

彙 報

土木學會誌 第十五卷第九號 昭和四年九月

The Coolidge Multiple-Dome Dam

By Fred A. Noetzli, D. Sc.

Consulting Engineer, Los Angeles, Cal., U. S. A.

(堰堤の權威 Dr. Noetzli より Coolidge Multiple-Dome Dam に関する記事圖面
及寫眞を送り來りし故茲に拙譯を寄せ斯道研究者の參考に資せんとす 西田精)

Coolidge dam は一昨年より昨年に亘りて建造せられたる複圓頂式堰堤にして其の設計及構造共に新に堰堤工學に於て一步を進めたる幾多の特色を有す。此の堰堤は Arizona 州 Globe 市の南方 35 哩を隔りたる Gila 川の溪谷にありて此の川と San Carlos 川との合流點の下流約 9 哩の處にあり。亞米利加合衆國政府は之を築造して Arizona 州 Florence 附近の Pima 印度土人保留地域の地積約十萬エーカーの灌溉用水を貯ふる計畫にして該堰堤工事及びこの貯水池新設の爲に埋没する鐵道線路 14 哩の改築費として議會は 5 500 000 弗を協賛せり。堰堤の名は當時の大統領 Calvin Coolidge を記念する爲に其の名を取れり。

堰堤は河床よりの高さ 220 呎、基礎の最低部よりの高さ 250 呎にして貯水池の長さは約 25 哩、最大幅 2 哩、水面積 19 500 エーカー、貯水量 1 200 000 エーカー・ヒートにして其の流域は 13 450 平方哩に達す。河の流量は極めて不規則にして夏期は殆ど流水なく最大洪水量は 150 000 立方呎/毎秒に達す、平均年流量は約 400 000 エーカー・ヒートなり、而し數年に跨れる旱魃に備ふる爲一年以上貯水する必要あり又洪水の際には多量の泥土を流入するを以て之に備ふる餘裕を要す、隨て貯水池の容量は之等を考慮して充分大きく建造せられたり。堰堤の地點は兩岸急峻にして比較的狹隘なる箱形の溪谷なり隨て其の底部は幅比較的廣し。

基礎の状態はダイヤモンド試錐器によりて充分に調査せられしが全部優秀なる石英岩盤なりき、岩盤は河床以下最低 25 呎の處にあり。

Coolidge dam に複圓頂式を撰定せるは此の地點に適合する種々の式即ち普通の重力式堰堤、拱堰、複拱堰、石詰堰等に對し設計及工費豫算を作成して比較研究せし結果なり、該地點に於ては複圓頂式堰堤が恐らく工費最も廉にして且安全率は他の何れの様式よりも一層大なるか或は少くとも之に劣らざることを二つの技術顧問會議に於て決議せられ遂に此の式を採用せらるゝに至れり。

構造物 堰堤は傾斜せる卵形の圓頂の形をなし其の數 3 個よりなり各中心距離 180 呎

ありて中間の 2 個の三角形扶壁と兩岸の橋臺とにより支持せらる、各圓頂は對稱的にして兩側堰堤は全然同形なり。中央の堰堤も亦上部は同一形にして只下部が稍々前者よりも下方に延長するのみなり。兩側堰堤に所要の寸法及對稱を保持せしむる爲必要なるだけ溪谷の兩側を掘鑿せり、中央堰堤の中央に於ける基礎よりの高さ 250 呎あり堰頂に於ける全長は餘水吐を除き 580 呎なり。

堰堤の兩端には岩盤を掘鑿し各長さ 150 呎の餘水吐を設け瑞西國チュリヒ市の Barrages Automatiques 會社にて設計せる高さ 14 呎の自動扉を設備せり、之を全開すれば 22 呎の水深を以て全溢流堰上を流過する水量毎秒 120 000 立方呎を算す、溢流水路は曲線をなすを以て著しく外側の路床を高めて以て流水の不均一を防げり。餘水吐は主として 1/120 の模型により實驗して其の寸法を適當に定めたり、堰堤及餘水吐の上に幅 20 呎の國道橋を架せり、此の橋は圓頂堰堤の延長にして全く之と同一體をなす。

道路の拱橋には水壓荷重を受けず只間接に圓頂の上部を固定せしむるが爲影響を受くるのみなり。

發電所は兩扶壁間に於て中央徑間の圓頂の下に建設せられ各 7 500 kw の發電機二基を据付け水頭 150 呎 ~ 220 呎を以て運轉する設計なり。取水の設備は各扶壁の上流側に取水塔を設け 72" 針弁と非常用の蝶弁により統御す、尙 2 個の水車放水口ありて之は 60" 針弁により統御せらる。寫眞第一、第二は夫々完成せる堰堤の上流面及下流面を表はし附圖第一は一般平面圖、正面圖及斷面圖を示せり。

圓頂の設計 - 圓頂の拱背面は斜軸を廻轉軸としてなれる轉成面にして且つ拱腹線は三心圓弧よりなるを以て廻轉軸に垂直なる平面にて圓頂を切れば其の斷面は起拱部の厚さが拱頂部より大なるを以て、之により最大壓力を許容限度内に收むることを得べし。

圓頂を起拱線に垂直に切り其の斷面の微分厚の拱が連續集合して堰堤を形成せるものとして計算す、起拱線は傾斜するが故に其の拱の各部は水深を異にするを以て此の不均一なる水壓荷重と拱面に於ける自重の分力及溫度の低下等を以て彈性理論によりて計算す。此の溫度の變化は底部に於て華氏溫度 10 度より堤頂にて華氏溫度 35 度低下するものと假定せしが此の溫度が堰堤の厚さに及ぼす影響は底部より堤頂に至る迄 20 呎より漸次縮少して 4 呎に減ずるものに相當す。附圖第二は圓頂中心の垂直斷面及拱肋の二、三の標準斷面を示す。混凝土の凝結收縮の影響は特に應力計算には算入せず、これ收縮せる混凝土が濕潤せば再び膨脹して約最初の長さに復するものなることを實驗により證せられたるが故なり。

