

文献調査委員会

最小2乗法の使用による曲げをうけたコンクリートの応力-ひずみ曲線の計算方法

Jour. of American Concrete Institute/満木 泰郎  
河川網のシミュレーションについて

Water Resources Research/吉野 文雄  
アメリカの砂防とその考え方 (その1)

Proc. of A.S.C.E., HY/田畑 茂清  
交通機関選択と歩行者

Traffic Engineering & Control/新谷 洋二

最小2乗法の使用による曲げをうけたコンクリートの応力-ひずみ曲線の計算方法

“Evaluation of the Stress-Strain Curve of Concrete in Flexure Using Method of Least Squares”  
Smith, R.G. and Orangun, C.O.  
Journal of American Concrete Institute  
Vol. 66 No. 7, pp. 553~559 July (1969)

曲げにより破壊を起こす鉄筋コンクリートばりの載荷時の性状は、コンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係および付着の状態に影響される。応力-ひずみ関係と荷重ともなり Baker の係数 “F”——鉄筋のひずみとコンクリートの最大圧縮ひずみとの関係で、付着効果の尺度である——の変動がわかっていれば RC 断面のモーメント/曲率の関係が計算できる。

コンクリートの圧縮部分の応力-ひずみ曲線の計算法には Prentis の有限変差法があるが、ここでは最小2乗法により求めた多項式を使用した計算法を用いた。この方法は Prentis の方法より計算機に適しているし、実験結果ともよく一致する。また、多項式の係数を利用して、“F” 数が容易に計算できる。なお、これは不静定コンクリート構造物のモーメント/曲率関係を求めるために行なったものである。

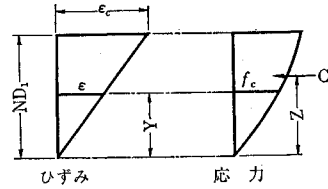
(1) 最小2乗法による計算方法

計算にあたっての仮定は Prentis のものと同一で、

- a) 中立軸より上部の平面断面は曲げをうけた後も平面である。
- b) 中立軸より下部のコンクリートにはひびわれが入り、曲げ強度を分担しない。
- c) コンクリートの応力はひずみのみの関数、すなわち  $f_c = F(\epsilon)$  で表わされる。

曲げモーメント  $M$ 、コンクリートの圧縮ひずみ  $\epsilon_c$ 、中立軸の距離  $nd_1$ 、有効高  $d_1$  (図-1) とすると、 $M$  と

図-1 中立軸より上部の応力とひずみ



$n, \epsilon_c, F(\epsilon)$  との間には式(1)のような関係がある。このうち、 $M, n, \epsilon_c$  ははり実験より求めることができ、その実験値に最もよくあう  $F(\epsilon)$  を求める。まず、 $F(\epsilon)$  を式(2)のようにおき、式(2)を式(1)に代入、積分し、 $M/(bd_1^2)$  と未定係数との関係を求め、最小2乗法を使用して、実測値  $q(M_p, n_p, \epsilon_{cp})$  に最もよくあう  $a_1, a_2 \dots a_m$  を決定する。 $F(\epsilon)$  を第何項までとるかは試的にしか決定できないが、ここでは第4項までとれば十分であった。

$$\frac{M}{bd_1^2} = \frac{n(1-n)}{\epsilon_c} \int_0^{\epsilon_c} F(\epsilon) d\epsilon + \frac{n^2}{\epsilon_c^2} \int_0^{\epsilon_c} \epsilon F(\epsilon) d\epsilon \dots \dots \dots (1)$$

$$f_c = F(x) = a_1 \epsilon + a_2 \epsilon^2 + a_3 \epsilon^3 + \dots + a_m \epsilon^m \dots \dots (2)$$

$a_1 \dots a_m$  は未定係数

(2) はり試験への応用

この計算法を立方供試体、軽量コンクリートばり (B19, B22) および普通コンクリートばり (A~D は単純支持, E, F は3スパン連続ばり) に応用した。立方体強度、試験継続時間、電子計算機により求めた係数 ( $a_1, a_2, a_3, a_4$ ) を表-1 に示す。図-2~4 に本法と Prentis の方法より求めたはりの応力-ひずみ曲線の比較を行なった。この図から、はり E を除けば両者はよく一致していることがわかる。この方法の検定は、モーメントの実験値  $M_{app}$  と計算値  $M_{pr}$  との標準誤差と相関指数により行なうことができる。これを表-2 に示す。

表-1 多項式の係数

記号	係数 * kips per sq in				コンクリートの立方体強度 (psi) †	試験時間 (時間)
	$a_1$	$a_2 \times 10^{-3}$	$a_3 \times 10^{-5}$	$a_4 \times 10^{-7}$		
A	1861.1	-292.15	-1084.4	3042.2	3800	2 1/2
B	2018.4	-605.77	805.33	-398.74	4100	4 1/2
C	1650.2	-372.46	357.13	-125.53	4210	2 1/2
D	2086.8	-773.77	1265.5	-739.82	3850	1 3/4
E	1766.1	-409.62	363.50	-108.83	4030	2 1/2
F	1527.9	-324.65	284.43	-88.845	4520	2 1/2
B19	1526.7	286.74	-2179.3	2604.6	3860	6
B22	2502.5	-625.35	1800.0	-3388.2	4280	6
Prism	3430.5	125.59	-2785.4	3076.5	8560	1

