

土木研究所資料

橋梁の設計動荷重に関する試験調査報告書〔Ⅳ—1980〕

昭和56年2月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright © 55年度 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

昭和55年度に実施した「橋梁の設計動荷重に関する試験調査（中課題）」の成果をとりまとめて報告する。本報告のうち、第1章より第3章までは「車両の走行荷重および橋の動的応答に関する試験調査（小課題）」として、また、第4章は「橋の伸縮装置に作用する自動車荷重に関する試験調査（小課題）」として実施したものである。その概要は次のようなものである。

(1) 路面凹凸に起因する実働自動車荷重実測調査

この調査は昭和51年度より継続して実施しているものであり、昨年度までは走行速度が主として40 km/hまでの低車速領域での実測資料を収集したものに對し、今年度はより高速領域での調査を行ない、走行速度の増加が自動車荷重に及ぼす影響について検討した。

(2) 低車速領域における実働自動車荷重のとりまとめ

昨年度までに収集した実働自動車荷重実測調査資料を用いて、40 km/h以下の走行速度に對して適用する自動車荷重の大きさの推定式を、路面平坦性、自動車の軸重、および走行速度を変数として定式化することを試みた。

(3) 単純桁橋の衝撃係数に関する数値計算

これまでは数値計算の対象としていなかった支間長10mの橋梁について単独車走行時の応答計算を実施した。また、従来の応答計算に使用していた路面凹凸波形を新たに開発した「路面凹凸平滑化プログラム」を用いて平滑化した場合に、算出される衝撃係数値がどの程度小さくなるかについて検討した。

(4) 伸縮装置部に作用する実働自動車荷重に對する検討

橋梁の伸縮装置部に発生する段差により誘起される衝撃的な自動車荷重の大きさを定量的に把握するために、昨年度の実測資料を用いて、合理的な段差量の評価方法等について検討を加えた。

昭和 56 年 2 月

建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室

室 長	山 本 邦 夫
研究員	桂 樹 正 隆
研究員	水 上 幹 之
技 官	江 本 勝
技 官	藤 城 隆

目 次

ま え が き

第1章 路面凹凸に起因する実働自動車荷重実測調査（調査E）	1
1.1 調査目的および調査要領	1
1.2 調 査 結 果	2
1.3 動的付加荷重の標準偏差の定式化	3
第2章 低車速領域における実働自動車荷重のとりまとめ	46
2.1 解 析 概 要	46
2.2 関数形の決定	46
2.3 解析に用いた資料	47
2.4 解析方法，結果，および考察	47
第3章 単純桁橋の衝撃係数に関する数値計算	64
3.1 単一車走行時の応答計算	64
3.2 路面凹凸波形の平滑化プログラムの開発	64
3.3 路面凹凸波形の平滑化が衝撃係数の計算結果に及ぼす影響	69
第4章 伸縮装置部に作用する実働車荷重に対する検討	83
4.1 検 討 概 要	83
4.2 動的付加荷重記録の再整理	83
4.3 路面凹凸波形の平滑化	84
4.4 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正	85

第1章 路面凹凸に起因する実働自動車荷重実測調査（調査E）

1.1 調査目的および調査要領

本調査は(1)パワースペクトルを用いた路面凹凸の評価方法の確立、(2)路面凹凸とそれにより誘起される実働自動車荷重との関係の把握、等を目的として昭和51年度から毎年1回実施しており、今年度が5年目にあたる。それぞれの調査を年度順に調査A、B、C、D、およびEと呼ぶと、昨年度までに実施した調査A～Dにおいては車両の走行速度を主として40 km/h以下におさえて実験を実施してきたが、今年度の調査Eでは主として40、50、および60 km/hの速度での走行実験を実施した。その調査要領は昨年度までのものとはほぼ同じであるので、以下にその相異点を中心に簡単に紹介する。

- ・調査地点数
 - 10ヶ所（1ヶ所当りの調査区間は100 m）
 - 調査地点1および2は土木研究所試験走路内
 - 調査地点8～10は土木研究所構内道路
- ・路面凹凸の測定
 - 路面現況目視調査
 - 3 mプロフィールメータおよび高速プロフィールメータによる路面の凹凸形状の測定（測定位置は荷重車の左車輪通過線上）
- ・動的付加荷重の測定
 - 試験車：日産ディーゼル K-CK31 S 7.5 tonトラック
 - 試験車後軸（1軸）のバネ下重量の調査
 - 試験車後軸の懸架バネ定数およびタイヤバネ定数の測定
 - 動的付加荷重の測定
 - 走行速度：40、50、および60 km/h（ただし試験走路内の調査地点では70、80 km/hを追加）
 - 後軸重量：荷重-1 10,300 kg（満載状態）
 - 荷重-2 7,190 kg（半載状態）
 - 荷重-3 4,000 kg（空荷状態）
- ・記録の整理
 - 路面平坦性記録
 - 3 mプロフィールメータ→ σ , PrI , TCR
 - 高速プロフィールメータ→パワースペクトル密度
 - 動的付加荷重記録
 - パワースペクトル密度、標準偏差、最大動荷重、車両の伝達関数

1.2 調査結果

(1) 調査地点の概要

調査地点の位置を図-1.1に、また、各調査地点の概要を表-1.1に示す。

(2) 路面凹凸の測定結果(3mプロフィルメータ)

図-1.2に3mプロフィルメータによる路面の凹凸形状測定結果を示す。これらの記録から読み取った路面平坦性指標値(σ , PrI , および TCR)を表-1.2に示す。

(3) 試験車の重量、バネ定数の測定結果

一般に自動車は車体下に懸架バネをもつため、走行時車体と車輪とは同一の振動を行なわないことが考えられる。このため、試験車(図-1.3)が走行時に路面に加える動的付加荷重は、バネ上質量とバネ下質量のそれぞれの慣性力の和として求める必要があり、その計測に際してはそれぞれの質量を予め求めておく必要がある。バネ下重量の測定には車両の分解が必要となり測定が困難なため、試験車製作メーカーより示された値(1,262 kg)をバネ下質量とすることとした。また、各積載状態におけるバネ上重量は軸重(トラックスケールで測定)からバネ下重量を差し引いて求めた(表-1.3参照)。

試験車後軸の懸架バネ定数およびタイヤバネ定数の測定には、積載荷重を変化させた時のバネ上およびバネ下質量の変位量を計測する方法を用いた。5種類の積載状態において懸架バネおよびタイヤバネに作用した荷重を表-1.4に示す。変位量は図-1.4に示すA, B, およびCの3点の鉛直変位をダイヤルゲージで読み取った。その結果を表-1.5に示す。図-1.5は荷重と変位量の関係を示したものであり、これよりタイヤバネはほとんど線形と考えてよいこと、一方の懸架バネは非線形性がかなり強いことが明らかとなった。この一因として懸架バネが主バネと補助バネとで構成されていることが挙げられる。

(4) 動的付加荷重の測定結果および路面凹凸の測定結果(高速プロフィルメータ)

動的付加荷重記録および高速プロフィルメータで測定された路面凹凸波形の一部を図-1.6に示す。ここで POINT-1 LOAD-10.3 T 37.2 KM/H の表示は調査地点1, 荷重(軸重)10.30 ton, 走行速度37.2 km/h の動的付加荷重記録であることを、また、POINT-10 PROFILE の表示は調査地点10の路面凹凸波形であることを示す。

図-1.7はAR法を用いて算出した動的付加荷重のパワースペクトル密度である。また、動的付加荷重記録から、調査区間100 m内での測定値の標準偏差($F\sigma$)と最大値(F_{max})を求め、表-1.2にその値を示した。

高速プロフィルメータで得られた路面凹凸形状のパワースペクトル密度を図-1.8に示す。これによると、調査地点1はISO規格の極良よりさらに良好な路面となっている。また、路面凹凸をパワースペクトル密度で表現したときの指標値として、空間周波数が0.1 c/mのときのパワースペクトル密度(以後 $S(0.1)$ と呼ぶ)を読み取り、その値を表-1.2に示す。

車両の動的付加荷重に対する伝達関数 $H(f)$ を次式で定義し、各観測データの $H(f)$ を算出した。

$$H(f) = |P_f(f)/P_x(f)|^{1/2} \quad (1.1)$$

$H(f)$: 伝達関数

$P_f(f)$: 動的付加荷重パワースペクトル

$P_X(f)$: 路面凹凸のパワースペクトル

f : 周波数 (c/s)

その結果を図-1.9に示す。図-1.10はすべての実験ケースより得られた軸重別伝達関数の存在範囲を示したものである。図より軸重の増加とともに伝達関数の値も大きくなる傾向が見られるが、軸重が7.19ton から10.30ton の範囲ではその傾向は比較的小さい。

表-1.2に動的付加荷重の指標値として標準偏差 (F_σ) と最大値 (F_{max}) を、路面凹凸の指標値として、 σ , TCR , PrI , および $S(0.1)$ をまとめて示す。得られた資料から動的付加荷重と路面平坦性の関係を分析し、 F_σ と σ の関係、 F_{max} と σ の関係、 F_σ と $S(0.1)$ の関係、および F_{max} と $S(0.1)$ を図-1.11~図-1.14に示す。これらより、 F_σ と σ の関係が最も強い相関関係にあること、また、路面平坦性の劣化、軸重の増加、および走行速度の増加とともに動的付加荷重の値が増大することが理解される。

1.3 動的付加荷重の標準偏差の定式化

ここでは路面平坦性標準偏差 (σ : mm), 走行速度 (V : km/h), および軸重 (W : ton) を説明変数として動的付加荷重の標準偏差 (F_σ : ton) を定式化することを試みる。

V および W が一定の場合、図-1.11より F_σ と σ の関係は式(1.2)で定式化できると考えられる。

$$\hat{F}_\sigma = a \cdot \sigma + b \quad (\text{ただし, } V, W: \text{一定}) \quad (1.2)$$

$\hat{F}_\sigma$: F_σ の予測値 a, b : 定数

式(1.2)の定数 a, b の値を観測データを用いて最小二乗法により求め、その結果を下表に示す。

V (km/h)	$\hat{F}_\sigma = a \cdot \sigma + b$		
	$W = 10.30 \text{ ton}$	$W = 7.19 \text{ ton}$	$W = 4.00 \text{ ton}$
40	$\hat{F}_\sigma = 0.179 \cdot \sigma + 0.335$	$\hat{F}_\sigma = 0.124 \cdot \sigma + 0.298$	$\hat{F}_\sigma = 0.084 \cdot \sigma + 0.224$
50	$\hat{F}_\sigma = 0.229 \cdot \sigma + 0.336$	$\hat{F}_\sigma = 0.140 \cdot \sigma + 0.367$	$\hat{F}_\sigma = 0.108 \cdot \sigma + 0.249$
60	$\hat{F}_\sigma = 0.323 \cdot \sigma + 0.290$	$\hat{F}_\sigma = 0.226 \cdot \sigma + 0.285$	$\hat{F}_\sigma = 0.130 \cdot \sigma + 0.265$

次に、 F_σ と V の関係を検討するために、上表の式に代表値として $\sigma = 2.0, 3.0$ を代入したときの F_σ の値を求め、 V をパラメーターとして図化すると図-1.15のようになる。この図より、

$$\hat{F}_\sigma = a' \cdot V^{b'} \quad (\text{ただし, } \sigma, W: \text{一定}) \quad (1.3)$$

を仮定し、定数 a', b' を最小二乗法により決定した。その結果は図中に示したとうりであり、 b' の値には変動が少ないので $b' = 0.8$ と固定してもよいと考えられる。

図-1.16は上表の式に $\sigma = 2.0, 3.0$ を代入したときの F_σ の値を W をパラメーターとして図化したものである。この図より、式(1.3)と同様に、

$$F_\sigma = a'' \cdot V^{b''} \quad (\text{ただし, } \sigma, V: \text{一定}) \quad (1.4)$$

の関係を仮定し、最小二乗法により a'', b'' の値を求めた。図中に示した結果から、 $b'' = 0.6$ と固定して考えられる。

以上の考察から、 F_o の値は σ , V , W , を変数として次式で定式化されると判断される。

$$\hat{F}_o = (a \cdot \sigma + b) \cdot V^{0.8} \cdot W^{0.6} \quad (1.5)$$

上式に表-1.2 の値を代入し最小二乗法により定数 a , b を求めたところ、 $a = 0.00249$, $b = 0.00400$ が得られた。図-1.17 は得られた式から算出される $\hat{F}_o$ (F_o の予測値) と F_o (実測値) の比較図であり、相関係数は 0.9 以上と非常に大きく、式 (1.5) が精度の高い予測式であることが確認された。

得られた結果を以下にまとめる。

$$\hat{F}_o = (2.49 \cdot \sigma + 4) \cdot V^{0.8} \cdot W^{0.6} \cdot 10^{-3}$$

$\hat{F}_o$: 動的付加荷重の標準偏差の予測値 (ton)

σ : 3 m プロフィールメータにより測定される路面平坦性標準偏差 (mm)

V : 走行速度 (km/h)

W : 軸重 (ton)

<適用範囲> $\sigma = 0.77 \sim 3.11$ mm

$V = 40 \sim 60$ km/h

$W = 4 \sim 10.3$ ton

表-1.1 調査地点の概要

調査箇所番号	調査箇所	調査車線	舗装
1	試走路	中央車線	コンクリート
2	〃	内側車線	アスファルト
3	実験廃水処理施設前	外回り車線	〃
4	水質実験施設前	〃	〃
5	実大トンネル換気塔(南側)	〃	〃
6	河川水理実験施設前	内回り車線	〃
7	ダム水理実験施設前	外回り車線	〃
8	構造物実験施設前	内回り車線	〃
9	海洋沿岸～河川水理実験施設前	〃	〃
10	河川水理～海洋沿岸実験施設前	外回り車線	〃

表-1.2(1) 調査結果一覧表(荷重-1, 10, 30 ton)

調査地点	車速 (km/h)	最大動の付加重荷 (ton)	動の付加重荷標準偏差 (ton)	S (0.1) (mm/c/m)	σ (mm)	
					TCR (cm/km)	Prf (cm/km)
1	37.2	1.27	0.398	3.14	0.77	
	46.2	1.89	0.559	3.14	30.5	
	55.4	2.20	0.587	3.14	1.90	
	63.0	2.11	0.632	3.14		
	71.7	1.80	0.625	3.14		
2	36.7	1.40	0.541	6.36	1.04	
	47.1	1.72	0.575	6.36	162	
	55.6	2.04	0.588	6.36	3.81	
	63.5	2.44	0.590	6.36		
	72.1	1.78	0.618	6.36		
3	35.2	1.95	0.601	2.24 × 10	1.28	
	46.1	1.73	0.564	2.24 × 10	419	
	64.7	1.81	0.593	2.24 × 10	8.10	
	37.3	2.04	0.729	1.57 × 10	1.67	
	44.3	2.31	0.830	1.57 × 10	667	
4	64.3	3.45	0.957	1.57 × 10	52.86	
	35.8	1.90	0.642	3.00 × 10	1.96	
	46.3	1.95	0.646	3.00 × 10	381	
	53.4	2.80	0.829	3.00 × 10	62.38	
	37.6	3.05	0.760	1.60 × 10	2.18	
6	47.4	2.28	0.864	1.60 × 10	610	
	56.0	3.00	1.082	1.60 × 10	169.05	
	38.1	2.67	0.749	3.49 × 10	2.41	
	47.7	2.48	0.913	3.49 × 10	933	
	56.6	3.62	1.150	3.49 × 10	179.05	
8	39.7	3.12	0.773	4.54 × 10	2.67	
	48.3	2.57	0.880	4.54 × 10	571	
	60.6	2.97	1.090	4.54 × 10	69.05	
	38.7	2.51	0.767	2.34 × 10	2.85	
	47.9	2.45	0.949	2.34 × 10	705	
10	57.7	3.62	1.162	2.34 × 10	242.38	
	38.2	2.83	0.962	4.11 × 10	3.11	
	48.5	3.39	1.142	4.11 × 10	857	
	57.4	3.28	1.300	4.11 × 10	441.43	

表-1.2(2) 調査結果一覧表 (荷重-2, 7.19 ton)

調査地点	車速 (km/h)	最大動の付加荷重 (ton)	動の付加荷重標準偏差 (ton)	S (0.1) (mm/c/m)	σ (mm)
					TCR (cm/km)
					PrI (cm/km)
1	39.3	1.47	0.474	3.14	0.77
	47.8	1.64	0.531	3.14	305
	54.2	1.27	0.487	3.14	1.90
	65.3	2.20	0.567	3.14	
	68.7	1.97	0.561	3.14	
2	37.2	1.26	0.390	6.36	1.04
	46.2	1.65	0.501	6.36	162
	53.6	1.59	0.497	6.36	3.81
	60.6	1.51	0.533	6.36	
	75.3	1.54	0.523	6.36	
3	36.3	1.83	0.446	2.24×10	1.28
	47.6	1.60	0.502	2.24×10	419
	54.5	1.62	0.511	2.24×10	8.10
4	37.9	1.46	0.481	1.57×10	1.67
	45.2	2.07	0.656	1.57×10	667
	55.5	2.75	0.731	1.57×10	52.86
5	38.6	1.50	0.433	3.00×10	1.96
	47.3	1.49	0.542	3.00×10	381
	55.8	2.11	0.643	3.00×10	62.38
6	38.2	2.40	0.622	1.60×10	2.18
	48.2	2.23	0.676	1.60×10	610
	56.7	2.54	0.872	1.60×10	169.05
7	39.5	2.13	0.590	3.49×10	2.41
	47.6	2.09	0.736	3.49×10	933
	57.1	2.41	0.866	3.49×10	179.5
8	38.5	2.65	0.654	4.54×10	2.67
	48.3	2.71	0.722	4.54×10	571
	55.8	2.92	0.862	4.54×10	69.05
9	38.7	1.90	0.677	2.34×10	2.85
	48.1	2.47	0.746	2.34×10	705
	56.3	2.87	0.891	2.34×10	242.38
10	38.0	1.95	0.681	4.11×10	3.11
	47.8	2.54	0.854	4.11×10	857
	56.3	2.23	0.991	4.11×10	441.43

表1.2(3) 調査結果一覧表 (荷重-3, 4.00 ton)

調査地点	車速 (km/h)	最大動の付加荷重 (ton)	動の付加荷重標準偏差 (ton)	S (0.1) (mm/c/m)	σ (mm)
					TCR (cm/km)
					PrI (cm/km)
1	38.8	1.17	0.336	3.14	0.77
	48.7	1.25	0.358	3.14	305
	58.9	1.13	0.361	3.14	0.90
	66.9	1.12	0.352	3.14	
	76.9	1.01	0.411	3.14	
2	38.5	0.99	0.283	6.36	1.04
	54.7	1.05	0.321	6.36	162
	57.8	1.27	0.378	6.36	3.81
	67.4	1.23	0.366	6.36	
	76.1	1.09	0.363	6.36	
3	39.1	1.50	0.310	2.24×10	1.28
	48.7	2.61	0.380	2.24×10	419
	56.4	2.30	0.429	2.24×10	8.10
4	35.6	1.19	0.369	1.57×10	1.67
	47.2	1.85	0.454	1.57×10	667
	57.9	1.91	0.516	1.57×10	52.86
5	37.4	1.27	0.312	3.00×10	1.96
	48.4	1.69	0.382	3.00×10	381
	54.6	1.36	0.414	3.00×10	62.38
6	38.0	1.78	0.456	1.60×10	2.18
	49.0	2.33	0.567	1.60×10	610
	58.6	2.43	0.659	1.60×10	169.05
7	38.4	1.70	0.449	3.49×10	2.41
	47.4	2.08	0.503	3.49×10	933
	56.3	1.99	0.618	3.49×10	179.05
8	39.5	1.96	0.467	4.54×10	2.67
	48.5	2.46	0.600	4.54×10	571
	59.3	2.32	0.631	4.54×10	69.05
9	39.7	1.87	0.446	2.34×10	2.85
	46.9	2.00	0.525	2.34×10	705
	57.6	2.19	0.579	2.34×10	242.38
10	39.0	1.79	0.482	4.11×10	3.11
	46.7	1.87	0.553	4.11×10	857
	56.6	2.88	0.648	4.11×10	441.43

表-1.3 試験車両の重量

	前軸(kg)	後軸(kg)	計
車両重量	3,785	3,215	7,000
総重量	5,245	9,420	14,665
バネ下重量	670	1,262	1,932

表-1.4 バネに作用した荷重

積載状態	軸 量 (kg)		軸 重(kg) (タイヤバネに 作用する荷重)	バネ下重量(kg)	バネ上重量(kg) (懸架バネに 作用する荷重)
	左 後 軸	右 後 軸			
0	2,000	2,000	4,000	1,262	2,738
1	2,875	2,870	5,745	1,262	4,483
2	3,760	3,830	7,590	1,262	6,328
3	4,600	4,760	9,360	1,262	8,088
4	5,420	5,730	11,150	1,262	9,888

表-1.5 バネの変化

積載状態	バネ上質量の変化			タイヤバネの変化 C点の変化 (C)	懸架バネの変化 $\frac{(A)+(B)}{2} - (C)$
	A点の変化 (A)	B点の変化 (B)	平 均 (A)+(B)/2		
0	0	0	0	0	0
1	1,877	2,463	2,170	338	1,832
2	3,570	4,456	4,013	673	3,340
3	4,530	5,475	5,003	1,015	3,988
4	5,475	6,527	6,001	1,345	4,656
3	5,052	6,059	5,556	1,039	4,517
2	4,174	4,978	4,576	809	3,767
1	2,600	3,619	3,110	461	2,649
0	-1,100	119	-491	96	-587

*A, B, C点は図-1.4参照

*単位: 1/100mm

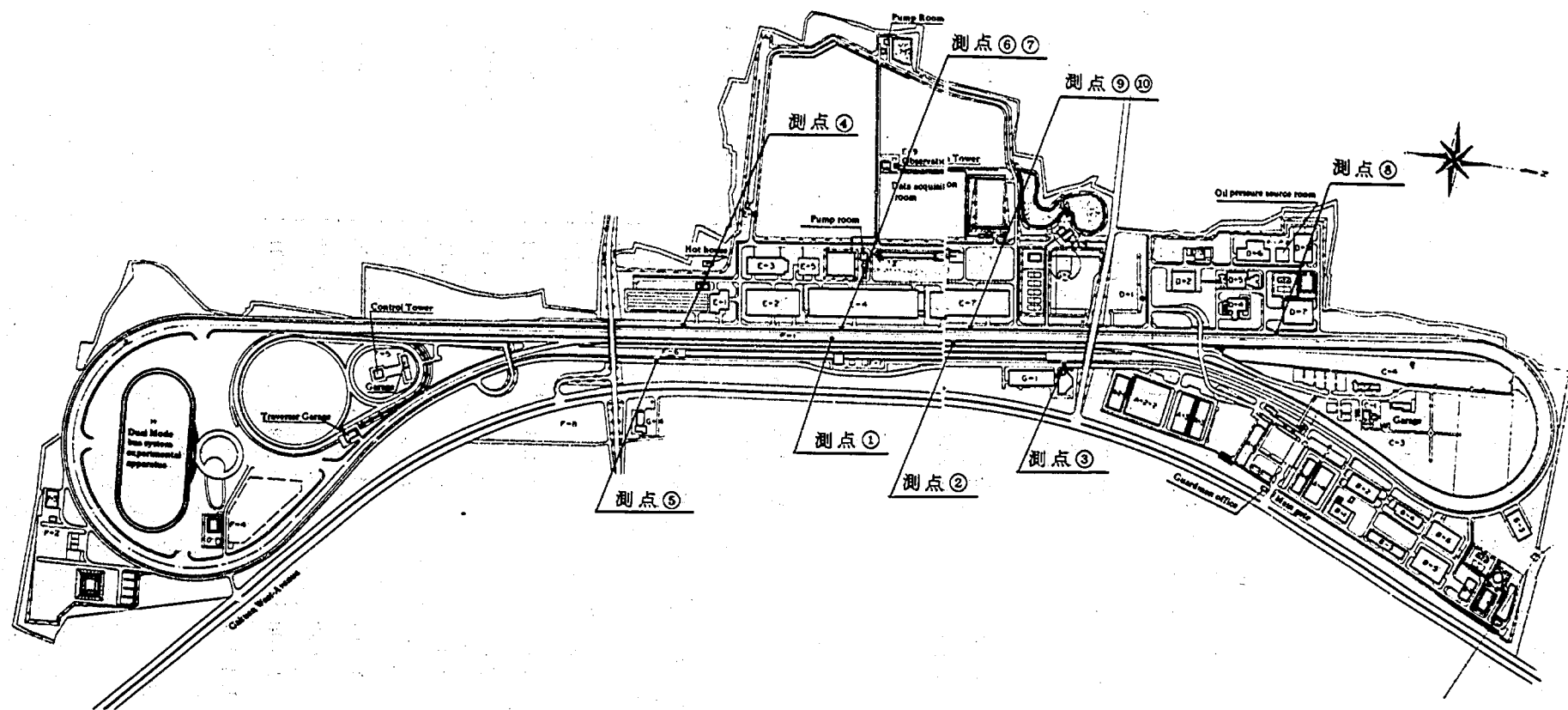


图-1.1 調查地点位置图

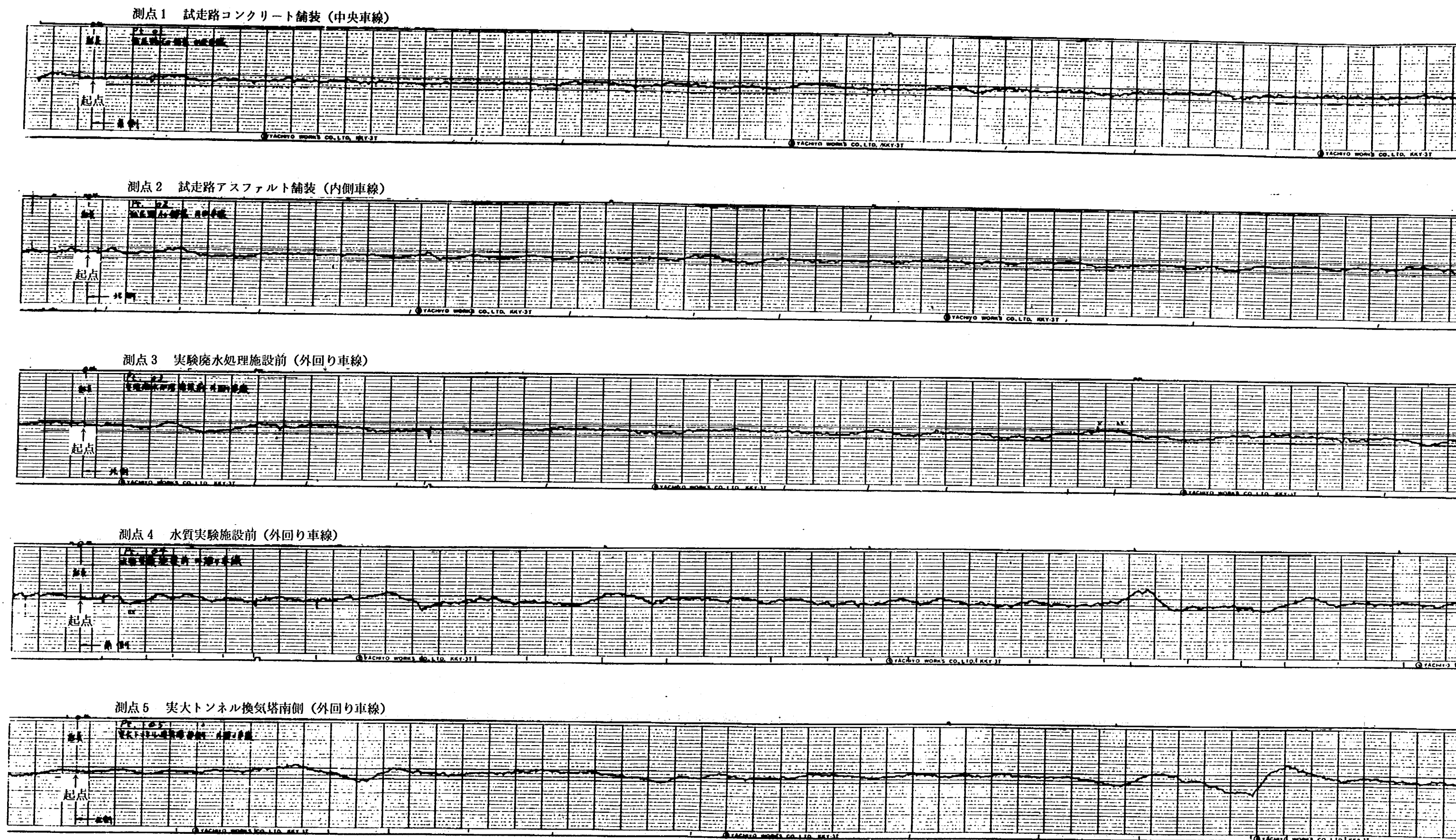


図-1.2(1) 路面凹凸波形 (3mプロフィルメータ)

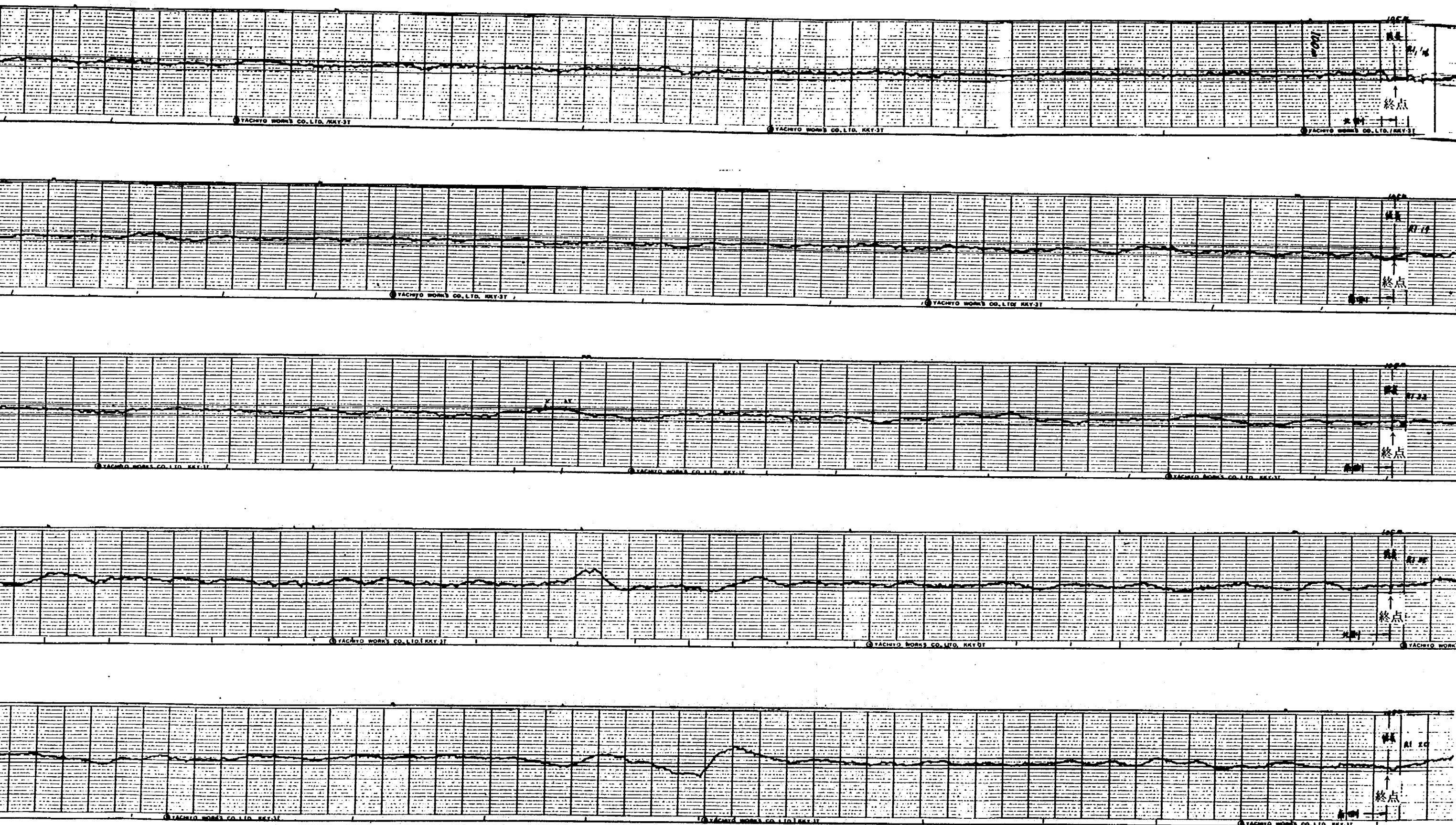
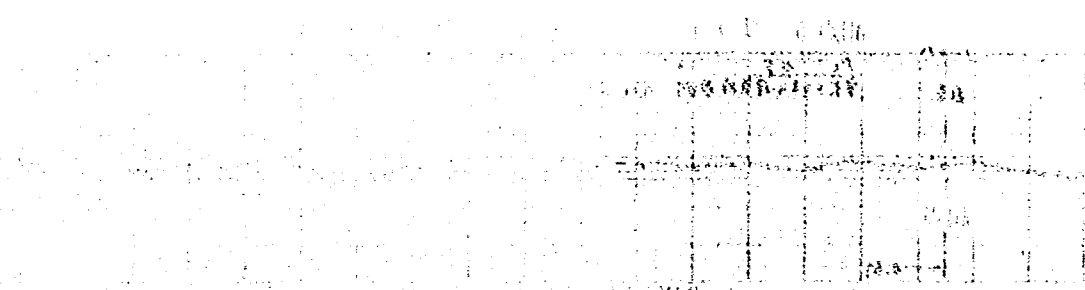
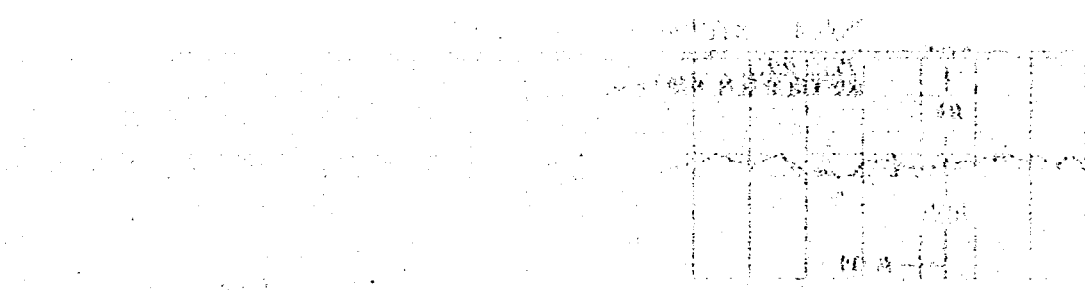
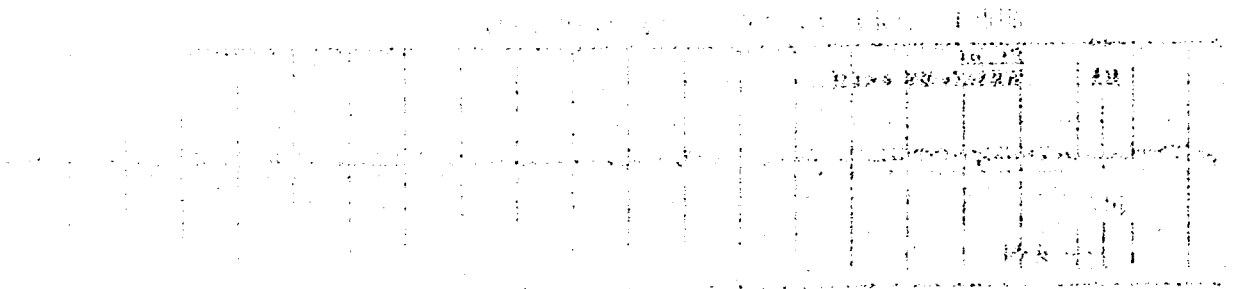


