

# 文 献 抄 錄

土木学会文献調査委員会

## 土の動力学の基本方程式について

"On the Basic Equations of Soil Dynamics", Tsien, H.S.

本論文は、ムスケリンビリーの70才記念論文集として発行された "Problems of Continuum Mechanics" と題する単行本の 565 ページから 569 ページの間におさめられている。

水で飽和された土の運動方程式についてのべたもので、土の粒子部分の固体相と、含水部分の液体相とを区別してべつべつに運動方程式をたてている。そして固体相については、粘弾性的な応力一ひずみ関係式が適用できるとし、液体相には連続の方程式があてはまると考えている。

固体相と液体相の両方程式は全く独立した、別個のものではなく、浸透力を加味した項で、両者が互いに入り組んでいる。まず固体相の運動方程式について考えると、従来考慮されてきた力のほかに、水圧と浸透力とが新たに加味されている。土粒子の  $x, y, z$  方向の変位を、それぞれ  $u_x, u_y, u_z$  とし、間げきを流れる水の速度成分を  $v_x, v_y, v_z$  とすると、これらの相対速度に比較する浸透力が作用する。

つまり、

$$K\left(v_x - \frac{\partial u_x}{\partial t}\right), K\left(v_y - \frac{\partial u_y}{\partial t}\right), K\left(v_z - \frac{\partial u_z}{\partial t}\right)$$

が固体相、液体相を通じて、共通に作用する。

ただし、

$$K = \frac{f^2 \rho_2 g}{K_\phi}$$

$K_\phi$ ; 透水係数,  $\rho_2$ ; 水の重さ

$f$ ; 間げき比,  $g$ ; 重力加速度

土粒子の密度を  $\rho_1$  とすると、単位体積中の固体の重量は  $r_1 = \rho_1(1-f)$  となる。ゆえに固体相の運動方程式として次のような形の式が3個えられる。

$$\begin{aligned} r_1 \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} - (1-f) \\ &\quad \times \frac{\partial p}{\partial x} + K\left(v_x - \frac{\partial u_x}{\partial t}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

ただし重力方向の均合方程式には  $-r_1 g$  なる項をつけ加える必要がある。次に液体相の方程式を考えると、これは、単位体積中の水の重さは  $r_2 = \rho_2 f$  であるから、

$$r_2 \frac{\partial v_x}{\partial t} = -f \frac{\partial p}{\partial x} - K\left(v_x - \frac{\partial u_x}{\partial t}\right) \quad (2)$$

のごとくに表現できる。この場合も重力方向の運動方程式には  $-r_2 g$  なる項をつけ加える必要がある。固体相の応力ひずみ関係式は

$$\left. \begin{aligned} \left(\eta \frac{\partial}{\partial t} + G\right) \sigma_x &= 2G \eta \frac{\partial \epsilon_x}{\partial t} + \left[ \eta \left(\theta - \frac{2}{3}G\right) \right. \\ &\quad \times \left. \frac{\partial}{\partial t} + \theta G \right] \bar{\epsilon} + \left( \eta \frac{\partial}{\partial t} + G \right) \bar{p} \end{aligned} \right\}$$

の形のものが3個と、

$$\left. \begin{aligned} \left(\eta \frac{\partial}{\partial t} + G\right) \tau_{xy} &= G \eta \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial t} \\ &\dots \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

の形のものが3個と、合計6個とからなり立つことになる。ここで、 $\sigma_x, \tau_{xy}, \dots$  などは通常の応力成分、 $\epsilon_x, \tau_{xy}, \dots$  等はひずみ成分、 $G$  は剛性常数、 $\theta$  は体積弾性率、 $\eta$  は粘性係数、 $\bar{\epsilon} = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z$ 、 $\bar{p} = 1/3(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$  である。また、液体相については連続の方程式が成り立ち、土粒子、水とともに非圧縮性の場合は次のようになる。

$$f\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right) = (1-f) \frac{\partial \bar{\epsilon}}{\partial t} \quad (4)$$

以上(1), (2), (3), (4)の式が、初期条件、境界条件とあわせて、土の運動を表現する基本方程式となるわけである。

これらの基本方程式を用いて、いかに実際問題を解くかについては、この論文ではふれていない。

(石原 研而)

## 土と構造材料の間の摩擦

"Skin Friction between Various Soils and Construction Materials.", Potyondy, J.G., Géotechnique, Vol. 11, No. 4 December (1961)

特に基礎工学の分野で土と構造材料の間の表面摩擦 (skin friction) の大きさが問題になるが、種々の材料と土の組合せについて摩擦を室内試験で求め設計のための一資料を提供している。

