



土 木 研 究 所 資 料

第744号

路面の凹凸と自動車荷重(1)

昭和47年3月

建設省土木研究所

構造橋梁部 構造研究室

目 次

まえがき	1
要 旨	2
1. 路面の凹凸	3
2. 路面の凹凸と自動車荷重	10
3. 結 び	15
あとがき	17
付 録	19

頁	行	誤	正
3	17	(2) profilometer カルフオルニア	profilometer, カルフオルニア
3	21	(3) $R(f) = P(f) G(f) ^2$	$R(f) = P(f) / G(f) ^2$
4	19	2.5 c/s ~ 6.28 kc/s	0.064 c/s ~ 155 c/s
	20	44 c/s ~ 6.28 kc/s	0.8 c/s ~ 155 c/s
6	3	図 10	図 12
	22	長 を	長 さ
	26	平均値か	平均値が
	29	$P(\Omega) \propto \Omega^{-m}$	$\rho(\Omega) \propto \Omega^{-m}$
8	6	変化すると	変化すること
10	11	Leterministic	deterministic
11	10	4750 μ , 225 μ	4750 lb, 225 lb
	16	152 μ	152 lb
	27	入力したときとこの	入力したときの
12	11	示す ²⁾	示す ¹²⁾
	18	$\rho(\Omega)$	$P(\Omega)$
15	6	堅視しうる	監視しうる
	22	通じた	通した

ま え が き

昭和46年度に橋の構造特性に関する試験調査のもとで路面の凹凸と自動車荷重について予備調査をおこなった。この結果をここにまとめる。

構造研究室長 成田 信之

〃 員 池村 雅司

要 旨

凹凸のある路面を走行する自動車の路面への動的外力を調査することを主目的とし、本年度は、これに関連する研究の現状と今後の問題点のまとめをおこなった。この結果、これまでの研究は、縦断曲線のような大きな波長の凹凸には、ほとんど触れていない。

従って、縦断勾配変化による凹凸測定に問題が残っている。このような状態での自動車荷重の算出について、今後検討を加え、これから路面凹凸の必要最低波長を決めるべきであることを指摘した。今回のまとめを今後の凹凸測定に役立てるよう、現在さらに詳細の検討を継続中である。

1 路面の凹凸

路面の凹凸は従来その測定上の制約から縦断曲線のような大きな波長を対象外とした。路面の凹凸の意味で使用されてきた。次に路面の凹凸測定法と開発された *profilometer* ^(2,2) について述べる。

- (1) 測量による方法 最も堅実な方法であるが、精度を上げるためには、多大な時間と労力を必要とするので、長い区間にわたって路面の凹凸を測定する場合には不適當である。

しかし、*profilometer* の性能検定時に、基準測定法として使用することは可能である。

- (2) 一定の長さのゲージで計る方法、一定長のゲージで基準線を出し、これからの凹凸量により、路面の凹凸を測定するもので、主に道路面仕上り度、路面管理で多く使用され歴史も古い。最大の欠点は、ゲージ長より長い波長の凹凸の測定ができないことである。測定上の時間と労力は (1) より若干少ない程度である。この種のものとして、Brown の *Viagraph* (1900)、多車輪タンデム型のものでは、32輪の "Bates テスト道路で使用された *profilometer*, Illinois 州 " (1922)、フランスの *Viagraph*、イギリスの *Road Research Laboratory* の *profilometer* カルフォルニア型 *profilometer* (1955) など多くのものである。³⁾

- (3) 自動車による方法 凹凸のある路面を走行したときの自動車の応答のパワースペクトル $F(f)$ と路面変位と自動車応答の伝達関数 $G(f)$ により、路面スペクトル $R(f) = P(f) / G(f)^2$ を求めるものである。この方法では路面凹凸の *r. m. s.* 値しかえられず、凹凸量の分布形はえられない。この方法は主に自動車関係の方で用いられてきた。

- (4) その他の方法

4-1 BPR型 *profilometer* (1941) 一輪式のもので、基準線の設定が不明確である。

このため、えられた凹凸形はあまり意味がなく、*R.I. (roughness index)* の形で示すようになっている。

4-2 AASHO 型 *profilometer* 凹凸の傾斜角を記録する方式である。この傾斜角から凹凸形を算出すると誤差が累積されることが欠点である。

4-3 サーボ型 *profilometer* (1962) GMにおいて開発されたもので、高度計の基準線をサーボ機構により出して、サーボ量を路面の凹凸として記録するのである。前記のものに比べればかなり欠点の少ないものである。欠点としては縦断曲線のような波長の長いものは、その周波数特性上除外されてしまうことである。

4-4 タイマ圧の変化を利用する方法、その他

以上にも見るように路面の凹凸形を直接測定する *profilometer* はその必要から主に道路関係において開発され、使用されてきた。一方自動車関係者側では、その必要性を認めながらも、絶対値の精度そのものをあまり問題としないような測定方法が、路面スペクトルを求めることで終っていた。このような背景であるを、主に道路関係者側で開発され、使用された *profilometer* の概要について述べる。

1-1 測定法(2) の部類に入る *profilometer*

その構造様式を図 1. 2 に示す。

1-2 サーボ型 *profilometer*

この構造様式、測定原理を図 3. 4 に、システムの周波数特性を図 5 に示す。

これによると、その振幅の周波数特性は、2.5 c/s ~ 4.28 Kc/s まで平坦である。位相の周波数特性は 44 c/s ~ 4.28 Kc/s まで平坦である。

1-3 路面凹凸の測定結果

○図 6 に BPR 型 *roughness indicator* による測定結果例を示す。⁵⁾
なお、この測定機は名前を *roughness indicator* としていることから明らかのように、路面の凹凸の絶対値を測定しようものではなく、車輪と路面の相対変位を測定するといつてよい。図 4. 10 は、測定車輪のタイマの非真円度による測定記録の比較を示す。記録 A は非真円度が 0.15 mm のとき、B は 1.27 mm、C は 2.54 mm のときの同一区間は走行したときの記録であり R. I. (*roughness index*) はそれぞれ 36 in/mile, 54 in/mile,

100 in/mile であった。

これから、測定時のタイマの非真円度は最大 0.254 mm となるようにするのが望ましいこと。通常の車両では 1.27 ~ 2.54 mm の非真円度が多いことがあさらかとなった。図-6(2)は各種コンクリート舗装路面での記録を示す。Aは無目地連続舗装、Bは15' 間隔の目地あり連続舗装、C、Dはカルフォルニア標準設計による舗装でCは温度14.4℃のとき Dは27.8℃のときの記録である。図-6(3)は、モールド ストリップ 目地と cut・目地舗装路の記録の比較を示す。一番上のものは測量によるものである。これとA、Bの記録を比較すれば BPR roughness indicator が路面の凹凸の絶対値を測定するものではないことが明らかとなる。

図-6(4)は、高架橋橋面上の記録、図-6(5)は橋面上の記録を示す。

○図7は、4.6m 間隔の目地をもつ コンクリート舗装路面の凹凸を示す。図-8は各種路盤上のコンクリート舗装路面の凹凸を示す。上から2つがセメント処理路盤、アスファルト処理路盤、次の2つがセメント処理路盤、一番下が砂利路盤で、上から2つが良好な舗装、次がやや良、中程度、下の2つは粗な舗装面である。図-9は各種路盤上のアスファルト舗装路面の凹凸を示す。上2つが良好な舗装、次が悪い舗装、下2つは中程度またはそれ以下の舗装路面である。これらは、その舗装路を走行した運転手の印象によるものである。

○次に GM のサーボ型 profilometer による路面の凹凸記録について記す。

図10は測量による記録とサーボ型 profilometer による記録の比較を示す。図10(1)、(2)、(3)は North-South Straightaway での記録、図10(4)は Military Straightaway での記録である。測量は1.6m 間隔で測定を設定して求めたものである。図10(1)は両者の原データの比較、図10(2)は測量記録から trend の影響を除き、さらに、波長が12.2m より小さい波を除いたもの、図10(3)は図10(2)からさらに波長15.3m 以上の波を除き、測量記録をサーボ型 profilometer の周波数特性と同一条件になるよう修正をおこなって、両者の波形の同一性から、この機械の性能検定の一つとしたものである。使用された North-South Straightaway はひじょうに平滑な路面で P-P の最大で 15.2 mm である。図10(3)から分かるように両者の波形はかなりよく一致する。図10(4)はかなり悪い舗装路で両者の比較を示す。両者の顕著な違いは波長の短い所(波長 12.2m 以下)

にある。これらの記録を *harmonic analysis* で処理するため、測量による記録とサーボ型 *profilometer* による記録の *harmonic analysis* の比較を図ノ12に示す。図12には測定車輪のタイマの非真円度による影響を示す。図ノ13は正弦波状路（波長 λ' 、振幅 $p=0.03'$ ）での検定結果を示す。図14～16は一般道での測定結果を *harmonic analysis* の結果で示す。なお比較対象として、検定に使用した *North-South Straightaway* の結果を併記して示す。

図ノ17、18にその他の路面の凹凸の測定例を示す。図ノ17のアメリカ、ハイウェイ（V.S.L.O. 2.3）は図9のNo.2に相当するものである。図ノ17だけと比較で見るとアメリカの路面の凹凸が我国の道路面の凹凸に比してひじょうに小さいと考えられるが、V.S.L.O. 2.3 それ自身がアメリカの道路面の中でも凹凸のひじょうに小さいものであることを考えれば、必ずしも我国の道路技術が劣ることを意味するものでないことを付け加えたい。図ノ18 ①、②、③ ④は道路面の凹凸、⑤、⑥はアメリカの滑走路面の凹凸を示す。図ノ19は宇都宮飛行場滑走路面の凹凸、そのパワースペクトル、図20は自動車テストコース路面の凹凸、そのパワースペクトルを示す。図ノ19は武田峻氏によるもので路面スペクトル $p(\Omega) = \frac{a}{b^2 + \Omega^2}$ で表わされ、宇都宮飛行場滑走路では $a = 19$ 、 $b^2 = 0 \sim 0.03$ 、 $\Omega = \frac{2\pi}{L}$ 、 L ：波長 m となった。

彼はさらに、路面スペクトルの定性的傾向をつかむため、三つの路面凹凸モデルを考え、それらのパワースペクトルを解析により求めた⁽⁴⁾。この結果を図21に示す。モデルAは舗装路面を想定したもので ϕ は平均値が0の正規分布をなす、また ϕ の変化は単位長を当りた回生するものとし、 l の平均値 $l_m = \frac{1}{f_0}$ で表わされる、と仮定した。モデルBは自地が主要な凹凸の原因と考えられる舗装路面を想定したもので、次のような仮定をした。 l_0 は自地面隔を表わし、各プロットの高さを一定と考え、一定とする。各プロットの中心点の基準面からの高さ h_m 、及び ϕ_m は平均値が0の正規分布をなすとする。モデルCは砂利道を想定したもので、この種の路面の凹凸は不規則に分布する障害物によるものと考え、次のような仮定をおこなった。障害物を矩形で近似し、 h 、 l は指数分布に従うものとする。この研究から路面の凹凸スペクトル $p(\Omega) \propto \Omega^{-m}$ で表わされ、舗装路で $m \simeq 2$ 、砂利道で $m \simeq 0 \sim 2$ 、非舗装路で $m \simeq 4$ の結果をえた。図22は自動車の振動スペクトル $s(f)$ と伝達関数

$P(f)$ から路面スペクトル $P(f) = S(f)/|A(f)|^2$ により求めた路面スペクトルを示す。これは兼重一郎氏によるものでこの場合も $P(\Omega) = c\Omega^{-m}$ で表わされることが示された。 c, m は路面による定数である。その他各機会に述べた路面スペクトルを図23に示す。図24は、タンデム型の *profilometer* で路面の凹凸の絶対値を測定した後求められたパワースペクトルと、路面凹凸の経過頻度分布がどのような規則性をもつかを調べたものである。この種の調査は現在までおこなわれなかったもので、路面の凹凸が定常不規則分布をなし、多くの場合正規分布をなすものと仮定されてきたが、この仮定の検討をおこなっているのが注目される。²⁾ この結果 凹凸量の少ない路面Aは正規分布に従い、凹凸量の大きい路面Bは凸部と凹部でそれぞれ異なった正規分布に従うと考えられる。

図25は路面凹凸をパワースペクトル表示としないで、 PrQ (*profile quality*), PN (*profile number*) を定義して、この値により路面凹凸の特性を表わすようにしたもので、道路関係者で使用されてきた、 PrI (*profile index*), TCR (*total cumulative roughness*), RI (*roughness index*) と同様な考え方で、 PrQ と PrI は、前者がバンド幅を 48mm としているのに対し、後者では 0.2' (5.08mm) としていること以外は全く同じである。図26は路面スペクトル $\sim f$ と $PrQ \sim PN$ の関係を表示したもので非常に興味深い。この結果は以外のように思われるが、ある面では想像されてきたことである。すなわち、 $PrQ-PN$ は不規則波の頻度分析であり、路面スペクトル $\sim f$ はスペクトル解析によるものであるため、その面には何らかの対応が存在しても不思議ではないからである。

1-4 路面の凹凸のまとめ

以上、測定法、測定器 (*profilometer*)、測定結果について、従来の研究のまとめをおこなった。ここでは、さらに要点をまとめ、今後の問題点を指摘したい。

路面の凹凸に直接関係してきたのは道路関係者、自動車関係者、航空関係者等であるが、道路関係者と自動車、航空関係者のこの問題に対する取り組み方は異なっていた。

道路関係者は、路面の凹凸の全般的な把握 (凹凸の r, m, S 値) と同時に凹

凸の絶対値および位置との関係が必要であった。一方、自動車、航空関係者は自動車、航空機が凹凸のある走行路面から受ける影響をうけるのはよいので凹凸の γ , σ , S 値あるいはパワースペクトルが分かればよいのであった。しかし、最近の研究は耐久走行試験と室内実験荷重による寿命予測のためには、路面スペクトルが一定でなく、通過回数により路面の凹凸も変化し、従ってそのスペクトルも変化するとを考慮に入れることが必要となった。この研究のためには凹凸の絶対値を測定し、その変形を考えることになるため、凹凸の絶対値を測定することがおこなわれ始めた。

一方、道路側でいえば、路面の絶対値の測定をおこない、この処理は PI , TCR , RI で表示するに止まり、スペクトルとの関係を求めるようなことはしなかった。

路面凹凸のスペクトル解析により、次のことがあきらかとなった。

1. 路面凹凸のパワースペクトル $P(\Omega)$ は $P(\Omega) = C\Omega^{-m}$ で表わされ、 C, m は道路による定数である。舗装路で $m \simeq 2$ 、砂利道で $m \simeq 0 \sim 2$ 、非舗装路で $m \simeq 4$ のようである。
2. 舗装路のように凹凸量の小さい路面の凹凸の経過頻度分布は正規分布に従い、凹凸量の大きい非舗装路のそれは、凸部と凹部で正規分布形が異なるようである。これについてはまだデータが少なく、確定的でない。
3. 対象とした波長は $0.1m \sim 70m$ であり、波長 $70m$ のときのパワーは $0.05 \sim 1 (cm^2/cm)$ 、波長 $1m$ のとき $0.0002 \sim 0.06 (cm^2/cm)$ であるといえる。

今後の課題点としては 次のものが上げられる。

1. 路面のパワースペクトルだけを測定することは使用範囲に限られ、また、真に定常確率過程の条件を満足するかという疑問が残されたまゝになってしまふ。
2. このためには、路面の凹凸の絶対値を測定した後、パワースペクトル表示をおこなったり、頻度分析、極値の把握をおこなっておく。また、これを利用して、定常確率過程の仮定を吟味することができる。
3. 現在筆者らが指向している自動車荷重およびこれと橋梁の応答には、路面の微断曲線のような波長の同じように長い凹凸および橋梁と取り付け部の段差の

ような波長のひじょうに小さい凹凸についても同時に考えた凹凸の測定が望まれる。

2. 路面の凹凸と自動車荷重

ここでいう自動車荷重とは自動車から路面へ作用する荷重をいい、主として動的荷重を対象とするものである。自動車から路面へ作用する荷重は、路面荷重といわれたり、走行荷重といわれたりする。また、自動車関係者で自動車荷重、走行荷重という言葉は、路面走行時に自動車に作用する荷重という意味で使用される。我々土木関係側からその反力という意味で、ここでは自動車から路面へ作用する荷重として自動車荷重という言葉を使用する。この自動車荷重の研究は1950年代に始まり、現在に至っている。研究の approach の仕方として、次の二つが上げられる。

(1) 直接測定する方法

(2) 自動車振動から間接的に求める方法

(2-1) Deterministic な方法

(2-2) probabilistic な方法

ここでは上の分類に従って、現在までの研究のまとめと今後の研究の指針をおこなう。

今後の研究の方向付けをおこなう。

2-1 直接測定する方法

走行車両の自動車荷重の測定を困難にしている要因として次のものが上げられる。

① 従来、使用されてきた荷重計のような厚みをもつものを路面上に置き測定することが不可能である。荷重計の厚みにより自動車が強制振動を受け、実際の路面走行時の振動状態と異なった状態で計測することになるからである。

② 埋設型の荷重計を使用すれば、荷重計の厚みによる強制振動を除くことができるが、埋設型荷重計と道路の接点が弱点となり、あたかも橋台と道路の接点における道路側の沈下と同じ現象をまねきやすく、この凹部により自動車が強制振動を受けて、①と同じような結果となりやすい。このため、Virginia 州とBPRの協同研究で製作された埋設型荷重計 (electronic scale) は、走行速度を20 mph に抑えてこれ以下で実験がなされた。

図27はこのときの記録を示す。この記録は、同時に (a) Rear axle housing bending strain から動荷重を求める方法、(c) タイヤの外

