*/\text{ft}, \quad \cot \beta = 1,00, \quad r_2 = 8',5 \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$R = P \cdot \cot \beta \cdot r_2 = 1453 \cdot 1,0 \cdot 8,5$$

$$= 12350^*/\text{ft}.$$

全圓周應力 = 689 + 12350

$$= 13039^*/\text{ft}.$$

側壁以上ノ部分ヨリノ荷重ニ依ル子午線應力ハ

$$T = \frac{P}{\sin \beta} \quad (\sin \beta = 0,707)$$

$$= 1453 \div 0,707 = 2055^*/\text{ft}.$$

水平鐵筋ノ必要量ハ圓周應力ヨリ

$$\frac{13039}{8000} = 1,63^{\square}/\text{ft}.$$

即チ $\frac{3}{4}$ " 圓錐ヲ 3" 間隔ヲ以テ配置ス可シ(此斷面積 1,767[□])

B) 肱部下端

水壓ニ依ル圓周應力 = 689^*/ft.

$$\text{更ニ 肱部自重} = \pi \cdot 13.1,0 \cdot \frac{3}{\sin 45^\circ} \cdot 150 = 25990,8^*$$

$$\text{側壁以上ノ荷重} = 1453 \cdot \pi \cdot 17,0 = 77600^*$$

ナルヲ以テ之ニ依リテ生ズル圓周應力

$$= (25991 + 77600) \frac{1,0.8,5}{\pi \cdot 10} = 28028^*/\text{ft}.$$

故ニ總圓周應力 $R = 689 + 28028 = 28717^*/\text{ft}.$

所要鐵筋斷面積ハ

$$\frac{28717}{8000} = 3,57^{\square}/\text{ft}.$$

即チ $1\frac{1}{8}$ 圓鋸ヲ 3" 間隔ニ配置ス可シ(此斷面積 3,976[□])

水槽内ノ滿水ニ依ル子午線應力ヲ求メンニハ

$$G = 12.201,06.62,5 = 150795^*$$

$$W = 12.78,54.62,5 = 58905^*$$

$$r = 5, \quad \sin \beta = 0,70711$$

ナルヲ以テ(1556)式ニ據リ

$$T = \frac{G - W}{2\pi r \sin \beta} = \frac{150795 - 58905}{2.3,1416.5.0,70711} = 4136,5^*/ft.$$

側壁以上ヨリ來ル荷重ニ依ル子午線應力ハ

$$T = 2055 \cdot \frac{\pi.17}{\pi.10} = 3494^*/ft.$$

總子午線應力 = 4136 + 3494 = 7630^{*}/ft.

IV) 中央凸曲面部

此部分ノ直徑 10', 中央ニ於ケル隆起 2' トセバ曲面半徑ハ

$$\rho = \frac{2}{2} + \frac{10^2}{8.2} = 7,5$$

A) 曲面上部

平均水壓 $p = 75^*/\square'$ ト假定セルヲ以テ

$$T = R = \frac{p \cdot \rho}{2} = \frac{75.7,5}{2} = 281^*/ft.$$

B) 曲面下部

$$T = 281^*/ft.$$

$$R = \frac{5}{6} p \cdot \rho = \frac{5}{6} \cdot 75.7,5 = 469^*/ft.$$

何レモ應壓力ナルヲ以テ採算上鐵筋ヲ要セス.

V) 支輪桁及支柱.

之等ノ計算ニツキテハ第八節ニ於テ其算式ヲ説明シタル後ニ讓ル可ク其詳細ハ例題第二百二十三ニ就キテ之ヲ見ル可シ.

第五節 多角形貯槽.

今第一千四百十二圖ノ如ク l 及 b ナル側邊ヨリ成ル對稱多角形貯槽ヲ考フルニ其靜力的不定量ハ隅點ニ於ケル彎曲力率 M' ナルヲ以テ最小働作ニ關スル一般條件式

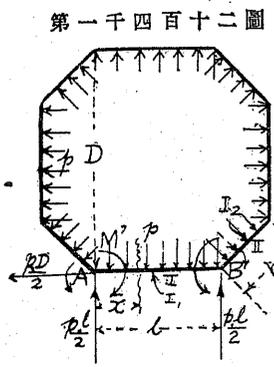
$$\int \frac{M}{E.I} \cdot \frac{\partial M}{\partial M'} dx + \int \frac{N}{E.A} \cdot \frac{\partial N}{\partial M'} dx = 0$$

ヲ解キテ M' ノ値ヲ定ムルコトヲ得可シ但シ實際ニハ第二項ノ影響ハ小ナルヲ以テ之ヲ無視スル時ハ構材 AB 中其終端ヲ去ル x ナル或一點ニ於テハ

$$M_x = M' + \frac{p.l}{2} \cdot x - p \cdot \frac{x^2}{2}$$

故ニ $\frac{\partial M}{\partial M'} = 1$. 今 E ヲ常數, I ヲ夫々 I_1 及 I_2 トセバ AB 材

ニ於ケル働作ノ微分値ハ



$$\frac{1}{E.I_1} \int_0^l \left(M' + \frac{p.l.x}{2} - \frac{p.x^2}{2} \right) dx = \frac{1}{E.I_1} \cdot \left(M'l + \frac{l^3}{12} \cdot p \right)$$

同様ニ BC 材ニ對シテハ

$$M_x = M' + \frac{p.b}{2} \cdot x - \frac{p.x^2}{2} \quad \frac{\partial M}{\partial M'} = 1.$$

故ニ BC 材ニ於ケル働作ノ微分値ハ

$$\frac{1}{E.I_2} \int_0^b \left(M' + \frac{p.b.x}{2} - \frac{p.x^2}{2} \right) dx = \frac{1}{E.I_2} \cdot \left(M'.b + \frac{b^3}{12} \cdot p \right).$$

今多角形ハ AB 材及 BC 材ノ數各々 n 個ヨリ成ルモノトセバ

$$\frac{n}{E.I_1} \cdot \left(M' \cdot l + \frac{p \cdot l^3}{12} \right) + \frac{n}{E.I_2} \cdot \left(M' \cdot b + \frac{p \cdot b^3}{12} \right) = 0$$

故 =
$$M' = \frac{\frac{l^3}{I_1} + \frac{b^3}{I_2}}{\frac{l}{I_1} + \frac{b}{I_2}} \cdot \frac{p}{12} = - \frac{l^3 \cdot I_2 + b^3 \cdot I_1}{l \cdot I_2 + b \cdot I_1} \cdot \frac{p}{12} = - \frac{l^3 + b^3}{l + b} \cdot \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{p}{12}$$

$\frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{b}{l} = \nu$ ト置ク時ハ

$$M' = - \frac{p}{12} \cdot \frac{l^2 + b^2 \cdot \nu}{1 + \nu} \dots\dots\dots(1557)$$

故 = AB 及 BC 材ノ中央ニ於ケル最大彎曲力率ハ夫々

$$\left. \begin{aligned} M_D &= M' + \frac{l^2}{8} \cdot p \\ M_E &= M' + \frac{b^2}{8} \cdot p \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1558)$$

更 = $I_1 = I_2$ トセバ

$$M' = - \frac{l^3 + b^3}{l + b} \cdot \frac{p}{12}$$

$$M_D = \left(\frac{l^2}{2} + l \cdot b - b^2 \right) \cdot \frac{p}{12}$$

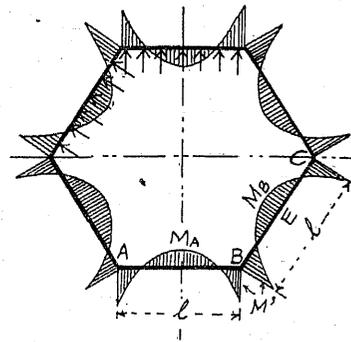
$$M_E = \left(\frac{b^2}{2} + l \cdot b - l^2 \right) \cdot \frac{p}{12}$$

$l > b$ ナル場合ノ可能最大彎曲力率ハ

$$\frac{\partial \left(\frac{l^2}{2} + l \cdot b - b^2 \right)}{\partial b} = 0 \quad \text{即チ } b = \frac{l}{2} \text{ ノ場合ニ起リ}$$

$$max M_D = \frac{p \cdot l^2}{16} \dots\dots\dots(1559)$$

第一千四百十三圖



第一千四百十三圖ノ如キ六角形貯槽ノ場合ニハ $l = 6$ ナルヲ以テ

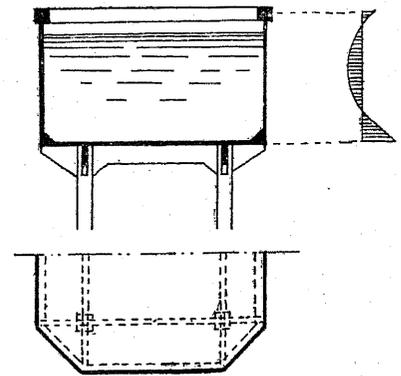
$$\left. \begin{aligned} M' &= - \frac{p \cdot l^2}{12} \\ M_D = M_E &= \frac{p \cdot l^2}{24} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1560)$$

圓筒形貯槽ハ無數多邊形ヨリ成ルモノト見做シ得可キヲ以テ $l = 0$ 從ツテ $M' = 0, M = 0$ 即チ一モ彎曲力率ヲ

生ズルコトナク單ニ $N = -p \cdot r$ ナル張力ノミヲ受クルコト、ナル可シ。

貯槽ノ深サ小ナル時ハ屢々第一千四百十四圖ノ如キ構法ヲ取ル方經濟的ナルコトアリ即チ上部ハ強硬ナル多角形框材トシ前法ニ從ツテ其寸法ヲ計算ス可ク周壁ハ上下ニ緊定セラレタル床版ト考エ圖ノ如キ彎曲力率ヲ受クルモノトシテ

第一千四百十四圖

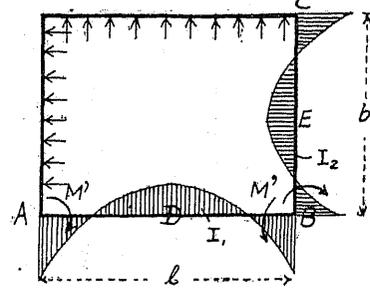


垂直補強鐵筋ヲ置キ水平材ハ之ヲ配力材トシテ取扱フモノトス。一般ニ多角形貯槽ノ直徑 6' 乃至 25' 迄ハ其周壁ノ厚サハ直徑ノ $\frac{1}{12}$ 乃至 $\frac{1}{40}$ ト撰定ス可シ。

第六節 矩形貯槽。

矩形貯槽ハ前節ニ説述セル多角形ノ特例ナルヲ以テ今第一千四百十五圖ニ於テ $b = m \cdot l$ トセバ(1557)式ヨリ

第一千四百十五圖



$$M' = M_A = M_B = -\frac{1+m^3 \cdot \frac{I_1}{I_2}}{1+m \cdot \frac{I_1}{I_2}} \cdot \frac{p}{12} \cdot l^2$$

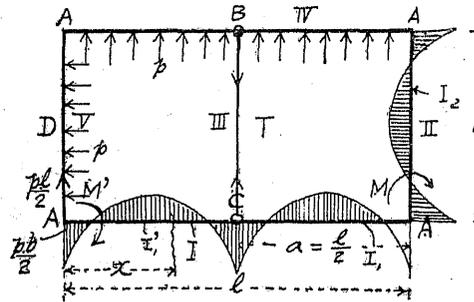
$$= -\frac{l^2 + b^2 \nu}{1 + \nu} \cdot \frac{p}{12}$$

$$\left. \begin{aligned} \max M_D = M' + \frac{l^2}{8} \cdot p \\ \max M_E = M' + \frac{b^2}{8} \cdot p \end{aligned} \right\} \dots\dots(1561)$$

方形ノ場合ニハ

$$\left. \begin{aligned} M' &= -\frac{1}{12} p \cdot l^2 \\ M_{D \text{及} E} &= \frac{p \cdot l^2}{8} - \frac{p \cdot l^2}{12} = \frac{1}{24} p \cdot l^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots(1562)$$

第一千四百十六圖



貯槽ノ深サ大ナル時ハ中間ニ繫材(Tie)ヲ有スル矩形トナス方經濟的ナリ今第一千三百十六圖ノ如ク中間ニ一ツノ繫材ヲ有スル時ハ靜力的不定量ハ隅點力率 M' 及繫材應張力 T ノニツナリ故

ニ働作ノ條件方程式ハ

$$\int \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial M}{\partial M'} dx + \int \frac{N}{E \cdot A} \cdot \frac{\partial N}{\partial M'} dx = 0$$

$$\int \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial M}{\partial T} dx + \int \frac{N}{E \cdot A} \cdot \frac{\partial N}{\partial T} dx = 0$$

今液壓ヲ長 l' = 付キ p^* トセバ構材 I = 於ケル或一點ノ彎曲力率

ハ

$$M = M' + \frac{p \cdot l \cdot x}{2} - \frac{p \cdot x^2}{2} - \frac{T}{2} \cdot x$$

$$N = -\frac{p \cdot b}{2}$$

$$\text{故ニ} \quad \frac{\partial M}{\partial M'} = 1, \quad \frac{\partial M}{\partial T} = -\frac{x}{2}, \quad \frac{\partial N}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial T} = 0.$$

II ナル構材ニ對シテハ

$$M = M' + \frac{p \cdot b}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2}$$

$$N = -\frac{p \cdot l}{2} + \frac{T}{2}$$

$$\text{故ニ} \quad \frac{\partial M}{\partial M'} = 1, \quad \frac{\partial M}{\partial T} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial T} = \frac{1}{2}$$

更ニ III ナル構材ニ對シテハ

$$M = 0, \quad N = -T$$

$$\text{故ニ} \quad \frac{\partial M}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial M}{\partial T} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial T} = -1$$

IV ハ III ト, V ハ II ト全ク對稱ナルヲ以テ働作ノ條件方程式ハ

$$\frac{2}{I_1} \int_0^l \left(M' + \frac{p \cdot l \cdot x}{2} - \frac{p \cdot x^2}{2} - \frac{T}{2} \cdot x \right) dx$$

$$+ \frac{2}{I_2} \int_0^b \left(M' + \frac{p \cdot b}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2} \right) dx = 0$$

$$\frac{2}{A_1} \int_0^l \left(M' + \frac{p \cdot l \cdot x}{2} - \frac{p \cdot x^2}{2} - \frac{T}{2} \cdot x \right) \cdot \left(-\frac{x}{2} \right) dx$$

$$+ \frac{2}{A_2} \int_0^b \left(-\frac{p \cdot l}{2} + \frac{T}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} dx + \frac{1}{A_3} \int_0^b (-T) \cdot (-1) dx = 0$$

此二式ヲ解キテ

$$M' = M_A = -\frac{p}{12} \cdot \frac{\alpha^3 \cdot I_2 + 2b^3 \cdot I_1}{\alpha \cdot I_2 + 2b \cdot I_1}$$

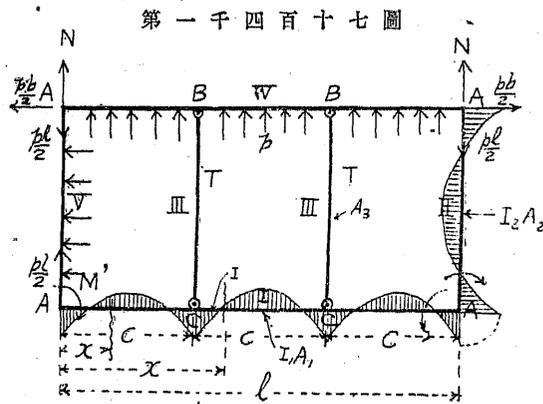
$$\frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{b}{a} = \nu \text{ ト セ ハ}$$

$$M_A = -\frac{p}{12} \cdot \frac{a^2 + 2b^2 \nu}{1 + 2\nu} \dots \dots \dots (1563)$$

同様 =

$$T = \frac{p}{2a} \cdot \frac{2a^3 \cdot I_2 + 5a^2 \cdot b \cdot I_1 - b^3 \cdot I_1}{a \cdot I_2 + 2b \cdot I_1} = \frac{p}{2a} \cdot \frac{2a^2 + (5a^2 - b^2) \nu}{1 + 2\nu} \dots (1564)$$

$$\text{故 = } \left. \begin{aligned} M_B = M_C &= -\frac{p}{12} \cdot \frac{a^2 + (3a^2 - b^2) \nu}{1 + 2\nu} \\ M_D = M_E &= M_A + \frac{p \cdot b^2}{8} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1565)$$



第一千四百十七圖

第一千四百十七圖ノ如ク中間對稱的ニ二ツノ繫材ヲ有スル時ハ前ト同様靜力的不定量ハ隅點力率 M' 及繫材應張力 T ナリ故ニ働作ノ條件方程式ハ

$$\int \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial M}{\partial M'} dx + \int \frac{N}{E \cdot A} \cdot \frac{\partial N}{\partial M'} dx = 0$$

$$\int \frac{M}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial M}{\partial T} dx + \int \frac{N}{E \cdot A} \cdot \frac{\partial N}{\partial T} dx = 0$$

今構材 I = アリテハ 0 ヨリ c 點マデハ

$$M = M' + \frac{p \cdot l}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2} - T \cdot x$$

$$\text{故 = } \frac{\partial M}{\partial M'} = 1, \quad \frac{\partial M}{\partial T} = -x$$

c 點ヨリ $\frac{l}{2}$ 點マデハ

$$M = M' + \frac{p \cdot l}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2} - T \cdot c$$

$$\text{故 = } \frac{\partial M}{\partial M'} = 1, \quad \frac{\partial M}{\partial T} = -c$$

0 ヨリ l マデヲ通ジテ

$$N = \frac{p \cdot b}{2} \quad \text{故 = } \frac{\partial N}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial T} = 0.$$

構材 II = アリテハ

$$M = M' + \frac{d \cdot b}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2}$$

$$N = \frac{p \cdot l}{2} - T$$

$$\text{故 = } \frac{\partial M}{\partial M'} = 1, \quad \frac{\partial M}{\partial T} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial T} = -1.$$

應張材 = アリテハ $N = T.$

$$\text{故 = } \frac{\partial N}{\partial M'} = 0, \quad \frac{\partial N}{\partial T} = 1.$$

故ニ E ヲ常數トセバ働作ノ條件方程式ハ次ノ如クナル可シ.

$$\frac{4}{I_1} \int_0^{\frac{l}{2}} \left(M' + \frac{p \cdot l}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2} \right) dx - \frac{4}{I_1} \int_0^c T \cdot x dx$$

$$- \frac{4}{I_1} \int_0^{\frac{l}{2}} T \cdot c dx + \frac{2}{I_2} \int_0^b \left(M' + \frac{p \cdot b}{2} \cdot x - \frac{p \cdot x^2}{2} \right) dx = 0$$

$$\frac{4}{I_1} \int_0^c \left(-M' \cdot x - \frac{p \cdot l}{2} \cdot x^2 + \frac{p \cdot x^3}{2} + T \cdot x^2 \right) dx$$

$$+ \frac{4}{I_1} \int_0^{\frac{l}{2}} \left(-M' \cdot c - \frac{p \cdot l \cdot c \cdot x}{2} + \frac{p \cdot c \cdot x^2}{2} + T \cdot c^2 \right) dx$$

$$- \frac{2p \cdot l}{2A_2} + \frac{2T}{A_2} + \frac{2T}{A_3} = 0$$

此二式ヲ解キテ

$$T = \frac{p}{2c} \cdot \frac{6c^3 I_2 + 11b \cdot c^2 \cdot I - b^3 I_1}{3c I_2 + 5b I_1}$$

$$\frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{b}{c} = \nu \text{ トセバ}$$

$$T = \frac{p}{2c} \cdot \frac{6c^2 + (11c^2 - b^2) \cdot \nu}{3 + 5\nu} \dots\dots\dots(1566)$$

同様ニ

$$M' = M_A = \frac{p}{12} \cdot \frac{3c^3 I_2 + 5b^3 I_1}{3c I_2 + 5b I_1} = \frac{p}{12} \cdot \frac{3c^2 + 5b^2 \cdot \nu}{3 + 5\nu} \dots\dots\dots(1567)$$

故ニ

$$\left. \begin{aligned} M_B = M_C &= \frac{p}{12} \cdot \frac{3c^2 + (6c^2 - b^2) \cdot \nu}{3 + 5\nu} \\ M_D = M_E &= \frac{p \cdot b^2}{8} + M_A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1568)$$

第七節 槽床及周壁緊定ノ影響

圓筒形若クハ多角形貯槽ノ一般公式ハ周壁ガ液壓ヲ受クル時其水平方向ニ自由ニ變位シ得可キコトヲ假定シテ得タルモノナルヲ以テ槽底ノ附近ニアリテハ其儘如上各節ノ公式ヲ應用スルハ穩當ナラズ何トナレバ底版ト周壁トハ互ニ緊定セルヲ以テ後者ノ變位ハ前者ノ抵抗ヲ受ケ茲ニ彎曲力率ヲ生ズベケレバナリ故ニ底部ニアリテハ圓周應力ノ外更ニ周壁ノ内方ニ張力ヲ與フ可キ彎曲力率ヲ生ズ可シ然カモ此場合ニ於テ實際ノ應用ニ適切ナル様正確ナル算式ヲ與フルコトハ困難ナリ「マイヤー」氏(Mayer)ハ千九百十年發行ノ雜誌「ベトン・ウント・アイゼン」第七卷(Beton u. Eisen, Heft VII)ニ於テ底部緊定ノ影響ヲ論ジ周壁ノ厚サ不變及可變ナル二ツノ場合ニ就キテ其緊定點ニ於ケル彎曲力率ヲ算出シタリ其公式誘導ノ徑路ハ冗長ニ渉ルヲ以テ之ヲ略スルモ前者

ノ場合ニ於ケル緊定點ノ力率ハ

$$M_h = - \frac{E \cdot I \cdot 2c \cdot \sqrt{3}}{r \cdot d} \cdot \frac{\lambda - 1}{\lambda} = - \frac{E \cdot I \cdot 2c \cdot \sqrt{3}}{r \cdot d} \cdot \mu \dots\dots\dots(1569)$$

茲ニ E = 彈性係數, I = 物量力率,
r = 貯槽ノ半径, d = 周壁ノ厚サ,

$$h = \text{液體ノ深サ}, \quad \lambda = \frac{h}{s}$$

$$s = \sqrt{\frac{r^2 \cdot d^2}{3}}, \quad c = \frac{r \cdot r^2}{E \cdot d}$$

r = 液體ノ單位容積重量

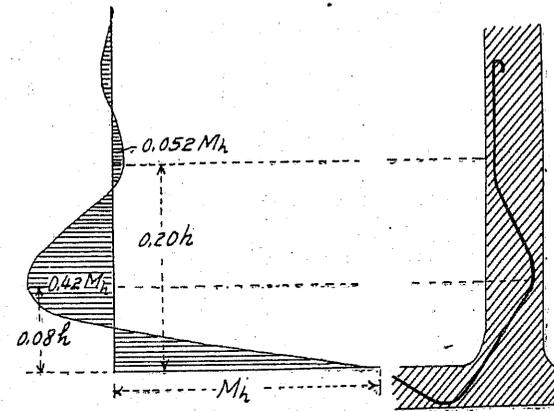
周壁ノ或一點ニ於ケル力率ハ

$$M = \frac{M_h}{\cos \phi'} \cdot \left(\cos \phi' - \frac{\sin \phi'}{\mu} \right) \dots\dots\dots(1570)$$

$$\text{茲ニ } \phi' = \frac{h - \alpha}{s}$$

ナリトセリ. 今λノ平均値ヲ20トシ槽底ヨリ初メテ高サαノ各點ニ於ケル彎曲力率ヲ計算シ之ヲ圖解セバ正ニ第一千四百十八

第一千四百十八圖



圖ノ如クナル可シ即チ槽底ヨリ約 0,25h 迄ハ緊定ノ影響ヲ受クルモ其以上ノ部分ハ之ヲ無視スルモ差支ナキ程度ニアルヲ知ル可シ斯クテ底部ニ近ク圓周鐵筋ノミナラズ普通配力材ノ外特ニ堅鐵筋ノ添和

ヲ必要トス可ク其配置正ニ圖ノ如クナル可シ猶槽底緊定ノ影響ニ關シテハ Emperger's Handbuch für Eisenbetonbau 第二版 329-355 頁ヲ參照ス可シ。

簡易ニ應用ス可キ實際公式ニ關シ「ゴットシャルク」氏 (Gottschalle) ハ底部緊定點ニ於ケル彎曲力率及其影響範圍ヲ次ノ如ク推定ス可シトセリ。

周壁ノ厚サ d	緊定ノ影響高サ	側壁底部ノ彎曲力率(内方張力)
$d = \frac{h}{20}$	$0,45 d$	$\frac{p}{40} h^2$
$d = \frac{h}{30}$	$0,35 d$	$\frac{p}{65} h^2$
$d = \frac{h}{40}$	$0,30 d$	$\frac{p}{90} h^2$

($p =$ 液壓力度)

第八節 高架水槽ノ支臺及其支柱。

水槽ハ其水頭 (Head) ヲ得ル爲メ空圓塔 (Hollow cylindrical tower) 若クハ支柱 (Supporting column) ニ依リテ支持セラレ之ニ依リテ荷重ヲ基礎ニ傳達セシムル場合尠カラズ空圓塔ハ其設計方法煙突ニ於ケルモノト全ク同一ナルヲ以テ之ヲ後篇ニ譲ル可シ時トシテハ荷重ハ支柱ニ依リテ之ヲ受ケ支柱間ノ空隙ハ單純ニ幕壁 (Curtain wall) ニテ填充シ内部ハ之ヲ機關室其他ニ利用スルコトアリ今茲ニハ一般支柱ニ來ル荷重ノ配布ト其應力ノ程度トヲ論ズ可シ。

水槽ノ底版ガ平面ナルト球狀ナルト若クハ「インツエ」式ナルトヲ問ハズ一般ニ水槽ノ荷重 P ハ一旦之ヲ支柱ノ頭部ヲ連結スル

支輪桁 (Ringformed supported beam) ニ受ケシムルヲ以テ底版ノ形狀如何ニ拘ラズ支柱ヘノ荷重ハ何レモ垂直ヲナシテ働クモノト假定ス而シテ支輪桁ハ之ヲ正整ナル多角形桁ト見做シ各桁ニハ毫モ軸應力ヲ生ゼザルモノト考フレバ「ブルト」氏 (Burt) ノ計算ニ從ヒ多角形外圓ノ半徑ヲ R トセバ次ノ如キ結果ヲ得可シ。

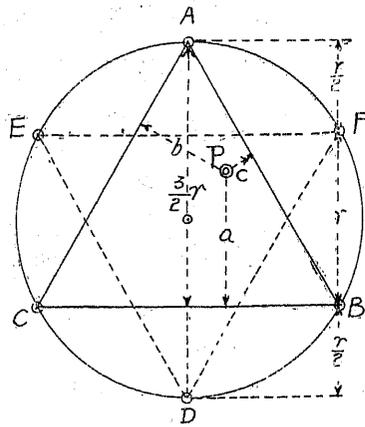
支柱ノ數	支柱ヘノ荷重	最大剪力	支柱上ノ支輪桁負號彎曲力率	ニツノ支柱間中央點ノ支輪桁正號彎曲力率
4	$\frac{P}{4}$	$\frac{P}{8}$	$-0,0342 P.R$	$0,0176 P.R$
6	$\frac{P}{6}$	$\frac{P}{12}$	$-0,0148$ “	$0,0075$ “
8	$\frac{P}{8}$	$\frac{P}{16}$	$-0,0083$ “	$0,0042$ “
12	$\frac{P}{12}$	$\frac{P}{24}$	$-0,0037$ “	$0,0019$ “

若シ槽底扁平ニシテ數多ノ小梁ニ支ヘラレ其小梁ガ更ニ支柱上端ヲ連結スル支輪桁上ニ休止スルトキハ其支輪桁ノ算法ハ恰モ連續桁ノ如ク之ヲ取扱フ可シ。

以上ハ毫モ風壓ヲ考エザル場合即チ荷重ノ合成力ガ槽底ノ中心點ニ働クモノト假定シタルヲ以テ各支柱ハ何レモ等壓ヲ受ク可キモ若シ風壓ニ依リテ P ガ或偏倚ヲ爲シテ働ク場合各材ニ來ル壓力ヲ如何ニ取扱フ可キカニ關シテハ千九百九年「フィクトル・レウエ」博士 (Dr. Viktor Leuwe) ガ Beton u. Eisen 雜誌ニ掲載セル六角形平面底版ニ關スル解法ハ最モ肯綮ニ當レルモノナルヲ以テ茲ニ之ヲ轉載ス可シ。

第一千四百十九圖ニ於テ六角形ノ各點ニ生ズル柱壓ヲ A, B, C 及 D, E, F トシ偏倚合成力 P ガ ABC ナル三角形ノ各邊ヨリノ距離

第一千四百十九圖



ヲ a, b, c トス 若シ P ガ此三角形ノ圏外ニ働クトキハ a, b, c ハ其場合ニ應ジテ負號ヲ與フレバ可ナリ今三角形ノ各邊ニ對スル力率ヲ求ムルトキハ

$$\begin{aligned} A \cdot \frac{3}{2} \cdot r &= -(E+F) \cdot r + D \cdot \frac{r}{2} + P \cdot a \\ B \cdot \frac{3}{2} \cdot r &= -(F+D) \cdot r + E \cdot \frac{r}{2} + P \cdot b \\ C \cdot \frac{3}{2} \cdot r &= -(D+E) \cdot r + F \cdot \frac{r}{2} + P \cdot c \end{aligned}$$

故ニ

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{2}{3r} \left[-(E+F) \cdot r + D \cdot \frac{r}{2} + P \cdot a \right] \\ B &= \frac{2}{3r} \left[-(F+D) \cdot r + E \cdot \frac{r}{2} + P \cdot b \right] \\ C &= \frac{2}{3r} \left[-(D+E) \cdot r + F \cdot \frac{r}{2} + P \cdot c \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1571)$$

軸壓力ニ對スル變位働作ノ一般式ハ(928)式ニ從ヒ

$$\begin{aligned} W_1 &= \int_0^l \frac{N^2}{2EA} dx \\ &= \frac{l}{2EA} (A^2 + B^2 + C^2 + D^2 + E^2 + F^2) \dots\dots\dots(1572) \end{aligned}$$

上式ニ於テ l = 支柱長トス。

「カステグリヤノ」(Castigliano) 氏最小働作ノ定理ニ從ヒ D, E, F = 對シテハ(第九編第一章第三節參照)

$$\frac{\partial W_1}{\partial D} = \frac{\partial W_1}{\partial E} = \frac{\partial W_1}{\partial F}$$

即チ

$$\left. \begin{aligned} A \frac{\partial A}{\partial D} + B \frac{\partial B}{\partial D} + C \frac{\partial C}{\partial D} + D &= 0 \\ B \frac{\partial B}{\partial E} + C \frac{\partial C}{\partial E} + A \frac{\partial A}{\partial E} + E &= 0 \\ C \frac{\partial C}{\partial F} + A \frac{\partial A}{\partial F} + B \frac{\partial B}{\partial F} + F &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1573)$$

然ルニ

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial D} &= \frac{\partial B}{\partial E} = \frac{\partial C}{\partial F} = \frac{1}{3} \\ \frac{\partial A}{\partial E} &= \frac{\partial A}{\partial F} = \frac{\partial B}{\partial F} = \frac{\partial B}{\partial D} = \frac{\partial C}{\partial D} = \frac{\partial C}{\partial E} = -\frac{2}{3} \end{aligned}$$

ナルヲ以テ(1573)ナル方程式ハ

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{3} A - \frac{2}{3} (B+C) + D &= 0 \\ \frac{1}{3} B - \frac{2}{3} (C+A) + E &= 0 \\ \frac{1}{3} C - \frac{2}{3} (A+B) + F &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1574)$$

(1571)式ヨリ得タル A, B, C ノ値ヲ(1574)式中ニ挿入スル時ハ

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{P}{r} \cdot \left[\frac{2}{9} (b+c) - \frac{1}{9} a \right] \\ E &= \frac{P}{r} \cdot \left[\frac{2}{9} (c+a) - \frac{1}{9} b \right] \\ F &= \frac{P}{r} \cdot \left[\frac{2}{9} (a+b) - \frac{1}{9} c \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1575)$$

同様ニ DEF ナル三角形ノ三邊ヨリ P へノ距離ヲ d, e, f ヲ以テ表ストキハ前述ノモノト全ク同一ノ方法ニ依リ

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{P}{r} \cdot \left[\frac{2}{9}(e+f) - \frac{1}{9}d \right] \\ B &= \frac{P}{r} \cdot \left[\frac{2}{9}(f+d) - \frac{1}{9}e \right] \\ C &= \frac{P}{r} \cdot \left[\frac{2}{9}(d+e) - \frac{1}{9}f \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1576)$$

ヲ得可シ。

支柱ガ地盤中ニ單式基礎ヲ有スル場合ニハ第七編第一章第六節ニ據リ、支柱若クハ支壁ガ圓版基礎ヲ有スル場合ニハ同編同章第九節ニ據リテ全ク同様ニ之ヲ算出スルコトヲ得可シ。

例題第百二十三。例題第百二十二ニ於テ設計シタル水槽ノ支輪桁ノ斷面ヲ求メ支柱ヲ高サ40'トシ其斷面及應力ヲ算定スベシ。

答. I) 支輪桁

水槽ヲ保持セル支輪桁ヲ算定センニハ

水槽内水量ノ荷重 = 150795*

屋根側壁自重及雪量風壓 = 77600*.

