

抄 録

第 25 卷 第 7 號 昭和 14 年 7 月

応 用 力 学	頁
(85) 3 連モーメント方程式に於ける荷重項の簡易決定図表	801
水 理	
(86) Hele-Shaw の研究の批判	802
(87) 2 次元のポテンシャル理論の問題	806
コンクリート及鉄筋コンクリート	
(88) 単鉄筋丁形桁の計算図表	809
施 工	
(89) 橋脚の潜函	810
河 川	
(90) Niger 河の大灌漑工事	812
堰 堤	
(91) 獨逸 Saale の Hohenwarte 堰堤に於ける工事設備	814
(92) グラウトエによる堰堤の漏水防止	820
上 水 道	
(93) Netherlands に於ける配水塔	828
港 灣	
(94) 獨逸 Mittelland 運河の概要	825
道 路	
(95) コンクリート舗装の接目試験	827
(96) 南 Pennsylvania の貨取道路工事	829
橋梁及構造物	
(97) ボックスガーターの一例	831
(98) 1938 年のドイツ國有鉄道橋梁工事	832
(99) 高架道路に於ける長径間繫拱	834
(100) Shoshone 利水計畫のコンクリート橋	836

応 用 力 学

(85) 3 連モーメント方程式に於ける 荷重項の簡易決定図表

Robert Timm, "Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Belastungsglieder bei Einzellast und gleichmässig verteilter Streckenlast unter Berücksichtigung feldweise veränderlicher Trägheitsmoment." Beton u. Eisen, Heft 4, 20. Feb. 1939, S.72~73
— 木 保 夫 抄

連続桁の支點モーメントを 3 連モーメント方程式により決定する場合、荷重項の計算が必要であるが、この荷重項 L と R は、径間全体にわたつて等布荷重のあ

る時は比較的簡単に計算出来るが、任意の點に單一荷重が載つた場合とか径間の一部分に等布荷重が載つた場合等に於ては、かなり計算が面倒になつて手数がかゝる。

この手数を省くために次に示す様な図表からこの L と R を簡単に決定する方法を述べる。

3 連モーメント方程式は一般に次の形で表はされる(図-1)。

$$M_0 \cdot l_1' + M_1 2(l_1' + l_2') + M_2 \cdot l_2' = -R_1 \cdot l_1' - L_2 \cdot l_2'$$

図-1.

茲に $l_1' = \frac{l_1}{J_1}$
 $l_2' = \frac{l_2}{J_2}$

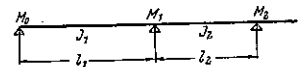
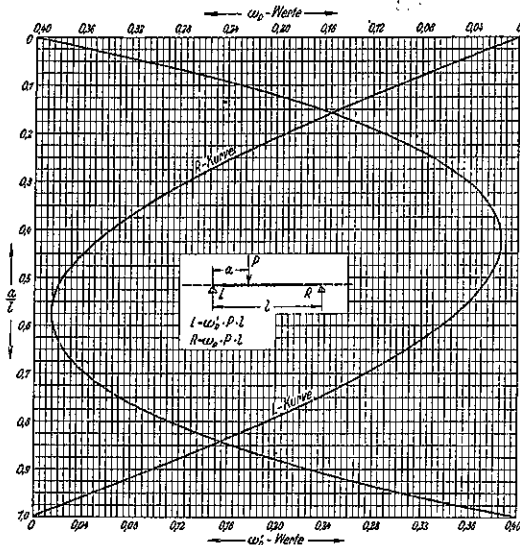


図-2. 単一荷重を有する場合



図表-I: 任意點に單一荷重を有する場合(図-2)。

例をとつて図表の簡単な使用法を示す。

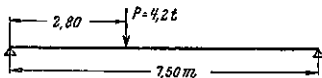
今連続桁に於て1つの径間(径間長 7.50m)をとり、左の支點から 2.80m の所に $P=4.20t$ なる單一荷重が働くとする(図-3)。

而る時は $a/l=0.374$

$$L=0.382 \times 4.20 \times 7.50=12.01$$

$$R=0.320 \times 4.20 \times 7.50=10.08$$

図-3.



図表からよむのであるから幾分の誤差は免れないが、之を式によつて計算から出してみると $L=12.00$, $R=10.11$ となり兩者の差異は $+0.08\%$ 及 -0.29% にすぎず、實際上には無視し得る範圍である。

図表-II: 径間的一部分に等布荷重を有する場合(図-4)。

前と同様、例によつて説明する。

連続桁の1つの径間(径間長 7.50m)をとり左の支點から 0.09m の點より 7.12m の長さに 4.00t/m の等布荷重が載荷した場合を考へる(図-5)。

$$c/l=0.95 \quad a/l=0.48$$

$$L=0.261 \times 4.0 \times 7.12 \times 7.50=55.8$$

$$R=0.260 \times 4.0 \times 7.12 \times 7.50=55.6$$

式により計算から求めたものは $L=55.9$, $R=55.8$ と

図-4. 等分布荷重を有する場合

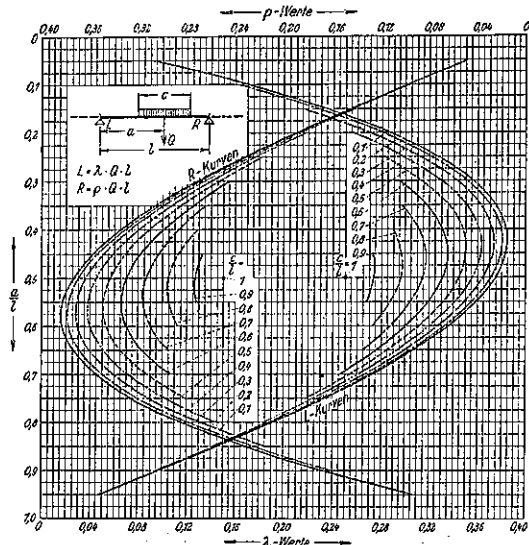


図-5.



なり、この様に $c/l=0.9$ と 1.0 の間から求めた場合でも兩者の差異は僅か -0.18% 及 -0.36% にすぎず、この図表によつて充分正確な L と R の値が與へられることが分る。

水 理

(86) Hele-Shaw の研究の批判

(Fritz Riegels in Göttingen, "Zur Kritik des Hele-Shaw-Versuchs," Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, April 1938, S.95-106. 永井 莊七郎 抄)

平滑板間の粘性液体の流動が2次元ポテンシャル流動と同様の流線図を示す事は既に Stokes (1898) に因り数学的に證明され、任意の物体の周囲のポテンシャル流動の流線図を實驗的に得る事には Hele-Shaw が成功した。本研究の目的は、粘性及慣性をも考慮した場合の平滑板間の流線を研究する事であつて、茲では円柱の周囲の斯かる流線を取扱つた。新しい試みとしては、板の間隔を種々に變ずる事に因り、流速を變じ、従つて摩擦力及慣性力を種々に變じた事である。

1. 實驗: 實驗裝置は図-6 及 7 である。A は鉄の

図-6. 実験装置

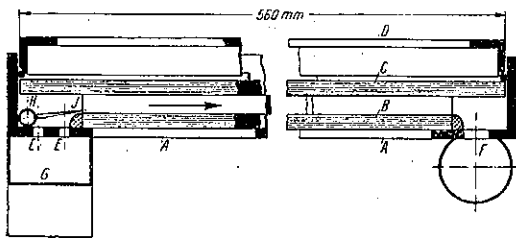
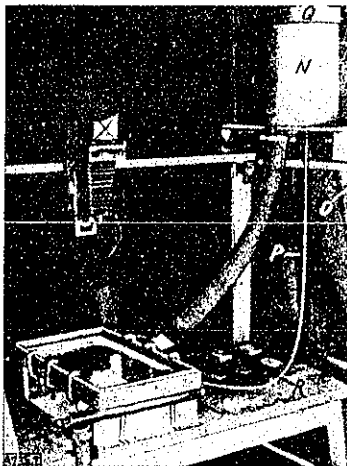


図-7. 実験装置



框で B 及 C はガラス板で、B は A に固定され、C は自由に上下出来る様になつてゐる。円柱は板の間隔と同じ高さを有し、薄い軟いゴムでガラス板に密接されてゐる。液体（此の場合は水）は水槽 N より G に流下して、E を出て矢の方向に流れて F より出る。Q にある着色液体は R 管を通り、H より注入される。

実験は板の間隔 1, 1.5 及 2 mm の場合に就て行つたが、斯かる慣性のある Hele-Shaw 流動は只單に Reynolds の常數 Re に因るばかりでなくて、板の間隔が決定的役割をなし、結局

$$Re \left(\frac{h}{R} \right)^2 = \frac{Uh^2}{\nu R} = A$$

なる常數に支配されてゐる事が明らかになつた。式中

図-8. $A=1$ の時の流線圖

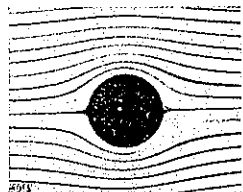
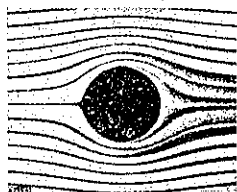


図-9. $A=3$ の時の流線圖



R : 円柱の半径, ν : 動粘性係數, h : 板間隔の半分, U : 間隔の中間に於ける最大流速である。即ち $A=1, 3, 4$ 及 6.1 の時の流線圖は 図-8, 9, 10 及 11 である。

図-10. $A=4$ の時の流線圖

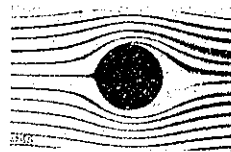


図-11. $A=6.1$ の時の流線圖



2. 理論

(1) 運動の微分方程式: 一定常状態に於ける Navier-Stokes の運動の方程式は

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \dots (1)$$

$$v \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \dots (2)$$

$$w \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \dots (3)$$

及連続条件より

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \dots (4)$$

第 1 近似解法を

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= u_0(x, y) \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right) \\ v_1 &= v_0(x, y) \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right) \\ w_1 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

と置き (1), (2) 及 (3) 式に入れ、 x 及 y に就ての速度の導函数は z に就ての導函数に對し微少であるから、近似的に零と置くと

$$L_1(x, y) \cdot \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right)^2 = -\frac{\partial p_2}{\partial x} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 u_2}{\partial z^2} \dots (6.1)$$

$$L_2(x, y) \cdot \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right)^2 = -\frac{\partial p_2}{\partial y} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 v_2}{\partial z^2} \dots (6.2)$$

$$0 = -\frac{\partial p_2}{\partial z} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 w_2}{\partial z^2} \dots (6.3)$$

(2) 境界条件及一般解: (6.1) 及 (6.2) を積分すれば

$$u_2 = Re h^2 \left[L_1(x, y) \cdot \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^4 + \frac{1}{30} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} + \frac{\partial p_2}{\partial x} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 + \psi_1(x, y) z + \varphi_1(x, y) \right] \dots\dots\dots(7.1)$$

$$v_2 = Re h^2 \left[L_2(x, y) \cdot \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^4 + \frac{1}{30} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} + \frac{\partial p_2}{\partial y} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 + \psi_2(x, y) z + \varphi_2(x, y) \right] \dots\dots\dots(7.2)$$

又 (4) 式から

$$w_2 = - \int_0^z \left(\frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} \right) dz + \psi_2(x, y) \dots\dots(7.3)$$

以上3つの式中の x, y に関する6箇の未知函数 $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2, \psi_3, p_2$ を決定する爲に境界条件

$$z = \pm h \text{ の時 } u_2 = 0 \dots\dots\dots(8.1)$$

$$z = \pm h \text{ の時 } v_2 = 0 \dots\dots\dots(8.2)$$

$$z = \pm h \text{ の時 } w_2 = 0 \dots\dots\dots(8.3)$$

を用ふれば

$$\psi_1 = \psi_2 = 0$$

及 w_2 が z に関し非対称函数である条件より

$$\psi_3 = 0$$

$\varphi_1(x, y)$ 及 $\varphi_2(x, y)$ も決定出来て、一般解は次の如くなる。

$$u_2 = Re h^2 \left[L_1(x, y) \left\{ -\frac{11}{30} + \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^4 + \frac{1}{30} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} + \frac{\partial p_2}{\partial x} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{2} \right\} \right] \dots\dots(9.1)$$

$$v_2 = Re h^2 \left[L_2(x, y) \left\{ -\frac{11}{30} + \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^4 + \frac{1}{30} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} + \frac{\partial p_2}{\partial y} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{2} \right\} \right] \dots\dots(9.2)$$

及

$$w_2 = Re h^3 \left[\left(\frac{\partial L_1}{\partial x} + \frac{\partial L_2}{\partial y} \right) \left\{ \frac{11}{30} \frac{z}{h} - \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^3 + \frac{1}{30} \left(\frac{z}{h} \right)^5 - \frac{1}{210} \left(\frac{z}{h} \right)^7 \right\} - \left(\frac{\partial^2 p_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_2}{\partial y^2} \right) \left\{ \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^3 - \frac{1}{2} \frac{z}{h} \right\} \right] \dots\dots(9.3)$$

之に境界条件 (8.3) を入れると、有名なPoisson の微分方程式が得られる。

$$\frac{\partial^2 p_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_2}{\partial y^2} = -\frac{24}{35} \left(\frac{\partial L_1}{\partial x} + \frac{\partial L_2}{\partial y} \right) \dots\dots(10)$$

此の方程式の解は次の如くして得られる。即ち

$$p_2 = p_{21} + p_{22}$$

と置けば、特殊解は

$$\Delta p_{21} = -\frac{24}{35} \left(\frac{\partial L_1}{\partial x} + \frac{\partial L_2}{\partial y} \right)$$

にして、一般解 p_{22} は Laplace の微分方程式

$$\Delta p_{22} = 0$$

を満足しなければならぬ。而して円柱の周壁より円柱内へ液体は全然流入しないのであるから

$$\int_{-h}^{+h} [w_n] dz = 0 \dots\dots\dots(11)$$

(円柱附近で)

故に結局

$$p_{22} = 0$$

である。以上により平滑板間の流動中の任意點に流速 u_2, v_2 及 w_2 は全く明かになつたわけである。

(3) 円柱附近の流速: 此の場合は円筒座標を用ふるのが有利であつて、運動の方程式は

$$v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{v_\varphi^2}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{Re} \left\{ \frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{v_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \varphi^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right\} \dots\dots(12)$$

$$v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r v_\varphi}{r} + v_z \frac{\partial v_\varphi}{\partial z} = -\frac{\partial p}{r \partial \varphi} + \frac{1}{Re} \left\{ \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial z^2} \right\} \dots\dots(13)$$

連続等式は

$$\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots(14)$$

第1近似解は

$$\left. \begin{aligned} v_{r1} &= \cos \varphi \left(1 - \frac{1}{r^2} \right) \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right) \\ v_{z1} &= 0 \\ v_{\varphi 1} &= -\sin \varphi \left(1 + \frac{1}{r^2} \right) \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right) \\ p_1 &= -\frac{1}{Re h^2} \cdot 2 \cos \varphi \left(r + \frac{1}{r} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(15)$$

茲に $h = h'/R$, $h' =$ 板間隔の $1/2$

(6) 式に相當する式は

$$\left. \begin{aligned} L_1(r, \varphi) \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right)^2 &= -\frac{\partial p_2}{\partial r} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 v_{r2}}{\partial z^2} \\ L_2(r, \varphi) \left(1 - \frac{z^2}{h^2} \right)^2 &= -\frac{\partial p_2}{r \partial \varphi} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 v_{\varphi 2}}{\partial z^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots(16)$$

茲に

$$L_1(r, \varphi) = \frac{2 \cos 2\varphi}{r^3} - \frac{2}{r^5}$$

$$L_2(r, \varphi) = \frac{2 \sin 2\varphi}{r^3}$$

(9)式に相當する式は

$$v_{r2} = Re h^2 \left[\left(\frac{\cos 2\varphi}{r^3} - \frac{1}{r^5} \right) \left\{ -\frac{11}{15} + \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{z}{h} \right)^4 \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{15} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} + \frac{\partial p_2}{\partial r} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{2} \right\} \right] \quad (17.1)$$

$$v_{\varphi 2} = Re h^2 \left[\frac{\sin 2\varphi}{r^5} \left\{ -\frac{11}{15} + \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{z}{h} \right)^4 \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{15} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} + \frac{\partial p_2}{r \partial \varphi} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{z}{h} \right)^2 - \frac{1}{2} \right\} \right] \quad (17.2)$$

及

$$v_{z2} = Re h^3 \left[\frac{4}{r^6} \left\{ \frac{11}{15} \frac{z}{h} - \frac{1}{3} \left(\frac{z}{h} \right)^3 + \frac{1}{15} \left(\frac{z}{h} \right)^5 \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{105} \left(\frac{z}{h} \right)^7 \right\} + \left(\frac{\partial^2 p_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p_2}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 p_2}{\partial \varphi^2} \right) \right. \\ \left. \times \left\{ \frac{1}{2} \frac{z}{h} - \frac{1}{6} \left(\frac{z}{h} \right)^3 \right\} \right] \quad (17.3)$$

未知函数 p_2 を求める Poisson の微分方程式は、 $z=h$ に於て ($v_{z2}=0$) なる境界条件より

$$\frac{\partial^2 p_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p_2}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 p_2}{\partial \varphi^2} = -\frac{192}{35} \frac{1}{r^4} \quad (18)$$

$$p_2 = p_{21} + p_{22}$$

と置けば、特殊解 p_{21} は

$$p_{21} = -\frac{12}{35} \cdot \frac{1}{r^4} + \text{const.}$$

$r \rightarrow \infty$ にて $p_{21}=0$ であるから $\text{const}=0$ 、即ち

$$p_{21} = -\frac{12}{35} \cdot \frac{1}{r^4} \quad (19)$$

Laplace 微分方程式の一般解 p_{22} は

$$\Delta p_{22} = 0 \\ p_{22} = \sum_{-\infty}^{+\infty} (A_n r^n \cos n\varphi + B_n r^n \sin n\varphi) \quad (20)$$

故に

$$p_2 = -\frac{12}{35} \cdot \frac{1}{r^4} + \sum_{-\infty}^{+\infty} (A_n r^n \cos n\varphi + B_n r^n \sin n\varphi)$$

又 (11) 式に相當する式は

$$\int_{-h}^{+h} [v_{r2}]_{z=1} dz = 0 \quad (21)$$

此の p_2 を (17.1) に入れて得た v_{r2} の値を (21) 式に入れると、凡ての A_n 及 B_n の値は A_2 迄零となるから

$$p_2 = \frac{24 \cos 2\varphi}{35} \frac{1}{r^2} - \frac{12}{35} \frac{1}{r^4} \quad (22)$$

故に (17.1), (17.2) 及 (17.3) 式より

$$v_{r2} = Re h^2 \left[\left(\frac{\cos 2\varphi}{r^3} - \frac{1}{r^5} \right) \left\{ -\frac{1}{21} + \frac{11}{35} \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{3} \left(\frac{z}{h} \right)^4 + \frac{1}{15} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} \right]$$

$$\left. \begin{aligned} v_{\varphi 2} &= Re h^2 \frac{\sin 2\varphi}{r^5} \left\{ -\frac{1}{21} + \frac{11}{35} \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \left(\frac{z}{h} \right)^4 + \frac{1}{15} \left(\frac{z}{h} \right)^6 \right\} \\ v_{z2} &= Re h^3 \frac{1}{r^6} \left\{ \frac{4}{21} \frac{z}{h} - \frac{44}{105} \left(\frac{z}{h} \right)^3 \right. \\ &\quad \left. + \frac{4}{15} \left(\frac{z}{h} \right)^5 - \frac{4}{105} \left(\frac{z}{h} \right)^7 \right\} \end{aligned} \right\} (23)$$

理論に因り円柱附近の流線図を描けば 図-12, 13 の如くである。

図-12. 理論に因る流線図

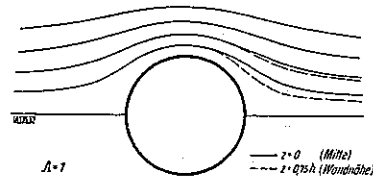
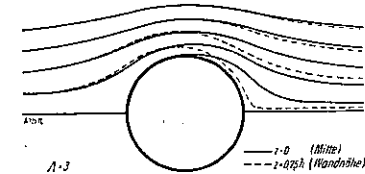


図-13. 理論に因る流線図

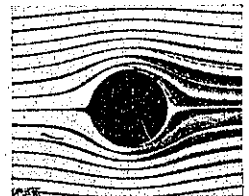


3. 結論: ガラス板の間隔 図-14. 流線図の理論と實際

の中央平面上の流線図は ($z=0$ なる平面上), 質験と理論とが良く一致してゐる事が判つた。即ち 図-14 の質線の如くである。又板間の種々なる高さの平面上の流線図は各平面上に於て異つた形をなす事も理論的に質験的に確認する事が出来た。図-14 中の点線は $z=0.75h$ なる高さの平面上の理論的流線図である。

中央平面上の流動は殆ど 2 次元ポテンシャル流動に等しく、従つて摩擦及慣性なき Navier-Stokes の微分方程式を適用し得て、其の解法は容易であるが、それ以外の平面上の流動は摩擦及慣性を伴ふを以て、微分方程式の解は Iteration の方法を以て近似的に求めねばならないのである。

〔譯者註〕 流動せる完全液体内に円柱が静止せる場合及円柱が廻轉せる場合の流線分布図は $Z=z+1/2$ 及 $Z=z+1/2+im \log z$ なる寫像函数に因り理論的に計算されてゐるが、摩擦及慣性を考慮した此の種流動を理論



的並に質験的に研究した事は等角寫像の一段の飛躍である。

(87) 2次元のポテンシャル理論の問題

(M. Mor is ; "The Internal Problems of two-dimensional Potential Theory." Mathematixhe Annalen, 116. Bd. 3. Heft (Abgeschlossen am 4. Feb. 1939) S. 374-384. 永井 莊七郎 抄)

A. 2 箇の円筒間の流体運動 (1). ポテンシャル函数: 2 箇の円筒間の面は次の一般変換式で定義される。

z = e^{-iξ} (∑_{n=0}^{∞} a_n e^{nξ}), ξ = ξ + iη ... (1)

内側円筒の横断面の円周上では η = α_1, 外側円筒の横断面円周上では η = α_2 である。内側円筒の速度は w_1 = u_1 + iv_1, 角速度は ω_1, 外側円筒の速度は w_2 = u_2 + iv_2, 角速度は ω_2 である。

