

点雨量と面積雨量の相関

“Areal Representativeness of Rainfall”

By F.A. Huff & J.C. Meill

Trans. A.G.U., Vol. 38, No. 3, June 1957

**概説** 点雨量による面積平均雨量代表の精度は、種々の目的に対する雨量観測網の計画や、既存の観測網よりの資料を分析するには十分である。

点一面積平均雨量の相関を見出すのに必要な集中的な雨量観測所網が不足のため、この相関は十分研究できなかった。主題に関する少数の論文は Linsley と Kohler (1951) により、また U.S. Weather Bureau (1947) により発表されている。

上記の解析のためイリノイ州の観測網について、1948～1956年の資料を集め、0.03 mile<sup>2</sup> から 400 mile<sup>2</sup> の大きさの面積についての、点雨量と面積平均雨量の相関について研究した。点雨量は各面積の中央において観測され、相関は一雨 (storm)、週間、月間の雨量について行つた。また 10 mile<sup>2</sup> から 100 mile<sup>2</sup> の雨量資料から、点雨量観測所が中心から離れている場合の点雨量と面積平均雨量の相関について研究した。

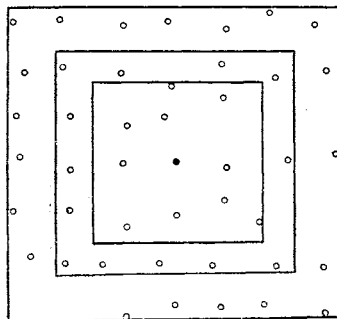
**資料** 資料は表一にある観測網について集められた。すべての観測網は地形的影響のない比較的平坦なイリノイ州の中央部にあり、観測所の分布は均一とした。サンプリング方法は図一に 100 mile<sup>2</sup> の観測網の例を示してある。

研究に使用したすべての資料は春、夏と初秋に集めたから、驟雨性の降雨に最も適応するものである。イリノイ州の資料にもとづいた結論であるから近似的に中西部を代表し、また同じような気候、地形のところに使える。

表一 研究に使用した観測網

観測網の面積	観測所の数	観測期間
0.03 mile <sup>2</sup>	9	1953—1956
0.6	5	1949—1956
4.0	7	1950—1955
10.0	9	1952—1955
25.0	8	1948—1954
25.0	12	1952—1955
50.0	17	1948—1954
50.0	28	1952—1955
100.0	25	1948—1954
100.0	48	1952—1955
280.0	46	1948—1950
400.0	50	1954—1956

図一 25, 50, 100 mile<sup>2</sup>, Goose Creek, 1954



**平均誤差** 特定の地域についての観測より、点雨量と面積平均雨量との差と、中央における点雨量との相関について図上にプロットした。これから次式の一つが資料に合うことがわかつた。

$$\log E = k + l \log P \dots\dots\dots (1)$$

$$\log E = k + l P^m \dots\dots\dots (2)$$

ここに  $P$  : 与えられた地域の中心における一雨、週あるいは月の点雨量の観測値

$E$  : 与えられた地域の点雨量と面積平均雨量の差

$k, l, m$  : 定数

表一 の観測網の一雨、週間と月間雨量に対する  $k$  および  $l$  の値は表二に示してある。 $k$  の値は面積と

表二  $k, l$  の値

面積	一 雨		週 間		月 間	
	$k$	$l$	$k$	$l$	$k$	$l$
0.03 mile <sup>2</sup>	-2.155	0.46	-2.097	0.61	-2.301	0.72
0.60	-1.538	0.46	-1.469	0.61	-1.347	0.38
4.0	-1.377	0.47	-1.260	0.73	-1.252	0.86
10.0	-1.377	0.36	-1.229	0.62	-1.268	0.84
25.0	-1.222	0.52	-1.051	0.68	-1.252	0.78
50.0	-1.167	0.51	-1.060	0.78	-1.174	0.80
100.0	-1.131	0.50	-1.065	0.66	-1.131	0.74
280.0	-0.914	0.45	-0.783	0.69		
400.0	-0.932	0.52				

