



ST. 11
ST. Section

土木研究所資料

No.800

路面の凹凸と自動車荷重(II)

昭和48年3月

建設省土木研究所

構造橋梁部

構造研究室

土木研究所資料

第八〇〇号

路面の凹凸と自動車荷重(II)

昭和四八年三月

建設省土木研究所

要旨

実交通による自動車荷重は、橋梁の実応答・疲労を考えるとときおよび、実応答から橋梁の伝達関数を求めようとする場合重要なものである。動的自動車荷重は、一般路面に対して、加振源となり、その実態を把握することは、路面の動的設計上重要な意味をもつ。

さらに、悪路、段差走行時の許容凹凸を乗り心地から求めるためには、その時の自動車の運動を求めておかなければならない。

動的な自動車荷重および自動車の振動は、走行中の自動車が強制振動されることにより発生し、その加振源は路面の凹凸 自動車エンジン、タイヤ等回転部のアンバランスマスが考えられる。他に道路曲線部通過時の自動車の運動による場合があるが、ここでは路面の凹凸のみを考えることとする。解析は、一般走行時には確率論的取り扱いが有力であるが、過渡応答が支配的な場合は確定論的扱いがよい。従って、当調査では、解析の基本を確定論的扱いにおき、必要に応じ確率論的扱いを取り入れる。

今年は、路面の凹凸測定のためGMR型プロファイルメータの試作と、3 mプロファイルメータによる応答計算をアナログ計算機、デジタル計算機によりおこなった。

路面凹凸測定の結果、3 mプロファイルメータはその周波数特性上路面の凹凸を忠実に表らわしているとはいいがたいということがわかった。

応答計算の結果、自動車の振動系がわかれば、自動車の応答を求めることができるようになった。従って、将来の課題として自動車の振動系のモデル化および自動車荷重の計算値と実測値の対応が上げられる。

目 次

1. 概 説	4
2. 路面の凹凸の実測	5
2-1 3 mプロフィールメータによる実測	5
2-2 GMR型ラフネスメータの試作	6
3. 単一車の自動車荷重	8
3-1 アナログ計算機による2自由度系のアナログシュミレーション	8
3-2 デジタル計算機による2自由度系のデジタルシュミレーション	10
4. 結 語	11

1. 概 説

従来路面の凹凸については、自動車の乗り心地、自動車の疲労設計、自動車の防振設計の面から自動車関係者による研究がなされ、道路関係者からは舗装路面の完工検査、維持・補修、舗装路の設計、乗り心地の面から研究されてきた。このことは自動車を強制振動させる加振源としての路面の凹凸の重要性を意味するものといえる。

これまでになされた研究を概観してみると、自動車関係者は、その目的上路面凹凸入力に対する出力スペクトルがわかればよいとしてきたので、入力としての路面凹凸もそのスペクトルを必要としてきた。このため、路面凹凸の測定は、伝達関数が既知の自動車の応答スペクトルから路面凹凸スペクトルを求めるという手法によることが多かった。一方、道路関係者は路面凹凸の波形に主眼を重いた方向で路面の凹凸測定をおこなってきた。ここで使用される測定機は一般にプロフィールメータまたはラフネスメータといわれるもので、変位測定の基準線設定用に多車輪を使用したものが多く(図1.1)、この基準線から路面までの距離を測定することにより路面の凹凸を測定する。図1.2には建設省で標準型と認めている3mプロフィールメータを示し、図1.3には日本道路公団で標準型としている8mプロフィールメータを示す。これら固定スパンのプロフィールメータはその構造上測定可能な路面波長は厳密には非常に短い。

走行車両の車速が、高速になった現在では少なくとも数mの波長の路面凹凸を測定しなければならなくなった。固定スパンのプロフィールメータで、これを測定しようとすればひじょうに大きなものが必要となり、不便である。

1960年までに開発されたプロフィールメータについてはHveemがまとめている。

しかしながら、これを少しでも回避するため実際には図1.2、1.3にみられるように車輪の配置などに工夫がこらされている。この欠点を緩和すべくGM社では1950年末から1960年初頭にかけて新しい型のプロフィールメータの開発をおこなった。図2にその一号機およびその周波数特性、図3にその2号機およびその周波数特性を示す。これにより路面の凹凸をかなり忠実に測定することができるようになった。この種のプロフィールメータは現在まで我国で製作されたことがなく、多車輪式のプロフィールメータに頼ってきた。多車輪式のプロフィールメータは、上述したような欠点を有するので、GMR型のプロフィールメータの試作をおこなうこととなった。これについては2-2で述べる。

路面凹凸入力がわかれば、これを自動車の振動系に入力することにより、自動車の運動を知ることができ、自動車が路面に及ぼす動的荷重(自動車荷重)を求めることができる。この結果は、舗装の動荷重、自動車一橋梁系を考えると、橋梁の動荷重、自動車一地盘系を考えると自動車交通による振動公害の入力として利用することができる。

2. 路面の凹凸の実測

2-1 3mプロフィルメータによる実測

2-1-1 3mプロフィルメータの周波数特性

3mプロフィルメータ出力の路面凹凸に対する忠実度については文献4のデータが参考になる。図4.1には10mスパンの多車輪式プロフィルメータ (U. OF M Profilometer) による記録と GMR Profilometer による記録の差異を示す。GMR Profilometerの記録を図5の系に入力した結果を U. OF M Profilometer の記録と比較したのが図4.2である。図4.2から両者の記録はひじょうによく近似する。従って、多車輪式プロフィルメータの記録は実路面凹凸を図5の系に通した結果となる。このため、図5の周波数特性を求めることにした。

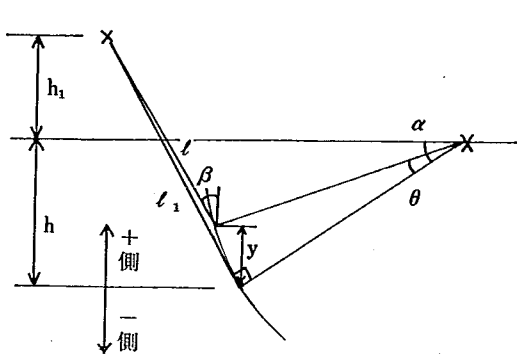
3mプロフィルメータの周波数特性を求めるため、本プロフィルメータのモデルを簡略化して図5のように考え、正弦波を入力したときの出力を求めると、図6ようになる。なお、使用機器の関係上、1.0Hz以上は実験することができなかった。これから、3mプロフィルメータについて次のような短所を上げることができる。

- ① 測定波長は、1.0m/c以下といえる。
- ② 実際の3mプロフィルメータでは車輪の配置が異なるので図6は異なるが、出力は図5の系を通したものとなる。

2-1-2 3mプロフィルメータによる路面凹凸測定データの補正

このような欠点をもつとはいえ、試作プロフィルメータの完成を見ていない時点では、路面凹凸測定は3mプロフィルメータまたは8mプロフィルメータに頼らざるを得ない。そこで、当所舗装研究室所有の3mプロフィルメータを利用することとし、出力を電気出力できるよう変位計を取り付けた。取り付けは、一般にスプリングを用いた方法がとられるが、ここに振動系が介在することをきらい直結させることとした。この場合、測定輪の円弧運動を変位計の支持でのがれる方法を取り、変位計の取り付け角も鉛直とはせず、出来るだけ変位計に無理がかからない角度として、測定輪アームと直角方向に取り付け、円弧運動・取り付け角の補正を折線近似関数発生器でおこなうようにした。写真-1に変位計の取り付け状況、写真-2に試走路実測状況を示す。写真-1に示すように測定車輪は円弧運動をする。また変位計は、傾斜しているので、これによる測定記録を正しい路面凹凸のデータに修正する必要がある。修正は以下のようにしておこなった。

+側に変位したとき（基準位置より上側）



$$y = 2 \ell_0 \sin \frac{\theta}{2} \cos \left(\alpha - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$\ell_1 - \ell = \ell_1 - \{ \ell_1 \cos \alpha - y \} \sec \beta$$

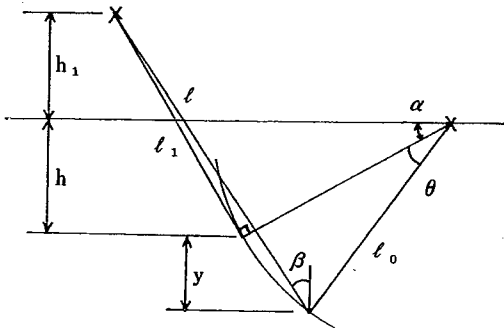
$$\alpha = \arcsin (h / \ell_0)$$

$$\ell_1 = (h + h_1) \sec \alpha$$

$$\tan \beta = \frac{\ell_1 \sin \alpha - y \tan \left(\alpha - \frac{\theta}{2} \right)}{\ell_1 \cos \alpha - y}$$

$$\sec^2 \beta = 1 + \tan^2 \beta$$

-側に変位したとき（基準位置より下側）



$$y = 2 \ell_0 \sin \frac{\theta}{2} \cos \left(\alpha + \frac{\theta}{2} \right)$$

$$\ell - \ell_1 = (y + \ell_1 \cos \alpha) \sec \beta - \ell_1$$

$$\alpha = \arcsin (h / \ell_0)$$

$$\ell_1 = (h + h_1) \sec \alpha$$

$$\tan \beta = \frac{y \tan \left(\alpha + \frac{\theta}{2} \right) + \ell_1 \sin \alpha}{y + \ell_1 \cos \alpha}$$

$$\sec^2 \beta = 1 + \tan^2 \beta$$

$\ell_0 = 30.4\text{cm}$ 、 $h = 20.0\text{cm}$ 、 $h_1 = 4.2\text{cm}$ として $\ell_1 - \ell$ 及び $\ell - \ell_1$ と y の比率をとって計算結果をグラフに表わすと図7のようになる。記録の修正にアナコンの折線近似関数発生器を使用するために入力に対する出力で表わすと図8のようになる。（実際に使用した関数を図9に示す。）なお、計算結果を付-1に示す。

一例として建設省土木研究所千葉支所試走路の測定結果を補正した結果の一部と、補正しないときの結果を図10に示す。この路面凹凸入力に対する応答については、3-1に述べる。

2-2 GMR型ラフネスメータの試作

2-1に述べたように固定スパンのプロフィルメータはその周波数特性上、その記録は路面凹凸波形を忠実に測定しているとはいえない。これを解決するためにはより周波数特性の広い機器が必要である。このため現在のところ最善と考えられるGMR型プロフィルメータをモデルにラフネスメータの試作をおこなった。GMR型プロフィルメータの原理を図11.1に、全体のブロック図を図11.2に示す。

これをかんたんに説明すると、高周波部を相対変位計で測定し、低周波部を加速度計の加速度2重積分後の変位で測定するという構成となっている。

本試作上の最大の問題は、2重積分器にある。測定可能路面波長を車速10m/sのとき50m/c ~ 0.5m/c としたので、2重積分器の周波数範囲は0.2Hz~20Hzとなり、不完全積分の折点周波数はこの10分の1、0.02Hz附近とした。アナログ計算の総合特性を図12に示す。写真-3にアナログ計算部を示す。

GM社のGMRプロフィールメータでは機械系の周波数特性を知ったうえで開発されたが、今回は開発時間の関係上これをおこなっていない。

ピックアップは、図11.3のシステム図上床面と路面の相対変位を検出する相対変位計と床面の絶対変位を測定するためのサーボ型加速度計からなる。

測定用車輪はその非真円度による誤差を小さくし、さらにこの誤差が高周波数域に出るように径を小さくした。測定用車輪が路面から飛び上がらないようにしなければならないが、これは、トーションバーで加圧することによっている。これを図13に示す。写真-4にピックアップの取り付け概要、写真-5にマイクロバスへの取り付け、アナログ計算部を含めた室内配置を写真-6に示す。写真-7に測定用車輪支持装置を示す。

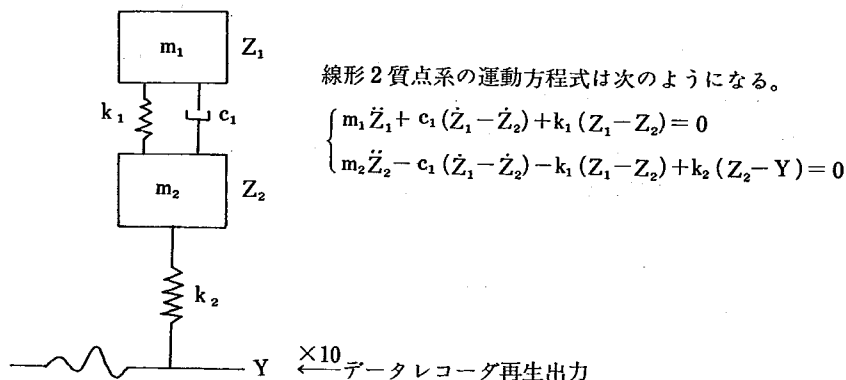
車速の測定は、スピードメータケーブルに來ているフレキシブルケーブルをスピードメータ入口で分岐させ、1端は1:1でスピードメータへ、他端は1:1.52で減速して600P/Rの回転トランスデューサを通り、ユニバーサルカウンタで回転数を測定することによる。スピードメータケーブルは、JISで60km/hのとき637rpmの回転をおこなうので1:1.52で減速後600P/Rのトランスデューサを通った結果10m/sの車速では2.48KHzとなる。

