

今月は論文報告集第178号(45年6月20日発行)登載原稿として、7編を紹介いたします。今月紹介した論文報告に対する討議は45年12月20日まで受付けます。次号では論文報告集第179号登載予定原稿として、下記の8編を紹介する予定です。

- 尾崎 誠：折板構造解析による単一箱桁の曲げねじりについて
- 福本晴士・吉田 博：くり返し荷重による3径間連続桁橋のたわみ安定性について
- 堀井健一郎・川原陸人：有限要素法による粘弾性体の解析法
- 荻原国宏・立石 昂・古屋久和：ラバーダム形状に関する研究
- 河野 二夫：波の進行に直角水平方向の球の振動
- 河上 省吾：通勤・通学者の輸送機関および経路の選定率に関する研究
- 小野一良・伊藤義男：鉄道線路の軌道に生ずる振動の解析
- 吉川和広・春名 攻：ネットワーク手法による施工計画のシステムアプローチに関する研究-確率 PERT の導入-

変形法による任意形状の薄肉 断面格子桁の解析

鷹羽 信勝・成岡 昌夫

面外荷重をうける平面構造物の解法の一つとして従来用いられている変形法を拡張し、断面のそり変形を拘束することにより生ずる曲げねじりモーメント、二次ねじりモーメントの影響をも考慮した、各種境界条件に対する変形法の基本式を述べ、おもなねじり荷重に対する荷重項を記すとともに、計算法、および、計算例を示した。

(1969.11.25・受付)

鷹羽：正会員 元名古屋大学受託研究員、日建設計工務(株) 土木業務所
成岡：正会員 工博 名古屋大学教授 工学部

アナログ計算機による曲線桁橋 の動的応答解析

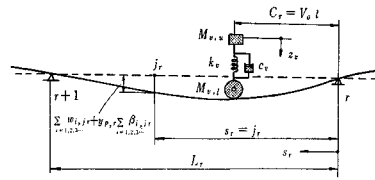
小松 定夫・中井 博

本研究は、曲線桁橋に動的荷重が作用する際の応答をアナログ計算機を用いて解析することを試み、同時に著者等が以前に提示した理論式の妥当性を現地振動実験によって比較検討したものである。

1. 解析法

本文で取扱った問題は、(1) 曲線桁橋の減衰を伴う自由振動、(2) 周期力や衝撃力による強制振動、(3)

図一 第 r 径間の変形状態



自動車が行走する場合の強制振動などであるが、以下(3)の場合についての結果を示す。

図一は連続曲線桁橋の第 r 径間上を自動車が行走するときの変形状態を示す。第 r 径間の平面形状は、せん断中心上で曲率半径 $R_{s,r}$ の円弧をなすものとする。いま、第 i 次振動モードに対する着目点 j_r における曲線桁の鉛直たわみを w_{i,j_r} 、断面回転角を β_{i,j_r} 、また自動車のばね上質量 $M_{v,u}$ とばね K_v の変位をそれぞれ $z_{v,r}$ 、 δ_r とすれば、曲線桁橋と自動車との連成振動系に対する応答はつぎの微分方程式の解として与えられる ($d/dt = \cdot$)。

