

抄録

第 24 卷 第 2 號 昭和 13 年 2 月

応用力学	頁
(16) 運動する柱体に及ぼす流体の力と偶力の一般公式	185
(17) 3 個の支点を有する部材の裡屈及撓	186
(18) 高さの変化する桁の撓度	189
橋梁及構造物	
(19) フィーレンデール熔接橋	191
(20) 橋梁に於ける弱點の發見	192
(21) 横荷重をうける無鉸拱	195
(22) 砂箱による長径間桁の架設	197
(23) 高架コンクリート水槽	199
上下水道	
(24) 浮游法に依る取水管の水底敷設	201
(25) ニューヨークの新下水處理場	202
都市計畫	
(26) 循環式交通廣場の合理的設計	204
鉄道	
(27) サンフランシスコ地下鉄道計畫	206
(28) 軌條の熔接	207
隧道	
(29) Lincoln 隧道の内部塗裝	209

応用力学

(16) 運動する柱体に及ぼす流体の力と
偶力の一般公式

(Rosa M. Morris "Note on Two-Dimensional Potential Theory-V. The Generalized Formula for the Forces and Couples on a Moving Cylinder" Phl. Mag. Sept. 1937.)

二次元的流れの場合に、流れの中にある物体に及ぼす力を計算する方法は色々ある。本文では、非常に簡単にこの力と偶力を求める Blasius の公式の一般化したものを與へてゐる。物体 (勿論 Cylinder と假定す) の x, y 軸に對する速度成分を夫々 u, v とし横断面のこれに垂直な軸の廻りの角速度を ω とする。物体の形を

$$z = z(\xi); \eta = 0 \quad \text{茲に } \xi = \xi + i\eta$$

とし、速度ポテンシャルを ϕ 、流線函數を ψ とし、 $\Omega = \phi + i\psi$ とおく。 p を物体の表面に垂直な圧力とする。物体に働く力の x, y 成分を X, Y とすれば

$$X = - \int_C p dy, \quad Y = \int_C p dx$$

であるから

$$Y + iX = \int_C p d\bar{z}$$

又良く知られてゐる如く

$$p = p_0 - \rho \frac{\partial \phi}{\partial t} - \frac{1}{2} \rho q^2$$

である。 $\Omega = \phi + i\psi, \bar{\Omega} = \phi - i\psi$ から

$$\frac{\partial \Omega}{\partial z} = \frac{\partial \phi}{\partial x} + i \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial z} = \frac{\partial \phi}{\partial x} - i \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

であるから、 $q^2 = \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)^2 = \frac{\partial \Omega}{\partial z} \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial z}$

故に $p = p_0 - \frac{1}{2} \rho \left\{ \frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial t} + \frac{\partial \Omega}{\partial z} \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial z} \right\}$

となる。加速度がなければ動く座標軸に關する條件が不変でなければならないから

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} - u \frac{\partial \phi}{\partial x} - v \frac{\partial \phi}{\partial y} + \omega \left(y \frac{\partial \phi}{\partial x} - x \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) = 0$$

ψ についても同様の式が成立する。その二つの式から

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} = -(w+i\omega z) \frac{\partial \Omega}{\partial z}, \text{ 茲に } w=u+iv$$

$$\text{又 } \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial t} = -(\bar{w}-i\omega \bar{z}) \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{z}}$$

Ω は物体の速度の函数であり且つ circulation の函数でもあるから $\partial \Omega / \partial t$ は上のものに加速度及 circulation の変化に依る項が加はるものである。先づ之等の加速度に依る部分を取り去つて、 p に對して効果を與へるものは

$$\frac{1}{2} \rho \left[(w+i\omega z) \frac{\partial \Omega}{\partial y} + (\bar{w}-i\omega \bar{z}) \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial z} - \frac{\partial \Omega}{\partial z} \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial z} \right]$$

即ち

$$\frac{1}{2} \rho \left[(w+i\omega z)(w-i\omega z) - \left(w+i\omega z - \frac{\partial \Omega}{\partial z} \right) \left(\bar{w}-i\omega \bar{z} - \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{z}} \right) \right]$$

であるから

$$2(Y+iX)/\rho = \int_c (w+i\omega z)(w-i\omega \bar{z}) l \bar{z} - \int_c \left(w+i\omega z - \frac{\partial \Omega}{\partial z} \right) \left(\bar{w}-i\omega \bar{z} - \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{z}} \right) d\bar{z}$$

處が、境界の處の流れは切線方向であるから

$$\frac{u-\omega y - \frac{\partial \phi}{\partial x}}{dx} = \frac{v+\omega x - \frac{\partial \phi}{\partial y}}{dy} = \frac{w+i\omega z - \frac{\partial \Omega}{\partial z}}{dz} = \frac{\bar{w}-i\omega \bar{z} - \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{z}}}{d\bar{z}}$$

であるから

$$2(Y+iX)/\rho = \int_c (w+i\omega z)(w-i\omega \bar{z}) l \bar{z} - \int_c \left(\bar{w}-i\omega \bar{z} - \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{z}} \right)^2 dz$$

同様に偶力 I' は

$$I' = \int_c p(xdx + ydy) = R \int_c pzd\bar{z} = R \left[\frac{1}{2} \rho \left\{ \int_c (w+i\omega z)(w-i\omega \bar{z}) z l \bar{z} - \int_c \left(\bar{w}-i\omega \bar{z} - \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{z}} \right)^2 z l \bar{z} \right\} \right]$$

加速度のある場合に擴張すれば、加速度に依る項は夫

$$Y+iX = -\frac{1}{2} \rho \int_c \left\{ \frac{\partial \Omega}{\partial w} \dot{\omega} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{w}} \dot{\bar{\omega}} + \frac{\partial \Omega}{\partial \bar{w}} \dot{\omega} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial w} \dot{\bar{\omega}} + \frac{\partial \Omega}{\partial \omega} \dot{\omega} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{\omega}} \dot{\bar{\omega}} \right\}$$

$$+ \frac{\partial \Omega}{\partial K} \dot{K} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{K}} \dot{\bar{K}} \Big\} dz$$

$$\Gamma = R \left[-\frac{1}{2} \rho \left\{ \int_c \left(\frac{\partial \Omega}{\partial w} \dot{\omega} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{w}} \dot{\bar{\omega}} + \frac{\partial \Omega}{\partial \bar{w}} \dot{\omega} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial w} \dot{\bar{\omega}} + \frac{\partial \Omega}{\partial \omega} \dot{\omega} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{\omega}} \dot{\bar{\omega}} + \frac{\partial \Omega}{\partial K} \dot{K} + \frac{\partial \bar{\Omega}}{\partial \bar{K}} \dot{\bar{K}} \right) z d\bar{z} \right\} \right]$$

この例として楕円形断面の柱状体が運動する場合をやつて見やう。この場合には

$$z=c \cos(\zeta+i\alpha), \quad \eta=0$$

普通の方法で

$$\Omega = \frac{1}{2} c e^{i\zeta} \{ \bar{\omega} e^{-\alpha} - \omega e^{\alpha} \} - \frac{1}{2} i \omega c^2 e^{2i\zeta} + \frac{K\zeta}{2\pi}$$

が求められる。最初に加速度の項をとれば

$$Y+iX = -\frac{1}{2} \rho c \int_0^{2\pi} \left\{ c \bar{\omega} i \sin(\zeta-i\alpha) - c \bar{\omega} i \sin(\zeta+i\alpha) - \frac{1}{2} \omega c^2 \sin 2\zeta - \frac{K\zeta}{\pi} \right\} \sin(\zeta-i\alpha) l \zeta = -\frac{\pi}{2} \rho c \left\{ c \bar{\omega} - c i \bar{\omega} \cosh 2\alpha - \frac{2K}{\pi} \cosh \alpha \right\}$$

加速度のない場合の項は

$$\frac{1}{2} [\pi c^2 \omega \bar{\omega} i \sinh 2\alpha + \pi c^2 \omega (\bar{\omega} e^{-\alpha} - \omega) + 2\bar{\omega} K]$$

であるから兩方相合して

$$2(Y+iX)/\rho = -\pi c^2 i \bar{\omega} + \pi i c^2 \omega \cosh 2\alpha + 2cK \cosh \alpha + \pi c^2 \omega \bar{\omega} \cosh 2\alpha - c^2 \omega \omega + 2\bar{\omega} K$$

偶力の方は

$$I' = R \left[-\frac{1}{4} \rho c^2 \dot{K} + \frac{1}{8} \pi c^4 \rho \dot{\omega} - \frac{1}{2} \pi i \rho c^2 \omega \bar{\omega} \cosh 2\alpha + \frac{1}{2} \pi i \rho c^2 \bar{\omega}^2 - \frac{1}{4} \pi i \rho c^4 \omega^2 + \frac{1}{2} i \rho c^2 K \omega \cosh 2\alpha \right] = -\frac{1}{4} \rho c^2 \dot{K} + \frac{1}{8} \pi \rho c^4 \dot{\omega} + \pi \rho c^2 \omega \bar{\omega}$$

となる。この値は Glanert の値と一致してゐる。

[この加速度のない項は、例へば Ramsey の流体力学の教科書等に出てゐる値と一致してゐる。—譯者]

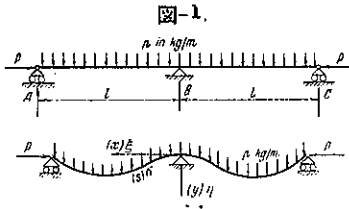
(最上武雄)

(17) 3 個の支點を有する部材の挫屈及撓

(A. Schleusner, "Knickung und Biegung eines Stabes auf drei Stützen." Der Stahlbau. 24. Sept. 1937, S. 153~155)

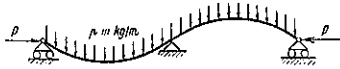
図-1 の如き場合を考へその撓曲線及中央支點に於ける曲げモーメントを求める。座標原點を固定支點 B, 横軸を P の作用線に採り撓は下向を正とする。部材は

図-1 の如く変形するものとする。此の状態は對稱的見



地より見たものであるが、此の変形が安定なものであるか或は不安定なものであるかに就ては此の研究に於ては何も述べてゐない。此の點を決定する場合には變分学的方法に依らなければならないが何れにせよ 図-2 の

図-2.



如き反曲點 1 個の場合の変形の方がより安定なものである事は確かである。

弧長を s とし支點 B に於ける未知の曲げモーメントを M とすれば撓曲線に對する微分方程式として次式を得る。

$$\frac{EJ \frac{d^2 y}{ds^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{dy}{ds}\right)^2}} = -Py - \frac{1}{2} ps(l-s) - \frac{M}{l}(l-s) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{s}{l} = \sigma, \quad \frac{y}{l} = \eta, \quad v = \frac{pl}{P}, \quad \lambda = \frac{P}{P_B} = \frac{l^2}{\pi^2} \frac{P}{EJ}, \quad \mu = \frac{Ml}{EJ} \quad \text{と}$$

置換し $\eta = \frac{dy}{d\sigma}$, $\bar{\eta} = \frac{d^2 \eta}{d\sigma^2}$ とすれば

$$\frac{\bar{\eta}}{\sqrt{1 - \eta^2}} = -\pi^2 \lambda \eta - \mu + \left(\mu - \frac{1}{2} \pi^2 \lambda v\right) \sigma + \frac{1}{2} \pi^2 \lambda v \sigma^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

(η)² は 1 に比較して少であるから之を省略して第 1 近似解 η_1 を求むれば

$$\eta_1 = C_1 \cos \alpha \sigma + C_2 \sin \alpha \sigma - \frac{\mu + v}{\alpha^2} + \left(\frac{\mu}{\alpha^2} - \frac{1}{2} v\right) \sigma + \frac{1}{2} v \sigma^2 \quad \dots \dots \dots (3)$$

c_1, c_2, μ は未知量であるが之等を決定する爲の境界條件は

$\sigma = 0$ に於て $\eta_1 = 0, \eta_1' = 0$, 及 $\sigma = 1$ に於て $\eta_1 = 0$ 即ち次の 3 式を得

$$C_1 = \frac{\mu + v}{\alpha^2}, \quad C_2 = -\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\mu}{\alpha^2} - \frac{1}{2} v\right),$$

$$C_1 \cos \alpha + C_2 \sin \alpha = \frac{v}{\alpha^2}$$

C_1, C_2, μ に就て之を解けば

$$C_1 = v \frac{\frac{1}{2} \sin \alpha + \frac{1}{\alpha^2} \sin \alpha - \frac{1}{\alpha}}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha}$$

$$C_2 = v \frac{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{2} \cos \alpha - \frac{1}{\alpha^2} \cos \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha}$$

$$\mu = v \alpha \frac{\cos \alpha + \frac{1}{2} \alpha \sin \alpha - 1}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha}$$

數値例: $v = 1; \lambda = 1; l = 5\text{m}, EJ = 4.10^3 \text{kg/m}^2$ とすれば

$$P_E = P = 1579 \text{kg}$$

$$p = \frac{1579}{5.0} = 315.8 \text{kg/m}$$

$$\mu = -2$$

$$M = -1600 \text{kg-m}$$

次に第 1 近似解 η_1 より第 2 近似解 η_2 を求める。 $\sqrt{1 - \eta^2} \doteq 1 - \frac{1}{2} \eta^2$ と置き得るから正しい微分方程式 (1) より近似的に次の微分方程式を得る。

$$\bar{\eta}_2 = \left[-\alpha^2 \eta_1 - \mu + \left(\mu - \frac{1}{2} \alpha^2 v\right) \sigma + \frac{1}{2} \alpha^2 v \sigma^2 \right] \left[1 - \frac{1}{2} \eta_1^2 \right] \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{或は } \eta_2 = \eta_1 \left(1 - \frac{1}{2} \eta_1^2 \right)$$

η_1 は (3) 式に依り表はされてゐるが C_1, C_2, μ は未だ定められてゐない。上式を積分すれば

$$\eta_2 = \eta_1 - \frac{1}{6} \eta_1^3 + C'$$

$\sigma = 0$ に於て $\eta_2 = 0$ でなければならない。 $\eta_1(0) = 0$ なる爲には $C_2 = -\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\mu}{\alpha^2} - \frac{1}{2} v\right)$ なる事が必要にして且充分である事は前述の如くであるが c_2 に對して此の値を與へるならば $\eta_2(0) = 0$ なる爲には $C' = 0$ なる事が必要にして且充分となる。其故に

$$\eta_2 = \eta_1 - \frac{1}{6} \eta_1^3$$

茲に C_2 は既に決定されたが C_1, μ は未だ定められてゐない。上式を更らに積分すれば

$$\eta_2 = \eta_1 - \frac{1}{6} \int_0^\sigma \eta_1^3 d\sigma + C''$$

$\sigma = 0$ に於て $\eta_2 = 0$ でなければならない。第 1 近似解 η_1 に於て $C_1 = \frac{\mu + v}{\alpha^2}$ なる時に限つて $\eta_1(0) = 0$ となる。

従つて C_1 に此の値を與へるならば $\eta_2(0)=0$ なる爲には $C''=0$ 従つて

$$\eta_2 = \eta_1 - \frac{1}{6} \int_0^a \eta_1^2 d\sigma \dots\dots\dots (5)$$

C_1, C_2 は μ を以て表はされ然も第 1 近似解と同様に決定された。 μ は未だ決つてゐないが第 1 近似解の場合と同様に $\eta_2(1)=0$ と謂ふ條件より決定される筈である。

η_1 及 η_2 は μ に關する 1 次式であるから η_2 は μ の 3 次式である。従つて $\eta_2(1)=0$ は μ に關して 3 次方程式となり一般に 3 個の相異なる値を取り得る。

普通に行はれてゐる意味の捩屈限界とは第 1 近似解に於て μ を無限大ならしめる場合、即ち $\sin a - a \cos a = 0$ 、或は $a = \pi\sqrt{\lambda}$ 、 $\lambda = 2.046$ なる場合である。従つて捩屈限界より遙かに低い a の値に對しては μ は 3 個の實數値を有する事となる。彈性曲線が 3 個の平衡せる形を探り得る事は不自然であつて之に對して變分學的方法によつて解決しなければならない。此の方法に依らないとすれば第 1 次近似解の唯一の μ の實數値の改良された値に對する意味しか持たない。

