



機械・40 — 1

道路事業費試験

土木研究所資料

第 104 号

路面凹凸測定機に関する研究

昭和 40 年 6 月

建設省土木研究所

目 次

1. ま え が き	1
2. 路面凹凸測定機の概要	1
3. 路面凹凸測定機の主要諸元	2
4. 路面凹凸の表現法	2
5. 定 置 試 験	4
(1) 測定輪の作動試験	4
(2) 基準台車の記録計に与える影響の測定	8
6. 作 業 試 験	10
(1) PrI と TCR	10
(2) 測 定 速 度	11
(3) 測定台車の長さ	11
(4) 千葉県実初地区における作業試験	12
7. 結 論	12
8. あ と が き	13
9. 路面凹凸測定機概要図	

1. ま え が き

建設省関東地方建設局東京国道工事事務所が八千代製作所より購入した路面凹凸測定機（プロフィールメータ）の試験を実施したので、その結果を報告する。

路面の形状は3m定規、ラフオメータあるいは多輪式プロフィールメータなどにより測定されるが、プロフィールメータは測定速度をある限度以下に抑えれば測定速度に関係なく路面の形状をほぼ正確に再現できる。また装置が大きいので、わが国のような狭い道路ではやゝ取扱いに不便であるが、計器の構造が簡単で比較的故障が少なく初心者でも取扱い易いという特徴がある。

今回の試験は、このプロフィールメータを如何なる条件で使用すれば最も良好な測定結果が得られるかを目的とし、特にフレームの長さ、測定速度に重点をおいて実施した。

また試験後プロフィールメータに改造を加え、送りの倍率と変位の倍率を夫々500分の1、2分の1にした。

改造後の試験は東京国道の希望により追従性試験のみ実施した。

写真-1にプロフィールメータの全容を示す。

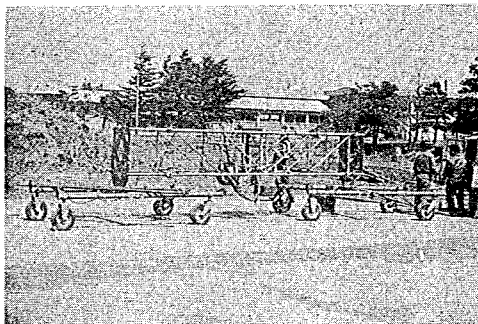


写真-1 プロフィールメータ全容（スパン5m）

2 路面凹凸測定機の概要

本機は被けん引式の多輪式路面凹凸測定機で8個の基準車輪、2個の基準台車、測定車輪、記録装置からなっている。基準台車と基準車輪により測定台車の平均ベースを出し、台枠のもっとも変動の少ない中央部に測定装置を取り付けて、測定輪の変位を記録紙上に記録させる構造である。

3. 路面凹凸測定機の主要諸元

全 長	1 2 0 0 0 mm (ケン引装置を含む)
全 巾	1 8 0 0 mm
全 高	1 9 5 0 mm
測定台車基準寸法	8 0 0 0 mm
" 最小収縮寸法	4 7 0 0 mm
基準台車基準寸法	2 5 0 0 mm
" 最小寸法	1 0 0 0 mm
標準作業速度	1 5 km/h
路面凹凸測定範囲	± 5 0 mm
記録計	
路面凹凸記録	
道路縦断方向記録倍率	1 : 2 5 0
上下方向凹凸記録倍率	1 : 1
凹凸積算記録装置	電磁記録及積算計
測定車輪及基準車輪	
形 式	ニューマチツクタイヤ
外径×巾	4 0 0 mm×1 0 0 mm

4. 路面凹凸の表現法

(1) プロファイルインデックス (Profile Index) = prI

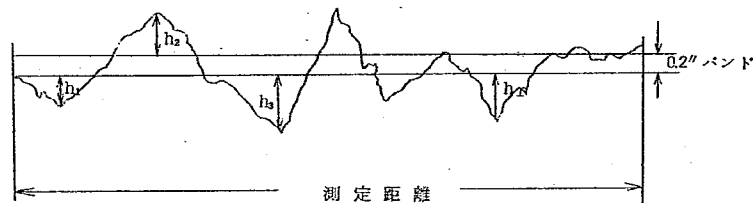


図-1~1 プロファイルインデックスの出し方

プロファイルインデックス (prI) はプロファイルメータにより測定された記録の中心部に巾 0.2 インチのバンドを設置し、このバンドの上及び下に突き出ている部分の長さ (inch) をすべて加算して距離 (mile) で除して表わす。これをある区間について平均

を求めて、この区間の Roughness を表わす pri 値とする。

(2) イレギュラリティ インデックス (An index of irregularity) = q

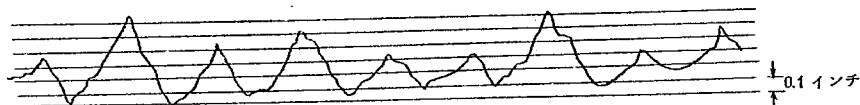


図-1~2

プロフィールメータにより測定された記録を図-1~2にみるように0.1インチから15インチまで0.1インチきざみで分割し、次の計算式より求める。

$$q = \sum (nr \times \bar{h}_r \text{ インチ}) / \text{走行距離 (マイル)}$$

ここに nr : h_r と $(h_r + 0.1)$ インチ巾の中にある山の数

$\bar{h}_r$: 上で数えられた山の高さの平均値

(3) トータル キュムレイティブ ラフネス (Total Cumulative Roughness) = TCR

これは測定輪が合計1cm下向きに移動すると記録紙上にパルスが1ヶ出るから大略200m毎ごとに数を数え、その数に2cm(上向きにも1cm動いていると考え2倍とする)を乗じ、距離(km)で除して表わす。