3. 単一車の自動車荷重

プロフィールメータにより求められた路面凹凸記録を自動車の振動系に入力することにより、自動車の運動を知り、自動車から路面へ伝達される荷重（自動車荷重）を求めることができる。一般に、路面走行時の自動車の振動は、図14のような流れ図で表わすことができる。そして、自動車の振動系は図15のように表わされる。さしあたりローリングについては無視すると上下振動系の図16となる。さらにこの振動系は4質点4自由度系に書きかえられ、文献6)によれば連成は一般に小さいからこれを無視すると2自由度系に書きかえられる。この2自由度系に路面凹凸を入力したときの応答、特に自動車荷重について、従来おこなわれてきたアナコンによる演算および最近各所で利用されているデジタル計算機による演算をおこなわせ、その長短所の比較検討をおこなった。

3-1 アナログ計算機による2自由度系のアナログシュミレーション

使用したアナログ計算機、周辺機器および実験状況を写真-8、9、10に示す。当システムの特徴はデータレコード入出力部を持ち、データ処理装置と組み合わせればオフラインのハイブリッド計算機として使用できることである。



$$\begin{cases} m_1 \ddot{Z}_1 = -c_1 (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) - k_1 (Z_1 - Z_2) \\ m_2 \ddot{Z}_2 = c_1 (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) + k_1 (Z_1 - Z_2) - k_2 (Z_2 - Y) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \ddot{Z}_1 = -\frac{c_1}{m_1} (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) - \frac{k_1}{m_1} (Z_1 - Z_2) \\ \ddot{Z}_2 = \frac{c_1}{m_2} (\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) + \frac{k_1}{m_2} (Z_1 - Z_2) - \frac{k_2}{m_2} (Z_2 - Y) \end{cases}$$

このままでは各係数の値が著しく異ってアナログ計算機で演算させるのは不便で、S/N比の点から不正確となるから、時間換算係数 (time scale factor) を a, 換算係数 (scale factor) を 1/b とすると

$at = \tau$ (t : 実時間、 τ : アナログ計算機での時間)

$$\frac{d}{dt} = \frac{d}{d\tau} \cdot \frac{d\tau}{dt} = a \frac{d}{d\tau} \quad \frac{d^2}{dt^2} = a^2 \frac{d^2}{d\tau^2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{1}{b} Z_1 = z_1 \quad \frac{1}{b} Z_2 = z_2 \quad \frac{1}{b} Y = y$$

$$Z_1 = bz_1 \quad Z_2 = bz_2 \quad Y = by \quad \dots\dots\dots(2)$$

(1)、(2)を上式に代入すると

$$\begin{cases} a^2 b \ddot{z}_1 = -a b \frac{c_1}{m_1} (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - b \frac{k_1}{m_1} (z_1 - z_2) \\ a^2 b \ddot{z}_2 = a b \frac{c_1}{m_2} (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + b \frac{k_1}{m_2} (z_1 - z_2) - b \frac{k_2}{m_2} (z_2 - y) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -\frac{c_1}{am_1} (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - \frac{k_1}{a^2 m_1} (z_1 - z_2) \\ \ddot{z}_2 = \frac{c_1}{am_2} (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + \frac{k_1}{a^2 m_2} (z_1 - z_2) - \frac{k_2}{a^2 m_2} (z_2 - y) \end{cases}$$

今、一例として、 m_1 、 m_2 、 k_1 、 k_2 、 c_1 が次の値の場合を取り上げる。

$$m_1 = 72.05 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2, \quad m_2 = 14.44 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2, \quad k_1 = 16.2 \times 10^3 \text{ kg/m}, \quad k_2 = 75 \times 10^3 \text{ kg/m},$$

$$c_1 = 340 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -\frac{4.719}{a} (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - \frac{224.844}{a^2} (z_1 - z_2) \\ \ddot{z}_2 = \frac{23.546}{a} (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + \frac{1121.884}{a^2} (z_1 - z_2) - \frac{5193.906}{a^2} (z_2 - y) \end{cases}$$

$$a = 40 \quad b = \frac{1}{10 \text{ fcal}} \text{ ととる。}$$

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -0.118 (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - 0.141 (z_1 - z_2) \\ \ddot{z}_2 = 0.589 (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + 0.701 (z_1 - z_2) - 3.246 (z_2 - y) \end{cases}$$

$$a = 30, \quad b = \frac{1}{10 \text{ fcal}} \text{ ととる。}$$

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -0.157 (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - 0.250 (z_1 - z_2) \\ \ddot{z}_2 = 0.785 (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + 1.247 (z_1 - z_2) - 5.771 (z_2 - y) \end{cases}$$

これらのブロック線図は、それぞれ図 17.1、17.2 のようになる。

この例の周波数特性を求めると図 18 のようになる。この結果を検討するためデジタル計算機により演算をおこない、その結果を同図上実線で示した。この結果、アナコンによる結果は数% 以内の誤差で演算できることが分かった。図 18.3 から分かるように車速が高くなるにつれて、長波長の路面凹凸の重要性がますますわかっていく。

次に、同所試験走路、国道2号線の実測路面凹凸を入力し、車速30、40、60、80、120km/hのときの応答計算および自動車荷重を求めた、その結果を図19に示す。

従来路面走行時の自動車の運動等を求める場合、入力としてひじょうによく用いられてきた台形波、haver sine、矩形波および構造物取り付け部の段差について演算をおこなった。これをスペクトル解析し、R. N. Janewayの乗り心地曲線から乗り心地を計算する予定である。演算結果の一例を図20に示す。なお、波形を電気信号に変換するために、電中研の協力をえた。

3-2 デジタル計算機による2自由度系のデジタルシュミレーション

従来アナログ計算機でおこなわれていた振動系のシュミレーションをIBMのプログラムCSMP (Continuous System Modeling Program)を使用することにより、デジタル計算機でおこなうことができるようになり、各方面特に自動車関係者の間で大いに利用されているが、この有用性を調べるため、3-1で述べたうち国道2号線の路面凹凸についてデジタルシュミレーションをおこなった。このため、国道2号線の路面凹凸記録をデジタルデータに変換後、これを入力として、車速40、60、80km/hについて計算をおこなった。この結果をプロッター出力させたものが図21である。

両者の結果はひじょうによい近似を示し、デジタルシュミレーションの有用性が確認できた。図22において、自動車荷重の比較(車速80km/h)を示すがアナコン、ディジコンによる結果はひじょうによい近似を示している。

両者の比較をおこなうと

1. アナログ計算機の長所

- (1) 非線形要素を手軽に組み入れることができる。
- (2) 途中結果、最終結果がアナログ量であるので、これから他へ変換させること、スペクトルなどを求めるのにreal time 機器を使用することがかんたんにできる。
- (3) 繰り返し演算させるのにmanpower が少なく手軽である。

2. デジタル計算機の長所

- (1) 多質点系であっても何ら変更を必要としない。
- (2) ダイナミックレンジが広いので、time scale factor, scale factor による縮尺を必要としない。

アナログ計算機の長所は、デジタル計算機の短所であり、互に相反する性格をもっている。従って、将来の方向としては、その処理能力に柔軟性をもつデジタル計算機が有力であり、単能機としてはアナログ計算機が手軽であることが確認された。デジタル計算機の短所を補うためには、さしあたりデータ通信線を当所のデータ処理装置に結合することで解決されよう。

4. 結 語

走行車両による構造物への入力を知るため、走行時の自動車荷重について自動車を線形2自由度系に分解して路面凹凸入力に対する出力（自動車の応答）を求めた。最近の走行車両の高速化により、従来のプロフィールメータのように短波長の路面凹凸しか測定できない測定機では不十分であり、長波長の路面凹凸まで測定可能なラフネスメータの試作をおこなった。

応答計算に用いたデータは、乗用車に匹敵するものであり不適當ではあったが、他車種特に重量車について次年度に計算をおこなう予定である。

将来の問題点としては、自動車の振動系のモデル化にあり、特に非線形要素のとり入れ方にあると思われる。さらに、自動車荷重の計算値と実測値の対応をおこなっておかなければならない。これらは次年度におこなう予定である。

あとがき

当調査において、段差波形の電気信号化には、電中研の協力を、3 mプロフィールメータによる試走路、国道2号線の実測およびデジタルシュミレーションには当研究室近江幸雄君、アナログ計算機による演算には水口辰夫君に作業をおこなってもらった。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 兼重一郎：パワースペクトル解析の自動車への応用、いすゞ技報No. 33. ('60)
- 2) Hveem, F. N : Devices for recording and evaluating pavement roughness, Highway Research Board Bull. 250, P.20-39 ('60)
- 3) Spangler, E. B. and Kelly, W. J. : Servo-seismic method of measuring road profile, Highway Research Board Bull. 328, P.33-51 ('62)
- 4) Spangler, E. B. and Kelly, W. J. : GMR road profilometer-A method for measuring road profile,
- 5) Whittemore, A. P., Wiley, J. R., Schultz P. C. and Pollock, D. E. : Dynamic pavement loads of heavy highway vehicles, Highway Research Board, National cooperative highway research program Rep. 105, 1970
- 6) 平尾収, 近藤政市, 亘理厚, 山本峰雄：理論自動車工学, 山海堂, 1958.