$$\left. \begin{aligned} & \ddot{w}_{i,j_r} + \tilde{d}_{i,ww} \dot{w}_{i,j_r} + \tilde{p}_{i^2,ww} w_{i,j_r} \\ & \quad - \tilde{d}_{i,\beta w} \dot{\beta}_{i,j_r} - \tilde{p}_{i^2,\beta w} \beta_{i,j_r} \\ & = q_{v,i,j_r} \left(1 + \frac{K_v}{M_{v,u}} \delta_r + d_v \delta_r \right) \sigma_{i,j_r}(v_{0,i,r,t}) \\ & \ddot{\beta}_{i,j_r} + \tilde{d}_{i,\beta\beta} \dot{\beta}_{i,j_r} + \tilde{p}_{i^2,\beta\beta} \beta_{i,j_r} \\ & \quad - \tilde{d}_{i,w\beta} \dot{w}_{i,j_r} + \tilde{p}_{i^2,w\beta} w_{i,j_r} \\ & = \tau_{v,i,j_r} \left(1 + \frac{K_v}{M_{v,u}} \delta_r + d_v \delta_r \right) \sigma_{i,j_r}(v_{0,i,r,t}) \\ & \ddot{z}_{v,r} + d_v \dot{\delta}_r + p_v^2 \delta_r = 0 \\ & \delta_r = z_{v,r} - \left\{ \sum_{i=1,2,3,\dots} w_{i,j_r} \sigma_{i,j_r}(v_{0,i,r,t}) \right. \\ & \quad \left. + y_{p,r} \sum_{i=1,2,3,\dots} \beta_{i,j_r} \sigma_{i,j_r}(v_{0,i,r,t}) \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

\tilde{p} : 曲線桁橋の連成固有振動数 (rad/sec)

\tilde{d} : 曲線桁橋の減衰係数

(suffix w は曲げに関するもので、 β はねじりに関するものであることを意味する)

$p_v^2 = K_v/M_{v,u}$; K_v : 自動車のばね定数, $M_v = M_{v,u} + M_{v,l}$: $M_{v,u}$, $M_{v,l}$ はそれぞれ自動車のばね上, 下質量

d_{lv} : 自動車の対数減衰率

また、 K_B を曲線桁橋の換算ばね定数とすれば (suffix は \tilde{p} , \tilde{d} と同様の意味を持つ)、第 r 径間の曲率中心より $R_{p,r}$ の線上を自動車が行走するとき、

$$\left. \begin{aligned} q_{v,i,j_r} &= \frac{R_{p,r}}{R_{s,r}} \left(\frac{K_{B,i,\beta\beta} - y_{p,r} K_{B,i,w\beta}}{K_{B,i,ww} K_{B,i,\beta\beta} - K_{B,i,w\beta}^2} \tilde{p}_{i^2,ww} \right. \\ & \quad \left. - \frac{y_{p,r} K_{B,i,ww} - K_{B,i,w\beta}}{K_{B,i,ww} K_{B,i,\beta\beta} - K_{B,i,w\beta}^2} \tilde{p}_{i^2,\beta w} \right) M_{v,u} \\ \tau_{v,i,j_r} &= \frac{R_{p,r}}{R_{s,r}} \left(\frac{K_{B,i,\beta\beta} - y_{p,r} K_{B,i,w\beta}}{K_{B,i,ww} K_{B,i,\beta\beta} - K_{B,i,w\beta}^2} \tilde{p}_{i^2,w\beta} \right) \end{aligned} \right\}$$

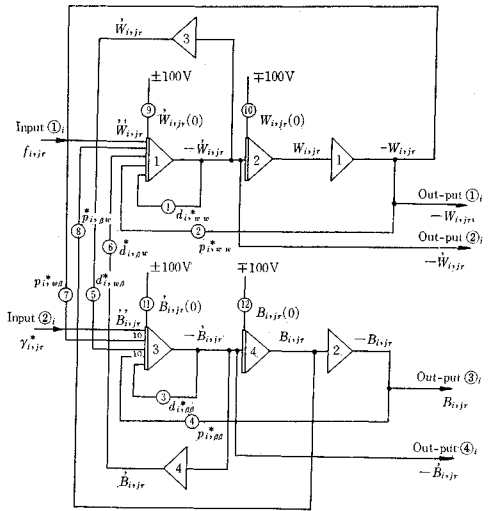
$$+ \frac{y_{p,r} K_{B,i,w} - \bar{K}_{B,i,w\beta} \bar{P}_i^2}{K_{B,i,w} K_{B,i,\beta\beta} - K_{B^2,i,w\beta}} \bar{P}_i^2 \cdot \beta \beta \Big) M_{Vg} \Big) \dots \dots \dots (2)$$