中央凸曲面部自重(厚平均0'18ト假定ス) = $2\pi \cdot 7.5 \cdot 2 \cdot 0.08 \cdot 150 = 11310*$

支輪桁自重(18"×22"ト假定ス) = $2\pi \cdot 5 \cdot \frac{18}{12} \cdot \frac{22}{12} \cdot 150 = 12959*$

總 荷 重 $P = 278655*$.

今 $R = 10$, 支柱數 $n = 6$ トセバ

一支柱ニ來ル荷重 = $\frac{P}{6} = 46443*$.

最大剪力 = $\frac{P}{12} = 23221*$.

支柱上端ノ負號彎曲力率 = $-0.0148 P.R = -0.0148 \cdot 278655 \cdot 10 = -41241*$

支柱中間ノ正號彎曲力率 = $+0.0075 P.R = +0.0075 \cdot 278655 \cdot 10 = +20899*$.

支輪桁ノ幅ヲ 18" ト假定シ單式鐵筋ヲ用フルモノトシ $\sigma_c = 300*/\square$, $\sigma_s = 8000*/\square$ トセバ支柱中間ニ於テハ

$h-a = 0.145 \sqrt{\frac{20899 \cdot 12}{18}} = 17''.1$

$h = 19'' \quad a = 2''$

$A_s = 0.000979 \sqrt{20899 \cdot 12 \cdot 18} = 2.1 \square''$.

$\frac{7}{8}$ 圓鋼 4 條ヲ使用ス(此斷面積 $4.06013 = 2.405 \square''$)

支柱上端ニ於テハ

$h-a = 0.145 \sqrt{\frac{41241 \cdot 12}{18}} = 24''.0$

$h = 26'', \quad a = 2''$

$A_s = 0.000979 \sqrt{41241 \cdot 12 \cdot 18} = 2.92 \square''$

$\frac{7}{8}$ 圓鋼 5 條ヲ使用ス(此斷面積 $3.007 \square''$).

支柱上端ニ於ケル剪力ヲ檢算スルニ

剪力 = 23221*.

$h-a - \frac{x}{3} = 0.880 (h-a) = 21''.12$

$\tau_{max} = \frac{23221}{18 \cdot 21.12} = 61.0*/\square''$.

$\tau_{a,max} = \frac{61.0 \cdot 18}{5.2 \cdot 7.49} = 80.0*/\square''$.

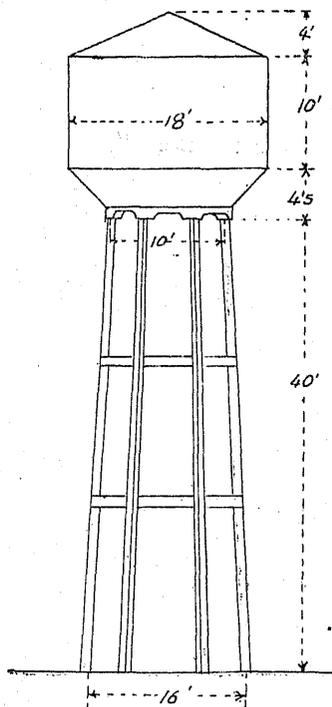
何レモ稍々許容應力度ヲ超過セルヲ以テ更ニ $\frac{7}{8}$ 圓鋼 3 條ヲ下

側ニ於テ挿入セシム可シ實際ノ設計ニアリテハ剛度ヲ顧慮シテ更ニ3"内外ノ工形鐵ヲ下側ニ添加スルヲ良シトス。

II) 支柱

水槽ト支柱トノ關係ヲ第一千四百二十圖ノ如シトシ其應力ヲ計算ス可シ(支柱ノ數六本)

第一千四百二十圖



支柱ニ來ル垂直荷重
 最小垂直荷重(水槽内空虚ニシテ風壓及雪重ナキ時)

- 水槽屋根 = $43.8\pi \cdot 4.9 \cdot 62 = 5297^*$
- 側壁 = $1125\pi \cdot 17 = 60104^*$
- 肱部 = 25991^*
- 中央凸曲面部 = 11310^*
- 支輪桁 = 12959^*
- 支柱 = $6.1, 5^2 \cdot 40 \cdot 150 = 81000^*$ (支柱ノ断面ヲ $1\frac{1}{2}$ 角ト假定ス)

計 = 196661^*

最大垂直荷重(水槽内満水, 風壓及雪重ヲ含ム)

- 上掲自重 = 196661^*
 - 水ノ重量 = 150795^*
 - 風壓雪重 = 12199^*
- 計 = 359655^*

風壓強度ヲ $40^*/\text{ft}^2$ ト假定シ曝露面積ニ風壓度及ビ曝露面傾斜ニ

依ル係數 μ ($P = \mu \cdot p \cdot A$ ニシテ p ハ風壓度, A ハ曝露面積, P ハ風壓, μ ハ係數ニシテ風ノ方向ニ垂直ナル平面ニテ 1.0, 曝露物體圓形柱ニテ $\frac{2}{3}$, 八角柱ニテ 0.71, 六角柱ニテ 0.75) ヲ乘ズルトキハ

- 屋根 $\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 18.40 = 960^*$
 - 側壁 $\frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 18.40 = 4800^*$
 - 肱部 $\frac{2}{3} \cdot 4.5 \cdot \frac{18+10}{2} \cdot 40 = 1680^*$
 - 支柱 $6.40 \cdot 15.40 = 14400^*$
- 計 = 21840^*

風壓重心點ノ高サ

$$h = \frac{1}{21840} (960 \cdot 56 + 4800 \cdot 49.5 + 1680 \cdot 43 + 14400 \cdot 20) = 29'8.$$

從ツテ水槽内空虚ノ時此風壓ヲ受クルモノトセバ垂直及水平兩荷重ノ合成力ガ基礎ニ於テ中心ヨリ隔レル距離ハ大約

$$\frac{21840 \cdot 29.8}{196661} = 3'32.$$

同ジク水槽満水ノ時風壓ヲ受クルモノトセバ

$$\frac{21840 \cdot 29.8}{359655} = 1'81.$$

尙地震ヨリ來ル影響ヲ考察スルニ重量 mg ナル物體ニ作用スル地震ノ横推力ハ ma ニシテ其物體ノ重心點ニ働ク可シ但シ a ハ地震ノ加速度ヲ示スモノトス。

今水槽満水シ積雪ヲ有スル状態ニ於テ $a = 1000 \text{ mm/sec}^2$ ノ地震ヲ受クルモノトシ大地震ノ際ハ通例風ヲ伴ハザルヲ以テ此場合

ニハ風壓ナキモノト假定セバ全體ノ重心位置ノ高サハ

雪重 = $20 \cdot \pi \cdot 9^2 = 5091^*$ ナルヲ以テ

$$\frac{\{(5297 + 5091) \cdot 5.6 + 60104.49,5 + (25991 + 11310 + 12959) \cdot 4.3 + 81000 \cdot 2.0 + 150795.49\}}{(5297 + 5091 + 60104 + 25991 + 11310 + 12959 + 81000 + 150795)} = 41',8.$$

故ニ地震ノ横推力ヲ受ケタル時合成力ガ基礎ノ中心ヨリ隔レル距離ハ

$$\frac{m \cdot a \cdot 41,8}{m \cdot g} = \frac{a}{g} \cdot 41,8 = \frac{1000}{9800} \cdot 41,8 = 4',27.$$

以上列擧シタル三ツノ状態中最危険ナルハ地震加速度 a ヲ受ケタルトキニシテ此場合ニハ

垂直荷重 $P = 352547^*$

中心ヨリノ離心距離 = $4',27$.

故ニ今支柱ノ數ヲ六本トシ其地盤面ニ於ケル支柱ノ中心距離ヲ $8',0$ トシテ本節所説ノ解法ヲ求ムル時ハ次ノ結果ヲ得可シ.

第一千四百二十一圖②ノ如ク地震振動ノ方向ガ BC ニ平行ナル場合.

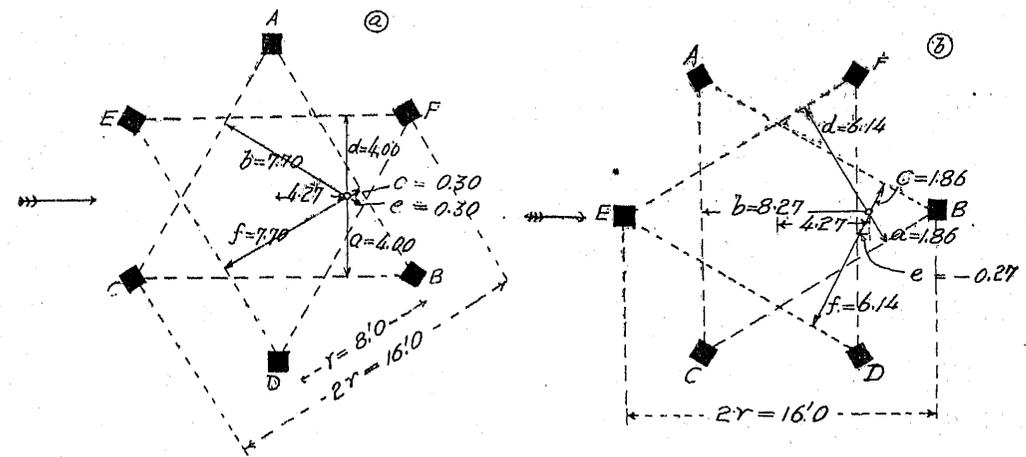
$$A = D = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (0,30 + 7,70) - \frac{1}{9} \cdot 4,00 \right] = 58888^*$$

$$B = F = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (7,70 + 4,00) - \frac{1}{9} \cdot 0,30 \right] = 113109^*$$

$$C = E = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (4,00 + 0,30) - \frac{1}{9} \cdot 7,70 \right] = 4407^*$$

第一千四百二十一圖①ノ如ク地震振動ノ方向ガ AC ニ直角ナル場合

第一千四百二十一圖



$$A = C = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (-0,27 + 6,14) - \frac{1}{9} \cdot 6,14 \right] = 32360^*$$

$$B = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (6,14 + 6,14) + \frac{1}{9} \cdot 0,27 \right] = 121541^*$$

$$E = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (1,86 + 1,86) - \frac{1}{9} \cdot 8,27 \right] = -3578^*$$

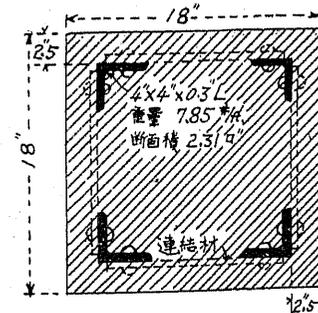
$$D = F = \frac{352547}{8} \cdot \left[\frac{2}{9} \cdot (1,86 + 8,27) - \frac{1}{9} \cdot 1,86 \right] = 90094^*$$

以上ノ計算ニ依リ

支柱ニ來ル最大荷重 = 121541^*

“ 最小荷重 = -3578^*

第一千四百二十二圖



今支柱断面ヲ第一千四百二十二圖ノ

如ク假定セバ

$$A = 18^2 + 4 \cdot (15 - 1) \cdot 2,31 = 453,36 \text{ in}^2$$

故ニ最大應力

$$\sigma_0 = \frac{121541}{453,36} = 268,1 \text{ lb/in}^2$$

各支柱ニ對スル所要基礎面積ヲ求メン

ニハ一平方呎ニ於ケル地盤ノ安全耐荷重ヲ 2.0 噸即チ 4000* ト
スレバ

$$\text{所要面積} = \frac{121541}{4000} = 30,4\text{ ㎡}$$

故ニ 6' x 6' ノ耐荷面積ヲ要ス可シ。

第九節 矩形貯水池

池塘ノ面積廣ク壁長大ナル矩形溜池假令バ沈澱池 (Settling Reservoir), 濾過池 (Filter Bed) 若クバ配水池 (Distributing reservoir) ノ如キ
場合ニハ框構トシテ之ヲ取扱フトキハ中央及隅端ニ於ケル彎曲
力率非常ニ大トナルヲ以テ扶壁ヲ有スル擁壁ノ構法トシ水平補
強筋ヲ有スル胸壁ハ其扶壁ニ依リテ支保セラレ各點ノ水壓並ニ
土壓ニ對抗シ得ル様設計スルヲ常トス時トシテハ胸壁外側水平
ノ方向ニ肋桁ヲ具ヘシムルコトアリ此場合ニハ胸壁ハ丁形桁ト
シテ之ヲ取扱フ可シ扶壁ヲ有スル擁壁ノ算法ハ全ク第七編第二
章第十二節ニ於テ論述セルモノト同様ナリ讀者就キテ參照ス可
シ。

胸壁ノ構法ハ時トシテハ一方底版 (Bed) ト他方覆版 (Cover) トヲ
支點トスル床版若クバ丁形構法トナスコトアリ覆版ヲ有セザル
溜池ニアリテハ上方ニ有力ナル框構材ヲ準備ス可ク其寸法ハ本
章第六節ニ準ジテ之ヲ定ム可シ更ニ上下支點ハ構造及施工ノ程
度ニ從ツテ緊定的, 自由支持的若クバ半緊定的何レトモ考フルコ
トヲ得可キモ一般ニハ之ヲ半緊定的ト假定スル場合多シ何レノ
場合ニアリテモ側壁ノ單位長 b ヲ考フルトキハ茲ニ來ル總荷重
ハ

$$P = C \cdot \frac{b \cdot \gamma \cdot h^2}{2}$$

茲ニ $C =$ 係數, $\gamma =$ 液重ヲ示シ水ノ場合ニハ $C = 1, \gamma = 62,4^*/ft^3$, 土
壤ノ場合ニハ $C = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}, \gamma = 100^*/ft^3$ ト假定ス然ル時ハ前者ハ

$$P = 31,2 b \cdot h^2$$

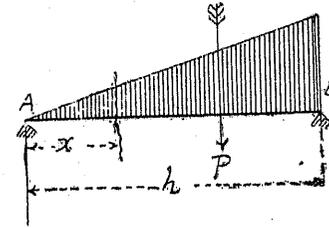
後者ハ止動角 $\phi = 30^\circ$ トセバ

$$P = 18,3 b \cdot h^2$$

トナル可シ今第一千四百二十三圖ノ如ク兩端共ニ自由支持ノ場
合ニハ支點反應力ハ $A = \frac{P}{3}, B = \frac{2P}{3}$.

x 點ノ彎曲力率ハ

第一千四百二十三圖

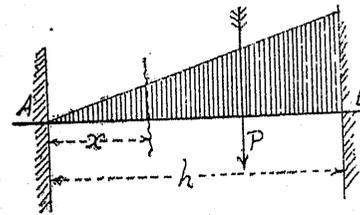


$$M_x = \frac{P}{3} \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x^2}{h^2}\right)$$

最大彎曲率ハ上端ヨリ $x = 0,577 h$ 點
ニ起リ

$$M_{max} = 0,128 P \cdot h \dots\dots\dots(1577)$$

第一千四百二十四圖



第一千四百二十四圖ノ如ク兩端全
ク緊定セル場合ニハ $M_0 =$ 兩端自
由支持ノ場合任意點ニ於ケル彎曲
力率トセバ

$$A = 0,289 P, \quad B = 0,761 P.$$

x 點ノ彎曲力率ハ

$$M_x = M_{0x} + M_A \cdot \frac{h-x}{h} + M_B \cdot \frac{x}{h}$$

E, I ノ值共ニ常數ナル時ハ

$$M_A = -\frac{P \cdot h}{15} = -0,06 P \cdot h,$$

$$M_B = -\frac{P \cdot h}{10} = -0,10 P \cdot h.$$

最大正號彎曲力率ハ $x = 0,548 h$ 點ニ起リ

$$M_{max} = 0,0495 P \cdot h \dots\dots\dots (1578)$$

故ニ若シ兩端トモ一部緊定のナリト假定セル場合ニハ前二者ノ平均數ヲ取リ

$$A = 0,316 P$$

$$B = 0,683 P$$

$$M_A = -\frac{P \cdot h}{30}$$

$$M_B = -\frac{P \cdot h}{20}$$

最大正號彎曲力率ハ $x = 0,563 h$ 點ニ起リ

$$M_{max} = 0,0855 P \cdot h \dots\dots\dots (1579)$$

上端自由,下端緊定のナルトキハ

$$A = 0,2 P$$

$$B = 0,8 P.$$

而シテ $M_A = 0$ ナルヲ以テ x 點ノ彎曲力率ハ

$$M_x = M_{0,x} + M_B \cdot \frac{x}{h}$$

底端ノ彎曲力率ハ

$$M_B = -\frac{2}{15} P \cdot h.$$

最大正號彎曲力率ハ $x = 0,258 h$ 點ニ起リ

$$M_{max} = 0,0344 P \cdot h \dots\dots\dots (1580)$$

上端自由,下端一部緊定のナル時ハ

$$A = 0,26 P$$

$$B = 0,73 P$$

$$M_B = -\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{15} \cdot P \cdot h = -\frac{P \cdot h}{15}$$

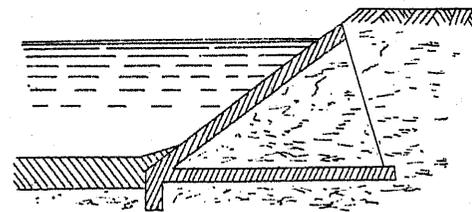
最大正號彎曲力率ハ $x = 0,298 h$ 點ニ起リ

$$M_{max} = 0,049 P \cdot h \dots\dots\dots (1581)$$

故ニ擁壁構法ノ程度ヲ酌量シテ適宜上式ノ何レカヲ利用シテ各點ノ彎曲力率ヲ計算スルコトヲ得可シ.

矩形貯水池ノ構法ハ大要二種ニ區別シ得可ク一ハ垂直式側壁ヲ有スルモノ、一ハ第一千四百二十五圖ノ如ク傾斜式側壁ヲ有ス

第一千四百二十五圖

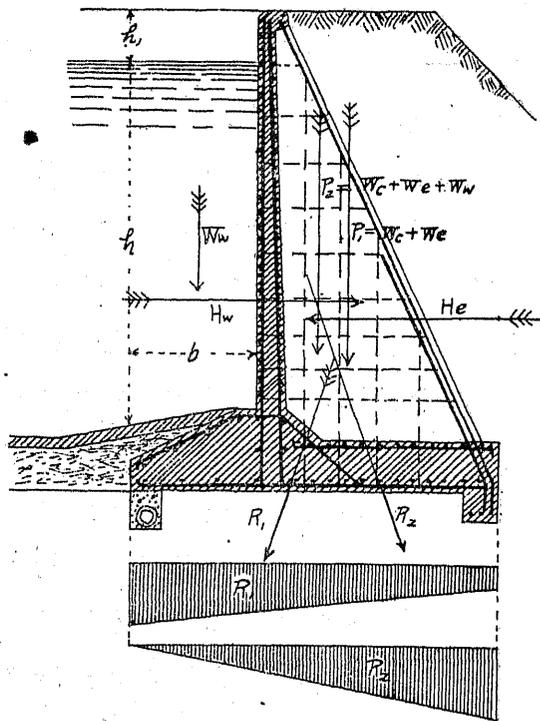


ルモノ之レナリ前者ハ半バ掘鑿セル土壤中ニ之ヲ設クルコト多ク此場合ニ於ケル側壁ノ安定ハ貯水池空虛ニシテ單ニ其裏込ノ土壤ヲ支フ可キ擁壁ト考エ若シ池中

ニ滿水セル時ハ土壤ハ垂直力ノミヲ有シ水平抵抗力ハ之ヲ無視シテ克ク水壓ニ堪ユルノ設計トナス可シ此方式ニアリテハ擁壁ノ下端ニ排水設備ヲ施シ壁底ニハ水頭ヲ有スル壓力ノ發生ヲ妨止ス可シ更ニ基礎ニ於ケル滑動ニ對抗シ得可キ適當ノ設備即チ地盤中ニ深ク或前垂ヲ用意スルコト必要ナリ第二方式ハ或條件ニ依リテハ寧ロ經濟的ナルコトアリ其構法全ク堰堤ト同一ナルヲ以テ之ヲ後章ニ譲リ茲ニハ專ラ第一方式ニ就キテノミ之ヲ論

ズ可シ其設計ハ例題第九十三ノ如キ方法ニ從ヒ壁體(堅壁及底版)ノ重量 W_0 及後踵底版上ノ土壤重量 W_1 ヲ算出シ第一千四百二十六

第一千四百二十六圖



圖ノ如ク其二ツノ合成力 P_1 ト其働點トヲ求メ

更ニ(904)式若クハ(905

式ニ據リテ土壓 H ヲ見

出シ P_1 及 H_0 ノ合成力 R

ヲ求メ底部髓心内ニ働

クヤ否ヤヲ檢シ更ニ

(910)式ニ據リテ其壓力

ノ配布度ガ許容應力ノ

範圍内ニアルヤ否ヤヲ

檢定ス可シ若シ池中ニ

滿水セル場合ニハ前踵

上ニアル水ノ重量 W_w

ト $W_0 + W_1$ トノ合成力 P_2

ト其働點トヲ求メ側壁

ノ前面ニ働ク水壓 H_w ト其働點トヲ知リテ此二ツノ合成力 R_2 ヲ

見出シ前同様ノ手續ヲ繰返ス可シ斯クテ側壁及底版ハ何レモ扶

壁間ニアル連續水平桁ト考エ扶壁ハ亦桁トシテ之ヲ取扱フコ

ト全ク例題第九十三ノ如ク鐵筋ノ配置ハ略第一千四百二十六圖

ノ如クナル可シ更ニ水平外力ニ對スル應滑力ハ自重 $\times \mu$ ニシテ

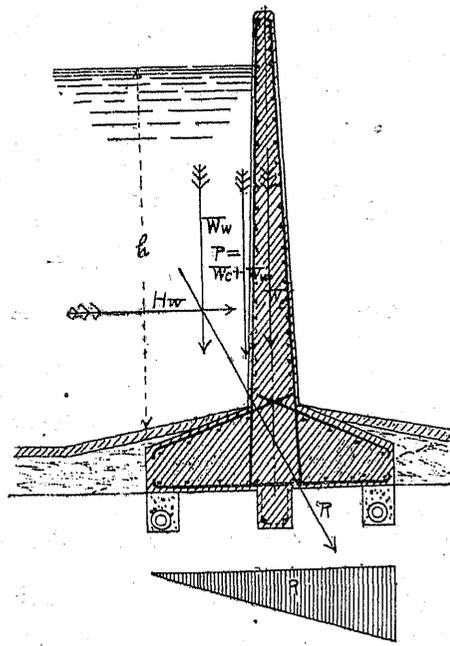
μ ナル摩擦係數ハ濕潤セル粘土上ニ置ケル混凝土ニ對シテハ

ルノ必要アル可シ壁厚小ナル時ハ混凝土ノ裂罅ヲ防止スル爲メ更ニ0,3乃至0,4%ノ補強鐵筋ヲ添加ス可ク又側壁ノ上側ニアリテハ溫度ノ影響ヲ考エ表裏兩側ニ計算以外多少ノ補強鐵筋ヲ用意ス可シ。

分割壁 (Partition wall) ハ一方滿水一方空虛ノ場合ヲ考エ壁體ハ垂直中心線ニ對シテ之ヲ對稱的ナラシム可シ其安定ニ對スル算ハ側壁ノ場合ト同ジク從ツテ其構法及鐵筋ノ配置ハ第一千四

第一千四百二十七圖

百二十七圖ノ如クナル可シ。



池底ノ構法ハ一樣ナラザルモ要スルニ水ニ對シテ絶對不

滲透質ノモノナラザル可ラズ

從來粘土 (Puddle clay)ニ依リテ

防水層ヲ作ルコト多カリシモ

良好ナル粘土ヲ得ルノ容易ナ

ラザルト往々其底部ニ於ケル

潛流ノ爲メ一部ノ陷落ヲ生ジ

上層ノ混凝土ニ裂隙ヲ生ゼシ

ムルノ恐アル爲メ漸次其使用

ヲ減ズルノ傾キアリ若シ適當

ナル粘土ヲ購入シ得ル場合ニ

ハ地均シタル地盤上ニ粘土ヲ敷詰メ充分ニ搗固メタル上縱横8'

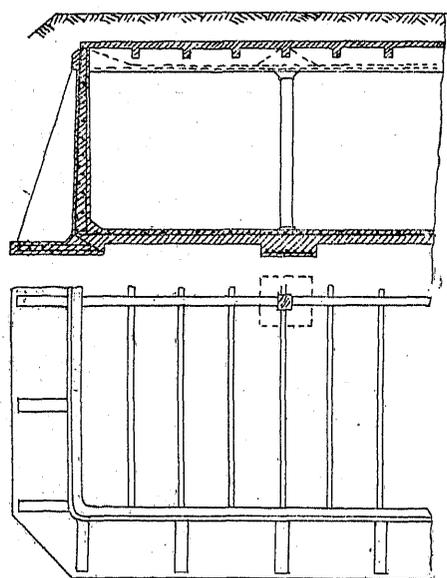
乃至10'毎ニ約 $\frac{1}{2}$ ノ間隙ヲ存セル厚サ6"乃至9"ノ混凝土層ヲ置キ

其間隙ハ「アスファルト」ヲ以テ之ヲ填充ス可シ近來防水的材料ノ

販賣セラル、モノ多ク(第二編第六章第三節參照)其混入ニ依リテ

混凝土ヲ防水的ナラシムルコトヲ得可シ地盤相當ニ堅硬ナル場合ニハ地盤ヲ搗固メタル後約6"内外ノ混凝土床版ヲ縦横10'内外ニ仕切リテ之ヲ打上ゲ其間隙ハ「アスファルト」ニテ填充シ其上部ニ「アスファルト・フェルト」ヲ敷キ更ニ全面 $\frac{1}{2}$ "乃至 $\frac{3}{4}$ "ノ厚サニ「アスファルト」ヲ塗ルカ若クハ $\frac{1}{8}$ "内外ノ「アスファルト」ヲ塗リタル上「アスファルト・フェルト」ヲ敷キ再ビ「アスファルト」及「フェルト」ヲ交互敷

第一千四百二十八圖



均シ數回其方法ヲ繰返シタル後何レモ其上層ニ2"内外ノ押エ混凝土ヲ或間隙ニ仕切リテ打上グルコトアリ各仕切ノ隙間ニハ「アスファルト」ヲ填充スルコト前ト相同シ場合ニ依リテハ「アスファルト」ノ代リニ防水劑混入ノ膠泥ヲ代用スルコトアリ地盤軟弱ノ恐アル時ハ上部ヨリノ荷重ハ地盤ニ依頼スルコトナク割栗搗固ノ上ニ縦横ニ側壁若クハ分割壁ト連

絡セル筏式基礎(第七編第一章第八節參照)ヲ用ヒ鐵筋混凝土桁及床版ニ依リテ荷重ニ對抗セシムルコトアリ此場合ニアリテモ上部防水層ノ設備ハ前述ノモノト同様タル可シ更ニ配水池其他ニアリテ屋蓋ヲ設クル時ハ多數ノ柱ヲ建ツル必要アリ其基礎ノ構造ハ地盤ニ從ツテ夫々第七編第一章第二節以下第七節ニ示セル

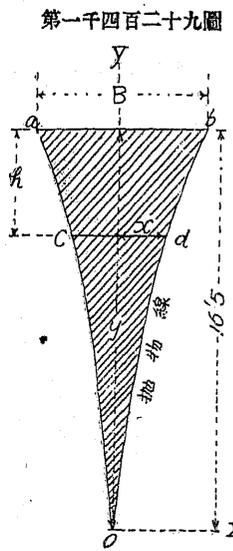
各構法ヲ適用ス可シ。

周壁ノ防水設備モ亦種々アリ池底ノ場合ト同ジク「アスファルト」ヲ用フル時ハ一般ニ煉瓦ヲ以テ其表面ヲ押ス可ク前述防水劑混入ノ膠泥ヲ塗ル時ハ其厚ヲ $\frac{1}{2}$ "乃至 $\frac{3}{4}$ "トス可キモ廣キ面積ニ涉リテ鍍ニテ一様ニ塗上グルコト難ク其押エ方不等一ナル爲メ收縮ニ依リテ裂罅ヲ生ズルノ恐アリ故ニ可成ハ防水用上塗ト周壁混凝土トハ同時ニ之ヲ打込ムヲ良シトス但シ壁裏ニ防水上塗ヲ施ス場合ニハ直接ニ土砂埋戻シヲ施スモ差支ナシ猶水道用貯水池ニアリテハ溫度ノ變化混凝土ノ收縮若クハ基礎沈下等ノ爲メ周壁ニ龜裂ヲ生ズルノ恐レアルヲ以テ一般ニ40'乃至60'毎ニ伸縮接合ヲ施ス可シ其構法略ボ第一千八十一圖以下第一千八十五圖ニ準據ス可シ第一千四百二十八圖ハ扶壁式貯水池ノ一斑配置ヲ示スモノナリ。

第二章 水管

第一節 管ニ來ル荷重

上下水管 (Water pipes and Sewer pipes) ノ計算ハ内壓若クハ外壓ニ對シテ之ヲ施ス可ク而シテ内壓ノ量ハ一般ニ之ヲ定ムルコト容易ナルモ外壓ニアリテハ種々ノ状態ニ從ツテ其方向及ビ分量ヲ確定スルコト困難ナリ外壓ハ地上ヨリノ活重ノミナラズ管理設ノ深サ、地盤硬軟ノ種類、土壤埋戻シニ於ケル搗固メノ程度、雨水ノ滲透、土壤含濕ノ量等ニ從ヒテ夫々其値ヲ異ニス可シ假令ハ濕潤セル細砂ニシテ土冠リノ深サ少キ時ハ管ハ其上部ニアル土壤全部ノ重量ヲ負擔セザル可カラザルモ管ノ埋設深クシテ凝結力大ナル土質ニアリテハ埋戻土塊ノ全量ハ殆ンド其全部ヲ根切ノ左右土壁ニ傳導ス可ク管ハ其荷重ノ唯一部ヲ負擔スルニ過ギザル



可シ實際ノ場合ニアリテハ管ニ來ル荷重ハ此兩極端ノ中間ニ位ス可ク然カモ數字的ニ其値ヲ確定スルコト至難ナリトス故ニ適當ナル條件ヲ豫想シテ其荷重ノ分布ヲ考察セザル可ラズ「フリユング」氏 (Frühling) ノ假定ニ從ヘバ埋戻ノ土壤ハ十分濕潤セルモノト見做シ其重量 w ヲ $125\#/ft^3$ ト定メ更ニ土壓ハ地下約 $h = 16.5 (5 m)$ 迄ハ漸次其強度ヲ増加シ其以下ニアリテハ不變ナルモノトシ更ニ其増加度ハ二ツノ拋物線ニテ包圍セル面積ニ比

例スベシトセリ即チ第一千四百二十九圖ニ於テ幅 B ヲ有シ深サ h ニ於ケルモノ、土壓ハ單位長ニ對シ $abcd$ ナル面積ニ依リテ之ヲ示スコトヲ得可シ今 Y 軸ノ一方ニアル拋物線ハ $x = ky^2$ ニシテ其係數 k ノ値ヲ求メントセバ地表ニ於ケル價即チ $y = 16.5, x = \frac{B}{2}$ ヲ挿入セバ可ナルベシ但シ茲ニハ $y = 15.0$ ヲ使用スルモノトセバ

$$k = \frac{B}{2 \cdot 15^2}$$

$$x = \frac{B}{2 \cdot 15^2} \cdot y^2$$

故ニ $y = 15 - h$ 點ニ於テ單位長ニ對シ

$$cd = 2x = \frac{B \cdot y^2}{15^2} = \frac{B \cdot (15 - h)^2}{15^2}$$

更ニ

$$abcd = 2 \int x dy = 2 \int \frac{B}{2 \cdot 15^2} \cdot y^2 dy$$

$$= \frac{B}{15^2} \int_{15-h}^{15} y^2 dy = \frac{B}{3} \left[15 - \frac{(15-h)^3}{15^2} \right]$$

故ニ新シク埋戻セル土壤ノ與フル向下土壓力度ヲ p_1 トセバ

$$p_1 = w \cdot \frac{B}{3} \left[15 - \frac{(15-h)^3}{15^2} \right] \dots \dots \dots (1582)$$

今 $B = 1'$ トシ h ノ種々ノ値ニ對スル p_1 ノ値ヲ算定セバ次ノ如クナル可シ.