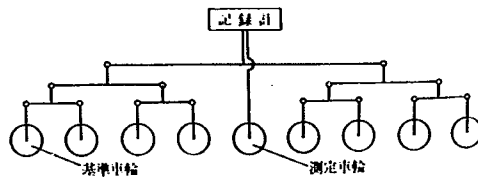


図 1.1 多車輪式プロフィールメータ

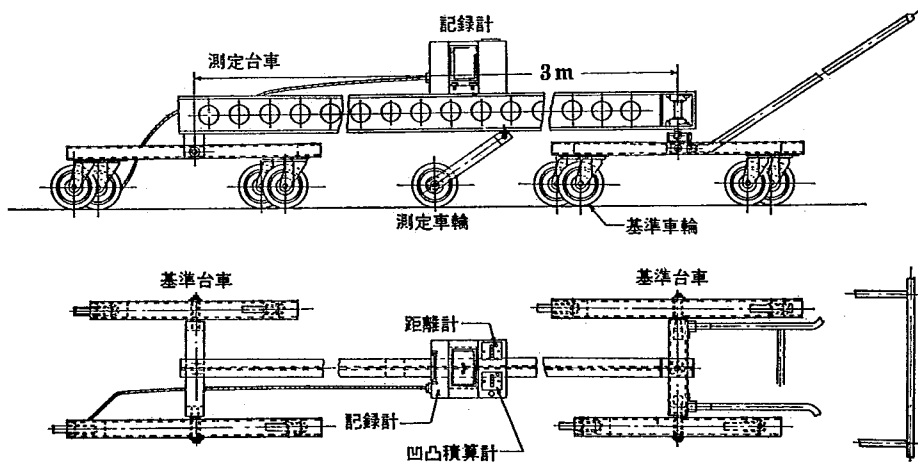


図1.2 3 mプロフィールメータ

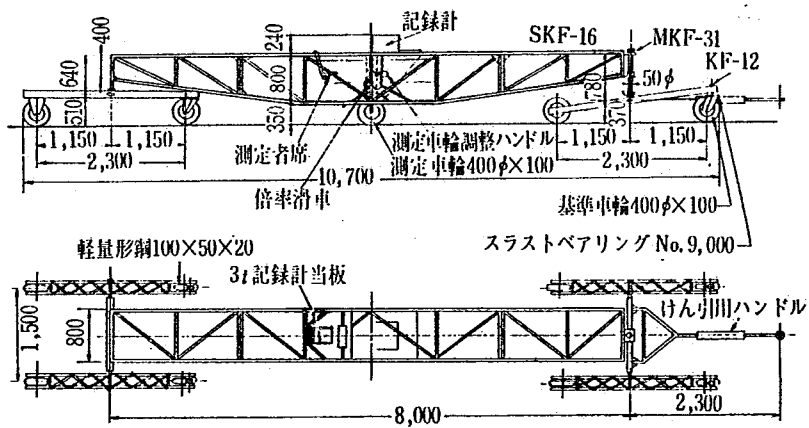


図 1.3 8 mプロフィールメータ

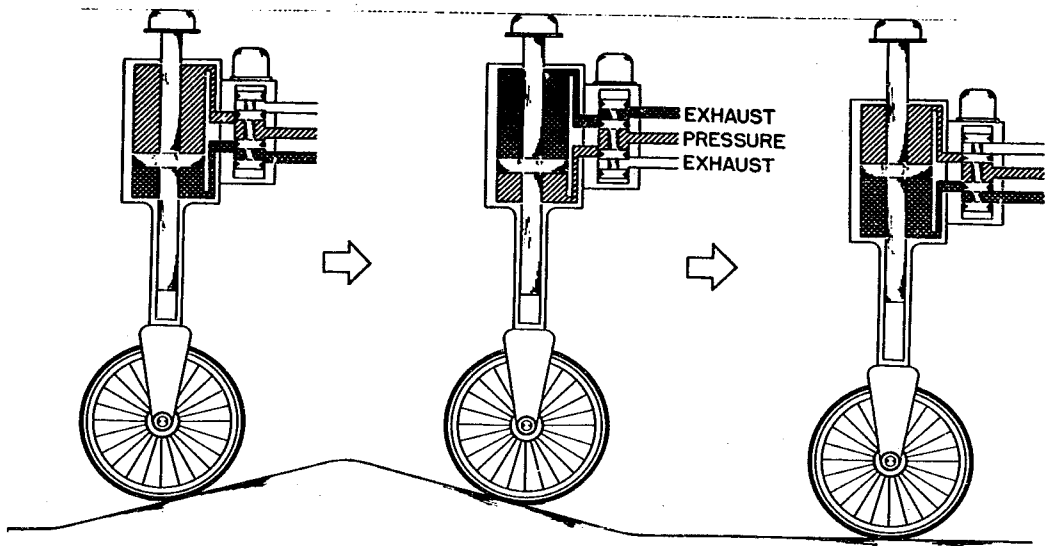


図2.1 サーボ型プロフィールメータ（突起乗り越え時）

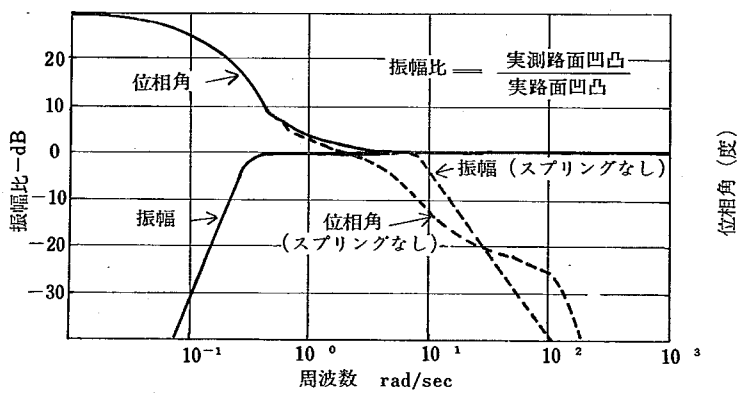


図2.2 サーボ型プロフィールメータの周波数、位相特性

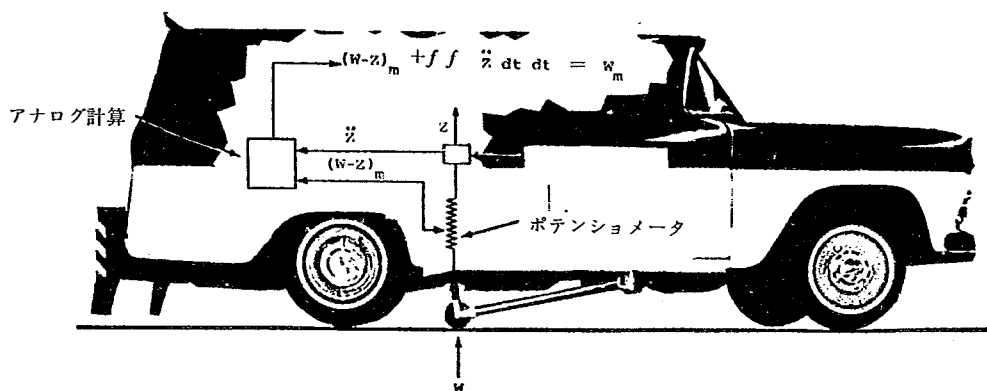


図3.1 GMR型プロフィールメータ

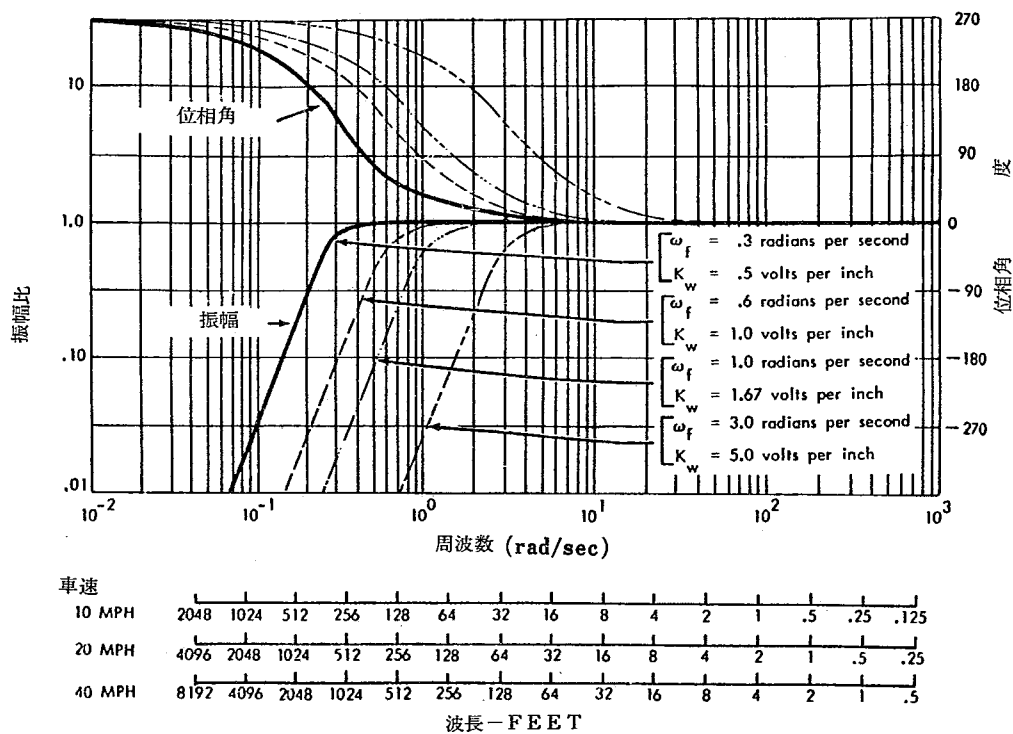


図3.2 GMRプロフィールメータの周波数、位相特性

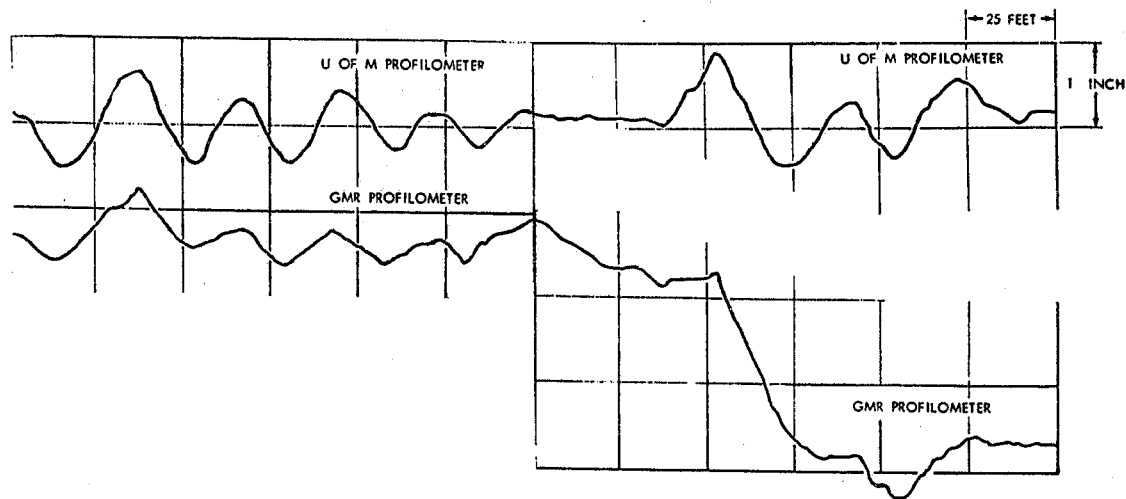