そして、 Ω_i を第 i 次固有振動モードとすれば、

$$[\Omega_{i,r}]_{s_r} = \frac{R_{s,r}}{R_{p,r}} V_0 t$$

$$\bar{\sigma}_{i,jr}(v_{0,i,r} t) = \frac{[\Omega_{i,r}]_{s_r=jr}}{[\Omega_{i,r}]_{s_r=jr}} \dots \dots \dots (3)$$

図-2 曲線桁の種々な振動を求めるブロックダイアグラム (第 i 次振動のみを記す)



演算要素の記号

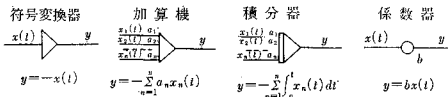
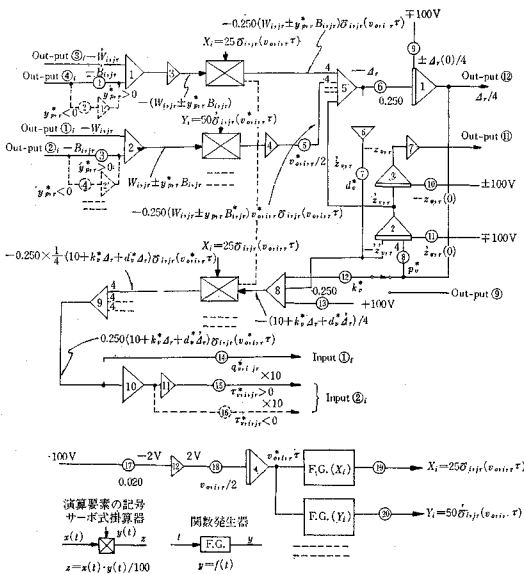


図-3 自動車と曲線桁橋との連成振動を解析するブロックダイアグラム (第 i 次振動に対応するもののみを示す)



結局、式(1)を与えられた初期条件によって解けばよい。従来よりこの種の問題は、デジタル計算機による数値積分法が有力な手段であったが、アナログ計算機によって式(1)を直接積分する。そのために、つぎの記号を用いて式(1)を書きかえる。

$$t = \tau/30 \quad (d/d\tau = \dots) \dots \dots (4)$$

$$\left. \begin{aligned} w_{i,jr} &= W_{i,jr}/10, \beta_{i,jr} = B_{i,jr}/10^4 \\ z_{V,r} &= Z_{V,r}/10, \delta_r = d_r/10 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

図-2~3 は、アナログ計算機のプログラムをブロックダイアグラムとして表わしたものである。図中 *印のつけてあるパラメーターは式(4)、(5)によって換算したものである。

2. 計算結果と実験結果の比較

スパン 2 @ 29.4 m = 58.8 m, 曲率半径 40.0 m の 2 等径間連続曲線桁橋を対象として現地実験を行なった。その結果 (1) 静的載荷実験より式(2)のばね定数 K_B が妥当であることがわかった。(2) 自由振動実験より式(1)中の固有振動数 \bar{P}_i の計算値と実験値とはよく一致し、曲線桁橋の有効質量の算定公式が妥当であるものと思われる。また、曲線桁橋の減衰特性も明らかにすることができた。さらに、(3) 衝撃力による実験も行なったが、アナログ計算機によると比較的高周波の変動のはげしい過度現象も容易に計算でき、その結果をデジタル計算結果と比較しても良好であった。最後に、(4) 自動車による曲線桁橋の応答をプロットしたものを 図-4~5 に示す。図中には、アナログ計算機により初期条件を実