道路公団コンサルタント P. E. Sonderreggen によると

TCR(m/km)	評 価
0~80	優
80~160	良
160~	可

である。

5. 定 置 試 験

該機の測定輪の作動状態について、変位量と記録精度、路面の凹凸に対する追従性の測定および基準台車の変位が記録に与える影響についての測定を行った。

(I) 測定輪の作動試験

i) 記録精度の測定

測定輪の変位とその記録精度の測定を行ったもので、油圧ジャッキで測定輪を上下に変位させ、その変位量をスケールで読み、記録計の読みとによりその精度を測定した。測定状況を写真-2に示す。

図-2はその結果である。

これによると $\pm 30\text{ mm}$ までの変位に対して記録値に平均 8.8 %の誤差があった。この誤差は測定輪（ニューマチックタイヤ）の撓みなどによるものと考えられたので、測定輪にダイヤルゲージを取付けて撓み測定を行い、図-3の結果を得た。台枠の撓みの測定は行っていないが、記録精度測定結果の誤差には測定輪の撓みが最も大きな要因として含まれていると思われる。

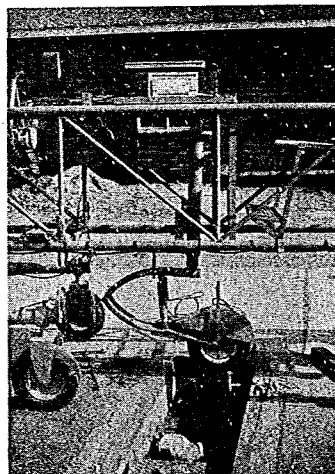


写真-2 測定輪変位の状況

ii) 積算計精度の測定

路面凹凸表示方法の T.C.R（前述）の計算に使われるパルス記録及パルス数積算機構について、その精度の測定を行ったもので、測定輪の凹凸変位の下降方向積算 10 mm に対して1回電磁記録ペンが作動し記録するが、これの測定輪に変位を与えて、電磁記録1パルスごとの凹凸記録量を測定したものである。

表-1 積算計精度測定表

資料番	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 (基準値)
測定値 (mm)	10.3	10.5	10.1	10.5	10.6	10.5	10.1	10.2	10.4	10.8	10.3	10.5 (10.0)
備考												

平均値 10.4 mm 標準偏差 0.2

図-2 記録精度測定
(記録倍率 1:1)

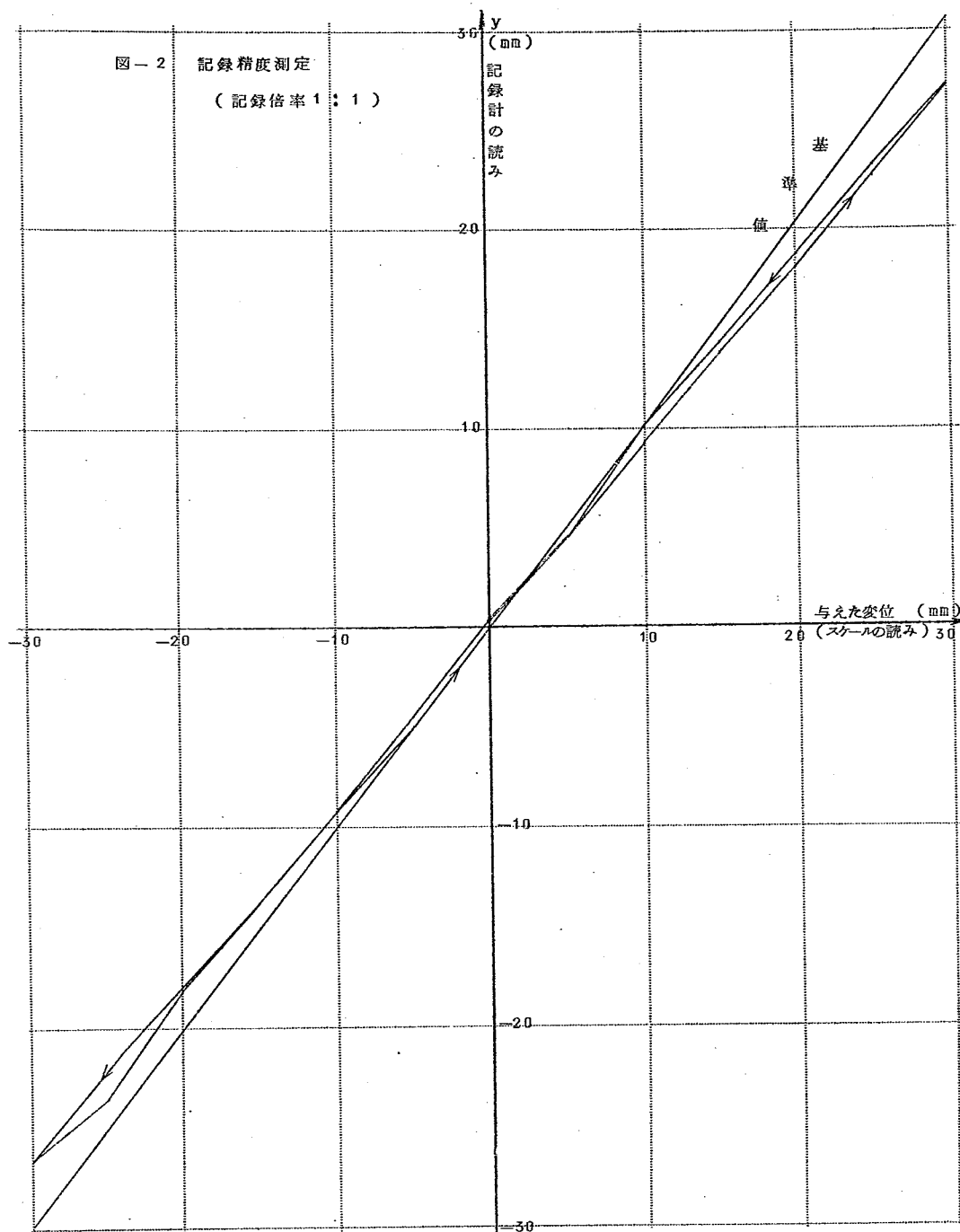
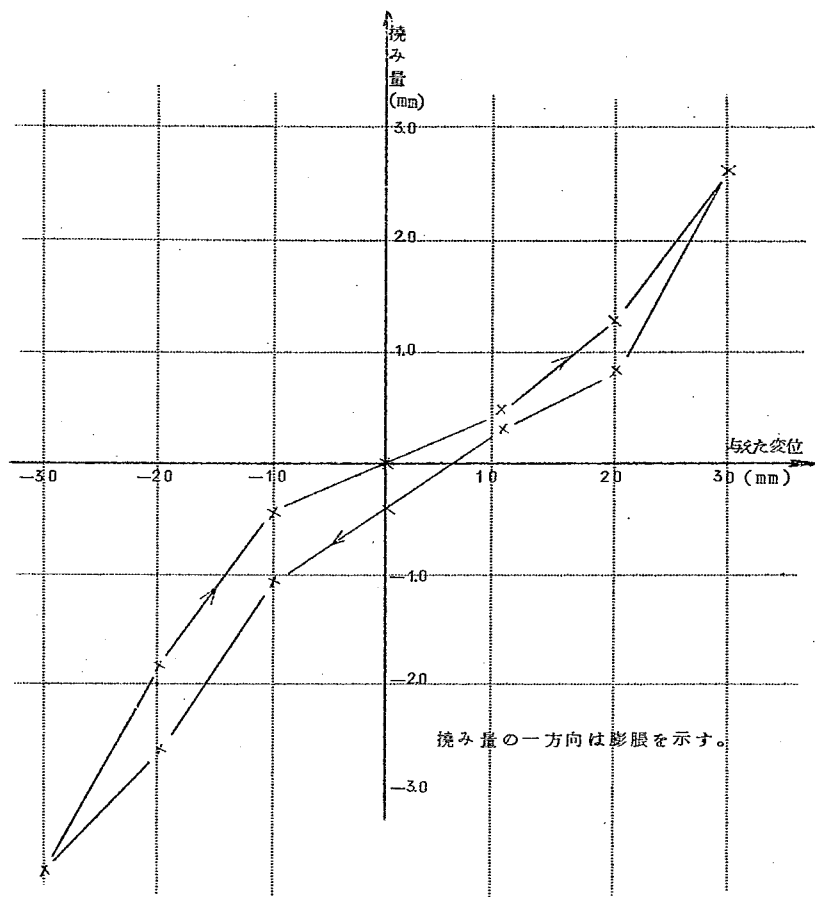