もに増加し、 $l$  はアトランダムに変化するから、面積中心において記録された点雨量  $P$  と面積  $A$  の面積平均雨量の差について、すべての観測網からの資料は一つの式で表わされる。

$$\log E = k_1 + l_1 \log P + n \log A \dots\dots\dots (3)$$

$k, l$  と  $n$  を最小自乗法によつて決めると次式が求められた。

$$\log E = -1.431 + 0.50 \log P + 0.29 \log A \quad (4)$$

$$\log E = -1.285 + 0.58 \log P + 0.20 \log A \quad (5)$$

$$\log E = -1.559 + 0.71 \log P + 0.26 \log A \quad (6)$$

比較のため次式について検算した。

$$\log E = k_2 + l_2 P^m + n_2 \log A \dots\dots\dots (7)$$

ここに  $E, P, A$  は (3) 式と同じ、 $k_2, l_2, m$  と  $n_2$  は定数 (7) 式より

$$\log E = -2.011 + 0.54 P^{0.5} + 0.29 \log A \dots\dots (8)$$

$$\log E = -1.853 + 0.51 P^{0.5} + 0.18 \log A \dots\dots (9)$$

$$\log E = -1.889 + 0.37 P^{0.5} + 0.25 \log A \quad (10)$$

(4)(5)(6)(8)(9)(10) に対する重相関係数は表三に

表三 重相関係数 示してある。これらの相関係数から (3) 式と (7) 式を使用した場合の適合性に有意の差がないことがわかる。しかし (4) (5) (8) と (9) に使用した資料の図上のプロットから (8) と (9) の  $P$  の値の上・下限がよく合うことがわかつた

方程式	相関係数	降雨の型
(4)	0.89	一雨
(8)	0.90	〃
(5)	0.85	週間
(9)	0.85	〃
(6)	0.62	月間
(10)	0.60	〃

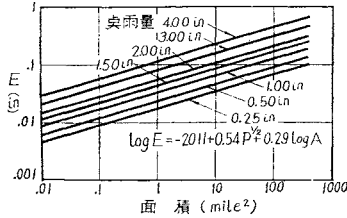
た。月間資料で得られた小さな相関係数は資料の散らばりによるものである。一雨と週間雨量の資料は散らばりが少ない。月間の資料は255であり、週間は663、一雨の資料は1900である。100 mile<sup>2</sup>の一雨に対する

表-4 (4), (8) 式の比較

P	100 mile <sup>2</sup> に対するE	
	(4) 式	(8) 式
0.10 in	0.04 in	0.06 in
0.25	0.07	0.07
0.50	0.10	0.09
1.00	0.14	0.13
2.00	0.20	0.22
3.00	0.25	0.32
5.00	0.32	0.60

(4) 式と (8) 式からの P の値に対する E の値は表-4 に示してある。P が 3 in 以下では両式の差は少ないが、3 in 以上は (8) 式は (4)

図-2 点雨量面積平均雨量



の値が出る。(7) 式は雨量の大なる場合に適合する。(8) 式を図示すると図-2 になる。表-5 には一雨、週間、月間雨量から得られた E の比較値を示してある。この3つの式から点雨量と面積平均雨量との差は降雨の大きさによつて増大する。一定の点雨量に対し、一雨、週間、月間等、資料期間の増大に対し E は減少する傾向にある。

表-5 一雨、週間、月間の E の比較

点雨量	100 mile <sup>2</sup> に対する点雨量と面積平均雨量の平均差		
	一雨	週間	月間
in	in	in	in
0.25	0.07	0.06	0.06
1.00	0.13	0.10	0.10
2.00	0.22	0.17	0.14
4.00	0.45	0.34	0.22

この傾向は、中心における雨量が増すとともに大きくなる。面積平均雨量を中心における点雨量で示す精度を上げるには、資料期間を長くすればよいことがわかる。これは週間雨量は幾つかの降雨の集まりであり、月間雨量は週間以上に多くの降雨の集まりであり、顕著な天候、地形的特徴のない場合は、一つ一つの降雨は土地のいろいろな部分を通りすぎるために、降雨の数が多くなればなるほど、降雨の分布は一樣となってくるからである。