図-1.2(i) 路面凹凸波形 (3mプロフィールメータ)



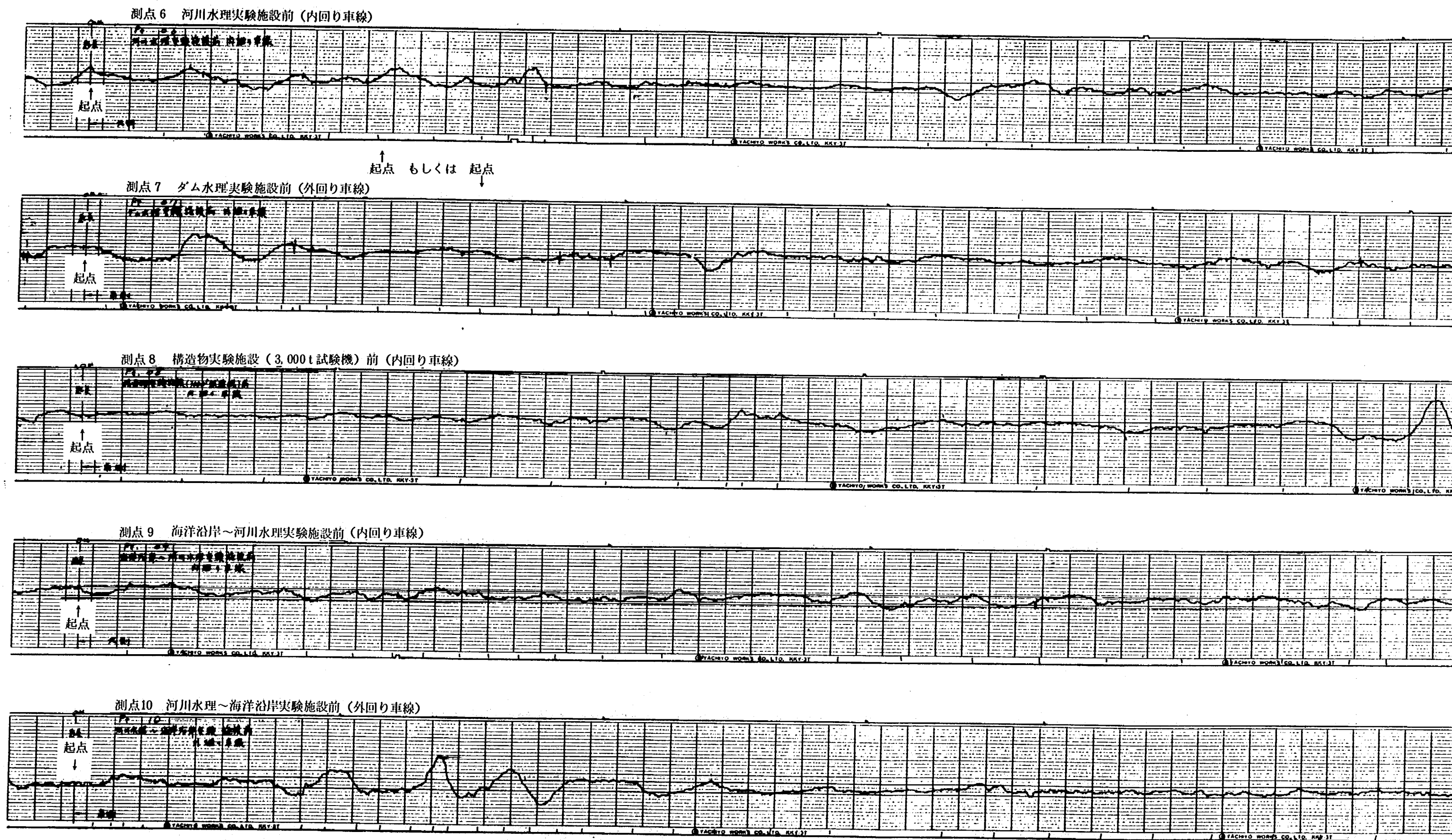


図-1.2(2) 路面凹凸波形（3mプロフィールメータ）

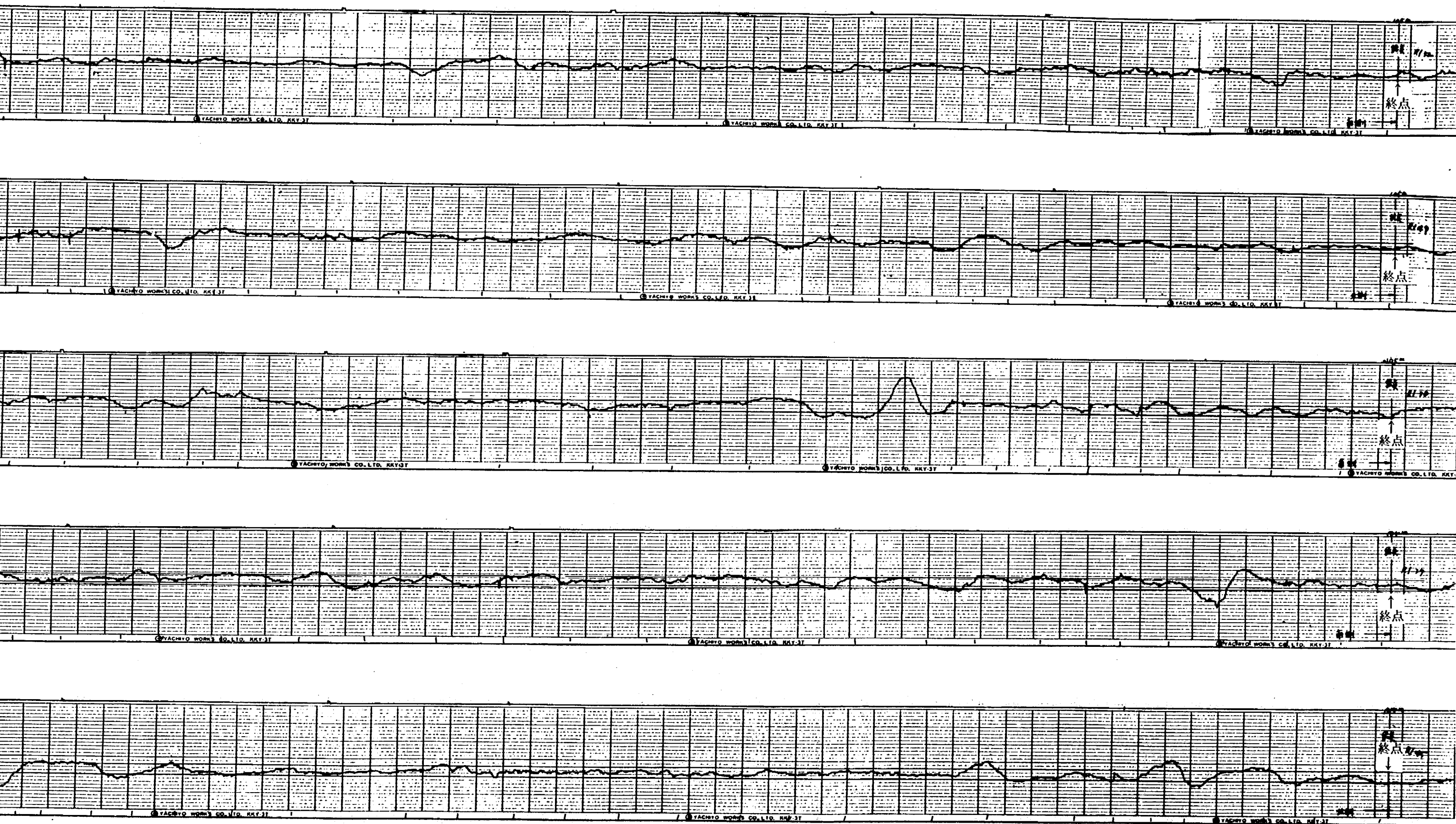
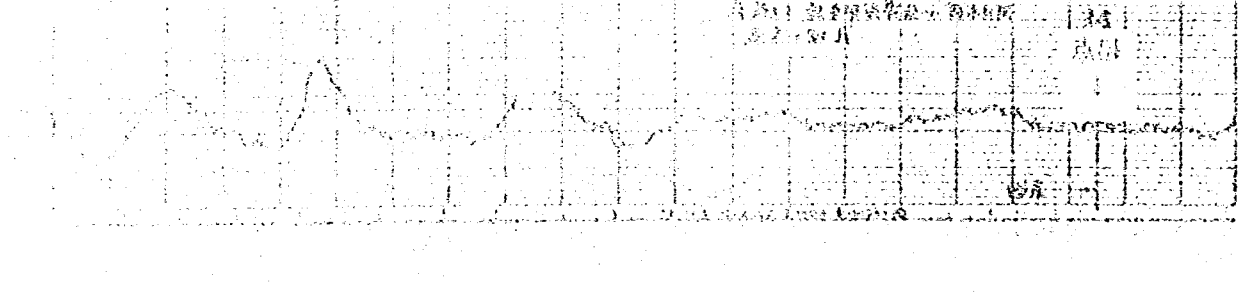
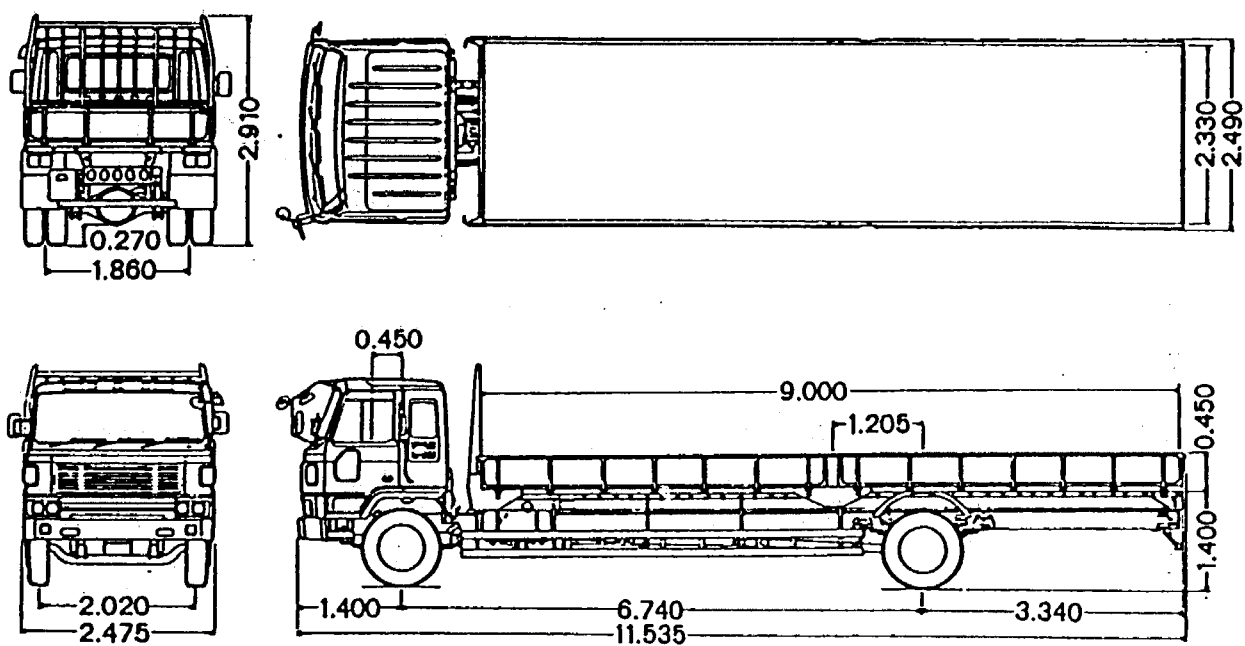


図-1.2(2) 路面凹凸波形 (3mプロフィルメータ)





日産ディゼル K-CK31S 7.5tトラック

図-1.3 試験車

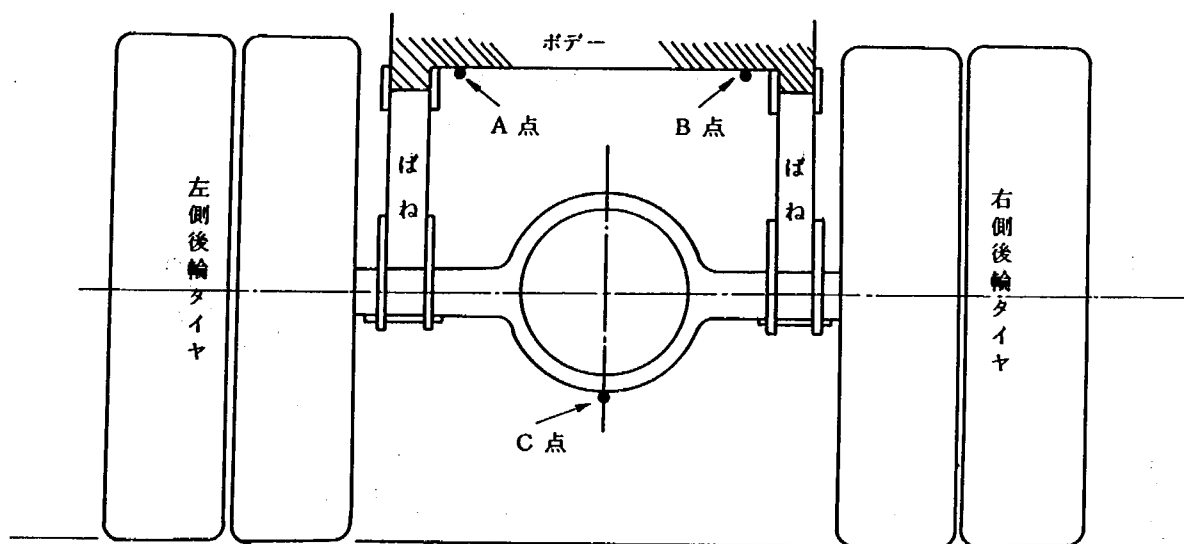


図-1.4 変位の測定位置

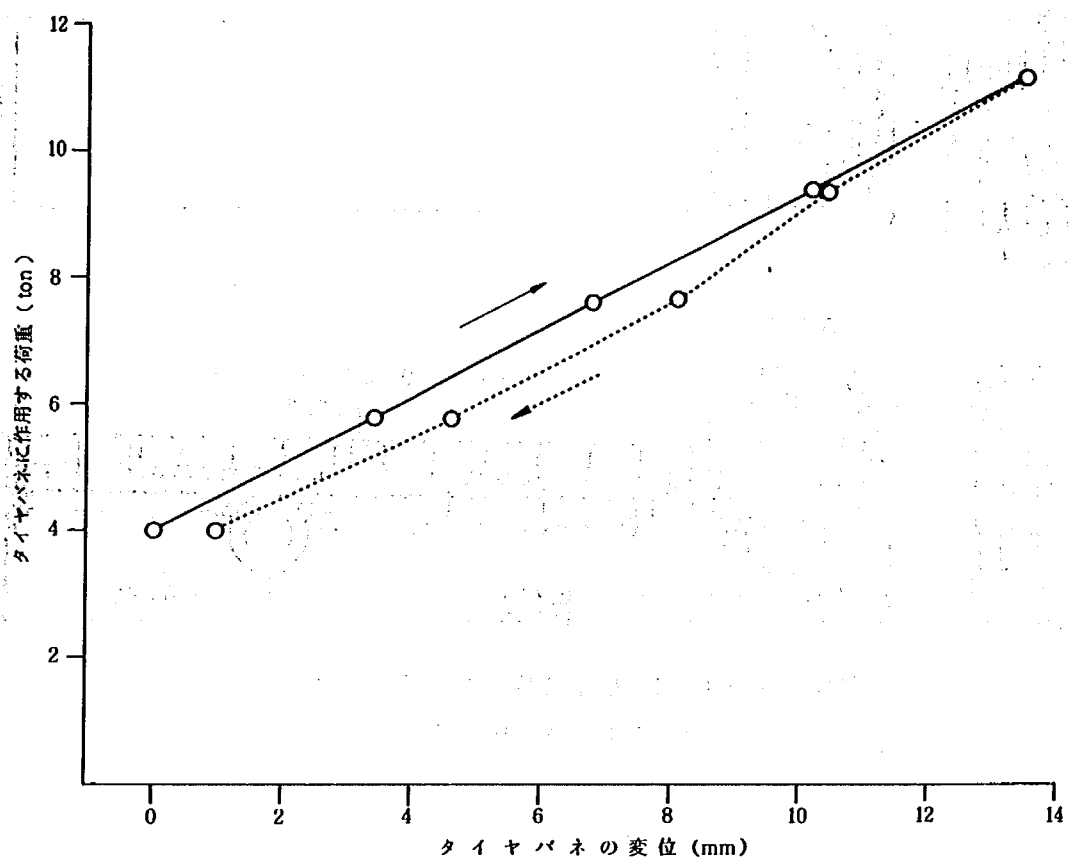


図-1.5 (1) 荷重と変位の関係 (タイヤバネ)

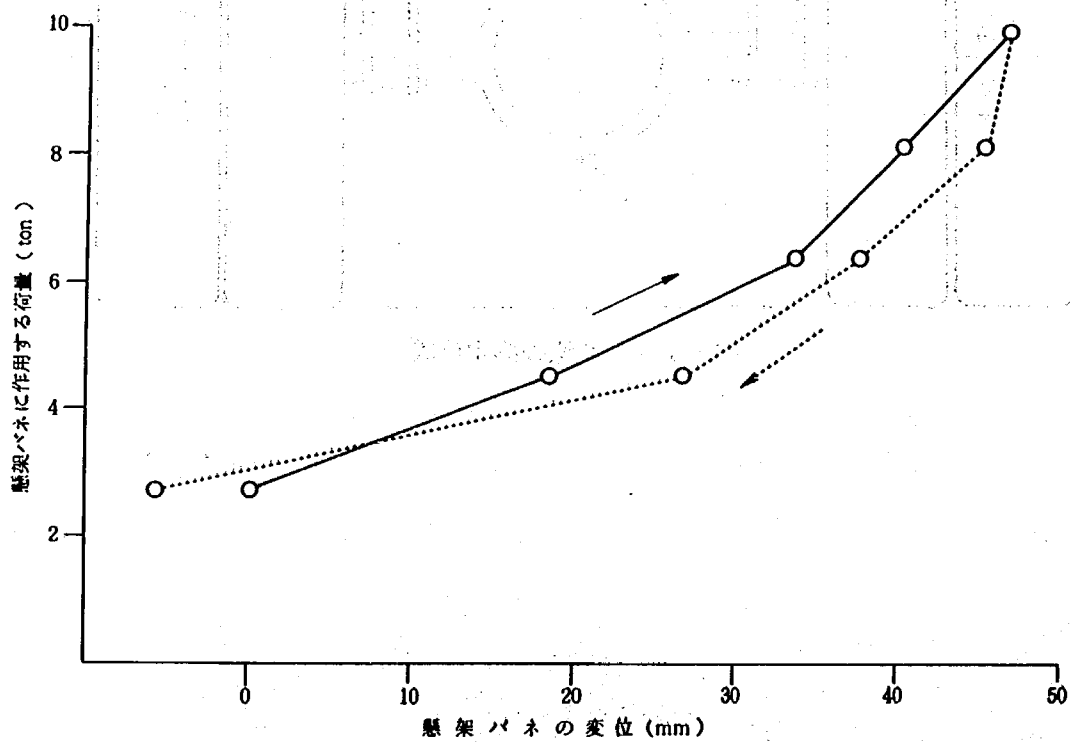


図-1.5 (2) 荷重と変位の関係 (懸架バネ)

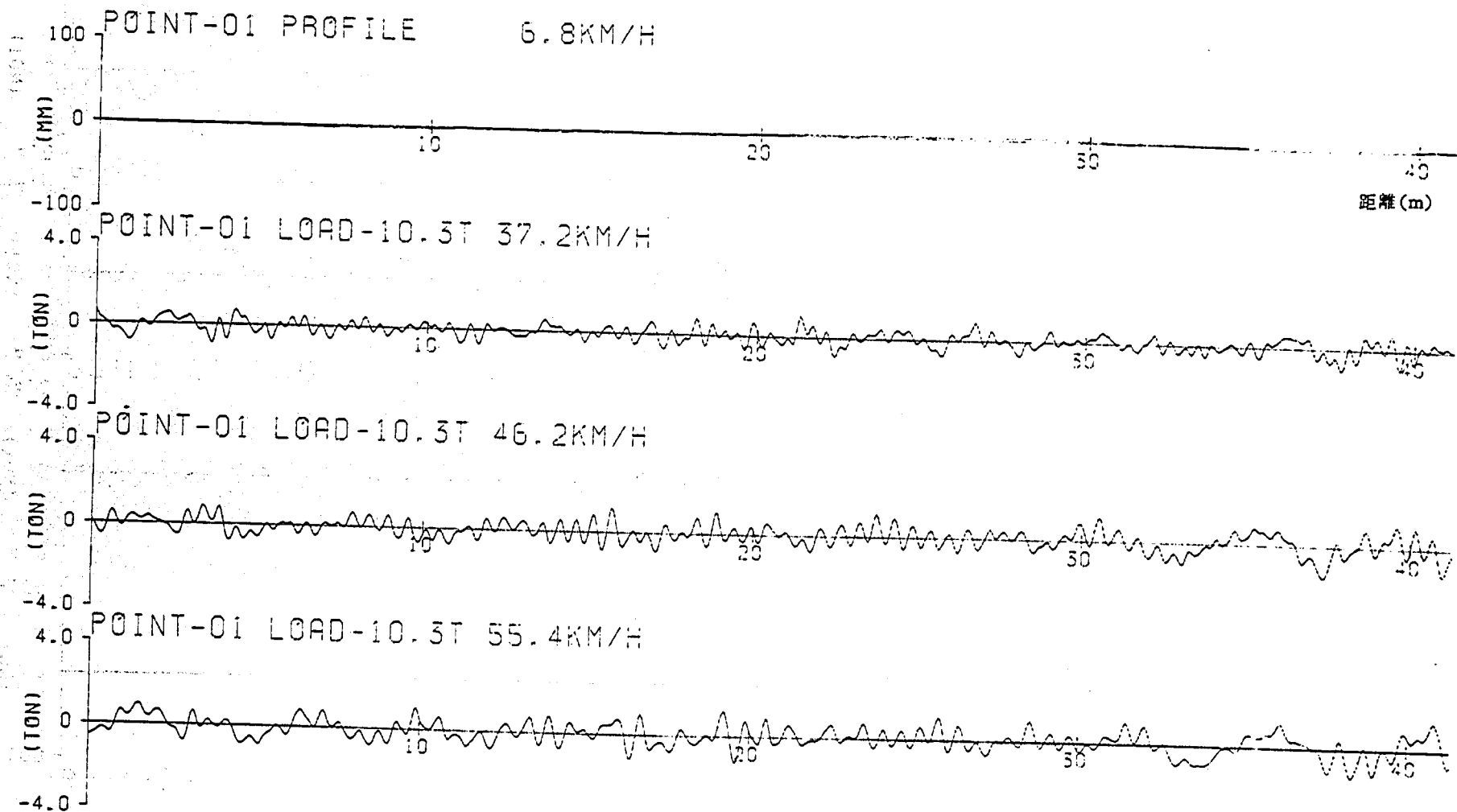


図-1.6(1) 路面凹凸および動的付加荷量の記録 (調査地点1.荷重-1 10.30 ton)

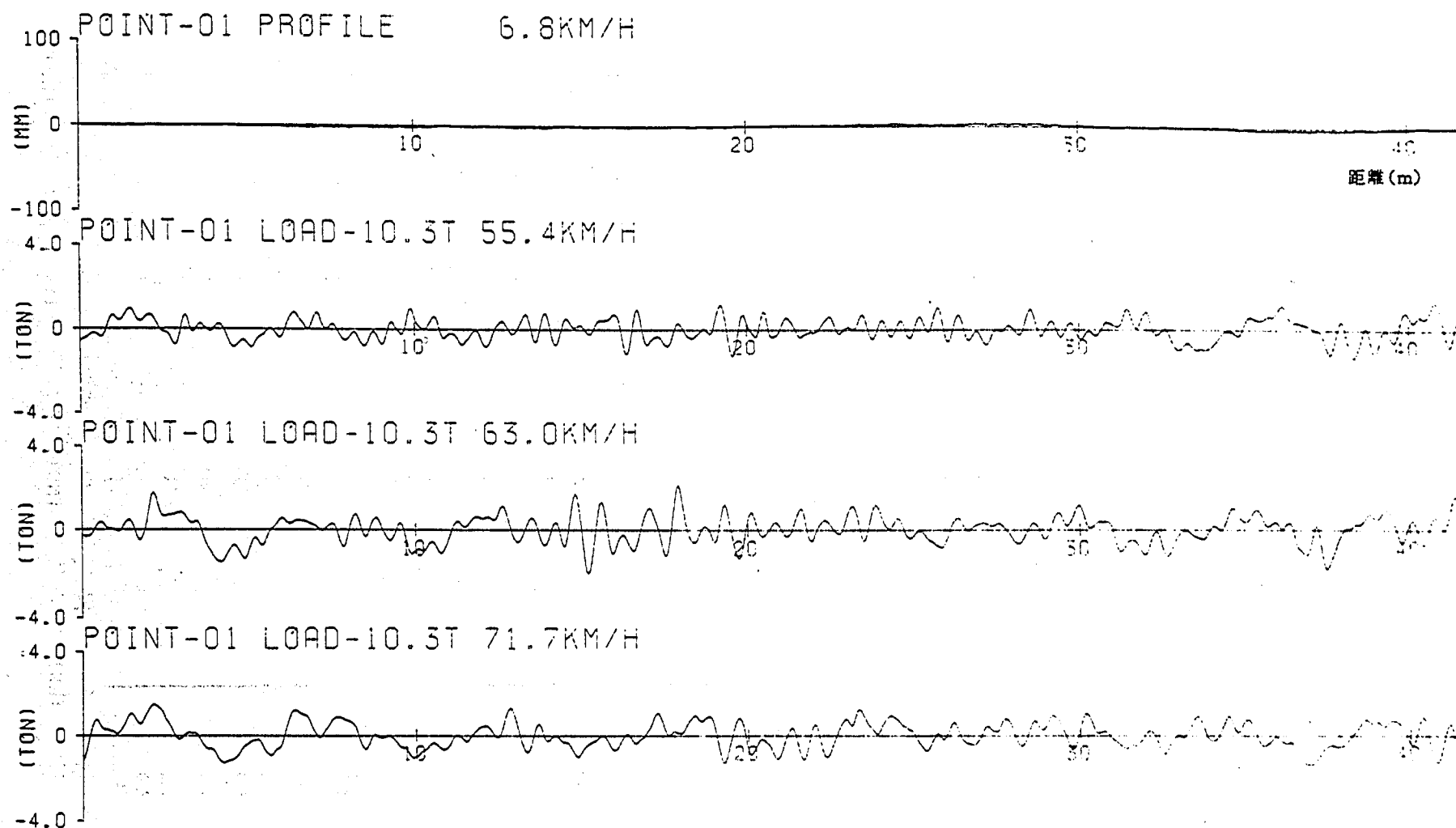


図-1.6(2) 路面凹凸および動的付加荷重の記録 (調査地点1, 荷重-1 10.30 ton)

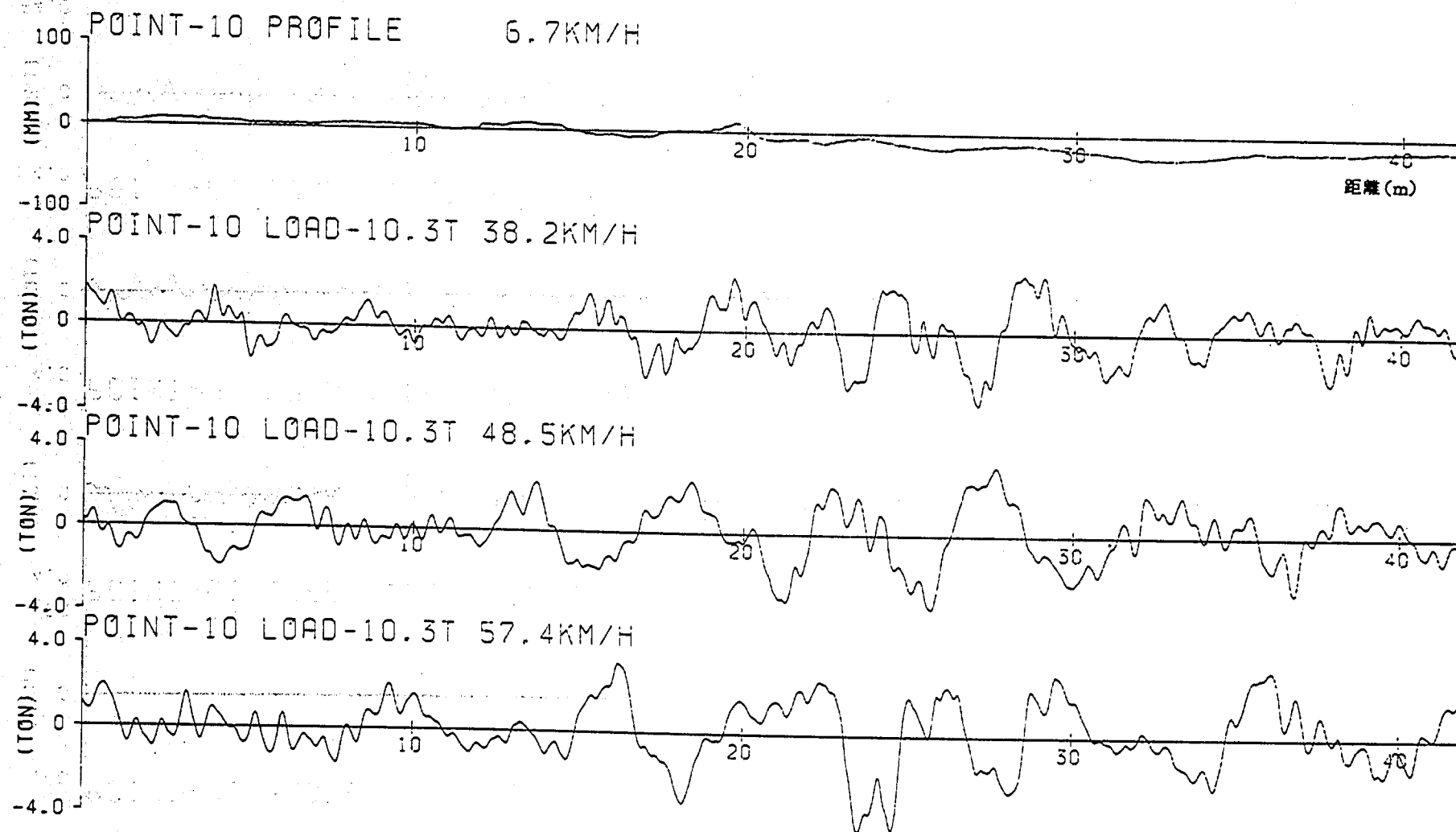


図-1.6(3) 路面凹凸および動的付加荷重の記録 (調査地点10, 荷重-1 10.30 ton)

