

抄 録

第 25 卷 第 9 號 昭和 14 年 9 月

土 木 一 般	頁
(122) 地盤振動實驗の 2, 3 の応用	1079
<u>応 用 力 学</u>	
(123) 4 邊固定の矩形板に等布荷重が載荷せる場合のモーメント及垂直 変位の表	1082
<u>水 理</u>	
(124) 抵抗を有する物質中の液体の流れ	1086
<u>コンクリート及鉄筋コンクリート</u>	
(125) 鉄筋コンクリート矩形断面の斜彎曲	1088
<u>施 工</u>	
(126) 注入方法によるコンクリート隧道覆工の復舊工事	1092
<u>熔 接</u>	
(127) 白耳義ナショナル鉄道會社に於ける軌條の熔接	1095
<u>上 水 道</u>	
(128) Colorado 導水路	1100
(129) 炭酸ガス及其他のアルカリ度の図式定量法	1104
<u>港 灣</u>	
(130) Gênes 港最近の改良と擴張計畫	1107
<u>道 路</u>	
(131) 自動車道路曲線部に於ける防護柵	1108
(132) Stuttgart 地方に於ける自動車道路の運輸數量	1109
<u>都 市 計 畫</u>	
(133) New York 市の住居地域問題	1111
<u>橋梁及構造物</u>	
(134) 引張コンクリートを応用せる橋梁に就て	1113
(135) 円形水槽の設計	1116
<u>鉄 道</u>	
(136) 色燈式信號機の錯誤現示	1118
(137) 蒸汽機關車に於ける滑動試験	1120
(138) 新型軌條ボンド	1125
<u>雜</u>	
(139) 世界の動力資源	1127

土 木 一 般

(122) 地盤振動實驗の 2, 3 の応用

(A. Ramspeck: "Anwendung dynamischer Bodenuntersuchungen auf einige Aufgaben der Baugrundforschung," V.D.I.-Zeitschrift Bd. 83, Nr. 17 29. Apr. 1939 S. 493~498 星 壘 和 抄)

本論文は Berlin 工科大学の獨逸土質力学研究所の報告であつて、彈性波の傳播速度から構造物の沈下を計算して其の許容土圧を定め得ることを述べ、その結果は荷重試験の結果と或る限界荷重まで良く一致する事を示した。尚地盤振動實驗により理論に反し非粘土質地盤の彈性率は深さによつて変化せぬ事を知つた。梗概を述べれば次の如くである。

振動による地盤調査から土質の基礎地盤としての適性を判定し得る値を求める事が出来る。然しそれと実験室内実験結果との関係は明かでなく、振動によつて静荷重に対する地盤の性質を知ることは困難との考へもある。この疑問に就ては尙研究を要すると思ふが、こゝには弾性波の傳播速度の觀察に止める事とする。

地盤の弾性波の傳播速度より沈下の計算 既に前の實驗で、弾性波傳播速度は地盤が基礎として適當である程大となる事實を得た。規格等に決められた地盤の“許容土圧”とその速度とは比例的關係にあつて、それより地盤の分類を行ふ事を得た。

基礎地盤の適性試験、地盤強度の比較、異種の層の發見及各層の強度の決定等には、既述の方法に従ひ、“許容土圧”を基本として各層を區別すれば足るのであるが、この許容土圧は實際には單に地盤の性質を示す指數に過ぎない。構造物に対する許容土圧は沈下量若くは沈下の差に關係を有し、且つ沈下は其の他に地盤の種類、性質及基礎面の形と大きさにより異なる。故に嚴密には各場合に就き地盤及構造物によつて許容土圧を決めなければならぬ。

地盤の弾性波傳播速度と基礎形状から構造物の許容土圧を求める方法を次に述べやう。

先づ地盤は弾性等質な半空間より成ると假定し、構造物の基礎底面は等分布荷重 p を受ける等面積の半徑 r_0 なる円形に置換する。荷重 p により生ずる応力を σ とすれば、底面の中心軸上では垂直分応力 σ_z により地盤は垂直圧縮のみを生ずる。計算を簡單にする爲この點の沈下を以て全沈下と考へる。

次の假定は底面中心軸上の変形は σ_z に比例する。即ち沈下は Hooke の法則に従ふものとした事である。この場合残留変形があつても差支へない。

応力 σ_z による深さ z に於ける單位長の圧縮を ξ とすれば、底面中心點の全沈下 s は

$$s = \int_0^\infty \xi dz \dots\dots\dots(1)$$

Hooke の法則により

$$\xi = \sigma_z / E \dots\dots\dots(2)$$

こゝに弾性率 E は σ_z と p に無關係であるが、深さ z の函数であつて、非粘土質土質では $E = H_z$ とおかれる事もあるが、今は常數と考へる。式 (1) 及 (2) より

$$s = \frac{1}{E} \int_0^\infty \sigma_z dz \dots\dots\dots(3)$$

応力の分散を直線とする、即ち Boussinesq の所謂応力分散指數 ν を 3 とすれば、底面中心軸上の応力 σ_z は

$$\sigma_z = p(1 - \cos^3 \alpha) \dots\dots\dots(4)$$

こゝに $\cot \alpha = z/r_0$ 、式 (4) を (3) に代入し、 z を α に置換へると

$$s = -\frac{pr_0}{E} \int_{\pi/2}^0 (1 - \cos^3 \alpha) \frac{1}{\sin^2 \alpha} d\alpha \dots\dots(5)$$

$$s = \frac{2r_0 p}{E} \dots\dots\dots(6)$$

これにより地盤の沈下を決定出来るのであるが、こゝに必要な弾性率を振動實驗より求め得る事を示さう。

地盤に振動を與へた時縦波及横波の傳播速度を測定することが出来る。その速度は

$$v_i = \sqrt{G/\rho} \dots\dots\dots(7)$$

こゝに G は剛性係數、 ρ は土の比重
従つて

$$G = \rho v_i^2 \dots\dots\dots(8)$$

m を poisson 比とすれば

$$E = \frac{2G(m+1)}{m} \dots\dots\dots(9)$$

式 (8) の G を代入すれば

$$E = \frac{2\rho v_i^2}{m} (m+1) \dots\dots\dots(10)$$

之を式 (6) に代入すれば、沈下量 s は

$$s = \frac{r_0 p m}{\rho v_i^2 (m+1)} \dots\dots\dots(11)$$

この式を用ひて地盤の許容土圧を決定する。

基礎の沈下の差が或量 s_0 を超へぬ事を要する時、全沈下 s が s_0 以上にらぬ様にすれば充分安全であるから、式 (11) より許容土圧として

$$p_0 = \frac{s_0 v_i^2 \rho}{r_0} \frac{m+1}{m} \dots\dots\dots(12)$$

右邊の v_i, ρ, r_0 は夫々求まり、 m は縦波の傳播速度 v_k を測定すれば mintrop 法によつて

$$v_k = \sqrt{\frac{2(m-1)}{\rho(m-2)}} G = \sqrt{\frac{m(m-1)}{(m+1)(m-2)}} \frac{E}{\rho} \dots\dots(13)$$

$v_k/v_i = b$ とおけば、式 (7) と (13) から

$$m = \frac{2(b^2-1)}{b^2-2} \dots\dots\dots(14)$$

然し土では m の変化は少ないから、平均値を用ひてよい。

振動地盤調査と荷重試験の比較 次に 1 實例を示す。厚 20 m 以上の砂層上深 2.7 m の坑内で 2.5×3.3 m = 8.2 m² の基礎面上に水圧器を用ひて荷重を掛け、沈下を測つた。砂の深 20~60 cm に於ける平均間隙率 40.1 %、平均比重 1.64×10⁻³ kg/cm³ で、粒度曲線は図 -1 に示す。

實測の結果

$v_s = 190$ m/s(平均値),

$v_k = 400$ m/s

従つて

$G = 590$ kg/cm²,

$m = 2.8, E = 1600$

kg/cm²

換算した載荷面の半徑

$r_0 = 162$ cm であるから,

式 (11) より

$$s = \frac{p \times 162 \times 2.8}{1.64 \times 10^{-6} \times 3.6 \times 108 \times 3.8} \text{cm} = 0.202 p \text{ cm}$$

図-2 は s と p の関係を示すが、計算値と實測値は、荷重が 2.1 kg/cm² 位までは良く一致し、Hooke の法則が適用されるが、夫以上では差が著しくなる。その理由は O.K. Fröhlich の説く様に載荷面の縁邊に“塑性領域”を生じ、Mohr の流動條件が成立つてゐる。

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 4k(\sigma_1 + \sigma_3) \dots \dots \dots (15)$$

こゝに $k = \sin \varphi_r$, φ_r = 内部摩擦角, σ_1 及 σ_3 は夫々最大、最小主応力、基礎の深さ h の時、乾燥砂でこの塑性領域を生ずる限界荷重 p_{pl} は

$$p_{pl} = \frac{\pi \gamma h}{\text{ctg} \varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r\right)} \dots \dots \dots (16)$$

こゝに γ は砂の比重

前例に於て $\gamma = 1.64 \times 10^{-3}$ kg/cm², $h = 270$ cm とし式 (16) の関係を図-2 の上に示した。今比例限界荷重 2.1 kg/cm² とこの式 (16) で與へられた限界荷重が一致すると考へれば、図-2 より内部摩擦角 31° となるが、實際は約 33° でこれに対する荷重は 2.5 kg/cm² となる。兩者極めて良く一致して居る。

成層地盤の沈下計算 2 つの水平層より成る地盤を考へ、上層の弾性率 E_1 , 厚 h , 下層の弾性率 E_2 , 深さ z は h から ∞ までとする。応力の分散を直線とすれば、 $\text{ctg} \alpha = z/r_0$, $z = h$ で $h/r_0 = \text{ctg} \alpha h$ とおき上層及下層の沈下 s_1 及 s_2 は式 (3) 及 (4) より

図-1. 振動調査及荷重試験を行った砂の粒度曲線

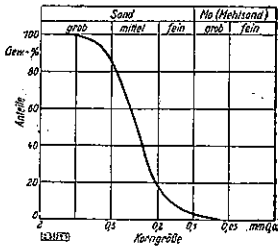
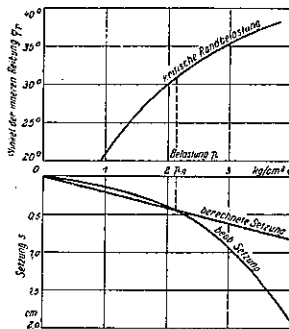


図-2. 振動調査よりの計算沈下値と實測沈下値



$$s_1 = -\frac{r_0}{E_1} p \int_{\pi/2}^{\alpha h} (1 - \cos^2 \alpha) \frac{1}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

$$s_2 = -\frac{r_0}{E_2} p \int_{\alpha h}^0 (1 - \cos^2 \alpha) \frac{1}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

全沈下 s は $s_1 + s_2$ で、積分した結果は

$$s = r_0 p \left[\frac{2}{E_1} + \left(\frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2} \right) \frac{\cos \alpha h - 1 - \sin^2 \alpha h}{\sin \alpha h} \right] \dots \dots \dots (17)$$

2 層以上の場合も全く同様になる。

多くの實測値よりこの計算方法は簡易で適當な事を確認されて居るが、こゝでやゝ問題となり相な點を次に説明しよう。

深さに伴ふ弾性率の變化 非粘土質地盤に於て大体 $E_z = E_0 + E'z$ として差支へないと考へられてゐるが、振動地盤調査の結果はどうであらうか。以下之に就て述べる。剛性率も弾性率と同様 $G_z = G_0 + G'z$ と考へられる。然して横波の傳播速度は地表に於て

$$v_0 = \sqrt{G_0/\rho}$$

深さ z に於て

$$v_z = \sqrt{\frac{G_0 + G'z}{\rho}}$$

従つて

$$\frac{v_z}{v_0} = \sqrt{1 + \frac{G'}{G_0} z} = \sqrt{1 + kz}$$

今弾性波の垂直軸に對する出發角を α_0 とすれば、深さ z に於ては屈折法則により

$$\sin \alpha_z = \frac{v_z}{v_0} \sin \alpha_0 = \sqrt{1 + kz} \sin \alpha_0$$

波の水平距離 x と深さ z との関係は $\frac{dx}{dz} = \text{tg} \alpha_z$ より

$$x = \int_0^z \text{tg} \alpha_z dz$$

波は $\sin \alpha_z = 1$ で地盤の最深所に達しそれより上方に向ひ、出發點より水平距離 x_s に於て表面に達す。 x_s は

$$x_s = \frac{2}{k \sin^2 \alpha_0} \left[\frac{\pi}{2} - \alpha_0 + \sin \alpha_0 \cos \alpha_0 \right] \dots (18)$$

經過時間は

$$t_s = \frac{4}{v_0 k \sin \alpha_0} \left[\frac{\pi}{2} - \alpha_0 \right] \dots \dots \dots (19)$$

距離 x_s に於ける速度 v_s は

$$v_s = \frac{v_0}{\sin \alpha_0} \dots \dots \dots (20)$$

t_s と x_s との関係を示す曲線を走時曲線と呼び、深さと共に弾性率が増す場合にこの曲線は x 軸に凹となる。

O.K. Föhlich の計算例によると $z=0$ に於て $E_0 = 250$

kg/cm² z=13.3 mに於て E_z=580 kg/cm², ∴ E'=25 kg/cm².

故に E_z=(250+25z) kg/cm² 及 E'/E₀=0.1 m, 一定とすれば G'/G₀=E'/F₀=k, m=3 の時 z=0 ならば G₀=94 kg/cm², ρ=1.5×10⁻⁶ kg/cm³ として v₀=79 m/s となる。

表-1. 弾性波の出発角 α₀ と傳播距離 xs, 時間 t_s 及速度 v_s との関係

α ₀	xs m	t _s s	v _s m/s
80°	7.5	0.093	80.5
70°	16.0	0.19	84.0
60°	26.1	0.30	91.0
50°	40.3	0.44	102.0
45°	51.9	0.55	111.0
40°	66.0	0.69	123.0
35°	83.0	0.86	139.0

図-3. 弾性波の傳播時間 t_s と距離からの距離 xs, との関係

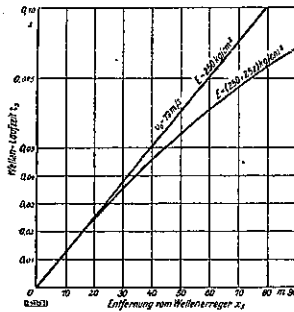
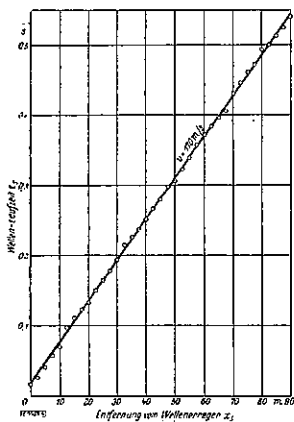


図-4. 図-1の砂で實測した走時曲線



粘土質地盤への応用 粘土質地盤の沈下は弾性及塑性沈下の外に圧密による沈下を加はる, この沈下は長期間継続的に起る間隙水分の排出が原因で振動測定によつて豫知し得るや否やは未だ不明である。故にこの場合は振動調査の外に精密な実験室内実験を行はなければならぬ。

式 (18)~(20) より求めた x_s, t_s 及 v_s の値は表-1 の如し。尙 E 一定なる時の値と比較する爲図-3 に走時曲線を示す。

非粘土質地盤に於て E が深さと共に増すとすれば走時曲線は曲るわけであるが、實測したものは一箇所を除き凡て直線及直線の集合より成つて居る。図-4 は前述の荷重試験を行つた場所の走時曲線で直線である、これに就ては波の達する深さが餘り大きくない爲と考へる人もあらうが、距離 88 m に達する波は約 14.3 m の深さに及ぶ、少く共この深さ迄は E の変化が認められぬ。従つて一般に弾性率は一定として計算する方が良い。

粘土質地盤への応用 粘土質地盤の沈下は弾性及塑性沈下

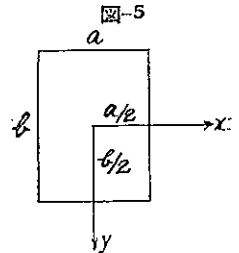
応用力学

(123) 4 邊固定の矩形板に等布荷重が載荷せる場合のモーメント及垂直変位の表

(Thomas Evans, Charlottesville: "Tables of Moments and Deflections for a Rectangular Plate Fixed on All Edges and Carrying a Uniformly distributed Load." Journal of Applied Mechanics, March, 1939, p. 7-10. 永井莊七郎 抄)

四邊固定矩形板上に等布荷重が働く場合は極めて重要な問題に拘らず、それに対するモーメント及垂直変位の數値の決定されてゐるものが少い。それで著者は邊の比 b/a が種々なる値に對して最大端モーメント、中心モーメント及中心の垂直変位の値を算出し表示した。既に他の人々が計算してゐる値は表から除いた。或は特に其の事を記して置いた。b/a=2.0 の時のモーメント及変位の値は b/a=∞ の時の値と極く僅かしか違はないから b/a=2.0 を邊の比の最大限に取つた。

解は四邊支持板に等布荷重が働く場合の解と 1 組の對邊が支持され、他の組の對邊にモーメントが作用する場合(この場合は 2 通りある)の解とを結合して得た。



以下に使用する記號は
a=x 方向に於ける板の長さ
b=y 方向に於ける板の長さ
h=板の厚さ g=等布荷重の強度
D = $\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ = 平板剛度 ν = Poisson 比 = 0.3
M = 板の單位長さに就いての彎曲モーメント
w = 任意點に於ける垂直変位, $r = \frac{b}{a}$

E_m 及 F_m = モーメント及変位式の中に入つて来る常數

- m = 1, 3, 5, 7, ..., ∞
- i = 1, 3, 5, 7, ..., ∞
- n = 1, 3, 5, 7, ..., ∞

α = $\frac{m\pi b}{2a}$ = 変位係數

β = $\frac{m\pi a}{2b}$ = モーメント係數

$$K = -\frac{4qa^2}{\pi^3}$$

長邊 b が支持され短邊 a にモーメント M_y が作用する
場合の垂直変位は

$$w = -\frac{a^2}{2\pi^2 D} \sum_{m=1,3,5}^{\infty} \frac{E_m \cos \frac{m\pi x}{a} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m^2 \cosh \alpha_m} \times \left[\frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} - \alpha_m \tanh \alpha_m \cosh \frac{m\pi y}{a} \right] \quad (1)$$

モーメント M_y を次式の如く假定する。

$$(M_y)_{y=\pm \frac{b}{2}} = \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{E_m \cos \frac{m\pi x}{a} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m}$$

(1) 式より

$$\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)_{y=\frac{b}{2}} = -\frac{a}{2\pi D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{E_m \cos \frac{m\pi x}{a} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m} \times \left(\tanh \alpha_m + \frac{\alpha_m}{\cosh^2 \alpha_m} \right) \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_{x=\frac{a}{2}} = \frac{a}{2\pi D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{E_m}{m \cosh \alpha_m} \left(\frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} - \alpha_m \tanh \alpha_m \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) = -\frac{1}{4D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{E_m}{\cosh^2 \alpha_m} \left(b \sinh \alpha_m \cosh \frac{m\pi y}{a} - 2y \cosh \alpha_m \sinh \frac{m\pi y}{a} \right) \quad (3)$$

括弧内を級数に展開すると

$$\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_{x=\frac{a}{2}} = -\frac{4b^2}{\pi^2 a D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{E_m}{m^2} \sum_{i=1,3}^{\infty} \frac{icos \frac{i\pi y}{b} (-1)^{\frac{i-1}{2}}}{\left(\frac{i^2}{m^2} + \frac{b^2}{a^2}\right)^2} \quad (3a)$$

短邊 a が支持され長邊 b にモーメントが作用する場合
は同様にして

$$(M_x)_{x=\pm \frac{a}{2}} = \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{F_m \cos \frac{m\pi y}{b} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m}$$

と假定すれば

$$w = -\frac{b^2}{2\pi^2 D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{F_m \cos \frac{m\pi y}{b} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m^2 \cosh \beta_m} \left(\frac{m\pi x}{b} \sinh \frac{m\pi x}{b} - \beta_m \tanh \beta_m \cosh \frac{m\pi x}{b} \right) \quad (4)$$

$$\text{従つて } \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_{x=\frac{a}{2}} = -\frac{b}{2\pi D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{F_m \cos \frac{m\pi y}{b} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m} \times \left(\tanh \beta_m + \frac{\beta_m}{\cosh^2 \beta_m} \right) \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)_{y=\frac{b}{2}} = -\frac{4a^2}{\pi^2 b D} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{F_m}{m^2} \sum_{i=1,3}^{\infty} \frac{icos \frac{i\pi x}{a} (-1)^{\frac{i-1}{2}}}{\left(\frac{i^2}{m^2} + \frac{a^2}{b^2}\right)^2} \quad (6)$$

四邊支持で等布荷重が働いた場合の解は

$$w = \frac{4qa^4}{D\pi^4} \sum_{m=1,3}^{\infty} \left[\frac{1}{m^4} - \frac{(2+\alpha_m \tanh \alpha_m)}{2m^6 \cosh \alpha_m} \cosh \frac{m\pi y}{a} + \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} \right] \cos \frac{m\pi x}{a} (-1)^{\frac{m-1}{2}} \quad (7)$$

従つて

$$\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)_{x=a/2} = \frac{2qb^3}{D\pi^4} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m^4} \cos \frac{m\pi y}{b} \left(\frac{\beta_m}{\cosh^2 \beta_m} - \tanh \beta_m \right) \quad (8)$$

$$\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)_{y=b/2} = \frac{2qa^3}{D\pi^4} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{\cos \frac{m\pi x}{a} (-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m^4} \left(\frac{\alpha_m}{\cosh^2 \alpha_m} - \tanh \alpha_m \right) \quad (9)$$

四邊に於て完全に固定されてをれば、 $x = \pm a/2$ に於て
 $\frac{\partial w}{\partial x}$ の總ての項は零になる。若し $m=i=n$ であれば

$$\frac{F_n}{n!} \left(\tanh \beta_n + \frac{\beta_n}{\cosh^2 \beta_n} + \frac{8bn}{\pi a} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{E_m}{m^2 \left(\frac{n^2}{m^2} + \frac{b^2}{a^2}\right)^2} \right) = \frac{4qb^2}{\pi^3 n^4} \left(\frac{\beta_n}{\cosh^2 \beta_n} - \tanh \beta_n \right) \quad (10)$$

(10) 式は常數 $E_1, E_3, E_5, \dots, E_n$, 及 $F_1, F_3, F_5, \dots, F_n$ を決定する1つの關係式である。同様にして $y = \pm b/2$ なる2邊に於て $\partial w / \partial y = 0$ であるから

$$\frac{F_n}{n} \left(\tanh \alpha_n + \frac{\alpha_n}{\cosh^2 \alpha_n} \right) + \frac{8na}{\pi b} \sum_{m=1,3}^{\infty} \frac{F_m}{m^2 \left(\frac{n^2}{m^2} + \frac{a^2}{b^2}\right)^2} = \frac{4qa^2}{\pi^3 n^4} \left(\frac{\alpha_n}{\cosh^2 \alpha_n} - \tanh \alpha_n \right) \quad (11)$$

常數 E 及 F の値を計算する爲に (10) 及 (11) 式は次の
(12) 式及 (13) 式の形にする。 $r=1.1 \sim 1.7$ に対しては、
10ケの未知數に對し10ケの方程式を用ふ。 r が之以外の値をとる時は12ケの方程式を用ふ。

$$\left. \begin{aligned} (n=1) \quad & \frac{B_1 F_1 \pi}{1r} + \frac{8E_1}{(1+r^2)^2} + \frac{24E_3}{(1+9r^2)^2} + \dots \\ & + \frac{88E_{11}}{(1+121r^2)^2} = \frac{KB_1 \pi r}{1^4} \dots (a) \\ (n=11) \quad & \frac{B_{11} F_{11} \pi}{11r} + \frac{88E_1}{(121+r^2)^2} + \dots \\ & + \frac{968E_{11}}{(121+121r^2)^2} = \frac{KB'_{11} \pi r}{(11)^4} \dots (f) \end{aligned} \right\} \dots (12)$$

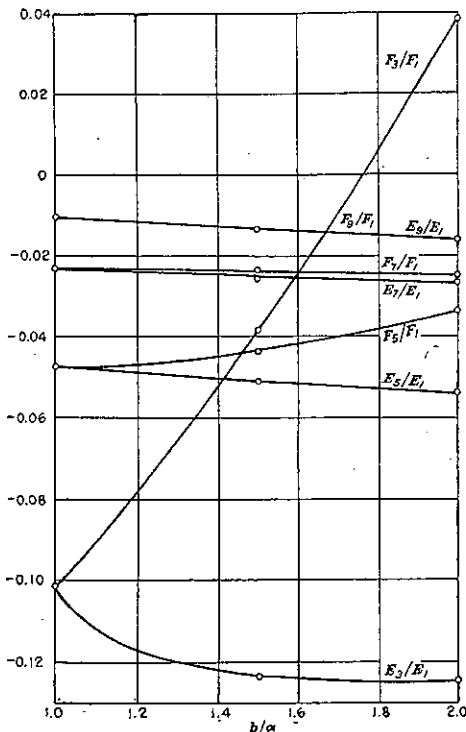
$$\left. \begin{aligned}
 (n=1) \quad & \frac{8F_1}{(1+r^2)^2} + \frac{24F_3}{(9+r^2)^2} + \dots \\
 & + \frac{88F_{11}}{(121+r^2)^2} + \frac{E_1 A_1 \pi}{1r^3} = \frac{KA'_1 \pi}{1^4 r^3} \dots (a) \\
 (n=11) \quad & \frac{88F_1}{(1+121r^2)^2} + \dots + \frac{968F_{11}}{(121+121r^2)^2} \\
 & + \frac{E_{11} A_{11} \pi}{11r^3} = \frac{KA'_{11} \pi}{(11)^4 r^3} \dots (f)
 \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

茲に $A_n = \tanh \alpha_n + \frac{\alpha_n}{\cosh^2 \alpha_n}$; $B_n = \tanh \beta_n + \frac{\beta_n}{\cosh^2 \beta_n}$

$A'_n = \tan \alpha_n - \frac{\alpha_n}{\cosh^2 \alpha_n}$; $B'_n = \tanh \beta_n - \frac{\beta_n}{\cosh^2 \beta_n}$

之等の方程式は Wojtaszak が示した如き反復法に依つて解き得る。("Calculation of Maximum Deflection, Moment and Shear for Uniformly Loaded Rectangular Plate With Clamped Edges," Journal of Applied Mechanics, Trans. A. S. M. E., Vol. 59, Dec. 1937, P.A-173) 然し b/a の各異なる値に對して

図-6.