此の堰堤の圓頂の厚さは比較的薄く貯水池満水の際は毛細管引力の作用により混凝土を充分濕し收縮作用を相殺するに至るべし。各微分拱の直應力は拱肋に於ける壓力線の位置を決定し之に對する應力を計算すれば知ることを得、又拱の彈性變形より起る應力及溫度の變化

より起る應力等は別々に計算せり、拱頂及起拱部に於て拱背面及拱腹面の最大應力は夫々上記の種々の應力を合成したるものなり。

拱の直應力を決定するには普通拱橋の計算に用ふると同様の解析法を用ひたり、拱肋の緊縮より起る應力は直應力、彎曲率、剪力等の影響をも計算に入れ最少働法により決定せり、温度の變化より起る應力の算出にも亦最少働法を適用せり。

第一表及第二表は堰堤の水位が堤頂迄あるものと假定して附圖第二の微分拱の直應力、拱肋の緊縮及温度の變化より起る應力を示す。

第一表

満水及温度低下より起る拱に於ける應力

拱の標高 呎	拱温度の低下 (華氏)	拱應力 (封度/平方呎)				拱の厚	
		拱頂		起拱部		拱頂	起拱部
		拱背	拱腹	拱背	拱腹	呎	呎
2 479	-33°	+428	+174	-23	+397	4.6	8.6
2 433	-24°	+542	+ 62	-40	+491	10.3	16.2
2 383	-18°	+581	+ 84	-34	+552	13.7	21.1
2 333	-15°	+586	+ 80	- 8	+577	15.8	23.1
2 303	-10°	+339	+ 45	-14	+453	20.6	24.4
	+ 應壓力	- 應張力					

第二表

標高 2 333 に於ける微分拱の各種の應力

位置	軸應力	拱肋緊縮より起る 應力	温度華氏-15°の 低下より起る應力	合成應力	
拱頂	拱背	+379	+126	+ 81	+586*
	拱腹	+379	-182	-117	+ 80*
起拱部	拱背	+289	-181	-116	- 8*
	拱腹	+289	+175	+113	+577*

* 第一表参照

圓頂に於ける最大應壓力は毎平方呎につき 600 封度より稍々小なり、貯水池の水位低き時又は全く空虛の時は温度の變化より起る理論的應張力は最大約毎平方呎につき 140 封度に達すべし。圓頂を此の合成應張力に堪へしめんが爲鋼鐵材にて堅固に補強せり、此の鋼材の所要量は鐵筋混凝土構造物の計算法によれり。此の鋼材は拱背面及拱腹面より夫々 6 呎内側に二列に配置せり、此の鐵筋は全く起拱部間に連續的に設置し添接部にては直径の 40 倍襲接せり、鐵筋の徑は底部に於て 1 $\frac{1}{4}$ " とし順次縮少して拱頂に於て 3/4" とす、而てし垂直に挿入せる鐵筋は徑 5/8" のものを 4 呎乃至 5 呎間隔に置き、又圓頂の上部に於て剪力を扶壁に傳ふる必要上徑 1 $\frac{1}{4}$ " の剪力用材を中心距離 8 $\frac{1}{2}$ " 間隔に前記二列の鐵筋の中間に設置す

而して之等兩者の鐵筋は充分に扶壁に鎮礎し以て圓頂と扶壁とを堅固に結合せしむ、圓頂は更に徑 13" 鋼材を 15" 間隔に拱背面に沿ひ配置し之を基礎岩盤に鎮礎す、即ち岩盤を深 8 呎鑽孔し此の鋼材を挿入して膠泥を以て固定せしむ。

扶壁の設計及配置 堰堤の扶壁は中心距離 180' の間隔に設置せられ其の厚さは底部の 60' より上部に至るに隨て漸次縮少し道路用拱橋の起拱線の直下に於て 24' に減ず、水平斷面に於ける厚さは何れも圓頂の拱腹面と扶壁の側面とを相會せしめん爲上流の方に漸次擴大せり(附圖第二參照)隨て扶壁の底部にて最も厚き處は上流側にて 110' にして下流側の厚さの約二倍に相當す。

扶壁の形は複拱堰堤に似て約三角形をなす(附圖第二參照)扶壁の上流側の勾配即ち圓頂の傾斜は先づ堰堤の摺動率が 0.75 より大ならざらしむる如く決定せり抗力を略せば Coolidge dam の摺動率は 0.73 なり。抗力は上流測にて水壓の 5 割とし漸次減少し下流面若くは排水渠に於て零に達するものと假定せば其の摺動率は 0.78 となる。

既に述べたるが如く圓頂は徑 13" の多數の鎮礎材により岩盤に固定せられたるを以て堰堤底面に於ける摺動率を 0.75 以内に減少することを得べし。

扶壁の應力は特に注意して計算せり水平斷面に於ける垂直應力即ち所謂梯形應力 σ_v の外に水平應剪力 τ 、水平直應力 σ_h を算出し更に之等の三力より主應力 σ_1 、 σ_2 の大きさと方向を計算せり、即ち其の第一着に梯形應力 σ_v を主要なる數箇所の水平斷面に於て計算せり、此の計算には一個の扶壁と之に隣接せる兩方の圓頂の半分宛とが凡て一體として働くものと假定せり Coolidge dam にては扶壁と圓頂とは鐵筋材により充分連結せらるゝを以て此の假定は充分正當なり。

何れの水平斷面に於ても其の σ_v 應力は其の平面上に働くあらゆる外力即ち水壓及混凝土の重量等より來る力の合成力を普通の方法にて算出すれば可なり。

斷面積、重心隋性能率等も亦普通の方法にて計算すれば其の水平斷面に於て上流面及下流面に於ては應力 σ_v は一般周知の公式

$$\sigma_v = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I} \text{ により算出することを得。}$$

但し P : 其の斷面に働くあらゆる外力の合成力の垂直分力

M : 其の斷面の重心より其の分力に對する力率

c : 堰堤の上流面及下流面より夫々重心に至る距離

A : 其の斷面積

I : 隋性能率

主要斷面の上下各 10 呎の所の斷面に於ける σ_v 應力も亦同様の方法にて算出す。主要斷

面の上流側及下流側に於て剪力 τ , 水平直應力 σ_y 及主應力 σ_I , σ_{II} は一度び σ_x が算出せらるれば容易に算出し得るなり。(扶壁堰堤の主應力算定の簡便法は特に複拱堰の設計に適當なる法にして Edward Wegmann 著の The Design and Construction of Dam 1927 年發刊の第八版に於て記者が述べたる章に記述せり)。