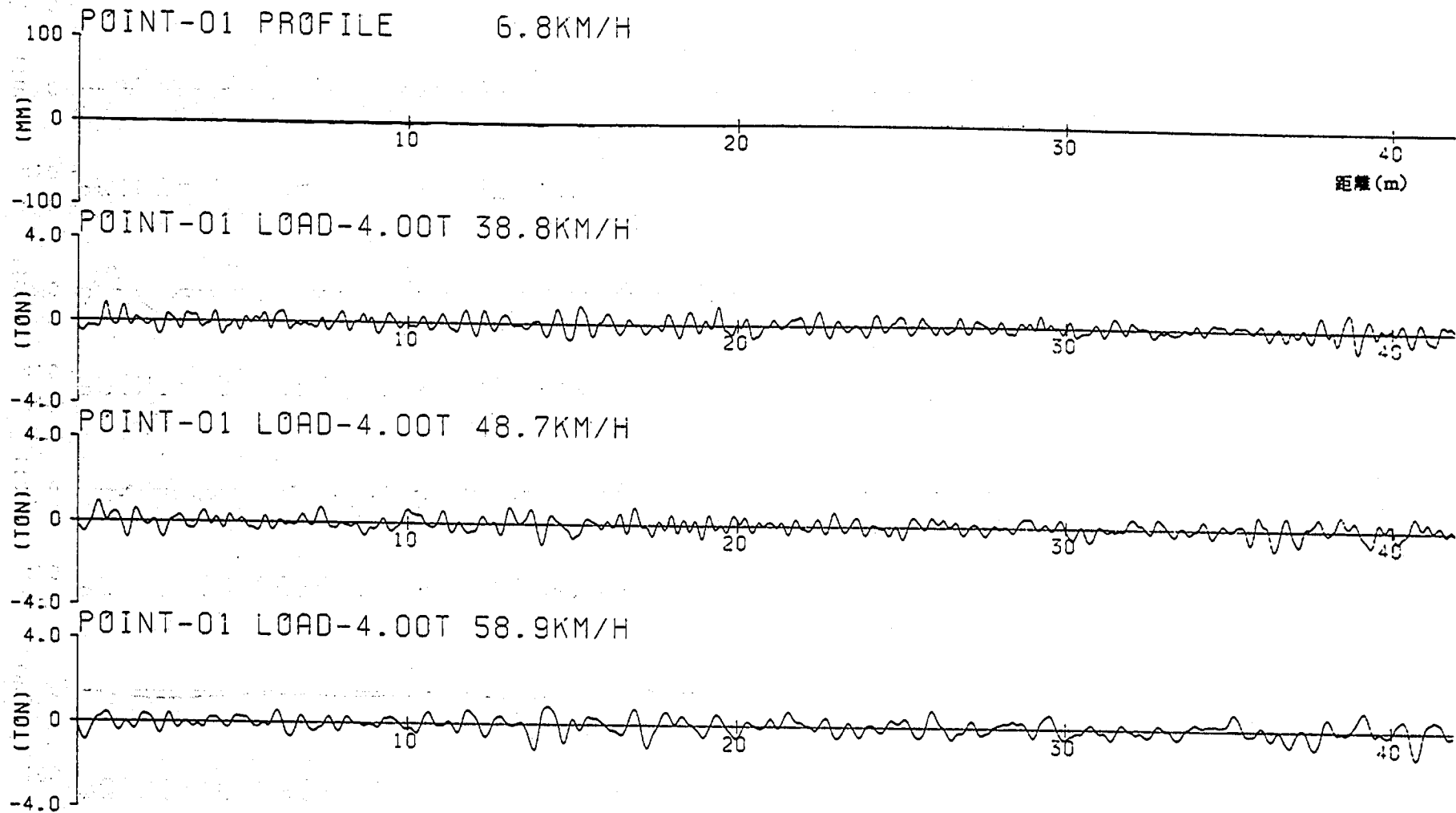


図-1.6(4) 路面凹凸および動的付加荷重の記録 (調査地点1. 荷重-3 4.00 ton)

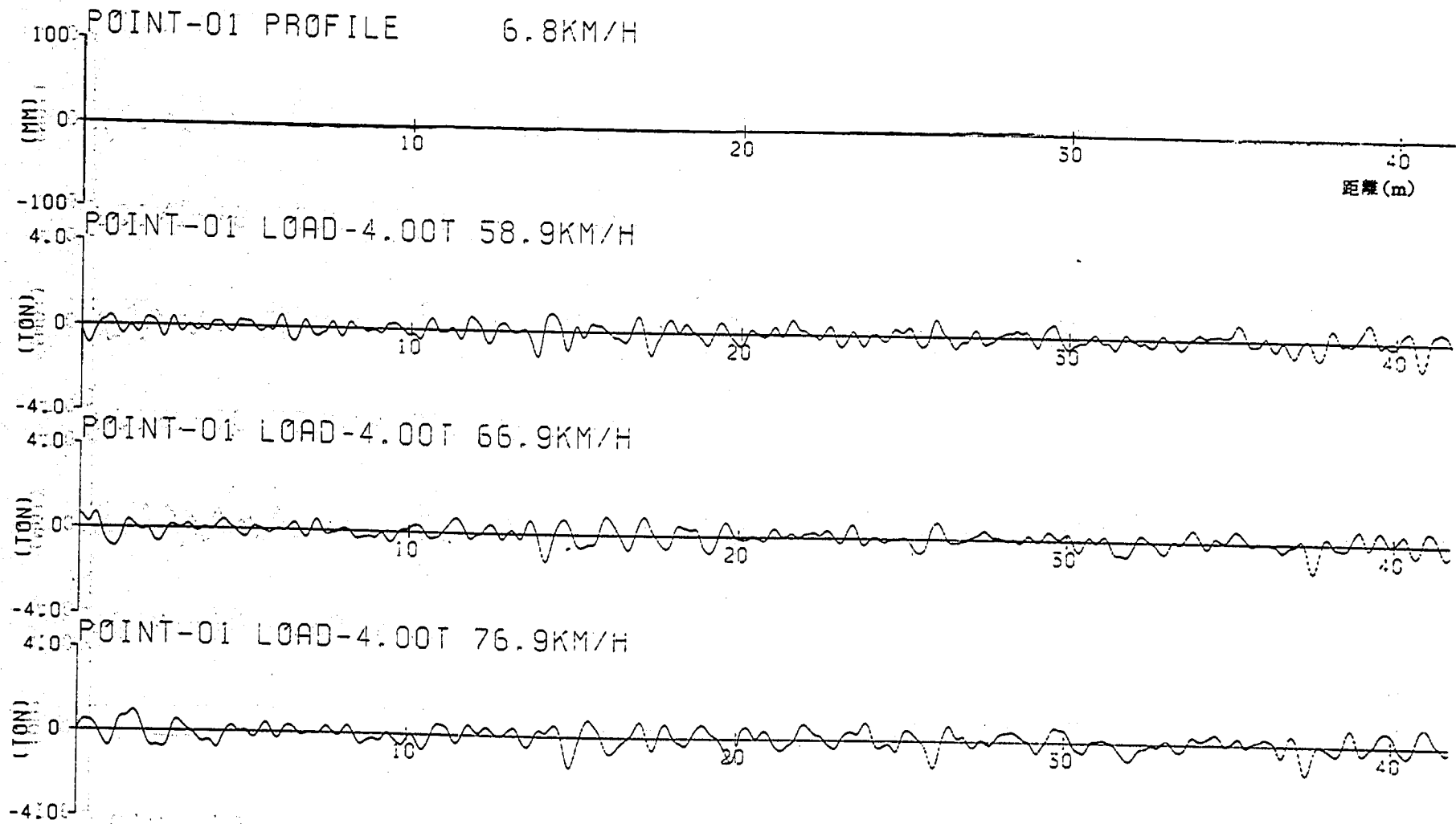


図-1.6(5) 路面凹凸および動的付加荷重の記録 (調査地点1.荷重3 4.00 ton)

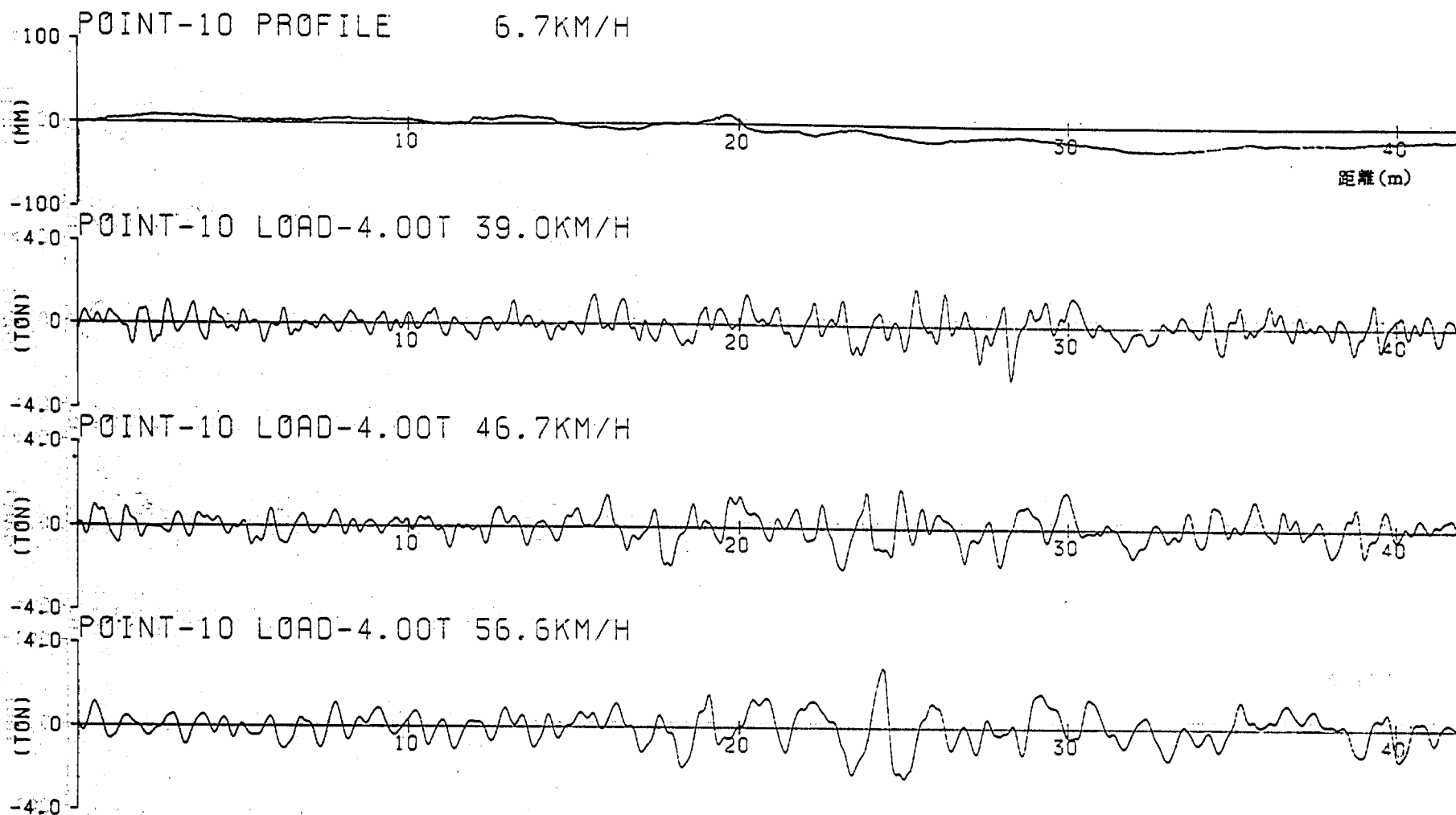
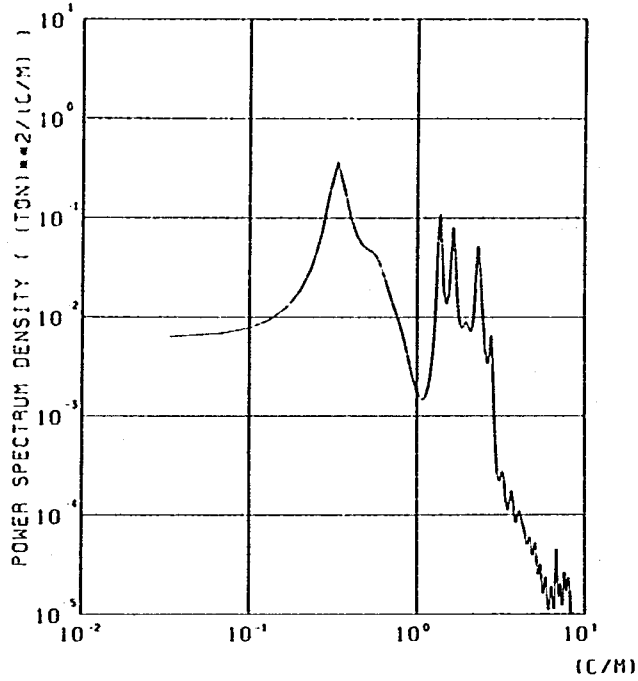


図-1.6(6) 路面凹凸および動的付加荷重の記録 (調査地点10荷重-3 4.00 ton)

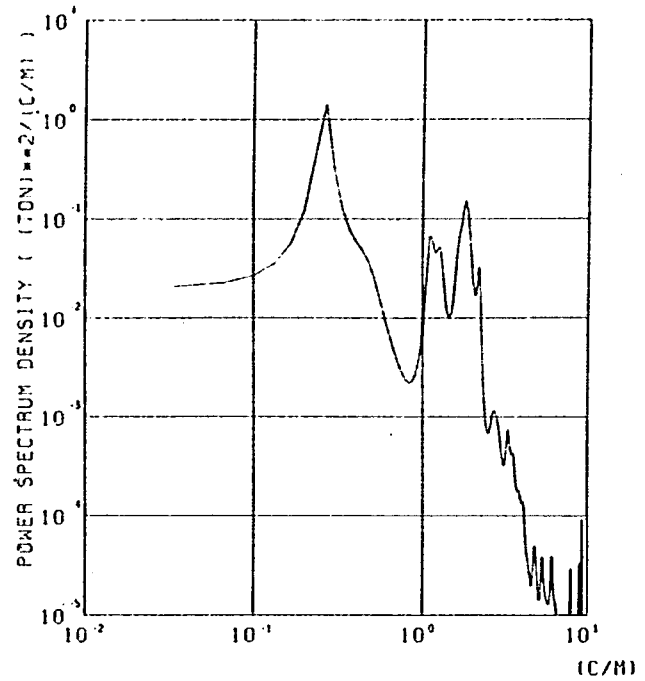
POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-01 LOAD-10.3T 37.2KM/H



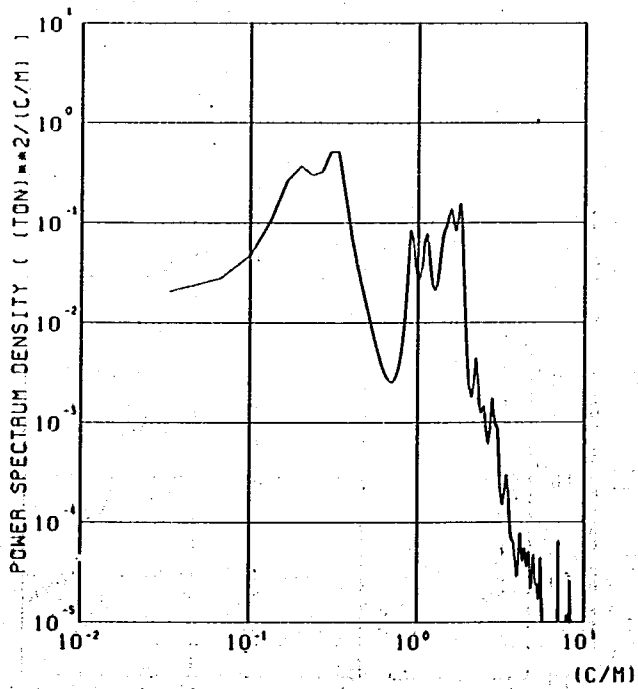
POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-01 LOAD-10.3T 46.2KM/H



POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-01 LOAD-10.3T 55.4KM/H



POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-01 LOAD-10.3T 63.0KM/H

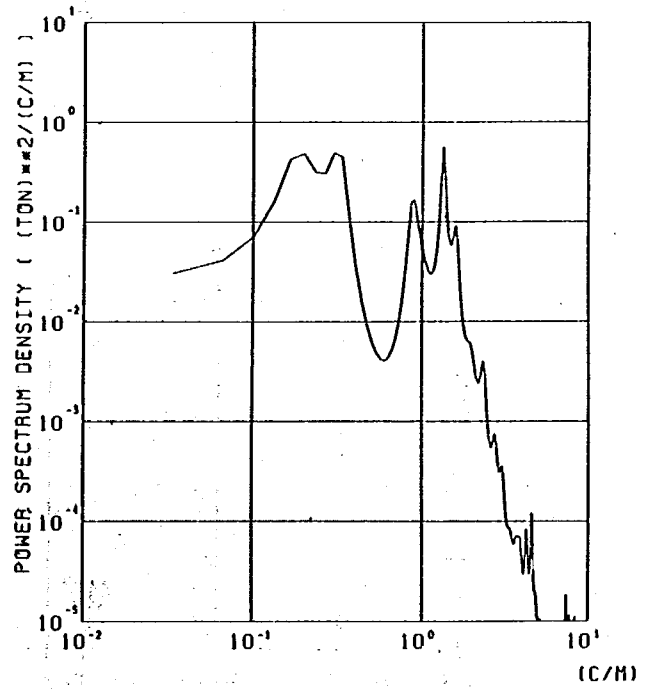
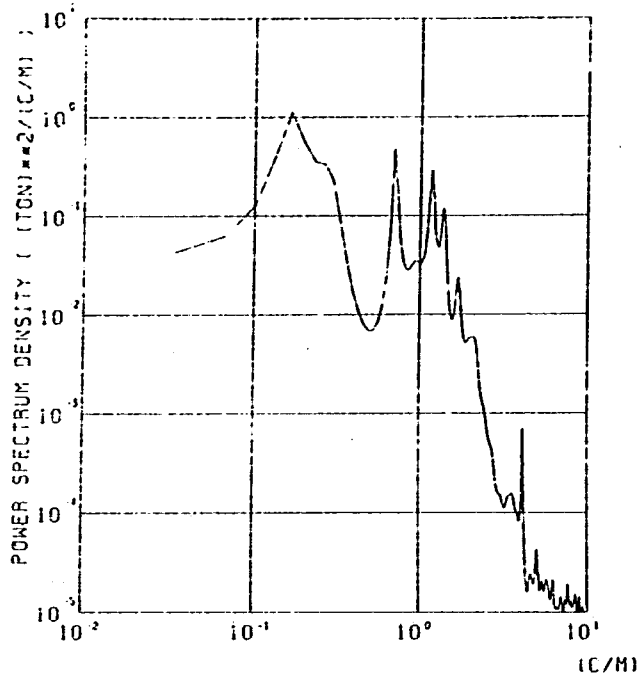


図1.7(1) 動的付加荷重のパワースペクトル密度 (荷重=10.30 ton)

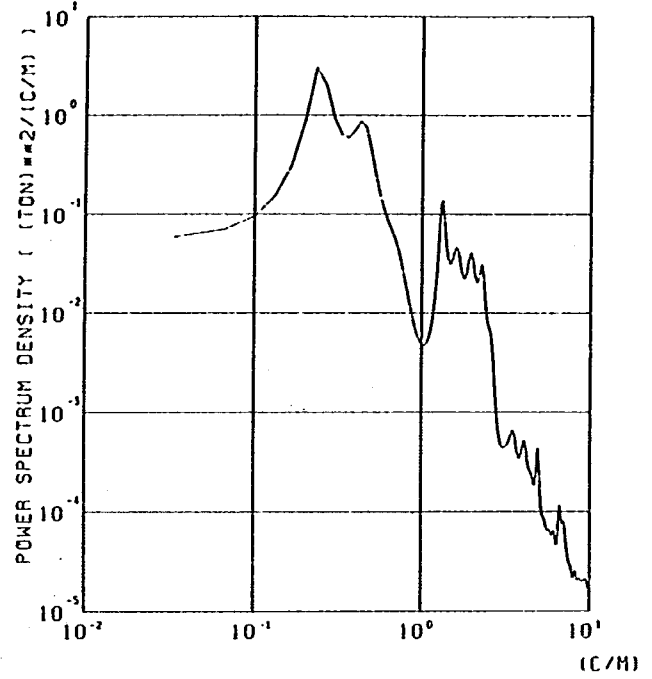
POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-01 LOAD-10.3T 71.7KM/H



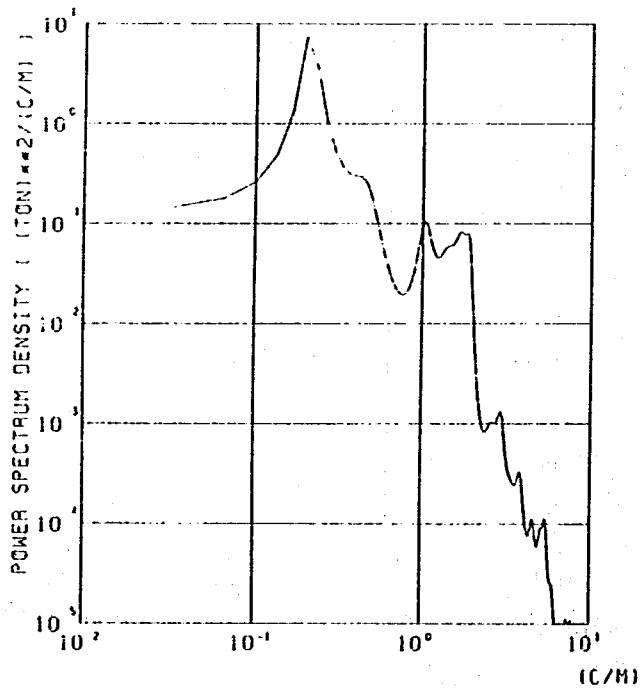
POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-10 LOAD-10.3T 38.2KM/H



POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-10 LOAD-10.3T 48.5KM/H



POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-10 LOAD-10.3T 57.4KM/H

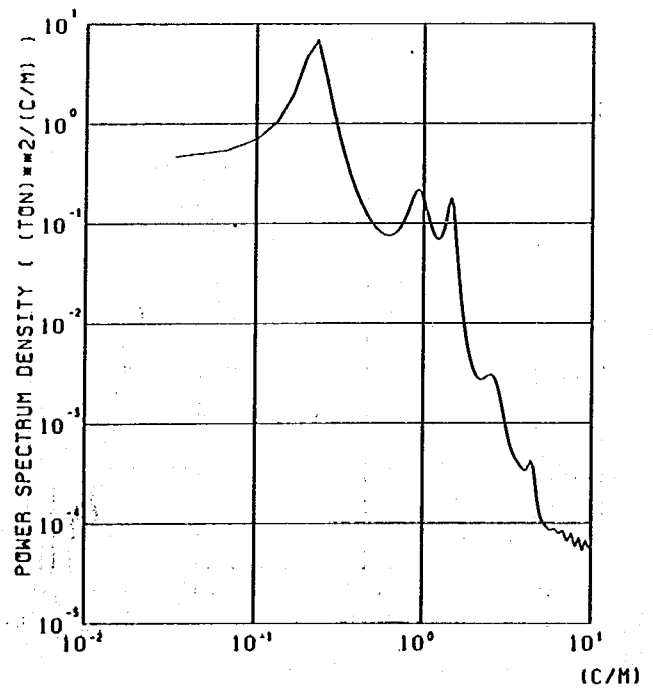


図-1.7(2) 動的付加荷重のパワースペクトル密度 (荷重=10/30 ton.)

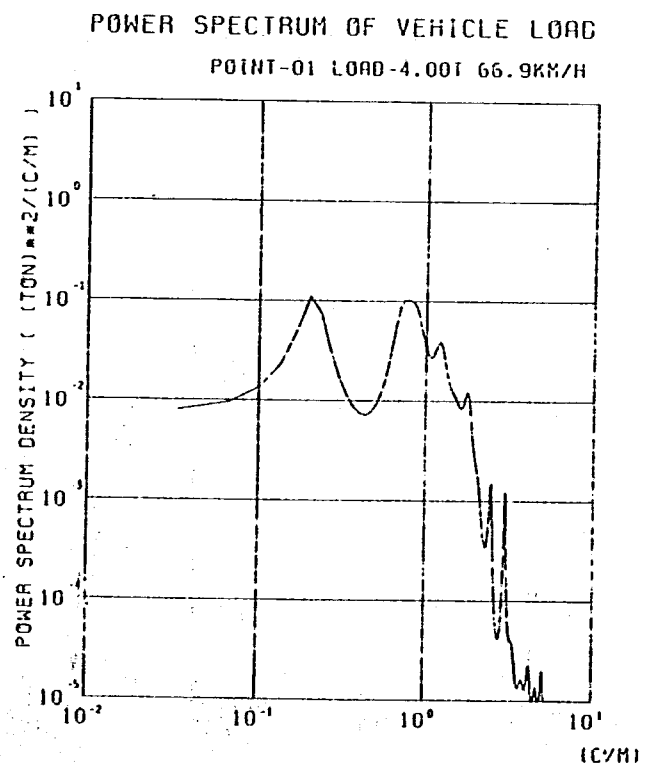
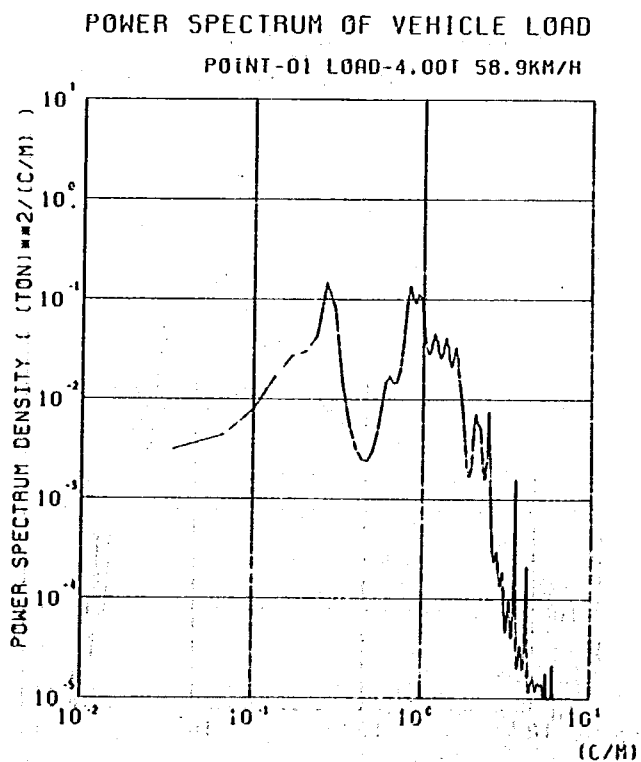
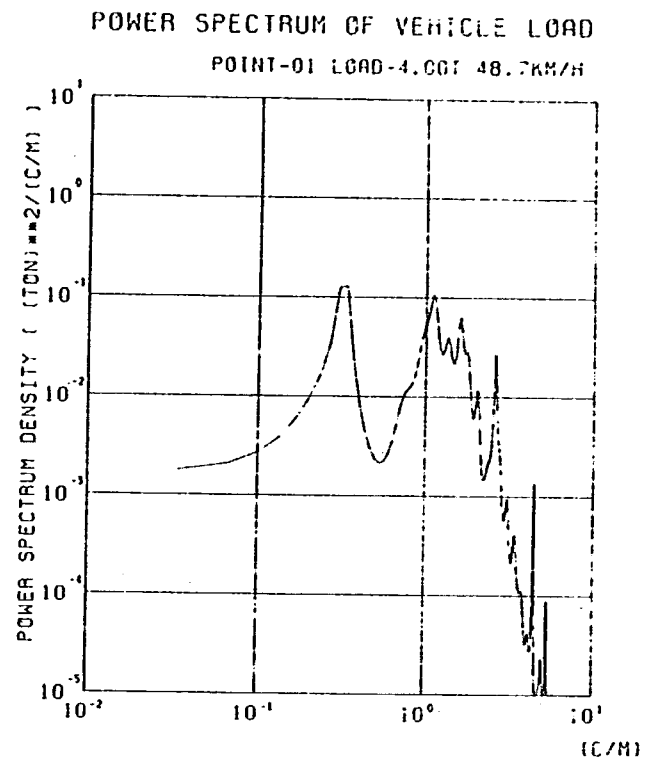
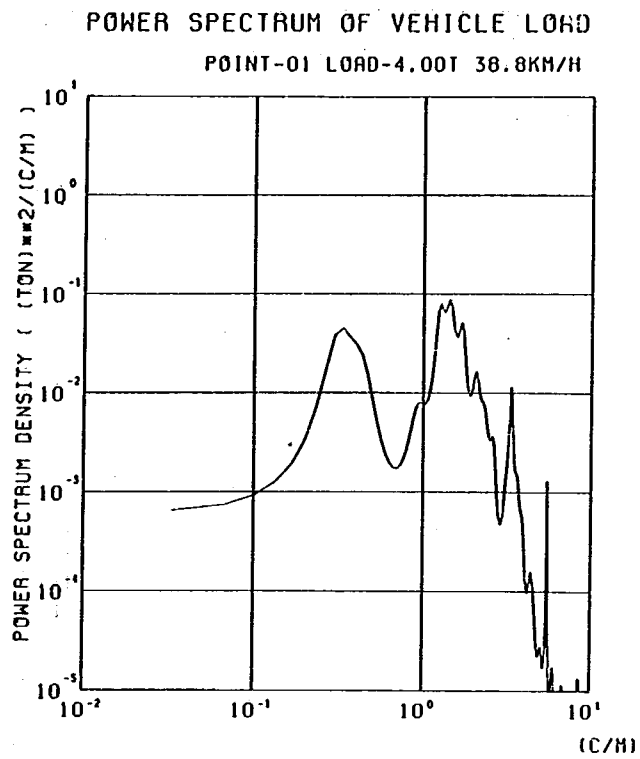
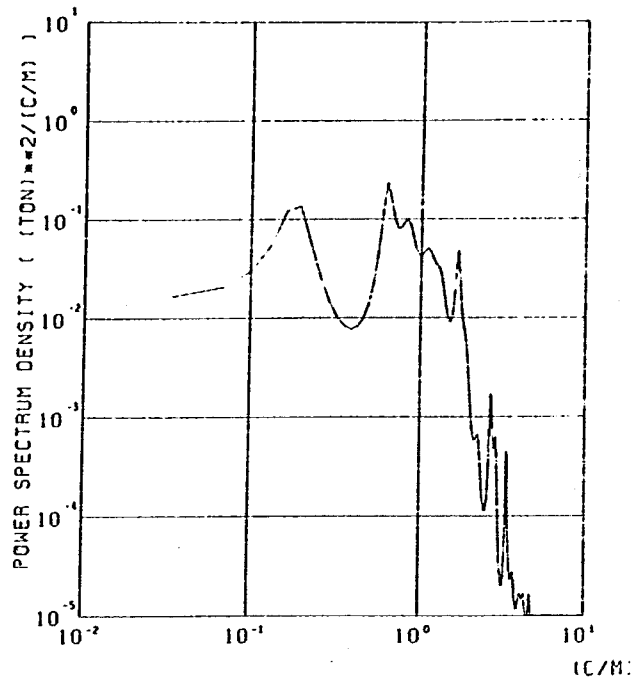