壁のたわみ測定から求める方法、(b) タイマ圧の変化から求める方法について、

Hopkins, Boswell らが開発しておこなった実験結果と (a) 荷重計による記録との対比を示すものである。⁸⁾ 試験車に取り付けられた (b), (c), (d) の pickup による記録と、(a) の記録の対応は同期信号によっておこなった。この同期信号は荷重計の前後に布設したパイプをタイヤが通過することによりパルスを生じさせて、自動車にこれを送信する方法をとった。図28は、(a), (b), (c), (d) の相関をとったもので、比較基準として (a) を採用して、(a)-(b), (a)-(c), (a)-(d) の相関をとった。さらに、(b), (c), (d) の中で (c) ととつとも相関のよい (b) と次によい (c) の相関の結果を示す。彼らの研究の結果、非常に平滑な路面での自動車荷重は静荷重の 5% 程度 (静荷重 4750 μ , 動荷重 225 μ) であることが示された。埋設型荷重計の欠点は彼らも指摘するように、荷重計の設置点での自動車荷重を測定しうるのみで、異常走行時にそう遇する諸種の路面状態における自動車荷重を測定しえない。この点を克服するために (b), (c), (d) の方法の検討をおこなったのであるが、rear axle housing strain による方法では車重計の結果と 0.93 の相関度で測定しうることを示されたが、そのときの標準誤差は 152 μ であった。

結局、車重計の値を基準にとれば (b) の方法では誤差 10% の精度で自動車荷重を測定しうることをあきらかにした。

図29は、衝撃係数 (動荷重/静荷重) とタイマばね定数、シヤシーばね定数との関係を路面の凹凸の程度 K との関係で表わしたもので、実測値を点で表わしている。⁹⁾

2-2 自動車振動から直接的に求める方法

この方法は、自動車振動系を多自由度系で十分置き換えられうることを前提として、(この仮定は図36に見るようになり実際的なものである) 自動車荷重をばね下質量と路面の相対変位から求めるものである。このために、路面変位とばね下質量の変位を知る必要があり、前者は測定値により、後者は、路面変位を自動車系へ入力したときこの振動変位として求められる。図30はその計算モデルを示したものである。なおこの時、路面の凹凸を *deterministic* な形で表わすか、パワースペクトルの形で表わすかにより、これに続く自動車系の応答計算が *deterministic* な方式と *probabilistic* な方式に分けられる。

2-2-1 deterministic な方法

図30の自動車系が正弦波状路を走行するときの動荷重 F_M を静荷重 F_S との比で示したものが図31である。⁽¹⁾これからも分かるように吸振器を付けた自動車が平滑な路面を走行するときの動荷重は最大で静荷重の25%と考えられる。一方、衝撃物を通過するときの衝撃はこれに反して、かなり大となることが予想される。これを三角形障害物、矩形障害物通過時について研究した結果を図32、33に示す。⁽¹⁾図32、33は2自由度系で、減衰なしの場合の結果であって、オノピーク値についてののみ結果が信用できるものがある。この結果、予想通り衝撃の大きさがひじょうに大きいことが分かる。さらにこれをより実際に近い形で取り扱った自動車振動の結果を図34、35に示す。⁽²⁾図34は単一正弦波状凸部を自動車が通過するときの自動車振動、図35は単一凹部を通過するとき jump を伴いながら通過するときの自動車振動の結果である。これらから同一手法により自動車荷重を求めることができる。

2-2-2 probabilistic な方法

路面の凹凸を不規則現象とみて、これが定常確率過程に従うものとする。パワースペクトルを求めることができる。路面凹凸のスペクトル $P(\Omega)$ は $P(\Omega) = c\Omega^{-m}$ で表わされることは、オノ章で示したが、これを利用して、自動車荷重を求める方法である。自動車荷重を求めるには路面凹凸と自動車荷重の伝達関数 $G(f)$ を求めれば、自動車荷重のパワースペクトル $P_F(f) = P_R(f) |G(f)|^2$ が求められる。図37~41に示す結果はQuinn 等⁽³⁾によっておこなわれたもので、彼らは $G(f)$ を自動車台上試験機の加振変位 X 、そのときの自動車荷重 F を実験的に求め $G(f) = F/X$ として求めた。

これらはすべて右前車輪に対しておこなわれたものである。

図37はシボレー型セダンの伝達関数を、図38は、自動車荷重パワースペクトル $P_F(f)$ を、図39は、出力が正規分布するとして r. m. s. 値を求める過程を説明したものである。図41はこの手法を数種の路面スペクト

ルに対して適用した結果を示す。動荷重は、前車輪で鋪装路で 260 μ 悪路では 1700 μ になることを示す。なお、図 40 は、この手法の過程を図で説明したものである。この方法は $q(f)$ を実験によって求めることにより、自動車荷重を求めることができるものであるが、 $G(f)$ の異なった自動車に対しては、そのつど実験をおこなって、これを求めなければならぬこと、図 37 にも見られるように振幅依存性を有していることが欠点として上げられる。我々は、この $q(f)$ を求める段階を解析的またはシミュレーションにより求めることを考えている。これにより、自動車の非線型性も考慮に入れることができること、多数の車程の $q(f)$ を求めることが容易となると思われる。

次に、パワー スペクトル法による計算値の実験値との対応について述べる。自動車荷重についてこれをおこなったものではなく、自動車振動についておこなわれた結果を図 42 に示す。さらに、自動車の非線型性について、そのパワー スペクトルに及ぼす影響を調査した結果を図 43 に示す⁽¹⁵⁾。これでは、アナログシミュレーションを基本として、等価線型化方式の実用性を調査した。これらの結果、自動車系を微型多自由度系としたときの応答のパワー スペクトルの計算値と実験値では大略の傾向は等しいが、細部にわたってみればかなりの差があること、非線型性について見れば、等価線型化方式はかなりの精度を持つもの、アナログシミュレーションの方がより信頼することができるがいえる。図 42 (1), (2), (3), (4) は特に路面凹凸以外の加振源の影響を受けやすい場合の実験値と計算値の比較であることに注意されたい。

2-3 路面の凹凸と自動車荷重のまとめ

自動車荷重を求める方法として、直接測定によるもの、自動車振動から間接的に求める方法

① *deterministic* な方法 ② *probabilistic* な方法に分けて、現在までになされた研究のまとめをおこなった。ここでは、各方法の長短所について述べ、今後の方向を提示したい。

直接測定法：最も堅実な方法ではあるが、道路上のある一点における自動車荷重しか測定できず、各程の路面凹凸状態における自動車荷重を求めることができない。

間接測定法：

① *deterministic* な方法 通常の路面凹凸を *deterministic* な形で表現することができないので、これに対しては無力であるが、障害物通過時のような過渡応答、ヒーク値を求めることが可能である。

② *probabilistic* な方法 路面凹凸をパワースペクトル表示するとかんたんな形で表わすことができ、これを使用して、自動車荷重のパワースペクトルを求める。この方法では、自動車荷重のパワーおよび γ, m, s 値を周波数または速度との関係でとらえることができる。しかしながら過渡応答時のヒーク値等を求めるには *zero crossing* 法を使用しなければならないが、これについては未だ研究が十分でない。自動車の非線型の影響は等化線型化方式によりかなりの精度で求めることはできるが、アナログシミュレーターの方が信頼できる。これから、次のような方式がよいと考えられる。通常走行時の動的自動車荷重は間接法により求め、直接法でその値の妥当性を検討する。すなわち、路面の凹凸を自動車系に入力し、*deterministic* な応答をえて、障害物通過時のヒーク値をうる。

deterministic な応答結果をさらに、スペクトル計算をおこなって、自動車荷重のパワーおよび γ, m, s 値を周波数または速度との関係でとらえる。この方法によれば、この項の前半で述べた各方法の短所を補うことができる。

3. 結 語

こゝでは今後の問題を指摘する。

これまでに道路側、自動車側から路面の凹凸の測定がおこなわれ、かなりの成果をえている。

道路関係者では路面の凹凸の絶対値の測定を *profilometer* で測定し、路面凹凸の程度、温度による凹凸の変化、通過交通台数による凹凸の変化を監視しようようになった。

凹凸測定からこれを乗り心地へ応用して、凹凸の限界値または補修限度を決めるようになった。自動車関係者では路面凹凸を不規則現象とみて、これを入力としたときの自動車の応答から、乗り心地改善、自動車細部の構造改善、実働荷重に対する疲労設計に利用してきた。従って少数の例を除けば、路面凹凸の絶対値測定はほとんどおこなわれなかった。

路面凹凸の測定は絶対値測定をおこなない。これからスペクトル解析により、パワースペクトル表示とする方が望ましい。その理由は、自動車の過渡応答を求めるに適しているからであり、縦断勾配による自動車振動を考慮する際この方が望ましいからである。路面凹凸の絶対値は上述したように輪重、温度及びその他の道路環境により変化するものでどのような状態のときの路面凹凸を基準とするかについても問題がある。また、この路面凹凸がタイヤとの接地面でのどのような形に修正をされて自動車系へ入力されるかということも問題となる。このフィルターの形を決定する要素として、接地面積、走行速度、静的輪重、タイヤ半径、トレッドパターンが考えられる。従って、このフィルター特性の研究も必要になると思われる。または路面凹凸を最初からそのフィルターを通じた形で求めておけば、自動車系の入力のときには改めて考える必要はない。このためには、路面凹凸測定時に *profilometer* のタイヤフィルター特性と実車のフィルター特性を合せたものでおこなう必要がある。このためには同一路面について、数種のフィルター特性のものでおこなうことが必要で複雑になる。従って、最善の方法は路面凹凸をタイヤフィルターの影響のない状態で求め、自動車系への入力に際しては各種自動車のタイヤフィルターをかけてこれを入力し、自動車の応答を求めることである。

縦断曲線の変化による自動車振動、自動車荷重については今まで例がなく、この調査が必要である。これまでの解析のモデルは水平面状態を基準としたもので、等速状態ではばね下反力がばね下質量の重心を通り、これと同一線上にはばね上反力があるものとし

ていたが、縦断曲線上の車両では、これが一致しないことを考えてやるはよいと思われる。従って、自動車系を移動座標系で取り扱う必要がある。

最後に残る問題として 加速度のある状態の自動車の運動およびローリングの影響が上げられる。

これらが解決されれば、ほぼ完全な形で橋梁進入時の自動車振動、自動車荷重をとらえることができ、橋梁との応答、橋梁の応答とより実際に近い形で解析または実験をおこなうことができると思われる。

あ　と　が　き

路面の凹凸および凹凸と自動車荷重について　これまでの研究のまとめと今後の問題について整理をおこなった。これにより、今後の研究の方向付けができた。

参考文献

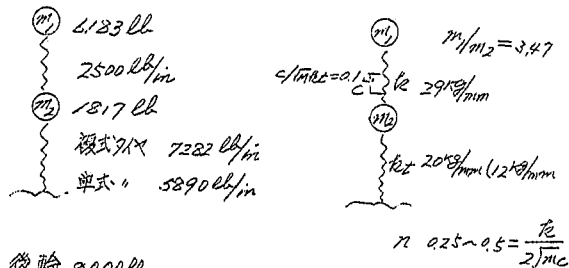
- 1) 市原 薫 ; 路面の凹凸、技術書院
- 2) 兼重一郎 ; 自動車の不規則振動と道路面の特性、自動車技術 21 (4), 1967.
- 3) Hveem, F.N. ; Devices for recording and evaluating pavement roughness, H.R.B. Bull 264, 1960.
- 4) Sprangler, E. B. and Kelley, W. J. ; Servo seismic method of measuring road profile, H.R.B. Bull 328, 1962.
- 5) Aklborn, G. and Mayer, R. A. ; New development in BPR roughness indicator and tests on California pavements, H.R.B. Bull 139, 1956.
- 6) 武田 峻 ; 路面凹凸のモデルによる検討、運輸技術研究所報告 11 (4), 1961.
- 7) 森田 田代 ; 路面プロフィルの研究、自動車技術 24 (4), 1970.
- 8) Hopkins, R. C. and Baswell, H. H. ; Methods for measuring load transfer through vehicle tires to the road surface, Proc. H.R.B. 31st Ann. Meet. 1957.
- 9) Svensson, O. ; 車輪と路面の間に作用する動的な力とその路面荷重に対する影響、自動車技術 34 (7), 1960.
- 10) Fabian, G. J., Clark, D. C. and Hutchinson, C. H. ; Preliminary analysis of road loading mechanics, H.R.B. Bull 250, 1960.
- 11) 松村孫治 ; 自動車の路面に及ぼす衝撃に関する研究 (一) (二)、土木試験所報告 (26), (27), 1934.
- 12) 小林 明 ; 自動車における振動、自動車技術 5 (5), (7/8), 1951.
- 13) Quisen, B. E. and Thompson, D. R. ; Effect of pavement condition on dynamic vehicle reactions, H.R.B. Bull 328, 1962.
- 14) 兼重一郎 ; 自動車の走行時振動のパワースペクトル解析、自動車技術 18 (4), 1964.
- 15) 武田 峻 ; 飛行機の走行中の振動に対する脚の非線型緩和特性の影響、運輸技術研究所報告 11 (4), 1961.

付 録

自動車系の動的特性値

こゝでは、自動車系を主に自由振動系としたときの自動車の質量、ばね定数、減衰係数
 について、これまでにえられたデータをまとめる。

項 目	単位	試 験 車				
		I トレーラ トラック	II トレーラ トラック	III トラック	IV トレーラ バス	V バス
前軸荷重						
空	kg	1,710		920	1,770	3,300
積	kg	4,890		950	3,110	5,600
後軸荷重						
空	kg	4,890		1,050	1,750	4,500
積	kg	8,030		2,250	3,000	5,800
タイヤ	-	14.00-20	14.00-20	14.00-20	9.00-20	380-BF-20
空気圧						
前	ata			2.5	5.25	4.5
後	ata	7.0	7.0	3.0	5.25	4.5
タイヤ有効半径	m			0.356	0.491	0.539
タイヤばね定数B,	kg/cm	1,500	1,500			
有効バネばね定数						
空	kg/cm	540/475/561	540			
積	kg/cm	540/475/1000	850			

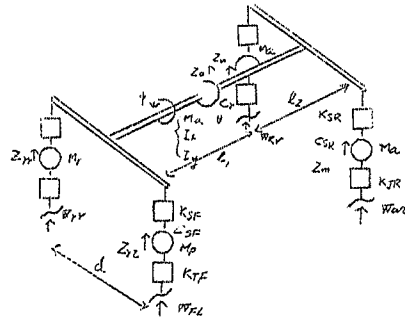


後輪 8000 lb

前、後輪の減衰度を与えるデータ

左下を示す。

車 種	$\frac{k_1 L_1 - k_2 L_2}{(k_1' + k_2') L}$	$\frac{m_1 L_2 - I_1}{m}$
A	0.060	0.019
B	-0.074	0.049
C	0.047	0.024



$$\begin{aligned}
 M_0 &= 146 \text{ kgm}^{-1} \text{ S}^2 \\
 M_F &= 9 \text{ kgm}^{-1} \text{ S}^2 \\
 M_R &= 12 \text{ kgm}^{-1} \text{ S}^2 \\
 I_F &= 200 \text{ kgm S}^2 \\
 l_0 &= 2.5 \text{ m} \\
 l_1 &= 1.2 \text{ m} \\
 l_2 &= 1.3 \text{ m} \\
 d &= 1.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

支持ばね系は、独立懸架方式で、線形ばね線形減速減衰係数からなると仮定した。

$$\begin{aligned}
 K_{SF} &= 1600 \text{ kgm}^{-1} \quad (\text{前輪ばね}) \\
 K_{SR} &= 2400 \text{ kgm}^{-1} \quad (\text{後輪ばね}) \\
 C_{SF} &= 120 \text{ kgm}^{-1} \text{ S} \quad (\text{前輪減衰係数}) \\
 C_{SR} &= 160 \text{ kgm}^{-1} \text{ S} \quad (\text{後輪減衰係数}) \\
 \text{タイヤ特性は、線形ばねと仮定した。} \\
 K_{TF} &= 2600 \text{ kgm}^{-1} \quad (\text{前輪タイヤ}) \\
 K_{TR} &= 2200 \text{ kgm}^{-1} \quad (\text{後輪タイヤ})
 \end{aligned}$$

図30の自動車モデルの動的特性値を下記示す。

ASSUMED MODEL TRUCK PARAMETERS

Parameter	Truck Loaded	Truck Unloaded	Units
M_c	31.1	7.0	16 sec ² /in
M_1	1.30	1.30	16 sec ² /in
M_2	2.59	2.59	16 sec ² /in
K_{c1}	900	900	16/in
K_{c2}	2000	2000	16/in
K_1	4500	4500	16/in
K_2	9000	9000	16/in
C_{c1}	100	100	16 sec/in
C_{c2}	200 ^a	0	16 sec/in
b_{c1}	300	300	16
b_{c2}	400	400	16
I	87.000	28.700	in. 16 sec ²
z	96.0	53.3	in
b	48	90.7	in

^a Without rear shock absorbers.
^b With rear shock absorbers.

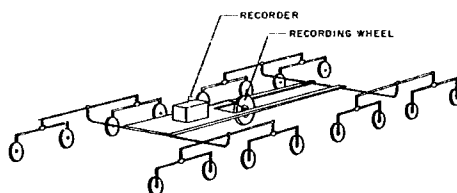
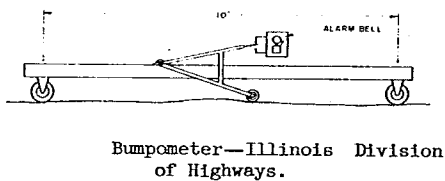
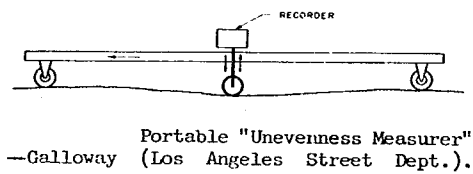
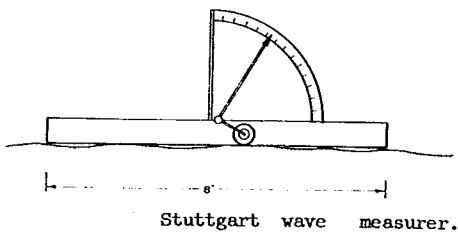
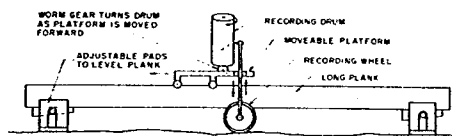
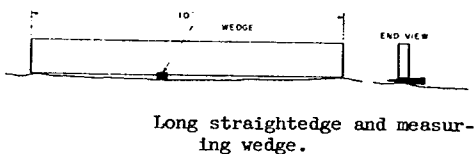
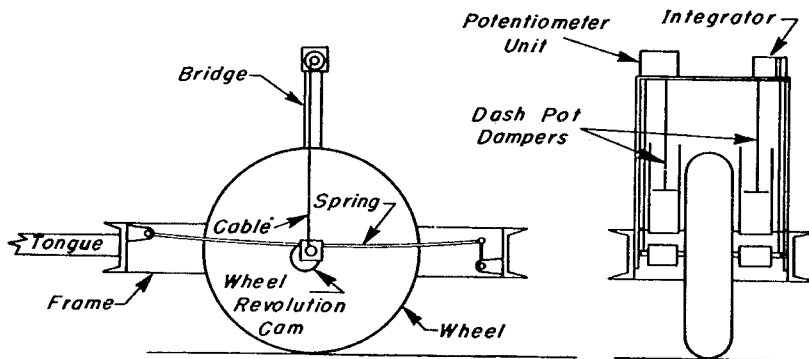
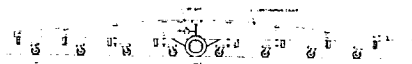


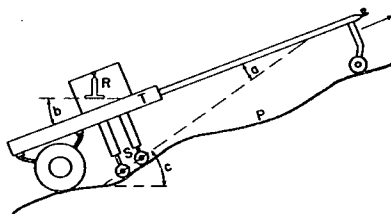
図-1 一定長さのゲージを利用した *prof*



Schematic diagram of the BPR Road Roughness Indicator.