図-4 動的たわみの実測値と理論値との比較

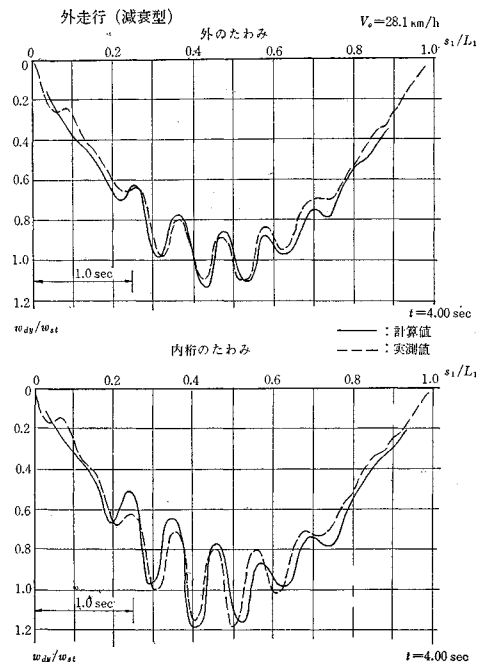
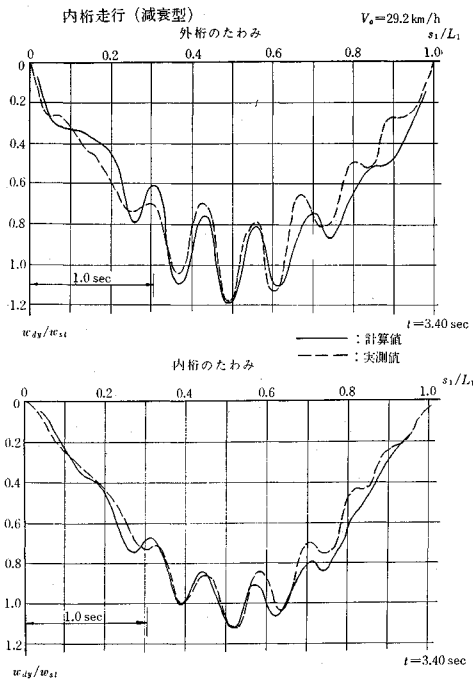


図-5 動的たわみの実測値と理論値との比較



測値に合うように取り、シミュレーションして得た結果も示してあるが、かなり良好な一致がみられる。また、曲線桁橋の衝撃係数を実験値と理論値より種々検討した結果、曲線桁橋のスパン、曲率半径、自動車の固有振動数、減衰係数、初期変位、および走行速度のほかに曲率半径方向の走行位置による影響も考慮する必要があることを示した。

(1969.11.29・受付)

〔小松：正会員 工博 大阪大学教授 工学部
中井：正会員 工修 大阪市立大学助教授 工学部〕

球状物体の波による干渉

河野 二夫・椎貝 博美

海底構造物を設計する場合の設計条件として、まず第一に考えねばならぬことは、その構造物が波動によってどのような作用を受けるかということ、構造物の相互の間にどのような影響があるか（たとえば複数個の構造物が接近している場合と単独の構造物の場合）など解明せねばならぬ。

このような問題は実際的な問題としてはもちろんのことであるが、学問的にも興味ある問題であると同時にきわめて重要な要素が含まれていると考える。

本論文は上記のような問題に関連して波動の中におかれた球状物体の波動とその相互干渉についての研究結果を取りまとめたものである。

具体的には2個の球状物体が波の進行方向と直角水平方向に、その中心間隔を一定に保っておかれ、これに表面波を与えた場合お互いの球はどのように干渉し合うかといった波動中の2球による相互干渉の問題を取扱った。

2個の球がおのおののばねによって支持され表面波によって波の進行方向に全く同様の振動をする場合に2個の球の間隔を接近させて行くと干渉し合うことが理論的にわかる。

このような問題を解く場合は2球の間隔の垂直に2等分する平面に関してはお互いの球は鏡像の関係にあるといえる。したがってこのような面を固体壁で置き換えても（つまり他の側の流体や球を取り除いても）流体および球の運動には何の変化もない。ゆえにこのような鏡像の原理を用いると、2球による干渉の問題は固体壁の近傍に1個の球をおいた場合の球の流体力学的な問題と同じことになる。

したがって理論的には2個の球のまわりの速度ポテンシャルを求めることによって干渉の問題は解決するが一方実験的には壁の近傍におかれた1個の球の実験によって現象をつかむことができる。