【筆者註】

z 平面内に於ける閉多角形の内部領域は, t 平面内に於ける単位円の内部領域内に次の如き Schwarz の変換式により等角変換が出来る。

dz/dt = A ∏_{r=1}^n (t - t_r)^{-μ_r}, |t_r| = 1, ∑_{r=1}^n μ_r = 2 ... (2)

又 z 平面内の閉多角形の外部領域は, t 平面内に於ける η > 0, 0 < ξ < 2π の矩形領域に次の変換式により等角変換出来る。

dz/dt = A/t^2 ∏_{r=1}^n (t - t_r)^{μ_r}, |t_r| = 1, ∑_{r=1}^n μ_r = 2 ... (3)

t = e^{iξ} なる変換を行へば (2) 式より

z = ∑_{n=0}^{∞} a_n · e^{nξ} ... (4)

が得られる。之は (22) 式である。又 (3) 式からは

z = e^{-iξ} (∑_{n=0}^{∞} a_n · e^{nξ})

が得られる。之は即ち (1) 式である。

茲では各平面上の条件を取扱ふ時は ξ は實數である事が必要である。従つて η = α_1 を取扱ふ時は ξ = ξ_1 + iα_1 = ξ_1 + i(η_1 + α_1) にして, η = α_1 の處では η_1 = 0 である。又第2円筒(外側円筒)の面を考ふる時は, ξ = ξ_2 + iα_2 = ξ_2 + i(η_2 + α_2) にして, η = α_2 にて η_2 = 0 でなければならぬ。

(1) 式を書變へると

z = ∑_{n=0}^{∞} a_n · e^{(n-1)iξ} = ∑_{n=0}^{∞} a_n' e^{(n-1)ξ_1} = ∑_{n=0}^{∞} a_n'' e^{(n-1)ξ_2} ... (5)

茲に

a_n' = a_n · e^{-(n-1)α_1}, a_n'' = a_n' · e^{-(n-1)α_2}, α = α_2 - α_1

2円筒間の流体運動の複素ポテンシャル函数 Ω = φ + iψ 中の流動函数 ψ は勿論次の条件を満足する (η = α_1 上で)。

ψ = uy - vx - 1/2 ω(x^2 + y^2) ... (6)

又此の条件は次式の虚數部分によつても満足される。

Ω = w_1 z(ξ_1) - 1/2 i ω z(ξ_1) z̄(ξ_1) + F_1(ξ_1) = w_1 e^{-iξ_1} (∑_{n=0}^{∞} a_n' e^{nξ_1}) - 1/2 i ω_1 ∑_{n=1}^{∞} (b_n' e^{iξ_1} + b̄_n' · e^{-iξ_1}) + F_1(ξ_1) ... (7)

式中

b_n' = ∑_{r=0}^{∞} a'_{n+r} · a_r'

F_1(ξ_1) は ξ_1 が實數の時 は實數なる函数にして, 次の如く假定出来る。

F_1(ξ_1) = ∑_{n=0}^{∞} (A_n · e^{nξ_1} + Ā_n · e^{-nξ_1}) ... (8)

式中の A_n, Ā_n は複素常數である。

第2円筒面上では ξ_1 = ξ_2 + iα と置けば (7) 式より

Ω = w_2 e^{-iξ_2} (∑_{n=0}^{∞} a_n'' e^{nξ_2}) - 1/2 i ω_2 ∑_{n=1}^{∞} (b_n'' e^{nξ_2} + b̄_n'' e^{-nξ_2}) + F_2(ξ_2) b_n'' = ∑_{r=0}^{∞} a'_{n+r} · a_r'' ... (9)

F_2(ξ_2) は ξ_2 實數の時實數である。

而して (8) 式中の A の値は次式の如くである。

n = 1 に対しては 2A_1 sinh α = (w_1 - w_2) a_2'' - (w_1 - w_2) a_0'' - iω_1 b_1' cosh α + iω_2 b_1'' n > 1 に対しては 2A_n sinh nα = (w_1 - w_2) a'_{n+1} - iω_1 b_1' cosh nα + iω_2 b_n'' ... (10)

以上 (7), (8), (9) 及 (10) 式より複素ポテンシャル函数は

Ω = ∑_{n=-∞}^{+∞} Ω_n e^{nξ_1} ... (11)

茲に Ω_1 = w_1 a_2' - 1/2 i ω_1 b_1' + A_1 = {a_2' (w_1 e^α - w_2 e^{-α}) - (w_1 - w_2) a_0'' - iω_1 b_1' e^α + iω_2 b_1''} / 2 sinh α

$$\begin{aligned} \Omega_{-1} &= \bar{w}_1 a_0' - \frac{1}{2} i \omega_1 \bar{b}_1' + \bar{A}_1 \\ &= \{(w_1 - w_2) \bar{a}_2'' - a_0' (\bar{w}_1 e^{-\alpha} - \bar{w}_2 e^{\alpha}) \\ &\quad + i \omega_1 \bar{b}_1' e^{-\alpha} - i \omega_2 \bar{b}_1''\} / 2 \sinh \alpha \end{aligned}$$

n > 1 に対しては

$$\begin{aligned} \Omega_n &= \bar{w}_1 a'_{n+1} - \frac{1}{2} i \omega_1 \bar{b}_n' + \bar{A}_n \\ &= \{(\bar{w}_1 e^{n\alpha} - \bar{w}_2 e^{-n\alpha}) a'_{n+1} \\ &\quad - i \omega_1 \bar{b}_n' e^{n\alpha} + i \omega_2 \bar{b}_n''\} / 2 \sinh n\alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Omega_{-n} &= -\frac{1}{2} i \omega_1 \bar{b}_n' + \bar{A}_n \\ &= \{(w_1 - w_2) \bar{a}'_{n+1} e^{-n\alpha} \\ &\quad + i \omega_1 \bar{b}_n' e^{-n\alpha} - i \omega_2 \bar{b}_n''\} / 2 \sinh n\alpha \end{aligned}$$

(2) 運動のエネルギー: ポテンシャル流動の運動のエネルギー T は次式の虚部分により與へられる。

$$\frac{1}{4} \rho \left[\int_{c_1} \Omega d\bar{\Omega} - \int_{c_2} \Omega d\bar{\Omega} \right] \dots \dots \dots (12)$$

第 1 項は第 1 円筒 (四側円筒) の円周に沿ひ、第 2 項は第 2 円筒の円周に沿つて積分する。第 1 円筒上で

$$\begin{aligned} d\bar{\Omega} &= -i \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \bar{\Omega}_n e^{-n i \xi_1} \right\} d\xi_1 \\ \therefore \frac{1}{4} \rho \int_{c_1} \Omega d\bar{\Omega} &= -\frac{1}{4} \rho i \int_0^{2\pi} \left(\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \Omega_n e^{n i \xi_1} \right) \\ &\quad \times \left(\sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \bar{\Omega}_n e^{-n i \xi_1} \right) d\xi_1 \\ &= \frac{1}{2} \pi \rho \sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \Omega_n \bar{\Omega}_n \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

第 2 円筒上では

$$\begin{aligned} \Omega &= \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \Omega_n e^{-n\alpha} \cdot e^{n i \xi_2} \\ d\bar{\Omega} &= -i \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \bar{\Omega}_n e^{-n\alpha} \cdot e^{-n i \xi_2} \right\} d\xi_2 \\ \therefore \frac{1}{4} \rho \int_{c_2} \Omega d\bar{\Omega} &= -\frac{1}{2} \pi \rho \sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \Omega_n \bar{\Omega}_n e^{-2n\alpha} \\ &\dots \dots \dots (14) \end{aligned}$$

故に (12) 式より

$$2T/\pi\rho = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \Omega_n \bar{\Omega}_n (1 - e^{-2n\alpha})$$

或は

$$\begin{aligned} T/\pi\rho &= \sum_{n=-\infty}^{+\infty} n \Omega_n \bar{\Omega}_{-n} \cdot e^{-n\alpha} \sinh n\alpha \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} n \sinh n\alpha \{ \Omega_n \bar{\Omega}_n e^{-n\alpha} \\ &\quad + \Omega_{-n} \bar{\Omega}_{-n} e^{n\alpha} \} \dots \dots \dots (15) \end{aligned}$$

此の第 1 項は

$$\sinh \alpha \{ \Omega_1 \bar{\Omega}_1 e^{-\alpha} + \Omega_{-1} \bar{\Omega}_{-1} e^{\alpha} \}$$

$$\begin{aligned} &= \sinh \alpha \left[w_1 \bar{w}_1 (a_0' \bar{a}_0' e^{\alpha} + a_0' \bar{a}_2' e^{-\alpha}) \right. \\ &\quad + \frac{1}{2} \omega_1^2 \bar{b}_1' \bar{b}_1' \cosh \alpha + 2 \bar{A}_1 \bar{A}_1 \cosh \alpha \\ &\quad + \frac{1}{2} \bar{w}_1 \omega_1 (a_2' \bar{b}_1' e^{-\alpha} + a_0' \bar{b}_1' e^{\alpha}) \\ &\quad - \frac{1}{2} \bar{w}_1 \omega_1 (\bar{a}_2' \bar{b}_1' e^{-\alpha} + \bar{a}_0' \bar{b}_1' e^{\alpha}) \\ &\quad \left. + i \omega_1 (\bar{A}_1 \bar{b}_1' \sinh \alpha - \bar{A}_1 \bar{b}_1' \sinh \alpha) \right] \\ &\dots \dots \dots (16) \end{aligned}$$

上式中

$$\begin{aligned} &2 \bar{A}_1 \bar{A}_1 \sinh \alpha \cosh \alpha \\ &= \frac{1}{2} \coth \alpha \{ -(w_1 - w_2)^2 \bar{a}_2'' \bar{a}_0'' \\ &\quad - (\bar{w}_1 - \bar{w}_2)^2 a_2'' a_0'' + \omega_1^2 \bar{b}_1' \bar{b}_1' \cosh^2 \alpha \\ &\quad + \omega_2^2 \bar{b}_1'' \bar{b}_1'' + (w_1 - w_2) (\bar{w}_1 - \bar{w}_2) \\ &\quad \times (a_2'' \bar{a}_2'' + a_0'' \bar{a}_0'') - \omega_1 \omega_2 \cosh \alpha \\ &\quad \times (\bar{b}_1' \bar{b}_1'' + \bar{b}_1' \bar{b}_1'') \\ &\quad + i \omega_1 (\bar{w}_1 - \bar{w}_2) \cosh \alpha (a_2'' \bar{b}_1' + a_0'' \bar{b}_1') \\ &\quad - i \omega_1 (w_1 - w_2) \cosh \alpha (\bar{b}_1' \bar{a}_2'' + \bar{a}_0'' \bar{b}_1') \\ &\quad - i \omega_2 (\bar{w}_1 - \bar{w}_2) (\bar{b}_1'' \bar{a}_2'' + \bar{b}_1'' \bar{a}_0'') \\ &\quad + i \omega_2 (w_1 - w_2) (\bar{b}_1' \bar{a}_2'' + \bar{b}_1' \bar{a}_0'') \} \dots (17) \end{aligned}$$

n > 2 に対しては

$$\begin{aligned} &\sum_{n=2}^{\infty} n \sinh n\alpha \{ \Omega_n \bar{\Omega}_n e^{-n\alpha} + \Omega_{-n} \bar{\Omega}_{-n} e^{n\alpha} \} \\ &= \sum_{n=2}^{\infty} n \sinh n\alpha \{ w_1 \bar{w}_1 a'_{n+1} \cdot \bar{a}'_{n+1} \cdot e^{-n\alpha} \\ &\quad + \frac{1}{2} i \omega_1 \bar{w}_1 a'_{n+1} \bar{b}_n' e^{-n\alpha} - \frac{1}{2} i \omega_1 \omega_1 \bar{a}'_{n+1} \bar{b}_n' e^{-n\alpha} \\ &\quad + \bar{A}_n \bar{w}_1 \bar{a}'_{n+1} \cdot e^{-n\alpha} + \bar{A}_n \bar{w}_1 a'_{n+1} \cdot e^{-n\alpha} \\ &\quad + \frac{1}{2} \omega_1^2 \bar{b}_n' \bar{b}_n' \cosh n\alpha + 2 \bar{A}_n \bar{A}_n \cosh n\alpha \\ &\quad - i \omega_1 \bar{A}_n \bar{b}_n' \sinh n\alpha + i \omega_1 \bar{A}_n \bar{b}_n' \sinh n\alpha \} \dots (18) \end{aligned}$$

茲で

$$\begin{aligned} &2 \bar{A}_n \bar{A}_n n \sinh n\alpha \cosh n\alpha \\ &= \frac{1}{2} n \coth n\alpha \{ (\bar{w}_1 - \bar{w}_2) (w_1 - w_2) \\ &\quad \times a''_{n+1} \cdot \bar{a}''_{n+1} + \omega_1^2 \bar{b}_n' \bar{b}_n' \cosh^2 n\alpha \\ &\quad + \omega_2^2 \bar{b}_n'' \bar{b}_n'' + i \omega_1 (\bar{w}_1 - \bar{w}_2) \cosh n\alpha \bar{b}_n' a''_{n+1} \\ &\quad - i \omega_1 (w_1 - w_2) \cosh n\alpha \bar{b}_n' \bar{a}''_{n+1} \\ &\quad + i \omega_2 \{ (w_1 - w_2) \bar{b}_n'' a''_{n+1} \\ &\quad - (\bar{w}_1 - \bar{w}_2) \bar{b}_n'' a''_{n+1} \} \\ &\quad - i \omega_1 \omega_2 \cosh n\alpha (\bar{b}_n' \bar{b}_n'' + \bar{b}_n' \bar{b}_n'') \} \dots (19) \end{aligned}$$

(16)~(19) 式を (15) 式に入れると

$$\begin{aligned}
2T/\pi\rho = & -\coth\alpha\{a_0'a_2'(\bar{w}_2-\bar{w}_1)^2 \\
& +\bar{a}_0'\bar{a}_2'(w_2-w_1)^2\}+Aw_1\bar{w}_1+Bw_2\bar{w}_2 \\
& +C(w_1\bar{w}_2+\bar{w}_1w_2)+D\omega_1^2+E\omega_2^2 \\
& +F\omega_1\omega_2+(Gw_1+\bar{G}\bar{w}_1)\omega_1 \\
& +(Hw_2+\bar{H}\bar{w}_2)\omega_1+(Jw_1+\bar{J}\bar{w}_1)\omega_2 \\
& +(Kv_2+\bar{K}\bar{v}_2)\omega_2 \dots\dots\dots(20)
\end{aligned}$$

茲に

$$\begin{aligned}
A = & a_0'\bar{a}_0'\coth\alpha + \sum_{n=1}^{\infty} na'_{n+1} \cdot \bar{a}'_{n+1} \coth n\alpha \\
B = & a_0'\bar{a}_0'e^{2\alpha}\coth\alpha + \sum_{n=1}^{\infty} na'_{n+1} \cdot \bar{a}'_{n+1} \cdot e^{-2n\alpha}\coth\alpha \\
C = & \frac{a_0'\bar{a}_0'e^{\alpha}}{\sinh\alpha} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{na'_{n+1} \cdot \bar{a}'_{n+1} \cdot e^{-n\alpha}}{\sinh n\alpha}; \\
D = & \sum_{n=1}^{\infty} nb_n'\bar{b}_n' \coth n\alpha \\
E = & \sum_{n=1}^{\infty} nb_n''\bar{b}_n'' \coth n\alpha \\
F = & -\sum_{n=1}^{\infty} n(b_n'\bar{b}_n'' + \bar{b}_n'b_n'')/\sinh n\alpha \\
G = & -i\bar{a}_0'\bar{b}_1' \coth\alpha - i\sum_{n=1}^{\infty} n\bar{a}'_{n+1} \cdot \bar{b}_n \coth n\alpha \\
H = & \frac{i\bar{a}_0'\bar{b}_1'e^{\alpha}}{\sinh\alpha} + i\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n\bar{a}'_{n+1}\bar{b}_n'e^{-n\alpha}}{\sinh n\alpha} \\
J = & \frac{i\bar{a}_0'\bar{b}_1''}{\sinh\alpha} + i\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n\bar{a}'_{n+1} \cdot \bar{b}_n''}{\sinh n\alpha} \\
K = & -i\bar{a}_0'\bar{b}_1''e^{\alpha} \coth\alpha - i\sum_{n=1}^{\infty} n\bar{a}'_{n+1} \cdot \bar{b}_n''e^{-n\alpha} \coth\alpha
\end{aligned}$$

今 $\alpha_2 = \infty, w_2 = \omega_2 = 0$ と置けば

$$\begin{aligned}
2T/\pi\rho = & -\bar{a}_0\bar{a}_2w_1^2 - a_0a_2\bar{w}_1^2 + Aw_1\bar{w}_1 \\
& + D\omega_1^2 + (Gw_1 + \bar{G}\bar{w}_1)\omega_1 \dots\dots\dots(21)
\end{aligned}$$

茲に

$$\begin{aligned}
A = & a_0\bar{a}_0 + \sum_{n=1}^{\infty} na_n\bar{a}_n \\
D = & \sum_{n=1}^{\infty} nb_n\bar{b}_n \\
G = & -i\bar{a}_0\bar{b}_1 - i\sum_{n=1}^{\infty} nb_n\bar{a}_{n+1}.
\end{aligned}$$

(21) 式は 1 箇の円筒の外側に流体が無限に廣がつる時の流体の運動のエネルギーである。

B. 1 箇の円筒面に因り閉塞された領域内に於ける流体運動 (3) ポテンシャル函数: 前記の如く円筒面内部の問題は次の変換式を用ふる事によつてのみ解き得る。

$$z = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot e^{n\zeta} \dots\dots\dots(22)$$

此の式により橋面内部は $\eta > 0, 0 < \xi < 2\pi$ の矩形上に寫像され、 $z = a_0$ なる點が矩形領域内の無限點($\eta = \infty$)に對應する。

今円筒が u, v なる分速度及角速度 ω で運動してゐるとする。

先づ境界條件を満足する爲にはポテンシャル函数 Ω は次の如き形を採る必要がある。即ち

$$\Omega = \bar{w}z(\zeta) - \frac{1}{2}i\omega z(\zeta)\bar{z}(\zeta) + F(\zeta) \dots\dots\dots(23)$$

茲で $F(\zeta)$ は ζ の實函数である。之を書變へると

$$\begin{aligned}
\Omega = & \bar{w} \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot e^{n\zeta} \\
& - \frac{1}{2}i\omega \sum_{n=1}^{\infty} \{b_n \cdot e^{n\zeta} + \bar{b}_n \cdot e^{-n\zeta}\} + F(\zeta) \\
& \dots\dots\dots(24)
\end{aligned}$$

式中

$$b_n = \sum_{r=0}^{\infty} a_{n+r} \cdot \bar{a}_r, \quad \bar{b}_n = \sum_{r=0}^{\infty} \bar{a}_{n+r} \cdot a_r$$

此の変換に於て $z = a_0$ なる點が唯一の特異點にして、此の問題を解く爲には特異點に於ては運動は一定であるとしなければならぬ。即ち

$$z = a_0 \text{ において } d\Omega/d\zeta = 0$$

尚 (24) 式が $\eta = \infty$ にて收斂して一定値を有る爲には

$$F(\zeta) = 0$$

$$\Omega = \bar{w} \sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{n\zeta} - i\omega \sum_{n=0}^{\infty} \bar{b}_n \cdot e^{n\zeta}$$

或は之を書直して

$$\Omega = \sum_{n=0}^{\infty} \Omega_n \cdot e^{n\zeta}, \quad \Omega_n = \bar{w}a_n - i\omega b_n, \quad n=0, 1, \dots\dots\dots(25)$$

之即ち求むるポテンシャル函数である。

(4) 運動のエネルギー:

運動のエネルギー T は

$$T = -\frac{1}{4}i\rho \int_c \Omega d\bar{\Omega}$$

此の積分は円筒断面の円周 c について行ふ。然る時は

$$\frac{2T}{\pi\rho} = \sum_{n=1}^{\infty} n\Omega_n\bar{\Omega}_n$$

$\Omega_n, \bar{\Omega}_n$ の値を入れると

$$\frac{2T}{\pi\rho} = Aw\bar{w} + B\omega^2 + iC\omega\bar{w} - i\bar{C}\omega w \dots\dots\dots(26)$$

$$\text{式中 } A = \sum_{n=1}^{\infty} na_n\bar{a}_n, \quad B = \sum_{n=1}^{\infty} nb_n\bar{b}_n$$

$$C = \sum_{n=1}^{\infty} na_n\bar{b}_n, \quad \bar{C} = \sum_{n=1}^{\infty} n\bar{a}_n b_n$$

コンクリート及鉄筋コンクリート

(88) 単鉄筋 T 形桁の計算図表

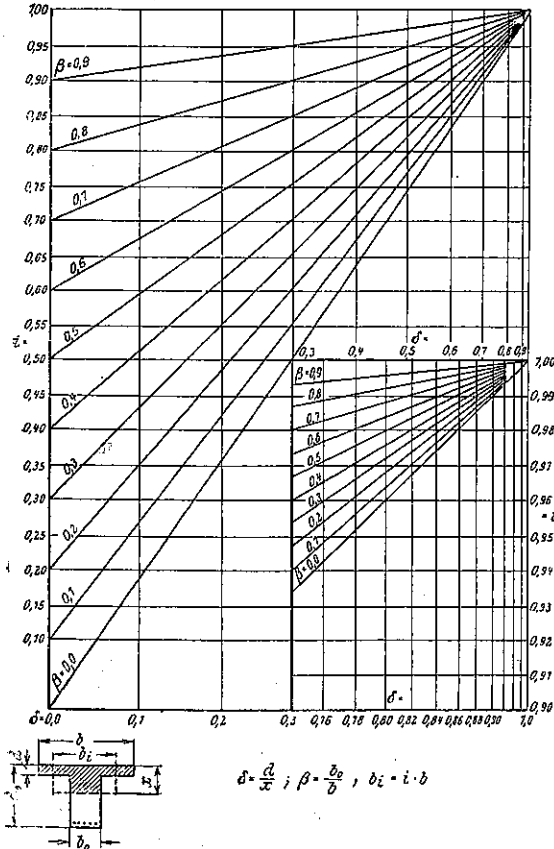
(圧縮側断面を矩形断面と仮定する場合の近似解法)

(H. Korf, "Linientafel zur Berechnung von Plattenbalken als Rechteckbalken." Beton u. Eisen, Heft 4, 20. Feb. 1939, S. 71~72. — 木保夫抄)