(5) 式の被積分函數を展閉して項毎に積分すれば次の如くなる。

$$\begin{aligned} \eta_2 = & A_1 + A_2\sigma + A_3\sigma^2 + A_4\sigma^3 + A_5\sigma^4 + A_6\sin a + A_7\cos a\sigma \\ & + A_8\sin 2a\sigma + A_9\cos 3a\sigma + A_{10}\sin 3a\sigma + A_{11}\sigma \sin a\sigma \\ & + A_{12}\sigma \cos a\sigma + A_{13}\sigma^2 \sin a\sigma + A_{14}\sigma^2 \cos a\sigma \\ & + A_{15}\sin^2 a\sigma + A_{16}\cos^2 a\sigma + A_{17}\cos^3 a\sigma \\ & + A_{18}\sigma \sin 2a\sigma + A_{19}\sigma \cos^2 a\sigma \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 = & \frac{1}{a^2} \left[\left(-r - \frac{17}{97}v^3 - \frac{8}{9} \frac{v^3}{a^2} \right) + \mu \left(-1 + \frac{1}{24}v^2 \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{24} \frac{v^2}{a^2} \right) + \mu^2 \left(\frac{1}{6} \frac{v}{a^2} - \frac{17}{24} \frac{v}{a^4} \right) \right. \\ & \left. + \mu^3 \left(\frac{1}{9} \frac{1}{a^2} + \frac{1}{6} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 = & \frac{1}{a^2} \left[\left(-\frac{1}{2} v a^2 + \frac{5}{96} v^3 a^2 + \frac{1}{4} v^3 \right) \right. \\ & \left. + \mu \left(1 + \frac{1}{16} v^2 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{a^2} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(\frac{1}{8} v - \frac{1}{8} \frac{v}{a^2} \right) + \mu^3 \left(-\frac{1}{4} \frac{1}{a^2} - \frac{5}{12} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_3 = & \frac{1}{a^2} \left[\left(\frac{1}{2} v a^2 - \frac{3}{32} v^3 a^2 - \frac{1}{8} v^3 \right) \right. \\ & \left. + \mu \left(\frac{1}{8} v^2 \right) + \mu^2 \left(-\frac{1}{8} v - \frac{3}{8} \frac{v}{a^2} \right) \right] \end{aligned}$$

$$A_4 = \frac{1}{a^2} \left[\frac{1}{12} v^3 a^2 + \mu \left(-\frac{1}{6} v^2 \right) \right]$$

$$A_5 = \frac{1}{a^2} \left[-\frac{1}{24} v^3 a^2 \right]$$

$$\begin{aligned} A_6 = & \frac{1}{a^2} \left[\left(\frac{1}{2} v a - \frac{5}{64} v^3 a - \frac{1}{16} \frac{v^3}{a} \right) \right. \\ & \left. + \mu \left(-\frac{1}{a} - \frac{5}{32} \frac{v^2}{a} + \frac{1}{8} \frac{v^2}{a^3} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(-\frac{1}{16} \frac{v}{a} + \frac{5}{16} \frac{v}{a^3} \right) + \mu^3 \left(\frac{1}{8} \frac{1}{a^3} + \frac{5}{8} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_7 = & \frac{1}{a^2} \left[\left(v + \frac{1}{8} v^3 + \frac{7}{8} \frac{v^3}{a^2} \right) \right. \\ & \left. + \mu \left(1 - \frac{1}{8} v^2 + \frac{1}{8} \frac{v^2}{a^2} \right) + \mu^2 \left(\frac{1}{8} \frac{v}{a^2} + \frac{1}{2} \frac{v}{a^4} \right) \right. \\ & \left. + \mu^3 \left(-\frac{1}{8} \frac{1}{a^2} - \frac{1}{2} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_8 = & \frac{1}{a^2} \left[\frac{1}{64} v^3 a + \mu \left(-\frac{5}{32} \frac{v^2}{a} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(-\frac{1}{16} \frac{v}{a} + \frac{5}{16} \frac{v}{a^3} \right) + \mu^3 \left(\frac{1}{8} \frac{1}{a^3} - \frac{1}{8} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_9 = & \frac{1}{a^2} \left[\frac{1}{72} \frac{v^3}{a^2} + \mu \left(\frac{1}{24} \frac{v^2}{a^2} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(\frac{1}{24} \frac{v}{a^2} \right) + \mu^3 \left(\frac{1}{72} \frac{1}{a^2} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{10} = & \frac{1}{a^2} \left[\left(-\frac{1}{576} v^3 a + \frac{1}{48} \frac{v^3}{a} \right) + \mu \left(\frac{5}{96} \frac{v^2}{a} - \frac{1}{24} \frac{v^2}{a^3} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(\frac{1}{48} \frac{v}{a} - \frac{5}{48} \frac{v}{a^3} \right) + \mu^3 \left(-\frac{1}{24} \frac{1}{a^3} + \frac{1}{72} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$A_{11} = \frac{1}{a^2} \left[\left(\frac{1}{4} v^2 a + \frac{v^3}{a} + \mu^2 \left(\frac{v}{a^3} \right) \right) \right]$$

$$A_{12} = \frac{1}{a^2} \left[+\mu \left(\frac{1}{2} v^2 \right) + \mu^3 \left(-\frac{v}{a^2} \right) \right]$$

$$A_{13} = \frac{1}{a^2} \left[-\frac{1}{4} v^2 a + \mu \left(\frac{1}{2} \frac{v^2}{a} \right) \right]$$

$$A_{14} = \frac{1}{a^2} \left[-\frac{1}{2} v^2 + \mu \left(-\frac{1}{2} v^2 \right) \right]$$

$$A_{15} = \frac{1}{a^2} \left[-\frac{1}{8} \frac{v^3}{a^2} + \mu \left(-\frac{1}{4} \frac{v^2}{a^2} \right) + \mu^3 \left(-\frac{1}{8} \frac{v}{a^2} \right) \right]$$

$$\begin{aligned} A_{16} = & \frac{1}{a^2} \left[\frac{3}{32} v^3 + \mu \left(\frac{1}{8} v^2 - \frac{3}{8} \frac{v^2}{a} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(-\frac{1}{2} \frac{v}{a^2} + \frac{3}{8} \frac{v}{a^4} \right) + \mu^3 \left(\frac{1}{2} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{17} = & \frac{1}{a^2} \left[-\frac{1}{24} v^3 + \mu \left(-\frac{1}{24} v^2 + \frac{1}{6} \frac{v^2}{a^2} \right) \right. \\ & \left. + \mu^2 \left(-\frac{1}{6} \frac{v}{a^2} - \frac{1}{6} \frac{v}{a^4} \right) + \mu^3 \left(-\frac{1}{6} \frac{1}{a^4} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{18} = & \frac{1}{a^2} \left[\left(-\frac{1}{32} v^3 a + \frac{1}{8} \frac{v^3}{a} \right) \right. \\ & \left. + \mu \left(\frac{3}{8} \frac{v^2}{a} \right) + \mu^2 \left(\frac{1}{8} \frac{v}{a} - \frac{1}{8} \frac{v}{a^3} \right) \right] \end{aligned}$$

$$A_{10} = \frac{1}{a^2} \left[-\frac{1}{4} v^2 + \mu \left(-\frac{1}{4} v^2 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{a^2} \right) + \mu^2 \left(\frac{1}{2} \frac{v}{a^2} \right) \right]$$

(6) 式に於て $\eta_2(1)=0$ と置けば μ の値が求められる。 μ が求められれば弾性曲線 $\eta_2(\sigma)$ の第 2 近似解が求められた事になる。此の方法は少なる撓み ($\lambda < 2.25$ 乃至 2.3) に對して適用し得る近似解である。

數値例: $v=1, \lambda=1, l=5m, EJ=4 \times 10^9 \text{kg/m}^2$ μ を決定する式は

$$f(\mu) = 0 = \mu^3 + 4.0828 \text{ } 05 \mu^2 - 146.0563 \text{ } 3 \mu - 298.9397 \text{ } 2$$

第 1 近似解に於ける $\mu_1 = -2$ より Newton の方法に依り求むれば $\mu = 1.99$, 従つて $M = -1592 \text{kg-m}$ 第 1 近似解に於ては $M = 1600 \text{kg-m}$ であつた。

數値例: $v=1, \lambda=2.046; a=4.493$ (所謂捩屈限界) μ を決定する式は

$$f(\mu) = 0 = \mu^3 + 1.0536 \text{ } 06 \mu^2 - 0.7631 \text{ } 99 \mu + 730.1222 \text{ } 3$$

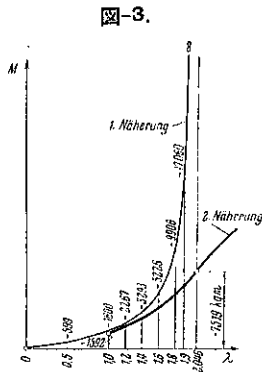
$$f'(\mu) = 3\mu^2 + 2.1072 \text{ } 11 \mu - 0.7631 \text{ } 99 = 0 \text{ の 2 根は } \mu_{01} = +0.2634 \text{ } 06, \mu_{02} = -0.9584 \text{ } 0 \text{ であるから } f(\mu) \text{ は 2 個の極値を有してゐる。又 } 1 + 1.0536 \text{ } 06 + 0.7631 \text{ } 99 < 730.1222 \text{ } 3 \text{ であるから } f(\mu) \text{ は } |\mu| \leq 1 \text{ なる根を持ち得ない。之等の事より此の場合の } f(\mu) \text{ は 1 個の實根より持ち得ない。その實根は } \mu = -9.3992 \text{ } 2 \text{ である。従つて } p = 646.18 \text{ kg/m, } P = 3 \text{ } 230.91 \text{ kg, } M = -7 \text{ } 519.88 \text{ kg-m}$$

更に支承に作用する力として

$$A = C = +111.57 \text{ kg, } B = 6 \text{ } 238.65 \text{ kg.}$$

以上の計算に依つて明らかである様に $\lambda = 2.046$ は所謂捩屈限界であつて第 1 近似解に於ては M は無限大となり A, B, C は不定とあるが、第 2 近似解に於ては有限となる。

図-3 は支點 B に於ける曲げモーメントを λ の函数として図示したものであるが、 $\lambda = 2.046$ が何等特別の意味を有する點でない事が之に依つて明瞭に認められる。(横田周平)

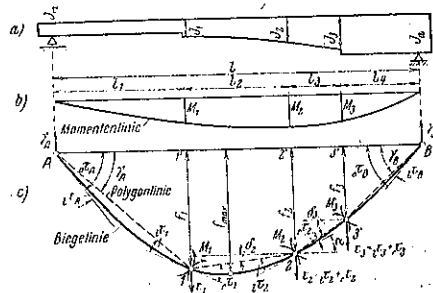


(18) 高さの変化する桁の撓度

(Leopold Herzka "Berechnung der Durchbiegung beliebig belasteter und gelagerter Balkenträger mit veränderlicher Höhe (Das Biegelinien-Polygon-Verfahren)" Stahlbau. Heft 23, 5 Nov. 1937 S. 182-184.)

桁高が変化しない桁の撓度の計算については近似式を用ひたり或は Mohr, Nöhlis, Müller Bereslau 氏等の算出方法による。桁高任意の桁について簡単な方法として曲げ多角形法を紹介する。但しこの場合桁軸の彎曲或は段階的に変化せることは無視してゐる。

図-4.



曲げ多角形法 (Das Biegelinien Polygon Verfahren: 図-4. a) の如き桁のある荷重状態の下の曲げモーメント図を b), 撓度曲線が c) で断面或は曲げモーメントに変化ある點で桁を各部分 l_1, l_2, l_3, l_4 と分ち、其の點の撓度を夫々 f_1, f_2, f_3 , 曲げモーメントを M_1, M_2, M_3 とする。各部分の Polygonlinie と其の兩端の切線とのなす角を τ とし左右により夫々 τ_L, τ_R とすれば節點 k での角変化 τ_k は $\tau_k = \tau_{Rk} + \tau_{Lk}$ となる。

$$\text{図-4. c) より } \gamma_A + \gamma_B = \sum \tau \dots\dots\dots(1)$$

τ, γ は共に小さい角度なる故近似値をとり

$$\sin \tau \approx \tau, \quad \cos \tau \approx 1$$

$$f_2 = f_1 - l_2 \delta_2 = f_3 + l_3 \delta_3 \dots\dots\dots(2)$$

$$f_1 = l_1 \gamma_A, \quad f_3 = l_4 \gamma_B, \quad \delta_2 = -\gamma_A + \tau, \quad \delta_3 = \gamma_B - \tau$$

$$(2) \text{ より } \gamma_A(l_1 + l_2) - \gamma_B(l_3 + l_4) = l_2 \tau_1 - l_3 \tau_1 \dots\dots(3)$$

(1) (3) より

$$\left. \begin{aligned} \gamma_A &= \frac{l_2 + l_3 + l_4}{l} \tau_1 + \frac{l_3 + l_4}{l} \tau_2 + \frac{l_4}{l} \tau_3 \\ \gamma_B &= \frac{l_1}{l} \tau_1 + \frac{l_1 + l_2}{l} \tau_2 + \frac{l_1 + l_2 + l_3}{l} \tau_3 \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

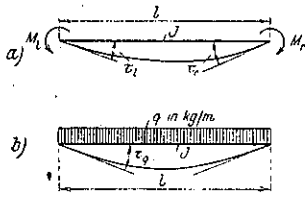
τ を彈性荷重の如く考へると γ_A, γ_B は夫々支點反力である

$$f_2 = l_1 \gamma_A - l_3 \delta_2$$

$$\text{或は } f_2 = (l_1 + l_3) \gamma_A - l_2 \tau_1 \dots\dots\dots(5)$$

(4) より

図-5.



$$f_2 = \frac{l_1(l_2+l_3)}{l} \tau_1 + \frac{(l_1+l_2)(l_1+l_3)}{l} \tau_2 + \frac{(l_2+l_3)l_3}{l} \tau_3 \dots\dots\dots(6)$$

各部分の τ は図-5 の如く 通常の撓角式より

a) の場合には

$$\left. \begin{aligned} \tau_1 &= \frac{l}{6EJ} (2M_1 + M_2) \\ \tau_2 &= \frac{l}{6EJ} (M_1 + 2M_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

b) の場合には $\tau_1 = \frac{ql^2}{24EJ} \dots\dots\dots(7')$

又 α は $\alpha = \gamma_B - (\nu\tau_2 + \tau_3) \dots\dots\dots(8)$

$\alpha = 0$ の時 $f_3 = f_{max}$ で $\alpha \neq 0$ により f_{max} が節點の左にあるか右にあることが分る。

$$\left. \begin{aligned} \sigma\tau_A &= \gamma_A + \nu\tau_A \\ \sigma\tau_B &= \gamma_B + \nu\tau_B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

図-6 の桁で m 點の f_{tot} , f_{max} の點を計算してみる

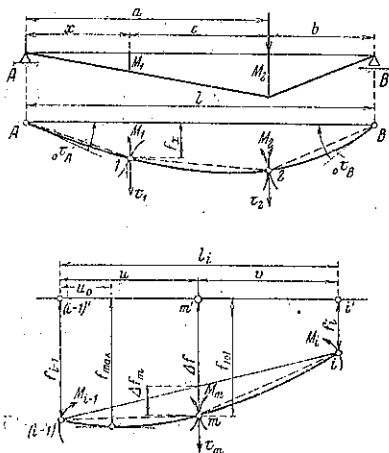
$$f_{tot} = \Delta f + \Delta f_m \dots\dots\dots(10)$$

更に

$$\Delta f_m = f_{i-1} - \frac{u}{l_i} (f_{i-1} - f_i)$$

$$M_m = \frac{1}{l_i} (uM_i + \nu M_{i-1})$$

図-6.



彈性荷重

$$\begin{aligned} \tau_m &= \frac{1}{6EJ} [u(2M_m + M_{i-1}) + \nu(2M_m + M_i)] \\ &= \frac{1}{6EJ} [(2li - u)M_{i-1} + (li + u)M_i] \end{aligned}$$

(6) より $\Delta f_m = \frac{u(li-u)}{li} \tau_m$

$$\begin{aligned} f_{tot} &= f_{i-1} - (f_{i-1} - f_i) \frac{u}{li} \\ &+ \frac{u(li-u)}{6EJl_i} [(2li-u)M_{i-1} + (li+u)M_i] \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

$\frac{df_{tot}}{du} = 0$ を満足する u_0 は

$$\begin{aligned} u_0^2 - 2u_0l_i \frac{M_{i-1}}{M_{i-1} - M_i} \\ = \frac{1}{3(M_{i-1} - M_i)} [6EJ(f_{i-1} - f_i) - l_i^2(2M_{i-1} + M_i)] \dots\dots\dots(12) \end{aligned}$$

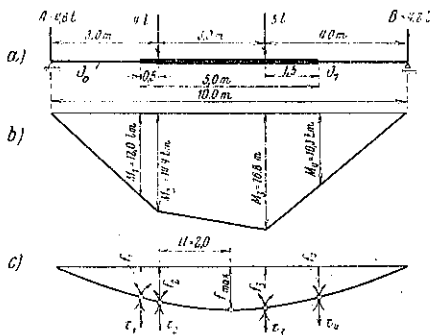
$f_{i-1} = f_i = f$ $M_{i-1} = M_i = M$ の時 $u_0 = \frac{1}{2} l_i$

$$f_{max} = f + \frac{Ml_i^2}{8EJ}$$

計算例: 図-7. a の如き I.36 桁で $220 \times 10 \times 5000$ の蓋板が上下にある時最大撓度を求む

$$J_0 = 19610cm^4, J_1 = 34670cm^4, \frac{J_1}{J_0} = 1.77$$

図-7.



$$\tau_1 = \frac{2.5}{3EJ_0} 12.0 + \frac{0.5}{6EJ_1} (2 \times 12.0 + 14.4) = \frac{125.4}{6EJ_1}$$

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \frac{0.5}{6EJ_1} (2 \times 14.4 + 12.0) + \frac{3.0}{6EJ_1} (2 \times 14.4 + 16.8) \\ &= \frac{157.2}{6EJ_1} \end{aligned}$$

$$\tau_3 = \frac{3.0}{6EJ_1} (2 \times 16.8 + 14.4) + \frac{1.5}{6EJ_1} (2 \times 16.8 + 10.5)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{210.15}{6EJ_1} \\ \tau_4 &= \frac{1.5}{6EJ_1} (2 \times 10.5 + 16.8) + \frac{2.5}{3EJ_0} (10.5) \\ &= \frac{149.625}{6EJ_1} \\ f_{\max} &\text{は } f_2 \text{ と } f_3 \text{ の中間にあり (6) 式より} \\ f_2 &= \frac{2.5 \times 7.0}{10} \tau_1 + \frac{3.0 \times 7.0}{10} \tau_2 + \frac{3.0 \times 4.0}{10} \tau_3 \\ &\quad + \frac{3.0 \times 2.5}{10} \tau_4 \\ f_3 &= \frac{2.5 \times 4}{10} \tau_1 + \frac{3.0 \times 4.0}{10} \tau_2 + \frac{6.0 \times 4.0}{10} \tau_3 \\ &\quad + \frac{6.0 \times 2.5}{10} \tau_4 \\ 6EJ_1 f_2 &= 813.97, \quad 6EJ_1 f_3 = 1042.84 \\ EJ_1 &= 2100 \times 34670 = 72800000 \text{ t-cm}^2 = 7280 \text{ t-m}^2 \\ f_2 &= 2.09 \text{ cm} \quad f_3 = 2.39 \text{ cm} \\ f_{\max} \text{ の位置 } u_0 &\text{ は (12) 式より } u_0 = 2.0 \text{ m} \\ \text{(11) 式より } f_{\max} &= 2.51 \text{ cm} \quad (\text{住友 彰}) \end{aligned}$$

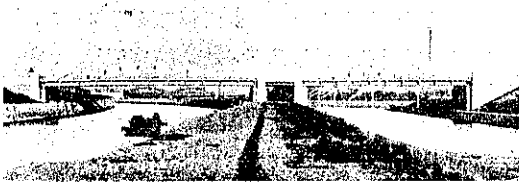
橋梁及構造物

(19) フィーレンデル熔接橋

(“Geschweißte Vierendelbrücken” Bating.,
Heft 33/34 20. Aug. 1937, S. 521-522.)