図4.1 U.M. プロフィールメータとGMRプロフィールメータの比較

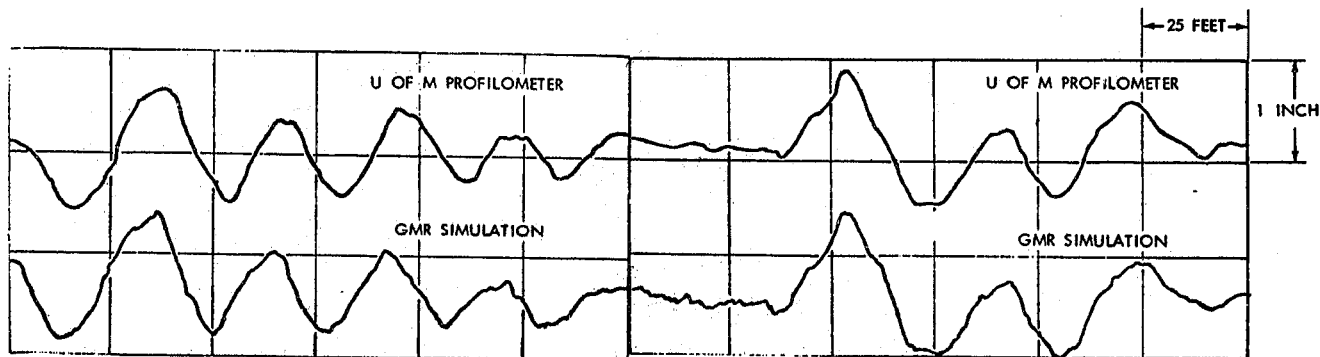


図4.2 GMRプロフィールメータを修正した後の比較

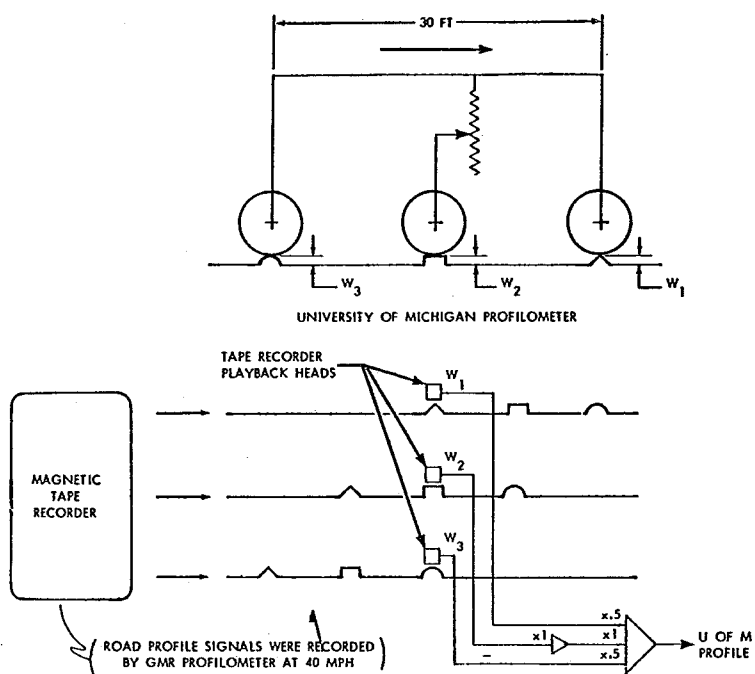


図5 U. M. プロフィールメータのシュミレーション

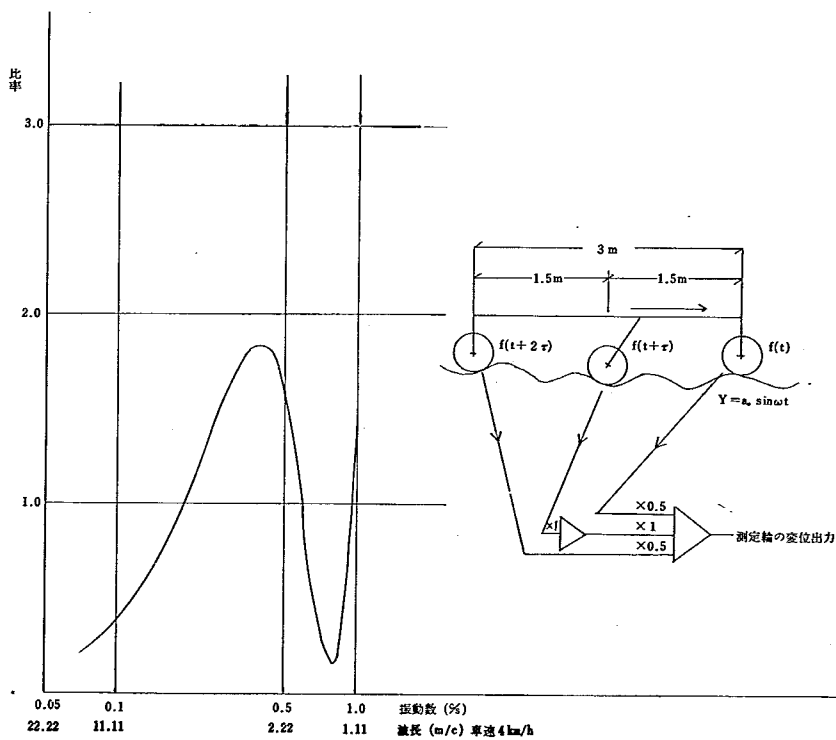


図6 3mプロフィールメータの周波数特性

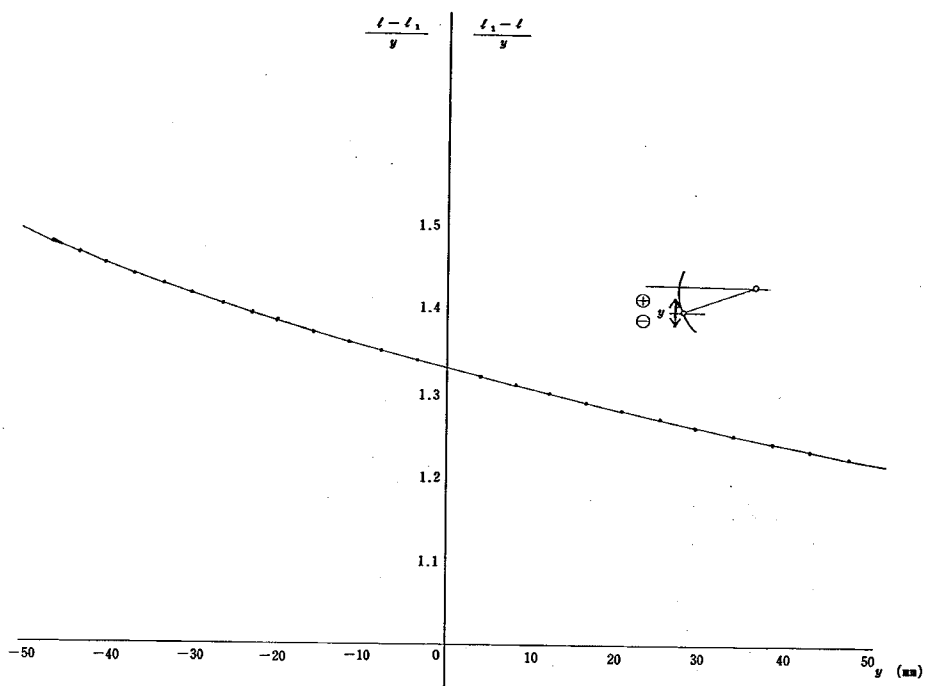


図7 3mプロフィールメータの補正曲線 (計算結果)

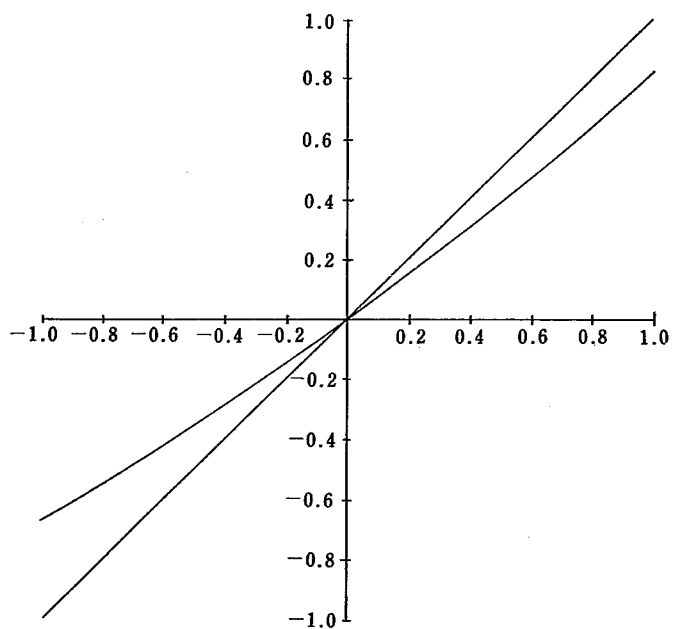


図8 折線近似関数の設定図 (計算値)

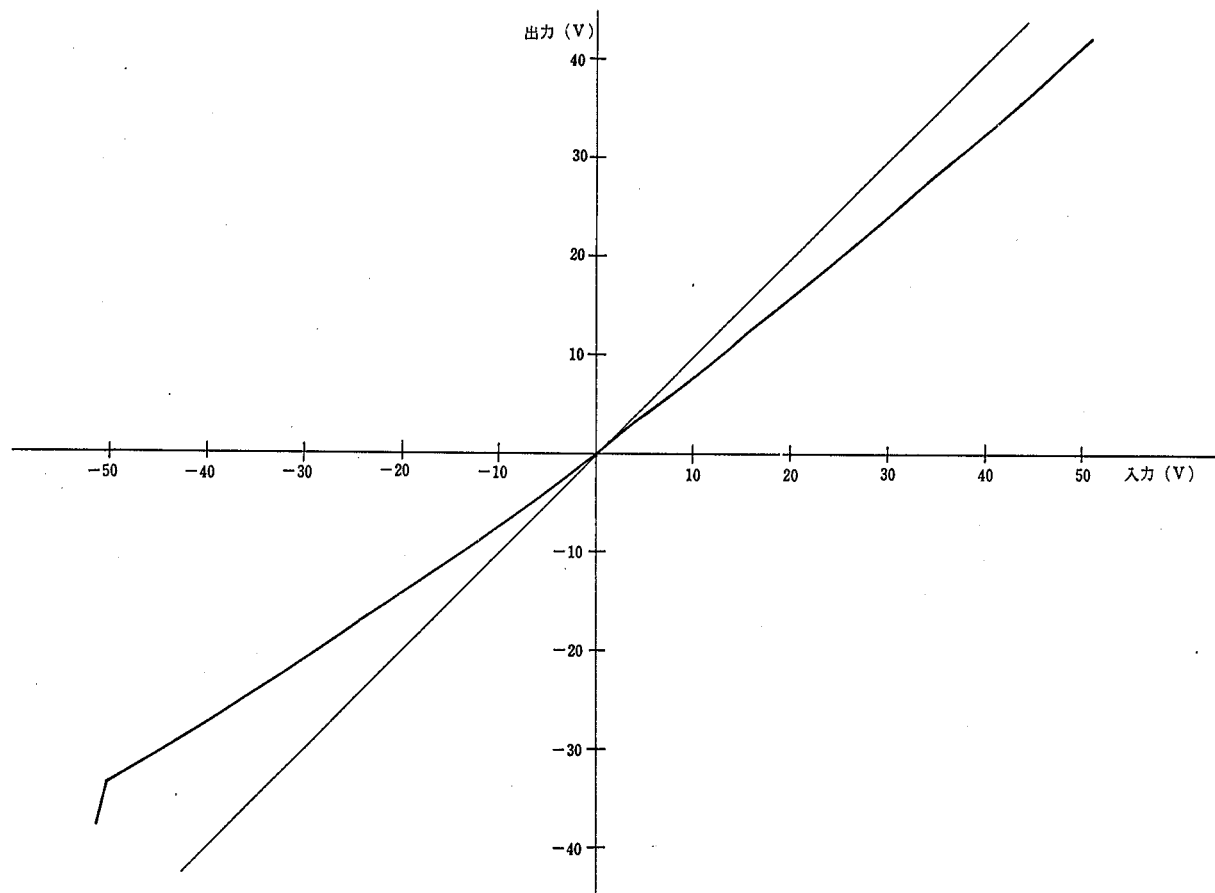
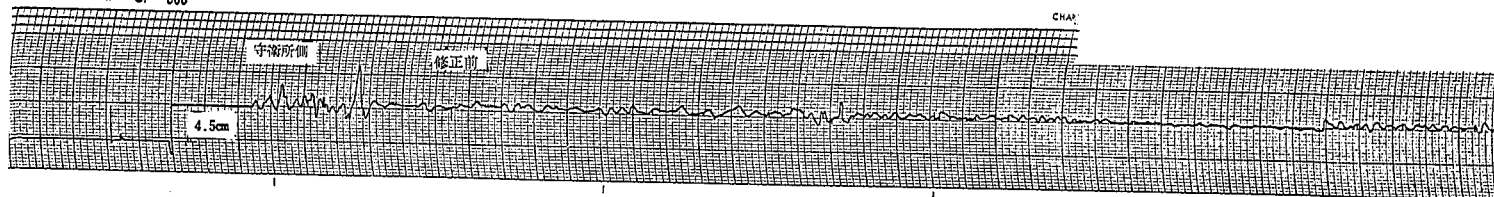


図9 折線近似関数の設定値 (アナコン)

