

文 献 抄 錄

交通の機関別配分の新方法の検討／椎名彪
行列演算に用いられる電子計算機の言語／宮原玄
断面変化による長波の変形／浅田忠則
透過構造物に対する不規則波の作用／鹿島遼一
移動床上の流れの平均流速について／早川典生
ゴットハルト峠における冬期道路交通の確保／今田徹

交通の機関別配分の 新方法の検討

“Evaluation of a New Model Split Procedure”
Sossbau, A.R., Heanne, K.E., Balek, A.J.
Public Roads April (1964)

この論文は、ワシントン交通計画に際して開発された交通の機関別配分（乗用車・公共輸送機関）方法について検討を加えたものである。

(1) 配分方法

機関別配分には各ゾーンにおいて公共輸送機関と自動車のトリップを推定し、別々にゾーン間に配分する方法と人の動態をゾーン間に分りわけてから機関別に配分するという方法があるが、ここでは後者の方法を用いている。そのためつぎのような変数が採用されている。

$$\text{旅行時間比} = \frac{a+b+c+d+e}{f+g+h} \quad (1)$$

a : 公共輸送機関乗車時間

b : 同上乗換時間 c : 同上待合せ時間 d : 駅までの歩行時間 e : 駅からの歩行時間 f : 自動車運転時間 g : 駐車のための所要時間 h : 駐車場から

の歩行時間 i : ガソリン代 $\left[\frac{\text{ガロン}}{\text{哩}} \times \text{距離} \times \frac{\text{コスト}}{\text{ガロン}} \right]$

k : 駐車料金 L : 1台当たり乗車人員

$$\text{サービス比} = \frac{b+c+d+e}{g+h} \quad (2)$$

$$\text{コスト比} = \frac{\text{トランシット運賃}}{\left(i+j+\frac{k}{2} \right)} \quad (3)$$

経済的水準 = 勤労者 1人当たり平均収入 (4)

トリップ目的 = 通学をのぞく (5)

式 (2), (3), (4) についてそれぞれ 4, 4, 5 段階に区分けしこれらの組合せ ($4 \times 4 \times 5 = 80$) 80 通りのカーブを目的別に用意した。この作業に用いられた資料は、1955 年ワシントン DC 起終点調査、1961 年連邦雇用調査である。

(2) 検討結果

この方法論に対する検討は、1) すでに知られている

状況の再現方法としての機関別配分方法の検討、2) 投入係数の変化に対するこの方法の感度の検討の 2 点について行った。その結果、将来の輸送体系の推定に有用であることがわかったが、さらに応用範囲を広め、精度を高めるにはいっそう研究を要する。

1955 年起終点調査資料を用いて BRP テストを行なったところ、かなりうまく機関別の配分が実際と合致した。特に中地区に流入する公共輸送機関のトリップの推定は最もよくできた。周辺地区については中心地区ほど正確ではなかったが、今後は CBD (中心業務地区) と CBD 以外と別々に曲線を作成する必要があろう。

通勤交通については非通勤交通よりも正確に推定できだが、いずれも許容精度に収まっている。

すべての変数は輸送機関の選択と関係しているわけであるが、これは必ずしも一般的に応用できる方法を示しているのではない。必要な投入係数の推定には、推定される公共輸送機関利用の精度を損なわないだけの精度が要求される。感度 (sensitivity) のテストの結果、推定

図-1 機関別配分関係の一例

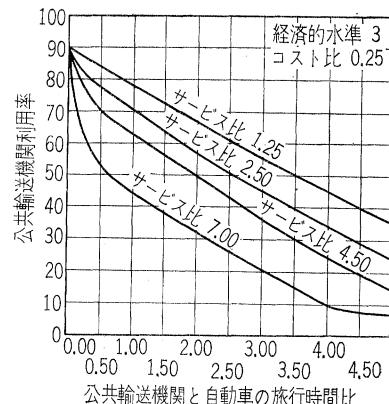
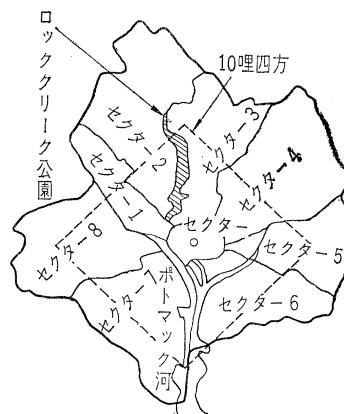


図-2 1955 年ワシントン DC 調査区域



困難な投入係数についてはある程度の重みがつけられるべきであることを示している。自動車の超過時間（駐車のために要する余分な時間）が変化すると機関別配分が変わってくるのはこの係数の重みの大きいことを示している。CBDにおいて駐車を要する時間に2分加えることはCBDに流入するトリップに対して2倍の運賃、2倍の駐車料金以上の影響を有している。このような超過時間値は最も推定困難なもの一つである。超過時間が2分増すことは、1955年CBD自動車平均超過時間が3.6分であることや、1980年のそれが6.7分と考えられていることから妥当と思われる。

1980年における自動車のターミナル条件、すなわち、駐車のための遅れ、待ち時間、駐車料金などは機関別配分に際して公共輸送機関で考えられるいかなる係数よりも大なる重みを有している。有意なコスト比の範囲はあまりにも狭いので他にとるべき運賃構造を検討する余地はない。

今後の作業としては、1) 体系的条件のより大きい変化に応じるためコスト比、サービス比の範囲の拡大、2) モデル投入係数の精度を高めるよりよい推定方法の開発、などである。

なお割愛させていただいたが、本論文には検討の細かい方法について述べている。

(委員・椎名 彪)

行列演算に用いられる電子計算機の言語

“Computer Systems for Matrix Operations”

Rothman, H.