最近自耳義の Lüttich に於て 2 つの熔接の道路橋が竣工した。それは 図-8 に見る如く、ライン河の支流なる マース河とアルベルト運河とに架せられたもの

図-8.



で、フィーレンデル橋の中では最も新しく出来たものである。この橋梁はその終端に反向点のある抛物線状の上弦材を有し、熔接を用いたことにより特に優美なものとなつてゐる。支間は一方は $12 \times 5.4 = 648\text{m}$ 、他方は $10 \times 5.1 = 51\text{m}$ にして、拱矢比は共に $1:7.33$ となつてゐる。

図-9 はその横断面図で、車道幅員は 11m 、両側にある突桁上の歩道幅員は夫々 3m である。2重に鋪装した車道の鉄筋コンクリート床版厚は約 18cm である。縦

図-9. 横断面図

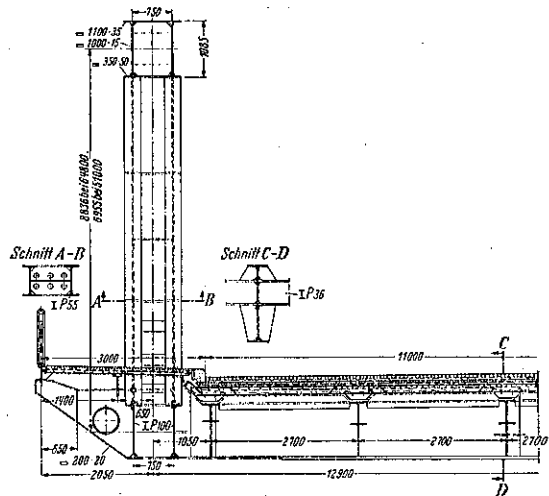
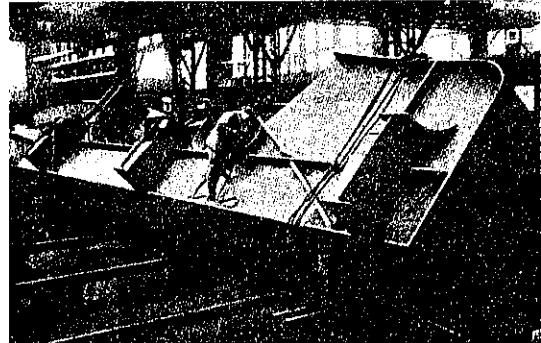


図-10.



桁はグレイ桁にして、横桁は熔接せる集成桁となつてゐる。横桁の主桁への取付は 図-10 に示す如く歩道部の突桁と同様に工場に於て熔接せられるので、横桁の現場熔接は外側の縦桁の脇に於てのみ銜合 接手として直接施工した。

下弦材は並列した 2 つのグレイ桁 100 組より成り、垂直材は中間で接合した 2 つのグレイ桁 55 組より成立つてゐる。図-10 を見れば明かなる如く、垂直材の隅鋸は円弧をなして弦材の突縁に熔接されて磨り、上横縦桁及橋門桁は全然用ひられてゐない。

鋼材は $42 \sim 50 \text{ kg/mm}^2$ の強度と $20 \sim 24\%$ の延びを有し、工場に於ける作業は非常に念入りに行つた。すべての直線の縁は鉤をかけて仕上げであり、曲線部分は空気鑿又は砥石により仕上げである。熔接は熟練せる熔接工により強度 $49 \sim 53 \text{ kg/mm}^2$ 、延び $26 \sim 30\%$ の電極棒 Stabileud Acos を用ひて行ひ、先づ鋼材の接

觸端の熔接には直径4mmの電極棒を用ひ、X-接手の際には直径3.25mmの電極棒を用ひた。接手箇所の上は磨き仕上げとし、楕円形をなした部材を熔接する爲に圖-10に示す如く45°の傾斜をなしてゐる。熔接箇所は、すべて強度の測定及 Schmuskler 式の鑽孔試験を行った。工場に於て使用した直径3.25~7mmの電極棒の重量は上部構造總重量の1.19%に達し、部材はすべて熔接後正確な長さに削つた。工場に於ける上部構造の組立ては15日足らずで完成した。

支間51mの橋梁は河中の50cm厚の捨石工の爲に足場の杭が打込めないで、浮基礎を用ひ鋼鉄製足場の上で架設しその材は各々部分に分け、最も大きなものは延長18.5m、重量23.5tとなつてゐる。此の組立には4週を要し、猶その熔接に更に5週を費した。

支間64.8mの橋梁はアルバート運河の上に木材の足場を用ひて架設した。各材は5つの部分に分け、そしてその組立には4週を要し、その現場熔接は引続き7週を費した。(前島健雄)

(20) 橋梁に於ける弱點の發見

(Rudolf K. Bernhard "Finding Weak Spots in Bridges" E.N.R. Aug. 26, 1937. p. 353~356.)

橋梁の安全性を確認する爲の検査は數年來歐洲に於て非常なる變遷をして來てゐる。新しく竣工せる橋梁は其の使用前試験荷重を載せて検査するのが原則であつたが、熔接が廣く用ひられる様になつたので、靜的試験のみでは最早充分でなくなり動的試験に依ることになつた。現今行はれてゐる此の試験方法の特色はオシレーター (Oscillator) に就て橋梁に振動を誘起せしめてそれを觀測するにある。

10年前迄は竣工せる鐵道橋に普通行はれる試験方法は設計荷重に機關車及列車荷重を出来る限り接近せしめて橋梁上を進行せしめて此の荷重に依る撓度を測定した。公道橋の場合には自動車荷重又は轆轤機荷重が用ひられた。撓度の觀測値と理論的計算に依る撓度を比較すると正確な結論が得られた。

本法は不幸にして橋梁の局部的弱點が橋梁を危険ならしむるとは云へ撓度が感知し得る程変化しなければ細部の弱點を豫知することは出来なかつた。熔接が實用に供せられるに到つた時熔接に於ける局部的缺陷からの危険の可能性は鉸接構造物のそれよりも重大なることが認識され、而して橋梁の弱點を看破するに確實なる方法を見出すことに注意が拂はれる様になつた。

現今ドイツのみにて鐵道橋、公道橋を合し數百の熔接橋梁を有してゐる。前者鐵道橋は主にプレート・ガーダーであつて公道橋は多くは熔接橋梁である。熔接局部の缺陷の危険性は鉸接橋梁に於けるよりも明かに大である。例へば橋梁の或る一點に於ける熔接が不完全なる粘着、鏽滓の含有又は非常に大なる收縮応力等の理由で缺陷を持つならば荷重を載荷せる時當然橋梁の破壊を招く様な龜裂を發生するかも知れない。靜荷重試験は缺陷があるので更に積極的な何等かの方法に依て安全性を確認する様な手段が熱心に研究された。

動的試験：動的試験が靜的試験に取つて代り多くの試験は移動荷重の下に撓度と応力を觀測して行ふと云ふ結論に達した。之は特に英國橋梁衝擊委員會に於て橋梁に關して實驗的研究にずつと以前適用された方法に外ならなかつた (1928. Report of the Bridge Stress Committee, London, England)。

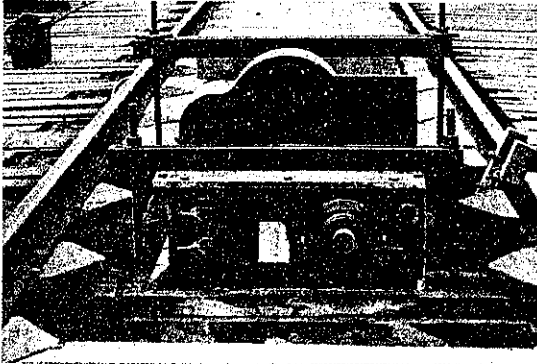
1928年動的試験は橋梁を振動するオシレーターの實驗的使用に依て更に進歩した。斯様な振動の下に於る橋梁の状態は移動荷重及靜的試験の何れよりも構造物に於る弱點を遙かに鋭敏に指示することを證明した。そして斯様な振動試験は橋梁強度の立證に實際に必要な條件として追加され、熔接橋梁に對しドイツ國有鐵道に於て採用する所となつた。

振動試験の價値：簡単に云へば振動試験の價値は橋梁の彈性又は其れに關聯せる性質即減衰度を測定するに在る。構造物の總ての部分に異狀なく過剰なる応力を受けてゐない限り橋梁は比較的大なる彈性を有し減衰が少い。併し過剰なる応力を受けた點、薄弱なる接合點若くは龜裂の入つた熔接箇所に至つては振動中に或る量の勢力を吸收し従つて減衰係数を増加する。基礎を含めて構造物に局部的缺陷があると法外な減衰を示すので之等に對しては周到なる検査及局部応力の測定又必要に応じては熔接のX光線試験に依て調査することが出来る。

本法は構造物の新舊、竣工せるものと竣工せざるものとを問はず任意の大きさのものに就て又橋梁の如何なる部分にも適用することが出来る。又コンクリート橋を含み異なる型式の構造物を比較することも出来る。大き、材料及型式の種々異なる構造物に關し1928年以來ドイツ及スウィス鐵道に依て行はれた多くの振動試験は本法の簡單にして經濟的且有效なることを立證してゐる。

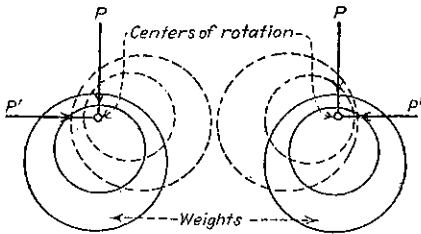
オシレーター (圖-11) は反對方向に廻轉する二つの

図-11. 振動に依て橋梁試験を爲す場合オシレーターが構造物に取付けられ抵抗器に依り速度を調節して運転される。



偏心の錘から出来てゐて (図-12)、橋梁に規則的な正弦波の力を與へる。その結果生ずる振動の周波數と振幅とは何れも廻轉する錘の速度と偏心率を變へることに依て變化せしめる事が出来る。橋梁の共鳴周波數に於てオシレーターへの入力は構造物の弾性と其の動力学的特質の指標になる。若し構造物に弱點が存在するならば撓度計に依る撓度の測定及伸度計 (extensometer) に依る応力の測定の様更に補足的の調査が必要となる。

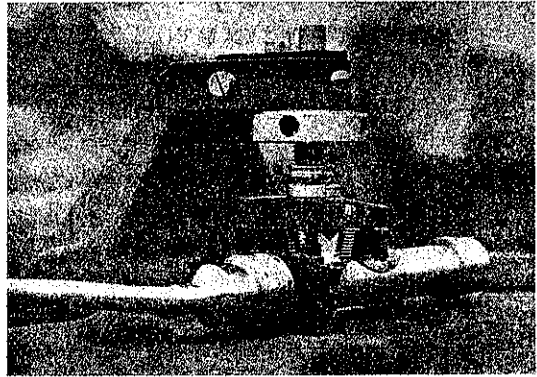
図-12. オシレーターに於て反對方向に廻轉する二つの偏心質量は正弦波の力 P を生じ、水平力 P' は互に打消す。



試験に使用せられる設備： オシレーターはモーターで運転せられ速度調節抵抗器、速度計及電力計を供へ、1秒に1~100サイクルの周波數で働く事が出来、2ポンド乃至20tの衝撃 (impulse) を與へる。

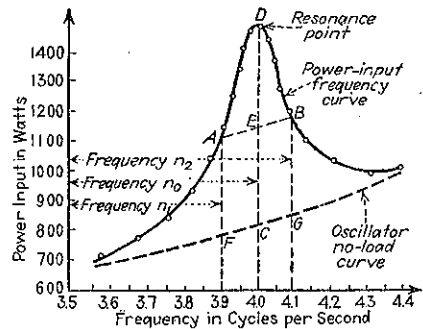
応力測定に依り構造物の弱點を發見するのにドイツ鐵道は標準器械としてカーボン・スタック伸度計 (Carbon-stack extensometer) を採用した (図-13)。橋梁が移動するに従つて橋梁部材の応力の変化は伸度計に連結してゐるオシログラフで寫眞に撮影される。8個若くはそれ以上の伸度計を一つのオシログラフに連結することが出来る。

図-13. オシレーターに依り起る応力は伸度計で測定され、オシログラフに依て記録される。カーボン・スタック伸度計は此處に橋桁の突縁に取付けてゐる。



橋梁試験： 振動法に依る橋梁試験に於てはオシレーターは欲する振動を生ずる様な位置に於て橋梁に受け付けられる (図-11)。基礎を通じてエネルギーが消散することに依り惹起される勢力損失を避ける爲に特別の注意が拂はれる。扱てオシレーターの錘が廻轉すると、低周波數で出發して漸次周波數を増大する。種々の周波數に於けるオシレーターの所要電力を測定し、入力-周波數曲線 (図-14) を畫く。

図-14. オシレーターの入力-周波數曲線から計算された擴大率及減衰係數は構造物の弱點があるか否かを示す。此の圖はドイツのVolthoに於ける310呎單線軌道橋に就てのものである。



オシレーターの最大所要電力は構造物の共鳴周波數に於て起る。オシレーターが橋梁に取付けられず自由に働いてゐる時の所要電力はオシレーターの無負荷曲線を畫き (図-14)、橋梁を振動させるオシレーター及自由に働いてゐるオシレーターに就ての入力-周波數曲線から、梁振動の擴大率が決定される。

此の擴大率は E 點に於て CD を 2 等分し, AF, E C 及 BG を等しからしめる直線 AB を引いて得る n_1 , n_2 及 n_0 なる 3 周波數に關係し, $\frac{n_0}{n_1 - n_2}$ である。減衰係數は擴大率の逆數の n 倍に等しい。

ドイツ國有鐵道に依て行つた試験では異狀のない熔接構造用鋼橋は 0.02 乃至 0.2 の減衰係數を有することを示した。同様な状態にある鉚接構造用鋼橋は 0.05~0.5 の減衰係數を有する。

弱點の發見: 若し或る橋梁の振動試験が上記の範圍より大なる減衰係數を示すならば, それは接合がしつかりしてゐないことが局部に於て過剩なる応力を受けてゐるとか或は継手に龜裂があると云ふ様な構造上の弱點による勢力損失を意味する。構造物の弱點に對しては系統立つた周到なる検査を行ひ, 仲度計を以て局所応力を測定し或る場合には X 光線試験に依て熔接を検査する。

共鳴の可能性: 人工的に構造物を振動させる検査方法は又今一つの重大なる現象即ち活荷重と橋梁の兩者の振動の共鳴を研究するのに用ひることが出来る。それは發條で橋臺に連結せる大きな質量(橋梁)及發條で大きな質量に連結されてゐる小さな質量(活荷重)との關係に類似してゐる。例へば同じ重量で普通の徑間の單線鐵道橋の中央に在る機關車は荷重を載荷せざる橋梁の固有周波數の 7/10 の周波數を生ずる。種々の振動型式に對する橋梁と移動荷重の固有周波數の研究は共鳴の條件を決定するのに役立つ。

近似的に一致する固有周波數を持つてゐる二つの振動体の振動は所謂喰ひを生ずる。二つの質量の振幅は相次いで最大に増加しそれから最小に減少する。二つの相次ぐ最大振幅の時間間隔は喰ひの周期である。

特に興味あることは振動に於て完全なるエネルギーの変換が起ることである。斯様な場合一方の質量が振動しそれから完全に休止する。その間に第 2 の質量が最大の運動に達する。それから第 2 の質量が休止し再び第 1 の質量が最大に達せんとする。斯かる完全なるエネルギーの変換は双方の振動系統の固有周波數の近似的に一致を示すものである。此の完全なるエネルギーの変換は振動体が減衰性を有する時には起り得ない。

橋梁の固有周波數: 多くの橋梁試験 ("Impact in Steel Railway Bridges of Simple Span" by J.B. Hunley, A.R.E.A., Vol. 37, October, 1935) は次の三つの主要なる振動型式に對する橋梁の固有周波數の近似式を與へた。

$$\text{垂直振動に對しては } n = \frac{800}{L}$$

$$\text{水平振動に對しては } n = \frac{370}{L}$$

$$\text{振り振動に對しては } n = \frac{935}{L}$$

上式中 L は橋梁徑間(呎), n は橋梁の固有周波數(サイクル/秒)を表す。

普通の徑間の橋梁に對しては垂直振動は 3~16 サイクル/秒, 水平振動は 2~14 サイクル/秒, 振り振動は 5~17 サイクル/秒である。

荷重の固有周波數: 機關車, 客車, 貨車及自動車の固有周波數は荷重の量, 發條の型式, 大き及軸數の如き因子に關係する。試験の結果は表-1 に記してある。

表-1.