上記の如き一群の解が必要である。即ち $b/a=1.0, 1.1, 1.2, \dots, 1.7$ の 8 ケの場合に就いて 8 ケの群が必要になる。Wojtaszak の示した方法では少くとも 6 回反復しなければ正確な値を得難い。然るに次に示す方法では多くとも 2~3 回の反復により正確な解が得られる。此の目的の爲に、 $r=1.0, 1.5, 及 2.0$ の 3 つの場合に於ける E_1, E_3, E_5, E_7 及 E_9 並に F_1, F_3, F_5, F_7 及 F_9 の間の関係を明かにし、之を図表で示した。即ち図-6 が之で、横軸は $r=b/a$ が 1.0 から 2.0 までを示す。図-6 の曲線から凡ての E 及 F の値は夫に E_1 及 F_1 の項で得られる。従つて (12) 及 (13) 式の一群の聯立方程式の第一近似値を求むるに當り何等係数を無視する必要はなく、斯くして得られた第一近似値は其の眞の値に近いものである。其の精度は以下に示す例題によつて明かである。

此の例題は $r=b/a=1.9$ の場合で、此の値を (12) 及 (13) 式に代入すれば E 及 F の凡ての係数が定り下記 (12) 及 (13) 式が得られる。図-6 の曲線より E_3, E_5, E_7, E_9 及 E_{11} を E_1 の項で、 F_3, F_5, F_7, F_9 及 F_{11} を F_1 の項で求め、之等の値を夫々 (12 a) 及 (13 a) 式に入れると下記 (12 a) 及 (13 a) 式が得られる。之等 2 式より E_1 及 F_1 の値が求まる。次に (12 b) 式から F_3 が (12 c) 式から F_5 と順次求まる。斯くして得た E 及 F の値は第一近似値である。之等 E の第一近似値を (12) 式に入れて第 2 回目の反復を行ひ、 F の値を得る、之第 2 近似値である。斯くして E 及 F の値の小數點以下第 5 桁目の數字の變化が 5 より小さくなる迄反復を行ふ。求むる精度は小數點以下を 4 桁目の數字迄であるからである。

之等 E 及 F の値を M_x 及 M_y の式に入れるとモーメントの値が計算出来る。最大垂直変位は $x=0$ 及 $y=0$ の時の (1), (4) 及 (7) 式の代數和である。最大モーメントは四邊の各中央に起り、長邊のモーメントは短邊のモーメントより大である。モーメントの値を正確に求める爲には $n=21$ 迄取らねばならぬ。即ち 22 の未知數に對し 22 ケの方程式が必要である。表-2 中のモーメントの値は誤差が 0.1% 以下にして實用的には差支へないものである。 $n=11$ 迄取つた時の最大の誤差は 0.8% より小である。 $r=1.9$ の場合の例題を示すと図-7 の如くである。

図-7. 例 題

EXAMPLE, $r = 1.9$

$$\begin{aligned}
 &1.85951 F_1 + 0.37643 E_1 + 0.02140 E_2 + 0.00460 E_3 + 0.00177 E_4 + 0.00284 E_5 + 0.00046 E_{11} = 1.38977 K \quad (a) \\
 &0.58128 F_2 + 0.15093 E_1 + 0.04183 E_2 + 0.01218 E_3 + 0.00486 E_4 + 0.00238 E_5 + 0.00133 E_{11} = 0.06781 K \quad (b) \\
 &0.33192 F_3 + 0.04887 E_1 + 0.03631 E_2 + 0.01505 E_3 + 0.00687 E_4 + 0.00357 E_5 + 0.00206 E_{11} = 0.00951 K \quad (c) \\
 &0.23626 F_4 + 0.02023 E_1 + 0.02530 E_2 + 0.01484 E_3 + 0.00768 E_4 + 0.00432 E_5 + 0.00201 E_{11} = 0.00249 K \quad (d) \\
 &0.18372 F_5 + 0.01005 E_1 + 0.01677 E_2 + 0.01228 E_3 + 0.00758 E_4 + 0.00465 E_5 + 0.00295 E_{11} = 0.00091 K \quad (e) \\
 &0.15032 F_{11} + 0.00587 E_1 + 0.01121 E_2 + 0.00986 E_3 + 0.00683 E_4 + 0.00463 E_5 + 0.00311 E_{11} = 0.00037 K \quad (f) \\
 &0.37643 F_1 + 0.15093 F_2 + 0.04887 F_3 + 0.02023 F_4 + 0.01005 F_5 + 0.00587 F_{11} + 0.46960 E_1 = 0.44178 K \quad (a) \\
 &0.02140 F_1 + 0.04183 F_2 + 0.03631 F_3 + 0.02530 F_4 + 0.01484 F_5 + 0.01121 F_{11} + 0.15268 E_2 = 0.00586 K \quad (b) \\
 &0.00486 F_1 + 0.01218 F_2 + 0.01505 F_3 + 0.01444 F_4 + 0.01228 F_5 + 0.00986 F_{11} + 0.09161 E_3 = 0.00073 K \quad (c) \\
 &0.00177 F_1 + 0.00486 F_2 + 0.00687 F_3 + 0.00768 F_4 + 0.00758 F_5 + 0.00683 F_{11} + 0.06543 E_4 = 0.00019 K \quad (d) \\
 &0.00284 F_1 + 0.00238 F_2 + 0.00357 F_3 + 0.00432 F_4 + 0.00465 F_5 + 0.00463 F_{11} + 0.05089 E_5 = 0.00007 K \quad (e) \\
 &0.00046 F_1 + 0.00133 F_2 + 0.00206 F_3 + 0.00261 F_4 + 0.00295 F_5 + 0.00311 F_{11} + 0.04164 E_{11} = 0.00003 K \quad (f)
 \end{aligned}$$

First Approximation.

From curves, Fig. 2.

$$\begin{aligned}
 E_1 &= -0.125 E_2; E_3 = -0.052 E_2; E_4 = -0.027 E_2; E_5 = -0.016 E_2; E_{11} = -0.008 E_2; \text{ hence } 1.85951 F_1 + 0.37344 E_1 = 1.38977 K \dots\dots [12a] \\
 F_2 &= +0.021 F_1; F_3 = -0.035 F_1; F_4 = -0.025 F_1; F_5 = -0.016 F_1; F_{11} = -0.008 F_1; \text{ hence } 0.37717 F_1 + 0.46960 E_1 = 0.44178 K \dots\dots [13a]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Solving: } F_1 &= 0.66586 K & E_1 &= 0.40595 K \\
 F_2 &= (0.06761 - 0.05882)K/0.58128 = +0.00879 K/0.55128 = +0.01512 K & (b) \\
 F_3 &= (0.00951 - 0.01757)K/0.33192 = -0.00806 K/0.33192 = -0.02428 K & (c) \\
 F_4 &= (0.00249 - 0.00650)K/0.23626 = -0.00401 K/0.23626 = -0.01697 K & (d) \\
 F_5 &= (0.00091 - 0.00285)K/0.18372 = -0.00194 K/0.18372 = -0.01056 K & (e) \\
 F_{11} &= (0.00037 - 0.00142)K/0.15032 = -0.00105 K/0.15032 = -0.00699 K & (f) \\
 E_1 &= (0.44178 - 0.25066 - 0.00228 + 0.00119 + 0.00034 + 0.00011 + 0.00004)K/0.46960 = +0.40573 K & (a) \\
 E_2 &= (0.00586 - 0.01425 - 0.00063 + 0.00088 - 0.00043 + 0.00018 + 0.00005)K/0.15268 = -0.05910 K & (b) \\
 E_3 &= (0.00073 - 0.00320 - 0.00218 + 0.00337 + 0.00025 + 0.00013 + 0.00007)K/0.09161 = -0.01998 K & (c) \\
 E_4 &= (0.00019 - 0.00118 - 0.00007 + 0.00017 + 0.00013 + 0.00008 + 0.00005)K/0.06543 = -0.00993 K & (d) \\
 E_5 &= (0.00007 - 0.00056 - 0.00004 + 0.00009 + 0.00006 + 0.00005 + 0.00003)K/0.05089 = -0.00596 K & (e) \\
 E_{11} &= (0.00003 - 0.00031 - 0.00002 + 0.00005 + 0.00004 + 0.00003 + 0.00002)K/0.04164 = -0.00384 K & (f)
 \end{aligned}$$

Second Approximation.

$$\begin{aligned}
 F_1 &= (1.38977 - 0.15273 + 0.00107 + 0.00010 + 0.00002 + 0.00000 + 0.00000)K/1.85951 = 0.96589 K & (a) \\
 F_2 &= (0.06761 - 0.06124 + 0.00210 + 0.00024 + 0.00005 + 0.00001 + 0.00001)K/0.58128 = 0.01510 K & (b) \\
 F_3 &= (0.00951 - 0.01983 + 0.00182 + 0.00030 + 0.00007 + 0.00002 + 0.00001)K/0.33192 = -0.02440 K & (c) \\
 F_4 &= (0.00249 - 0.00821 + 0.00127 + 0.00028 + 0.00008 + 0.00003 + 0.00001)K/0.23626 = -0.01710 K & (d) \\
 F_5 &= (0.00091 - 0.00408 + 0.00064 + 0.00025 + 0.00008 + 0.00003 + 0.00001)K/0.18372 = -0.01067 K & (e) \\
 F_{11} &= (0.00037 - 0.00230 + 0.00056 + 0.00020 + 0.00007 + 0.00003 + 0.00001)K/0.15032 = -0.00705 K & (f) \\
 E_1 &= (0.44178 - 0.25066 - 0.00228 + 0.00119 + 0.00035 + 0.00011 + 0.00004)K/0.46960 = 0.40573 K & (a) \\
 E_2 &= (0.00586 - 0.01425 - 0.00063 + 0.00089 + 0.00043 + 0.00018 + 0.00005)K/0.15268 = -0.05904 K & (b) \\
 E_3 &= (0.00073 - 0.00320 - 0.00118 + 0.00037 + 0.00025 + 0.00013 + 0.00007)K/0.09161 = -0.01998 K & (c) \\
 E_4 &= (0.00019 - 0.00118 - 0.00007 + 0.00017 + 0.00013 + 0.00008 + 0.00005)K/0.06543 = -0.00993 K & (d) \\
 E_5 &= (0.00007 - 0.00056 - 0.00004 + 0.00009 + 0.00006 + 0.00005 + 0.00003)K/0.05089 = -0.00596 K & (e) \\
 E_{11} &= (0.00003 - 0.00031 - 0.00002 + 0.00005 + 0.00004 + 0.00003 + 0.00002)K/0.04164 = -0.00384 K & (f)
 \end{aligned}$$

表-2. 等布荷重の荷重せる四邊固定の矩形板のモーメント及垂直変位の値

b/a	β	β_1	β_2	β_3	α
1.0	-0.0513 ^a	.....	.....	.....	0.0188 ^a
1.1	-0.0581	-0.0538	0.0264	0.0231	0.0164
1.2	-0.0639	-0.0554	0.0299	0.0226	0.0188
1.3	-0.0687	-0.0563	0.0327	0.0222	0.0200
1.4	-0.0726	-0.0568	0.0349	0.0212	0.0226
1.5	-0.0757 ^a	.....	.....	.....	0.0240 ^a
1.6	-0.0780	-0.0571	0.0381	0.0193	0.0261
1.7	-0.0799	-0.0571	0.0392	0.0182	0.0260
1.8	-0.0812	-0.0571	0.0401	0.0174	0.0267
1.9	-0.0822	-0.0571	0.0407	0.0165	0.0272
2.0	-0.0829 ^a	.....	.....	.....	0.0277 ^a

$$x = a/2, y = 0 \text{ にて } M_x = \beta_1 q a^2; \quad x = 0, y = b/2 \text{ にて } M_y = \beta_2 q a^2$$

$$x = 0, y = 0 \text{ にて } M_x = \beta_2 q a^2; \quad x = 0, y = 0 \text{ にて } M_y = \beta_3 q a^2$$

$$x = 0, y = 0 \text{ にて } w = \alpha \frac{q a^4}{E h^3}$$

註 a 他 の 研 究 者 に よ り 計 算 さ れ た 値

水 理

(124) 抵抗を有する物質中の液体の流れ

(Jean Fourtané, „L'écoulement d'un liquide en milieu résistant." Le Genie Civil. Tome CXIV, No. 13. 1, Avril, 1939 p. 277~280. 星 徒 和 抄)

こゝに論じ様とするのは、透水せぬ水平面上に水脈のある簡単な場合で、問題は平面上で取扱ひ得る。

一般に Euler の式は：

$$\left. \begin{aligned} u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial t} &= X - \frac{1}{\omega} \frac{\partial p}{\partial x} \\ u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial t} &= Y - \frac{1}{\omega} \frac{\partial p}{\partial y} \\ u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial t} &= Z - \frac{1}{\omega} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad [I]$$

こゝに u, v, w は軸方向分速度； X, Y, Z は軸方向の質量力； p は水圧； ω は密度。

非圧縮性の液体の連続方程式は

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad [II]$$

水路中に透水層がある場合に流れの状態は図-8 に示す如くなる。定常な運動であるから、時間に就ての導函数は消え、 v と w を x 及 y 軸方向の速度分力とすれば、

$$\left. \begin{aligned} v \frac{\partial v}{\partial x} + w \frac{\partial v}{\partial y} &= X - \frac{1}{\omega} \frac{\partial p}{\partial x} \\ v \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial y} &= Y - \frac{1}{\omega} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad [I']$$

液体の各部には重力と、速度ベクトル \vec{W} に對し、 kW^m の抵抗が作用する (k は透水層に関する係数)。Dupuit 及 Boussinesq は $m=1$ (Poisenile の法則) とおいた。Nourtier によれば $m=2$ 。大体その中間の値を取るものと見られる。抵抗力の x 軸方向分力は

$$-kW^m \times \frac{V}{W} = -kvW^{m-1}$$

同様に Oy 方向分力は $-kwW^{m-1}$

従つて [I'] より

$$\left. \begin{aligned} v \frac{\partial v}{\partial x} + w \frac{\partial v}{\partial y} &= -kvW^{m-1} - \frac{\partial p}{\partial x} \quad [1] \\ v \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial y} &= g - kwW^{m-1} - \frac{\partial p}{\partial y} \quad [2] \\ \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} &= 0 \quad [3] \end{aligned} \right\} [II]$$

[II] を積分する爲、次の如くおく、

$$x=x(t, \rho), y=y(t, \rho)$$

ρ 一定ならば流線 (T) を、 t 一定ならば等ポテンシャル線 (J) を與へる。一點を通る T と J を考へ、 S は T の弧を、 σ は J の弧を、 R_T は T の曲率半径を、 R_J は J の曲率半径を表はすものとする。

積分の結果 Bernoulli の關係式に似た式を得る。即ち

$$\frac{W^2 - W_0^2}{2g} + \frac{p - p_0}{g} + \frac{k}{g} \int_{s_0} W^m ds - (y - y_0) = 0 \quad [III]$$

次に $p - p_1 = g(y y_1) - \int_J \frac{W^2}{R_T} d\sigma \quad [IV]$

及 $W = W_0 e^{-\int \frac{ds}{R_T}} \quad [V]$

この結果を応用して 2 の簡単な場合に就いて解を求めて見やう。

図-8 の如く幅一定で奥行無限な透水層があつて、その兩側の水位が夫々 H 及 h とす。経験により層内の水位は凹橋形で、流線の曲率は深さと共に減じる、今流線を OA 上に中心を有し (図-9)、水平底面上の一點 I を過る凹弧と考へる。 J はその垂直投影線で ox 上に中心を有する凹弧となる。

図-8.

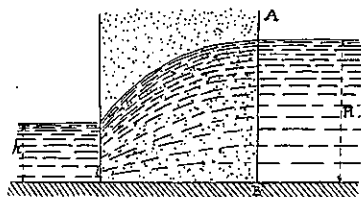
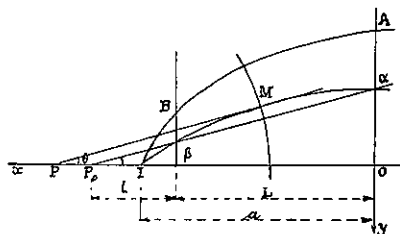


図-9.



かゝる凹弧の I, α, β が A, B の垂線と交る點を y_0, y_1 とし、凹弧上任意の一點を M とし、切線 MP が ox となす角を θ とす。凹弧の半径を r 、中心の位置を z とすれば、

$$-R_T = \frac{y}{\sin \theta}$$

$$-y = r \cdot \cos \theta - z$$

従つて $-R_J = -\frac{r \cdot \cos \theta - z}{\sin \theta}$ 及 $ds = r \cdot d\theta$

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = t \text{ とおけば}$$

$$-\int \frac{ds}{R_T} = L \log \frac{y_0^2(1+t^2)}{y_0^2 - a^2 t^2} \text{ 但し } a: I \text{ 點の横坐標。}$$

[V] 式は:

$$W = W_0 \frac{y_0^2(1+t^2)}{y_0^2 - a^2 t^2}$$

W_0 は $s=0$ 即ち α に於ける流速を示す。然るに $P_0\alpha \times P_0\beta = \widehat{OP_0}^2 - \widehat{OI}^2$ 円弧 $\alpha\beta$ の中心角を w とすれば、 $\angle \alpha P_0 O = \frac{w}{2}$ 従つて

$$P_0\alpha = \frac{L+l}{\cos \frac{w}{2}}, \quad P_0\beta = \frac{l}{\cos \frac{w}{2}}$$

$$\text{且つ } a^2 = (L+l)^2 - \frac{l(L+l)}{\cos^2 \frac{w}{2}}$$

$$= y_0 \left(\frac{y_0}{\operatorname{tg}^2 \frac{w}{2}} - \frac{y_0 - L \operatorname{tg} \frac{w}{2}}{\sin^2 \frac{w}{2}} \right)$$

[VI] 式より β に於ける流速 W_1 を求めると、 $t = \operatorname{tg} \frac{w}{2}$

とおき

$$\alpha^2 t^2 = y_0 \left(y_0 - \frac{y_0 - L \operatorname{tg} \frac{w}{2}}{\cos^2 \frac{w}{2}} \right) = y_0 \frac{L \operatorname{tg} \frac{w}{2} - y_0 \sin^2 \frac{w}{2}}{\cos^2 \frac{w}{2}}$$

$$= y_0 [L t(1+t^2) - y_0 t^2]$$

従つて、 $\mu = \frac{L}{y_0}$ とおいて

$$\frac{y_0^2(1+t^2)}{y_0^2 - a^2 t^2} = \frac{y_0}{y_0 - Lt} = \frac{1}{1 - \mu t}$$

且つ $y_1 = y_0 - Lt$ より $\frac{y_1}{y_0} = 1 - \mu t$ であるから

$$W_1 = W_0 \frac{y_0}{y_1} \dots \dots \dots [VII]$$

但し W_0 は α (高 y_0) の流速、 W_1 は β (高 y_1) の流速。

流量の計算を行ふと、 $m=1$ として

$$\int_a^\beta W \cdot ds = W_0 \frac{a^2 + y_0^2}{a} \log \frac{y_0 + a \cdot \operatorname{tg} \frac{w}{2}}{y_0 - a \cdot \operatorname{tg} \frac{w}{2}} \dots \dots \dots [VIII]$$

この値を [III] 式に代入して、 W を求めることが出来る。而して

$$\frac{p - p_0}{g} - (y - y_0) = h - H$$

次に γ を間隙率とすれば、流量は

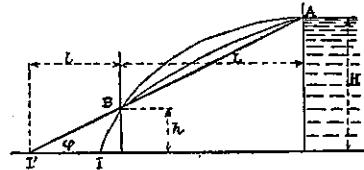
$$Q = \gamma \int_0^H W_0 dx$$

この積分の近似値は OH 間を n 等分して次式により求む。

$$Q = \gamma \sum_{i=1}^{i=n} W_{0i} \times \frac{H}{n}$$

實際の流線は円弧でなく、円弧とその弦の中間に在る。そこで流線 T を I' に集中する直線とすると (図-10) J は I' を中心とする円弧となる。従つて

図-10.



$$W = W_0 \left(1 + \frac{L}{l} \right)^{\frac{1}{\cos \varphi}} \dots \dots [IX]$$

L, l, φ は図に示す。 $v^2 = 1 + t^2$ において置換へると

$$W = W_0 (1 - \mu \sqrt{v^2 - 1})^{-v} \dots \dots [X]$$

先に求めた値 $W = W_0 (1 - \mu \sqrt{v^2 - 1})^{-1}$ と比較すると、その比は

$$\delta = (1 - \mu \sqrt{v^2 - 1})^{v-1}$$

となり、括弧内は正なることから $H \geq L \operatorname{tg} \frac{w}{2}$

h/H が 1/2 程度、 AB の傾きが 45° 程度とすると

$$1 - \mu t \geq \frac{1}{2}, \quad t = \operatorname{tg} \frac{w}{2} \approx 1 \quad v = \sqrt{1 + t^2} = 1.41$$

$$\text{故に } \delta \geq \left(\frac{1}{2} \right)^{0.4} \dots \delta \geq 0.8$$

即ち上に考へた 2 の場合の差は 20% 程度となり、 y_0 と共に減少するから、平均して 10% 程度になる、実際にはその差はもつと小であつて、充分な精度を有する。

上述の結果を Darcy の實驗に應用して見やう。図-11 の如く管底に高 L の透水層を設け、水を満し水位を H に保てば Darcy の法則は流量 Q が定つた物質に對し H/L に比例すると云ふ事である。前に述べた所によ

り、 T は垂直線、 J は水平線となり、 $1/R_J=0$ 、 $W=V$ 。
は一定となり、[III]式は

$$\frac{P-P_0}{g} + \frac{k}{g} \int_{s_0}^s W^m \cdot ds - (y-y_0) = 0$$

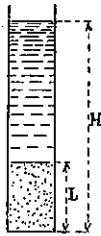
$$\frac{k}{g} W^m L - H = 0$$

$m=1$ ならば $W = \frac{g}{k} \times \frac{H}{L}$

従つて $Q = \eta \frac{g}{k} \cdot \frac{H}{L} = K \frac{H}{L}$

之は即ち Darcy の法則である。

図-11.



コンクリート及鉄筋コンクリート

(125) 鉄筋コンクリート矩形断面の斜彎曲

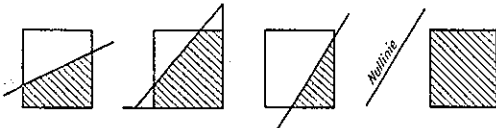
(Erich Fischer, "Ueber die Bemessung des Eisenbeton-rechteckquerschnitts im Falle schiefer Biegung." Beton u. Eisen, Heft 3, 5. Feb. 1939, S. 49~54.
伊藤 道夫 抄)

斜彎曲を受けた鉄筋コンクリート矩形断面は吾々構造技術家の餘り取扱つておかないもので、この部門に関する研究は非常に不確實なものとなつてゐる。

Rossin 博士によつて 1918 年 "Arm Beton" に發表された計算図表は實際上は必ずしも適當なものでない。その理由はこの図表が中立軸が矩形の相對する 2 邊と交る時以外に適用出来ないからである。この図表によると中立軸の位置が図-12 (ロ)、(ハ)、(ニ)の如き場合は實際上無意味な場合であるとして除かれてゐる。Rossin 博士によると (ロ) と (ニ) との場合にはコンクリートの張応力は充分小さいので、この張応力をも考慮して計算を行つてゐる。これは (ニ) の応力分布の場合には正確に適合するが、(ハ) の場合には張応力が同時に生ずる圧応力の 1/4 を超過しない場合に限つて適合し得るのである。非常に長い矩形即ち b/a の大きい場合には不合理な場合が生ずる。

図-12.

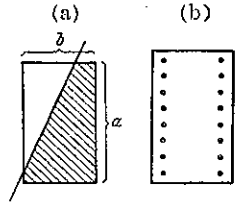
(イ) (ロ) (ハ) (ニ)



(ハ) の如き場合には Rossin 博士は断面が不經濟に使用されてゐるのであるから、この様な場合の図表は抜きにしてよいと云ふ意見である。併し實際問題として

はかくの如き場合も生じて來るし又一般的な場合の応力から特殊な場合の応力に移り變る経過を明かにする事は是非共必要である。この爲にこれ等の色々の場合を 1 つの式にまとめられる様な方法を示す事とする。もう 1 つ Rossin 博士の図表の缺點は一定の鉄筋配置即ち平行なる 2 邊に沿つて鉄筋が配置された場合のみを取扱つてゐる。本文に於て作成した図表も、結果に於ては、一定の配筋を考へ、その各々の場合について示したのであるが、その根本原理は一般的見地から眺めてこの問題を取扱つた。

図-13.



以上この問題に關する意見を述べたから次にこの図表の作成に關して述べる事としよう。

断面の任意の點 (lx, ly) に於ける応力 σ_1 は直線的分布をなすとすると次の如くなる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_b}{\sigma_1} &= \frac{p}{p-m} \\ m &= lx + ly \cdot \frac{p}{q} \\ \sigma_1 &= \left(\frac{\sigma_{c1}}{n} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma_c = n\sigma_b \left(1 - \frac{lx}{p} - \frac{ly}{q} \right) \dots \dots \dots (1^*a)$$

断面の邊に平行なる座標軸に關する或る點を x, y とし、0 點の位置を壓縮側から tb, la でありとする。然る時図-15 によつて

$lx = tb + x \dots (2)$

$ly = la + y \dots (3)$

図-16 に於て圧応力の合力は D_0 であるとし、その作用點が兩邊から ξ, η であるとす。

図-14.

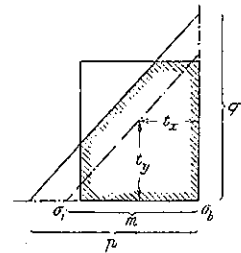


図-15.

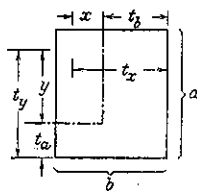
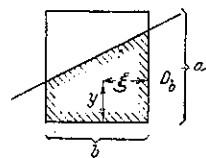


図-16.



(1) 式の外に 3 つの等式が成立す (図-17)。

$$M_x - D_b(t_b - \xi) - \sum f_c \sigma_c x = 0 \quad \dots (4)$$

$$M_y - D_b(t_a - \eta) - \sum f_c \sigma_c y = 0 \quad \dots (5)$$

$$N = D_b + \sum f_c \sigma_c \quad \dots (6)$$

(1) 式を (4), (5), (6) 式に代入する事によつて次式を得。

$$1. \quad M_x - D_b(t_b - \xi) - n\sigma_b \left(\sum f_c x - \frac{t_b}{p} \sum f_c x \right) - \frac{t_a}{q} \sum f_c y - \sum \frac{f_c x^2}{p} - \sum \frac{f_c x y}{q} = 0$$

$$2. \quad M_y - D_b(t_a - \eta) - n\sigma_b \left(\sum f_c y - \frac{t_b}{p} \sum f_c y \right) - \frac{t_a}{q} \sum f_c x - \sum \frac{f_c y^2}{q} - \sum \frac{f_c x y}{p} = 0$$

$$3. \quad N = D_b + n\sigma_b \sum f_c - n\sigma_b \sum f_c \left(\frac{t_b}{p} + \frac{t_a}{q} \right) - n\sigma_b \left(\sum \frac{f_c x}{p} + \sum \frac{f_c y}{q} \right)$$

簡単ならしめるため鉄筋断面の幾何モーメント、慣性モーメント、慣性相乗モーメントを導入すれば鉄筋断面の重心軸に関して次式となる。

$$M_x^s = D_b(t_b - \xi) - n\sigma_b \left(\frac{J_x^s}{p} + \frac{J_{xy}^s}{q} \right) \quad \dots (7)$$

$$M_y^s = D_b(t_a - \eta) - n\sigma_b \left(\frac{J_y^s}{p} + \frac{J_{xy}^s}{q} \right) \quad \dots (8)$$

$$N = D_b + n\sigma_b F_c \left(1 - \frac{t_b}{p} - \frac{t_a}{q} \right) \quad \dots (9)$$

次に $\frac{J_x^s}{F_c} = i_x^2$, $\frac{J_y^s}{F_c} = i_y^2$, $\frac{J_{xy}^s}{F_c} = i_{xy}^2$, F_c : 鉄筋断面積とすれば

$$M_x^s = D_b(t_b - \xi) - n\sigma_b F_c \left(\frac{i_x^2}{p} + \frac{i_{xy}^2}{q} \right) \quad \dots (7a)$$

$$M_y^s = D_b(t_a - \eta) - n\sigma_b F_c \left(\frac{i_y^2}{p} + \frac{i_{xy}^2}{q} \right) \quad \dots (8a)$$

図-18 の如き場合を考えると次の如くなる。

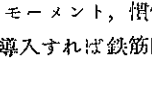
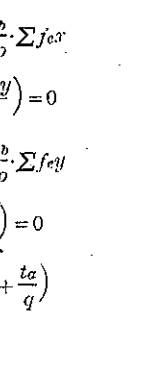
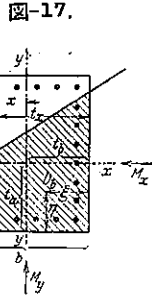
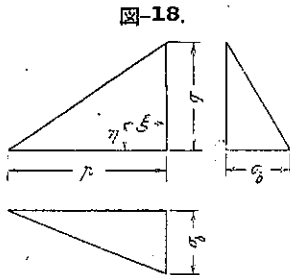


図-17.

図-18.

図-19.