Proc. of A.S.C.E., ST Vol 90, No. 3, pp. 125~146 June (1964)

構造物の解析を行なう場合、行列によって式をたて、これを解く方法が良く用いられる。このような行列演算を、電子計算機を用いて行なうのに便利な Matrix interpretive system について述べる。

Matrix Interpretive system が備えているべき条件は、つぎのとおりである。

- 1) 数時間で習得可能であり、行列演算に使用されている術語を用いていること。
- 2) 誤りを発見する作業が、演算の途中どこででも行なえること。
- 3) 徐々に変化する matrix の内容が、保存できること。
- 4) 電子計算機の行なっている作業を監視するためにそれぞれの作業内容が印字記録できること。
- 5) 入力の program が分離されていること、理想的には、構造物の基本的 data から matrix が立てられること。
- 6) 入出力の形式が簡単であること。

7) 電子計算機の行なう作業を検査する方法があること。

8) 設計の変更や誤りを正すときに、その仕事の始めからやり直す必要がないこと。

9) 電子計算機の誤差の影響が、最少となる理論を用いていること。

10) 計算料金を安くするために、計算時間をなるべく少なくすること。

11) 確実であること。

すでに開発され広く使用されている2つの Matrix Interpretive System を示す。

一つは IBM 650 用として開発されたが、現在は IBM 1620 で使用されている。この Matrix Interpretive system は、実際の行列演算以外の操作は、すべて operator が手で行わなければならない。例えば、 $[A][B] = [C]$ という演算を行なう場合には、operator が、まず行列掛算を行なう program を、つぎに行列 $[A]$, $[B]$ を電子計算機の読み込み装置に入れ、演算を開始すれば、その結果 $[C]$ はカードにきん孔されて出てくる、この間の演算の様子は、operator が監視しやすいように、on-line の typewriter に打出される（本文には、第1図から第4図に、簡単な例が示されている）。

他の一つは、IBM 7090 用として開発されたものであり、GISMO (General Interpretive System for Matrix Operation) と呼ばれている。GISMO は一つの statement が 3-address 方式をとっている。すなわち、一つの statement は、一つの operation code と二つの operand matrix および一つの resultant matrix によって構成されている。operation code は、その statement が行なう動作の内容を示すものである。operand matrix は、動作を受ける matrix の電子計算機内の存在位置を示し、1st operand matrix とにわかれている。ただし、operation code によっては、2nd operand matrix が必要でない場合もあるし、また operand matrix をまったく必要としない場合もある。resultant matrix は電子計算機が、operation code にしたがって、operand matrix に動作を行なった結果できた matrix を記録する位置を示す。GISMO の場合には、各種の operation が、電子計算機に内蔵されている subroutine によって行なわれる。 $[A][B] = [C]$ の演算が行ないたいならば、まず flow chart を書き、これに沿いつつ GISMO の文法にしたがって、coding を行なう。つぎに、coding をカードにきん孔し、電子計算機に入れ、演算を開始させれば、電子計算機が、磁気テープにすでに記録されている行列 $[A]$, $[B]$ を見い出し、行列掛算を行なう subroutine によって演算を完了する。演算結果は定められた所に記録される。この場合にも、演算

監視用 on-line typewriter を使用する、(本文には、第 5 図から第 7 図までに、簡単な例が示されている)。

GISMO の operation code は、行列演算に使用されている術語を、4 衔の記号で表現している。

演算を行なう operation code は、

MADD (Matrix Add); MSUB (Matrix Subtract); MMPY (Matrix Multiply); SCMP (Scalar Multiply); DMPY (Diagonal Multiply); MPYD (Multiply Diagonal); TMPY (Transpose Multiply); MPYT (Multiply Transpose)。

行列そのものに何らかの動作を行なう operation code の例としては、

INVS (Invert); RACE (Row And Column Elimination); TRAN (Transpose); XTCT (Extract= ある行列から、submatrix を取り出す)。

また、行列演算の流れを組立てる operation code としては、

GOTO (Goto); LOOP (Loop); SETL (Set Loop); FINS (Finish); EDIT (出力を行なう operation code); REMK (電子計算機は、この operation code によっては何ら動作を行なわない、Program 名やメモを書くときに用いる) がある。

また、Special Operand として、

ZEROMX (Zero Matrix); IDENTITY (Identify= unit matrix として用いられる)

が、operand matrix の代りに用いられる。

(委員 宮原 玄)

断面変化による長波の変形

"Long Wave Modification by Linear Transition"
Dean, R.G.