このようにして行なった実験結果、および理論結果としてつぎのようなことがわかった。

- ① 振子を壁に接近させると振子の振動数は減少する。
- ② 球に作用する外力は主として水圧変動である。
- ③ 振子の振動に対する理論解では球と波との相対運動の自乗に比例するような抵抗の影響は小さい。
- ④ 振子を壁に接近させると $\omega/\omega_0 < 1$ の範囲では理論的には振幅は増大する（ ω ：波の振動数、 ω_0 ：ばねの固有振動数）。
- ⑤ 同一波動の中では球の質量を増大すると振子の振幅は増大する。

(1969.11.29・受付)

〔河野：正会員 東京工業大学助手 工学部
椎貝：正会員 工博 東京工業大学助教授 工学部〕

円筒型取水塔のスリットへの密度成層流

日野 幹雄・大西 外明

1. 目的

成層流の問題は、本論文で直接対象とした冷却水あるいは温水の取水の他にも、最近もっとも重要となりつつある問題が多い。それは、われわれの探索研究の場が、宇宙へ深海へと広がるにつれ温度差・密度差および流体力学的にはこれらと相似の効果をもつコリオリ力を考慮しなくては解明されない現象が多くなってきた。本研究も定常な軸対称密度流問題の解析方法の一提案と実験に

よる妥当性の検討を目的としている。

もちろん、表題にある選択取水問題も工業あるいは農業における水の有効効果の利用の点から、実用上重大な問題で、本研究は直接的には選択取水構造物の合理的設計（水理学的な）に指針を与えようとするものである。

2. 理 論

定常軸対象成層流の基礎方程式は前報で導いたように（無次元表示として）、

$$\xi^{-2} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \eta^2} - \frac{1}{\xi} \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} \right) + G^{-2} \Psi = -G^{-2} \eta \dots \dots \dots (1)$$

である。ここに、 ξ ：半径方向の座標、 η ：水深方向の座標、 Ψ ：流関数、 G ：成層流取水パラメーター

$$G = \frac{Q}{2\pi \sqrt{g\beta} d^2} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 Q ：取水流量、 d ：水深、 β ：密度勾配

前報において、point sink への成層流を取扱ったが、ここではこれを一般化してスリット状の吸込み口のある円筒型取水塔への成層流の解を摂動法により、第3摂動解まで求めた。

3. 計算結果と実験

数値計算の結果、円筒スリットの大きさやそこでの吸込み流速分布が局所的な影響しかもたないことが示された。

また、模型実験により、成層流取水パラメーター G が第1限界値以下になると、層分離現象が生じ上層（あるいは下層）取水が可能となり、さらに成層流取水パラメーターが第2限界値以下になると中層取水が可能であるとの理論結果が確かめられた。 G の限界値の理論値と実験値は良く一致した。

(1969.12.3・受付)

〔日野：正会員 工博 東京大学助教授 工学部
大西：正会員 工博 電源開発（株）原子力研究室〕

動的地盤係数の測定

一粘土地盤における載荷板の寸法効果一

渡辺 啓行・畑野 正

耐震工学上の問題点の一つたる動的地盤係数につき、先にパルサーにより任意の大きさ、周波数の動荷重を地盤に加え、これに対応する地盤変位を測定して直接これを求めることを提案し、起振機による方法、弾性波測定による方法における欠陥を除くべきことを主張したが、ここに載荷板の大きさを直径 1 m まで拡大した数段階の実験を粘土地盤につき行ない載荷板の寸法効果を

検討するとともに、載荷板の寸法に関係せず統一的に粘弾性物理定数に分析して表現することを試みた。この結果動的地盤係数は全く載荷板の径に逆比例すること、荷重強度が増大するほど減少する非線型 Maxwell-Kelvin 体としての4つの粘弾性物理定数により、載荷板の大きさに関係せず統一的に地盤の動力学的な特性を表現できることを明らかにした。