上流面と下流面との中間に於て主要斷面に於ける應剪力の計算は下流面より始め順次相當の間隔毎に垂直剪力を計算することにより知ることを得。之の垂直剪力は其の點を通過する垂直面と水平斷面とこれより上(又は下) $10'$ の水平斷面及扶壁の下流面とによりて圍まれたる單位錐體の平衡條件より算出することを得。此の計算は順次に圓頂起拱線の附近迄適宜の箇所に對して施行す。

斯の如く $10'$ 毎の二斷面間の應剪力 τ を計算せる後主要斷面に對する平均水平直應力 σ_y は應剪力計算と同様の方法にて扶壁下流面より初め順次に計算し得べし。

σ_x , σ_y , τ の應力が斯の如くして其の水平斷面上の數點に於て算出せる後傾斜せる主應力及之が水平となす角度等を解析的又は Mohr 式圓の方法により圖式的に算出し得るなり。

附圖第三は扶壁の應力圖を示す。同圖に於て (a) は梯形應力 σ_x の値, (b) は應剪力 τ , (c) は水平直應力 σ_y , (d) は主應力 σ_I 及 σ_{II} を示す。(e) は第一及第二主應力の方向, (f) は應力橢圓の長徑及短徑を表はす。

扶壁に於ける應力は其の後記者の事務所に於て更に Dr. Fredrik Vogt 氏が全く別法にて計算し其の結果が前者と善く一致せり。

貯水池が堤頂迄満水せる場合の扶壁の最大應力は約平方呎につき 425 封度の應壓力を算出せり、理論上は荷重の状態により何れの點に於ても應張力を生ぜずして僅に數箇所に於て最小主應力の値が零に達するのみ。

されども扶壁に於ては別に應張力を考慮せざるべからざる關係ありて茲にも亦之を考慮せり。

凡て長き擁壁に於ては混凝土の收縮若くは溫度の低下の何れか一つ又は兩者が作用すれば大なる應張力を起し必ずや龜裂を生ずることは一般に認めらるゝ處なり。然るに Coolidge dam の扶壁の底部の長さは約 280' あるを以て特殊の施設をなすにあらざれば多くの複拱堰堤に於けるが如く龜裂の發生は免れざるものと考へられたり。

素より水平鐵筋を挿入して此の龜裂及危險を避け得べけれども之が充分の効果あらしむるには極めて多大の鐵筋を使用せざるべからざること明なり。

かゝる多量の鐵筋の使用をさけ且扶壁に亂雜なる龜裂の發生する傾向を緩和せん爲記者の提案により各扶壁に二個の斜の接合を附圖第四に示すが如く設置せり。

此の接合は最大主應力の方向に並行なる面にあるを以て其の面の應剪力は零なり。隨て其

の接合面に於て相互に移動するが如き傾向なし、只第二主應力が其の接合を通じて傳達せらるゝ唯一の力にして其の方向は接合面に垂直なり。

Coolidge dam の扶壁の各部に於ける第二主應力は附圖第三 (d), (e) にて知らるゝが如く悉く僅少なる應壓力にしてかゝる小應力は接合の有無に拘らず容易に傳達し得べし、又收縮及溫度低下の爲に接合面が口を開くも扶壁に於ける應力分布に著しき變化を及ぼすことなし、隨て堰堤の安定度及安全を危くするが如き事少しもなし。却て接合面あるが爲に内部の收縮及溫度應力を緩和せしめ危険の原因となるべきものを除去すべし。

此の接合は扶壁の基礎より圓頂の起拱線附近に達す、而して此の接合を確實に働かしむる爲にアスファルトを注入せり、之の接合の上端及更に其の上には鐵筋を充分に扶壁の上流面に平行に挿入せり。

前記の趣意により最初は單に上流面に近く之に沿ひ斜に鐵筋を入れるゝのみにて其の他は普通混凝土構造の計畫なりしが其の後工事着手後龜裂を生ぜざる様一層の安全を保持せんが爲に水平層に 28 呎間隔に鐵筋を用ゆることに決せり、此の鐵筋は接合を通過せず。附圖第四は斜の接合の作用を初歩的に説明せるものなり。

扶壁が二個の接合により全然斜柱の如き三部に分れたり、其の第一支柱は下流面と第一接合との間に挟まれ、第二支柱は二個の接合の間に、第三支柱は扶壁の殘餘の部分と隣接せる二個の半圓頂よりなる。

計算に便ならしむる爲に其の接合は全扶壁を通じて圓頂迄達するものとし隨て各支柱が相互に全く分離せるものと假定し各支柱に對し夫々の位置の水壓と支柱自身の重量とを合成し、之等の力に對する力角形及連釘角形を普通の方法にて作れば各支柱は夫れ々分擔荷重を支ふるに充分安全なることを得るなり。

更に各支柱に於て其の下方に位するものに働く下向反力を考慮して力角形を作れば各點に於ては應力及其の方向は無接合の扶壁と相當よく一致せり、これ附圖第四に示せるが如し。之の Coolidge dam に於て拱と扶壁とが連續せる一體として設計せる主應力の理論及此の理論の基礎となる假定 (梯形法則と共に) が相當の範圍迄は確實なることの初歩的證明となる、又此の斜接合を適當に配置すれば之が扶壁の應力分布上及荷重を基礎に傳達する上に於て何等著しき影響を與ふるものにあらざることを示せり、實際此の接合は混凝土の收縮及溫度の變化より起る内應力を緩和するに必要な箇所のみ設置せり。

斯く別々の支柱として考へられたる扶壁は圓頂の全面積に涉りて連續し且多量の連續せる鐵筋が扶壁の上流面に沿ひ挿入せらるゝを以て此の斜柱としての扶壁は何れの部分に於ても轉覆に對する安全率は必要として豫期せらるゝより遙かに大なり。(同様斜接合が Big Dalton 複拱堰堤にも設けられたり、此の堰堤は高さ 165' にして加州ロスアンゼルス洪水