摩擦に影響をおよぼす要因は土の種類、材料の種類、材料の表面の粗度、土の含水比などであるが実験はこれらをいろいろ変えて行なわれた。材料としては鋼、コンクリート、木材を用いた。鋼の表面はサンドペーパーでみがいたものとさびを生じさせた後あらいさびだけ取り除いたものの2種、コンクリートは表面のあらいものは最大径 7.5 mm の骨材を用いて地面に直接打設したもの、表面のなめらかなものは最大径 2.5 mm の骨材を用いて合板の型わくに打設したものである。木材は松で繊維に平行な方向と直角な方向の摩擦を測定した。土は両極端として粘土と砂、その中間の土として両者を 50% ずつ混合した土、粘性のないシルトとして 200 番フルイを通過したカコウ岩の粉の4種で混合土のせん断特性は粘着力は粘土の粘着力に等しく内部摩擦角は砂のほぼ半分である。

表-1 係数  $f_\phi$ ,  $f_c$ ,  $f_c^{\max}$  の表

| 構造材 料   |                | 砂                           |                      | 粘性のないシルト             |                      | 砂と粘土の混合土                   |                      | 粘 土                  |                             |                      |
|---------|----------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
|         |                | 0.06 < D < 2.0 mm           |                      | 0.002 < C < 0.06 mm  |                      | 砂 50% + 粘土 50%             |                      | D ≤ 0.06 mm          |                             |                      |
| 表面仕上げ状態 |                | 乾燥                          | 飽和                   | 乾燥                   | 飽和                   | コンシステンシー<br>指数 = 1.0 ~ 0.5 |                      |                      | コンシステンシー指<br>数 = 1.0 ~ 0.73 |                      |
|         |                | 密                           |                      | 密                    | 粗                    |                            |                      |                      |                             |                      |
|         |                | $f_\phi$                    | $f_\phi$             | $f_\phi$             | $f_\phi$             | $f_\phi$                   | $f_c$                | $f_\phi$             | $f_c$                       | $f_c^{\max}$         |
| 鋼       | なめらか<br>あらい    | みがいたもの<br>さびたもの             | 0.54<br>0.76         | 0.64<br>0.80         | 0.79<br>0.95         | 0.40<br>0.48               | 0.68<br>0.75         | 0.40<br>0.65         | —<br>0.35                   | 0.50<br>0.50         |
| 木材      | 繊維に平行<br>繊維に直角 |                             | 0.76<br>0.88         | 0.85<br>0.89         | 0.92<br>0.98         | 0.55<br>0.63               | 0.87<br>0.95         | 0.80<br>0.90         | 0.20<br>0.40                | 0.60<br>0.70         |
| コンクリート  | なめらか<br>あらい    | 鉄の型わく使用<br>合板型わく使用<br>地面に打設 | 0.76<br>0.88<br>0.98 | 0.80<br>0.88<br>0.90 | 0.92<br>0.98<br>1.00 | 0.50<br>0.62<br>0.79       | 0.87<br>0.96<br>1.00 | 0.84<br>0.90<br>0.95 | 0.42<br>0.58<br>0.80        | 0.68<br>0.80<br>0.95 |
|         |                |                             |                      |                      |                      |                            |                      |                      | 0.40<br>0.50<br>0.60        | 1.00<br>1.00<br>1.00 |

実験は一面せん断試験機を用いて土のせん断試験を行なったのち、せん断箱の下部に上記の材料を上部に土を入れ垂直荷重をかけて摩擦力を測定した。

ほかの固体と土の間の摩擦抵抗は土が固体と液体よりもために固体間の摩擦より複雑になるが土のせん断抵抗より大きくなることはあり得ない。従って実用的な見地からもこの摩擦と土のせん断抵抗の関係を求めておくといい。いま土と各種材料の間の摩擦角を  $\delta$ 、表面における付着力を  $c_a$ 、垂直荷重を  $\sigma$  とすると摩擦抵抗をクーロンの式の形  $c_a + \sigma \tan \delta$  であらわすことができる。ここで土の粘着力を  $c$ 、内部摩擦角を  $\phi$  として  $f_c = c_a/c$ 、 $f_\phi = \delta/\phi$  なる係数を考えると

$$\text{摩擦抵抗} = f_c c + \delta \tan(f_\phi \phi)$$

と書くことができる。純粋な粘性土では最大密度において粘着力が一定となるから係数は  $f_c^{\max} = c_a^{\max}/c^{\max}$  と書きかえるべきである。この  $f_c$ 、 $f_\phi$ 、 $f_c^{\max}$  を実験結果より計算して表-1 に示す。

摩擦杭の支持力などの問題に際しては上記の方法で計算した摩擦抵抗を安全率で割る考え方と、それぞれの係数を安全率で割ってそれを計算に用いる方法とが考えられる。

(矢部 正宏)

## コンクリートおよびモルタルの乾燥収縮に関する一考察

"Aco-ordinated Approach to the Shrinkage Testing of Concretes and Mortars.", Fulton, F.S., Magazine of Concrete Research, Vol. 13, No. 39, November (1961)

コンクリートおよびモルタルの乾燥による収縮率は、その配合、セメントの諸性質、骨材およびセメントペーストの弾性係数およびボアソン比、セメントペーストの炭酸塩化、コンクリートおよびモルタルのクリープ、養生条件など多くの要素によって決まる。この報告では、コンクリートおよびモルタルの収縮率を推定するための理論式を提案し、この理論式を用いた計算値と実験値と