図-20.

$$D_b = \frac{pq}{6} \sigma_b \quad \dots (10)$$

$$\xi = \frac{1}{4} p \quad \dots (11)$$

$$\eta = \frac{1}{4} q \quad \dots (12)$$

中立軸が色々な位置にある場合は次の如し。

第 1 の場合: (図-19) 即ち $p < b, q < a$ の時

$$\frac{D_b}{\sigma_b} = \frac{pq}{6} = \frac{ab}{6} \frac{1}{\left(\frac{a}{q}\right)\left(\frac{b}{p}\right)}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \xi = \frac{pq}{6} \frac{p}{4} = \frac{b^2 a}{24} \frac{1}{\frac{a}{q} \left(\frac{b}{p}\right)^2}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \eta = \frac{a^2 b}{24} \frac{1}{\left(\frac{a}{q}\right)^2 \left(\frac{b}{p}\right)}$$

第 2 の場合: (図-20) 即ち $p > b, q < a$ の時

$$D_b = \frac{pq}{6} \sigma_b - \frac{1}{6} \frac{(p-b)^2 q}{p} \sigma_1, \quad \sigma_1 = \frac{\sigma_b}{p} (p-b)$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} = \frac{ab}{6} \frac{\left[1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^3\right]}{\left(\frac{a}{q}\right)\left(\frac{b}{p}\right)}$$

$$D_b \xi = \Delta PBQ: \frac{pq}{6} \sigma_b \frac{p}{4}$$

$$\Delta PCC_1: \frac{(p-b)^2}{6} \frac{q}{p} \sigma_1 \left(p - \frac{3}{4} p + \frac{3}{4} b \right)$$

$$\frac{D_b \xi}{\sigma_b} = \frac{b^2 a}{24} \frac{\left[1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^3 \left(1 + 3 \frac{b}{p}\right)\right]}{\frac{a}{q} \left(\frac{b}{p}\right)^2}$$

$$\text{又 } \frac{D_b}{\sigma_b} \eta = \frac{ba^2}{24} \frac{\left[1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^4\right]}{\left(\frac{a}{q}\right)^2 \frac{b}{p}}$$

第 3 の場合: (図-21) 即ち $p \leq b, q > a$ の時

$$\frac{D_b}{\sigma_b} = \frac{ab}{6} \frac{\left[1 - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^3\right]}{\left(\frac{b}{p}\right)\left(\frac{a}{q}\right)}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \xi = \frac{a^2 b}{24} \frac{\left[1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^4\right]}{\left(\frac{b}{p}\right)^2 \left(\frac{a}{q}\right)}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \eta = \frac{a^2 b}{24} \cdot \frac{\left[1 - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^3 \left(1 + 3 \cdot \frac{a}{q}\right)\right]}{\left(\frac{a}{q}\right)^2 \left(\frac{b}{p}\right)}$$

第 4 の場合: (図-22) 即ち $p > b, q > a$ の時

$$\frac{D_b}{\sigma_b} = \frac{ab}{6} \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^3 - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^3}{\left(\frac{a}{q}\right) \left(\frac{b}{p}\right)}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \xi = \frac{ab^2}{24} \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^3 \left(1 + 3 \cdot \frac{b}{p}\right) - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^4}{\left(\frac{a}{q}\right) \left(\frac{b}{p}\right)^2}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \eta = \frac{a^2 b}{24} \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^4 - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^3 \left(1 - 3 \cdot \frac{a}{q}\right)}{\left(\frac{a}{q}\right)^2 \left(\frac{b}{p}\right)}$$

第 5 の場合: (図-23) 即ち $p > b, q > a$ の時

境界値として中立軸が角點を横切る時

$$\sigma = 0 = 1 - \frac{a}{q} - \frac{b}{p}$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} = \frac{ab}{6} \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^3 - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^3 + \left(1 - \frac{b}{p} - \frac{a}{q}\right)^3}{\left(\frac{b}{p}\right) \left(\frac{a}{q}\right)}$$

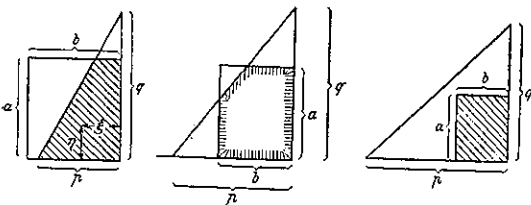
$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \xi = \frac{ab^2}{24} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^3 \left(1 + 3 \cdot \frac{b}{p}\right) - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^4 + \left(1 - \frac{b}{p} - \frac{a}{q}\right)^3 \left(1 + 3 \cdot \frac{b}{p} - \frac{a}{q}\right) \right\} / \left(\frac{a}{q}\right) \left(\frac{b}{p}\right)^2$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \eta = \frac{a^2 b}{24} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{a}{q}\right)^3 \left(1 + 3 \cdot \frac{a}{q}\right) - \left(1 - \frac{b}{p}\right)^4 + \left(1 - \frac{b}{p} - \frac{a}{q}\right)^3 \left(1 + 3 \cdot \frac{a}{q} - \frac{b}{p}\right) \right\} / \left(\frac{a}{q}\right)^2 \left(\frac{b}{p}\right)$$

図-21.

図-22.

図-23.



上記の如き $\frac{D_b}{\sigma_b}, \frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \xi, \frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \eta$ は次の如き一般式によつて示される。

$$\frac{D_b}{\sigma_b} = \frac{ab}{6} \cdot f\left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p}\right)$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \xi = \frac{ab^2}{24} \cdot \varphi\left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p}\right)$$

$$\frac{D_b}{\sigma_b} \cdot \eta = \frac{a^2 b}{24} \cdot \psi\left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p}\right)$$

此處に f, φ, ψ は色々の場合に依りて定めらるべきものである。

(7a), (8a), (9) に代入すれば次式となる。

$$\frac{M_x^s}{\sigma_b} = \frac{ab}{6} \left(t_b f - \frac{\varphi}{4} \cdot b \right) - n F_c \left(\frac{i_x^2}{p} + \frac{i_{xy}^2}{q} \right) \quad (7b)$$

$$\frac{M_x^s}{ab^2 \sigma_b} = \frac{t_b}{b} \cdot f - \frac{\varphi}{4} - \frac{n F_c}{ab} \left[\left(\frac{i_x}{b}\right)^2 \frac{b}{p} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{a}{q} \right]$$

$$\frac{M_y^s}{a^2 b \sigma_b} = \frac{t_a}{a} \cdot f - \frac{\psi}{4} - \frac{n F_c}{ab} \left[\left(\frac{i_y}{a}\right)^2 \frac{a}{q} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{b}{p} \right] \quad (8b)$$

$$\frac{N}{ab \sigma_b} = f + n \cdot \frac{F_c}{ab} \left(1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q} \right) \quad (9b)$$

$\frac{n F_c}{ab}$ を消去すれば次式となる。

$$\frac{M_x^s}{ab^2 \sigma_b} = \frac{t_b}{b} \cdot f - \frac{\varphi}{4} - \left(\frac{N}{ab \sigma_b} - f \right) \frac{\left(\frac{i_x}{b}\right) \frac{b}{p} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{a}{q}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}}$$

即ち

$$\frac{M_x^s}{ab^2 \sigma_b} = f \left[\frac{t_b}{b} + \frac{\left(\frac{i_x}{b}\right)^2 \frac{b}{p} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{a}{q}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}} - \frac{\varphi}{4f} \right]$$

$$- \frac{N}{ab \sigma_b} \frac{\left(\frac{i_x}{b}\right) \frac{b}{p} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{a}{q}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}}$$

此處に $f \left[\frac{t_b}{b} + \frac{\left(\frac{i_x}{b}\right)^2 \frac{b}{p} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{a}{q}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}} - \frac{\varphi}{4f} \right]$

$$= F_x \left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p} \right)$$

$$\frac{\left(\frac{i_x}{b}\right)^2 \frac{b}{p} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{a}{q}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}} = \Phi_x \left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p} \right) \quad \text{と置く}$$

同様に (8b) 式に對しては

$$f \left[\frac{t_a}{a} + \frac{\left(\frac{i_y}{a}\right)^2 \frac{a}{q} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{b}{p}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}} - \frac{\psi}{4f} \right] = F_y \left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p} \right)$$

$$\frac{\left(\frac{i_y}{a}\right)^2 \frac{a}{q} + \frac{i_{xy}^2}{ab} \frac{b}{p}}{1 - \frac{t_b}{b} \cdot \frac{b}{p} - \frac{t_a}{a} \cdot \frac{a}{q}} = \Phi_y \left(\frac{a}{q}, \frac{b}{p} \right) \quad \text{と置けば次式と}$$

なる。

$$\frac{M_x^s}{ab^2\sigma_b} = F_x - \frac{N}{ab\sigma_b} \cdot \Phi_x \dots\dots(13)$$

$$\frac{M_y^s}{a^2b\sigma_b} = F_y - \frac{N}{ab\sigma_b} \cdot \Phi_y \dots\dots(14)$$

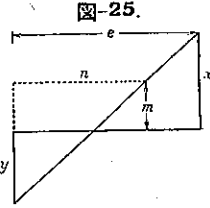
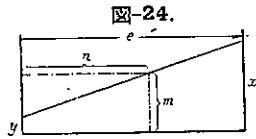


図-24、図-25 を考へると
次の関係がある。

$$\left. \begin{aligned} \frac{x-y}{e} &= \frac{m-y}{n} \\ xn &= y(n-e) + me, \quad x = \frac{me}{n} - y\left(\frac{e}{n} - 1\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(15a)$$

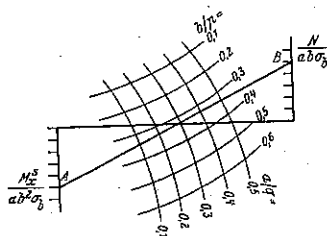
$$\left. \begin{aligned} \frac{x+y}{e} &= \frac{m+y}{n}, \quad xn = y(e-n) + me \\ x &= \frac{me}{n} + y\left(\frac{e}{n} - 1\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(15b)$$

(15 a) と (15 b) とは同一の式であつて共に (13) 式と (14) 式を示してゐる。即ち $x = \frac{M_x^s}{ab^2\sigma_b}, y = \frac{N}{ab\sigma_b}$ を示すとすると $F_x = \frac{me}{n}, \frac{e}{n} = 1 + \phi_x$ 即ち $m = \frac{F_x}{1 + \phi_x}$

鉄筋の分布によつて定まる値 $\frac{t_b}{b}, \frac{t_a}{a}, \frac{i_x}{b}, \frac{i_y}{ab}, \frac{i_y}{a}$ を一定値と考へると $\frac{a}{q}, \frac{b}{p}$ のある値に對しては $m, \frac{e}{n}$ が定まる。 $\frac{a}{q}$ を一定値と考へると $\frac{e}{n}, m$ に對して次の關係がある。 $\frac{e}{n} = f_1\left(\frac{b}{p}\right), m = f_2\left(\frac{b}{p}\right)$ 即ち $\frac{b}{p}$ に對して $\frac{e}{n}$ と m が定まる。同様に $\frac{b}{p}$ が一定値の場合に對しても $\frac{a}{q}$ に對する $\frac{e}{n}$ と m との値が定まる。

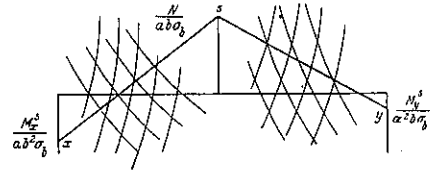
図表は次の如くして書く(図-26)。即ち AB 線を與へ

図-26.



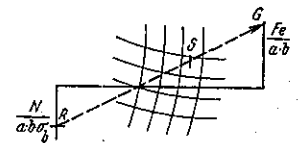
て (13) 式を満足する様な $\frac{a}{q}, \frac{b}{p}$ を求めよ。同様にして (14) 式を満足する様な図表を求めよ。

図-27.



(13) 式と (14) 式とを解くには2つの図表が必要である(図-27)。外部静力学的條件, 断面, コンクリートの許容応力が與へられれば x, s, y が求まる。 xs と線は (13) 式を満足し ys 線は (14) 式を満足する。(13), (14) 兩式の解は xs, ys 線に於て $\frac{a}{q}, \frac{b}{p}$ が等しい様な點である。これは視察に依つて求める事が出来る。 $\frac{a}{q}, \frac{b}{p}$ を用ひて (9b) 式から $\frac{F_c}{ab} = \gamma$ が計算出来る。(9b) 式を用ひて

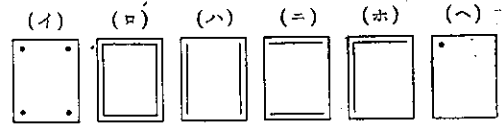
図-28.



前の場合と同様に1つの図表を作製して γ を求める事が出来る。 $\frac{N}{ab}, \frac{a}{q}, \frac{b}{p}$ を用ひて R, S 線を引き $\frac{F_c}{ab}$ を簡単に求める事が出来る。

図-27 の図表は鉄筋の配置が定まつてゐる断面即ち $\frac{t_a}{a}, \frac{t_b}{b}, \frac{i_x}{a}, \frac{i_y}{b}, \frac{i_x i_y}{ab}$ が與へられてゐる場合について極く一般的に求めたものである。實際上の問題としては數箇の場合について求めて置けばよい(図-29 (イ), (ロ), (ハ), (ニ), (ホ), (ヘ))。

図-29.



鉄筋応力については次式による。

$$\sigma_c = n\sigma_b \left(1 - \frac{t_x}{p} - \frac{t_y}{q}\right)$$

此處に $t_x = h_x; t_y = h_y$ とす(図-30)。

図-30.

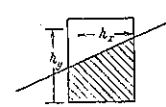
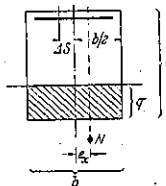


図-31.



σ_e が負の時には張応力であり、正の時には圧応力である。多くの場合垂直力の偏心は非常に小さい(図-31)。この場合中立軸の位置は b に平行と考へてゐるから $1/p=0$ である。(7) 式を満足せねばなぬから次式が得られる。

$$M'_x = N(e_x + \Delta S)$$

$$t_b = \frac{b}{2} + \Delta S$$

$$\xi = \frac{b}{2} \quad (p = \infty \text{ であるから})$$

$$t_b - \xi = \Delta S$$

$$N(e_x + \Delta S) = D_b \Delta S - n\sigma_b \cdot \frac{J'_{xy}}{q}$$

$$4S(N - D_b) = -Ne_x - n\sigma_b \cdot \frac{J'_{xy}}{q}$$

$$4S = \frac{Ne_x + n\sigma_b \cdot \frac{J'_{xy}}{q}}{D_b - N} \dots\dots\dots (16)$$

又は

$$4S = \frac{M_x + n\sigma_b \cdot \frac{J'_{xy}}{q}}{D_b \left(1 - \frac{N}{D_b}\right)}$$

それ故吾々は一軸に關して偏心の垂直力を受けた場合の一般式を用ひて、配筋を施し(16)式を満足する様に鉄筋の重心を定める。

これは次の例によつて明瞭とならう(図-32)。

$b=30 \text{ cm}$, $a=45 \text{ cm}$ とし、縦維許容応力を $\frac{\sigma_b}{\sigma_e} = \frac{75}{1400}$ とすると、 $M_y = \frac{30 \cdot 45^2}{0.265^2} = 7.2 \text{ tm}$ となる。

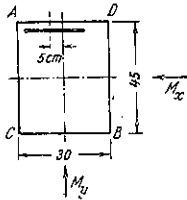
コンクリートの圧縮力は垂直力がないから $D_b = \frac{bx}{2} \cdot \sigma_b = 30 \cdot \frac{0.445}{2} \cdot 41.75 = 20500 \text{ kg}$ となり、鉄筋重心に關する鉄筋断面の慣性相乗モーメントは 0 であるから次式を得る。

$$4S = \frac{M_x}{D_b} \quad M_x = 4S \cdot 20.5 \text{ (t cm)}$$

$4S =$	1	2	3	4	5 cm
$M_x =$	0.21	0.42	0.63	0.84	1.05 t cm
$\frac{M_x}{M_y} =$	2.9	5.8	8.8	11.7	15.2%

以上によつて鉄筋の重心が偏心してゐる場合には M_x を求める事が出来る。この方法によつて技術家は窮地から救はれる事がしばしばある。

図-32.



施 工

(126) 注入方法によるコンクリート隧道覆工の復舊工事

(F. D. Kinnie, "Restore Concrete Tunnel Lining By Intrusion Process". Railway Age. March 4, 1939, p. 373~376.
服部博太郎 抄)

San Francisco に近い Franklin 隧道のコンクリート覆工維持に於て極度の土圧及異常に悪化する諸影響の爲に非常な困難に遭遇してゐた。Atchison, Topeka 及 Santa Fe 會社は、最近この覆工修築計畫を完成したのである。

その特色は覆工を固める爲及水密化するのに注入方法を用ひた事、プレッシャークランによつて破壊箇所を再建せる事、及コンクリート全面に對するガス密化及水密化である。延長 5600 呎の單線隧道なる Franklin 隧道は、San Francisco の東方約 30 哩の幹線上の位し、線路は此所に於いて、San Francisco 灣平均高潮位上 135 呎の高度で海岸山脈の一支脈を貫通する。線路は東より西へ 1000 分の 8 の勾配で略々隧道の中央まで上り、其處から西口までは 1000 分の 2 の勾配で下つてゐる。

最初隧道は木材で覆工されてゐたが、初期より種々の事故に遭遇した。

隧道工事は 1898 年 5 月に着手され、1899 年 7 月に貫通したが、拱支保工の支柱がしばしば崩壊したり、移動したりしたので、1900 年 7 月 1 日に初めて、隧道は交通に供し得るに至り、次いで 1901 年 4 月最後の再支保工が完成したのである。

掘鑿中及最初の支保工々事にも、所謂“膨脹土”滑動、陥落、ガス溜り等の爲に、屢々事故が起り、これらの爲に拱架の支柱に挫屈、挫折及横方向の移動を生ずる結果となつた。

最初は床面を持ち上げ、柱の下端部分を隧道中心へ移動させんとする外力は、隧道床部に於て最大であつた。この運動は軌條底面下に横方向に土臺若しくは柱を挿入する事によつて阻止せられたが、圧力は漸次が増加して、遂に起拱線に於ける柱及拱の支保工は内方に外れてしまつたのである。此の爲に支保工の更新を餘儀なくされたのみではなく、材料運搬に辛うじて充分な空隙を残して、床面より 9 呎上方及起拱點に、擴大装置即ち、柱は勿論中間柱をも設くるを必要とするに至らしめたのである。

多くの場所で、全面に2呎もの木材を挿入したる爲、必要なる空間断面を得る爲には壁、天井及床を更に掘鑿再覆工する事を必要とするに至つたのである。故にあらゆる方向よりの圧力に抵抗する如く設計された新隧道断面が採用せられたのであるが、新設計に従つて舊覆工が取除かれた後に隧道附近の土はその容積を増大し続け、且つかくして引き起された運動及圧力の増加の爲に、新覆工も又再び崩壊するに至り、又再び断面の増大及新支保工の設備を必要とするに至つた。このやうな経過はある断面に於ては2~6回も擴大され且つ支保工が設けられる迄繰返へされたのである。隧道附近の土の運動の原因を決定せんと努力したる結果、裏側の土壌は“膨脹する土”として知られてゐる滑石の層よりなる事が明かとなつた。

この土の膨脹作用は、それに接觸せる空氣を除く事によつて止め得るや否や、と言ふ事を決定する目的を以て、延長100呎のコンクリート覆工の試験區間がほぼ隧道の中央附近に施行された。

しかしこの試験區間も間もなく崩壊し、空氣の作用は地盤を膨脹させる主なる要素ではない事を示したのである。而して隧道附近の土壌の性質に關しては、未だ満足すべき報告は得られなかつたので、この問題を更に研究する目的を以て、第2の試験區間が設けられた。

この區間は延長25呎にして、本隧道と90度の角をなしてゐる。この隧道の半分はコンクリートで覆工され他の半分は木材にて覆工された。故にこの部分では裏側の土は空氣の作用に曝されるのである。

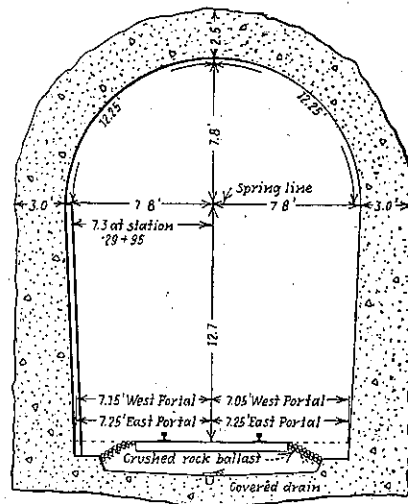
木材區間は直ちに崩壊の徴を現はしたが、コンクリートの部分は約2ヶ月の間無事であつた。2ヶ月後に至つて本隧道に最も近い端及断面の頂部に僅かながら移動が認められたが底部は静止せる儘であつた。この状態より遂にコンクリートは破壊するに至り、短時日の間に本隧道に災害の及ぶのを避くる必要を生ずるに至つた。

即ち試験區間に於ける研究によつて得られた知識を基礎として全木材覆工をコンクリート覆工に交換すると言ふ事が、この問題に最善の解決を與ふるものであると言ふ結論に達したのである。其處で1907年9月から、この決定を實行に移すこととなつたのである。然るにこの仕事は断続的に遂行されたので1910年10月に至るも完成せられなかつた。

隧道の寸法は図-33の如くであつて、コンクリート床面を有し碎石道床にして且つ中央に排水溝を有す。

近年隧道覆工に於けるコンクリートの崩壊は相當の

図-33. 隧道の断面



範圍に亘つて起る事が明かとなつた。

隧道によつて貫かれて居る分水嶺の兩側に於ける集水區域に於て、かなり大なる範圍の流量を排水溝によつて隧道直上に放流する。

この排水溝のある隧道上部の土壤は全く滲透性で其の爲、東端1500呎及西端1000呎の地點に於てはこの滲透性土壤を通して滲透する水的作用に全く曝れてゐるのである。

この水は機關車よりの煤煙、排氣と共にコンクリートを甚だしく破壊するに至り、遂にこの區間の覆工修理に着手せざる可からざらむるのである。乾燥せる拱部分も機關車の排氣の影響を表し始め、且つ數個所に亘り土圧の影響をも示すに至り遂に隧道の該區間の修理を決定するに至つたのである。

隧道覆工の強度回復の種々なる方法が考慮されたが、現存する覆工に加工する事によつて、隧道断面を減少する事は不可能であり、且つ必要な仕事の範圍及現存する隧道断面を鋼或は既製コンクリート塊はこの兩方を以て交換するか、又は補強する工事費より、又かくの如き方法に於ては修理を遂行する爲には良質のコンクリートも悪質のコンクリートも共に除くを要する、故にこのやうな方法は實際的に非ざる如く思はれた。以上の如き考慮より以下の如き復舊計畫を遂行するに決定したのである。

- (1) 注入法に依つて現存する覆工の固定及水密化
- (2) プレッシャーガンを使用する事によつて崩

壊せる部分の再建設

(3) コンクリート全表面を媒塵ガス及水に對して不滲透性たらしむる事

此處に採用せられた注入法と稱するものは急速に硬化する結合、空隙填充材を蜂の巣の如く孔をあけられた且つ龜裂の入つたコンクリート中に注入する事より成立するものである。

故にこの方法を用ひれば全容積のコンクリートを除去する必要はなく、且つ作業は比較的少額の經費しか要せず、又作業期間も短縮され、列車の運転も比較的早く開始し得るのである。

本注入法に用ひられた材料はポルトランドセメント及活性水硬填充材を含む特殊の水硬コンクリートよりなるもので、これは膠狀に混合され、容易にその空隙を填充するために、多孔性のコンクリート中に注入せられ、そこで完全に固着せる硬き、密度大なるコンクリートになるのである。又これは注入中に分離したり塊になつたりすることもなく又収縮もしない。混合に使用せられる水の容積及各成分の配合割合は、その場合の狀態及施工の場所によつて定められる。又注入材料の使用量は修理さる可き破壊コンクリート1立方碼に付平均6.2立方呎である。試験柱及核片を試験したる處、この方法によつて修理された隧道のその部分に於ける覆工は30日に於て3000封度/平方呎以上の強度を有する事が明かとなつた。

砕かれたり龜裂が入つたりしてゐる爲に明かとなつてゐる覆工コンクリートに於ける表面的損傷を修理するにはニューマテイクハンマーによつて、破壊された材料をかき落とし且つ鉄筋を挿入、碇着すると言ふ普通の方法が用ひられた。これらの穴は注入法に於けると同様な材料によつてプレッシャーガンを用ひて填充された。

構造上の修理が完成した後次に於けるコンクリートの表面は最初噴砂法により、次に80封度/平方呎の圧力の下で、媒塵、ガスの滲透を防ぐ材料を加へる事によつてこれらのものが滲透せぬ如くされたのである。この密封材料は圧搾空氣研塵機によつて施工された。この機械は、金剛砂の表面仕上輪を通してコンクリートの表面に接觸する如く作られた管を有してゐる。

この材料は施工すると同時にコンクリートの表面に滲透し、且つ表面の穴を填充する物質をも含み又、爆發作用及瓦斯に對して高度の抵抗性を有するを以て、これの施工はコンクリートの緻密な、且つ耐久力大なる“外側硬化”をもたらすのである。事實隧道の修理せられ

た部分に於ては水の滲透はこの作業完成後は起つた事がないのである。

隧道内に於ける修理作業を遂行するに當つて、請負人は10臺の足場車を使用した。この車は覆工のどの部分へもこの足場上から届き得る如く造られてゐる。各車輛はそれ自身完全な運転装置を有し、自力で隧道を出入する事が出来、標準軌間の軌道上にのつてゐて小入換機關車として及圧搾空氣機械設備を運転する原動力たる空氣圧搾機を有してゐる。

作業車は全部同型で同様な構造を有し、設備は完全に自動的である。故に數分間にして容易に一作業から他の作業に移り得る。即ち、例へば破碎作業から注入作業へ、等々、單に他の車或は貯藏所より他の機具を加へるとか、又は交換するなど、すべて特殊の設備によつて容易になされるのである。事實、均一なる割合で動きながら種々の作業を遂行するためには是等の事は屢々必要であつた。

かくの如く、10臺の車が全部如何なる種類の仕事にも適する如く種々の装置がなされたのである。

しかしながら、一般には2臺の車が次の如き5つの仕事の各々に割當てられてゐたのである。

- 即ち (1) 穿孔及削取
- (2) 鉄筋の配置
- (3) 表面の穴へコンクリートの圧入
- (4) コンクリート注入
- (5) 水密及氣密化作業

取除かれた材料が軌道上に落下するを防ぐ爲に、穿孔及削取をする車には調節出来る側板即ちエプロンを設けた。故に列車運転前に於ける軌道清掃作業は殆ど必要がない位であつた。

注入作業中材料は圧搾空氣によつて作用するポンプによつてコンクリート中に注入されたのである。

このポンプは1分間35ガロンの容量を有し、最高ノズル圧力は1平方呎當り465封度で、径1吋高圧ホースによつて噴出せしめる。各車には注入材料を混合する爲に2つのタンクが備へられてゐて、一方のタンクがポンプにかゝつてゐる間他のタンクは混合しつゝある故にポンプ作業は連続的に行ひ得るのである。即ち、一つの供給弁の開閉は空のタンクから材料の入つてゐるタンクへ切り換へると同時に行はれる。供給タンク即ち混合タンクの容積(60ガロン)はポンプ作業中に於て他方が空にされてゐる時間と一方に於ける混合に必要な時間とほぼ等しくなる如くされてゐるのである。

各混合タンクには圧搾空氣モーターによつて動かされる混合攪拌羽根が備へられてゐて、注入及混合作業中に於ても連続的に活動が続けてゐる。

近似的に1立方呎の注入材料の爲には、水 2~4 ガロンを要し、この水の材料に対する割合は固結せしむ可き土量、密度と共に変化するのである。而し、すべての場合に於て、空隙中に出來得る限り容易に圧入せらるゝ如く充分密に、完全に混合される。この密度及稠度は豫め注入前に、コンクリート中に穿孔せられた孔から水を注入して、その圧力及必要なる水量を観察する事によつて決定されるのである。

此の作業に従事する作業員は経験と訓練とによつて、必要な面積に對して必要な注入材料の最良の稠度及含水量を決定し得るのである。又この注入試験は注入材料を噴射せしむる爲に穿孔さる可き孔の數、位置及深さを決定する助けとなるのである。注入試験及注入作業に於て覆はれる面積は 20~30 平方呎に亘り、注入箇所より 20 呎若しくはそれ以上離れた點に於て壁から排水された事も何等珍らしい事ではなかつた。この注入試験に於ける排水はその時の状態に応じて側壁、拱起線或は天井の諸點から行はれ、此の注入試験が完了した後これ等のコンクリート面に於ける排水孔は封鎖される。この爲には、時には填絮或は他の密封材料が大きな孔には用ひられたが、一般にはコンクリートが用ひられた。これが終ると一般には、直ちに注入作業が始まる。此の場合には、混合された材料は膨脹片のある径 3/4 吋の孔からコンクリート中に注入される。

使用設備が可動的なる事及隧道の長さの故に、修理作業に要する 2, 3 の作業は同時に行はれた。此の作業は東口より始められて隧道全長に亘つて施工されたのである。

晝間兩方向へ1箇宛の旅客列車が運行する以外は作業時間後夜間に於て、總ての列車が通過してしまひ、此の時には、作業車は隧道から引出される。この時に、車の設備の必要な切換へや、移動が行はれ、必要材料が積込まれる。作業車はこの列車通過時中は隧道兩端の本線外に留置されるが、夜間は、これらの設備は詰所及諸材料貯蔵庫のある東口に移動される。本作業に使用される全作業設備は約 15 分にして、列車通過を妨げぬ如く隧道より出入せしめ得るのである。故に、列車運行の爲に作業は殆ど遅延した事もなく、又本作業は平常の列車運行を少しも妨害する事なく遂行されたのである。

列車通過後は隧道は普通の扇風機によつて煤煙及汽關

車の排氣が除かれ、且つこの作業は作業車が再び仕事を始める爲に準備する時間と隧道内の換氣が行はれる時間とが等しくなる如く遂行されたのである。しかし、作業進行中に於ても、隧道内の塵埃及ガスを除く爲に換氣装置が屢、用ひられたのである。

此の Franklin 隧道の修築作業は G. W. Harris 氏 (Santa Fe 技師長) 及 M. C. Blanchard 氏 (Coast Lines 技師長) の一般監督の下に遂行され、工事請負者は Chicago の Dur-ite 會社である。

熔 接

(127) 白耳義ナショナル鉄道會社に於ける軌條の熔接

E. Desorgher, "Rail Welding on the Belgian National Railways." International Railway Congress Association, May 1938.
根來幸次郎 抄

白耳義ナショナル鉄道會社では 1926 年の創立以來着々作業の合理化や、經濟化を各部門に於て行つて來た。規程の改正等により、又設備の改良等により使用された軌道關係の材料費は年間支出額の 10% を示してゐる。節約の方法にも色々あるが一番節約になると思はれるのは、現場から撤去して來た磨耗軌條を適當に選別して再び使用することである。斯かる養生方法は會社自体で行なはれ、その爲に特別な設備が設けられ、且つ系統的に研究されてゐるのである。會社では毎年 9~18 m の長さの軌條や、断面の色々異なる軌條を 50 000~60 000 箇の磨耗軌條を出してゐたのであるが、此の方法が考へられてからは節約になるばかりでなく、軌道に均一性を與へ、且つ又主要幹線にも新軌條の代用として充分満足な結果を得るに至つたのである。

磨耗軌條の養生方法

(a) 準備作業：磨耗軌條は1箇所に集められ、そこで熟練した人々によつて念入りに選別され、將來使用出來る軌條は其處に設備されてある機械にかけられる。機械は 2 種類ある。

- 1) 軌條頭部の走行面の傾斜を修正するもの
- 2) 接目部の接目落の部分をも鋸で切り取り、軌條の腹部に接目飯用ボルト穴を開ける機械 (圖-84 参照) の 2 つである。

以上述べた 2 つの機械にかけて出て來た軌條を、將來適宜に使用し得る様分類して同じ断面で磨耗も 1/2mm まで測つて、同じ磨耗程度のものを一纏にして積み重ね

ておく。

図-34.



b) 熔接方法：接目部が持つ缺點は近代的方法即ち、熔接によつて除去することが出来たので、今では経済的にも又接目の数を減少し、曲線軌道の敷設を容易ならしめるものである。現在の熔接技術で色々と試験した結果ではフラッシュバット熔接が最も良い方法で、之は機械で自動的に完全なる熔接軌條を得ることが出来る。

鋼の性質を変化させるのは、軌條端の極く僅かの部分だけで熔接部の伸延性は軌條自体と殆ど同じであり、熔接々目を作るに要する費用は普通接目の費用の約半額である。

熔接の方法は次の3段階に分けて考へることが出来る。即ち

- (1) 熔接するための軌條端の豫熱
- (2) 極く僅かの部分の熔融
- (3) 軌條端の加圧

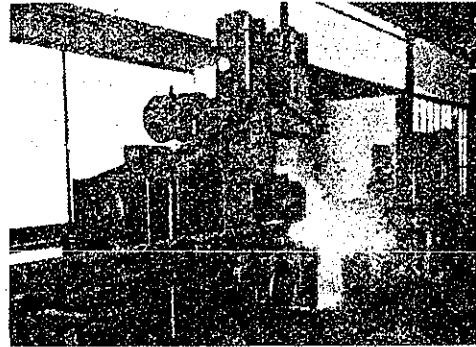
である。

現在の新しい機械では此の3段階を、上述した順序で自動的に進むことが出来る。即ち豫熱の時間も、熔接の時間も制限され、間違つた作業を行ふことが防がれる。熔接するため軌條の一端は固定され、他端は動き得る如く可動締着金具で締着られる。熱せられる部分を出来るだけ短くし、軌條端を接觸せしめたり離したりして、接觸抵抗によりフラッシュカレントを生ぜしめ、軌條端を高温度に達せしめ、白熱せる粒子が飛び出す。此の粒子が熔接さるべき全断面から飛び出す様になると、加熱は充分となり、軌條が熔融するに必要な温度に達したことを示してゐる。この瞬間、自働制動機は可動締着金具の後向運動を中止して、固定締着金具に固定されてゐる軌條の方へ前進を継続せしめる。熔接される部分の軌條は接觸して熔け合ふのでなく、火花となつて飛び散る時初めて熔け合ふので、可動締着金具の方の軌條は

自動的に加速度を増加し、軌條は熔融し、2つの面に圧力が加へられる。此の場合酸化部分は火花として飛び去り、良好なる熔接が完成するのである。

c) 会社に於ける熔接機械： 会社では軌條の誕生のために、1982年に電氣抵抗によるフラッシュバット自働熔接機を2基設備した。その機械は(図-35)に示すもので主要なる性能を示せば下記の如くである。

図-35.