CHART No. OP-306

CHART



OP-306

CHART No. OP-306

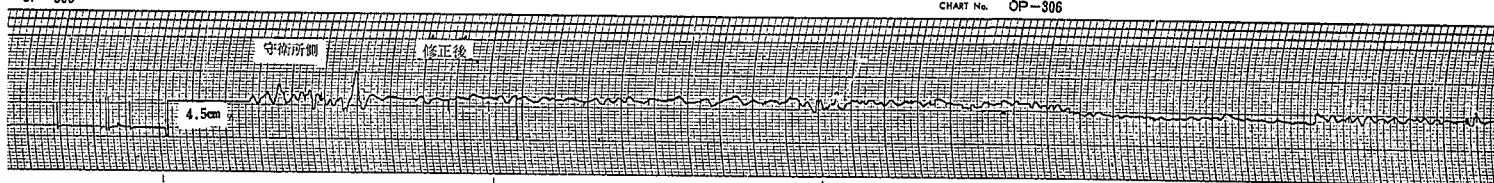


図10 3mプロフィールメータのデータの補正

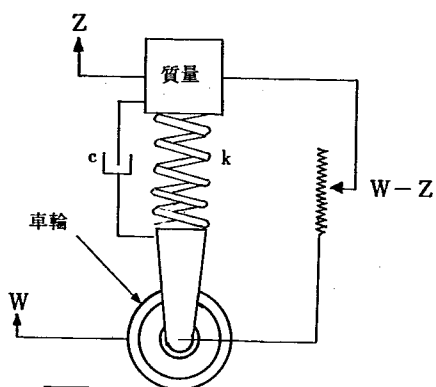


図11.1 GMR型プロフィールメータの原理図

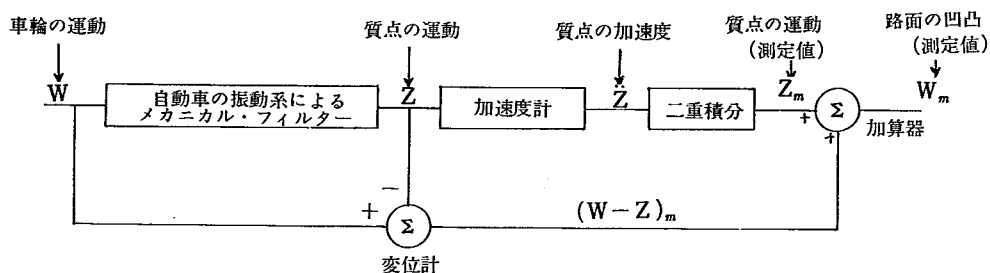


図11.2 GMR型プロフィールメータのブロック図

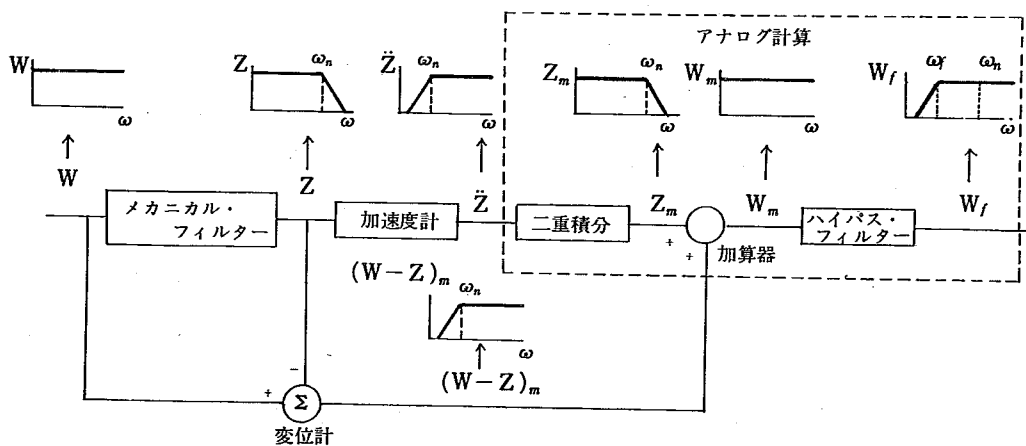


図11.3 GMR型プロフィールメータのシステム図

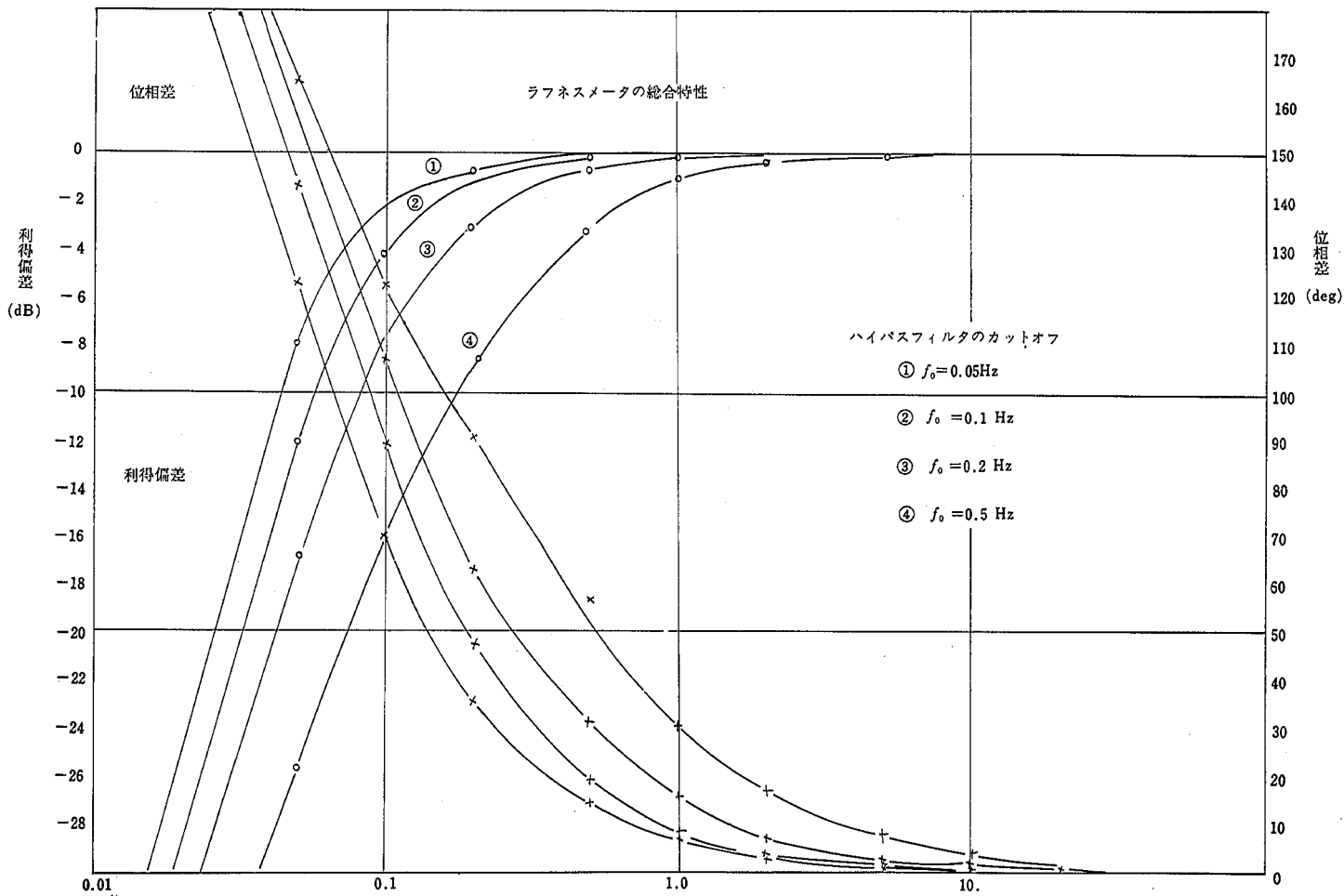
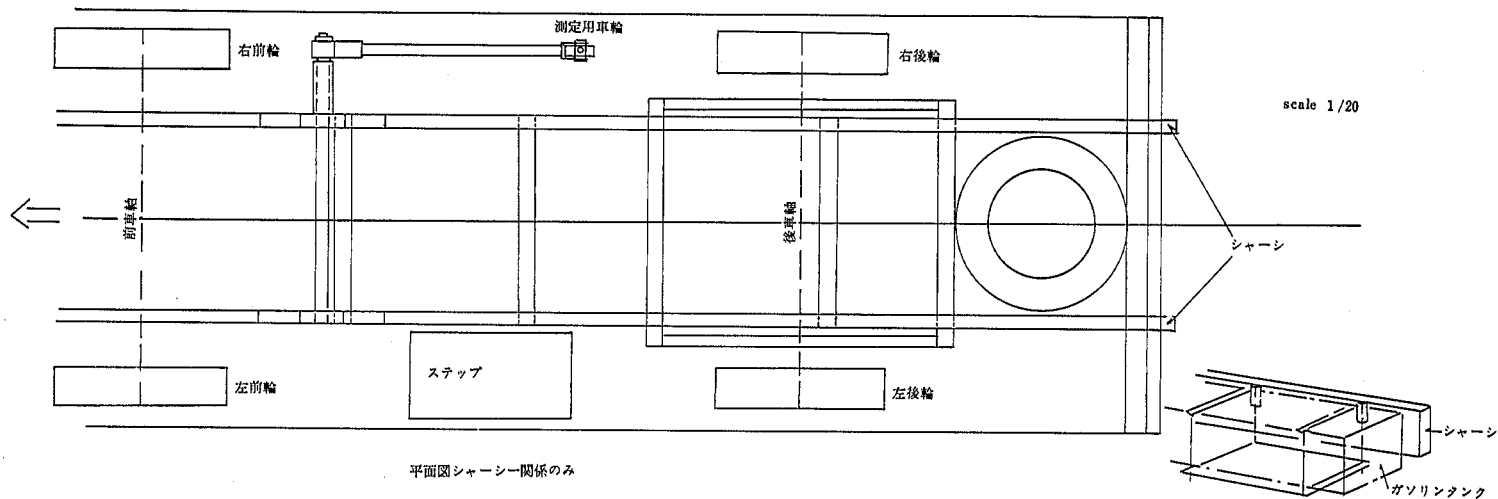
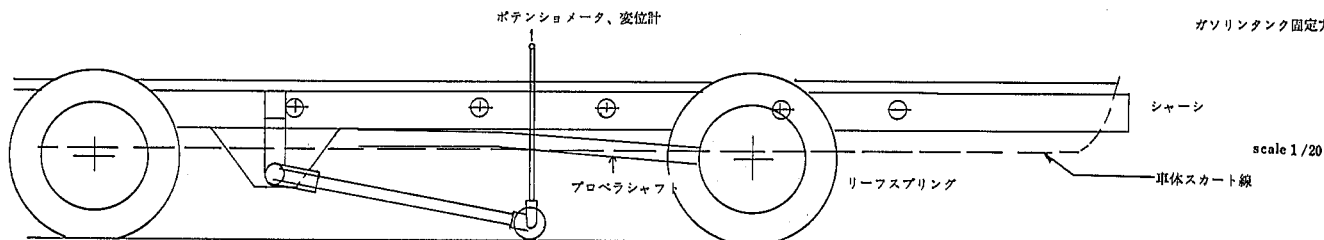


