抄録

フランスにおける溶接水圧鉄管の製作

"Utilisation du principe du relèvement de la limite élastique des aciers par écrouissage et vieillissement artificiel à la construction des conduites forcées et économie en resultant" 他2編

Par G. Ferrand

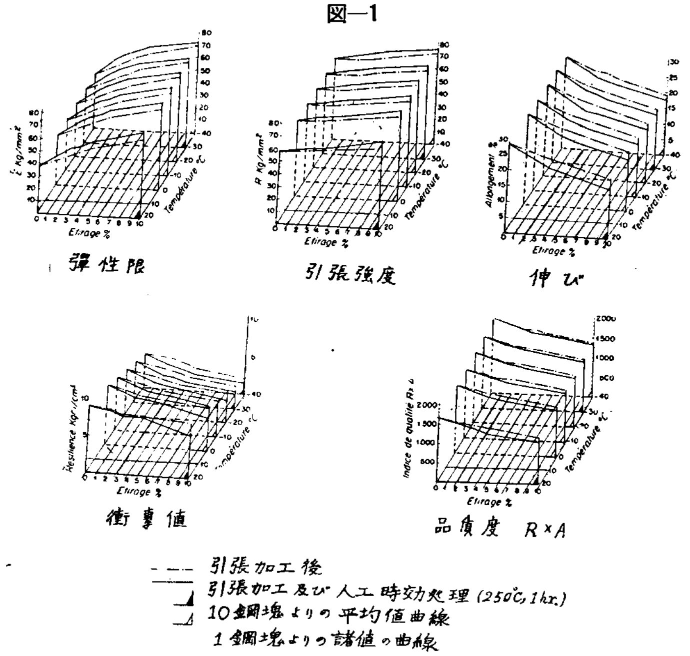
La Houille Blanche, No. 1, No. 2 1953, No. 1 1954

1. 水圧鉄管の変遷 フランスにおける水圧鉄管の製作は 1910 年にガス溶接管が出現するまでは，鋲接管のみであつたが，鋲接製作はその初期には穿孔が今日のような穿孔機が用いられていなかつたため，鋲孔部からの破壊がしばしば発生した。しかしガス溶接管も溶接部に金属組織の変化を生じ，また施工の際に欠陥がともなわざるをえなかつた。そのため結局水圧試験によつて安全度が保証された。1930年以後，電気溶接の登場とともにガス溶接管は姿を消し，さらに溶接部に対する新しい検査法(X線検査等)により，不純物，亀裂，空隙等が発見されるようになつた。一方 1925 年以来フランスの高落差地点では，転造による鋼バンドまたは鋼索を巻きつけたバンド管が利用されるようになり，1951 年に至つて，次にのべる過圧工法 (pre-expansion, surpressage) による水圧鉄管およびバンド管が製作されはじめた。