**信頼限界** 面積平均雨量の E は観測に誤差が含まれると、さらにむずかしくなってくる。P の間隔は、その間隔内に面積平均雨量があるように信頼の方法で定めるのがよい。信頼限界を定めるためにサンプリングの標準偏差を計算する必要がある。この計算は同じ P の値をもつ14の降雨のグループについて行つた。標準偏差は次の階級についてなされた。

0.01~0.10, 0.11~0.20, 0.21~0.30, 0.31~0.40, 0.41~0.50, 0.51~0.60, 0.61~0.70, 0.71~0.80, 0.81~0.90, 0.91~1.00, 1.01~1.50, 1.51~2.00, 2.01~3.00, 3.01~4.00

一雨、週間雨量に対する計算式は次式である。

$$\log S = -1.843 + 0.48 P^{0.5} + 0.27 \log A \quad (11)$$

$$\log S = -1.731 + 0.46 P^{0.5} + 0.19 \log A \quad (12)$$

ここに、S (in) : 標準誤差の最もよい推定値

P (in) : 計算階級中点

A (mile) : 面積

(11) と (12) に対する重相関係数は 0.85 と 0.82 であつた。月間雨量の資料が十分なかつたので月間の標準誤差の関係を定めることができなかった。一雨と週間の面積平均雨量に対する 95% の信頼限界は (11) と (12) から  $P \pm 2S$  を計算することにより求められる。70, 80, 90, 99% の信頼限界は (11) と (12) の S に 1.05, 1.30, 1.67, 2.66 をかけ P から ± して求まる。

**観測が中心から離れている場合の面積雨量の推定** 雨量観測所が中心から離れている場合は、中心にある場合に比し精度が落ちる。次にいろいろな面積の中心から離れた観測所から、面積平均雨量を推定する方法を簡単に述べる。

10, 25, 50, 100 mile<sup>2</sup> に対する資料を解析した。解析方法は観測所が中心にある場合と同じである。

$$\log E = a + bP^c + d \log A + e \log D \quad (13)$$

ここに E : 差の平均

A : 観測網の面積

D : 中心からの距離

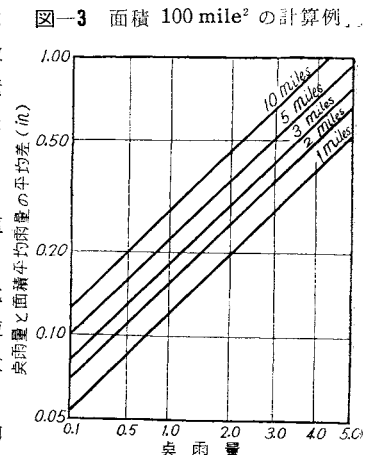
P : 観測所における総雨量

a, b, c, d, e : 定数

資料から次式が求まつた。

$$\log E = -1.411 + 0.51 P^{0.5} - 0.01 \log A + 0.37 \log D \quad (14)$$

上式で単位は E と P は in, A は mile<sup>2</sup>, b は mile である。100 mile<sup>2</sup> に対する計算例は図-3 である。使用した資料の限界内では log A の係数の大きさから面積は重要な変数でないことがわかる。A が (14), (15) 式の E と P の値に影響が少ないことから面積の変化は、この研究に使つた範囲内では大きな誤差はない。



推定信頼限界内

で計算した標準偏

差の関係式は次式である。

$$\log S = -1.179 + 0.41 P^{0.5} - 0.01 \log A + 0.30 \log D \quad (15)$$

単位は P は in, P, A, D は (14) と同定義、同単位である。(建設省河川局 高秀 秀信)

## 実物大凍上試験

“Praktische Erfahrungen in der Frostforschung  
in Deutschland”

Strasse und Verkehr 7, 1956, By Siedek

“Linde-Kälte Hilft der Strassenbau-Forschung”

Linde 社報告, By Kübler

ドイツ道路研究所は、凍害防止層の厚さをきめる場合に、舗装の種類がどの程度影響するかを調べるのを第一の目的とし、さらに大きくは実験室と現場の懸橋になる種々の試験を行うのを目的とし、実物大の路床路盤舗装をもつ屋外凍上試験装置を1956年に完成した。