\* kg/cm<sup>2</sup> に移行するには 70.3 倍する  
† kg/cm<sup>2</sup> に移行するには 0.07 倍する

(3) Baker の F 数の決定

荷重  $P$  における鉄筋の引張応力は、式 (3) のようになる。

図-2 応力-ひずみ曲線

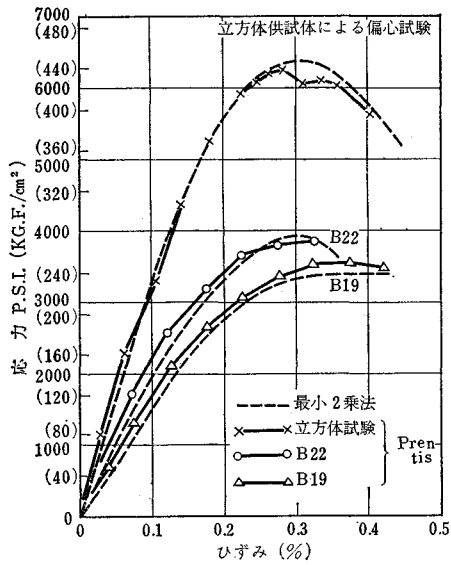


図-3 応力-ひずみ曲線 (はりAとD)

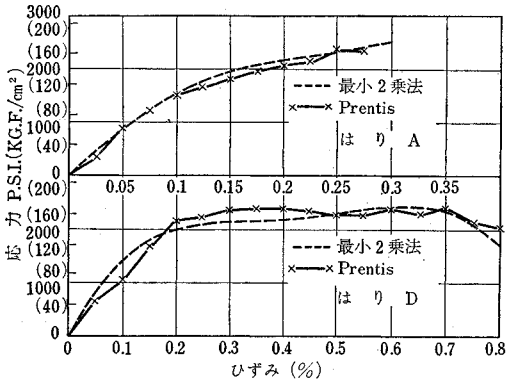
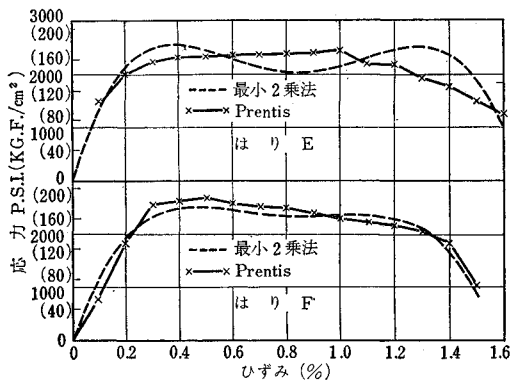


図-4 応力-ひずみ曲線 (はりEとF)



$$f_s = \frac{n}{r} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{a_i}{(i+1)} \cdot \epsilon_{cp}^i \dots\dots\dots (3)$$

鉄筋の降伏点以下では  $f_s = E_s \epsilon_s$  であるので、 $F$  値は

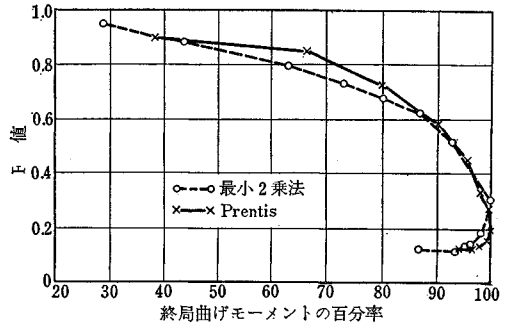
$$F = \frac{n^2}{r E_s \cdot \epsilon_{cp} (1-n)} \sum_{i=1}^m \frac{a_i}{i+1} \epsilon_{cp}^i \dots\dots\dots (4)$$

表-2 相 対 比 較

記号	最大作用モーメント (in-kips)	標準誤差*		相 関 指 数	
		図式積分法	最小2乗法	図式積分法	最小2乗法
A	106.4	3.70	0.86	0.99174	0.99955
B	101.7	3.05	0.95	0.98972	0.99900
C	99.9	2.67	1.33	0.99303	0.99799
D	75.7	5.06	0.71	0.96936	0.99940
E	71.2	4.16	3.60	0.97083	0.97817
F	68.5	5.61	1.38	0.92325	0.99551
B19	1899.5	37.04	6.80	0.99811	0.99994
B22	1863.7	38.10	3.74	0.99723	0.99997

\* kg-cm に移行するには 1152.1 倍する

図-5 Baker の値



となる。はり  $F$  について、式(4)で求めた値と Pren-tis の方法で求めた値を示すと 図-5 のようになる。

(委員 満木 泰郎・訳)

### 河川網のシミュレーションについて

“Random Walk and Random Roughness Models of Drainage Networks”  
Seginer, I.