2. ひずみ硬化を利用した過圧管 (over pressed pipe, tuyau surpressé) **の製作** 冷間加工のひずみ硬化により鋼材の弾性限度を高めるという周知の方法が，高い内圧をうける水圧鉄管の製作の場合には好適であることが以下の方法で証明された。普通に溶接製作された管胴を設計上の所要径よりわづか小さくつくり，これに内側から設計圧力以上の大きな水圧(過圧)をかけて 5% 近くの伸びを与える。この冷間引張り加工のためひずみ硬化を生じ弾性限が 50% 近くも高められる。さらにこの後で人工的時効処理を行うと弾性限は初期の破壊強度より大なる値となり，実に最初よりも80%も大となる。この方法はまたバンド管の場合にも，バンドをあらかじめはめこんで管胴とバンドを同時に過圧するか，あるいはあらかじめ管胴部のみを過圧してからバンドをはめるかいずれかによつて実施される。この方法でつくられる管はもちろん設計管厚が減少するので重量は約 60% となり，製作価格の割合は約 70% になり，同様にバンド管に応用した場合には，重量は約 70%，製作格は約 90% となつた例が示される。一方過圧法の長所は溶接による内部応力を減殺しうる点にある。収縮による溶接部の内部応力は温度変化の際に生じた変形が妨げられるために生ずるのであるから，この収縮に等しい永久変形を与えることによつて除去されるはずである。この方法は Austerlitz 橋の工事の際にも採用され満足すべき結果がえられているものであつて，過圧管の場合においても，過圧後の溶接部の管胴部に対する伸びは，自動溶接のときでさえも 0.001 程度の相対的変形を生じたのみで，初期の目的が十分達せられたのがわかる。ひずみ硬化にともなう材質の変化のうち脆弱化および繰返し荷重に対する考慮は水圧鉄管が水圧をうける状態の際には 0°C 以下の温度になることはめつたにありえないし，また非常な高温をうけることがないという点，また荷重の状態はまれに水衝作用の結果として波動的な力をうけることはあるが，これは衝撃的ではない点等からして，十分安全といつてよい。むしろ水衝作用の際には，普通の管より管厚が薄いために，膨脹が大となり水衝作用の減衰を早めるので有利であり，また負圧をうけたときには，真円が保持されるので，外圧による圧潰に対して安定度が大なることが証明されている。

ただ問題は，このような加工をうける鋼の材質とそれに応じうる溶接である。高張力鋼の発展がこの工法を導いたともいえるのであつて，その鋼材の機械的性

図—1



質および溶接性の優秀さが指摘されねばならない。

3. 高張力鋼とその溶接　この過圧工法に対して実際に用いられた鋼材は “Confor E” (Cr-Cu 54 kg) と呼ばれ，イタリーで COF. 3. とよばれている鋼材に相当する。COF. 3. の試験の結果は，3次元的なグラフを用いて引張加工度，試験温度に対する強度，伸び，衝撃値等の変化が示されている。ここで注目されるのは，加工度に対する弾性限の上昇ぶりと大なる加工に対しても伸びの値の十分であること，および衝撃値が使用範囲内では十分な値であること等である。一方また溶接に対する試験の結果，溶接部の機械的性質は母材とほとんど同じであり，硬度が一様性をもち，屈曲性のよいこと等が認められた。また特にひずみ硬化加工を行つた場合の溶接部の試験用の種々の試験片をつくり，母材と同様の試験を行つたが母材に対して遜色がないことがわかつた。

4. 溶接性に関する特別の試験　Schnadt 試験の結果から 1～3% までのひずみ加工度では脆弱性は増加せず，5% の場合でも，脆弱性の増加はきわめてわずかであることが認められた。

5. 水圧鉄管の事故と水圧試験　鋲打の際の鋲孔の加工による劣化が原因となつて発生した破壊が最も初期の事故であつた。ガス溶接管となつてからは，ドイツの例にならつて，使用時の圧力（静水頭）の 1.5 倍の水圧で，水圧試験が行われていた。しかしこの試験に合格したものでも通水試験の際や使用時に数多くの破壊を起した。従つて 1918 年以来フランスで定められた方針，1) 設計水頭は正常使用時の最大圧力，2) 安全率は使用鋼材の弾性限に対し 2.5，3) 水圧試験は最大水頭の2倍（実際上の安全率 2）が採用されている。この規則が確立されてからは，正常使用状態の水圧鉄管には全く破壊が発生していない。この点に関する興味ある事故の例を挙げると，1) 1939 年3月 d'Izourt で雪崩により起つた事故——雪崩のために管体は最大 1.50 m の横移動を行い，また 100 m のスパンにわたつて中吊り状態となつたが衝撃およびそのための水衝作用にもかかわらず破壊に至らず，変形の状態のまま数時間その機態を全うした。この水圧鉄管は Confor E 鋼で製作され，十分に前記の水圧試験をうけたものであつた。2) 1952 年 11 月 Doron de Champagny の水圧鉄管に生じた事故——この水圧鉄管は 1912 年につくられたガス溶接管であり，当時 1.5 倍の水圧で試験されたものであつた。破壊は鋲接管と連結される管胴の縦継目の溶接線に発生した。調査の結果変形は 0.16% であり，作働圧力の2倍の力が加わつたことが推定された。この管から流れ出た水により付近にあつた Pralognan 発電所（1948年建設）の水圧鉄管はその支台が侵食され移動した結果，この管は 70 m 近く中吊り状態で2時間の間水圧をうけたままであつた。マンホールの部分に当る継手部のバンドと棒鋼に変形を生じ，若干漏水した。しかし，前記の d'Izourt の管と同様に，この管も伸縮継手がない “フランス式” であつたので，伸縮継手がはづれることによるさらにひどい災害を生ずる危険からまぬかれたのであつた。