写真-1のような2.8×7.5×25mのコンクリート槽を造り、下から砂利層とフィルター層をおいて、ここで地下水を制御できるようにし、その上に試験すべき路床、路盤、舗装版をおいた。その上に写真-2,3のような絶縁蓋12コを5.5×13.1mにわたつてかぶせた。絶縁蓋の内部にとりつけた写真-4のような冷凍管兼温水管によって蓋の内部の温度を-20~+50°Cまで制御して凍上試験を行った。試験準備の終わった屋外凍上試験装置は写真-5のとおりである。

土の温度は40コの抵抗温度計と自記記録計で、凍上

写真-1 フィルター石の施工

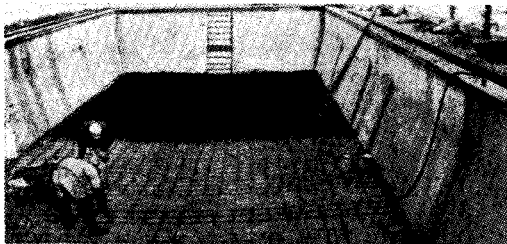


写真-2 冷凍管付きの絶縁蓋の運搬



写真-3 冷凍管付きの絶縁蓋の設置

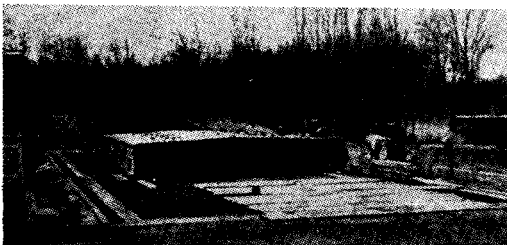


写真-4 冷凍管の取付部分

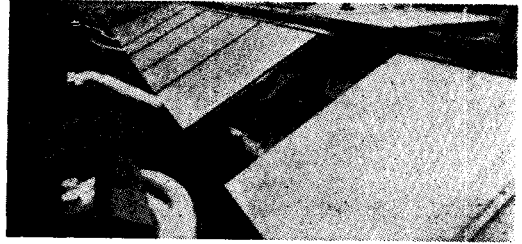


写真-5 試験準備の終わった凍上試験装置

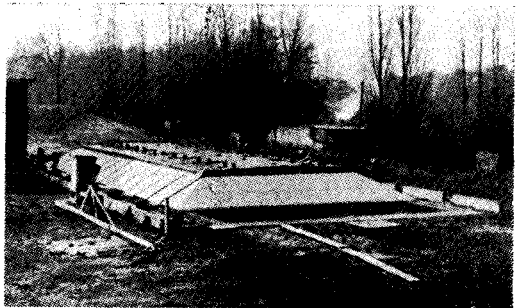


写真-6 レベルによる凍上量の測定



写真-7 屋外凍上試験用載荷装置



量は写真-6のように絶縁蓋の横窓を通してレベルで、融解時における支持力は写真-7のような載荷試験装置で測定した。これらの資料から路床路盤および舗装の熱常数も計算できる。また試験施工に際しては施工機械の試験もできる。

(建設省土木研究所 岩間 滋)

# ヒステリシスを有する系のアナコン

“Analog Computer for Nonlinear System with Hysteresis”

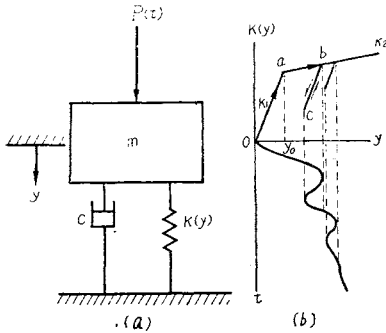
By W.T. Thomson.