Schematic drawing of the Compensating Viagraphic--France.



Schematic diagram--AASHO Road Test Profilometer.

図-2 その他の prof

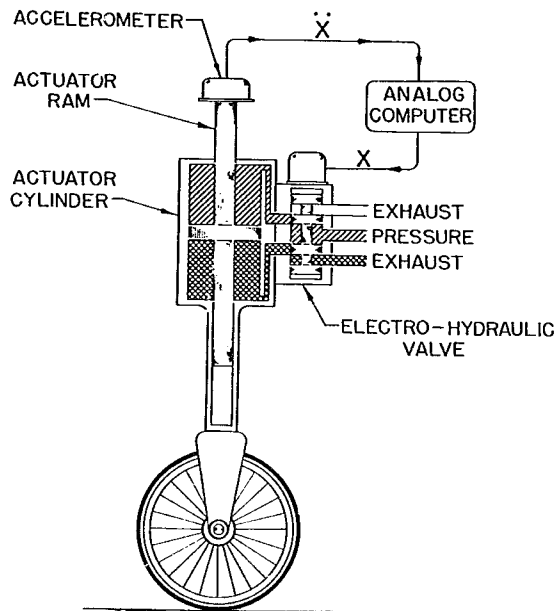


Figure 3. Schematic of Servo-Seismic road profile recording device.

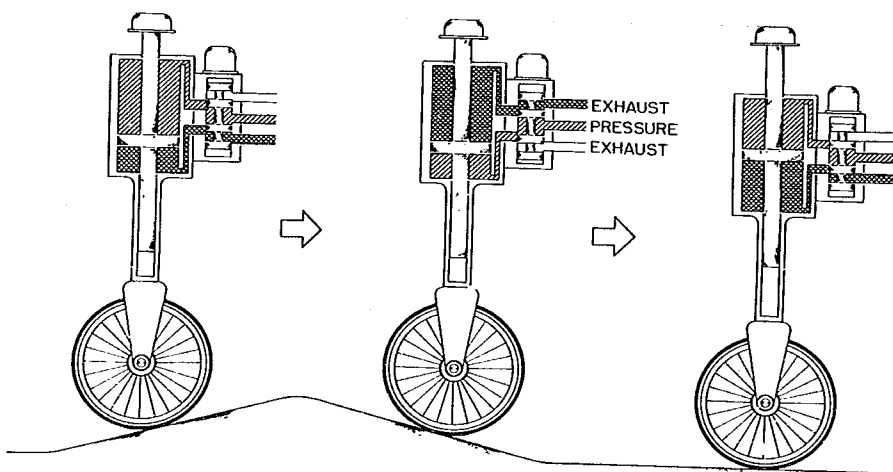


Figure 4. Sequence showing Servo-Seismic device passing over bump.

SYSTEM FREQUENCY RESPONSE

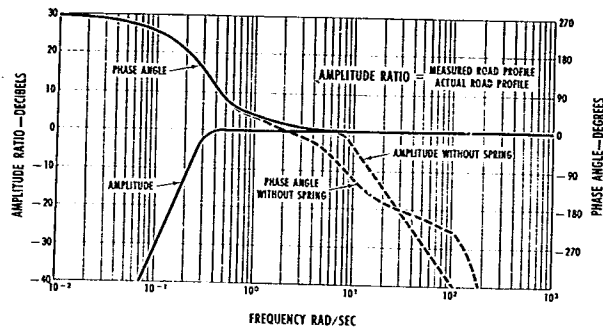
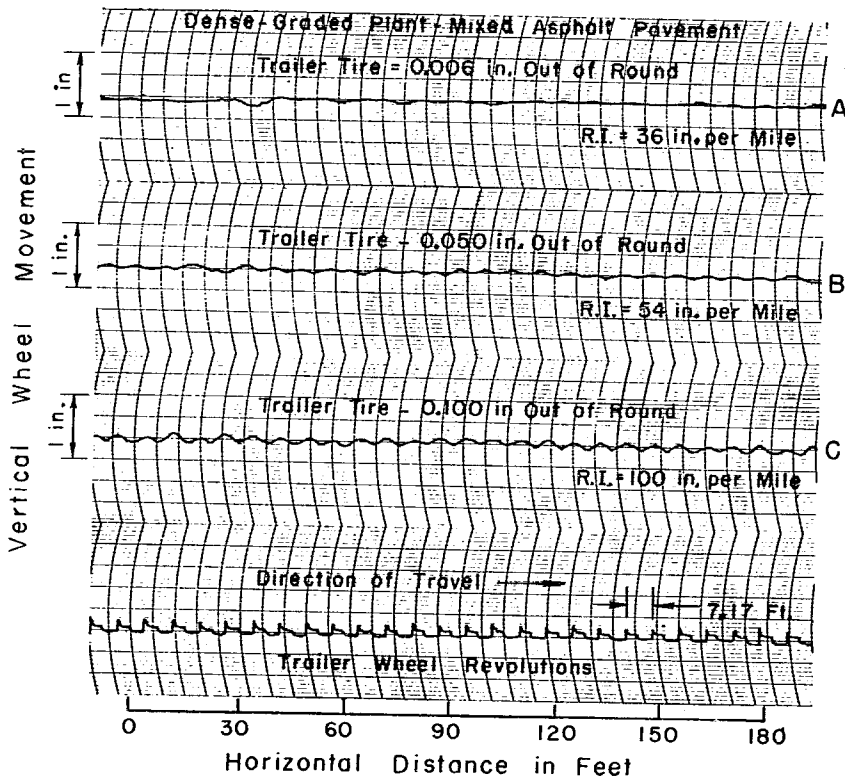


Figure 5 . Frequency response of Servo-Seismic system.



図一 6 (I) BPR roughness indicator による測定結果、測定車輪のタイヤの非真円度による測定記録の比較 (1950)

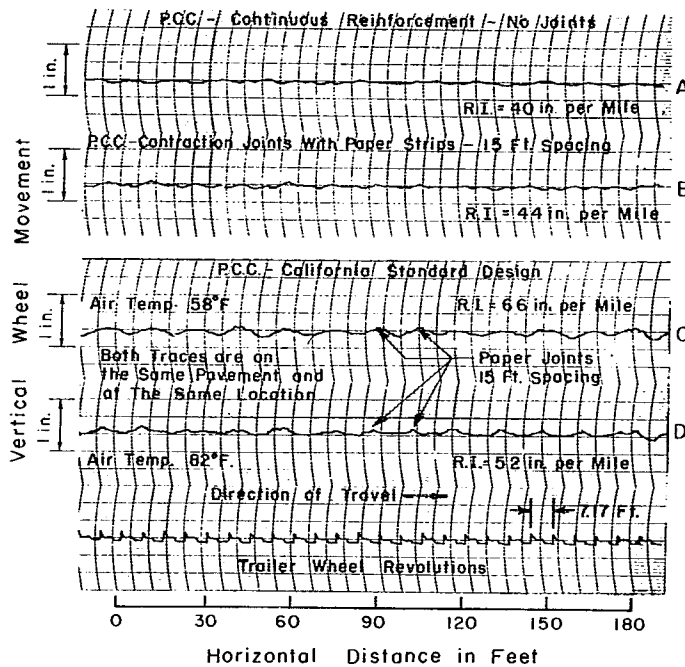


図-6(2) BPR roughness indicator による測定記録 コンクリート舗装路面の記録(1956)

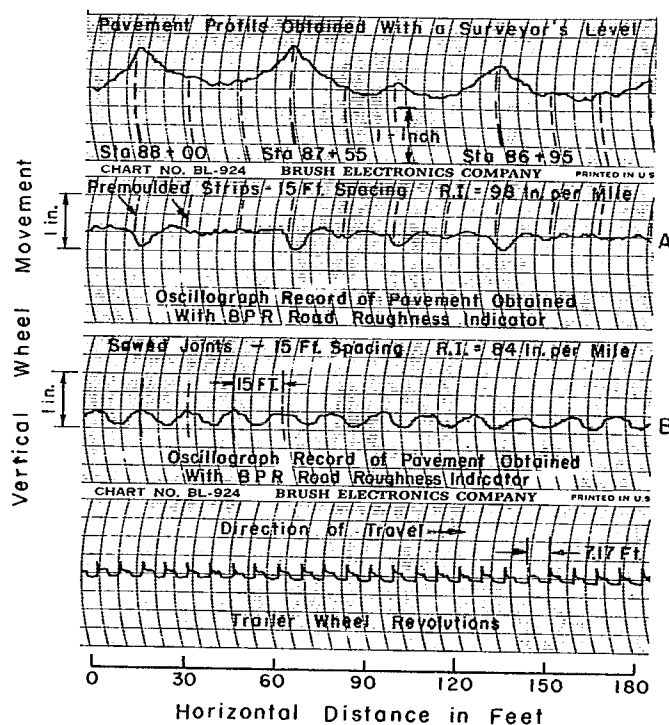


図-6(3) BPR roughness indicator による測定記録 モールドストリップ目地と、cut 目地のあるコンクリート舗装路の記録の比較

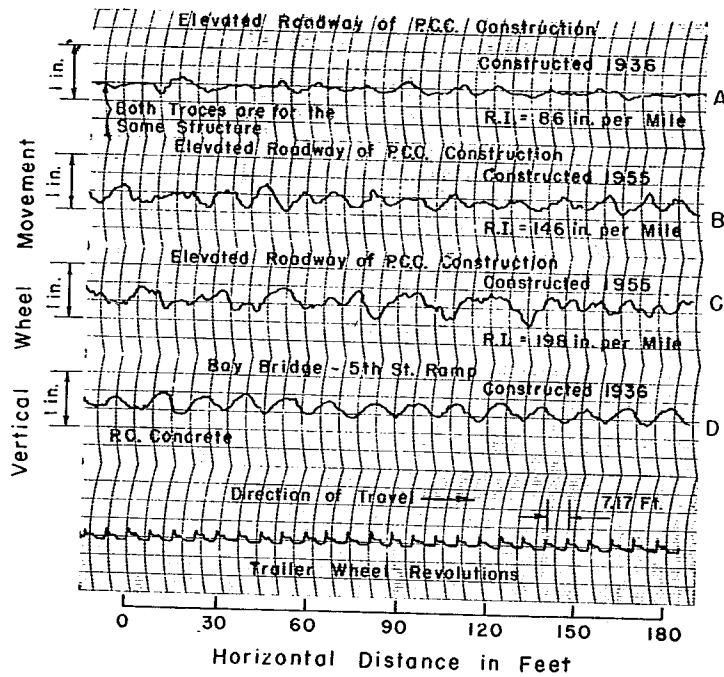


図-6(4) BPR roughness indication による測定記録高架橋面の記録

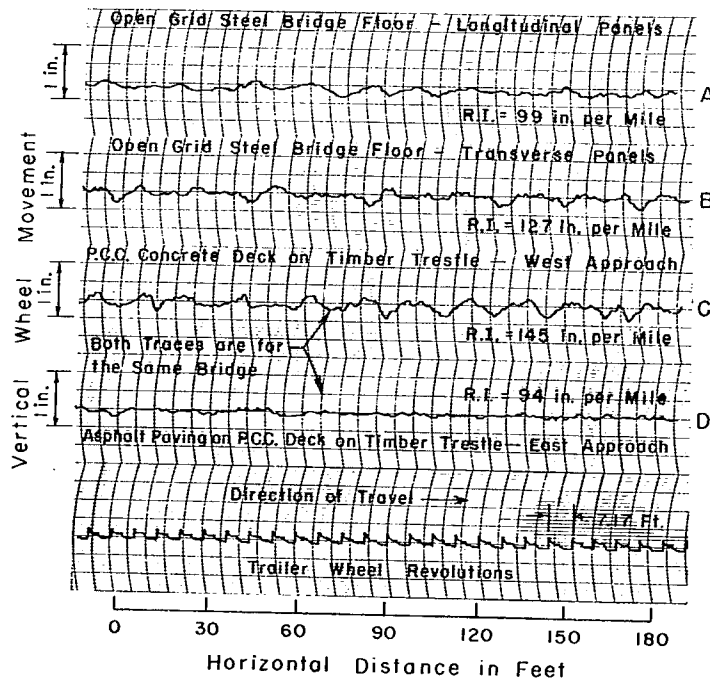


図-6(5) BPR roughness indication による測定記録橋面上の記録

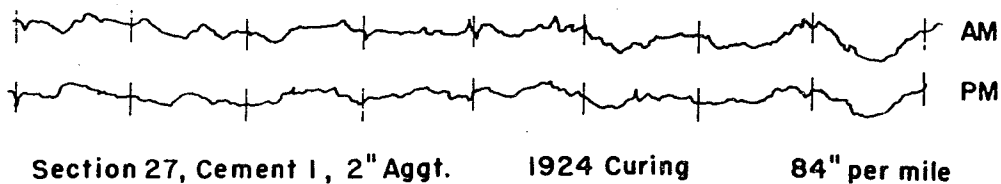
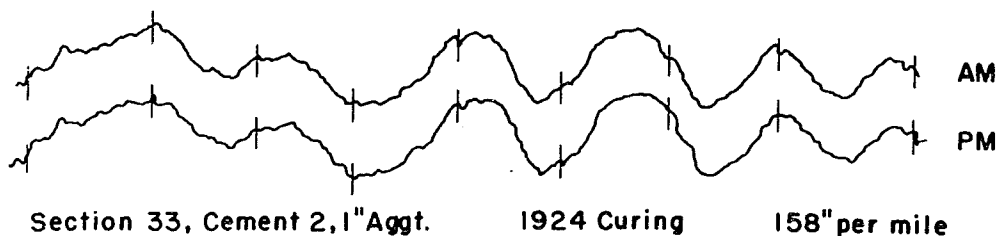
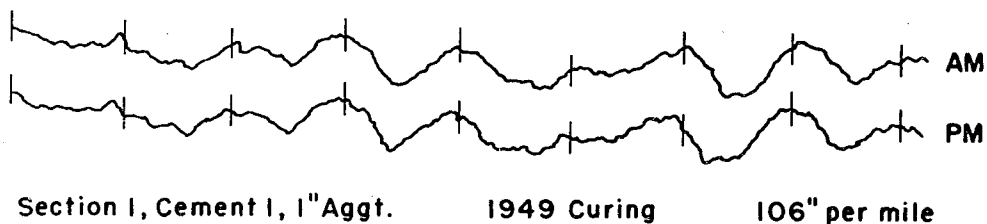
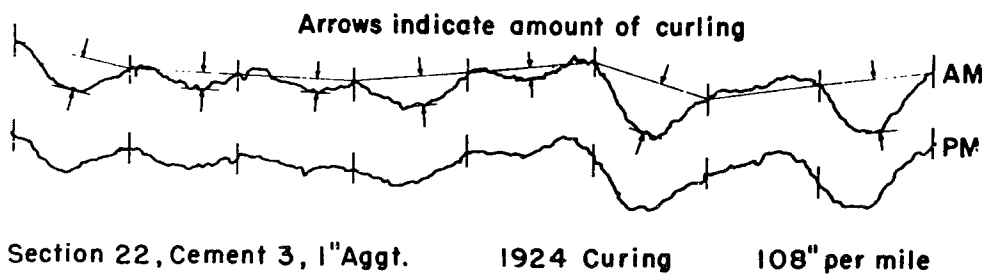
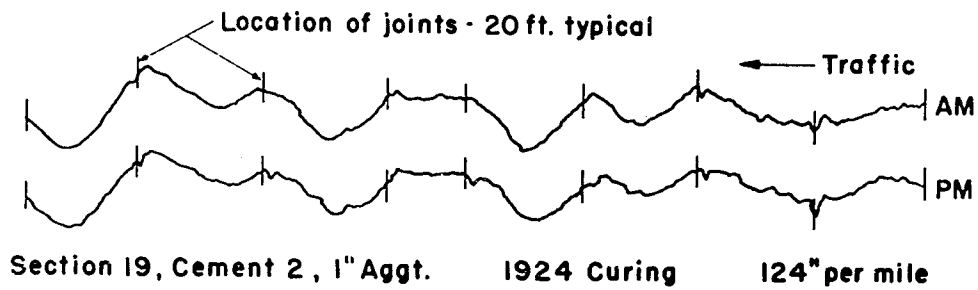
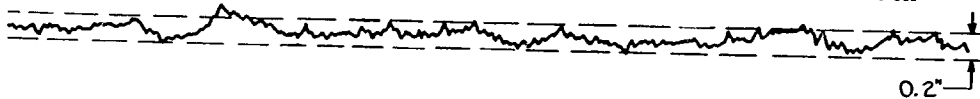
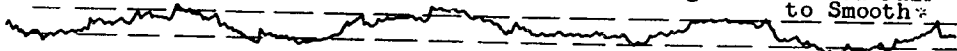


図-7 コンクリート舗装路の路面の凹凸 6.6 m 間の目地あり

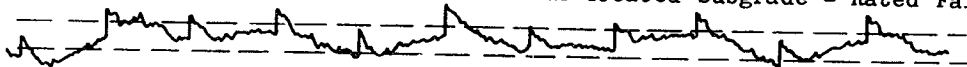
- No. 1 X-S.J-4-A Constructed in 1955, Portland Cement Concrete
PrI = 2.1 over Cement Treated Subgrade - Rated Smooth*



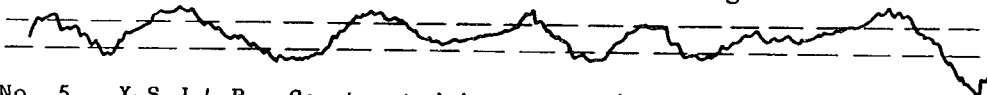
- No. 2 IV-Ala-69-Snl,C Constructed 1951, Portland Cement Concrete
PrI = 7.1 over Cement Treated Subgrade - Rated Fair
to Smooth*



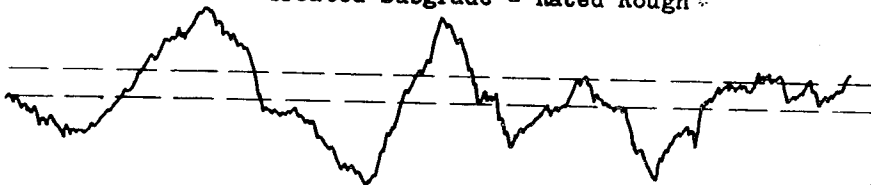
- No. 3 IV-Ala-69-Oak Constructed 1949, Portland Cement Concrete
PrI = 18 over Bituminous Treated Subgrade - Rated Fair



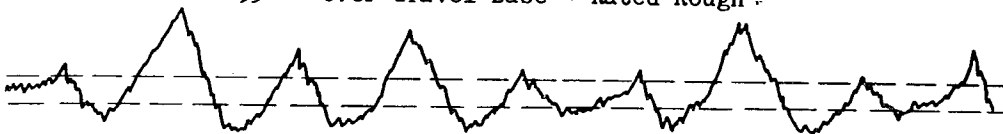
- No. 4 X-S.J-4-B,E Constructed in 1956, 24' Monolithic Pavement
PrI = 31 Portland Cement Concrete over Cement Treated
Subgrade - Rated Fair to Rough *



- No. 5 X-S.J-4-B Constructed August, 1956, 24' Monolithic Pave-
PrI = 69 ment. Portland Cement Concrete over Cement
Treated Subgrade - Rated Rough *



- No. 6 III-Col-7-B Constructed in 1931, Portland Cement Concrete
PrI = 93 over Gravel Base - Rated Rough *

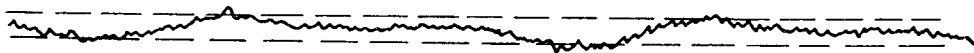


PrI = Profile Index
Horizontal Scale: 1" = 25' Vertical Scale: 1" = 1"

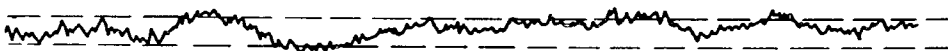
*These ratings are drivers impression while riding in a light car
at approximately 50 miles per hour.