		Natural frequency in cycles per second						
		Load	Condition of Loading	Vertical	Horizontal in direction of track	Torsion about track	Damping coefficient	Amplitude factor
Railway Loads	Locomotive	Medium speed engine on 5 axles	Boiler full, tank empty. Total weight = 62 tons	Under 2.0	5.4	3.7	0.51	5.2
	Locomotive	High speed engine on 4 axles	Full weight = 113.5 tons	Under 2.0	5.4	3.7	0.29	6.2
	Passenger Coach		Empty	Under 2.0	2.6		0.30	8.7
	Heavy freight car		Loaded with 65 tons of coal	6.3	6.9	6.9	0.37	8.5
Highway Loads	Automobile	31-ton truck with high-pressure tires	Empty	3.5		1.0	1.17	2.7
	Automobile	17-ton truck with 11-ton load low-pressure tires		4.1	2.1		0.60	6.2

結論: 若し橋梁及移動荷重の垂直振動のみを考へるならば次の結論を得る。即ち低固有周波數の長徑間鐵道橋は重貨車荷重の下に於て明かに共鳴の可能性を有する。比較的高い固有周波數を有する普通徑間鐵道橋に於ては移動荷重に依る共鳴は起らない様に思はれる。併し機關車のカウンターウェイトは可なりの振動を生ずるかも知れない。高固有周波數を有する短徑間鐵道橋に於ては移動荷重は非常に速く振動し機關車のカウンターウェイトは極めて短時間に橋梁を横切るが故に特に云ふ程の共鳴は起らない。

公道橋に於てはカウンターウェイトに相當するものがなく又路面の凹凸により惹起される衝撃は不規則なる故普通の状態に於ては共鳴は起らない様に思惟される。けれども路面の不規則は車輻の發條から上の部分を可なり振動させることが出来る。而して若し此の振動が橋梁の振動と調和するならば共鳴が起るかも知れない。

その他長徑間, 中徑間及短徑間の 3 者に對しては鐵道橋梁に就て述べたと同様なことが云はれる。

参考文献:

R.K. Bernhard. "New Methods for Dynamic Investigations of Structure" Transactions International Association for Bridges and Structural Engineering, First Congress, Paris, 1932.

R.K. Bernhard. "Dynamic Tests by Means of Induced Vibrations" Paper presented at 1937 Annual Meeting of the American Society for Testing Materials.

O.S. Peters. "New Development in Electrical Telemeters" American Society of Testing Materials, 1932, p. 592. (竹崎忠雄)

(21) 横荷重をうける無絞拱

(Kurt Martens "Berechnung symmetrisch eingespannter Brückengewölbe für seitliche Lasten" B. u. E. Heft 19, 5. Okt. 1937, S. 310~312.)

垂直荷重をうけた時の無絞拱については文献に多数載せられてゐるが、水平荷重の場合については一々複雑な式を解いてゐる有様である。以下拋物線拱について次の3種の荷重状態に對して不静定力の式を誘導してみる。

- 1) 等布荷重 $p = 1.0 \text{ t/m}^2$
- 2) 三角形荷重 $p' = 1.0 \text{ t/m}^2$
- 3) 集中荷重 $P = 1.0 \text{ t}$

図-15.

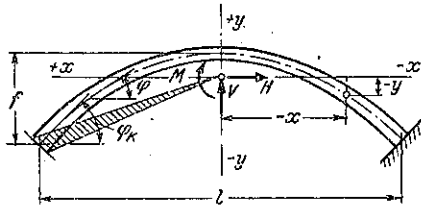


図-15 の如き剛架をもつた静定系を考へると

$$M_x = M_0 + M - Hy - Vx$$

核點モーメントは

$$M_k = M_{0k} + M - Hy_k - Vx_k$$

Mörsch の Der Eisenbetonbau II Bd. 3 Teil 1

$$M = - \frac{\int \frac{M_0}{J} ds}{\int \frac{ds}{J}}, \quad H = \frac{\int \frac{M_0 y}{J} ds}{\int \frac{y^2}{J} ds}, \quad V = \frac{\int \frac{M_0 x}{J} ds}{\int \frac{x^2}{J} ds}$$

断面の J の変化を Ritter の式から

$$\frac{J_s}{J \cos \varphi} = 1 - cn, \quad J \cos \varphi = \frac{J_s}{1 - 4(1-n) \frac{x^2}{l^2}}$$

ここに $n = \frac{J_s}{J_k \cos \varphi_k}$

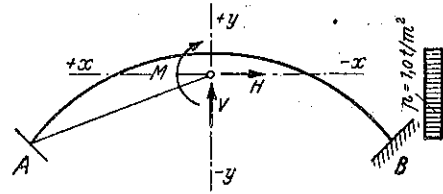
拋物線では $\text{tg } \varphi_k = \frac{4f}{l}$

拱頂の切線に關する拋物線の式は

$$y' = \frac{4f}{l^2} x^2$$

不静定力の式中分母は従來算出されてゐるものと同一であり彈性中心の拱頂からの距離 y_0 は

図-16.



$$y_0 = \frac{2+3n}{5(2+n)} f$$

- 1) 水平等布荷重 $p = 1.0 \text{ t/m}^2$

$$M_0 = \frac{\left(\frac{4f}{l^2} x^2\right)^2}{2} = \frac{8f^2}{l^4} x^4$$

$$\begin{aligned} \int \frac{M_0 ds}{J} &= \int \frac{M_0 ds \cos \varphi}{J \cos \varphi} \\ &= \frac{1}{J_s} \int_0^{\frac{l}{2}} \left[1 - 4(1-n) \frac{x^2}{l^2} \right] \frac{8f^2}{l^4} x^4 dx \\ &= \frac{f^2 l}{4J_s} \left(-\frac{1}{5} + \frac{1-n}{7} \right) \end{aligned}$$

Mörsch より $\int \frac{ds}{J} = \frac{l}{3J_s} (2+n)$

$$M = - \frac{\int \frac{M_0 ds}{J}}{\int \frac{ds}{J}} = \frac{3}{4} f^2 \frac{1-n}{2+n}$$

$$\begin{aligned} \int \frac{M_0 y}{J} ds &= \frac{1}{J_s} \int_0^{\frac{l}{2}} \left[1 - 4(1-n) \frac{x^2}{l^2} \right] \\ &\quad \times \frac{8f^2}{l^4} x^4 \left(y_0 - \frac{4f}{l^2} x^2 \right) dx \\ &= \frac{f^2 l}{4J_s} \left[-\frac{y_0}{5} + \frac{f}{7} (1-n) \left(\frac{y_0}{7} - \frac{f}{9} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\text{Mörsch } \times \text{ } \int \frac{y^2}{J} ds = \frac{4f^2 l}{J_s 175} \frac{n^2 + 8n + \frac{8}{3}}{2+n}$$

$$H = \frac{\int \frac{\mathfrak{M}_0 y}{J} ds}{\int \frac{y^2}{J} ds} = \frac{16}{175} \frac{-\frac{y_0}{5} + \frac{f}{7} + (1-n) \left(\frac{y_0}{7} - \frac{f}{9} \right)}{\frac{n^2 + 8n + \frac{8}{3}}{2+n}}$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0 x}{J} ds = \frac{1}{J_s} \int_0^{\frac{l}{2}} \left[1 - 4(1-n) \frac{x^2}{l^2} \right] \frac{8f^2}{l^4} x^3 dx$$

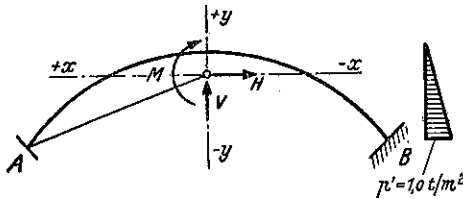
$$= \frac{f^2 l^2}{16 J_s} \left(\frac{1}{3} - \frac{1-n}{4} \right)$$

$$\text{Mörsch } \times \text{ } \int \frac{x^2}{J} ds = \frac{l^3}{60 J_s} (2+3n)$$

$$V = \frac{\int \frac{\mathfrak{M}_0 x}{J} ds}{\int \frac{x^2}{J} ds} = \frac{15}{4} \frac{f^2 \left(\frac{1}{3} - \frac{1-n}{4} \right)}{l(2+3n)}$$

II) 三角形荷重 $p' = 1.0 \text{ t/m}^2$

図-17.



$$\mathfrak{M}_0 = \frac{1}{6} \left(\frac{4f}{l^2} x^2 \right)^2 = \frac{8f^2 x^4}{3l^4}$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0}{J} ds = \frac{f^2 l}{12 J_s} \left(-\frac{1}{5} + \frac{1-n}{7} \right)$$

$$M = \frac{f^2}{4} \frac{1-n}{2+n}$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0 y}{J} ds = \frac{f^2 l}{12 J_s} \left[-\frac{y_0}{5} + \frac{f}{7} + (1-n) \left(\frac{y_0}{7} - \frac{f}{9} \right) \right]$$

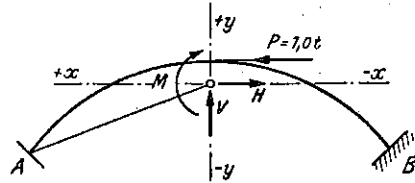
$$H = \frac{175}{48} \frac{-\frac{y_0}{5} + \frac{f}{7} + (1-n) \left(\frac{y_0}{7} - \frac{f}{9} \right)}{\frac{n^2 + 8n + \frac{8}{3}}{2+n}}$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0 x}{J} ds = \frac{f^2 l^2}{48 J_s} \left(\frac{1}{3} - \frac{1-n}{4} \right)$$

$$V = \frac{5f^2}{4l} \frac{1-n}{2+3n}$$

III) 拱頂に集中荷重 $P = 1.0 \text{ t}$

図-18.



$$\mathfrak{M}_0 = \frac{4f}{l^2} x^2$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0}{J} ds = \frac{f l}{J_s 2} \left(-\frac{1}{3} + \frac{1-n}{5} \right)$$

$$M = \frac{3}{2} f \frac{1-n}{2+n}$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0 y}{J} ds = \frac{f l}{2 J_s} \left[-\frac{y_0}{3} + \frac{f}{5} + (1-n) \left(\frac{y_0}{5} - \frac{f}{7} \right) \right]$$

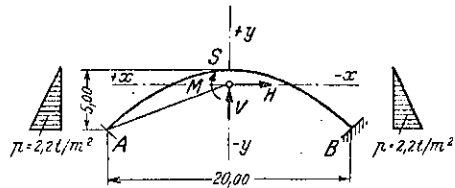
$$H = \frac{175}{8f} \frac{-\frac{y_0}{3} + \frac{f}{5} + (1-n) \left(\frac{y_0}{5} - \frac{f}{7} \right)}{\frac{n^2 + 8n + \frac{8}{3}}{2+n}}$$

$$\int \frac{\mathfrak{M}_0 x}{J} ds = \frac{f l^2}{16 J_s} \left[1 - \frac{2(1-n)}{3} \right]$$

$$V = \frac{15}{4} \frac{f}{l} \frac{1 - \frac{2(1-n)}{3}}{2+3n}$$

對稱荷重の場合には代數和をとればよいので

図-19.



$$M_x = +M - Hy - Vx$$

$$M_x' = \mathfrak{M}_0 + M - Hy - V(-x)$$

$$M = M_x + M_x' = \mathfrak{M}_0 + 2M - 2Hy$$

例題: $l = 20 \text{ m}, f = 5 \text{ m}, ds = 0.40 \text{ m}, dk = 0.75 \text{ m}$

$$\text{tg } \varphi_k = \frac{4 \times 5}{20} = 1, \quad \varphi_k = 45^\circ, \quad \cos \varphi_k = 0.0707$$

$$J_s = \frac{1 \times 0.4^3}{12} = 0.0053 \text{ } 3 \text{ m}^4$$

$$J_k = \frac{1 \times 0.75^3}{12} = 0.035 \text{ } 10 \text{ m}^4$$

$$n = \frac{0.00533}{0.0351 \times 0.707} = 0.215, \quad 1-n = 0.785$$

$$y_0 = \frac{2+3 \times 0.215}{5(2+0.215)} = 1.196 \text{ m}$$

$$M = 2.2 \frac{5^2 \frac{5}{7} + 0.785}{4(2+0.215)} = 0.545 \text{ t-m}$$

$$H = 2.2 \frac{\frac{175}{48} - \frac{1.196}{5} + \frac{5.0}{7} + 0.785 \left(\frac{1.196}{7} - \frac{5}{9} \right)}{0.215^2 + 8 \times 0.215 + \frac{8}{3}} = 0.3625 \text{ t}$$

$$M_A = M_B = -\frac{5^2 \times 2.2}{6} + 2 \times 0.545 + 2 \times 0.3625 \times 3.804 = -5.32 \text{ t-m}$$

$$M_S = 2 \times 0.545 - 2 \times 0.3625 \times 1.196 = 0.223 \text{ t-m}$$

$$x = \pm 5 \text{ m}$$

$$M_0 = -\frac{8 \times 5^2 \times 5^4}{3 \times 20^4} = -0.2605 \text{ t-m}$$

$$y = -\frac{4 \times 5}{20^2} \times 5^2 + 1.196 = -0.054 \text{ m}$$

$$M_x = -0.2605 + 2 \times 0.545 + 2 \times 0.3625 \times 0.054 = 0.869 \text{ t-m}$$

(住友 彰)

(22) 砂箱による長径間桁の架設

("Use Sand Boxes to place Long, Heavy Spans.")
Railway Age, Oct. 9. 1937. p. 485~488.

Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific の複線本線が Glenview III 附近の Waukegan 道路を立体交差で越える部分には、特に今迄にない長径間の鉸桁鉄道橋が架けられた。

その桁は全長 142'-2"、最大桁高は 12'-11" で重量は 1 本につき 121 t である。

Pensylvania の Ambridge で 1 本づゝ運搬車に積込みを行った。運搬車を 2 輛用ひ(中間に空車を入れて)之に搭載すると、軌條面上 17'-6" の高さとなるので、頭高を十分に考慮して迂回路を取つたのである。更に運搬速度は一定区域では毎時 2~5 哩迄とし最大速度を毎時 25 哩に制限した。

据附設備は後に詳述する如く、桁を運搬車より特別

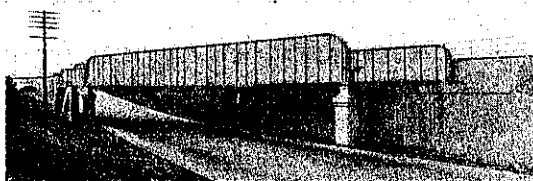


図-20.