防禦管區に於て 1928-29 年に建造せられたり、更に同一管區にて建造中の高さ 500 呎の San Gabriel 重力堰堤の設計にも三個の收縮斜接合を最大主應力の方向に平行に設置せり。

混凝土 混凝土用に適當の砂及礫は堰堤地點より約一哩下流の河床にて發見せられたり此の材料を粉碎し洗滌して然る後規定の混合割合に相應する様篩ひ分けたり。

凡て混凝土用材は嚴密に標準の高き規格により採用せられたり、混凝土に必要な性質は水密、耐久、強度及經濟の數點にあり。

完全なる試験所を堰堤附近に設け試験用混凝土は現場に於て實際堰堤築造に使用する混凝土より取れり。一回の連續工事毎に 3 個の 6"×12" 圓柱體を作り 7 日、28 日及 3 箇月若くは 6 箇月毎に試験せり。

混凝土は二種を作り一は圓頂用混凝土として混凝土 1 立方碼に對しセメント約 1 樽を用ひ、他の一は扶壁用混凝土として混凝土 1 立方碼に對しセメント約 0.9 樽を使用せり、混合割合は圓頂用として約 1 (セメント): 2.7 (砂): 3.1 (礫)+2.8 (徑 2½" 乃至 7" の丸石) 扶壁用としては 1: 3.1: 3.6+3.2 とす。

水とセメントの割合は 0.9 乃至 1.1 の間にしてスラムプは 4½" より 5½" の間にあり、混凝土の 28 日後の平均強度は圓頂用混凝土は毎平方呎に付き 2900 封度、扶壁用混凝土は 2200 封度なりき (1928 年 10 月發行月刊雜誌 Contractors & Engineers に Bruce Johnston 氏の Concrete & Material Control at Coolidge Dam 参照)。

砂利採取場にて礫粒の分類が一、二の理由により變更せらるゝ毎に混凝土の混合割合を少し宛變更せり。

圓頂部其の他の薄き部分には混凝土をウオカブルならしむる爲に硅藻土を加へられたり。

型枠 扶壁及圓頂に於ける混凝土は毎 4 呎の高さに注入せり、型枠は 4'×8' の直角形の枠板を使用し得らる丈け數回利用せり。

枠板は請負者の巧妙なる工夫によりなれる可撓性のものにして圓頂の兩面の曲度が一樣ならざるにも拘らず容易に其の曲面に適合する様調節し得るなり。

連續せる縦桁及其他の方法によりこの可撓性の枠板は連續せる完全なる曲面を保持し得たり。斯の如くして圓頂の混凝土は堤頂より約 20 呎の處迄作られたり、圓頂が前方に突出せること垂直より 30° 以内の處型枠は普通の方法にて支柱及繫材により繫締せり、其の突出一層多くして高き處にては所謂 Wish-bone 型枠を用ふ。即ち V 字を顛倒せる形に鋼鐵枠を曲げこれを下段の混凝土内に鎮礎せしめ拱腹の型枠及注入混凝土を支持せしむ。

Wish-bone 型枠の鎮礎材は之が支持する荷重の程度に應じて 3' 乃至 5' 間隔に設置せり。

この装置は非常に好結果を得拱頂が垂直より 55° 突出せる處迄施行し得たり、之より以上は鋼鐵結構を作り支持せしめ最上部の扁平なる部分の型枠は木橋を拱橋と已に築造せる下段

の圓頂との間に架して之を支持せしむ。

斯の如くして全く何等の足場を造らずして混凝土工を施行し終れり。

型枠位置を正しく設置するに便ならしむる爲堰堤地點は 10 呎間隔に悉く規視線の網を以て覆へり、圓頂の拱背及拱腹の曲線は築造前混凝土施行の段毎に即ち垂直高 4 呎毎に其の平面に於て設定せり。横過測線は其の各平面毎に扶壁より扶壁迄又更に兩岸壁の相應點迄設定せり、型枠各點の位置は横過測線より座標により約 5 呎毎の間隔に設定せり。

水密法 圓頂の上流面は金網にて覆ひ之に厚さ 1 $\frac{1}{2}$ " の射着膠泥を施行せり、兩側の圓頂が兩岸の岩壁と接合する處は其の附近幅 5 呎に亘り射着膠泥を施し以て堰堤の下及周圍より浸透せんとする通路を長くして其の漏水を防げり、堰堤の上流面に沿ふたる基礎岩盤には膠泥を注入せり、其の注入孔は深さ 20' に 5' 間隔に交列に穿ち每平方呎 125 封度の壓力にて膠泥を注入せり。

流水の轉換 堰堤基礎の岩盤の掘鑿工事は何等特殊の困難もなかりき、岩質は堅固なる石英岩なり工事中平時の流水は幅 30'、高 14' の木樋を通して下流に轉流せしめたり。

工事の進むに隨ひ東側の圓頂に 14'×32' の口を残して之より放流し堰堤及餘水吐の工事完成せし後其の口を閉塞せり。

設備及勞力者 工事は悉く動力を使用し馬若くは騾馬は一頭も使用せず、電力は新設の延長 20 哩の送電線により政府より支給せり、この送電線は後日この堰堤完成せば此處にて發電せる電力を輸送する爲に使用せらるゝものなり。

混凝土材は堰堤地點より約一哩下流の採取場にて draglines 及ガソリン・ショベルにより掘鑿し其の附近にある工場にて破碎し洗滌し及篩分け、之を架空索道により堰堤の上方の丘上にある混合工場に送り、此處には重力給養式の二個の 2 立方碼練りの混合機及水、混凝土材及水・セメント此れ等を適當に調節するに必要なる設備を有す。混合所より混凝土を兩扶壁の中間にある高さ 400 呎の卷上機に送り之より卸樋により各處に配布せり。又 15 噸以内の貨物を輸送する爲 2 個の空中索道を架せり、其の徑間 1200 呎ありて河を横斷し堰堤と平行に設置せり、この索道は特に圓頂の鐵筋材料其他の構材、バルブ、水壓鐵管、芥除金物、放流口工事及發電所工事に必要なる金物等を輸送する爲に使用せられたり。斯くして凡て 8 500 000 封度の金屬材料がこの索道により堰堤の上方の道路より工事の現場迄輸送せられたるなり。