の間に適合性を検討し、さらに、G. Pickett が提案した実験式を用いた収縮率を推定するための図を作成した。

コンクリートあるいはモルタル供試体の理論的乾燥収縮率は次式によって表わすことができる。

$$\frac{\delta L}{L} = \left\{ S(1-A) + S_a \frac{G}{G_a} A \right\} / \left\{ (1-A) + \frac{G}{G_a} A \right\} \quad (1)$$

$$A = a_a/a$$

$$G/G_a = \{(1-2\mu)E_a\} / \{(1-2\mu_a)E\}$$

ここに、 $L$ : 供試体の測定長さ、 $\delta L$ : 供試の収縮量、 $S$ 、 $S_a$ : 無拘束状態におけるセメントペーストおよび骨材の収縮率、 $a$ : 供試体の長さ測定軸に垂直な一断面の面積、 $a_a$ 、 $a$  と同一断面における骨材の面積、 $\mu$ 、 $\mu_a$ : セメントペーストおよび骨材のボアソン比、 $E$ 、 $E_a$ : セメントペーストおよび骨材の弾性係数である。

セメントペーストの乾燥収縮率と水セメント比との間に次のような関係式が成立することが知られている。

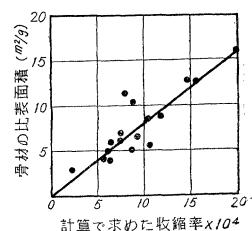
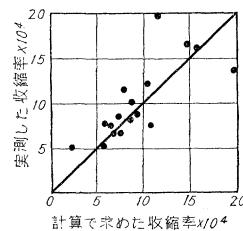
$$S = K \frac{w}{c} \quad (2)$$

ここに、 $K$ : セメントの物理化学的性質および試験の条件によって決まる常数、 $w/c$ : 水セメント比である。

National Building Research Institute において実施したモルタルの乾燥収縮試験の結果から得られる実測値と(1)、(2)式を用いた計算値との関係は図-1 のとおりであった。また、この試験に用いた細骨材の比表面積と収縮率の計算値との間の関係は図-2 のとおりであつた。

図-1 収縮率の計算値と実測値との間の関係

図-2 収縮率の計算値と使用骨材の比表面積との間の関係



た。図-1,2 の相関係数はそれぞれ 0.79, 0.88 であつて、前者より後者の方がよりよい相関関係を示した。この収縮試験に用いたモルタルの配合は、セメント：骨材 = 1 : 3, 水セメント比 = 0.4 であって、供試体は  $1 \times 1 \times 11\text{-}1/4$  in の角柱であり、養生方法は初めの 7 日間 21°C の霧室、続く 3 日間 108°C の乾燥炉に設置された。収縮率の計算にあたり、 $K = 0.52\%$ ,  $E = 4.2 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$ ,  $\mu = 1/6$  とした。

G. Pickett はモルタルおよびコンクリートの乾燥収縮試験結果から次のような実験式を導いた。ただし、 $k$  は収縮係数であって、使用したセメントペーストおよび骨材の弹性係数、ポアソン比によって決まる値である。

$$\frac{\delta L}{I} = S(1-A)^k \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

(2) 式を上式に代入すれば次式のようになる。

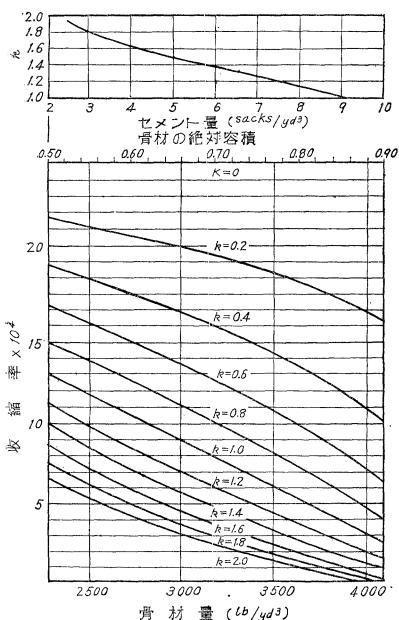
$$\frac{\delta L}{L} = K \frac{w}{c} (1-A)^k \dots \dots \dots (4)$$

U.S. Bureau of Reclamationにおいて実施した収縮試験結果に(4)式を適用し、 $K=0.52\%$ として収縮係数 $k$ を求めた結果は表-1のとおりである。この収縮試験結果に(4)式を適用し、 $K=0.52\%$ として収縮係数 $k$ を求めた結果は表-1のとおりである。

表-1 収縮係数  $k$  の値

| セメント比 | セメント使用量 (sacks per yd <sup>3</sup> ) |      |      |      |      |      |
|-------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
|       | 9                                    | 8    | 7    | 6    | 5    | 4    |
| 0.4   | 1.04                                 | 1.17 | 1.26 | 1.40 | 1.53 | 1.68 |
| 0.5   | 0.93                                 | —    | 1.20 | 1.31 | 1.44 | 1.63 |
| 0.6   | —                                    | 1.20 | 1.17 | 1.34 | 1.48 | 1.62 |
| 0.7   | —                                    | —    | —    | 1.35 | 1.59 | 1.67 |