Proc. of A.S.C.E., WW Vol. 90, No. 1. pp. 1~29
February (1964)

本論文は断面積の異なる二つの矩形断面が、直線的に幅員と水深の変化する遷移域で接続されている水路中を進行する長波の変形を論じている。長波の変形については、断面が漸変する場合、水路中の二断面において摩擦損失、反射がともにないとしてエネルギーを等置して求められた Green の公式があるが、このような遷移域がある場合には反射を考慮する必要がある。著者は後述する仮定をおくことにより、反射と伝達の特性を明らかにした。

さて、波高が小さい長波を考えると、運動方程式は

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

表面条件を入れると式 (1) は、

$$-g \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (2)$$

一方連続方程式は

$$-\frac{\partial}{\partial x} (Au) = b \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (3)$$

式 (2), (3) を組合せて

$$g \frac{\partial}{\partial x} \left[A \frac{\partial \eta}{\partial x} \right] = b \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \quad (4)$$

そこで波形 $\eta(x, t) = \eta(x) e^{i(\sigma t + \alpha)}$

を仮定すると、式 (4) は

$$\frac{g}{b} \frac{\partial}{\partial x} \left[b h \frac{\partial \eta}{\partial x} \right] + \sigma^2 \eta = 0 \quad (5)$$

式 (1) ~ (5) において、 ρ ; 水の密度、 P ; 圧力、 u ; 流速、 g ; 重力加速度、 η ; 静水面上の盛上り(波形)、 A ; 流積、 b ; 水路幅、 h ; 水深、 σ ; 角振動数、 α ; 位相角

この論文で取り扱った場合は、図-1 に示される 3 通りである。後は式 (5) を各場合の境界条件に応じて解けばよい。

領域 I の解 η_I は

$$\eta_I(x, t) = B_1 \cos(Kx - \sigma t + \alpha_1) + B_2 \cos(Kx + \sigma t + \alpha_2) \quad (6)$$

領域 II の解 η_{II} は

$$\eta_{II}(x, t) = B_3 f_1(x) \cos(\sigma t + \alpha_3) + B_3 f_2(x) \sin(\sigma t + \alpha_3) + B_4 f_1(x) \cos(\sigma t + \alpha_4) - B_4 f_2(x) \sin(\sigma t + \alpha_4) \quad (7)$$

ここに K ; 波数、 $f_i(x)$ ($i=1, 2$) は各場合に応じて異なる関数である。ここで、 a_i ; 入射波の振幅、 a_r ; 反射波の振幅、 a_t ; 伝達波の振幅とするとき、反射率 K_r 、伝達率 K_t を

$$K_r = \frac{a_r}{a_i}, \quad K_t = \frac{a_t}{a_i}$$

で定義する。式 (6) において前項は入射波、後項は反

図-1 (a) 水路幅一定、水深が直線的に変化する場合

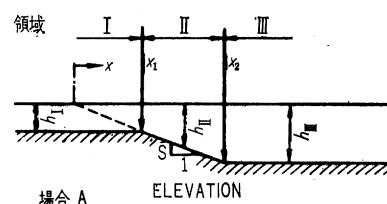
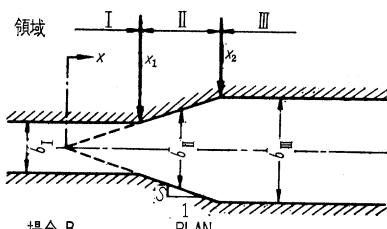
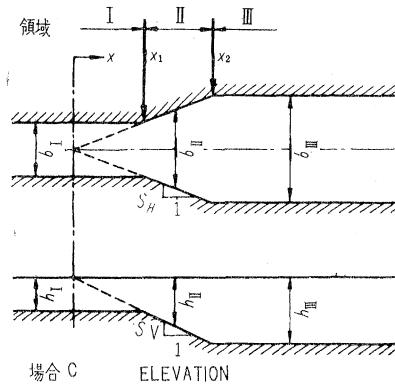


図-1 (b) 水深一定、水路幅が直線的に変化する場合



射波を表わすから、定数 B_1, B_2 を決定すれば K_r, K_t は求まることになる。それには

図-1 (c) 水路幅、水深ともに直線的に変化する場合



$$x=x_1 \text{において}, \begin{cases} \eta_I = \eta_{II} \\ \frac{\partial \eta_I}{\partial x} = \frac{\partial \eta_{II}}{\partial x} \end{cases} \quad (8)$$

$$x=x_2 \text{において}, \begin{cases} \eta_{II} = \eta_{III} \\ \frac{\partial \eta_{II}}{\partial x} = \frac{\partial \eta_{III}}{\partial x} \end{cases}$$

の条件を与えて、8個の未知数が決定できる。

一方摩擦損失を考えなければ

$$1 = K_r^2 + \frac{b_{III}(h_{III})^{1/2}}{b_1(h_1)} K_t^2 \quad (9)$$

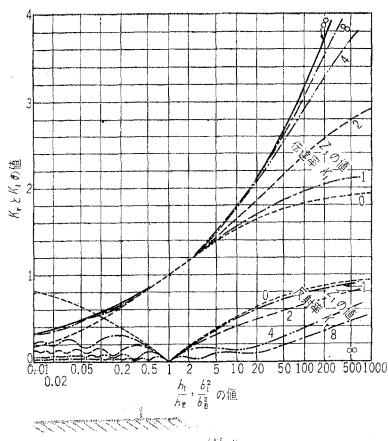
がでてくるから、 K_r, K_t のいずれか一方がわかれば他は定まる。

$$\text{場合 A } Z_I = \frac{4\pi h_I}{L_I S_V}, \quad \text{場合 B } Z_I = \frac{\pi b_I}{L_I S_H},$$

$$\text{場合 C } Z_I = \frac{4\pi h_I}{L_I S_V} = \frac{4\pi b_2}{L_I S_H} \text{をパラメーターとして}$$