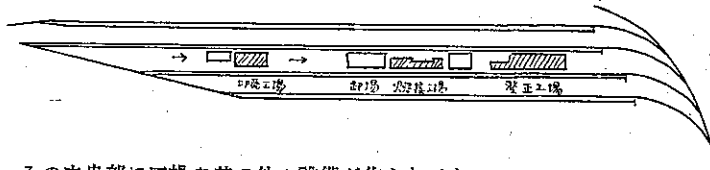
- | | |
|-------------|---------------------------|
| 1) 熔接の最大能力 | 断面 10 000 mm ² |
| 2) 熔接機械の重量 | 8 000 kg |
| 3) 締着金具の締定力 | 28 t |
| 4) 加圧力 | 20 t |
| 5) 油冷式変圧器 | 6 600V/220V |
| 6) 機械全体は水冷式 | |
| 7) 安全装置付 | |

d) 磨耗軌條の誕生： 工場に於ける軌條は豫め分類されて、軌條端の癖金は切取られる。それを標準長としては35~52.5mを熔接し、且つ曲線に使用する目的で短いものも作られる。35m軌條で表面が4mmしか磨耗して居ないものは、主要幹線以外の線路に再び使用されてゐる。

又新舊軌條を並べて敷設するだけでは得ることの出来ない、接目部に於ける走行面の完全なる一致が、磨耗程度の適當のものを配置することによつて得られる。直線區間でも、曲線でも、又垂直でも傾斜を付しても接目の走行面を完全に一致させることが出来る。到着、組成、待避、側線などには50.5mの熔接軌條を利用してゐる。

e) 会社に於ける古軌條熔接設備： 会社では熔接設備を完備して年々60 000 趣の誕生熔接軌條を生産してゐる。それは図-36の如く、操車場や、貨物停車場内に50 000 m²の土地を取つて、6本の線が敷設され、

図-36. 軌條甦生工場平面略図



その中央部に工場や其の他の設備が作られてある。

図-37. 軌條甦生工場

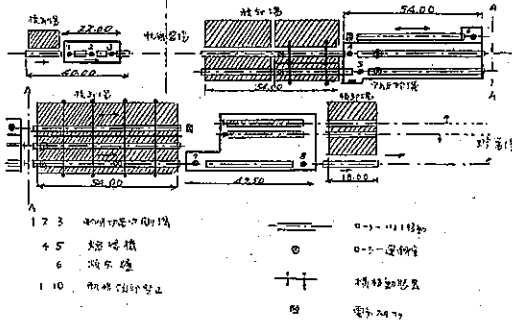


図-37 に示す如く軌條の荷卸し場があり、次に 100m² の工場がある。こゝには鋸切りとボルト穴開けの機械が 3 組設備されてある。こゝで軌條は必要な場合癖金を切り取り、新しいボルト穴を開ける。次に 400m² の工場があり、周囲は積荷し場で 2 基の熔接機と 1 臺の圧搾空気及加熱炉の機械が設備されてある。又次に 500m² の工場があり 2 つの鋸と穴開け機及軌條頭部の整正をなす機械がある。各工場間及工場内の縦方向の軌條の移動はローラーで横方向はドラムに巻きつけられたロープで機械的に行なはれる。

f) 作業の方法： 熔接工場に於ける作業は次の順序で行はれてゐる

- 1) 電流の通りを良くするため軌條を、圧搾空気による削磨器で削る 3 分
 - 2) 軌條を持って来て高さや配置とを調節した後には締着金具の中に固定する 2 分
 - 3) 自動的に熔接す 2 分
 - 4) 熔接々目を機械より取り出し圧搾空気の整で削りハンマーで整正する(図-38 参照) 4 分
 - 5) 熔接軌條の走行面に赤色で標しを付ける 1 分
- 計 13 分
- | | |
|-------------|-----|
| 軌條の手入れと据付に | 4 人 |
| 2 臺の機械を動かすに | 2 人 |
| 接目を削るに | 3 人 |
| 軌條の取卸しに | 2 人 |

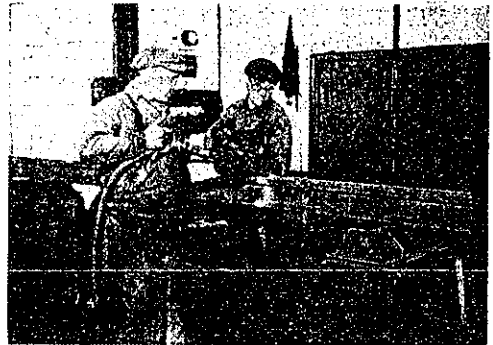
計 11 人

6700m² の断面を有する軌條に對する動力は 4.5 K.W.H.
冷却用水 1 臺に對して 800 ㍓/H
1 日 8 時間労働で接目の熔接数は

80

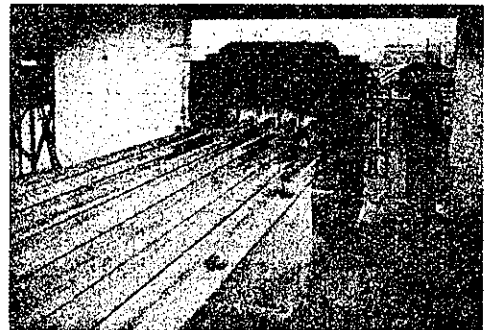
である。

図-38.



新軌條の熔接 新軌條を熔接して使用し始めたのは 1931 年で隧道内の軌條更換に用ひた。軌條長は 27m のものを 2~4 本熔接して即ち 54~108m のものを使用した。軌條は 50kg の標準型である。1936~1937 年に延長 24km 間の電化區間に 27m 軌條を 2 本、此の熔接方法で、上述の機械により熔接した。枕木は 54m に 98 挺 (10m に付き約 18 挺) の割合で危険防止のために熔接々目の下に枕木を配置してある。軌條は現場に敷設する以前に焼戻工場で 50 分間に 875°C の温度で焼戻する。この機械は 図-39 の如くトンネル式で、自動制御器と自記温度計の付いた油を燃料とした加熱炉を用ひ、これは同時に 5 本の接目を焼戻すことが出来る。軌條は 2 個の電気ウインチで輸送器の上にあげられる。熔接々目の焼戻しの温度は 875°C で 50 分間

図-39.



に段々と其の温度まで高められる。それを徐々に冷却して25分間に300°Cの温度になり、そこで接目を加熱炉から取り出し、空気中で冷却する場合自重により接目が下方に曲るのを防ぐために、2m長に對して6mmの彎曲をスクリッジャッキで與へる。この設備で4人が1日8時間働いて20接目を處理することが出来る。

異形断面軌條の熔接 異形断面軌條の熔接は興味のある問題で、磨耗程度を異にする同形断面の軌條でも同じことである。加工接目飯は高價で其の形が複雑してゐて製作するに困難であり、常に軌條の頸に精確に喰付かず、屢々軌條が支持されてゐない部分が出來てゐる。軌條の磨耗程度も異なるから實際は種々雑多な加工接目飯を必要とするが、使用の種類は非常に制限されるのである。然るにこの問題は遷移接目部に熔接を使用して簡単に解決することが出來た。

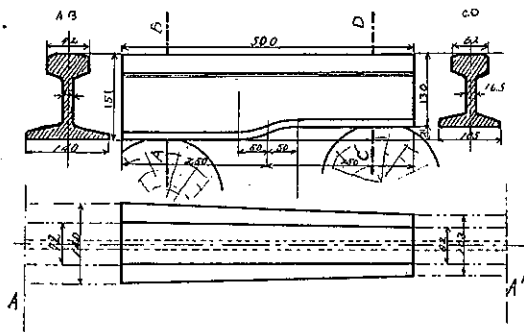
- (1) 同形断面軌條に於て、磨耗4mm以内の場合は前述の熔接方法による。
- (2) 同形断面軌條に於て磨耗4mm以上の場合は2つの熔接軌條の間に50cmの熱せられた軌條片を入れて強力なスクリューで押し付け、熔接軌條と同じ高さ、即ち同一の走行面をもつ様にする(図-40参照)。

図-40.



- (3) 異形断面軌條を熔接する場合。この方法は上述の(2)の場合と同じであるが、たゞ、軌條片は断面の大きなものを使用するのが異なる。上述の如く加熱して後、圧力を加へる。後で軌條片は腹部の對稱性や

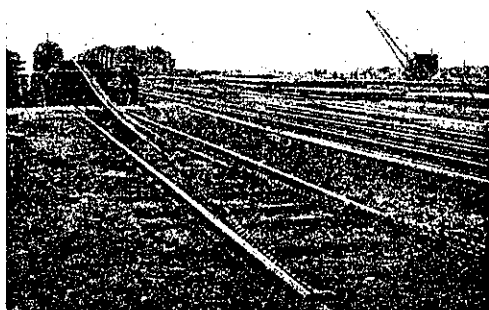
図-41. 異形断面軌條の接合



頭部の走行面を眞直にし、軌條底部の幅を同じにする様、餘分の部分を削り取る。ハンマーと削機で整正する。これでは軌條断面の突然の変化を避けることが出来る。この複合軌條は一般に18m長に造られ枕木は(図-41)の如く配置してある。

熔接軌條の取扱と輸送 熔接軌條の貨車への積込は、ジブクレーンで行はれてゐる。35m軌條は2臺のクレーンで、52.5m軌條は3臺のクレーンで取扱つて、一時に最大3本を釣上げてゐる。これ等のクレーンは將來電氣式門形移動起重機に代へられるはずである。貨車へは12~13本の軌條を2段に積重ねる。下段は床の上に置き10×10cm角の木材を5m間隔に置きその上には上段の軌條を置く。これ等はロープで緊結し、横移動は貨車の兩端にある支柱で防止する様にする。又取卸す場合には軌條端を引張る方法で、ロープ又は鎖りで軌條腹部のボルト穴に継ぎ(図-42)の如く敷設軌條に固定して置き他端は貨車にあるから貨車を前方に移動して取卸すのである。

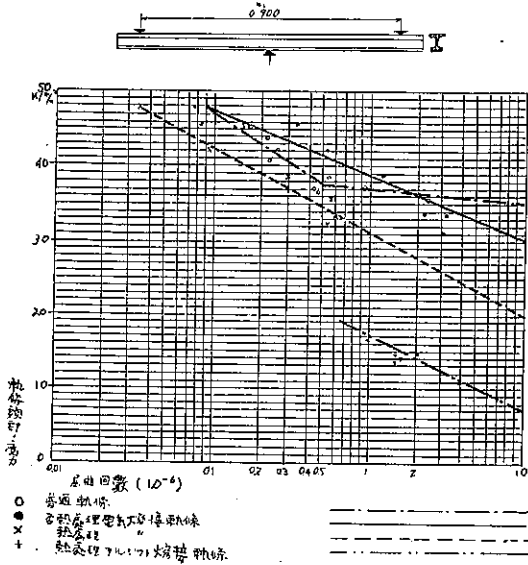
図-42.



熔接軌條の試験 會社では普通軌條の強度と比較するため50kg/m軌條(6700mm²の断面)を利用して色々の試験を行なつた。

- (1) 硬度試験: プリンネルの硬度計で試験した結果によると
 - (a) 焼戻したフラッシュバット熔接の接目では表面硬度は非常に良い均一性を示し、表面の硬いことは接目附近の走行面を保護するに役立つ、且つ疲勞を減少せしめるに役立つ。
 - (b) 同形軌條熔接の場合には熔接部分の硬度を増すために熱處理を行なはない。
 - (c) テルミット熔接の場合には、硬度曲線は不規則になる。これは熔接を容易にするため軟鋼を2つの軌

図-44. 反復屈曲による疲れ試験 (Wöhler Curve)



許容限度は主要幹線で 4 mm 迄と定めてあるから $700 \times 36.0 \times 40 = 10,080,000$ の車輪が通過すると交換されることになる。主要幹線では 8 年目に新軌條と交換してゐる。故にこの回数と疲試験の結果を注意する必要がある。

要するに現在の溶接方法では適當なる焼戻をしたフラッシュバット溶接方法ならば軌條の壽命から考へて重荷重によつても充分満足なる安全性を得ると確信出来るものである。

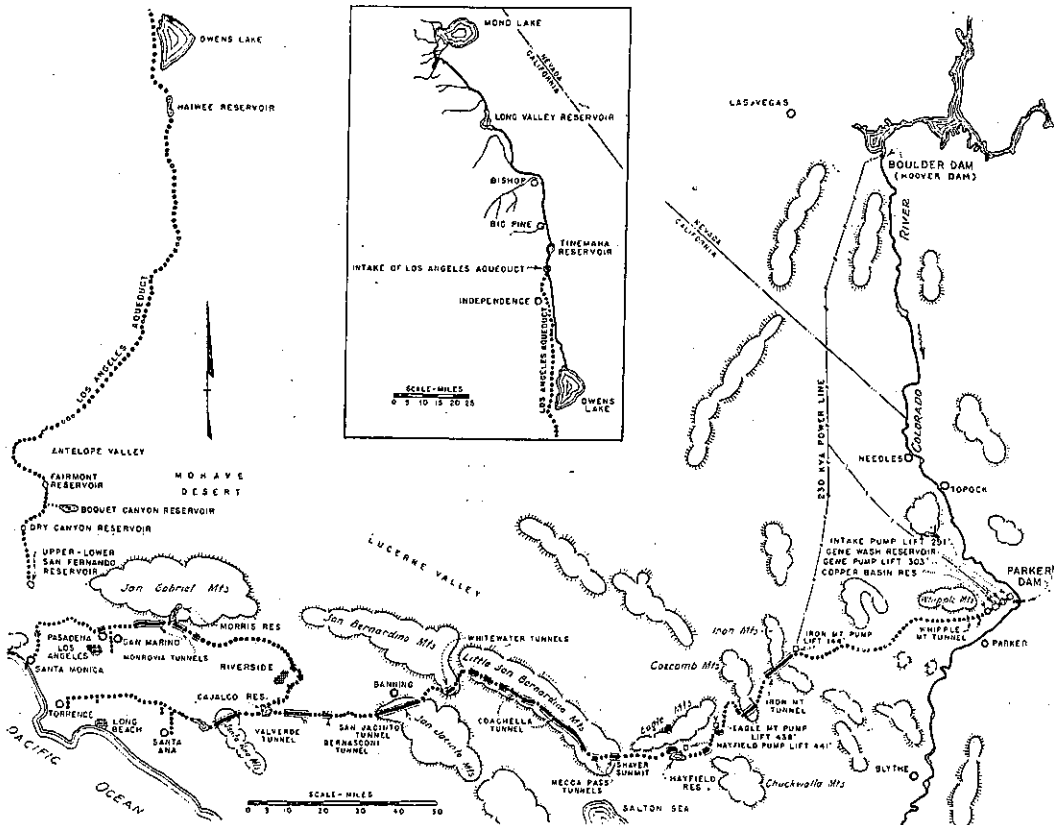
上 水 道

(128) Colorado 導水路

“Colorado Aqueduct Distribution System.”
Journal of the A.W.W.A. Jan. 1939, p. 29~46
寺島重雄 抄

Colorado 河から南 California 各市への導水路工事は 1931 年 9 月に公債發行の承認を得。1932 年 12 月起工し、爾來進捗して 1939 年初めに竣工する見込のもの

図-45. Colorado 河導水路一般図



のである。Hoover 堰堤上流の Mead 湖に貯溜した洪水を此の導水路に導くものであつて、必要流量を放流して Hoover 堰堤下流 155 哩の Parker 堰堤に再貯水し、此處から Riverside 南西 10 哩の Cajalco 貯水池に長 242 哩の主導水路を開通せしむるものである。

主導水路の最大容量 1605 呎³/秒にして、地勢上 1617 呎揚水される。其の爲揚程 141~441 呎の 5ヶ所のポンプ場が存在する。

Cajalco 貯水池から圧力管によつて各市の水道に連絡することになつてゐるが、計畫されてゐる 2 本の圧力本管のうち Upper Feeder と稱せられる方のみが現在敷設されてゐるので、茲では Upper Feeder 圧力本管工事に就て述べる。

此の幹線は全長 62.5 哩、其の内 10.3 哩は鋼管、36 哩はコンクリート管、16.2 哩は隧道になつてゐる。設計容量はエナメル塗装鋼管、既製コンクリート管に對シマニング公式の n を夫々 0.014 及 0.012 にとつて、Cajalco から San Dimas 迄は 750 呎³/秒、San Dimas から Eagle Rock 迄は 510 呎³/秒になつてゐる。

Cajalco の取入口は貯水池の北岸に在り、取水塔から 50 個の 30 吋水圧式制水扉を以て取水量を調節して径 14 呎の隧道に通ずる。此の取入隧道から 41.5 哩の圧力管になり、San Gabriel 河の流れてゐる山岳地では 9.3 哩の隧道となつて Morris 貯水池と連絡してゐる。その他に 5 箇所の道陸があり、何れも圧力隧道になつてゐる。圧力水頭は 25~260 呎に達する。圧力水頭大なる所では内部に 1/4~7/16 吋厚の円筒鋼板で補強すると共に水密に保たしめ、其の外側に 13 吋のコンクリート内側に 2 吋の gunite で内張されてゐる。

既製コンクリート管 コンクリート管は極一部を除き 36 哩の大部分は既製コンクリート管である。直径は 9 呎 8 吋~12 呎 8 吋で、管厚は 16~13 吋である。埋戻しの深さは管上 4~20 呎。圧力水頭 80 呎以下では円形及楕円形の鉄筋籠の組合せを用ひ、より大なる圧力水頭に對しては円筒鋼板を用ひたが、之は内圧に抵抗せしもので、曲げ応力の計算には附着力の點に疑問があるので之を無視した。

管は 12 呎長に、堅に塑造された。図-46 は接手を示す。モルタル接手は低圧管 9³/₈ 吋に使用され、其の他の場所には鋼-鉛の接手 (Lock Joint 管會社式) が用ひられた。鉄筋は電氣廻轉のドラム (図-47) によつて籠形に巻かれ、軸方向の鉄筋に熔接された。図-48 の如き移動起重機が出来上りの鉄筋籠を貯藏場に運んだり型枠に入れる。

図-46. コンクリート管の接手

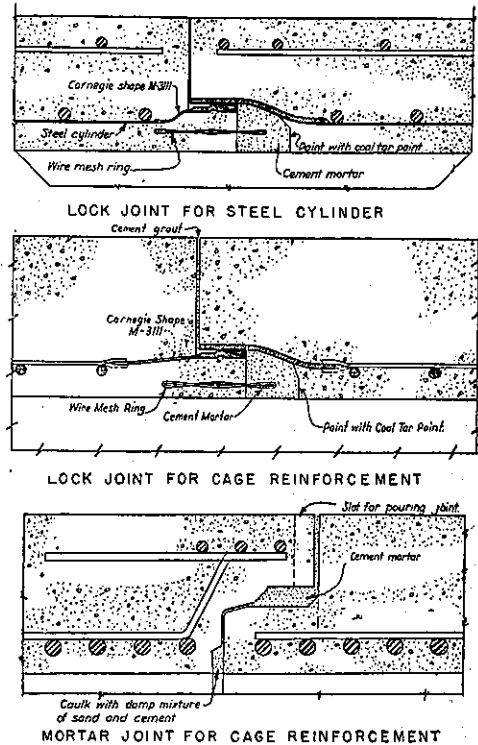
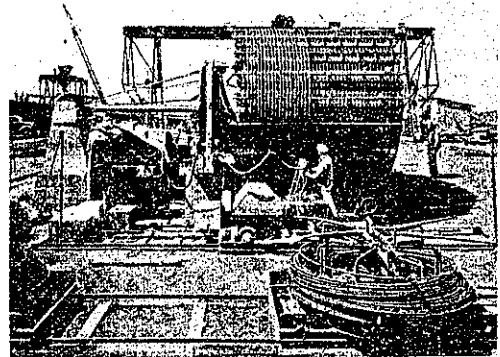


図-47. 鉄筋籠の製作



コンクリートはパイプレーターを使はずに特別の工夫を以て搗固められた。それは 1/2 吋角の型枠よりも 3 呎長い棒鋼を毎分約 500 回回転させ、堰板の面に沿ひて突込むのである。これに依ると高い堅型枠中でパイプレーターを用ひる時に生ずるが如き気泡や水泡は見受けられず、表面が大変平滑に出来上る。管は約 12 時間後に型枠を取外され、3 日目に底部の輪を打落す。型枠は鉄筋やコンクリートを運ぶ起重機によつて取扱れ

る。管は型枠取外し後夕方迄水に漬け、其の後、濕つてゐる間に其の外面に媒溶コーラールを2層に塗る。又管の上端を覆つて濕らせて置き、内面を削取つて後、両端を閉ぢ12日間水を入れて養生する。養生済の管は大型のトレーラーに載せ、敷設さるべき溝に運ばれ、特殊の移動起重機で敷設される。図-49はアメリカコンクリート鋼管會社で使用せる敷設機で、鋼構上に蒸氣運転のデリックを有し、48呎軌間の軌條上を移動する。此のデリックは45トンの重さの管を36呎半径内に取扱ひ得るものである。

J. E. Shea 會社で使用せし敷設機は図-50に示すもので橋の構桁から成り、溝に跨つて38呎軌間の軌條上を移動する。

直径9呎8吋及10呎3吋の管は United Concrete Pipe 會社によつて製作され、図-51の如き大型移動起重機を以て取扱れた。

土質は概ね良好であつたが、大径の管はコンクリート枕木上に載せられた。枕木上に来るモルタル接手の外側は固練りモルタルで目地仕上げをし、建築紙を下端に使用して枕木のコンクリートが接手に進入するのを防いだ。内部の接手は表面より1吋内部にある如く仕上げ、内側の隙間は接手上端外部の孔から1:3モルタルを注入した。埋戻完成後内側接手はモルタルをしつかり填充し、假仕上げした。鉛-鋼接手は

図-48. Santa Ana 河サイフォンにて使用された移動起重機

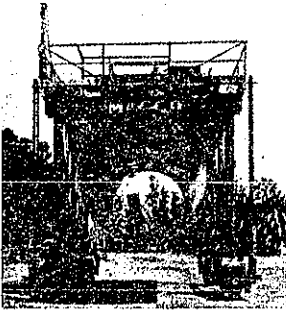


図-49. アメリカコンクリート鋼管會社で使用せし管敷設機

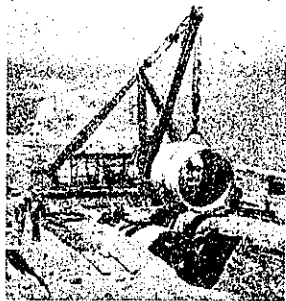
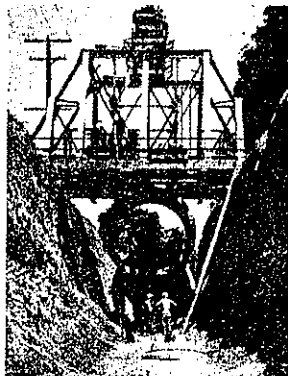


図-50. J. E. Shea 會社使用の管敷設機



敷設した時に軽く填充し、埋戻しをして管を充分落着せた後、最後の填充を行つた。

熔接鋼管 Santa Ana 河を横切るサイフオンの高压部 10.3哩と Eagle Rock から Palos Verdes に到る支管の上流部 17.4哩は熔接鋼管を用ひた。圧力水頭は 20~485 哩に達し、管径は 9呎 8吋~11呎 6吋、管厚は 17/32~3/32 吋である。管長は 33 呎に製造された。

Western Pipe and Steel 會社では 1 回熔接法 (one-pass welding) と云つて交流を用ひて熔接する方法を用ひた (図-52)。鋼板 A 及 B を先づ假着熔接し、次に簡単な封印熔接を行ふ。機械内では管は鋼板 C, D 及 E で支へられ、E は水冷装置を有す。極 F は融劑で満され、そこを熔接棒 G が 10 吋/分 でゆつくり進む。熔された融劑は空氣を排除し、熔接熱は燒鈍するに充分なだけ保たれる。鋼板 E の溝を満した熔接鋼の一部は削り取られて内面を平滑にする。

縦方向の接手には、極、管及裏打ち板を固定し、熔接棒を動かす。円周方向の接手には熔接棒を水冷裏打ち板を固定し、管を迴轉させるのである。

Consolidated Steel Corporation 會社が用ひた熔接棒は図-53に示す。融劑はホッパーから熔接部に加へられる。此の會社では Santa Ana 河のサイフオンに於ける如き 1 回熔接で完全な熔け込みを得んとは試みず、最初の熔接の裏面を削り取り機械式直流熔接を行つて仕上げた。

管厚が 5/8 吋を超える部分では、熔接管を密閉炉に入れ、1100°F 以下の温度で厚さ 1 吋に對し 1 時間の割合を以て燒鈍した。完

図-51. U. S. Concrete 會社使用の移動起重機

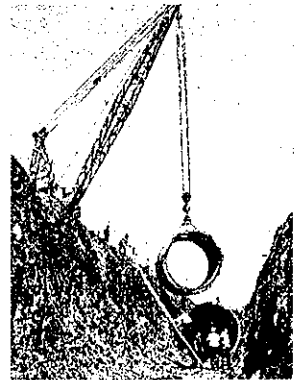
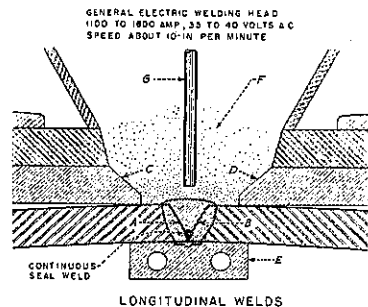