図12 アナログ計算の総合特性



平面図シャーシ関係のみ



側面図床下部のみ

東洋工業ライトバスA型

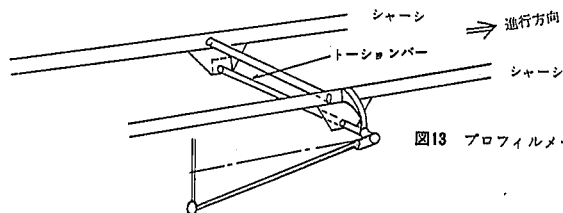


図13 プロフィールメータ取り付け図

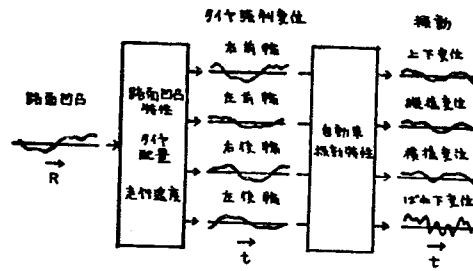


図14 路面走行時の自動車の振動

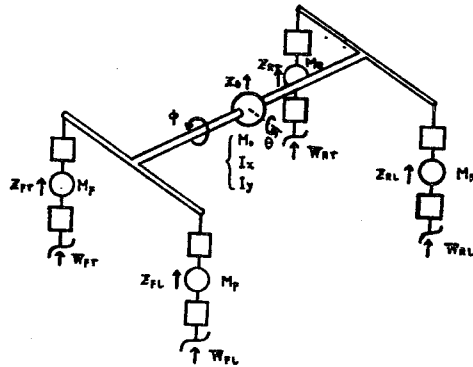


図15 自動車の振動系

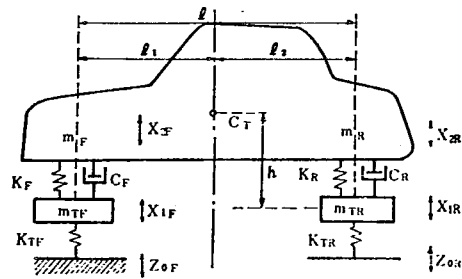


図16 四輪車の上下振動系

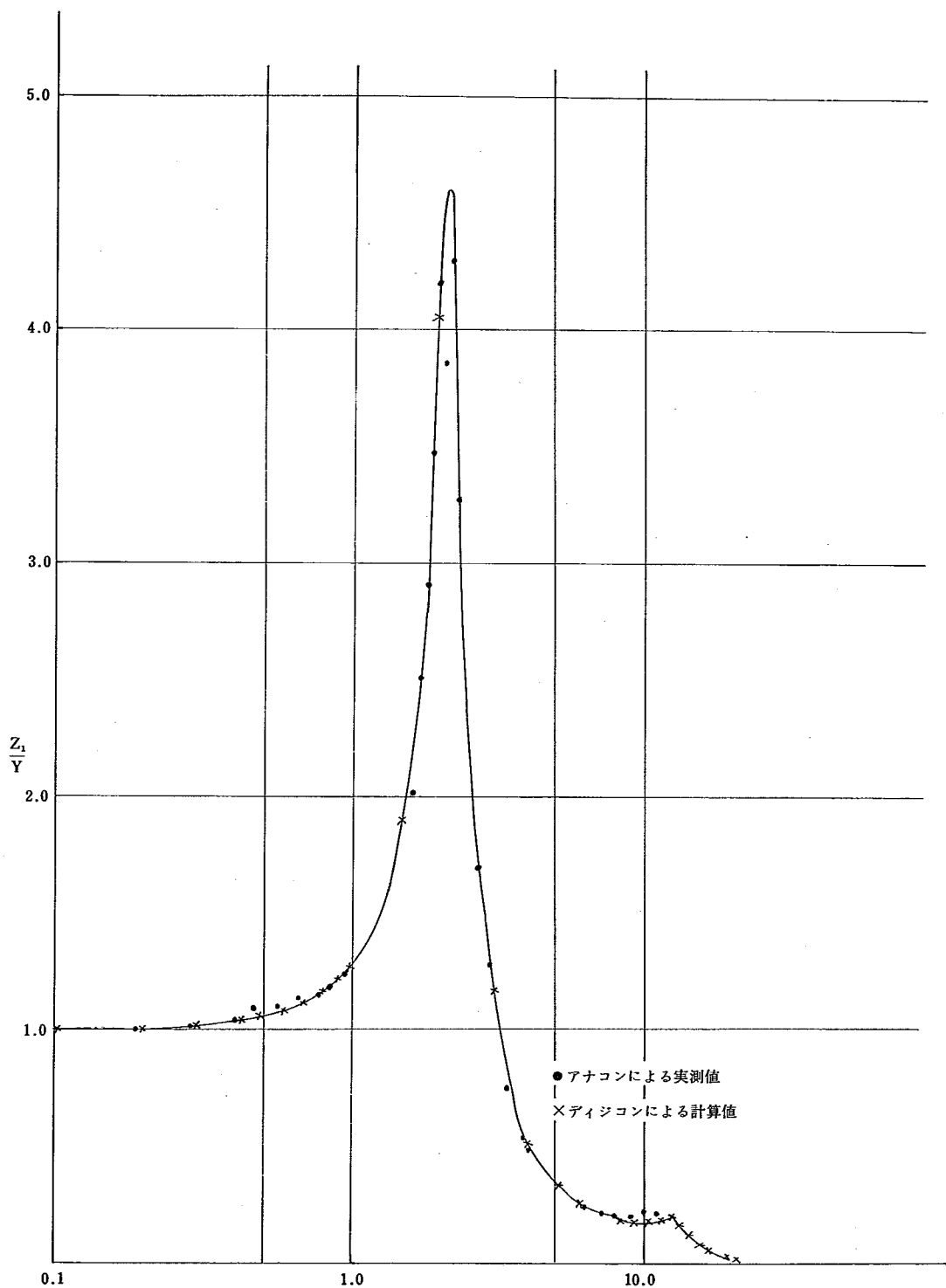


図18.1 2自由度系のバネ上変位 (Z_1) の周波数特性

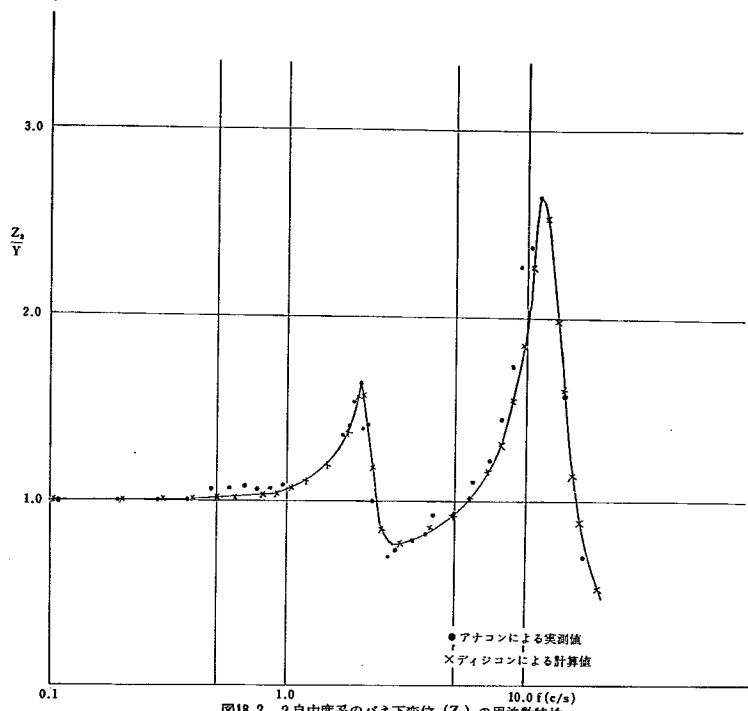


図18.2 2自由度系のバネ下変位 (Z_2) の周波数特性

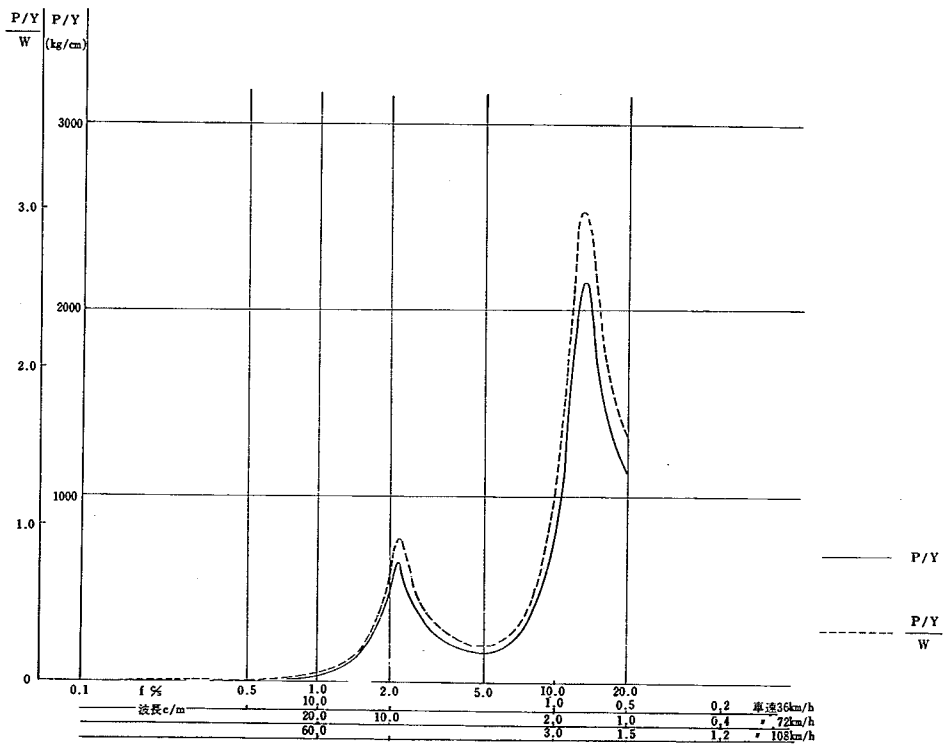
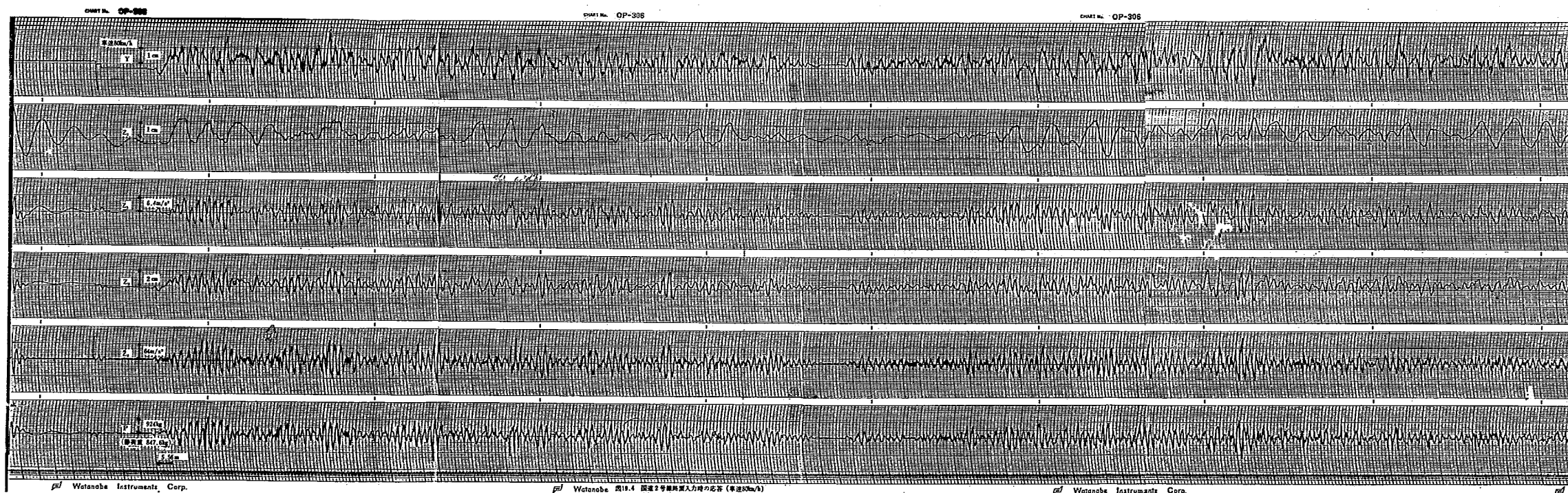
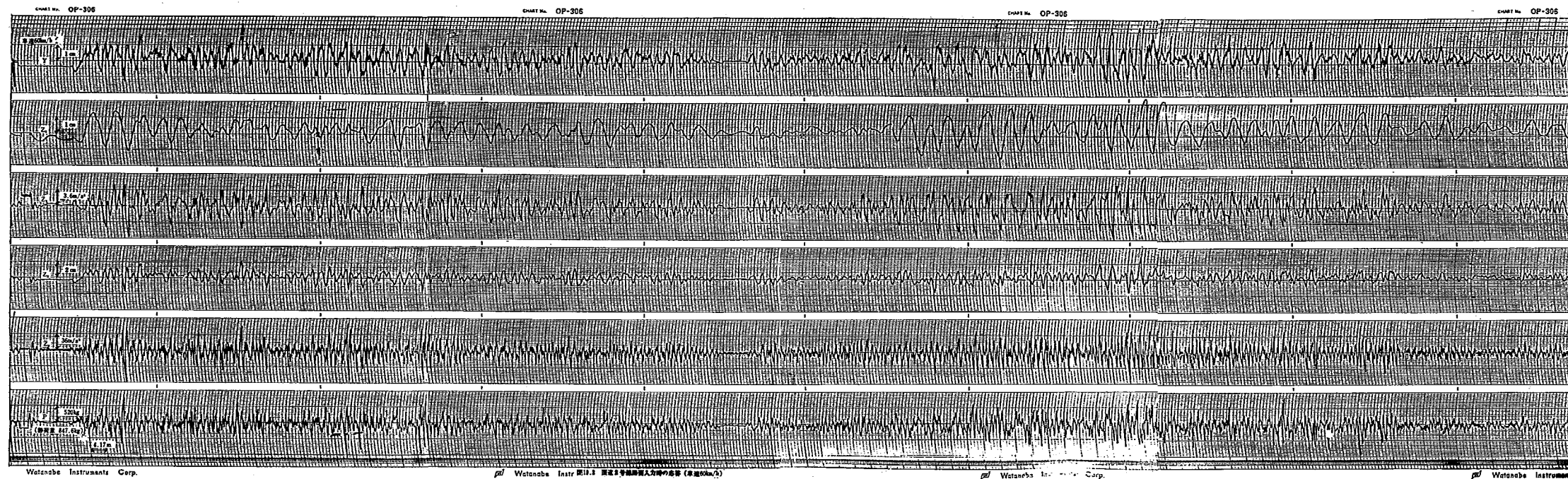


図18.3 2自由度系の荷重Pの周波数特性



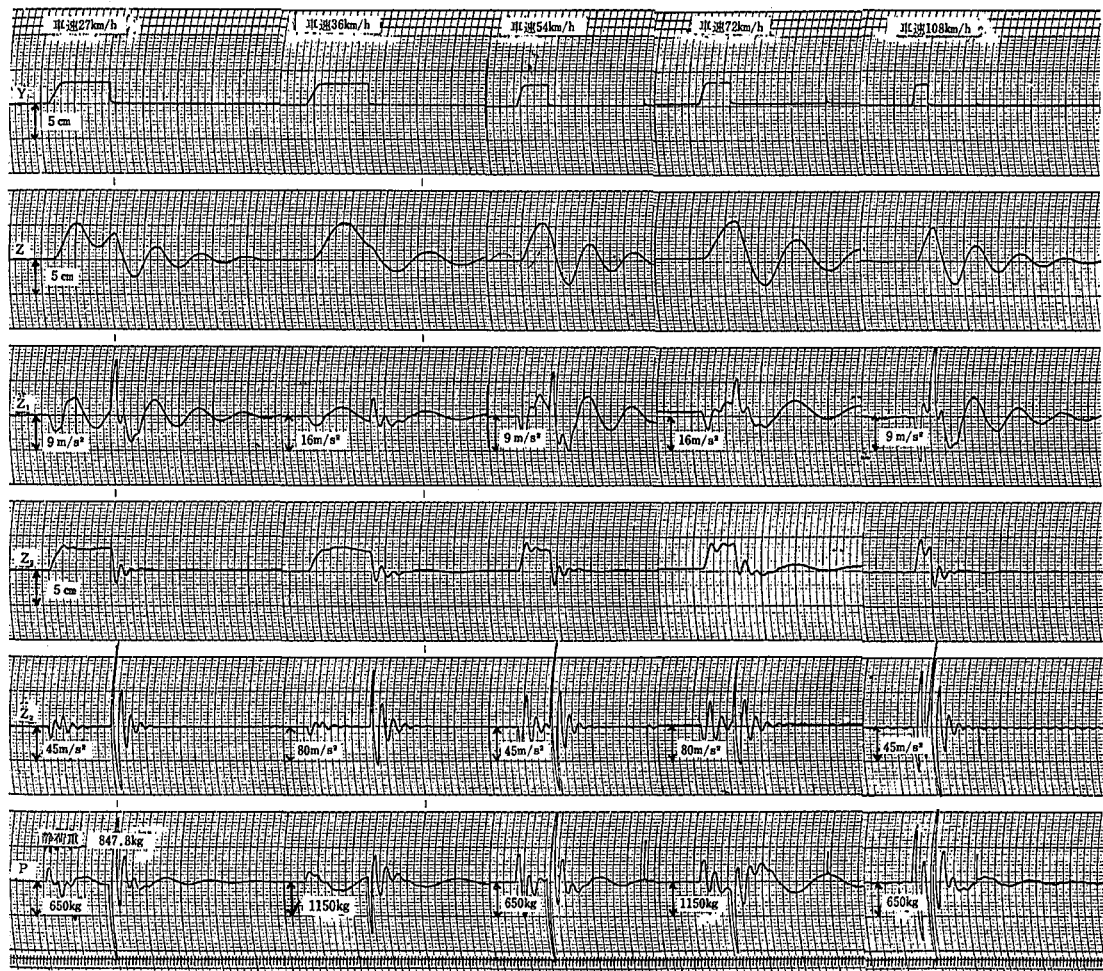


図20 台形波乗り越え時の応答

車速60km/h

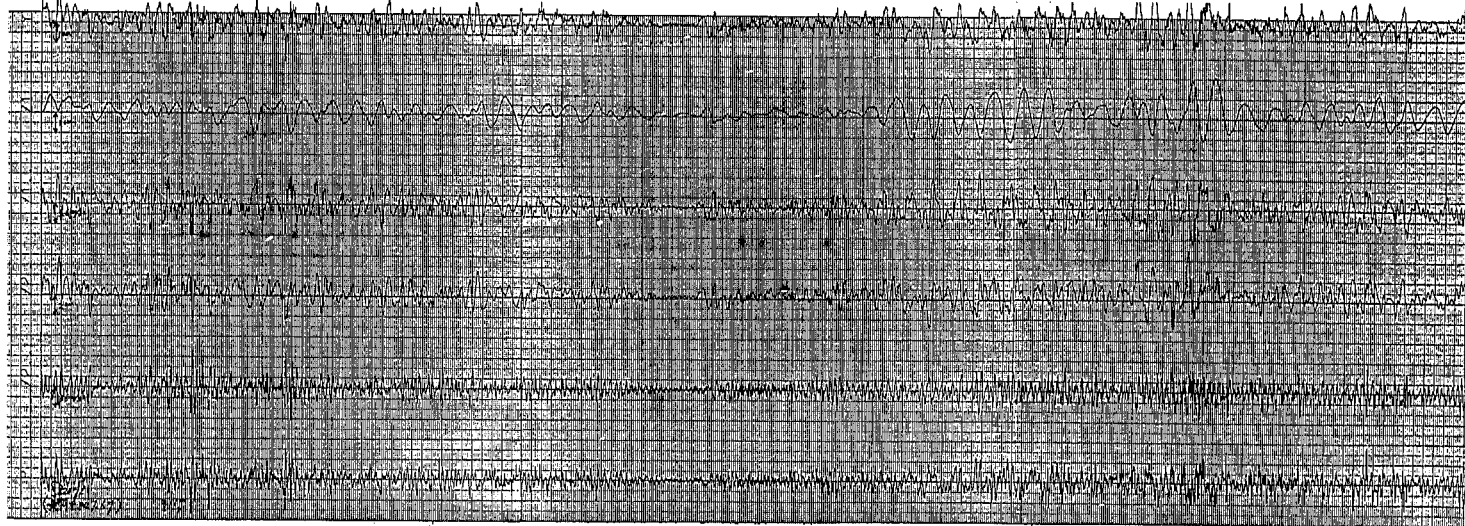


図21.3 国道2号線路面入力時の応答(車速60km/h)