図-3 測定輪の撓み測定 (タイヤ内圧 1.5 Kg/cm^2)



Ⅲ) 追従性測定

路面の凹凸に対する測定輪及記録計器の追従性を測定したものである。測定輪に写真-3の装置により上下振動を与えて、その振巾、振動数と測定輪及び記録計の諸記録状態について検討を行った。

測定結果を表-2、3に示す。

この追従性試験記録及測定結果をまとめると

- 1) 与えた振巾 48 mm に対して記録計の記録値は $42.0 \sim 43.0 \text{ mm}$ であった。
- 2) TGR パルス記録用電磁記録ペンが振巾 47 mm の振動に追従し、記録可能な限界は

30回/min で、TCR パルス積算計の追従可能な限界は60回/min であった。

3) 測定台枠スパン8 m の場合、台枠の撓み振動の最大振巾が19 mm (200回/min)であった。

4) 測定輪の撓みの変動は1.0~2.2 mm (46.5回/min) であった。

などである。1) の記録値には3) の台枠の撓み、4) の測定輪の撓みによるほか記録計、変位記録機構などによる誤差が含まれているものと思われる。

2) の TCR 積算記録装置の追従性について、電磁記録ペンの記録はマイクロスイッチを作動させるカムの形状を変えること、積算計については積算爪車に慣性による転動を防ぐ機構を考慮すること、などによりその追従性をよくすることが考えられる。なお、これらの結果は上下振巾48 mmで、各種周波数についてその測定を行ったものであり、実際の路面を想定するとかなり不良な路面であり、この測定結果のみで、その特性を論ずることはできず、二、三の問題点の指摘を行ったものである。

表一3は記録計の記録倍率を1/2に改造したものについて同様な測定を行ったものである。

表一2 追従性測定結果

(記録倍率 1/1)

	振動数 (回/min)	振巾 (mm)	記録振巾 (mm)	振巾一記録振巾 (mm)	1サイクル当りの TCRパルス数		備 考
					電磁ペン記録	積算計	
1	1.5	48.0	42.5	5.5	4 (個)		スパン8 m
2	2.6	48.0	42.5	5.5	4		
3	5.4	48.0	42.0	6.0	4		
4	10.4	48.0	42.0	6.0	3~4		
5	16.1	48.0	42.0	6.0	3~4		
6	49.7	48.0	42.5	5.5	1		

表-3 追従性測定結果

(記録倍率 1/2)

	振動数 (回/min)	振巾 (mm)	記録振巾 (mm)	振巾- (記録 振巾×2)(mm)	1サイクル当りの TCRパルス数 (個)		備 考
					電磁心記録	積算計×2	
1	1.0	48.0	20.2	7.6	2.0	2.0	1) スパン 8 m
2	2.5	48.0	20.1	7.8	1.7	1.7	2) TCR パルス数 は 5~10 サイ クルの平均値
3	5.7	48.0	20.0	8.0	1.8	2.0	3) 積算計は倍率 1/2
4	10.9	48.0	19.9	8.2	1.9	2.0	
5	16.5	48.0	19.7	8.6	1.7	2.0	
6	28.7	48.0	20.2	7.6	1.9	2.0	
7	45.5	48.0	20.1	7.8	1.8	1.9	
8	57.5	48.0	19.9	8.2	1.3	2.2	
9	61.6	48.0	19.5	9.0	1.3	1.6	

(2) 基準台車の記録計に与える影響の測定

路面の凹凸に対して基準車輪が記録計に与える影響についての測定を行った。基準車輪 1 個ごとに油圧ジャッキによる上下変位を与えて、測定台枠の動きを測定輪に対して相対的に記録させ、その記録と基準車輪の変位量から、個々の基準車輪の変位が該機の理論的な影響値に一致するかどうか検定を行ったものである。