(1969.12.8・受付)

〔渡辺：正会員 電力中央研究所技術第二研究所
畑野：正会員 工博 電力中央研究所理事〕

地下止水壁による地下水規制の実験的研究

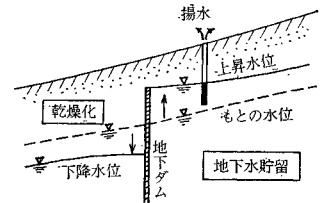
松尾新一郎・河野伊一郎

本文は「地下ダムによる地下水規制の構想」について定量的、具体的に検討するため実施した実験的研究である。

1. 地下ダムの構想

地下水流の存在する滞水層中に不透水性の壁あるいはそれに準ずる地下止水壁を造り、地下水流の一部または全部をせき止めることによって

図-1 地下ダムによる地下水規制



上流側と下流側で地下水位の差を生ぜしめ、上流側では地下水が貯留されるものを地下ダムと呼ぶ。高度の地下水利用と適切な地下水位の調節が本構想の目的である。図-1に地下ダムによる地下水規制を模式的に示している。

2. 細管網モデル

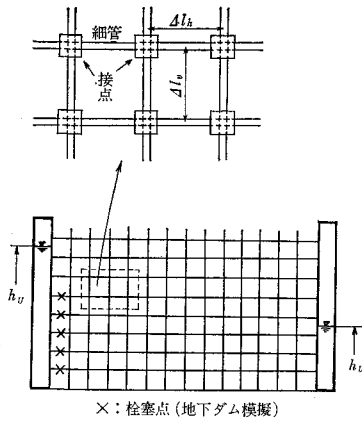
上記の地下ダムを実験的に研究するため、新しく細管網モデルを開発した。図-2は地下ダムの実験に用いた2次元浸透流の細管網モデルの一例である。

同図に示すように細管を網目状に接続し、このネットの中に粘性流を生ぜしめて地下水流を模擬せしめる。なお、細管中の粘性流は実験の範囲内では近似的に Poiseuille の法則にしたがいが、したがってその流量は水頭勾配に比例すると考えてよいことを確かめている。とくに、モデルでの地下ダムは図-2の×印の位置で細管を栓塞して流れを止める構造としている。

この細管網モデルは製作が容易であるばかりでなく、つぎのようないくつかの特徴を有している。

(1) 粘性流体の粘性、あるいは細管の径を変えることによってモデルの透水係数 k_m 、透水係数と有効空け

図-2 地下ダムと細管網モデル (2次元)



×: 検査点 (地下ダム模擬)

き率との比 $(k/\beta)_m$ を自由にコントロールすることができる。

(2) 自由地下水面が読みとりやすく、また毛细管現象の影響を小さくすることができる。

(3) 3次元地下水流の問題に対しては、細管網を立体的に組むことによって容易に適用できる。また非定常

浸透流の実験にも適用できる。

(4) 相似則については比較的簡単な関係で表わすことが可能で現地盤の諸量への変換も容易である。

$$q = c \cdot a \cdot i \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 q : 単位時間あたり1本の細管中を流れる流量、 a : 細管の断面積、 i : 水頭勾配、 c : 定数 ($r_f a / 8 \pi \mu$) である。

細管網を正方形格子とし、その間隔を Δl とすると、モデルの透水係数 k_m 、地下水位変動の伝播に關与する係数 $(k/\beta)_m$ は簡単に次式のように表わされる。