K_r, K_t を図化したものが図-2と図-3である。ここで L_I ; 波長, S_V ; 水路の底勾配, S_H ; 水路幅の変化率の $1/2$

図-2 反射率および伝達率
場合A および場合B

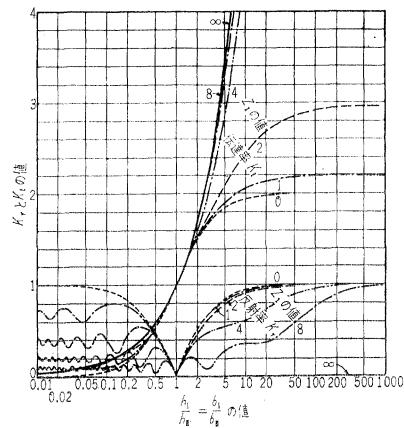


ところでこれらの結果が応用できる場合として

- 1) 内陸水路における長波の反射と伝達
- 2) 潮波エネルギーの河口への伝達
- 3) 屈折図の適用すなわち底勾配と水路幅縮小による反射の効果
- 4) 天体潮、地震津波、高潮などの長波が大陸棚に到達したときのエネルギーの伝達

などが考えられる。

図-3 反射率および伝達率
場合C



ここで注意すべきことは遷移域の断面の変化率に、Green法則が適用できるという制限が課せられる。

最後に著者は、このように求められた結果はある仮定のもとに計算されたものであるから、信頼度を高めるためには、観測値と比較する必要があると述べている。

(浅田忠則)

透過構造物に対する不規則波の作用

М.Ф. Барштейн

Строительная Механика и Расчет Сооружений
(応用力学と構造物の計算) No. 1 (1964)

風波を定常確率過程と見なすことに基づいて、不規則波の作用に対する桟橋などの透過構造物の計算法を述べているが、ここではくいに対する不規則外力の算定について紹介する。なお、この問題はカスピ海における構造物(水深 28 m, 床面高海上 10 m)の振動実測に関連して生じたのであるが、その結果については触れていない。まず設計波浪エネルギースペクトル密度 $S_h(\omega)$ を仮定しなければならない。深水域であるとし、静水面から下方に z 軸、波の伝播方向に x 軸をとり、両軸に垂直な方向には現象の変化がないとする。水面の波動 $h(t)$ の一次元スペクトル $Sh(\omega)$ を正規化して、下の形を仮定する。

$$S_h''(0, \omega) = \frac{4\alpha m^2}{\omega^4 + 2\alpha\omega^2 + m^4} \quad \text{ただし } m^2 = \alpha^2 + \beta^2, \\ \alpha = \alpha^2 - \beta^2,$$

クルイロフ (Крылов) の実測によると α/β は発達した波に対して 0.21 であり、他の場合にも余り変化がない。Rice の理論から平均周期を T 、平均波高を \bar{h} 、 $h(t)$ の r.m.s. (2乗平均の平方根) を $\sigma_h(0)$ とすると、
 $\bar{T} = 2\pi \left[\int_0^\infty S_h(0, \omega) d\omega / \int_0^\infty \omega^2 S_h(0, \omega) d\omega \right]^{1/2} = \frac{2\pi}{m}$
 $\sigma_h(0) = [2\pi(1-\varepsilon^2)]^{-1/2} \bar{h}$ となる。ただし $\varepsilon = \frac{m_0 m_4 - m_2^2}{m_0 m_4}$ 、 $m_i = \int_0^\infty \omega^i S_h(0, \omega) d\omega$ 。 $\alpha/\beta = 0.21$ とすると $\sigma_h(0) \approx 0.45 \bar{h}$ となり、 \bar{T}, \bar{h} から $\alpha, \beta, \sigma_h(0)$ が決まり、 $S_h(0, \omega)$ が決定される。深さ z における水粒子の運動の鉛直位置 $h(z, t)$ 水平速度 $v(z, t)$ 、水平加速度 $\dot{v}(z, t)$ の r.m.s. は $h(z, t)$ のパワースペクトルを $S_h(z, \omega) = S_h(0, \omega) e^{-2\omega^2 z/g}$ (ただし g : 重力加速度) とすると

$$\sigma_h^2(z) = \sigma_h^2(0) \frac{4\alpha m^2}{\pi} \int_0^\infty \frac{e^{-2\omega^2 z/g}}{\omega^4 + 2\alpha\omega^2 + m^4} d\omega = \sigma_h^2(0) r_h^2(z)$$

$$\sigma_v^2(z) = \sigma_h^2(0) \frac{4\alpha m^2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\omega^2 e^{-2\omega^2 z/g}}{\omega^4 + 2\alpha\omega^2 + m^4} d\omega = \sigma_h^2(0) r_v^2(z)$$

$$\sigma_{\dot{v}}^2(z) = \sigma_h^2(0) \frac{4\alpha m^2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\omega^4 e^{-2\omega^2 z/g}}{\omega^4 + 2\alpha\omega^2 + m^4} d\omega = \sigma_h^2(0) r_{\dot{v}}^2(z)$$