Water Resources Research, Vol. 5, No. 3,  
pp. 591~607, June (1969)

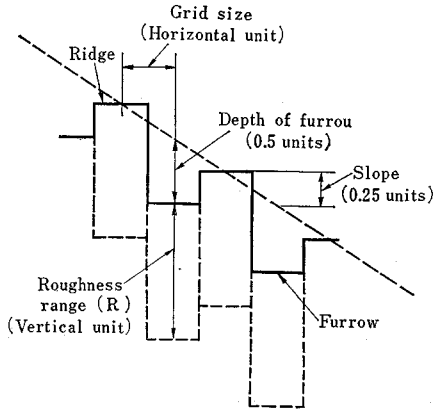
#### (1) はじめに

レオポルドとラングバインにより、河川網の酔歩運動によるシミュレーションが行なわれ、その後この方向の研究が進められた結果、このシミュレーションによる河川網が、自然の樹枝状の河川網と形態的にもまた数量的にも一致することが示されてきた。このシミュレーションのモデルは、その構成手法上から random walk model と random roughness model に分類される。

本論文は、この二つのモデルについてのいくつかの特性やその適用性について論じたものである。

random walk model は、流域を単位面積の正方形に分割し、その各単位面積の正方形から逆流を禁止するという条件のもとに、それに隣接する四正方形の一つに排水網が形成され、そのときには四方向への排水の確率は等しくするという方法で河川網を形成するモデルであ

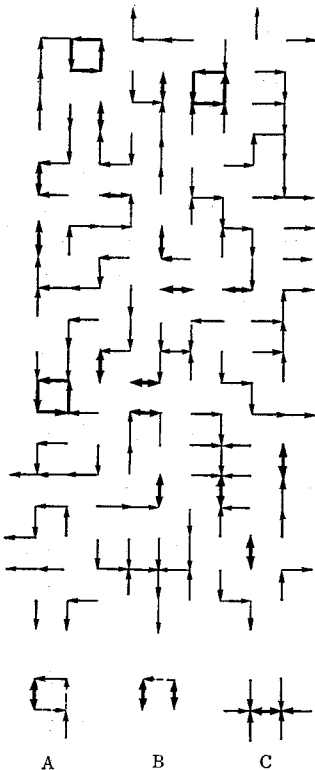
図-1



り、一つ以上の流れが単位正方形に流入しうが、そこから出る流れは一つだけに限るとする。

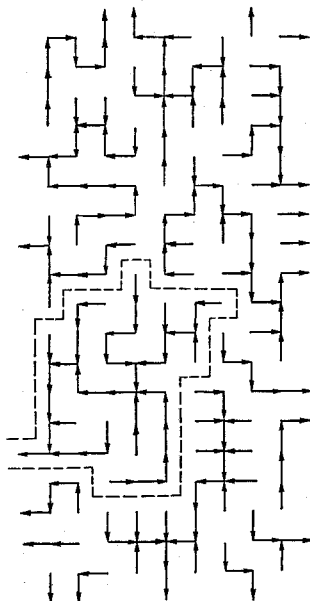
random roughness model は同じ単位正方形の集合を考えるが、これらは random な流出方向を示すものではなく、その単位正方形に random な高さをもたせる model である、このモデルの構成には二つの重要な点、ひとつは高さを不規則に発生することであり、もうひとつはある特定の形態に対してただひとつの水流網が造られるという、を含んでいる。不規則性が考えている物質の侵食に対する不規則な抵抗の表現である random

図-2



walk model とは逆に、random roughness model の水流網は表面の地形上の粗度の結果である。

図-3



このモデルでは random roughness が重ね合わされているいろいろな斜面をたやすくシミュレートしうる(図-1)。このモデルの構成法は次のようである。

roughness の高さは  $i$  行  $j$  列の単位面積に不規則変数  $e_{ij}$  として、この不規則変数を 0 と  $R$  の間で等しく分布するように定める。各単位面積からの水流の方向はその隣接する単位面のうち最低の高さのものを選ぶ。二つの隣接するものどしどしが互いに最低の高さであるときこれは池を構成し、この池が満水して流出する方向を定めることにする。変数  $e$  は 0 と  $R$  の間で連続であるので、満水であふれる点はただ一つに決まる。

(2) モデルの特性と問題点

random walk model で構成された河川網の一例を図-2 に示す。両方向の矢印をもつものは流れの方向にどんな制限も課さないという条件で生ずる逆流を示し、random roughness model では two-pond に相当する。図-2 の 3 個のループは four-pond であって、これを最終的な河川網にすると図-3 が得られる。流れの方向の比はこの例では上下左右に 44 : 51 : 40 : 36 でほぼ 1 : 1 : 1 : 1 となるが、この中の小流域(図-3 の点線内)ではかなりかたよっている。

random roughness model と random walk model が等価の河川網を生ずるかどうかは難しい問題である。random roughness model の単位面積の高さを  $e_n$  とし  $n$  はその単位面を示すものとする。 $e_n < e_i$  を示すのに  $E_{n,i}$  を用いると

$$e_n < e_i, e_j, e_k \dots\dots\dots(1)$$

は

$$S \equiv \{E_{n,i}, E_{n,j}, E_{n,k}\} \dots\dots\dots(2)$$

という事象に相当する。この事象の出現確率を  $P_r\{S\}$  とする。一例として図-4(a) で  $5 \rightarrow 8 \rightarrow 11$  となる河川網の形成される確率を考える。すべての境界の単位面 (1,2,3,4,6,7,9,10,11,12) は外側へ排水されると仮定する。