なる構造の砂箱の上に、横に亘らせ、支承上迄 11'-6" 低下した。

問題の交叉地點は Chicago より Milwaukee, Twin Cities 及 Pacific Coast に向ふ複線の本線上 17 哩の地點にある。

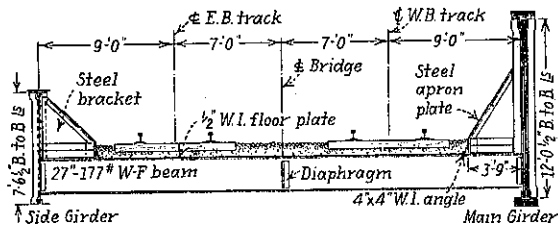
激しい貨物輸送に加へて、之の線路には Hiawatha の流線型機關車其の他の急行列車等 44 の旅客列車が運転されて居る。

道路は Chicago, Milwaukee 間の主要道路 U.S. 42 A で、40 ft 幅の 4 車線分の舗装を有し、交叉地點から南北に延びて居る。道路鉄道、双方の交通量大なる爲と交叉角が 20 度 13 分なる爲に、之の交叉點では樁事の絶間がなかつた。

立体交叉に於ては、車道幅を 41'-6" とし、兩側に 5 ft の歩道を取る事としたが、實際の設計に當つて 3 径間の橋梁とした爲に、中間の橋脚の幅 4 ft を必要とし、車道線より 9 in 離れて之を設けたので、道路に直角に測つた橋臺面の距離は 61 ft となつた。しかしながら、線路方面の支間は交叉角が小さい爲に、主径間 136 ft、側径間 26 ft 5/8 in である。

道路上の最小空高は 14 ft であり、之に軌條底面より桁下迄の 4'-6" を加算して、軌條底面より道路面迄

図-21. 主桁断面図



は 18 1/2 ft となる。之の内、3 ft は軌道の嵩上により残りは、道路の低下によつた。之の附近の地表面は殆ど平坦である。

兩側の主桁は、中心間隔 32 ft に置き、軌道中心間隔は幾分餘裕を見て 14 ft とした。

その結果、斜めの交叉なる爲に、兩端の支承の線路方向の距離は 275 ft となつた。床構造は主として、約 2 ft 置き横桁より成り、桁兩端が上部構造に支持される部分は僅か 101 ft で、残りの 174 ft は片側が橋臺上にある。

主桁: 主径間の桁は 5/8 in 厚、144 in の高さの腹板を有し、最大の突縁断面は 2-Ls 8 in x 8 in x 1 1/4 in と 2 枚の 36 in x 7/8 in の側板で蓋板は 5 枚合せて 4

in の厚さで、幅 21 in である。

突縁山形及側板の無添接材長は 100 ft 並に 121 ft に達し、之の爲に添接は總て曲げモーメントの小なる部分になつて居る。

添接部の目新しい點は突縁山形の突合せ溶接である。

突縁材の全部及腹板添接板にはシリコン鋼を用ひた。側径間を中心距離 26 ft 5/8 in であるが、之の径間の桁は内側の端が主径間桁の持ち送りで支へられるので支間は 23 ft 11 5/8 in に過ぎない、山形背面間をと 7 ft 6 in としたのは、中央径間との均衡上決めたもので、径間に比し桁高が大きい、従て突縁は簡單なもので、上側の蓋板は僅か 3/8 in 厚である。

床構造： パラス道床を用ひ、床の厚さと、重量を最小にする爲に、約 2 ft 置きに横桁を置き、之に板を張つた。但し、兩端の鋭角の隅の部分では、横桁と縦桁を組合せて用ひた。

横桁は主桁間に支へられる部分では、廣い突縁を有する CB 断面の高さ 27 in, 1 ft の重量 177 lbs のものを用ひた。

片側が橋臺上の支承に受けられる径間の短の部分には、同高で断面の小なる桁を用ひた。

床桁は主桁の内側に組立て、隅控は 4 本又は 5 本目毎に設けて居る。

隅控の間には 1/2 in 厚の鍛鉄板を床桁の上に張り、隅控の面には 3/8 in 厚の鋼板を張り立てた。

床板とエプロンとは 4 in × 4 in の鍛鉄の山形で連結した。板と鍛鉄山形とは銲接し、エプロンは隅控の突縁山形に銲接した、しかし、鍛鉄の床板は、6 in 毎に穿つた径 11/16 in の孔によつて、床桁の突縁上面に點溶接をした。

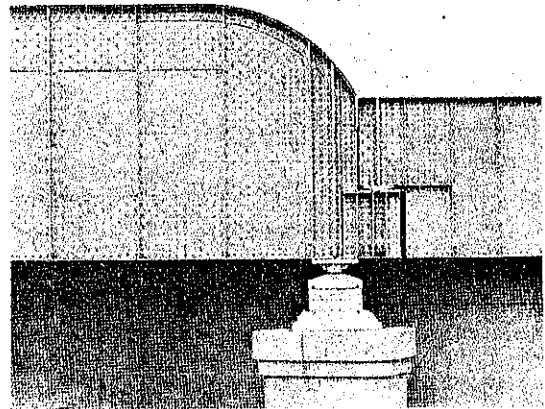
加設後、床板及エプロンは、約 48 時間を置いて耐酸性の被覆を 2 回行ひ、更に 48 時間後に、仕上被覆を行つた。

床は軌道の勾配に従て、0.5% の傾斜とし、下側の橋臺の裏面に排水溝を設けた。床板は兩端の橋臺の裏側迄曲げ延してある。

支承の詳細： 上部構造は片側の橋臺上の固定支承より、一体として伸縮する様に設計し、主径間桁の橋脚上には、鉄田のローラーを用ひ、反對側の橋臺上は滑り支承とした。

角度小なる斜橋なる爲、兩側の桁は 87 ft ずれて居る關係上、主桁の向ひ合つた 2 點では相當撓度の差がある。

圖-22.



之の爲の歪を緩和する爲に、主桁の脊の上部と下部とは球状とし、下側を半径 2ft の凸型、上側を半径 2' 4" の凹型とした。

下部構造は基礎杭の上にコンクリートで造つた。特記すべき點は翼壁を除外しても、橋臺の長さが 146 ft に及ぶ事である。

突桁式とした爲に橋臺の厚さは最大 6 ft であるが、基礎版は突出させる必要を認めた。

上部構造の中間の支承には、4 本の橋脚を用ひ、各々 4 ft × 6 ft の柱で、頂部は縦横 1 ft 宛擴大して笠石状とした。

柱及笠石の角は円味をつけた。

之等の橋脚の位置では、橋臺の底盤を擴大して共通に用ひた。

特殊な架設法： 地方的條件が經費の僅少な事を望んだ爲と、掘鑿が深かつた爲、又、構造物が非常に長いものであつた爲、更に又上部構造の建造が交通遮断せずには非常に困難な性質のものであつた爲に、線路は 1°30' の曲線により 1 時迂回線とした。

上部構造の架設を容易ならしめる爲に、橋の軌道中心に沿つて架設臺を設けた。之は、土臺の上に臺棒を組み、27 in の床桁を 3 列に縦桁として支へたものである。

しかし 2 本の 142 t の桁の重量と、横移動の必要、並に他の困難を考慮して、操重機の使用は、危険に對しては十分注意を拂ふとしても、甚だ不經濟なりとの結論に達した。

従て之の架設臺は運搬車に積むだ桁を橋上に送り出し、夫々の位置に置くのに用ひたのみであつた。

各主桁の据るべき線上に 2 つの格子臺を設け、砂箱の支臺とした、砂箱は内法 3 ft × 11 ft で長邊を桁の長

手と直角に置いた。

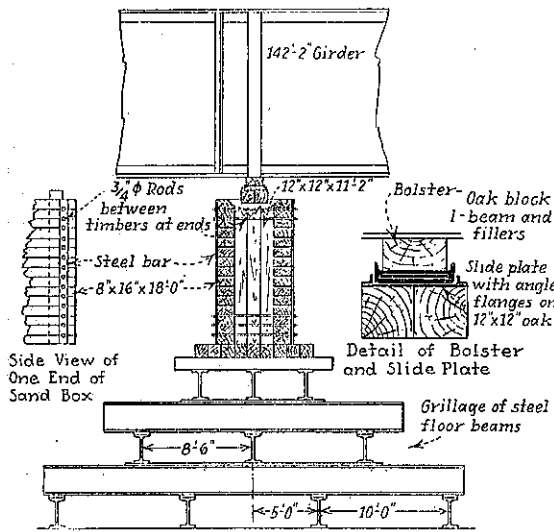
之等の砂箱は運搬車の上の箱の支承と 1 線に並ぶ様にし、運搬車が之の位置に来た時は桁の端支承は之を受くべき橋脚の中心と一致する様にした。

砂箱の詳細：砂箱は設計を Chicago の Armour Institute で試験調査の上に造られたもので、8 in×16 in の縦桁を平に置き、両側面とし、12 in×12 in の材を 3 本立て、端面とした。

端面材は、砂の横圧力に對して、3/4 in のタイロッドを縦桁の繫材に十字に通して支持した、又、之の爲に、材の面に溝を切つた。

タイロッドは、箱の両端に近く垂直に置いた鋼の帶金にしめつけた、之等の設備は、上端が車の床面の高さから、11 1/2 ft 下迄桁を下げる事が出来る様に十分の高さとした。

図-23. 砂箱の詳細



1 つの箱には 15 yd³ の砂を入れ、之の表面に 2 本の重い樺材で桁を受け、所定の位置に下げる様にした。

桁は送り出すと、設置すべき位置に向ひ合せて臺枠上に置き、ジャツキによつて、20 in 幅の鋼の滑鋸を支承の下に差し込める迄持上げた。之の滑鋸は車の上から、砂箱上の樺材の上迄連つて居るものである。

支承は鋼の腹鋸を水平に置き、之に 1 1/2 in の鋸を突縁として熔接したもので、桁が砂箱の上へ、ジャツキで水平に送られる際には、下側突縁が滑鋸の支へとなる如くした。

桁の低下は砂を箱の上方から小さなショベルで掘取

つて行ふ、砂の表面が一番上の 8 in×16 in 縦桁の側材の下端迄来るとナットを緩めて縦桁を横へ抜き取るのである。

之の作業を 1 本毎に繰返し遂に桁を橋脚上を下した。

(五味 信)

(23) 高架コンクリート水槽

“Elevated Concrete Tanks of Record Capacity built for Sacramento Water Department,” West. Const. News, Oct. 1937 p. 376.

各々 3 000 000 gl. の容量を有する 2 高架コンクリート水槽がサクラメント市水道課により同市給水組織の作業を改良する爲に完成された。各水槽は内径 144 呎の鉄筋コンクリート円筒壁より成り 3 重に円形に配置されたる内側柱はコンクリート床版を支持してゐる。コンクリート円筒壁の中に直径 144 呎、高さ 26 呎の鋼水槽が納められ椀作りの屋根は鉄筋コンクリート柱と桁により支持されてゐる。次に設計並に工事方法を記述する。

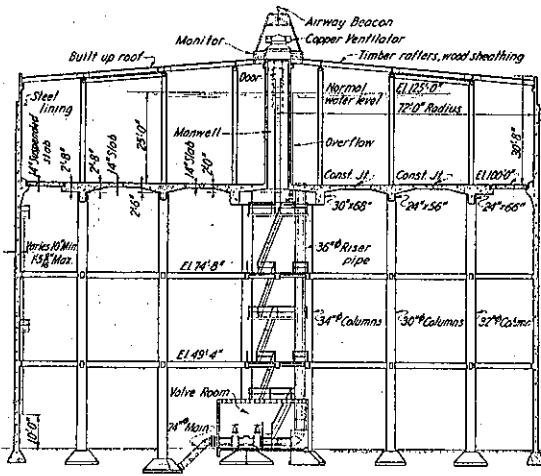
第 1 水槽は 21 街と 12 街の所のサクラメント初等大学に近い所にあり、第 2 水槽は州市場にある。2 槽共其の床の高度は El. 100 で第 1 水槽の地盤は第 2 のそれよりも約 7 呎低く従つて第 1 水槽は第 2 水槽よりも 7 呎高い。

24 500 000 lbs の水荷重の下に於ける支柱は (1) 環状鉄筋コンクリート外壁及 (2) 3 重円形に配置されたる鉄筋コンクリート柱よりなつてゐる。鉄筋コンクリート円形水槽は其の内側は円形であり外側は 24 角形になつてゐる。此の爲コンクリート壁の厚きは 10 吋から 17 1/2 吋と変化してゐる。即ち平均厚は 12 1/2 吋である。此の鉄筋コンクリート円筒の高さに對する 3 直径比は 2 以上あり圧潰に對し非常なる抵抗力を有し、特に垂直荷重に對しては大抵抗力を持つ。

鉄筋は 1/2 吋径のものよりなり外面では水平に 8 吋、垂直には 16 吋に配置し、内面には水平に 12 吋、垂直には 16 吋間隔に配置してゐる。即ち鉄筋量は垂直筋 0.334 %、水平筋 0.200 % である。

壁は以上の外高さ 18 吋にして幅員 16 吋から 23 吋よりなる円状桁により補強せられてゐる。此の桁は 1 吋の丸鋼を持つてゐる。之等の円状桁は壁の各 1/3 點に設けられ、之に支材が取り付けられ、各柱間の水平縦構となつてゐる。此の水平縦構により各種が一体として働き横荷重に抵抗する。

図-24. 水槽断面図



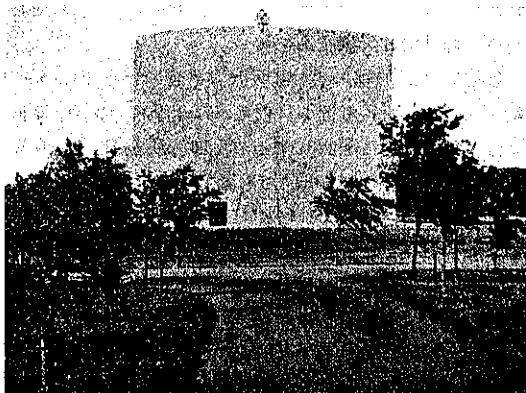
3 重の柱は中心から 4 呎の所では 4 本あり、直径 64 呎の円周上に 16 本、109 呎直径の周上に 24 本ある。之等の柱は普通設計と何等異なる所なく垂直鉄筋は前記の水平綫構より一寸上で接続してゐる。

外壁と外の柱との間には環状の 2 鉸式接手が設けられ、外壁と内側の支柱との不等沈下に備へてゐる。

水槽其自身は鋼板よりなり水平及垂直接合は電弧熔接されてゐる。而して鋼構のみで水荷重に依るあらゆる力に抵抗出来る様に設計されてゐるが、建築的美觀の爲と鋼の外側の腐蝕を防ぐ爲、更に地震に対する補強の爲鉄筋コンクリート壁が作られた。

礎段の掘鑿は普通の方法を以て地面から 4~5 呎の深さにまで達した。地質試験の結果によると安全土圧力は第 1 水槽では 1 平方呎に付き 4t、第 2 水槽では 3t であつた。柱の礎段は 9 呎から 12 呎と種々異なつて

図-25. 水槽全景



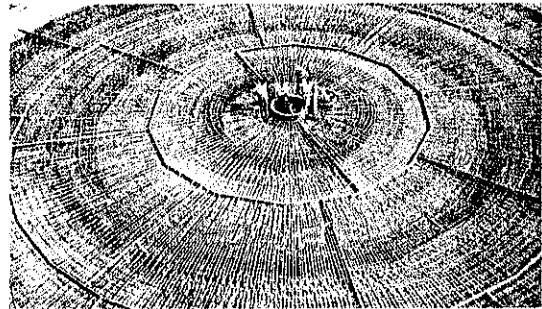
居り、外壁の連続礎段は第 1 水槽では 5 呎、他水槽では 6 1/2 呎であつた。

柱の施工は又普通の方法に依り先づ螺旋鉄筋籠を定位置に設置し、金屬製型枠を付け、コンクリートを打つた。外壁には負請人は木製型枠を使用した。1 回のコンクリート打には 12 呎の高さを以て長い種を使用した。施工接合は外側長に各 38 呎宛に設けた。

コンクリート打作業には第 1 の水平綫構(約 25 呎)に達すると小桁や桁上に板を敷きコンクリート配給車道とした。

コンクリートは現場に於て混合し水槽の端に配給塔を立てて施工した。礎段コンクリートの配合は 1:6 1/2 で骨材の最大粒は 1 1/2 吋であつた。他のコンクリートは總て 1:5.5 混合で骨材の最大粒は 1 吋であつた。設計に使用したる單位応力は礎段コンクリートは 2500 lbs、他は 3000 lbs であつた。實驗成績によれば 5 吋のスランプで 28 日に 3200 lbs から 4400 lbs の応力を得られたが施工の場合には 4 吋のスランプを使用した。實際試験片を現場から採つた結果によれば礎段コ

図-26. 床版の鉄筋組立



ンクリートは 3500 lbs を、他は 3800 lbs を 28 日間を示した。コンクリートは總べて振動搗固施工法によつた。

床版型枠を支持するには負請人は木構を柱と壁の間に架設した。床版は最少深さ 14 吋にして 30 呎宛施工し、施工接合には銅板を使用した。

各鋼環は 24 個よりなり、最も下の環は 3/4 吋の鋼板よりなり高さが 26 吋にしてコンクリート中に埋込まれてゐる。之より上に順次次の如き鋼環を設置した。19/32 吋鋼板にして高さ 60 吋、次は 15/32 吋鋼板 66 吋高、13/32 吋鋼板 66 吋高、最後は厚 1/4 吋の鋼板高さ 96 吋であつた。之等の鋼板を定位置に置くと水平並に垂直に其の接合を電弧熔接した。鋼板には V 形衝合接手を厚板には複 V 形衝合接手をを使用した。

最初の設計には外側のコンクリート壁と水槽の間には機械的密接補助装置を施さぬ様になつて居り、單に直接コンクリートと鋼板のボンドに頼る事にして居た。然かし現場に於て変更され帯鉄板を所々に熔接してボンドの助けにした。此の配置は底部では兩方向に $1\frac{1}{2}$ 呎間隔にし上に行くに従つて少なくした。之に要する孔が又外側コンクリートの型枠を支持するに役立つた。

鋼筒筒が完成すると水を満たし外壁のコンクリートを施工し 14 日後に水荷重を抜き出した。

水槽の中央には 6 呎直径の孔があり屋根まで達してゐる。此の中には地上から続いてゐる階段が設けられてゐる。階段に近く垂直の直径 36 呎の配水管が設置されてゐる。

2 水槽共重量の 10% の横荷重に對して抵抗する様に設計されてゐるがコンクリート及鉄筋の有効強度が設計に考へられた値より遙かに強いものが出来たので規定応力を超過する事なくして此の構造物は全荷重の 15% の水平荷重に對して抵抗出来る。又規定応力の増加を 33% とすれば此の構造物は地震荷重に對し殆んど 20% の抵抗力を有する。(中谷茂壽)

上 下 水 道

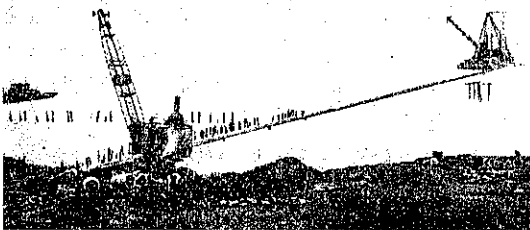
(24) 浮游法に依る取水管の水底敷設

("Floating a Water Intake into Place" E.N.R.)
Sept. 16. 1937. p. 473~474.