すでにのべた過圧管に対する加圧力は最大水頭の2倍の圧力で実施されている。そのためちようど製作のときに同時に水圧試験が行われる結果となり，安全率は実際上2であることは保証される。このように水圧試験が製作時に行われる以上は，設計に対する鋼材の安全率を事実上2にとつてもよいとさえいえるであろう。ただし波動的な力を考慮するとすればこれに対し 10% の余裕をとり，安全率を 2.2 としても十分慎重な値であろうと思われる。一方水圧試験の重要さは，溶接の十分な検査を実施しても，溶接後に組織が変化をうけた局部的な脆弱な収縮部は調べられないが，水圧試験によつてのみこれがチェックされるからである。

（電力中央研究所　矢島基臣）

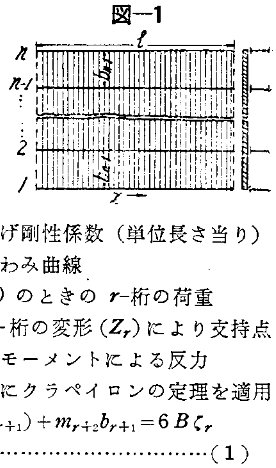
床版の荷重分配効果の近似計算法

“Näherungsweise Berechnung der lastverteilenden Wirkung von Brückenbelägen”

Von Dr. A. Schleusner

Die Bautechnik 31, Jahrgang Heft 3 März 1954

図—1



l　：縦桁のスパン

b_r　：縦桁の間隔

$EJ_r = K_r$ ：r-桁の曲げ剛性係数

$E_bJ = B$ ：床版の曲げ剛性係数（単位長さ当り）

$Z_r(x)$ ：r-桁のたわみ曲線

$p_r^{(0)}(x)$ ：$Z_r(x)=0$ のときの r-桁の荷重

$p_r(x)$ ：$p_r^{(0)} + r$-桁の変形 (Z_r) により支持点に生ずるモーメントによる反力

各支持点のモーメント間にクラペイロンの定理を適用

$$m_r b_r + 2\,m_{r+1}(b_r + b_{r+1}) + m_{r+2} b_{r+1} = 6\,B\zeta_r \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\zeta_r = (Z_{r+1} - Z_r)/b_r + (Z_{r+1} - Z_{r+2})/b_{r+1} \quad \cdots(2)$$

$$r = 1, 2, \cdots, n-2; \quad \text{なお} \quad m_1 = m_n = 0$$

各縦桁の荷重は次のようになる。

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= p_1^{(0)} - (m_1 - m_2)/b_1 \\ p_2 &= p_2^{(0)} + (m_1 - m_2)/b_1 - (m_2 - m_3)/b_2 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ p_r &= p_r^{(0)} + (m_{r-1} - m_r)/b_{r-1} \\ &\quad - (m_r - m_{r+1})/b_r \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ p_n &= p_n^{(0)} + (m_{n-1} - m_n)/b_{n-1} \end{aligned}\right\} \cdots(3)$$