まず random roughness model を考え、その高さが 0 と 1 の間に等分布していると仮定する。 $5 \rightarrow 8 \rightarrow 11$  の条件を満たす一つの状態は

$$S_1 \equiv \{E_{8,2}, E_{8,4}, E_{8,6}\} \dots\dots\dots(5)$$

と

$$S_2 \equiv \{E_{11,5}, E_{11,7}, E_{11,9}\} \dots\dots\dots(6)$$

が同時に成立することであり、事象  $S_1, S_2$  は対称の関係からともに 1/4 の確率をもち、互いに独立であるので

$$P_r\{S_a\} = P_r\{S_1\} \cdot P_r\{S_2\}$$

図-4(a)

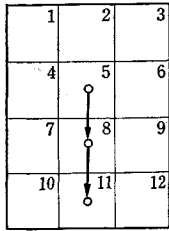
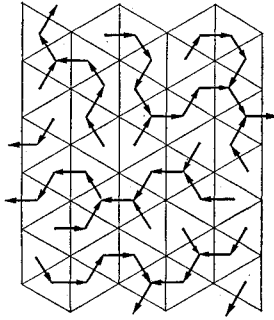


図-5



$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = 0.0625 \dots \dots \dots (7)$$

また5と8が pond を構成して11に流出する状態も考えられる。この pond を構成する条件は式(5)と次の式

$$S_3 \equiv \{E_{5,7}, E_{5,9}, E_{5,11}\} \dots \dots \dots (8)$$

で、この pond が11に流出する事象は

$$S_4 \equiv \{E_{11,2}, E_{11,4}, E_{11,6}, E_{11,7}, E_{11,9}\} \dots \dots \dots (9)$$

となる。この  $S_1, S_3, S_4$  の状態は

$$S_6 \equiv \{E_{8,2}, E_{8,4}, E_{8,6}, E_{8,11}, E_{11,2}, E_{11,4}, E_{11,6}, E_{11,7}, E_{11,9}\} \dots \dots \dots (10)$$

に相当し、したがって、 $5 \rightarrow 8 \rightarrow 11$  となる全確率は

$$P = P_r \{S_a\} + P_r \{S_b\} = 0.0729 \dots \dots \dots (13)$$

となる。random walk model のこの状態を生ずる確率もまた、 $P=0.0729$  となり一致する。このことはこの2つのモデル間に相当性が存在することを示している。

またこのようなシミュレーションの方法では、自然にはめったに生じない三本の川が一点に会することが起こる。このことは random walk model ではさけることができるが、random roughness model では適切な対策がない。これを避けるには流域を図-5のように分割することであるが、こうすると取り扱いが困難となる。

また ponding や looping の問題をさけるため、Scheidegger は傾斜面上の random walk model を考えたが、適用範囲が狭いという欠点がある。

(3) 流れの収束性

これらのモデルの基本的特性は、二つ以上の水路が一つに収束し、逆のプロセスが許されないことである。この特性は水路網に特有であって、流れの収束性と呼ばれている。このことからどのような割合で水路が収束するかという問題、あるいは2本の水路が結合するまでに斜面上をどれだけ走るかという問題が生ずる。Leopold 等はこの問題を統計的に取扱い、距離  $D$  と最初の2本の川の間隔  $T$  の間の関係は二つの限界

$$\begin{aligned} D &\propto T^2 \\ D &\propto T \end{aligned} \dots \dots \dots (24)$$

の間にあると証明した。

ここで互いに等間隔  $T$  だけ離れた3点が一方に random walk をするとき、これが結合するまでの距離  $D$  を考えると、この現象は

$$\begin{aligned} D_{i,j} &= 1 + (2D_{i,j} + D_{i,j-1} + D_{i,j+1} + D_{i-1,j} \\ &\quad + D_{i-1,j+1} + D_{i+1,j} + D_{i+1,j-1})/8 \dots \dots (27) \end{aligned}$$