図-52. Western Pipe and Steel 會社の熔接法



成後は各管共 22 000 封度/時² の応力に對し水圧試験をした。

管は内側にコールドタルを、外側に 3/4 吋 gunite 塗

装を圖-54 の如く行つて腐蝕防止した。土質の悪い時には外部にもコールドタルエナメル塗装を gunite の下に施した。内部のエナメル塗装は工場で遠心法を以て下塗層の上に施した。之等の塗装は約 475°F の温度で円周速度約 1100 呎/分で行ひ、豫め鋼管を 190°F に熱して置くと良い結果を得る。エナメルはガス炉で熱し、廻転してゐる管の中心に沿ふて移動する車に載せ、端部に 12 吋の側堰を有する突出樋から流出させる。外部のエナメルはゆるやかに廻転する管に注がれ、人手によつて塗り擴げられる。管の両端約 12 吋の幅は内外部共現場熔接の完成後に手塗する。エナメル層の厚さは 1/8 吋にし、管内面では鏡の如く滑かにする。

管の内外共、エナメル塗装は圖-55 の如き電氣的検査器

で検査される。検査器は幅廣の針金刷毛からなり、5000 ボルト、0.012 アンペヤーの電流が流れてゐる。此の刷毛でエナメルの表面を撫で、スパークすると其の部分不完全なことが判る。斯かる部分は削取つて手なほしをする。

エナメル塗装を終つた管は廻転する支臺に載せて gunite 層を施す。圖-56 の如く 2×4 吋目に熔接した鉄線網を管に巻き gunite を 2 層に施す。gunite は其の夕方迄養生せき、濕つてゐる間に媒溶コールドタルを 2 層に塗装して保護した。

Gunite は最小 7 日間養生された後、管は溝に運ばれ、熔接された。印籠接手に於ける内外部の現場熔接は圖-57 の如く直流熔接機を使用して行つた。熔接回数は厚

圖-53. Consolidated Steel Corporation 會社の熔接法

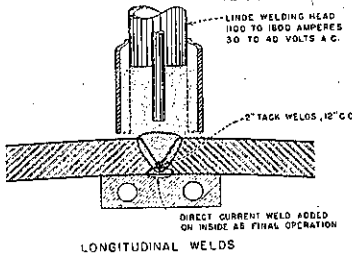


圖-55. エナメル塗装検査器

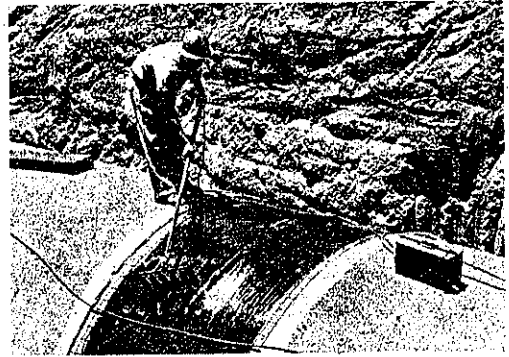
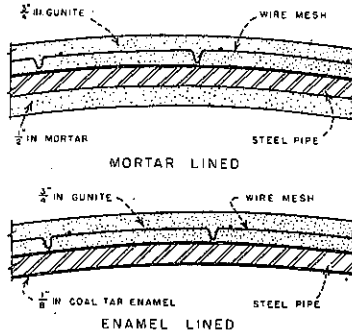


圖-56. gunite の吹付

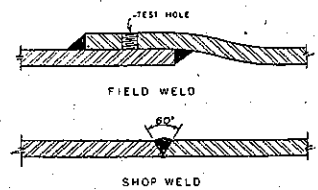


圖-54. 防蝕塗層



きによつて 4~7 回。毎接手毎に 4 個の孔をあけ、兩熔接部の隙間に 100 封度圧力の石鹼液を圧入して試験した。試験後、接手部にエナメル及 gunite 塗装を完全にして管を埋戻した。

圖-57. 熔接接手



セメントモルタルのライニングは遠心法を用ひ、廻轉装置には堅ゴムのローラー 3 個を夫々管の両端に備へ、一つは上部に他は下部にあつて同轉する。管の外部に 4 個の補剛環を附して撓みを防ぎ、モルタルは管全長に延びるホッパーによつて管に運ぶ。管が 900 呎/分の周速速度で廻轉してゐる時にモルタルを落し、ホッパーを引

出した後周速速度を3600 呎/分に増す。之を約20分間続ける。1時間後にモルタル表面を手繰で硬く滑らかに仕上げ、隔壁を附して自働式噴水で養生する。

モルタルライニングが埋戻の際管の撓みで損傷されるのを防ぐため、埋戻中約20封度/吋²の圧力水を入れて置き、埋戻の土が固まる迄そのままにしておく。そのため1000呎間隔に隔壁を管に挿入した。

(129) 炭酸ガス及其他のアルカリ度の図式定量法

“Graphic Determination of Carbon Dioxide and the Three Forms of Alkalinity.” Journal of the A.W.W.A. Jan. 1939, p. 51~65
寺島重雄 抄

家庭用水及工業用水の水質試験に於て、屢々遊離炭酸ガス、重炭酸鹽、炭酸鹽及水酸化物によるアルカリ度を調べる必要に迫られる。最近の文献には之等の物質の定量に普通用ひられてゐる方法は若干不満足であるとの意が表明されてゐる。水酸化ナトリウム滴定法は炭酸ガス含有量が數ppmの時には過大評價をなす傾向のあることをDe Martiniは指摘してゐる。反對に多量の炭酸ガスを含む時は此の滴定法は滴定中に大氣中に炭酸ガスが逸出するので過小評價をなす。又滴定の終末點も試験中に褪色するので満足でない。

フェノールフタレン及メチルオレンジアルカリ度滴定法の基礎をなす假定も特に汽罐水の化学者によつて疑問とされるに到つた。基本假定の1つである炭酸ガスと炭酸鹽及重炭酸鹽と水酸化物は同一の水には同時に存在せぬと云ふ假定は量的に正確ではない。

水素イオン濃度と總アルカリ度とから炭酸ガス、重炭酸鹽、炭酸鹽及水酸化物の含有量を計算することが可能である。De Martiniは最近必要な式を水素イオン濃度の廣い範圍に使ひ得られる形で發表した。之等の式は炭酸鹽と水の電離平衡理論を基礎にしてゐるもので K_1, K_2, K_{H^+} なる定數を有す。炭酸の第1及第2イオン定數である K_1 及 K_2 の値は最近Mac InnesとBelcherによつて夫々25°Cに於て 4.54×10^{-7} 及 5.61×10^{-11} であると決定された。又水のイオン積である K_{H^+} は

25°Cで 10^{-14} である。以上の値をDe Martiniの式に代入すると

$$(\text{CO}_2) = 9.70 \times 10^{10} (\text{H}^+) \times \frac{\left[\frac{\text{Alk}}{50000} + (\text{H}^+) - \frac{10^{-14}}{(\text{H}^+)} \right]}{1 + \frac{11.22 \times 10^{-11}}{(\text{H}^+)}} \dots\dots(1)$$

$$(\text{HCO}_3^-) = \frac{50000 \times \left[\frac{\text{Alk}}{50000} + (\text{H}^+) - \frac{10^{-14}}{(\text{H}^+)} \right]}{1 + \frac{11.22 \times 10^{-11}}{(\text{H}^+)}} \dots\dots(2)$$

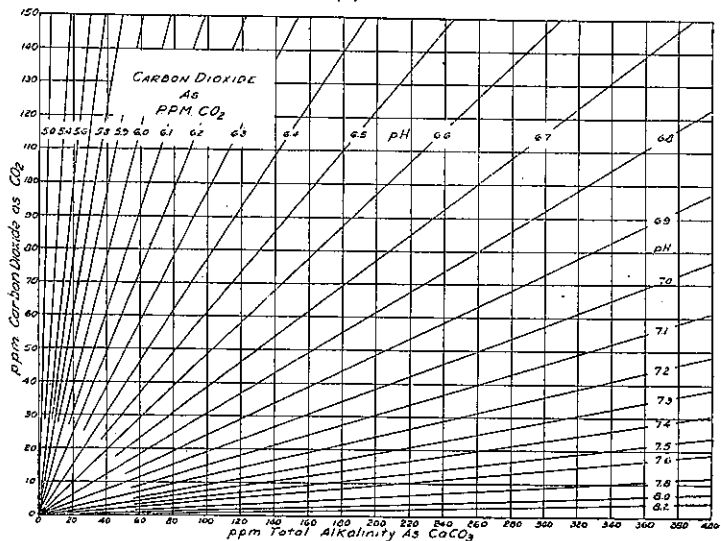
$$(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{5.61 \times 10^{-6}}{(\text{H}^+)} \times \frac{\left[\frac{\text{Alk}}{50000} + (\text{H}^+) - \frac{10^{-14}}{(\text{H}^+)} \right]}{1 + \frac{11.22 \times 10^{-11}}{(\text{H}^+)}} \dots\dots(3)$$

$$(\text{OH}^-) = \frac{5 \times 10^{-10}}{(\text{H}^+)} \dots\dots(4)$$

以上の式に於て (HCO_3^-) 、 (CO_3^{2-}) 、 (OH^-) 及 (Alk) は炭酸カルシウムとしてppmで、 (CO_2) は炭酸ガスとしてppmで、 (H^+) 即ち水素イオン濃度は1l中のモル数で表はしてある。各式の右邊は總アルカリ度と水素イオン濃度の項のみを有す。従つて重炭酸鹽、炭酸鹽及水酸化物アルカリ度と水の炭酸ガスは之等2つの量から計算出来る。

pH價の比色決定法では、略0.1まで求められる。若し電氣的に求めるともつと正確な結果が得られるが、之は水質試験室で一般的に行はれて居らぬから図式的に

圖-58.



又水のイオン積である K_{H^+} は

図-59.

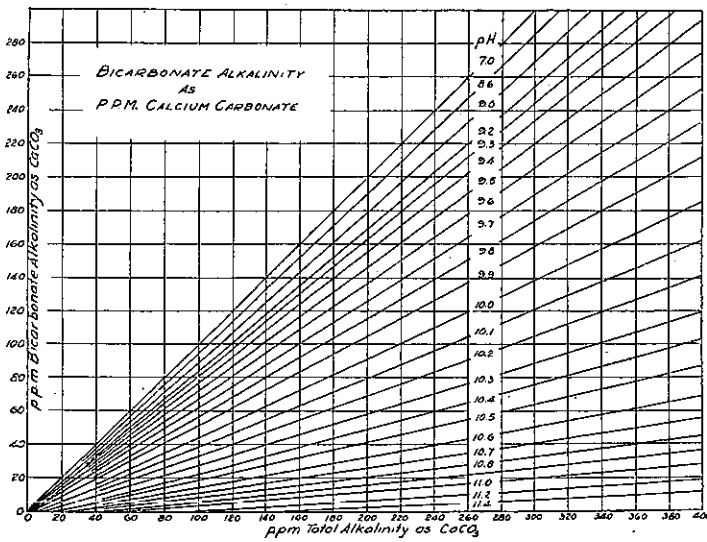
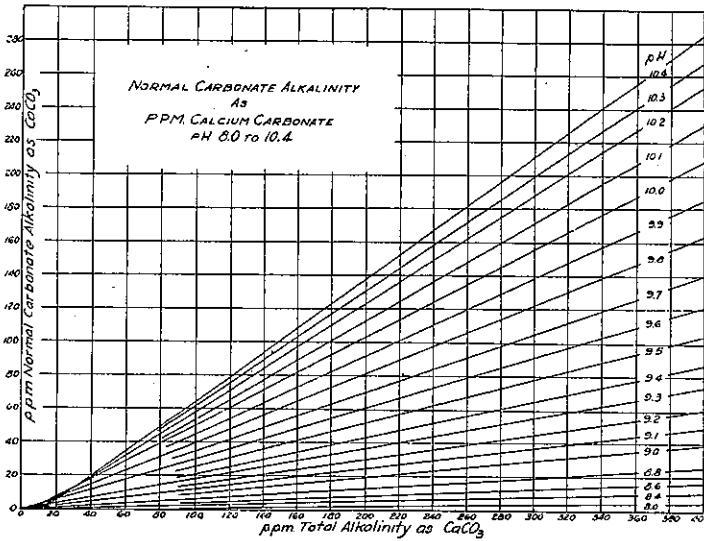


図-60.



得た結果も 0.05 は不正確なものになる。

式の図表化 式から直接計算するのは煩雑である。與へられた水素イオン濃度に対して各式は直線として畫けるから図表算定が可能である。図-58 は pH, 總アルカリ度及炭酸ガスとの間の關係を示す ((1) 式)。図-59 は重炭酸鹽アルカリ度に対する關係を ((2) 式)、図-60 及図-61 は炭酸鹽アルカリ度 ((3) 式) に対する關係を示す。図-62 は水酸化物アルカリ度 ((4) 式) の關係を表はす。之等の圖から pH 及總アルカリ度の判つて

る水の重炭酸鹽, 炭酸鹽及水酸化物アルカリ度と炭酸ガスの含有量が見出される。

表-3 は pH の 6.0~10.0, 總アルカリ度 10 ppm に於て pH の誤差 0.05 によつて生ずる影響を示す。アルカリ度が 10 ppm 以上には誤差の程度は等しいか或はなほ一層小である。

図表の精度 図表の精度, 即ち炭酸ガス等の図示された値と水中に實在する之等物質の量との一致する程度は正確な分析を行ふと得られるが、普通用ひられる方法によつて注意深く分析した結果と図表から求めた値とを比較照査して見ると表-4 の如くなる。兩値の相違は一般に炭酸ガス定量に際して起る質驗誤差よりも大でない。

重炭酸鹽と炭酸鹽或は重炭酸鹽と水酸化物アルカリ度を有するアルカリ性の水では炭酸鹽と水酸化物が少量に過ぎて信頼するに足る照査を得るほど満足すべき分析が得られぬ。そこで之等のイオンを含有する調合水を作り、フェノールフタレン及メチルオレンジ滴定法及 quinhydrone 電極を試料 No. 1 に、ガラス電極を其の他の試料に使用する電位差法の兩方によつて分析した (表-5)。

表-5 によると試料 7, 8 及 9 は比較的高い水酸化物アルカリ度を有するものを除いては之等の値は良く一致する。試料 1 及 2 はフェノール

フタレン及メチルオレンジ滴定法によると炭酸鹽アルカリ度の小値に對しては過小評價をすることを明示するが、之等の試料でも図表から得た値と電位差法によつて得た値とは良く一致してゐる。そこで炭酸鹽と重炭酸鹽アルカリ度を有する水に對しては、此の圖表は満足すべきものであることが判る。

炭酸鹽と水酸化アルカリ度を有する試料 7, 8 及 9 の如き水に對しては、圖表作製の基礎となつてゐる式が水酸化物を過大評價すること、或は滴定法が過小評價する

図-61.

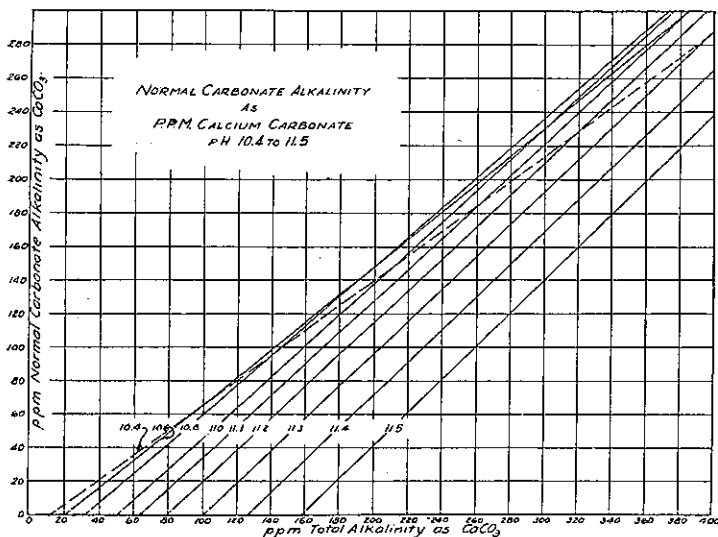


図-62.

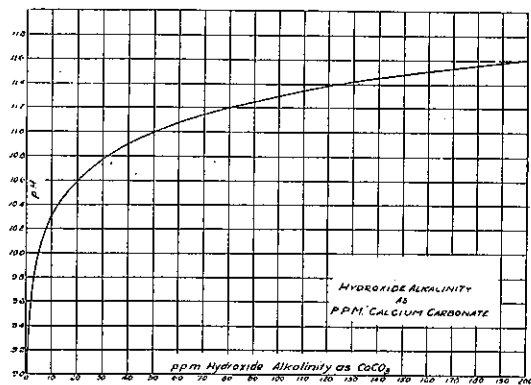


表-3.

Percentage of Error Produced by an Error of 0.05 in the pH Measurement (Total Alkalinity 10 p.p.m.)

pH RANGE	PERCENTAGE OF ERROR IN			
	(CO ₂)	(HCO ₃ ⁻)	(CO ₃ ²⁻)	(OH ⁻)
6.0-7.0	10.2-11.2	0.0		
7.0-8.0	11.2-11.5			
8.0-9.0		0.0-1.8	11.2-9.2	11.2
9.0-9.5		1.8-4.9	9.2-6.4	11.2
9.5-10.0		4.9-15.9*	6.4-3.8	11.2

For pH 10.0, alkalinity 10 ppm onlg.

ことが明かである。之に對しては滴定法が間違つてゐると信ずる理由が2つある。第1は水酸化物含有量をpHから決定する式は物理化学的研究によつて立派に確立されたこと。第2はフェノールフタレン及メチロオレンジ終末點或は電位差法による終末點より水酸化物及炭酸鹽を決定する定量法が濃溶液には正しいが稀溶

液には信頼出來ぬ所の假定に立つてゐることである。

温度の影響 図表は温度 25°C の時の K_1 , K_2 及 K_W を基礎としてゐるから、温度が変化したらどうなるかと云ふと Mac Innes 及 Belcher によると、25°C より温度が 1°C 増加するにつれ K_1 は 0.25%, K_2 は 0.58% 増加する。25°C 以下の温度にも略之が適用出来る。 K_W は 25°C で 1×10^{-14} , 18°C では 0.593×10^{-14} , 0°C では 0.116×10^{-14} である。然し pH が 10 以下では此の影響を無視出来る。要するに大概の水には問題とならぬ。

溶存鹽の濃度の影響 定數 K_1 , K_2 及 K_W には水中溶存鹽の濃度が大

表-4. 分析値と図表値との比較

Comparison of Determined and Indicated Values

SAMPLE	pH	TOTAL ALK.	CO ₂	
			Determined	From Fig. 1
Alexandria, Raw	6.8	11.0	4.0	3.4
Coagulated	6.6	10.0	6.0	5.0
Filtered	6.45	10.0	7.0	6.7
Clinchfield, Raw	6.55	80.0	34.0	43.5
Coagulated	6.90	70.0	38.0	34.2
Filtered	6.40	69.0	46.0	46.3
Dunville, Raw	7.55	22.0	1.5	1.2
Coagulated	6.45	10.0	7.0	6.8
Filtered	6.65	12.0	5.0	5.1
Franklin, Raw	7.0	15.0	3.0	2.8
Coagulated	6.0	3.0	7.0	5.7
Filtered	6.0	3.0	7.0	6.7
Petersburg, Raw	7.3	31.0	3.0	3.0
Coagulated	6.7	22.0	9.0	8.5
Filtered	6.7	23.0	8.0	8.8
Norfolk, Raw	6.95	25.0	4.0	5.3
Coagulated	6.6	21.0	9.0	10.2
Filtered	6.6	20.0	8.0	9.7
Richmond, Raw	7.35	23.0	4.0	2.0
Coagulated	6.5	16.0	8.0	9.8
Scottsville, Raw	7.35	23.5	1.5	2.8

になると共に大なる値をとる。之は鹽の濃度が大になると共に種々のイオンの活潑性が減少するからである。即ち之等の値はイオン強度に左右される。Langelierによると、イオン強度 $\mu = 0.000025 \times \text{ppm}$ (溶存鹽の)。鹽濃度の変化に對する定數の更正值は、 K をイオン強度零の時の定數、 K' を或イオン強度 μ の時の定數を表はすとして、Mac Innes 及 Belcher の與へた次式から求められる。

$$\log K_1' - \log K_1 = 0.119 \mu$$

溶存固形物 800 ppm を含む水に於て K_1' は K_1 よりも僅か 0.52% 大なるのみ。従つて炭酸ガス圖表に對しては更正するまでもない。

表-5. 分析値と図表値

Comparison of Analytical and Diagram Results									
SAMPLE NUMBER.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH.....	6.80	6.75	6.60	6.78	6.80	6.90	10.50	10.75	11.05
Total Alkalinity									
By Methyl Orange.....	48.0	10.6	50.0	74.6	33.8	160.5	47.8	51.8	80.0
By Electrode.....	50.0	19.0	48.0	72.0	31.3	188.8	46.0	50.0	79.0
Bicarbonate Alkalinity									
By Phenol. and M.O.....	40.4	16.3	33.2	41.0	17.5	110	13.6	—	—
By Electrode.....	47.0	17.5	33.0	40.0	15.8	105.8	10.0	—	—
From Fig. 2.....	45.0	17.5	32.0	41.0	16.5	98.0	13.5	3	2
							13.6*	3.3*	2.2*
Normal Carbonate Alkalinity									
By Phenol. and M.O.....	7.6	3.3	16.8	33.0	16.3	80.5	34.2	38.5	42.0
By Electrode.....	3.0	1.9	15.0	32.0	15.5	83.0	35.0	33.0	38.0
From Fig. 3, 4.....	2.0	1.3	14.5	28.0	12.0	87.0	23.8	19.0	21.0
							21.6*	20.9*	28.7*
Hydroxide Alkalinity									
By Phenol. and M.O.....	—	—	—	—	—	—	—	13.3	38.0
By Electrode.....	—	—	—	—	—	—	—	17.0	41.0
From Fig. 5.....	—	0.3	2.0	3.0	3.0	4.0	7.5	28.0	56.0
							6.9*	21.2*	49.6*

* Corrected for temperature and ionic strength of water.

K_2 に対しては同様に

$$\log K_2' - \log K_2 = 0.382\sqrt{\mu}$$

100 ppm の溶存固形物に於て更正値は 4.5%, 800 ppm では 13.2% である。

K_{IV} に対しては Kolthoff 及 Rossenblum によると

$$\log K_{IV}' - \log K_{IV} = 0.50\sqrt{\mu} - 0.58\mu$$

此の場合には溶存固形物 100 ppm のとき 5.8%, 800 ppm の時には 15% だけ K_{IV}' は K_{IV} より大となる。

以上から 25°C より温度が低ければ図表作製に使用した定数よりは小なる定数が必要であること。又溶存固形物濃度が零より大となると共に定数は大なる値を必要とすることが判る。大抵の水は温度 25°C より低く、溶存固形物も零より大であるから、兩方の更正因子が互に中和し合ふことになる。又大なる更正因子である K_{IV} の影響は pH が 10 より大なる時に大となる。要するに、水温が 15°~25°C、溶存固形物濃度 500 ppm 以下及 pH が 10 以下の水には總ての更正は無視出来るから、図表は此の儘用ひて差支へない。

港 灣

(132) Gènes 港最近の改良と擴張計畫

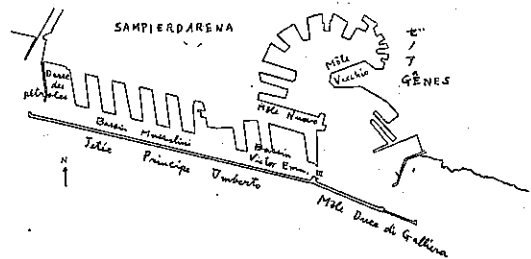
(G. Tian, "Le port de Gènes. Améliorations récentes. Extensions projetées." Le Génie Civil. 11 mars 1939, p. 209-214. 本間 仁 抄)

大戦前の伊太利の港湾政策は分散主義であつて、1862~1918 年の間に國內 375 の港の改良に 3 億 5 千

萬金リラを費したが、その間に佛、英、獨、白の諸國は之以上の金額を 2, 3 の主要港湾に費してゐた。然し 1907 年には Gianturco 法令によつて 94 の港湾の事業計畫が定まり、之に對して 186 000 000 金リラが支出される事になつた。更に 1919~1922 年には各港湾に港湾自治局が創始され、新しい工事、港湾施設の整備及港湾利用の仕事を行つたが、之は數年にして廢止されるに到つた。

ファシスト政府は 1923 年の法律で限られた數個所の港に豫算を集中し、從つて其處に海運貨物を集める事を決した。その重要港湾は Gianturco 法令の 94 から次の 14 に減じた。即ち Gènes, Savone, Livourne, Civitavecchia, Naples, Bari, Ancône, Venise, Trieste, Fiume, Cagliari, Messine, Catane 及 Palerme (ゼノア, サボナ, リボルノ, チビタベツキア, ナポリ, 以上西海岸, バリ, アンコナ, ベニス, トリエスト, フィウム, 以上アドリア海, カリアリ, サルヂニア島, メツシナ, カタニア及パレルモ以上シシリー島——譯者) である。この政策は成功して 1881 年の總輸出入貨物 950 000 ton が 1903 年には 19 200 000 ton, 1913 年には 32 000 000 ton に達した。然し荷役設備の點では 1913 年に全伊太利の港湾で辛うじて 28 km の岸壁を有するに過ぎず、その中 12 km には荷役機械がなく、この點では Hamburg 一港に及ばぬ状態であつた。

圖-63. Gènes 港平面圖



ゼノア港の工事は 1923 年以後急速に行はれ、その爲に 2 億リラか支出されて、内 1 億リラは Victor-Emmanuel 三世泊地の新設及 Galliera 公防波堤の延長に、5 千萬リラは岸壁設備に、5 千萬リラは鉄道その他に費された。1927 年には Gènes 港は地中海第一流の港となつて出入貨物では Marseille を凌駕するに到り、1928 年には出入貨物 8 600 000 ton に達して年々の増加 870 000 ton を示してゐる。

圖-63 は現在の Gènes 港であつて、當港は 1875 年

Galliera 公によつて開かれ弧状をなす舊港の東西に Giano 突堤及 Lucedio 突堤が造られ、更に岸壁と浚渫工事が行はれた。その他大戦前に行はれた主な工事は Galliera 公防波堤、Victor-Emmanuel 三世泊地、Sampierdarena から Nuovo 突堤に到る隧道等で、大戦後に行はれたものは Victor-Emmanuel 三世泊地の岸壁、Umberto 侯防波堤、Sottoflutto 突堤、Galliera 公防波堤の延長等である。防波堤位置の水深は 20~25 m、構造は捨石上に 13.5×4.5×2.95 m のサイクロピアブロックを積む。

図-64. Gènes 港擴張計畫圖

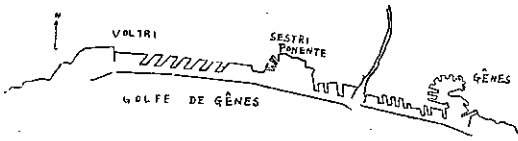


図-64 は Airberto Albertayzi 氏の Gènes 港擴張計畫である。東から西に向つて Victor-Emmanuel 三世泊地の 2 倍大の泊地、Sestri Ponente 前面の工業港(之には船渠を設ける)、水上機用の航空港及 Voltri に到る間の一列の突堤岸壁がある。

1905~1937 年の間の Gènes 港に費された費用は約 8 億リラであつた。尙防波堤、船渠等に関しては Bauingenieur 1939, Feb. 10 所載の Gènes 港に關する記事の方が詳しい。

道 路

(131) 自動車道路曲線部に於ける防護柵

(Svend Aa. Rasmussen, "Kurvenschutz bei Autobahnen.—Der DAV-Zaun." Beton u. Eisen, Heft 4, 20. Feb 1939. S. 63~65
一木保夫 抄)

自動車が高速度で急曲線部にさしかると、遠心力のために車が外方に投げ出されんとする。この様な危険を防ぐために丁抹に於ては既に相當以前から、次に述べる様な防護柵が用ひられてゐる。

構造は図-65 及図-66 に見る如く支柱と版より成り、支柱は現場に於て作られ、版は工場にて大仕掛に約 2 m の長さで作られる。版の高は急な曲線部で約 55 cm、危険性の割に少い曲線部では約 35 cm とし、厚は下端で 12 cm、上端で約 7 cm とする。版の上下部は特に鉄筋で補強する。版としては鉄筋コンクリートの外、鋼鉄とか又森林地帯では木材を使用する事が出来る。