鉄筋コンクリート T 形桁の計算に當つて、多くの人は Beton-Kalender に與へられてゐる Hilfstafel A を用ひてゐる (譯者註: Beton-Kalender, 1938. I. Teil. S. 292. Tafel III 参照, 圧縮側の T 形断面を近似的に高 x , 幅 $b_i = i \cdot b$ なる矩形断面と假定し, この i の値を與へる表)。然しこの表は兩方向に interpolation が必要であつて不便である。この不便を除くために次に述べる様な図表を作つたのである。

Beton-Kalender に與へられてゐる i の式は次の如くである。

図-15. T 形桁の計算図表



$$i = 1 - \left(1 - \frac{d}{x}\right)^2 \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)$$

$$\delta = \frac{d}{x}, \quad (1 - \delta)^2 = \alpha, \quad \beta = \frac{b_0}{b} \text{ とすれば}$$

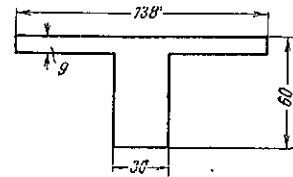
$$i = 1 - \alpha(1 - \beta) \text{ となる。}$$

即ち横軸に $\delta = d/x$ を 2 乗の縮尺でとると, 種々の $\beta = b_0/b$ に対して β 線は直線となり, 図-15 に示す如くなる。

δ の値は主として 0.75 と 1.0 の間にある故, この部分は縮尺を大きくとつて図表の右下に示した。

今数値計算によつてこの図表の簡単な使用法を示す (図-16)。

図-16.



$$M = 25.0 \text{ mt}$$

$$d_0 = 60 \text{ cm}$$

$$h = 55 \text{ cm}$$

$$d = 9 \text{ cm} \quad b = 1.38 \text{ m} \quad b_0 = 30 \text{ cm} \text{ とする。}$$

矩形断面と假定すると

$$r = \frac{55}{\sqrt{\frac{25000}{1.38}}} = 0.408 \text{ となる。}$$

$r = 0.314 \times 55 = 17.2 \text{ cm}$ 之に對し $x = 19 \text{ cm}$ とする。

$$\delta = \frac{d}{x} = \frac{9}{19} = 0.474, \quad \beta = \frac{b_0}{b} = \frac{30}{138} = 0.217$$

図表より $i = 0.780, \quad b_i = 0.78 \times 1.38 = 1.08 \text{ m}$

故に
$$r_i = \frac{55}{\sqrt{\frac{25000}{1.08}}} = 0.361$$

$$\sigma_u / \sigma_c = 49.8 / 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.620 \times 1.08 \times 55 = 36.8 \text{ cm}^2$$

応力を檢算してみると次の如くなる (譯者註: 福田武雄著「鉄筋コンクリート理論」p. 279 腹部の圧縮応力を考慮する場合の単鉄筋 T 形断面の応力計算式参照)。

$$\frac{(138 - 30)9 + 15 \times 36.8}{30} = 50.8 \text{ cm}, \quad h = 54 \text{ cm}$$

$$x = -50.8 + \sqrt{50.8^2 + \frac{(138 - 30)9^2 + 2 \times 15 \times 36.8 \times 54}{30}}$$

$$= 19.0 \text{ cm}$$

$$y'' = \frac{2}{3} \cdot \frac{138 \times 19.0^3 - 108(19.0 - 9)^3}{138 \times 19.0^2 - 108(19.0 - 9)^2} = 14.3 \text{ cm}$$

$$z = 54 - 19.0 + 14.3 = 49.3 \text{ cm},$$

$$\sigma_c = \frac{25000}{36.8 \times 49.3} = 1380 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1380 \times \frac{190}{15(54-19.0)} = 50.0 \text{ kg/cm}^2$$

以上の計算でも分る如く、この近似計算に於ては次の2つの事に注意すべきである。

1. 與へられた或は假定した断面に於ては、有効高さを必要なものよりも約 1 cm 位大きくとること。
2. 中立軸までの距離 x は計算によるものよりも約 1~2 cm 大にとること。

施 工

(89) 橋 脚 の 潜 函

“Convertible Caissons for Bridge Piers.”
E. N. R. Feb 16, 1939. p. 51~53.
坂田 中 抄

Lion's Gate Bridge の名で知られて居る Vancouver の Burrard Inlet を横切る吊橋が最近完成された。中央径間 1550 呎、両側径間 614 呎である。車道幅員 29 呎 4 吋、両側に 4 呎幅員の歩道を有する。橋面下最少空間 200 呎、塔の高さは橋脚からサドルの下まで 360 呎 6 吋である。床は長さ 3396 呎、太さ 13 吋のケーブルにより塔の間に吊られて居る。2つの橋脚は兩岸の条件が非常に異なるので全く別の方法で作られた。南側橋脚は 35 呎の以内の深さで岩盤に設置されるのであるが然し周囲は急流で工事は北側より遙かに至難であつた。此のため此處では必要に応じ開潜函から圧搾空気潜函に自由に転じ得る様に作られた。

南側橋脚の潜函 2つの別々の橋脚が凹形潜函上に作られた。基礎は砂岩である。高水位の深さ 40 呎で、水速は 7 ノットまで変動する。最初の基礎の鑿岩と爆破は船上で行はれ、約 El. 60 まで行はれた(高水位 El. 97.75)。砕いた岩はダイバー液漕船により取除かれた。一方潜函築造は上の工事と平行して岸の上で行はれた。之が築造並に詳細は 図-18 の如し。潜函双口は直径 48 呎、高さ 6½ 呎で鋼製なり。此の上に互ひに直角をなす 2組の鋼製トラスが作られ、更に又直径 10 呎のシャフトが設置された。トラスの下弦には I ビームで鉄格子が作られ、之をコンクリート中に埋めこむときは圧搾空気潜函の作業室天井となし得るし、且つ又上述のシャフトには必要に応じ氣閘が取付け得る如くなつて居る。

潜函は岸の上で作られ、天井と双口には少しばかりのコンクリートが打たれた。且つ高さ 24 呎、厚さ 4 吋の

板張の外壁が作られた。此の潜函は浮かして所定位置に持つて行き、天井、双口に更に多くのコンクリートが打たれる。又外壁には 12 吋のコンクリートが注がれる。此のコンクリート外壁の上に金属鋸貼り木材による締切りが作られる。

圧縮空気は不必要であつた 最初の計畫はトレミーコンクリートを周囲に置いて潜函を岩に封じ之により圧搾空気の使用をなさぬ筈であつた。此のために海側に向ひ潜函周囲に擁壁を作り此の内側にトレミーコンクリートを 5 呎の深さに置いた。擁壁には 6×3×3 呎の方塊と更に砂利、砂袋等を用ひる。又 2 吋注入管が 4 呎間隔に入れられた。コンクリートが凝固した時注入管が岩まで鑿孔され注入が行はれた。水を換え出して掘鑿が始まつたが双口から水が入りこんで之が部屋の中に氾濫した。之は堅硬岩とトレミーコンクリート間の砂の層のためである。直ちに圧搾空気を用ひないで水洩りのある周囲にトレミーコンクリートが置かれた。此の場合はコンクリートを注ぐ前に底は十分に綺麗になされた。此の處理は成功で水洩りは僅少であつた。次に潜函双口の丁度内側に阻止壁用の溝が凹く掘られた。此の溝の中は 2 呎厚さのコンクリートリングが作られた。其の後掘鑿は進められ、岩は取除かれ、東側潜

図-17,

築造中の南側橋脚の潜函と沈下を經れる北側橋脚の潜函

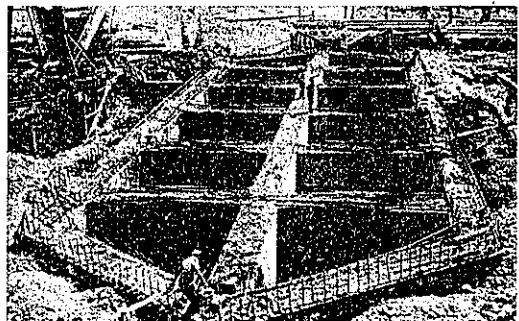
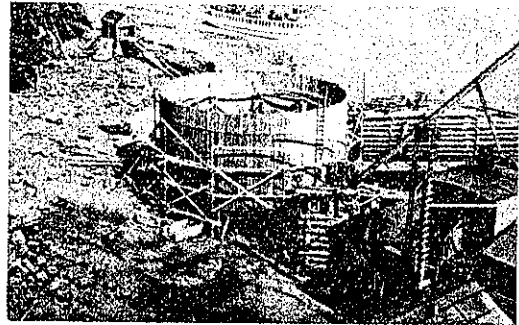
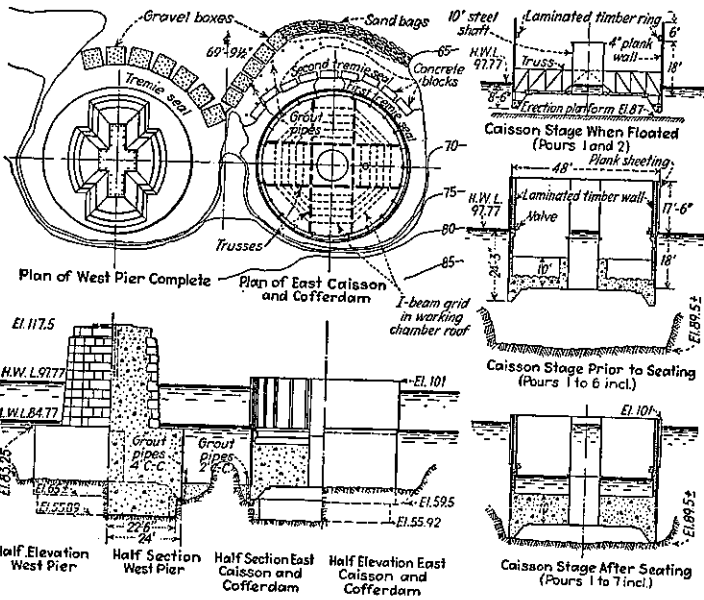


図-18. 南側橋脚の潜函



面にては El. 55.3, 西側にては El. 55.9 まで掘鑿される。此の位置にて試験孔を El. 41 まで掘つて地盤を調べしところ、之以上の掘鑿を必要とせぬことを示した。次にコンクリートを El. 49 まで打ち最後に作業室中にコンクリートを注ぎ込んだ。

北側橋脚の潜函 閉潜函である。双口が作られるが、内壁双口は外壁双口より2呎だけ高い。之が詳細は図-19の如し。溶接せる鋼鉄型枠を双口より7 $\frac{1}{2}$ 呎だけ高く周囲に作り、中に鉄筋を入れコンクリートを注入する。これは沈下中双口が張力に耐えるためである。

東側の潜函の下は砂利で地盤が軟かなため潜函は傾き、頂部に張力を生じ、此のため此の個所に多くの龜裂が入つた。低潮時に人力で内側を掘鑿して潜函を再び平らにした。

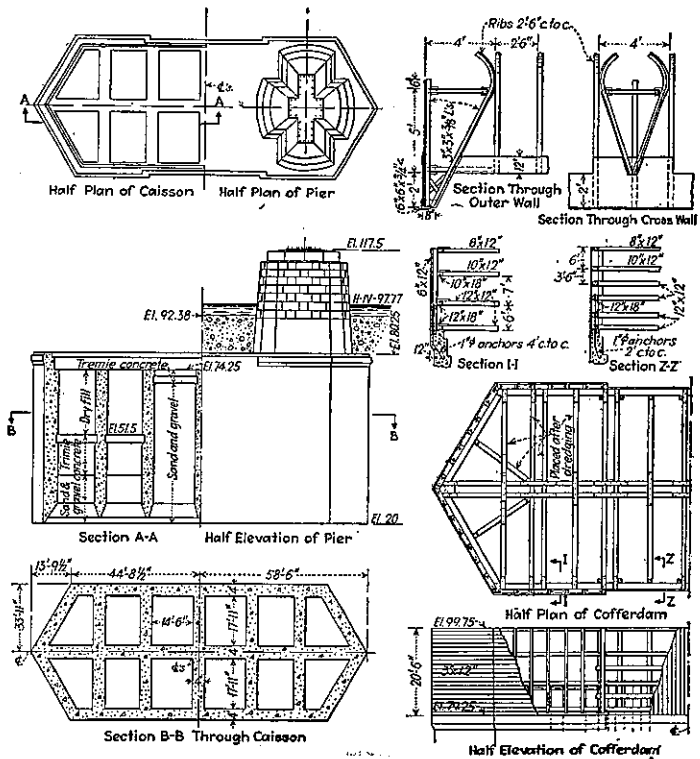
掘鑿は杭の上を動く2つのデリックにより働かされるオランダビールバケットによりなされた。

橋脚築造用の締切が潜函上に作られ沈下は再び続行された。

ダイナマイトに依る沈下促進
締切にかゝる前の潜函最後の沈下量(約

げられた。

図-19. 北側橋脚潜函の詳細図



41吋)は各孔の底に60%ダイナマイト長さ1 $\frac{1}{2}$ 吋の棒を2本爆發せしむることにより達せられた。残りの沈下には毎日2回又は3回爆薬が使用せられた。双口が El. 20.32 に達した時沈下はとめられた。El. 26 まで裏詰めを終つてから8本のダイナマイトが底で爆發せしめられ更に0.04 呎の沈下がなされた。4ヶ月を経て、橋脚完成後更に0.333呎の沈下が生じたので合せて双口の深さは El. 20.047 となつた。双口の沈下量は1日3交替、3ヶ月で72呎である。

北側橋脚潜函には中部に砂、砂利、コンクリート、トレミーコンクリート等が填充されたが之等の詳細と之が深さは図-19の左中央の如し。潜函の頂部は所定の高さ80.25に仕上

河 川

(90) Niger 河の大灌漑工事

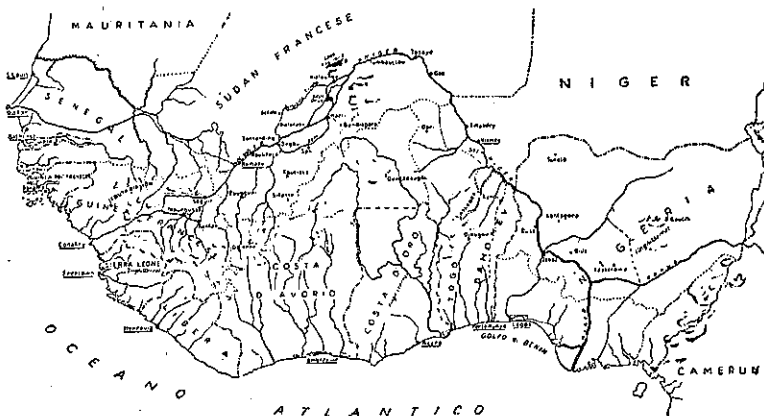
(Bauzil, "I grandi lavori d'irrigazione del Niger." Annali dei Lavori Pubblici Gennaio 1938. p. 64~67 佐藤清一抄)

Niger 河は Guinea 沿岸の山岳地帯に其の水源を有し、N. E. に course を取り、約 17° lat. N. に至りて S. E. の進路を取り、5° lat. N. に於て Guinea 灣に注ぐ。此の河は元來新生代の始めに於ては大湖水の連続であつたらしく、之等湖水は今日では河川の運搬せる土砂の堆積に依りて大平野と化してゐる。

斯く何世紀といふ長期間に互れる河床上昇の結果、現在の平野の上に網状に分布せる河跡として昔の名残を留める事となつた。此の状態は顧みれば灌漑及農業用利水の爲には絶好の condition なる故、昔から注目される所であつた。

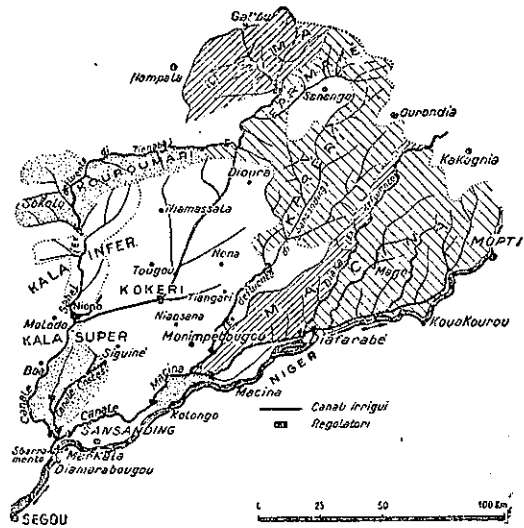
1919 年に其の利水區域及灌漑事業の大綱を決定すべく第 1 回計畫が立てられた。同時に又殖民計畫を細部に互つて決定すべく氣象、地質、地形、水理、植物等に關する研究の計畫も立てられた。1924 年より 1928 年までには廣大なる區域に互つて地形研究が完了した。一方 1924 年から 1926 年までに 7 箇處の農事研究所に於て、各地方の氣候に夫々適合せる耕種の選擇が完了した。尙 1924 年に之等研究所の中の 1 つに於て、最初の殖民實験が行はれた。又灌漑利水の大事業を實施する前に Sotuba 灌漑區 6000 ヘクタールの灌漑に就ては別に大々的實験が行はれた。

圖-20. Niger 河流域



主なる工事は 1929 年 2 月中に完了したが、其の他の土地の整理は 1935 年まで延びた。

圖-21. 灌漑區域



1929 年には Niger 河工事の大體の計畫が出来上り、1931 年に協賛を經、3 000 000 ランの資金が與へられた。其の翌年 Niger 工事事務所が作られた。

Sotuba 區の灌漑工事は大體次の如くである。

a) Sotuba の瀧より上流約 3km の地點に位置せる Niger 堰堤は——此の邊に於ては Niger 河の幅員は約 1 800m ありて、大部分は岩石質の島に依りて占められてゐる——3 部よりなり、その 1 つは左岸と中央の島との間に作られたる堰堤、第 2 は此の島と下流のも 1 つの島との間の締切り、第 3 は第 2 の島と導水運河の始端をなす縦方向の堰堤との間の堰堤である(圖-23 參照)。

之等の堰堤はコンクリート矩形断面で、低水に於ては 1.5m まで堰上げ、高水時には其の溢流高約 2.5m となる。堰堤の基礎よりの最大高は 3.75m、全延長 1 066m である。

左岸に於ては此の堰堤に接続して長さ 500m の土堰堤がある。此の天端幅は 6m で、H.H.W. より上の高さ 50m である。右岸寄り堰堤の右端には(水の取入口の方)土砂吐出の爲數ヶ處の開口がある。之は各々 10m で、2m 高さの鋼製 sluice gate

図-22. Sotuba 灌漑區に對する堰堤と取水工

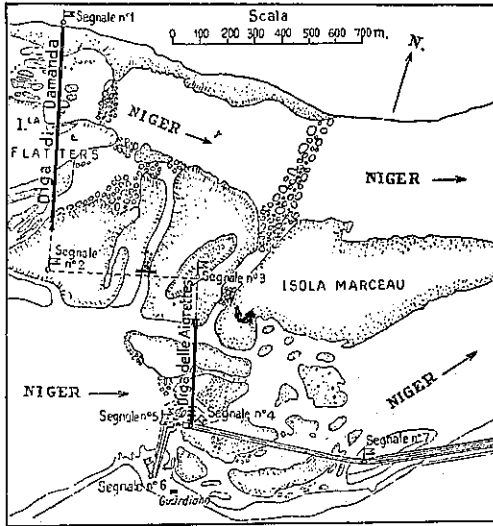
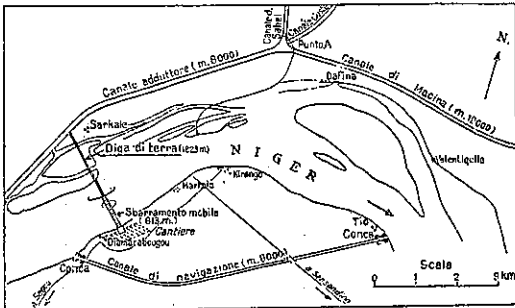


図-23.