$h =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15及以上(′)
$p_1 =$	111.2	209.6	292.8	363.2	422.4	470.4	508.8	539.0	561.6	577.6	588.6	595.2	598.6	599.8	600(#/ft ²)

此壓力ノ外路上活重ヨリ來ル壓力 p_2 ヲ加算セザル可カラズ然ルニ管理設後或時日ヲ經過シタル後ハ土ノ凝集力増加ス可キヲ以

テ活重ト併セ考フル場合ニハ埋戻土壤ヨリ來ル壓力ハ普通 $\frac{2}{3} p_1$ ヲ採用スルヲ妥當ナリトス。

活重ニ關シテハ其計算ノ假定ヲ p_1 ト同様ナラシム即チ其壓力度ハ深サノ自乗ニ從ツテ遞減シ15'以下ニアリテハ最早其影響ナキモノト考フ令路面ニ來ル等布活重ヲ $100 \#/\square'$, $B = 1'$ ト假定セバ

$$p_2 = 100.cd = 100.B. \frac{(15-h)^2}{15^2} = 0,444.(15-h)^2 \dots\dots\dots(1583)$$

故ニ

$h =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15及以上(')
$p_2 =$	87,0	75,0	63,9	53,7	44,4	36,0	28,4	21,8	16,0	11,1	7,1	4,0	0,9	0,4	0 (#/□)

故ニ $\frac{2}{3} p_1 + p_2$ ノ値ハ次ノ如クナル可シ。

$h =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (')
$\frac{2}{3} p_1 =$	77,5	139,7	195,2	242,1	281,6	313,6	339,2	359,3	374,4	381,1	392,4	296,8	399,7	399,7	400 (#/□)
$p_2 =$	87,0	75,0	63,9	53,7	44,4	36,0	28,4	21,8	16,0	11,1	7,1	4,0	0,9	0,4	0 (")
$\frac{2}{3} p_1 + p_2 =$	164,5	214,7	259,1	295,8	326,0	349,6	367,6	381,1	390,4	392,2	499,5	400,8	400,6	400,1	400 (")
$p_1 =$	111,2	209,6	292,8	363,2	422,4	470,4	508,8	539,0	561,6	577,6	588,6	595,2	598,6	599,8	600 (")

即チ以上ノ如キ假定ニ從ヘバ3'以上ノ土冠リニアリテハ埋戻土壤ヨリノ壓力ノ方順次大ナルヲ見ル可ク以テ如何ニ埋戻シ施工ニ特別ノ注意ヲ拂フノ必要ナルカラ認ムルコトヲ得可シ。

以上ハ一般ノ場合ニ就キテ論ジタルモノニシテ軟弱ナル土壤若クハ特殊ノ活重ヲ假定スル場合ニハ夫々特別ナル算定ヲ要ス可キハ勿論ナリトス若シ路上ニ鐵道線ヲ有スル場合ニハ

$$p_3 = \frac{\sum P}{b.(l+2h)} \dots\dots\dots(1584)$$

ナル公式ヲ利用ス可シ茲ニ $b =$ 管若クハ暗渠ノ幅, $\sum P = b$ ノ幅上ニ來ル集中荷重, $l =$ 枕木ノ長サ, $h =$ 管ノ上側ヨリ枕木下側ニ

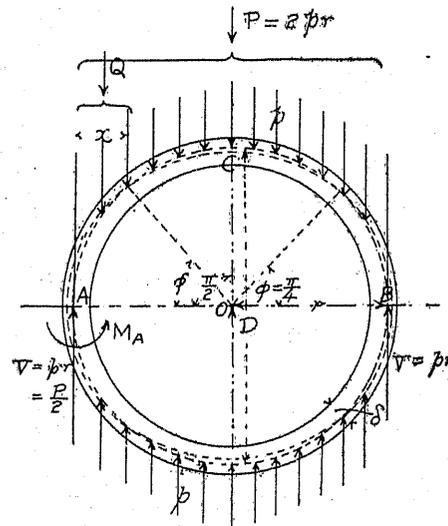
至ル高サヲ示ス更ニ衝擊 (Impact) ニ對スル影響ハ第十一編第二章ヲ參照ス可シ。

以上ハ單ニ管ニ働ク垂直壓力ノミノ假定算法ニ屬シ更ニ水平壓力ニ論及セザリキ而シテ水平壓力ガ如何ナル状態ニ働ク可キカハ垂直壓力ニ比シテ一層不明ナルノミナラズ圓管ノ如キ場合ニアリテハ水平壓力ハ却ツテ管ノ彎曲力率ヲ輕減セシム可キモノナルヲ以テ之ヲ省略スルハ寧ロ安全ナル考察法ナリト云フ可シ故ニ一般應力計算ニハ水平壓力及管ノ自重ハ凡テ之ヲ無視シタルモノトシテ之ヲ論ズル場合多シ。

第二節 圓管ノ應力.

埋設管ノ應力ハ靜力的不定状態ニ於ケル構造物トシテ之ヲ算

第一千四百三十圖



定セザル可カラズ今若シ圓形管ヲ等厚ノ彈性環 (Elastic ring) ト考フル時ハ其解決比較的容易ナリ以下管ノ内側ニ張力ヲ與フル彎曲力率ハ之ヲ正號トシ外側ニ張力ヲ與フルモノハ之ヲ負號ト定メ更ニ荷重状態ニ從ヒテ之ヲニツノ場合ニ區別シテ論述ス可シ。

I. 等布荷重ヲ受クル場合.

今第一千四百三十圖ニ於テ

$p =$ 一平方呎ノ水平投影面ニ働ク等布荷重.
 $M_0 =$ 水平軸 AB ニ對シ ϕ ナル中心角度ヲ有スル管ノ断面ニ

於ケル彎曲力率

V = 水平軸ノ兩端ニ於ケル反應力

M_A = 水平軸ノ兩端ニ於ケル彎曲力率

トセバ

$$M_\phi = M_A + \frac{P}{2} \cdot x - Q \cdot \frac{x}{2}$$

然ルニ $P = 2p \cdot r, \quad x = r \cdot (1 - \cos \phi)$

$Q = p \cdot r \cdot (1 - \cos \phi)$ ナルヲ以テ

$$\begin{aligned} M_\phi &= M_A + p \cdot r^2 \cdot (1 - \cos \phi) - \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot (1 - \cos \phi)^2 \\ &= M_A + \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot (1 - \cos^2 \phi) \dots \dots \dots (1585) \end{aligned}$$

若シ管ノ半徑ガ其厚ニ比シテ大ナル場合ニハ管ノ半部ヲ拱ト考ヘ得可キヲ以テ其拱片 ds = 適當スル中心角 $d\phi$ ガ M_ϕ ノ爲メ $\Delta d\phi$ 丈ケノ角變位ヲ生ズル時ハ E ヲ管材料ノ彈性係數、 I ヲ斷面ノ物量力率トセバ

$$\Delta d\phi = \frac{M_\phi}{E \cdot I} ds. \quad (\text{第九編第二章第五節參照}) \dots \dots \dots (1586)$$

而シテ P ナル荷重ノ加ハルモ B 及 C ノ切線ノ方向ニ變化ナキヲ以テ此兩點間ノ角變位ノ總和ハ零ニ等シカラザル可ラズ即チ

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \Delta d\phi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{M_\phi}{E \cdot I} ds = 0. \quad \dots \dots \dots (1587)$$

然ルニ $ds = r d\phi$ ニシテ E, I 及 r トモ之ヲ定數ナリト考フル時ハ

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_\phi \cdot d\phi = 0. \quad \dots \dots \dots (1588)$$

(1585)式ノ値ヲ(1588)式ニ插入セバ

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[M_A + \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot (1 - \cos^2 \phi) \right] d\phi = 0$$

或ハ

$$\frac{\pi}{2} \cdot M_A + \frac{\pi \cdot p \cdot r^2}{4} - \frac{p \cdot r^2}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \phi d\phi = 0$$

而シテ

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \phi d\phi = \left[\frac{1}{2} \sin \phi \cdot \cos \phi + \frac{1}{2} \phi \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi}{4}$$

故ニ

$$\frac{\pi}{2} \cdot M_A + \frac{\pi \cdot p \cdot r^2}{4} - \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot \frac{\pi}{4} = 0$$

從ツテ

$$M_A = -\frac{p \cdot r^2}{4} \dots \dots \dots (1589)$$

又頂點ノ彎曲力率ハ(1585)式ニ從ヒ $\phi = \frac{\pi}{2}$ ヲ插入シ

$$-\frac{p \cdot r^2}{4} + \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot \left(1 - \cos^2 \frac{\pi}{2} \right) = \frac{p \cdot r^2}{4} \dots \dots \dots (1590)$$

即チ A 點(若クハ B 點)ト C 點トノ力率ハ其量相等シクシテ然カモ其符號ヲ異ニシ A 點ハ外側ニ張力、 C 點ハ外側ニ壓力ヲ生ズルヲ見ル可シ。

次ニ M_ϕ ノ零トナル可キ點即チ變曲點ヲ求ムルニハ(1585)式ヲ零ニ等シトセバ

$$M_\phi = -\frac{p \cdot r^2}{4} + \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot (1 - \cos^2 \phi) = -\frac{p \cdot r^2}{4} + \frac{p \cdot r^2}{2} \cdot \sin^2 \phi = 0$$

故ニ

$$\sin^2 \phi = \frac{1}{2}, \quad \phi = \sin^{-1} \frac{1}{\sqrt{2}}$$

從ツテ

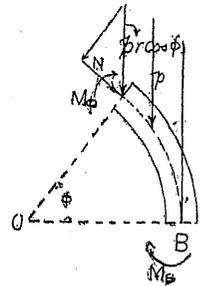
$$\phi = \frac{\pi}{4} = 45^\circ \quad \text{又ハ} \quad \frac{3}{4} \pi = 135^\circ$$

即チ此點ニ於ケル斷面ハ第一千四百三十一圖ニ於テ明カナルガ

如ク單ニ法線應力 $N = p.r.\cos^2\phi$ ノミヲ受クルコト、ナル可シ。

若シ更ニ q ナル力度ヲ有スル等布壓力ガ水平

第一千四百三十一圖



ニ働ク時ハ其影響ハ全ク前述ノモノト同様ナルコト明カナリ故ニ p ト q トガ同時ニ垂直及水平ニ働ク時ハ

$$M_\phi = M_0 - p.r.\cos\phi \cdot \frac{r.\cos\phi}{2} - q.r.(1-\sin\phi) \cdot \frac{r.(1-\sin\phi)}{2} + q.r.r.(1-\sin\phi) - \frac{q}{p} \cdot M_0 = \left(1 - \frac{q}{p}\right) \cdot \left(M_0 - p \cdot \frac{r^2}{2} \cdot \cos^2\phi\right) \dots\dots\dots(1591)$$

但シ茲ニ示セル M_0 ハ p ナル等布荷重ニ對スルモノニシテ其値 $\frac{p.r^2}{4}$ トナリ q ハ管ニ働ク横壓ニシテ普通 p ノ $\frac{1}{3}$ 若クハ其以下ノ

値ヲ取ルモノトス即チ土壤ノ止動角 ϕ ニ對スル $\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$ ナル係數ニ其點ニ於ケル垂直土壓ヲ乘ジタルモノトナル可シ。

以上ノ説明ニアリテハ簡單ノ爲メ $P = p.(2r+\delta)$ ノ代リニ $P = 2p.r$ ヲ代用シ (δ = 管厚) 更ニ管ノ死重ハ之ヲ無視シタリ故ニ實際ニアリテハ管底ニ於ケル反壓力ハ管頂ニ於ケルモノヨリモ大トナル可ク從ツテ破壊荷重ヲ受クルニ至ラバ管底ニ於テ最初ノ裂罅ヲ生ゼザル可ラズ然レドモ計畫斷面ニ對シテハ死重及前述ノ假定ヨリ生ズル影響ハ小ナルヲ以テ通常之ヲ無視スル場合多シ。

斯クテ管ノ或斷面ニ來ル應力ヲ求メントセバ其斷面ニ働ク應力ハ軸壓力 N 及以上算定ノ彎曲力率 M_ϕ ヨリ來ルニツノ應力ノ代數和ナラザル可ラズ而シテ軸壓力 N ハ垂直荷重ノミヲ考ラフ

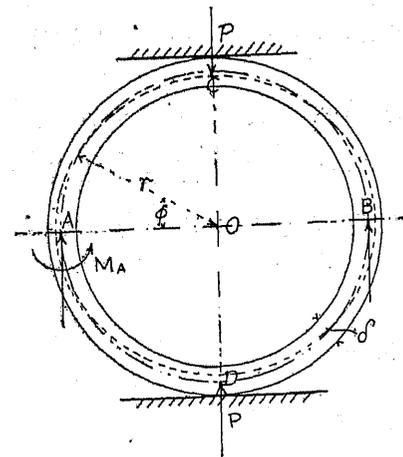
時ハ A, B ノ斷面ニアリテハ $p.r$ トナリ C ノ斷面ニアリテハ零トナル可ク中間任意點ニアリテハ該點ノ垂直力 $p.r.\cos\phi$ ノ其斷面ヘス垂直分力 $p.r.\cos^2\phi$ トナル可シ故ニ或任意點ニ於ケル應力ハ

$$\sigma_\phi = \frac{N}{\delta} \pm \frac{M_\phi}{W} \quad (W = \text{斷面係數}) = \frac{p.r.\cos^2\phi}{\delta} \pm \frac{6M_\phi}{\delta^2} \dots\dots\dots(1592)$$

トナル可シ。

II. 集中荷重ヲ受クル場合. 管ノ頂點ニ P ナル集中荷重ヲ

第一千四百三十二圖



有シ底點ニ集中反力ヲ有スル時ハ I ノ場合ニ準ジテ同様ニ之ヲ解決スルコトヲ得可シ但シ斯クノ如キ状態ハ實際土中埋設ノ場合ニ起リ得ルモノニアラズシテ試験機ニ依リテ管ノ強度ヲ檢定シ其成績ヲ計算ニ依リテ得タル結果ト比較スル場合ニ役立つモノトス。

I ノ場合ト同ジク今第一千四

百三十二圖ニ於テ

$$M_\phi = M_A + \frac{P}{2} \cdot r.(1-\cos\phi)$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \Delta d\phi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{M_\phi}{E.I} ds = 0, \quad ((1587) \text{式参照})$$

$ds = r.d\phi$ E, I 及 r ヲ定數ト見做ス時ハ

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_{\phi} d\phi = 0$$

故 =

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[M_A + \frac{P}{2} \cdot r \cdot (1 - \cos \phi) \right] d\phi = 0$$

或ハ

$$M_A \cdot \frac{\pi}{2} + P \cdot \frac{r}{2} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) = 0$$

故 = A ナル支點ニ於ケル力率ハ

$$M_A = -P \cdot r \cdot \left(\frac{\pi - 2}{2\pi} \right) = -0,1817 P \cdot r \dots\dots(1593)$$

同様ニ頂點及底點ニアリテハ $\cos \phi = 0$ ナルヲ以テ

$$M_{\frac{\pi}{2}} = -0,1817 P \cdot r + \frac{P \cdot r}{2} = +0,3183 P \cdot r \dots\dots(1594)$$

即チ此場合ニ於テハ頂點及底點ノ力率ハ A 若クハ B ナル側點ニ比シテ約 1,25 倍大ナルヲ以テ同厚ノ管ニテ破壊荷重ヲ受クル場合ニハ先ツ頂點若クハ底點ニ裂罅ヲ生ズ可キモノナリトス。

次ニ變曲點ヲ求ムルニハ

$$M_{\phi} = -0,1817 P \cdot r + \frac{P}{2} \cdot r \cdot (1 - \cos \phi) = 0$$

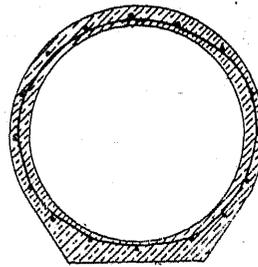
トセバ $\cos \phi = 0,6366$ 故ニ $\phi = 50^{\circ}28'$

斯クテ I ノ場合ト同ジク管ノ或任意點ニ於ケル應力ハ

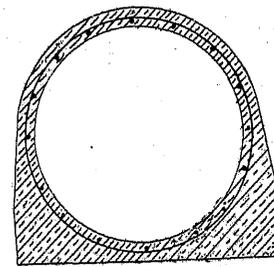
$$\sigma_{\phi} = \frac{N_{\phi}}{\delta} \pm \frac{M_{\phi}}{W} = \frac{P \cdot \cos \phi}{2 \cdot \delta} \pm \frac{6 M_{\phi}}{\delta^2} \dots\dots(1595)$$

以上ノ公式ハ管ノ厚サガ内徑ノ $\frac{1}{10}$ 乃至 $\frac{1}{12}$ ナル時ハ充分精密ニ之ヲ適用スルコトヲ得可シ管底ハ安全ノ爲メ並ニ壓力ヲ等布セシムル爲メ屢々第一千四百三十三圖若クハ第一千四百三十

第一千四百三十三圖



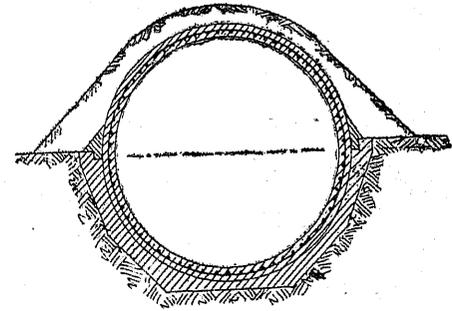
第一千四百三十四圖



四圖ノ如キ構法ヲ取ルコトアリ此場合ニモ近似的ニ前式ヲ適用シ得可キモ若シ第一千四百三十五圖ノ如キ形トナス時ハ下

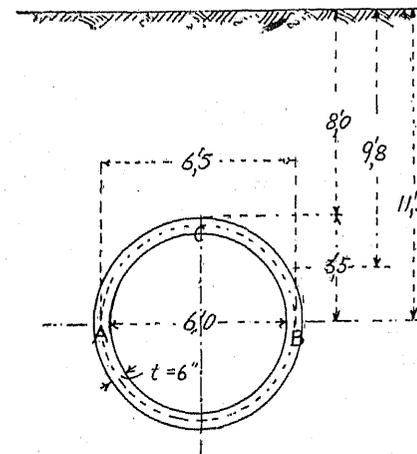
半ハ上半ニ比シテ變形ニ對スル抵抗大ナルヲ以テ寧ロ上半ハ之ヲ半圓拱ト考エ下半ハ之ニ對應スル拱臺若クハ仰拱 (Invert) トシテ之ヲ取扱フ方至當ナル可シ。

第一千四百三十五圖



例題百二十四. 内徑 6',0, 管頂ニ於ケル土壤ノ深サ 8',0 ヲ有スル圓形下水管アリ地質ハ砂層

第一千四百三十六圖



ナリトス管ノ厚サ及所要鐵筋ノ量ヲ求ム。

答. 第一千四百三十六圖ニ於テ管ノ厚サヲ直徑ノ $\frac{1}{12}$ ト假定セバ斷面中心線ノ直徑ハ 6',5 トナル可シ垂直壓力ノ來ル可キ填充土壤ノ平均深サヲ 9',8, 重量ヲ 100 lb/ft^3 ト見做シ直徑 6',5 間ニ等布的ニ配布セラル、モノトセバ土壤ノ垂直壓力ハ $9,8 \cdot 100 = 980 \text{ lb/ft}^2$

(「フリーリング」氏ノ假定ニ從ヘバ約 575*/ \square' トナルモ茲ニハ活重ヲ考エザルヲ以テ暫ク如斯假定ニ從フ)而シテ管ノ上半ニ來ル壓力ト下半ニ生ズル土ノ反應力トハ相等シク又側面ヨリノ橫壓力度 q ハ砂層ノ止動角ヲ 30°ト見做シ從ツテ $q = \frac{1}{3} \omega \cdot h$ トシ管ノ中心深 11.5 點ニ働クモノトセバ

$$q = \frac{1}{3} \cdot 11.5 \cdot 100 = 350*/\square'$$

然ル時ハ(1591)式ニ據リ A 點ニ於ケル彎曲力率ハ

$$M_A = \left(1 - \frac{350}{980}\right) \left[-\frac{980}{4} \cdot \left(\frac{6.5}{2}\right)^2\right] = -1663.6'^* = -19963.2''^*$$

即チ外側ニ張力ヲ與フ可シ而シテ C 點ニ於ケル彎曲力率ハ其絶對值 A 點ニ於ケルモノト相等シクシテ唯其符號ヲ變ズルノミ即チ $M_C = -M_A$ ナリ今 $\sigma_c = 500*/\square''$, $\sigma_s = 14000*/\square''$ トセバ壁厚ハ第七十七表ニ據リ

$$h-a = 0.114 \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.114 \sqrt{\frac{19963.2}{12}} = 4''.7$$

故ニ $a = 1''.3$, $t = 4.7 + 1.3 = 6''$ トス同様ニ

$$A_s = 0.00071 \sqrt{M \cdot b} = 0.343 \square''$$

故ニ直徑 $\frac{1''}{2}$ ノ鐵筋ヲ各 6'' 毎ニ配置ス可シ(此斷面積 0.392 \square'')

彎曲力率ニ關スル最大纖維應力ヲ見出すニハ $t = 6''$, $a = 1''.3$ トセバ

(327) 式ニ據リ

$$\alpha = \frac{15.0.392}{12} \left[\sqrt{1 + \frac{2.12 \cdot (6-1.3)}{15.0.392}} - 1 \right] = 1''.7$$

故ニ $h-a-\frac{\alpha}{3} = 6-1.3-\frac{1.7}{3} = 4''.13$

(328) 式ニ據リ

$$\sigma_c = \frac{2.19963.2}{12.1.7.4.13} = 470*/\square''$$

次ニ A 點ニ於ケル軸壓力ハ $\cos \phi = 1$ ナルヲ以テ

$$N = \frac{980 \cdot \frac{6.5}{2}}{6.12} = 44.1*/\square''$$

同様ニ C 點ニアリテハ

$$N = \frac{350 \cdot \frac{6.5}{2}}{6.12} = 15.8*/\square''$$

故ニ A 點ニ於ケル最大纖維應力ハ

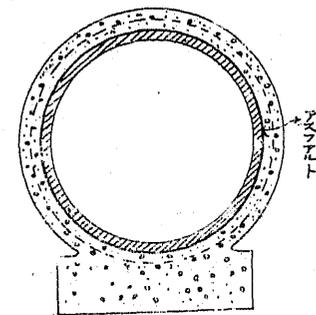
$$470 + 44.1 = 514.1*/\square''$$

更ニ縱鐵筋ハ直徑 $\frac{3''}{8}$ ノモノヲ 1'6'' 毎ニ配置スルモノトス。

第三節 高壓管

壓力ヲ受クル水管ハ通常圓形トナスコト多シ此場合ニアリテハ補強鐵筋ハ水壓ニ對スル總テノ張力ヲ負擔スル様設計ス可ク

第一千四百三十七圖



混凝土ハ單ニ被覆材料トシテ考フ可シ高壓管ニアリテハ漏水ノ如何ハ最モ重要ナル問題ナルヲ以テ一般ニ種々ノ防水劑ヲ混ゼル膠泥ニ依リテ仕上ヲ施スカ若クハ第一千四百三十七圖ニ示セル竹内式ノ如ク鐵筋若クハ鐵鋼混凝土製ノ薄キ内管ヲ作リテ其外面ニ「アスファルト」ヲ塗リテ防水層ヲ作り其外部ニ水壓ニ耐ユル様所要鐵筋ヲ

ルト」ヲ塗リテ防水層ヲ作り其外部ニ水壓ニ耐ユル様所要鐵筋ヲ

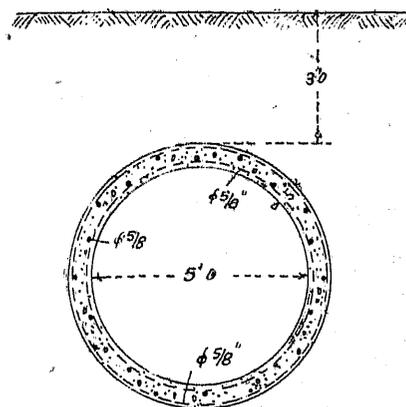
縦横ニ配置シ混凝土ニテ填充スルモノアリ直徑大ナルモノニアリテハ現場ニ於テ内方堰板ヲ用フルノ不便ヲ避ケ混凝土ノ施工ヲ等齊ナラシメ且ツ完全ニ水壓ヲ防止シ得ル點ニ於テ竹内式ハ殊ニ有效ナリトス但シ高壓管ニアリテハ多少ノ毛狀裂罅ハ到底之ヲ避ケ得ザルモ微細浮流物ヲ有スル流水ヲ通ズル場合ニハ其填塞ニ依リテ順次漏水ノ跡ヲ絶ツニ至ル可シ然カモ高壓管ノ作成ニ最モ注意ヲ要ス可キハ施工ノ如何ニアリ其完全ナルモノニアリテハ實際ニ於テ殆ンド漏水ノ虞ナシト云フ可シ其鐵筋若クハ鐵箍ニ對スル許容應力ハ可成之ヲ少量ニ見積リ更ニ溫度竝ニ凝結應力ニ備フル爲メ縱筋ノ充分ナル量ヲ用意スルコト必要ナリ。

高壓管作成中往々其頂部ヲ早ク乾燥セシムルノ傾向アルヲ以テ注意シテ管ノ周圍ヲ一様ニ濕潤セシムルノ方法ヲ採ル可ク然ラザレバ不同乾燥ノ結果屢々裂罅ノ發生ヲ見ルコトアリ能フ可クンバ通水ニ至ル迄可成菘蓆等ニテ外面ヲ覆ヒ長ク之ヲ濕潤セシムルヲ良シトス。

例題第百二十五. 内徑 5',0 ノ高壓管アリ管ノ中心ニ於ケル水頭 60',0 ノ壓力ヲ受ク填充土砂ノ深サヲ 3',0 トシ其寸法ヲ求ム但シ鐵筋ノ配置ハ之ヲ複式トス。

答 此場合ニ於ケル補強鐵筋ノ受クル直接應張力ハ一樣ナラズ何トナレバ水壓ハ管頂ニ少クシテ管底ニ大ナルベケレバナリサレド今茲ニハ其變化ヲ無視シ管ノ中心ニ於ケル水壓ガ一樣ニ管ニ働クモノト假定ス。更ニ漏水水衝 (Water hammer) 等ニ基因スル影響ヲ顧慮シ前記ノ靜壓力ニ對スル鐵筋ノ許容應張力ハ

第一千四百三十八圖



12000#/□" ノ範圍内ニアルベキモノトシテ設計ス可シ。

今第一千四百三十八圖ノ如ク混凝土ノ厚サヲ 5" ト假定シ其所要鐵筋ヲ求メシム

平均水壓 = 60.62,4 = 3744#/□' 奥行 1',0 ノ断面ニ對シ管内ノ直接張力ハ

$$T = p \cdot r = 3744.2,5 = 9360\#$$

故ニ所要鐵筋斷面積ハ

$$A_s = \frac{9360}{12000} = 0,78\text{□"}.$$

土冠リヨリ來ル垂直壓力ハ水管ノ幅ニ等布的配布ヲ爲シ其深サ約 4',0 トセバ

$$p_v = 100.4 = 400\#/□'$$

次ニ土砂ノ水平壓力度ハ其垂直壓力度ノ $\frac{1}{3}$ ト假定シ管ノ中心線迄ノ深サヲ約 5',5 トセバ平均水平壓力度ハ

$$p_h = \frac{1}{3} \cdot 100.5,5 = 183\#/□'$$

故ニ (1591) 式ニ據リ

$$M_o = -M_A = \left(1 - \frac{183}{400}\right) \cdot \frac{1}{4} \cdot 400 \cdot \left(\frac{5,42}{2}\right)^2 = 398\# = 4776\text{□"}.$$

故ニ第八十一表ニ據リ $A_s = A'_s$, $\sigma_c = 400\#/□"$, $\sigma_s = 12000\#/□"$ トセバ

$$A_s = 0,00089 \sqrt{4776.12} = 0,22\text{□"}.$$

故ニ管ノ長サ 1',0 毎ニ一側ニ要スル鐵筋ノ總量ハ

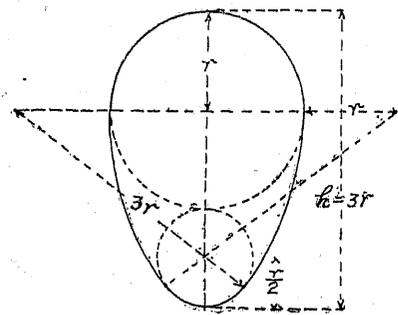
$$\frac{0,78}{2} + 0,22 = 0,61 \square''.$$

故ニ直徑 $\frac{5''}{8}$ ノ鐵筋ヲ 6'' 毎ニ配布ス可シ但シ鐵筋ハ可成連續螺旋形ニ之ヲ配置ス可ク若シ繚形トセバ各終端ニ於テ約 20'' ノ重接トシ其接合部ヲ亂接トス可シ更ニ縱筋トシテ管斷面ノ略ホ 0,4% ヲ插入ス其形第一千四百三十八圖ノ如シ。

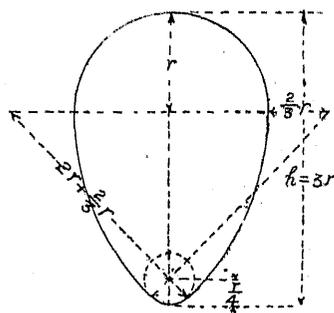
第四節 卵形若クハ馬蹄形水管.