Jour. of App. Mech. June 1957, Vol. 24, No. 2

構造用材料に降伏点以上まで荷重を加えると、ヒステリシスが見られることは、一般に知られていることである。このような構造を、2コの弾性係数を有するバネと質量の系で表わされるとして、これに一方向のみの力を加える場合のアナログ・コンピューターを製作し、計算を行ったものである。このコンピューターの特徴は、従来計算が面倒であったヒステリシス効果を、ダイオードとリレーを用いて表わし、その解析を容易にした点にある。系のモデルとバネの特性を示したものが図-1であつて、この微分方程式は

図-1

- (a) ヒステリシスを有するバネ-質量系のモデル
- (b) バネ特性、および時間-変位曲線

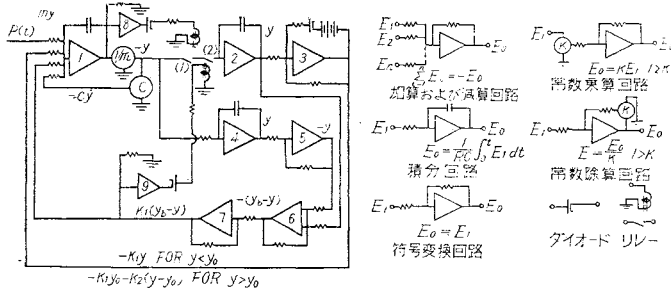


$$m\ddot{y} = -c\dot{y} - Ky + P(t)$$

で表わされる。ここで、 $K$ は $y$ の値と $\dot{y}$ の符号によつて $K_1$ あるいは $K_2$ をとり、それに応じて減衰率 $\zeta = C/C_{cr}$ は $\zeta[(K_1/K_2)]^{1/2}$ になる。

この系の計算回路は図-2のようなになる。荷重の変化に応じて変位 $y$ が図-1(b)に示されるごとく変わるものとして、この回路のおもな動作について次に述べる。この場合、aにおける弾性係数の変化は増幅器3の上方にあるダイオードで表わし、bにおける変位の方向

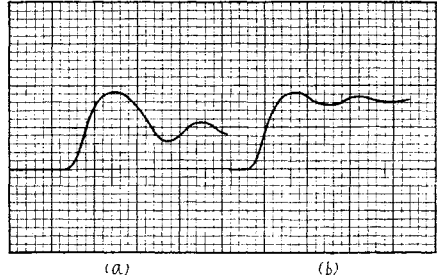
図-2 ヒステリシスを有する力学系の計算回路



変化、すなわち $\dot{y}$ が負になつたことについては(1)のMake接点のリレーを用い、bc間の変位については、(2)のBreak接点のリレーと4の増幅器(2と同じもの)を用いて表わしている。bc間の復原力の変化を与えたものが6,7の増幅器である。求める変位 $y$ は4の増幅器の後に、速度 $\dot{y}$ は1の増幅器の後に( $-\dot{y}$ として)与えられている。

これを用いて計算し、ヒステリシス効果を示したものが図-3で、これによればヒステリシスを無視して計

図-3 (a) ヒステリシスのない系の応答  
(b) ヒステリシスのある系の応答



算を行うことは、かなりの誤差を生ずることになることを示している。

従来弾性領域で行われていたと同様に、この結果をハリの振動問題に適用するには、その等価質量およびバネ係数を表-1のようにとればよいが、これを行うにあつては、十分検討することが必要である。

表-1 ハリの等価質量および等価バネ係数

$$\text{固定度} : f = \frac{\text{実際に生じたモーメント}}{\text{固定支点到生ずるモーメント}}$$

$$\text{等価質量} : M_e = \frac{256 M}{(5-4f)^2} \left( \frac{31}{630} - \frac{17f}{210} + \frac{f^2}{30} \right)$$

$$\text{等価バネ係数} : K_e = \left( \frac{384}{5-4f} \right)^2 \left( \frac{1}{120} - \frac{f}{72} + \frac{f^2}{144} \right) \frac{EI}{l^3}$$

(東大生産技術研究所 佐藤 吉彦)

## ソイル セメントの失敗例?

“Misserfolge der Bodenvermörtelung?”