Sansanding 堰堤と取水工及舟運々河



と counterweight とが取付けられてゐる。pier は基礎に於ける長さ 14m で幅 25m コンクリートである。

b) 導水運河の取水口は幅 5m の開口 4 箇を備へ、其の扉は上下 2 部に分れ、下部のものは高さ 1m、上部のものは 2m である。取水の爲に右岸より左岸に向つて長さ 245m のコンクリート壁を出し、之と河の縦方向に延びた長さ 810m、天端幅 10m、50cm 厚のコンクリート core を有する堰堤とに依りて導水運河上流端の basin を作つてゐる。

c) 導水運河は長さ 21 km、流量 10 m³/sec で、この中 7 m³/sec が灌漑用、勾配は 1/20 000、底幅 16.5m、水深 1.5m で種々なる附帯工事がある。其の中に siphon が 12ヶ處、横溢流堤が 7ヶ處ある。

此の灌漑導水運河は網狀に作られた灌漑工事に至つ

て終るが途中水運及水力發電にも利用する。

d) 上の水運兼用の運河が 20 km、それより更に約 1 km の處から第 2 の配水用幹線 3 本に分岐する。此の中第 1 のものは流量 7 m³/sec、第 2 は 3 m³/sec、第 3 は 4 m³/sec で此の中 2 m³/sec は上流部灌漑區の澁水である。

e) 此の第 2 段目の水路網と排水々路網(長さ々々約 170 及 100km)

掘鑿は總べて人力に依つた。コンクリートの製造及其の仕上げには機械を使用した。工事費用は堰堤と取水工事に約 7 000 000 ラン、運河及其の關係工事に約 11 000 000 ランを要した。現在は Sotuba 灌漑工事に依りて灌漑される農業區域は約 5 500 ヘクタール、其の中約 3 300 ヘクタールは米であり、殖民は約 5 650 人である。

次の大工事は約 1 000 000 ヘクタールの地域に給水するを目的とせる灌漑工事にして次の如くである。

a) Niger 河 Sansanding 附近の堰堤

之は河を横切りたる 1 つの土堰堤(長さ 1 823 m、天端幅 12 m、基礎に於ける幅は河岸の取付けに於ては 137 m、それより 1/15 の浸透勾配に従つて変化してゐる)及 Chanoine-Aubert 式可動堰とよりなつてゐる。後者は長さ 812.23 m、堰上高 6.5 m、14 径間を有し、其の正味の開口幅は 766.86 m である。土堰堤と可動堰との取付けに於て水流を堰堤に直角に導く爲の導水壁が上下流兩側に設けられた。其の長さは 600 m、半径 1 000 m の弧狀をなしてゐる。

Chanoine-Aubert 式可動堰は 1 gate の高さ 5.6 m、幅 1.57 m で、最高堰上位置と伏した位置の外に 2 つの中間位置を取る事が出来る。可動堰上には径間 56.80 m、高さ 6.64 m の鋼橋が架設され、一般交通及軌道を通し、同時に可動扉を動かす erane の portal にも利用されてゐる。

b) 此の堰堤から全く離れて航行用の運河がある。之は長さ 8 km で上流側入口には必要なる場合に水路を閉鎖する設備あり。下流側入口には長さ 63m、10m の head を有する閘室あり。

c) 堰堤から灌漑區域に水を誘導して來る導水運河は堰堤の上流約 2 200 m の處から始まり、取水口には河床上 50 cm の高さの舟形床止を有する自由取入である。此の運河の長さは 8 600 m、幅 100 m、水深 5 m で、流量 500 m³/sec の豫定である。

第 1 期には運河の幅 100 m 中兩側の 25 m づゝを掘鑿し、中央の 50 m は第 2 期に於て掘る事とした。導

水運河の終點に於て更に Macina 及 Sabel の導水運河に分れる。此の運河の始端には幅 4.5 m の sluice gate 5 径間が上下二重に作られ、幅 8 m、長さ 50 m の航行用閘室が 2 つ設けられた。

d) Macina 運河は Macina 及 Kakeri 灌漑區に給水し、前述の運河分岐點より約 13 km の間は幅 50 m (最初の中は 25 m)、水深 3.5 m、流量 150 m³/sec の人工運河であるが、それより先は Niger 河の古河跡を利用した。

e) Sahel 運河は Kala, Kauroumari, Kokéri, Farimaké 及 Méma の灌漑區域に給水し、之も前述の運河分岐點にて分れてより 24 km の間は人工掘鑿をなし、其の大きさは前述のものと同である。それより後の水路は Niger 河の古河跡を利用した。

(註) 尙此の地方に於ける佛國の殖民計畫及堰堤、取入口、運河構造の細部及其の土工、又殖民の分布及灌漑作業、栽培植等の詳しい事に就ては Annales des Ponts et Chaussées, Sept. 1937 p. 281~391 及 Oct. 1937, p. 437~565 を参照されたい。

堰 堤

(91) 獨逸 Saale の Hohenwarte 堰堤に於ける工事設備

“Die Saaletalsperre Hohenwarte und ihre Baustelleneinrichtung.”
Der Bauing. 14. Okt. 1938, p. 567~575
島山 正 抄

(1) 概要 Elbe 河の流量を調節する目的で獨逸 Saale 地方に目下工事中の Hohenwarte 堰堤(註 本堰堤に關するコンクリートの冷却設備に就ては土木學會誌第 24 卷第 5 號に抄譯あり)はその型式をアーチ重力式となし寸法次の通りである。

- 高約 75 m、底幅約 55 m、上流面勾配 1:0.02
- 下流面勾配 1:0.71、アーチ半径約 400 m
- 堰堤頂長約 412 m、コンクリート量 465 000 m³
- 接手間隔 15 m

而して 貯水容量約 186 000 000 m³、背水延長約 20 km である。

圖-24. 貯水池平面圖

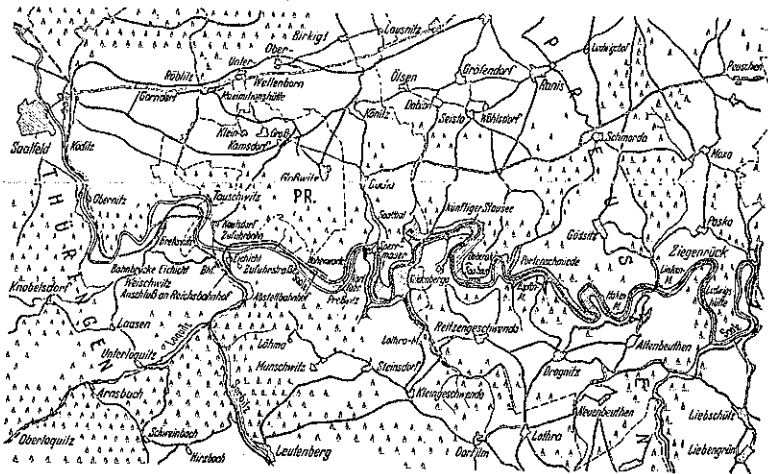


圖-25. 堰堤地點

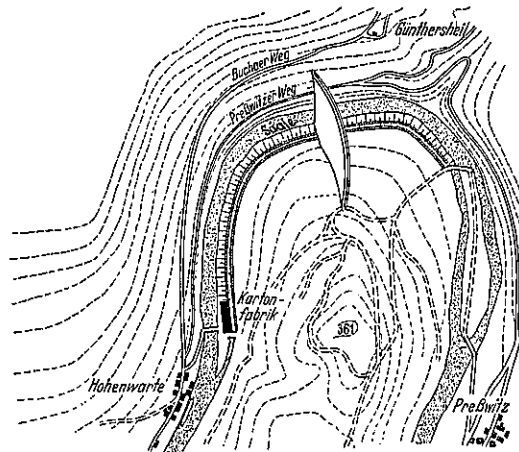
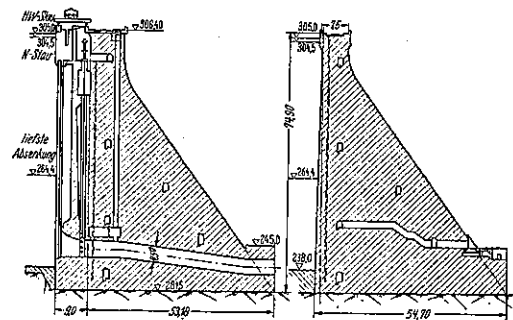


圖-26. 堰堤断面



この堰堤の工事設備に就ては次の原則により決定した。

1. 465 000 m³ のコンクリートを 1937~1939 年に於

て打つこと。

2. 骨材は總べて 2100t/日 の割合で 18~20 輛編成の Talbotwagen で運搬して来て現場で處理すること。
3. 骨材を 0~100mm の大きに碎き篩にかけ而してその凡そ 50% のものを更に細かく碎くこと。
4. 出来上りコンクリート 8000m³ に対する骨材及セメントの倉庫を用意すること。

(2) 運搬設備 骨材を積んだ Talbotwagen は Gleis

1 (図-28) に入つて来て Tiefbunker の上に至り材料

図-27. 工事設備平面図

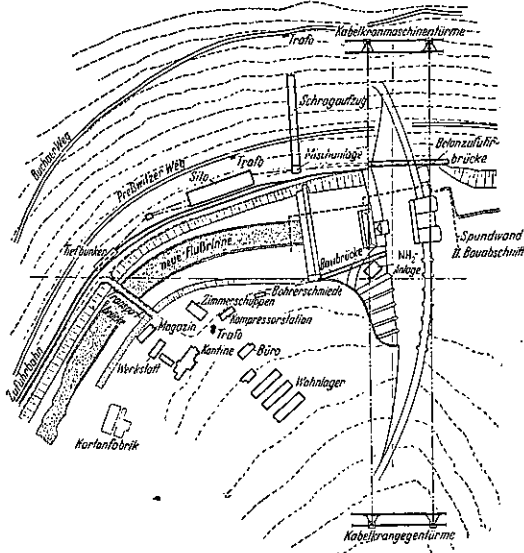
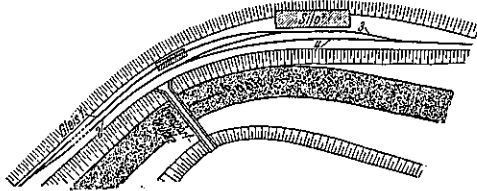


図-28. 軌道敷設図



を投入する。Tiefbunker は収容能力 4 基, 合計 600 t あり, 400 t の貨車の操作は 10 分以上はかゝらない。この底孔から出た材料は下に走る水平のゴムのベルトコンベヤー (0~100 mm の大きさの骨材を 180 t/h 迄運搬し得る) に乗る。これから 19° の上昇角度を有するコンベヤーに乗り移つて Umwurf 塔に至り, 此處で篩分に依りその粒子の大きに応じて 2 つのコンベヤーに分たれる(サイロ底部と連絡してゐるものは (3) サイロの項参照)。

図-29. 材料分離設備及混合工場

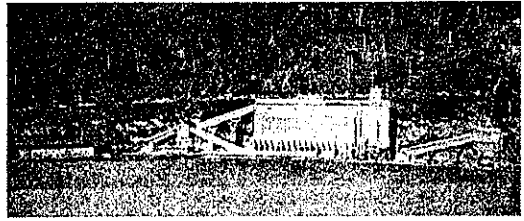


図-30. Tiefbunker

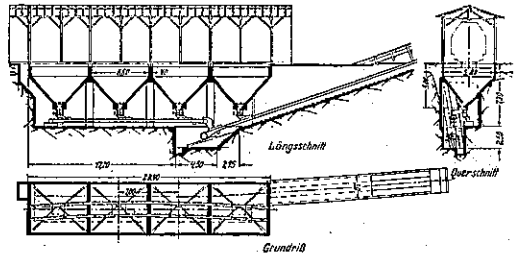


図-31. Tiefbunker の下を走るゴムのベルトコンベヤー

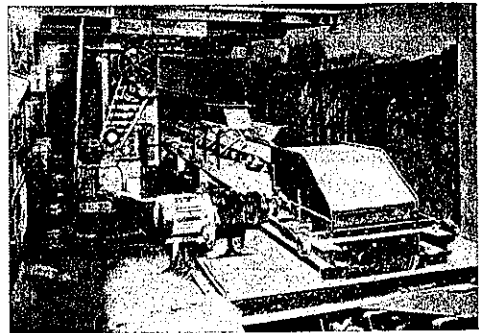
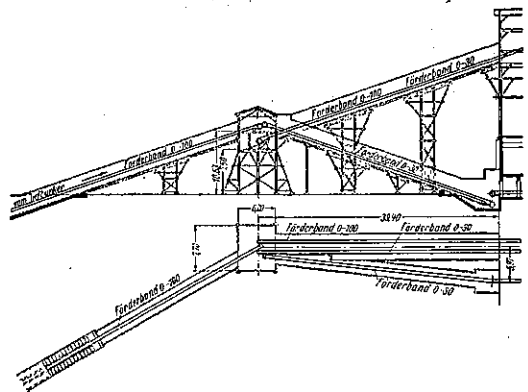


図-32. ベルトコンベヤーと Umwurf 塔



(3) サイロ サイロの容量は出来上りコンクリート 8000m³ の貯蔵量を有する様に決められたが長さが餘り長くなるのは面白くないし, 幅は場所の関係で廣くと

図-33. サイロ構造図

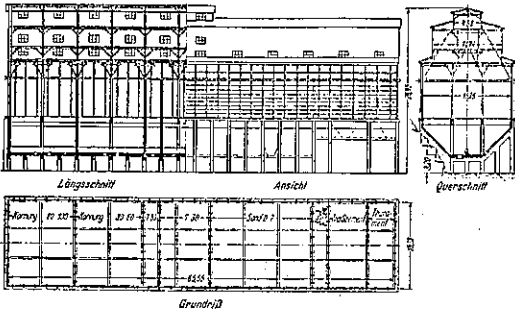


図-34. サイロの外観(工事中)

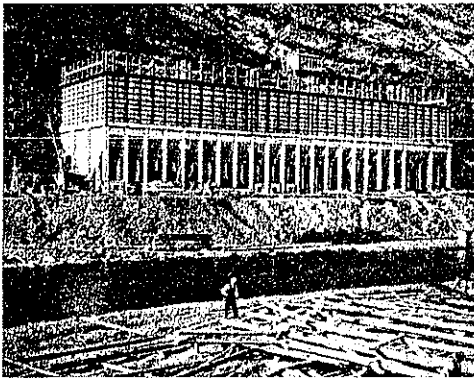
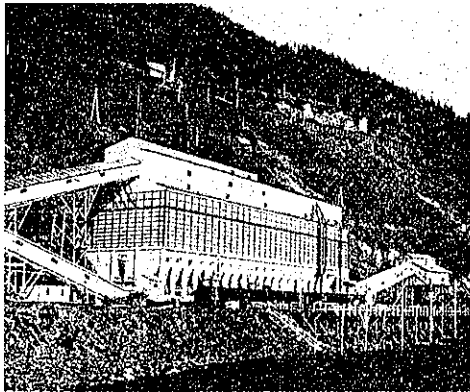


図-35. サイロの外観



れなかつたので結局高さを高くすることになり、爲にサイロの基礎及其地盤に對して大なる強度を必要とした。

ベルトコンベヤーに依り上方に運ばれた骨材は 図-36, 37 の如き機構に依りサイロ内の各室に分けられる。

「Abwurfwagen (図-36 参照) の作用: 0~7 mm の粒子はすべての篩を通過して後ベルトコンベヤーに依り定められた室に運ばれるが單にコンベヤーから投下

図-36. 篩分析の機構

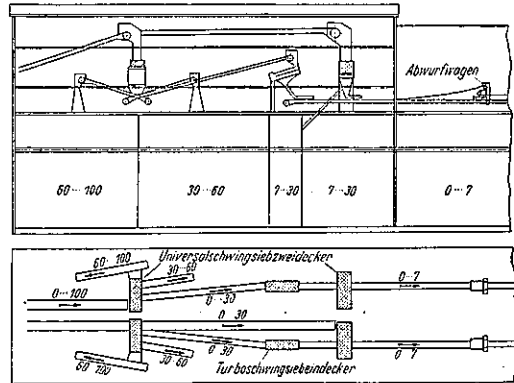
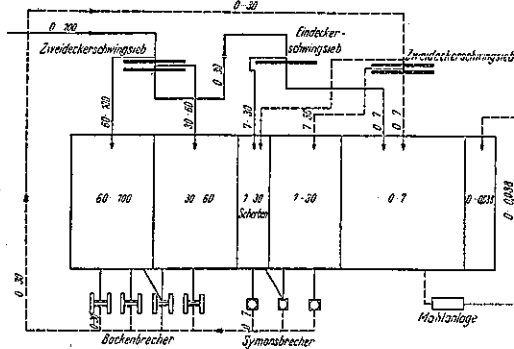


図-37. 篩再分析の機構



したのみでは完全体を一樣に満してゆくことは出来ないから軌條の上を手働で動く Abwurfwagen を使用し均らして室を満す。

Zweideckerschwingensief (二重式振動篩) (図-37 参照) の能力=70 t/h。

篩再分析 (図-37 参照) の必要: サイロに運ばれた碎石の細粗骨材はその粒度がコンクリートに適しない。即ち 7~100 mm は 48% の超過であり一方 0~30 mm に不足してゐる。由つてこれを更に碎石機にかけ 48% の中 0~7 mm を 29%, 7~30 mm を 19% になる様に碎く、図-38 はこの爲の顎型碎石機であり 1 臺の能力は 1 時間 8~80m³ である」

7~30 mm 粒子の室の下には、不足してゐる 0~7 mm の粒子に碎く爲の kegelbrecher (円錐形碎石機) が 3 臺並ぶ。1 臺の能力 1 時間 21t である。これらの碎石機から出た材料はその下を通るベルトコンベヤーに乗り、20° の傾斜で上昇し Umwurf 塔に至る。ここで再び 19° の角度で上昇するベルトコンベヤーに移されてサイロの上部に至る (図-32 参照)。かくて花崗

岩骨材は必要なる粒子に加工せられ篩分けられたのである。これらの装置はすべて自動的に電氣仕掛で確實に運転せられる。尙 0~7mm. 粒子の極小部分は Universalmahl-anlage に依り 0~0.088mm. の微粉に圧碎せらる。即ちロールミルに依り微粉となすのである。この際、加熱した鉄格子を通つた熱い空気を高圧の下に送り粉末

図-38. 顎型碎石機 (jaw crusher)

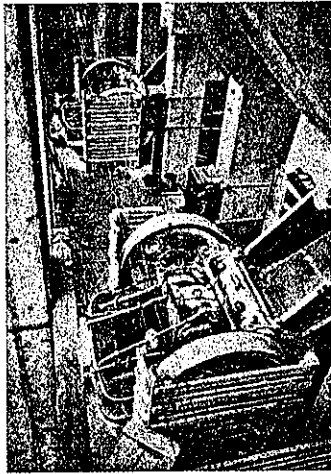


図-39. 1937年2~11月間の顎型碎石機の作業実績

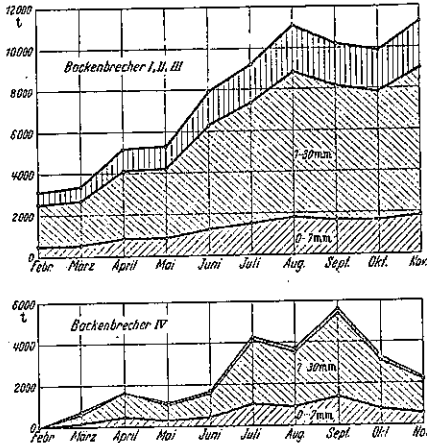


図-40. Universalmahl-anlage

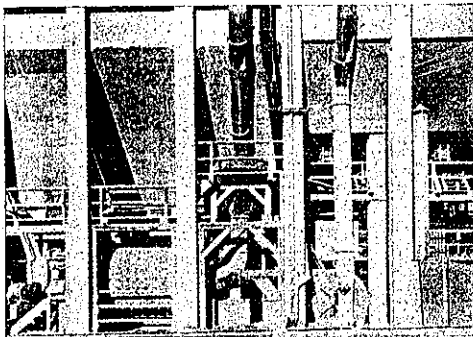
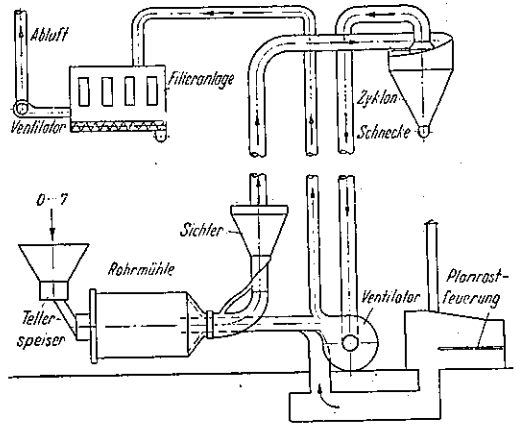


図-41. Universalmahl-anlage の機構



から湿気を奪ふ。この空気は微粉末を伴つてミルから出る、この中でも比較的大きな粉末は Sichter (図-41 参照) で篩はれて、これは再びミルの中にかへる。微粉末は空気と共に Zyklon に達し、こゝで分離され Schnecke (螺旋部) を通じてサイロに収められる Zyklon を出た空気は再び高圧の ventilator (通風機) に作用せられ循環運動を続け過剰の空気は第 2 の ventilator に依り filter に吸ひつけられ、こゝで總ての微細粉末を分離し外へ出る。

(4) セメントの運搬 サイロ骨材室に接続して Traßzement (火山灰セメント) 及 Thurament の室がある。火山灰セメントは 60:40 の割合に於て工場で混合したものである。

場所が狭いこと、セメントを袋からあける時飛散すること、又袋の代價も數量が多いので多額に上る爲に飛散に依る損失を避けると同時に紙袋を節約することが重要な研究事項となつた。Thurament の場合には扉の背後に細工を施した G-Waggon を使用しこれを専用となし、容易に粉末輸送に成功したが Traßzement の場合には現場とセメント工場とが非常に離れておたのでこの目的の爲にのみ貨車を専用することが實行不可能でこの點困難が伴つた。

積載量 55 ton の大型穀物車は荷の積卸し等總ての點に絶好なものであつたけれど、數量を多く求めることが出来ず結局 G-Waggon に頼らねばならなかつた。即ち G-Waggon の内部に 図-42 の如き内部構造を附加したものをを用ひ、セメントのサイロへの積込には Fuller ポンプを用ひた。1 臺の貨車の積載量 15~17.5 ton を積込むのにこのポンプ 1 臺で平均 1 時間を要した。

図-42. セメント輸送に使用せる貨車の内部構造

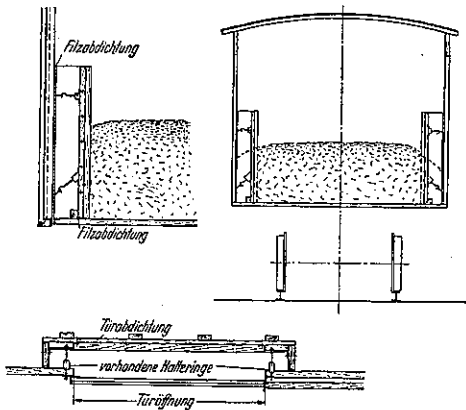


図-43. セメントの積込図

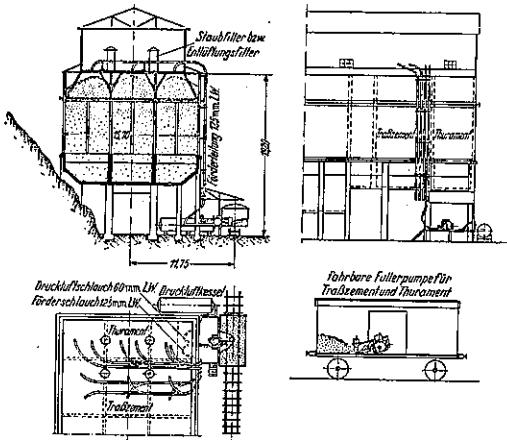
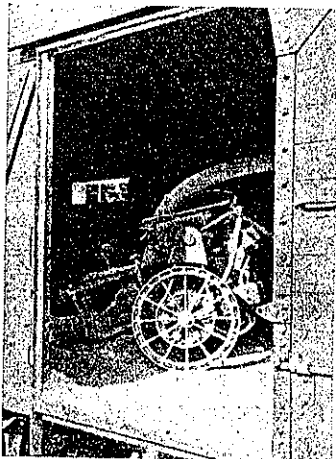


図-44. 貨車の中に持込まれた Fuller ポンプ



(5) コンクリート

粗骨材	粗碎石	60~100 mm	... 516 kg = 27%
	中碎石	30~ 60 "	... 383 = 20 "
	細碎石	7~ 30 "	... 363 = 19 "
細骨材	砂	0.088~7 "	... 612 = 32 "
	微砂	0~0.088 "	... 38 = 2 "

骨材合計	1912kg = 100%
火山灰セメント	... 60 : 40 ... 171 kg
Thurament	... 114 "

結合材合計	285 kg
水	185 "

仕様書はコンクリートの 90 日強度 = 180 kg/cm² であつたが実際には平均 230 kg/cm² に達した。混合設備の能力は、工期を基として 1 時間 120 m³ と定めミキサーは連続式となし、直径 1.2 m、長 3 m である。内部は硬鋼で装甲し、各 1 臺に付き 8 kW のモーターで一定の速度で廻転せらる。