図-65. 高 45 cm の DAV 防護柵

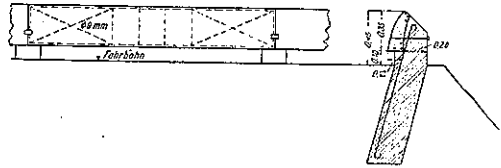


図-66. 高 45 cm の DAV 防護柵

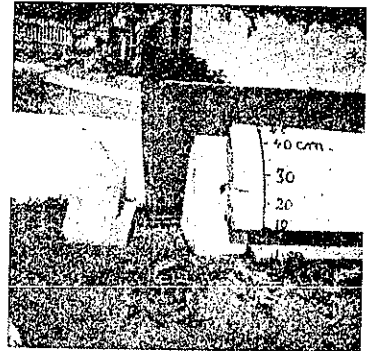


図-67. Nybro に於ける DAV 防護柵



図-68. Nybro に於ける DAV 防護柵を車道側から見つた図

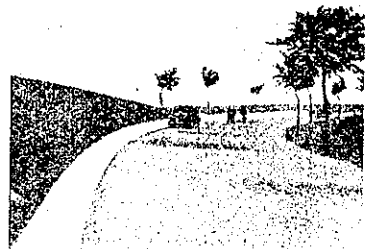


図-69. Odense Konor に於ける DAV 防護柵



版の下端は鋪装版から約 10~12 cm 上にあり、形状は之に接近した車の走行に對し適當であり、又車が版に接觸した場合も車に大きな害を與へない様に出てゐる。版の表面には白セメントを用ひ晝でも夜でもよく見える様にす。

丁抹に於ては既に數箇所はこの様な防護柵が用ひられてをり、図-67, 68, 69 にその例を示す。

図-70 は車道を 2 部分に分ける場合の DAV 防護柵を示す。

図-71 は自動車道路の立体交叉に使用した DAV 防護柵である。

この種防護柵の有効なことは、幾回かの實例によつて確められた。

図-70. 車道を2つに分つ DAV 防護柵の模型

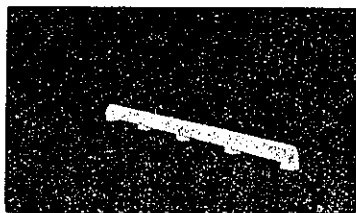


図-70. 立体交叉に使用せる DAV 防護柵の模型



(132) Stuttgart 地方に於ける自動車道路の運輸數量

(Otto Schwarz, "Die verkehrswirtschaftliche Bedeutung der Reichsautobahn Frankfurt-Stuttgart-München." Die Strasse, Jan. 1939. S. 17~20. 立花文勝 抄)

獨逸國有自動車道(アウトバーン)の運輸實績に關しては開通後日未だ淺い關係か、餘り見受けない。偶々 Stuttgart に於ける 1937 年度の調査記事が見付かつたので抄譯することにした。勿論アウトバーン計畫當時の戰時体制を豫想した輸送量は知り得べくもないが、參考資料位にはなるものと考えられる。

路線の交通政策的意義 經濟政策的見地から見ると、Frankfurt-Stuttgart-München 線は Rhein 工業地帯並に Rhein. Mein 工業地帯 (Mannheim-Ludwigshafen 間は化学工業で著名な地帯である) を貫通して高度の加工産業部門を有する Stuttgart, Ulm, Augsburg を通過し、München に到る重要な路線である。然し交通機關としてはこの外に Karlsruhe-Stuttgart-München-Wien の鉄道があり、又目下 Mannheim に於て Neckar 河を遡り、Stuttgart, Ulm を經て Donau 河に出る所謂 Mittellandkanal が工事中であり、1944 年には Stuttgart 迄工事が出来上るのであるから、この運河が完成すれば貨物は一体どの交通路を通過するであらうかといふ事が問題になる。こゝに各路線の交通政策的意義並に分野がある譯である。即ち石炭、鑛石、木材の如きペラ荷は急送を要しないから交通路としては水路を選ぶものと豫想される。之に次いで鉄道が

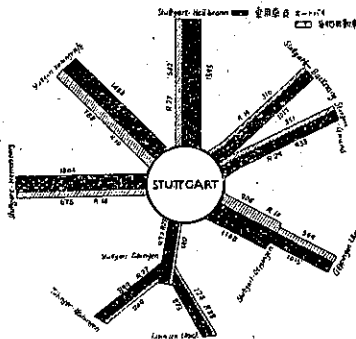
利用される。所がアウトバーンに於ける遠距離貨物運輸にあつてはこの種の貨物はその本質上問題にならない。アウトバーンで選ばれるものは遠距離輸送をなすべき小口貨物、例へば工場の半製品及全製品とか腐敗し易い貨物であつて急送を要する一切の貨物である。

之等の貨物の遠距離輸送の外に Frankfurt-Stuttgart-München 間は乗用車の交通が非常に多い。それはこの路線が獨逸西南部の三大都市を連絡する高速自動車道なるためと、Stuttgart-München 間は風光美麗な山地であつて名勝に恵まれ、觀光客が少くないためである。既往の記録を辿つて見ても、Stuttgart-Ulm 間は 5 旬節の際に一時間の通過車輛數 2158 輛といふレコードを持つてゐる程である。

Stuttgart を中心とするアウトバーンの輸送數量

図-72 は Stuttgart を中心とする國道 (Reichsstrasse) に於ける 1936/37 の 1 日平均交通量を示したものである。アウトバーンは國道 10 號線に當る。図-72 は車輛の輛數を示したものであるが、實際の 1936/37 に於ける 1 年間の通過トン數を掲げると次の如くである。

図-72. 1936/37 に於ける國道 10, 14, 27 及 28 號線の 1 日平均總交通量



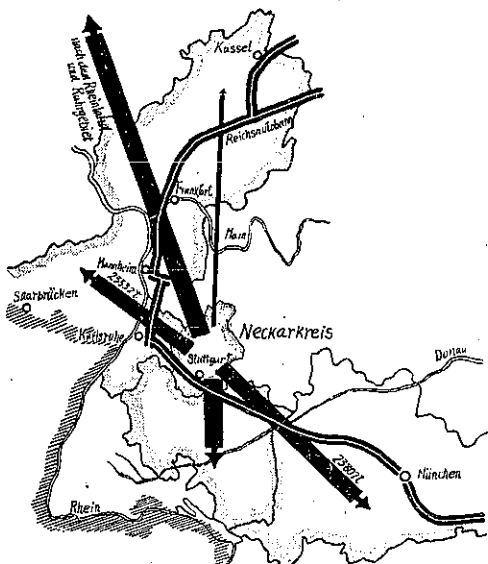
Vaihingen.....Stuttgart	1 389 000 t
Stuttgart .....Göttingen	1 647 000 t
Göttingen.....Ulm	1 065 000 t

この數値の中には近距離交通が相當入つてゐる。そこでほんとうにアウトバーンによつて運ばれてゐる産業諸物資の遠距離輸送量を知るためには、「獨逸自動車營業組合」(Reichskraftwagenbetriebsverband 略稱 R. K. B.) の箇々の運送區域について調査して見なくてはならない。こゝで一併説明しておくが、この「獨逸自動車營業組合」といふのは、自動車對鉄道の無益な競争を廢する目的を以て 1935 年 6 月 26 日制定せられた「遠距離貨物自動車運輸法」(Gesetz üb. r den Güter-

fernverkehr mit Kraftfahrzeugen) 第 9 條によつて設けられた公法上の組合である。遠距離貨物自動車運輸とは如何なるものかといふと、同法第 1 條によれば「市町村ノ境界ヲ越ス車輛 1 本據地ヨリ 50 軒ノ範圍外ニ亙リ他人ノ爲ニ自動車ヲ以テ貨物ヲ運送」することはいふのである。

この R. K. B. の總計によると 1937 年に於ける貨物數量は図-73, 74 の如くである。即ち Stuttgart より發送される貨物數量は (図-73),

図-73. 「アウトバーン」フランクフルト—スツットガルト—ミュンヘン線に於てスツットガルト地方より發送される産業諸物資の輸送状態 (1937)



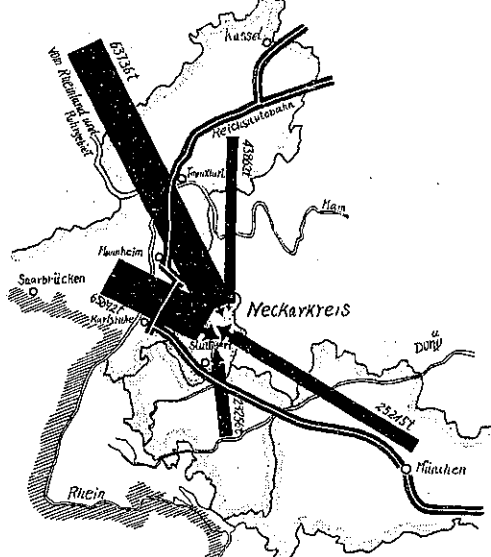
Ruhr 地方行	27 775 t
Rheim. Main 地方行	10 717 "
ザールパルツ地方行	23 532 "
ミュンヘン—オーバーバイエルン行	23 807 "
合計	約 86 000 "

である。又 Stuttgart に到着する貨物數量は (図-74)

Ruhr 地方より	63 736 t
Rheim. Main 地方より	18 862 "
ザールパルツ地方より	65 892 "
オーバーバイエルン—ミュンヘンより	25 245 "
合計	約 170 000 "

となつてゐる。従つて 1937 年に於て Stuttgart に發着した遠距離産業諸物資輸送數量 (gewerblicher Ferngüterverkehr) は 256 000 t となる。今之を國有鉄道に於けるものと比較して見よう。Stuttgart に於ける國

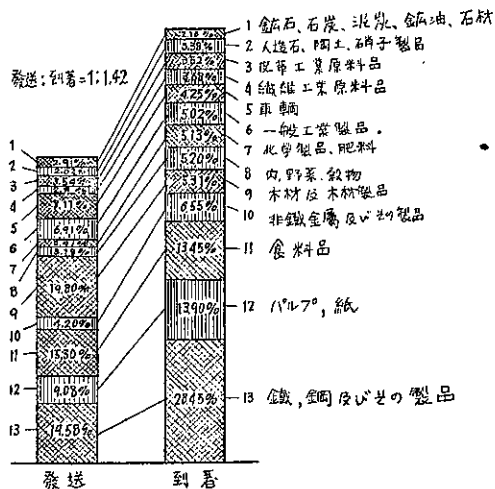
図-74. 「アウトバーン」フランクフルト—スツットガルト—ミュンヘン線に於てスツットガルト地方に到着する産業諸物資の輸送状態 (1937)



有鉄道 1937 年の貨物輸送量は小口扱、貨切扱を含めて 3 090 000 t に昇つてゐるが、アウトバーンと比較するためにこの中小口扱貨物數量を調査すると發着合計 396 000 t となつてゐる。アウトバーンは 256 000 t であるから小口貨物 100 の中、鉄道で運ばれるものと、アウトバーンで運ばれるものとの比は 60:40 といふ勘定になる。

輸送貨物の種類 次に斯くして運ばれてゐる貨物の

図-75. 1938 年第一四半期にウエルテンベルク地方に出入せる貨物の種類 (獨逸自動車營業組合調査)



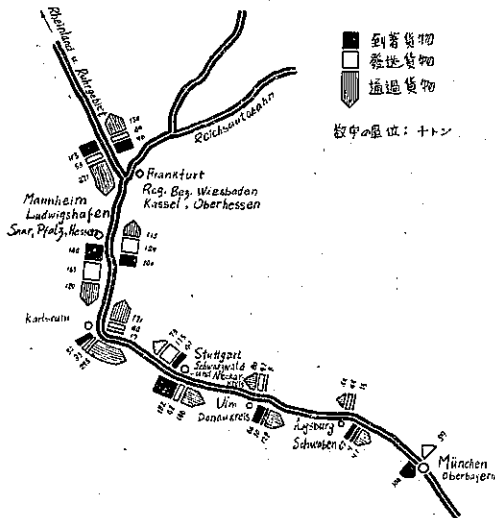
種類を調べて見る必要がある。1938年第一四半期(erstes Vierteljahr)に於てウエルテンベルク地方に出入した貨物の種類は図-75の如くである。これは貨物を到着と發送とに分けて種類別に百分率をとつたもので、その主なるものを示すと、

到着貨物	鉄、鋼及其の製品	28%	(ルール、ザール地方より)
	パルプ及紙	14%	(マンハイムより)
	食料品	13%	
發送貨物	木材及木材製品	20%	
	鉄、鋼及其の製品	20%	
	食料品	15%	

といふ割合になつてゐる。

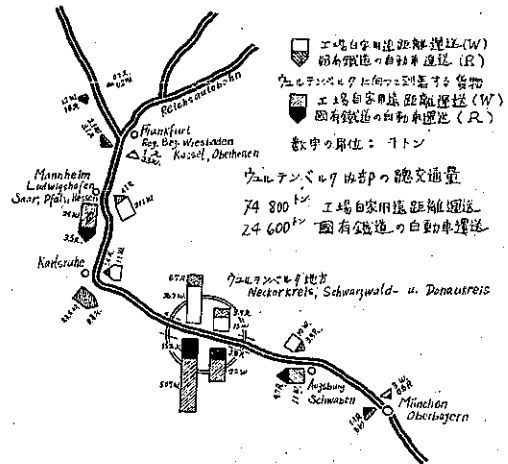
貨物の流動状態 次にこれ等の貨物がアウトバーンのフランクフルト—スツットガルト—ミュンヘン線を如何なる状態で流動してゐるかといふに、図-76を参照せられたい。これは産業諸物資の流動状態を示す1937年の統計で数字の單位は1000tである。図-76を見ると路線の主要都市に於て、到着貨物、發送貨物、及通過貨物が上下略同数であるのに、スツットガルトにあつてはそれが著しく異なる上に到着貨物が發送貨物より多い事が分る。之はとりも直さずスツットガルト地方の産業の特異性を物語るものに外ならない。しかしこの貨物交通の流動状態を一層廣い分野から見るとは、「獨逸自動車營業組合」の制約をうけない運送、換

図-76. 「アウトバーン」フランクフルト—スツットガルト—ミュンヘン線に於ける産業諸物資の流動状態(1937)



言すれば「遠距離貨物自動車運輸法」に規定される運輸營業から除外される特種の運送、即ち「工場自家用運送」(Werkkraftwagenverkehr)並に「國有鉄道の自動車運送」(Reichsbahnkraftwagenverkehr)についても考慮しなければならない。図-77は内閣統計局(das Statistische Reichsamts)の調査を基礎としたものである。図-77に於て注目すべき事項は前と同様にウエルテンベルク産業地域(das württembergische Wirtschaftsgebiet)にあつては到着貨物の方が發送貨物よりも遙かに多いといふ事である。

図-77. 「アウトバーン」フランクフルト—スツットガルト—ミュンヘン線に於てウエルテンベルク地方に發着する工場自家用運送及國有鉄道の自動車運送(1937)ウエルテンベルクより發送される貨物



結 語 獨逸の西南部にあつて Frankfurt-Stuttgart-München なる路線が遠距離交通の最も輻輳する路線であるといふことは、過去の事實に徴するも明らかである。上述の如くこの路線は開通後未だ日淺いにも拘らず、多量の物資を輸送しつゝあるに鑑み、將來益々該路線の利用價值が高まるものと思考される。

都 市 計 畫

(133) New York 市の住居地域問題

(L. M. Orton, "Residential Zoning Problem in New York City." Civil Eng. Apr. 1939, p. 240-242. 廣瀬可一抄)

New York は米國に於て地域制採用の嚆矢であるが、もし地域制が今多少非難されるときも二十餘年前に地域制を創始した人々の努力を決して軽んずるもの

ではない。こゝでは New York 市に限定するが、土地の使用と地域制に關する限り New York は米國都市の特別な場合でなく代表的なものである。

例へば異つた目的に使用されて居る市街地の面積比較に關する最近の研究によれば、都市面積は平均して 10% の商工業地、10% の公園其の他の空地及 80% の住宅地より成る。New York 市では前 2 種の面積割合は上記と全く一致し住宅地は現在 60% であるが残りの 20% は大部分將來確かに住宅に使用される傾向ある空地である。

この事實は現在の地域制批判に最も明かな根拠を與へ、上記の如き目的により指定せられた面積と各々の目的に現在用ひられてゐる面積は實際は逆になつて市面積の約 63% が住宅に非らざる利用を許されて居る。又工合の悪い事には實際の使用と地域制により指定された使用が最も甚だしく相違して居る部分に最も多くの人々が住んで居て人口の 60% 即ち 4 000 000 以上が現在非住宅地域に指定されて居る所に住んで居る。住居地域に住む人々には種々利便を増すやう考慮されて居るのに、市民の 3/5 はかくの如き利便を受けないと言ふ地域制法は明かに不合理である。

New York 市の住居地域に地域制を強化する要ありとすれば先づ現在人々が住んで居る所を住居地域に指定すべきである。これが實行されざる限り住居地域に關する法規の改正は餘り効果がない。

New York は地域制法により 3 種の地域に於て各々建築物の使用、高さ及敷地に對する面積が規定されてある。1928 年に公布された集團住宅建築に最小標準を設定せる法律は 2 家族以上を收容する住宅にその場所の如何に拘らず等しく適用されて、市内の或部分に於ては地域制によるより遙かに制限されたものである。換言すればこれらの部分の住宅に關しては地域制による規定は存在しないと同じであつて、市民の約 60% が地域制による住宅の建築容積に關する規定が事實上存在しない所に住んで居る。

New York 市の住居地域制強化は困難に見えるが現在非常に都合のよい事が多い。即ち市當局並に關係者が技術的にも法律的にも二十餘年の經驗があり、警察權に關する權限は擴大され、實行力ある組織が出来、數百萬弗を要した調査により今後益々確信を以て進み得るのである。

今日迄の地域制は消極的なものであつたが一般市民が地域制により受くる利益をよく理解する様になつた精神的政治的支持は上記の技術的助力に比し遙かに重

要である。尙地域制改正に都合の良い事には 1935 年に半官的都市計畫委員會が出来、又 City Club, Merchants Association 其の他の實業團體が地域制改正に關して有效なる處置を市當局に要求する聲明をなし、民間の地方計畫協會は全体的な地域制改正を要する論説を屢々發表した。

大規模の建物の運用が政府と民間事業家に依り企てられ住宅の敷地に對し思ひきり小さい建築面積の利點が明らかになつて大約敷地の 20~30% 位とした。

1938 年に行はれた地域変更はその數も面積もこれまでなされた変更の數倍に達し、11 000 エーカー以上の面積が変更された。都市計畫委員會では 1939 年に更に地域変更を行ふ豫定である。

發達の一つとして地域指定種目に關する改正である。New York 市は嚴格なる 1 家族 1 住宅地域を設定した。最初に地域制を始めた人々はかくの如き地域を嚴格に設けらるのを躊躇したが他都市の前例と法律的的支持により設けられることになつた。地域制による制限緩和の要望より制限強化に關する地域変更の希望が増加して居ることは注目すべきである。

住居地域のみ建築高さ面積の 25 以上の組合せによる地域が指定されて複雑であるからこの點を除くため全然新しい地域制規定を作る必要がある。

こゝに根本的な障害がある。第一に都市膨脹時代に盛んに行はれた投機による經濟問題であるが、將來人口が安定し有效なる地域制が設けられれば投機は遙かに減ずるであらう。第 2 は技術的問題である。地域制は最初土地所有者を隣人より保護するやう考慮されたが、この目的と共に特に密住地域に慣例的に建てられる建物を考慮して複雑な規定を作る必要があることである。New York の地域制法を見れば各割地に複雑な前庭及建築線後退等の規定が澤山あるが、地域制の制限により優秀なる建築設計を得るに都合がよい。最近の建築美を考慮せる民間又は公共の大規模なる計畫には餘り關係しない様にする。

1901 年の貸家法及 1928 年の集團住宅法により割地の大きに有效なる制限が加へられ開口は少くとも 75~100 呎なければアパートの經濟的設計は出来なくなつた。以上の事實より地域制法より小割地の建築を制限する細則は除いてよい。故に地域制は將來適當な大きさの建物及それらの集合を考慮すべきである。

獨立の建物が何所に建てられる可きかを規定すると共にこの規定で適用されぬ例外の場合を含める必要あり、餘り老なる建物は採光通風の適當なる標準に従つ

て居ても直接制限されてよい。かくして建築設計に非常な自由が得られるのみならず居住者ひいては社会の大なる利益となる。

橋梁及構造物

(134) 引張コンクリートを応用せる 橋梁に就て

(Paul Müller, "Brücken der Reichsautobahn aus Spannbeton" Die Bautechnik. Heft 10, 1939, S. 128~135.
齋藤義治 抄)

引張コンクリート (Spannbeton) とはコンクリートの引張強さの弱點を適當な工法で一様に増加し、引張に耐へ得るコンクリートとせるものである。本文には引張鉄筋に相當の引張力たる初応力を與へてコンクリートを施工し、此の引張力が附着応力としてコンクリートに傳達されコンクリートは一様に圧縮応力を受ける事となる。此の圧縮応力がコンクリートの引張応力に對して抵抗するのである。

抗張コンクリートは連続桁の如く引張と圧縮の交番する如き桁にも大変好都合である。

此の原理を利用して自動車道路を横断する支間 33 m、幅 6 m の橋梁を架設した。橋梁に入る前に試験桁を製作し破壊試験を實施せり、其の結果の概要を記す。

試験桁は 1937 年秋 Dresden で製作した。長 19 m、支間 18.5 m、で Dr. Gehler の指導の下に實施せしものである。

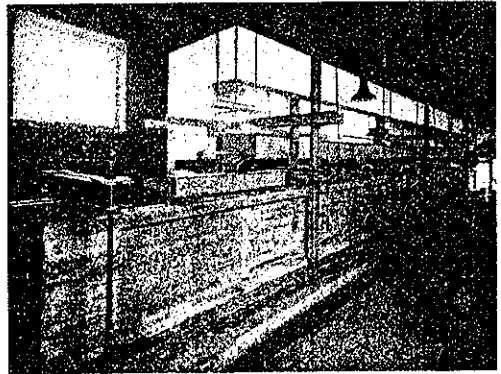
引張鉄筋に引張初応力を與へたのみならず、筋筋にも引張力を與へて、桁端部に起る剪断力に因る斜引張力を圧縮力に轉換せしめたのである。

鉄筋がコンクリートにて覆はれると、其の引張力はコンクリートの塑性に因り相當程度引張力は減少するのである故に試験桁では特に此のコンクリートの塑性に就て試験する爲、3 ヶ月の間一定荷重の下に撓の変化を測定した。

引張鉄筋は径 5.4 mm を 64 本で 6 段に配筋し、下突縁の 2 段は 14 本宛、次は 12 本、10 本、8 本、6 本の順である。突縁の幅は 50 cm (図-78) 64 本中 22 本は支承迄達し、残りは曲げモーメントに応じて途中で碇着してある。

鉄筋の端部は鈎形とし、コンクリート製の碇着塊に碇着し、此の碇着塊は、特別に製作された鉄筋コンクリート枠に結合して在る。枠と碇着塊を完全にボルトで結

図-78. 試験桁



合して、結局鉄筋と枠と連続した事となる (図-79 参照)。

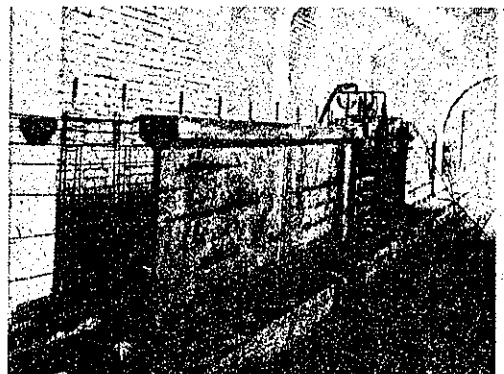
図-79. 碇着塊を枠に結合す

次に枠に 80 t の圧縮力を加へると鉄筋には 5500 kg/cm^2 の引張力が作用する計算となる (註、鉄筋強さは破壊強さ 98 kg/mm^2 、降伏點は 62 kg/mm^2 の高強度マンガン鋼である)。

桁全体を 1.5 m に區切り施工するのである (図-80 参照)。径 4 mm



図-80. 施工中の試験桁



の筋筋も 3 t の引張を受ける故 6000 kg/cm^2 であり、径 5.4 mm の筋筋は 4500 kg/cm^2 の引張を受ける事となる。

コンクリートの配合は (重量比)

上突縁	ポルトランド	} 1 m ³ 當り セメント 520 kg
	セメント 1.	
	砂 2.15 (径 0~3 mm)	
	砂利 1.45 (径 3~12 mm)	
下突縁	ポルトランド	} 1 m ³ 當り セメント 600 kg
	セメント 1.	
	砂 2.10 (径 0~3 mm)	
	砂利 0.9 (径 5~8 mm)	

龜裂が見へ始め、次に
支承部分に 45° 方向に
龜裂が入り $M=125.65$
tm で爆発的に破壊せ
り(図-81 参照)。破壊
時の撓は 102 mm で
あつた。破壊荷重は許
容荷重の 2.3 倍であ
る。

図-81. 破壊箇所



水量はフロー 6l cm で施工方法は

- (a) コンクリートの圧力は 3.5 気圧
- (b) 15 分間水蒸気養生をなす
- (c) 30 分間搗固める

實例 支間 33 m, 全
桁 4 本の I 型断面,
桁高 1.6 m, 突縁幅
0.5 m, 腹部厚 0.12 cm

鋼製型枠は 3 時間の後に除去した。之は規定に従つ

たのである。

試験桁の許容曲げモーメントは
53.9 tm と決めた。

上突縁に引張龜裂が入らぬ様に丁
度 1/4 點の上突縁応力が 0 となる荷
重 22.4 tm を桁の中央に載荷して枠
を取除いた。次に荷重を階段状に増
加して行き許容荷重の 2/3 から更に
許容荷重に依り $M=54.85$ tm の時
撓は $\delta=18.39$ mm であつた。今曲げ
モーメントの起點を 22.47 tm より
探ると $M=54.85$ tm に對する弾性
係数は $E=317000$ kg/cm² となる。

許容荷重の 2/3 を 1ヶ月半載荷し
て撓は更に 3.8 mm 増加した。之よ
り $E=239000$ kg/cm² となる。従つ
て最初の荷重に對する n (鉄筋とコンクリートの弾性係
数の比)は $n=6.7$, 1.5ヶ月後は $n=8.8$ となる。従つてコ
ンクリートの塑性の影響は次の如くなる、5500 kg/cm²
に對し $n=6.7$ として約 1500 kg/cm² となる故 4000
kg/cm² となる。若し $n=8.8$ とすると更に 930 kg/cm²
減少する。

測定個所は引張側 14 箇所、圧縮側 16 箇所、支承附
近の応力の方向を測定する爲に 18 箇所である。

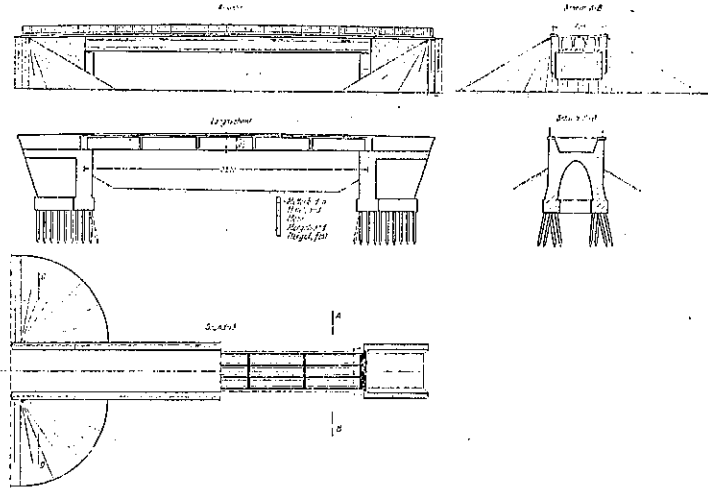
測定値は

(a) 水平方向, (b) 水平と 45°, (c) 水平と 135°
の至、撓を測定した。

使用コンクリートの圧縮強さは材齢 16~18 週間で
285~510 kg/cm² で平均 400 kg/cm² であつた。

次に次第に荷重を増大して行くとき $M=80.55$ tm の時

図-82. 引張コンクリートを使用せる實例



(図-82 参照)。

横桁及床版は普通のコンクリートで施工してある。

引張突縁は桁の中央で径 14 mm, 鉄筋 52 本, $A_s=$
80.1 cm², 上突縁及腹部は径 10 mm 鉄筋 24 本, 全鉄
筋断面積は 98.9 cm², 鉄筋比は 2.6% である。鉄筋は
高強度マンガン鋼で St. 98 kg/mm², 降伏點は St. 62
で伸びは 12% である。

本工法の特徴は鉄筋の引張初応力を最強度に達せし
める事である。

鉄筋は組立の際に 5500 kg/cm² に引張るがコンクリ
ート及セメントの塑性及收縮の爲に 4000 kg/cm² と
なると考へる。此の引張に因る下突縁の縁圧縮応力は
193.6 kg/cm² が 70.2 kg/cm² となる。而して床版及許
容荷重に因る縁引張力は 49.9 kg/cm² となる故未だ引

張応力は生じない。附着力の減少に因り桁の下突縁には 4.1 kg/cm^2 の引張が生ずるが、合成応力としては未だ 16.2 kg/cm^2 の圧縮応力が残つて居る。