r-桁のたわみ曲線の方程式は

$$K_r \cdot d^4 Z_r(x)/dx^4 = p_r; \quad r = 1, 2, \cdots, n. \cdots\cdots(4)$$

前記各式を用い

$$
\left.\begin{aligned}
K_1\cdot d^4Z_1/dx^4 &= p_1^{(0)}+C_{11}\zeta_1+C_{12}\zeta_2+\cdots\\
&\quad +C_{1,n-2}\zeta_{n-2}\\
K_2\cdot d^4Z_2/dx^4 &= p_2^{(0)}+C_{21}\zeta_1+C_{22}\zeta_2+\cdots\\
&\quad +C_{2,n-2}\zeta_{n-2}\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\\
K_n\cdot d^4Z_n/dx^4 &= p_n^{(0)}+C_{n1}\zeta_1+C_{n2}\zeta_2+\cdots\\
&\quad +C_{n,n-2}\zeta_{n-2}
\end{aligned}\right\}\cdots(5)
$$

無次元変数 $\xi=\pi x/l$ の導入と適当な変形により (5) 式は,

$$
\left.\begin{aligned}
d^4\zeta_1/d\xi^4 &= R_1-\gamma_{11}\zeta_1-\gamma_{12}\zeta_2-\cdots-\gamma_{1,n-2}\zeta_{n-2}\\
d^4\zeta_2/d\xi^4 &= R_2-\gamma_{21}\zeta_1-\gamma_{22}\zeta_2-\cdots-\gamma_{2,n-2}\zeta_{n-2}\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\\
d^4\zeta_{n-2}/d\xi^4 &= R_{n-2}-\gamma_{n-2,1}\zeta_1-\gamma_{n-2,2}\zeta_2-\cdots\\
&\quad -\gamma_{n-2,n-2}\zeta_{n-2}
\end{aligned}\right\}(6)
$$

ここに, $R_r=\dfrac{l^4}{\pi^4}\left[\left(\dfrac{p_{r+1}^{(0)}}{K_{r+1}}-\dfrac{p_r^{(0)}}{K_r}\right)\dfrac{1}{b_r}+\left(\dfrac{p_{r+1}^{(0)}}{K_{r+1}}-\dfrac{p_{r+2}^{(0)}}{K_{r+2}}\right)\dfrac{1}{b_{r+1}}\right]$ ……………………(7)

$$\gamma_{r,k}=\frac{l^4}{\pi_4}\left[\left(\frac{C_{r+1,k}}{K_{r+1}}-\frac{C_{r,k}}{K_r}\right)\frac{1}{b_r}+\left(\frac{C_{r+1,k}}{K_{r+1}}-\frac{C_{r+2,k}}{K_{r+2}}\right)\frac{1}{b_{r+1}}\right]\cdots\cdots(8)$$

さて,

$$R_r=\sum_{\mu=1}^{\infty}a_{r\mu}\cdot\sin\mu\xi\cdots\cdots(9)$$

とするとき (6) は

$$\zeta_r=\sum_{\mu=1}^{\infty}f_{r\mu}\cdot\sin\mu\xi\cdots\cdots(10)$$

とおけば成立する, なお $f_{r\mu}$ は (11) 式で決められる。

$$
\left.\begin{aligned}
&\mu^4f_{1\mu}+\gamma_{11}f_{1\mu}+\gamma_{12}f_{2\mu}+\cdots+\gamma_{1,n-2}f_{n-2,\mu}\\
&\quad =a_{1\mu}\\
&\mu^4f_{2\mu}+\gamma_{21}f_{1\mu}+\gamma_{22}f_{2\mu}+\cdots+\gamma_{2,n-2}f_{n-2,\mu}\\
&\quad =a_{2\mu}\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\\
&\mu^4f_{n-2,\mu}+\gamma_{n-2,1}f_{1\mu}+\gamma_{n-2,2}f_{2\mu}+\cdots\\
&\quad +\gamma_{n-2,n-2}f_{n-2,\mu}=a_{n-2,\mu}
\end{aligned}\right\}(11)
$$

なお, (10) 式に対し $Z_r^{(0)}=Z_r(l)=0$, $Z_r''(o)=Z_r''(l)=0$ なる境界条件がある。さて ζ_r が求まれば, p_r, M_r, Z_r 等は次のようになる。