図-8 各種路盤上のコンクリート舗装路面の凹凸

No. 1 VI-Fre-4-A Constructed 1953, 2" Plant-mix surfacing over
PrI = 2.5 5" Asphaltic Concrete over 4" Portland Cement
Concrete - Rated Smooth



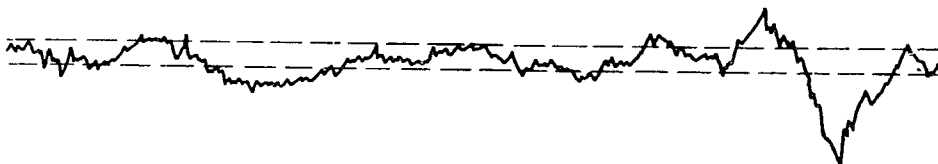
No. 2 V-SLO-2-B Constructed 1953, Plant-mix surfacing over
PrI = 10.4 Cement Treated Base - Rated Smooth



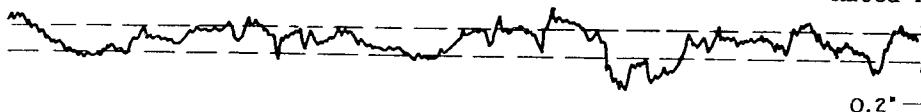
No. 3 I-Men-1-D Constructed 1949, Plant-mix surfacing over
PrI = 24 Cement Treated Base - Rated Rough



No. 4 XI-S.D-2-G Constructed 1951, Plant-mix surfacing over
PrI = 29 Cement Treated Base - Rated Fair to Rough



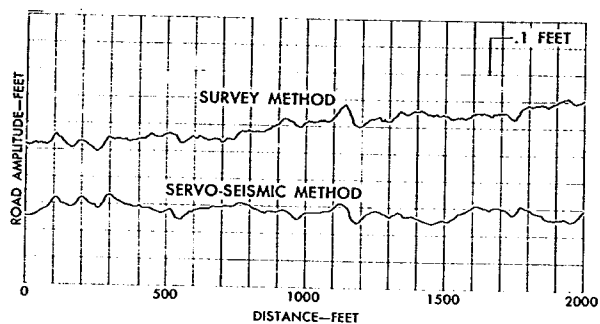
No. 5 III-Gle-7-B Constructed in 1937, 5½" Asphaltic Concrete over
PrI = 40 6" Imported Base over 4" old Portland Cement Conc.
Rated Rough*



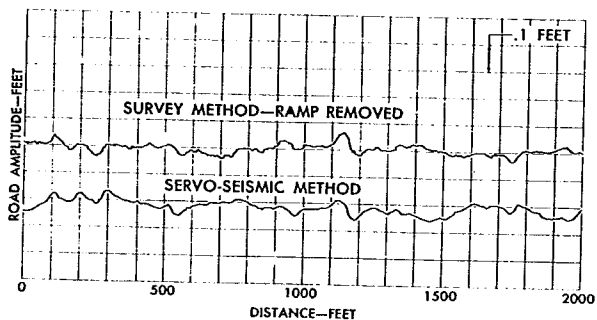
PrI = Profile Index = inches per mile in excess of 0.2"
Horizontal Scale: 1" = 25' Vertical Scale: 1" = 1"

*These ratings are drivers impression while riding in a light car
at approximately 50 miles per hour.

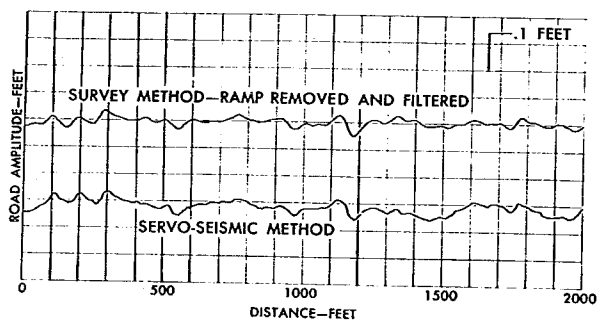
図一 各種路盤上のアスファルト舗装路面の凹凸目地なし



10(1) North-South Straightaway, G.M. Milford Proving Ground.

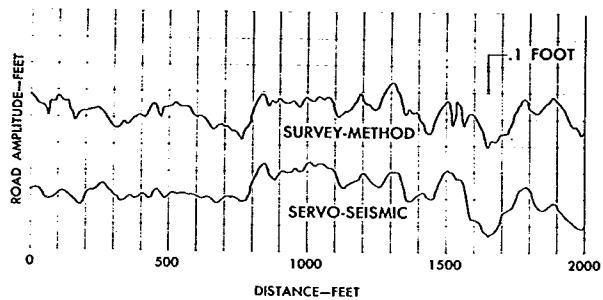


10(2) North-South Straightaway, G.M. Proving Ground.

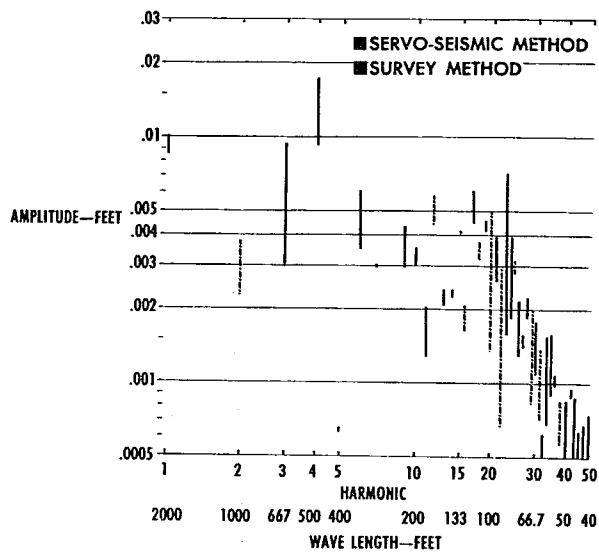


10(3) North-South Straightaway, G.M. Proving Ground.

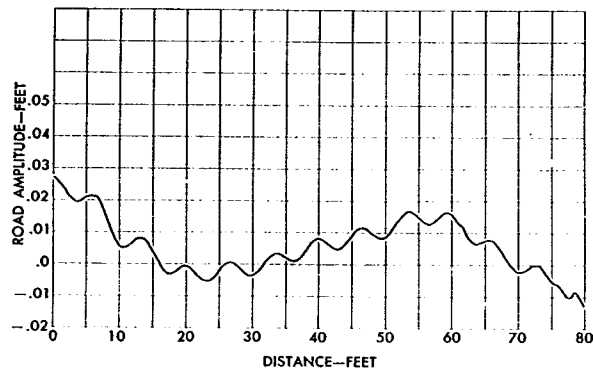
図-10 サーボ型 profotometer による記録の harmonic analysis の比較



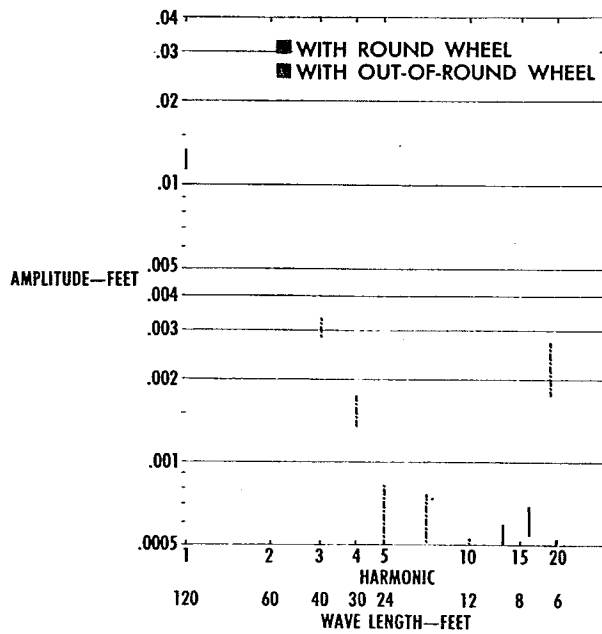
10(4) Military Straightaway, G.M. Milford Proving Ground.



☒ - 1 1

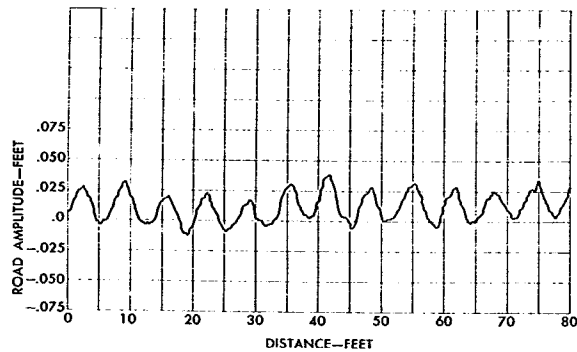


12(1) North-South Straightaway, G.M. Milford Proving Ground, with out-of-round wheel.

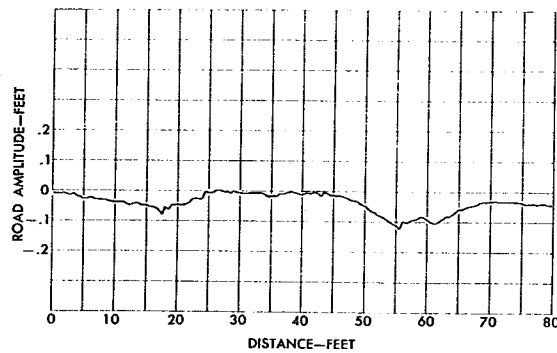


12(2) Harmonic analysis, 120-ft sample of North-South Straightaway. (See caption, Fig. 20).

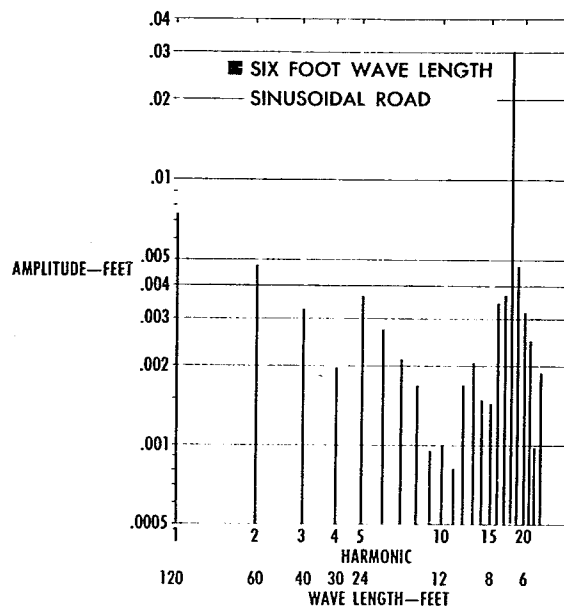
図-12 測定車輪のタイヤの非真円度 (3.0 mm) の影響



13(1) Sine Road, G.M. Milford Proving Ground; wave length 1.83 m wave amplitude—
9.1 mm ft peak to peak.

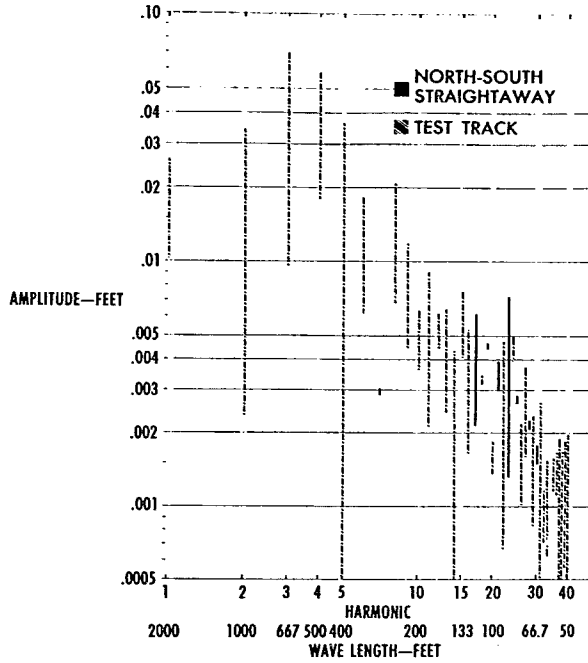


13(2) Military Straightaway, G.M. Milford Proving Ground.

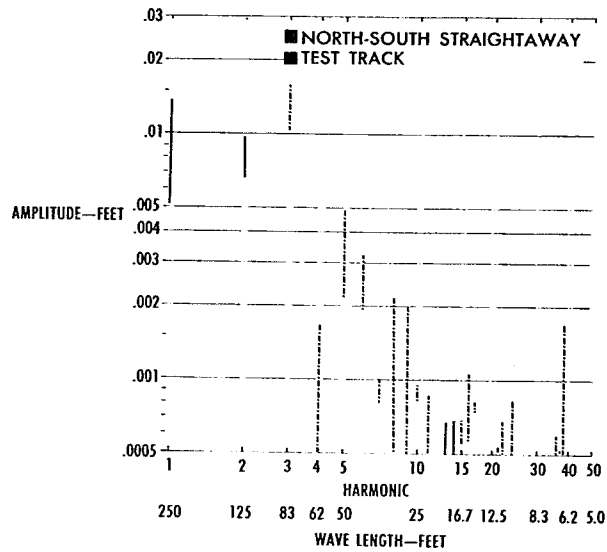


13(3) Harmonic analysis, 120-ft sample.

図-13 正弦波状路での検定記録波長 1.83 m、振幅 p-p 9.1 mm

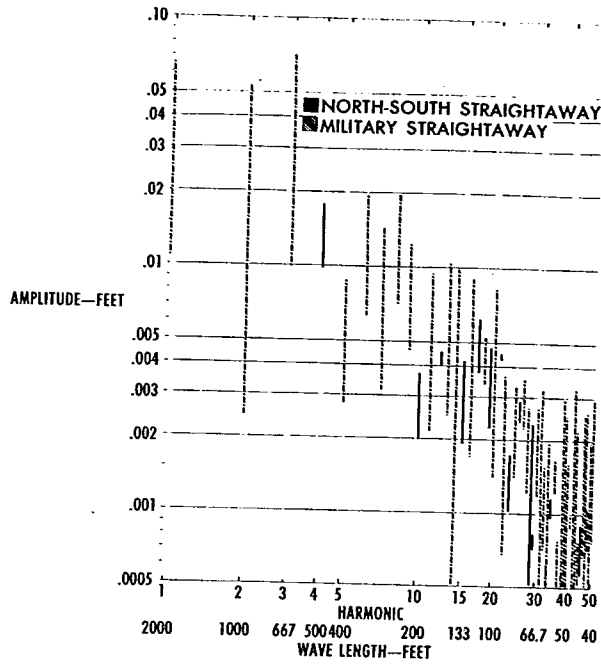


14(1) Harmonic analysis, 2,000-ft sample. (See caption, Fig. 20.)

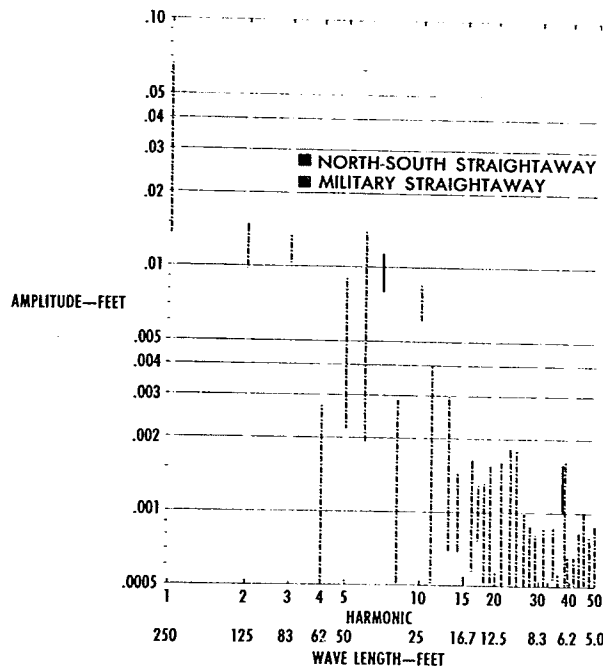


14(2) Harmonic analysis, 250-ft sample. (See caption, Fig. 20.)