図-4 にその結果を示す。

これによると、たとえば基準車輪 1 個が基準面より 50 mm 上昇した場合、該機は 8 個の基準車輪を有しているから 50 mm の 1/8 (約 6.2 mm) の変位が記録されることになるが、測定結果では 1/10~1/14 の影響しか出ていない。これらは前項までに述べた 1) 測定台枠の撓み、2) 各車輪の撓み、3) 記録計及記録機構などにより測定台枠と測定輪の相対的な変位が小さく記録されたものと思われる。

写真-3

測定輪振動装置

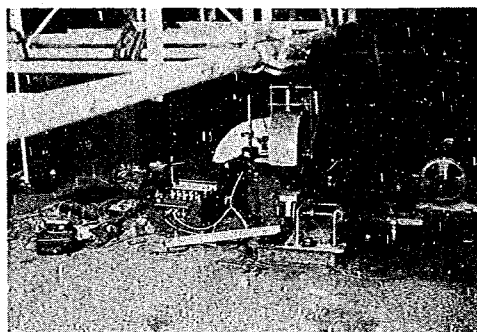
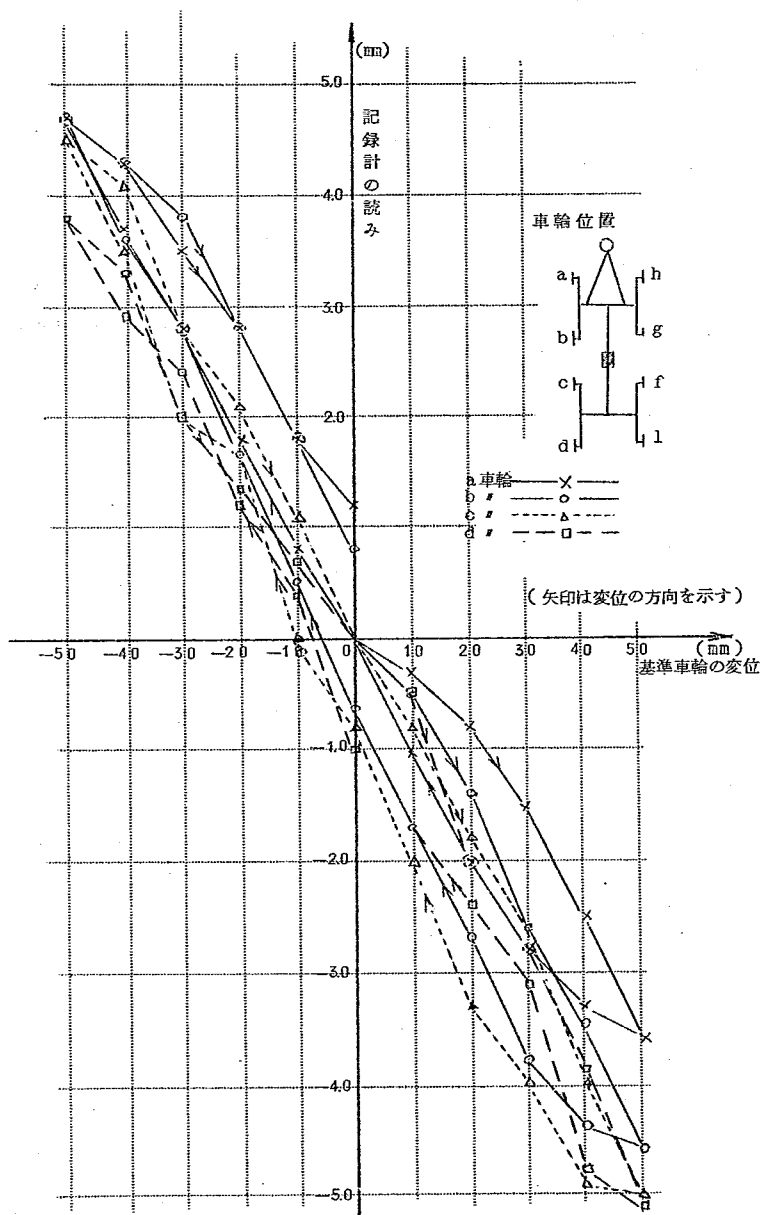


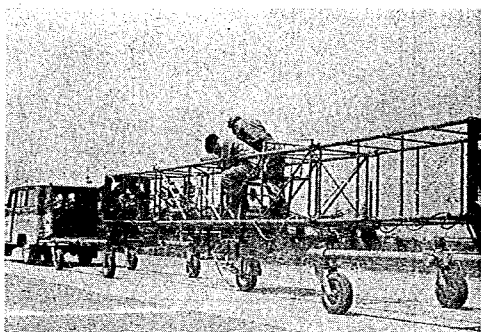
図-4 基準台車の記録計に与える影響測定



6 作業試験

作業試験はプロファイルメータで実際の路面の測定作業を行なう場合、そのスパンの長さ、測定速度をいかにしたらよいか、また得られたデータの解析はどんな方法で行ったらよいかを解決するにある。

試験方法は千葉支所内の走行試験路上に、50m区間で2個所の試験区間を選び、測定台車の長さを、5.0m、6.5m、8.0mの3種、測定速度は約2km/hから15km/hまで変えて、それら測定台車の長さ、測定速度によりPrI、TCR、路面の記録等がいかに変化してゆくかを検討した。試験路面の選定は走行試験路上を、プロファイルメータにより測定し、路面の比較的平坦な部分（凹凸約10mm）とやや凹凸の大きい部分（約20mm程度）を選んだ。