卵形下水管ノ總テノ斷面ニ對シ如何ナル場合ニモ適用シ得可

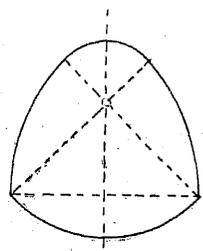
第一千四百三十九圖



第一千四百四十圖



第一千四百四十一圖



キ一般力率方程式ヲ導クコト能ハザルモ大體ニ於テ h ナル高サヲ有スルモノハ頂點ニ於ケル彎曲力率ハ $\frac{h}{3}$ ナル半徑ヲ有スル圓管トシテ導出シタルモノヨリモ稍々大ニシテ左右ノ兩支端ニ於ケル力率ハ其值稍々小ナルモノト見テ大差ナキモノ、如シ之ヲ實驗ノ結果ト對照スルニ應力檢定ニ最モ必要ナル頂點力率ハ集中荷重 P ニ對シテ

ハ圓形ノ $0,318 P \cdot \frac{h}{3}$ ニ對シ卵形ノ場合ニハ $\frac{P \cdot h}{9}$ ニシテ等布荷重ニ

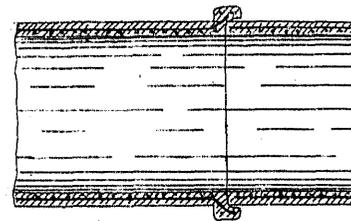
對シテハ圓形ノ $0,25 P \cdot \left(\frac{h}{3}\right)^2$ ニ對シ後者ハ $\frac{P \cdot h^2}{30}$ ト考フルコトヲ得可シ今第一千四百三十九圖及第一千四百四十圖ニ於テ卵形畫法ノ一例ヲ示ス。

馬蹄形水管(第一千四百四十一圖)ハ隧道ノ形ト同一ナルヲ以テ其解法ハ之ヲ第十四編ニ譲ル可シ。

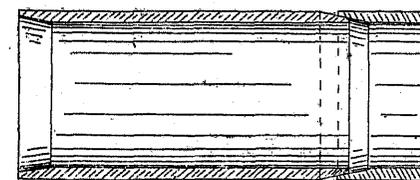
第五節 管ノ繼手.

直徑 2',0 内外迄ハ第一千四百四十二圖ノ如ク繼手ハ普通土管

第一千四百四十二圖



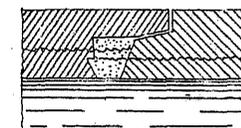
第一千四百四十四圖



第一千四百四十三圖

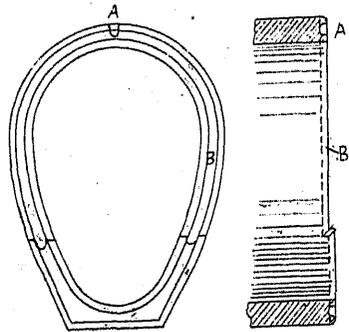


第一千四百四十五圖

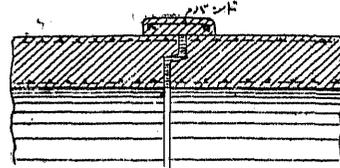


ト同ジク球窩接合 (Socket joint) ヲ用キ膠泥ヲ流シ込ム可シ直徑順次大トナルニ從ヒ第一千四百四十三圖若クハ第一千四百四十四圖ノ如クス可シ第一千四百四十五圖ハ鐵鋼ヲ使用スル場合ノ一例ヲ示ス現場ニ於テ繼手ノ被覆ヲ施サントセバ一般ニ管ハ鞍形支臺上ニ載セ管ノ垂直ニ移動スルコトヲ防止ス可シ支臺ハ普通

第一千四百四十六圖



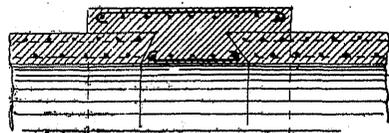
第一千四百四十七圖



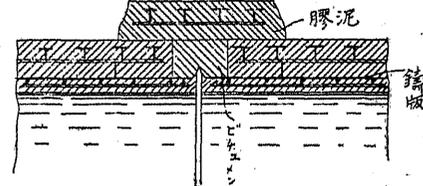
直接ニ継手下ニ置ク場合多シ更ニ「ベヒテル及「ビーデンドルフ」會社 (Bechtel u. Biedendorf) ノ特許ニ係ル

モノハ「アスファルト」ヲ以テ継手ヲ作ルモノニシテ其形第一千四百四十六圖ノ如ク管ヲ突合セタル後 Aナル孔ヨリ Bナル溝内ニ煮沸セル「アスファルト」ヲ注入スルモノニシテ數分ニシテ硬態トナリ其工程頗ル迅速ナルノミナラズ實驗ノ結果其成績良好ナリト云フ第一千四百四十七圖ハ鋼「バンド」ヲ以テ接點ヲ取卷キ膠泥ニテ填充シタル形ヲ示ス。

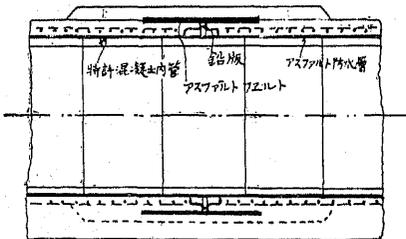
第一千四百四十八圖



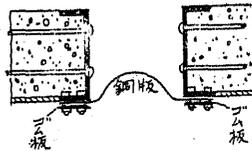
第一千四百四十九圖



第一千四百五十圖



第一千四百五十一圖



壓力管ノ場合ニアリテハ継手ハ其内壓ニ對抗スルニ必要ナル鐵筋ヲ有セシム可シ第一千四百四十八圖ニ其一例ヲ示シ同ジク第一千四百四十九圖ハ西國「ソサ」(Sosa) ノ灌溉用送水管ノ継手ニシテ直徑 3,8 m, 最大水頭 25 mヲ有スルモノナリ。

伸縮継手ノ構法亦種々アリ竹内式新案特許ニ係ルモノハ「アスファルト・フェルト」及鉛版ヲ使用スルモノニシテ其形第一千四百五十圖ノ如シ。

導水溝ニ於ケル伸縮継手ハ第十二編第五章第四節ニテ示セルモノ、如ク第一千四百五十一圖ハ瑞西「カンデル」(Kander) 電力用導水橋ニ於ケルモノ、一例ヲ示ス。

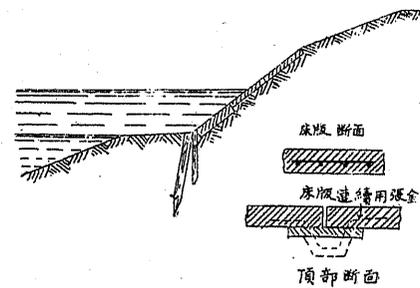
第三章 護岸工

第一節 運河護岸工

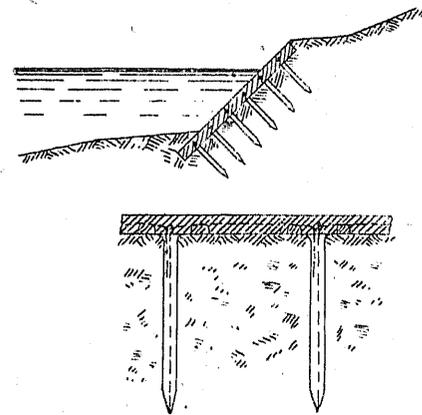
從來運河 (Canal) ノ護岸工 (Bank protection) ハ堤防斜面ヲ筋芝張芝等ニテ腹付スルカ若クハ砂利碎石等ニテ搗固メタル上表面ヲ膠泥ニテ上塗セル等ニ過ギザリシモ逐次石材ノ値不廉トナル結果混凝土若クハ鐵筋混凝土工ヲ施セルモノ亦鮮カラズ其方法種々アルモ要ハ堤防ノ根元ヲ洗去ラル、コトヲ防ギ同時ニ護岸工繼手ノ破壞ヲ生ゼシメザルニアリ一般ノ繼目ヲ有セズ連續的ニ施工セル護岸工ハ失敗ノ原因ヲ作ルコト多シ今其構法ノ二三ヲ摘載ス可シ。

最モ普通ノ方法ハ第一千四百五十二圖ノ如ク直接堤腹ニ場所

第一千四百五十二圖



第一千四百五十三圖



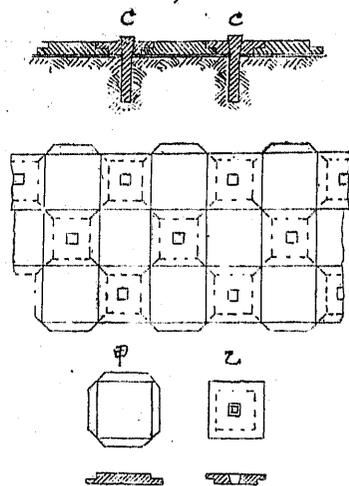
作り若クハ豫メ製作セル混凝土床版ヲ敷並ベ其重量ニ對應スル土壤トノ摩擦及底部ノ緊定ニ依リテ堤防ヲ保護スルモノニシテ

堤防ノ勾配ハ1:1.5乃至1:3トシ床版ハ一枚ノ幅1'5乃至2'0, 長さ3'0乃至4'0, 厚サ2"乃至4", 混凝土ノ配合1:2:3乃至1:6ニ至ル補強鐵筋ハ八番線内外ノモノヲ4"乃至6"毎ニ網狀ニ配列スルモノ多シ底部ハ場合ニ從ツテ護岸杭若クハ石材ヲ用フ。

冬期氷結ノ爲メ堤腹ヲ浮上グル恐アル處ニハ控繫錐 (Anchoring pin) ヲ用キテ床版ヲ押付クルモノアリ獨國「ドルトムンドエムス」運河 (Dortmund Ems Canal) ニ應用セル「メラー」氏 (Möller) ノ考案ハ第一千四百五十三圖ノ如ク長さ約1'8", 相互水平間隔1'5乃至2'5, 高低間隔1'5 毎ニ直徑約 $1\frac{1}{2}$ "ノ鐵錐ヲ堤腹中ニ打込ミ更ニ之ヲ引抜キタル上其穿孔内ニ六番鐵線ヲ插入シ1:1ノ膠泥ニテ隙間ヲ填充シ鐵線ノ上端ハ之ヲ鈎形ニ折曲ゲテ床版ノ鐵筋ト結合セシム床版ノ厚サ約2", 鐵筋ハ亞鉛鍍金トシ六番乃至十二番ヲ使用シ底面ハ所々小石ヲ置キテ其位置ヲ調節セシム混凝土ノ配合ハ平均1:2:3トシ實驗ノ結果堅ノ方向約8'0 毎及水際ニ沿フテ水平ニ夫々繼目ヲ設ケ「アスファルト・フェルト」ニテ其隙間ヲ填充シタリ。「ウエントウ」運河 (Wentow Canal) ニテハ亦同一ノ原則ニ從ヒ床版ニハ「ラビツ」式 (Rabitz) 鐵鋼ヲ用キ控繫錐トシテハ「ギムネ」形尖端ヲ有スル鐵錐ヲ使用シタリ。

蘭國「ムラルト」氏 (Muralt) ノ考案ハ1'4"乃至1'8"ノ側邊ト $2\frac{1}{2}$ "乃至 $3\frac{1}{4}$ "ノ厚ヲ有スル玄武石混凝土版ヲ作り版形ヲ甲乙二種トシ甲ハ底邊ノ四方ニ各々凸片ヲ有シ乙ハ其底部ニ於テ恰モ甲ノ凸片上ニ休止ス可キ凹片ヲ有シ更ニ其中央ニ圓錐狀鑽孔ヲ穿テテOノ如キ長さ1'6"内外ノ混凝土錐ニテ堤腹ニ足掛リヲ作ルノ方法ヲ取レリ其形第一千四百五十四圖ノ如シ。

第一千四百五十四圖



以上ハ緩勾配ヲ有スル護岸工ノ大要ナルモ垂直若クハ多少ノ急勾配ヲ有スル護岸工ニアリテハ矢板杭(Sheet pile)ヲ用フル場合尠カラズ第七百二十一圖ハ「アンネビク」氏(Hennebique)構法ヲ示スモノニシテ所々張罫(Land tie)ヲ用キテ堤防内ニ深ク之ヲ引付クルノ方法ヲ採レリ大阪市内淀川沿岸ノ護岸工モ亦此一列ナリ。

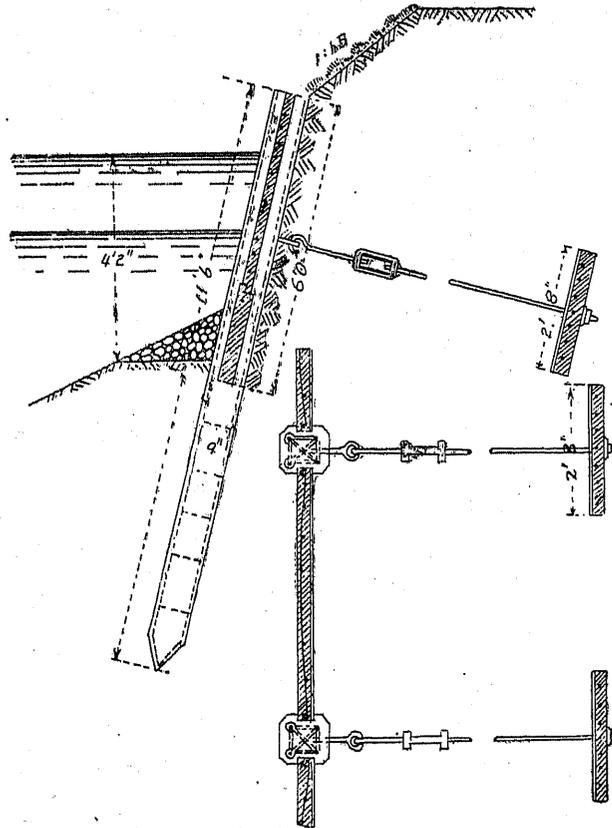
場合ニ依リテハ約6'0毎ニ鐵筋混凝土ノ定規柱ヲ打込ミ張罫ニテ引付ケ其中間ハ鐵網ニテ張詰メ場所作リ混凝土ニテ護岸版ヲ作ルカ若クハ豫メ製作セル角落版ヲ挿入スルコトアリ第一千四百五十五圖ハ其構法ノ一斑ヲ示スモノナリ。

場

第二節 河川護岸工.

河川護岸工ハ大別シテ平行工及横斷工ノ二ツトナスコトヲ得可シ前者ハ水流ノ方向ニ沿フモノニシテ更ニ洪水保護ノ堤防護岸(Bank protection)及低水維持ノ制水頭部工(Training wall)トノ二ツニ分ル後二者ハ水流ノ方向ニ直角ヲ爲シ堤防ト制水頭部工トヲ連絡スルモノニシテ之ヲ名ケテ制水幹部工(Dyke)ト云フ其配置第一千四百五十六圖ニ示セルガ如シ是等ノ工事ニ鐵筋混凝土ヲ施工セルモノハ其數未ダ多カラズ之レ經濟上ノ關係ヨリ制水工ニハ粗朶工(Fascine work),堤防護岸工ニハ芝付(Sodding)ヲ使用スルモノ多ケレバナリ去レド千八百九十八年獨國「アイクセル」河

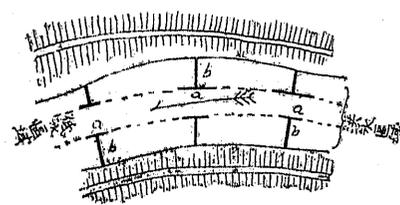
第一千四百五十五圖



(Weichsel River)ニ混凝土護岸版ヲ使用シタルヲ初メトシ漸次其用途有望ナルニ至レリ堤防護岸工ハ大體ニ於テ前節所說ノ運河護岸工ト同様ナルモ今茲ニハ一特許ニ係ルモノヲ擧ゲテ其構法ノ一斑ヲ示ス可シ。

第一千四百五十七圖ハ以國「ヴィラ」氏(Villa)ノ特許ニ係ルモノニシテ以國、

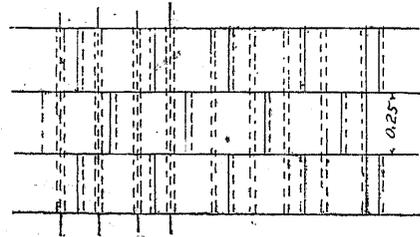
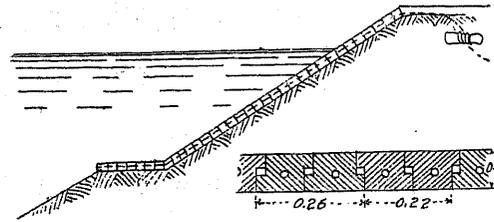
第一千四百五十六圖



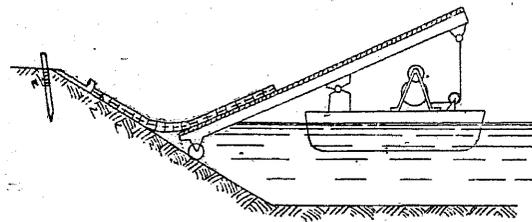
白國及佛國ノ河川ニ其考案ヲ使用シテ成績良好ナリシト云フ其方法ハ高 25 cm, 幅 26 cm, 厚サ 10 cm ノ混凝土若クハ煉瓦方塊ヨリ成リ其兩側ヲ通ズル 20 mm

ノ圓孔ヲ有シ圖ノ如ク銅線、真鍮線若クハ亞鉛鍍金鐵線ニテ相互連絡シ上部ニ於テ其數線ヲ絡合シテ繩索ヲ作り其一端ヲ石材若クハ棧材ニ緊定シテ堤心ニ沈置セシムルモノナリ此様式ニアリ

第一千四百五十七圖



第一千四百五十八圖



テハ各塊ノ運動屈撓的ナルヲ以テ地盤ノ不等質ニ伴フ多少ノ沈降ヲ許容シツ、猶其連絡ヲ維持スルコトヲ得可ク耐久のニシテ各版ニ裂罅ヲ生ズルノ恐レナク又第一千四百五十八圖ノ如ク特殊ノ沈設船ヲ用フル時ハ堤腹ニ沿フテ水中ニテモ猶容易ニ之ヲ布設シ得ルノ便利アリ。

佛國「デコーヴィル」氏 (Décaille)ノ考案モ亦「ヴィラ」氏ノモノニ類似シ各方塊ノ底部ニ前後二條

ノ細溝ヲ有スル混凝土塊ヲ用キ各層ヲ重スル毎ニ其溝路ニ麻索ヲ填充シテ水ノ滲透ヲ防止スルノ装置トセリ其他「アンネビック」式小梁付床版式平版式等ヲ使用セルノ例亦尠カラズ。

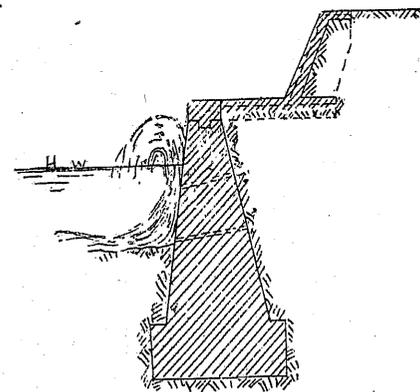
制水幹部工トシテ純鐵筋混凝土式ヲ使用セルモノハ其類例極メテ寥寥タルヲ免レズ石塊若クハ粗朶幹部工ノ仕上ニ混凝土版ヲ使用セルモノ、外框工 (Cribwork)ノ低水位以下ヲ木造トシ其上部組立桁ニ鐵筋混凝土ヲ適用セルモノアリ「フイエールレッシャー」氏 (Feuerlöcher)ノ考案ニ係ルモノハ石塊ヲ粗朶及鍍鋼ニテ取巻キ更

ニ之ヲ急硬混凝土ニテ包被セル圓壘形蛇籠様ノ構法ニシテ之ヲ制水幹部工ニ使用シテ其成績良好ナリシト云フ。制水頭部工ハ海中堰堤工ト略同様ナリ第四節ヲ参照ス可シ。

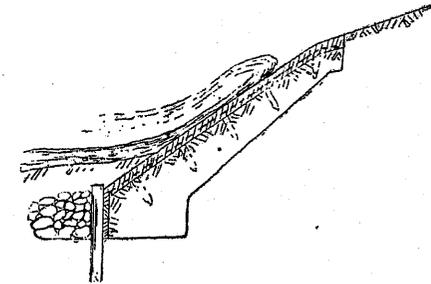
第三節 海濱護岸工.

海濱護岸工 (Coast protection)ハ波浪ノ襲來ヲ防禦スル爲メ河川護岸工ニ比シテ一段ノ堅硬構造ヲ要ス從ツテ石材方塊ノ如キ耐久質量的材料ノ運搬不便ナル處ニアリテハ海岸附近ヨリ採取シ得可キ砂砂利等ヲ利用シテ鐵筋混凝土ノ如キ單體構法ヲ採用スルハ經濟上ノ見地ヨリモ頗ル勝レル點多ク從ツテ其應用比較的廣汎ナリト云フコトヲ得可シ。

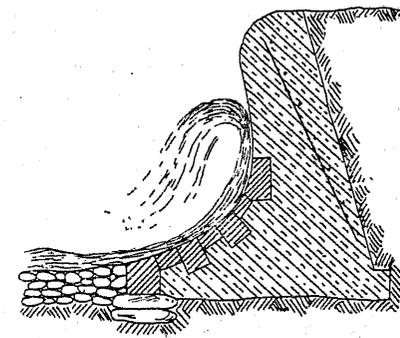
第一千四百五十九圖



第一千四百六十圖



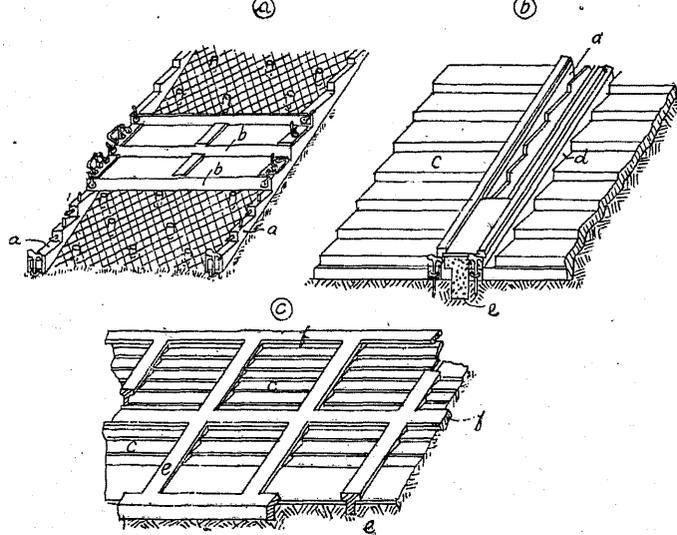
第一千四百六十一圖



海濱護岸工ハ波浪衝突ノ強弱ニ對應シテ其断面種々アリ第一千四百五十九圖ノ如キ垂直工ハ堅固ナル構法ヲ要シ殊ニ水深小ナル場合ニハ波浪ノ反轉ニ依リ

其壁底ヲ犯スノ恐レアリ第一千四百六十圖ノ如キ傾斜工ハ輕快ナル構法ナルモ波浪ノ走行距離長キ爲メ護岸工ノ面積大トナル可シ然カモ波浪ノ反轉ニ依リテ根底ヲ洗ハル、ノ恐レ少ナシ第一千四百六十一圖ハ以上二ツノ折衷構法ニシテ上端ハ稍前方ニ向ツテ傾斜セル堅壁トシ其逆勾配ニ依リテ波浪反轉ニヨリ壁底ノ犯サルルヲ減少セシメ得ベキヲ以テ根底ノ保護比較的容易ナリ垂直式及折衷式ハ大體石造擁壁ニ類似シ極メテ質量的ニシテ波浪ノ直接衝突シ來ル急所ニ近ク鐵筋ヲ配置ス傾斜式ハ床版及留棧ヲ使用スルコト河川護岸工ト同様ナルモノ若クバ扶壁ヲ有スル擁壁ヲ用ヒ何レモ其踵部ハ粗朶若クバ捨石ヲ以テ相當ノ保護ヲ施ス可シ何レモ適當ノ距離ニ裂隙層ヲ準備スベキハ勿論ナリトス。

第一千四百六十二圖



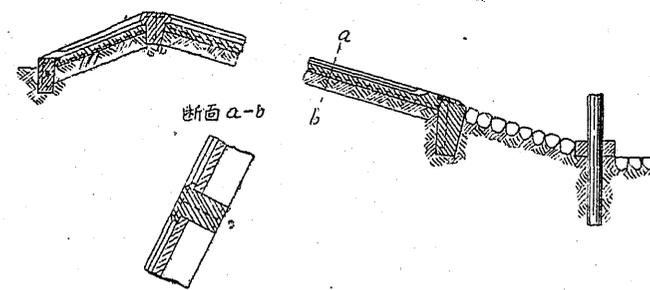
海濱護岸工

トシテ最モ成功セルモノハ蘭國「ムラルト」氏 (Muralt) ノ考案ニ係リ同國「ショーウエン」島 (Schouwen Island) ニ實施シタルモノナリ其方法ハ第一

千四百六十二圖ノ如ク先ヅ堤防面ヲ敷均シ粘土及藁束ヲ用キテ

浸水ノ爲メ地盤ノ洗去ラル、ヲ防止シ a ノ如キ長サ約 $3.5m$ ノ籐木ヲ $1.8m$ ノ間隔ニ並列シ堤防面ニ「エキスパンデッド・メタル」ヲ張詰メ約 $0.5m$ ノ距離ニ鐵網緊定兼地盤ヘノ控繫用短杙ヲ打込ミ次ニ b ノ如キ堰板ヲ籐木ニ用意セル「ボールド」ニテ緊付ケ下段ヨリ初メテ c ノ如キ段形混凝土版ヲ作成ス更ニ約 $30cm$ ヲ隔テ、同一ノ方法ヲ繰返セル床版ヲ作り其間隙地盤内ニ小溝ヲ掘取リ斯クテ二ツノ床版終端ニ更ニ $0.6m$ ノ間隔ヲ置キテ d ノ如キ段形框構ヲ取付ケ e ノ如キ丁形桁ヲ作りテ各床版ノ縁端ヲ押エシム此方法ハ水平ノ方向ニモ f ノ如ク之ヲ作成シ斯クテ \odot 圖ノ如ク全部ヲ仕上グルモノトス此工事ニ使用シタル混凝土ノ配合ハ常時波浪ノ打上際ト然ラザル處トニヨリセメント:砂:砂利:火山灰ノ割合 $3:5:8:1$, $2:5:7:\frac{2}{3}$ 及ビ $1:3:4:\frac{1}{3}$ 等ヲ使用シタリ同氏ノ蘭