平均 500 人の職工人夫が堰堤現場に働き掘鑿の際には最大 700 人に達せり。此の内 100 人乃至 200 人は土人のアパーシュ・インデアンにして其の附近の Gia 河溪谷に居住せり。

數量 Coolidge dam 築造の爲に要する數量は

堰堤及餘水吐の掘鑿量	330 000 立方碼
混凝土 總量	201 000 "

鐵筋材

3 500 噸

工事及工程 堰堤の總工費即ち發電所及送電線を含み（貯水池内にある鐵道の改築費を除きたるもの）約 4 500 000 弗にして貯水池容量 1 エーカー・フットに對し 3.75 弗に相當す。

工事契約は 1927 年 1 月 1 日合衆國政府が六工事請負會社より競争見積書を徴したる後決定せられたり、1927 年 11 月 24 日より混凝土を打ち初め堰堤は 1928 年 10 月 25 日即ち豫定より早きこと約 9 箇月にて完成せり。

機關 此の堰堤は U. S. Indian Service の爲に Major R. Olberg の指揮の下に H. C. Neuffer, T. A. Fraps, C. H. Southworth 及 E. I. Rose 氏等を補助として設計且つ築造せられたり。

General W. C. Jangfitt, L. C. Hill, A. T. Wiley 及記者が顧問技術者なりき。

工事は Atkinson, Kier Bros. and Spicer 會社が施工し J. G. Tripp 氏は工事の監督者なりき。

附記 複圓頂式堰堤が最もよく之の地點に適合せり、溪谷の形は恰も兩側の圓頂を對稱的になす爲に比較的僅か許り餘分の掘鑿を要せしのみ。幅 20 呎の國道橋が堰堤を横斷して作られたる事が橋と堰堤面とを連続せしめ複拱圓頂式の建造を誘致するに至れるなり。

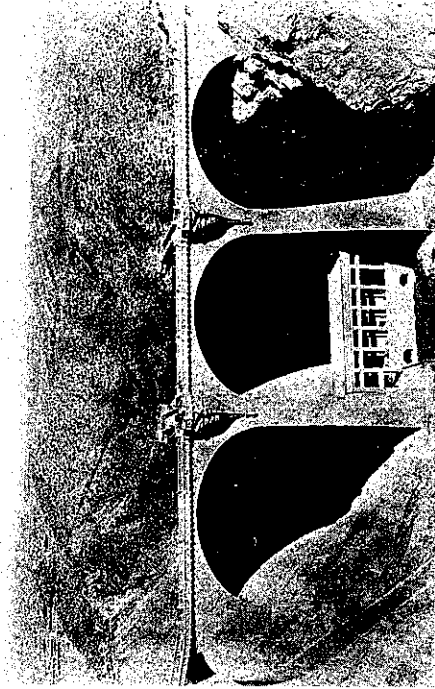
或場合殊に橋梁を架する必要なき場合には只堰堤の下部のみ圓頂形となし頂部を殆ど垂直に作り以て上部の型枠建造の困難及工費を大に節約する方有利なるべし。

寫眞第一



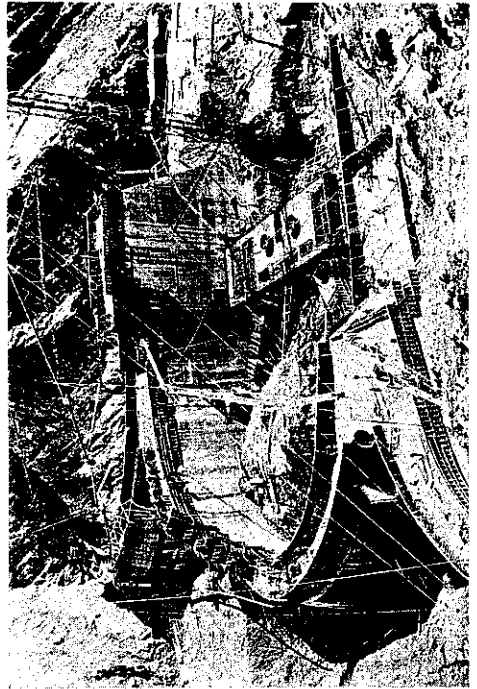
Coolidge Dam の全景.

寫眞第二



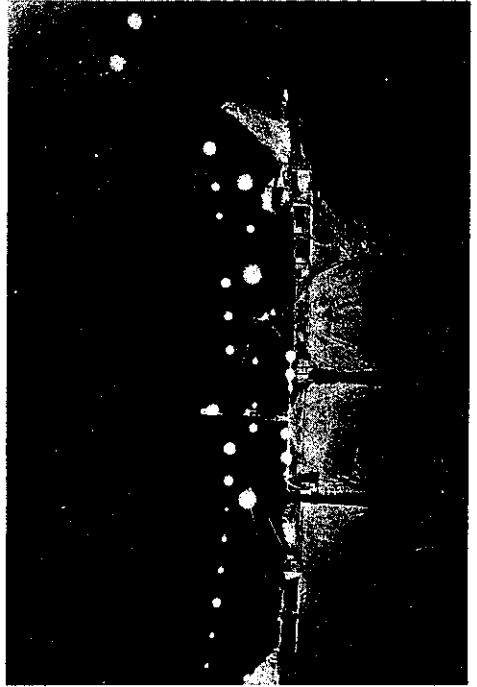
下流側より上流を望む、中央下部は發電所.