図-45 に見る如くサイロの各室の下に図-46, 47 の如き計量装置があり材料の量を加減する。このベルトは骨材 60~100, 30~60, 7~30 mm に對するものは鉄板を用ひ、これより小なる大さの骨材及結合材即ち火山灰セメント、Thurament に對するものはゴム製とした。これらの装置はすべて 1 時間の能力 20~60 m³ で骨材はこゝで特殊な装置のモーターに依り重量で計量せられる。その精度は ±1% に達する。

結合材はサイロの室から直接ベルトに乗るのでなくその間に容量 1.5 m³ の螺旋状押出装置をくゞる。結合材の量を絶えず注視することを得る爲に、ベルトに帶秤を取附ける。即ちベルト長 1 m の部分に乗る材料を計量する。これを目盛で見ること出来るし、自記せしめておくことも出来る。

斯様に結合材及骨材は計量せられ最下部の集合ベルトコムベヤーに乗り、適當な配合になつて而して 16° の

図-45. 計量装置

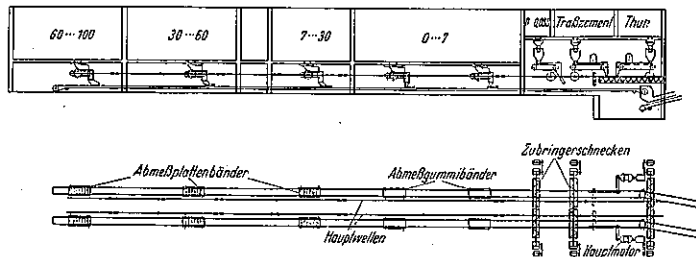


図-46. 骨材計量装置

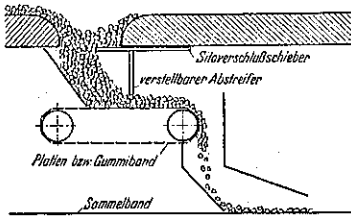


図-47. 結合材の計量装置

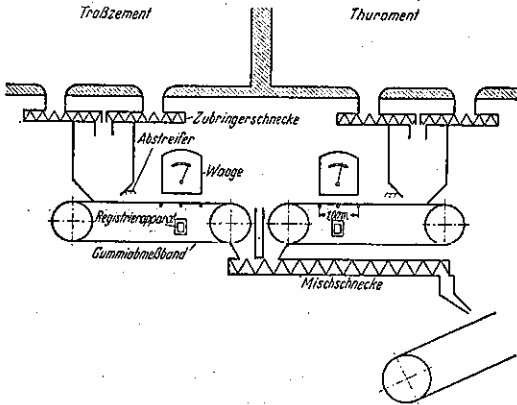


図-48. 秤秤の目盛及自記装置

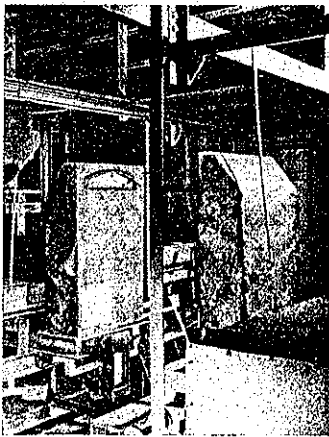


図-49. 骨材及結合材が互に交つてミキサーへゆく事を示す図

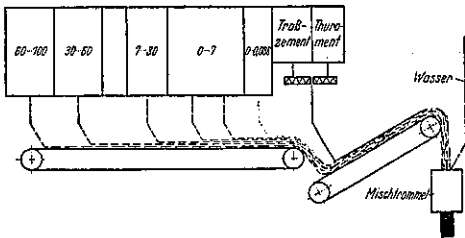


図-50. Abb 25 の上向傾斜ベルトコンベヤー

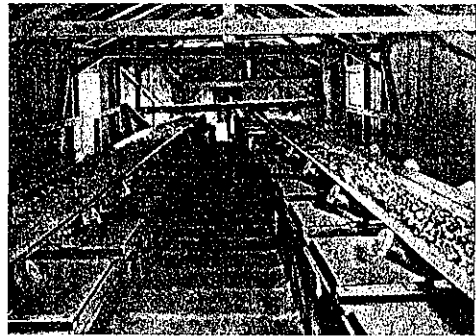
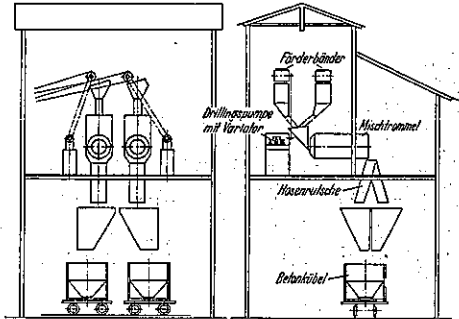


図-51. コンクリート混合の機構



上向傾斜を以てミキサーに導かれる。結合材を直接上向傾斜部に導くのは粉末の飛散を防ぐ爲である。水はミキサーで加へられ、この加減は能力1時間に付3.5~15.3m³のポンプに依る。これは上向傾斜ベルトコンベヤーの鎖に依り動かされるから従つて結合材及骨材の個々の計量装置と關聯を有しベルトコンベヤーの速度に応じて水は供給されるのである。

コンクリートはミキサーから Bunker に移される。バケツは車に乗せられて Bunker の下に来てコンク

図-52. ケーブルクレーンで引上げらるる、2バケツ

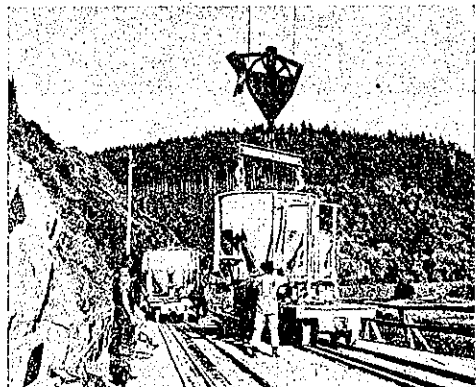


図-53. ケーブルクレーン

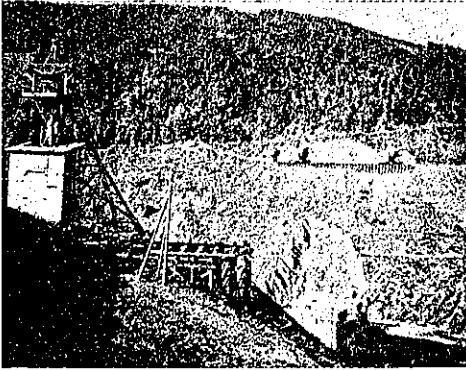


図-54. 従業者住宅

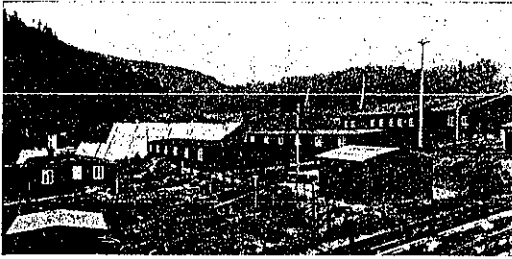
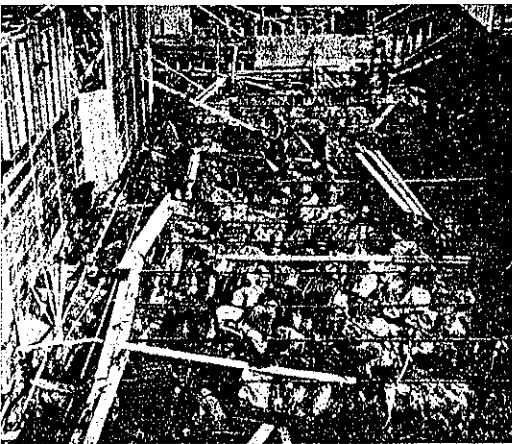


図-55. 岩盤の清掃



リートを 1 臺に付 2.5 m³ づゝ受取つて初めの間は Betonzufurbrücke (図-27) の所で又コンクリート打が相當高く打上つた後ではケーブルクレーンの下まで Schrägaufzug (斜の昇降機 図-27) で引き上げて、こゝからケーブルクレーンにより所定の位置に運搬する。

ケーブルクレーンは 482 m のスパンでザール溪谷を渡り、河床上 120 m の高さにある。この支塔は軌間 12 m の車輪にのり 1 分間 6 m の速度で平行に 96 m

図-56. 型 枠

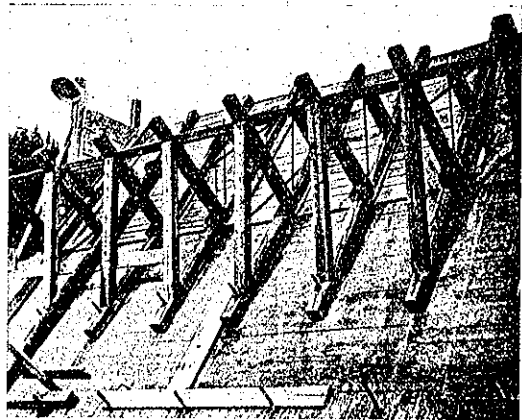
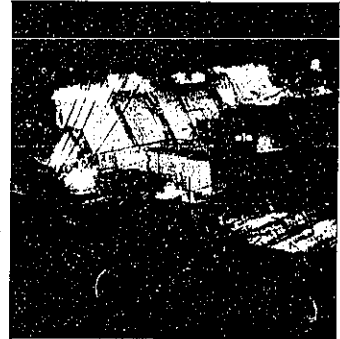


図-57. 工事場の夜景



の移動が可能で、之に依り工事区域を總て包括する。

1937 年のコンクリート打貫績は 200 000 m³ であつた。

(6) コンクリート作業 堰堤は堤軸に沿つて 15 m の間隔に分割し、その個々のものに

關し長 35 m、高 1.80 m のブロックにしてコンクリートを打つ。岩盤は清掃し、コンクリート打継面は粗面となして後コンクリートを打つ。型枠は 図-56 の如くした。

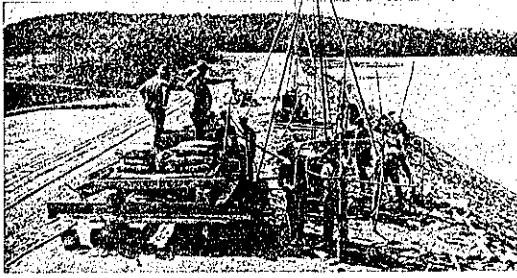
(92) グラウト工による堰堤の漏水防止

“Leakage stopped with Grout Wall.”
E. N. R. Sep. 8, 1938. p. 289~291.
谷本勉之助抄

Alum Fork 堰堤は Arkansas 州 Little Rock 市 (Arkansas 州の首都、人口約 7 萬人) に給水する上水道の貯水用土堰堤であるが、完成後右岸側即ち北側の堤体翼部に基礎岩盤を透して漏水あり。岩質は頁岩及砂岩の互層で割目は相當程度發達してゐた爲か時日の經つに連れ漏水量増加の傾向あり。

この漏水を止めるにグラウト工を用ひ漏水量を 360 ガロン毎分から 35 ガロン毎分に減じ得た。残る 35 ガロン毎分の少量の漏水は基礎岩盤面下 15 呎以下の深所から滲出するものなので堰堤に破壊的な影響を及ぼす程でもなからうと判断した結果、之以上に漏水を少く

図-58. グラウト工の現場



する努力を拂ふのは止めた。

これに要した費用は僅か 16800 弗で堰堤築造当時の地質調査、穿孔、グラウト工に要した費用は恐らくこの額の數倍に達してゐる。

漏水の発見 本堰堤を貯水し始めて水位が 704 呎まで上昇して來たとき 700 呎の等高線に沿ひ堰堤の下流側懸崖から漏水し始め貯水池水位の 740 呎に上るまでその量は増加し続けた。而も増加の割合が水位の上昇に比し著しく大きいので、700 呎等高線の近くに在るとおぼしき裂罅が又は断層がしかく單純なものでないと推測せざるを得なかつた。

漏水が続くにつれて下流端の一部は飽和し暫くして極く僅かではあるが滑動を起した。とりあへず翼部の山腹に試掘の溝を掘り下げ堰堤下流側斜面上に 700 呎等高線に沿ひ排水溝を作り漏水を盛土の下の岩盤中に導いた。10 吋陶管を排水溝の中に埋設し表面は元通りに埋戻して堰堤に萬一の事故の突發すること無き様迄急處置を施しておいた。

グラウト工の計畫 從來の例に徴するにグラウト工の成否がセメントの品質に至大の關係があるので本工事に使用するセメントは充分吟味した。穿岩機の様式も重大な要因であつて、中にはこれからセメント乳を押し込まねばならぬ割目、龜裂を穿孔中に塞いで仕舞ふものもあり、吟味の結果本工事はダイヤモンド、ポイントコアドリルが最適と云ふことになつた。それは穿孔を汚さないし又採取したコアを調べて基礎岩盤を究め乍ら工事を進めて行かれるといふ 2 つの利點があるから。

2 通りの鑿岩装置を用意したが 1 つは岩盤に 2 吋の孔を穿つもの、他は 1 吋のコアを取り出すものである。3 吋管を土堰堤を通して基礎岩盤まで立て込んで穿孔の軸とし、ダイヤモンドドリルは岩盤穿孔だけに使用した。

グラウト作業に就ては 64 ガロンのセメント乳を混和

し得るミキサー、混和した乳を受けるグラウドパン、20 ガロン毎分の能力の押し込みポンプ、穿孔までの圧力管、バイパスからパンまでの復歸管、圧力計、穿孔の任意の位置に据ゑ得るゴムの膨脹止め、及量水計等を用意した。

穿孔には先づ試験的に圧力水を注入する。最初膨脹止めを穿孔 5 呎の深さに止め、若し圧力を 100 ポンドまで上げられれば基礎 5 呎の間は水密と判定する。次に膨脹止めを更に 5 呎下げて試験を繰返し圧力を記録する。

この様にして鑿岩したコアの記録を上る圧力試験に對比して檢證し置く。

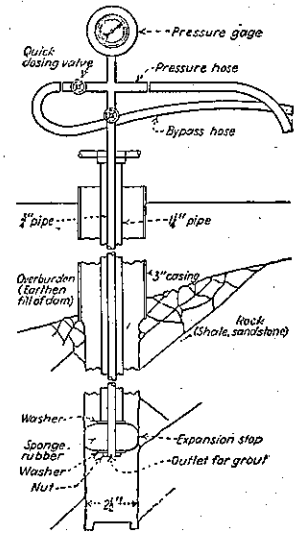
グラウト工漏水を減少す 以上の様に穿孔を試験した後、膨脹止めを水押しの際の最深部に置いてグラウトを始める。各層でグラウトを行つて乳が入らなくなるに到り膨脹止めを引上げ最後に軸に蓋をする。各層のグラウトは最初セメント 1 袋に付水 12 ガロンの薄い乳で始め、徐々に濃くしてセメント 1 袋に付水 5 ガロンまで上げる。注入圧力は 100 ポンド毎平方吋を超えさせないこととした。

第 1 例即ち堰堤の中心線より 4 呎北寄りの孔列中 10 + 50 番、(穿孔の番號と列断せらる) からグラウトを始め 10 呎間隔で東に移行して 9 + 20 番まで続け (図-60)、その結果漏水量が 360 ガロン毎分から 256 ガロン毎分に減少。更に 9 + 90 番から 10 呎間隔に穿孔し 9 + 50 番まで行つて漏水量が 256 ガロン毎分から 178 ガロン毎分に減少。

9 + 90 番ではこの孔 1 つで 54 ガロン毎分の減少を見た。

更に 9 + 90 番から先きは 5 呎間隔に穿孔したが、これらは乳も極く少量しか入らず又漏水量の減少も僅かであつた。想ふに既に前のグラウトが利いて傷んでゐた岩盤面近くの割目も閉塞して了つてゐたからだらう。

図-59. グラウト工の装置



残る問題は 8+80 番から 9+20 番までの間に可成り集中した流れと成つてグラウト壁を通して出て来る漏水の所在を突き止めることである。時々押込み中にセメント乳が流れ出して隙なく入る様な龜裂に遭遇したが、その折の対策にはシンダーや鉛屑を直接穿孔に入れその後で水を流し込み、それから薄い乳のグラウトをやつて止めた。

集中した漏水路の発見 初めこの問題を解決するには主な割れ目とか集中漏水の通路に直接連なる穿孔を発見しよへすればよいと考へたが、これを甘く探し當てる爲には第 1 列上では餘程數多く穿孔しなければ到底成果望東なしと考へられたので、更に今 1 列堰堤中心線の南 4 呎に第 2 列を設けることに決し、9+90 番に近くこの第 2 列上に穿孔を試み大きな漏水路を突き當てたが、これは第 1 列のグラウト壁の小さな隙間が集積して出来たものである。9+92.5 番の 21 號孔は漏水と密接且つ重要な關係が有ることがわかる。

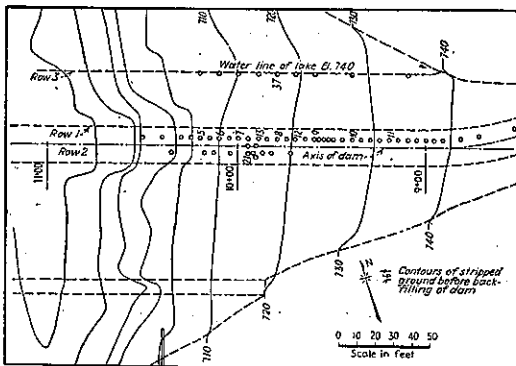
工事中の困難 高圧を掛けると排水陶管に乳が廻るのでこれを防ぐ爲にこの様な穿孔にはシンダーと鉛屑を使用した。

此の方法は 21 號孔から 8 呎離れた 13 號孔で非常な好結果を挙げ得たが 21 號孔では新しい困難に遭遇した。

それはこの孔の近くの 1 孔でやつたグラウトは掛けると直ぐ圧力が上昇して了つて丸で問題にならぬ。

詮方なく孔を圧力水で吹かせて洗ひ更にグラウトをやつてみたが結果は幾らも乳が入らず漏水量減少には殆ど効果なし。判ずるところ此の孔は主な漏水路と連なつてはゐない。そこで 21 號孔の周り一面に穿孔して見たが遂に主な漏水路を突き當て得ず。7 本の孔を穿孔して之等に 1100 袋以上のセメントを注ぎ込んで効果は僅か 21 ガロン毎秒の漏水減少を見たのみ。

図-60. グラウト工施工箇所平面図



然しこの主な漏水路は 9+90 番の近傍に潜むに相違なしと信じ、堰堤中心軸に平行に之の北 40 呎の水際線に沿ひ相當數の孔を穿ちグラウトを試みたが依然顯著な成果を揚げられない。結局 9 本を丸で無駄にした様なものであつた (図-60 の第 3 列)。

着色試験を試む 今迄のところ漏水路と關連のある程の孔ならばグラウトを始めてから 2, 3 分も経れば反応が起つたものであるが、21 號孔では丸で事情が違ふ。そこで漏水路の連がりを調べる手段として、9+80 番の直線を 37 號孔までフルオレスセイン溶液を使ふこととした。(フルオレスセインは赤色粉末で水に混じると綠色を呈し 200 萬分の 1 でも認知し得る) 孔に色素を注入した後 3 時間経つて排水陶管の中に出て來た。

この手段により主な漏水路の所在を突き止める新しい方法がわかつた。何故なら水が孔から排水陶管の中に移行する速さがわかつたから。

堰堤の北貯水池内の 40 呎の線に沿ふ孔の水位は 9+70 番の東に漏水あるを示し、フロレシアンは 9+40 番の所で主な漏水のあることを示したので、第 3 列の孔は觀察孔として放置するに止め、第 1 列に立返り 9+90 番の附近を固めることに決心した。フロレシアンで試し且つ孔の水位を觀測する仕事はずつと続けた。

グラウト壁を張る 9+30 番から 8+70 番まで 10 呎間隔に穿孔注入を行ふ。

尤も手を延ばして 8+50 番に 1 孔設定した。又特に 9+65 番から 8+95 番までは 5 呎間隔とした。

各回毎に漏水量は物の美事に減少し行き、水際にある觀察孔内の水位も上昇し來り、漏水量は 35 ガロン毎分まで遞減し、フロレシアンの着色液が 9+40 番で觀察孔から排水陶管に達するに 3 日もかゝる迄になつた (此の孔は事前には僅か 30 分で到達してゐた)。

觀察孔の水位觀測から多少の漏水は尙堰堤の東端のグラウト壁を透して滲出することが判つたが、これはグラウト壁の一局部からではなくて澤山の隙間を透して出たものが集積したのだと信ぜられる。

穿孔、材料 穿孔總延長は 3400 呎で、内 1940 呎は上部被覆の土堰堤部、残り 1460 呎が、基礎岩盤である。グラウトに使用した總セメント量は 4300 袋。本計畫の總工事費は 16800 ポンド、漏水減少量は 325 ガロン毎分で、減少量 1 ガロン毎分に付 51.60 ポンドの割である。

結論 グラウト工完了後、擔當技術者達は以下の様な結論を得た。若し施工當時この様な多量の漏水を

生ずることが豫想できたなら、堰堤全線に亘り少くとも3列位はグラウト壁を作り置く必要があつたらう。

而してこの爲に要したであらうセメントの費用は本工事の上部被覆の穿孔に要した費用と相殺したらう。

浮石又は割れの入つた石の除去に要した費用は壘築前にグラウトを施工し置く費用よりも多額を要したであらう。と言ふのは漏水を惹き起す様な割目が時として岩盤面下15~20呎の深所に存在してゐたから。

斯くして堰堤壘築前又は壘築中に漏水防止工を施工し置いたのよりも、有效且つ小額の費用にて壘築後に漏水防止を爲し得たのである。

本グラウト工の工事一切の設計も施工も、本 Alum Fork 堰堤の施工者 Burns & McDonnet 會社でやつた。

上 水 道

(93) Netherlands に於ける配水塔

(F. A. Liefrinck, "Water Towers in the Netherlands." E.N.R. Dec. 1, 1938. p. 709~711)
吉岡英文抄

和蘭の如き平坦な地方では高所に地表貯水池を建設する機会が少く、唯 Netherlands の東部及南部の丘陵地帯に於てのみ自然の高地が利用される。従つて大部分の給水は現在約200個(其中約100個は過去15年間に建造された)の高架水槽の建設に俟つのである。