第一千四百六十三圖



國「ヘーク」(Hoek)ニテ施シタル考案モ略前記ノモノト同様ニシテ根堅メニ杭列及花崗石塊ヲ使用シ e 及 b ナル押

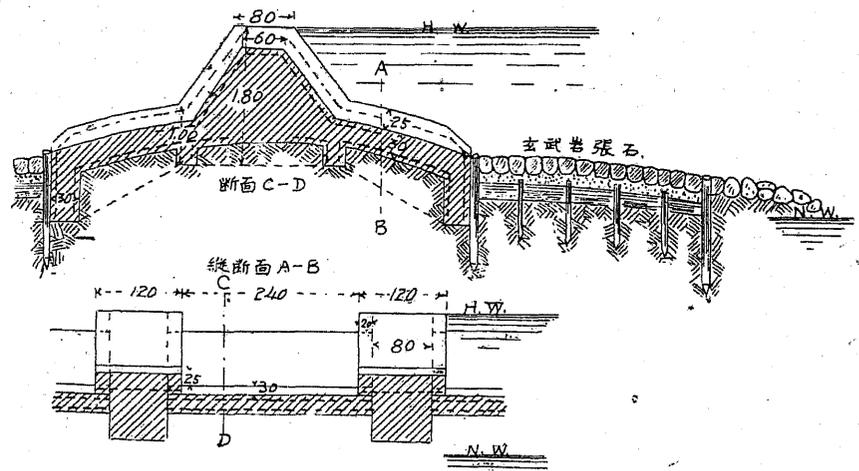
桁ニモ亦鐵鋼ヲ添加シタリ其構法第一千四百六十三圖ニ示セルガ如シ。

第四節 海中堰堤工

海中堰堤工(Dyke)ニ鐵筋混凝土ヲ利用セルモノハ之ヲ海濱護岸工ニ比シテ其數未ダ多カラザルヲ以テ茲ニハ一ノ特例ヲ掲グ

ルニ止ム可シ堰堤工ニ二種アリハ強烈ナル潮流ノ爲メ絶エズ海岸ノ破壊シ去ラル、ヲ妨グ可キ防禦工ニシテ之ニ依リテ潮流ノ方向ヲ變ゼシメ可成之ヲ深處ニ導カシメントスルニアリ從ツテ干満ノ差著シキ處程潮流ノ勢ヲ増進スルヲ以テ一層工事ノ堅牢ヲ要ス可シ此場合ニハ可成其表面ヲ平坦トシ充分厚キ被覆ニ依リテ保護スルコト必要ナリ此點ニ關シテハ「ムラルト」氏 (Muralt) ノ考案ハ經濟上ノ見地ヨリモ頗ル成效セルモノト云フ可シ其工事ハ蘭國「ショーウエン」島 (Shouwen Island) ニ實施サレタルモノニシテ大要海濱護岸工ト同様ナリ即チ第一千四百六十四圖ノ如ク堰

第 一 千 四 百 六 十 四 圖

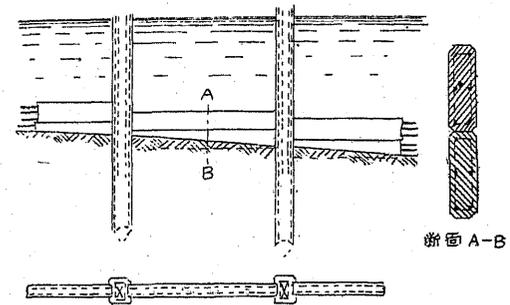


堤ノ左右低水部ニハ玄武岩ニテ堅固ナル崖徑ヲ作り高潮部ニハ長サ3.3m毎ニ鐵筋ニテ補強セル山形混凝土床版ヲ以テ地盤ヲ押エ四個ノ前垂ニテ地盤ト嚙合セ床版ト床版トノ間ニハ80cmノ間隔ヲ存シテ溝ヲ掘リ床版ヨリモ稍々大ナル重量ヲ有スル丁形框版ニ依リテ相互之ヲ連絡セシム其一區劃毎ノ總重量約12噸ヲ

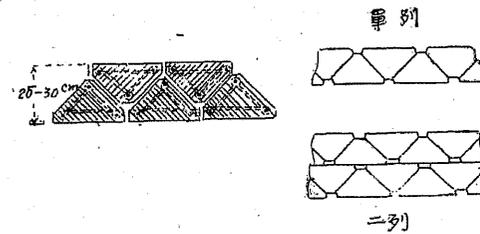
算スト云フ。

堰堤工ノ他ノ目的ハ潮流若クバ波浪ニ連レテ移動ス可キ砂

第一千四百六十五圖



第一千四百六十六圖



丘 (Sand dune) ヲ防禦シ海岸ノ常態ヲ維持セシムルモノニシテ此場合ニ於ケル工作物ハ深處若クバ低水位以上ニ建設スルコト稀レナリ其様式種々アルモ英國「オーウェンス」及「ケース」氏 (Owens and Case) ノ考案ハ割合ニ簡易ナル構法ナリト云フ可シ即チ或間隔毎ニ左右凹溝ヲ有スル鐵筋混凝土杭ヲ打込ミ其間ニ鐵筋混凝土角落ヲ插入スルモノニシテ其形第一千

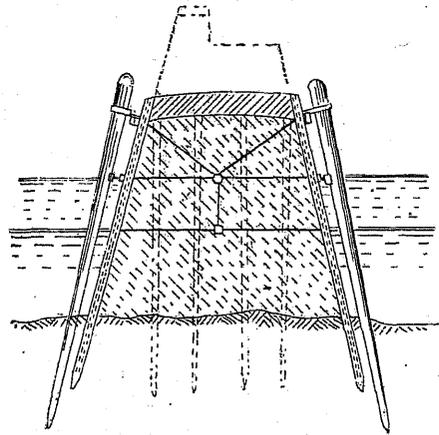
四百六十五圖ノ如シ此構法ハ簡單ニシテ工事ノ迅速ナルコト必要ニ應ジテ角落ノ數ヲ隨意増加シ得ルノ利益アルコト等之ナリ場合ニ依リテハ更ニ柱ノ一方ニ方杖ヲ添和スルコトアリ。獨國「メブス」氏 (Möbus) ノ考案ハ第一千四百六十六圖ノ如キ三角形鐵筋混凝土矢板杭ヲ必要ニ應ジテ一列若クバ數列ニ打並ブルモノニシテ其構法亦頗ル簡易ナリトス。

第五節 突堤及防波堤工.

突堤 (Jetty) 及防波堤 (Breakwater) ハ其構法ヨリ云ヘバ堰堤ノ一種ナルモ其規模大ナルト波浪ノ衝突激烈ナルトヲ以テ可成單體

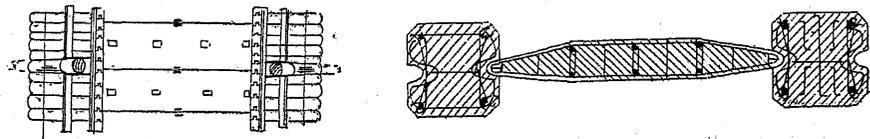
的構法トシ強度ヨリモ寧ロ質量ニ依リテ波浪ニ抵抗セシムルヲ要ス其構法ハ大別セバ之ヲ矢板工及潜函工ノ二トナスコトヲ得

第一千四百六十七圖



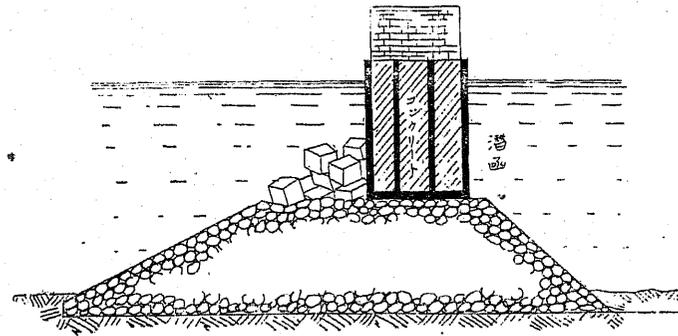
可シ矢板工ハ第一千四百六十七圖ノ如ク突堤若クハ防波堤ノ兩側ニ沿ヒテ相當距離ニ導杭ヲ立テ其内側ニ矢板杭ヲ打チテ左右側壁ヲ作り其内部ハ砂利ニテ之ヲ填充シ更ニ其内部ニ杭打ヲ爲シテ高水位面上ニテ普通ノ擁壁若クハ混凝土壁ヲ作ルカ若クハ

第一千四百六十八圖



第一千四百六十八圖ノ如ク「モブス」氏 (Möbus) 考案ニ依リ約 1,0 m 毎ニ定規杭ヲ打込ミ其間ニ一枚ノ矢板杭ヲ挾ミテ側壁ヲ作ルモノアリ此等ノ方法ハ波浪ノ烈シキカ若クハ水深ノ大ナル處ニハ適用シ難シ最モ一般ニ應用シ得ベキモノハ豫メ陸上ニテ數個ノ分割壁ヲ有スル潜函 (Caisson) ヲ作り一旦之ヲ浮渠 (Floating dock) ニ受ケテ海中ニ曳出シ浮游セシメタル後曳船ニテ現場ニ運搬シ來リ適當ノ位置ニ達シタル時唧筒ニテ潜函ノ各室ニ海水ヲ汲ミ入レ其場所ニ沈設シタル後更ニ其一分割内ノ水ヲ汲出シ砂利若クハ混凝土ニテ其空室ヲ填充セシムルモノニシテ其構法第一千四百六十九圖ニ示セルモノ、如シ神戸築港防波堤ニ使用シタルモ

第一千四百六十九圖



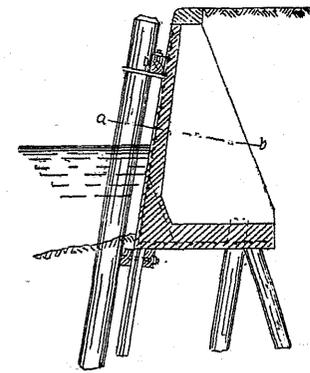
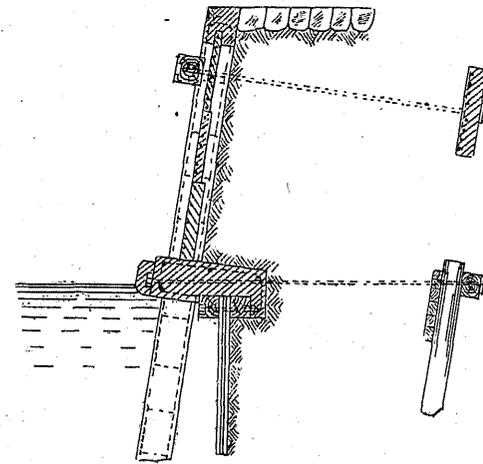
ノハ此一例ニシテ第七百三十一圖ニ示セルモノト略同様ノ形ヲ有シ内部混凝土填充後ノ重量約 840 噸ヲ算シ

長サ 40 尺, 高サ 22 尺, 上幅 12 尺, 下幅 23 尺ヲ有ス.

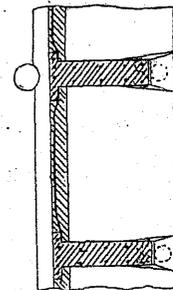
第六節 繫船壁工.

繫船壁工トハ埠頭 (Wharf) 及岸壁 (Quay wall) 工事ノ總稱ニシテ其

第一千四百七十圖

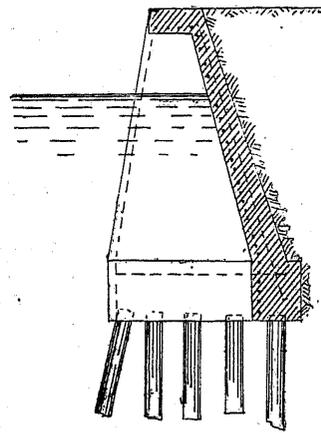


第一千四百七十一圖

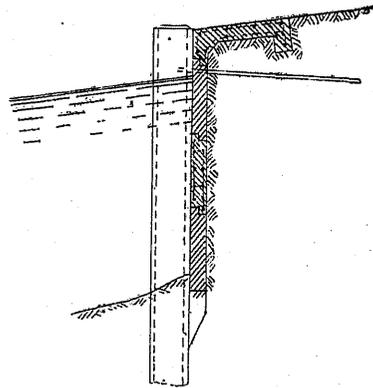


構法水上及水中ノ二種ニ分ル水中工事ハ海蟲ノ恐ナキ處ニハ一般ニ木材ヲ使用シ水上工事ハ木材石材及混凝土ヲ併

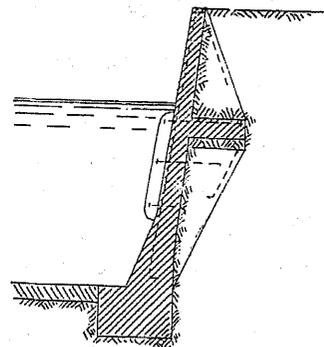
第一千四百七十二圖



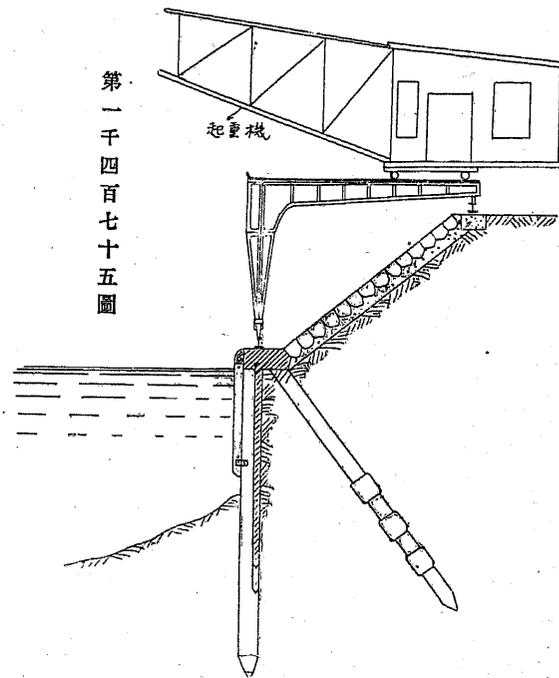
第一千四百七十三圖



第一千四百七十四圖



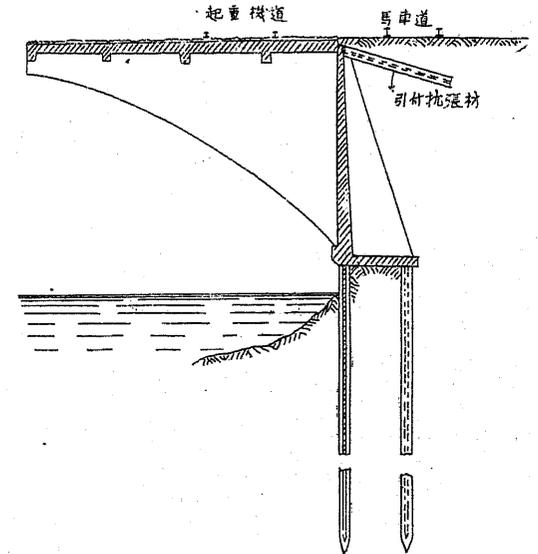
第一千四百七十五圖



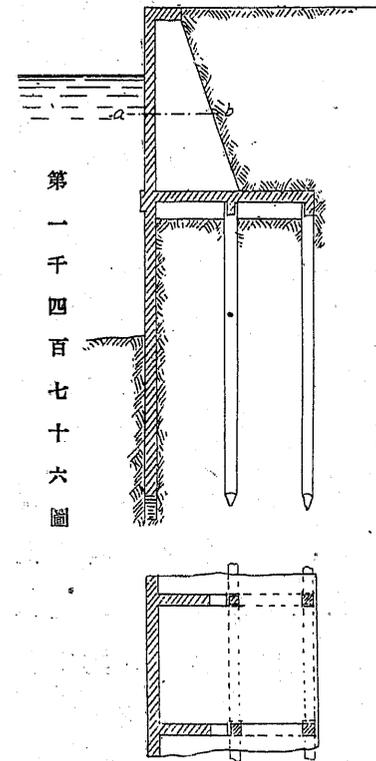
用ス其様式種々アリ河
 港運河等ノ埠頭ニハ經
 濟上ノ點ヨリ常時水中
 ニアル部分ニハ一般ニ
 木材矢板杭ヲ用ヒ水上
 ノ部分ニハ鐵筋混凝土版ヲ利用シ所々張鐔ニテ控繫セルモノニ
 シテ其一般構法ハ第一千四百七十圖ノ如シ或ハ水中ニ矢板杭及

木杭ヲ併用シ其上部ニ扶壁式擁壁ヲ作ルコト第一千四百七十一
 圖ノ如クスルカ若クハ單純ニ木杭基礎上ニ擁壁ヲ有スルコト第
 一千四百七十二圖ノ如クスルコトアリ。更ニ全部ヲ鐵筋混凝土
 ニテ構成セルモノニ矢板式及擁壁式アリ其構法第一千四百七十
 三圖及第一千四百七十四圖ノ如シ。

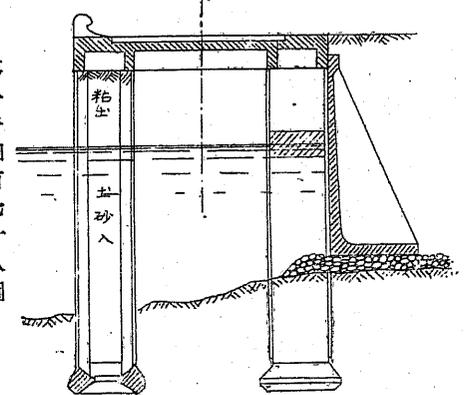
第一千四百七十七圖



第一千四百七十六圖

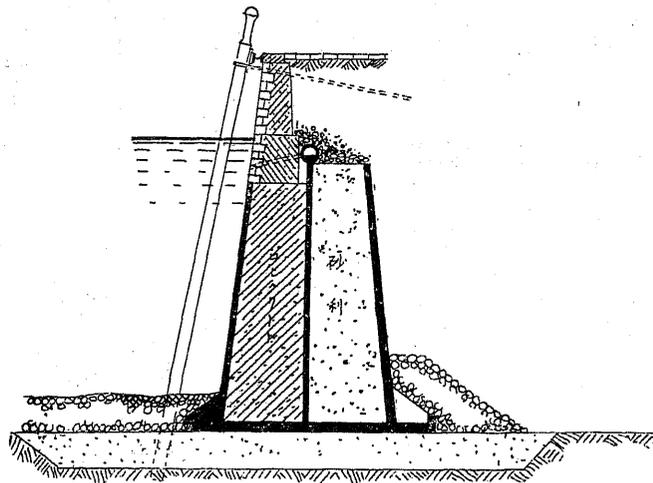


第一千四百七十八圖



沿岸割合ニ淺クシテ堤防ノ
 勾配緩ナル處ニテハ定規柱及
 矢板杭ニ依リテ下部沿岸ヲ保
 護シ第一千四百七十五圖ノ如

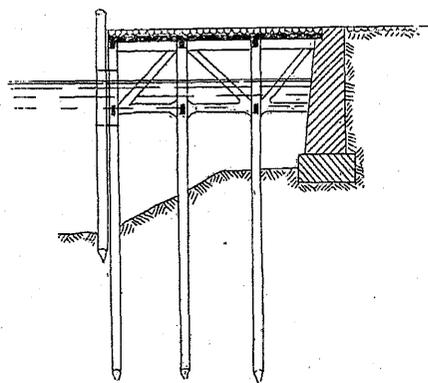
第一千四百七十九圖



ク軌道ヲ設ケテ
起重機ヲ動カス
コトヲ得バ最モ
經濟的ニ割合船
足大ナル船舶ヲ
モ荷役セシムル
コトヲ得可シ但
シ此構法ハ荷揚
場ノ地積少キ處
若クバ地價貴キ

處ニハ應用困難ナリ。如斯場合ニハ第一千四百七十六圖ノ如ク
鐵筋混凝土杭及矢板杭ニ依リテ普通基礎ヲ作り此上ニ擁壁ヲ築
クカ、第一千四百七十七圖ノ如ク持送桁ヲ出シテ床版ヲ受ケ茲ニ
埠頭ヲ作ルカ若クバ第一千四百七十八圖ノ如ク沈井基礎 (Well
foundation) 上ニ桁橋組織ヲ構成セルモノアリ更ニ第一千四百七十

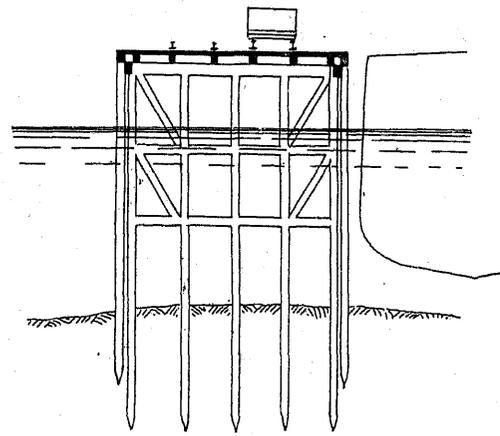
第一千四百八十圖



九圖ノ如ク防波堤ノ場合ト同
様ナル潜函ヲ用キテ低水位以
下ノ工事ヲ完成セシメ其上部
ニ普通擁壁ヲ構成セルモノア
リ神戸稅關岸壁ハ此方法ニ據
リタルモノニシテ使用潜函ノ
寸法ハ第七編第三章第三節ニ
於テ之ヲ記述シタリ。

第七節 棧橋工.

第一千四百八十一圖

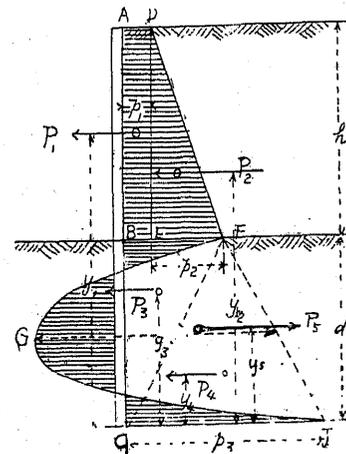


棧橋工 (Landing pier) ハ
岸壁工事ノ代用トシテ廉
價ニ荷揚場ヲ作ラント欲
スル場合ニ建設スルモノ
ニシテ沿岸ニ平行セルモ
ノト之ニ直角ヲ爲スモノ
トアリ前者ハ第一千四百
八十圖ノ如ク上屋 (Shed)
ト船艙トノ連絡用桁橋ヲ

作り土留ニハ矢板若クバ擁壁ヲ用フ關釜連絡下關繫船棧橋ハ此
一例ナリ船客ノ昇降及荷役兼用トシテ沿岸ニ直角ニ棧橋ヲ出ス
場合ニハ船舶ハ其左右ニ繫留セシムルコトヲ得可シ其形第一千
四百八十一圖ノ如ク石炭積込用棧橋ノ如キ又此種類ニ屬スルモ
ノナリ。

第八節 矢板杭.

第一千四百八十二圖



前方ニ毫モ水壓ヲ有セザルモノ即
チ普通擁壁ノ如キ場合ニ於ケル矢板
杭 (Sheet pile) ノ地中埋込ノ深サdヲ
定ムルニハ擁土ノ高サヲhトシ奥行
ヲ單位長トセバ其壓力ノ配布狀態ハ
正ニ第一千四百八十二圖ノ如クナル
可シ今

ϕ = 土壤ノ止動角
 w = 土壤ノ重量

$p_1 =$ 過載荷重ヨリノ壓力度

$p_2 = h$ ナル高サニ於ケル地壓力度

$p_3 =$ 土壤ノ能働地壓

$y = C$ 點ヨリ各課力點ヘノ距離

トセバ

$$1) \quad ADEB = p_1 \cdot h = P_1, \quad y_1 = d + \frac{h}{2}$$

$$2) \quad DEF = \frac{p_2 \cdot h}{2} = P_2, \quad p_2 = w \cdot h \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right), \quad y_2 = d + \frac{h}{3}$$

$$3) \quad BFC = \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) \cdot d = P_3, \quad y_3 = \frac{2}{3} d$$

$$4) \quad FCJ = \frac{p_3 \cdot d^2}{2} = P_4, \quad y_4 = \frac{d}{3}$$

$$5) \quad FGJ = \frac{2}{3} r \cdot d = P_5, \quad y_5 = \frac{d}{2}$$

此等外力及其力率ノ代數和ハ零ニ等シカラザルベカラザルヲ以テ

$$\sum P = p_1 \cdot h + \frac{p_2 \cdot h}{2} + \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) \cdot d + \frac{p_3 \cdot d^2}{2} - \frac{2}{3} r \cdot d = 0$$

$$\sum P \cdot y = p_1 \cdot h \cdot \left(d + \frac{h}{2} \right) + \frac{p_2 \cdot h}{2} \cdot \left(d + \frac{h}{3} \right) + \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) \cdot d \cdot \frac{2}{3} d + \frac{p_3 \cdot d^2}{2} \cdot \frac{d}{3} - \frac{2}{3} r \cdot d \cdot \frac{d}{2}$$

今 $\frac{h}{d} = n$ トシ前二式ヨリ p_1, p_2 ヲ既知項トセル p_3 及 r ノ値ヲ求ム

レバ

$$p_3 = p_1 \cdot (1 + 6n + 6n^2) + p_2 \cdot (1 + 3n + 2n^2)$$

$$r = p_1 \cdot (1,5 + 6n + 4,5n^2) + p_2 \cdot (1,5 + 3n + 1,5n^2)$$

過載荷重ヲ有セザル場合ニハ $p_1 = 0$ ナルヲ以テ

$$p_3 = p_2 \cdot (1 + 3n + 2n^2)$$

杭ノ終端 C 點ニ於ケル實際ノ壓力 p_3' ヲ定メントセバ p_3 ノ外更ニ d ナル深サニ於テ杭ノ左側ヨリ働ク能働地壓 (Active earth pressure)

$$p_a = w \cdot d \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

ノ加ハリタルモノナラザル可ラズ。故ニ

$$p_3' = p_2 \cdot (1 + 3n + 2n^2) + p_a$$

「エンゲルス教授 (Prof. Engels) ノ實驗ニ從ヘバ矢板杭ノ移動ヲ許サル條件ニアリテハ p_3' ハ $h+d$ ナル深サニ於ケル土壤ノ水壓的壓力度ヲ超過ス可ラズトセリ此法則ニ從ヘバ

$$p_3' \leq w \cdot (h + d)$$

即チ $p_2 \cdot (1 + 3n + 2n^2) + p_a \leq w \cdot d \cdot (1 + n)$

故ニ今 $w = 100^*$, $\phi = 30^\circ$ ト假定セバ

$$p_2 = 33,3 h, \quad p_a = 33,3 d$$

故ニ

$$33,3 \left[(1 + 3n + 2n^2) \cdot h + d \right] \leq 100 d \cdot (1 + n)$$

$$(1 + 3n + 2n^2) \cdot n + 1 \leq 3(1 + n)$$

$$n = \frac{h}{d} < 0,88$$

$$d \geq 1,14 h$$

實際ニハ $d = h$ トスル場合多シ

若シ矢板杭ノ前面ニ常時 h_2 ノ如キ低水ヲ有スル場合ニハ杭ノ前側ヨリノ水壓ハ其後側土壤内ニ於テ飽和セリト假定セル水壓

ト等量ニシテ且ツ反對ナルヲ以テ水壓ノ影響ハ之ヲ考フルニ及
 バズ只後側土壤ノ止動角ハ飽和セル水ニ依リテ其角度ハ BC 線
 以上ノモノヨリモ小トナレルモノト考フ然ル時ハ其壓力ノ配布
 ハ第一千四百八十三圖ノ如ク更ニ

$$\begin{aligned} \phi_1 &= BC \text{ 以上ニアル土壤ノ止動角, } & w_1 &= \text{其土壤ノ重量} \\ \phi_2 &= DF \text{ 以上 BC 間ニアル " , } & w_2 &= w_s - w = \text{"} \\ \phi_3 &= \phi_2 = DF \text{ 以下ニアル " , } & w_3 &= \text{"} \\ & & w &= \text{水ノ重量} \end{aligned}$$

トセバ

$$p_1 = w_1 \cdot h_1 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2} \right)$$

$$p_2 = (w_s - w) \cdot h_2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_2}{2} \right)$$

$$p = k \cdot (d + n \cdot h_2)$$

$$k = w_s - w_s \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_3}{2} \right)$$

$$n = \frac{w}{w_s} = \text{過載荷重ナル水ノ土壤ニ對スル換算重量}$$

影線ヲ施セル部分ノ壓力量及 BC ヨリノ挺率ハ次ノ如クナル可
 シ.

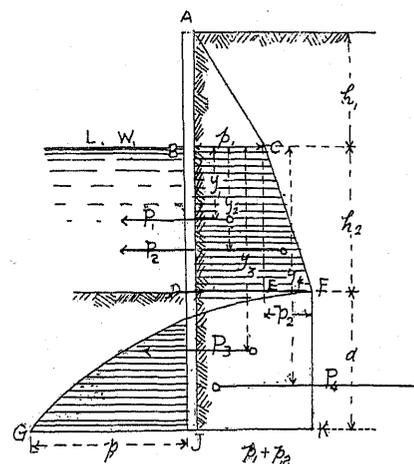
$$BCED = p_1 \cdot h_2 = P_1, \quad y_1 = \frac{h_2}{2}$$

$$CEF = \frac{p_2 \cdot h_2}{2} = P_2, \quad y_2 = \frac{2h_2}{3}$$

$$DFKJ = (p_1 + p_2) \cdot d = P_3, \quad y_3 = h_2 + \frac{d}{2}$$

$$FKJG = 0,7 d \cdot (p + p_1 + p_2) = P_4, \quad y_4 = h_2 + 0,6 d$$

第一千四百八十三圖



$\sum P \cdot y = 0$ ナル平衡條件ニ基キ

$$\begin{aligned} & \frac{p_1 \cdot h_2^2}{2} + \frac{2p_2 \cdot h_2^2}{3} + (p_1 + p_2) \cdot d \cdot \left(h_2 + \frac{d}{2} \right) \\ & - 0,7 d \cdot (p + p_1 + p_2) \cdot (h_2 + 0,6 d) = 0 \\ & p = k \cdot (d + n \cdot h_2) \text{ ノ値ヲ插入シテ} \\ & d \text{ ノ方程式ヲ作レバ} \\ & 0,42 k \cdot d^3 + \left[0,7 k \cdot h_2 \cdot (1 + 0,6 n) - 0,08 \right. \\ & \left. (p_1 + p_2) \right] d^2 + 0,7 h_2 \left[k \cdot n \cdot h_2 - 0,43 (p_1 + p_2) \right] \cdot d \\ & - h_2^2 \cdot \left(\frac{p_1}{2} + \frac{p_2}{3} \right) = 0 \dots \dots (1596) \end{aligned}$$

簡易ノ爲メ FKJG ノ拋物線ヲ三角形ト假定スル時ハ

$$\frac{p_1 \cdot h_2^2}{2} + \frac{p_2 \cdot h_2^2}{3} + (p_1 + p_2) \cdot d \cdot \left(h_2 + \frac{d}{2} \right) - \frac{d}{2} \cdot (p + p_1 + p_2) \cdot \left(h_2 + \frac{2d}{5} \right) = 0$$

從ツテ

$$\begin{aligned} & \frac{k \cdot d^3}{6} + \left[\frac{k \cdot h_2}{6} (3 + 2n) - \left(\frac{p_1 + p_2}{6} \right) \right] \cdot d^2 + \frac{h_2}{2} \left[k \cdot n \cdot h_2 - (p_1 + p_2) \right] \cdot d \\ & - h_2^2 \cdot \left(\frac{p_1}{2} + \frac{p_2}{3} \right) = 0 \dots \dots (1597) \end{aligned}$$

(1596)式若クバ(1597)式ヨリ d ノ値ヲ見出スコトヲ得可シ.