寫眞第三



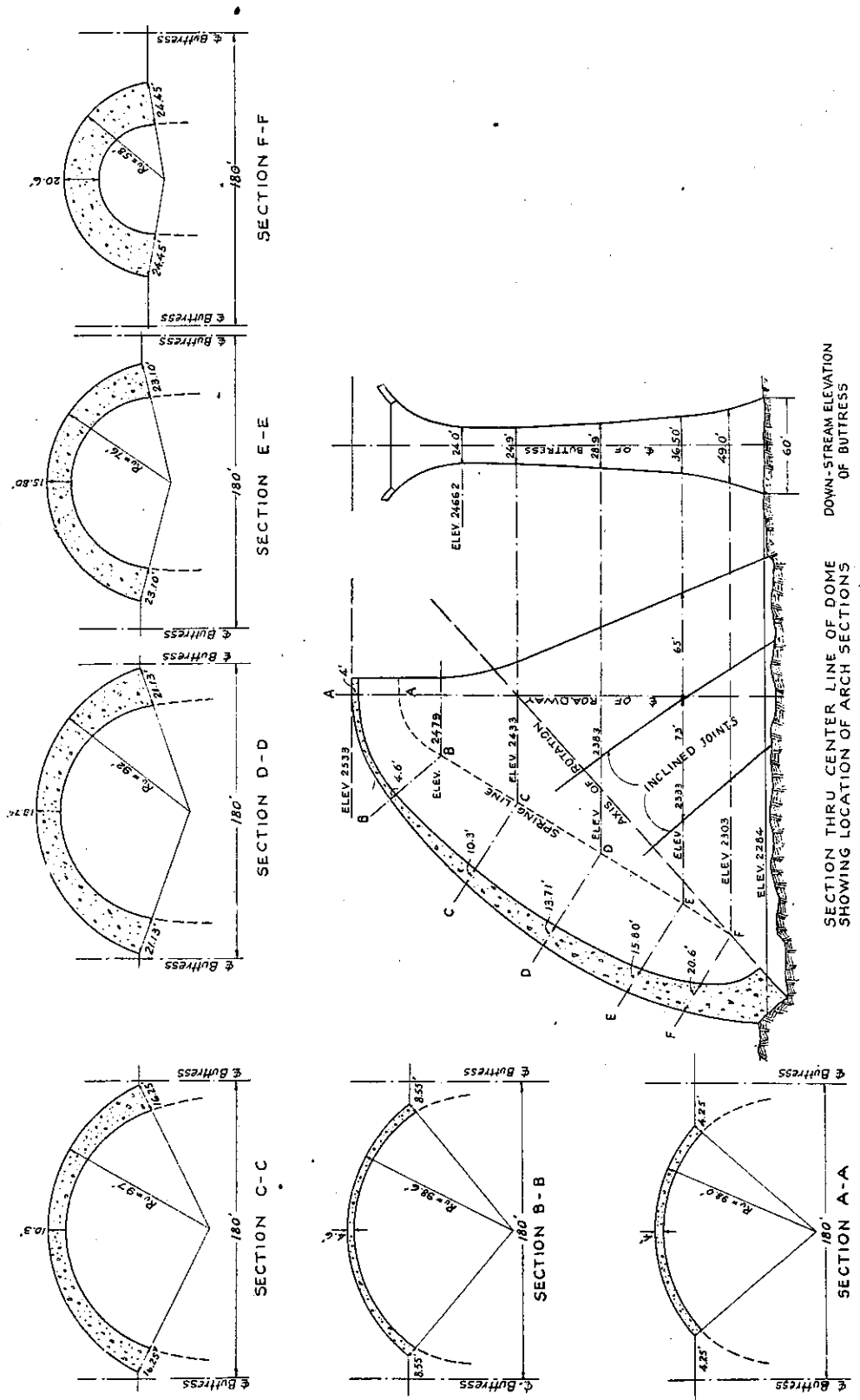
工事中の光景、前方の扶壁に傾斜せる接合面を造りつゝあり.

寫眞第四



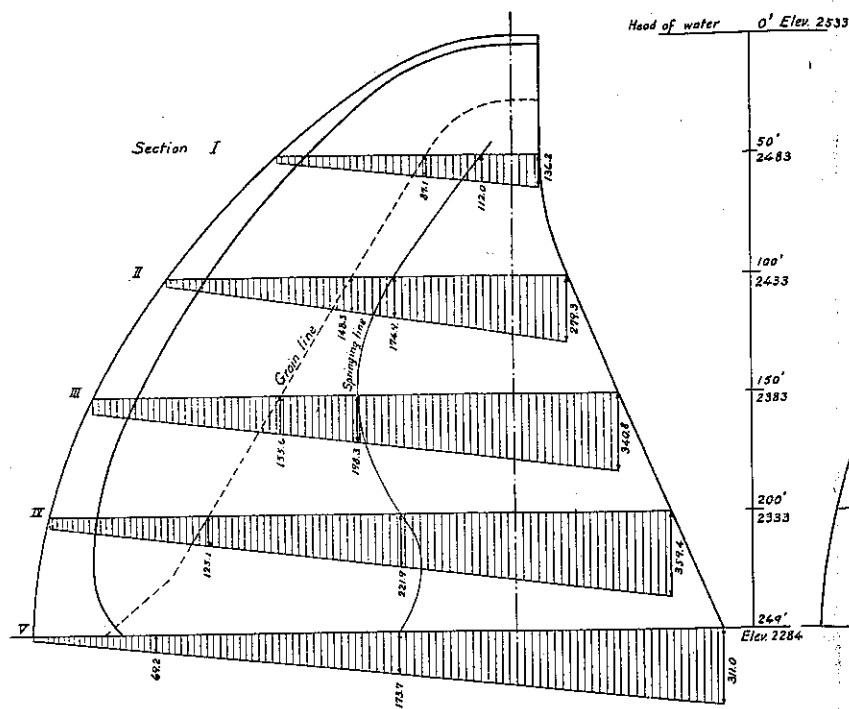
強力なる電燈を使用して夜業をなす状況.