図-14 路面凹凸の harmonic analysis —Test track

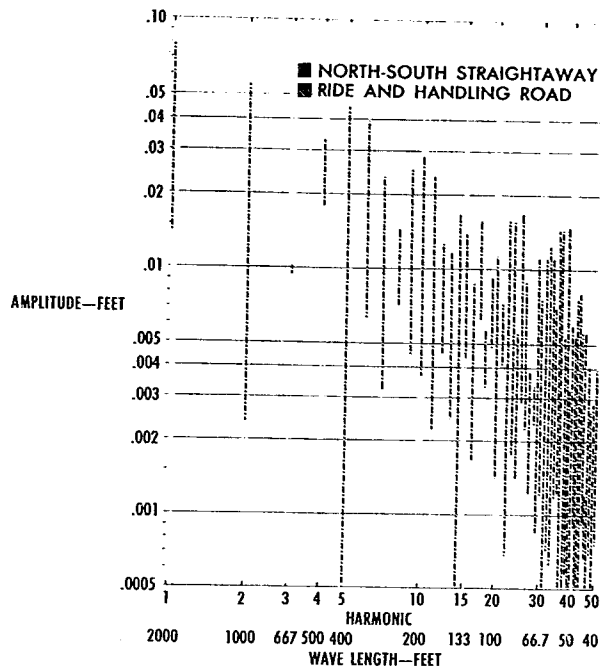


15(1) Harmonic analysis, 2,000-ft sample. (See caption, Fig. 20.)

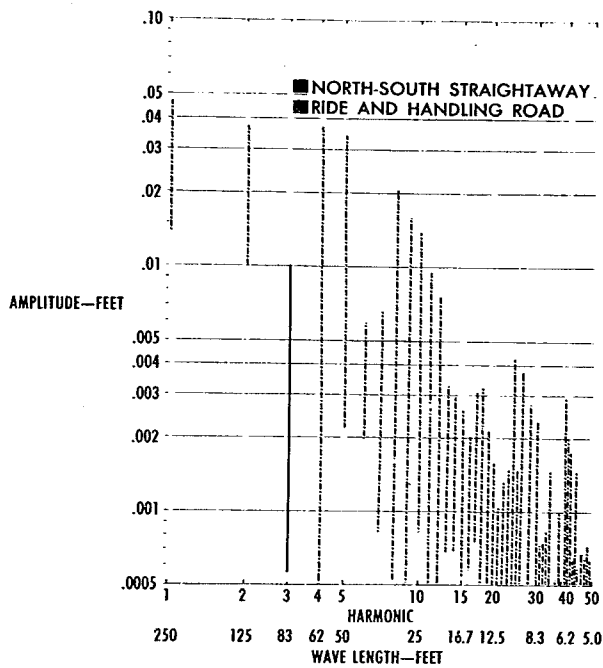


15(2) Harmonic analysis, 250-ft sample. (See caption, Fig. 20.)

図-15 路面凹凸の harmonic analysis —Military straight aruay

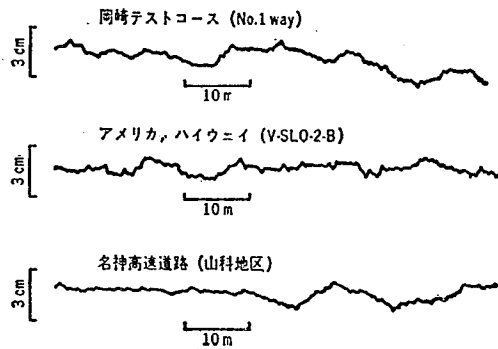


16(1) Harmonic analysis, 2,000-ft sample. (See caption, Fig. 20.)



16(2) Harmonic analysis, 250-ft sample. (See caption, Fig. 20.)

図—16 路面凹凸の harmonic analysis — Ride and handling road



第17図 路面プロファイルの比較

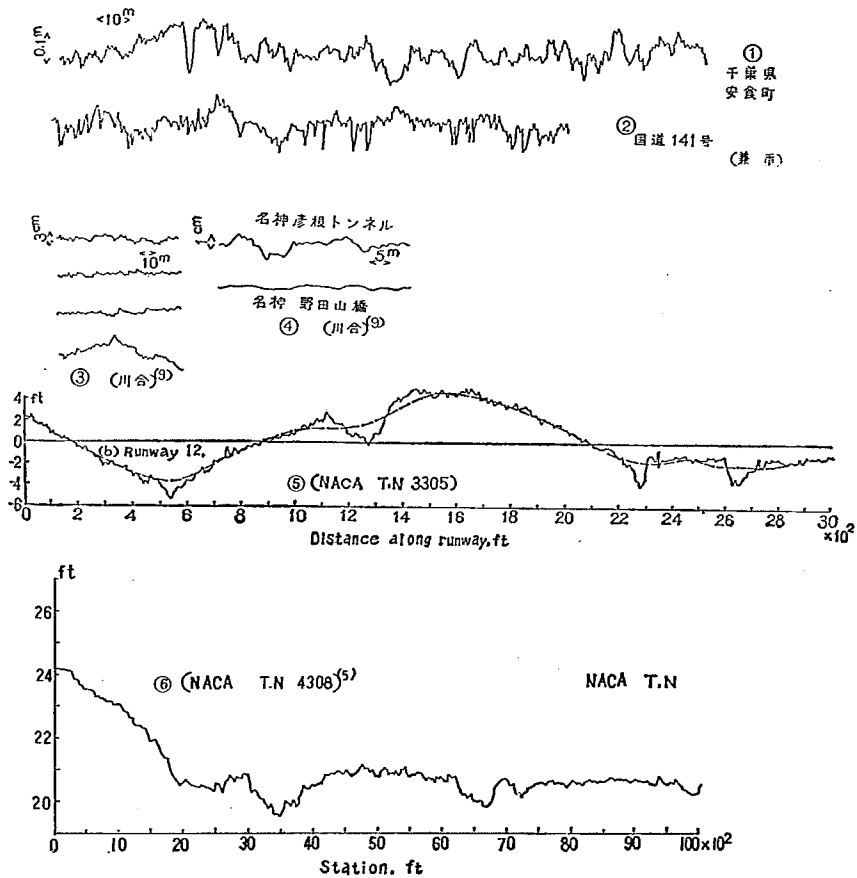
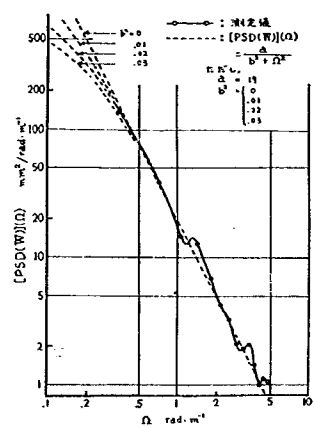
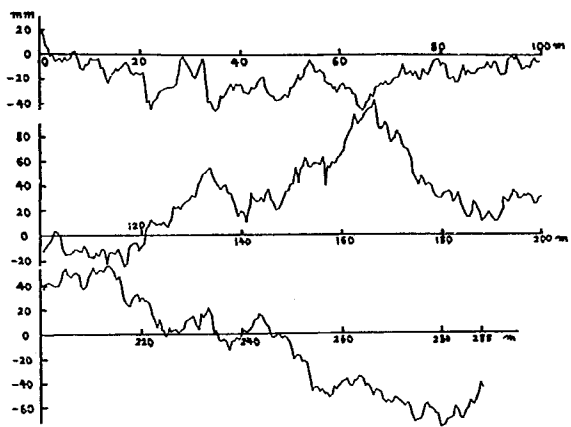
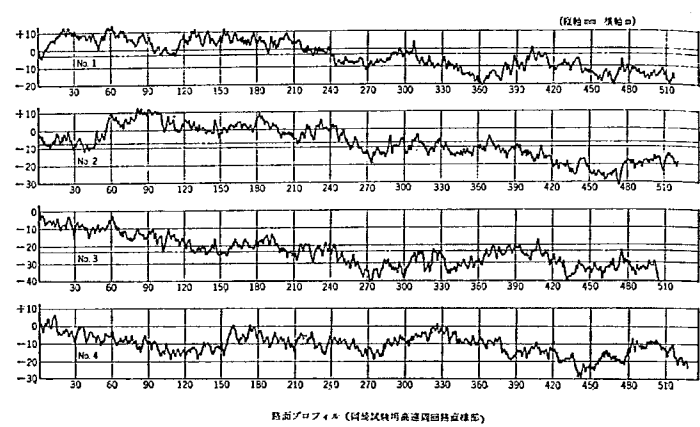


図-18 路面の凹凸

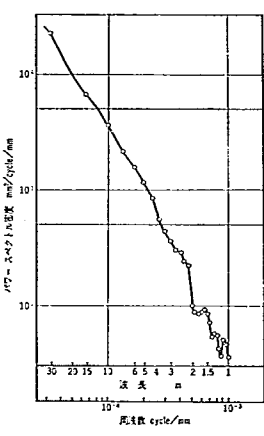


滑走路凹凸のパワースペクトル

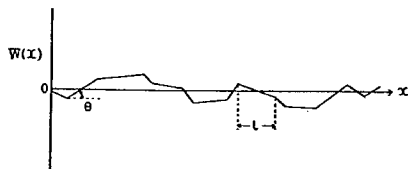
図一 19 宇都宮飛行場滑走路面の凹凸 測定による



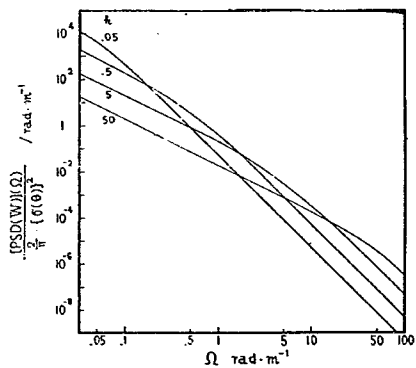
路面プロファイル (同定試験用自動試験路設置部)



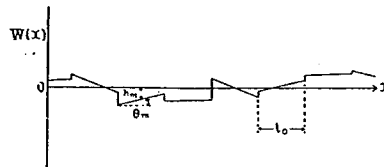
図一 20 自動車テストコース路面の凹凸



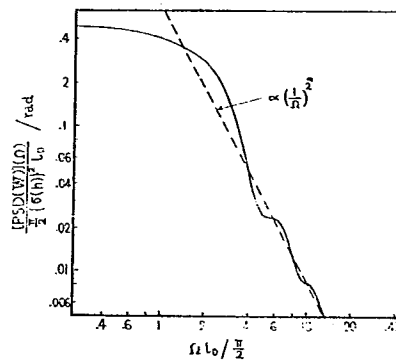
モデル A



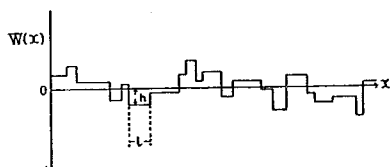
21(1) モデルAのパワースペクトル



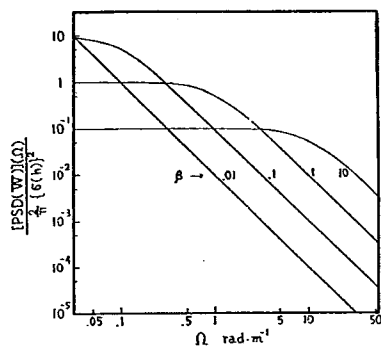
モデル B



21(2) モデルBのパワースペクトル

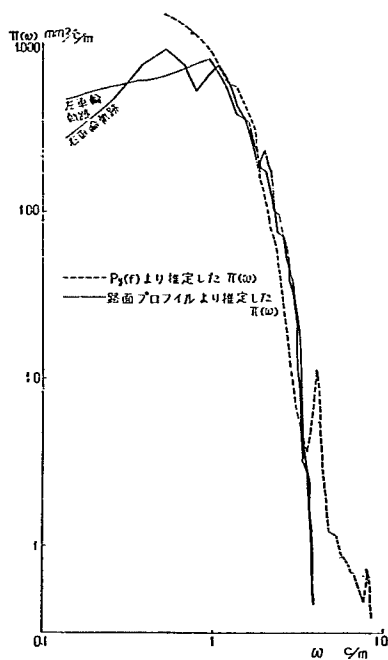


モデル C

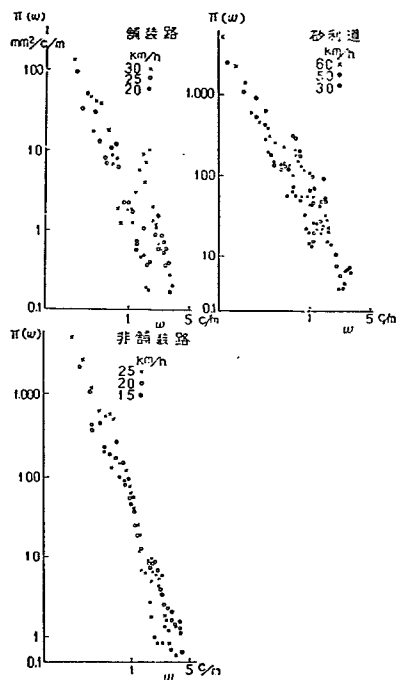


21(3) モデルCのパワースペクトル

図-21 凹凸モデルと路面スペクトル



ベルギアン路、路面凹凸パワースペクトル



3 種類の路面のパワースペクトル

図-22 $p(f) = \frac{S(f)}{\{P(f)\}}$ から算出した路面スペクトル

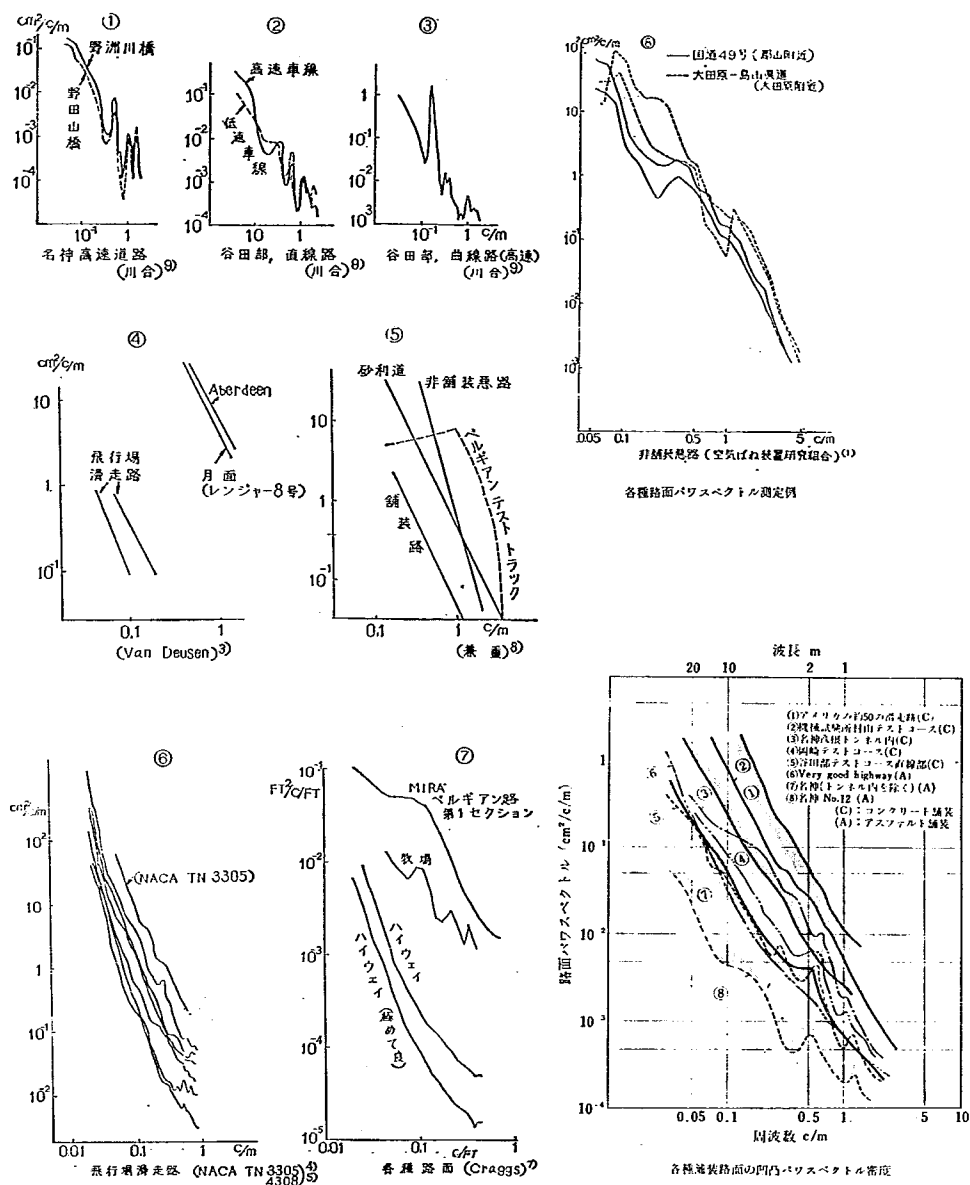
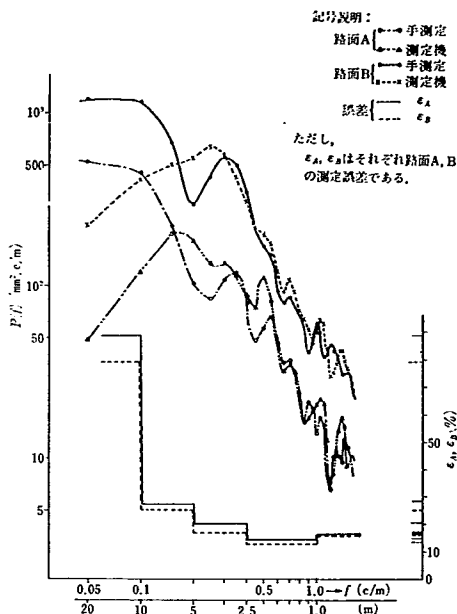
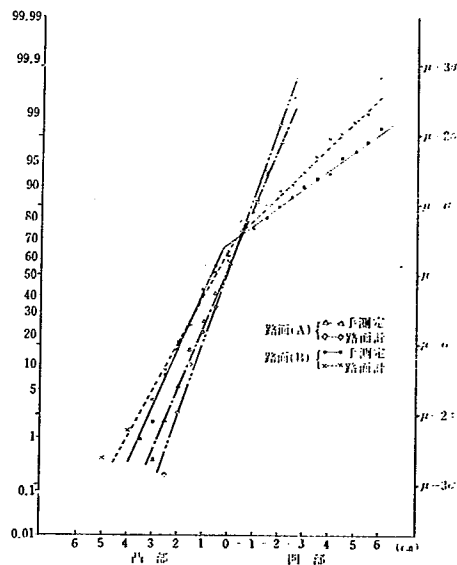