水面上で伝播方向に x だけはなれた 2 点における過程 $h(t)$ は、素波の波速 g/ω による時間遅れがあるだけであるから、その相互相関は $B_h(\tau, x) = \overline{h_1(t) h_2(t+\tau)} = \int_0^\infty S_h(0, \omega) \cos\left(\omega\tau - \frac{\omega^2}{g}x\right) d\omega$ であり、 $\tau=0$ とすれば共分散となる。 v, \dot{v} についても同様にすれば、 $\sigma_h^2(0, x) = \sigma_h^2(0) s_h^2(x)$ 、 $\sigma_v^2(0, x) = \sigma_h^2(0) s_v^2(x)$ 、 $\sigma_{\dot{v}}^2(0, x) = \sigma_h^2(0) s_{\dot{v}}^2(x)$

r, s などは S_h'' が決まっているから、算定できる量である。

くいに対する波力：くいに働く波力 $P(z, t)$ は慣性項 P_i と速度 P_v から成る。

$$P(z, t) = P_i(z, t) + P_v(z, t) = C_m \rho A_0 \dot{v}(z, t) + 0.5 C_d(z) \rho d v(z, t) |v(z, t)|$$

C_m : 実効質量係数、 C_d : 抵抗係数、 $A_0 = \frac{\pi d^2}{4}$ 、 d :

くい径 P_i と P_v の相関を無視すると、 P の r.m.s. は $\sigma_P^2(z) = \sigma_{P_i}^2(z) + \sigma_{P_v}^2(z)$ 、 $\sigma_{P_i}^2(z) = C_m \rho^2 A_0^2 \sigma_v^2(z)$ 、 $\sigma_{P_v}^2(z) = \frac{3}{4} C_d^2(z) \rho^2 d^2 \sigma_v^2(z)$ で与えられる。ただし、 C_m, C_d は v, \dot{v} に対する平均化の後で定常流と同様に決めるものとする。伝播方向に x だけはなれなくいに働く波力との同時性を考慮して $\sigma_P^2(z, x) = \overline{P(z, t) P(x, t)}$ とすると $\sigma_P(z, x) = \sqrt{\sigma_{P_i}^2(z) s_v^2(x) + \sigma_{P_v}^2(z) s_v^4(x)}$ となる。したがって実際上の計算荷重 $P_{\text{calc}}(z, x)$ を

つぎのように決める。

$$1) \quad P_{\text{icalc}}(z, x) = 2\rho \cdot \frac{\pi d^2}{4} n \cdot 0.45 h_i \% r_v(z) s_v(x)$$

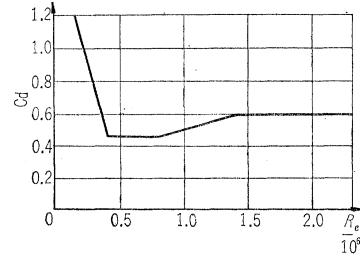
$$= 0.072 n r_v(z) s_v(x) h_i \% d^2$$

ここで $C_m = 2$ 、 n : 安全係数、 $\rho = r/g$: 水の密度、 $0.45 h_i \% = 0.45 k\bar{h} = k \sigma_h(0)$ 、 $k = h_i \% / \bar{h}$ 、 $h_i \%$: 波高の大きい順序で $i\%$ に相当する波高。

$$2) \quad P_{\text{vcalc}}(z, x) = \sqrt{3} \tau C_d(z, x) / 2g n (0.45 h_i \%)^2 r_v^2(z) s_v^2(x) d = 0.018 n \tau C_d(z, x) r_v^2(z) s_v^2(x) h_i \% d$$

C_d は計算流速 $v_{\text{calc}}(z, x) = 0.45 n r_v(z) S_v(x) h_i \%$ を用いた Reynolds 数 $R_e = \frac{vd}{\nu}$ によって 図-1 で算定される。図-1 は部材粗度を考慮して C_d の実験カーブを安全側に移したものである。これらから $P_{\text{calc}}(z, x) = \sqrt{P_{\text{tcalc}}^2(z, x) + P_{\text{vcalc}}^2(z, x)}$ で $z \leq 0.5 \text{ m}$ のときは $P_{\text{calc}}(z, x) = P_{\text{vcalc}}(z, x)$ で $x \parallel 0z$ に平行な斜材に垂直な荷重は $P_{\text{calc}}(z, x)$ と等しい。

図-1



また 1 本のくいに働く荷重 $P(z, t)$ の自己相関関数は P_i と P_v の相関を無視すると

$$B_P(z, \tau) = A^2 \frac{\sigma_v(z)}{4\alpha^2 m^2 + m^4} B_f(\tau) + D^2 \frac{\sigma_v^4(z)}{m^4} B_{f|f|}(\tau)$$

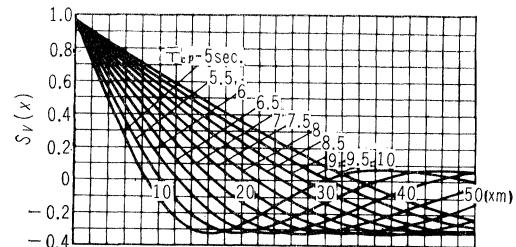
ただし $f(t)$ は $h(z, t) = \sigma_h(z) f(t)$ で定義される確率過程、