例題第百二十六. $\phi_1 = 30^\circ, w_1 = 100^#, w = 62,4^#/ft^3$

$\phi_2 = \phi_3 = 28^\circ, w_s = 130^#/ft^3, h_1 = 6', h_2 = 8'$

トシ矢板抗ノ埋込深サヲ求ム.

答. $p_1 = 100 \cdot 6 \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 200^#/ft^2$

$$p_2 = (130 - 62,4) \cdot 8 \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{28^\circ}{2} \right) = 195^#/ft^2$$

$$n = \frac{62.4}{130} = 0.48$$

$$k = 130 - 130 \cdot \tan^2\left(45^\circ - \frac{28^\circ}{2}\right) = 83.2 \text{ #/ft}^3$$

故 = (1596)式ヨリ

$$0.42 \cdot 83.2 \cdot d^3 + \left[0.7 \cdot 83.2 \cdot 8 \cdot (1 + 0.6 \cdot 0.48) - 0.08(200 + 195)\right] \cdot d^2$$

$$+ 0.7 \cdot 8 \left[83.2 \cdot 0.48 \cdot 8 - 0.43 \cdot (200 + 195)\right] \cdot d - 8^2 \cdot \left(\frac{200}{2} + \frac{195}{3}\right) = 0$$

$$34.94 d^3 + 568.4 d^2 + 149.6 d - 10560 = 0$$

$$d^3 + 16.3 d^2 + 4.3 d - 302.3 = 0$$

$$d = 3'.76$$

(1597)式ヨリ

$$\frac{83.2}{6} \cdot d^3 + \left[\frac{83.2 \cdot 8}{6} \cdot (3 + 2 \cdot 0.48) - \left(\frac{200 + 195}{6}\right)\right] d^2$$

$$+ \frac{8}{2} \cdot \left[83.2 \cdot 0.48 \cdot 8 - (200 + 195)\right] \cdot d - 8^2 \cdot \left(\frac{200}{2} + \frac{195}{3}\right) = 0$$

$$13.86 d^3 + 373.5 d^2 - 302d - 10560 = 0$$

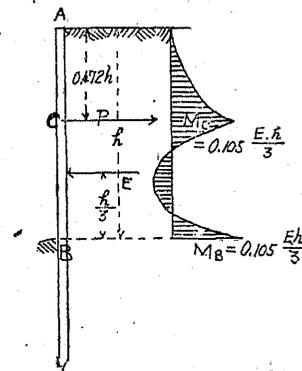
$$d^3 + 26.95 d^2 - 21.8 d - 762 = 0$$

$$d = 5'.2$$

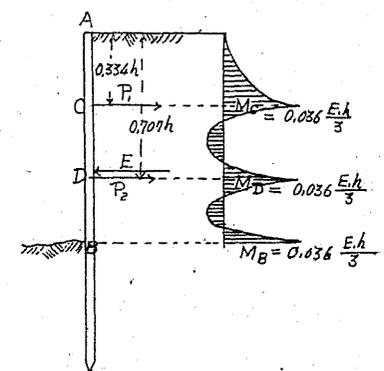
故 = 安全側ヨリ 5'.2ヲ以テ埋込ノ深サト定ム。

張材 (Land tie) 取付ノ最有效ナル位置ヲ見出サント欲セバ杭ハ下側地盤點ニ於テ緊定セラレ張材取付ノ點ヲ支點トシテ背部ヨリ三角形ヲ爲セル土壓ヲ受クルモノト考ユ M_B 及 M_C ノ等値トナル可キ位置ヲ見出スニアリ其運算複雑ナルヲ以テ茲ニハ單ニ其結果ノミヲ示ス可シ今 E = 土壓, P = 張鉚ノ受クル張力トセバ第一千四百八十四圖ノ如ク二ツノ張鉚ヲ有スル場合ニハ

第一千四百八十四圖



第一千四百八十五圖



最有利ノ位置 = 0.472 h (1598)

最大彎曲力率 = $M_B = M_C = \frac{0.105 E \cdot h}{3}$ (1599)

張力 $P = 0.565 E$ (1600)

若シ第一千四百八十五圖ノ如ク二ツノ張鉚ヲ有スル場合ニハ

最有利ノ位置 = 0.334 h 及 0.707h (1601)

最大彎曲力率 = $M_C = M_D = M_B = \frac{0.036 E \cdot h}{3}$ (1602)

張力 $P_1 = 0.233 E$ } (1603)
張力 $P_2 = 0.451 E$ }

但シ以上ノ算定ハ B 點ガ恰モ混凝土中ニ埋込マレタルガ如ク完全ニ緊定セリトノ假定ヨリ出デタルモ若シ地盤中ニ打込ミタル儘ナル時ハ B 點ハ猶少シク下方ニアルモノト考エザル可ラズ更ニ過載荷重ヲ有スル場合ニハ上記 h ノ値ハ其荷重ノ土壤トシテノ換算高ヲ地盤高差ニ加ヘタルモノトシテ計算ス可シ。

張材ノ終端ハ其方向ニ直角ニ据エタル木材、混凝土若クハ鐵筋混凝土ノ控版ニ連結セシム此場合ニハ控版ノ前面ニ於ケル或單

位長 = 働ク受動地壓 (Passive earth pressure) ハ 第一千四百八十六圖
 = 於テ

$$E_p = \frac{w}{2} \cdot (h_1^2 - h_2^2) \cdot \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

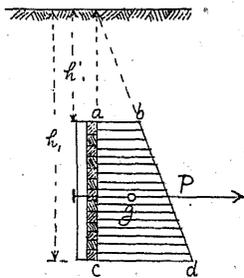
之 = 對スル能働地壓 (Active earth pressure) ハ

$$E_a = \frac{w}{2} \cdot (h_1^2 - h_2^2) \cdot \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

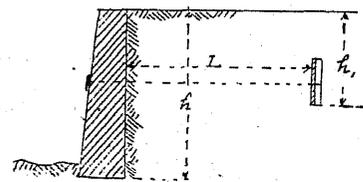
故 = 奥行單位長ニツキテ

$$P = E_p - E_a = \frac{w}{2} \cdot (h_1^2 - h_2^2) \cdot \left[\tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) - \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \right] \quad (1604)$$

第一千四百八十六圖



第一千四百八十七圖



即チ圖式的ニハ $E_p - E_a$ ハ $abcd$ ヲ以テ之ヲ示スコトヲ得可ク

$$cd = h_1 \cdot \left[\tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) - \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \right]$$

今控版ノ奥行ヲ l トシ H ヲ張鍔ノ受クル總張力トセバ

$$l \cdot (E_p - E_a) > H$$

而シテ其高サハ $abcd$ ナル梯形ノ重心點 g 點(同時ニ l ノ中央點)ニ働カシム可シ。

更ニ第一千四百八十七圖ノ如ク擁壁ノ背後控版ニ至ル張鍔ノ長サ L ハ次ノ公式ニ依リテ算出ス可シ。

$$L = h \cdot \cot\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) + h_1 \cdot \cot\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \dots \dots \dots (1605)$$

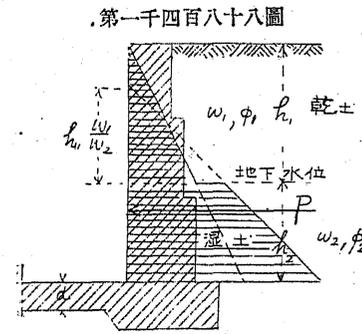
第四章 水閘及乾渠 (Lock & Dry Dock)

第一節 水閘ノ簡易計算法

水閘トハ水位ノ差ヲ有スル兩水面ヲ連接スル構造物ニシテ人工的ニ其水位ノ昇降ヲ加減シ以テ船舶ヲ上下セシムベキ閘室ヲ云フ。乾渠ハ其目的船舶ノ修理ニアルモ其構造ハ水閘ト全ク同一トス。鐵筋混凝土ヲ使用ス可キ部分ハ側壁及閘底ニシテ側壁ハ一般ニ垂直トシ其高サハ洪水面上 4'-12' トス。水閘ノ深サ大ナルトキハ少シク前面ニ勾配ヲ附シテ安定ヲ増加セシムベシ。

側壁ノ計算ハ屢々擁壁ト同様ニ之ヲ取扱フ事アリ。但シ側壁ノ前面ニハ水ヲ有セザル場合ヲ考エ更ニ地下水面ヨリ以上ハ普通ノ土壓ノミトシ以下ニアリテハ浮力 (Buoyancy)ヲ受ケタル止動角ノ小ナル土壓及水壓ガ共働スルモノト爲スカ若クハ浮力ヲ受ケズ單ニ止動角ノ小ナル土壓ノミノ働クモノト假定ス。然シテ

地下水ノ位置ハ普通閘室内最高及最低兩水位ノ平均ヲ採ル可シ、後者ノ假定ニ對スル側壁ヘノ全壓力ハ第一千四百八十八圖ノ如ク



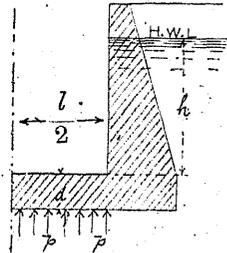
$$P = \frac{1}{2} w_2 \left(h_1 \frac{w_1}{w_2} + h_2 \right)^2 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_2}{2}\right) - \frac{1}{2} w_2 \left(h_1 \frac{w_1}{w_2} \right)^2 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_2}{2}\right)$$

$$+ \frac{1}{2} w_1 h_1^2 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2}\right) = \frac{1}{2} w_1 h_1^2 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2}\right) + w_1 h_1 h_2 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_2}{2}\right)$$

$$+ \frac{1}{2} w_2 h_2^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_2}{2} \right) \dots \dots \dots (1606)$$

更ニ開床ハ之ヲ一部緊定ノ桁 (partially fixed beam) ト考フ然ル時

第一千四百八十九圖



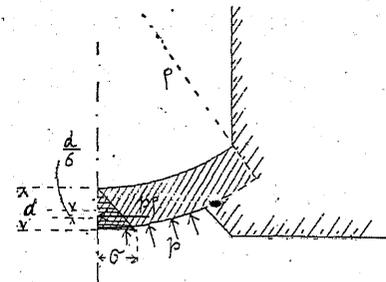
$w =$ 水重 $w' =$ 土重 $w'' =$ 混凝土重
トセバ第一千四百八十九圖ノ如ク
 $p =$ 地下水壓 + 地壓 - 床版ノ重量
 $= w \cdot (h+d) + w' \cdot (h+d) \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$
 $- w'' \cdot d \dots \dots \dots (1607)$

故ニ開床ノ受クル最大力率ハ

$$M_{max} = \frac{1}{10} \cdot p \cdot l^2 = \frac{1}{6} \cdot \sigma \cdot d^2 \text{ (與行ヲ單位長ト考フ)}$$

$$d = l \cdot \sqrt{\frac{3}{5} \frac{p}{\sigma}} \dots \dots \dots (1608)$$

第一千四百九十圖



開床ニ仰拱 (Inverted arch) ヲ使用
スル場合ニハ普通之ヲ缺圖ト假
定シ而シテ拱ノ断面ニ於ケル合
成力 $p\rho$ ハ中心ヨリ $\frac{1}{6} d$ ノ點ニ働
クモノト考フレバ

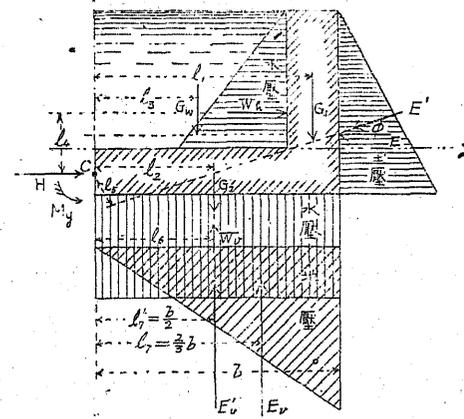
$$\frac{2 \cdot p \cdot \rho}{d} = \sigma \dots \dots \dots (1609)$$

(第一千四百九十圖参照)

第二節 一般水閘ノ理論

今第一千四百九十一圖ノ如キ單純ナル断面形ヲ有スル水閘若
クハ乾渠ニツキテ其外力ヲ考フベシ。XX線以上ノ側壁ニアリ
テハ外側ヨリ土壓(裏込ガ濕潤セル時ハ土壓及水壓), 内側ヨリ
ハ高サヲ異ニスル水壓ノ働クモノトセバ其側壁ハ普通之ヲ擁壁

第一千四百九十一圖



ト同様ニ取扱フ事ヲ得(中卷
第八篇参照)

次ニ水閘ノ中央ヲ通ズル
YY断面ヲ考エ

G_1 及 $G_2 =$ 側壁及閘底ノ重
量

$G_w =$ 閘内填水ノ重量

$W_h =$ 側壁ニ働ク水平水壓

$E' =$ 側壁ニ働ク土壓

$W_v =$ 閘底ニ働ク浮力

$E_v =$ 閘底ニ働ク土壓

各種 $l =$ 挺率

$H =$ 閘底ニ起ル横推力

$M_y =$ 該點ニ働ク彎曲力率

トスレバ平衡ノ原則ニ據リ

$$\Sigma V = 0, \quad \Sigma H = 0, \quad \Sigma M = 0$$

ナラザル可カラザルヲ以テ次ノ三式ヲ得ベシ

$$G_1 + G_2 + G_w + E' \cdot \sin \phi - W_v - E_v = 0 \dots \dots \dots (1610)$$

$$E' \cdot \cos \phi - H - W_h = 0 \dots \dots \dots (1611)$$

$$G_1 \cdot l_1 + G_2 \cdot l_2 + G_w \cdot l_3 + W_h \cdot l_4 + E' \cdot l_5 - W_v \cdot l_6 - E_v \cdot l_7 - M_y = 0 \dots (1612)$$

(1612)式ヨリ $E' \cdot l_5$ ノ變化ニヨリテ M_y ノ値ヲ左右ス可キヲ得ル今 E'
ノ方向ガ閘底ノ中央C點ヲ通過セバ $E' \cdot l_5 = 0$ トナル可クソレヨ
リ尙 ϕ ノ値小トナリ負値ヲ取ルニ至レバ $E' \cdot l_5$ ハ(-)トナリ $\phi = 0$
トナルトキハ $E' \cdot l_5$ ハ M_y ニ對シテハ最モ都合ヨキ最大負値ヲ呈ス

可ク乃チ ϕ ヲ小トスル程開底ノ力率ハ減少スベキヲ知ル故ニ出來能フ限リ擁壁ト土壤トノ摩擦ヲ減少スル事假令バ清砂ノ如キヲ裏込トスルノ利益ナルヲ知ル可シ。

以上三式ニ於テ E 及 ϕ ノ値ヲ假定スルモ猶確定スル能ハザル未知ノ應力存在スベシ。何トナレバ W_v , E_v , M_y 及 l_7 ノ四ツノ來知數ヲ定ムルニ(1610)及(1612)ノ二式ヲ有スルノミナレバナリ。故ニ今次ノ如ク假定スベシ。 W_v ノ價ハ地盤ノ性質ニヨリテ異ナリ若シ地盤ガ清砂若クハ砂利等ヨリ成ルモノナレバ全水壓ハ開底ニ働クモノト見做ス事ヲ要シ土質細微ナルカ肥土若クハ粘土質ナルトキハ之ニ應ジ浮力ヲ減ズル事ヲ要スベシ。又開底ノ施工不完全ナルトキハ混凝土内ニモ水ノ滲入スル恐アルヲ以テ開底ノ下部ハ可成配合ヨキ膠泥ノ厚層ヲ敷ク如クスレバ開底ノ厚サヲ減ゼシムルノ効力アルベシ。以上ノ見地ニヨリ實際ニ於ケル W_v ノ値ヲ假定セバ更ニ l_7 ノ値ヲ假定セザルベカラズ。 l_7 ノ値ハ恐ラク $\frac{2b}{3} > l_7 > \frac{b}{2}$ ノ範圍内ニアルベシト云フ外斷言スル事能ハズ。即チ開底ガ毫モ彎曲セズシテ其他盤ガ等質ナル時ハ $l_6 = l_7 = \frac{b}{2}$ ナルモ若シ地盤軟弱ニシテ側壁ノ重サニヨリ其下部ノ開底沈下スル恐アルトキハ E_v ノ配布一樣ナル能ハズシテ l_7 ノ値モ漸次増加ス可シ。モシカクノ如クニシテ W_v 及 l_7 ノ假定ヲナストキハ(1610)式ヨリ

$$E_v = G_1 + G_2 + G_w + E' \cdot \sin \phi - W_v$$

式中 G_w ハ變化シ得ル値ニシテ水開若クハ乾渠ガ空虛ナルトキハ $G_w = 0$ ナル可ク同時ニ W_v ハ亦地下水ノ高サニ應ジテ變化シ隨ツテ E_v ハ常ニ變化ス可キ値トナルベシ。乃チ $G_w = 0$ ニシテ W_v ノ値

最大ナルトキハ E_v ハ最小ナルベク之ニ反シ G_w ノ値最大ニシテ W_v ノ値最小ナルトキハ E_v ハ最大トナル可シ。後者ハ開内満水ニシテ側壁裏込ガ不滲透性ニシテ地下水浮力ノ作用少キ場合ニ起ル可ク更ニ前者ハ

$$E_{v \min} = G_1 + G_2 + E' \cdot \sin \phi_{\min} - W_{v \max} < 0$$

ニテ表シ得ルモノトナル可シ。

斯クテ以上ノ各式ヨリ G_w , W_v 及 l_7 ノ種々ノ値ニ對シテ尤モ不利益ナル状態ニ於ケル E_v 及 M_y ノ値ヲ見出し以テ開底各部ニ於ケル壓力ヲ見出す事ヲ得可シ。若シ此應力餘リ大トナラバ側壁及ビ底版ノ形ヲ變ジテ改メテ應力ヲ計算スベク遂ニ開底ニ於ケル應力或許容限度ニ達スル迄ハ數回ノ試算ヲ施ス可シ。斯クノ如ク其方法非常ニ繁雜ナルヲ以テ一般ニハ之ヲ圖式的ニ處理スルヲ最も便利ナリトス。即チ各種ノ斷面ヲ假定シ W_v 及 G_w ノ値ヲ變化セシメテ各々ノ場合ニ於ケル其壓力線ヲ求ムベキナリ。今其研究スベキ各種ノ場合ヲ考察スルニ次ノ如シ。

- (甲) 開内最高及最低水位ニ應ジ側壁裏込ニ浸潤スル地下水位状態ガ高低二様ニ變化スル如キ場合。
- (乙) 同上地下水位状態ガ常ニ最高水位ナル如キ場合或ハ常ニ最低水位ニアル場合。(後者ノ場合トシテ地下水位ヲ開内最高及最低兩水位ノ中央ト假定スル場合多シ)
- (A) 開底ニ生ズル反應地壓等布的ニ配布サルト假定スルモノ。
- (B) 反應地壓三角形ニ配布セラレ三角形頂點ハ開底ノ中央點ニアルモノトスルトキ。
- (C) 側壁ト開底トノ連結ノ方法ニ應ジテ別箇ニ、且ツ上掲(A) 及

(B)トハ全ク異ナレル方法ニテ地壓反應力ヲ考察スルモノ。

以上各種ノ場合ノ内其(甲),(乙)ハ施工地點地質ニ應ジ決定セラルベキモノニシテ其何レニ屬スルヤ不明ナルトキニハ其何レニモ就キ別々ニ吟味研究スルコトヲ要ス。(A),(B)及(C)ハ閘室ノ大小ニ應ジ且又基礎築造ノ模様ニヨリテ決定セラルベキモノトス。以上ノ假定ヲナシタル後更ニ次ノ各項ニツキ比較スル事ヲ要ス。

(I) 側壁面ニ對シ地壓ガ垂直ニ働クト考ヘタル時。

(II) 同上地壓ガ側壁面ニ對シ或傾斜ヲナシテ働クト考ヘタル時此假定トシテ裏込濕潤ナル時ハ普通 20°, 裏込無水ナル時ハ著通 30°ト考フルヲ常トス。

(1) 閘内満水ナル時。

(2) 閘内無水ナル時。

(a) 閘室施工順序トシテ最初側壁ヲ作り其裏込ヲ爲スニ先ダチ閘底ヲ繼合シタルモノ。

(b) 同様ノ施工法ニ於テ先ヅ側壁裏込ヲナシタル後ニ閘底ヲ繼合シタルモノ。

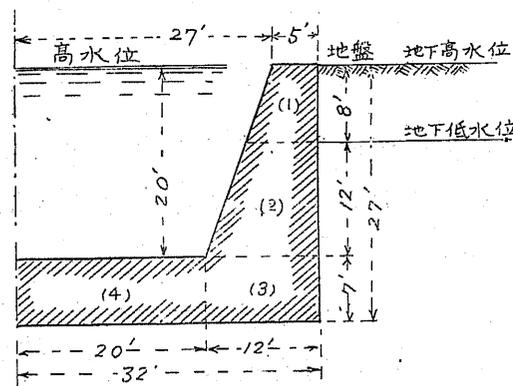
是等各々ノ場合ニ就キ別々ニ應力ヲ算定シテ其最モ不利益ナル状態ニ於ケル最大應力ヲ決定スルヲ普通設計ノ方法トス。尙上掲施工順序ニヨル應力ノ大小ハ別箇ニ之ヲ算定シ比較研究ヲ爲ス可ク其結果ニ應ジテ安全ナル施工方法ヲ決定スル事ヲ要ス。

他ノ條件同一ナル場合ニハ閘内空虚ニシテ側壁外地下水水位低ク且ツ地壓傾斜此場合ニハ水位以上ハ $\phi = 30^\circ$, 水位以下ハ $\phi = 20^\circ$ ト假定スヲナシテ働ク時ハ閘底横推力ハ下降シ之ニ反シテ閘内満水シ地下水水位高ク地壓垂直ニ働ク時ハ閘底壓力線ハ上昇シ閘

底ノ下面ニ張力ヲ與フルニ至ル可シ。

以上所説ノ各條件ニ從ツテ々々其圖式解法ヲ示スハ徒ラニ繁雜ニ流ル、ヲ以テ例題第百二十七ニ於テ其一例ヲ示スニ止ム可シ。

第一千四百九十二圖



例題第百二十七. 第一千四百九十二圖ニ示シタル如キ閘室横断面ニ就キテ其安定ヲ檢セントス。

答. 本例題ニ於テハ地壓ハ側壁面ニ傾斜シテ働クモノトシ閘底ニ

於ケル地壓反應力ハ上掲(C)ノ場合トシ其構法順序ハ閘底繼合後側壁裏込填充ノ方法ニ依ルモノトス。

第一千四百九十二圖ニ示シタル如ク全断面ヲ八個ノ部分ニ分テ各部分ニ就キテ其荷重ヲ計算スベシ。

[I] 閘内無水ニシテ地下水其低水位ニ在ル時。

(1) 各部分ノ斷面積及奥行 1'ニ付キテノ自重。

	(1)部分	(2)	(3)	(4)
斷面積	51.2	118.8	84.0	140.0 [□]
重量	7168	16632	1,1760	19600 [*]

但シ混凝土重量ヲ 140[#]/f³ト假定シタリ。側壁總重量 = 7168 + 16632 + 11760 = 35560^{*}

(2) 側壁自重ノ重心點ハ計算ノ結果壁底中心點ヨリ偏倚

$e = 1.06 =$ 於テ作用スルヲ以テ (910) 式ニ依リ側壁底縁維應壓力度.

$$p = p_1 \left(1 \pm 6 \frac{e}{l} \right) = \frac{R}{l} \left(1 \pm 6 \frac{e}{l} \right)$$

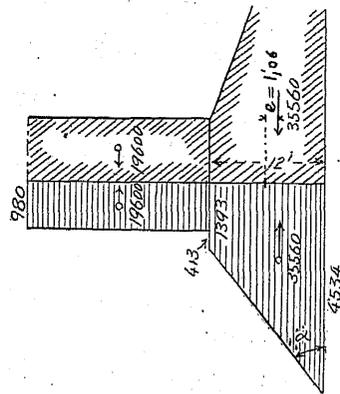
$$= \frac{R}{l^2} (l \pm 6e) \dots \dots \dots (1613)$$

故 = $p = \frac{35560}{12^2} (12 \pm 6 \cdot 1.06) = 4534$ 及 $\pm 1393 \text{#/ft}^2$

茲ニ得タル應壓力度ハ開底繼合後側壁裏込填充ノ構法ニ於テ受クベキ値ニシテ若シ其構法ヲ裏込填充後開底繼合ノ方法ニ依ル時ハ其値上掲數字トハ全ク異ナルモノトナル可シ.

以上計算ニヨリ得タル値ヲ第一千四百九十三圖ニ示ス. 此場合

第一千四百九十三圖



ニハ側壁裏込ノ土壓及開底下ヨリノ水壓等ハ考慮ニ加エラレ居ラズ.

(3) 側壁裏込ヨリ受クル地壓. 地壓力度 p 及總地壓 P ハ公式

$$p = w_e \cdot h \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$P = \frac{1}{2} w_e \cdot h^2 \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

ニ於テ地下水位以上ニアリテハ $w_e = 110 \text{#/ft}^3$, $\phi = 30^\circ$, 同以下ニアリテハ $w_e = 65 \text{#/ft}^3$, $\phi = 20^\circ$ トスレバ

地下低水位面ニ於テ $p_1 = 110 \cdot 8 \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 293 \text{#/ft}^2$

" $p_1' = 110 \cdot 8 \cdot \tan^2 \left(45^\circ - \frac{20^\circ}{2} \right) = 431$

地盤面下 20' = 於テ $p_2 = 65 \cdot \left(8 \cdot \frac{110}{65} + 12 \right) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{20^\circ}{2} \right) = 876$

" 27' " $p_3 = 65 \cdot \left(8 \cdot \frac{110}{65} + 19 \right) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{20^\circ}{2} \right) = 1116$

$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 293 \cdot 8 = 1172 \text{#}$

$P_2 = \frac{1}{2} (431 + 876) \cdot 12 = 7842$

$P_3 = \frac{1}{2} (876 + 1116) \cdot 7 = 6972$

此地壓ハ側壁面ト ϕ ナル角度ヲ爲シテ働クガ故ニ地壓垂直分力

$P_1 \cdot \sin \phi_1 = 1172 \cdot \sin 30^\circ = 586 \text{#}$

$P_2 \cdot \sin \phi_2 = 7842 \cdot \sin 20^\circ = 2682$

$P_3 \cdot \sin \phi_3 = 6972 \cdot \sin 20^\circ = 2384$

和 = 5652

(4) 開側底下側ヨリ上方ニ向テ働ク水壓即チ浮力. 水壓力度 q ハ簡單ニ $q = w \cdot h$ ナリト假定セバ地下水位以下 19' ノ深サナレバ

水壓力度 $q = 64 \cdot 19 = 1216 \text{#/ft}^2$

但シ海水ヲ採リ $w = 64 \text{#/ft}^3$ トセリ

側壁下ヨリ作用スル總水壓 $Q_3' = 1216 \cdot 12 = 14592 \text{#}$

開底板下ヨリ " $Q_4' = 1216 \cdot 20 = 24320$

(5) 開側底下ニ作用スル外力ヲ列擧スレバ

開底板下. 下向キニ自重 $G_5 = +19600 \text{#}$

上向キニ浮力 $Q_4' = -24320$

差引 -4720# ハ側壁自重ニ依リテ抵抗セラルベキモノトス.

(3) 側壁表(開室内)ヨリ受クル水壓.

水壓水平分力 $Q_1' = 2048^*$

$Q_2' = 10752^*$

水壓垂直分力 $Q_1'' = \frac{1}{2} \cdot 8.2,8.64 = 717^*$

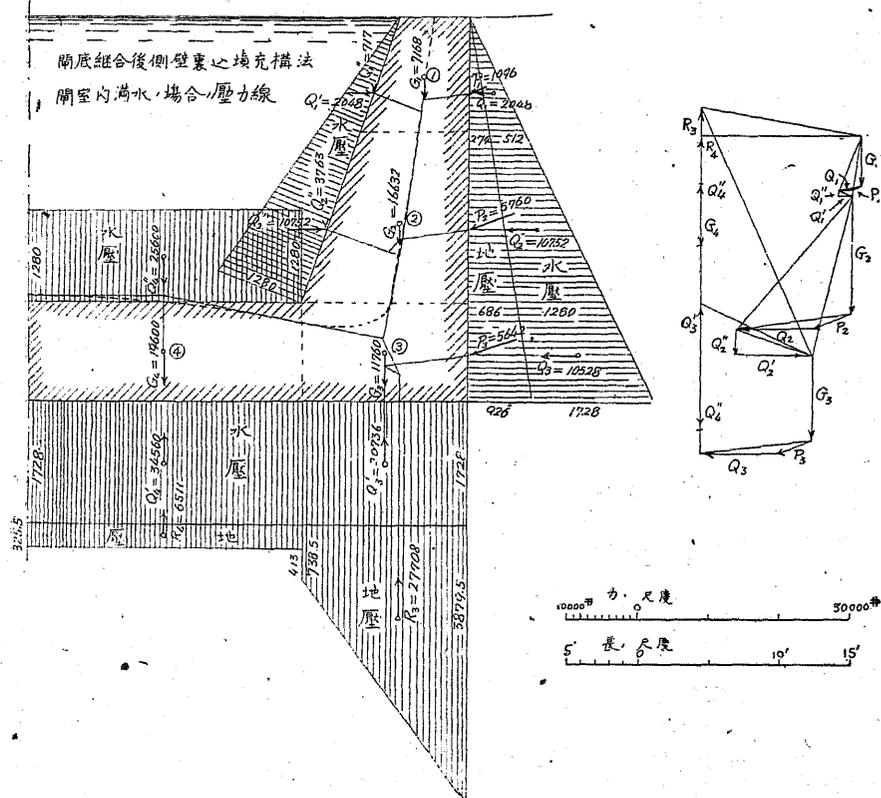
$Q_2'' = \frac{1}{2} \cdot (8+20) \cdot 4,2.64 = 3763$

(4) 開側底下側ヨリ上方ニ向テ働ク浮力.

開側壁下 $Q_3' = 1728.12 = 20736^*$

開底板下 $Q_4' = 1728.20 = 34560^*$

第 一 千 四 百 九 十 六 圖



(5) 開底板上側ヨリ下方ニ向テ働ク(開室内ヨリノ)水壓

$Q_4'' = 1280.20 = 25600^*$

第一千四百九十六圖ニ於テ是等總外力ノ配置及之ニ對シ求メタル壓力線ノ位置ヲ求メタリ. 即チ開底結合後側壁裏込填充ノ構法ヲ採リタルモノトシテ開室内満水ノ場合ニ對スル壓力線ナリ.