図-2.3 各種路面のパワースペクトル



24(1) 路面 A, B のパワースペクトル表示および各周波数成分におけるパワの測定誤差



24(2) 路面凹凸量の分布 (経路断面分布を正規分布仮にプロットしたものの)

図-24 路面スペクトルおよび確率分布

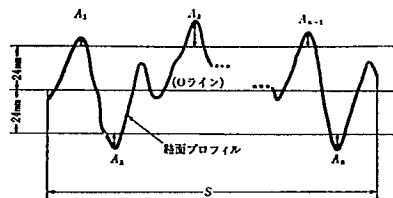


図7 特性値の算出

路面プロファイルの状態を容易に表現する方法として、つぎの特性値 (PrQ, PN) を導入する。

$$PrQ = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n A_i \text{ [mm/m]}, \quad PN = \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{S} \text{ [1/m]}$$

ただし, S = 測定区間の距離 [m]

A_i = バンド外側のピークの高さ [mm]

n = バンドの外側のピークの個数

である。Pr.Q. は Profile Quality の略で、路面凹凸の分布の広がりを与える量であり、P.N は Profile Number の略で、周波数成分の構成を与える量である。

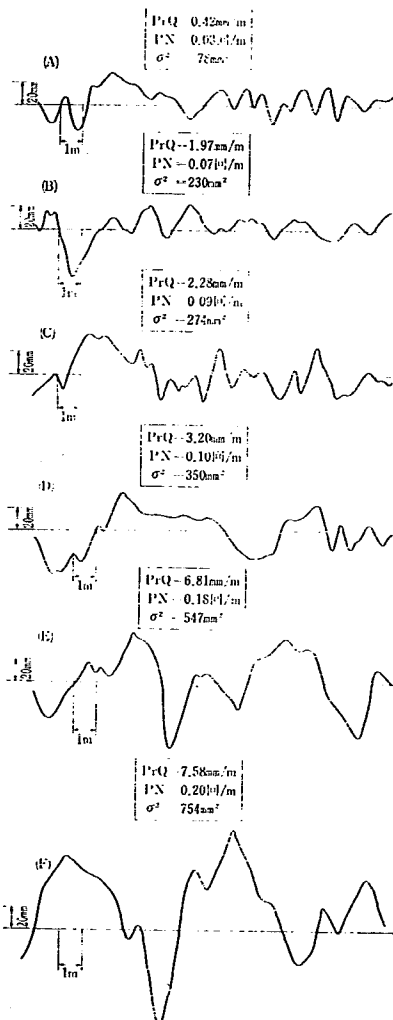
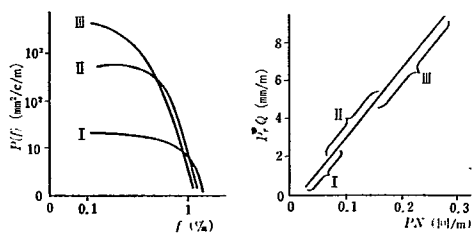
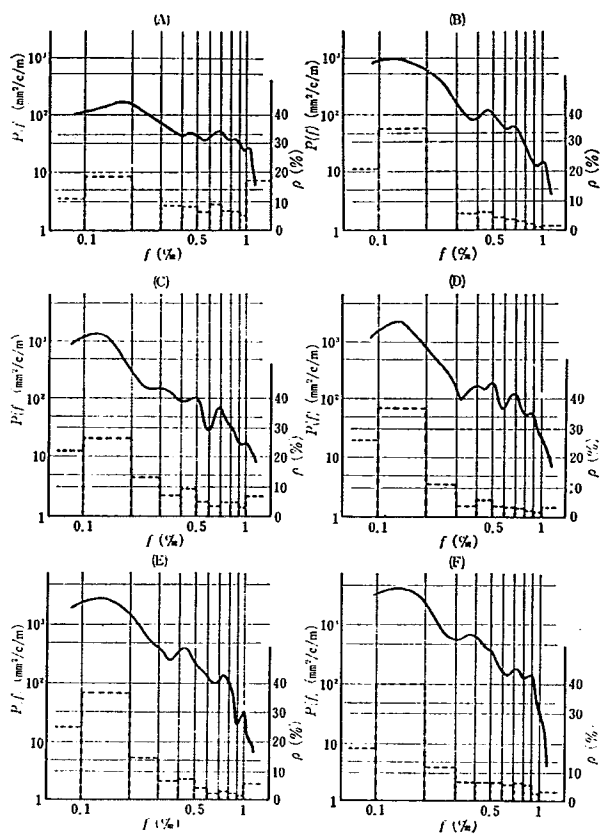


図-25 路面プロファイルと PrQ, PN

各々の路面プロファイルのバースペクトル表示



$\text{PrQ} \sim \text{PN}$ とバースペクトルの対応

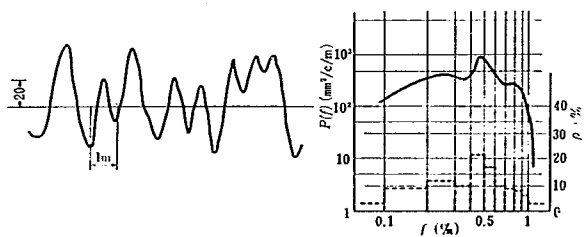


図 12
ベルジャン路の路面プロファイルとバースペクトル表示

図-26 路面スペクトルと PrQ 、 PN

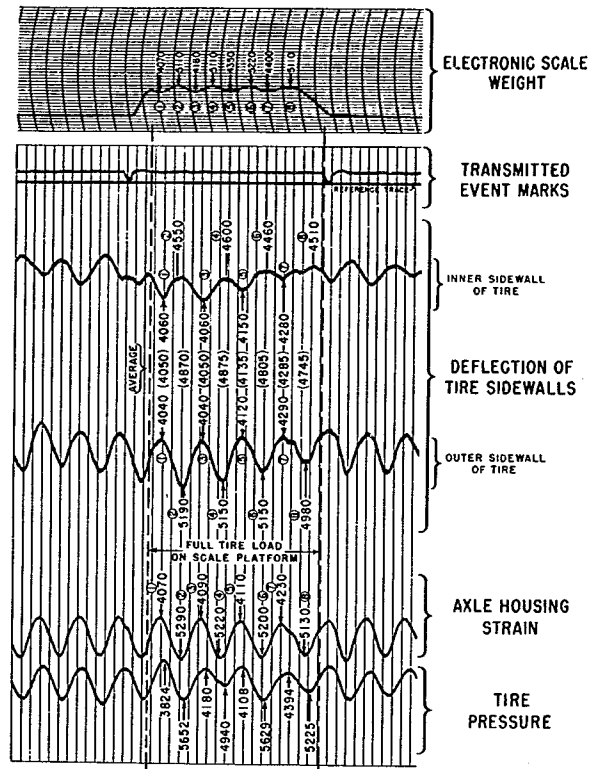
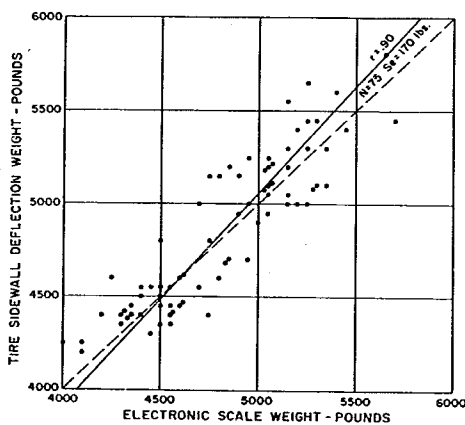


図-27 輪重計による記録波形

- (a) electronic scale
- (b) axle housing strain
- (c) tire sideinall deflrctien
- (d) tire pressure



Y : correlation coeff
Se : standard error
N : data number

図-28 (1) (a)、(b)の相関

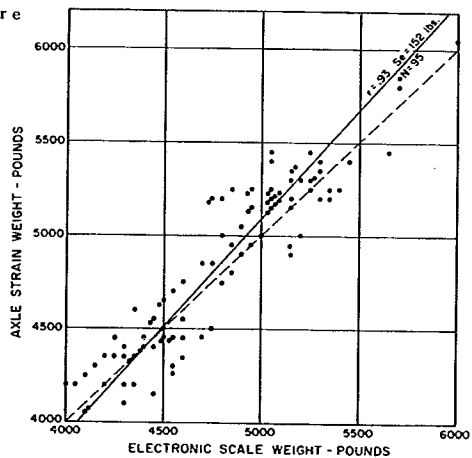


図-28 (2) (a)、(c)の相関

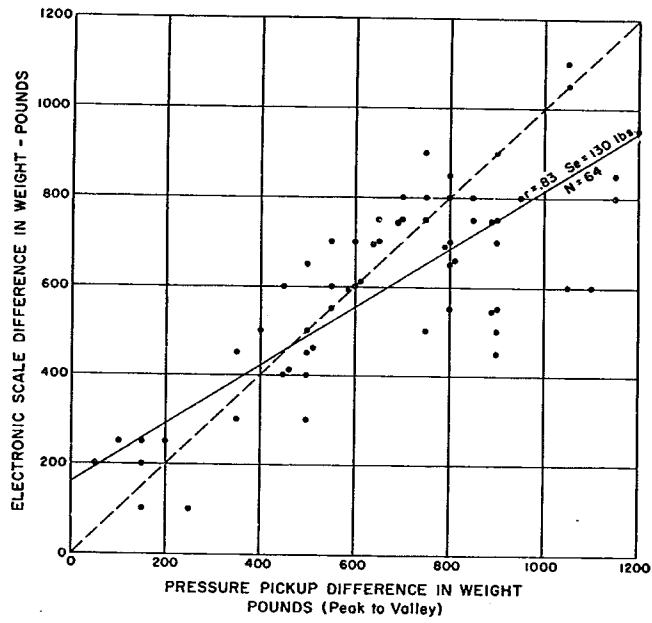


図-28 (3) (a)、(d)の相関

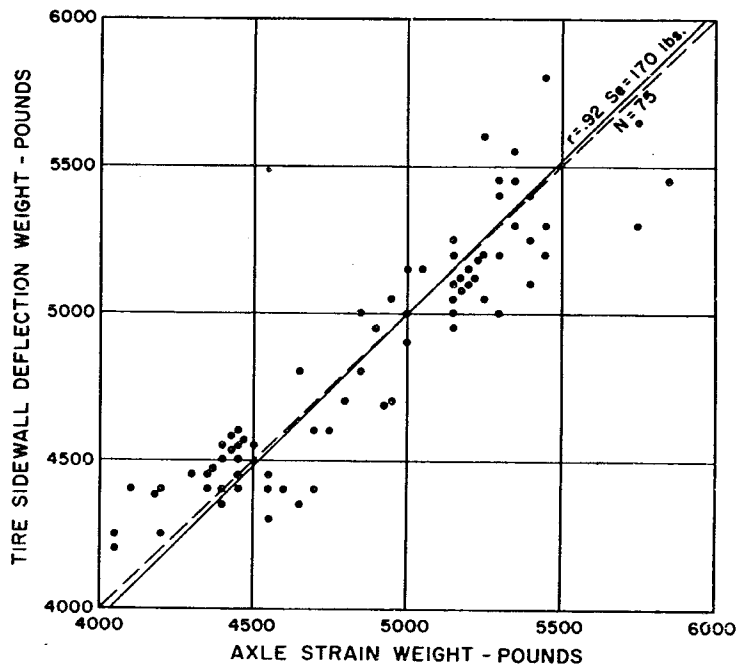
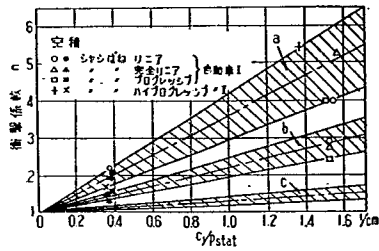
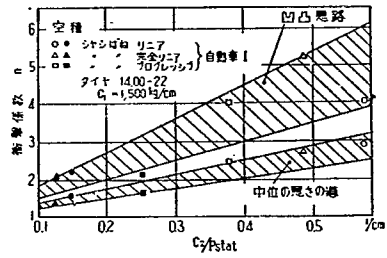


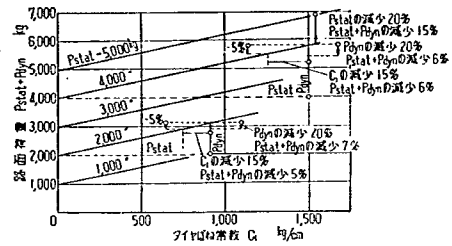
図-28 (4) (b)、(c)の相関



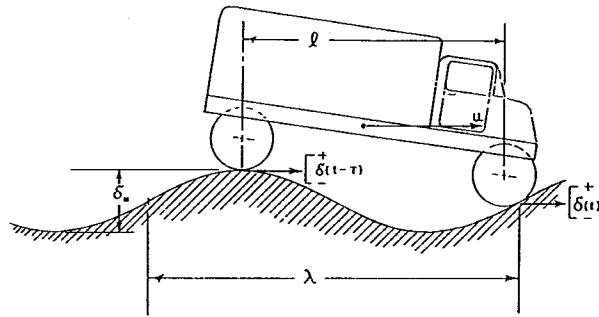
29(1) 乗車係数 $n=1+k$, C_1/P_{stat} と C_1/P_{stat} との関係
 C_1 タイヤばね付重 kg/cm
 P_{stat} 静荷重
a. 凹凸悪路, $K=2.6 \pm 20\%$, 障害高さ ~ 12 cm
b. 中位の悪さの道, $K=1.2 \pm 20\%$, ~ 3 cm
c. 良路, $K=0.3 \pm 20\%$



29(2) 乗車係数 n と C_2/P_{stat} との関係
 C_2 シャンパン付重, ばね定数 kg/cm



29(3) 動的路面荷重とタイヤばね定数との関係
 $K=1.2$ (中位の悪さの道路)



Sinusoidal road input.