剪断力は支承より 2.83 m 離れた所で最大剪断応力 33.3 kg/cm^2 であるが、斜引張力は支承部に配筋せる径

10 mm 肋筋 16 本を 3000 kg/cm^2 に引張を與へたコンクリートの圧縮応力に依り、極めて小部分に引張応力が生ずるのみである。

本工事の施工を寫眞で説明すると(図-83~90 参照)。

図-83. 下突縁鉄筋の引張

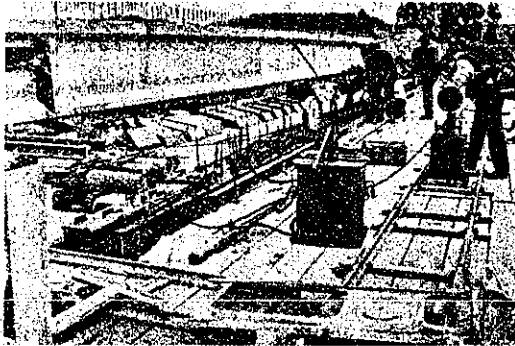


図-84. 下突縁の鋼製型枠及肋筋

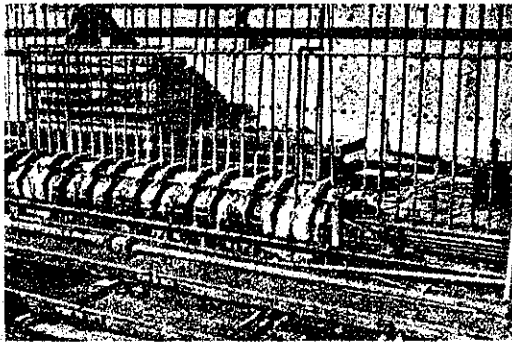


図-85. 腹部及上突縁型枠



図-86. 上突縁型枠及肋筋の引張装置

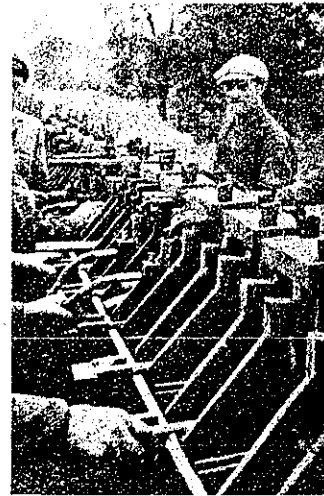


図-87. 桁端の移動準備

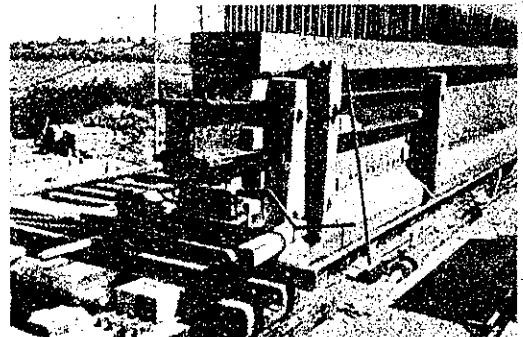


図-88. 完成せる主桁の配置

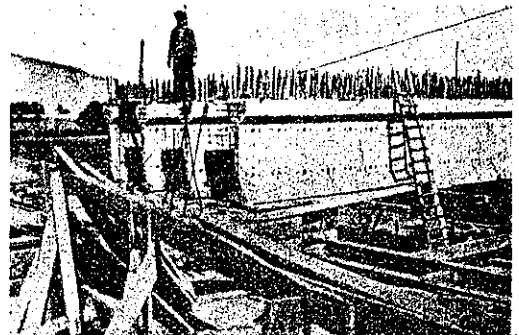


図-89. 主桁の架設

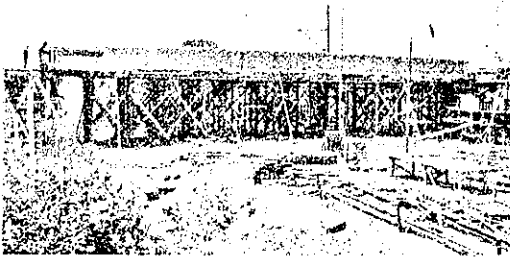


図-90. 完成後の側面



(135) 円形水槽の設計

(George S. Salter, "Design of Circular Concrete Tanks." Proc. of A.S.C.E. March, 1939. p. 419~428. 森 茂 抄)

本文は直径大なる浅き水槽及直径小なる深き水槽に對する精密なる解法を示すものである。

理 論 底部固定せる円形水槽の側壁は弾性円環及片持梁の兩作用をなし且つ兩者の撓が同一點に於て相等しきが如く荷重即ち液圧を分擔するものとす。

然る時は側壁下端を原點とすれば片持梁の弾性曲線の式として次式を得る。

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{F_0 t}{r^2 EI} y = \frac{w(h-x)}{EI} \dots\dots(1)$$

(1) の一般解は

$$y = e^{\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x)$$

$$+ e^{-\beta x} (C \cos \beta x + D \sin \beta x) + \frac{w(h-x)r^2}{E_0 t} \dots(2)$$

茲に A, B, C 及 D: 積分常數.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{I_0 t}{4r^2 EI}} \dots\dots(3)$$

r: 水槽の半径 h: 水槽の深さ

t: 壁厚 E₀: 円環の弾性係數

E: 片持梁の弾性係數

I: 片持梁断面の慣性モーメント $(\frac{t^3}{12})$

w: 液体の比重

側壁は底部に於て固定せられ頂部自由なりとせば x=0 に於て撓角及撓が 0, 及 x=h に於て曲げモーメント及剪断力が 0 である。此の 4 條件より積分常數 A, B, C 及 D を定むれば下の如くなる。

$$A = \frac{wr^2}{\beta E_0 t} \left\{ \frac{e^{2\theta} [2 \cos^2 \theta + \theta (\sin 2\theta + \cos 2\theta - 4 \cos^2 \theta)] - \theta}{(1 + e^{2\theta})^2 + 4e^{2\theta} \cos^2 \theta} \right\} = FC_1$$

$$B = \frac{wr^2}{\beta E_0 t} \left\{ \frac{1 + \theta + e^{2\theta} [1 + \sin 2\theta - \theta (\cos 2\theta + \sin 2\theta)]}{(1 + e^{2\theta})^2 + 4e^{2\theta} \cos^2 \theta} \right\} = FC_2$$

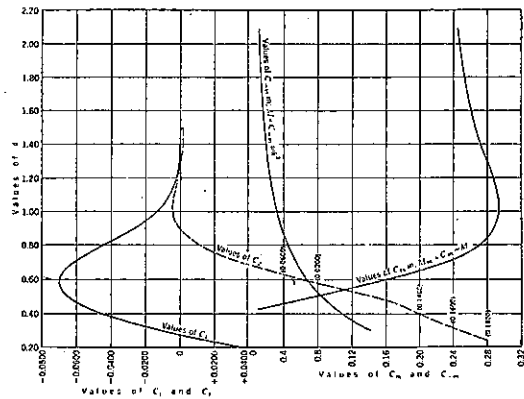
$$C = -F(C_1 + \theta)$$

$$D = F(1 - \theta - 2C_1 - C_2)$$

茲に $\theta = \beta h, F = \frac{wr^2}{\beta E_0 t}$

θ を計算の便宜のために π の單位で表はし C₁ 及 C₂ との關係を示せば 図-91 左の如し。

図-91.



図表の作製 側壁の設計には (1) 片持梁固定端の負曲げモーメント (2) 同剪断力 (3) 円環の張力 (4) 片持梁を支持する上部円環による正曲げモーメントの 4 つの値を必要とする。

今 (2) 式を利用して片持梁固定端の負曲げモーメントを求めれば

$$M = C_{-m} w h^3 \quad (C_{-m} \text{ は } \theta \text{ のみの函数})$$

又片持梁を支持する上部円環による正曲げモーメントは

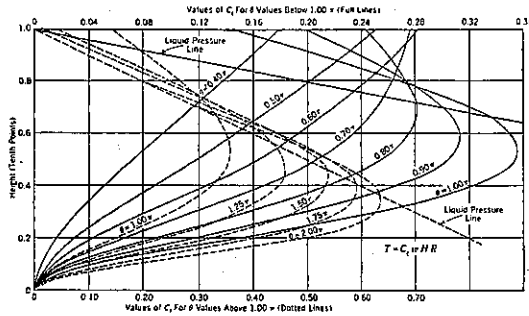
$$M_m = C_m M \quad (C_m \text{ は } \theta \text{ のみの函数})$$

C_{-m} 及 C_m の値を 図 91 右に示す。C_{-m} は θ の減小と共に増大し θ=0 即ち側壁が片持梁としてのみ働く

場合は $C_m = 0.167$ となる。 C_m は $\theta = 1.0\pi$ のとき約 29.4% なる最大値を示す。

図-92 は円環の分擔する荷重を底部液圧に對する百分率で示したものである。茲で注意すべきは θ の如何に拘はらず底部に於ては円環の荷重が總べて 0 なることである。即ち壁底に於ては荷重は總べて片持梁とし

図-92.



て支持される。側壁上部に於ては比較的小なる θ に對しては円環の荷重は液圧を超過するがこの場合は片持梁は円環によつて支持せられ負の液圧が働き円環は液圧以外に片持梁から荷重を傳達されてゐる。比較的大なる θ に對しては側壁上部の円環の荷重は實用上液圧に等しい。従つて

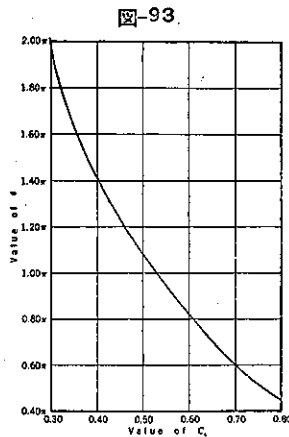
深い水槽或は直径小なる水槽の上部は壁底固定の影響を殆ど受けないことが分る。

片持梁固定端の剪断力は

$$V = C_v \frac{wh^2}{2} \quad (C_v \text{ は}$$

θ のみの函数)

にして C_v の値を図示すれば図-93 の如し。



図に見る如く $\theta = 1.08\pi$ の場合に全液圧が円環と片持梁の兩者に等分せられる。 $\theta < 1.08\pi$ (通例大なる直径の浅い水槽は皆之に屬する) の場合は片持梁の荷重は全水圧の 50% を超え、従つて全荷重を円環で支持する場合に比して円環の張力は 50% 以下となり、所要鉄筋量も 1/2 以下となるであらう。

θ の式を簡單にするために (3) 式に $I = \frac{t^3}{12}$ を代入し、且つ $E_0 = E$ とすれば

$$\theta = \frac{h}{\pi} \sqrt{\frac{3}{r^2 t^2}} \pi = h \sqrt{\frac{0.176}{rt}} \pi \dots \dots (4)$$

計算例 以上に示した図表の使用法を計算例を以て示すこととする。

水密を要する構造物にあつては稍、富配合のコンクリートを使用し、円環の鉄筋には龜裂防止のため大なる応力を生ぜしめず 12000 lb/in² 程度とするがよい。円環の鉄筋量は張力並に養生及乾燥に基づく収縮の兩者によるコンクリートの引張応力が 200~250 lb/in² 以下なるやうに定め、附着及応力分布をよくするため成可く径 5/8 in 以下の鉄筋を用ひる。

水槽の寸法は内径 70 ft 水深 12.5 ft 壁厚 9 in とする。

(4) 式より

$$\theta = 12.5 \sqrt{\frac{0.176}{35.4 \times 0.75}} \pi = 1.018 \pi$$

従つて図-91 右より

$$C_m = 0.0329$$

$$C_m = 0.294$$

故に

$$-M = 0.0329 \times 62.5 \times (12.5)^2 = 4020 \text{ ft-lb/ft}$$

$$M = 0.294 \times 4020 = 1180 \text{ ,,}$$

之等の曲げモーメントにより側壁の堅鉄筋は決定せられる。

次に図-92 を利用して円環の張力を求め所要鉄筋量を定むれば表-6 の如し。

表-6.

COMPUTATION OF RING STEEL							
Feet points with Point 1.0 at the top	Coefficient C ₁	Ring tension, in pounds per foot of wall height	Area of steel, A _s , in square inches per foot of height	Tensile points with Point 1.0 at the top	Coefficient C ₂	Ring tension, in pounds per foot of wall height	Area of steel, A _s , in square inches per foot of height
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1.0	0.137	3 260	0.42	0.5	0.361	10 050	0.54
0.9	0.201	2 810	0.47	0.4	0.331	8 250	0.77
0.8	0.266	2 350	0.52	0.3	0.292	7 260	0.81
0.7	0.322	1 890	0.74	0.2	0.158	4 370	0.37
0.6	0.356	1 430	0.81	0.1	0.052	1 360	0.12

表-6 によれば円環の最大張力は壁高の略、中央に起る。即ち

$$T_{max} = 0.364 \times 62.5 \times 12.5 \times 35.4 = 10 050 \text{ lb}$$

$$A_s = \frac{10 \times 50}{12 000} = 0.84 \text{ in}^2 \text{ (壁高 1 ft に付き)}$$

図-93 より

$$C_v = 0.523$$

故に

$$V = 0.523 \frac{62.5 \times (12.5)^2}{2} = 2 560 \text{ lb/ft}$$

壁厚に就てはコンクリートの引張応力が過大ならぬ

かを検査する、先づ發生応力は

$$f_c = \frac{CEnp}{1+np}$$

茲に C : コンクリートの收縮係數 (0.0003 とす)

円環の張力によるコンクリートの引張応力は

$$f_t = \frac{T}{A_c(1+np)}$$

f_c 及 f_t の和が $200 \sim 250 \text{ lb/in}^2$ を超過せねばよい:-

$$f_c = \frac{0.0003 \times 2500000 \times 12 \times 0.0077}{1 + 12 \times 0.0077} = 64$$

$$f_t = \frac{10050}{9 \times 12(1 + 12 \times 0.0077)} = 85$$

故に

$$f_c + f_t = 149$$

よつて壁厚 9 in は適當である。

鉄 道

(136) 色燈式信號機の錯誤現示

(G. F. Woolley, "Phantom Indications in Color-Light Signals." Railway Signaling, February, 1939, p. 86-88.
櫻井豊三抄)

日光の直射時間が長く、且つ強烈な地方では、色燈式信號機の錯誤現示即ち着色レンズ内の日光の擴散に依るレンズ表面の反射は多くの信號技術者にとつて、極めて厄介な問題とされてゐる。尤も今日では、透明レンズ及可動の着色ガラスを有する新式の單燈型信號機の出現により、この問題の根本事項は解決した譯であるが、尙初期のものはこの缺點を持つてゐる。この爲ビクトリア鉄道、特に Melbourne 郊外の電化區間に於て、目下在來信號機をその儘使用し、而も錯誤現示を防止すべく、活潑な研究が進められてゐる。

錯誤現示地帯 錯誤現示の起る日出及日没の太陽の位置は氣象臺に依つて明らかにされて居り、又實驗室の研究の結果、現場に設置されて居る信號機のレンズ内に入り、最も甚しい幻像を生ぜしめる光束からの角度は 15° であることが知られて居る。この部分が通例錯誤現示地帯 (Phantom Indication Zone) と言はれる。然しながら信號技術者がこれ等總べての信號機に就て正確なコンパス方位を決定することは非常に困難で、磁石コンパスを使用することは電化區間に於ては不可能であり、且つ磁石計器は蒸氣列車運轉區間と雖も、附近の鉄の埋藏、隣接の工業用及通信用の電力線等の爲、使用し得るや否やは疑問である。

太陽コンパス 故に出來得るならば、眞北から $1/2^\circ$

以上の誤差の無い様な方位決定の他の方法が望ましい。依つて眞北は或る時間の太陽の位置から見出し得ることを利用して、簡単な器械を考察した。これは目盛盤の上に投じた陰影とその時刻を記録し、これよりノモグラムを利用して、信號機の方位を決定するものである。図-94 はこの太陽コンパスを示す。

コンパスは重錘線を含む垂直なガラス円筒の周りに自由に廻轉する水平目盛盤と、これに無關係に動く觀測腕から成り、陰影の位置を起すには針を用ひる。器械は調整自在な三脚の上にあり、円盤の周圍に刻まれた目盛に陰影を投ずる爲に用ひる重錘線に對しては水平に置かれてゐる。

太陽方位の決定 太陽時は太陽の周りの軌道上に於ける地球の位置に依つて、時計時間より ± 16 分變化する。この修正は一年の日々に對し、図-95 の上部に示す如く、或る特定の日に對しては一定であるから、普通計算を始める前に時計の針を直して置けばよい。図-96 は太陽の方位即ち太陽の中心を通る垂直面と任意の場所の子午線とのなす角度を決定するに用ひるもので、次式によつて畫いたものである。

$$\cot A = \frac{\sin(X + \text{緯度}) \cot H}{\cos X}$$

$$\tan X = \tan \delta \sec H$$

茲に A : 太陽方位 (Sun's Azimuth)

X : 補足角 (Subsidiary Angle)

H : 時角 (Hour Angle)

δ : 太陽偏差 (Sun's Declination)

図-96 は Melbourne に對して畫いたもので、同市は南緯 38° 、第 150 番子午線より西方 5° の個所にある。今回 95, 96 の使用法を説明する爲、1 つの例題を示すことにする。

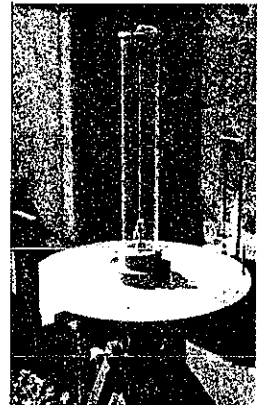
ノモグラムの使用法 2 月 1 日平均時刻午後 2 時 46 分に於ける太陽方位を求めるものとする、

図-95 に於て

(1) 2 月 1 日に對する修正 (圖の上部参照)

a) 平均時刻より 14 分減少

図-94. 色燈式信號機の方位決定に使用する太陽コンパス



- b) 太陽偏差は南方 17°
 (2) 右下方の午後 2 時 32 分 (平均時刻 2 時 46 分)
 を偏差 17° と結び、補足角を見出す -20°

図-96 に於て

- (1) 南方偏差に對する補足角 20° と午後 2 時 32 分
 とを結び、方位を決定する -63° 。而して太陽時は

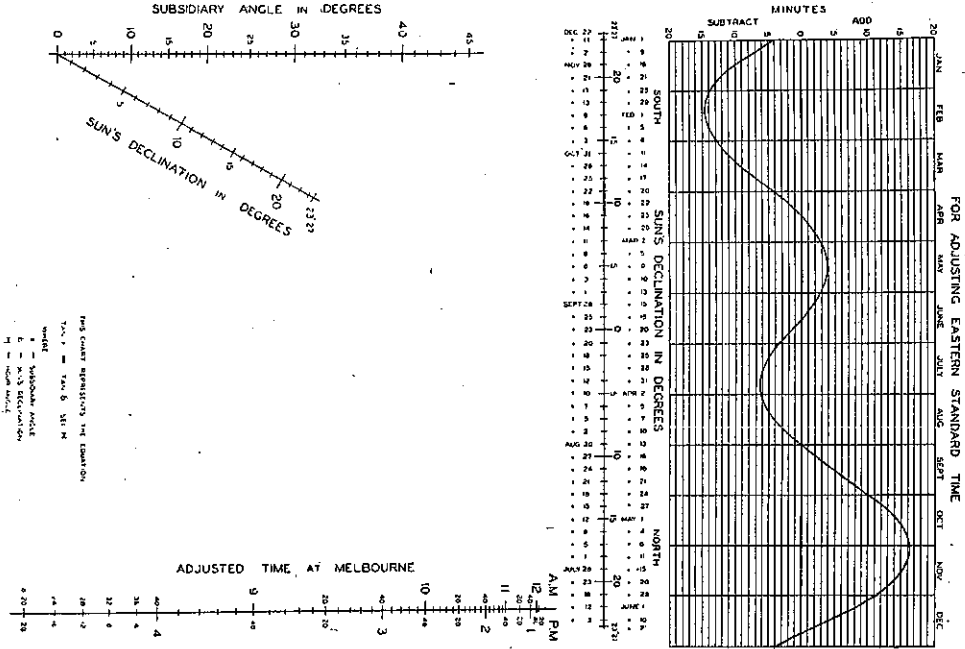


図-95. 時間修正及補足角図

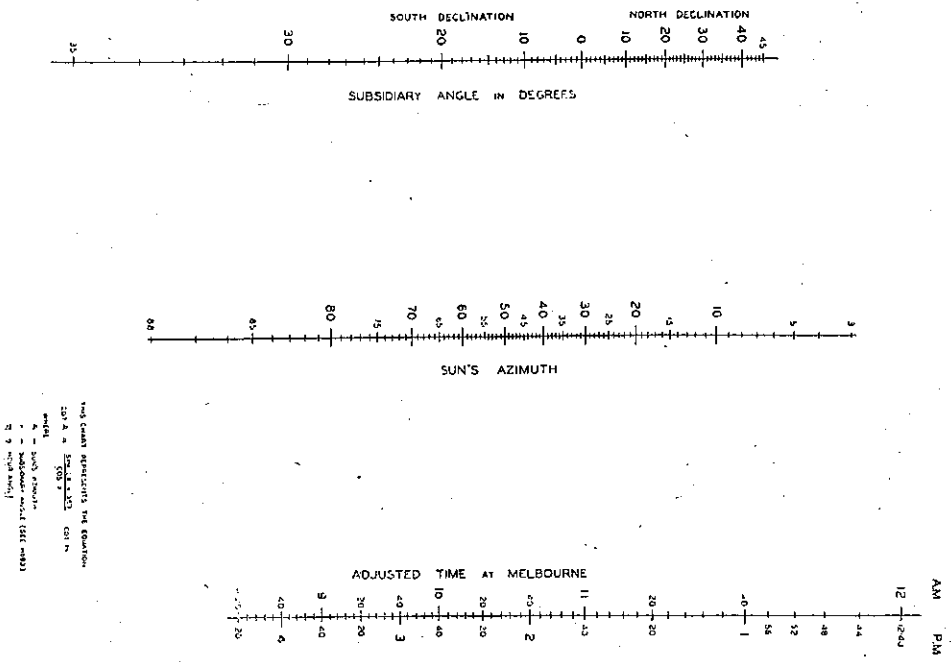


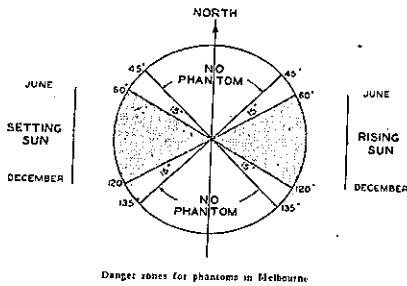
図-96. 太陽方位図

午後であるから、太陽は北西 63° の個所にある。

信號機の方位決定 信號機の方位を決定するには、試験する信號機の下に器械を水平に据え、"shadow mark" (180°) を陰影と一致する如く円盤上を動かし、時間の修正をなした時計に依り太陽時を記録する。ノモグラムにより太陽方位を決定し、目盛盤をこの角度だけ廻転し、北方に向つて目盛の零に合はして締付け、観測腕を動かして光軸と一致させる。然るときは前述の目盛に依つて、方位は直ちに決定される。この方法を北半球で用ひる場合には、夫々必要な変更を加ふべきは論を俟たない。

Melbourne の條件: Melbourne に於ては、一年の各時季に於ける太陽は東西に於て南北各 30° の錯誤現示の危険地帯を含み、前述の 15° にこの角度を加へる場合には、南東又は北西及南西に面してゐる信號機は錯誤現示をすることになる。図-97 はその有様を示してゐる。

図-97. Melbourne の 錯誤現示地帯



(137) 蒸汽機關車に於ける滑動試験

(T. V. Buckwalter & O. J. Hoeger, "Steam Locomotive Slipping Tests," Railway Age, Vol. 106, March 4, 1939. 服部博太郎 抄)

本文は蒸汽機關車の 働輪に於ける 對重の 過不足によつて起きる、車輪の軌條面よりの 浮上りに關する試験報告にして、蒸汽機關車今後の設計方針に迄言及して居るのであつて此の問題は 現在益々要求されつゝある 高速度強力なる機關車の出現に對して、又かくの如き機關車運轉に對する軌條損傷に對して、影響する處大なりと考へらるゝのである。

鐵道運轉に關して 現在最も要求されて居るものは 高速度なる事であるが、これには一層高速、且つ強力なる 機關車を要求して居るのである。故に時には最高安全

運轉速度以上の高速度を機關車に強ふる結果となり、この結果働輪の對重状態に原因する軌條に對する機械的作用を強調することとなるのである。

New Heaven の 4-6-4 型旅客列車用機關車を使用せる線に於ける軌條損傷は或程度この機關車の働輪にローラーベアリングを用ひた爲ではないかと言ふ事が感ぜられたので、Timker Roller Bearing 會社の W. C. Sanders によつて大規模の滑動試験が行はれたのである。この試験は高速回転速度を生ぜしむる爲塗油された軌條區間で行はれたのであるが、同様な試験は次いで New York Central 及 Santa Fe に於ても實施されたのである。New Heaven に於ける 2 輛の機關車 (1 輛はプレーンベアリングを有し、他はローラーベアリングを有する働輪軸を備ふ) に對する試験の結果新 4-6-4 型機關車の働輪に於ける 過對重は軌條損傷状態を完全に調整する爲、約 200 封度より 100 封度に減少せられた。

New York Central に於ては 100 封度の過對重を有する J3a 4-6-4 型機關車を用ひて、軌條損傷を惹起する限界速度を決定する爲めに試験されたのであつたが、列車速度 61~83 哩/時 最高滑動速度 123~134 哩/時に於ても軌條交換を必要とする程大なる損傷を示さなかつた。New York Central に於ける試験は New Heaven に於けるよりは可成り高速度にて行はれたが、輕量なる往復部分、及重軌條の使用、機械的作用増大部分の減少は明らかに、高速度機關車運轉に對して、良好なる影響をもたらす事を示して居るのであつて、本試験の結果この種機關車には何等對重に変更を加へることはなかつた。

Santa Fe に於ける 4-8-4 型機關車による試験に於ても約 97 哩/時の速度にても何等軌條に損傷を與へなかつた。

しかしながら以上の試験は何れも 停車場構内側線に於てなされたものであつて本線状態を示して居るものではないのである。且つ、本試験に於ては何れも、地上より 16 耗の活動寫眞にて撮影したのであるが、此の方法は軌條上に於ける主動輪の動作を詳細に説明するには不十分であつた。その結果 (圖-93, 99 參照) Burlington に於て用ひられた、一層改良された寫眞装置を考案するに至つたのである。

Burlington に於ける滑動試験 本試験も軌條に損傷を生ずる限界の速度を決定せんとするものにして下の如き、6 輛の機關車を用ひた。

図-98. Burlington に於ける滑動試験に於ける 4-0-4 型機関車に於ける 車輪に印せる標識及寫眞照明装置速度計等を示す。

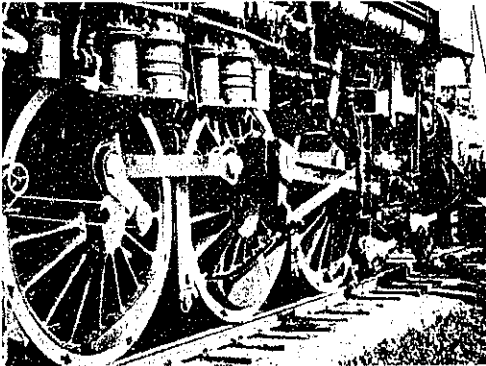
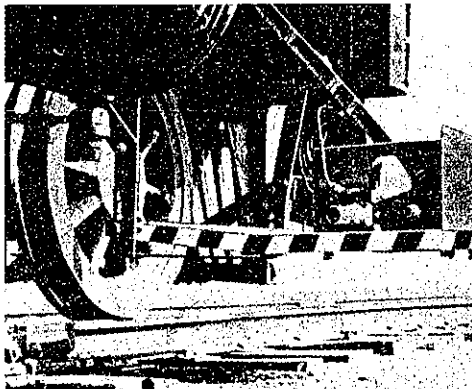


図-99. 活動寫眞機を示す。本図は右側にして 1 秒間 100 駒撮り及 400 駒撮りの寫眞機を示す。



即ち、4-6-4 型旅客列車用機関車 3 輛、4-6-4 型旅客及貨物列車用機関車 2 輛及 2-10-4 型貨物列車用機関車 1 輛である。本試験結果は表-7 の如くであつて、Chicago-Omsa 間 Illinois 州 Aurora の西方約 10 哩の地點にある 5 哩半の特に準備された本線上にて行はれたのである。軌條は 100 封度 R.A. 型にして、道床には鉛の鑽石たるチャットを用ひて居る。試験區間は高さ 6~12 呎の築堤上に敷設され 900 呎の間軌道の兩側に約 12 呎間隔に枕木の兩端に番號札 (1~50) が立てられてゐる。

兩側軌條頭部には番號札 0 番より約 7 軌條長番號札 19 番迄軌條頭部にグラフアイトグリーンズが塗布されてゐる。若干の試験に於ては此の塗油區間は増大せしめられた。撓度計は番號札 31 より 35 に至る最大軌條撓度を示す如く枕木間に設けられ又番號札 44 及 45 間の各枕木には軌條及枕木撓度を示す如く設置され