写真一4 作業試験（千葉支所内）

プロファイルメータのけん引はジープJ30によった。

写真一4には千葉支所内に於ける作業試験の状況を示す。

更に舗装研究室が千葉県実地地区に試験舗装を行った約1.5kmの区間で作業試験を実施し、道路研究室のラフオメータによる測定結果と比較検討した。

千葉支所内で試験に使用した路面

はピアノ線を張って基準を出し25cmおきに路面の凹凸を測定し表面状態を記録した。

図一5、図一6にはピアノ線による測定結果及スパンの長さ、測定速度による路面の記録の変化の状態を示す。

ここで、図一5の路面をA路面、図一6の路面をB路面とする。

(1) PrI と TCR

プロファイルメータによって測定された路面は、記録紙上の記録を直接肉眼で判断する外にPrI (Probable Index)、TCR (Total Cumulative Roughness) 等により解析される。巻末の表一4、表一5はそれぞれの条件による測定値の最大値、最小値、算術平均値、標準偏差等を計算したものであり、図一8、図一9は測定速度を横軸に、PrI、TCRを縦軸にとり測定値を図示したものである。

表一4、表一5よりA路面で測定台車の長さ8mの場合を例にとると、標準偏差はPrIで表現した場合、測定速度、0～5km/hで3.8、5～10km/hで4.1、10km/h以上で1.45と変化している。TCR値はそれぞれ274、459、370とPrIの場合よりもかなり大きくでている。全般的にみてPrIが、TCRに比べてばらつきが少ない。

(2) 測定速度

作業試験の結果から、このプロフィールメータの測定値は測定速度によりかなり変化することが判った。

そこで図-7よりスパン8mの場合を例にとると、測定速度とPrI、TCRはそれぞれ直線的関係にある。

i) PrI の場合

求める直線を

$$P = m + nv \quad (1)$$

とおく ただし

P : プロフィールインデックス

m : 定数

n : 速度の係数

v : 測定速度

図-7の測定資料から m, n を求めると

$m = 1152$ 、 $n = 1198$ となり (1)式は下記の如くなる

$$P = 115 + 12v \quad (2)$$

したがって、PrIは速度に対し正の勾配をもつ関係にある。

ii) TCR の場合

$$T = m' + nv' \quad (3)$$

とおきPrIの場合と同様図-7の測定資料から最小自乗法により m' 、 n' を求める

と $m' = 609$ 、 $n' = 101$ となるよって求める式は

$$T = 60 + 10v$$

となる。 ただし

T : = TCR値

V : = 測定速度

従ってTCRも測定速度と正の勾配をもつ関係にある。また表-4の標準偏差をみると約20～60程度とかなり大きくでているので測定値には、やはりその程度の誤差が含まれているものと思われる。

(3) 測定台車の長さ

PrI、TCRの値は測定台車の長さ、路面の状態により同一速度でも大きく変る。特にその値のばらつきは、A路面、B路面と凹凸が大きくなるに従って、それら値のばらつきも大きくなる。図-7、図-9によるとA路面つまり図-7の場合測定速度10km/h位までは測定台車の長さにあまり関係なくほぼ一定の値を保ち、標準偏差もA路面のPrI値で

4.0 前後、B 路面のそれは 5～20 前後となっている。

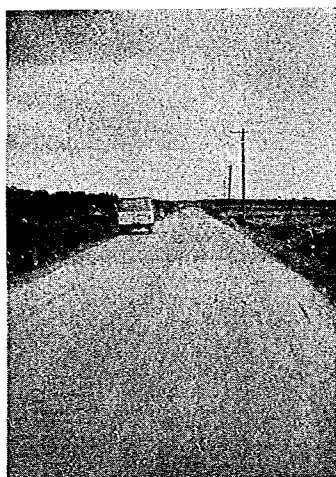
(4) 千葉県実地地区における作業試験

千葉支所内で行った測定を更に長大な路面に適用した場合について、舗装研究室が千葉県実地地区に試験舗装を行った約 1.5km の区間を選んで作業試験を行った。

さらに道路研究室にラフオメータによる測定を依頼し参考とした。尚ラフオメータの測

定速度は 40km/h とかなり速い。写真—5 には千葉県実地地区の試験舗装路の全景を示す。路面の色がところどころ変わっているのは舗装の接目である。作業試験の結果は表—6 に示す。この試験路はラフオメータで 400 前後であり、700～800 の値が出ている場所は舗装面が波うって非常に悪い部分である。

プロフィールメータの測定速度は 2km/h、9 km/h、15km/h と 3 種類で実施したが、それぞれの値は幾分ばらつきをもっている。



写真—5 千葉県実地地区試験舗装路全景

7 結 論

今回試験したプロフィールメータは、前述のように、その測定値に誤差の入る要因が非常に多く、事実、その測定値は大きな誤差が含まれているので同一速度、同一スパンでも測定すると値が異ってくる。したがって、こゝではっきりした結論は出し難いが以上の実験結果から次のことが云える。

- (1) スパンの長さは長い程路面の縦断方向の長い波長を捕えるのに良いが凹凸 10mm 程度の平坦な路面では PrI、TCR 値とも、余り測定台車の長さの影響を受けない。
- (2) PrI、TCR 値は測定速度と正の相関がある。
- (3) 測定記録の解析は TCR より PrI による方が値のばらつきが少ない。
- (4) 測定速度は 10km/h 以下が望ましい、15km/h 以上になると記録が乱れペンのインクがとぶ。
- (5) 記録計の追従性を上げ、フレームの剛性を増せば、もっと測定速度を上げ得る。

- (6) プロファイルメータの使用例であるが、測定速度が非常に遅いので長大な路面の測定には時間がかゝって使いにくいだろう。
- (7) このプロファイルメータにより路面の良否を判定するためには外国の基準をそのままあてはめるのではなく、経験的に新しい基準を設けた方がよいのではないか。

8 あ と か き

以上が今回実施したプロファイルメータの試験結果である。このプロファイルメータは、非常に測定値のばらつきが大きいのでそのスパンの長さ、測定速度による特徴を把握し難いが、その概要は知ることができたと思う。