図-1.7(3) 動的付加荷重のパワースペクトル密度 (荷重=3 4.00 ton)

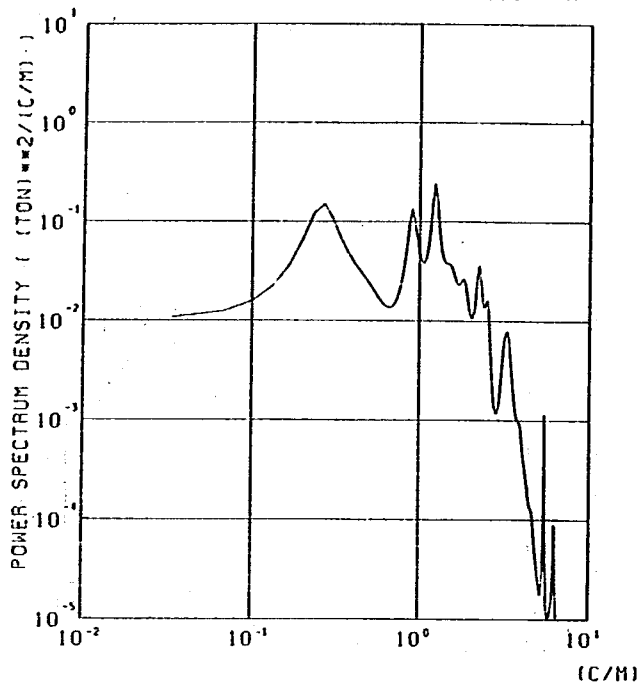
POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-01 LOAD-4.00T 76.9KM/H



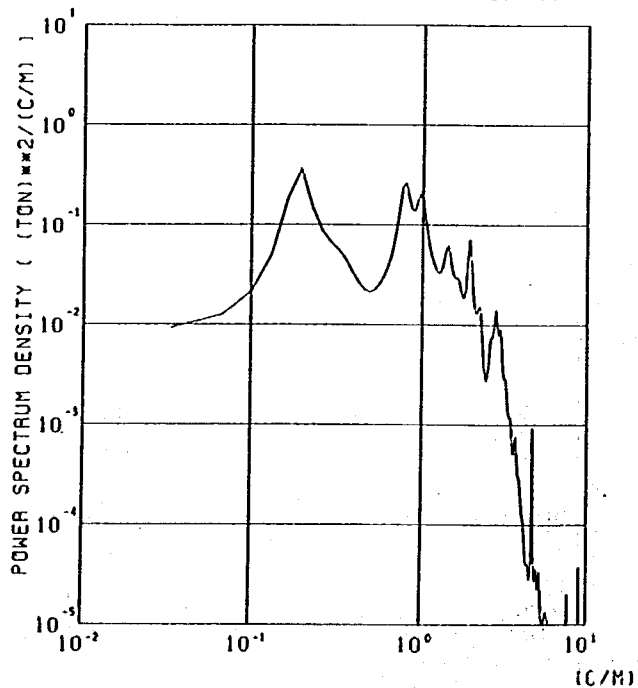
POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-10 LOAD-4.00T 39.0KM/H



POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-10 LOAD-4.00T 46.7KM/H



POWER SPECTRUM OF VEHICLE LOAD

POINT-10 LOAD-4.00T 56.6KM/H

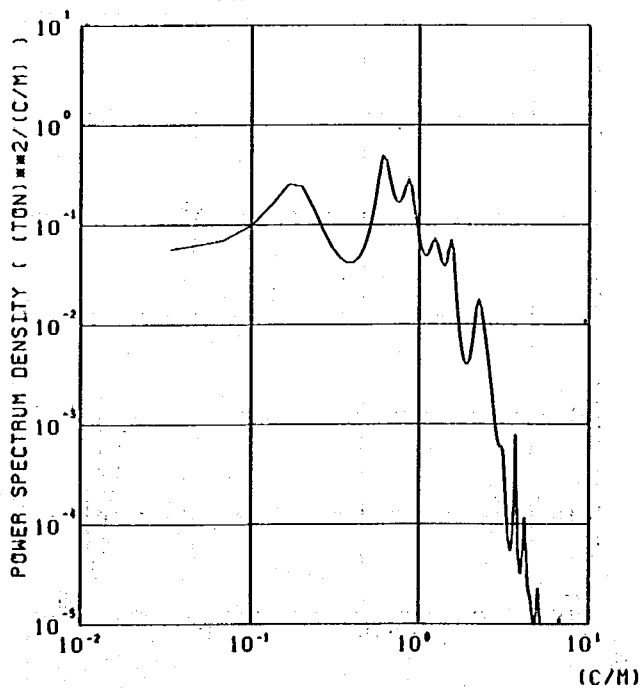
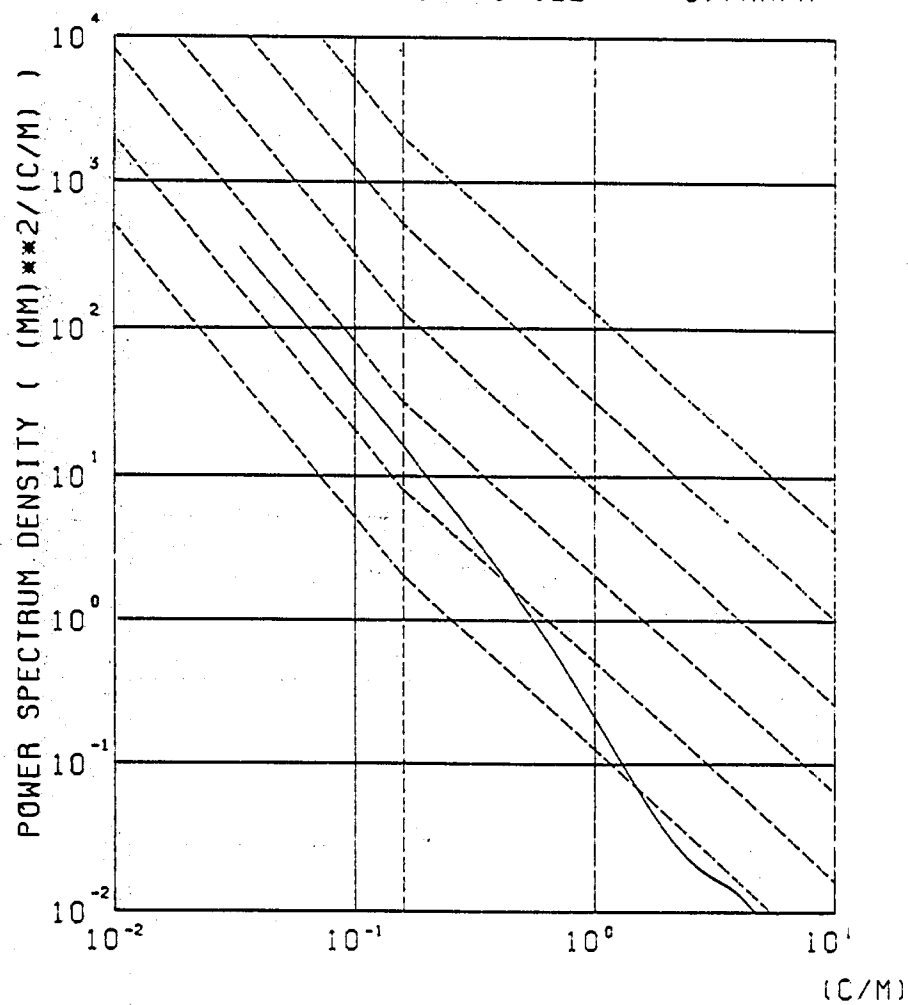


図-1.7(4) 動的付加荷重のパワースペクトル密度 (荷重: 3 4.00 ton)

POWER SPECTRUM OF ROAD PROFILE

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H



POWER SPECTRUM OF ROAD PROFILE

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H

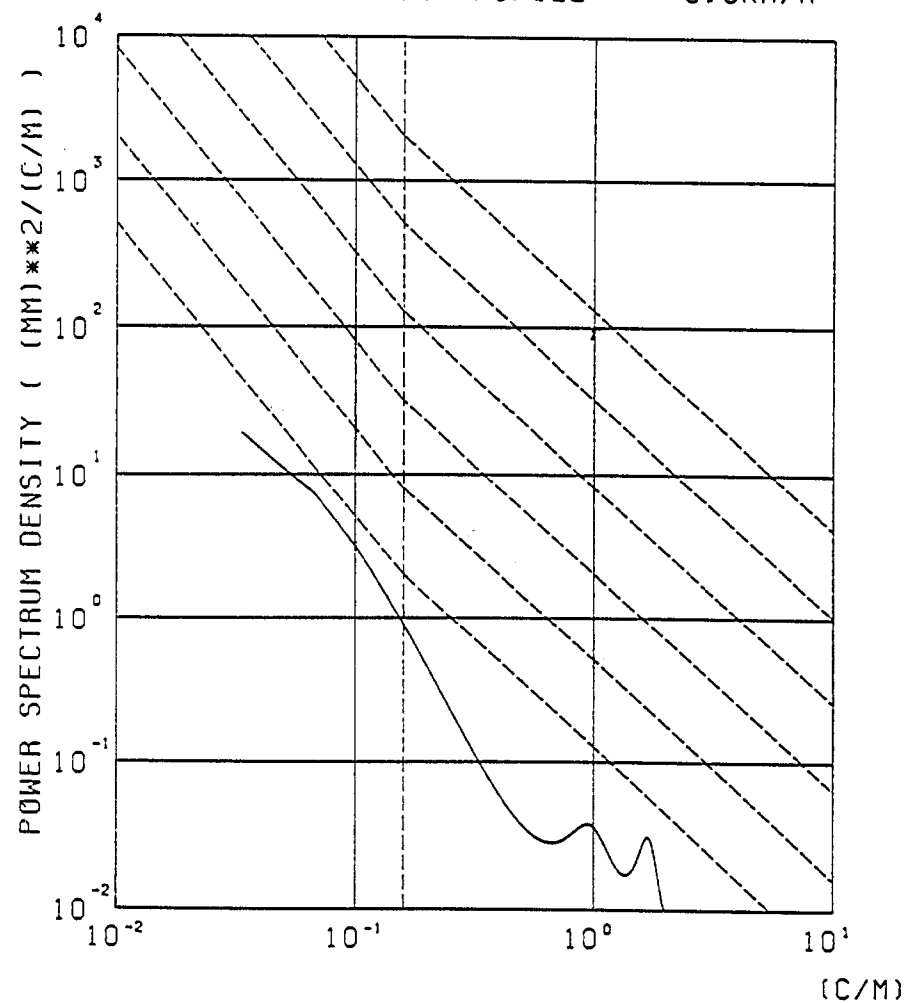
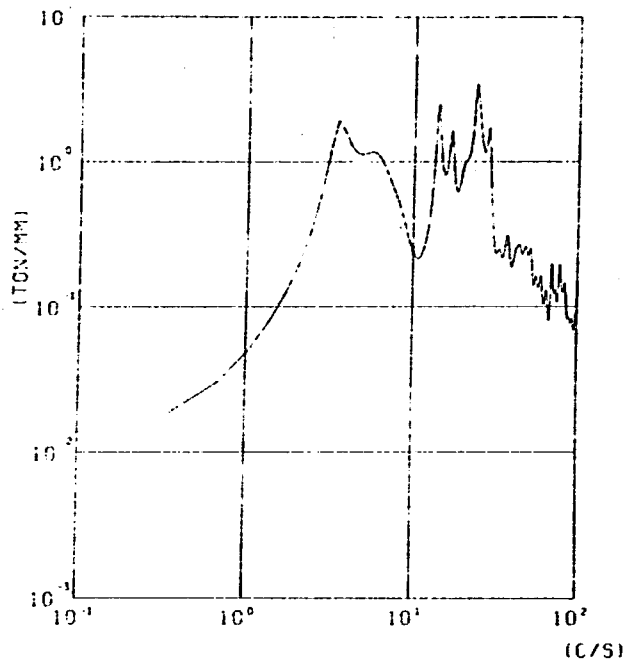


図-1.8 路面凹凸パワースペクトル密度 (調査地点1.10)

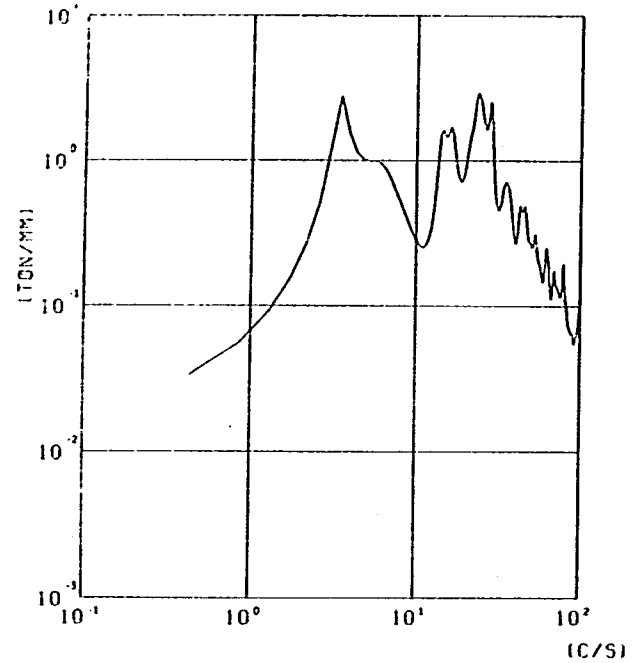
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-10.3T 37.2KM/H



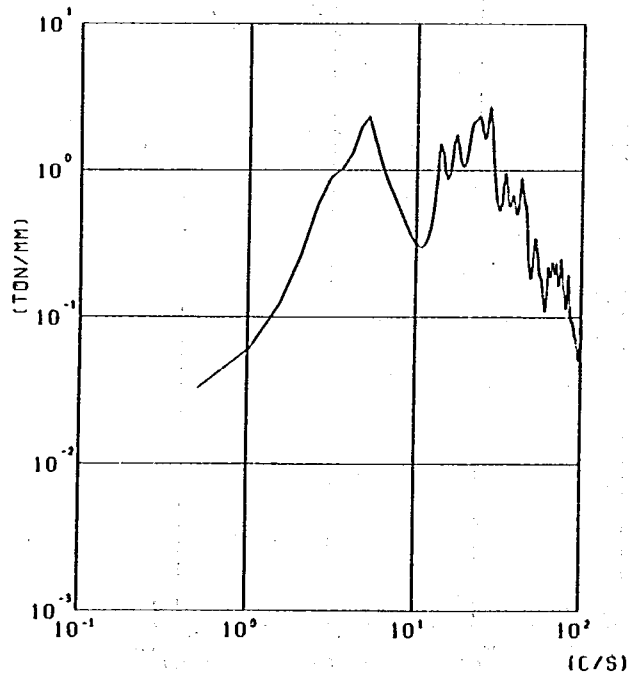
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-10.3T 46.2KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-10.3T 55.4KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-10.3T 63.0KM/H

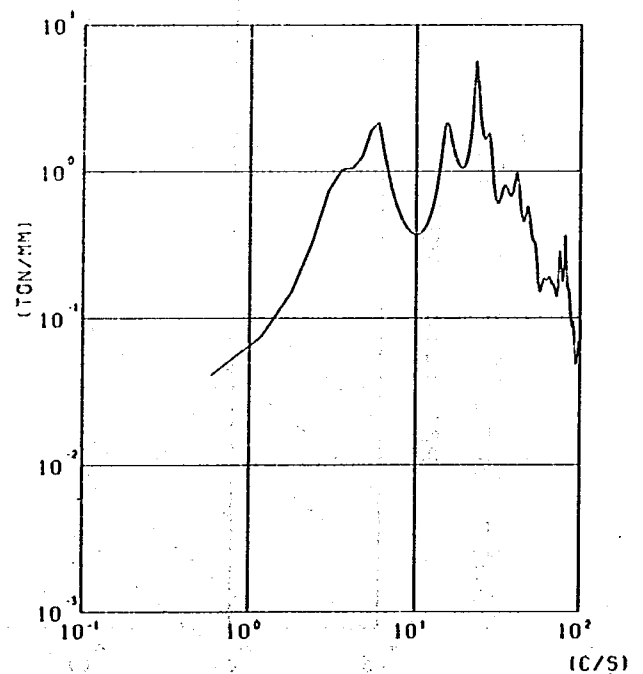
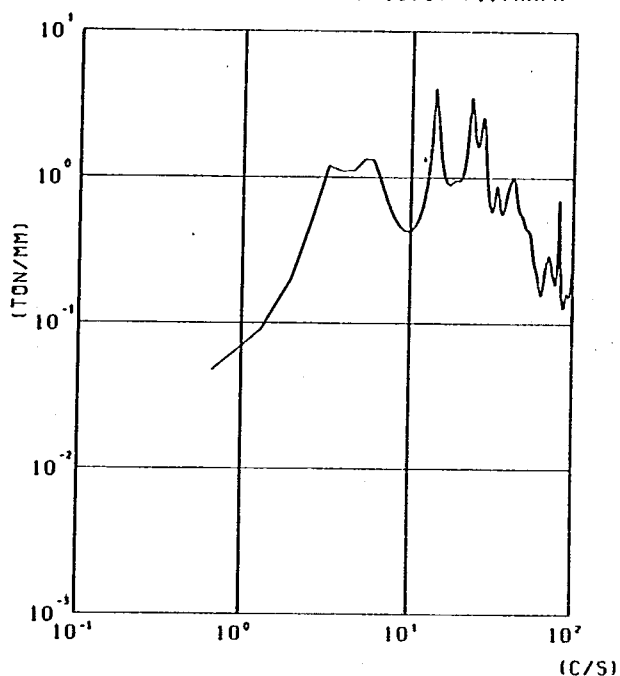


図-1.9(1) 試験車の伝達関数 (荷重-1 10.30 ton)

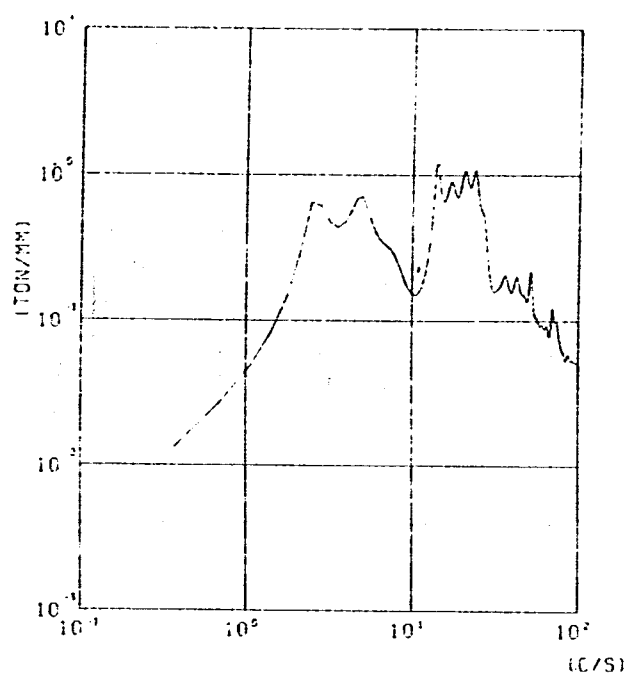
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-10.3T 71.7KM/H



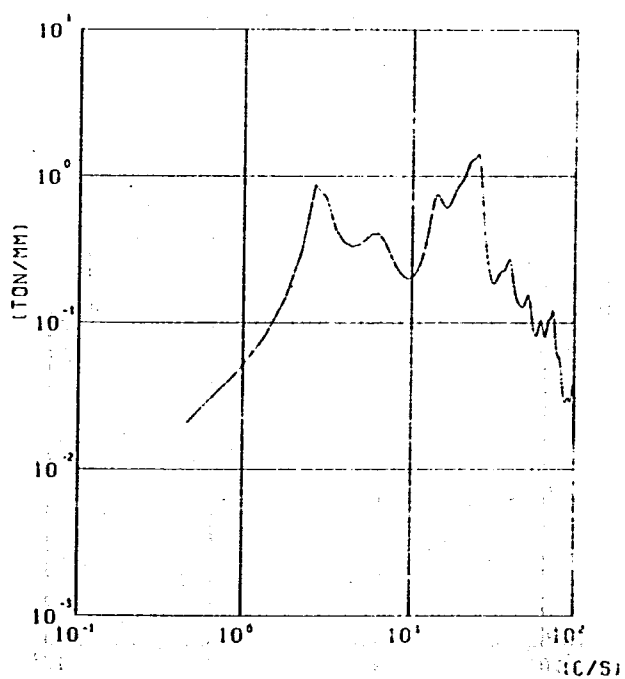
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H
POINT-10 LOAD-10.3T 59.2KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H
POINT-10 LOAD-10.3T 49.5KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H
POINT-10 LOAD-10.3T 57.4KM/H

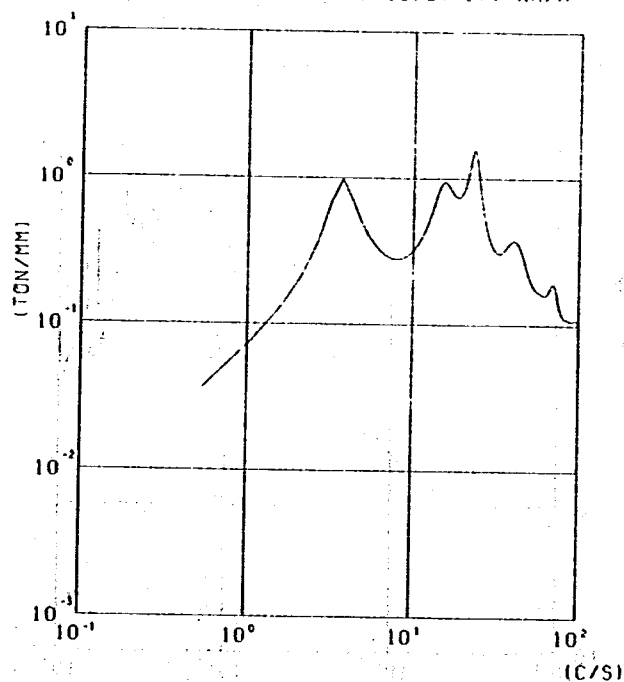
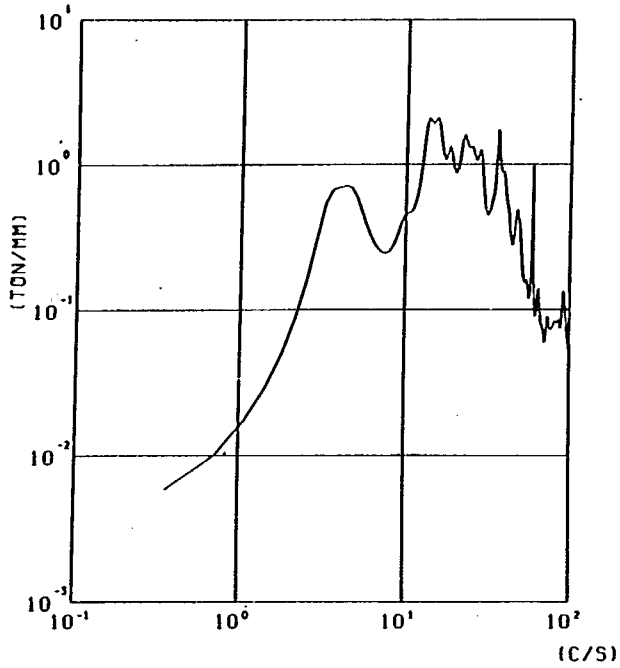


図 1.9(2) 試験車の伝達関数 (荷重 10.30 ton)

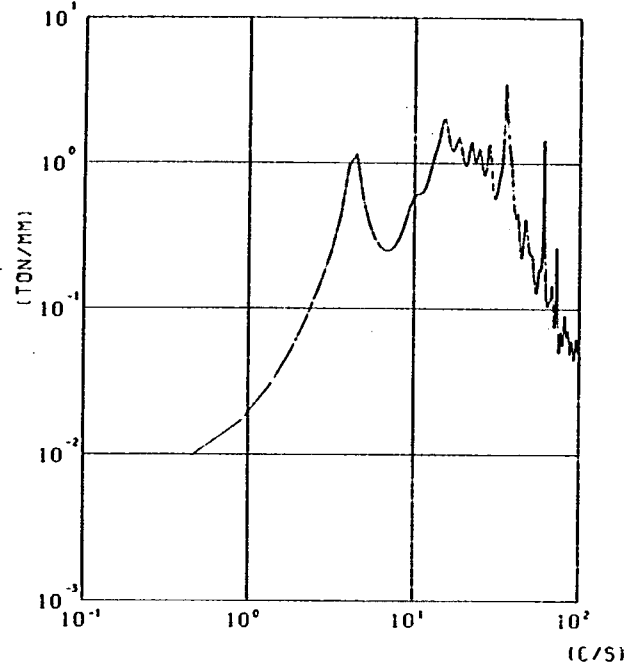
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-4.00T 38.8KM/H



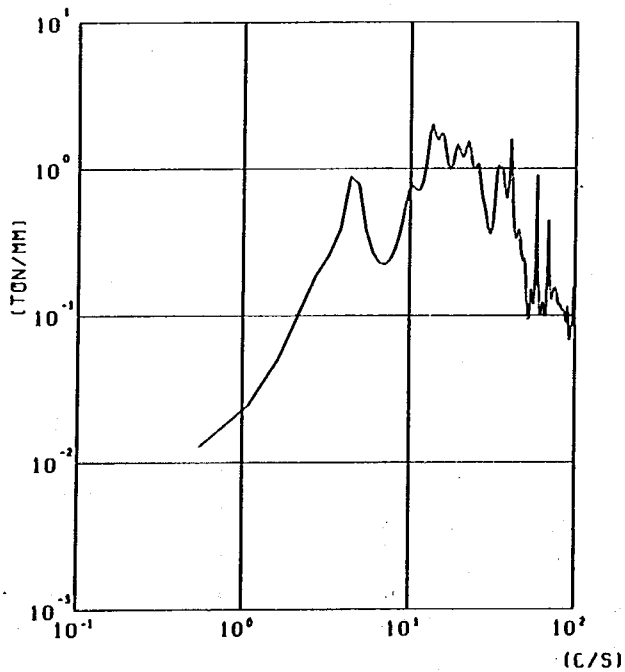
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-4.00T 48.7KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-4.00T 58.9KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-4.00T 66.9KM/H

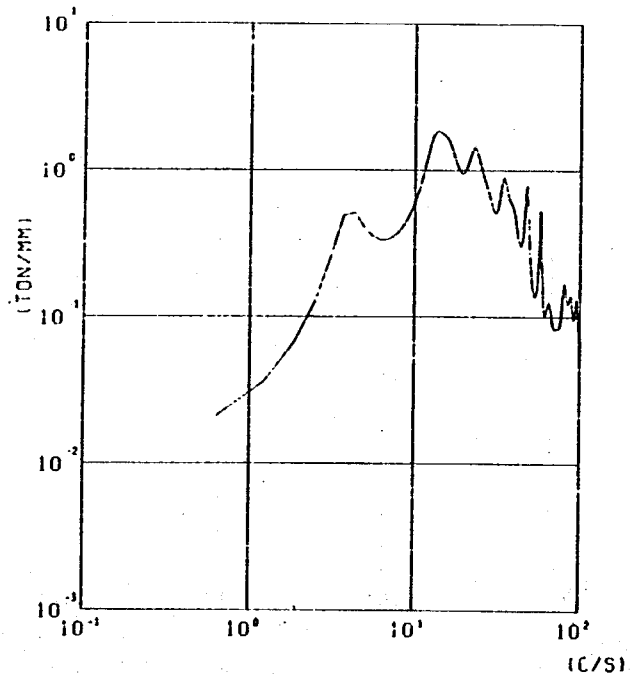
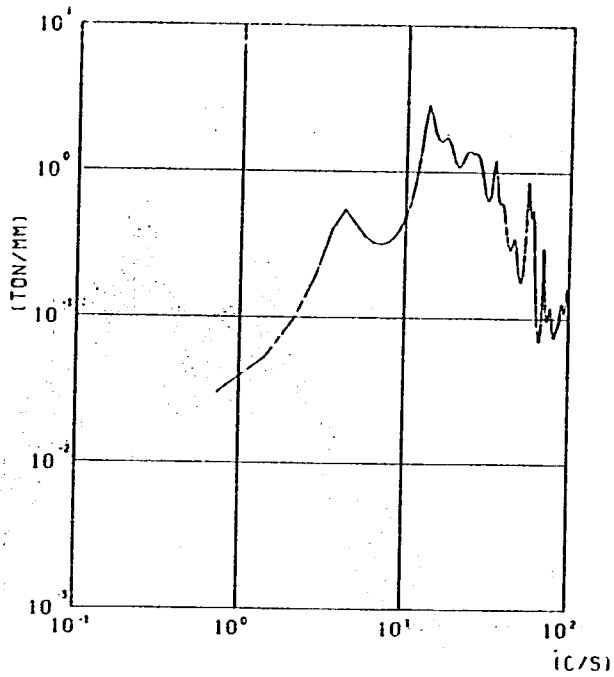


図-1.9(3) 試験車の伝達関数 (荷重=3 4.00 ton)

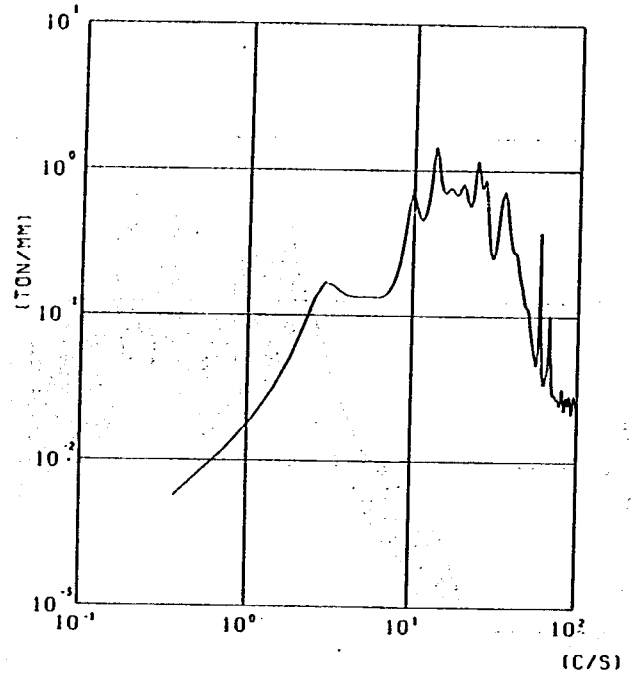
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-01 PROFILE 6.8KM/H
POINT-01 LOAD-4.00T 76.9KM/H



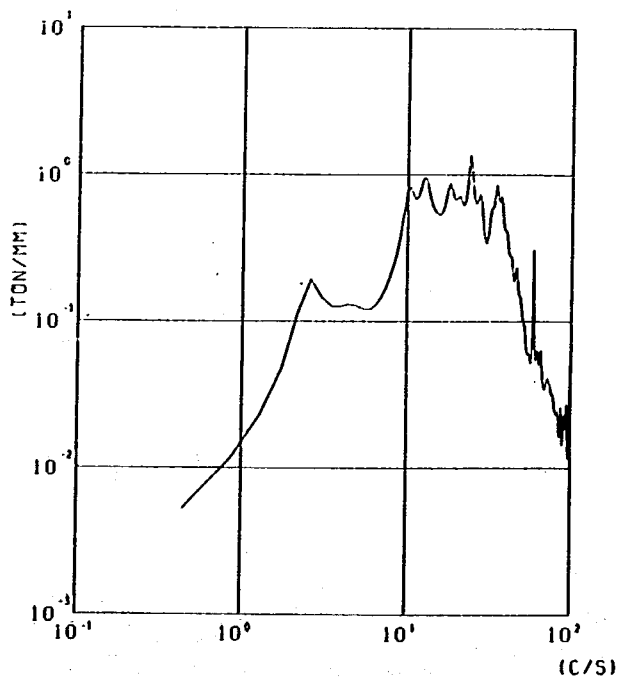
TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H
POINT-10 LOAD-4.00T 39.0KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H
POINT-10 LOAD-4.00T 46.7KM/H