$A = C_m \rho A_0$ 、 $D = 0.5 C_d(z) \rho d$ 、 B_f と $B_{f|f|}$ は f および $f|f|$ の自己相関である。

$$B_f(\tau) = \frac{4\alpha m^2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\omega^4 \cos \omega \tau}{\omega^4 + 2\alpha\omega^2 + m^4} d\omega = (m^4 + 4\alpha^2 m^2) e^{-\alpha|\tau|} (\cos \beta\tau + \mu \sin \beta|\tau|)$$

$$\text{ここで } \mu = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{1 - 3(\alpha/\beta)^2}{1 + 5(\alpha/\beta)^2}$$

図-2



$$B_{f|f|}(\tau) = \overline{f f_\tau |f| f_\tau} \approx 3 m^4 e^{-\alpha|\tau|} (\cos \beta\tau - \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau|)$$

ゆえに

$$B_p(z, \tau) = \sigma_{P_i^2}(z) e^{-\alpha|\tau|} (\cos \beta\tau + \mu \sin \beta|\tau|) + \sigma_{P_\theta^2}(z) e^{-\alpha|\tau|} (\cos \beta\tau - \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau|)$$

これからくいに対する波浪荷重のスペクトル密度は、

$$S_P(z, \omega) = \frac{4 \alpha \omega^2}{\omega^4 + 2 \alpha \omega^2 + m^4} \sigma_{P_i^2}(z) + 2 \frac{(\alpha - \mu \beta) \omega^2 + (\alpha + \mu \beta) m^2}{\omega^4 + 2 \alpha \omega^2 + m^4} \sigma_{P_\theta^2}(z)$$

となる。 r, s の一例として $s_v(x)$ を 図-2 に示した。

(鹿島達一)

移動床上の流れの平均流速について

"On the Average Velocity of the Flow over a Movable Bed"

Selim, Y.

La Houille Blanche No. 1, pp. 45~51
Janvier-Fevrier (1964)

移動床上の流れの抵抗係数 c (平均流速/摩擦速度) が、底質の粒径と砂れんの形状によってどのように与えられるかを調べる。つぎに C がどんなパラメーターに支配されるかが実験資料を基に考察される。

(1) 次元解析

移動床をもつ開水路における等速定流の場合について考える。底質の砂粒の形状と粒度曲線は与えられたものとすると、平均流速 v はつぎの 7 個のパラメーターで与えられる。

$$v = f(v, \rho, \rho_s, D, h, S, g) \quad (1)$$

ただし、 ν : 粘性係数、 ρ : 水の密度、 ρ_s : 底質の密度、 D : 粒径、 h : 水深、 S : 勾配、 g : 重力加速度。

g の代りに $r_s = (\rho_s - \rho) g$ 、 S の代りに $v_* = \sqrt{gh}$ で置き換えて、 Π 定理を用いると次式で表わされる。

$$c = \frac{v}{v_*} = F_1(X, Y, Z, W) \quad (2)$$

$$\text{ただし}, X = \frac{D v_*}{\nu}, Y = \frac{\rho v_*^2}{r_s D}, Z = \frac{h}{D}, W = \frac{\rho}{\rho_s}$$

粗面固定床の場合は $\rho_s \rightarrow \infty$ と考えると c は X と Z のみの関数である。

$$c = F_1 \left(\frac{k_s v_*}{\nu}, \frac{h}{k_s} \right) \quad (3)$$

砂れんを生じた場合、上式の k_s は砂れんによる粗さを表わすと考えると、完全に発達した流れに対し式(3)はつぎのように考えられる。ただし砂れんの形状は 図-1 に与えられるものとする。

$$c = F_2 \left(\frac{h}{D}, \frac{h}{k_s}, \frac{4}{\lambda}, \psi \right) \quad (4)$$

$4/D, \lambda/D$ は X, Y, Z, W によって決定されるから式(4)は式(2)と同一のものである。

(2) F_2 の関数形

一般に断面収縮による損失水頭は断面拡大に比べて非常に小さいことを考慮すると、砂れんによる損失水頭は

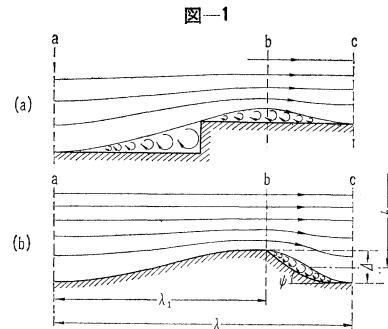


図-1において、b-c 間の断面拡大による損失と、a-b 間の表面摩擦による損失を加えたものに等しいと考えることができる。

ψ を通常の安息角で与えると、拡大による損失 ζ_{bc} によるエネルギー勾配は次式で与えられる。

$$S_1 = \frac{\zeta_{bc}}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{4}{h} \right)^2 \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

表面摩擦によるエネルギー勾配は $\overline{ab} \approx \lambda_1$ として、

$$S_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda} \left[\frac{\kappa^2}{\ln \left(\frac{a}{k_s} \right)} \right] \frac{v^2}{g h} \quad (6)$$

$S = S_1 + S_2$ より次式が得られる。

$$c = \frac{v}{v_*} = \frac{(1/\kappa) \ln [a(h/k_s)]}{\sqrt{1 - (4/\lambda) \sigma}} \quad (7)$$

$$\text{ただし}, \sigma = ctg \psi - \frac{1}{2} \frac{d}{h} \left[\frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{a}{k_s} \right) \right]^2 \quad (8)$$