總數200個の中、半數は廣大且つ人口稠密な耕作地への地域給水に使用される。之等水槽の大部分は町の中心部に對する水槽が一般に初期の構造上及建築上の原理を表現せるに反し近代的のものである。

鋼製支承上の鋼製高架水槽が低地方に見受けられぬので、此の型式を見慣れて居る人々の注意を惹いて居る。最初の給水工事以後、内部に1つ或は夫以上の水槽を有し、多少記念碑的設計の構造に密閉した配水塔が選擧された。

低配水塔に於ける之等の水槽は一般に鋼製であつたが後年に至り鉄筋コンクリートが殆ど獨占的に使用されるに至つたのである。實用性の見地から考察すると、例へば鋼に對する多額の維持費は明かに此の変遷に於ける重要な役割を演じて居る。又頗る展望を支配する之等顯著な構造物に氣持良き外観を與へるか否かと云ふ點で多くの場合選擧を決定したのである。

配水塔に於ける鋼製水槽は一般に其の底部が球と円錐との結合より成る Intze 型であつた。此の設計は煉

瓦造及石造の支持軸にかゝる荷重の水平分力を除去する。之は後年に於て多少疑問の存する外觀頭部過重の構造に多く起因するのである。それで“水頭”なるニックネームを頂戴した。

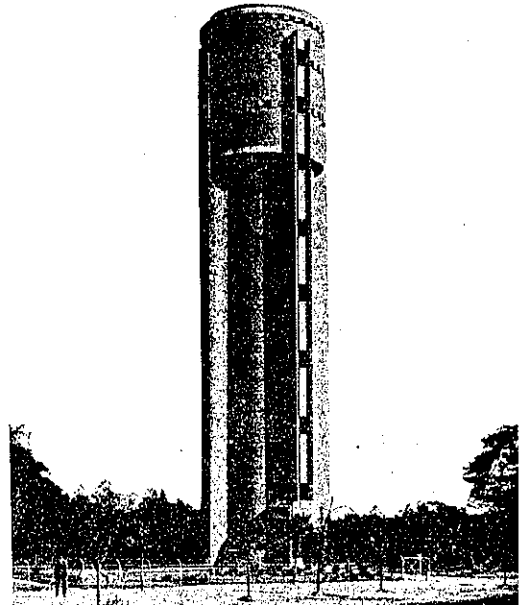
全鋼製高架水槽及特に大型のものは必ずしも其の周囲の風物と不調和であるとは限らない。1930年 Chicago Bridge Iron Works に依つて發した興味深い競争の結果は此の點に於て想起されるのである。それにも拘らず和蘭に於ては他の材料を選擧した。

鉄筋コンクリートは不必要な裝飾を避け構造物をして其の任務と機能とを明示せしめる事を望む人々の注意を特に惹く材料であり、他の材料は非常に重要な下部構造に依り堅固に支持された高架水槽の基本原理をよく強調する事が出来なかつた(圖-61)。

建築學的考察：Netherlands East Indies に於ける數個の公共給水は鉄筋コンクリート柱上に据付けられた鉄筋コンクリート製直立水槽を有し、完全に周囲風物と調和して居る。和蘭の如き平坦な地方では一般に貯水池は地上高く設置されねばならぬので、實用性並に其の突出構造性からして鉄筋コンクリート製の無蓋下部構造は屢々避けられる。

高價な足場を省き、代りに可動センタリングを使用し、鉄筋コンクリート製の高配水塔を建設する試みが行はれた。然し其の結果は完全な円筒狀構造物が必然的

圖-61 Belthoven 居住地域に對する配水塔



に面白い明暗対照の可能性を缺くが故に、建築学的見地から充分なものを見做す事が出来なかつた。

Netherlandsに於ける現代の配水塔の多數は鉄筋コンクリート柱に依り支持された鉄筋コンクリート製のIつ或は夫以上の水槽を有し、全体としては大体煉瓦造の外壁に覆はれて居る。後者は種々陰を變ずる特性を得る爲、自然的に案出されたものであり、建築的表現の附加要素を與へるものである。

斯くの如く構造物の機能部が或方向に於て不誠實な建築即ち悪い建築と見做される外側から必ずしも見え

図-62. 閉鎖なる平坦地方に孤立せる Lightmis の塔は簡単な印象的構造である。



図-63.

給水建物と合一せる Laren 上水道の配水塔は屹立せる構造物である。

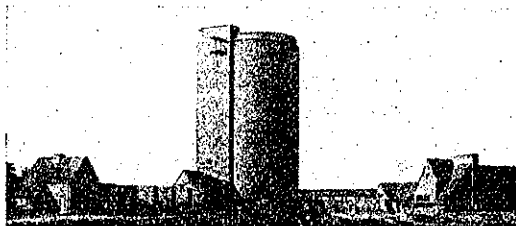
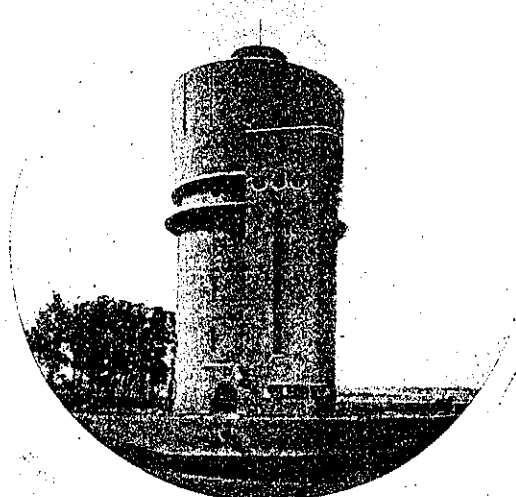


図-64.

公衆の気晴地域に設計された Breda の配水塔。



るとは限らない。然し設計者は特殊の使用目的のみに適した極めて少數の建築学上の構造物が全て其の構造的、機能的要素を示して居ると考へて自らを慰めて居るのである。

餘地の利用:

高配水塔が必然的に水槽直下に著しい餘地を存するので、最初の水道工事以後、設計者の注意を喚起した。

夫故に唧筒及淨水装置が屢々此の空地に設備されたのである。尙1,2例を挙げると唧筒設備の職員は其の家族と共に配水塔内に愉快に居住して居るのである。

旅行家をして大いに賞美せしめた景色を見下す配水塔は展望臺を備え、中には休憩室即ち咖啡店をも同時に備えて居るものもある。又或る場合には景色の美しい高地がホテルと共用配水塔とを一緒にした建物に對して使用された。

町役場の一部を成す配水塔は獨逸に於ては普通の形状であり、和蘭の小都市の一つに於て町會は特に其の目的の爲に用意された配水塔内の部屋に集會を行ふ事に決定した。

工學及美學: 他の公益營造物の設計の如く、配水塔

図-65.

Fijnseart に設定された近代的な此塔は堤防上に建設されて居る。

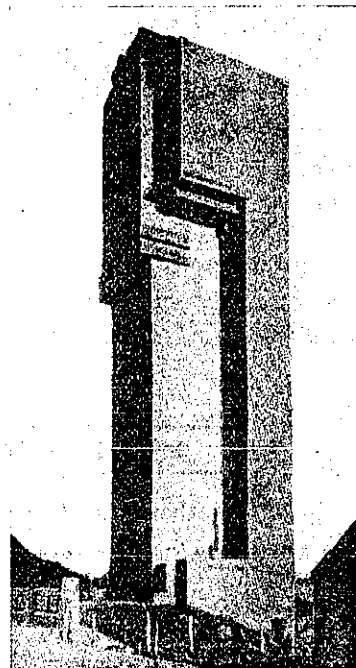
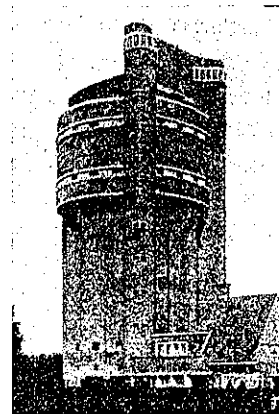


図-66.

灰燼及飲食料が此 Schimmert の塔の様に美しい配水塔の頂上に設けられて居る。



工學及美學: 他の公益營造物の設計の如く、配水塔

の設計は工学の分野に於けるのみならず美学の分野に於ても同様の技能を必要とする。或る場合には兩技能を同一人が有して居る事もあるが、多くの場合土木、建築兩技術者の共同が最も望ましい事であると證明された。夫故に公共事業施行當局者は上水道の技術者に依り指示された専門的要求に一致する設計に對して、腕のある建築家の間で種々討議せしめ、最も満足な解決を得る様屢々努力した。

過去 15 箇年間に和蘭に建設された 100 條の配水塔を概見するならば、必ずしも全部が均しく建築的美點を具備して居るとは限らないし、又異なる観測者に依り同様に評價されるとは限らない事は言ふ迄もない。

然し乍ら示された寫眞から讀者は公用機關に於ける近代的和蘭風建築の或る概念を得るであらう。唯結果を判断する際に凡ゆる場合に於て此處に詳述し得ない特別の要求が塔の外観を左右し決定したと云ふ事を記憶して置く必要がある。

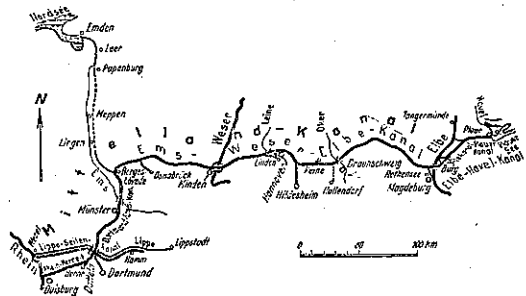
港 灣

(94) 獨逸 Mittelland 運河の概要

(Ministerialrat Arp, "Der Mittellandkanal.")
 (Zentralblatt der Bauverwaltung, 1938-12-28.)
 S. 1415~1419.
 横田周平 抄

獨逸の國內運河は各獨立の經濟的意義を有してゐる各部分部分の運河より成立つてゐるものであつて、過去 50 年に亘つて建設されて來た Rhein 河より Elbe 河に通ずる此の人口の水路は遂に完成した。最初に Dortmund-Ems 運河が出來た。工期は 1888~1899 年であつて Dortmund の工業地と北海を繋ぐものであつた。次に 1906 年より 1914 年迄かゝつて最も重要な工業地帯の中央を通つて Duisburg に通ずる横方向の Rhein-Herne 運河が出來た。同時代に Bevergern

圖-67. Mittelland 運河平面圖

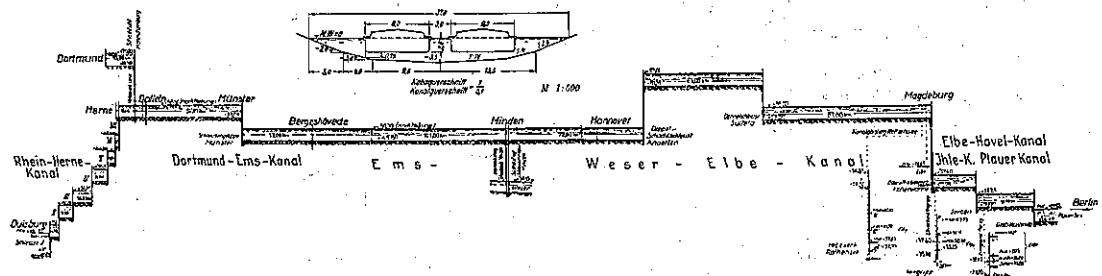


より Minden に到り引続き Hannover に来る Ems-Weser 運河が出來た。Hannover より Peine に来る部分と Hildesheim に分派する部分とは Weser-Elbe 運河の中の最初に出來上つた區間であつて歐洲戰爭後直ちに着手され 1938 年開通した。之に続く Peine-Braunschweig 間は 1934 年に完成した。同時に Wesel-Datteln 運河が Mittelland 運河より Rhein 河への 2 本目の通路として建設され 1932 年には開通した。Braunschweig より Elbe 河に到る残りの部分は 1927 年に工事に着手し 1938 年 10 月 30 日に開通した。之を以て北部獨逸の横の連絡が完成した。

政府交通省では全通の機會に Mittelland 運河に就ての記念出版を行ひ其中で簡単に政治的の運河建設過程を述べその意義を評價し、路線、縦断、横断、構造物、港灣設備、曳船操作に就て説明、図面、表、寫眞を掲載した。

Duisburg より Elbe に到る水路延長は 475 km であつて工費は 6 億 5 千萬マルクであつた。但し新舊マルクの價値の相異に注意すべきで古い時代のもの程大なる購買力を有してゐた。Mittelland 運河には 20ヶ所の安全扉、300 以上の伏越、暗渠、76 の鉄道橋、387 の道路橋がある。全運河を通じて閘門及昇降裝置の數が少いのが特に目立つてゐる。船は Rhein 河から

圖-68. Mittelland 運河縦断圖及横断圖



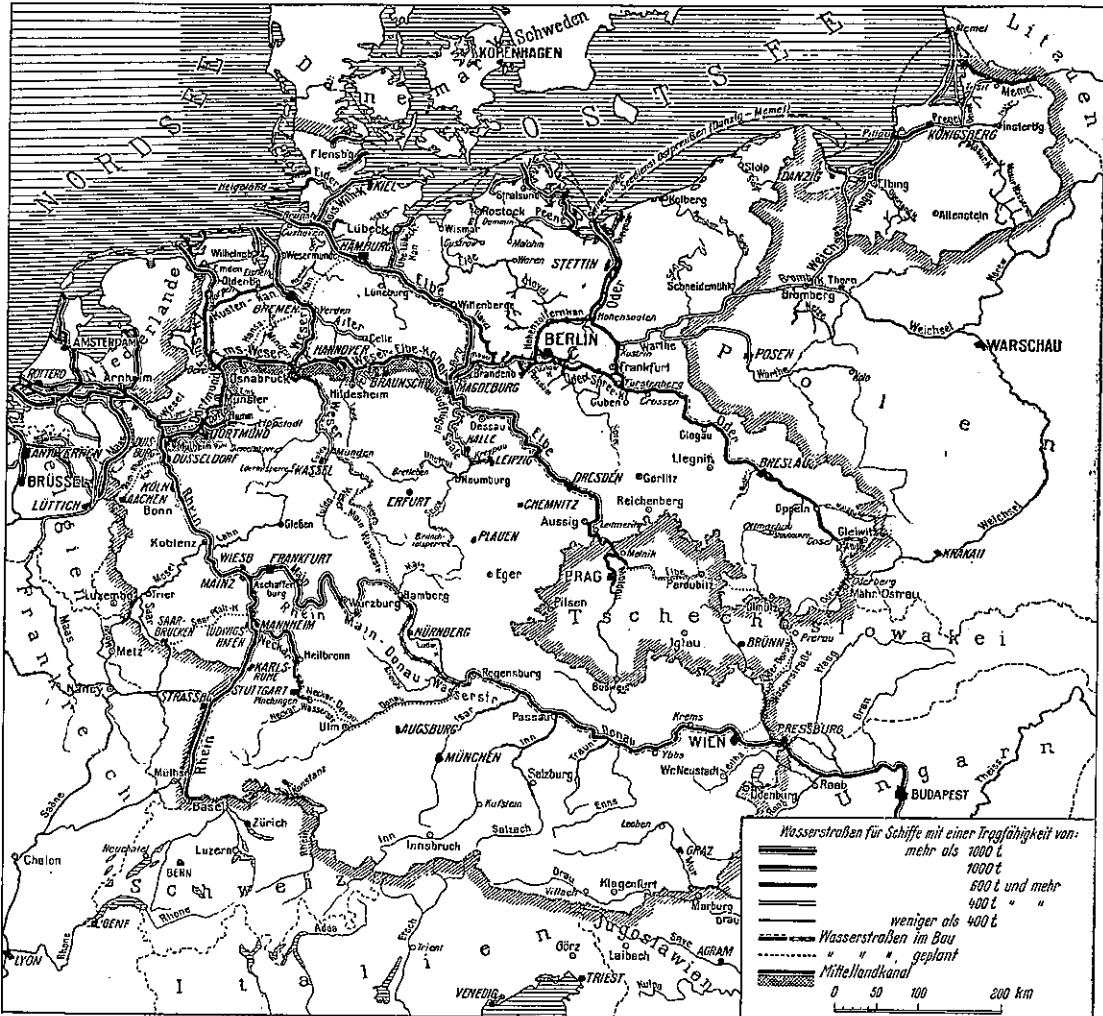
Rhein-Herne 運河の 7ヶ所の開門を通過して Dortmund-Ems 運河の水位に迄昇つて仕舞へば此處から開拓地の縁を通過して Hannover に到る間には僅かに Munster の開門があるのみで、それより Elbe 河に到るにしても Anderten と Sulfeld の開門と Rothensee の昇降装置 (Hebewerk) を使用すれば良いのである。開門等の数を少なくする爲には深い掘鑿と高い堰が必要となり建設に當つては非常に困難を伴ひ出来上つてからは又操作に特別な注意を要するのであるが然しながら船に對しては非常に都合の良い水路となつた。

建設技術と交通とが此の半世紀に長足の進歩を遂げた爲に Mittelland 運河の東の部分が開通する様になつて、50 年前に完成した西側の部分が最早や全要求を

満足し得なくなつた。Dortmund-Ems 運河は當時 600 ~ 700t の船に對して開設された。その後間もなく Hannover に到る Ems-Weser 運河が出来たが之は増補工事で水面を 50 cm 上げ、それに依つて 1000t 迄の船が航行出来る様に断面を増大し得る餘地を既に備へて置いた。Hannover より東の部分は最初から 1000t が設計の基準になつた。Dortmund-Ems 運河の擴張工事、Ems-Weser 運河の水位上昇工事は着手されてから大分になり 1941 年には竣工する豫定である。竣工後は 1000t の船が吃水 2m で Rhein から Elbe に通航出来る。それ迄は吃水は 1.8 m 以下でなければならぬ。

昇降装置のある Rothensee の降下運河は當分は

圖-69. 獨逸に於ける運河網



Mittelland 運河と Elbe 河及東方とを結ぶ唯一の連絡路であるが將來は Magdeburg と Elbe 河上流及 Saale 河への交通のみに限られなければならない。併し現在 Hohenwarthe で建設中の Elbe 河を越す大運河橋が完成する迄は (後約 3.5 年かゝる見込) その他の交通も一度 Elbe 河に出る爲に此の昇降装置を使はなければならない。更に東へ行く船は Elbe 河を 10 km 程航行した後新設された Niegripp 閘門を通過して Ible 運河, Plauer 運河に入る。之等の運河は大戦後徹底的に擴張され、1,000 t の船を通航せしむる事が出来る様になつた。

Elbe-Havel 運河に接続する東方 Berlin 迄の水路は 1,000 t の船を通航せしめる必要に迫られてゐる。然しながら重要な交通の円滑な發達の爲には Spandan と Berlin 水路區域に於ける改良工事が必要である。之は既に非常に力を入れて工事に着手し首都の都市計畫の変更と關聯して遂行されつゝある。

Mittelland 運河の開通は獨逸の水運に一変革を來した。之に接続する區域の船舶は全く自由に移航する事が出来る様になつた。Elbe 河と Oder 河の船は洪水期には荷を減じなければならぬ事を顧慮して大部分通航を控へなければならなかつたのであるが、これからは貨物を西方に輸送するであらう。

舊水路にも新しい航路が強ひられる様になつた。例へば Saale 河の如きはその一例である。Saale 河は百餘年以前から上流 Naumburg の近くの Unstrut 河の合流點迄運河化されたが甚だ不完全なものであつた。固定堰に依る背水は充分閘門よりその上の閘門まで達しなかつた。従つて流量の少い時は船の吃水は非常に制限された。Bleiloch 貯水堰堤があるが之は Saale 河の餘水を貯溜して Elbe 河で必要となつた時放水しなければならぬので Saale 河の航行には本質的影響を及ぼさない。合流點より上に在る閘門は 400 t の平底船を、それより上に在る閘門は 200 t の平底船を夫々通過せしむる事が出来る。閘室の位置が悪く而も非常に狭い爲に閘門の操作は非常に阻害されてゐるが、又下流閘門閘が高い事も低水期には障害となつてゐる。従つて夏期には 2, 3 の閘門で通過が制限される爲に結局全航路の交通量が制限される結果となる。最近交通量も略々大戦前の状態に復舊した。茲に現在行はれてゐる Saale 河の合流點より Leipzig への運河の分岐點である Kreypau に到る迄の新運河化工事が急がれてゐる理由がある。最初は然しながら主運河に莫大な工費

を要する爲と Südfügel (Saale 河合流點より Leipzig に到る運河化工事) に對する國會の意向とより Mittelland 運河の一部である Südfügel に關する工事は見合はさなければならなかつた。1932 年になつて始めて政府管轄下の最初の工事計畫で Saale 河に關する工事の開始が出来る様になつた。然しながら資金、勞力、材料共に缺乏して居たのでそれ以來豫期の進捗を見るに到らなかつた。將來完全に運河化された場合には 10 ヶ所の閘門が出来る筈であるが、其の中 1 ヶ所は操作して居り 2 ヶ所は殆ど完成し 7 分通り完成したものが 2 ヶ所ある。其の他は本格的な仕事は未だやつて居ない。彎曲の著しい Saale 河は既に數箇所で捷水路を開鑿して直線化し其の爲により大型の船舶を航行せしむる様になつた。Leipzig への運河は Wüstenutzsch 閘門まで工事が進んでゐる。此の運河の開通は Saale 河の工事の竣工と同じ頃であつて 1943 年の豫定である。

道 路

(95) コンクリート舗裝の接目試験

“Concrete Paving Joint Test Section constructed on California Highway.” West. Const. News, Dec. 1938, p. 432-435.
中谷茂壽抄

特許を受けたコンクリート舗裝の接目と、各州の道路課及各技術者達により考案された 40 種類に達する接目の試験をする爲、280 ヶ所の試験接目が施工された。場所は California 州の中央平野にして國道 99 號である。

此の國道は從來は 2 車道であつたが今回新しく 2 車道々路を其の側に新設して 1 方道路とし、2 道路の間隔は兩道の舗裝端間に 21 呎の緑地帯を設けるものである。新設道路は 11 及 12 呎の 2 車道有效幅員にして其の兩側に各 7 呎の路肩を設ける。

新設道路の總延長は 5.7 哩であるが、其の 1 哩部分に今回の試験接目を施工したのであつた。試験接目は右側の車道即ち 11 呎の車道に設け、左側の 12 呎車道は接目を設けず 0.17 吋厚のアスファルトコンクリートの表裝を施行した。