の差分式で表わされる。ここで  $i, j$  は考えている単位正方形の格子点を表わす。境界条件は

$$i=0 \text{ あるいは } j=0 \text{ に対して, } D_{i,j}=0 \dots \dots (28)$$

である。100回の反覆計算の結果

$$D = 4T^2 \dots \dots \dots (29)$$

の関係に近づくことがわかった。この関係を現実の河川流域に適用するには、流域面積  $A$  と主流長  $L$  を考えれば良い。通常これらの量の間には

$$L \propto A^r \dots \dots \dots (35)$$

の経験関係が求められていて、 $r$  は0.6と0.7の間にあることが知られている。 $L$  が  $D$  でおきかえうような、水流次数が1の流域(図-9)を考えると

$$L = D \propto T^2 \dots \dots \dots (36)$$

また

$$A \propto T^3 \dots \dots \dots (37)$$

であるので

$$L \propto A^{2/3} \dots \dots \dots (38)$$

となる。これは上述の指数と非常に良く一致している。

(4) 流域の形状

図-10 は自然の流域を6種に分類したものである。この分類の定義はまだ定量化されてはいないが、ここで述べたモデルの統計量でこれらの形態を定めることが可能である。これらの形状を random roughness model でシミュレートすることが可能であるので、シミュレートするときの条件で、形状の分類が定義されるのである

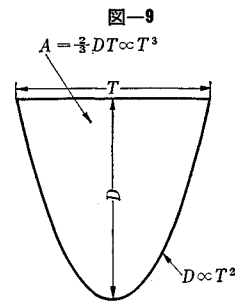
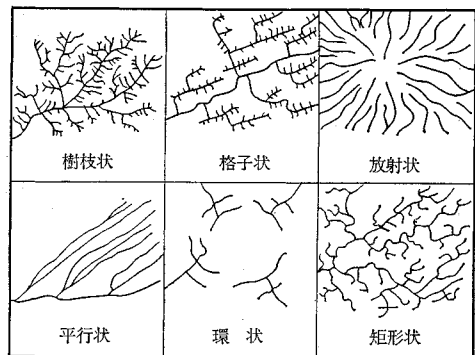


図-10



う。地形の計量化に用いられる一つの量に分岐比があり、これは大体自然河川では3.5で、大流域になるほど4に近づく傾向がある。random walk modelでは4と5の間にあるが、この違いは境界条件その他でなくすることは可能である。ここで述べたような流域の分類法は、その計量化のための道具を提供するだろうが、現段階では概観以上の表現はできない。

(図および式番号は原文のまま) (委員 吉野 文雄・訳)

## アメリカの砂防とその考え方 (その 1)

“Chapter V: Sediment Control Methods  
Introduction and Watershed Area”  
A report by the Task Committee for  
Preparation of Manual on Sedimentation  
Proc. of A.S.C.E., HY. Vol. 95, No. 2  
pp. 649~675, March (1969)

### (1) はじめに

流砂の調節という概念は、流域ごとの各工法によって種々の異なった意味を示すものである。ここでは、山腹および河川の侵食防止と調節ということに的を絞り、海岸侵食とか、水利等にはふれない。

このような問題は、一般に地表面と沖積河川の二つの区域に分けて考察され得る。すなわち、地表面の流砂の調節は「集水域」ということで論議され、その中にシートエロージョン、リル、ガリー、野溪などが含まれるのである。それに対して河道の流砂の調節は、「人工および自然水路」ということで論議される。

前者の工法は「現存の形態」に大きく左右されるのに対し、後者の工法は自由度が大きい。本論はその前者の部分を実述したものである。

## 集水域の流砂の調節

### (1) 緒 論

ここで対象とする流域面積の最大値は、1954年合衆国、砂防・洪水防御基準に定められた1000km<sup>2</sup>とした。

これは、「それ以上の流域面積を持つと二つ以上の流域に分けられる」という理由によるものである。

流域保全という概念は古くから存在し、たとえば、古代ローマ・ギリシャの技術者たちは、森林の伐採と下流の土砂の堆積との関係について知っていたし、中世末のイタリアの技術者は、北部イタリアの山岳地域の洪水および土砂害を軽減するために、きわめて幼稚ではあるが流域保全計画を作成していた。また、初代大統領ワシントンには、バージニア州の丘陵地の荒廃状況について書きしるしているし、1892年の固有林保全計画は「船舶の

航行可能な水路の保持」を基にして作成された。

現在のアメリカの流域保全事業は、連邦政府のもとに全国的な規模で行なわれている。その考え方というのはほぼ次のようである。

1) 土壌に固有な性質を悪化させることなく、なるべく均一に土地を使用すること。

2) 土壌悪化を防止し、その土地に最適な土壌・水・植生の管理を行なうために、植生工法および土木工法を適用すること。

3) (a) 洪水・土砂害の減少による純経済的利益を最大にする。(b) ダム埋没を防止する。(c) 水の汚濁を防止する。以上のことを考えあわせた洪水防御、土砂生産の調節を行なうこと。

4) 近い将来にまで各分野で必要となるであろう水資源の開発を行なうこと。

5) 侵食防止はもちろんのこと、用材林・牧草地としての植生の管理改善を行なうこと。

6) 植生工法および土木工法の最も効果的な(経済的にみても)組み合わせを考えること。

7) 水管理における集水域と流域全体間のバランスのある水利権を確立すること。

流域保全計画というのは、(a) 土と水資源の保護と利用および、(b) 侵食・洪水・土砂害の防止を目的としているけれども、地域ごとにその重点は異なる。しかし、流域保全事業がなされる区域ではこの流域であっても流砂の堆積過程および問題の所在は、物理的にかつ経済的に十分解明されねばならない。