附圖 第二

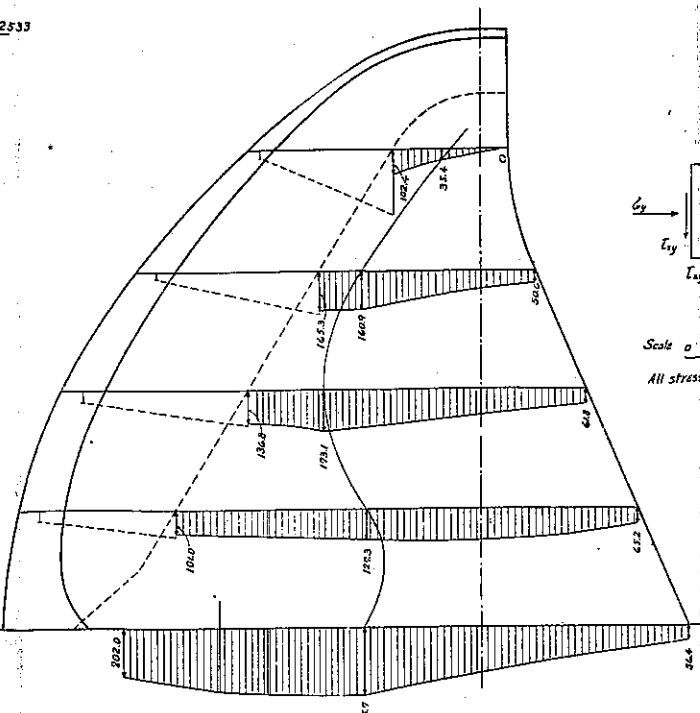


(附圖 第二 附圖 第二)

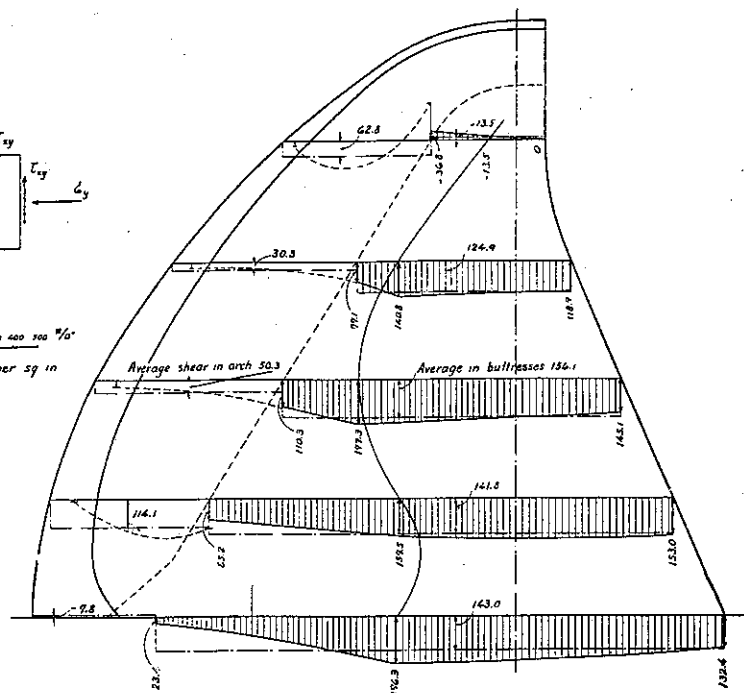
附圖第三



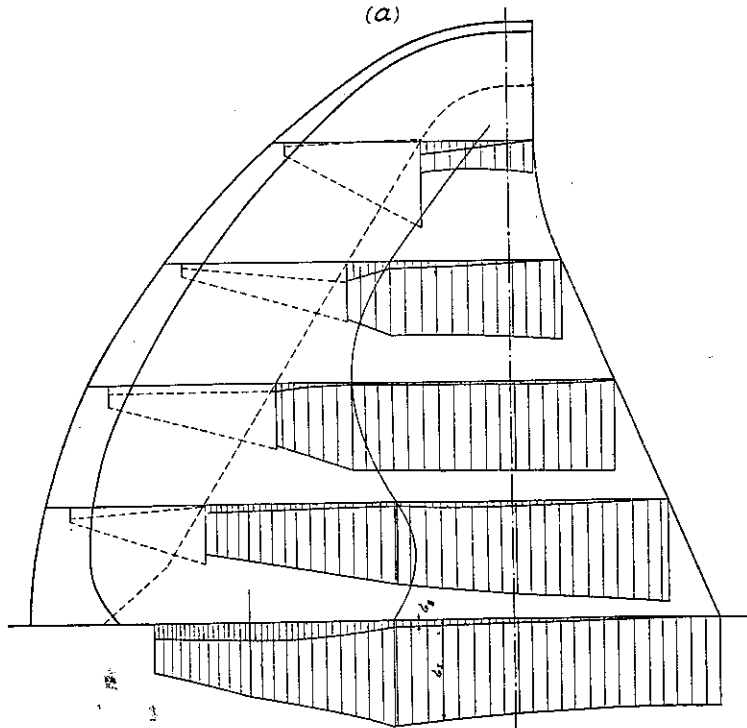
Vertical normal stresses σ_z
(a)



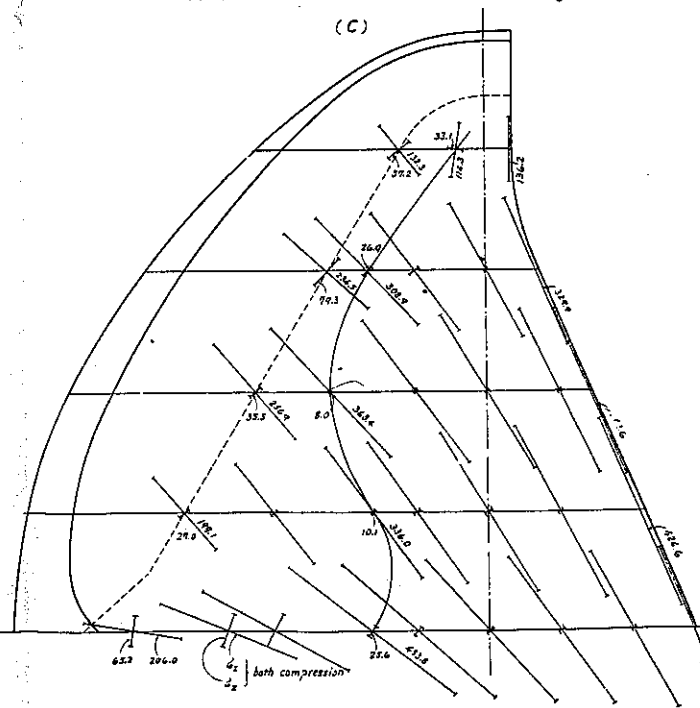
Horizontal normal stresses σ_x
(c)