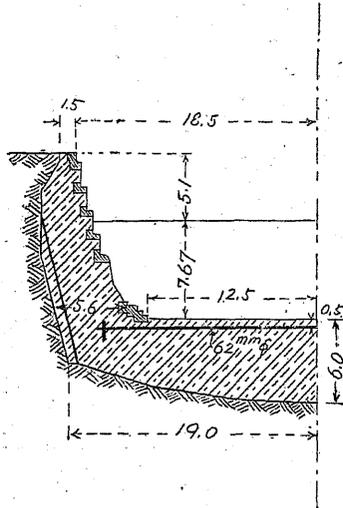
側壁裏込填充後開底結合ノ構法ニ對スル壓力線ヲ求メント欲セバ先ヅ側壁ノ構築ヲ了リテ之ニ裏込ヲ填充シタルノミノ状態ニ於ケル側壁基礎ニ於ケル地壓分布ヲ研究シ然ル後此分布状態ヲ基礎トシテ開内無水及満水ノ二ツノ場合ニ就キテ前例題ト全ク同様ノ方法ニヨリ壓力線ヲ求ムル事ヲ得ベシ.

第三節 水閘及乾渠ノ構法.

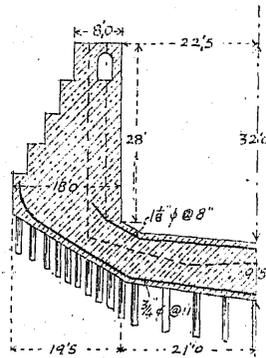
前節ニ記載セル例題ニ依リテモ明瞭ナル如ク水閘底板各部ニ毫モ張力ヲ與ヘサル様其寸法ヲ定メントセバ非常ナル厚サヲ要ス可ク然カモ猶其充分ナル完全ヲ保證シ難シ. 寸法ノ縮小,工費竝ビニ施工期日ノ節約及安全ノ程度ニ至ツテハ鐵筋混凝土ノ如ク克ク此目的ニ適合スルモノ無カル可シ. 側壁ノ構法モ亦擁壁ト全ク同一ナルヲ以テ其死重ヲ輕減スルノ利益アル事更ニ之ヲ縷述スルノ必要ヲ認メズ. 但シ水閘ノ施工ハ水中工事ニ係ルモノ多キヲ以テ鐵筋ノ敷設ニ多少ノ困難ヲ免レザルヲ以テ矢板締切,沈井工ヲ利用スル等夫々適當ナル方法ヲ以テ一時ノ水留工事ヲ施スノ必要アリ.

從來施工セラレタルモノニ就キテ其構法ヲ分類セバ(1)普通ノ混凝土水閘ノ開底上側ニ抗張材ヲ挿入シタルモノニシテ獨國ウ

第一千四百九十七圖



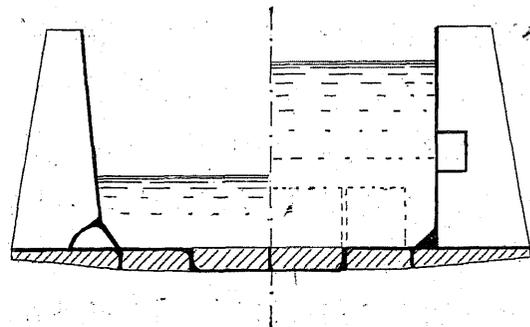
第一千四百九十八圖



イルヘルムスハーフェン (Wilhelms-haven) に於ケルモノハ第一千四百九十七圖ニ示セルガ如ク其内幅 37^m、深サ 12.77^m 側壁上部 1.5^m、下部 5.6^m、中央開底 6.0^m ノ厚サヲ有

シ開底 0.5^m ノ深サニ直徑 62^{mm} ノ抗張鋼ヲ各 1^m ノ距離毎ニ單純ニ排列シタリ。(2)側壁ハ單純混凝土トシ開底ノ上下側ニ補強鐵筋ヲ挿入シテ其厚サヲ減少セルモノニシテ米國「ボストン」市「チャールス」河 (Charles River) に於ケルモノハ第一千四百九十八圖ノ如ク水閘ノ内幅 45[']、0、深サ 32[']、0、側壁上幅 8[']、0、下幅 18[']、0、開底ノ中央ニ於ケル厚サ 9[']、5、基礎ハ杭打工事トシ側壁及開底ノ接合部ニ於テ殊ニ

第一千四百九十九圖



其數ヲ増加セリ。(3)側壁ハ扶壁式開底ハT形桁式ヨリ組成セシ純然タル鐵筋混凝土構法ニ依ルモノニシテ匈加利「ハルマス」ケーレース河 (Harmas Körös Fluss) ノ水閘ハ此方式ヲ採用セリ其形第一千四百九十九圖

ノ如シ。

乾渠 (Dry Dock) ハ其構法全ク水閘ト同一ナルヲ以テ重ネテ縷述セズ。

第五章 堰堤 (Dam)

第一節 鐵筋混凝土堰堤ノ様式.

堰堤ノ目的ハ水ノ或量ヲ滯溜シテ一定ノ高サニ水面ヲ高メ其水頭又ハ貯水量ヲ利用シテ之ヲ灌溉給水、電力、舟運等ニ使用スルニアリ。堰堤ノ高サ大ナラズシテ常時水ガ堤頂ヲ流下シ得ルモノハ之ヲ洗堰 (Weir) ト云ヒ其ノ高サ大ナル時ハ之ヲ溢水路 (Spillway) ト稱シ全ク水ノ溢流ヲ許ササル時ハ之ヲ溜池 (Bulkhead) ト云フ。堰堤ハ更ニ固定堰堤 (Fixed dam) 及可動堰堤 (Movable dam) ノ二ツニ區別スル事ヲ得可シ。

鐵筋混凝土ヲ堰堤ニ使用スル時ハ少クモ二割内外ノ材料ヲ節約シ得テ從テ施工ニ要スル期間ヲ短縮シ得ル事。前面前垂ノ直下空室ハ倉庫若クハ發電所ニ使用シタービン「ベネレーター」等ヲ据付ケ得ル事。地質ニヨリテハ堰堤底面ヨリ作用スル強大ナル浮揚力 (Uplift) アレドモ鐵筋混凝土ハ其構造纖細ナルガ故ニ之ヲ受クル事少キ事。一般ニ其重量輕クシテ基礎面積大ナルガ故ニ基礎ニ作用スル壓力大ナラズ此理ニヨリ耐荷力不充分ナル地點ニ使用シ得ル事。等ノ利益アリ。

鐵筋混凝土堰堤ハ其構造様式ニ空虛重力堰堤 (Hollow gravity dam) 及ビ拱形堰堤 (Arched dam) ノ二種アリ。前者ハ更ニ垂直式及傾斜式ノ二ニ細別サレ後者ハ純拱形ナルモノ、重力式拱形ナルモノ及ビ複式拱形 (Multiple arch) ナルモノ、三ニ細別サル。

第二節 堰堤ニ作用スル外力.

堰堤設計ニ於テ考慮セラルベキ外力ヲ擧グレバ次ノ如シ

- (A)水壓, (B)土壓, (C)大氣壓力, (D)凍氷壓力, (E)風壓,
(F)波力, (G)堰堤自重, (H)基礎自重, (J)基礎反應力.

以下項ヲ追ウテ是等ニツキ説明スベシ.

(A)水壓. 水ノ重量 w ハ普通 $62.5^*/ft^3$ ト假定セラル. 單位幅ニ於テ上端水深 h_1 , 下端水深 h_2 ナル面積ニ働ク水壓 P ハ

$$P = \frac{w}{2}(h_2^2 - h_1^2) \dots\dots\dots(1614)$$

ニシテ其課力點 (Point of application) ハ下端ヨリ

$$x = \frac{3h_2 \cdot h + h^2}{6h_1 + 3h} \dots\dots\dots(1615)$$

ニアリ. 但シ $h \equiv h_2 - h_1$ トス

次ニ動水壓力ヲ考察スルニ「ギブソン」氏 (Gibson) 著書 Hydraulics ニヨレバ速頭 (Velocity head) ニ相頭スル水頭ノ二倍ヲ以テ堰堤ニ作用スル動水撃衝 (Impact) ヲ加算シタルモノトシテ採用スベシトセリ. 即チ h_v ヲ速頭トシ撃衝ヲ考慮ニ入レタル全壓力ヲ P_0 トスレバ

$$P_0 = 2w \cdot h_v \cdot A = \frac{w \cdot v^2 \cdot A}{g} \dots\dots\dots(1616)$$

上式ニ於テ

v = 堰堤前面ニ於ケル接近速度 (Velocity of approach)

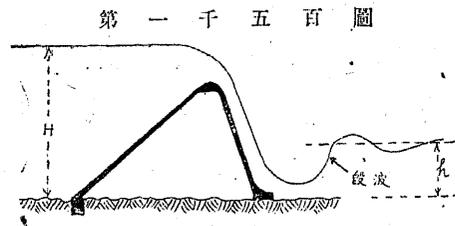
A = 水壓ヲ受クル面積

g = 重力加速度

堰堤溢水路傾斜面ニ流下スル水ニヨル壓力ハ無視スルヲ常トス. コレ流下水ハ其流速ヲ得ル事ニヨリ殆ンド壓力ヲ他ニ及ボサザレバナリ.

堰堤下流ニ存在スル水ニヨル壓力ハ上流側ヨリ作用スル水壓

ト同様ニ計算サルベク且ツ後者ヲ消殺スル如ク働クモノナリ。然レドモ溢水路ヨリ流下スル水ノ有様ヲ見ルニ第一千五百圖ニ示



シタルガ如ク一旦堰堤直下ニ於テ極メテ水深淺キ激流ヲナシタル後堰堤ヨリ或距離ヲ隔テ、始メテ其流速ヲ減ジ平常ノ水深ニ復歸増加

スルモノナルガ故ニ堰堤ニ作用スル水壓トシテハ之ヲ無視スルヲ穩當トスベシ。堰堤ヨリ或距離ヲ隔テ、水深ノ急ニ増加スルハ所謂段波 (Standing wave) ノ現象ニシテ之ヲ生ズレバ夫レヨリ下流ニテハ流速ヲ減ズベキガ故ニ可成堰堤ニ近ク段波ヲ生ゼシメテ流水ノ有スル動勢 (Kinetic energy) ヲ減殺シ從テ其基礎保護工ノ犯サレザルヲ要ス。段波ノ生ズベキ位置ハ下流河川ノ状態ニヨツテ差アルモ動勢ヲ減ズル他ノ手段トシテ各種ノ阻版 (Baffle) 使用セラル、事アリ。

堰堤底面ヨリ作用スル浮揚力 (Uplift) ノ價ハ基礎地質ノ透水性 (Perviousness) 及堰堤構造ニヨリテ異同アリ。堰堤底面ニ上流ノ水ガ滲透シ堰堤下ヲ通ジテ堰堤下流ニ流ル、モノトスレバ堰堤底面ニハ漸次變化スル水壓即チ堰堤上側ニ於ケル wh_1 (h_1 ハ堰堤上側水深) ヨリ堰堤下側ニ於ケル wh_2 (h_2 ハ同下側水深) ニ漸次減少スル水壓ノ働クモノト考フルヲ至當トスベシ。從テカクノ如キ假定ニ於ケル全浮揚力 W ハ

$$W = C.w.b \frac{h_1 + h_2}{2} \dots\dots\dots(1617)$$

但 b = 堰堤ノ幅

C = 係數、 0 ヨリ 1 迄ノ間ニ變化シ普通良質岩盤基礎ニ於ケル最大値トシテ $\frac{2}{3}$ 、土砂基礎ニテ 1 トス

然レドモ鐵筋構造ノ堰堤ニ於テハ堰堤底面ノ排水完全ナル様ニ構築サル、ガ故ニ上掲浮揚力ニ對シテ考慮セラル、ノ要ヲ見ズ (B) 土壓。多クノ河川ハ砂礫ノ類ヲ流下スルモノニシテ完全ナル排砂門ノ築造セラル、ニ非ザレバ堰堤上側ハ遂ニ砂礫ヲ以テ埋沒セラル、ニ至ルベシ。コノ砂礫ニヨツテ生ズル土壓ハ「ランキン」氏公式ニ從ヘバ

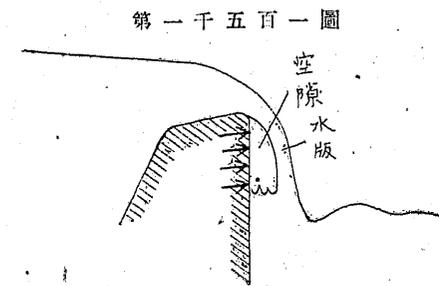
$$P = \frac{w_s \cdot h_s^2}{2} \cdot \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots(595)$$

ニシテ w_s トシテハ其場合ニ應ジ空中又ハ水中ニ於ケル砂礫單位容積ノ重量ヲ採ルベク砂礫空積 (Void) ノ割合ヲ λ トシ空中ニ於ケル w_s ノ値ヲ w_{sa} 、水中ニ於ケル値ヲ w_{sw} 、水ノ夫レヲ w トスレバ

$$w_{sw} = w_{sa} - w \cdot (1 - \lambda) \dots\dots\dots(1618)$$

ナル關係アリ。 $w_{sa} = 110 \text{#/ft}^3$ 、 $\lambda = 30\%$ 、 $\phi = 30^\circ$ トスルヲ普通トスルモ泥土ノ沈澱セルモノニ對シテハ $w_{sa} = 125 \text{#/ft}^3$ 、 $\lambda = 0$ 、 $\phi = 0^\circ$ トセラル。其課力點ノ高サハ明カニ砂礫上面ヨリ $\frac{2}{3} h_s$ ナリ。砂礫ト堰堤トノ間ニ於ケル磨擦ハ通例無視セラル。

一般堰堤計算ニ於テハ土壓ト底面水壓浮揚力トハ兩立セズシテ其何レカ大ナル影響ヲ與フル一方ノミヲ採用ストセル場合多シ。



(C) 大氣壓力。第一千五百一圖ニ示セルガ如ク水ガ堰堤ヲ越エテ溢流落下スル時水版

(Sheet of water) ト堰堤トノ間ニ空隙ヲ生ズル時ハ茲ニ大氣ノ負壓力ヲ生ズベシ。コノ壓力ヲ消殺スルニハ此空隙ヲ生ゼザル如キ溢水路縦斷形ヲ採用スルカ又ハ此空隙ヲ大氣ト連絡スルノ方法ヲ採ラザル可カラズ。

(D)凍水壓力。貯水池内ニ於ケル凍水ハ大氣ノ溫度ニ從テ伸縮スベキハ明白ナル事實ニシテ大氣ガ急激ナル冷却ヲナシ凍水内ニ裂罅ヲ生ズルモノトスレバ此間隙ハ直チニ凍水ヲ以テ満たサルベク然ル後氣温上昇シテ凍水膨脹スルニ從ヒ壓力ハ四方ニ傳播セラルベシ。コノ壓力ハ貯水池四側ニ於ケル凍水ノ隆起及凍水ノ破壊等ニヨリ減ズル以外ニハ堰堤ニ對シ大ナル壓力トシテ作用スル事トナル理ナリ。凍水ノ破壊強度ハ $100 \frac{\text{lb}}{\text{sq. in}}$ 乃至 $1000 \frac{\text{lb}}{\text{sq. in}}$ ト稱セラル、ヲ以テ此壓力ハ想像外ニ巨大ナルモノトナルベシ。然レドモ貯水池四側ノ地形、間斷ナキ水面ノ變化、堰堤其物ノ高温及ビ堰堤上側面ノ傾斜ト凍水端ノ隆起等ト相俟テ凍水壓力ガ上掲數字ニ及バザルモノナルベシ。「ボストン」市「ウォチッセツ」堰堤 (Wachusett Dam)、紐育市「オリブブリヂ」堰堤 (Olive Bridge Dam) 及ビ「ケンシコ」堰堤 (Kensico Dam) ニテハ $47,000 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$ ヲ、同市「クロトン・フォールズ」堰堤 (Croton Falls Dam) ニテハ $30,000 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$ ヲ採用セルガ如シ。凍水壓力ハ貯水面ニ作用ス。

流水ニヨリ生ズル壓力ハ其量大ナラズ。

(E) 波力。波力ヲ考慮ニ入ル、要アル事尠シ。「ステヴンソン」氏 (Stevenson) 公式ニヨレバ

$$h = 1.57\sqrt{F} + (2.5 - \frac{4}{F}) \dots \dots \dots (1619)$$

h = 波高(ft.)

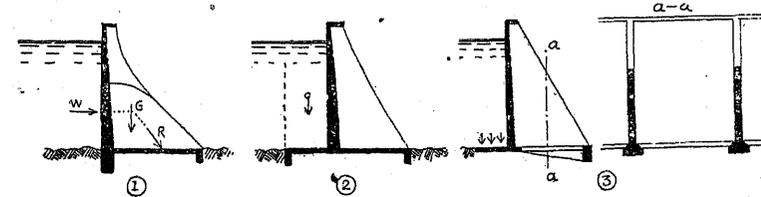
F = 對岸距離(mile)

ニヨリテ與ヘラル、モ堰堤附近ニ於ケル水深ガ小ニシテ此處ニ波形ガ破壊セラル、ニ非ザレバ波力ニ對シ考フルニ及バザルモノトス。

第三節 垂直式堰堤

垂直式幕壁 (Vertical curtain wall) ヲ有スルモノハ其形全ク擁壁ト相等シク幕壁ハ扶壁 (Buttress) ニヨリテ床版ニ緊定セラル。其形第一千五百二圖ニ示ス如ク總ジテ水壓ニ對シ重力ニヨリテ抵抗

第一千五百二圖



スルノ構造ニシテ其安定ヲ維持スルタメ同圖①ノ如キ様式ニアリテハ砂、砂利、岩石等ヲ以テ床版ヲ抑ユルモノ。②ノ如ク堅壁ノ前ニ床版ヲ押擴メ前垂ヲ附シテ滑動ヲ防止スルモノ若クハ③ノ如ク地盤ノ抵抗大ナル時ハ屢々床版ノ一部ヲ節約シ扶壁ノ底版ヲ放大ナラシムルモノアリ。

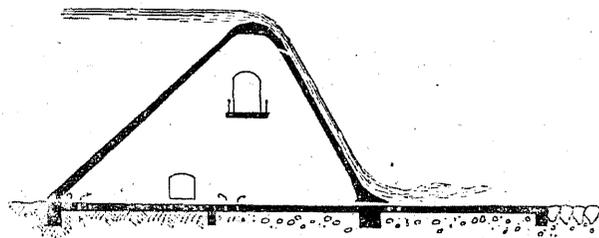
此様式ニ於ケル安定ノ計算ハ正ニ擁壁ノ場合ト同一ニシテ水壓ト壁重トノ合成力ガ床版核心内ニ落ツル事側端ニ於ケル最大壓力度ガ地盤ノ許容應壓力ヲ超過セザル事及ビ水壓ニ依リテ堰堤ガ全體トシテ滑動セザル事ヲ必要トス。

第四節 傾斜式堰堤

鐵筋混凝土堰堤ノ最モ普通ナル様式ニシテ堤頂 (Crest) ヲヨリ踵

部 (Heel) 迄傾斜セル前垂版ガ扶壁ニ依リテ基礎上ニ安置セル床版ト接合セラル、モノニシテ下流面ハ傾斜版即チ前垂 (Apron) ニヨリテ溢水路トナレルモノト然ラザルモノトアリ。上流面傾斜版ハ水壓ノ加ハルニ從ヒ堤頂ヨリ踵部迄漸次其厚サヲ増加ス。時トシテハ更ニ堤長ニ沿ヒ數列ノ桁ニテ扶壁ヲ連結シ從ツテ傾斜版ノ厚サ極メテ薄キモノアリ。此方法ハ材料ヲ節約シ得ル割合ニ

第一千五百三圖

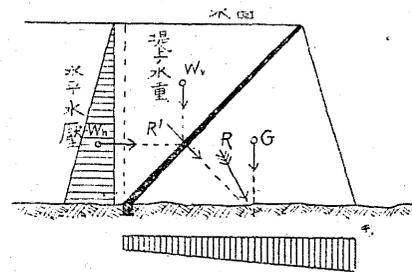


工費ハ小トナラザル可シ。更ニ洪水ノ際流水、流木等衝突シ來リテ傾斜版薄キ爲メ往々其版ヲ破壞スル事アリ。

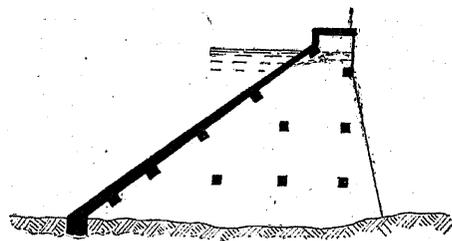
(第一千五百三圖及第一千五百四圖參照)

此様式ニアリテハ上流傾斜面ノ勾配ハ大抵 30° 乃至 45° トナス事多シ從ツテ石造若クハ混凝土造堰堤ニ比

第一千五百五圖



第一千五百四圖



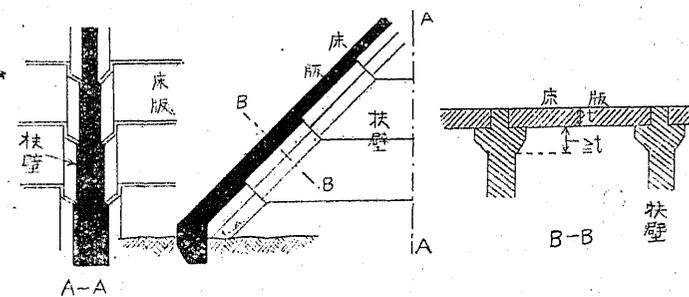
シテ其重量甚ダ輕キニ拘ラズ轉倒ニ對スル抵抗力割合ニ大ナル事第一千五百五圖ニ於テ圖式的ニ示セルガ如ク其合成力ノ働點大體底部中央三分一以内ニアルヲ見ルモ之ヲ知ル

事ヲ得可シ若シ上流版ノ勾配 1:1 ニシテ下流版ノ勾配 1:4 ナル時即チ底邊ノ長サ、高サノ $\frac{5}{4}$ ナル時ハ水壓及堰堤重量ノ合成力ハ殆ンド底邊ノ中央ニ働クニ至ル可シ。從ツテ其壓力ノ分布ヲ近似等布的ナラシムルヲ得テ軟弱ナル地盤ニハ恰好ノ構法ナリト云フ事ヲ得可シ。

堰堤ノ水面上ノ高サ (Super-elevation) ハ波高ニ應ジテ決定セラルベキモノニシテ普通堰堤高ノ 5%、堤頂幅ハ堰堤高ノ 10 乃至 14% トス。然レドモ工費ノ増加充實堤 (Solid dam) ニ於ケルガ如ク大ナラザルヲ以テ上掲數字以上ニ増加スル事尠シトセズ。

堰堤上流面前垂版ハ普通床版若クハ拱版ヨリ成リ防水幕トシテ同時ニ水壓ヲ扶壁ニ傳フルノ用ヲ爲ス。拱版ヨリ成ルモノハ所謂複式拱形式 (Multiple arch type) ニシテ普通床版ヨリ成ルモノハ「アンバーセン」式 (Ambursen type) ト稱セラル。後者ニアリテハ等布的水壓ヲ受クル床版トシテ設計シ其構法ニ應ジテ $M = \frac{1}{8} w \cdot h \cdot l^2$ 乃至 $= \frac{1}{10} w \cdot h \cdot l^2$ (h = 水深, l = 扶壁中心間距離) ヲ探ル可ク、從テ水深ト共ニ其厚サヲ増加スベキモノトス。前垂床版ノ座ヲ

第一千五百六圖



作ル爲メ拱壁上流側ハ第一千五百六圖ニ示ス如キ受座ヲ設クル事アリ。其座幅ハ 6"-24" トシ更

ニ扶壁接續部ノ持送りノ厚サハ床版ト同様ノ應剪力ヲ與フル爲

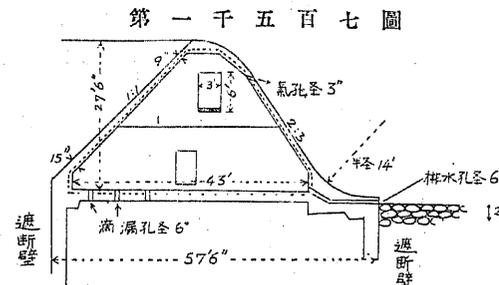
メ少クトモ床版ノ厚ト同様ナラザル可カラズ。堰堤上端即チ放流唇 (Discharge lip) ニハ特ニ多量ノ混凝土ヲ配置シ流水流木其他ノ衝動ニ備ヘシムルヲ常トス。溢水路堰堤ニ於ケル下流面前垂ニ對シ作用スル荷重ハ不定ナルヲ以テ其厚サ及ビ配置スベキ鐵筋量ハ設計者ノ裁斷ニ待ツベキモノナリ。

扶壁ニ於ケル最危險應力ハ剪力ニシテ前面前垂ニ受クル水壓ハ全部扶壁ニ來リ其間隔ハ普通 10' 乃至 15' 内外トナスヲ以テ其剪力ハ非常ニ大トナル可シ。水深ノ増加スルニ從ヒ剪力増加シ扶壁ハ厚クナルベキ理ニシテ上部 12" 乃至 16" ニシテ下部ニ近ヅクニ從ヒ時トシテハ 72" ニ達スルモノアリ。鐵筋ヲ有スル場合ト雖モ單位剪力 100#/方"ヲ超エシム可ラズ。補強筋ヲ有セザルモノニアリテハ 60#/方"ヲ限度トス。

堰堤全體トシテ滑動ニ對スル抵抗力不足ナリト考フル場合ニハ扶壁間ノ空間ハ砂砂利若クハ貧弱ナル混凝土ヲ以テ或高サ迄之ヲ填充セシムル事アリ。堰堤ノ地盤軟弱ナル處ニハ特ニ適當ノ礎版 (Step) ヲ設ケ此礎版相互ヲ褥版 (Mattress) ニテ連絡セシムル時ハ扶壁ニ來ル壓力ヲ等布的ナラシム可ク場合ニヨリテハ扶壁ノ下ニ更ニ基礎杭ヲ打ツ事アリ。基礎ガ粗鬚ナル岩盤上ニアル時ハ滑動ニ對スル特別ノ裝置ヲ要セサルモ岩盤面平滑ナル時ハ柄若クハ控繫鉚ヲ以テ扶壁ヲ岩盤上ニ控繫シ時トシテハ更ニ踵部ニ於テ重大ナル遮斷壁 (Cut-off wall) ヲ設備スル事アリ、岩石以外ノ地盤ナル時ハ地盤内ニ扶壁ヲ埋込ミ控繫鉚ニテ地盤ト扶壁トヲ連結スルカ若クハ既ニ打込ミタル杭頭ヲ少シク扶壁内ニ入込マシム可シ。場合ニ依リテハ遮斷壁ヲ途中數箇所ニ入ル、コ

ト少カラズ。尚堰堤底面ヨリノ水壓ニ依ル浮揚力 (Uplift) ヲ防グ爲メ基礎全面ニ涉リテ無數ノ滴漏孔 (Weep hole) ヲ作り自由ニ滲水ヲ浮上ラシメ排水道ニ依リテ之ヲ下流ニ導カシム可シ。

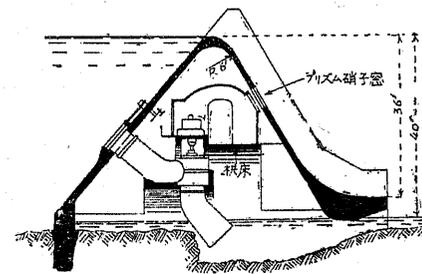
第一千五百七圖乃至第一千五百十圖ハ何レモ傾斜式堰堤ノ實例ヲ示スモノニシテ其第



例ヲ示スモノニシテ其第一千五百七圖ハ合衆國「ペンシルバニヤ」州「ジュニアタ」河 (Juniata River) ニ於テ「ハンチントン」市 (Huntington) 上流ニ建設セラレタ

ル空虚堰堤ニシテ軟弱ナル黑色粘板岩質基礎上ニ築造セラレタリ。大體寸法ハ圖上ニ示サレタル如ク、堰堤總延長 375'、幅 57'6"アリ、遮斷壁ハ深ク黑色石盤岩ノ層ニ達セシメ堰堤ハ此兩壁間砂利ノ上ニ設置セラル。扶壁距離 10'ニシテ厚サハ上半部 14"、下半部 18"トシ其上部ニ内部檢査ノ爲メノ廊下ヲ附シ下部ニ施工中ノ便宜ノ爲メノ通路ヲ有ス。扶壁及基礎混凝土配合 1:3:6ニシ

第一千五百八圖

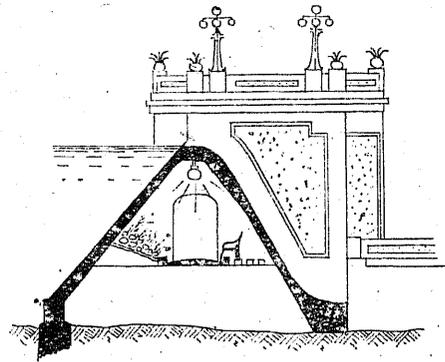


テ其他ノ主要部ニハ 1:2:4ヲ用ヒタリ。第一千五百八圖ハ堰堤内部ヲ發電所ニ利用シタル一例ニシテ合衆國「ミネソタ」州「カノンフォールス」 (Cannon Falls) ニ於テ連設セラレタルモ

ノナリ。即チ水壓管、水車、發電機、門扉開閉裝置及ビ放水溝等全部堰堤内部ニ納メラル。更ニ刮目ニ値スルモノハ市俄古市郊外「デ

ルウッド]公園 (Dellwood Park) 内ニ於テ漕艇及氷滑リノ目的ニ溜池ヲ作ルニ用セラレタル半バ裝飾的堰堤ナリトス。該堰堤ハ空虛堤ニシテ其内部ハ一般市民ノ通行ニ辨ジタリ。其ノ断面第一千

第一千五百九圖

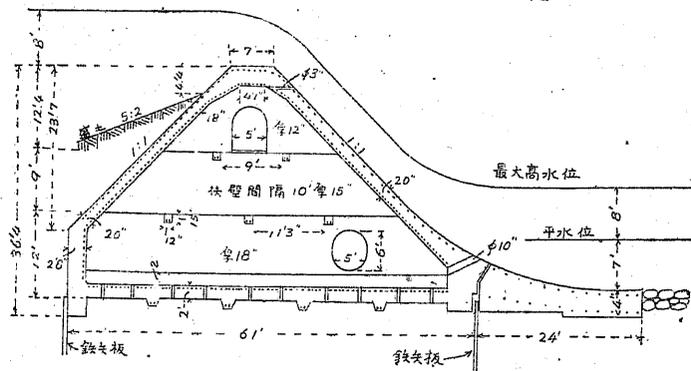


五百九圖ニ示スガ如ク内部ニハ電燈ヲ點ジ植樹並ビニ座椅等ニヨリテ裝飾ヲ加ヘラレタリ。

基礎軟弱ナリシ爲メニ設計ヲ變更シテ空虛堰堤トナシタル一例トシテ第一千五百十圖ニ蘇國「シエタック」

河 (Shetucket River) ニ於テ施工セラレタル水力發電用堰堤ヲ示スベシ。同堰堤ハ最初地盤硬質雲母片數ノ豫定ニテ充實堰堤トシ

第一千五百十圖



テ設計セラレタルモ基礎掘鑿ノ結果ハ玉石交リノ砂利層ナル事ヲ發見シタルヲ以テ斷然空

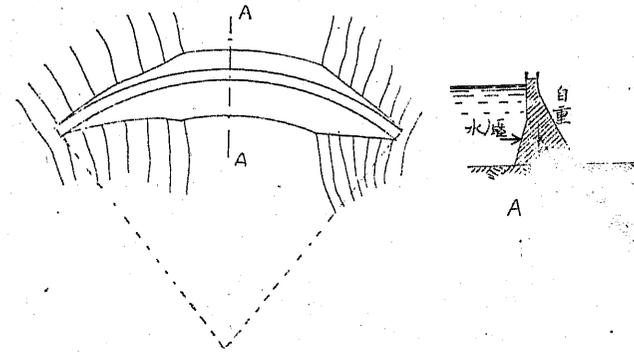
虛堰堤ニ變更シ施工セラレタルナリ。堤長 80', 基礎ハ上下流側ニ鐵矢板 (Corrugated steel sheet piling) ヲ施シタル緻密砂利層上ニアリテ其下面ニ數個ノ遮斷壁ヲ備フ。扶壁距離 10' ニシテ其相

互間ニ鐵筋混凝土桁ヲ挿入シタリ扶壁厚ハ下部 18" ヨリ上部 12" ニ變化シ桁ハ 12" x 15" トセリ。其他詳細ナル寸法ニツキテハ圖面ニ就キテ之ヲ見ル可シ。

第五節 拱形堰堤 (Arch Dam).