κ および a は常数である。 $(\kappa=0.4, a=11.0)$

式(8)は実験結果と比較して満足すべき結果を得た。

(3) c の実験値

c の決定についてパラメーターをつぎのように改めること。

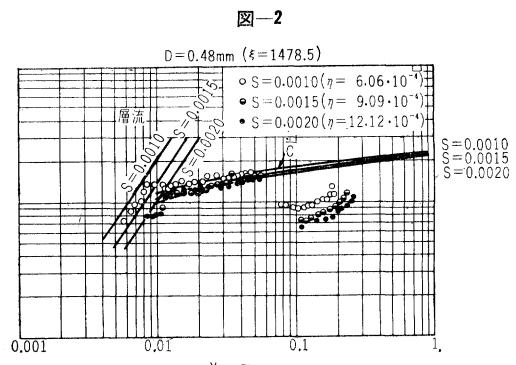
$$c = \frac{v}{v_*} = F_3(\xi, \eta, Y, W)$$

ただし、 $\xi = X^2/Y$, $\eta = Y/Z$

$\rho_s = \text{const}$, $\rho = \text{const}$ の場合のみを考慮すると、

$$c = \frac{v}{v_*} = F_4(\xi, \eta, Y)$$

実験結果を $D = \text{const}$, すなわち $\xi = \text{const}$ として、 $c-Y$ 面上に η をパラメーターにして plot する。



粒径 $D=D_{50}$ はつぎの 6 種である ($r_s=1.65$)。

0.31, 0.48, 0.51, 0.52, 0.54, 0.59 (mm)

図-2 はその一例である。

図中, \bar{c} は粗面固定床の抵抗則である。図よりつぎの結果が得られる。

1) \bar{c} は Y が小さいとき (砂れんの生じない時) よく合う。

2) c の実験値は S についてほとんど変わらない。すなわち \bar{c} あるいは Z は無視できる。

さらにポリスチレン粒子を用いた実験と比較することにより, W の影響も無視しうることが確かめられた。

(早川典生)

ゴットハルト峠における冬期道路交通の確保

“Wintersichere Strassenverbindung durch den Gotthard”

Schnitter, E.

Strasse und Verkehr Nr. 7, pp. 360~369 26.
Juni (1964)

北ドイツ地方から, ハンブルグ, フランクフルト, バーゼル, ゴットハルト, ミラノを経由して南イタリヤに至るゴットハルト・ルートのゴットハルト峠における冬期交通は, 現在, ゴットハルト鉄道トンネルを利用した鉄道による自動車輸送が行なわれている。この輸送能力は最大 4 000~6 000 台/日と与えられている。この 6 000 台/日の交通量に達するのは 1980 年頃であると予想されていたが, 今日の自動車交通の急激な発達によって, 少なくとも 10 年早く, この限界輸送容量に達するものと見なされるようになった。そこでスイス連邦政府内務省はつぎの問題を調査するため 1960 年にゴットハルト研究委員会を設置した。

- 1) 将来増加が予想されるゴットハルトルートの冬期自動車交通を処理するためには, 現在のゴットハルト峠の施設にどのような追加施設が必要であるか?
- 2) もし, 第 2 ゴットハルトトンネルが建設されるならば, それは標高いくらの所に設けるべきか?
- 3) そして, そのトンネルの輸送方式はどのようにすべきであるか?
- 4) いつまでに完成させるべきであるか?

その結果, 委員会はつぎの 8 種類の比較案について, その工費, 工期を検討した。

- 1) Matteli-Motto Bartola 間に道路トンネルを作る案
- 2) Hospental-Airolo 間に道路トンネルを作る案
- 3) Göschenen-Airolo 間に道路トンネルを作る案
- 4) Goschen-Airolo 間に新しい鉄道トンネルを設ける案
- 5) 現在の鉄道トンネルを道路トンネルに改築する案

6) Erstfeld-Biasca 間に鉄道トンネルを設ける案

7) Erstfeld-Biasca 間に鉄道トンネルと道路トンネルを設け相互に組合せる案

8) Erstfeld-Biasca 間に道路トンネルを設ける案

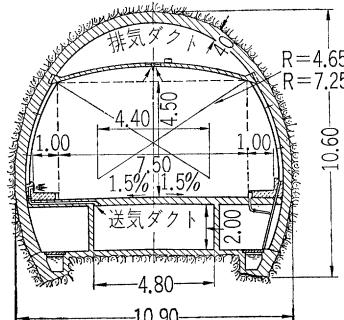
1)~5) は現在の鉄道トンネルの標高あるいはそれ以上の標高にトンネルを設ける案であって, 地形的条件から決まつくるものである。Matteli-Motto Bartola, Hospental-Airolo, Göschenen-Airolo の順に標高が低くなる。また, 6)~7) は地形的な要素あまり考慮せず, 標高のずっと低い地点に超長大トンネルを設けようとする案である。

1) の案は比較案の中で最も標高の高い地点に設けられるもので, 長さ: 7 190 m, 北坑門の標高: 1 680 m, 南坑門の標高: 1 538 m のトンネルである。また, 460 m および 725 m の換気用立坑が設けられる。工期は 6 年である。