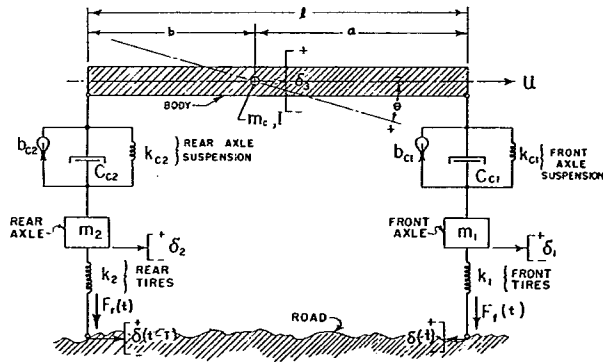


Figure 30 走行荷重計算モデル

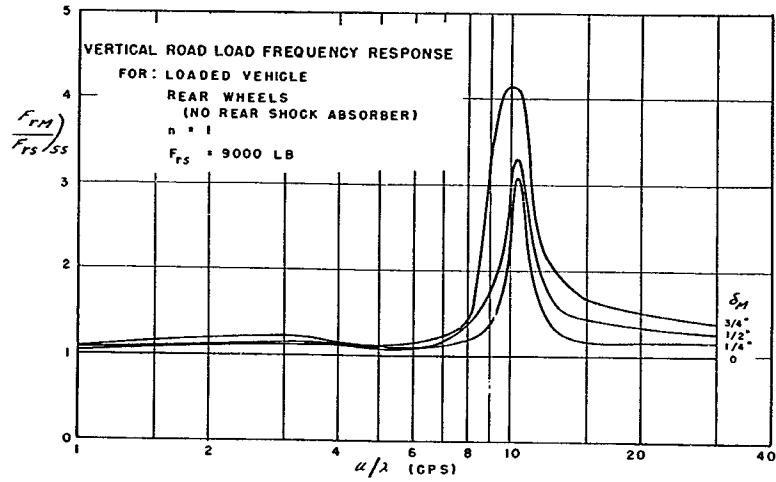


図-31(1) 正弦波 LM に対する F_{rm}/F_{ss} SS 後輪

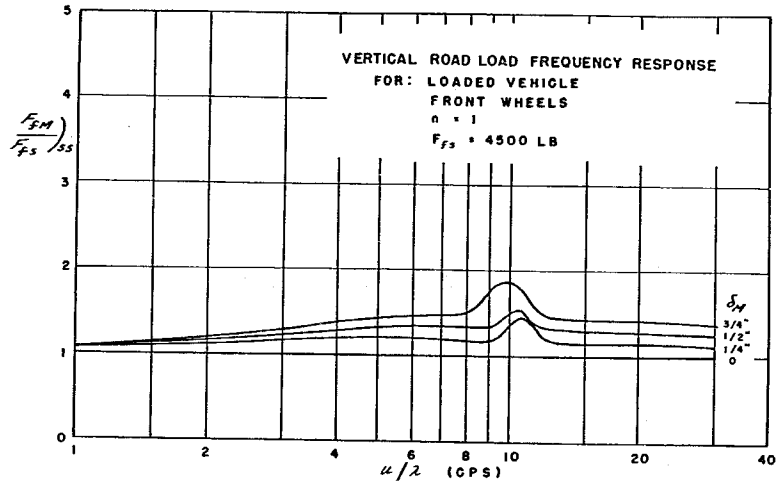
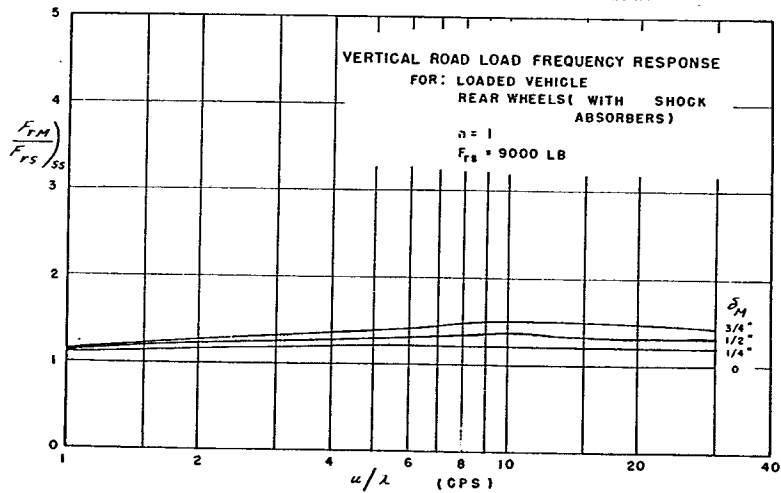
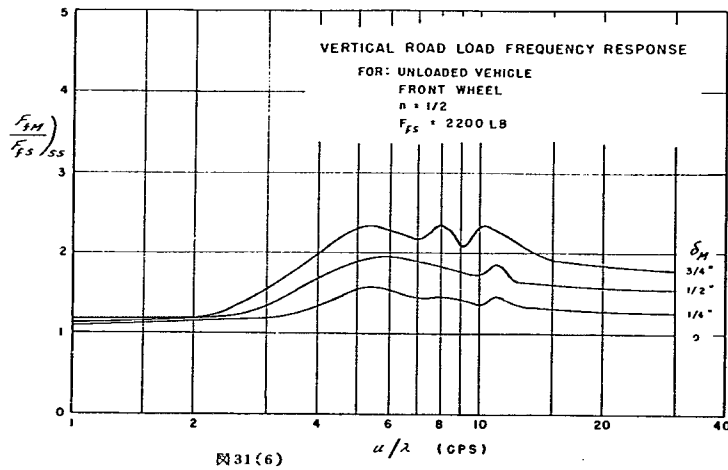
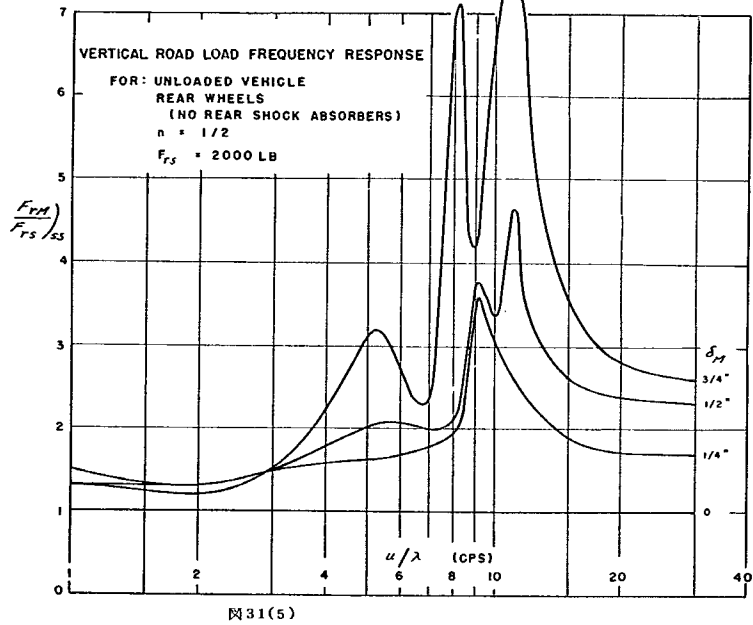
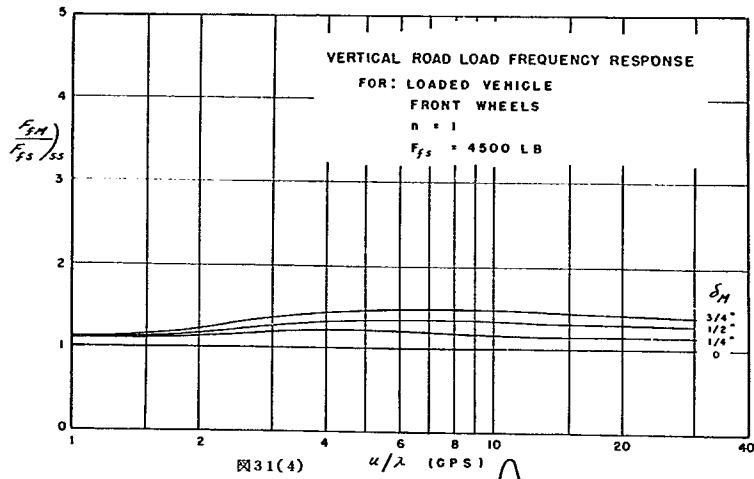
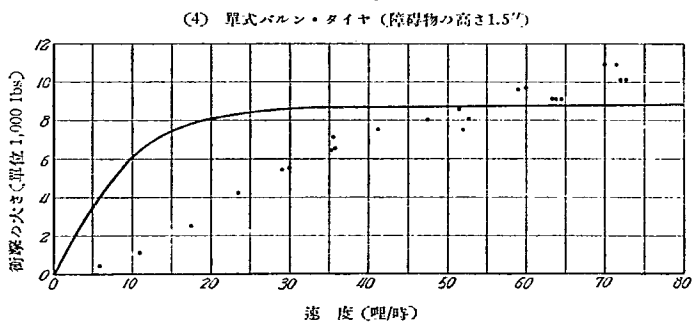
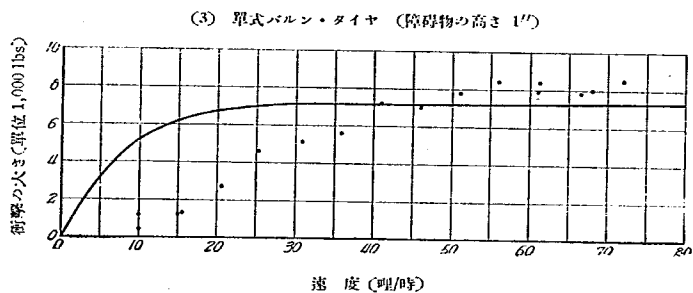
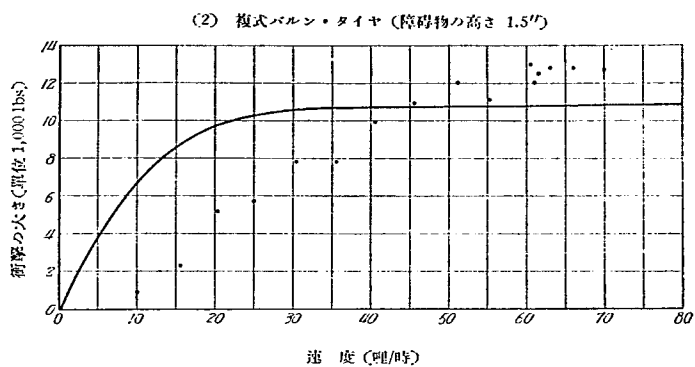
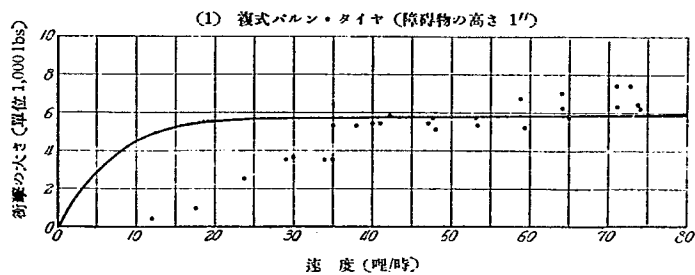


図-31(2) 正弦波 LM に対する F_{rm}/F_{ss} SS 前輪







第 32 圖
 矩形障害物による衝撃の大きさの計算値と實測値との比較
 實線 計算値 • 測定値
 全靜荷重 8,000 lbs.

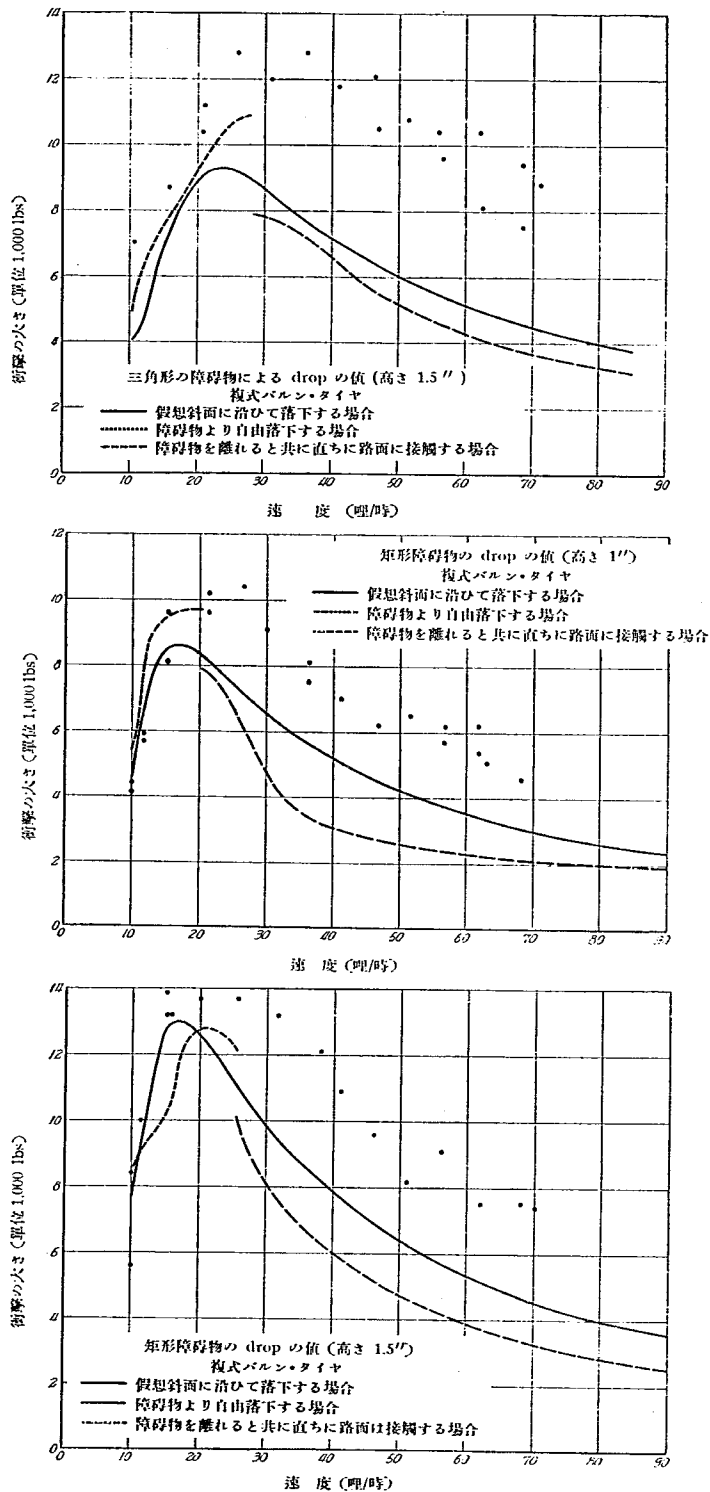
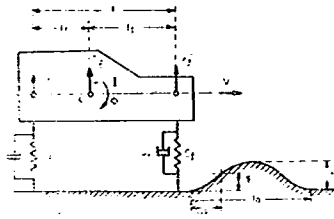
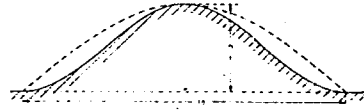


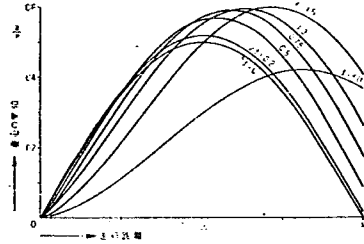
図-33 衝撃と速度



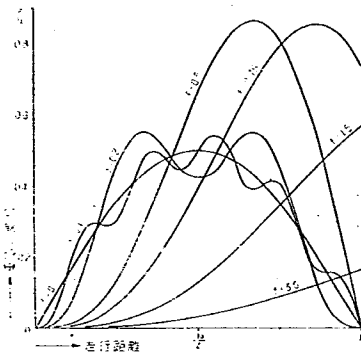
34(1) 図 図表のような振動系を持った自動車がある速度でこの単一隆起部を通過する場合



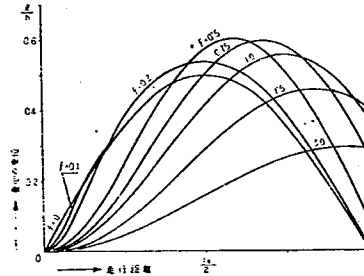
34(2) 図 路面の隆起部



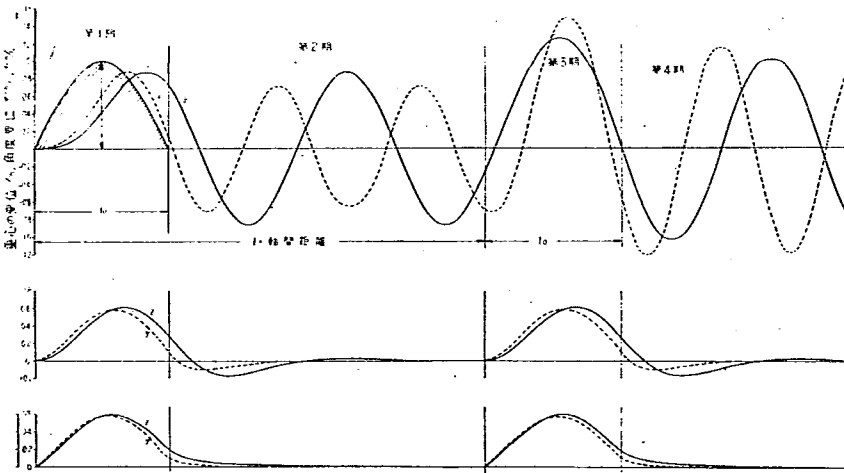
34(4) 図 限界吸振の場合 ($\zeta=1$)



34(3) 図 吸振作用のない場合 ($\zeta=0$)

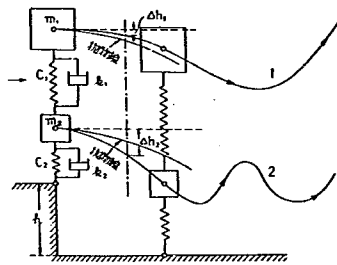


34(5) 図 吸振作用のある場合 ($\zeta=0.5$)

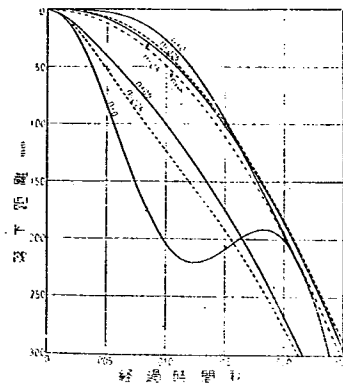


34(6) 図 34(5)図の場合を計算した結果のグラフ

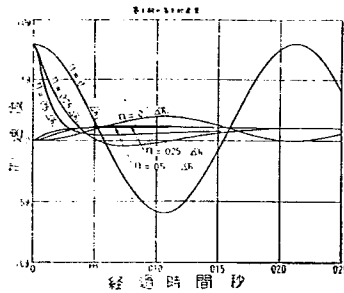
図-34 単一隆起部を通過するときの自動車振動



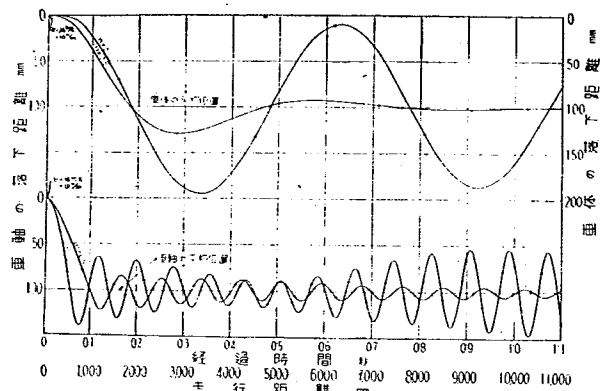
35(1) 図 車体の自由落下



35(2) 図 第1期自由落下



35(3) 図 第1期の落下加速度



35(4) 図 タイヤの弾力を考慮に入れた場合

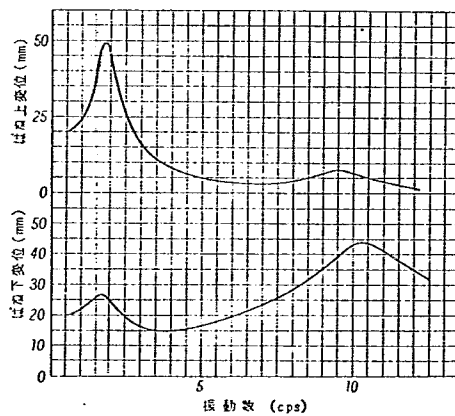
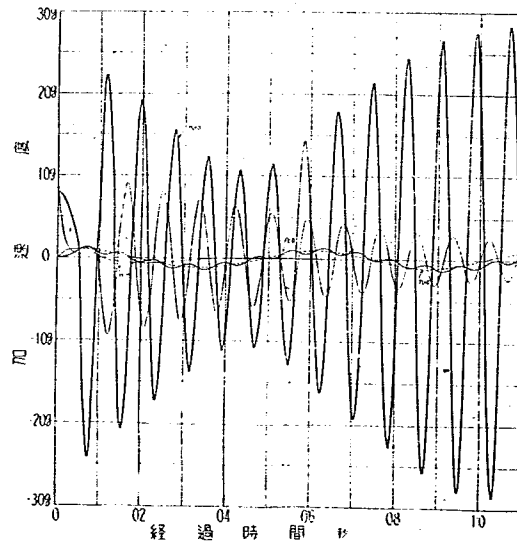
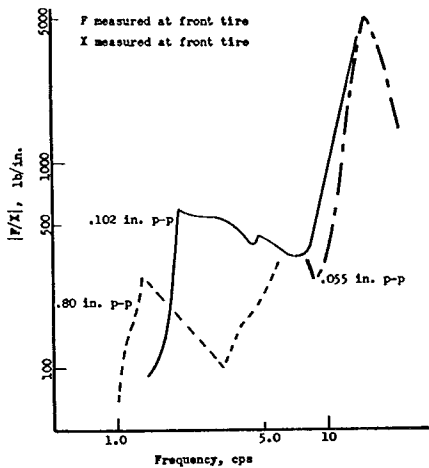