接目は次の 3 種に大別される (1) load transfer 型、(2) 伸張接目充填型、(3) 收縮接目型。load transfer 型として試験に使用したものは皆同じ理論に立脚したもので、單に使用材料に異なるものが使用されてゐるに過ぎない。California 州の標準 load transfer 型は 9 個の 3/4 吋径、24 吋長の合釘を有するもので、主として

此の型を使用したのであるが、他の型の load transfer 型の接目はこれとの比較を得る爲に施工したのであつた。

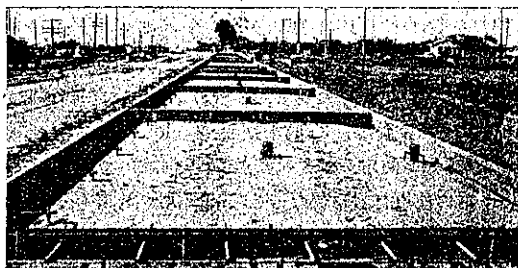
表-1. 試験に使用したる接目表

1. load transfer 型	
標準合釘…9 合釘, 直径 3/4 吋, 長 24 吋	
甚標準合釘…5 合釘, 3/4×24 吋	
種々なる合釘の間隔…11 合釘, 3/4×24 吋	
端を厚くしたものを…無鉄筋にして厚 2 1/2 吋増	
單に床版間に紙を入れたもの	
金屬アンカーを有する鋼板を有するもの	
New Jersey…溝形	
National Wing…アンカー柄を有する 3/4 吋のピン	
J-Bars…同上	
Translode…山形鋼	
Calode…アンカー柄を有する 3/4 吋ピン	
National Engineering	
Hewes	
Cal…荷重を転送せず	
2. 伸張接目充填型	3. 収縮接目型
標準	標準
Illinois—GM 1 000 型	Illinois—C 2 000 型
Ace	Ace
New Jersey	Crosslode
Translode	Translode
National	Hewes
Cal—E 型	Cal—C 型

load transfer 型の多くは合釘又はピンを使用してゐる。合釘もピンも径は大体 3/4 吋であるが、長さは合釘は 24 吋、ピンは 10 吋である。試験に使用した New Jersey 接目は合釘の代りに小溝型鋼を使用して居り、他に山形鋼を使用したものもある。2 種の接目は鉄筋も入れず又型鋼を以て支持しないで、單に床版の接目端を 2 1/2 吋だけ厚くしてゐる。此の端を厚くした型式の 1 つは接目に單に紙を使用して居り、他の 1 つは金屬ホルダーを有する鋼製のシールが使用されてゐる。

伸張接目充填型は普通異なる種類の瀝青充填物を使用してゐるが、或ものは接目を開いたまゝとして居るものもあり、又金屬製の充填物を使用したものもある。1 つの型では金屬製の箱を接目に設置した。伸張接目を施工するにあつては種々異なる間隔が使用された。収

図-70. 試験装置



縮接目は伸張接目と同様に施行したが異なる點は空間を設けず床版を続けて施工した事である。接目の間隔は、伸張接目では 60 呎、収縮接目では 20 呎であつた。

是等の試験接目の成績を知る目的の下に、連結機と栓を有する 3 吋の突起を図-70 の如くに設置した。

栓は何時でも抜ける様にし床版の下の濕氣の状態や load transfer 型の試験に於ける力の記録を見る事が出来る様にした。或る栓には thermo-couples を設置し、又或ものには眞鍮の栓を附して伸張を測定する事が出来る様にした。試験の結論を得るまでには制限荷重を通過せしめて、道床の変化を研究する爲相當長期間に亙り測定が行はれる筈である。

請負人は州技術員の監督の下に丁寧に施工した。試験接目を有する個所の道床は其の密度が一樣になる様に特別に注意

して施工した。地下水を防止する爲路面下 1 1/2 呎に E 級のアスファルトの防水劑を使用した。此の防水劑を使用した結果種々の不便も發生した。即ち防水劑を塗布し其の上の道床が完成されたが未だ鋪装をしない前に

図-71. 試験に使用したる 40 種類の接目の中の 7 例を示す。(1) New Jersey 伸張接目, (2) エイス伸張接目, (3) California 型伸張接目, (4) トランスロード伸張接目, (5) 聯邦技術的伸張接目, (6) 9 合釘を有する Illinois 伸張接目, (7) クロスロード収縮接目。

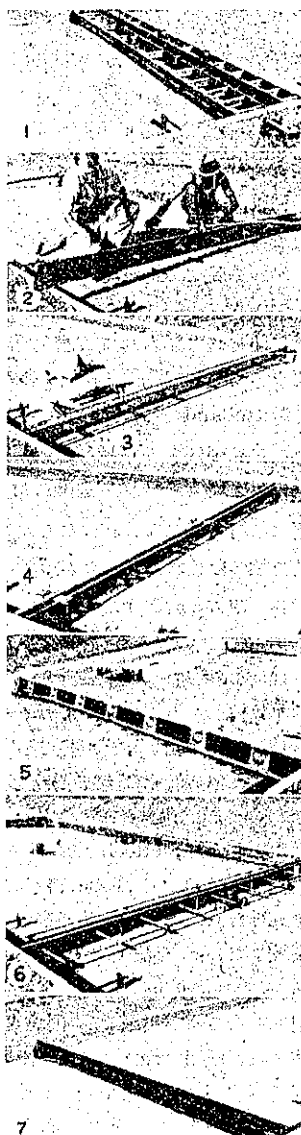


図-72. 作業中の Tamper 及 Strike-offscreened.

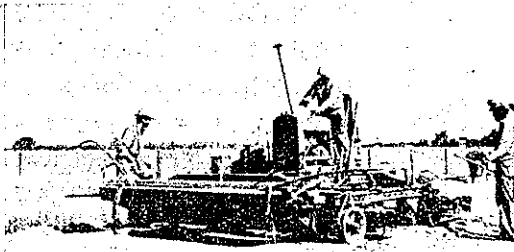


図-73. 機械的 front 仕上機であり、下図を以て完成する譯である

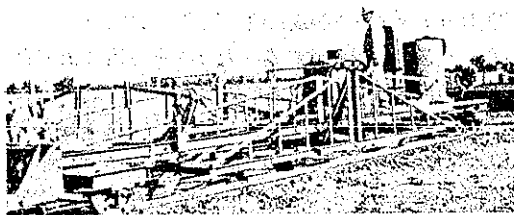


図-74. 道路舗装コンクリート施工は普通の場合よりは一寸能率が悪かった。接目の傍を施工する時には正しい位置に接目材料を設置する様に注意が行はれた。



降雨があり、道床の排水が出来ず、コンクリートが長らく打てない事があつた。又盛土は時として水中より掘鑿したものを使用した爲降雨の際と同様の結果を來した。

混合作業場から舗装コンクリート施工機までは 8 yd³ トラックを以て運搬し、1 日に 1 yd³ 舗装施工機を以て 1 日に 470 yd³ の施工をした。2 臺の路面仕上機を使用した。

(96) 南 Pennsylvania の賃取道路工事

“Work starts on South Penn. Toll Road.”
E. N. R. January 5, 1939, p. 27~29.
吉岡英文抄

概説 Pennsylvania 賃取道路委員會では 50 年前
で拋棄された鉄道計畫の坂道及隧道を使用して、Har-

risburg-Pittsburgh 間延長 161 哩に亘る此の州最初の
大賃取道路工事を開始した。新道路は 10 呎の分割帯に
依つて分離された對向車線を形成し、1 車線幅 12 呎の
4 車線構造で、道路建設上に決定的示唆を與へるもので
ある。沿線の 8 隧道は幅員 28 呎の車道を有し煉瓦舗
装である。此の道路は現在の道路に比して低勾配及緩
曲線を爲し、自動車の運転費を軽減し、加ふるに安全性
を確保するが故に、其の通行税の収益が豫算 60 000 000
弗以上に達する交通を來す事が期待されて居る。此の
工事は P. W. A. の要求に副ふ爲建設を急ぎ、全計畫は
1940 年 6 月中に完成の豫定である。斯くして、豫算
60 000 000 弗の大計畫が夢想より現實へと着々変化し
て居るのである。

新道路 南 Pennsylvania 道路は Lincoln 道路に
臨める Pittsburgh の東方 20 哩の Irwin より發し、
Harrisburg の西方 15 哩の Middlesex 迄東に向ひ蜿
延 160.8 哩続き、市街地を貫通せず沿線の總べての町を
外して居るのである。賃取路は兩端及沿線上 8 箇所即
ち分岐道とかクロバー 葉型の交叉道を有する大道路と
の交叉點に設置される。無論凡ての鉄道交叉は回避さ
れるのである。此の道路建設者の頭痛の種は交通量の
少い小道路との交叉である。地方當局者と完全に意見
の一致を見ない小道路は新道路の上方或は下方に通さ
れる。散在せる土地の買収費が地下通過費を超過する
場所では農園交叉は地下道になる。道路權は一般に幅
員 200 呎であり、其の決定區域内の通行は拒否される。
其の道路權の多くは該路線の認可權を有して居た鉄道
會社から獲得したものであるが賣却されたり、原所有者
に復歸したものは再び買収する必要があつた (図-75、
76)。

勾配は現在道路の 8~9% に比較すると 3% 或は夫れ

図-75. 50 年前南 Pennsylvania 鉄道は鉄道建設に於ける新模範
を示した。1897 年の撮影にかゝる此の寫眞は Rays Hill 隧道の
入口を示して居る。前景左側の人はこの計畫に約 2 000 000 弗投
資したと報ぜられる Andrew Carnegie である。

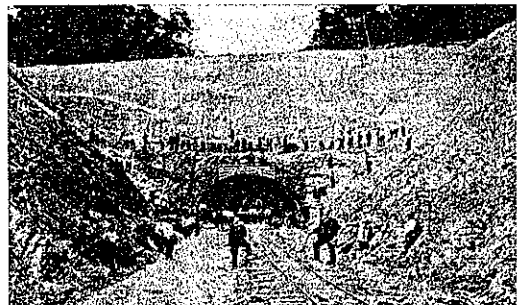
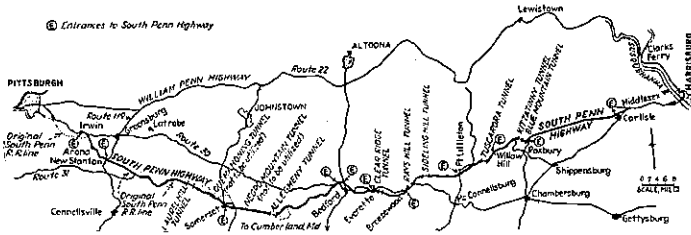


図-76. 抛棄された南 Pennsylvania 鉄道線に沿つた南 Pennsylvania 道路は Harrisburg-Pittsburgh 間の距離を短縮し勾配と線形を著しく改良するものである。



以下である。之等の低勾配はトラックの運動速度を著しく増加することを期待されて居る。Pittsburgh-Harrisburg 間の高原地帯を横断する際の新路線垂直距離は舊路線に於ける 14 000 呎に比して 4 000 呎である。現在線は頗る多数の急曲線を有して居るが、新路線上大抵の曲線は 4° 以下であり 6° 以上のものは 1 つも無い。總べての曲線は螺旋形を爲し、60 m.p.h. に對し片勾配を付けて居るが速度限界は無い。片勾配は $2^\circ 30'$ の曲線に於て 1 呎に付 1 吋から 4° の曲線に於て $1\frac{1}{2}$ 吋迄の範囲にある。

新道路は最初 3 車線の車道を有する隧道内を除いては 4 車線である。若し必要なれば將來平行隧道が設備される筈である。車道の代表的横断面は図-77 に示される。地方状況に応じてコンクリート舗装或は可撓性

図-77. 新道路は 4 車線分割舗装に爲す予定である。此處に示した 2 つの型は地方状況に応じて使用する。

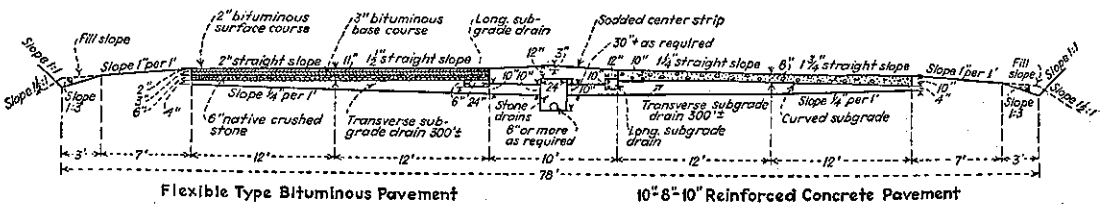
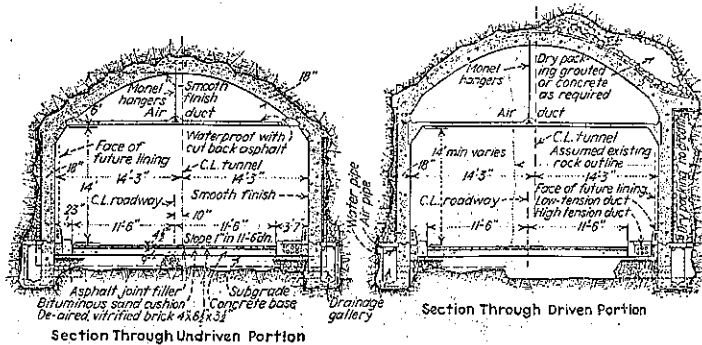


図-78. 隧道断面は舊鉄道穿壁断面に依り課せられた特殊の状況に応じて変化する。此の断面は未だ試験的のものである。



瀝青舗装の何れかが使用される。瀝青舗装は新填塞箇所、橋梁取付箇所等沈下の起りさうな所に使用し、各舗装は適所に応用されるのである。

小橋梁上では車道幅を狭めないが、支間 45 呎の構造物上及幅 10 呎の細道を通ずる所では 4 呎に減ぜられ、円形面を有する低コンクリート縁石に依り分離される。

長さ 200~800 呎、高さ 40~90 呎の 6 大橋梁がある。小橋梁物は暗渠を除いて總數 65 箇である。原暗渠は大抵石造であり、多くは擴張して使用する事が出来る。新暗渠はコンクリート製或は波形鉄管である。

一般に鉄道の位置は道路線の大きな融通性に依り生じた路線地図(図-76)に見られる如く小変化はあるが、殆ど道路と一致して進行して居る。2 大変化は隧道數を 8 つに減ずる Quemahoning 及 Negro Mountain 兩隧道の除去である。Quemahoning 隧道の代りに深い切取を用ひる。残餘の隧道は延長 1 110~6 662 呎の間にあり、總延長 6.96 哩に及んで居る。此の哩數の中 4.23 哩は鉄道會社に依り單線幅或は複線幅に掘鑿された。之等を總べて 2 車線幅にするには 690 000 立方碼の掘鑿を必要とするのである。

図-78 に示された試験的隧道断面は注目すべきものである。其の全幅は 28 呎 6 吋で車道(幅員 11 呎 6 吋) 2 線と歩道 1 線を有して居る。舗装は New York の Lincoln 隧道に於けるが如く煉瓦舗装である。換氣の爲新鮮な空氣が各入口の上部導坑に圧入され、天井口を通つて隧道内に供給される。隧道内は明るくされるが外の道路程明るくはない。

隧道の穿鑿、裏張、及舗装は支拂線以上の破壊を著しく減少すると信じ

られる様な一階負に委せる豫定である。技術者は一階負の下に各隧道内の全工事を施工せしめる事に依り一層完全に且つスピードアップする事が出来ると信じて居る。岩石状態の全報告が得られ、仕様書の準備が整ふと直ちに隧道の入札が開始される。恐らくそれは冬の終り頃になるであらう。路線各所には多数の坂道が存在し、其の1哩に付 300 000 立方碼の地均しを必要とする。それ故に坂道請負は竣工を急ぐ爲、限定延長があるのである。最初の2つの契約部分は長さ10哩である。

鉄道線上の堤防は單線に作られたので現在の河岸を餘程擴大する必要がある。又可成不等沈下を少くする爲、現在の河岸を掘き取り、新填充個所に對し適當な支持力を與へるやう法面に切目を附ける必要がある。新河岸は輾圧土或は岩石で作られ土層厚さ8吋以上にはしない。

交通量の研究 道路に對する可能交通量の大規模な研究は New York の Parsons, Klapp, Brinckerhoff 及 Douglas に依つて行はれ、Baltimore の J. E. Greiner 會社に依り調査訂正された。現在の交通量は 1937 年に 30, 22, 40, 6 及 20 の路線に於て 3 500 000 臺を示した。此の中 1 470 000 臺を残し 2 030 000 臺は新賃取道路に對して見込みが無いので除外された。普通に發展したもとして概算すると、之は 1941 年中に可能使用數 1 940 400 臺に達する。然し通行税を支拂はぬ事も豫想し 1941 年即ち經營第 1 年に對しては 30% の減少があるもとして正味 1 358 280 臺に見積られたのである。此の數は 1946 年中に 2 000 000 臺以上に増加する事が期待されて居る。

1941 年の状態は次の如く減少する。

Pennsylvania passenger cars	580 000
Foreign passenger cars	420 000
Heavy trucks	180 000
Medium trucks	90 000
Light trucks	20 000
Buses	10 000

通行税は未だ決定して居ないが次表に示すものは顧問技師の推薦にかゝるものである。

表-2. 南 Pennsylvania 道路に對し推薦された通行税

Type of Vehicle	Gross Weight	One-Way Through-Trip
Passenger cars		\$1.50 (Pound trip \$2.00)
Heavy trucks		
Full trailer	Up to 62 000 lb	\$10.00

Semi-trailer	Up to 39 000 lb	7.50
" "	" 30 000 "	6.00
Truck	" 26 000 "	5.00
"	" 22 000 "	4.50
"	" 18 000 "	3.00
Light trucks	" 7 000 "	2.00
" "	" 5 000 "	1.00
Busses		4.00

トラック及客車に對する平均通行税率は全距離通行に付、夫々 4.75 弗及 1.25 弗である。貨取道路の全距離以下の通行に對しての税は客車に對し 1 哩に付 1 仙から、重トラックに對し 1 哩に付 4 仙に迄変化する。

此の表を基準にすれば最初の年に對して總計 2 670 000 弗の所得が見込まれる。それで 10 年目には概算 4 832 000 弗或は平均 4 117 200 弗となる。566 000 弗の經營費を控除して正味 3 551 200 弗或は Pennsylvania 賃取道路委員會 3 $\frac{1}{2}$ % 公債の 35 000 000 弗に於ける年利息の約 5 倍に見積られる。

此の計畫の經營費は概算 60 000 000 弗である。夫は R. F. C. へ 35 000 000 弗超過しない額迄委員會の公債を賣却し、P. W. A. から 26 100 000 弗超過しない額の譲與金を得て充ぜられる豫定である。公債 10 000 000 弗は既に R. F. C. 及私立銀行家を通じて公衆に賣出されて居る。

橋梁及構造物

(97) ボックスガダーの一例

(Clark H. Eldridge, "First Box-Girder Bridge For Washington Highway." West. Const. News, Dec. 1938, p. 443-444. 中谷茂壽抄)

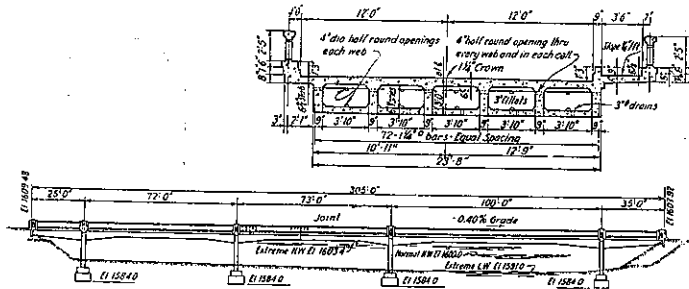
Naches 川橋は Washington 州道路課に於て建設されたボックス桁橋の最初のものである。

本川の洪水位は道路面より 5 呎低いばかりであり、道路は交又點に近く其の勾配を急にすることが出来ない爲ボックス桁以外では架設困難である。即ち充分なる空高を必要とし、又橋の下底面は平滑なる事が次の環境に適してゐた。

此の狀件に依り、図-79 の如く、72, 73 及 100 呎の徑間長と 35 及 25 呎の突桁を有する橋梁を架設する事となつた。

3 徑間のボックス桁の高さは 3 呎にして橋脚では直線のボンチを附し最高桁高は 5 呎である。100 呎徑間では中央の 60 呎は 3 呎高である爲潭山の鉄筋を必要とした。然しボックス桁である爲、上突縁は充分なる圧

図-79. Naches 川橋の断面と側面、100 呎径間に對する浅い 8 呎高のボックス桁、1ヶ所の伸縮継目等を示す。等間隔の主鉄筋配置に注意！



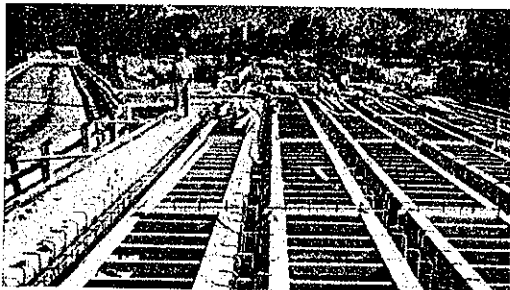
縮断面を有し、底は底床版に依り配筋の爲の充分な断面が得られた。

従来のボックス桁橋は多くは其の鉄筋を垂直隔壁に近く配置したのである。本橋に於ては引張筋は底面に等間隔に配置した。此の結果組立も容易となりボンド応力も 1 層有効に働く事になった。床版の横方向の鉄筋に依り床版と腹壁との結合が得られる。

設計に於て假定する応力分布を破壊する、引張床版に生じる主鉄筋に直角なる龜裂は、主鉄筋を隔壁の近くに纏めて配置した時は垂直隔壁に傳はり中立軸まで達するものと思はれる。故に最も有効に鉄筋が働き施工も容易である點より上記の如き配筋方法を採用したのであつた。主鉄筋は 1 本も曲げ上げる事なく皆直線にして、腹壁の鉄筋は單に肋筋のみである。

橋脚は設計に於て杭打基礎となつておたが試験杭を打つて見た所、地盤は大玉石多くして杭は打込めなかつた爲変更して、杭を除いた。基礎の底面は地面から餘り深くはなかつたが大玉石があり相當苦心をした。グラフでは此の大玉石を動かす得ず、動力ショベルは餘り適當ではなかつた。

図-80. 24 呎幅員のコンクリート施工の爲めの型枠が設置されてゐる。コンクリート施工の第 1 歩は底版と腹壁と上部ホンチ下まで打つ事であつた。第 2 施工で床版と歩道を行つて了つた。