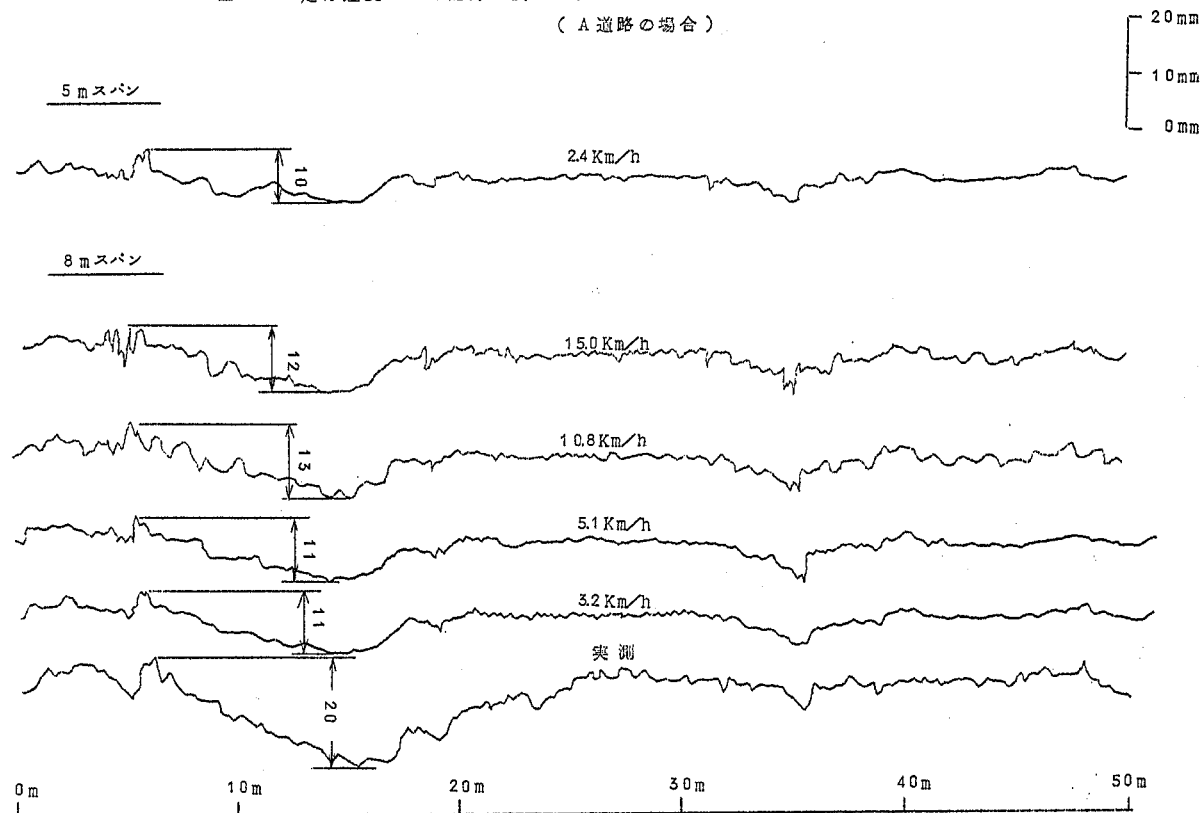
この報告書がいくぶんでもプロファイルメータの使用者、製作者等の参考になれば幸いである。

おわりに本試験を実施するに当たり、種々御指導御援助頂いた建設省建設機械課、東京国道工事々務所、八千代製作所、道路研究室、舗装研究室の方々に感謝する次第である。

担当研究室 : 機械研究室

桑	垣	悦	夫
鈴	木		隆
佐	々	木	輝 夫

図-5 走行速度による記録の変化の状況
(A 道路の場合)



図一.6 走行速度による記録の変化の状況
(B道路の場合)