流域保全計画は、種々の学問の総合されたものでなければならない。この基礎となる学問分野は、経済学、水文学、地形学、機械工学、土質工学、植物生態学等である。アメリカ農林省の計画課は、これらの専門家が集まって1チームを作り、流域保全計画を作成している。他の専門分野が必要とされる場合は、他の省庁から呼ばれるのである。

### (2) 流域調査

流域調査の目的は、流域保全の観点からいえば、次の情報を把握することである。

1) 問題の所在を明らかにするためのデータ、2) それを軽減除去するための工事計画を作成するために必要なデータ、3) 工事の効果を算定するためのデータ。

流砂の堆積過程および結果は、地形・地質・降雨・土壌・土地利用形態によっておのおの異なる。また、経済の発展の度合にもよる。それゆえ、一つの流域の研究結果が他の流域でも(たとえそれが近隣していても)よく合うだろうという仮定は、はなはだ危険である。

しかし、このように流砂の量および堆積位置が流域ご

とにかなり違っても流域保全事業を行なう際、次の6段階を踏まねばならない。

- 1) 現存するかまたは将来発生が予想される流砂の堆積過程を見分け決定する。
- 2) その量を決定する。
- 3) 原因となる factor を決定する。
- 4) その原因の発生を防御する工法を種々考える。
- 5) 最も効果的で実行可能な工法を決定し、その評価づけを行なう。
- 6) 工事を行ない、その管理を行なう。

土砂堆積調査は、氾濫原においてはボーリング、粒度分布調査、航空写真による侵食量調査があり、河道においては航空写真による河床変動量調査およびダム堆砂調査がある。港湾では深淺測量およびしゅんせつ量調査がある。土砂害を考察するには Larson と Hall が述べているような Valley range system または氾濫原の航空写真図化によらねばならない。また河床の変動は横断図の比較および流砂量公式を使った河床変動計算も使える。

### (3) 調節工法

荒廢地を耕作・移牧・林業生産に使うことは、侵食防止の上でまず考えねばならないことである。湿润で、主体的な土地利用が農業である区域では、sheet erosion やガリー野溪が最大の土砂生産源である。しかしながら、一般に森林地帯や乾燥地域では、ガリーや河床変動がより大きな土砂生産源である。また、道路網の発達・都市化および鉱工業などの文明の発展に伴う侵食は、ある地域においては著しい土砂源なのである。こういうところでは、より深い考察を伴った流砂の調節計画を必要とする。山岳地帯に近く、sheet erosion が優越するようなどころでは、植生工法の使用によって流砂の調節をし、それに対して土木工法は、普通ガリーを含む野溪および河道の流砂の調節に必要とされる。

植生工法は流域保全事業に最も大切なもので、特にシートエロージョンの顕著な湿润な農業地帯の土砂害に対して効果が大きい。この工法の選択には、土壌の良否によって考察を行なってから決めるのが良い。

土木工法は流域保全事業で植生工法に次ぐものであり、斜面安定、水の流れの調節、貯水等に使用される。

これらは、1) 土工の型式(切り通しか土盛りかということ)、2) コンクリート工事が石工事が、金属工事が、3) それに伴う植生工法を何にするか等の考察をする必要がある。

植生工法に比べて完全でかつ多目的に使用できるといふ利点がある。

主な土木工法は、①ダム工、②水路改修(床固めおよび護岸工)、③遊砂地工、④その他放水路工事等がある。

植生工法は流域保全事業の第一のものであるから、その影響は物理的および経済的にしっかりと考察・予想しておかねばならない。

物理的影響は表面流出および土砂の生産を減少させることであり、経済的影響は一次的二次的利益をいう。

生産土砂のうち、ガリーや河床変動による侵食によって生じたものは粒径が粗いものに対して、シートエロージョンのものは細かい。土木工法は主に前者を、植生工法は主に後者を防止するのが目的であるから、工法を決定するためには被害をもたらす土砂源の状況をしっかりと把握する必要がある。(委員 田畑 茂清・訳)

## 交通機関選択と歩行者

“Modal Choice and the Pedestrian”

Eyles, D. and Spiller, C.J.

Traffic Engineering & Control, Vol. 11, No. 5.

pp. 228~232, September (1969)

イギリスの主要な都市地域では、道路建設のための土地と費用が著しく不足しているため、増大する自動車交通需要に迅速かつ十分に対処するのに必要な道路をもっと建設することははやや限度に達していると予想されている。このため、比較案の一つとして、大量輸送機関の利用をもっと助長する方策を見いだそうとして、通勤交通における自家用乗用車と大量輸送機関の間の選択要因に関する研究、すなわち、交通機関選択の研究について非常に関心が高まってきている。

バス運賃をもっと安くするとか、大量輸送機関の運行速度を改善するといったような手段について、自家用乗用車の利用に与える影響を予測することに通常、研究の重点がおかれている。しかし、現在通勤に自家用乗用車と、大量輸送機関のどちらも利用していない多数の人達が及ぼすかもしれない影響については考えてもいない。