図-3 温度 20°C、湿度 50% で養生した  $w/c=0.5$  のコンクリートおよびモルタルの材令 6 カ月における収縮率



験に用いたモルタルおよびコンクリート供試体は  $5 \times 5 \times 17$  in の角柱であり、養生方法は初めの 7 日間湿潤養生とし、その後は  $20^{\circ}\text{C}$ 、湿度 50% の空中養生とした。

図-3 は 20°C、湿度 50% の空中養生を行なった水セメント比 0.5 のモルタルおよびコンクリート供試体の材令 6 カ月の収縮率を推定するための図であって、(4) 式によって作成した。上図はセメント量と収縮係数  $k$  との関係を示し、下図はある  $k$  値に対する骨材量と収縮率との関係を示す。(2) 式より、収縮率は水セメント比に比例することが明らかであるから、図-3 を利用してすべての配合のモルタルあるいはコンクリートの収縮率を推定することができる。

使用骨材には異常な収縮性を示す骨材があるが、このような骨材を用いたコンクリートおよびモルタルの収縮率を推定するには以上の諸式を修正した式によらなければならない。実験室で実施した収縮試験結果から実際のコンクリート構造物の収縮を判断することは多くの複雑な要素が介在するため非常に困難である。

(德 田 强)

## 流水の中に置かれた平板の振動 (Hydrodynamic Vibration)

"Hydroelastic Vibration of Flat Plates Related to Trailing Edge Geometry", *Toebes, G.H. & Eagleson, P.S.*, Jour. of Basic Eng., Trans ASME, December (1961)

流れの中に置かれた構造物には、しばしば振動現象が付随する。電線や煙突の振動、プロペラや水車ランナーの鳴動などは良く知られている例である。このような振動は、物体の後端部の形を修正すれば、かなり取り除きうることが最近明らかにされたが、その力学機構は不明である。本論は、この問題の解明および機械・構造物の設計に資するために、水流中に置かれた平板の振動特性（このような振動を Hydroelastic Vibration とよぶ）についての研究報告である。実験に用いた平板は、厚さ  $1/4''$ ・スパン  $9''$ ・巾  $2''$  の大きさで、後端部の形は 図-2,3 のような 4 種とした。平板は前端部を心棒で支えられ、このまわりに“ねじりバネ”的作用による復原力が働くようになっている。

レイノルズ数 300 以下の流れについては、いわゆる Karman 潜列の理論が適用しうることは良く知られるところであり、これによって平板に働く周期力、従って振動特性は簡単に定まる。しかし、レイノルズ数が増加するにつれて、平板の後流渦は広いスペクトル巾の振動数をもつ不規則な渦となり、かつわずかの後端部の形の違いによって、渦の発生状態が変化するので、この点を著

慮して振動方程式を立てる必要がある。

**理論：**平板のうける回転モーメントは、回転角を  $\alpha$  として、Theodorsen (NACA R 496) に従って次のようにになる。まず、仮想質量によるもの  $M'$  :

$$M' = \rho \pi b^4 \left( 1.5 \frac{U}{b} \dot{\alpha} - 1.125 \ddot{\alpha} \right)$$

空気力学的揚力によるもの  $-M_\alpha$  :

$$-M_\alpha = \rho \pi b^2 U^2 \left( \alpha + \frac{3}{2} \frac{b}{U} \dot{\alpha} \right) c_t \left( \frac{\omega b}{U} \right)$$

ただし、

$2b$  = 平板の巾；

$$c_t \left( \frac{\omega b}{U} \right) = \text{Theodorsen 関数} \approx 0.5 + 0.02i$$

また、渦による揚力は、Karman 理論を拡張して

$$F_L' = GN(\alpha) \frac{U^2}{S} \{ B_1 e^{i\omega t} - B_3 e^{i3\omega t} + \dots \}$$

となる。ここに、 $S = \omega d / 2\pi U$  = Strouhal 数、 $d$ ：平板の特性的長さ（巾または厚さ）、 $G$ ：平板の後縁部の幾何形状に関する係数、 $N(\alpha)$ ；回転角の増大に関する因子である。平板の振動方程式は、 $I_t$ ：平板の慣性、 $c$ ：粘性による減衰係数、 $k$ ：ねじりバネ係数、 $X$ ：回転の中心と揚力の作用点間の距離とすれば

$$I_t \ddot{\alpha} + c \dot{\alpha} + k \alpha = M' + M_\alpha + X F_L'$$

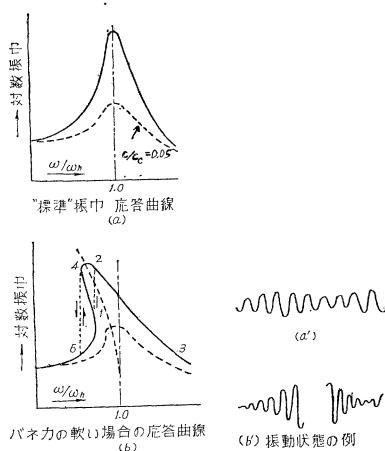
または

$$I_t \ddot{\alpha} + \left( c - m_1 \frac{S}{U} \right) \dot{\alpha} + \left[ k + \left( 1 - \frac{3}{2} S \right) m_2 S - m_3 \alpha^2 + m_4 \cos 2\omega t \right] \alpha = m_5 GN \cos \omega t$$