$$k_m = ca / \Delta l \dots \dots \dots (2)$$

$$(k/\beta)_m = c/2 \dots \dots \dots (3)$$

3. 実験結果の一例

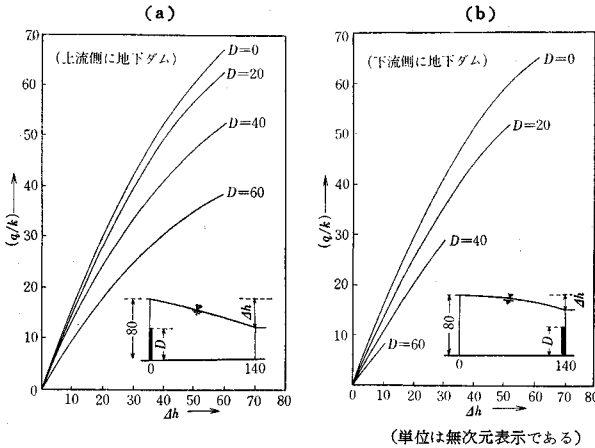
地下止水壁の深さ (地下ダム化率) n と地下ダムからの地下水漏洩量 q の関係を同モデルによって求め、その結果の一例を 図-3, 図-4 に示す。

さらに、奈良盆地北部で地下ダムを構築した場合を想定し、モデルを作成して地下ダムの位置と地下水位の上昇、地下水の貯留などの規制効果についても検討している。

(1969.12.15・受付)

松尾: 正会員 工博 京都大学教授 工学部
河野: 正会員 京都大学助教授 工学部

図-3 地下ダムを越流する量



(単位は無次元表示である)

国土計画における土地と人口の適正配分に関する研究

八十島 義之助

1. 概要

この研究は、各地域の土地利用面積と就業人口との間の関係を分析して、産業大分類をやや変形した形で産業を分類し、それぞれに属する就業者と土地利用面積の間の因果関係を追求し、そこで得た特性を将来 (数字的には 1985 年を目標とした) にあてはめ、しかるべき方式で、産業の量と質が変革された場合の各地域での土地利用と就業人口の間に結ばれるべき関係を提示し、また拘束条件を吟味したものである。

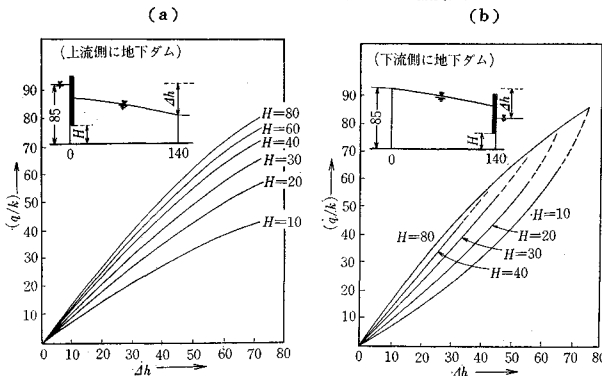
この分析の過程にあたって、土地利用面積と就業人口は、それらの種類を細別してつくった Model Frame を用いることを試みた。

2. Model Frame

Model Frame としては 表-1, 2 を考えた。

表-1 における L_{ij} と表-2 における A_{kl} との

図-4 地下ダムの下部よりの漏洩量



(単位は無次元表示である)

間にもいくつかの関係があるが、統計資料によりただちに得られる数値、 $L_{11}, L_{01}, L_{05}, A_{11}, A_{01}, A_{25}, A_{05}, A_{06}, A_{07}$.

想定により算出すべき数値： $S_1, S_2, S_3, L_{01i}, A_{01i}, A_{24}, A_{36}$.

計算の結果求めなくてはならぬもの： $L_{12}, L_{22}, L_{02}, L_{23}, L_{25}, L_{35}, A_{12}, A_{22}, A_{23}, A_{16}, A_{26}$.