TRANSFER FUNCTION OF TRUCK

POINT-10 PROFILE 6.7KM/H
POINT-10 LOAD-4.00T 56.6KM/H

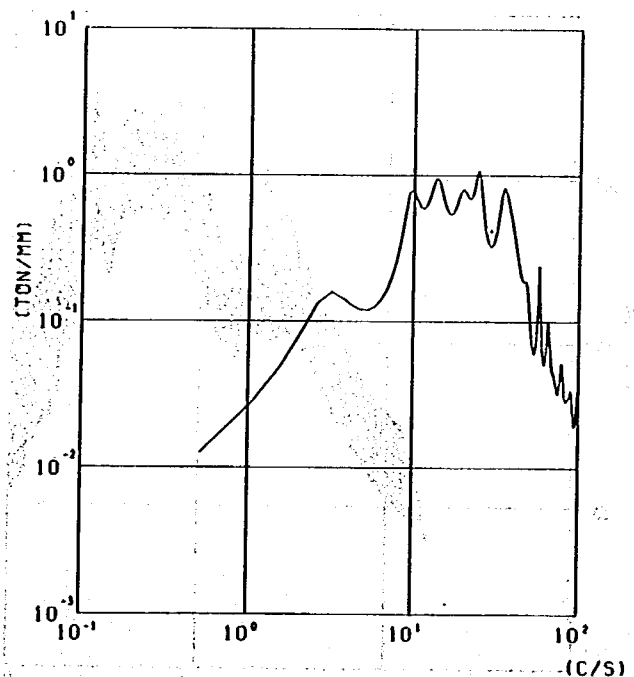


図-1.9(4) 試験車の伝達関数 (荷重=3 4.00 ton)

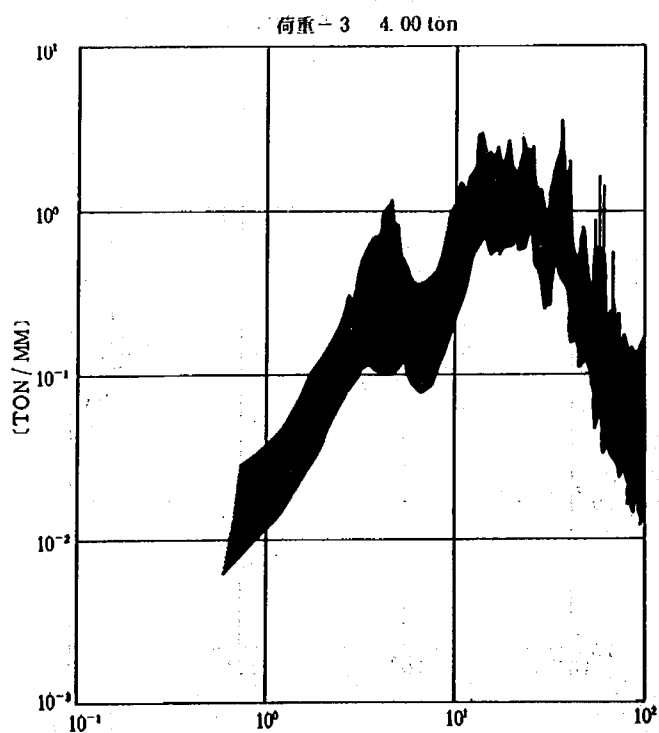
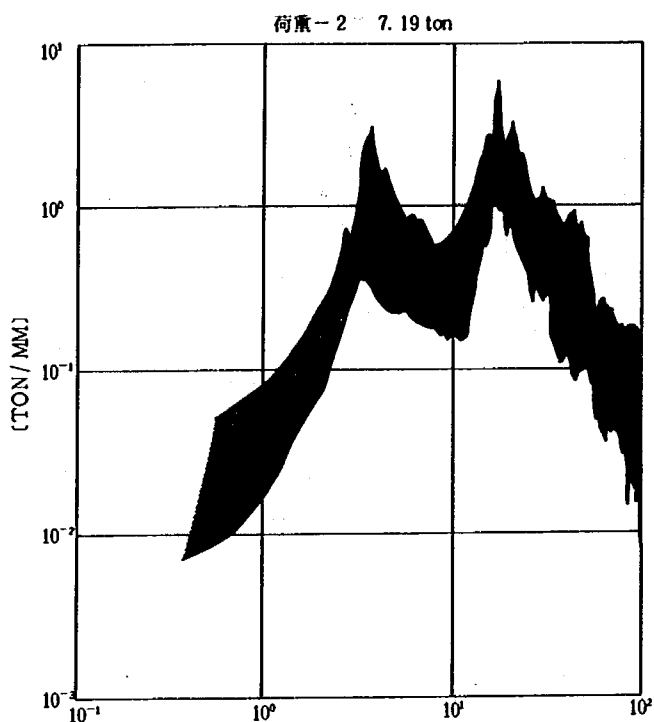
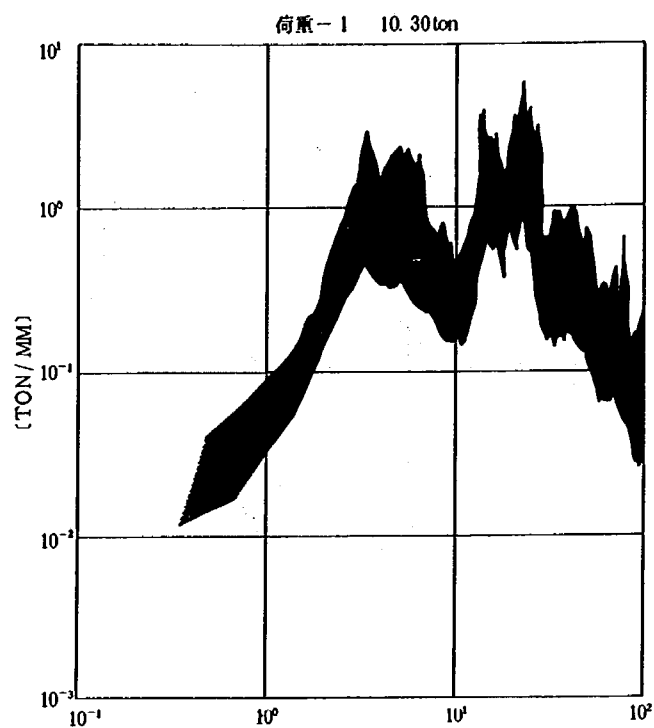


図-1.10 伝達関数の存在範囲

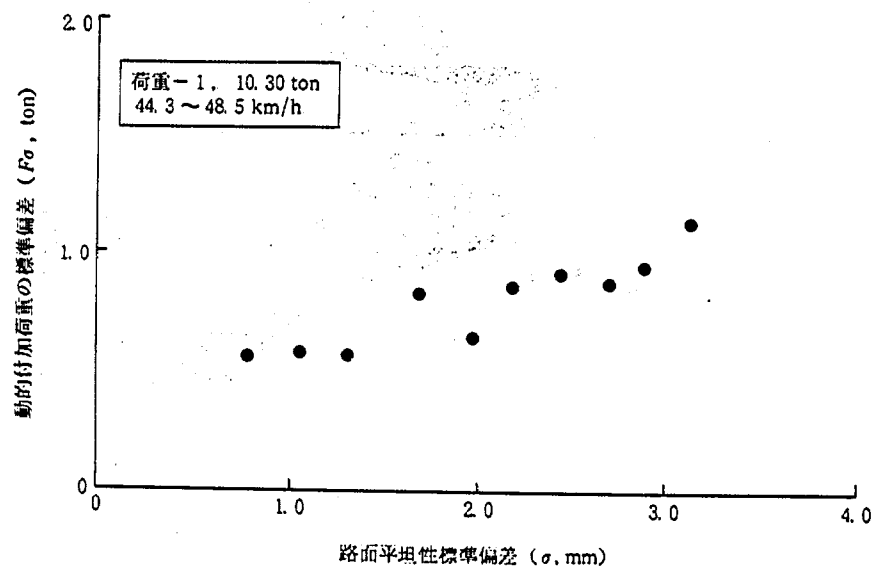
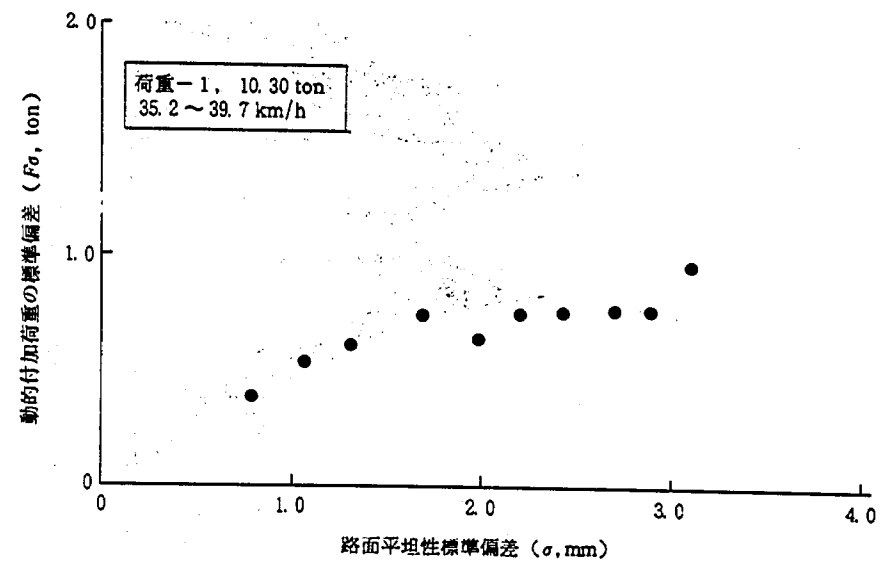
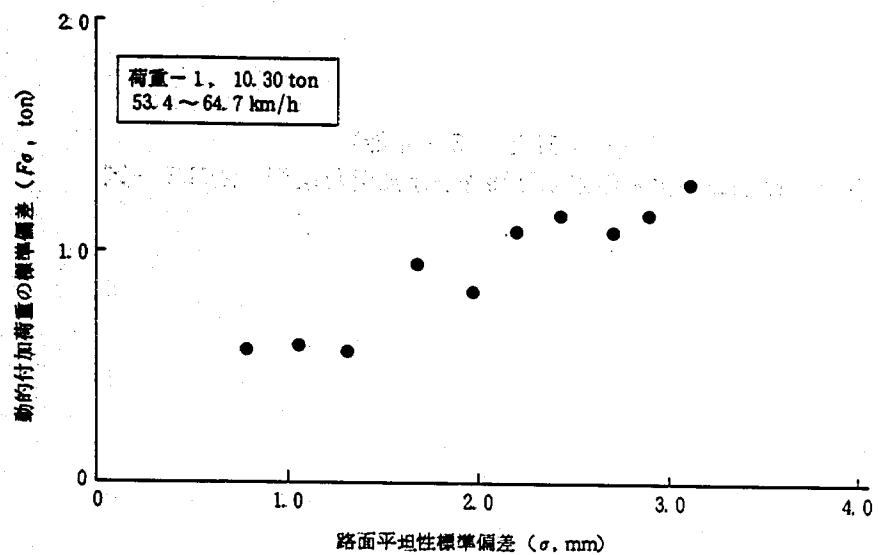


図-1.11(1) 動的付加荷重標準偏差と路面平坦性標準偏差の関係
(荷重-1 10.30 ton)

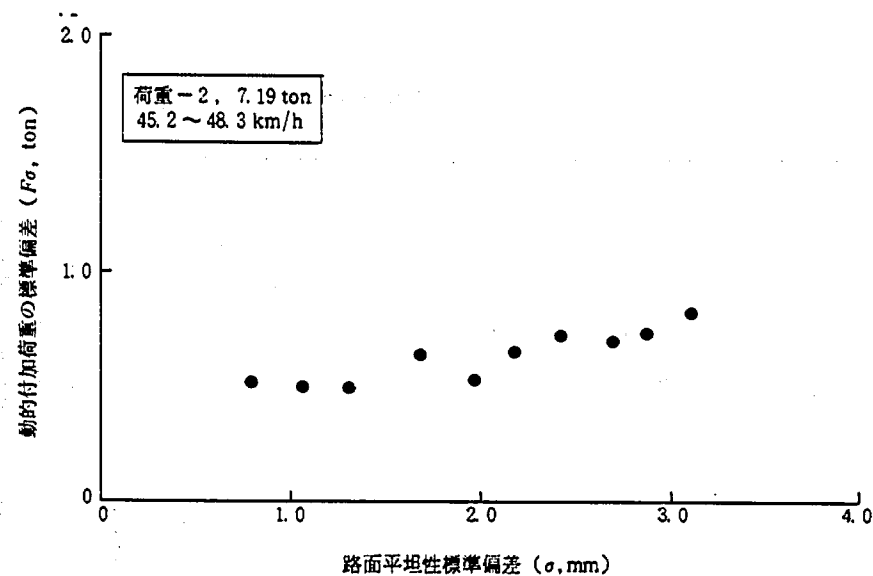
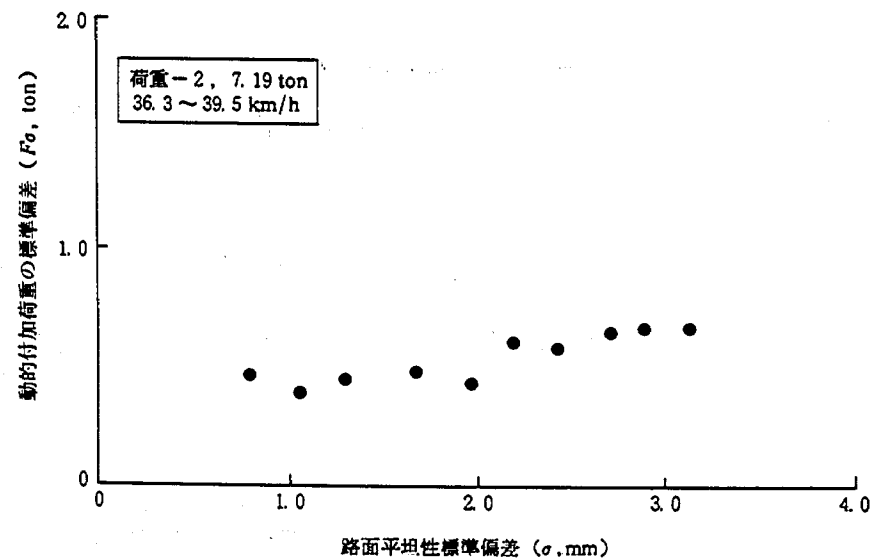
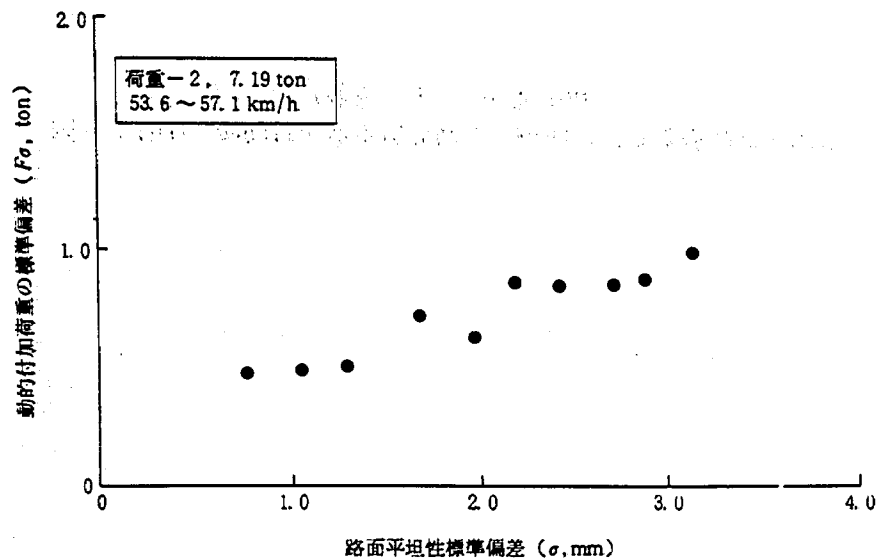


図-1.11(2) 動的付加荷重標準偏差と路面平坦性標準偏差の関係
(荷重-2 7.19 ton)

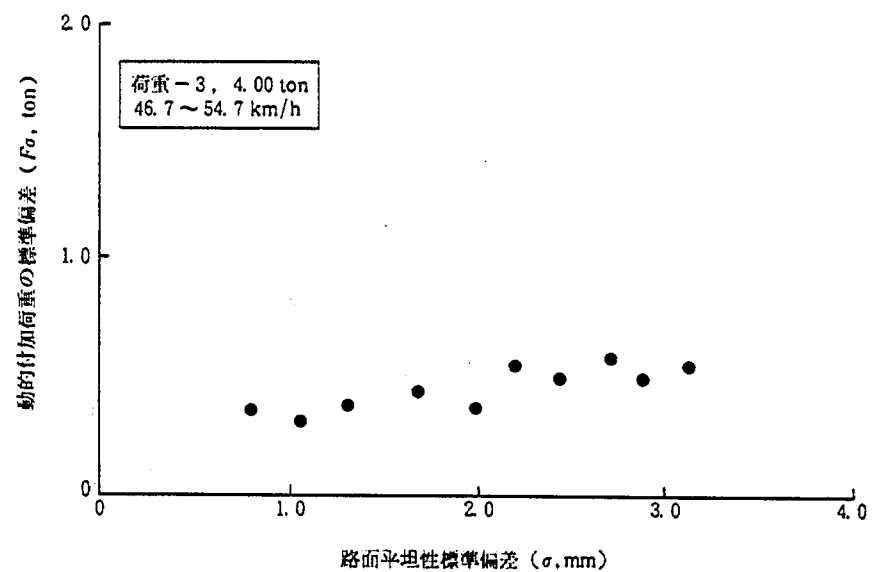
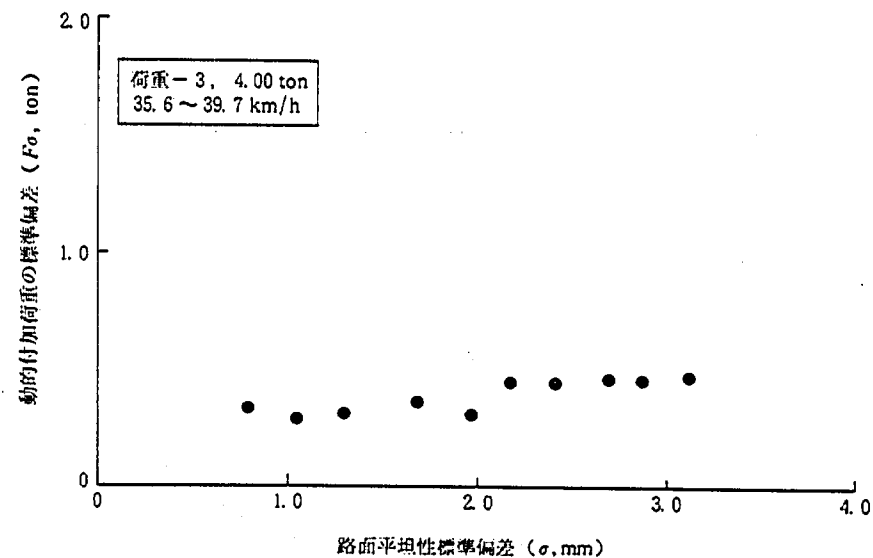
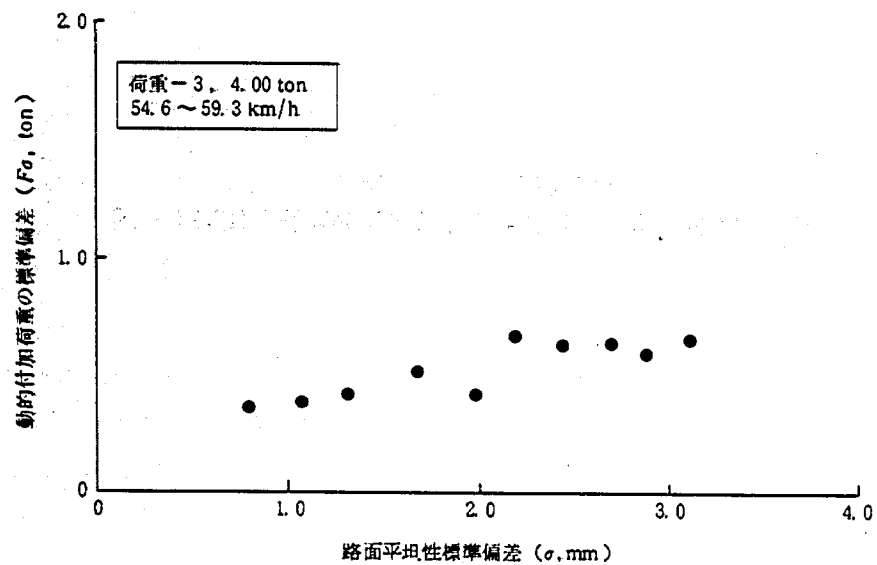


図-1.11(3) 動的付加荷重標準偏差と路面平坦性標準偏差の関係
(荷重-3 4.00 ton)

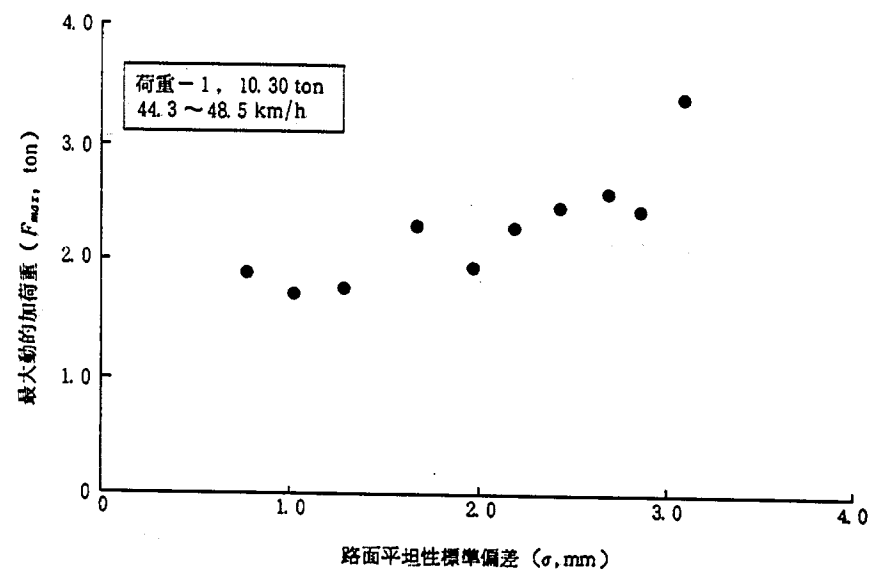
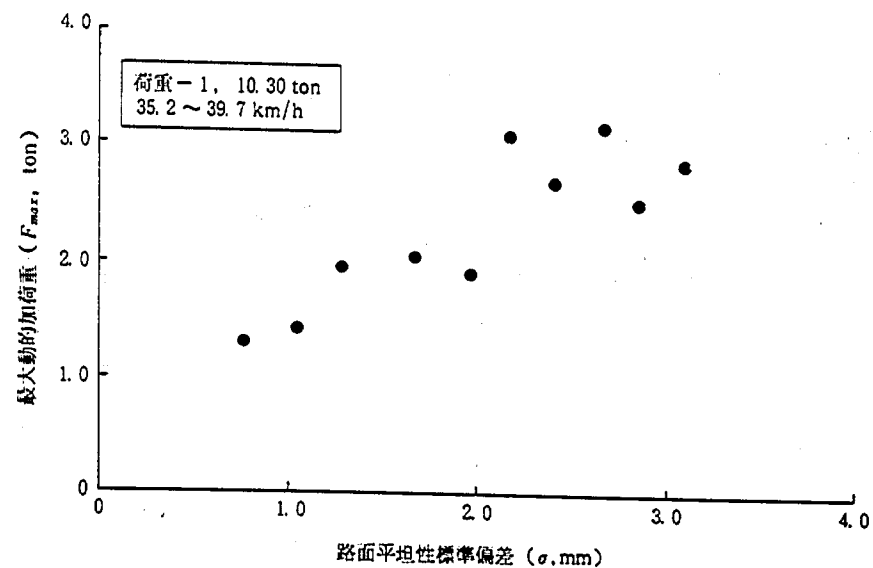
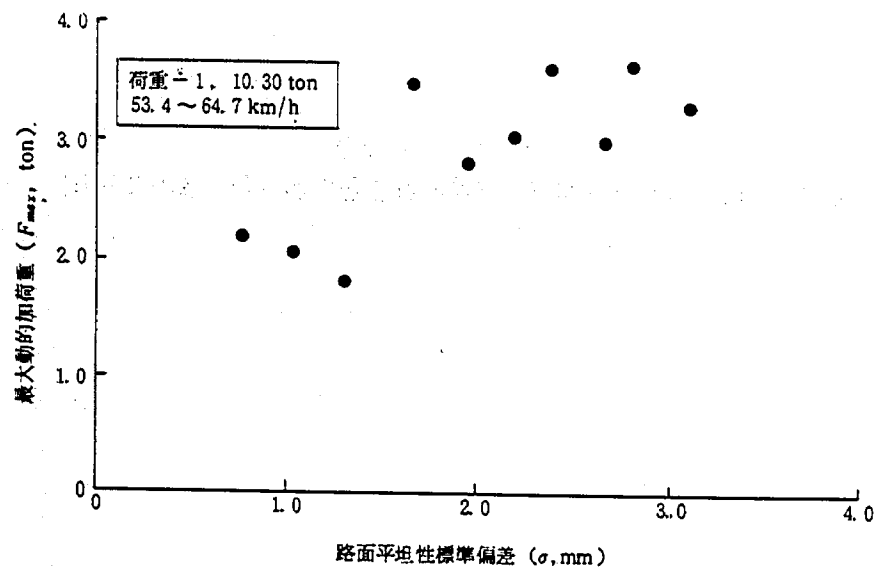


図 - 1.12(1) 最大動的付加荷重と路面平坦性標準偏差の関係
(荷重 - 1.0 10.30 ton)

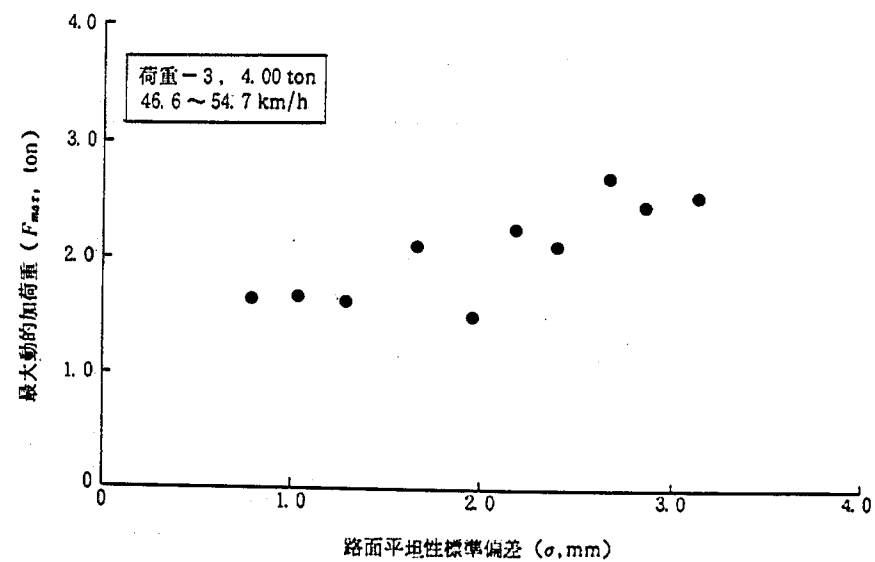
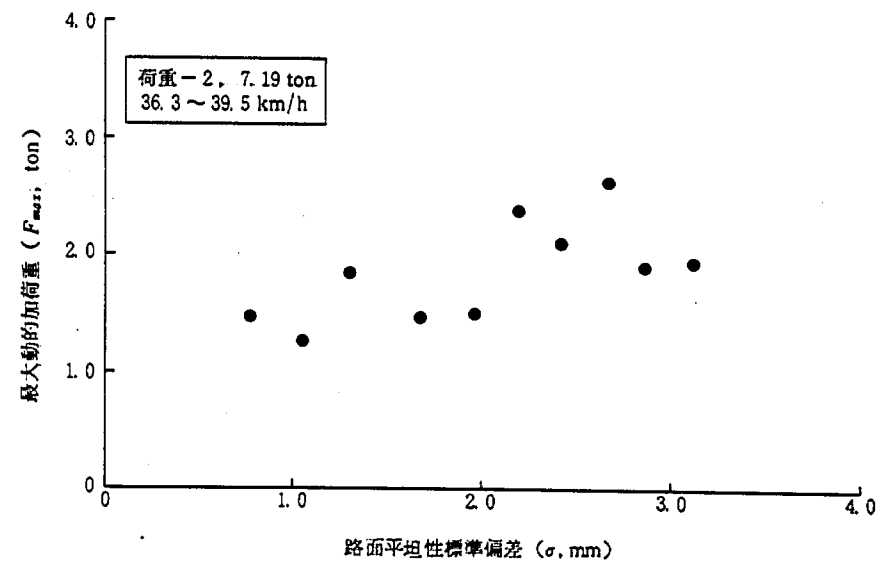
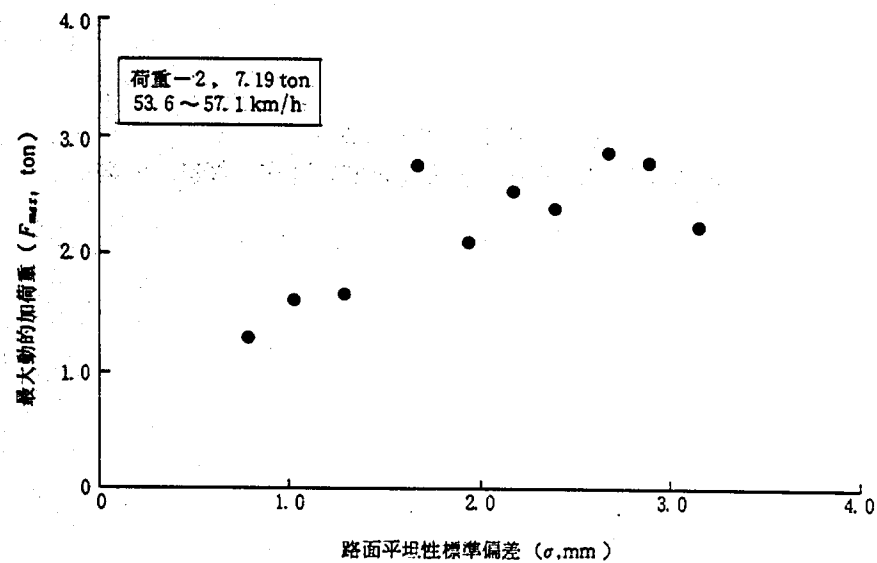


図-1.12(2) 最大動的付加荷重と路面平坦性標準偏差の関係
(荷重-2 7.19 ton)