車速60km/h

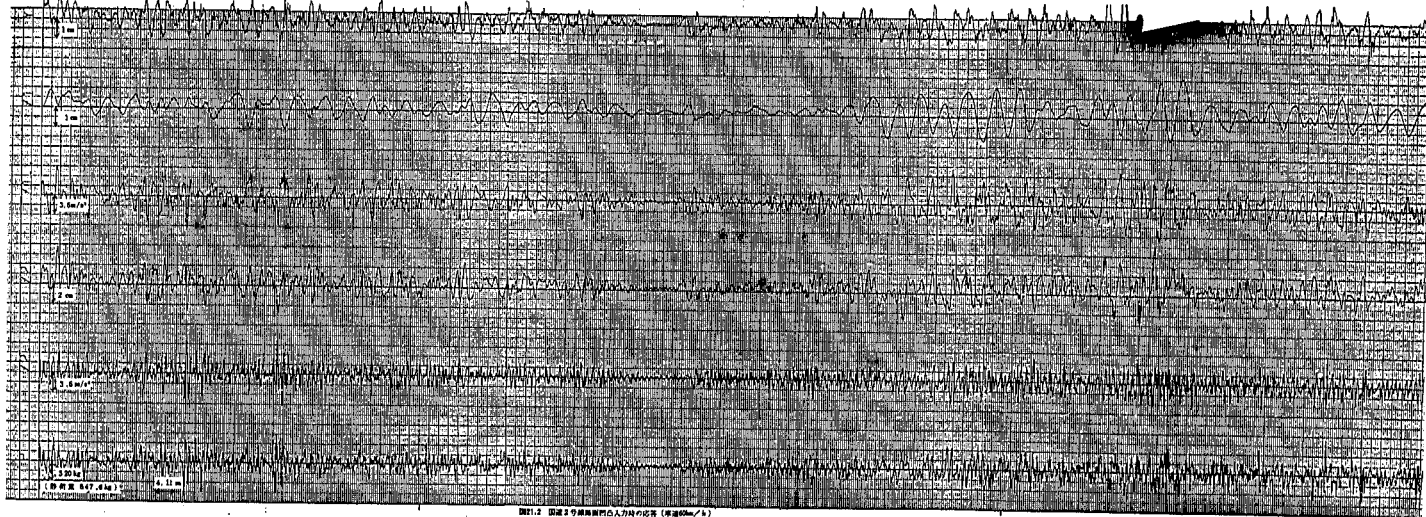


図21.4 国道2号線路面入力時の応答(車速60km/h)

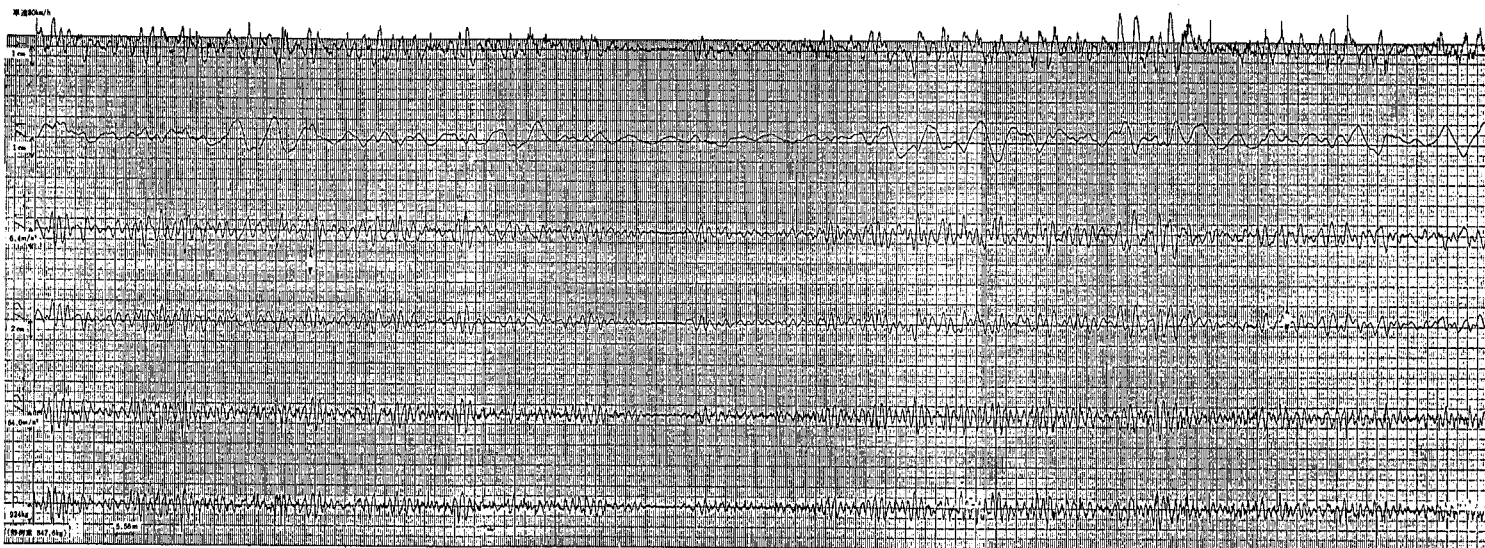
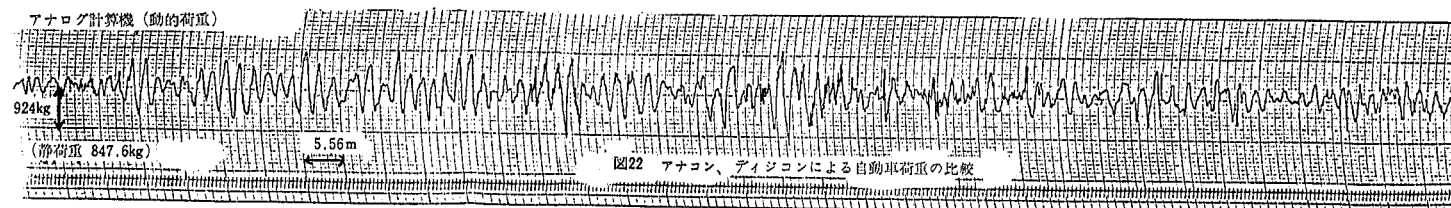
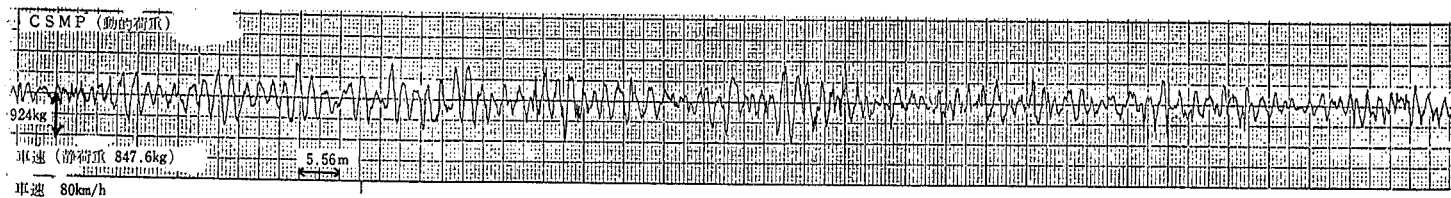


図21.1 国道2号線路面凹凸入力時の応答(車速40km/h)



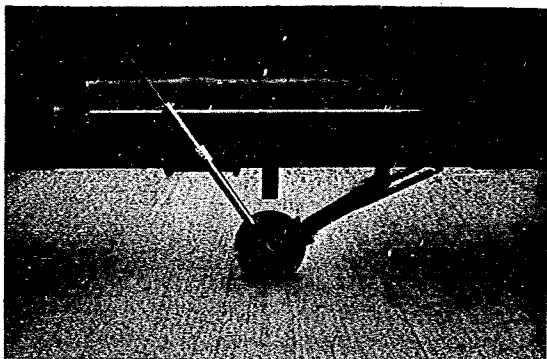


写真-1 変位計取り付け



写真-2 路面実測状況



写真-5 試作プロフィールメータ全体図

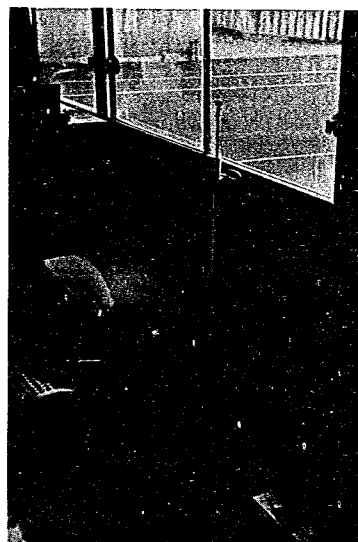


写真-4 ピックアップ取り付け概要

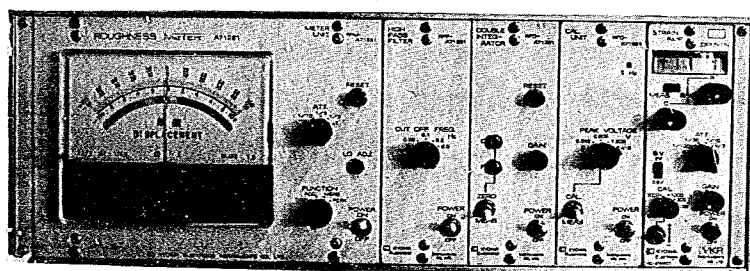


写真-3 アナログ計算部

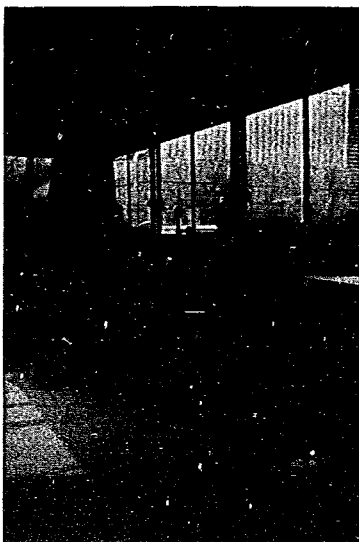


写真-6 室内配置

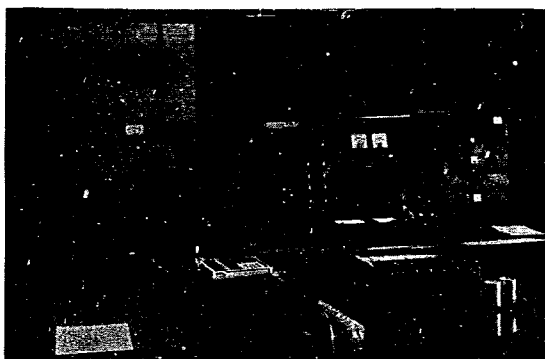


写真-8 アナログ計算機および周辺機器

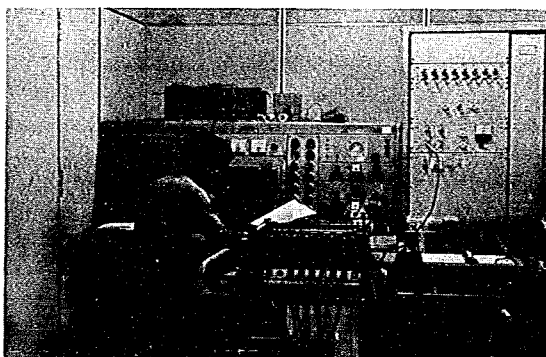


写真-9 実験状況

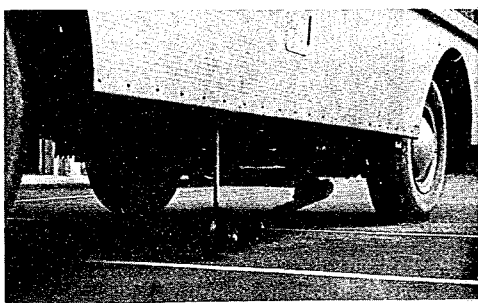


写真-7 測定用車輪支持装置



写真-10 実験状況

/JOB J04-MT6
/EXC FTC

付-1

```

C      PLUS DEFLECTION
C
1      DIMENSION RL1LY(39),Y(39)
2      TAN(X)=SIN(X)/COS(X)
3      RLO=30.4
4      RH=20.0
5      RH1=4.2
6      ALPHA=ASIN(RH/RLO)
7      RL1=(RH+RH1)/COS(ALPHA)
8      DO 10 I=1,39
9      PSHITA=I*0.1415926/180
10     Y(I)=2*RLO*SIN(PSHITA/2)*COS(ALPHA-PSHITA/2)
11     TBETA=(RL1*SIN(ALPHA)-Y(I)*TAN(ALPHA-PSHITA/2))/(RL1*COS(ALPHA)-
12     Y(I))
13     SECBET=SQRT(1+TBETA**2)
14     RL1LY(I)=(RL1-(RL1*COS(ALPHA)-Y(I))*SECBET)/Y(I)
15 10 CONTINUE
16     I=39
17     CALL GRAPH(Y,RL1LY,I)
18     STOP
19     END