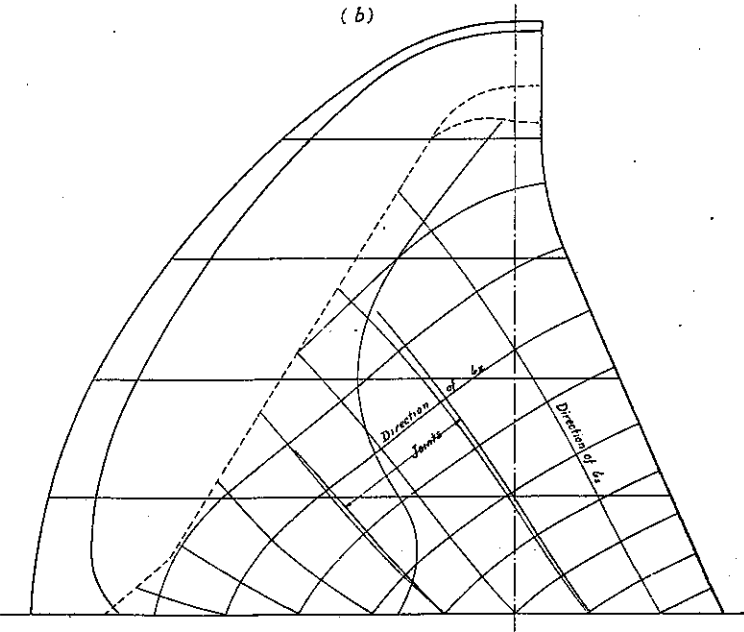
Shearing stresses τ_{xy}
(b)



Principal stresses σ_1 and σ_2
(d)



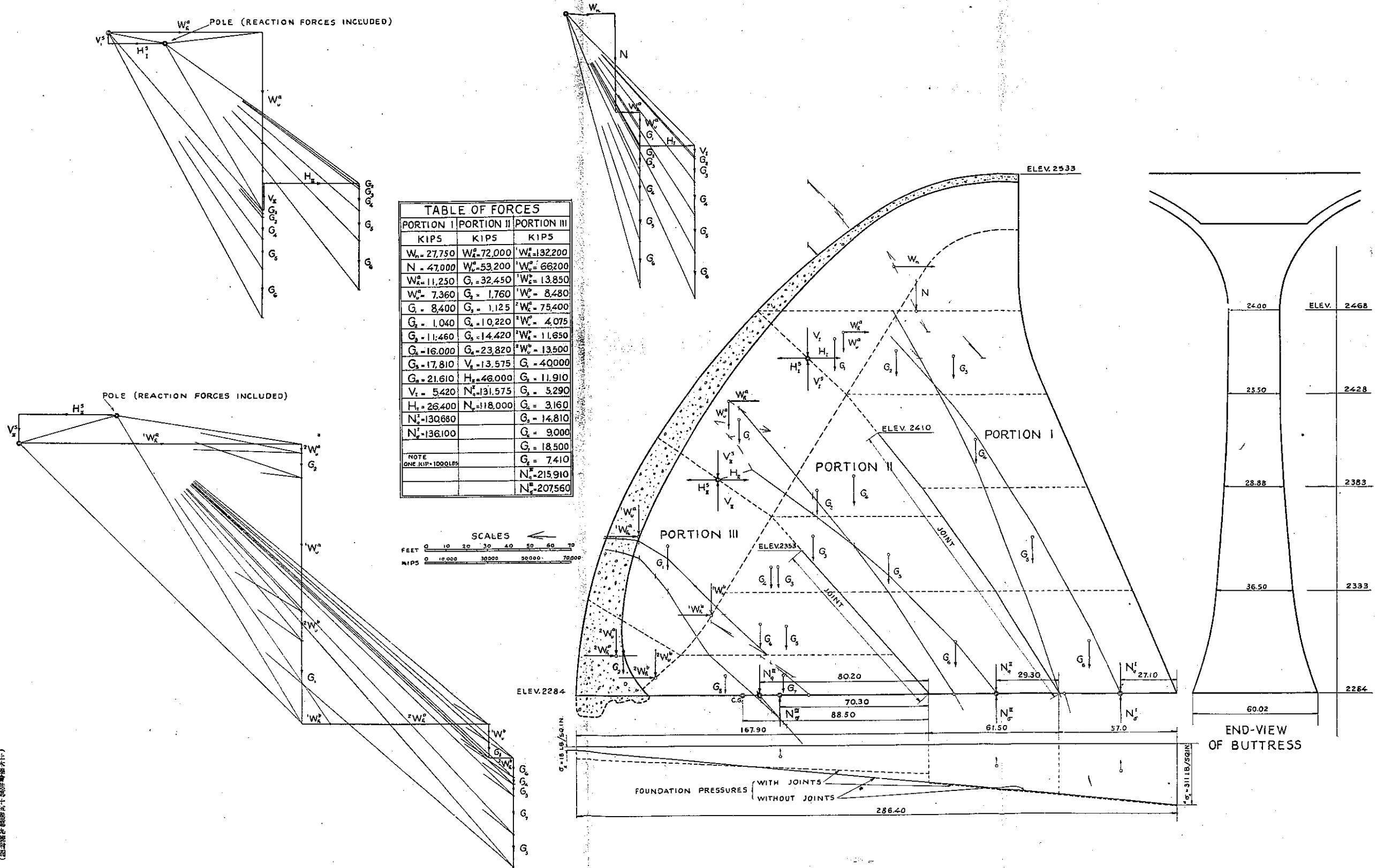
Directions of principal stresses
(f)



Trajectories of stresses
(e)

(上) 水工學會 第九卷 附圖

附圖第四



(此圖係根據民國十五年測量局測量圖)