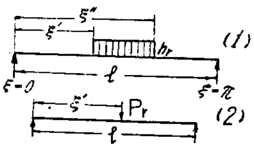
$$p_r=p_r^{(0)}(\xi)+\sum_{\mu=1}^{\infty}p_{r\mu}\cdot\sin\mu\xi\cdots\cdots(12)$$

$$M_r=M_r^{(0)}(\xi)+\frac{l^2}{\pi^2}\sum_{1}^{\infty}\frac{1}{\mu^2}p_{r\mu}\cdot\sin\mu\xi\quad\cdots(13)$$

$$Z_r=Z_r^{(0)}(\xi)+\frac{l^4}{K_r\pi^4}\sum_{1}^{\infty}\frac{1}{\mu^4}p_{r\mu}\cdot\sin\mu\xi\cdots(14)$$

R_r の級数展開の係数 $a_{r\mu}$ について

図—2



(1)　$a_{r\mu}=2h_r(\cos\mu\xi'-\cos\mu\xi'')/\pi$

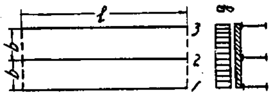
対称荷重の場合　$a_{r\mu}=4h_r\cos\mu\xi'/\pi$　$\mu=1, 3, 5,\cdots$

満載荷重の場合　$a_{r\mu}=4h_r/\pi$　$\mu=1, 3, 5,\cdots$

(2)　$a_{r\mu}=2P_r\cdot\sin\mu\xi'/l$

例題—($n=3$)

図—3



$$m_2=6B\zeta_1/4b=6B(-Z_1+2Z_2-Z_3)/4b^2\cdots(a)$$

$$
\left.\begin{aligned}
K\,d^4Z_1/dx^4 &= p_1^{(0)}+6B/4b^2\cdot\zeta_1\\
K\,d^4Z_2/dx^4 &= p_2^{(0)}-12B/4b^2\cdot\zeta_1\\
K\,d^4Z_3/dx^4 &= p_3^{(0)}+6B/4b^2\cdot\zeta_1
\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(b)
$$

$$d^4\zeta_1/d\xi^4=R_1-\gamma_{11}\zeta_1\cdots\cdots(c)$$

$$R_1=l_4/\pi^4K_b\cdot(-p_1^{(0)}+2p_2^{(0)}-p_3^{(0)})\cdots\cdots(d)$$

$$\gamma_{11}=9Bl^4/\pi^4Kb^3\cdots\cdots(e)$$

従つて　$\mu^4f_{1\mu}+\gamma_{11}f_{1\mu}=a_{1\mu}$　;　$f_{1\mu}=a_{1\mu}/(\mu^4+\gamma_{11})$.

$$\zeta_1=\sum_{\mu=1}^{\infty}a_{1\mu}\cdot\sin\mu\xi/(\mu^4+\gamma_{11})\cdots\cdots(f)$$

中桁の p, M, Z は次のようになる。

$$p_2=p_2^{(0)}-3B/b^2\sum_{\mu=1}^{\infty}a_{1\mu}\cdot\sin\mu\xi/(\mu^4+\gamma_{11})\cdots(g)$$

$$M_2=M_2^{(0)}-3Bl^2/\pi^2b^2\Sigma\,a_{1\mu}\cdot\sin\mu\xi/\mu^2(\mu^4+\gamma_{11})\cdots\cdots(h)$$

$$Z_2=Z_2^{(0)}-3Bl^4/\pi^4Kb^2\Sigma\,a_{1\mu}\cdot\sin\mu\xi/\mu^4(\mu^4+\gamma_{11})\cdots\cdots(i)$$