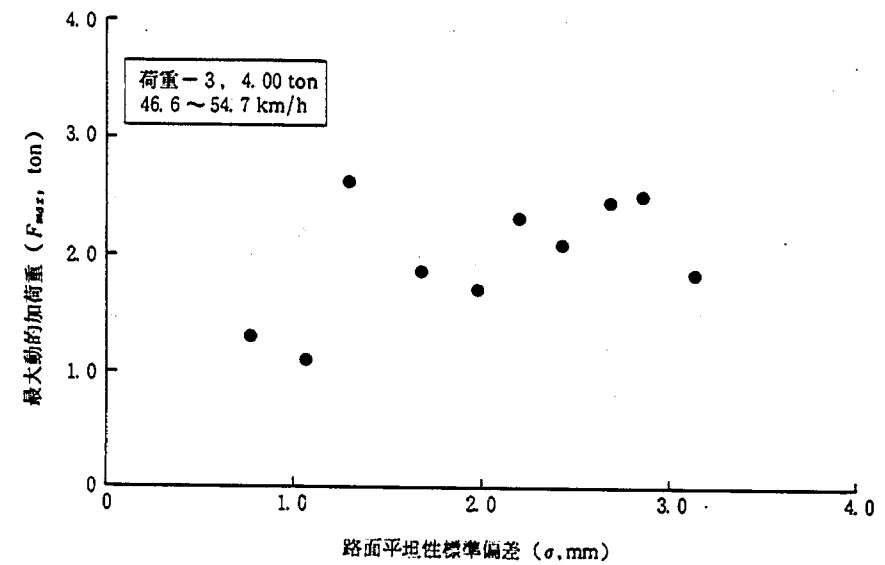
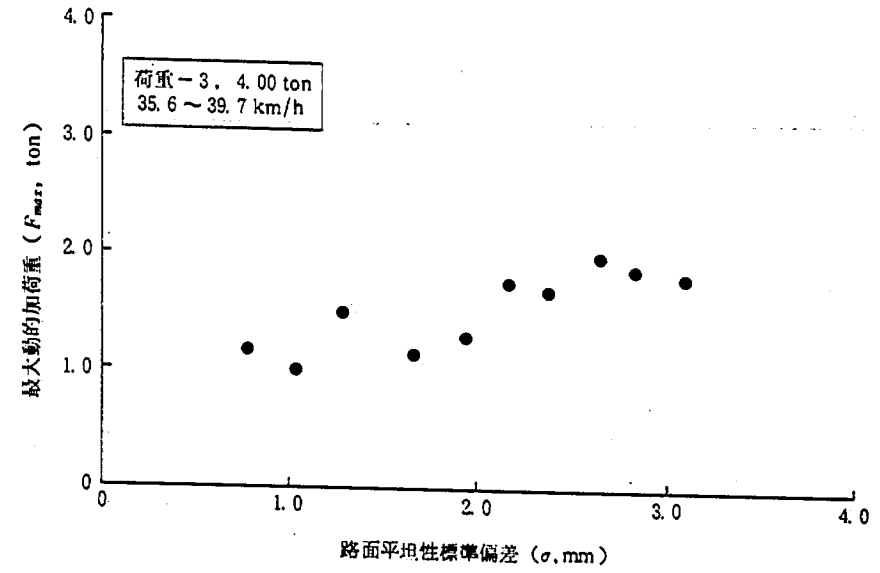
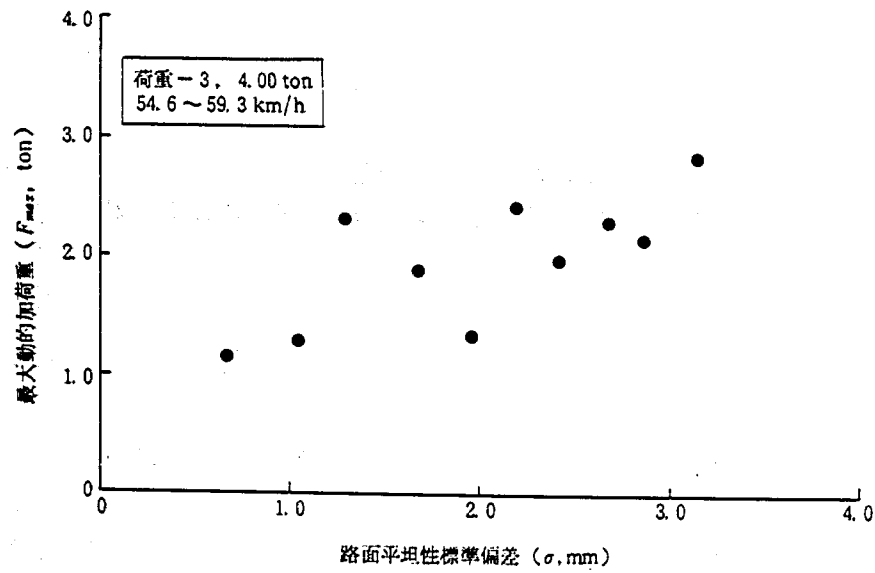


図 - 1.12(3) 最大動的付加荷重と路面平坦性標準偏差の関係
(荷重 - 3 4.00 ton)

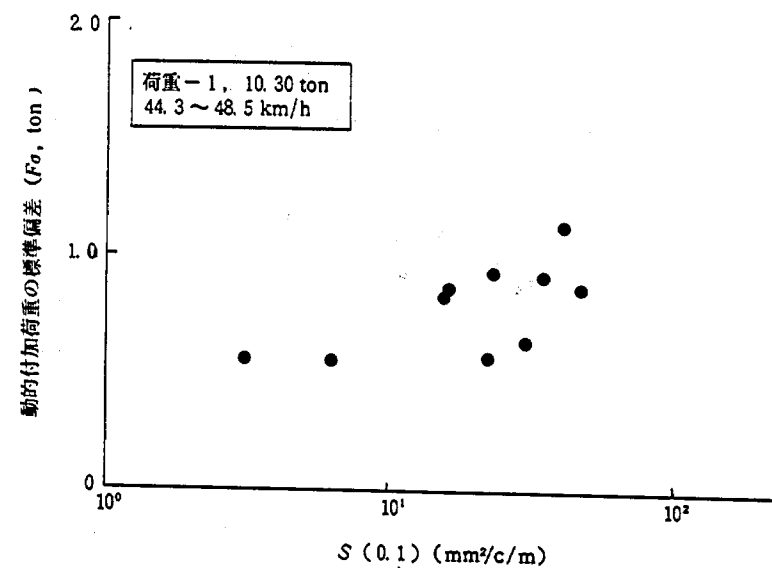
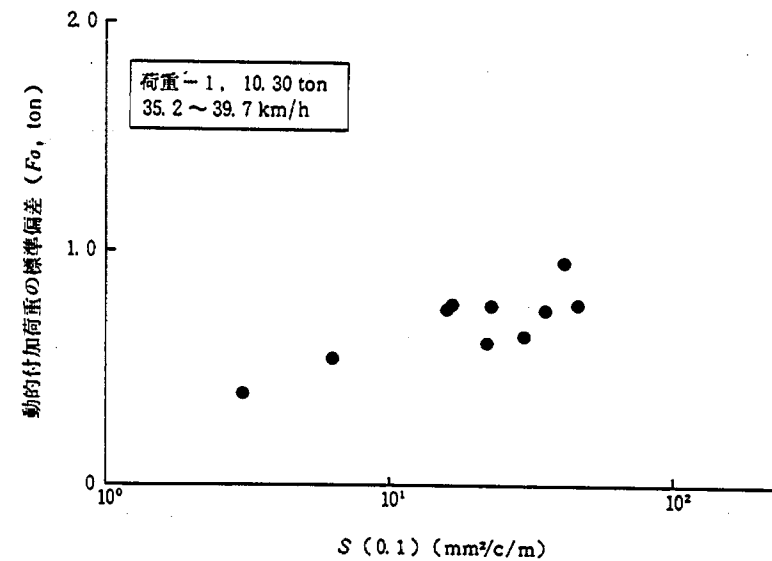
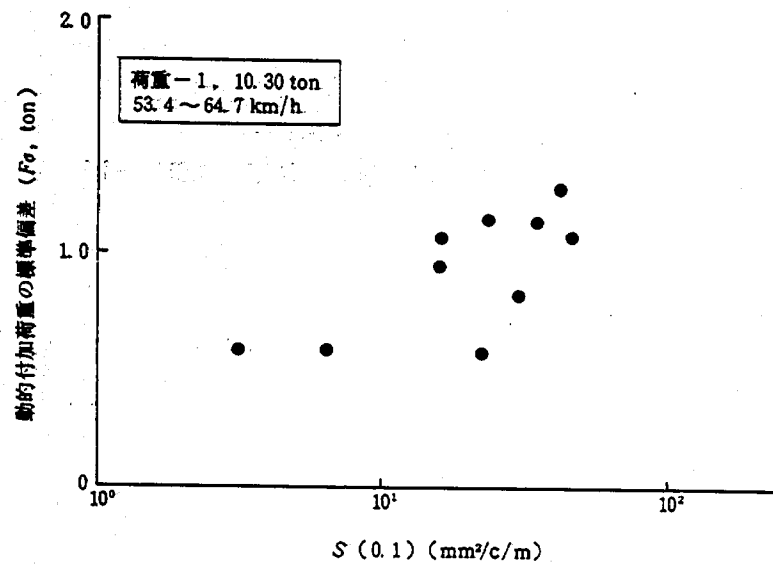


図-1.13(1) 動的付加荷重標準偏差と $S(0.1)$ の関係
(荷重 - 1 10.30 ton)

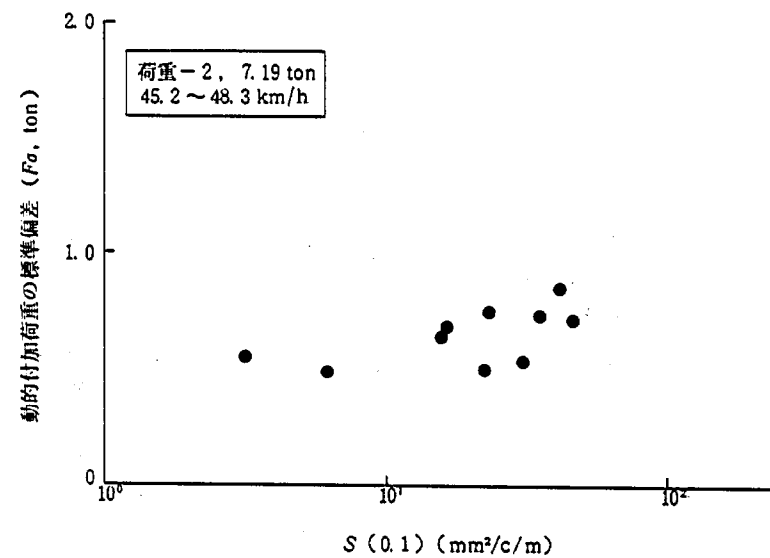
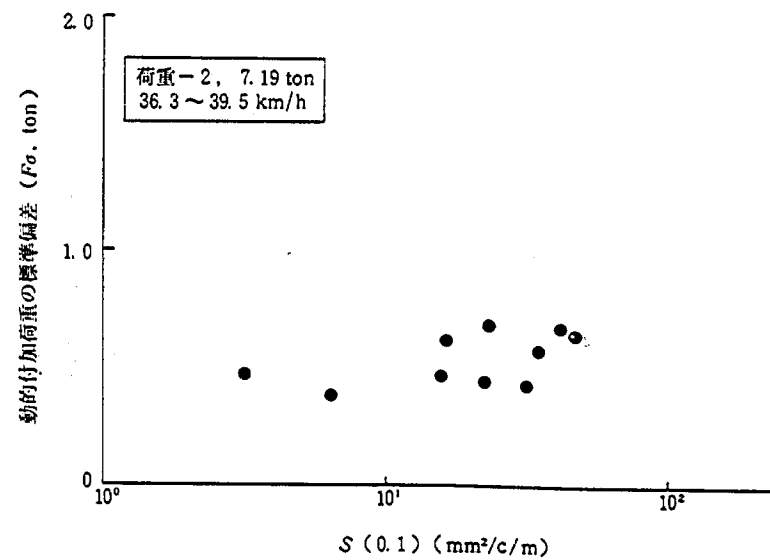
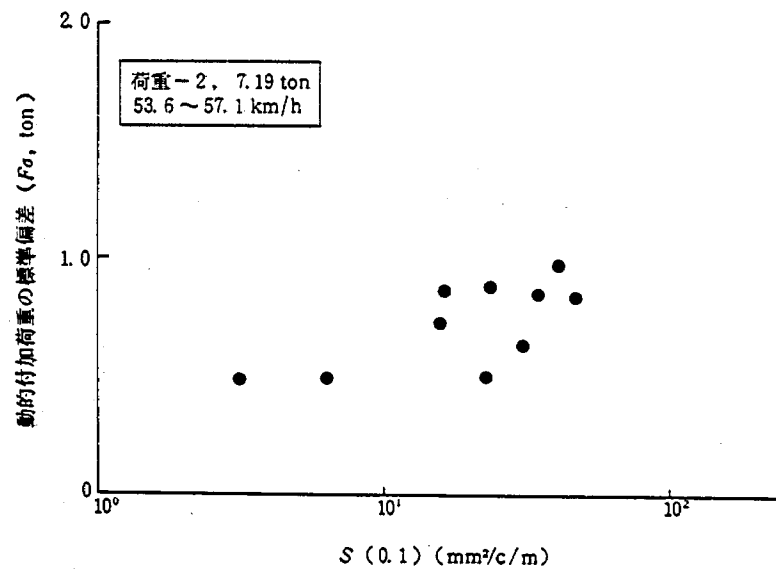


図-1.13(2) 動的付加荷重標準偏差と $S(0.1)$ の関係
(荷重-2 7.19 ton)

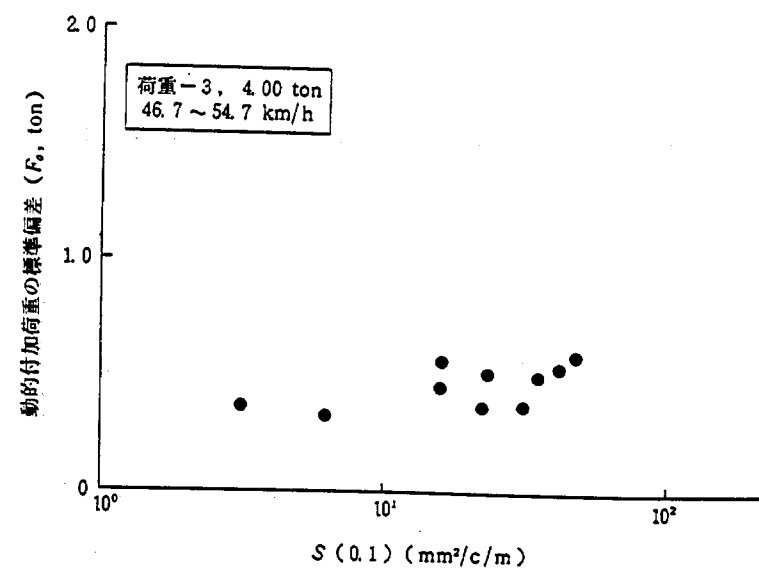
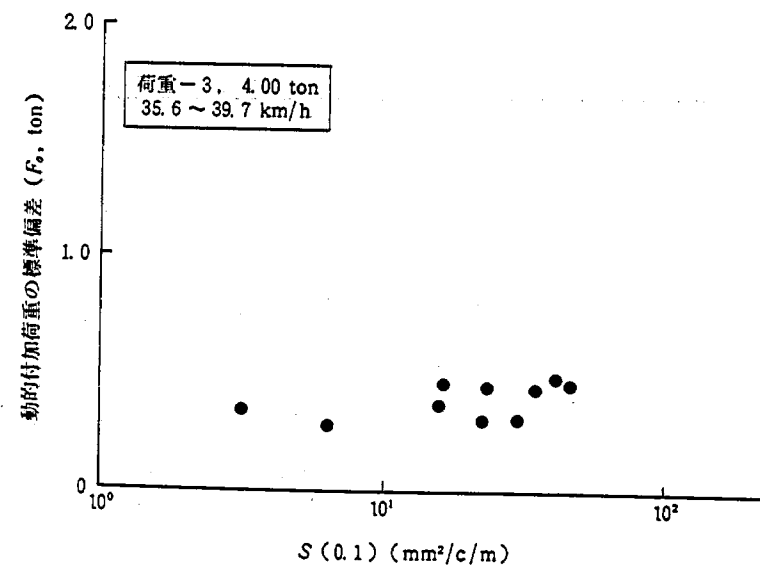
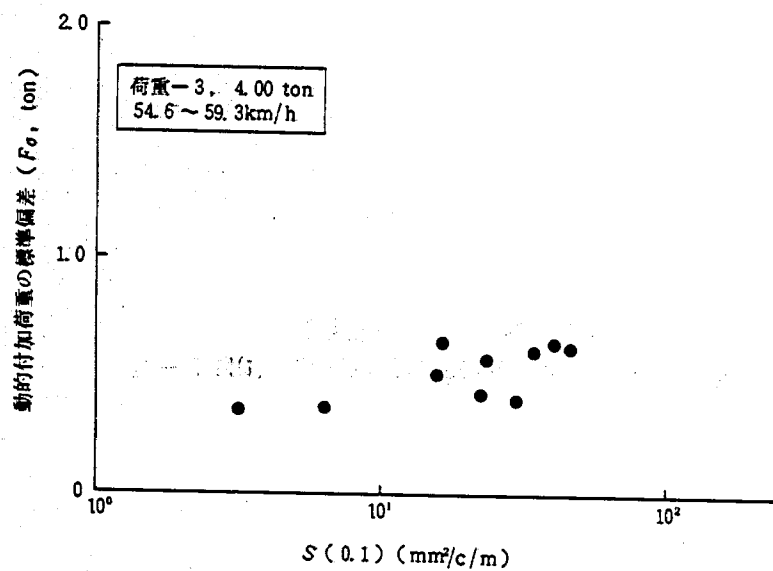


図-1.13(3) 動的付加荷重標準偏差と $S(0.1)$ の関係
(荷重-3 4.00 ton)

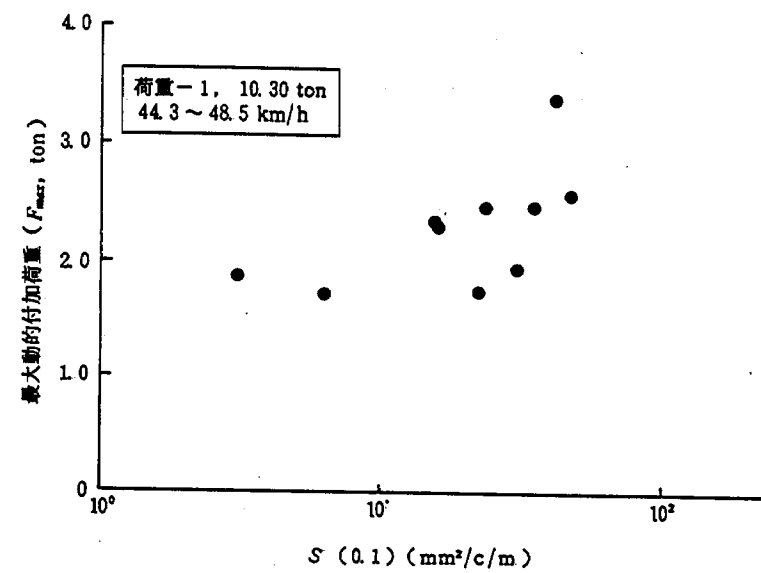
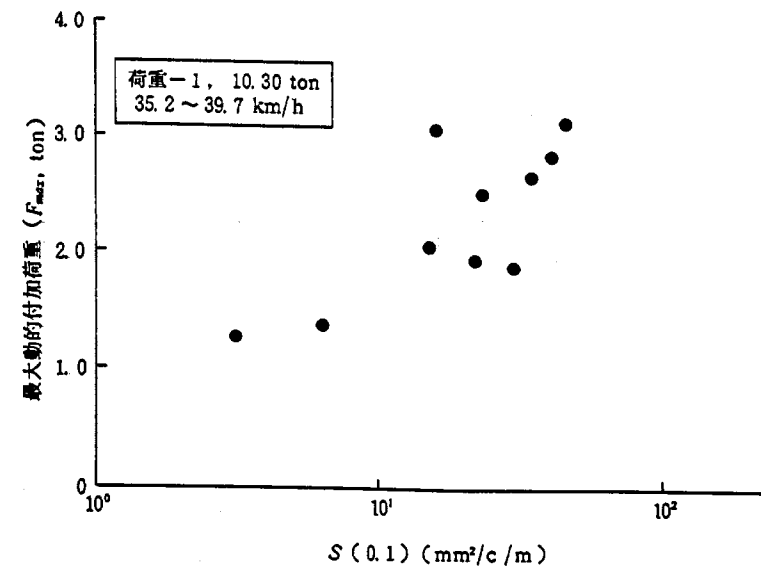
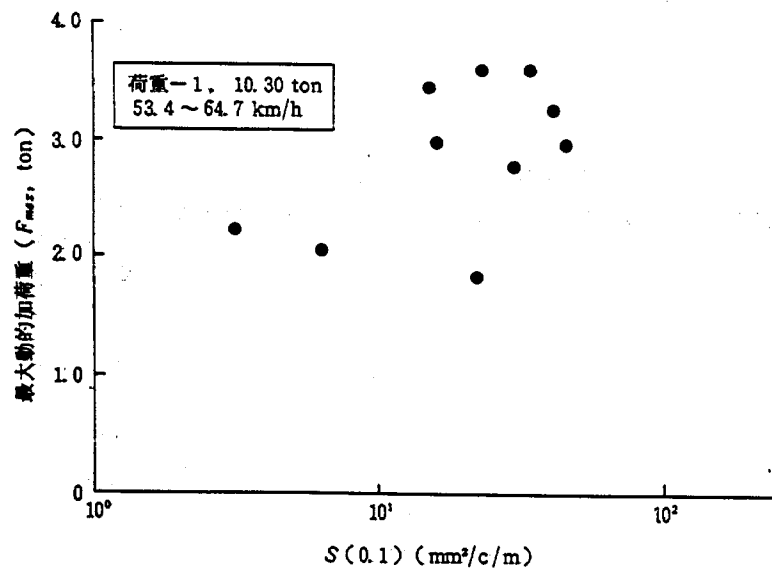


図-1.14(1) 最大動的付加荷重と $S(0.1)$ の関係
(荷重-1 10.30 ton)

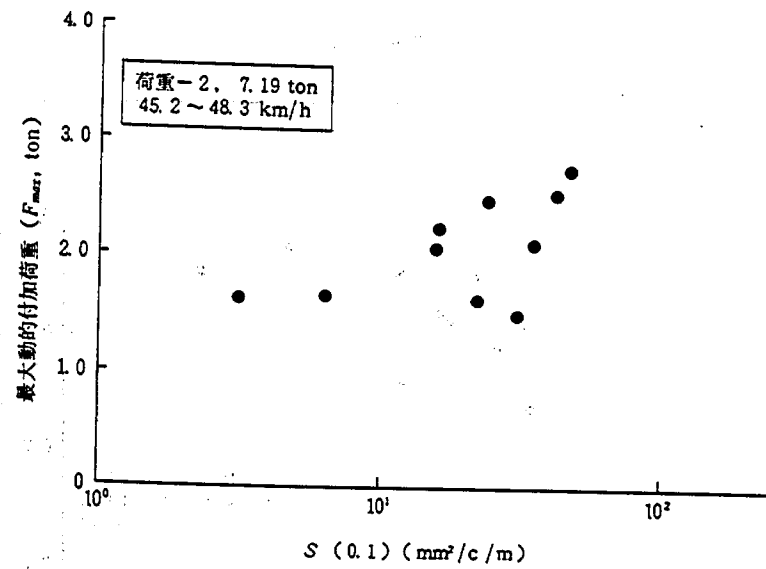
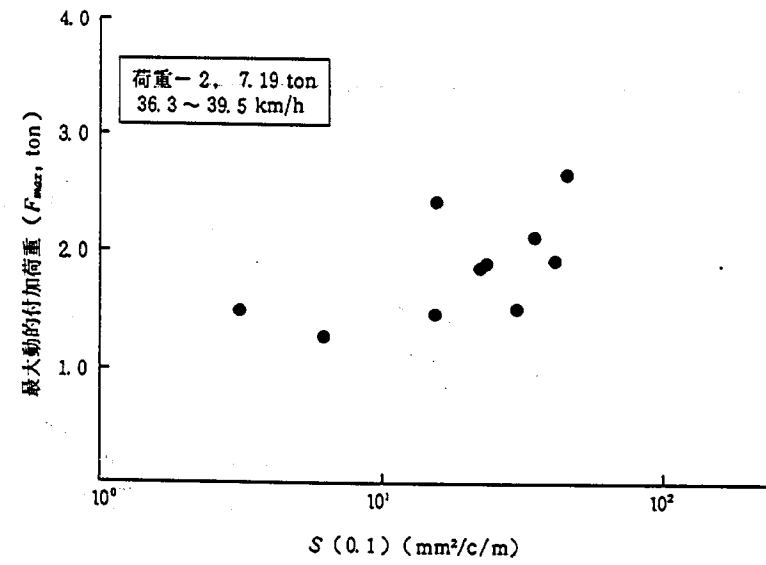
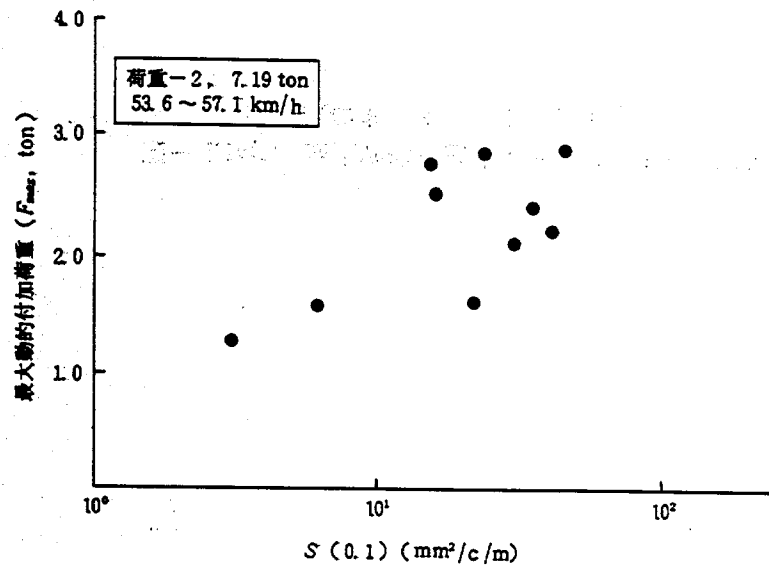


図-1.14(2) 最大動的付加荷重と $S(0.1)$ の関係
(荷重-2 7.19 ton)

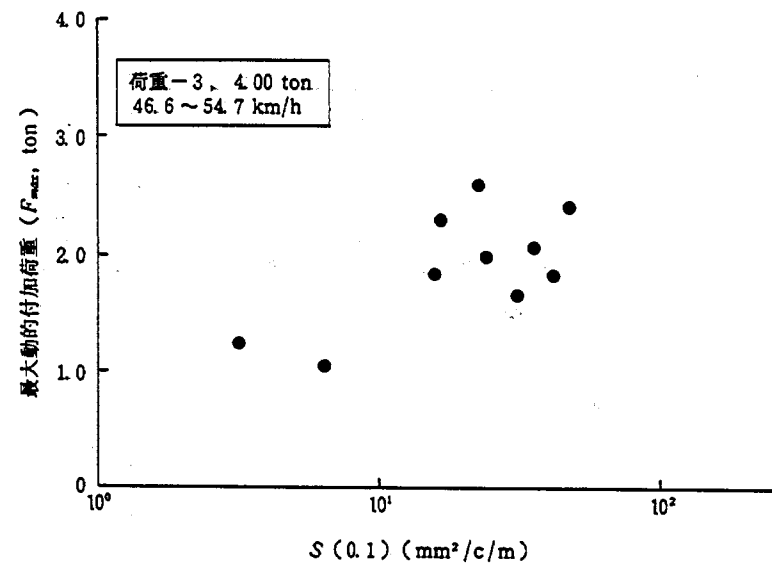
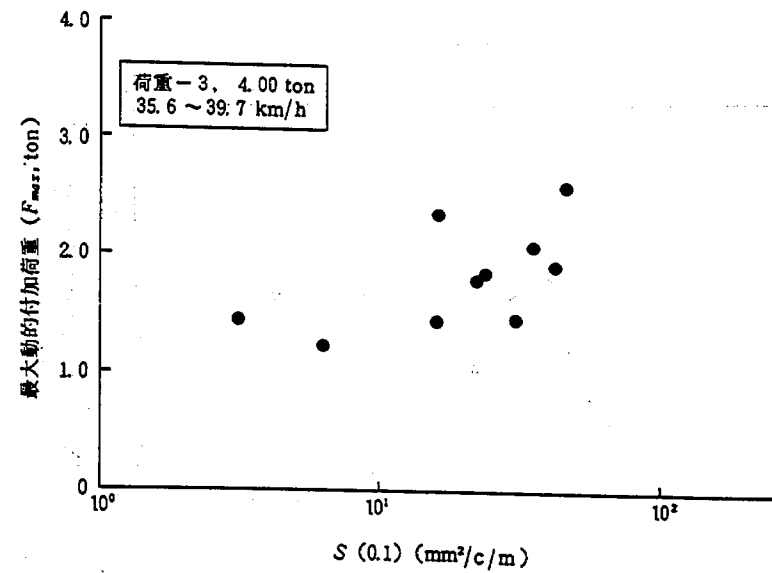
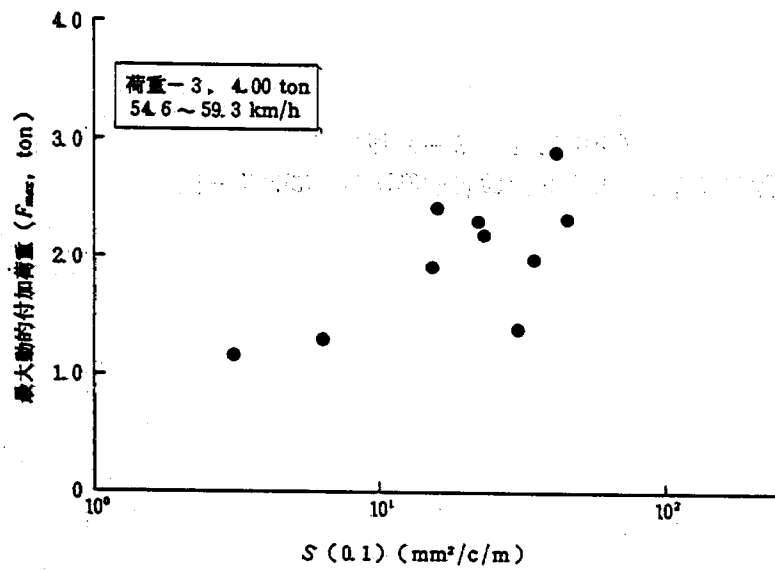


図-1.14(3) 最大動的付加荷重と $S(0.1)$ の関係
(荷重-3 4.00 ton)

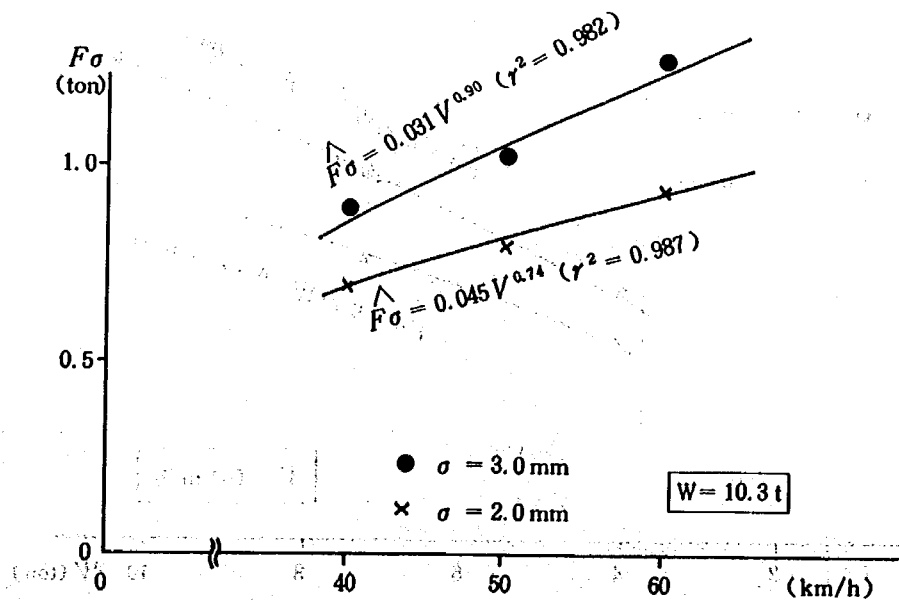
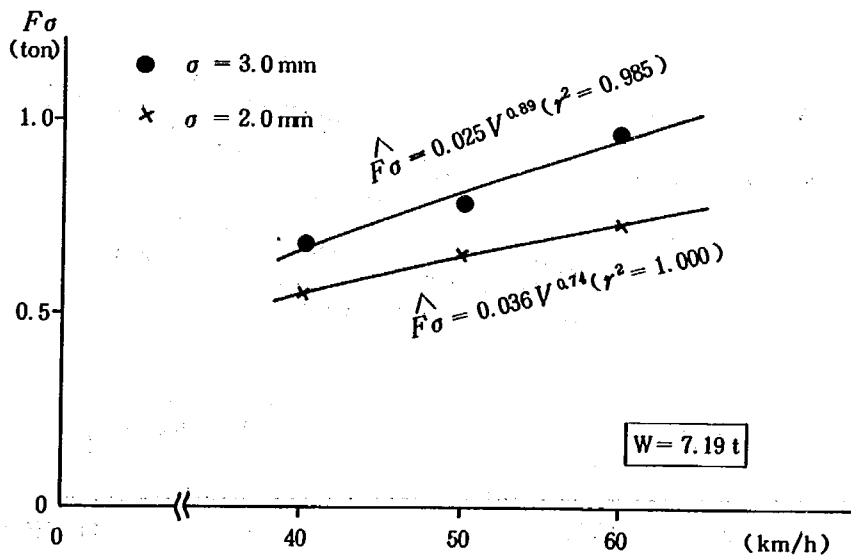
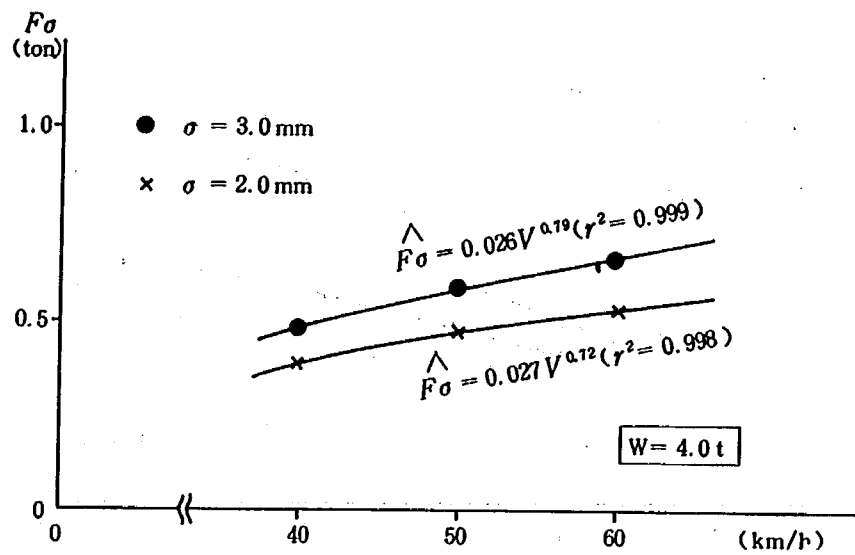