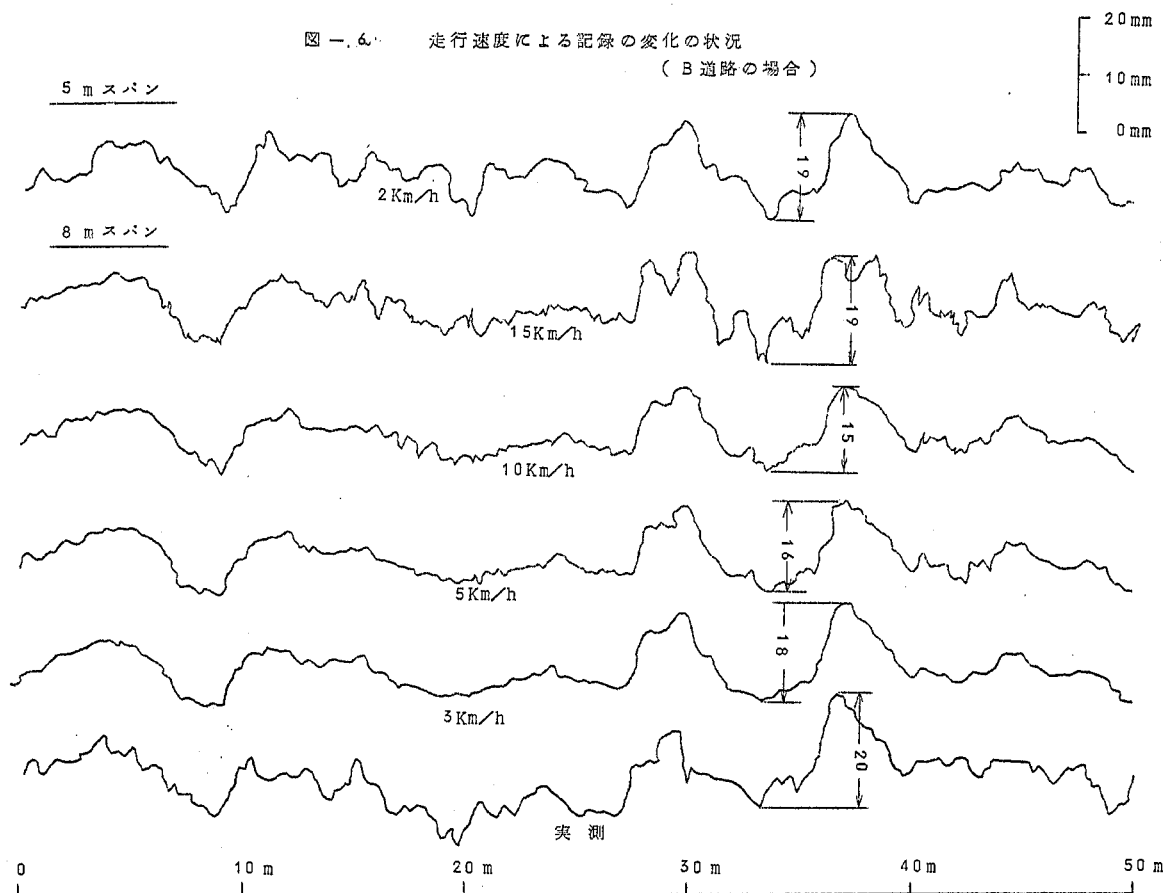


表 - 4

Pr1,

	A 路面			B 路面		
測定速度 Km/h	0 - 5	5 - 10	10 -	0 - 5	5 - 10	10 -
測定台車長さ 5.0 m						
最大値	14	28	70	76	98	106
最小値	9	22	46	73	76	98
平均値	120	24.8	58.0	75.3	86.9	102
標準偏差	-	5.7	10.6	-	10.1	-
データ数	3	4	4	3	7	2
測定台車長さ 6.5 m						
最大値	19	40	46	86	106	124
最小値	14	12	20	64	72	116
平均値	16.1	20.9	36.3	75.9	86.0	119.0
標準偏差	2.3	2.5	-	7.1	10.4	-
データ数	5	9	3	8	7	3
測定台車長さ 8.0 m						
最大値	22	30	72	62	112	138
最小値	10	14	17	48	1	65
平均値	-	-	-	53.9	68.1	89.9
標準偏差	3.8	4.1	14.5	5.2	18.9	18.6
データ数	9	13	10	8	13	9

表 - 5

TCR,

	A 路面			B 路面		
測定速度 Km/h	0 - 5	5 - 10	10 -	0 - 5	5 - 10	10 -
測定台車長さ 5.0 m						
最大値	160	160	240	360	360	200
最小値	80	40	80	360	240	120
平均値	136	120	160	360	326	160
標準偏差	-	49.0	63.0	-	44.2	-
データ数	3	4	4	3	7	2
測定台車長さ 6.5 m						
最大値	120	200	280	400	400	320
最小値	80	80	160	240	320	280
平均値	104	142	213	325	357	293
標準偏差	19.6	33.3	-	42.1	25.6	-
データ数	5	9	3	8	7	3
測定台車長さ 8.0 m						
最大値	120	240	240	240	360	360
最小値	40	80	150	160	160	160
平均値	105	142	187	220	283	296
標準偏差	22.74	45.9	57.0	28.3	63.5	20.2
データ数	9	13	10	8	13	10