コンクリート打作業は底版と腹壁及床版と歩道の 2 大區分に分れてゐる。腹壁の上部ホンチの直下で施工継手が設けられた。中央径間にある伸縮継手で丁度各 1 日の作業を終了した、即ち底版と腹壁のコンクリート打作業は 2 日を要し、床版のコンクリート打作業も 2 日を要した。

請負金額は 35 793 非にして他の型式に比し大いに節約が出来た。

(98) 1933 年のドイツ國有鉄道橋梁工事

(G. Scharper, "Der Brücken und Ingenieurhochbau der Deutschen Reichsbahn in Jahre 1933." Bautech. 10, Feb. 1939. p. 73-76.)
坂田 中 抄

Zöribiger 道路の Bitterfeld 停車場に於ける跨線橋 (図-81)。

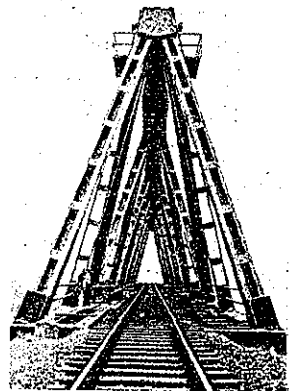
2 径間連続直弦構である。古い橋を架換えたものであるが、もとの橋は間に 4 本の柱があり停車場發展の障害となつて居た。此の新橋は垂直材を有するワレントラスで兩主樑間隔 10 m であり、更に主樑の外側に歩道が出て居る。主樑支間は 2×55.2 m で、中央支柱は障害を少くするため鋼 2 鉸ラーメンである。

図-81. Zöribiger 道路の跨線橋



Lüdinghausen にて Dortmund Ems 運河を横断する單線鉄道橋 (図-82)、此の橋は 3 弦よりなり正面からみて三角形をなす。斜材と垂直材を有する直弦構である。下弦中心間隔 7 m、上弦と下弦平面との垂直距離 13 m、横桁間隔 7.5 m である。長径間るときは此の新型の橋は通常の 4 弦の物より經濟的であ

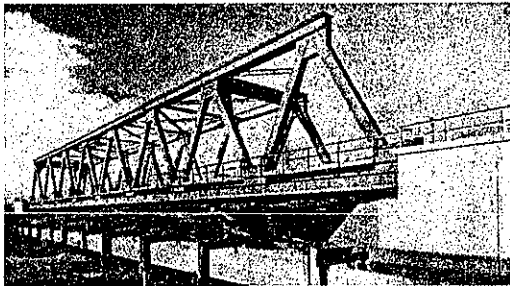
図-82. 3 弦鉄道橋



る。

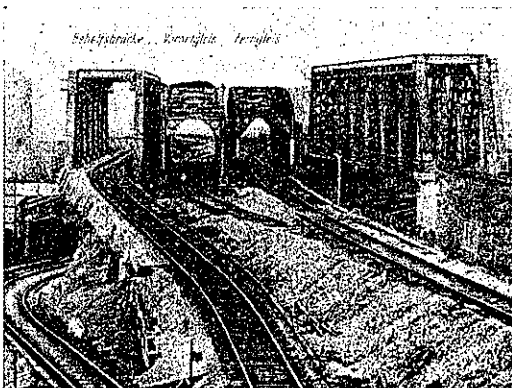
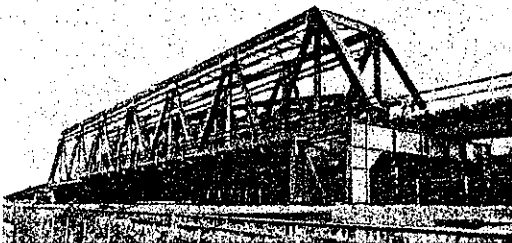
Laband にて Adolf-Hitler 運河を横断する単線鉄道橋(図-83) 垂直材を有せざるワーレン直弦構で極端なる斜橋をなす。1つの主構が他の主構より完全に1径間突き出て居る。垂直材の無いのは極端な斜橋なる故、外観上の見地からである。橋門構は突出せる構の端から第3番目の斜材と、他の構の端部斜材とにより作られる面内にあり、ラーメン橋門構である。

図-83. 極端な鉄道斜橋



Berlin-Oranienburg 鉄道と Berlin-Bernau 鉄道を越える跨線橋(図-84) 郊外線と遠距離線を通す2つの橋梁の架替をなすもので、列車運転をなし乍ら工事をなすには次の如き方法によつた。郊外線用の古い橋の左方

図-84.



に郊外線用新橋が假支柱上に作られる(図-84)。郊外線は此の新橋の上に移し替えられ、且つ又遠距離線は郊外線用の古い橋の上を通せしめられる。遠距離線用の古い橋は取り除いて同一の位置にて新橋に架替へられる。

遠距離線が再び此の新橋の上に戻された時、郊外線の古い橋は取除かれ此の位置に左方の新橋が移される(図-84 下)。

Wilhelmshöher Allee の Kassel 驛に於ける跨線橋(図-85)。

見透しのため、中間に支柱を立て得ず、且つ桁の高さも制限されて居り、又美観のため上路橋を選ぶ關係上、鋼鉄2鉸ラーメンが用ひられた。

支間 294 m の 12 個のラーメンより成り、桁の高さ 0.85 m である。上部構造は全部溶接を用ひた。車道幅員 12 m、之が左右に 3 m 幅員の歩道があり、車道は鉄筋コンクリート床版である。橋臺は赤い砂岩で覆はれて居る。

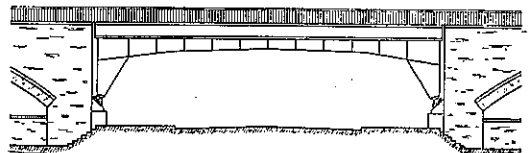
図-85. 鉄道上の2鉸ラーメン橋



ベルリン市街鉄道が Altonaer 街路を横断する跨線橋(図-86)。

2鉸ラーメン桁で支間 19.8 m である。沓の鉸は歩道上 1.5 m にある。

図-86. 道路上の2鉸ラーメン橋



Kant 道路が市街鉄道を横断する跨線橋(図-87)。

2径間連続鋼桁橋で、支間 2×25.2 m である。中間支柱は溶接である。

Manckensenstraße を横断する跨道橋(図-88)。

支間 21.25 m の鋼桁よりなる単線鉄道橋である。各部構造は近代美術要求に合致するものである。

図-87. 連続鉄桁跨線橋

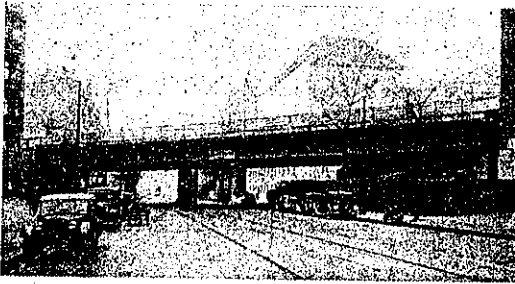
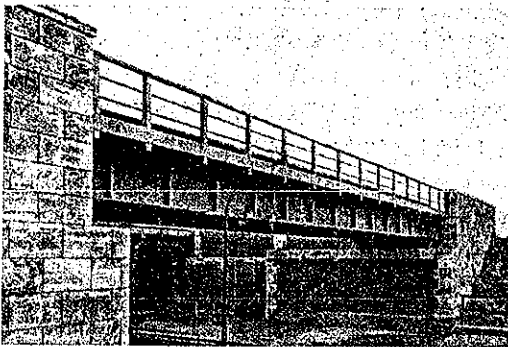


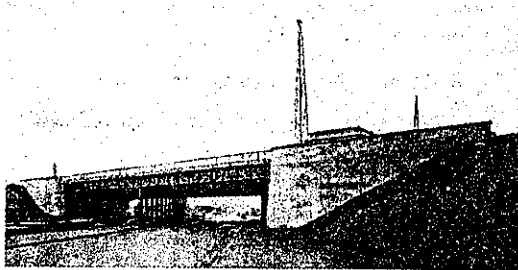
図-88. 鉄桁跨道橋



Nürnberg 鉄道の Allersberger 道路に於ける跨道橋(図-89)。

13 の連続鉄桁よりなる上路橋なり。中間支柱は熔接である。支間は 2×24 m で、車道には凹鉄が用ひられた。橋臺並に翼壁は細かく小叩きされた美しい砂岩で覆はれて居る。橋の側部の建物も同様の石で覆はれて居り、此の建物の下部は隣りの橋臺と接続して凹い翼壁をなして居る(図-89)。

図-89. 熔接跨道橋



(99) 高架道路に於ける長径間繫拱

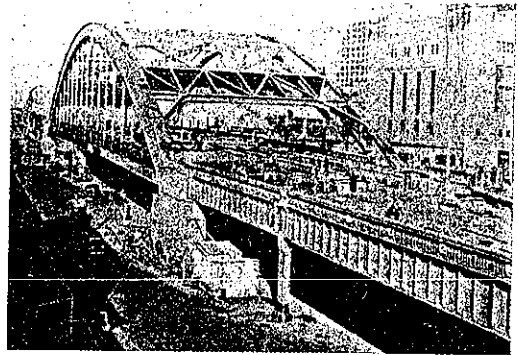
J. M. Friedland, "Long Span Tied Arch in Elevated Highway." E. N. R. Feb. 16, 1939, p. 68~70.

坂田中抄

此の橋は New York 市, West Side の高架道路が

Canal St. を横切るもので地獄的特殊性と構造上よりみて興味あるものである。即ち大なる幅員, 拱肋, 吊材, 繫材, 基礎等は異色あるものである。此の場所は街路交差点で交通繁雑なので 1 径間で渡る必要があつたので、他の箇所は鉄桁橋で作られたが本箇所には鉄拱が用ひらるゝことゝなつた。

図-90. 全 景



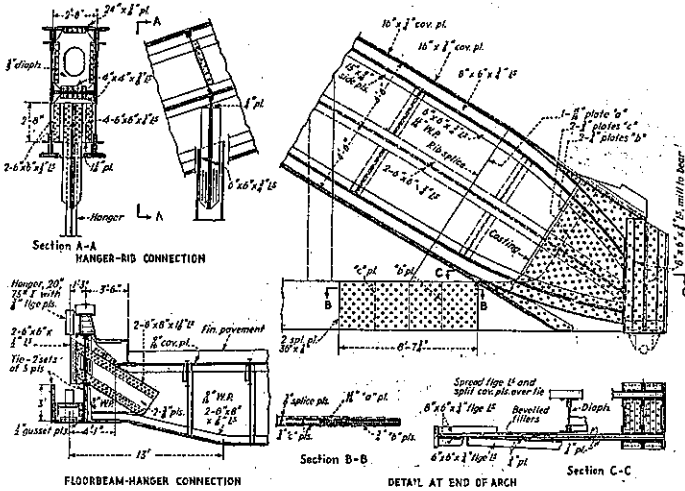
基礎 支間 360 呎で交通は兩方向に分たれ、各々 3 車線であり拱肋間隔 82 呎である。基礎には拱の各端に於て 7×34 呎の橋脚が用ひられた。南側の 2 個の橋脚は鉄筋コンクリート基礎盤上に作られてゐる。此の基礎盤は直径 18 呎で中にコンクリートを詰めた鉄桁上に支持されて居り且つ又互ひに 3×6 呎の鉄筋コンクリート繫材にて連絡されて居る。北側の 2 つの橋脚は Holland トンネル上にある關係上拱は用ひ得ぬ故、各々の橋脚は 2 個の鉄製潜函上に支持された。此の潜函は直径 10 呎、及 9 呎、中心間隔 16 呎で南北方向に置かれて居る。圧搾空気を用ひて 90 呎の深さの岩盤まで沈められた。以上の北側基礎の 4 個の潜函はコンクリートの K-brace で互ひに横方向に連結されてゐる。

主なる構造上の要素 橋梁は總て炭素鋼で作られてゐる。支間 360 呎、拱矢 61 呎 6 吋の拋物線形の拱肋は H 型断面にして、高さは拱頂にて 7 呎、起點にて 9 呎である。

各繫材とも 5 枚の鉄の集成断面 2 組よりなり、各組の断面の大き $36 \times 3\frac{1}{2}$ 吋である。繫材には 18 吋の反りが與へられて居る。之により拱肋と繫材との間の拱矢は 60 呎である。繫材の集成断面は拱肋腹鉄と同一面内にあり、且つ端部にて腹鉄と一緒になつて居るから応力分布に於て眼棒とピンを用ひるより遙かに分布がよく且つ外観もよい。

繫材並に床桁は 20 呎間隔にて個々別々に I ビーム

図-91. 構造詳細



の吊材により吊られてゐる。吊材は上端にてJ組の4山形鋼により拱肋中の隔板に連結されて居る。之によりピンを用ひることなく柔軟性が得られる。床桁は長さ81呎10吋、中央高さ7呎、1個の重さ26噸にして20呎間隔に入れられて居る。縦桁は5呎間隔に置かれ高さ2呎で重さ78.8封度である。拱の応力を受けない様に格点2番目ごとに床桁との間に移動支點を有する。

拱の北側の端部反力は6吋のピンにより鑄鋼製承臺に伝えられる。南側端部即可動端は直径12吋、長さ4呎の9個のローラーが用ひられた。

上部横構のK-systemは溝形鋼と山形鋼接工よりなる箱形桁により形成されて居る。40呎間隔に拱肋と連絡する。橋門構は高さ20呎の鉸桁よりなり、2番目と3番目吊材の間を占めて居る。

拱肋端の横方向曲げモーメントを最少にするため隅控が橋門鉸桁から下に限界の許す限り延びて居る。又下部横構は各格間に2つの斜材を有し、此の斜材は8×8吋の山形鋼にして張力のみ耐える。

設計上の考慮 衝撃をも入れてJ車線1呎あたり933封度の換算等分布荷重が用ひられた。1つの拱に對し1呎あたり鋼重6000封度、道路面の重さ5600封度、

図-92. 細部構造



合計11600封度である。許容応力は死、活、兩荷重、又温度応力を入れて圧応力15000-301/r、又張応力は繫材純断面に對して18000封度である。風荷重を考える時は上の応力に25%を増す。吊材の設計には死荷重全部と活荷重の150%が用ひられた。25封度/平方呎の風圧が吊材側面に働くときでも後継張力が3000封度/平方吋を越えぬ様に設計された。

橋臺の最大垂直反力は2750000封度にして、繫材の最大張力は3900000封度である。若し繫材と拱肋をピン結合としたとせばピンの大きさも、又繫材の大きさ、厚さも更に大

になす必要があつたであらう。

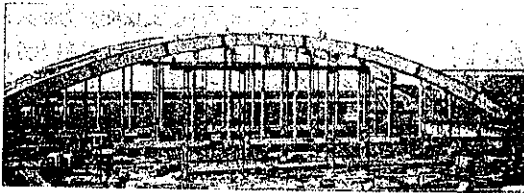
吊材の延びは繫材の撓みを拱肋のそれより幾分大きくなす。此のことは拱の中央では大して重要でないが、然し端部に於ては、繫材中に大きな2次応力が吊材個所に生ずる。此のため端の吊材は繫材に連結されて居ない。

橋梁幅員の非常に大きいことにより、横方向温度変化に對する考慮といふことが最初問題となつた。然し計算の結果は次のことを示した。即ち一方では長い杭に、又他方では長いピアの上に載る基礎自身が或程度の柔軟性を有すると考えられた。1/6吋位の変移は支承並に構造物に餘分の応力を起さぬ。

繫材を短くしたこと 拱自身の死荷重推力は繫材に1½吋の延びを生じ且つ拱肋は約1吋縮む。即ち拱端部の全相對的の擴がりは2½吋である。斯かる全体の形の変化が拱肋の撓みを伴ひ此の値は橋臺にて0、拱頂にて3½吋である。且つ拱肋に3000封度/平方吋、繫材に1200封度/平方吋の曲げ応力を起す。然し之は築造中2反對応力を生ずることにより消去し得る。此のため繫材は360呎より1½吋短くし拱肋は1吋だけ長くなされた。

築造には先づ横構、橋門構が鉸結され、次いで繫材中の中央添接鉸以外の他の添接鉸が鉸結される。中央添接鉸個所には2½吋の空隙が残される。次に支保工を取除いて全死荷重がかゝつた時、拱の起すと思はれる撓みの量だけ拱は上げられる。次いで繫材を2½吋だけ引張り之により中央の空隙をとどて鉸結する。

図-93. 架設中の本橋

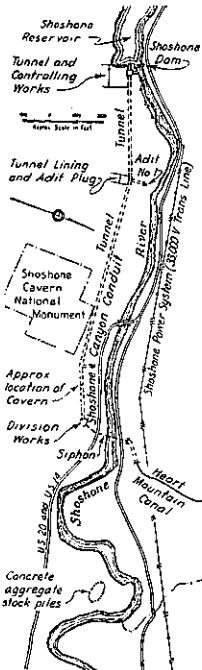


(100) Shoshone 利水計畫のコンクリート橋

T. J. Noland, Jr. "Concrete Flume Bridges 140-ft. Cave In Tunnel on the Shoshone Project" West. Const. News Dec. 1938. p. 427-430. 中谷茂壽抄

Shoshone 利水計畫の水路は種々の天然の大洞窟のある地方の爲隧道内に樋を作つて水を通す必要があつた。隧道を開鑿するにあつて主として CO₂ や SO₂ よりなる有毒瓦斯が噴出し 2 名の労働者が死亡した程であつた。或る部分では硫黄岩があり煙草の火から火災を起した事もあつた。温泉も湧出し殊に沸騰してゐるものもあつた。斯かる状態の地方として其の隧道内の湧水は弱硫酸を形成してゐた。

図-94. Shoshone 水路 Wyoming 州 Cody の西方約 7 哩の Shoshone 堰堤の近くより發し、河の南岸に河に沿つて 2.8 哩を隧道で連らぬ。



Shoshone 利水計畫は給水を目的とし黄石公園に近い Wyoming 州北西部に位置する Shoshone 谷に建設されてゐる。

本計畫の主要部分たる Shoshone 堰堤は 1910 年に完成して居りコンクリート拱式であり高さ 328 呎ある。此の貯水量は 456 600 英町呎に達する。Shoshone 水路は此の堰堤からの水を河の北側なる Heart 山脈分水路に通す目的の爲めに建設される。水路は延長 2.8 哩、容量 1 200 sec. ft. あり、最初の 0.8 哩は花崗岩地帯にして次の 0.8 哩は砂岩、最後の 1.2 哩は石灰石である。

水路は隧道を以てする事となり 12×12 呎のコンクリート表装をした馬蹄形を採用した。隧道の掘鑿は 140 呎の大洞窟に遭遇して困難になつた。此の洞窟は隧道の位置より上下約 40 呎の高さに達し其のままの形では貫通出来ず、爲めに鉄筋コンクリートの樋を以て橋を作り、140 呎 2 径間で互る事とした。此の樋は 50 呎の高さの橋脚を中央に有し、両端に 6 呎と 15 呎高さの

隧道掘鑿中に際會した洞窟を渡る 140 呎コンクリート橋の配筋。

図-95. 隧道掘鑿中に際會した洞窟を渡る 140 呎コンクリート橋の配筋。



図-96. 140 呎鉄筋コンクリート橋の断面図。

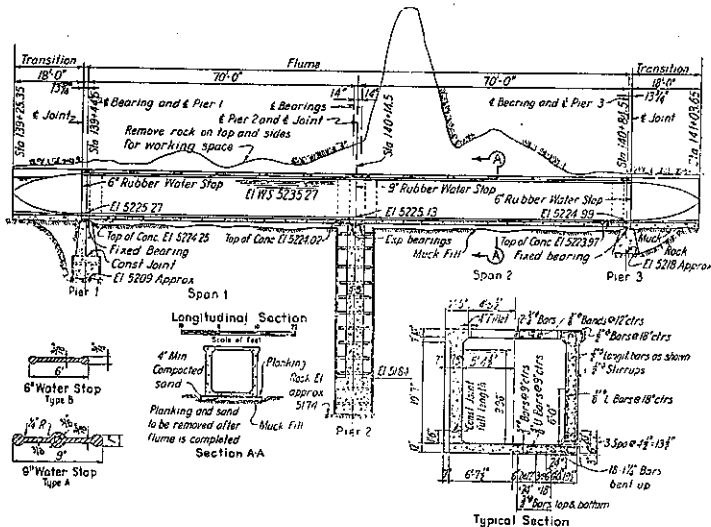
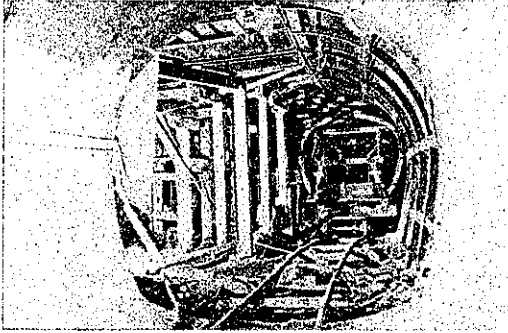


図-97. コンクリート隧道の表装と 10 呎鉄製型枠



橋臺を以て支持される。

断面は深さ 12 呎幅員 10 $\frac{1}{2}$ 呎にして両側の厚さは 15 吋底版は 12 吋厚である。鉄筋は充分にして小龜裂の發生を防止した。

全断面は 1 回に掘鑿したが、穿孔は 6 ドリルで行はれた。最初は乾燥式穿孔を行つたが硫黄岩に點火したり爆發を起したりした爲、其の後は全部濕穿孔を以てした。

ダイナマイトは皆 440 ボルトの電力を以て點火し、爆

發後は圧搾空氣を以て有毒瓦斯を吹き飛ばし、通風を良くした。

隧道は堰堤の西端から 0.8 哩と 2.8 哩の點より開始し前後方向に向つて掘進した。即ち鑿岩機と搬出車とを交互に使用して前後に向つて掘進んだ爲能率を良くする事が出来た。1937 年 4 月 25 日に始めて火災を起し鑛山技師が呼ばれたが技師が到着する以前に落岩により自然に鎮火した。

コンクリート用骨材は出口から 1 $\frac{1}{2}$ 哩下流から採集したが、セメントは特殊の耐硫黄性ポルトランドセメントを使用した。コンクリートはセメント骨材比は 1:6.2 の重量比にして、水セメント比は 0.56、スランプは 3~4 吋であつた。

コンクリートは最初底部と側壁のハウチ部の上まで打ち其の上に鉄製型枠を取り付け残部のコンクリートを打つた。型枠の長さは 10 呎であつた。

コンクリート表装工事は 1937 年 5 月に始まり 1938 年 7 月に終了した。型枠は普通 36 時間後に取り外し、養生を施した。