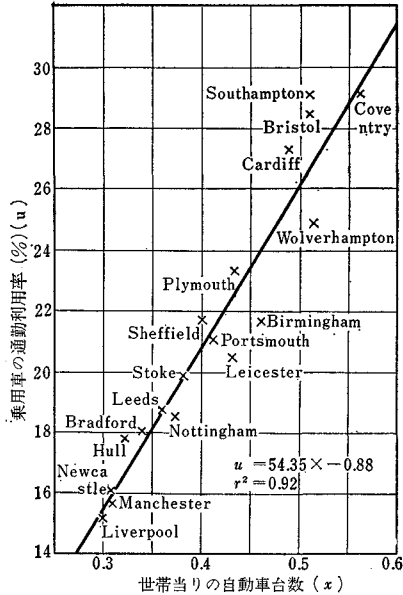
この論文は、主として歩行者と自転車利用者からなる“その他の交通手段”による人達について、その他として処理するには余りにも数が多く、かつ、重要であり、また、その変化反応については交通機関選択の研究から除くことは理論的にできないということを示そうとしたものである。

### (1) 選択の自由

図-1 はイングランドとウェールズの主要な都市における、世帯当たりの乗用車台数と通勤に自動車を利用する割合との相関を示したものである。

交通機関選択の問題は複雑なものであって、選択の自由は乗用車保有世帯の人達にのみ限るといふ考え方は決して正しいことではない。乗用車非保有世帯の人達でも

図一 乗用車による通勤交通 (1966年の国勢調査より)



友達や同僚により定期的に車に乗せて貰って通勤しているものもある。反対に、乗用車保有世帯の中にも、通勤以外に乗用車を使う必要があるために通勤に使うとか、あるいは、家族が乗用車を使うため、通勤に使うことができないといった理由で、通勤する場合に、乗用車の利用に関して選択の自由がまったくないものもある。コベントリーの就業者約 12000 人について調査した結果、乗用車かバスのどちらかで通勤した人のうち、乗用車保有者についてみると、

約 10% は利用するのに適当なバスがない

約 20% は通勤または他の目的のために乗用車を必要  
約 5% は家に乗用車をおいてこなければならなかった

その結果、約 65% が乗用車とバスの利用についての自由な選択を行なうことができた。その場合、10 人中 9 人ぐらいまでが乗用車を使うことを選択している。

一方、乗用車非保有者の中にも、17% の人が乗客として乗用車で通勤していることを示している。

## (2) その他の交通手段

今までは乗用車かバスのどちらかで通勤する人のみふれたが、その他の交通手段で出勤する多くの人もある。表一に示したとおり、ロンドンを除き、大都市でさえあまり鉄道を利用していない。その他は自転車や徒歩で通勤する人を意味し、全通勤者の 1/4~1/2 の間の量を占めている。

表二は 1964 年コベントリーにおける通勤交通手段の構成を示したもので、乗用車保有者のうち、その他の

表一 主要都市における通勤交通手段の構成

都市名	居住人口	居住就業者数	通勤交通手段			
			乗用車(運転者および乗客)(%)	バス(%)	鉄道(%)	その他(%)
バーミンガム	1 115 630	538 820	21.6	50.3	0.9	27.2
リバプール	729 140	307 820	15.2	57.4	2.2	25.2
マンチェスター	644 500	287 860	15.6	55.0	1.6	27.8
リーズ	508 790	242 720	18.7	56.6	1.1	23.6
シェフィールド	490 930	234 410	21.7	54.1	0.3	23.9
ブリストル	433 920	201 580	28.5	39.3	0.9	31.3
コベントリー	328 980	162 110	29.1	34.8	0.3	35.8
ノッティンガム	311 850	149 660	18.5	48.6	0.6	32.3
キングストン・アボン・ハル	300 320	130 860	17.8	30.4	2.0	49.8
ブラッドフォード	298 220	142 430	18.0	52.1	0.5	29.4
レスター	267 050	143 530	20.4	40.4	0.3	38.9
ウルバーハンプトン	267 000	130 930	24.8	36.8	0.8	37.6
ストーク	263 910	135 230	19.8	44.4	0.8	35.0
ニュー・キャッスル	260 750	109 440	16.1	55.5	1.9	26.5
カーディフ	260 340	112 010	27.3	35.5	1.5	35.7
ポーツマス	221 470	95 070	21.0	30.3	1.8	46.9
プリマス	231 800	88 690	23.3	41.1	0.4	35.2
サザンプトン	208 710	95 820	29.1	33.3	1.7	35.9

(1966年のイングランドおよびウェールズにおける国勢調査より)

表二 コベントリーにおける通勤交通手段

コベントリーにおける通勤交通手段	乗用車保有の就業者	乗用車非保有の就業者
自動車運転者	71.6 %	1.4 %
自動車乗客	10.1	17.2
バス	9.9	54.0
鉄道	0.5	1.0
その他(徒歩, 自転車)	7.9	26.4
計	100.0 (サンプル数 6355)	100.0 (サンプル数 8063)