By F. Reinhold

Strassen Asphalt, und Tiefbau Technik, 2, 1955

北ドイツのある都市の住宅地街路を、建設費と維持費の節約をねらつて安定処理によつて施工した。

### 1. 土質調査

それまで畠であつた道路用地の3カ所から試料をとつた。腐食土の表面を除いて深さ1mから採取した。

試料I, II A3 均一粒径の中砂と砂利の混合

試料Ⅲ A2 LL15% PI2.8%

これらの土はセメントによる安定処理に適すると認められた。しかし試料ⅡおよびⅢは約0.2%の腐食土を含んでいたことに注意し、腐食土だけの試験も行った。

試験結果から厚さ15cmの土を安定するとして、表-1を得た。これらの値をもととし、土質の変動を考慮して、セメントを  $40 \text{ kg/m}^2 = 265 \text{ kg/m}^3$  用いることにした。

表-1

混合重量比	セメント量		$w_{opt}(\%)$	$r_t(t/m^3)$	圧縮強度 ( $\text{kg/cm}^2$ )
	$\text{kg/m}^2$	$\text{kg/m}^3$			
I 1:10	22.5	150	10	2.3	107
II 1:7	33.0	220	10	2.3	133
III 1:6	37.5	250	12	2.2	92

2. 現場試験

- a) 路盤材料の試験と監督
- b) 最適含水比と混和水量の決定
- c) 混合の監督と混合度の管理
- d) 締固め前に供試体をとって曲げ、圧縮強度を試験
- e) しきならしと締固めの監督
- f) 締固め後に供試体をとって単位容積重量を測定
- g) 締固め直後に供試体を切取って圧縮試験
- d) の試験で  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$  供試体の曲げ強度は  $29.4 \sim 50.2 \text{ kg/cm}^2$ 、圧縮強度は  $131 \sim 203 \text{ kg/cm}^2$ 、7cm 立方供試体の圧縮強度は  $110 \sim 229 \text{ kg/cm}^2$  であつて、いずれも所要の強度  $80 \text{ kg/cm}^2$  をこえ平均  $166 \text{ kg/cm}^2$  になつた。この強度から凍結に対しても安定だと考えられた。
- g) によるコア  $\phi 10 \text{ cm}$  の圧縮強度は  $63 \sim 133 \text{ kg/cm}^2$  で  $80 \text{ kg/cm}^2$  に達しないものもあつたが、切取るときの損傷を考慮して問題としなかつた。曲げ強度のいちじるしく高いことは注目に値する。要するに現場試験の結果は実験室試験の結果を上まわり、土質のよいことが示された。

3. 施工

- a) 路盤工
- b) 土質安定、緑石、排水管、歴青磨耗層の施工：土工はドイツ式スクレーパーとブルドーザーで、路上混合はブンガルツの機械で、締固めはブルドーザーとローラーで行つた。歴青舗装は従来の方法と異なつた。

- 1) 常温アスファルトの撒布  $1 \text{ kg/cm}^2$
- 2) 碎石  $3 \sim 8 \text{ mm}$   $18 \text{ kg/m}^2$  }  $+5 \sim 6\%$  アスファルト
- $0 \sim 3 \text{ mm}$   $12 \text{ kg/m}^2$  }
- 3) 表面処理、常温アスファルトの撒布、 $0.6 \text{ kg/m}^2$  と碎石  $1 \sim 3 \text{ mm} + 4\%$  アスファルト  $5 \text{ kg/m}^2$

4. 施工中および施工後の障害

土質安定を1953年10月に始めたときは、試験結果からわかるように順調に進んだが、間もなく生じたいろいろな障害によつて施工が遅れ、舗装前に凍害を受けた

上、当初計画の半分  $11000 \text{ m}^2$  しか安定処理を行へなかつた。

- a) 現場に水道管がなかつたので水の混和が不均一になり、最適含水比とならない部分が弱くなつたばかりでなく、水圧不足から施工が非常に遅れた。
- b) 腐食土を含む土と含まない土を別々に積まなかつたので、部分的に腐食土の混入した土を安定処理するあやまちをおかした。
- c) 地下埋設物のための掘削土と現場交通によつて、路盤面と舗装面を汚したために施工が遅れ、凍結によつて安定処理土に細かいひびわれが生じ、それが現場交通によつてさらに増大した(写真-1)。