図-1.16 $F\sigma$ と V の関係

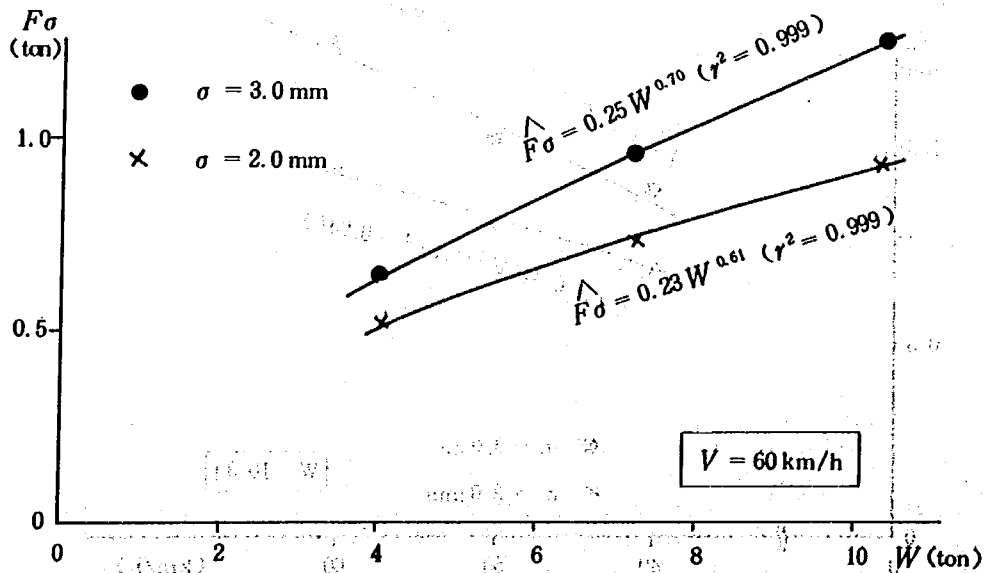
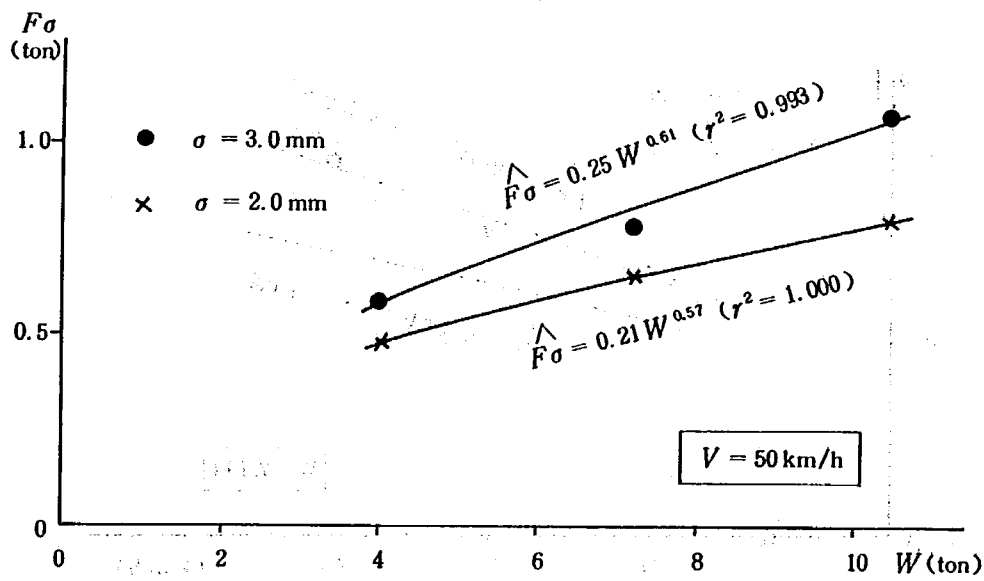
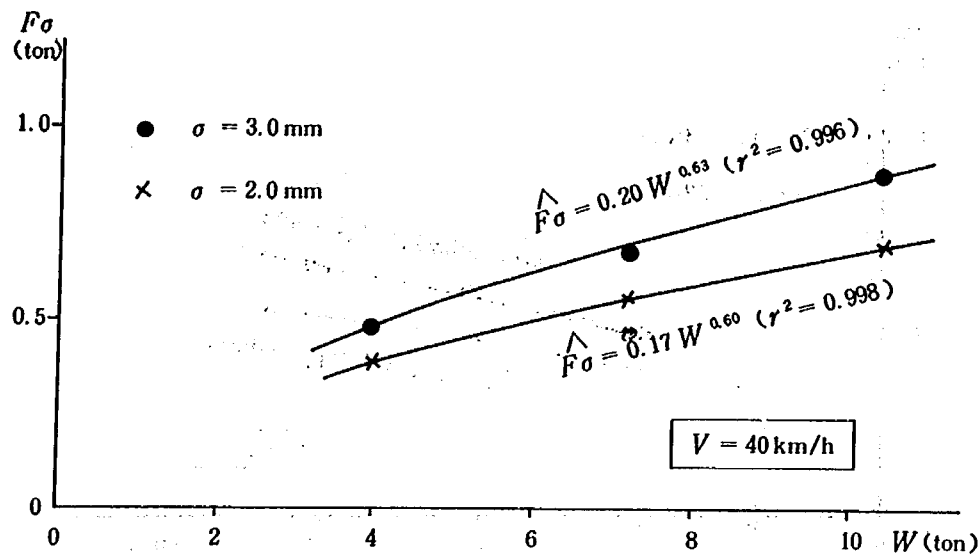


図-1.16 $F\sigma$ と W の関係

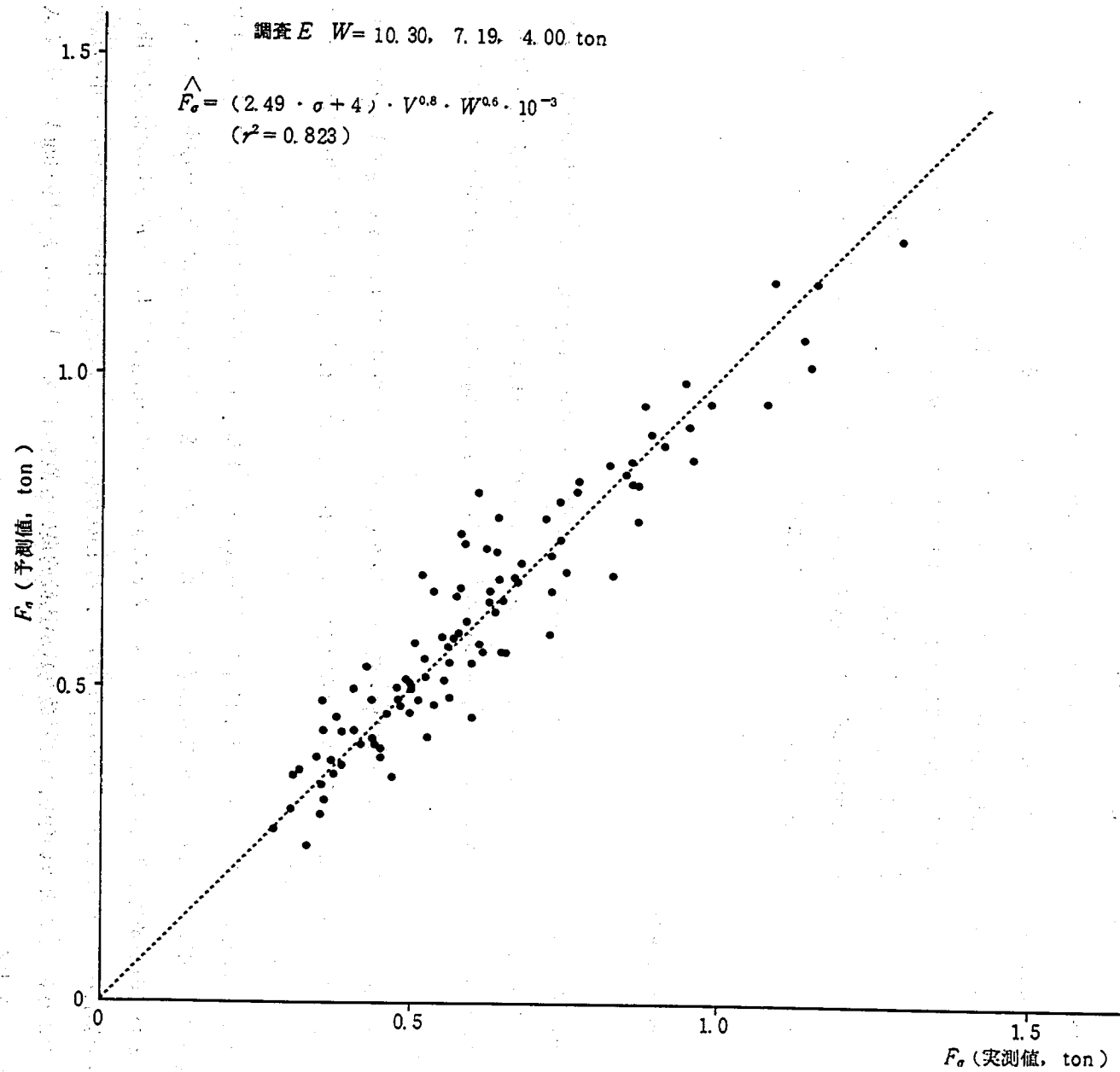


図- 1.17 動的付加荷重の標準偏差の予測値と実測値の比較

第2章 低車速領域における実働自動車荷重のとりまとめ

2.1 解析概要

従前より、低車速領域（40 km/h 以下）における路面凹凸に起因する実働自動車荷重実測調査を実施してきたが、資料もかなり蓄積されたので、今年度はこれらの資料の総括解析として、動的付加荷重の大きさを路面平坦性（ σ : mm）、軸重（ W : ton）、と走行速度（ V : km/h）の3変数を用いて定式化することを試みた。また、従来の解析では動的付加荷重の大きさを、その標準偏差もしくは最大値で表わしていたが、今年度の解析では、1つの調査区間内での動的付加荷重の累積度数曲線の α 百分値（以下 F_α と呼ぶ）を導入した。この理由は、従来の解析結果によると動的付加荷重の標準偏差と路面平坦性とは強い相関関係があるものの、動的付加荷重の最大値と路面平坦性の間では、相関が可成り小さくなることが明らかとなったので、 α の値をどの程度まで大きくしても F_α と路面平坦性との間に強い相関関係が維持されるかを明確にするためである。

2.2 関数形の決定

F_α を σ 、 W 、 V を変数として定式化するためには、その関数形を定める必要がある。最適な関数形は α の値によって異なる可能性があるが、ここでは F_α の一例として従来の解析に用いてきた F_0 （動的付加荷重の標準偏差）を取りあげて、 F_0 の最適な関数形を決定し、任意の α 値に対する F_α もその関数形で表現することとする。

図-2.1は調査Cの $W=7.77$ tonの時のデータと調査Dの全データを用いて F_0 と σ の関係を表わしたものである。図より、 F_0 は $a \cdot \sigma + b$ という1次関数で近似され则认为られる。図中の式は最小二乗法を用いて未知定数を求めた結果である。

図-2.2および図-2.3は、図-2.1に示した回帰式に $\sigma = 1.0, 3.0, 5.0$ を代入して算出される F_0 の予測値（ $\hat{F}_0$ ）と、 W もしくは V との関係を示すものである。図-2.2からは F_0 は $a \cdot W$ という原点を通る1次関数で表わすのが妥当と考えられる。また、図-2.3によると、 V の増加にともなう $\hat{F}_0$ の増大傾向が W の大きさの影響を強く受けているのが明らかであり、特定の関数形をあてはめるが困難であるが、図中の点線で示したように $\hat{F}_0$ の大きい領域では対数関数が比較的良好な近似を与えることから、 F_0 は $a \cdot \log V$ として表現することとする。

以上の考察から、 F_0 は $(a \cdot \sigma + b) \cdot W \cdot \log V$ なる関数形で定式化できるものと考えられる。したがって F_α も同一の式（次式）で定式化することとする。

$$F_\alpha = (a \cdot \sigma + b) \cdot W \cdot \log V \quad (2.1)$$

2.3 解析に用いた資料

式(2.1)の未知定数 a , b の決定には昨年度までの実測資料(調査A, B, C, およびD)を用いた。ただし, 調査Dの調査地点8は調査区間内に橋梁が含まれており, 伸縮装置部の段差のために衝撃的な荷重が発生しているが, このような性格を有する荷重については第4章にて考察するので, 以後の解析はこの資料を除いて行なった。また, 調査Bの調査地点14もデータに一部欠陥があったので除いた。解析に用いた総計431ケースの資料の概要は下表の通りである。

調査 種別	調査 地点 数	解析対象 とした調 査地点数	試 験 車		路面平坦性 (σ , mm)		走行速度 (km/h)	データ数
			種 類	軸重(ton)	最 大	最 小		
A	30	30	マイクロバス (三菱ローザ B 215)	2.50	5.30	0.79	①調査地点1 20, 30, 40, 50, 60 ②調査地点2~30 20, 30, 40	$5 + 3 \times 29$ = 92
B	30	29	大型トラック (日 野 KB 320)	9.96	4.79	0.95	①調査地点1 20, 30, 30, 40 ②調査地点2~13, 15~30 20, 30, 40	$4 + 3 \times 28$ = 88
C	12	12	同 上	① 7.77 ② 4.02	2.90	0.96	①調査地点1 20, 30, 40, 50, 50 ②調査地点2~12 20, 30, 40	$2 \times (5 + 3 \times 11)$ = 76
D	12	11	同 上	① 10.34 ② 9.04 ③ 6.36 ④ 5.41 ⑤ 4.52	5.50	0.67	①調査地点1 20, 30, 40, 50, 50 ②調査地点2~7, 9~12 20, 30, 40	$5 \times (5 + 3 \times 10)$ = 175
総計								431

2.4 解析方法, 結果, および考察

動的付加荷重の記録から, 1ケース当り区間長 100 m のデータを 5 cm 間隔でデジタル量に変換して 2,000 個の瞬時値を得た。それらの値の上位 N 番目の値を $F(N)$ とするとき, F_a を次式で定義した。

$$F_a = F(1 + (100 - a) \cdot 20) \quad (2.2)$$

したがって, F_{100} は 2,000 個のデータの最大値(前章の F_{max})になる。

前記 431 ケースの資料から, F_a の値(ただし, $a = 71, 72, \dots, 100$)を算出し, それらの結果に最小二乗法を適用して式(2.1)の未知定数 a , b を決定した。さらに決定された予測式を用いて F_a の予測値を算出して実測値と比較した。これらの結果を図-2.4に示す。

図には予測値と実測値の相関係数を示したが, その値は a が増大するにつれて最初は大きくなる傾向があり, $a = 91\%$ で最大値 ($r = 0.901$) となった後は減少を始める。その減少傾向はゆるやかであり, $a = 99$

％までは $r \geq 0.869$ の高い相関関係が維持されている。しかし、 $\alpha = 100$ ％（動的付加荷重の最大値）では $r = 0.718$ と急に相関が弱くなっている。この理由は、路面平坦性標準偏差(σ)が調査区間 100 m 内の平均的な路面凹凸の評価値を与えるのに対し、 F_{100} はその区間内で局所的に平坦性が劣悪な場所で発生する荷重を表わしているからと考えられるが、 F_{99} が σ と強い相関を持っているということは、路面平坦性が既知である場合には、動的付加荷重の最大値は推定できなくても、その 99 百分値は精度良く推定できることを意味している。

ところで、第 1 章でとりまとめた $V = 40 \sim 60$ km/h に適用する F_0 の予測式（式 (1.6)）は、本章で得られた式と関数形が異なっている。これは解析の関係から、それぞれのデータに対して最も近似度の高い関数形を別途考えたためであり、来年度は、調査 A～E のすべてのデータを用いて、 $V = 20 \sim 60$ km/h に適用する予測式をとりまとめることとしたい。

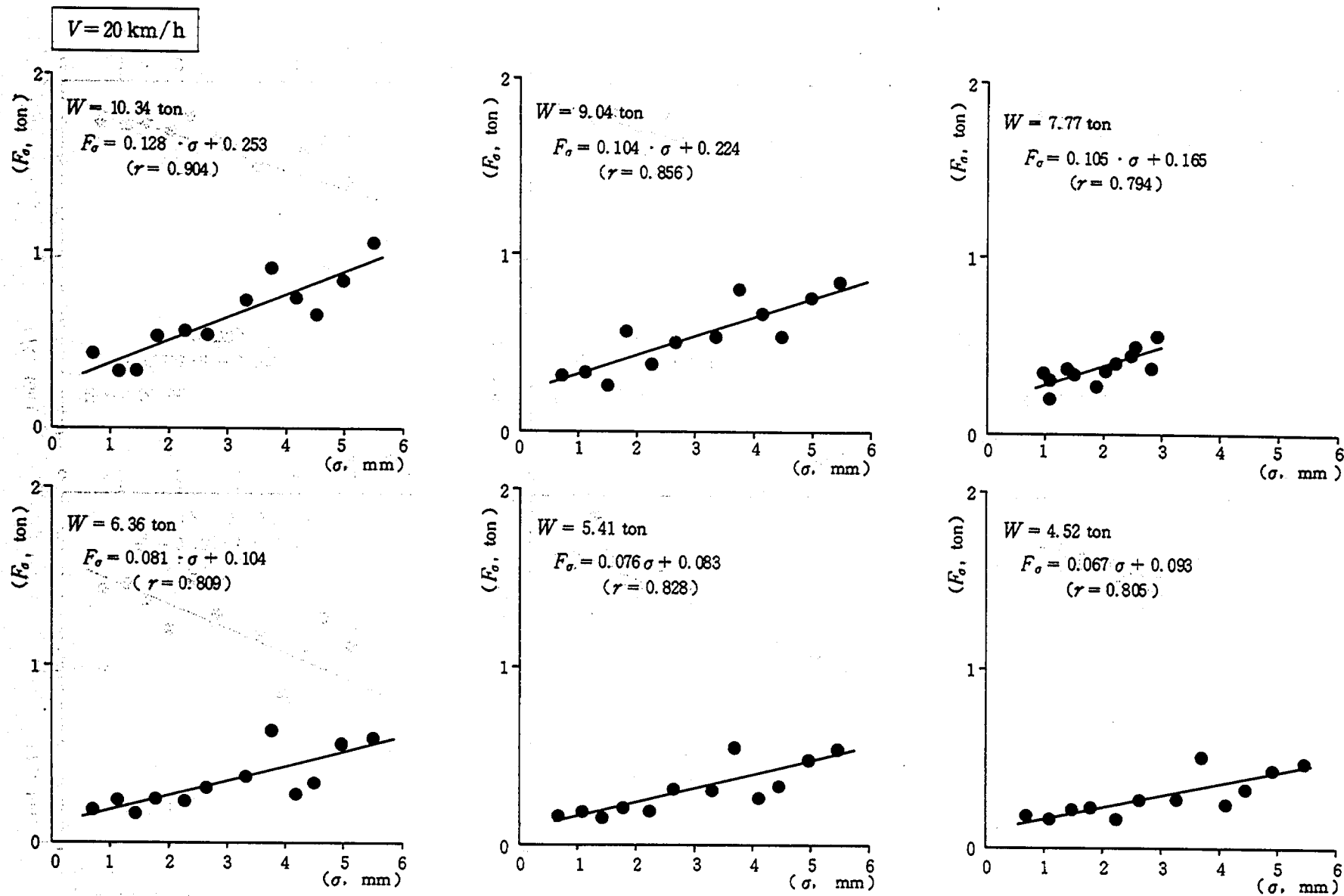


図- 2.1(1) 動的付加荷重の標準偏差 (F_σ) と路面平坦性標準偏差 (σ) の関係 (走行速度 20 km/h)

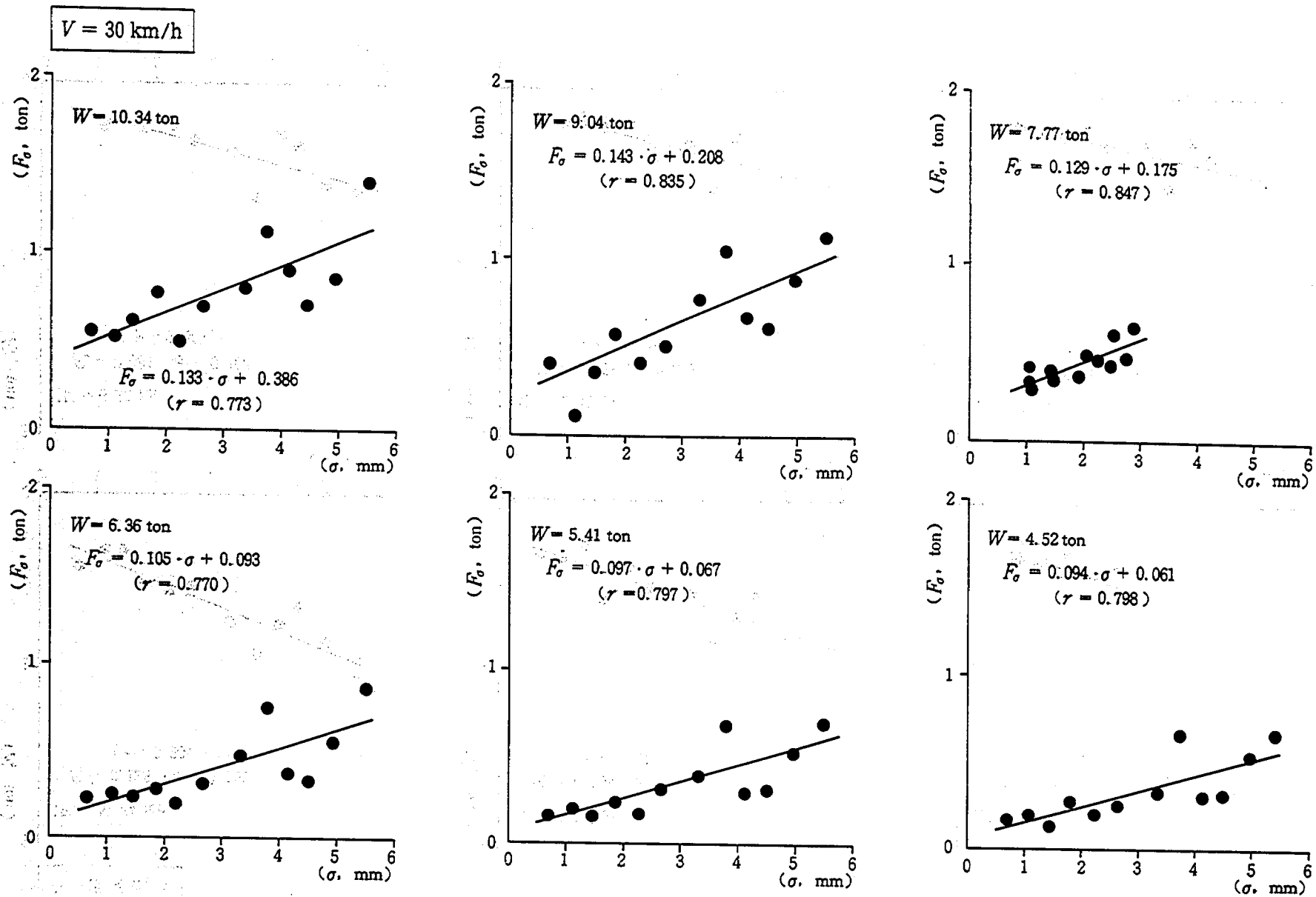


図-2.1(2) 動的付加荷重の標準偏差 (F_σ) と路面平坦性標準偏差 (σ) の関係 (走行速度30 km/h)

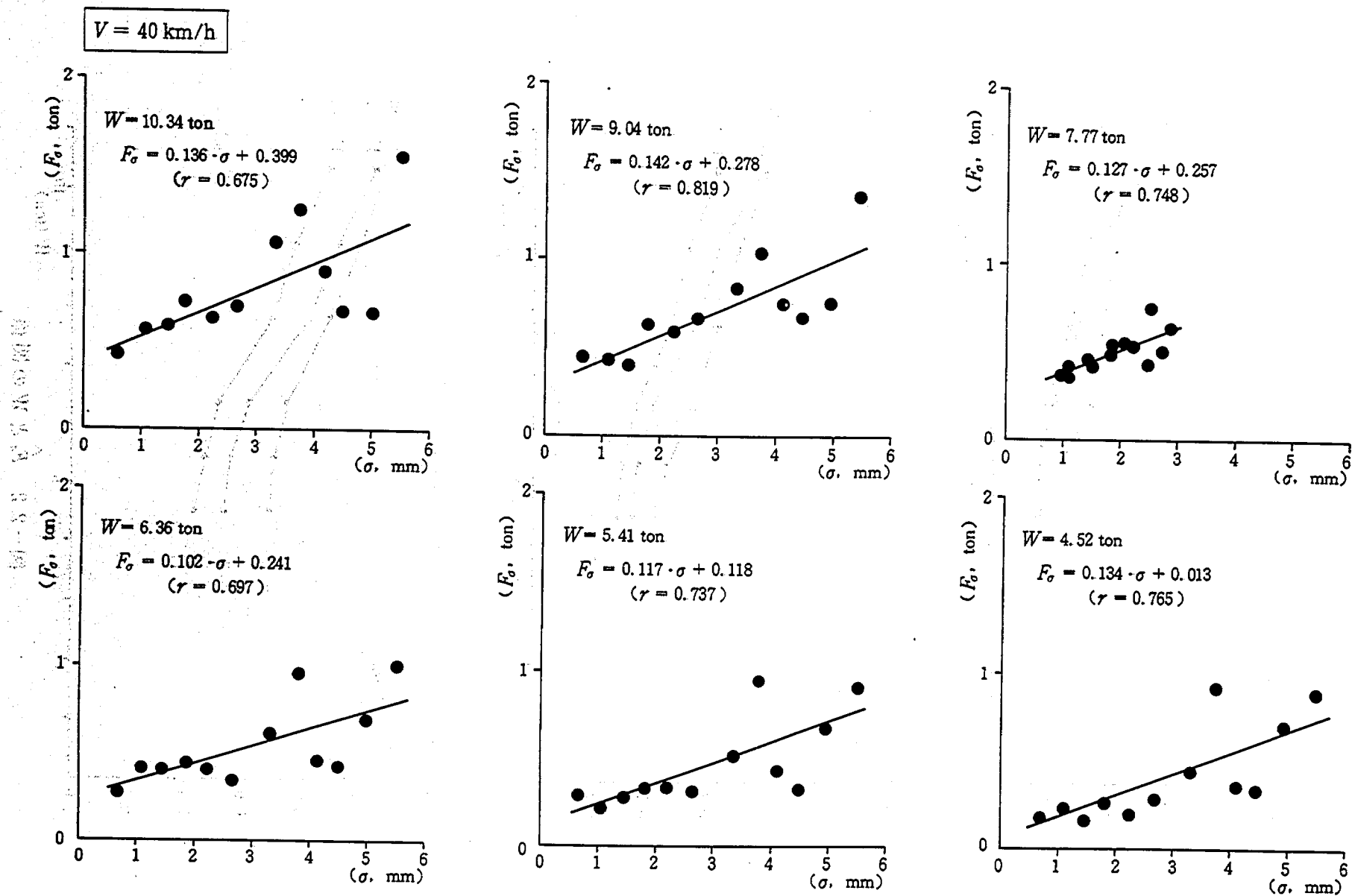


図-2.1(3) 動的付加荷重の標準偏差 (F_σ) と路面平坦性標準偏差 (σ) の関係 (走行速度40 km/h)

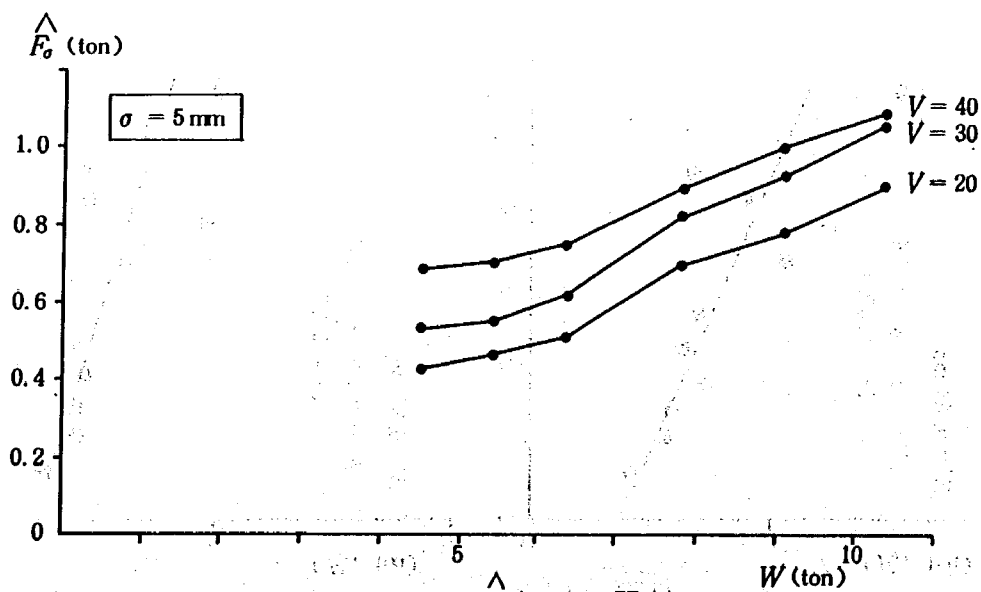
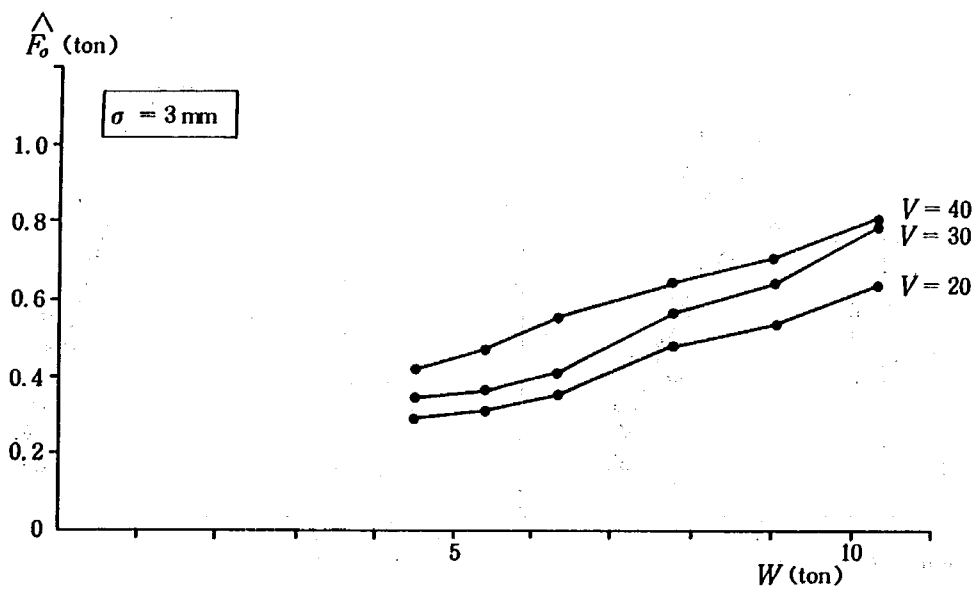
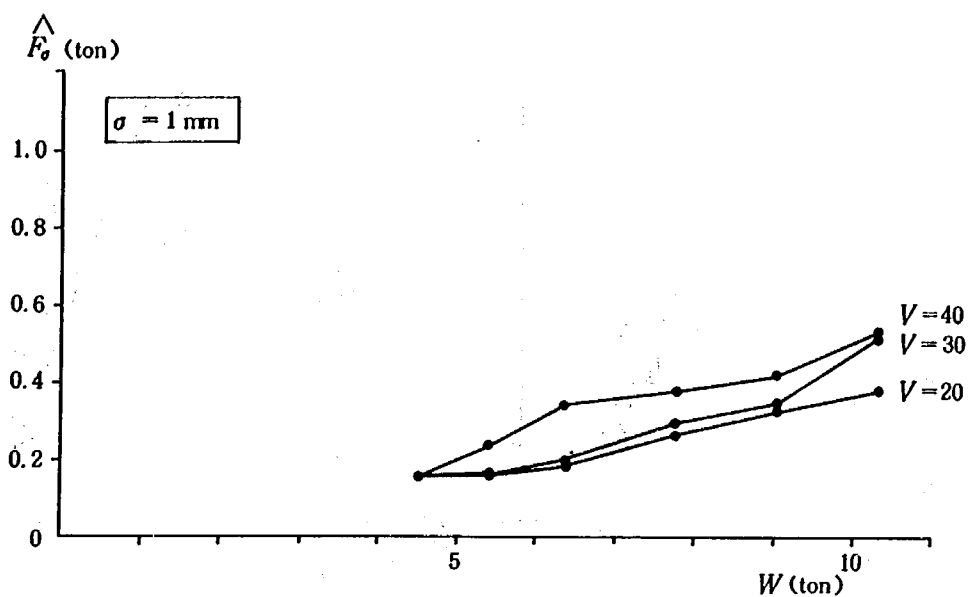