さて,

$p_1^{(0)}=p_3^{(0)}=3/8\cdot gb$, $p_2^{(0)}=10/8\cdot gb$

$R_1\ =7/4\cdot gl^4/\pi^4K$

$$\zeta_1\ =7\cdot gl^4/\pi^5K\cdot\sum_{\mu=1,3,5}^{\infty}\cdot\sin\mu\xi/\mu(\mu^4+\gamma_{11})$$

$$M_2\ =M_2^{(0)}(\xi)-gbl^2/\pi^3\cdot\gamma_{11}\sum_{\mu=1,3,5}^{\infty}\sin\mu\xi/\mu^3\times(\mu^4+\gamma_{11})$$

ここに,

$$M_2^{(0)}(\xi)=10/8\cdot gbx(l-x)/2=5/8\cdot gbl^2(1-\xi)\xi/\pi^2$$

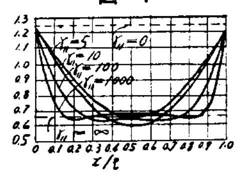
$$p_2=10/8\cdot gb-7/3\cdot gb/\pi\cdot\gamma_{11}\sum_{\mu=1,3,5}^{\infty}\cdot\sin\mu\xi/\mu(\mu^4+\gamma_{11})$$

もし, $\gamma_{11}=0$ ならば　$p_2=10/8\cdot gb$

$\gamma_{11}=\infty$ ならば　$p_2=2/3\cdot gb$

種々なる γ に対する p_2 の変化は次図のようになる。

図—4



なお, 原論文には, 集中荷重が作用する場合, 縦桁が6本の場合等をも扱つている。

(早稲田大学　平嶋政治)

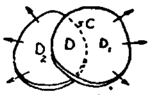
棒から板への張力の伝達

By J.N. Goodier, C.S. Hsu

Journal of Applied Mechanics Vol. 21, 1954

1. 一般論　薄板 D_1 が他の薄板 D_2 に重なり共通面 D で一体的結合をなす。D_2 は実際は D_1 を挾んで上下2枚から成る。解析には曲げを考えぬとすると D_1, D_2 のポアソン比(ν_1, ν_2)が等しければ両板の厚さ，ヤング率に関係なく結合により伝えられる力はDの周Cにおける線状分布力だけでD内の結合面力は関与せぬ。これを示すため平面応力における板の変位方程式

図—1



$$\nabla_1 u+\frac{1+\nu}{1-\nu}\frac{\partial e}{\partial x}+\frac{X}{hG}=0$$

$$\nabla_1 v+\frac{1+\nu}{1-\nu}\frac{\partial e}{\partial y}+\frac{Y}{hG}=0$$

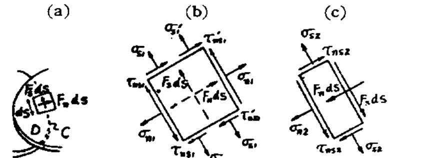
をとる。ただし X, Y は面力成分，h は板厚，G は剪断剛性率，e は膨脹 $(=\partial u/\partial x+\partial v/\partial y)$ である。上の問題で D_1, D_2 の共通部変位は等しいから $u_1=u_2=u$ 等とし，X, Y は両板に関し等大反方向なるを考えれば上記第1式から

$$\nabla_1 u+\frac{1+\nu_1}{1-\nu_1}\frac{\partial e}{\partial x}+\frac{X}{h_1G_1}=0$$

$$\nabla_1 u+\frac{1+\nu_2}{1-\nu_2}\frac{\partial e}{\partial x}-\frac{X}{h_2G_2}=0$$

この差を作ると $\nu_1=\nu_2$ なら $X=0$, 同様 v の式から $Y=0$ を得て，しかもこのことは h, G の等，不等にによらない。

図—2



2. 局所論　Dの周外の D_1, D_2 内の応力により重ね部分の応力及びC上の分布力が知れることを示す。**図—2 (a)** に D_1 内の矩形要素でCを通るものをとる。これに働らく D_1 内の応力成分をCの外部でダッシュをつけて区別し **図—2 (b)** に示す。また D_2 上でこの要素と重なる部分を **図—3 (c)** に示す。$F_n\,ds$, $F_s ds$ はCでの結合力(単位長当り)である。$dn/ds\to 0$ とすると応力平衡の式は

$$t_1(\sigma_{n1}-\sigma_{n1}')=2F_n;\ t_1(\tau_{ns1}-\tau_{ns1}')=2F_s\cdots(1)$$