となる。ただし、 $m_i$  は上記の係数で表わされる定数である。

この式を一般的に解くことは困難であるが、各係数間の大きさに特別の仮定をおけば、つまりいずれかの力の作用が卓越している場合の応答曲線を知ることはできる。例えば、 $GN$  が十分大きければ、図-1(a) のように

図-1



なり、 $S = \text{一定}$  で  $m_4 \cos 2\omega t$  の項を無視すれば Duffing 方程式に帰着し、振巾跳躍のある 図-1(b) の曲線となり、 $S = \text{一定}$  で  $m_3 \alpha^2$  の項がなければ良く知られる Mathieu 関数となる。

**実験：** 実験結果は、図-2~4 に示すとおりである。まず、Strouhal 数  $S$  は、バネで復原力を与えられている場合には一定ではなく、かつ後端部 (trailing edge) の形に決定的に支配されることが明らかとなった。つまり、周期的な Karman 渦としての力学機構よりは、後流のはく離特性に振動現象の解明のカギがある。図-3 をみると、渦のはく離点の不明確な No. 1, No. 4 の平板は、共振域が広いのみならず、共振振巾も大きく自励現象が起こっていることも明らかであり、この型の後端部は、後流の二次元性を保持するように働くことがわかる。これに反して、No. 2 の平板は後流のはく離点が一定しており、共振域は狭く、共振振巾も小さく (No. 1 の  $10^{-2}$  位)，自励現象もほとんど起きていない。

図-2

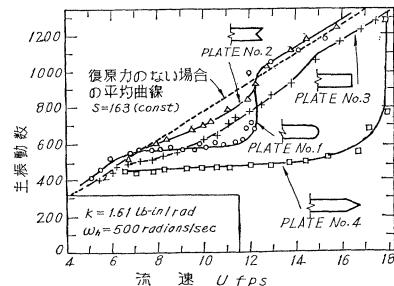


図-3

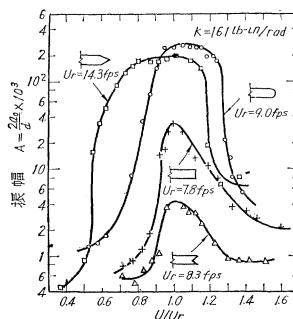
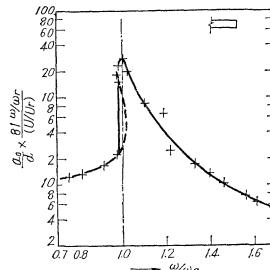


図-4



振動数一振巾の曲線は、図-4 のようになり、図-1(b) の理論曲線と定性的に良い一致を示している。なお、図-3, 4 の比較で明らかなように、振動数に対しての共振域は広くなくとも、風速に関する共振域の広い点に注意する必要がある。流線形の平板では、上下の境界層のはく離点が互いに接近して、後流渦の発生はほとんどなく、測定しうるほどの振動はみられなかつた。

(日野 幹雄)

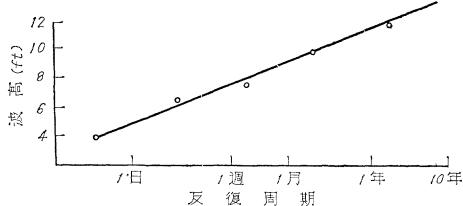
## 土木技術者のための波浪情報

"The Information Required by the Civil Engineer",  
Russel, R.C.H., The Dock & Harbour Authority, No.  
491, Vol. XLII, September (1691)

土木技術者にとって、波浪観測記録はいろいろな方面に利用できるが、ここでは、波浪観測記録を用いて、港湾が使用不能となる年間当たりの日数を求めて見よう。

ある波高の波が一年間に何度起るかを調べて、その波が再び現われるまでの期間を反復周期とし、反復周期と波高を片対数方眼紙上にプロットすると、通常図-1のように直線となる。これと、港湾模型によって得られ

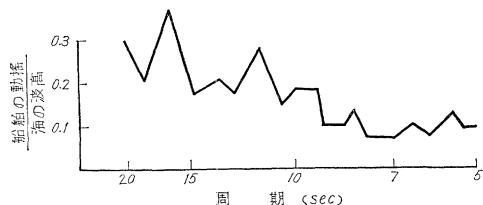
図-1 反復周期と波高(片対数)