ある関数関係にあるもの：

$$A_{12} = K_1 A_{11}, A_{16} = K_2 A_{11} + K_3 A_{12}, A_{26} = K_3 (A_{22} + A_{23} + A_{24} + A_{25}), A_{23} = K_5 A_{24}, A_{06} = A_{16}$$

$$+ A_{26} + A_{36}, L_{12} = \frac{A_{12}}{S_1}, L_{22} = \frac{A_{22}}{S_2}$$

$$L_{23} = \frac{A_{23}}{S_1}, L_{24} = \frac{A_{24}}{S_2}, L_{25} = \frac{A_{25}}{S_3}$$

$$L_{35} = \frac{A_{36}}{S_3}$$

などに区分される。最後のグループを投入係数としての K_i, S_i を求めることと、全体を連立方程式で解くことにより、Frame の各数値が求められることになる。

3. 投入係数の決定

投入係数の方法をその一、二を例として説明する。 K_1 は農業関連二次産業就業者と一次産業就業者の比率をあらわす係数である。一次産業就業者が生活し生産を維持するためには、まず同じ圏域内に二次、三次の就業者人口がなくてはならぬとするのである。その場合、最低限どれだけの二、三次産業就業者が居住するかを求めるのであるが、農業に縁の深い就業者業種 10 種を選び、各圏域の農業粗生産額とそれら就業者の比率を求め、最も二次業種就業の少ない場合の比率をもって、最低限の必要数とする。すなわち一次産業が成立するには、その業種は最少限これだけはその圏域に居住してはならないとする。

そのような計算を 10 業種について行なって最低限必要数の和を求め、その数と一次産業就業者の比率をもって K_1 とするのである。

K_2, K_3 は、第一、二次産業就業者が 1 人居住するために必要な三次産業就業者を示す比率である。これを求

表-1 土地利用面積 Frame

	水田	二 次			市街地	合 計	
		内 陸		臨 海			
		一 般	臨海付加				
農業関連	L_{11}	L_{12}	—	—	—	L_{10}	
非農業	純粋二次	—	L_{22}	L_{23}	L_{24}	L_{25}	L_{20}
	管理機能	—	—	—	—	L_{35}	L_{30}
合 計	L_{01}	L_{02}	L_{03}	L_{04}	L_{05}	L_{00}	

表-2 就業人口 Frame

	一 次	二 次				三 次	合 計	
		製 造			非 製 造			
		内 陸	臨 海	一 般				
農業関連	A_{11}	A_{12}	—	—	—	A_{16}	A_{10}	
非農業	純粋二次	—	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{20}
	管理機能	—	—	—	—	—	A_{35}	A_{30}
合 計	A_{01}	A_{02}	A_{03}	A_{04}	A_{05}	A_{06}	A_{00}	

めるにあたっては、まず、全体の三次産業就業者の中から管理機能関係三次産業就業者を除去する。これは、単に各圏域の二次産業に直結せず、国全体に対するサービスを行なうものをいっている。たとえば中央政府機構とか、銀行、会社の本社機能などである。

これらを除いてから、一、二、三次就業者間の関係を各圏域ごとに求めて K_2/K_3 の平均値を求めた。

4. 研究結果

以上の方式によって表-1, 2 についてまず現在の各数値を求めた。つぎにそれらの将来がどうなるかを求めた。新全国総合開発計画、地域部会報告などはわが国の将来について論じているが、それらのうちに述べられている数字を相当数、前提条件として採用し、その上で各圏域ごとの土地利用と就業人口の関係を求めた。その場合工業の集中か、分散かによって、各圏域ごとの土地利用と就業人口の間の整合性が得られるかどうか問題となるが、それがごくわずかな点を除いては、問題とならないことがわかった。

もっとも圏域ごとの人口分布には、相当の幅が出てくることもわかった。

要するに、この研究は土地利用と就業人口の関係の Frame 化を試みたものであり、問題の性質上厳密に実証し得たとはいえないが、一応所期の目的には達したと考えられる。

環境的に拘束される部分と外生的ないしは恣意的に条件設定し得る部分を分離し、それぞれの影響する範囲が明らかとなった。

外生的部分は政策により決定される部分であり、投入すべき係数が妥当であるならば、その地域政策の効果予測にこの研究は貢献するといつて良いであろう。

この研究に当っては経済企画庁の関係諸氏、なかでも大塚友則氏および渡辺寿恵雄氏に大変お世話になった。厚くお礼申し上げます。

(1969.12.12・受付)

[八十島：正会員 工博 東京大学教授 工学部]