写真-1 安定処理した路盤がスラムにおおわれている



写真-2 緑石施工後に掘削し、地下埋設物を施工

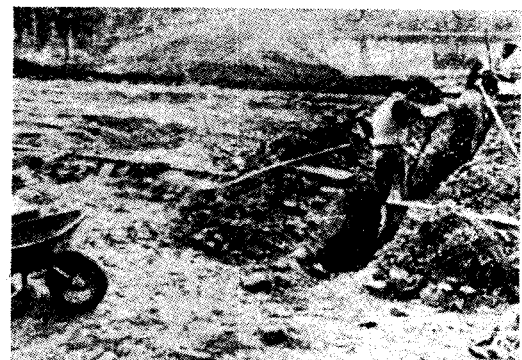


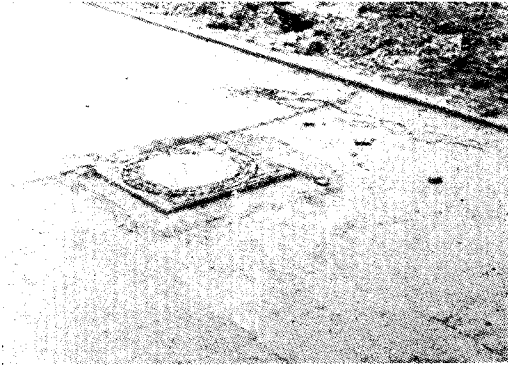
写真-3 悪い締固めのためできた穴



d) 数多くの地下埋設物のため施工が困難で、舗装を施工した後に掘返さなければならないことがあつた。また埋戻し後の締固めが不十分で穴のあいたこともあつた(写真-2,3)。

e) 地下埋設物の埋戻しを急いで、含水比の高い土を不十分に締固めたため破壊した(写真-4)。

写真-4 不十分な締固めによるひびわれ



f) 交通開始が早すぎた。施工遅延によつて受けた凍害が大きく、100 m<sup>2</sup> の道路の縁が 35 m もこわれたところがあつた。

g) 施工が遅れて雨季に入った(写真-5)。施工の段取りの悪かつたこと、建築、水道、電気、道路などの諸

写真-5 降雨後の路盤(安定処理不能)



工事を一度にやつたのに連絡の悪かつたことなどが原因である。

要するにこれらの失敗は、安定処理工法の失敗より、むしろ施工の失敗である。同じ工法を別の暖かい年に別の場所で行つて成功した。

(建設省土木研究所 岩間 滋)

### 貨車操車場のオート・メーション

貨車滞留時間、運転費、等の節減を意図して、人間の作業を高度に機械化した操車場が最近各地において竣工し、とくにアメリカで顕著であり、その概要が報告されているので、まとめて紹介する。

a) Citico yard (Southern Railway)

July 23, 1956, Railway Age

b) Neff yard (Missouri Pacific)

Oct. 15, 1956, "

c) Minot yard (Great Northern)

Nov. 5, 1956, "

d) Frontier yard (New York Central)

March 18, 1957 "

写真-1 ……July 23, 1956, p. 46 (Citico yard)

ヤード構外 2 マイルの地点に TV カメラを据付け、進入列車の車号をヤード事務所内のスクリーンで予知し、貨車の分解表を作製する。カメラの絞りは明暗により自動的に調節する。

写真-1



写真-2 ……同上 (Citico yard)

スクリーンに写された車は、また同時に 16 ミリのシネフィルムにも記録できる。時速 12 マイル 100 車連結の列車を 44 ft 長のフィルムに収め得て、それは 4 分以内に現像乾燥し、任意のときに車号を読みうるようになっている。

写真-2

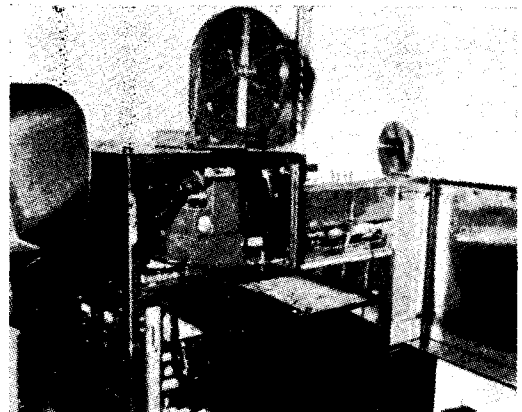
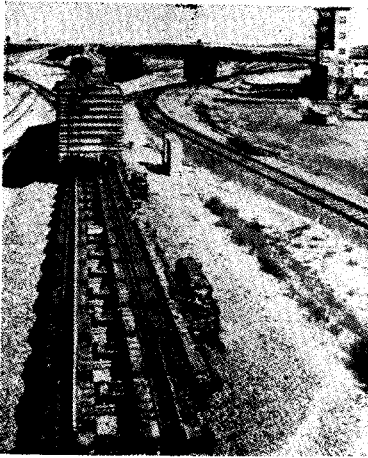