る応答曲線を利用することによって、港湾が使用不能となる年間当たりの日数、あるいは2時間数が算定できる。さて、港湾の保護作用は、

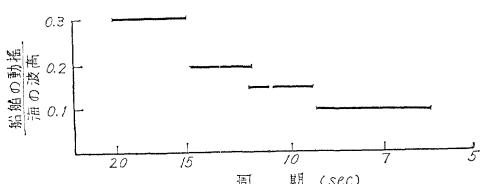
埠頭における波高 あるいは 船舶の水平動  
海上における波高 海上における波高  
によって表わされるが、この値は波の周期によって定まるので、問題はやや複雑になる。

図-2 バース中におけるけい船しない船舶の応答曲線



港湾模型によって得られる典型的な応答曲線は図-2のごとくであるが、これは図-3のように、周期を 15

図-3 単純化した応答曲線



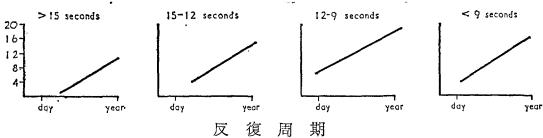
秒以上・15~12秒・12~9秒・9秒以下の4種と分類して単純化される。

以下、実例によって、船舶が過度に動揺する年間当たりの日数を求めて見よう。

例: 2 ft 以上の水平動があると船舶は作動不能とされる。図-3よりこれに対応する波は、次のようになる。

- (a) 周期15秒以上の場合、波高 6.7 ft
- (b) 周期15~12秒の場合、波高 10 ft
- (c) 周期12~9秒では 13.3 ft
- (d) 周期9秒以下の場合、波高 20 ft

図-4 同期帯に分類した反復周期一波高曲線



次に、図-4を見ると、

|             |              |
|-------------|--------------|
| 波(a)は1年に12回 | (c)は1年に5回    |
| (b)は1年に5回   | (d)は1年に1回起こる |
| 計 23回       |              |

従って、港湾が使用不能になるのは年 23 回である。

(島崎 武雄)

## ロスアンゼルス市配水敷設の水圧分布と管理について

"Pressure Zoning and Maintenance in the Los Angeles Distribution System", Mamrell, E.S., Jour. AWWA., December (1961)

本論文はロスアンゼルス市水道の水源、配水施設、ダムにおける給水状況と維持管理について紹介したものであるが、特に多足連絡管を減圧調整に使用し、成功したことを述べている。

### ロスアンゼルス市水道と水圧分布

現在、ロスアンゼルスは 458 sqmi(1 186 km<sup>2</sup>) の給水区域内に人口 250 万人の給水を行なうにあたり、2 本の大口径導水管に沿って 7 個の貯水池(容量 350 683 acre-ft=432 600 000 m<sup>3</sup>) と市内には 39 個の貯水池(容量 55 594 acre-ft=68 581 000 m<sup>3</sup>) が設けられている。水源としては次の 3 種類があり一地下水、Owens Valley, Colorado River—各供給量は 21, 62, 17 % となっている。給水状況は海面より 2 440 ft(744 m) の高地にわたる区域に、年間 463 m<sup>3</sup>/d(1 753 000 m<sup>3</sup>/日) の水量を供給し、94 個の貯水池と貯水槽、79 のポンプ所と 185 の減圧所を持っている。地勢と許容水圧(43~100 psi=3.02~7.03 kg/cm<sup>2</sup>) の関係から、100 カ所以上の区域を建設する必要にせまられ、各区域は自然流下水、減圧水、ポンプ加圧水、またはこれらの組合せによる水が供給されることになる(図-1)。

### 水圧—流量調整所

流量調節のために制水弁をしづらった場合、流速が増加するがこの点では大きな騒音と振動を生じ、下流側の管はセメントモルタルの塗覆が破壊される。この結果制水弁の両側の管(片落管)はともに 5 年間で取り替えな

ければならない。またここで生じる騒音と振動は付近の住民に長期間にわたって不快感を与えてきたので、障害を取り除くために図-2の装置が考案された。

図-1 水圧分布

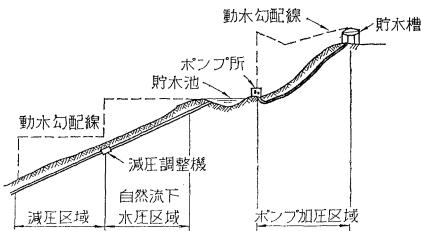
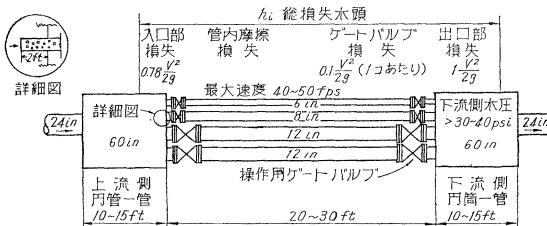