(2は D_2 が上下2枚から成るによる。原文は D_2 が1枚の場合の計算を行つているがあえて抄訳者は初めから2枚とした方が明瞭と思うので少しく改めた)

同じく

$$t_2\sigma_{n2}=-F_n\ ;\quad t_2\tau_{ns2}=-F_s\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

t_2 は D_2 1枚の厚さである。

完全結合の下でDにおける両板のひずみ等しくまた D_1 の伸びひずみでCに沿うものは相等しい。すなわち

$$\varepsilon_{s2}=\varepsilon_{s1}=\varepsilon_{s1}'(=\varepsilon_s);\ \varepsilon_{n2}=\varepsilon_{n1}(=\varepsilon_n);$$
$$\gamma_{ns2}=\gamma_{ns1}(=\gamma_{ns})\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

応力ひずみ関係式は

$$\sigma_n=E(\varepsilon_n+\nu\varepsilon_s)/(1-\nu^2);$$
$$\sigma_s=E(\varepsilon_s+\nu\varepsilon_n)/(1-\nu^2);\ \tau_{ns}=G\gamma_{ns}\cdots\cdots(4)$$

これらから

$$1+\left(\frac{2\,t_2G_2}{t_1G_1}\right)\gamma_{ns}=\gamma_{ns1}'\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

$$\left\{1+2\frac{t_2E_2(1-\nu_1^2)}{t_1E_1(1-\nu_2^2)}\right\}\varepsilon_n=\varepsilon_{n1}'-\frac{2\,t_2E_2(1-\nu_1^2)}{t_1E_1(1-\nu_2^2)}\nu_2\varepsilon_{s1}'\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

すなわち (5) (6) 及び (3) の第1式でD内のひずみ ε_n, ε_s, γ_{ns} が D_1 のC外のひずみ ε_{s1}', ε_{n1}', ε_{ns1}' で表わされた。これは局所的関係である。(3) (5) (6) 式を用いて

$$F_n=\frac{-E_2t_2}{1-\nu_2^2}(\varepsilon_n+\nu_2\varepsilon_s)=\frac{-t\{(1-\nu_1\nu_2)\sigma_{n1}'-(\nu_1-\nu_2)\sigma_{s1}'\}}{\left\{2(1-\nu_1^2)+(1-\nu_2^2)\dfrac{E_1\,t_1}{E_2\,t_2}\right\}}\cdots(7)$$

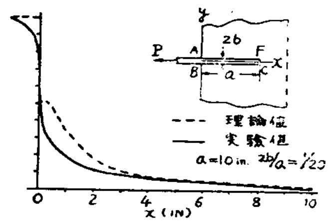
$$F_s=-t_2\,G_2\gamma_{ns2}=\frac{-t_1\tau_{ns1}'}{2+\dfrac{t_1\,G_1}{t_2G_2}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