写真-3 ……Nov. 5, 1956, p.35 (Minot yard)

貨車の能率的仕訳をするのに、ヤード内にハンブなる小丘を設け、そこから貨車を散転さすが、写真のごときカ

写真-3



— リターダーを設け速度制御をする。

写真-4……March 18, 1957, p. 29 (Frontier yard)

ランプよりの貨車散転ルートを確認するために、電子的にスイッチを統御している。

写真-4

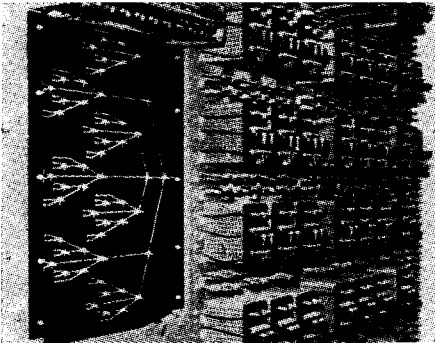
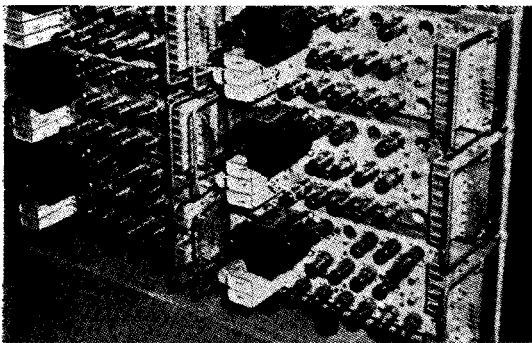


写真-5……March 18, 1957, p. 29 (Frontier yard)

カーリターダーによる速度制御量も自動的に調節している。すなわち散転路中にレーダーを設置して極超短波を貨車にあて、反射波の周波数の変化により貨車速度を知る。そして各貨車とも時速4マイル以下になるような制動量を電子計算器により自動的に求める。写真-5

写真-5



4.5 により仕訳作業の自動化をなしうる。

写真-6……July 23, 1956, p. 52 (Citico yard)

操車掛りは携帯無電で入換機関士と連絡し、手旗や添乗誘導などは行わない。

写真-6



以上のほかにも、車軸軸箱への自動給油装置、貨車重量測定 of 自動化、等があるが、ヤード能力の向上に最も影響をおよぼすのは、仕訳作業の自動化である。

この仕訳作業の自動化はわが国でも国鉄鉄道技術研究所で研究が進められ、すでに試作の段階に到達している。将来新鶴見操車場では、取扱量 10 000 両が想定されるが、かかる大操車場を考える場合には、仕訳能力向上のために、この自動化は不可欠な手段となるであろう。

(国鉄建設局停車場課 江島 淳)

### 都市改造に関する実行可能な勧告

“New View Points on Urban Transportation and Renewal”

By J.T. Howard

The American City, 72-6, Jun. 1957

都市改造事業は公共性に富むといわれているが、さらに街の将来を考え、次の点が必要となる。

1. 復旧できる経済的限界から事業に要する費用を算定するとともに、このための都市財政を詳細に分析すること。この点から資金、課税基準、運営方式の適正化が望まれる。

2. 不良地区買収費を低減するため、市長の指導をうけ、かつ強力で効果的建築基準法等の制定が必要であること。なお、この法の適用により1/3ほど地価が減っている例がある。

3. 本事業には本質的に民間関係の支出が必要となること。この支出形式は寄付でよい。

4. 将来、例えば 25 年後をじっくり考えて計画し、大反対が起らないようにするとともに、後代の人々から後指をさされないよう努力すること。

(建設省計画局 渡部 与四郎)