図-2 流量調節用多足連絡管



図と同形の減圧所は4カ所できているが、ここで行なわれた実験および操作上得られた結論を次に列記する。

- (1) 下流側円筒管の圧力が 35 psi (2.46 kg/cm<sup>2</sup>) 以下になると騒音と振動を生じる。
- (2) 流速が 40~50 fps (12.2~15.2 m/sec) 以上になると、同障害が表われるので、設計では管内流速を 40~50 fps とし、総損失水頭を 40~60 psi (2.81~4.22 kg/cm<sup>2</sup>) 以下とした。

(3) 連絡管の制水弁は開閉時の乱流の影響を避けるため、下流側円筒管に近づける。

(4) 入口部で騒音を除くため、詳細図に示した突出部を設ける(図-2)。

(5) 連絡管内の高速度流を安定させ、適当な摩擦損失水頭を保つために管長を 20~30 ft (6.1~9.1 m) 以上とする。

(6) 水圧変動の大きい時はゲートバルブをコーンバルブ、スフェリカルバルブに代え、将来は自動管理を行なう。

(7) 多足連絡管による減圧所の建設費は制水弁1個を使用する場合の 1/3 でよい。なお、 $Q = cA\sqrt{2gh}$  式における流出係数  $c$  の値は約 0.6 であることが述べられている。

(綱島 博)

## 土木構造物の架設撤去用クレーン車

“Maschinen für die Verlegung und den Abbau von Gleisjochen.”, Deutsche Eisenbahntechnik, Vol. 10, No. 1, January (1962)

フランス国鉄は軌道はしごの撤去や敷設用のクレーン車を製作した。この機械は、また、例えは、河川のはんらんによって破壊された橋の撤去や新設、ほかの各種の土木工事現場に何度も出動している(図-1)。

構造は、左右に1本ずつ2本のクレーンが鳥の羽をひろげた形で対称に張り出でて、走行用台車に積んだ形をし、台車は、4つの3軸ボギー車の軸に支持されている。主寸法は、図-1のごとくで、自重は 218 MP である。2つのクレーンのうち、1つは部材を吊り上げるのに用い、ほかのクレーンは対重を吊るためである。最大吊り上げ重量は、45 MP でこの値は、レールの敷設に限って 20% の増大が許容される。なお、24 MP 以下の重量に対しては対重が不要である。荷重吊り部は軌道中心から最大 6 m まで左右に回転が可能である(図-2)。

レール上を走行するときには、図-2のごとく、5つの部分に分解され、けん引力 308 t でひかれ、最大速度 70 km/h、最小曲線半径 250 m まで運転が可能である。組立ては6人の作業員で1時間かかる。自走用自動力としては、両方の中央ボギー車に各 70 HP の2つのモーターが装置され、500 m/h から 8 km/h までの速度調整ができる。吊りあげや回転用動力としては、ベルトーレオナット装置を用い、200 HP のディーゼルモーターが2つの同軸発電機に連結されている。このうち、一つの発電機は電圧を適宜に変えるようにされ、130 kW の出力を有し、残りの一つの発電機は一定電圧の電力を起こして、クレーン車の補助設備および制御回路に使われる。

図-1 作業開始のクレーン車

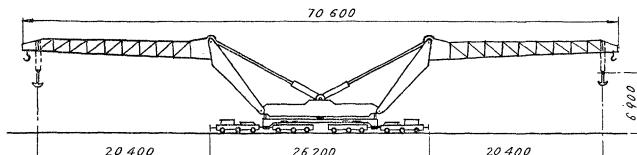
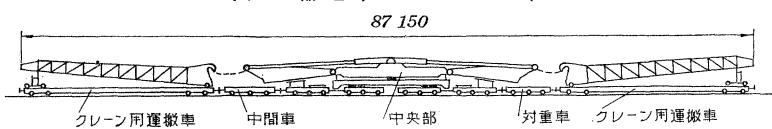


図-2 輸送中のクレーン車



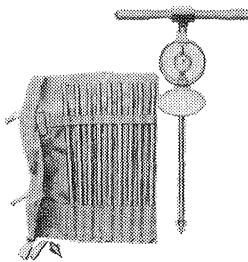
(竹下 貞雄)



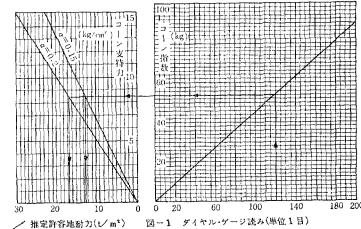
# 試験機紹介のページ

丸東製作所

TEL  
東京  
(641)  
2661  
7749  
8735



コーン・ペネトロメーターS 44一式



## 貫入試験による地耐力の推定と施工管理

### (特にコーン・ペネトロメーターに就て)

貫入試験とは先端にコーン又はサンブラーをつけたロッドを地盤に打込み(本法を動的貫入試験法と称す)又は押込んで(静的貫入試験法と称す)その貫入に対する抵抗の変化より地下の土質の状況を探査し、且つそれにより地耐力の推定を行なう試験です。