$\nu_1=\nu_2$, $E_1=E_2$, かつ $t_1=2\,t_2$ ならば

$$F_n=-t_1\sigma_{n1}'/4\ ;\ F_s=-t_1\tau_{ns1}'/4\cdots\cdots\cdots(9)$$

すなわち D_1 の荷重の 1/4; づつがCの線分布力として上下の D_2 へ伝わる。従つて 1/2 の力が線結合力となつて入る。

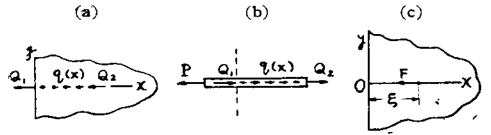
図—3



3. 実験　半無限板 (D_1) の上下に2枚の帯板 $(a\times 2\,b)$ D_2 がつく場合は全く **1, 2** と同じ状況となるのでこのとき AB における帯板内の張力減少は 50% となる。またこの張力は端部 CF に至るとき0とはならない。この理論計算は **4.** に述べる。実験はブロックから切り出した試験片について行い抵抗線ひずみ計によつて帯板内の伸びひずみを求めた。AB 部で張力降下に不連続の現われないのは完全平面応力状態が期待されないことと，ゲージ，結合部間の帯板厚が有限であることによる。帯板の自由部でただちに張力が外張力に到達しないのは平板が横方向の拘束を与えるためである。また結合部右端CFにおける張力は a が短かいほど大きくなることが見られる。実験における a としては 10, 8, 3, 2, 1, 1/2, 1/4 (単位 in) を用いた。曲げ影響を取りのぞくためゲージはもちろん上下に張つてある。

4. 理論的張力分布　板と棒との間の張力伝達に関

図—4



する問題は性質上積分方程式に帰せられる。いわゆる張力急減は方程式の核の不連続による。帯板は十分細く横力無視して平板と帯板の間の線状荷重が帯板中心線に働らくとしてそれは図—4 (a),(b) に示すようにの Q_1 $(x=0)$ $q(x)$ $(0<x<a)$ Q_2 $(x=a)$ である。さて図—4 (a) のごとく $(\xi, 0)$ に働らく力 F による $(x, 0)$ 点のひずみを Melan によれば (E. Melan : Z.A.M.M. Vol. 12, 1932),

$$FK(x, \xi)/\pi t_1 E_1$$

$$K(x, \xi)=\frac{(3-\nu)(1+\nu)}{x-\xi}+\frac{5-2\nu+\nu^2}{x+\xi}+2(1+\nu)^2\frac{\xi(x-\xi)}{(x+\xi)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

従つて Q_1, Q_2, $q(x)$ によるひずみ $\epsilon(x, 0)$ は

$$\epsilon(x, 0)=\frac{1}{\pi t_1 E_1}\left[Q_1 K(x, 0)+Q_2 K(x, a)+\int_0^a K(x, \xi)\, q(\xi)\, d\xi\right] \cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

これは帯板内張力（2枚合せて）を $p(x)$ とすると $p(x)/4\,bt_2E_2$ に等しく一方図—4 (c) より $q(\xi)=-dp$ $\times(\xi)/d\xi$ であるから (11) 式は

$$p(x)=\frac{4\,bt_2E_2}{\pi t}\left[Q_1 K(x, 0)+Q_2 K(x, a)-\int_0^a K(x, \xi)\frac{d}{d\xi}p(\xi)\, d\xi\right] \cdots\cdots\cdots\cdots(12)$$

これが $p(x)$ に関する積分方程式で $(0, a)$ 区間に適当な8点をとりそれに応ずる p を $p_1, \cdots p_8$ として代数的に解いた。

核 $K(x, \xi)$ は $x=\xi$ で特異性をもつので (12) 式積分には Cauchy の主値をとる。このようにして図—3の理論曲線を得た。

（東京大学工学部　山口柏樹）

新　刊　紹　介

セメントコンクリート製品の技術

A・5判 313 ページ　日本建設材料協会発売　頒価 300 円　昭. 29. 11. 19. 刊行

セメント・コンクリート製品の生産者および使用者を対象に，日本工業規格（JIS）を中心にして，製造技術についての要点を解説したものである。製品の種類としては遠心力鉄筋コンクリート製品（パイプ・ポール・クイ）をはじめ一般のコンクリート製品から建築用の屋根材・壁材等に及び，かつそれにともなうセメントおよびコンクリート関係の規格についてふれている。工業技術院で主催して開かれたセメントコンクリート製品の技術講習会（11 月～12 月）のテキストとして編集されたものであるが，関係日本工業規格も集録してあるため，関係者の座右にあれば大変便利であると思われる。執筆者は山田順治・杉木六郎の両氏のほかセメント・建築関係の権威者4氏があたつている。

（編　集　部）