Erie 湖に於ける 600 ft 沖合迄の 12 in, 20 in の取水管敷設工事は管を陸上で連結して水に浮べ所定の位置に持つて行く方法で迅速且經濟的に行はれた。接手には屈曲自在のボルト締め鋼型カップリングを使用し管の最先端には帽子を被せて水の侵入を防ぎ其の浮力を利用した。作業は管を 120 ft に繋いでから 5 日で完成する。

鋼管は螺旋式鍛接の長さ 40 ft, 肉厚 1/4 in のもので陸上で 120 ft の長さに繋ぐ。之等は湖岸の浅い溝の中に置き、簡単に水中に引出し得る。12 in, 20 in 管共

圖-27. 沈下前の 20 in 鋼管



に長さ 814 ft で内 640 ft 圖-28. 屈曲自在の接手は水中に没する。

カップリングはスリーブ型の屈曲自在の標準のものである。接手は管端をカップリングの中心の環に差し込み次で熔接する。此の際楔形のゴム填隙環を用ひる。此の後に用ひる環はボルトで締め、ボルトが引張られると填隙環を押し付け管に密着させて屈曲自在の水密構造の接手とする。

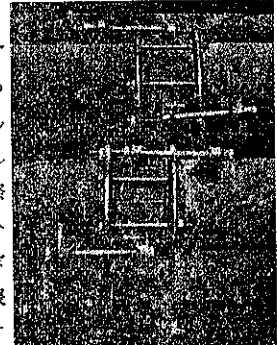
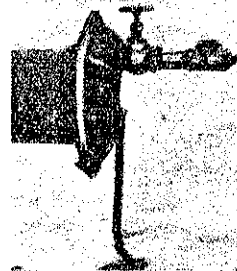


圖-28 に示すが如く接手のボルトは強い波の作用及敷設後の沈下移動に對する管の連結の補助装置とした。各カップリングには周囲に等距離に 4 本のボルトがあり交互に 2 箇宛兩管端について居る。接手のボルトはカップリングの可撓性を保つ爲約 1 in の餘裕を置く。

管敷設作業には起重機船と無限軌道附起重機を用ひる。前者の位置は之から岸に V 型に張つた 2 本の鋼條で定める。管は豫定箇所木杭を打つて位置を保つ。實際の仕事は無風の快晴を待つて始めた。斯くして仕事を簡單にし、管や起重機船の岸に寄せられる心配を無くした。

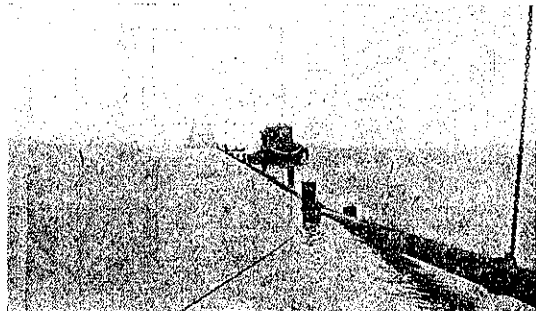
工事は先づ第一の管端を起重機船の鋼條に結び沖合に引き出した。管の終端が波打際から數呎になると順次に他の管を繋いで引き出し全部を所定位置に運んだ。

圖-29. フランヂキャップ



管は第 1 の管の先端を引き出す前にフランヂキャップで密閉する。此

圖-30. 漚水沈下中の取水管



のキャップの中に 2 箇の球状瓣を挿入して沈下の際に管に水を入れ得る様にする。曳出した管は其の 2/3 が水に没して水面に浮く。漏水の有無は不明であるが管が沈まなかつた事に依り全体が良く連結してあつた事は確かである。

岸の管端は浸水せぬ様に湖面より高く上げた。所定の位置に曳航した時管中に空気が残らぬ様に沖の端の瓣から水を入れた。泄水すると管は豫め掘つた水底の浅い溝に沈んだ。管の敷設位置の水深は約 17 ft である。

誘導杭の反対側に 1 列に杭を打ち潜水夫に依り之等の 2 列の杭に横木を打附け上下に移動せぬ様にした。溝は砂で埋め戻した。

取水管の湖岸端は湖岸より 15 ft で既設の陸上の管と連結した。之は潜水夫に依り水中工事を行つた。

(別所正夫)

(25) ニューヨークの新下水処理場

(“New York adds Another Sewage Plant.”)
E. N. R. Sept. 30, 1937. p. 541~545.

曩に New York 市は 700 萬市民の爲 36 箇所の下水処理場建設計畫を樹立したが、其の中 Coney Island 処理場と Wards Island 処理場は既に完成し、目下第 3 番目の計畫として Tallmans Island 処理場を築造中である。本処理場は 1939 年の萬國博覽會敷地に豫定されて居る Flushing Bay 東岸地域の下水を處理して河海水面の汚染を防止せんとするもので、Bay 西岸の下水は所謂 Ditmars Boulevard 進集渠を築造して是を目下改築擴張中の North Beach 節濾場に連絡する計畫である。是等は何れも來年中に操作開始し得る見込みである。

Tallmans Island 處理場は通例 Tallmans Island として知られる Borough of Queens の北方に位し(図-31)、面積約 26 エーカー、計畫處理容量は當初容量 40m.g.d.、完成容量 80m.g.d. である。排水區は Borough of Queens 17 000 エーカー、但し在來排水面積は 3 8000 エーカー、即ち本計畫排水面積の 22% に過ぎない。計畫人口は最大 550 000 人(1970 年に於ける豫想飽和人口)、當初計畫人口は 300 000 人にして現在人口の約 2 倍に當る。處理法は促進汚泥法に依る。

本排水區は代表的な住居地域なので工場汚水は考慮の要なく、且下水量は上水使用量と地下水浸透量より決定せられた。上水使用量は 1930 年には 1 人 1 日當り 106 gl. であつたが 1970 年には 125 gl. に達する見込で、その 90% が下水渠に流入するものとす。地下水浸透量は全面積より 1 日 1 エーカー當り 1 200 gl. と推定した。而して築造當初の處理場流入量は 10~12 m.g.d. の見込にして、計畫に當つては最大下水量は平均下水量の 2 倍、最小下水量は平均下水量の 65% と假定した。

處理場に於ける主要な築造物は唧筒並送風機室、最初沈澱槽、曝氣槽、最終沈澱槽、汚泥消化槽等にして(図-31 参照)、最初沈澱槽の沈澱汚泥と餘剩促進汚泥は是を消化濃縮したる後汚泥船に依り海に運んで處分し、消化槽内に於て發生する汚泥瓦斯は處理場運轉に要する動力用内燃機關に利用せらる。

本處理場内で最大の建物は唧筒並送風機室であつて、沈澱槽諸機械及送風唧筒以外の殆んど凡ての機械設備が此の中に收容される。地階は主として下水唧筒及附屬機械類を据付け、上部には瓦斯機關、送風機其の他の機械設備を設置する。又地階と同レベルに建物の東側に沈砂槽を設く。主要下水唧筒は 4 臺あり、その容量は 35 m.g.d. のもの 2 臺(350 馬力瓦斯機關運轉)、15 m.g.d. のもの 2 臺(150 馬力瓦斯機關運轉)。尙將來 35 m.g.d. の唧筒 1 臺増設の餘地あり、從て將來の全容量は 135 m.g.d. 即ち計畫下水量の 169% に達す。送風機は曝氣槽や曝氣渠に空氣を供給するもので容量 20 000 呎³/分のもの 2 臺(800 馬力瓦斯機關運轉)、10 000 呎³/分のもの 2 臺(450 馬力瓦斯機關運轉)、尙將來 20 000 呎³/分のもの 1 臺増設する餘裕あり。唧筒及送風機は何れも上述の如く汚泥瓦斯使用の内燃機關に依つて運轉されるが、汚泥瓦斯のみでは不十分なる故購入瓦斯を以て補足する要あり。機關の全容量は合計 8 臺、3 500 馬力にして將來は之を 10 臺、4 650 馬力に擴張する計畫である。

圖-31. Tallmans Island 處理場一般圖

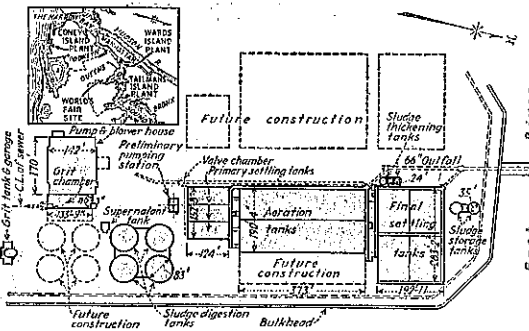
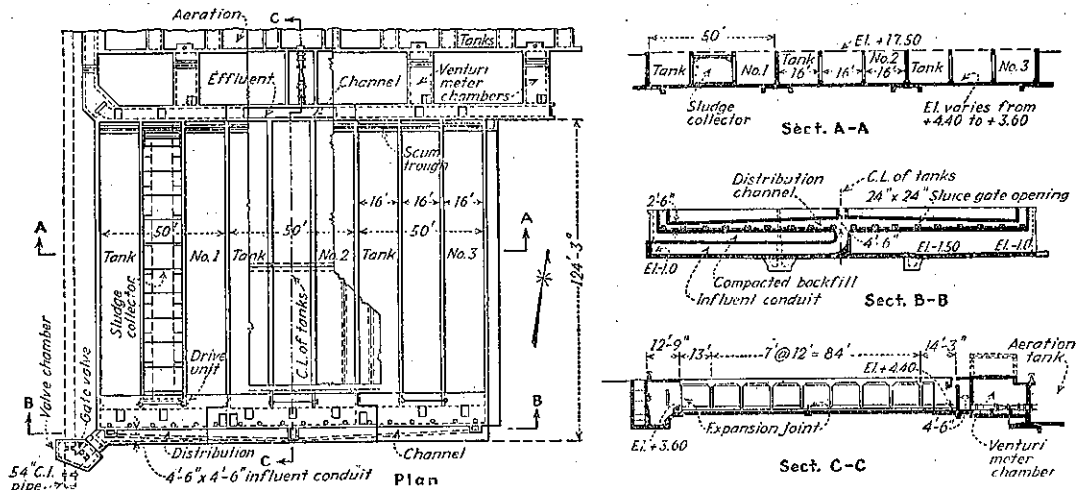


図-32. 最初沈澱槽



排水面積の大部分の下水は目下築造中の大幹線渠に依り自然流下に依つて処理場に流入するが、処理場東方 Flushing Bay 沿岸の低地帯の下水は分流遮集渠に依つて唧筒室内の低水位唧筒井に流入し、夫より沈澱槽に揚水せらる。沈砂槽の入口には3時節目のスクリーンを置き、その篩渣は附近の塵芥焼却機で処分す。次に1時節目の棒スクリーンを備へ、その篩渣は粉碎機にかけた後流入下水に返送す。篩渣量は計量下水量 40 m. g. d. に於て 1 日 6~7 碼³と推定さる。沈砂槽は幅 14 呎、長 60 呎、深 7 呎の二つの水路より成り各々コンベヤ式沈砂掻寄機と沈砂洗滌機を有す。洗滌された沈砂は pneumatic ejector に依つて容量 150 碼³の高架貯溜槽に送られる。沈砂量は 1 日 10~15 碼³の見込である。沈砂槽を出た下水は主唧筒井には入り、それより 54 吋圧力幹線に依り最初沈澱槽に揚水せらる。此の圧力幹線中に 1 臺のベンチユリメーターを設く。

最初沈澱槽は長 124 呎、幅 50 呎、深 12 呎の長方形の槽にして 3 槽あり、何れもコンベヤ式汚泥掻寄機と浮渣除去装置を備ふ(図-32. 参照)。滯留時間は平均計量下水に於て 1 時間である。曝氣槽は現在 2 槽築造中であるが、操作の結果若し必要を認められた時は更に 1 槽増築する餘地あり。槽の形状は長 370 呎、幅 22.25 呎、水深 15 呎にして 4 水路に分れて廻流をなす。最初沈澱槽流出下水は 3 箇所より曝氣槽に流入し得る様設計され、回歸汚泥は曝氣槽流入端に於て混入される。曝氣時間は當初の豫想流入量 20 m. g. d. に對し 7 時間以上(回歸汚泥量 20% とす)、計量下水量 40 m. g. d. に對しては約 3.5 時間、若し 3 槽使用する

とせば 5 時間強となる。

最終沈澱槽は長 134 呎、幅 93 呎、水深 12 呎の矩槽形 4 槽あり滯留時間 2.6 時間である。

最初沈澱槽の生汚泥は 8 吋管に依つて抽出し直ちに消化槽に圧送する。最終沈澱槽汚泥は 4 臺の唧筒に依つて抽出して是を曝氣槽に回送し、その餘剰汚泥は直径 24 呎、深 18 呎の 2 個の汚泥濃縮槽に送る。濃縮槽中に於て鹽素を添加し、脱離した液はそのまま出口に放流し、濃縮された汚泥は消化槽に圧送する。消化槽は 4 槽あり、各々直径 88 呎、側壁高約 30 呎の円形槽にして底部は深約 9 呎の漏斗型をなし、上部に浮動覆蓋を備ふ。是等の槽は槽壁内部に設けた 4 本の 3 吋管コイルを循環する温水に依つて暖められる。消化槽容量は 1 槽 176 000 呎³、總容量 705 000 呎³にして、容量算定に當り下水中の浮游固形物量を人口 1 人當り 1 日 0.26 封度と推定した(固形物除去率 95%)。

瓦斯發生量は 1 人當り 0.85~1.0 呎³とし、この瓦斯は約 76% のメタンを含み、1 呎³に付 600~650 b.t.u. の熱量を發生する見込である。消化槽にて脱離した液は脱離沈澱槽に導いて約 6 時間保留せしめ、然る後処理場流入下水に返送す。

消化汚泥は岸壁附近に設けた 2 個の高架貯溜槽に圧送す。此の槽は径 35 呎、高約 30 呎にして約 4 呎深の漏斗形底部を有す。本槽内に於ける汚泥含水率は始め 95~96% と推定せらるも、5~6 日貯溜後は更に減少する見込である。其の脱離液唧筒井に返送す。貯溜槽の總容量は約 55 000 呎³にして、目下 Wards Island 処理場計畫の一部として建造中なる 1700 t 汚泥船の

總容量と殆ど等しく、Wards Island 處理場所屬の 3 隻の汚泥船が同時に本處理場の汚泥をも搬送し得る能力あり、従て本處理場に於ては海中投棄が最も經濟的な汚泥處分法と認められたのである。

因に Tallmans Island 處理場の建設費は 4100 000 弗と推定せらる。(野中八郎)

都 市 計 畫

(26) 循環式交通廣場の合理的設計

(H. S. h. Knight "A Rational Traffic Roundabout Design" Road & Road Const. Sept. 1937 p. 263~265.)

Poole 市の郊外で Wareham, Dorchester 及英國西部に向ふ路線 A. 35 から Wimborne に向ふ路線 A. 349 が分岐する所は Fleets Corner と稱ばれる廣場になつてゐるが交通流線が確定されて居ない爲に交通事故が非常に多かつたので數年前 Wimborne 道路の擴張の際循環廣場の設置と東に向ふ新補助道路が計畫された。

其の當時交通省は圖-33 の様に中央島を標準形 110ft 角にし環道入口に而した頂點を円くする様に主張して

居つたが、1936 年工事着手に當つて著者は幾多の標準形を調査の結果、中央島並に環道は円形が最良であると思はれたので其の考への下に設計変更を行つた。其の際 (1) 環路の出入口の分岐角 (2) 環路入口に於ける幹線曲線部の外側縁石の形 (3) 環路幅等について考慮を拂つた。

分岐角: Royal Dawson 教授は大きい循環廣場に對する分岐角は兩路の中心線のどちら側でも 5° とすることが最も望ましいと云つてゐるが、今の場合はかくすれば環路の側方に於ける縁石直線部が少くなり又廻轉部の長さ不十分になる結果となる。若し環路入口をラッパ形にすれば曲線ももつと良好となり、中央島も円形にしてもつと大きな寸法のものが造られる。

環路出入口の設計: 街角部に對して交通省は一貫して円曲線を主張してゐるが最近其の半径は 30~60 ft に増大して來てゐる。著者は車輛の廻轉曲線を考究して見たが明かに円曲線ではないので (1) 車輛速度 (2) 廻轉分岐角 (3) タイヤと路面との摩擦數等にある限界を考へて曲線形を求めて見た。其の結果築造の容易な様にと考慮して Lemniscate を最良と決定した。曲線長を短くすれば速度もあまり大きく取れないから 10.5 哩/h. とし、設置には一弧長 10 ft を單位に取つた。

圖-33.

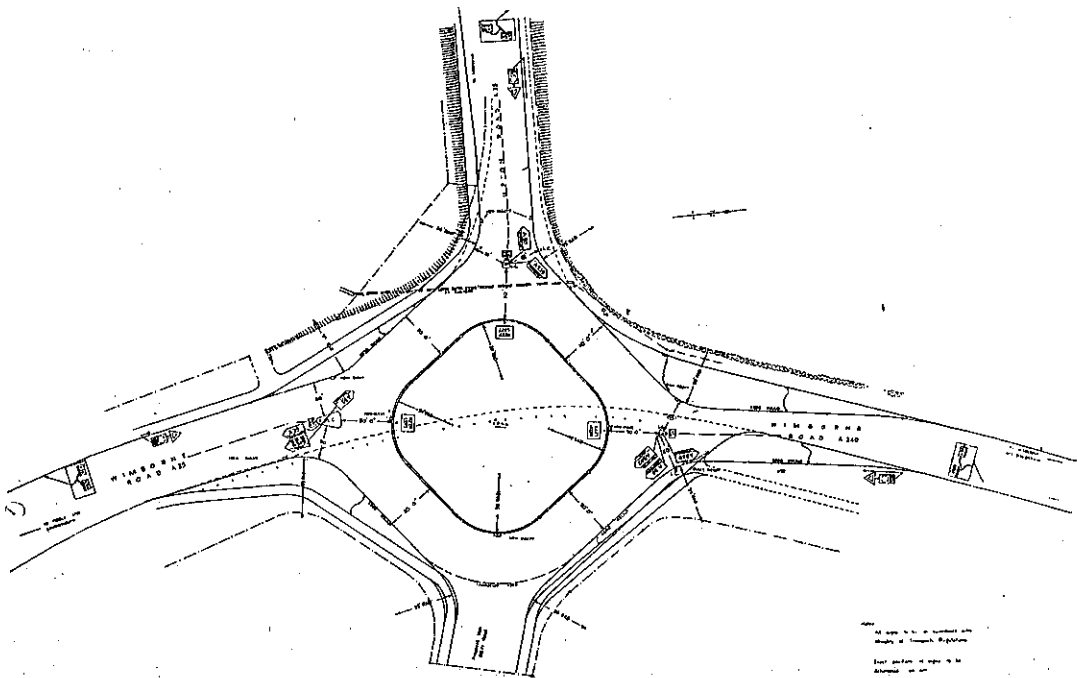


圖-34.