動的貫入試験については既に本誌3月号の本欄において、ポーター・サンブラーと一緒に概要を述べたので、本号では特に静的貫入試験について述べます。

### コーン・ペネトロメーターS 44の概要

本器は米国陸軍水路実験所で考案されたW.E.S.Penetrometerの型式を準用し、国有鉄道技術研究所土質試験室の御指導により完成した携帯型の静的円錐貫入試験器であります。

試験は先端に円錐型コーンをつけたロッドを人力により静的に地盤中に押し込んで、各深さ毎におけるその貫入抵抗の変化をブルーピング・リングにより測定し、オーガー・ボーリングと併用することによって、主に軟弱地盤断面の概況(土の硬軟、継り具合およびその配列状態)の把握、粘性土のおよびその粘着力、深さの迅速測定および地耐力の理論的推定をなすものであります。

本器を適用し得る地盤は主として軟弱地盤で、測定深さの限度は通常約5mであります。

| 試験器名称      | コーン・ペネトロメーター  | 施工管理用<br>ペネトロメーター           | ポケット型<br>ペネトロメーター    | スウェーデン式<br>貫入試験器                      | オランダ式<br>コーン・ペネトロメーター | 二重管式<br>コーン・ペネトロメーター |
|------------|---|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Model No.  | S 4 4   | S 4 4 R                     | S 4 5 A N            | S 6 4                                 | S 6 3 - D             | S - 6 3              |
| 先端部の型式     | コーン 30°   | コーン・60°                     | スクリュー<br>ポイント        | スリーブ付・又は無し<br>コーン・60°                 | コーン・60°               |                      |
| 継足ロッド      | ステンレス製目盛付単管   | —                           | ロッド単管                | ロッド2重管                                | ロッド2重管                |                      |
| 測定部及<br>操作 | ブルーピング・リングを介する<br>圧入  | 目盛付二重コイル<br>スプリングを介す<br>る圧入 | 分銅載荷及び載荷急<br>回転による貫入 | チエーン式ギヤーラック<br>圧入、力量計測はブルー<br>ピング・リング | 同左                    |                      |
| 適用土質       | 軟弱粘性土、泥炭地   | 未搅乱粘性土                      | 玉石以外のあらゆ<br>る土質      | 粘性土一般                                 | 非粘性土、粘性土一般            |                      |
| 探査深度       | 約5m   | 約1m                         | —                    | 約30m                                  | 約30m                  | 約30m                 |
| 測定する値      | コーン支持力→粘着力<br>相対的強度、地耐力の推定  | 粘性土の許容支持<br>力の概略値           | 貫入指數<br>相対的強度        | 先端抵抗、周面摩擦<br>コーン支持力                   | 先端抵抗、コーン支持力           |                      |
| 備考         | この他にコーン・ペネトロメーターS 4 4 の凹面摩擦を除去するため2重管を採用した<br>携帯型2重式ペネトロメーターS 4 4 - D が御座います。 |                             |                      |                                       |                       |                      |

### コーン・ペネトロメーターの機能

本器はPatent No. 445818 の斬新な機構を有する装置で、ブルーピング・リングの両面に観鏡取付盤および図-1に示す常数記載盤が取付けたり、貫入操作を行なながらコーン支持力推定許容地耐力の読み取りが1人で実施出来、地下探査に非常に威力を發揮します。又施工管理(例えば盛土・パイプ類の埋戻しの場合等)に使用し、その締め固めの状況の迅速な判定が可能です。管路の埋戻しの場合は施工前の測定値と、埋戻し中の測定値を比較しながら施工する比較法を実施しても充分な管理が行えます。

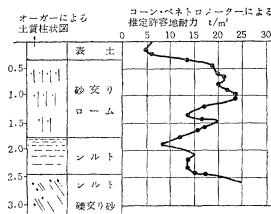
### コーン・ペネトロメーターによる地耐力の推定

地耐力換算数 $\alpha = 0.15 \sim 0.2$ は、鐵道技術研究所土質研究室における研究途上に得られた概算値です。コーンの載荷面積を大きくなっていった場合、コーン支持力の値は段々平板載荷試験値に接近するもので、コーン支持力は地耐力に比例する値であると考えられます。

従って此の値に適当な係数を乗ずれば地耐力の推定値が求められるところから、此の係数 $\alpha$ を0.15~0.2として推定許容地耐力を求める計算式および図表(図-1)が得られます。

### コーン・ペネトロメーターS 44の仕様

- ①ブルーピング・リング付押込ハンドル 1式  
容量 100kg 通産省国家検定付観鏡  
および常数記載面盤取付
- ②ステンレス製継足ロッド 10本  
短ロッドを含む
- ③先端コーン(先端角 30°) 2ヶ
- ④携帯格納箱、ロッド収納袋付



オーガー・ボーリングと併用したコーン・ペネトロメーターによる調査図



測定中の写真

カタログ・その他不明の個所が御座いましたら下記へお問い合わせ下さい。

請求先：東京都江東区深川白河町2の7 株式会社 丸東製作所 営業部