た。

列車速度は試験車及機關手室に設置された計器によつて電氣的に測定せられる。働輪のタイヤは全部白色に下塗りした上に 45° の間隔をおいて、タイヤの周に明瞭なる黒色の標識が畫れてゐる。且つ、白色の一線が丁度クランクピンの反対側の對重の上に畫かれてゐて、クランクピンの端も白く塗られてゐる。

表-7. 第 1 の値は概算値にして、第 2 の値は軌條面に於ける實際の撓減力である。

番號	機關車種別		動輪徑 (吋)	試験速度 (哩/時)		塗油區間長 (呎)	主働輪機減力 (封度)	
	型	級		列車速度	最大滑動		總車速度にて	最大滑動速度にて
3012	S-4	4-6-4	78	56	98	230	14 111	27 053
				66	108		21 600	41 400
3001	S-4-A	4-8-4	78	47	88	230	14 111	23 198
				67	93		21 600	35 500
				70	100			
4003	S-4-A	4-6-4	78	72	112	300	4 606	12 377
				84	123		300	
				81	123		604	8 480	22 800
6314	M-4-A	2-10-4	64	51	80	604	11 315	17 680
				63	80		230	15 430	24 100
5604	0-5	4-8-4	74	67	93	230	6 000	11 850
				74	102		300	
				80	104		230	12 930	25 570
5623	0-5-A	4-8-4	74	78	111	300	5 620	13 330
				80	115		300	11 500	27 700

寫眞装置はイーストマンコダック會社提供にかゝる 1 秒間 100 駒撮りのモーター付カメラ 2 臺が汽筒の直前軌條面上約 1 呎の高さに、機關車の兩側の臺上に設置され、その上、1 秒間に 400 駒撮り 1 臺が右側に取付けられてゐる。

試験列車は通常手荷物車 1 輛試験車 1 輛及 3~4 輛の客車より編成されて居る。

試験を實施するに當りては、表-7 に示す如き一樣なる速度にて塗油區間に接近し、その端より給氣弁は開放され、約 800 呎にして所要速度に達する。道床彈性率は 1 080~3 460 封度/吋にして、本試験結果は表-8 に示す如くである。本試験を通じて、働輪の浮上りは主働輪に限られたのであつて、これは主働輪に於ける實際の過對重が常に他の軸に於けるよりも高さ高く、且つ、主軸の彈機上重量が 5 000~8 000 封度他の軸に於けるより大なる爲であらうと想像されてゐる。

全試験を通して発見された事は、對重が上方にある場合に車輪の軌條面よりの浮上り距離が最大であると言ふ事である。寫眞よりも判明する如く、一度び車輪が軌條面を離るゝや、對重の位置に關せず程度の差こそあれ浮上つてゐる方が多い位である。

且つ、何對もの車輪が軌條面上で上下に振動するため、軌條に對しては横方向に繰返し荷重を作用する事となり、この爲め、車輪面は軌條に對して垂直とはなくなる。此の作用は働輪軸受に對し、車軸の破損のおそれある応力、車軸受圧力、及軸受の破損、ドライブングロッドが作用面を外れる事、或ひは砂を使用せる際主働輪以外の他の車輪に瞬間的に破壊的力が作用する事などに對して、或意義を有するものと考へられるのである。

働輪が軌條面を離れ始める事は、寫眞中に、車輪と軌條間に断続せる煙或ひは火花が表れる事によりて知り得るのである。これは對重が軌條

に接し、下方に来る時に現はれ、車輪と軌條面の圧力に大なる変化が起つた事に對する一標識にして、車輪が軌條面を離れ始めるのを定むる唯一の方法である。

此の速度以上になると、速度の増加につれて益々車輪

図-100. 1秒間400駒寫眞機による擴大寫眞. Burlington 4-6-1型3012號座關車に於ける働輪浮上状態を示す。(1)は對重は下. クランクピン上方 (2)は對重が垂直位置より90°廻転せる場合 (3)は上方より45°下方 (4)はクランクピン下方、對重上方の場合を示す。

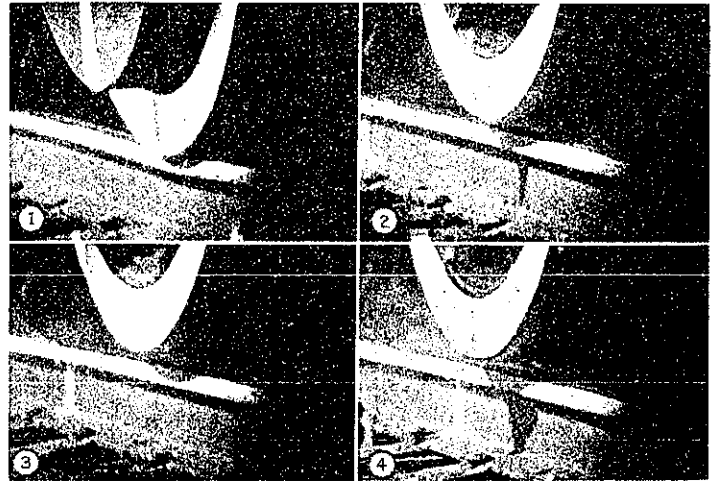


表-8. 主働輪が軌條を離れる際に於ける實測値と計算値の速度比較

機 關 車		往復動部分 重量(封度)	過 對 重 (封度)	塗油區間に入 る際の速度 (哩)	計 算 値		試験時の機關車速度 及主働輪浮上り状況	軌條損傷 (交換を要す る軌條數)	許 容 最 高機關 速度
級	番 號				振動による 軌道率 1500 封度/時 ²	過對重による 慣性により			
4-6-4	3012	2 109	315	36	86	99	98-稍浮上	なし	75
				66			108-7/8 吋浮上		
4-6-4	3001	2 109	315	47	86	100	88-浮上らんとす	なし	75
				67			98-稍浮上		
4-6-1	4009	1 026	103	70	114	158	100-稍浮上	制限無	
				72			113-浮上らんとす		
				78			123-稍浮上		
4-8-4	5674	2 489	125	81	94	120	128-3/4 吋浮上	75	
				67			93-浮上らんとす		
				74			102-浮上らんとす		
4-8-4	5028	1 378	115	80	97	127	104-稍浮上	制限無	
				78			111-稍浮上		
2-10-4	6314	2 438	175	51	70	96	115-1/2 吋浮上	60	
				53			80-稍稍上		
							80-稍浮上		

は軌條を離れ、遂に烈しく振動し始むるに至り、この速度になると軌條に損傷を生ずるに至るのである。

4-6-4 型機關車試験 表-8 より明なる如く、第 3012 號に於いては、39 本の軌條を交換するを要する程の軌條損傷を起し、その最も甚しきものに於ては長さ 3 呎以上に亙り、深さ 1/8 吋の損傷を與へたのである。此の他働輪が軌條を打撃する爲めに、軌條に生ぜる損傷は 70 ケ所に及び、その中、53 ケは右側軌條に、17 ケは左側軌條に生ぜるものである。此所謂軌條の“刻印”は長さ 12~52 吋に及びその深さは、單に肉眼にて識別し得るものより、相當の大きさを有するものに及び、軌條腹部に於ては、標準寸法以下になりたるものもあつたのである。第 3012 號及、ローラーベアリングを有する等些少の差はあるも、殆ど同型の第 3001 號の試験結果には、大した差はなく、此等 2 輛の機關車の試験結果から働輪軸にローラーベアリングを用ふる事は、車輪の浮上る際の速度には何等實際的影響を及ぼさぬものなる事が明となつた。

第 3 番目に第 4003 號機關車が用ひられたが、此の機關車と前の第 3012 及第 3001 號との最大の相違點は往復動部分の總重量が、前者の 2119 封度なるに對して、僅か 1026 封度に過ぎぬ事とこれに加ふに、全働輪にはローラーベアリングを用ひ、(クランクピンにも)且つ、軽量なるドライビングロッドを使用せる點である。滑動試験は 112, 123 及 128 哩/時の 3 度に亙つて行はれ、128 哩/時の速度の際に 3/4 吋軌條面より浮上つたのである。

これは第 3012 號機關車に於て、108 哩/時の速度の際の 7/8 吋に匹敵する。この兩者の試験に於て、最も大なる差異は、第 4003 號の試験に於ては、軌條には何等損傷を生じなかつた事である。速度 112 哩/時に於て、始めて車輪が軌條面上を離れ始めた兆候が現れたのであつて、これは第 3012 及 3001 號に於ては 88 哩/時に相當し、即ち速度に於て 27% の増加となる。何故本機關車に於ては、軌條損傷が生じなかつたかと言ふ理由は第 3012 號の過對重 315 封度に對して、第 4003 號の車輪の過對重は重量 103 封度の槌を形成するに過ぎぬと言ふ事實に見出されるのであつて、従つて、軌條損傷を生ずる程の衝撃は生じなかつたのである。

4-8-4 型機關車試験 此の場合には、第 5604 號及これより往復動部分が 44% 軽い第 5623 號の 2 輛が試験された。其の中、第 5604 號は、104 哩/時に始めて、浮上つたと信ぜられてゐる。と言ふのは、此の機關車

は、釣合はぬ對重の割合が大であつた爲め、乗心地悪く、且つ、機關車全体として、烈しく振動する爲め、試験中にカメラの焦點合致装置が破壊され、爲めに、3 度も試験を繰返へしたにも拘らず、稍々焦點が外れて、不明瞭な寫眞しか、得られなかつたのである。故に表-8 に於ける主働輪に關する觀察の項も若干疑問を免れない。

第 5623 號は、115 哩/時の速度にても何等軌條に損傷を與へなかつた。第 5604 號が普通道路交通に於ける速度にても使用困難な程の缺點を有するに比し、第 5623 號に於ては、上記の速度にても普通の乗心地を有する事は興味深い事である。

2-10-4 型機關車試験 此の型式の機關車は、石炭列車用機關車であるが 80 哩/時の速度にて 2 回試験が行はれたが働輪は僅か浮上つたのみである。寫眞から見ても、80 哩の滑動速度にても、比較的滑かな運転をしてゐる事が明である。

過對重の働輪浮上に及ぶ影響 働輪が軌條に及ぼす強制振動の種々の原因について種々の考察が拂はれたが、此等の考察は試験結果について、正當なる説明を與ふるのみではなく、制限速度を決定する事をも可能ならしむるものである。図-99 は試験に供された 6 輛の機關車に對する研究結果を示し、図-101 (Fig. 3) は代表的曲線を示すもので、此等曲線の數學的根據は省略するが、機關車の振動を 1 秒間に 2 度伸縮する 2 物体間に挿入された發條の最も簡易な 1 次の自由度を有する一系統として取扱つたのである。

此等物体の 1 つは、汽鐵臺等々の跳躍する部分であり、他は働輪群にして、彈性的基礎と考へられる軌道により支持されてゐる。此のシステムはその周期にある限界があり、働輪がかくの如き限界速度近くで廻転すると、過對重のため強制振動が発生するのである。かくの如き理想的な假定は實際の状態に對して、全く不十分な事は明瞭であるが、多數の材料が集められる迄は此の解析方法は非常に興味深き種々の材料を提供してゐるのである。

種々の軌道強度に對して、主働輪が軌條から浮上る時の速度は試験に供された 3 輛の 4-6-4 型機關車に關して、図-101 (Fig. 3) に示す如くである。下方實曲線は、第 3012 及 3001 號の車輪を示し、此の場合の過對重は 315 封度、86~90 哩/時に浮上り、その時の軌道率は 1500~3000 封度/時² である。軌道が非常に剛性に富み、従つて、振動現象が表れずと假定したる場合に於ては、過對重の慣性的影響は 図-101 (Fig. 3) に示す如く、

99 哩/時の速度に於て、車輪が浮上ることとなる。上方の點曲線は試験されなかつたが過對重が零の場合に於ける状態を豫告してゐるのである。又、本文図表に於ける、對重計算に於けるメーンロッド誤差は、かなりの大きさを有するものであつて、1907年 Henderson 氏の提案せる方法は、現在の方法に比すれば一段の進歩を示すものであるが、本文に於ける図表の値はすべて略算値によるものである。

主働輪下に於ける垂直軌條圧力 軌條に作用する機械的作用は過對重によるとして計算されるのが普通であるが、然しながら、現在迄考慮された事は稀であるが、實際に表はれ且つ、可成重要な他の2つの軌條に作用す

る力が存在するのである。之等の2力は主桿の角変化の函数にして、(イ)ピストン送り割合及、(ロ)往復動部分の慣性によつて示される。本試験に用いた6輛の機關車に對して計算されたものは、之等の2力と機械作用の結合されたものであつて、且つ、之等3つの主要な要素が軌條面に作用する力の全部を形成するものであらう。此の合力は不整凹凸ある車輛或ひは車輛配置に對する整正等による附加力に對しては考慮せず、(之等は機關車の動搖、振動を起す)而して、3輛の4-6-4型機關車に對する計算値は図-101 (Fig. 3~Fig. 5)中に示され又種々の速度に對して、過對重の爲めの最大機械作用は図-99に示してある。但し、図-101

(Fig. 3及 Fig. 4)は3力及その合力が動輪廻転中に變化する状態を示してゐる。図-101 (Fig. 5)は第3012號及第3001號は往復動部分及過對重は略算値であり、第4003號は軽い往復動部分を有し、過對重は僅少である。機關車が軌條に及す前進及廻転力率及、前後動を起す力を作用する事に於ける不釣合な往復動部分重量の影響は図-101 (Fig. 6)に示す如くである。

許容機關車運轉速度 以上の試験より、種々の機關車に對して、軌條損傷の見地より最大安全運轉速度を決定する必要がある。これは下の如き事項より決定されるのである。即ち、(イ)主働輪が正に軌條を離れんとする際に於ける滑動試験速度。

(ロ)機械的作用が車輛の静止時に於ける圧力の50%に等しくなる時の速度。

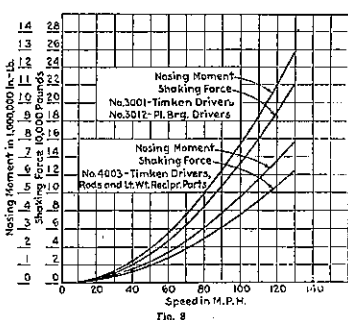
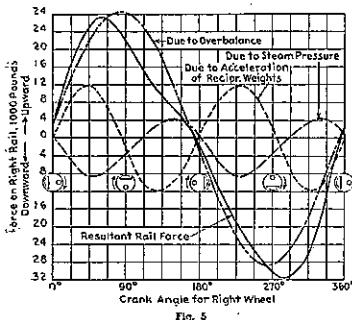
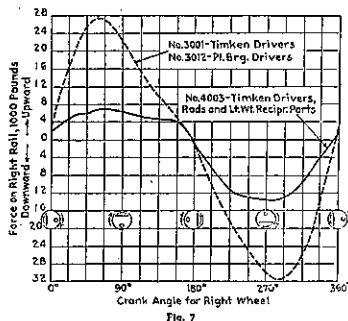
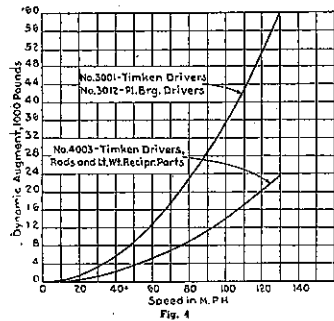
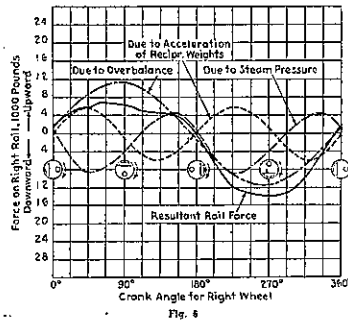
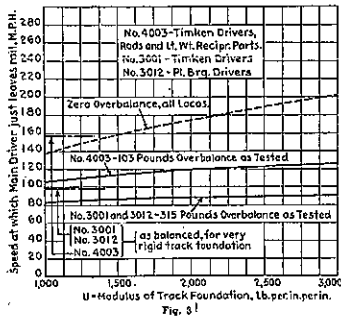
(ハ)軌道応力の計算値が約30000 封度/吋²に達する如き速度、之等を基礎として、最高速度は表-8の如く定められるのであつて、往復動部分の軽い機關車に許容される速度は一般に重量なるものより増加してゐる事を示してゐる。

故に、往復動部分及廻転部分の重量軽減が問題となる。この爲めに

圖-101.

Vol. 106, No. 9

RAILWAY AGE



は、例へば、Timken 高機械鋼なる商名を有する特殊鋼が用ひられ、又、其の他の特殊鋼或ひは、特殊の強化作用を加へたる材料を用ふる必要がある。

將來の機關車設計に就て 以上述べた如く、高速度機關車に關しては、研究すべき種々の新なる問題が存するのであるが、往復動部分及廻転部分には軽量なる部分品を用ふる事が高速蒸気機關車に對して、必要缺く可からざる事と信ぜられるのであつて、之は、機關車の満足な運転に對してのみではなく、非常に改良された軌道及橋梁等構造物に及す影響より見ても必要である。而して、この方法が果して得策なりや、否やは、重疊貨物列車及高速旅客列車を總走行哩 90 000 000 哩に互つて運転してゐる 64 輛の機關車に關する記録より明なのである。

(138) 新型軌條ボンド

(W. P. Bovard, "Recent Developments in Railway Bonding," Railway Signaling, February, 1939, p. 91~93.
櫻井豊三抄)

接目落修理と熔接軌條ボンド 熔接軌條ボンドが信號方面に用ひられる様になつたのは、1919 年以後で、それ以來自動化區間及電車區間に於て一般に廣く使用されてゐる。その利點とする所は、軌條の損傷並に電気抵抗少く、軌道回路を良好な状態に保つことであつた。その後 1930 年初頭の不景氣時代の出現に依り、以前には使用後幾莫もなく、重要ならざる支線及側線に移転してゐた本線軌條の壽命を可及的に延長することが必要となつて來た。その結果、ガス及電弧熔接が接目落及破損軌條端の修理に用ひられるに到り、軌條面の整正及軌條更換の時期を延長することに依つて、經濟上重要な意義を有するものとなつた。更に軌條端の熱處理も接目落を防止する上に多大の効果を齎してゐる。

これ等軌條處理法の發達は信號技術者に對し、單に軌條頭部の熔接ボンドのみならず、軌條腹部に取付ける普通の長いボンドすらも鍍金、焼戻し又は屢、熔解するが如き惡影響を及すに到つた。而も熔接の高熱に對し、抵抗し得る如く設計し、従つて他の何れの型よりも、熱の影響を受けない改良型熔接ボンドも或る種の激しい熔接法によるときは損傷を受けるのである。

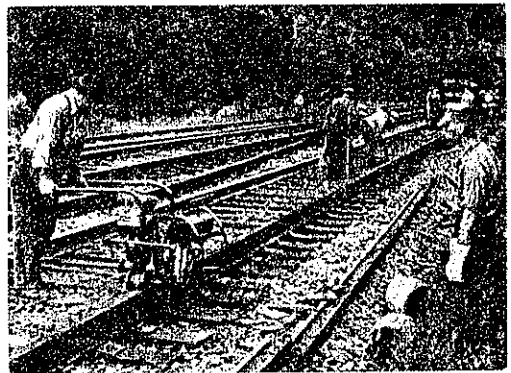
新型軌條ボンドと Twin Spindle Drill: 依つて熔接法及熱處理の時間に、無關係に使用し得る軌條ボンドを考案すべく、熔接の前後に、簡単に取外し及取付が出来、而も前述の長所を有する如きボンドの研究に關心が集

中された。斯くして圖-102 に示す如き兩端に鉸を有し、軌條頭部に穿孔した小孔に直接挿入する型が考案され、實際に使用されるに至つた。

一方バラスト撒布及搗固等の日常保守作業も軌條ボンドに少からぬ影響を與へるものであつて、この結果、破損若しくは脱落する場合が相當あるので、新軌條ボンドの鉸及熱線には特に精撰せる材料を使用した。この新型ボンドの出現以來、正確に軌條頭の穿孔をなし、取付鉸は完全に固定し酸化及電蝕の可能性の無い様にすることが必要になつた。

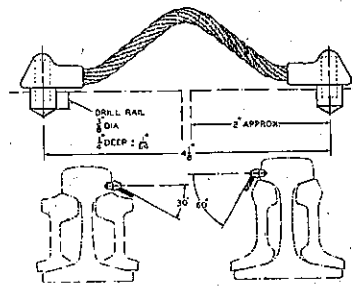
新型ボンドを取付ける爲の軌條頭部の穿孔は 圖-102 に見る如く、間隔 4 吋、深さ 1/4 吋のもので、これを正確に、而も低廉な工費で行ふ爲に、twin spindle power drill が考案された。

圖-103. Twin Spindle Drill, 2 つの鉋を有し同時に穿孔する。



この drill に依る 2 つの孔の穿孔時間は軌條の硬度に依つて異なるが、7~10 秒程度で、1 時間に 90~120 個のボンドの穿孔が可能である。斯くして 2~3 人の工手と 1 臺の twin drill より成る熔接班を以て、最も作業迅速な軌條敷設班に對して十分間に合ふ。Railway Signaling, 1937 年 8 月號 (447 及 458 頁) に twin spindle drill と他の機械との比較が示されてゐるが、これによると 1 哩 1 時間に付き、前者に依るときは、4 臺の機械と 12 人の工手を要するに對し、single

圖-102. 新型軌條ボンド



spindle drill では 10 $\frac{3}{4}$ 臺の機械と 18 $\frac{3}{4}$ 人を要すると言はれ、又個々の保守作業の場合に能率よく用ひられる hand drill は 1 つの穿孔に對し、約 1 分が必要であると言ふ(図-104)。

新型ボンドの取付：
軌條ボンド取付作業は普通 3 封度ハンマーで強く 2~3 撃を加へて行ひ、(図-105)特に硬い軌條接目の場合及二重ボンドを取付ける場合には drift hammer を使用することがある。

熱處理及熔接の際の取外し及取付作業は図 106~111 を参照され度い。図-106 は槌及タガネを使用して、ボンドを取外してある状態で、図-107 はガス豫熱炉にして、軌條頭部を約華氏の 1200° 迄熱し、若し槌及タガネで取外しの困難な場合には、これに依つてボンド材料を焼き切るの

図-104.



図-105.



図-106.



ある。図-108 は熔接作業、図-109 は接目落の熔接修理、図-110 は動力式グラインダーに依る表面仕上作業を示してゐる。又図-111 は熔接終了後に於けるボンドの取

図-107.

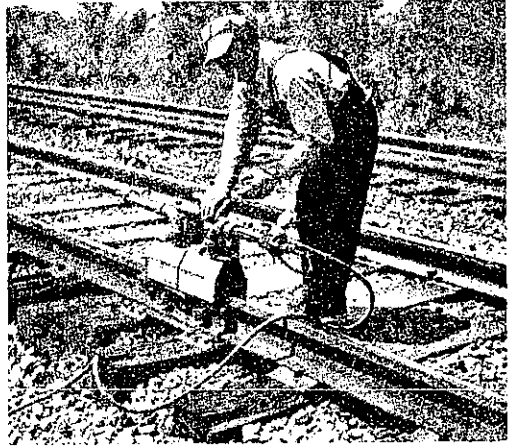


図-108.

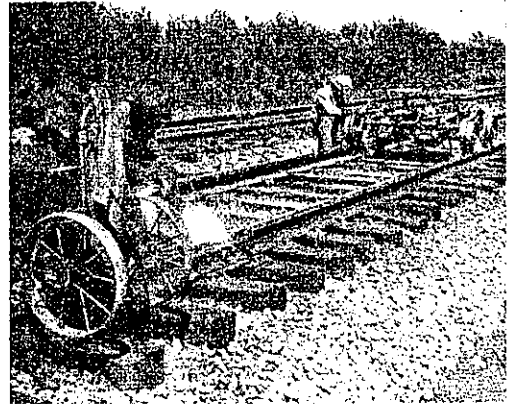


図-109.

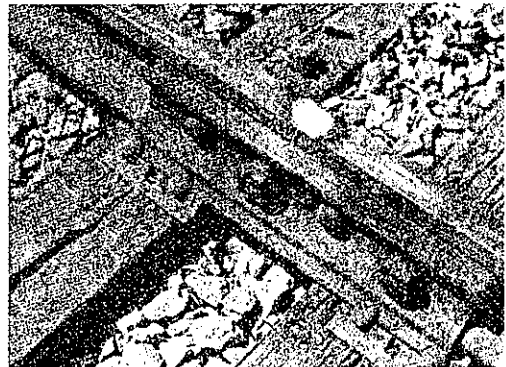


図-110.



付作業の状態で、drift hammer を使用してゐる例である。

熔接作業と共に信號關係としては、熔接班の先にボンドを取外し、更に接目の修理完了後再び取付る爲、工手1名を要し、又熱処理の場合には作業速度が速いので、前後に各1名宛計2名を必要とする。

図-111.



雑

(139) 世界の動力資源

“The Energy Resource of the World.”
Power Plant Engineering January 1939
p. 32~37.

島山正抄

地上で利用する總てのエネルギーは太陽に原因せるものであり或は水力、風力として或は石炭、油、瓦斯として貯へられてゐる。

石炭 米國では全動力の55~60%が石炭に依つてゐる。地質学の報ずる所では地面下3000呎以内の計算で全世界に74000億噸以上の石炭があり年々約13億噸の使用と見れば尙6000年間は使用し得る。採炭技

術の進歩と共に更に深部の埋藏量の發掘も可能となるであらう且つ燃料使用方面の技術も不斷に進歩しつゝあることを徴せばこの數字は更に増大するであらう(例へば1kWHの電力量を得るのに1892年に於ては石炭8ポンドを要したものが現在は1.5ポンド以下、所に依れば1ポンド以下のものもある。)

米國に於ける石炭保有量は30000億噸以上と推定せられ既發掘量は250億噸である。發電用としては主に瀝青炭が依用せられ褐炭、泥炭は尙多量に有するも殆ど使用されぬ。石炭の運搬は鉄道又は水路に依て行はるゝが又炭礦附近に發電所を建設することも計畫された。勿論その爲には確實なる送電の爲の諸設備を要し建設費維持費は高くなり、この點制限を受けるが運搬費の不要、灰の處理に費用を要せぬこと又排瓦斯の問題を考へなくても良いといふ利點もあるのである。

石炭を瓦斯として又は微粉炭として管に依り輸送する方法もあるが實用とならない。

油 石油の産額は米國、ソビエト、メキシコに多い。石油の輸送は鉄道又はトラックに依るも現在では巨大な油管を利用し精製所の近くに副産物を利用する發電所を設けてゐる所がある。

米國に於ける石油産出面積は2000000エーカーに及び約2哩の深さより産出する。然し乍ら現在尙合油層の2%を發掘してゐるに過ぎぬ。

米國で使用される全エネルギーの22%が石油より得られ、天然油の45%がガソリンとして自動車、飛行機、モーターボート、ディーゼル機關に使用されてゐる。

天然瓦斯 天然瓦斯は石油や石炭の産地附近で發見せられる。米國に於ける埋藏量は約750億立方呎と推定せられ年16億立方呎の割合で産出してゐる。而てこれに加へて石炭の供給が続く限り製造瓦斯がこの代用を爲し得る。

瓦斯は蒸氣發生用として爐に使用する場合にも内燃機關用としても理想的な燃料で輸送瓦斯管の敷設と共に動力への使用は増加した。

天然瓦斯はその輸送が管に限られるので大量の貯藏が不可能であるといふ弱點を有し爲に輸送管が完成しない限り地方的利用の範圍を出ない。

水力 河川水力のエネルギーは極めて大きく1927年世界動力會議では全世界に340000000KWを包藏してゐると報告されてゐる。電力として利用せられてゐる水力は未だほんの僅小に過ぎぬ、潮力發電は近き將來への宿題である。少量の動力は潮流、波、掘抜井戸等か

らも生ずる。

人間及動物の力 農業、諸般の建設、採掘工事及道路工事に於ける人間及動物力は極めて重大である。米國に於てすら約 4% のエネルギーがこれらより得られて居り全世界を通じ見ればこの數字は更に大とならう。

風力 風力は早くから利用され今日まで農村の電燈及ラジオ用發電機運転に使用されてゐる。風力は運転費が安く利用の廣範圍であり而も供給は無盡藏であり乍ら動力としては不定で連続使用の不可能なこと及大規模建設の困難の所似であらうか米國ではその使用エネルギーの約 1% に過ぎぬ。發電用風車としては約 230 KW のものを以て最高とする。

餘り使用せられぬ動力

- (1) 穀類より造るアルコール及セルローズ
- (2) 太陽光線
- (3) 地熱

これは目下研究中といふ所で (1) は未だ經濟的に (2) は工業化に難點を有する。(3) はカリフォルニアや伊太利では地方的地熱に依る蒸氣を動力に利用してゐるも地方的制限を受けるのは止むを得ない。

現在知られてゐる燃料は尙 1000 年は充分使用し得る。經濟上の問題より燃料使用状態を変化したり、石炭を油狀や瓦斯狀としたりする方面にも進むのであらう。

次の時代の動力として学界で注目されてゐるのは原子エネルギーの利用である。然し今日では原子變換に要する動力の方が發生する動力より遙かに大きい。