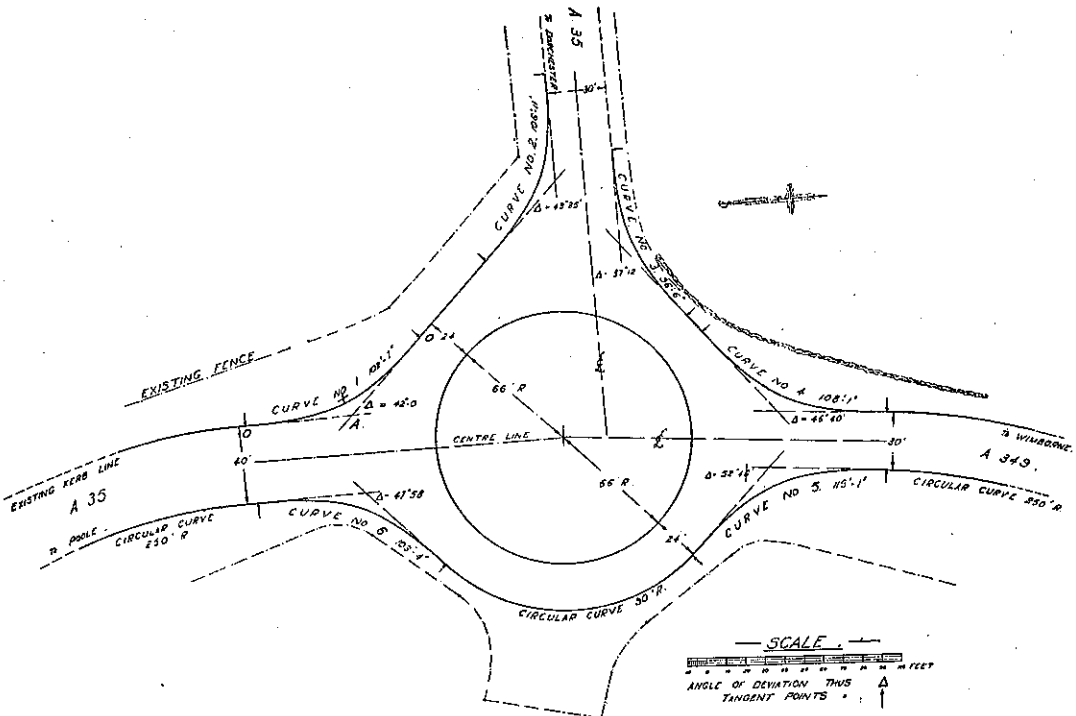


圖-35.

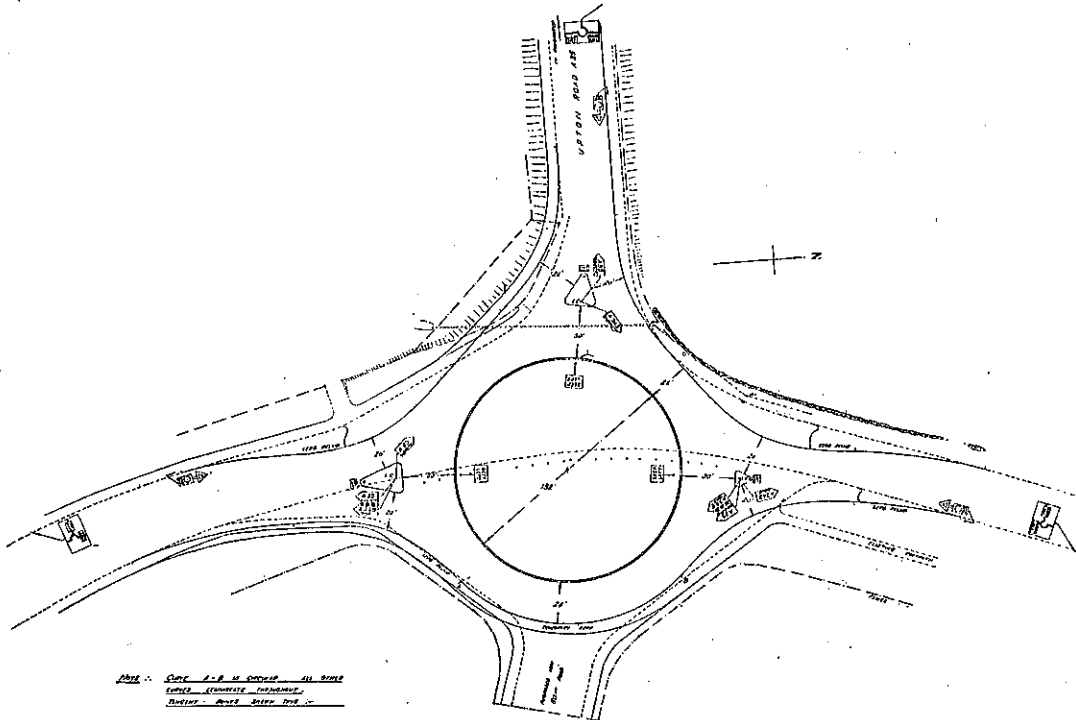


図-34 は其の基本形を示すものである。

環路幅員：之に對し交通省は 30' を主張するのでそれを實驗的に施設して見た。中央島は徑 120' にし縁石は上述の様に造り換へて見たが環路縁石は速度の小さい弧長を設置したに拘らず、他の緩和曲線の場合より高速度の出ることがわかつた。尙此の際島の西北では曲線部の存在は問題にならないことも明かになつた。

他の廣場に就て調査して見ると交通上の危険から 3 車輛が並んで走行出来るものでなく若し 30' 即ち 3 車線或は 其れ以上の幅員の車道が設置されても殆んど利用出来ないことがわかつたので 1 車線 12 ft として全 2 車線を適當と認め中央島を徑 132 ft とした。之は一路線毎に 1600 臺/h の能力を有することになつた。図-35 は交通省の認可を得て最後に出来たものである。

片勾配：此處に困難を伴つたことは中央島の西側と東側との間に 4 ft の高低差があつたから之を一平面に配置することであつた。それは鉄筋コンクリート床版で被はれた hardcore によつて 3 ft 迄減少した。片勾配の理論を利用して車道の半分に對して外側に下げ、他の半分を内側に下げた。勾配は 1/30 にした。

(谷藤正三)

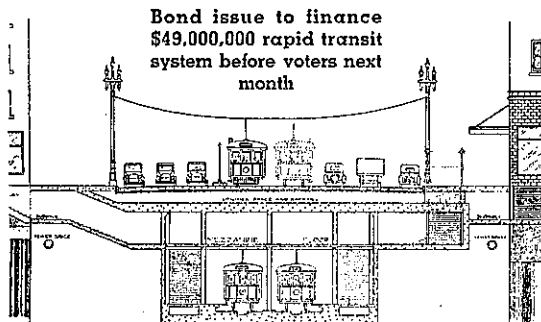
鉄 道

(27) サンフランシスコ地下鉄道計畫

“Outline of the Proposed San Francisco Subway” West. const. News. Oct. 1937 p. 396~397

サンフランシスコ市内の地下鉄道と高速度交通網は 49 000 000 弗の工事にして其の公債が賛否投票により、11 月選挙に於て市の有権者の賛否を問ふ事になつてゐる。地下交通組織の計畫は數年間の研究の後公共福利委員會の支配人エドワード・ヂャー・カアヒルにより發案

図-36. マーケットの標準横断面図



され技術委員達により賛成され支持されてゐる。もし賛成投票を得た場合は此の工費を以て下町マーケット街の地下鉄道 2 $\frac{1}{2}$ 哩の複線で終點はサンフランシスコ、オークランド灣橋に連絡するものと、2 $\frac{1}{2}$ 哩のミッション街地下鉄道支線とグリー街地下鉄道支線とを建設する事になる。此の計畫は將來必要となつた場合延長出来る様に設計されてゐる。

ニューヨーク市に似て西部に於ける大都市の中でもサンフランシスコ市が最も近郊都市との交通上の問題が複雑である。サンフランシスコ市は近郊都市の商業中心地にして其の外部からの通勤地間は最近架橋連絡されたる灣に圍まれてゐる。近年に於ける 2 大橋梁の完成せる結果として下町と近郊都市間の交通組織が変化し緊急なる問題を提供し、サンフランシスコ市下町區域に改良されたる高速度交通機關が必要となつた。サンフランシスコと灣東諸市間に來年開通する灣橋上の高速電氣軌道が完成したる曉には是等の諸市とサンフランシスコ市間の交通が容易迅速となり更にサンフランシスコ市内の下町から住宅街方面への高速交通機關を必要とするのである。此の灣橋上に設備される高速電氣軌道の結果としてサンフランシスコ市の人口は灣東諸市に移動する事が考慮される。更に金門橋上には間もなく高速度乗合自動車も灣北地方と連絡する爲第一層本計畫の必要を痛感してゐるのである。此等の點を考慮して委員會は數年前から本計畫を立て研究して來た結果今回初めて賛否が問はれる事になつたのである。

灣東諸市を起點とするサンフランシスコ市の下町商業區域を通過する交通量を取り扱ふ機關の重要な事は次の事實により知る事が出来る。普通の 1 ケ年間の灣東地方からの乗物を使用せざる交通量は 36 000 000 人にして灣北地方即ちマリナー郡からとの同交通量は 12 000 000 人である。更に此のマリナー郡からの交通量は將來大多數金門橋上の乗合を使用するであらうけれども現在に於ては總べて渡船でマーケット街の埠頭に集中されてゐる。

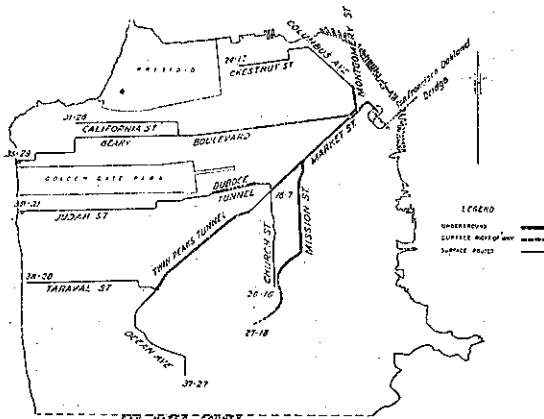
灣橋の調査に依れば同橋上電氣軌道利用者は第 1 年に於て 32 000 000 人となつて居り 1950 年には 40 000 000 人に増加するのである。是等の通行人は全部新灣橋終點に集中され、是等の人々をサンフランシスコ市内居住者の商業區域へ向ふ交通機關を妨害しない様に其の目的地に最短時間で輸送するのが當問題である。

此の郊外からの交通量は 1 000 000 人の市電交通量とマーケット街のみで 200 000 人以上の交通量ある市内

人の交通に直接影響がある。商業區域を南側に事務所建築物と商店街を其の北側に有するマーケット街の交通量は既に諸君の良く知る所であるから詳細は省略するが、略述すれば、住宅街からと灣東及灣北地方からの交通とがマーケット街で落ち合ふのである。現在では120呎の幅員を有するマーケット街には4條の軌道がある問題は終點にある、即ち軌道のどれかを街を走り抜けて船會社の事務所の所で引き返へすことが必要である。又現在敷設されてゐる是等の軌道の所有權も問題である、即ち中の2條はマーケット軌道會社線にして外の2條は市の電軌道である。灣橋の完成と共に市を横断する交通も活潑となり一層問題が複雑化して來た。是等の總ての問題が市をして、もし市が其の商業的活動と平行して發展せんとすれば必ず高速度交通機關を必要とならしめた。通勤時間に於ける群集を便利にして短時間に取り扱ひ得る事があらゆる計畫の根本である。

種々の案に付いて研究したる結果公衆福利委員會はマーケット街に複線式地下鉄道を作り南と北に各1本の支線を出す事に到達した。是の計畫によれば地上線は2本不用となり兩側に更に1本宛の自動車道を増加し各3車道となるのである。3本の支線は南北兩側の最も混雜する街路に敷設するのである。

圖-37.



マーケット街線：灣橋の終點からマーケット街に入り曲つてマーケット街を真直にチャーチ街まで $2\frac{1}{2}$ 哩を地下鉄道線としそれから地上に出て現在のツインピーク隧道に入る計畫にして此の工費豫算は18,000,000弗である。

ミッション街線：本支線はマーケット街路とペンネス街で分れミッション街の地下を通つて南にドロレス街と27街あたりで地上線に連絡するのである。本支線

は約2哩の地下線と $1\frac{1}{2}$ 哩の地上線を含んでゐる。此の工費豫算は14,000,000弗である。

ゲリー、モントゴメリー街線：本支線はゲリー街の地下を通つてファイルモア街を越し、他にモントゴメリー街の地下をコランパス街まで達する北側の支線である。是は將來ゲリー街もモントゴメリー街も共に延長される計畫である。此の線は經濟中心區域と商店中心區域及住宅區域を連絡する。最初の工費豫算は13,500,000弗である。

地下停車場は1哩に3ヶ所位の割合で設けられ、停車場は二階式でこれはマーケット街の横断にも使用出来る様に設計されてゐる。

此の地下鉄道の建設工事は約5ヶ年を要し、其の期間内には未拂の市公債の大部分が消却される筈である。然も更に必要な公債を發行しても市法により定められたる公債限度には達しない様になつてゐる。

本計畫に依り得らるゝ利益は次の如きものである。

(1) 現存住宅區域から下町への通勤時間は15~20分短縮される。(2) 灣東諸市からの通勤よりも時間を短かくする事により市民を本市内に定住せしめ得る。(3) 遅い交通により淋れたる區域の人口を増加出来る。(4) 市の住宅區域の地價を高める。(5) 商業の分散を防ぎ下町の不動産價格を安定せしめる。(6) カーネー街以西のマーケット街路上の2軌道を無くする。(7) 下町區域の自動車交通を改善する。(8) 經濟的中心地との直接交通を可能にする。(9) 灣橋終點への早い便利なる奉仕を可能にする。(10) 擴大した高速度交通組織に依る一形態が生れる。(11) 灣北諸市に進歩したる交通連絡を與へる。

(中谷茂壽)

(28) 軌條の熔接

“30 More Miles of Welded Track.” Railway Engineering and Maintenance, Sept. 1937, p. 596-600.