2) の案は 1 のつぎに標高の高い地点にトンネルを設ける案で, その標高は, 北側坑門 1 455, 南側門 1 313 m である。長さは 10.48 km で, 換気のために途中 700 m 以下の深さの立坑が 5 本設けられ, 工期は 6 年である。

3) は現在の鉄道トンネルとほぼ同じ標高にトンネルを設ける案である。北坑門および南坑門の標高はそれぞれ 1 089 m および 1 151 m である。長さは 16.36 km で, 換気のために立坑が 3 本, 斜坑が 1 本設けられる。工期は 5 年である。この案において, 換気に対する高額の投資を避けるために, 複線の第 2 鉄道トンネルを設けて, 鉄道によって自動車を輸送する案が検討された。こ

図-1 3 案標準断面図

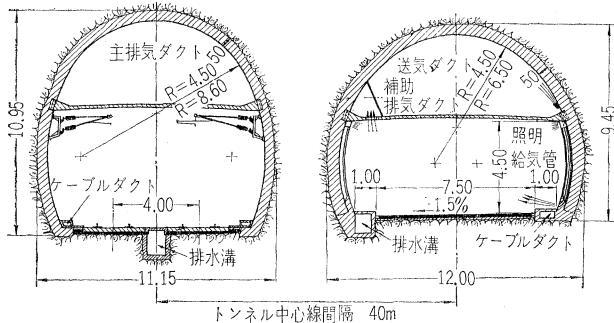


の案によるとトンネルの長さは 15.1 km となる。自動車の輸送は, 100 台の乗用車を積載することのできる延長 590 m の列車と, 33 台のトラックを積むことのできる床の

低い台車を使用した延長 414 m の列車により行なわれる。自動車の積込みは 15 分で行なうことができ, 積込みランプを 2 本使った場合には 1 時間 1 方向当たり 800 台の輸送能力となる (図-1)。

4) 案はまず初めの段階として, 3) 案の鉄道による輸送方式を採用し, つぎの段階で道路トンネルに改造して使用しようとするものである。このため換気を考慮せねばならず, 立坑の関係からう回することが必要となり, トンネルの長さは 15.83 km となる。

図-27 案標準断面図



5) 案は Erstfeld-Biasca 間に新しいトンネルが建設され、現在の鉄道トンネルが廃止になるという仮定にもとづく案である。トンネル断面は幅 2.5m、高さ 3m 拡大される。

6) の案は北坑門の標高 509 m、南坑門の標高 364 m の長さ 45.3 km の複線トンネルを設けようとする案である。工期は 12 年である。

7) 案は、6) 案の鉄道トンネルに道路トンネルを併設して設け鉄道トンネルのアーチ部を換気用ダクトとして利用しようとするものである。トンネルの長さは 45.5 km で、最大交通量 1600 台/時、所要新鮮空気量は 5100 m³/sec である。道路トンネルと鉄道トンネルは 300 m ごとに連絡される(図-2)。

8) 案は、7) 案とはほぼ同じ位置に道路トンネルを単独で設ける案である。トンネルの長さは 45 km である。トンネルの所要断面積は換気ダクト、ケーブルダクトなどを合せると 132 m² が必要であるが、山越えの関係から最大掘削断面積は 100 m² 以下とする必要がある。このため排気ダクトおよびケーブルダクト用として、長さ 38 km の補助トンネルを設ける。掘削断面積は本トンネル 90 m²、補助トンネル 40 m² である。工期は 13 年以上を必要とする。

委員会は以上の比較案を技術的および国民経済的に検討した結果つぎのように答申した。

- 1) 将来の冬期自動車交通を確保するためには現在のトンネルの他にもう 1 本トンネルを設ける必要がある。
- 2) このトンネルは現在の鉄道トンネルの高さ、すなわち、Göschenen-Airolo 間に設けるべきである(3 案)。
- 3) このトンネルは機械換気設備を有する道路トンネルとすべきである。
- 4) このトンネルは冬期交通の確保に役立つのではなく峠越え道路の交通量緩和に役立つので、できるだけ早く着工し、1970 年には供用開始すべきである。

(委員・今田 徹)

型わく支保工の設計と施工

東大教授 丸安 隆和他著 B 5 判 250頁 定価 1300円

コンクリート構造物の量、質両面における発展に対応して、支保工の施工も急激に変化してきた。パイプサポート、わく組支柱などの鋼製支柱がわが国で本格的に実用に供せられるようになったのは昭和31年頃であり、鋼製支保ばかりはそれよりもおくれて昭和35年頃である。これら鋼製支保工材の発達は現場技術者に支保工に関する新しい知識を要求するようになり、また型わく支保工がコンクリート構造物の施工の上で重要な地位を占めてきている。本書はそれら支保工を現場向に多数の図を入れて詳述した。

軟弱地盤上の盛土の調査・設計・計算法

池田俊雄・高木秀夫著 B 6 判 110頁 予価 250円

国鉄新幹線の建設にあたり、その通過地域には多くの軟弱地盤区間が多くあり、その全長70kmにおよんでいる。これら多数の箇所の調査や、軟弱地盤上の盛土の設計・計算・施工管理を行なうにあたり、現場機関で実施するための統一した調査・計算・管理方法が必要とされたので、原案をつくりプリントとして現場機関に配布したものである。本書は理論的よりも実際現場向に書かれた。