図-7 実作業試験

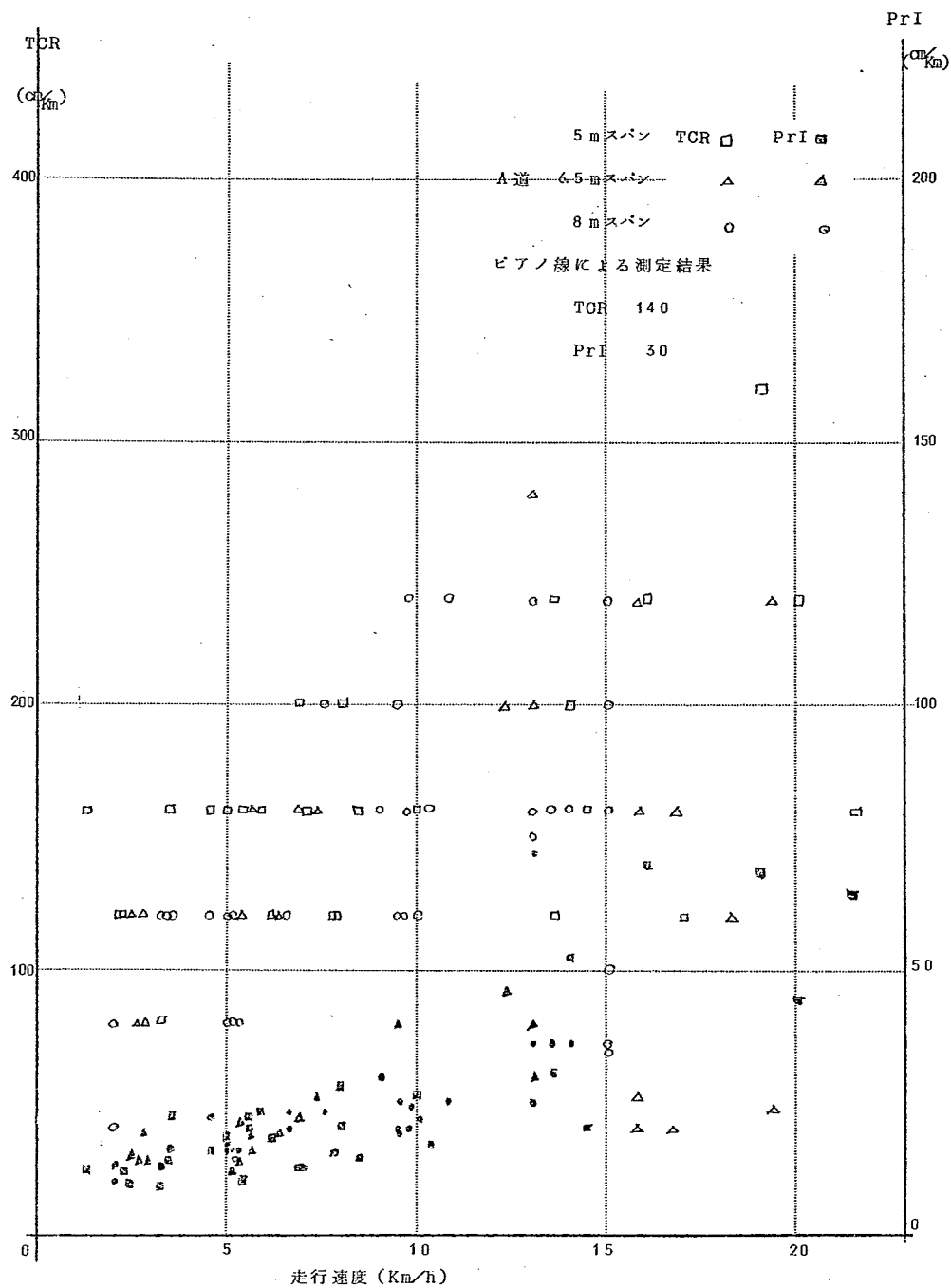


図-8 実作業試験 B 道

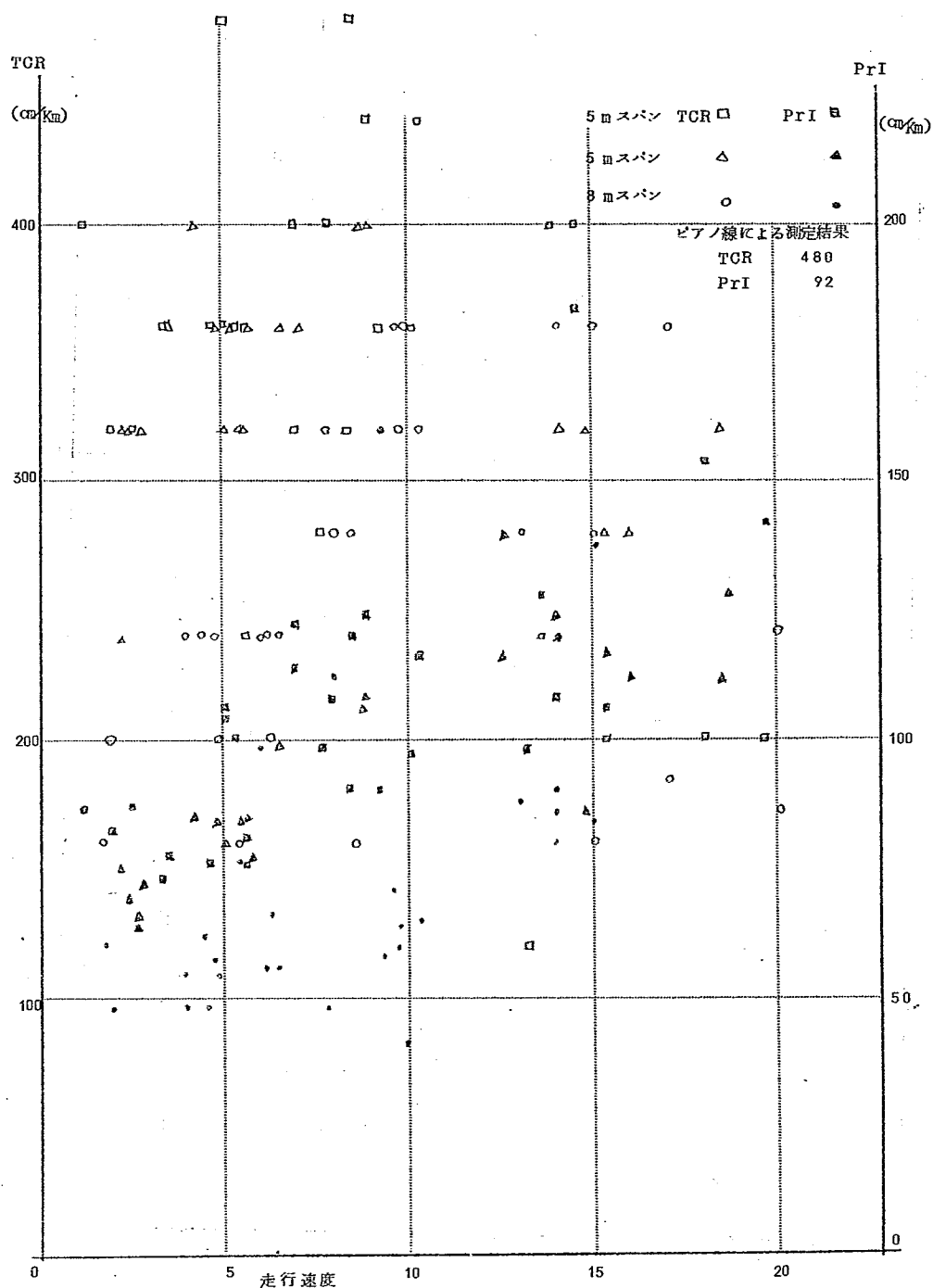


表-6 作業試験結果

千葉県実地地区

距離 番号	ラフオメータに よる測定結果	2 Km/h		9 Km/h		9 Km/h		15 Km/h	
		Prl	TCR	Prl	TCR	Prl	TCR	Prl	TCR
1	445.0 ^{cm} / _{Km}	148.0	160.0	194.0	373.0	150.0	373.3	212.0	346.7
2	414.2	194.7	79.9	143.3	373.0	105.3	346.7	148.0	360.0
3	501.7	135.3	106.7	156.7	400.0	144.7	346.7	176.7	346.7
4	312.5	178.0	120.0	124.5	426.0	81.3	240.0	113.0	213.0
5	493.3	102.7	133.3	132.0	466.0	124.0	333.3		
6	800.8	243.0	278.0	440.7	400.0	312.0	586.7	533.0	333.0
7	504.0	113.0	93.3	190.0	412.0	134.0	267.0		
8	782.5	155.3	212.0	227.3	508.0	208.0	493.3	130.7	306.7
9	400.0	62.0	133.0	139.0	412.0	103.3	266.7	30.7	213.3

単位

Prl : cm/Km

TCR : cm/Km

B路面のラフネス(ラフオメータによる)

1回 467.5

2回 410.0

3回 445.0

4回 329.8

平均 413.1