The Delaware & Hudson では近年軌條の熔接を行ひその軌道延長既に30哩を超えてゐる。軌條は重量131 lbs、長さ39呎のものである。その方法は貨車の上で Electric Flash Butt Welding (閃光式電氣抵抗銜合熔接) により780呎若くはそれ以上の長さに軌條を熔接し、之を現場で卸しテルミット熔接法により更に熔接して接目の無い軌道を造るのである。而してすべて電氣抵抗熔接が終ると熱處理を行つて熔接によつて生じた内部応力を除き、又削平機により仕上げを行ふのである。

図-38. 熔接列車, 右から熔接車, 応力
取除き及削平車, 貯蔵車



図-40. 作業中の熔接車内部



抵抗熔接に用ひられる設備を作業の際並ぶ順序に挙げると次の通りである。

蒸気機関車 (タービン発電機に蒸気を供給する)

発電車 (2 臺のタービン発電機を備へ熔接作業に必要な電流を供給する。)

軌條架車 (軌條を並べ熔接機の方へ運ぶ)

熔接車 (熔接機を備ふ)

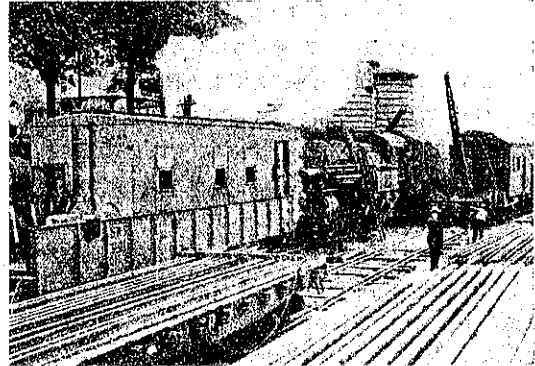
5 臺の長物車 (内部応力を除く装置及接手削平機を備ふ)

所要の長物車 (熔接せる軌條を載せて爾後の運搬に便ならしむ)

この設備には 2 本の側線を必要とし、側線の長さにより熔接すべき軌條の長さが制限される。D & H では制限長は 780 呎 (20 本) である。2 本の軌道の内、1 本には以上の設備を有し、他の 1 本は熔接すべき軌條補給に使用する。

熔接車は有蓋車で内部に熔接機、水圧ポンプ、電気制御装置及軌條移動用ローラーコンベヤーがある。熔接機は 2 部分から成り一つは固定、他は可動で、各熔

図-39. 発電車, 蒸気機関車及起重機



接せられる軌條の端を保持する。両方ともレールを確保する爲水圧締付機があり又熔接電流を軌條に通ずる爲電気接觸締付機がある。

発電車は鋼製有蓋車で 2 臺のタービン発電機を備へ、一つは熔接機及起重機に電流を供給し、他は照明、軌條締付装置の水圧ポンプ及補助モーターに電流を供給する。

蒸気機関車は所要の蒸気發生能力を有すればよい。

軌條架車は長物車で片側に 9 本の軌條を保持出来る軌條架がありこれから 1 本づゝ軌條を車の中心にあるローラーに載せ熔接車に送る。軌條は起重機により軌條架車に積込みこゝで空氣削平機により軌條端の頭部及底部を磨き熔接機内に於ける電気的接觸を良好にし又端面の銹を落す之等の操作人員は 2 人でよい。

熔接作業は接合すべき軌條端の豫熱、Flashing、圧着の 3 段に分れ、この操作は 1 人です。先づ熔接機内の 2 つの各締付機と電気接觸締付機と電気接觸締付機とで 2 本の軌條端を確保する。この時一方の軌條は可動臺にある。豫熱の操作中兩軌條間には断続短絡電流が流れ軌條端は熔融點に近い温度に熱せられる。この時電弧により熱せられた軌條端を絶えず接觸してゐる様に保持すると連続短絡電流が流れ、接觸部は直に熔融状態となり閃光を發し接觸端面から酸化物等を取除く。豫定の時間を経て軌條端は水圧で圧着せられ兩軌條の熔融金屬は熔け合ふ。圧着を終れば締付機を取外し水圧で次に運び軌條底面の膨れ上つた部分を剪断する。

続いて長物車の上で仕上がり行はれる。同時に 5 箇所で行はれるが、これらの中の第 1 は内部応力を除くことであり他は膨れ上つた金屬を削りとることである。

応力を取除くには油燃爐の中で軌條を豫定の温度に熱した後空冷する。この際の温度は自記高温計で數多くの實驗結果による最良の状態に正確に調節する。然るに削平を次の數種に亙り行ふ。

図-41. 応力取除きの作業

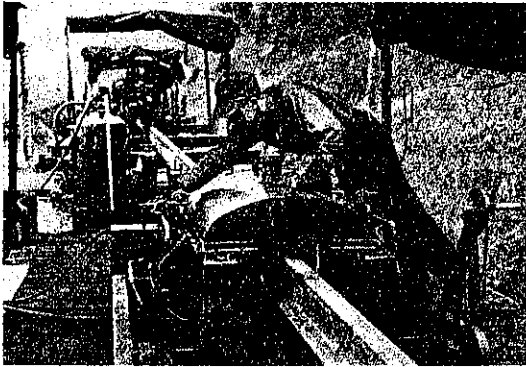
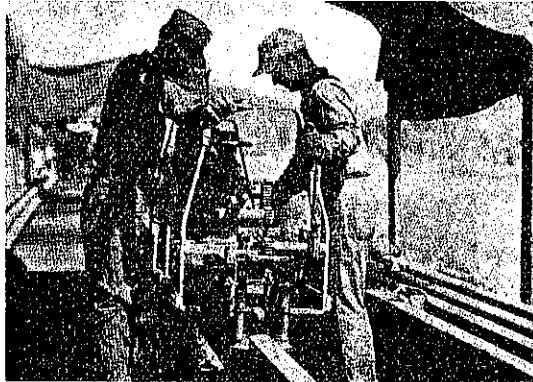


図-42. 熔接車から来た軌條の削平



(1) 軌條頭部の兩側, (2) 軌條頭部の下面腹及底部の上面, (3) 軌條頂面の荒削り, (4) 頭部の仕上げ
軌條を移動するには動力を用ひる。熔接前は電動ローラーにより熔接後はケーブルと長物車の後端にある電動ウィンチによる。

軌條を支持するには削平車では中心にローラーのついた T 型鋼を貯藏車では 1 車に付 3 本の古短軌條を用ひる。車の上には 12 本の軌條を並べるが線路上を支障なく運転することが出来る。

16~18 人, 8 時間 2 交代で 1 日 100~166 の接目

図-43. 軌條の取り却し



を熔接することが出来る。

かうして熔接した長い軌條を運搬, 現場に取卸し, タイプレートと圧力式 バネクリップを取付け, 軌道に敷設し, 接目は一時普通の接目板の兩端の孔だけを用ひてボルトで假締をしておく。そして順次これからの接目板を取外し, テルミット熔接を旅行する。

図-44. 加圧テルミット熔接

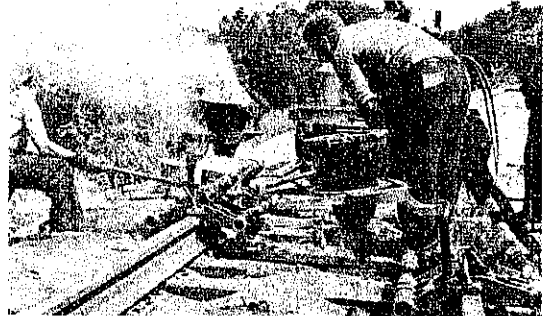


図-45. 抵抗熔接を行つた軌道

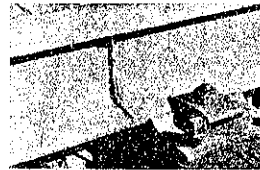
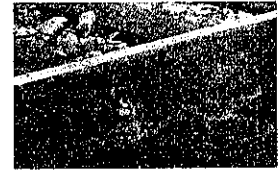


図-46. 加圧テルミット熔接を行つた軌道



テルミット 熔接を行ふには先づ熔接すべき接目の前後約 50 呎の間の弾力式締結を取外し, 軌條の端を削平機で磨く。次に強力な締付機を取付け軌條の接目を押擴げる。この間隔は 1/8 吋から 1 吋までであるが, 1/2 吋位が最も適當である。この隙間に差金を挿入しテルミット熔接を行ふものであるが, 差金は軌條の腹の中央から上部だけで, 頭部に對しては加圧テルミット熔接, 底部に對してはテルミット熔接が行はれる様にする。接目の周圍に型を置き, 軌條の端を豫熱し, テルミット金屬を流し込み, 締付機により頭部に圧力を加へ, 型を取去り, 削平機で仕上げをして熔接作業を終る。之等の作業には約 3 時間を要する。(牧野 茂)

隧 道

(29) Lincoln 隧道の内部塗裝

(“Lining the Lincoln Tunnel” E. N. R.)
Aug. 26, 1937. p. 349~353.

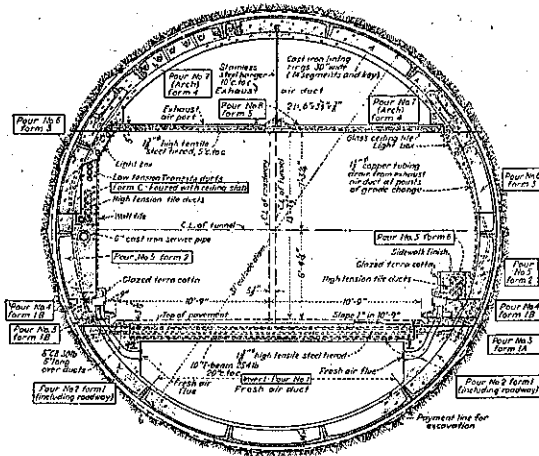
鑄鉄製の大陸道のコンクリート塗裝は鉄片の深い凹み, 鉄の内側の薄い被覆(時には 2 in 以下)動力及電

燈用等の管、換氣孔等の種々の孔の爲非常に難しく特殊工法を要する。在來は殆ど手作業であつたがNew York の Hudson 河底の Lincoln 隧道で請負者が之を機械化して 1 日 240 ft の工程で行つた。

N. J. 州の Weehauken と Manhattan を繋ぐ南部の隧道は完成に近く之に隣れる平行の部分の工事を始めた。南部は長 5900 ft, 外径 31 ft でシールド工法に依り標準の鑄鉄及鑄鋼製鉄片で塗装してある。

中央コンクリート混合所: シールド部分の東端の New York 建設堅抗にあり工事はここから始めた。堅抗内に材料計量機及 1 yd³ 混合機を設け地表面より材料を落すと材料計量機及練上りコンクリートは隧道内の車又はバケツに入る。冬期には蒸氣汽罐で水及骨材を温める。型枠迄のコンクリートの運搬は蓄電機關車運轉の狭軌鉄道に依る。

圖-47. 断面の工事別區分



塗装の區分: 一端より種々の塗装工事を互に妨げずに順序よく連続的に工事をした。之爲便宜上及必要上断面を 圖-47. の如く次の 8 部分の塗装に分けた。(1) 中心線の各側隔 7'-9' のインバート, (2) 下部ハンチ及床桁を包んだ床版, (3) 路面の側溝, (4) 縁石及下部側壁, (5) 起拱線より 10½ in 上迄の中部側壁, (6) 天井床版までの上部側壁, (7) 天井より上の拱部, (8) 天井床版と片側の上部側壁上導管のコンクリート被覆工, (圖-47.) インバートでは定規を用ひ他の部分では長 80 ft の 1 組の鉄製型枠天井床版では長 120ft の 2 個の型枠を用ひた。多數の型枠を並べる事は結果が悪かつた。コンクリートは最初仰拱, 路面床版の順に打ち床版が充分な強度に達すると之を他の型枠の基礎とする。

毎週の速さは 80 ft の型枠部は 3 回天井は 1 回で全体的には 240 ft 完成する。

仰拱及路面: 使用可能な路面より先は隧道掘鑿に使用した渡橋上を運搬しトロより直接にコンクリートを落す。インバートは 15 ft 宛行ひコンクリート厚は鉄より 2 in 厚い丈である。隧道底面は定規を用ひるため固練とし鉄の凹みに満す爲充分の搗固めを要す。

路面横桁は 10 in, 25.4 lb の I 桁で中心間隔 20 in に第一の型枠上に並べて鉄釘を入れる。換氣孔を跨ぐ短縦桁は横桁の端に下げる。床版面は定規でならして後練瓦鋪装とする。手作業を出来るだけ省く爲中, 下部側壁用の足場を考案し之上を鍋トロにてコンクリートを運ぶ。この側壁用鋼製型枠は路面上の移動足場で運ぶ。壁タイルを張る爲型枠内面に水平に針金を溶接して粗面を作る。

圖-48. 塗装工事の初期

- 上: インバート部の定規塗
- 中: 縁石の型枠
- 下: 上部側壁型枠

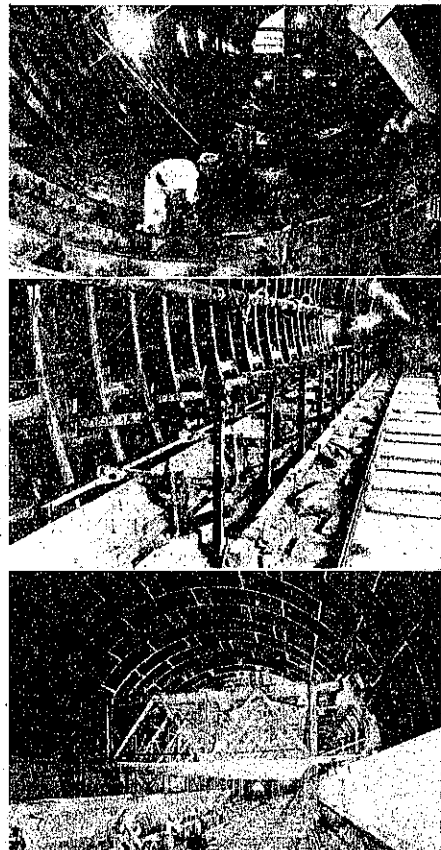
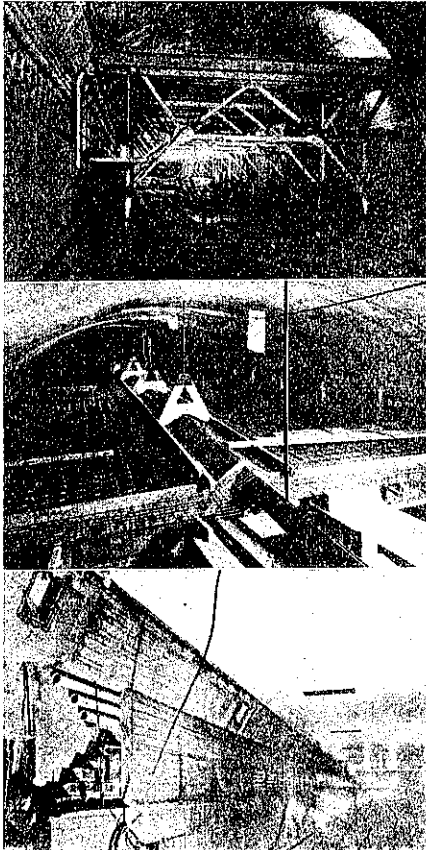


図-49. 工事の末期

上: 側と天井部型枠
 中: 天井部型枠上面
 下: 築設工事完成後の急造断面



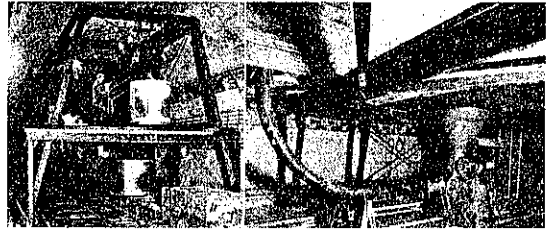
拱部コンクリートは人力に依る。之は米だ上部の鉄片の凹み内特に型枠と鉄の間隔が2~4inの場合の機械的方法が考案されて居ない爲である。移動架で支持した拱型枠は取外し自在の板より成り開口よりコンクリートを打つ。型枠内ではガントリが高足場となるため車は長い斜面を捲揚機で引きあげる。拱部の凹所でも相當の搦固めを要す。而も余ての仕事は開口の外から行ふ。

唧筒に依る天井床版: 之の程度の隧道の天井床版に唧筒でコンクリートをうつ事は一つの新機軸である。型枠は鋼製ガントリ上に平板で作り上部側壁部も含む。型枠臺となつてゐるガントリの先に他のガントリがある。之の下にコンクリート唧筒、コンクリート送出管、捲揚機がある。コンクリートは底部にローラーのついたバケツでガントリ迄運び臺車より捲揚げて唧筒の漏斗に入れる。

天井部コンクリート打ちの始めには送出管は図-49中央の如く木馬に乗せて鋼製吊材の片側に沿つて導き型枠の一番手前に持つて来る。幾分シヨベルでならす必要があるが管端に短い樋を取付けて所定の處に流し込む。仕事が唧筒の方に近付くと管を短くする。

天井床版の表面は定規と鏝で滑かに仕上げる。

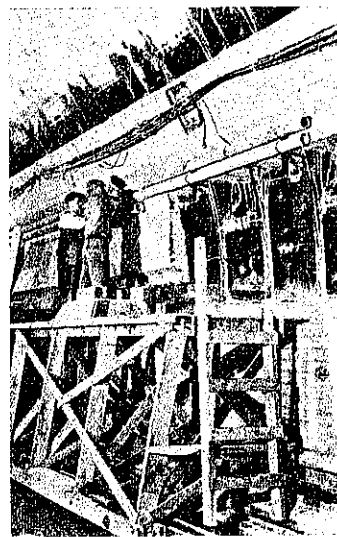
図-50. 作業中の天井床版用のコンクリート唧筒及捲揚機



この型の隧道としては初めての試として天井下面に6in角、厚3/8inに硝子タイルをコンクリートを打つ際に張つた。先づ型枠の上に膠材を塗つた側を上にして膠紙をおき膠材を湿してその上にタイルを並べる。膠材のためにタイルはコンクリートを打つても動かない。タイルの裏面には碇着する様出張りがある。裏側にセメントモルタルを流す。固ると床版コンクリートを打つ。従つてコンクリートがタイルの表面に滲み出す事はない。補強用鉄網を蔽せてコンクリートを打つ。

4日後に型枠を外して先きに進め紙を噴出水で洗ひタイルの硝子表面を磨く。

図-51. 電力線用の管の埋設



最後は歩道の下部タイル溝で釉菜テラコッタ仕上げはコンクリートより先に型枠の内側に施す。他の側溝のタイル角は型枠を外して後に純セメントで塗る。

拱部ではコンクリートを鉄片の間に満す事は不可能で且硬化の際離れる傾向があるから多量のグラウティングの施工を天井作業の前に行ふ。型枠と鉄片間の餘裕不充分や各人力作業の困難のためグラウト管を豫め配置する事は出来ぬ。各グラウト孔は型枠取外し後孔をあける。

拱部の鉄の各間みの中に 2 箇の 2 $\frac{1}{4}$ in の孔をあけ

る。之は鉄線を傷めぬ様注意を要す。孔の中にグラウト用空気抜用の 2 in の管を押込む。

手動唧筒で空気管よりグラウトが出る迄グラウトを入れる。他の組が後から孔を仕上げる。

附屬設備： 之は塗装工事の相當な部分を占める即ち防火掃除排水用の水道管、高圧線用のタイル溝、低圧線用の管、照明装置、見張小屋、通風孔、煙道、電話線、消火器置場等である。

之等は工事中随時に或る物はコンクリート打前に或る物はその際或る物は型枠中に作る。(別所正夫)