図-36 自動車の周波数特性列

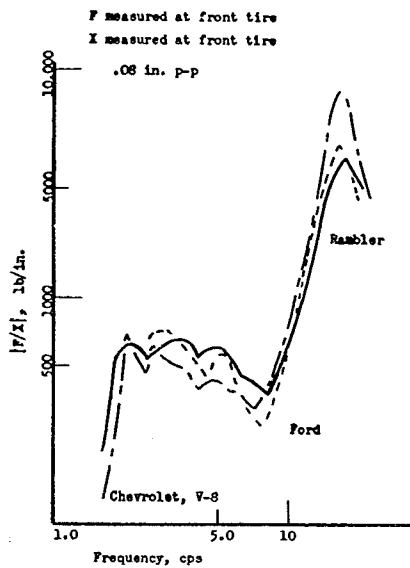


35(5) 図

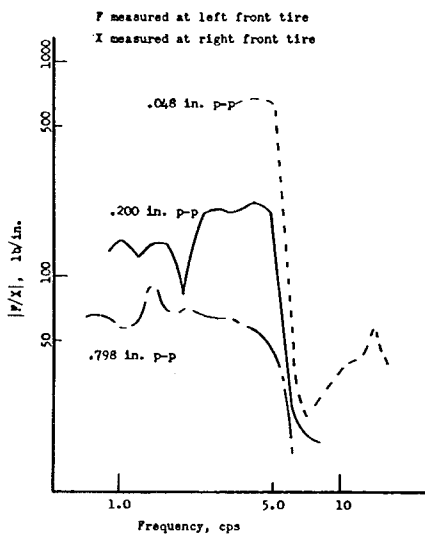
図-35 単一凹部を通過するときの自動車振動



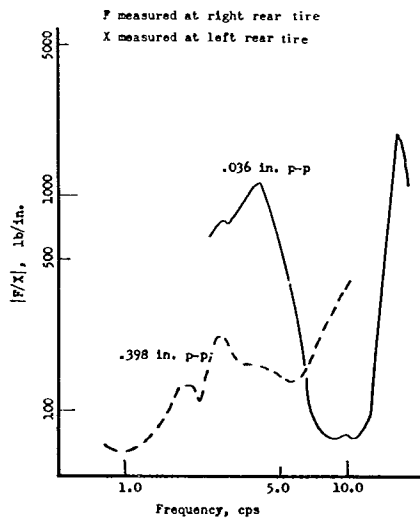
37(1) F/X ratio vs frequency—1955 6-cyl Chevrolet sedan.



37(2) F/X ratio vs frequency for three automobiles.

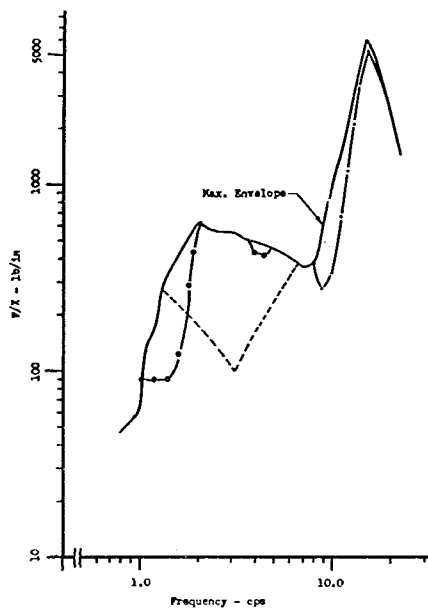


37(3) F/X ratio vs frequency—1955 6-cyl Chevrolet sedan.



37(4) F/X ratio vs frequency—1955 6-cyl Chevrolet sedan.

図-37 F/X の周波数特性



37(5) Maximum envelope for 1955 6-cyl Chevrolet sedan.

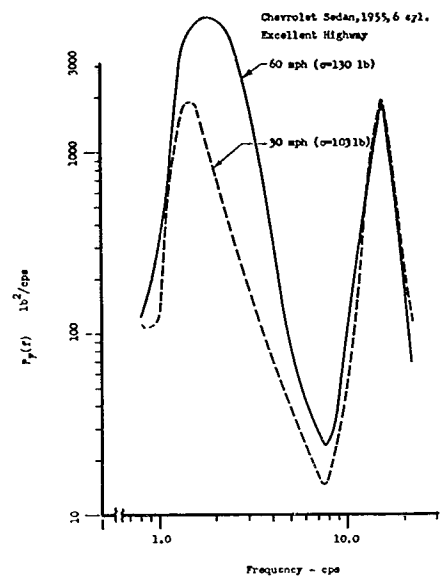


Figure 38 Dynamic force power spectra.

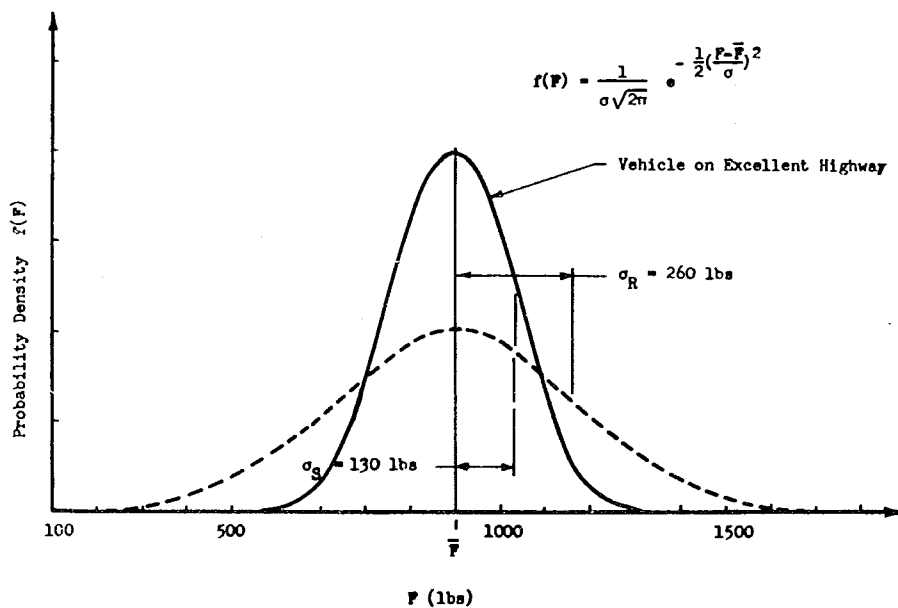


Figure 39 Probability density function for F .

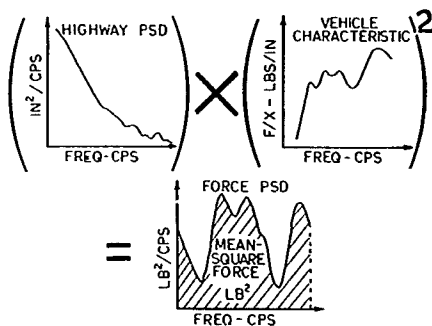


Figure 40 Procedure for computing dynamic force power spectrum.

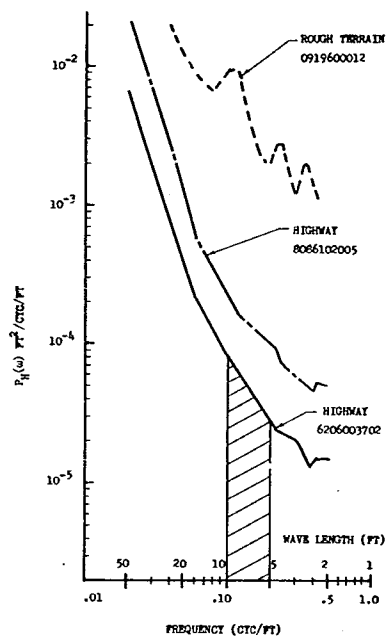


Figure 41(1) highway power spectra.

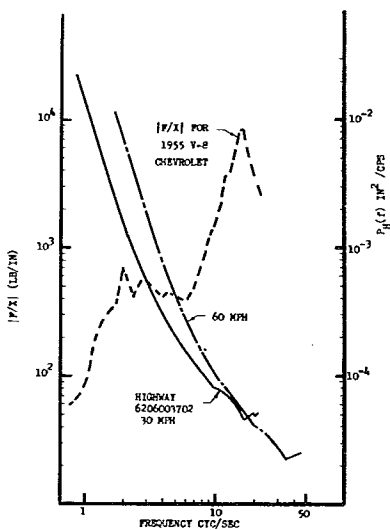


Figure 41(2) pavement and vehicle characteristics shown as a function of frequency.

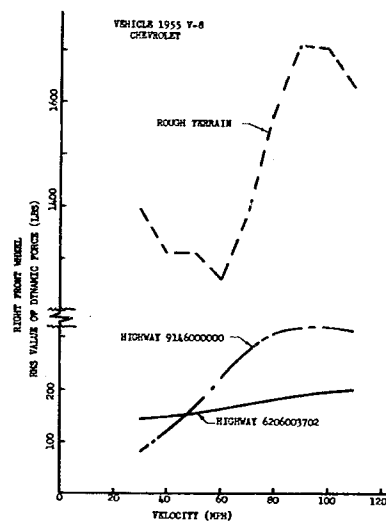
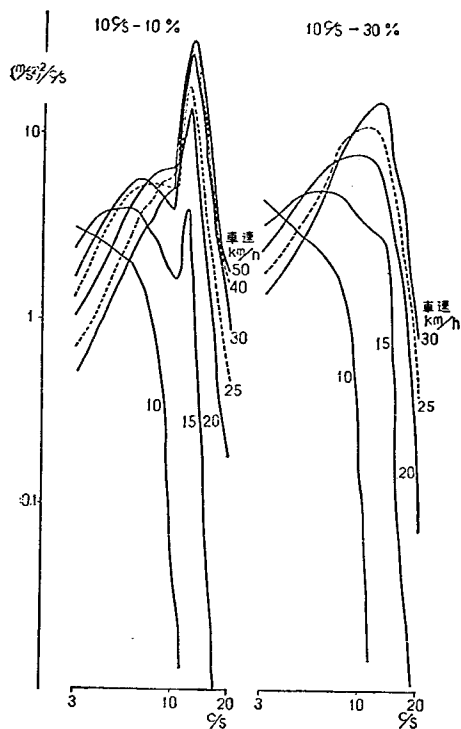
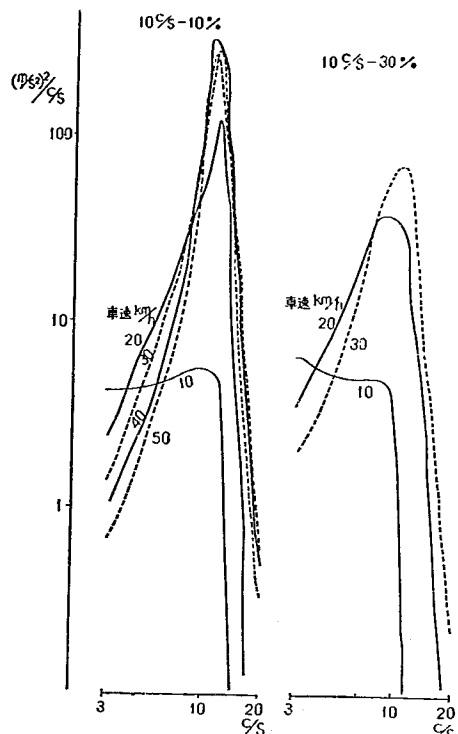


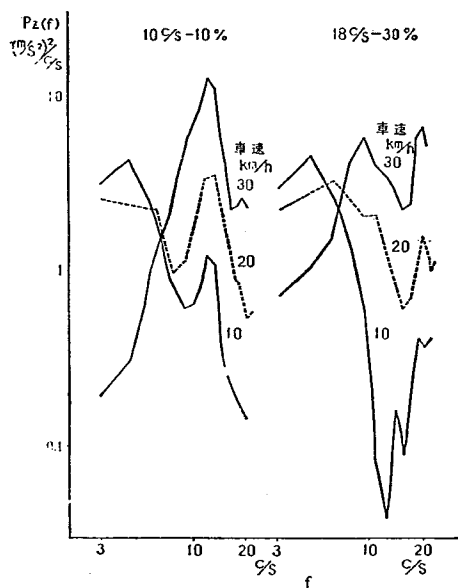
Figure 41(3) root-mean squared value of dynamic force vs vehicle velocity.



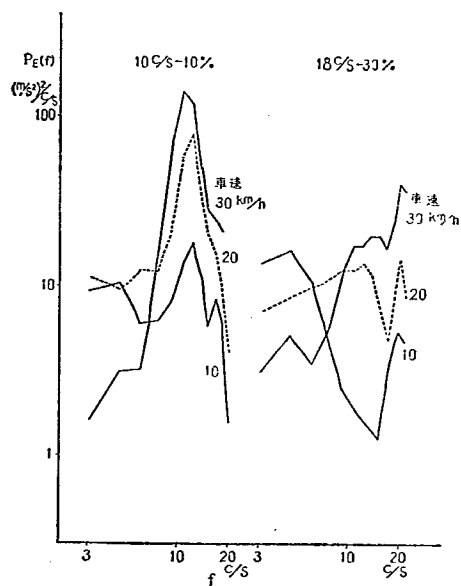
42(1) ベルギアン路におけるばね上振動パワースペクトル (計算値)



42(2) ベルギアン路におけるエンジン振動パワースペクトル (計算値)

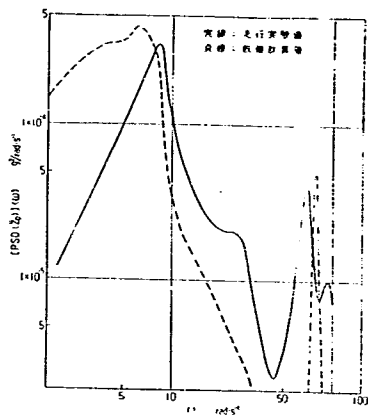


42(3) ベルギアン路走行時のばね上振動パワースペクトル (実験値)

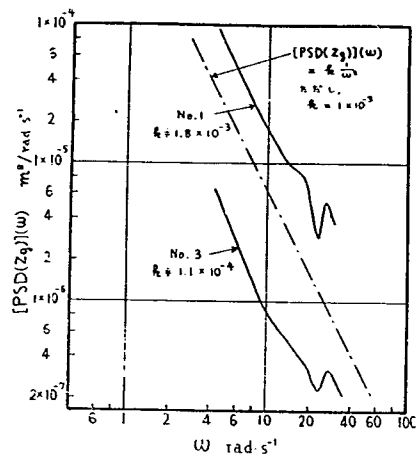


42(4) ベルギアン路におけるエンジン振動パワースペクトル (実験値)

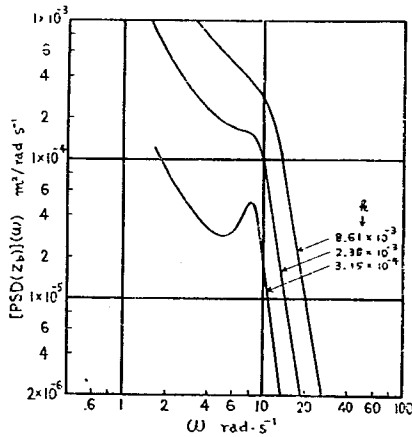
図-42 振動パワースペクトルの計算値と、実験値の比較



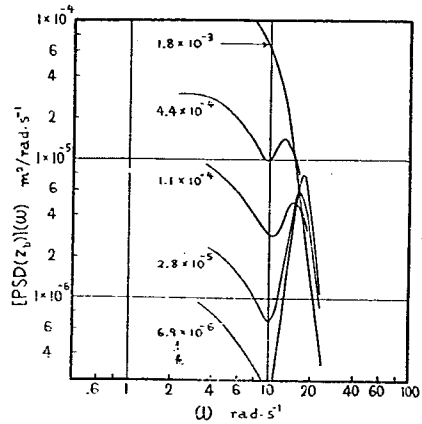
42(5) 走行中の重心上下加速度のパワースペクトル（自動車）



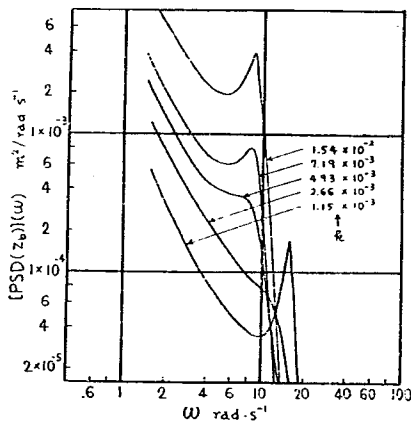
43(3) $[PSD(z_g)](\omega)$



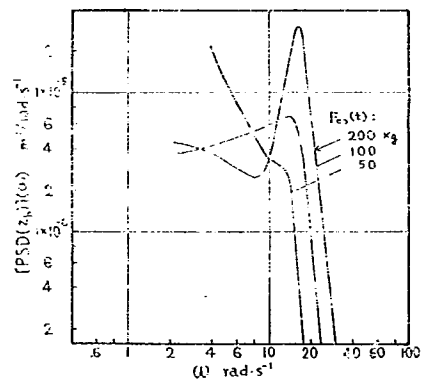
43(1) $k \sim Z_b(t)$ ($F_{00}(t)$ の影響)



43(4) $k \sim Z_b(t)$



43(2) $k \sim Z_b(t)$ ($F_{00}(t)$ の影響)



43(5) $F_{00}(t) \sim Z_b(t)$

図-43 緩衝器の非線型特性を考慮したときの応答のパワースペクトル

路面の凹凸と自動車荷重(1)

土研資料第744号
昭47.3(1972)

成田信之, 池村雅司

キーワード

路面の凹凸, テフネスメータ, 自動車荷重

要 旨

自動車荷重の発生源の一つである路面の凹凸について, これまでの測定結果の収集と, 自動車荷重の測定方法, 結果について文献調査をおこない, 今後の問題点についてまとめた。



郵便はがき

いは
十
円
切
手
を

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
構造研究室

御中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