```

```

****      END OF JOB STEP      FTC      ****
****      TERMINATION CODE      000      ****
****      CPU TIME      000000785 MSEC      ****
****      I/O TIME      000001270 MSEC      ****

```

/EXC FTC

```

C      GRAPHIC DATA PROGRAM
C
1      SUBROUTINE GRAPH(X,Y,N)
2      DIMENSION FIELD(101),X(3750),Y(3750)
3      READ(5,10) BLANK,ASTRSK,AI,DOLL,PLUS
4      10 FORMAT(5A1)
5      DO 20 J=1,101
6      20 FIELD(J)=BLANK
7      XMAX=X(1)
8      XMIN=X(1)
9      YMAX=Y(1)
10     YMIN=Y(1)
11     DO 25 I=1,N
12     IF (X(I).GT.XMAX) XMAX=X(I)
13     IF (X(I).LT.XMIN) XMIN=X(I)
14     IF (Y(I).GT.YMAX) YMAX=Y(I)
15     IF (Y(I).LT.YMIN) YMIN=Y(I)
16     25 IF (XMAX.LT.ABS(XMIN)) XMAX=ABS(XMIN)
17     IF (YMAX.LT.ABS(YMIN)) YMAX=ABS(YMIN)
18     WRITE(6,30)
19     30 FORMAT(1H1,5X1HX,11X1HY,34X1H-,20X1H0,20X1H+//)
20     I=1
21     35 FIELD(51)=AI
22     IX=INT((X(I)/XMAX+1.0)*50.)+1
23     IY=INT((Y(I)/YMAX+1.0)*50.)+1
24     IF (IY-IX) 36,37,36
25     36 FIELD(IY)=ASTRSK
26     FIELD(IX)=PLUS
27     GO TO 38
28     37 FIELD(IY)=DOLL
29     38 WRITE(6,40) X(I),Y(I),FIELD
30     40 FORMAT(E11.4,2XE11.4,1X,101A1)
31     I=I+1
32     IF (I-N) 50,50,60
33     50 FIELD(IY)=BLANK
34     FIELD(IX)=BLANK
35     GO TO 35
36     60 CONTINUE
37     RETURN
38     END

```

```

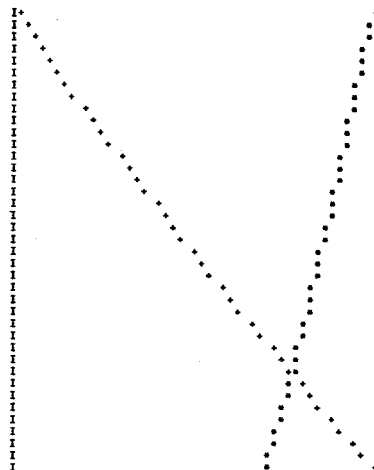
****      END OF JOB STEP      FTC      ****
****      TERMINATION CODE      000      ****
****      CPU TIME      000000779 MSEC      ****
****      I/O TIME      000001508 MSEC      ****

```

```

0.4026E 00 0.1318E 01
0.8112E 00 0.1308E 01
0.1226E 01 0.1298E 01
0.1646E 01 0.1288E 01
0.2071E 01 0.1279E 01
0.2503E 01 0.1270E 01
0.2939E 01 0.1260E 01
0.3381E 01 0.1251E 01
0.3828E 01 0.1242E 01
0.4279E 01 0.1233E 01
0.4735E 01 0.1224E 01
0.5197E 01 0.1215E 01
0.5663E 01 0.1205E 01
0.6133E 01 0.1197E 01
0.6607E 01 0.1188E 01
0.7085E 01 0.1179E 01
0.7568E 01 0.1169E 01
0.8054E 01 0.1160E 01
0.8543E 01 0.1151E 01
0.9037E 01 0.1142E 01
0.9535E 01 0.1133E 01
0.1003E 02 0.1123E 01
0.1054E 02 0.1114E 01
0.1104E 02 0.1104E 01
0.1155E 02 0.1094E 01
0.1206E 02 0.1084E 01
0.1257E 02 0.1074E 01
0.1309E 02 0.1064E 01
0.1361E 02 0.1055E 01
0.1413E 02 0.1042E 01
0.1465E 02 0.1030E 01
0.1517E 02 0.1019E 01
0.1570E 02 0.1007E 01
0.1622E 02 0.9945E 00
0.1675E 02 0.9817E 00
0.1728E 02 0.9685E 00
0.1781E 02 0.9549E 00
0.1834E 02 0.9407E 00
0.1887E 02 0.9262E 00

```



```

**** END OF JOB STEP          LOAD          ****
****      TERMINATION CODE          000      ****
****      CPU TIME          000003104  MSEC  ****
****      I/O TIME          000001078  MSEC  ****

```

TOSBAC-3400 TOPS-14 TMS VERSION U225 08/30/72 *** TOPS-14 TMS ***

19720928 PAGE 2

/JOB J04-MT5
/EXC FTC

```

C      NEGATIVE DEFLECTION
C
1      DIMENSION RL1LY(39),Y(39)
2      TAN(X)=SIN(X)/COS(X)
3      RLO=30.4
4      RH=20.0
5      PHI=4.2
6      ALPHA=4*SIN(RH/RLO)
7      RL1=(RH+RH1)/COS(ALPHA)
8      DO 10 I=1,39
9      CSHITA=I*3.1415926/180.
10     Y(I)=2*RLO*SIN(CSHITA/2)*COS(ALPHA+CSHITA/2)
11     TBETA=(Y(I)-TAN(ALPHA+CSHITA/2)*RL1*SIN(ALPHA))/
12     /(Y(I)+RL1*COS(ALPHA))
13     SECSET=SQRT(1+TBETA**2)
14     RL1LY(I)=((Y(I)+RL1*COS(ALPHA))*SECSET-RL1)/Y(I)
15     10 CONTINUE
16     I=39
17     CALL GRAPH(Y,RL1LY,I)
18     STOP
19     END

```

```

**** END OF JOB STEP          FTC          ****
****      TERMINATION CODE          000      ****
****      CPU TIME          000000709  MSEC  ****
****      I/O TIME          000001127  MSEC  ****

```

/EXC FTC

```

C GRAPHIC DATA PROGRAM
C
1 SUBROUTINE GRAPH(X,Y,N)
2 DIMENSION FIELD(101),X(3750),Y(3750)
3 READ(5,10) BLANK,ASTRSK,AI,DOLL,PLUS
4 10 FORMAT(5A1)
5 DO 20 J=1,101
6 20 FIELD(J)=BLANK
7 XMAX=X(1)
8 YMIN=Y(1)
9 YMAX=Y(1)
10 YMIN=Y(1)
11 DO 25 I=1,N
12 IF (X(I).GT.XMAX) XMAX=X(I)
13 IF (X(I).LT.XMIN) XMIN=X(I)
14 IF (Y(I).GT.YMAX) YMAX=Y(I)
15 25 IF (Y(I).LT.YMIN) YMIN=Y(I)
16 IF (XMAX.LT.ABS(XMIN)) XMAX=ABS(XMIN)
17 IF (YMAX.LT.ABS(YMIN)) YMAX=ABS(YMIN)
18 WRITE(6,30)
19 30 FORMAT(1H1,5X1HX,11X1HY,34X1H-,20X1H0,20X1H+//)
20 I=1
21 35 FIELD(51)=AI
22 IX=INT((X(1)/XMAX+1.0)*50.)*1
23 IY=INT((Y(1)/YMAX+1.0)*50.)*1
24 IF (IY-IX) 36,37,36
25 36 FIELD(IY)=ASTRSK
26 37 FIELD(IX)=PLUS
27 GO TO 38
28 37 FIELD(IY)=DOLL
29 38 WRITE(6,40) X(I),Y(I),FIELD
30 40 FORMAT(E11.4,2XE11.4,1X,101A1)
31 I=I+1
32 IF (I=N) 50-50,60
33 50 FIELD(IY)=BLANK
34 FIELD(IX)=BLANK
35 GO TO 35
36 60 CONTINUE
37 RETURN
38 END

```

```

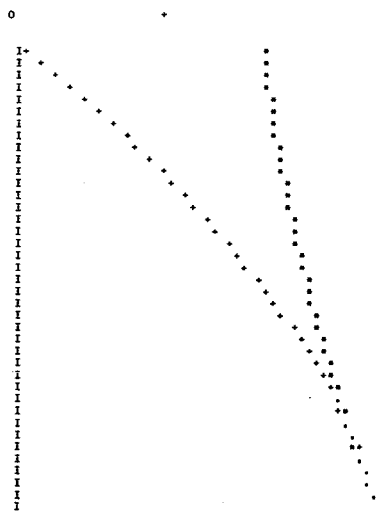
**** END OF JOB STEP          FTC          ****
**** TERMINATION CODE          000          ****
**** CPU TIME          000000860 MSEC      ****
**** I/O TIME          070001470 MSEC      ****

```

```

X      Y
0.3965E 00  0.1338E 01
0.7868E 00  0.1348E 01
0.1171E 01  0.1359E 01
0.1548E 01  0.1370E 01
0.1919E 01  0.1381E 01
0.2284E 01  0.1392E 01
0.2641E 01  0.1403E 01
0.2992E 01  0.1415E 01
0.3335E 01  0.1426E 01
0.3672E 01  0.1438E 01
0.4001E 01  0.1451E 01
0.4323E 01  0.1463E 01
0.4638E 01  0.1476E 01
0.4945E 01  0.1489E 01
0.5244E 01  0.1503E 01
0.5538E 01  0.1517E 01
0.5820E 01  0.1531E 01
0.6095E 01  0.1546E 01
0.6364E 01  0.1560E 01
0.6624E 01  0.1576E 01
0.6876E 01  0.1591E 01
0.7120E 01  0.1607E 01
0.7356E 01  0.1624E 01
0.7583E 01  0.1641E 01
0.7802E 01  0.1658E 01
0.8012E 01  0.1676E 01
0.8214E 01  0.1695E 01
0.8407E 01  0.1714E 01
0.8592E 01  0.1733E 01
0.8768E 01  0.1754E 01
0.8935E 01  0.1774E 01
0.9093E 01  0.1796E 01
0.9240E 01  0.1818E 01
0.9385E 01  0.1841E 01
0.9515E 01  0.1863E 01
0.9637E 01  0.1889E 01
0.9751E 01  0.1914E 01
0.9855E 01  0.1940E 01
0.9951E 01  0.1967E 01

```



```

**** END OF JOB STEP          LOAD          ****
**** TERMINATION CODE          000          ****
**** CPU TIME          000003017 MSEC      ****
**** I/O TIME          000000808 MSEC      ****

```

土研資料第800号
昭48.3.(1973)

路面の凹凸と自動車荷重(II)

成田信之、池村雅司

路面の凹凸、自動車、振動、応答、シュミレーション

要旨

路面の凹凸測定のためGMR型プロフィールメータの試作と、3mプロフィールメータによる路面応答計算をアナログ計算機、デジタル計算機によりおこなった。3mプロフィールメータはその周波数特性上路面の凹凸を忠実に表わしているとはいえないということがわかった。自動車の振動系がわかれば、自動車の応答を求めることができるようになった。従って、将来の課題として自動車の振動系のモデル化および自動車荷重の計算値と実測値の対応が上げられる。

郵便はがき

280-□□

十四切手
は
つ
て
下
い

千葉市穴川四十二―五二

建設省土木研究所

構造研究室 御中

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 8 0 0 号 部

上記のとおり受領しました。

所属（住所）

氏 名

印