所謂拱形堰堤ヲ分チテ純拱形堰堤 (Arch dam), 拱形重力堰堤 (Curved gravity dam) 及ビ複式拱形堰堤 (Multiple arch dam) トス。拱形堰堤ハ其堤長ガ高サニ比シ大ナラズ且ツ拱形ヨリ來ル側壓ヲ受クルニ充分ナル良質岩盤基礎ヲ有スル場合最モ適切ナル構法トス。此型式ハ他種ノモノニ比シ所要混凝土容積最小ニシテ然カモ其強度大ナルヲ以テ地形ノ許ス限リ廣ク用ヒラル、モ此式ニ適合スル如キ地點ノ多カラザルノ憾アリ。拱形堰堤ノ重量ハ水壓ニ抵抗スルタメトシテハ重要ナルモノニ非ズシテ單ニ基礎ニ於ケル浮揚力ニ抵抗シ得バ可ナルベク水壓ハ全部堰堤ガ平面ニ於テ拱形ヲナセルニヨリ側壓トシテ側壁岩盤ニ傳導セラル、モノトス。堰堤ノ高サト長サトノ關係ガ純拱形堰堤ヲ用フルニ不適切ナル如キ多クノ場合ニハ純拱形堰堤ト重力堰堤トヲ結合

第一千五百十一圖



シタル拱形重力堰堤ヲ用フ。之ハ重力堰堤ガ直線形ナルヲ單ニ平面上ニ於テ曲線形トナシタル事第一千五百十一圖ニ示セルガ

如ク水壓ハ單ニ堰堤自重ノミニテ抵抗セシムル單純ナル重力堰堤トシテ設計シ用ヒタル曲率ハ單ニ安全率ヲ増加スルモノト見做ス。複式拱形堰堤ハ傾斜式堰堤ニ於ケル前垂版トシテ拱形床版ヲ用ヒタルニ過ギズ。

純拱形堰堤ノ解法ハ鐵筋混凝土拱橋ニ準ジテ行ハルベキモノニシテ茲ニハ簡單ニ其理論ヲ説明スベシ。

堰堤構成ノ材料ガ非彈性的物質ニシテ荷重ヲ受ケテ變形スル事ナク、且ツ拱形ガ圓弧ヨリ成リ、其拱厚一樣ナリトスル時ハ拱推力ハ簡單ニ次式ニ依リテ與ヘラルベシ。

$$T_0 = p \cdot R \dots\dots\dots(1620)$$

但 T_0 = 拱厚全體ニ等布サレタリト考エラル、拱推力(*)

p = 拱軸單位長ニ作用スル荷重(* $/ft.$)

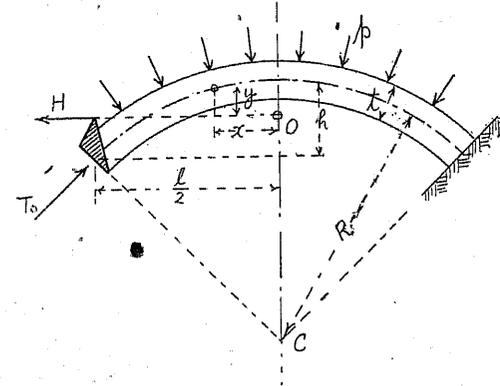
R = 拱軸半徑($ft.$)

實際ニ於ケル拱形堰堤ノ構築材料ハ通例鐵筋混凝土ノ如キ彈性ヲ有スル物質ヨリ成ルヲ以テ拱形ガ荷重ヲ受クル時ハ其生ズル應力ニ應ジテ若干ノ壓縮ヲ生ジ、從テ徑間ニ變化ナキ是等堰堤ニ於テハ拱形ノ變形及ビ應力ノ變化ヲ生ズル事明カナリ。之ニ關シ「メルシュ」(Mörsch) 氏ガ Schweizerische Bauzeitung 1908 ニ發表シタル結果ヲ摘記スベシ。

「メルシュ」氏ハ (1620) 式ニヨリテ拱ニ作用スル內應力 T_0 ヲ發見スル以外ニ彈性材料ナルガ爲メニ生ズル變形應力トシテ拱形重心點ニ作用スル水平力 H ヲ假定シ次式ニヨリテ之ヲ求ムベシトナセリ(第一千五百十二圖參照)。

$$H = - \frac{T_0}{\left(\frac{12R^2}{t^2} + 1\right) \left(\frac{1}{2R} (R-h) + \frac{S}{2l}\right) - \frac{12R^2 l}{t^2 S}} \dots\dots\dots(1621)$$

第一千五百十二圖



但 S = 拱形曲線長
其課力點 O ノ位置ハ拱形ノ重心點ニシテ

$$CO = \frac{R \cdot l}{S} \dots\dots(1622)$$

ヨリ求メラル從テ拱形任意點 (x, y) ニ於テ生ズル最大纖維應力 $\sigma_{\sigma_{2\sigma}}$ ハ

$$\sigma = \frac{T_0}{t} \pm \frac{6 \cdot H \cdot y}{t^2} \dots\dots(1623)$$

ニヨリテ求メラルベシ。尙溫度應力トシテ溫度變化 τ = 對シ前掲 H ト同一ノ課力點ニ水平力 H_c 作用スベク其値ハ(1621)式ニ於ケル T_0 ノ代リニ $E \cdot a \cdot \tau \cdot t$ ヲ用ヒ (a = 膨脹係數, E = 彈性係數)

$$H_c = \pm \frac{E \cdot a \cdot \tau \cdot t}{\left(\frac{12R^2}{t^2} + 1\right) \left(\frac{1}{2R} (R-h) + \frac{S}{2l}\right) - \frac{12R^2 l}{t^2 S}} \dots\dots(1624)$$

普通堰堤表裏ニ於ケル溫度變化ハ一樣ナラザルベキ理ニシテ上流側即チ水側ニ比シテ下流側即チ裏側ハ常ニ外氣ニ曝露セラレ、ガ故ニ溫度變化モ亦大ナルベシ。此兩側ニ於ケル溫度差違ヲ $\Delta\tau$ トシ之ニ對シ生スベキ最大纖維應力ヲ $\sigma_{\Delta\tau}$ トセバ此値ハ全拱ヲ通ジテ同一ニシテ

$$\sigma_{\Delta\tau} = \pm \frac{1}{2} \cdot E \cdot a \cdot \Delta\tau \dots\dots(1625)$$

ニヨリ與ヘラルベシ。

「メルシュ」氏ハ上述シタルガ如ク拱形堰堤ハ外力ニ應ジ之ニ相當

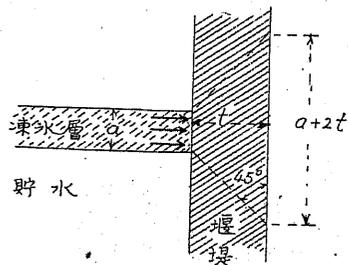
スル變形ヲ生ズルモノナル事ヲ假定シタリ。之ニ反シ「グリーガー」(Creager) 氏ハ此變形ニ對シ堰堤基礎存在ニヨル抵抗ヲ力説セリ。即チ堰堤基礎ニ近キ部分ニ於テハ基礎ノ存在ニヨリ堰堤ノ變形ニ對スル抵抗アリ、同時ニ堤頂部ニ近キ部分ニハ此抵抗ノ反作用ヲ受ケテ其變形ハ普通計算ヨリ得ラル、價ヨリモ大ナリトセリ。換言セバ堰堤ノ變形及應力ハ基礎部ニ於テ計算値ヨリモ小ニシテ堤頂部ニ於テ普通計算ニ依ル數値ヨリモ大トナリ其ノ割合ハ基礎ニ於テ0, 大約堰堤高ノ中央ニ於テ 1,0 堤頂部ニ於テ 1,6 トナセリ。然レドモ普通堰堤ニ於テハ堰堤頂ニ近キ部分ハ應力以上餘分ノ厚サヲ採用スルヲ常トスルヲ以テ此ノ變形抵抗ニ依ル應力増加ニ對シ安全ナル事ヲ得可ク從テ一般ニハ變形抵抗ニ對スル複雑ナル計算ヲ行ハザルヲ普通トス。

拱形堰堤ヲ設計スルニ當リ注意セラルベキ要點ヲ示セバ次ノ如シ。

1. 拱形ガ曲率中心ニ於テ含ム角度ハ 120° 乃至 130° トスルヲ最モ經濟的トス。
2. 溢路堤 (Spillway dam) ニ於テ溢流水版ト堤面トハ密接スルヲ要スルガ故ニ厚サ薄キ堤頂部ニ於テハ一般ニ上流側ヲ持送リノ形トナス事第一千五百十三圖ノ如クス。
3. 凍水壓力ガ考慮ニ加エラレタル

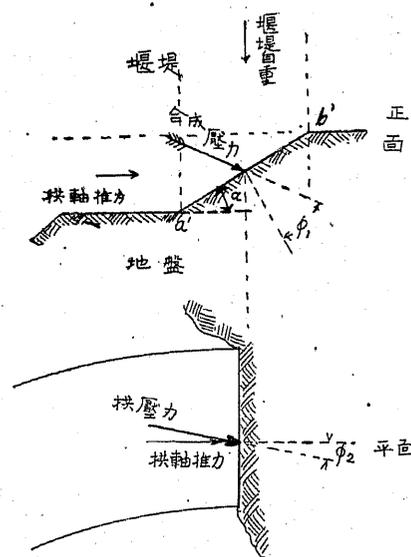


第一千五百十四圖



- 場合ニハ其壓力ノ傳導ヲ第一千五百十四圖ノ如シトシテ拱堤幅 $a+2t$ ニ於テ抵抗サル、モノトシテ計算セラル、ヲ要ス。
4. 拱堤延長ニ對スル拱厚ノ比ハ堰堤天端ニ於テ 75 以下高サノ中央ニ於テ 25 以下位トナスヲ普通比トス。但シ下方ニ至ルニ從ヒ拱厚ガ急激ニ増加スル場合ニ於テハ堤頂部拱厚ヲ之以下ニ減ズル事アルベシ。
 5. 拱形堰堤取付ノ地盤掘鑿ハ其拱端トノ接觸面ニ於テ滑動ヲ防グニ充分ナル角度タル事ヲ要ス。即チ第一千五百十五圖ニ示サレタル ϕ_1 及 ϕ_2 ナル角度ハ堰堤ヨリ地盤 ab ナル部分ニ傳ヘラル、合成壓力ガ接觸面トナス角度ノ垂直及水平投影ナルガ故ニ其實際ノ傾斜角 ϕ ハ

第一千五百十五圖



$$\tan^2\phi = \tan^2\phi_1 + \tan^2\phi_2 \cdot \frac{\sin^2(a+\phi_1)}{\cos^2\phi_1}$$

.....(1626)

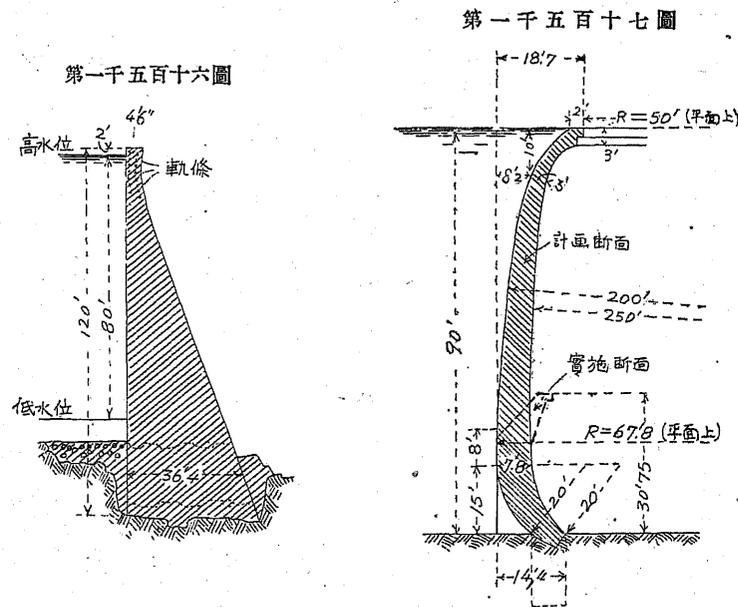
ヨリ求メラルベク此値ガ兩者即チ堰堤端面ト地盤切取面トノ間ニ於ケル摩擦角 (Angle of friction) ヨリ小ナル事ヲ要ス。

複式拱形堰堤 (Multiple arch dam)

ノ解法ハ扶壁間ヲ徑間トスル單純ナル拱形堰堤ニ過ギズシテ上掲 (1620) 式ヲ用ヒテ解決セラルベク其扶壁ハ拱形床版ヨリ來ル拱反應力ヲ受クルモノトシテ設計セラルベキモノナリ。

第一千五百十六圖及第一千五百十七圖ハ純拱形堰堤ノ實例ヲ

示スモノニシテ其第一千五百十六圖ハ南濠洲「パロッサ」堰堤 (Barossa Dam) 断面ヲ示シ其堤長 472'5, 曲率半径 200' (堤頂ニ於テ) ヲ有ス。「ゴラー」市 (Gawler) 給水用貯水池ノ目的ニ築造セラレタルモノニシテ堰堤断面ノ約 12% ハ 1 乃至 18 立方呎大ノ玉石ヲ以テ置換セラレタル玉石混凝土ナリトス。第一千五百十七圖ニ示シ



タルハ紐育州「イサカ」市 (Ithaca) ノ給水目的ニ計畫セラレタル「シックス・マイル・クリーク」堰堤 (Six Mile Creek Dam) 断面ニシテ高サ 90', 堤長 100', 其最大厚 7'8 二過ギズ。堤頂ニハ幅 2 ノ鑄鐵製覆ヒヲ設ケ溢水ニ對シ安全ナラシメタリ。該堰堤ハ其將ニ起工セラレントスルニ當リ下流人民ノ反對ヲ受ケ遂ニ圖上點線ニテ示シタル高サ約 30' ノ断面ヲ實施シタルニ過ギザリキ。堰堤ノ下流 300' ヲ隔テ、高サ 6' ノ第二堰堤ヲ造リ之ニ依テ本堤トノ間ニ生ズル

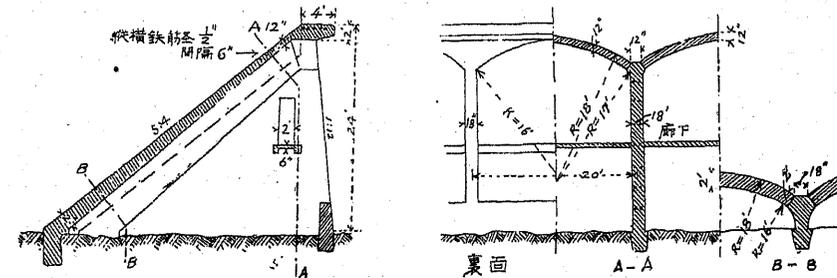
鎮水池 (Stilling pool) ヲ以テ本堤溢水ノ水勢ヲ削グノ用ニ辨ジタリ。本堰堤ハ其形式拱形堰堤ノ變形ニシテ其詳細ニ就キテハ該堰堤設計者「ウィリアムス」(G. S. Williams) 氏ニ依ツテ發表セラレタル下記記事ヲ參照スベシ。

Proceedings of the American Society of Civil Engineers.

1903, Vol 30. Sep. No. 7.

第一千五百十八圖ハ米國「オレゴン」州「ユマチラ」河 (Umatila River)

第一千五百十八圖



ニ築設セラレタル「スリー・マイル・フォールズ」複式拱形堰堤 (Three Miles Falls Multiple Arch Dam) ヲ示ス。其堤高 24', 堤長 20' x 40 = 800' ニシテ堰堤全體トシテ平面上半径 1200' ノ曲率ヲ附シタルハ單ニ外觀上及基礎岩盤ノ都合上ニ依レリ。構造詳細ハ圖面ニ詳細ニシテ拱形床版外面半径 18', 徑間 20' トナセリ。

第六節 溢水路

貯水池ノ水量或水準以上ニ上ル時ハ堰堤ヲ乗越スノ恐アルヲ以テ堰堤ノ一部又ハ大部若クハ其附近ニ一ツ或ハ以上ノ餘水吐 (Overflow weir) ヲ準備セザル可ラス。其寸法ハ堰堤ノ位置ニ於ケル想定最大洪水ヲ放流シ得ル様設計スルヲ要ス。其方法種々ア

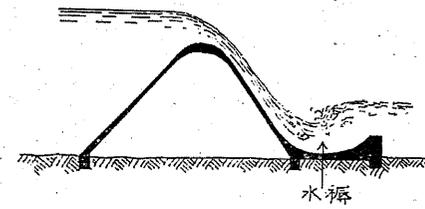
リ。堰堤ノ底部ニ近ク放水管ヲ布設シテ大ナル水頭ヲ利用スル事アルモ一般ニハ水面近ク堰堤内又ハ堰堤外ニ溢水路ヲ設クル場合多シ。堰堤外ニ設ケタル物ハ堰堤ト全然無關係ニ水路ヲ設ケ堰堤下流安全ノ箇所迄別ニ放流セシムルモノニシテ此構法ニヨレバ堰堤基礎ヲ洗ハル、恐少シ。堰堤内ニ設クルモノニアリテハ(1)堰堤上ヲ溢流セシムルモノニシテ堰堤全部ヲ溢水路ニ利用スルモノト其一部ヲ特ニ溢水路ニ築造スルモノトアリ。後者ニ於テハ其溢水路敷高ヲ貯水池平水位ト一致セシメ餘水ハ此平水位以上ニ高マリシ水頭ニ依リテ流下セシム。(2)若シ發電所用ノ如ク絶エズ監督者ヲ置キタル場合ニハ可動堰堤即チ水門若クハ角落ノ類ヲ設備シ溢水路敷高ヲ平水位以下ニ置ク事ニ依リ比較的大ナル水頭ヲ利用シ流下セシメ得ベシ。(3)流量比較的大ナラズ且ツ貯水池水面ノ甚シキ變化ヲ忌ム如キ場合ニハ「サイフォン」式溢水路(Siphonic spillway)ヲ用フル事アリ。

溢水路ヨリ流下スル水ハ堰堤底部ニ達シテ猛烈ナル水勢トナル可キヲ以テ完全ニ河底ヲ保護スル事ヲ要ス可シ。此場合ニ於ケル溢水水流ニ直角ナル單位平面上ニ働ク力ヲ P トシ v = 速度, Q = 流量, w = 水ノ單位容積重量 (= 62.5*/ft^3), H = 堰堤ノ高サ, g = 重力加速度 (= 32.2ft/sec^2) トセバ

$$P = \frac{Q \cdot w}{g} \cdot v = \frac{Q \cdot w}{g} \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = Q \cdot w \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} \dots\dots\dots(1627)$$

腫部ニ於ケル水勢ヲ控ク可キ方法ハ下流ノ水深大ナル時ハ第一千五百十九圖ニ示ス如ク水褥(Water cushion)トシテ利用ス可ク、若シ水深小ナル時ハ水ノ通過面ニ混凝土塊其他ノ阻版(Baffle)ヲ置キテ之ニ依ル渦動作用(Eddy formation)ニテ水勢ヲ削ヅカ若クハ

第一千五百十九圖

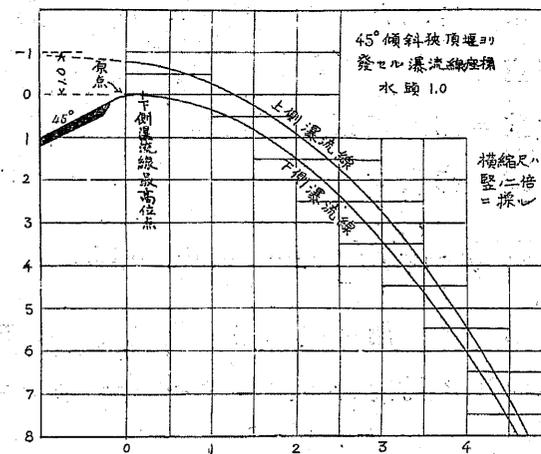


堰堤ノ下流或巨離ニ更ニ第二ノ小堰堤ヲ作りテ鎮水池(Still-ing pool)ヲ用意スル事必要ナリ。猶侵蝕ニ對シ河底ヲ保護スル爲メ少クトモ堰堤ノ高サ

ノ二倍以上ニ水叩キヲ準備シテ天然ノ河底ニ接續セシム可シ。

溢水路ノ堤頂部ニ於ケル縦斷形(Shape of crest)ハ其設計適當ナラザル時ハ堰堤ト水版(Sheet of water)トノ間ニ負壓力ヲ生ジ堰堤ハ之ガ爲メ絶エズ撃衝及振動ヲ受クルニ至ル可シ。今一ツノ狹頂堰(Sharp crested weir)ヲ假定シ此堰ヨリ溢流スル水版ノ爲ス曲線即チ瀑流線(Nappe)ニ就キテ考フ可シ。若シ其下側瀑流線以下

第一千五百二十圖



ノ面積ガ假ニ堰堤ニテ占メラレタルモノト假定スルモ瀑流線ニハ何等ノ變化無キ事勿論ニシテ從テ堰堤面トノ間ニ空隙ヲ生ズル事無カル可シ。第一千五百二十圖ニ於テ上流側面45°ヲ爲セル場合ノ瀑流線ヲ示ス。即チ溢水路

縦斷形トシテハ該曲線ニ近似ニシテ然カモ之ヨリ尙幾分ノ緩勾配ヲナス如キ断面ヲ採用セバ可ナリ。上圖ニ示シタルモノハ堰堤上水深1.0ニ對スル形ニシテ從テ任意水深ニ對シテハ前圖ノ

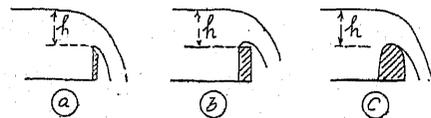
數値 = 該水深ヲ乗ズレバ其場合ノ曲線ヲ得ラル可シ。速頭アル時ハ此速頭ヲ水深ニ加算スレバ可ナリ。

溢水路ノ流量 (Discharging capacity) ハ其形狀ニ依リテ異ナリ今 Q = 一秒時間ニ放流シ得ル流量, l = 溢水路ノ幅, h = 溢水路上ノ水頭, g = 加速度 = 32.2 ft/sec^2 トセバ

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh} \quad \text{若クハ}$$

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h^3} \dots\dots\dots(1628)$$

第一千五百二十一圖



但シ μ ハ溢水路ノ形狀ニ依リテ異ナル係數ニシテ堰板 (Flash-board) ノ場合 (第一千五百二十一圖 (a)) = $\mu = 0.60-0.65$, 角堰

ナル時 (同圖 (b)) = $\mu = 0.65-0.70$, 曲堰ナル時 (同圖 (c)) = $\mu = 0.75-0.85$ ヲ使用ス。若シ接近速度 (Velocity of approach) v_1 ノ著シキ時ハ其流量ニ對スル影響ヲ考慮ニ加ヘ速頭 (Velocity head) ヲ h_1 トセバ $h_1 = \frac{v_1^2}{2g}$ ナルヲ以テ之ヲ前式ニ挿入シ

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot l \cdot \sqrt{2g} \left[\sqrt{(h+h_1)^3} - \sqrt{h_1^3} \right] \dots\dots\dots(1629)$$

若シ第一千五百二十二圖ニ示シタル如ク溢水路ノ頂幅廣クシテ $t > h$ ナル時其急角度ヲ有スルモノ (同圖 (1)) = アリテハ $\mu = 0.535$ ニシテ大約

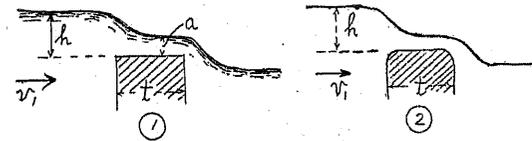
$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0.525 \cdot l \cdot \sqrt{2g} \sqrt{(h+h_1)^3} = 0.35 l \sqrt{2g} \sqrt{(h+h_1)^3} \dots\dots\dots(1630)$$

$$a = \frac{2}{3} (h+h_1)$$

曲角度ヲ有スルモノ (同圖 (2)) = アリテハ $\mu = 0.62$ ニシテ

$$Q = 0.40 l \sqrt{2g} \sqrt{(h+h_1)^3} \dots\dots\dots(1631)$$

第一千五百二十二圖



以上公式ニ於テ曲角度ヲナスモノハ急角度ヲナスモノニ比シテ流量常ニ大ナリ。之ニ溢水路ニ於ケルアラユル角度ハ之ヲ圓滑トナス理由ナリ。

「サイフォン式溢水路 (Siphonic spillway)」ハ其構造貯水池内水位ガ一定高ニ達スル時ハ自働的ニ「サイフォン」作用シテ貯水池内ノ水位ヲ低下セシメ、其水位適當ニ低下シタル時ハ「サイフォン」ハ自然ニ其作用ヲ停止スル如クシタルモノニシテ「サイフォン」吐口ト貯水池水面トノ高差ヲ利用シ放流スルモノナリ。此場合吐口ヨリ噴出スル水勢ハ極メテ大ナルガ故ニ之ヲ充分深ク下流面ニ突込ミ之レニヨリテ基礎ノ犯サル、事無キ様注意スル事ヲ要ス。

今 a = 水ノ流入ニ對スル水頭損失ノ係數 (最大 0.5)

β = 上流側ニ於ケル摩擦ニ對スル水頭損失ノ係數 (最大 0.1)

γ = 下流側 " " " " (0.005-0.009)

δ = 曲點ニ於ケル水頭損失ノ係數 (最大 0.25)

p = 濕潤周長 (Wetted perimeter)

a = 濕潤面積

l = 長サ. v = 速度

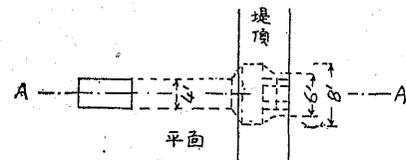
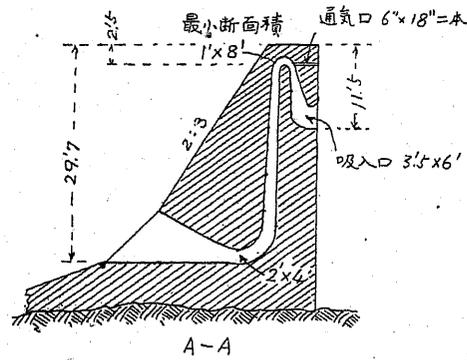
g = 重力加速度 = 32.2 ft/sec^2

トセバ「サイフォン」ノ場合ニ於ケル此等水頭損失ノ和ハ水面ノ高

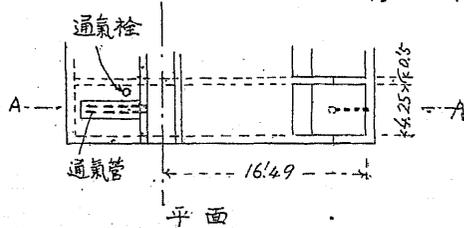
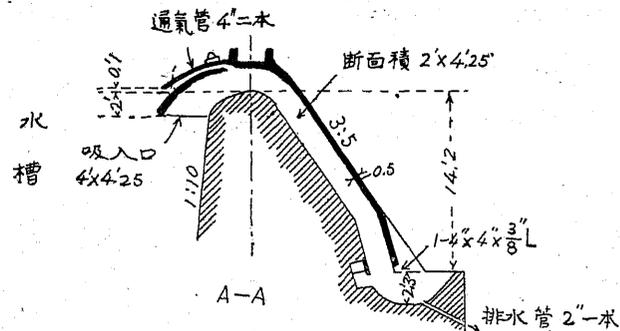
差 H = 等シカラザルベカラズ。即チ

$$H = \frac{v^2}{2g} \left(1 + a + \beta + \delta + \gamma \frac{pl}{a} \right) \dots\dots\dots (1632)$$

第一千五百二十三圖



第一千五百二十四圖



嘗テ米國「テネセー州」テネセー電力會社 (Tennessee) 「オケー」河堰堤 (Ocoee) = 於テ實驗セラレタル結果ニヨレバ流量 Q , 斷面積 A トスレバ

$$Q = CA \sqrt{2gH} \dots\dots (1633)$$

ニシテ係數 $C = 0,62 - 0,65$ ナリト云ヘリ。

「サイフオン」ニ來ル荷重ハ吸引ノ爲メニ生ズル負氣壓ニ依ルモノ即チ外方壓力ニ

相當ス。下側ニアリテハ此荷重ハ水及構造物自身ノ重量ノ爲メニ節減セラル可キヤ明カナリ。流量非常ニ大ナル時ハ導管ハ之ヲ數條ニ並列セシム可キハ云フヲ俟タズ。

第一千五百二十三圖ハ上掲「オケー」河ニ築造セラレタル「サイフオン」式溢水路ニシテ $A = 8'$ ヲ有シ第一千五百二十四圖ハ猪苗代水電株式會社水槽ニ築設セラレタルモノニシテ $A = 8,5'$ ヲ有シ、鐵筋混凝土構造ナリトス。