(1964年通勤交通調査より)

交通手段(8%)と同じぐらいバス利用者(10%)がいたことは注目値する。この状況の下に、バスサービスの改善を行ない、魅力あるものとするならば、歩行者や自転車利用者も吸引することができるだろう。

## (3) 分析技法と問題点

コベントリー交通研究において、交通機関選択に関して資料を分析し、乗用車、大量輸送機関およびその他の交通手段の3種類の間の選択を行なうため、2つの重回帰方程式により、それぞれ、前二者で通勤する人の割合を求め、残りをもち、その他とする方法を検討した。この式の中で、交通距離  $d$  (勤務地までの直線距離。マイル) は重要な要因となっている。分析の結果、交通費用は通勤の場合、交通機関選択に影響するようには思われないう重要な事実にあったとき、導かれたもっとも現実的で実用的な2つの方程式は次のとおりである。

$$(a) \text{ バスを利用する乗用車保有者の割合}(\%) = 2.55d - 0.49(t_b - t_c) + 10.98 \quad (r=0.52, k=36)$$

- (b) 乗用車を利用する乗用車保有者の割合 (%)  
 $= 3.92d + 0.49(t_b - t_c) + 61.05$  ( $r=0.56, k=36$ )

ここに、

$$t_c = \text{戸口から戸口までの乗用車による交通時間(分)}$$

$$= 4.05d + 5.20$$
 ( $r=0.85, k=37$ ) (最大 25 分)

$$t_b = \text{戸口から戸口までのバスによる交通時間(分)}$$

$$= 8.17d + 8.24$$
 ( $r=0.87, k=20$ ) (最大 45 分)

$r$ : 相関係数,  $k$ : 自由度

上式によれば、一般に、乗用車保有者が短距離ほど多く歩いたり、自転車通勤することは明らかである。しかしバスを利用する割合は4マイルまでの距離に対して大体同じぐらいである。

#### (4) 変化の予測

バスサービスの改善による効果について次のような数学的モデルで検討してみた結果、交通距離1マイルの場合、バスへの転換量はその他から5.5%に対し、乗用車からは2.4%にしかならなかった。

(a) バスを利用する乗用車保有者の割合 (%)  
 $= -1.09(t_b - t_0) - 0.49(t_b - t_c) + 19.99$

(b) 乗用車を利用する乗用車保有者の割合 (%)  
 $= 0.66(t_0 - t_c) + 0.49(t_b - t_c) + 64.48$

ここに、 $t_0 = 10.5d$

#### (5) 結 論

1) 交通手段のバランスは乗用車と大量輸送機関の間だけの選択の問題ではなく、特に、短距離通勤交通に関してはその他の交通手段について十分考慮する必要がある。

2) 交通距離は、少なくともバスが広く普及した唯一の大量輸送機関であるところでは、乗用車とバスとその他の交通手段の間の選択に影響するいくつかの変数をなく主要なものである。

3) 乗用車利用に影響を及ぼす変数が相互に関係している場合には、交通機関選択の予測を行なうに際して、非常に注意を払うことが必要とされる。さらに、乗用車保有者には通勤に乗用車を使うかどうかを決定する場合選択の余地がないものが多くおり、また、乗用車の乗客は他の運転者に依存している乗用車非保有世帯の人達が多いということである。

4) バスサービスの改善は、乗用車を利用する人達よりも、一般に徒歩や自転車通勤する乗用車保有者達の方をもっと多くひきつけるように思われる。この結果、道路交通の混雑を減少することなく、ピーク時における大量輸送の需要を増大することができるだろう。

(委員 新谷 洋二・訳)

●土木計測技術の基礎から応用までを初めて体系化!

(1月刊行)

# 土木計測便覧

内容見本送呈

京都大学土木会編

A5・788ページ ¥5,000

土木工学研究、土木事業に関係するすべての計測法を網羅し、より科学的な土木解析の質的向上に応えるものです。土木工学における、計測—解析—計画—設計—施工という流れの中で計測をとらえ、体系化した画期的な内容で、基本原理から応用まで、多数のデータと豊富な図表を用いて具体的に詳述しています。

- 主要内容 I. 計 測 の 基 礎 基本量と単位 / 次元解析と相似律 / 計測量の変換 / 計測と誤差 / 実験計画法 / 不規則変動量の解析
- II. 計 測 の 応 用 構造計測 / 水工計測 / 交通計測 / 衛生工学計測
- III. 土質実験および材料試験法 土質実験法 / 材料試験法

測 量 学 一般編 米谷・山田著 新書判 414ページ ¥550  
 応用編 石原・森著 " 518ページ ¥980

土木計画とOR 石原藤次郎校閲 B5・468ページ ¥3,000  
 吉川和広著

テルツァギ ベック 土質力学 新版 基礎編 A5・294ページ ¥1,200  
 星埜 / 加藤 / 三木 / 榎並訳 応用編 A5・400ページ ¥1,500

**M**  
**丸善**  
 東京・日本橋  
 振替東京5番