図-2.2 $\hat{F}_o$ と W の関係

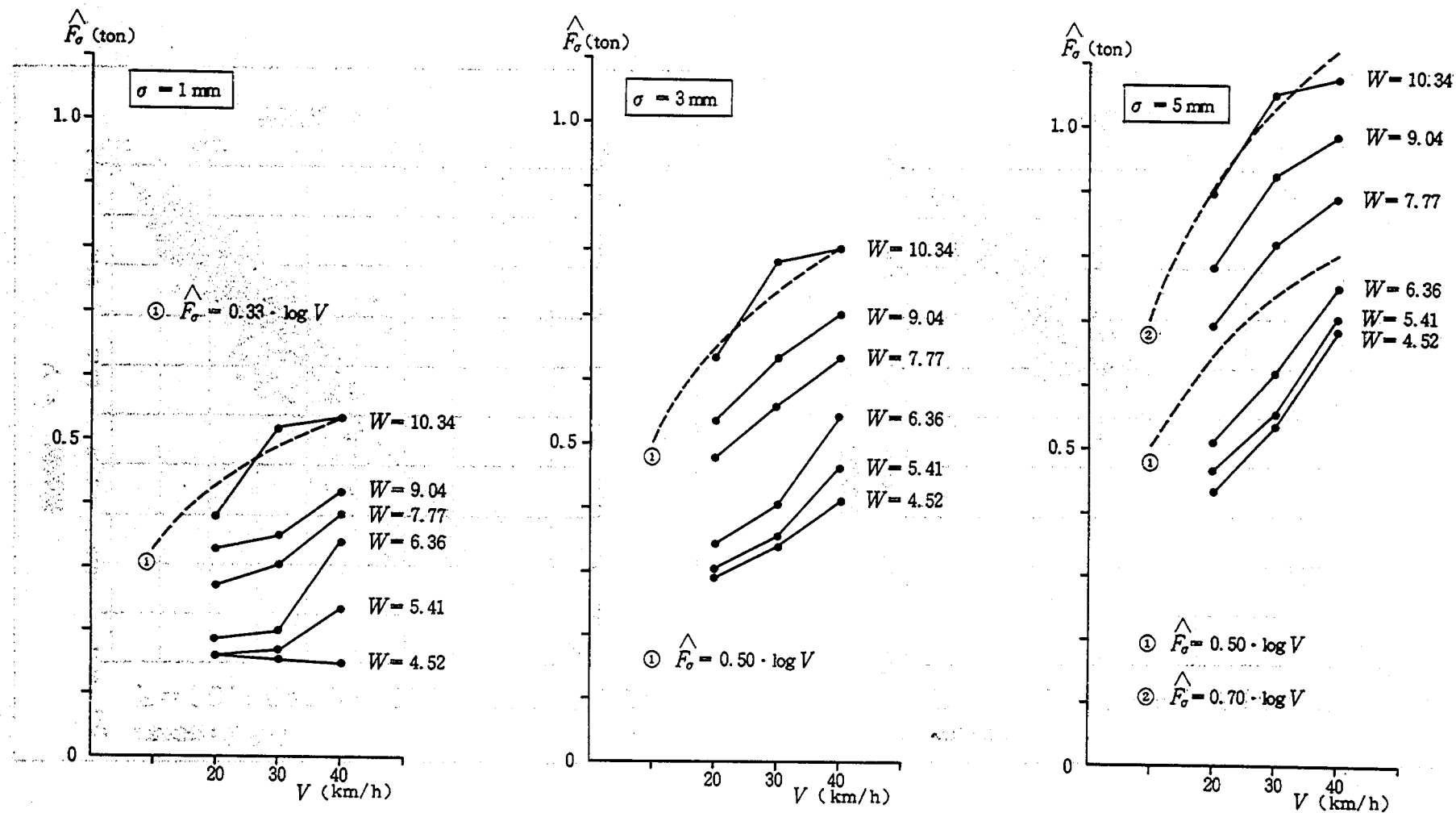


図-2.3 $\hat{F}_o$ と V の関係

対象累積率 72.0 %

対象累積率 74.0 %

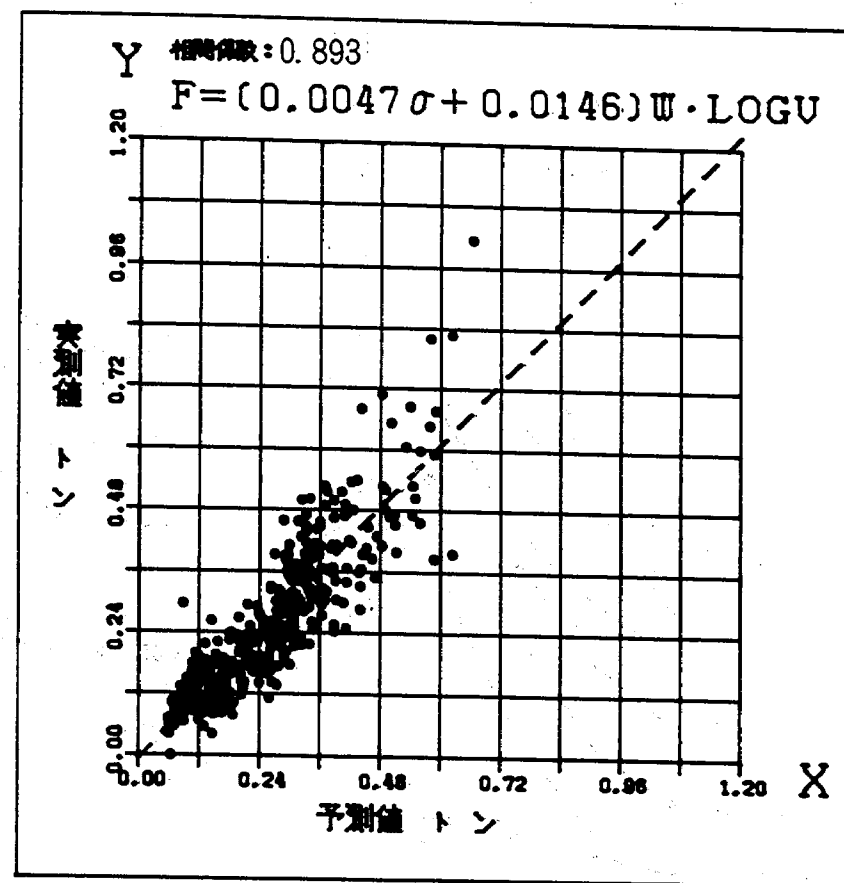
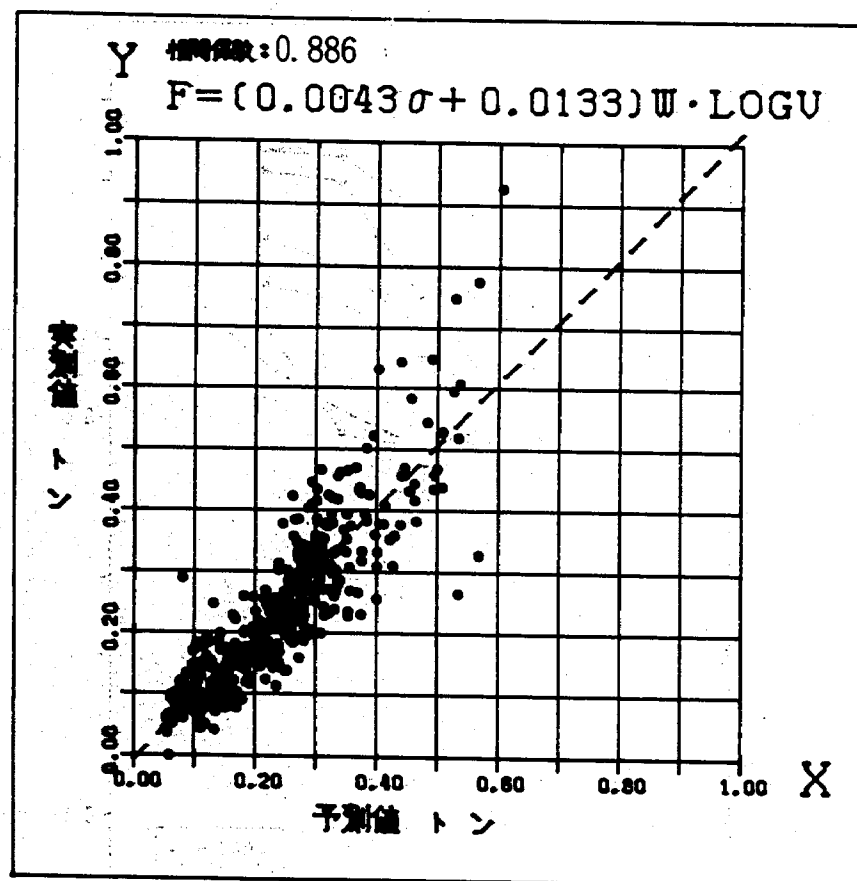
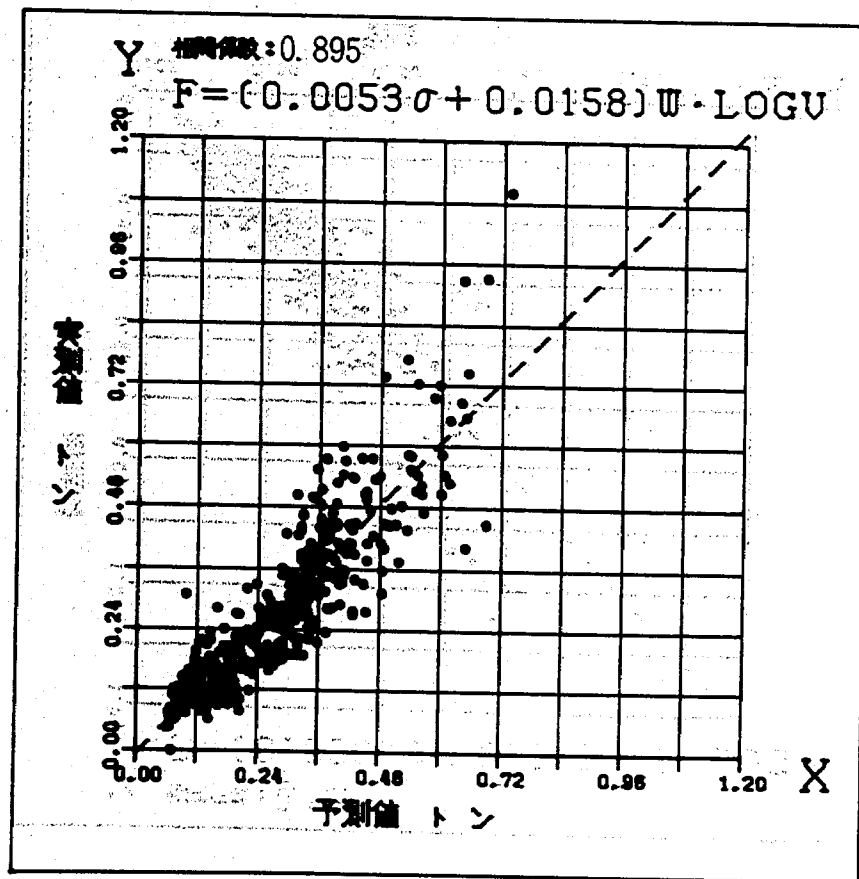


図-2.4(1) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 72.74\%$)

対象累積率 76.0 %



対象累積率 78.0 %

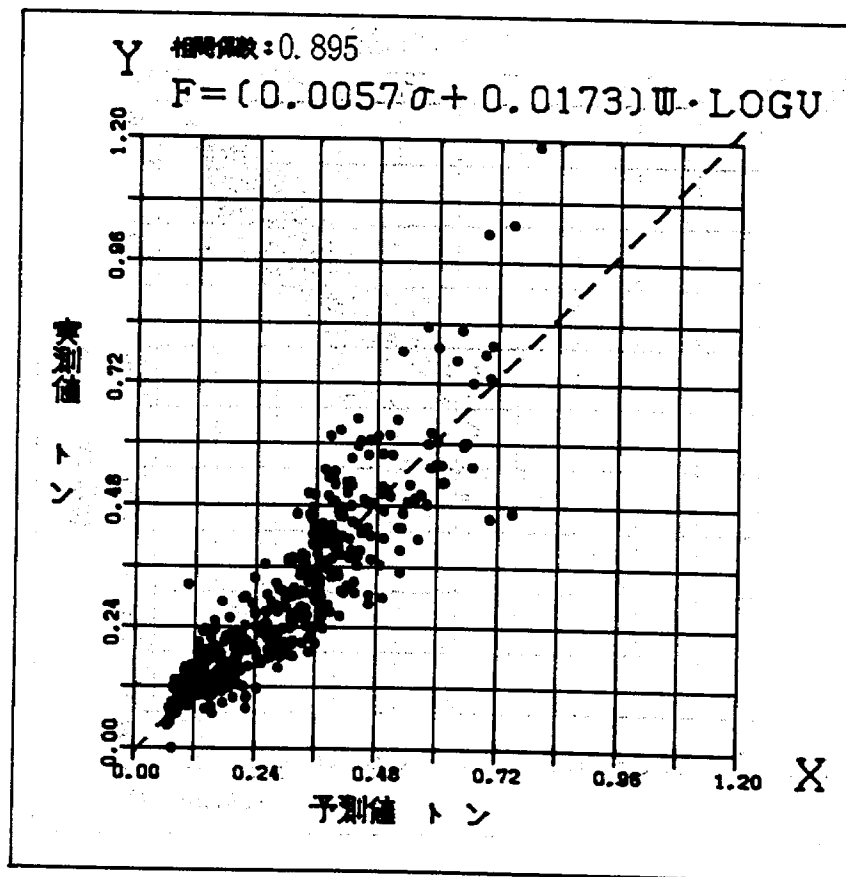


図- 2.4(2) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 76.78\%$)

対象累積率 80.0 %

対象累積率 82.0 %

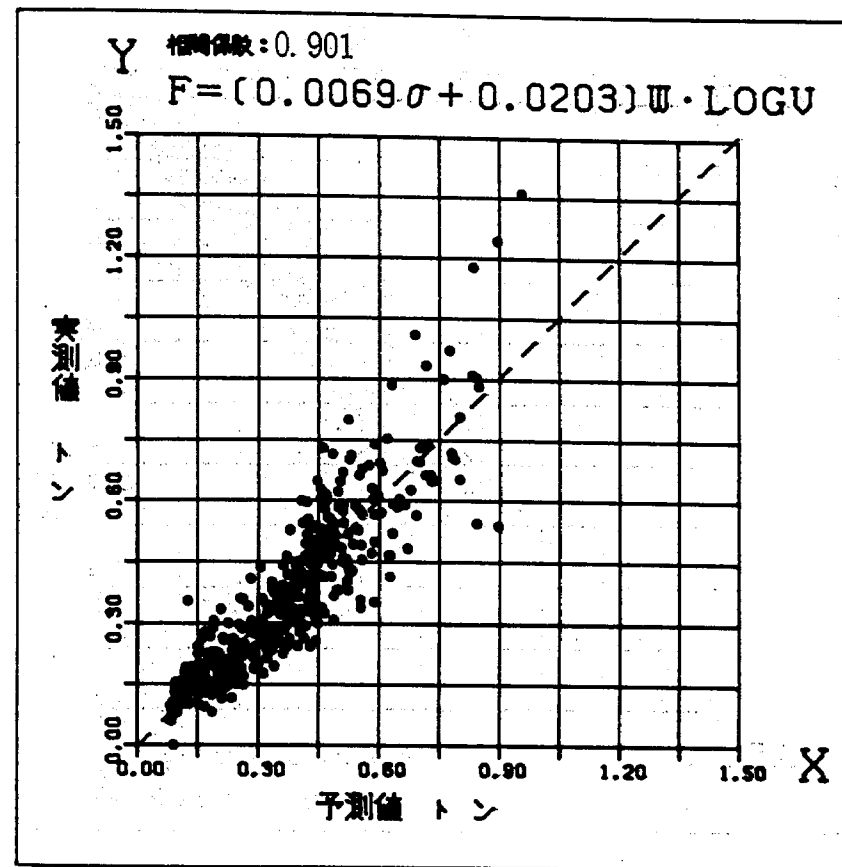
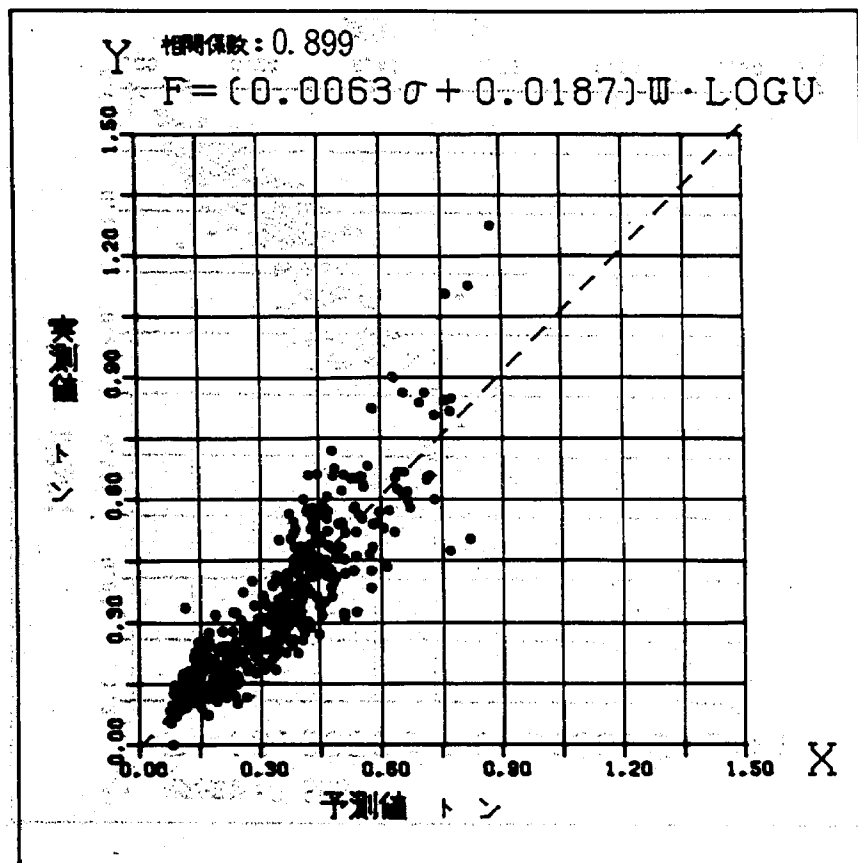


図-2.4(3) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 80.82\%$)

対象累積率 84.0 %

対象累積率 86.0 %

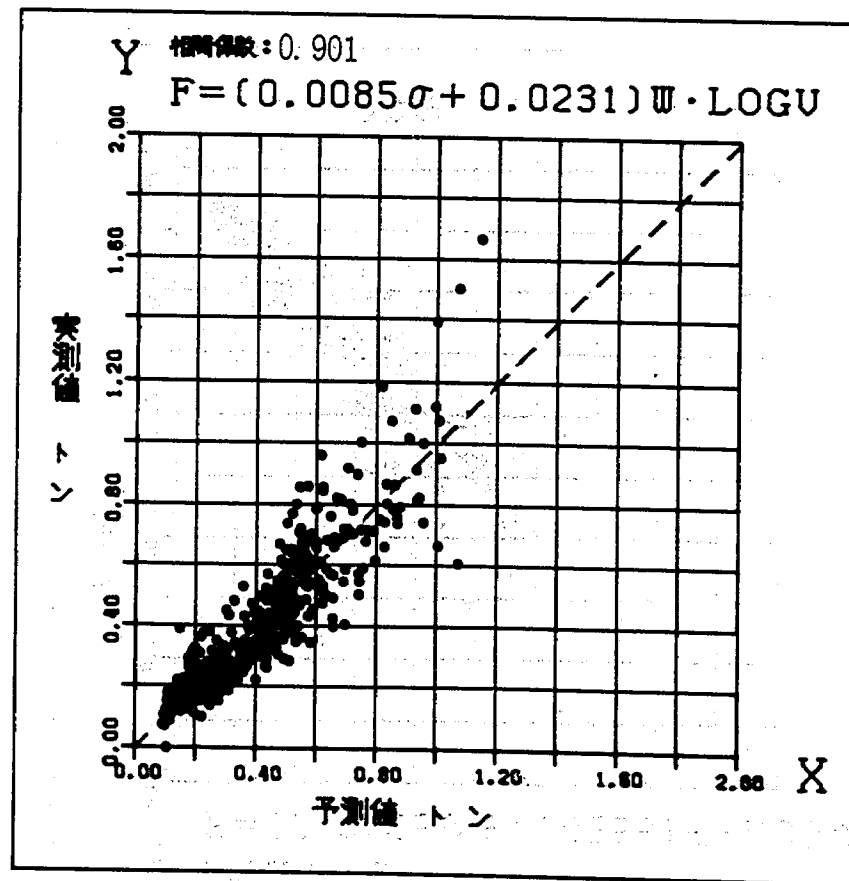
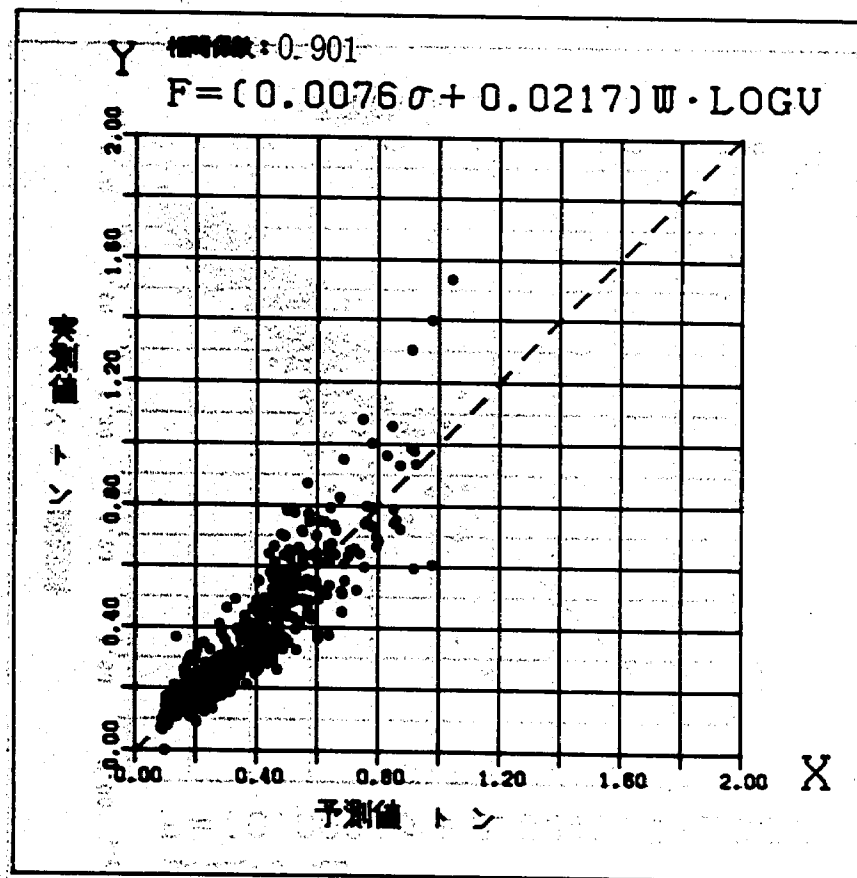
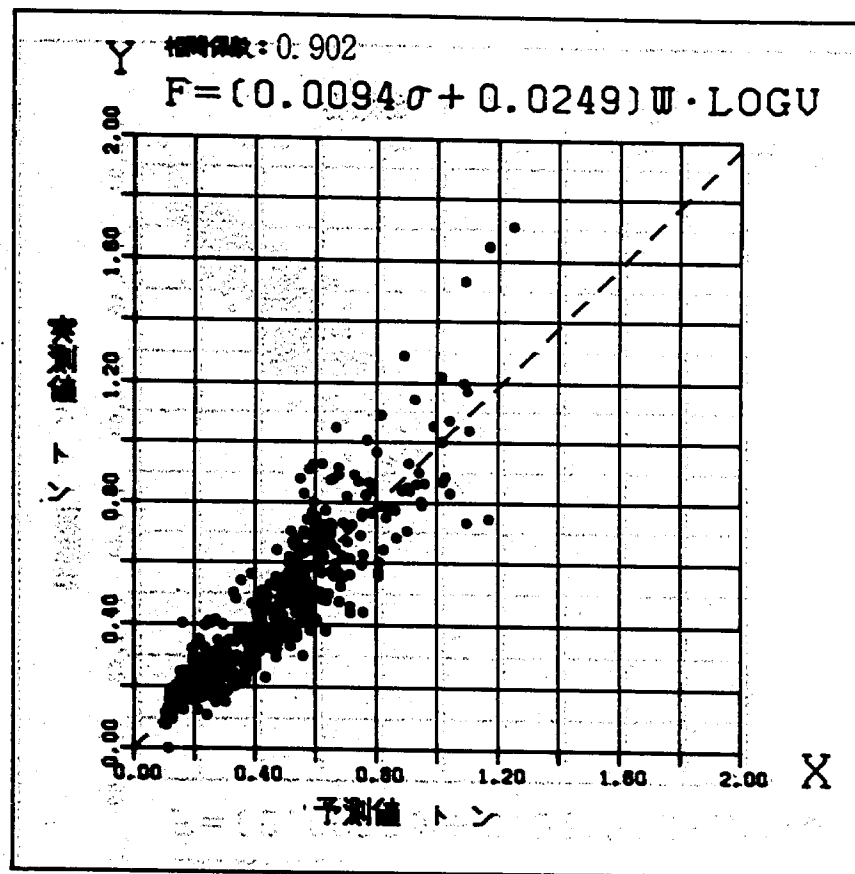


図-2.4(4) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 84, 86\%$)

対象累積率 88.0 %



対象累積率 90.0 %

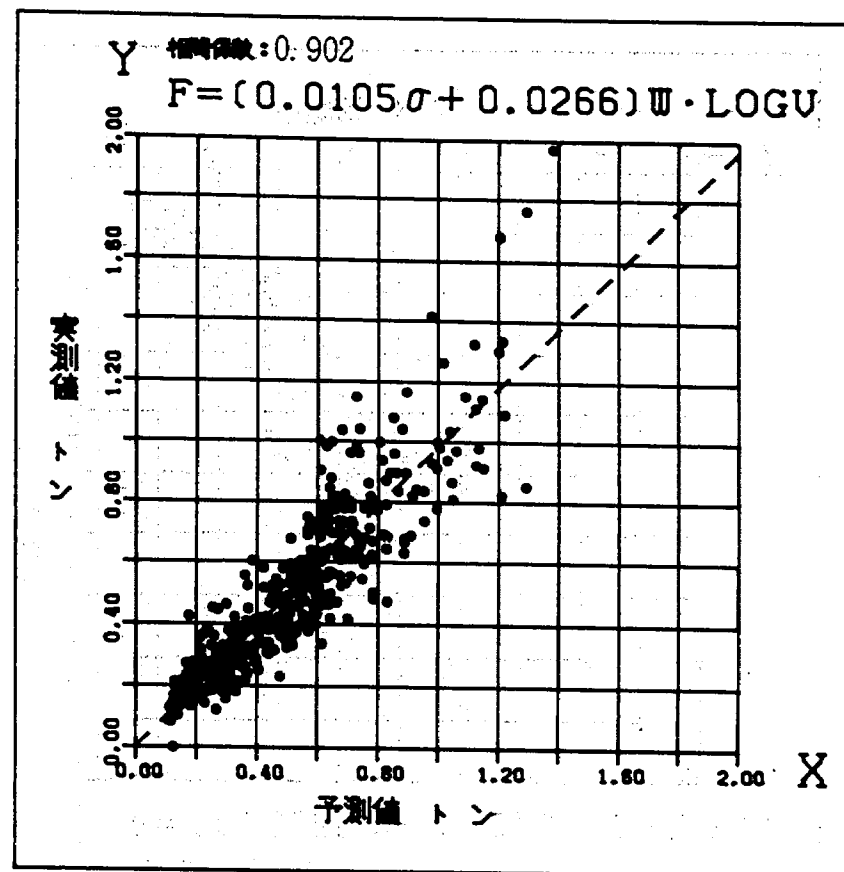
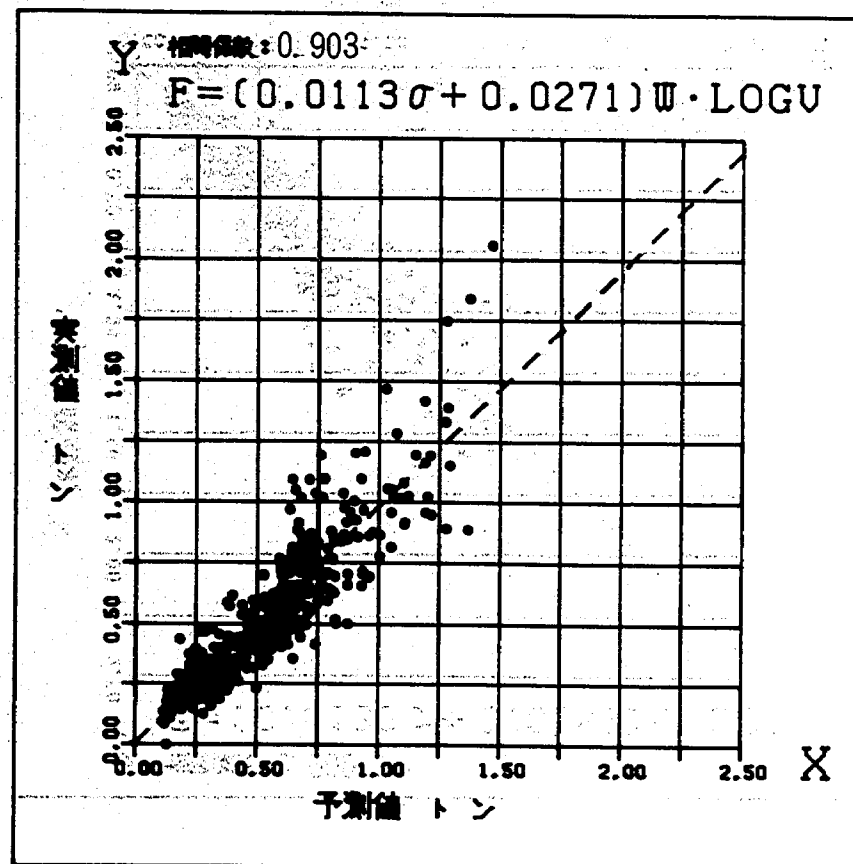


図-2.4(5) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 88, 90\%$)

対象累積率 91.0 %



対象累積率 92.0 %

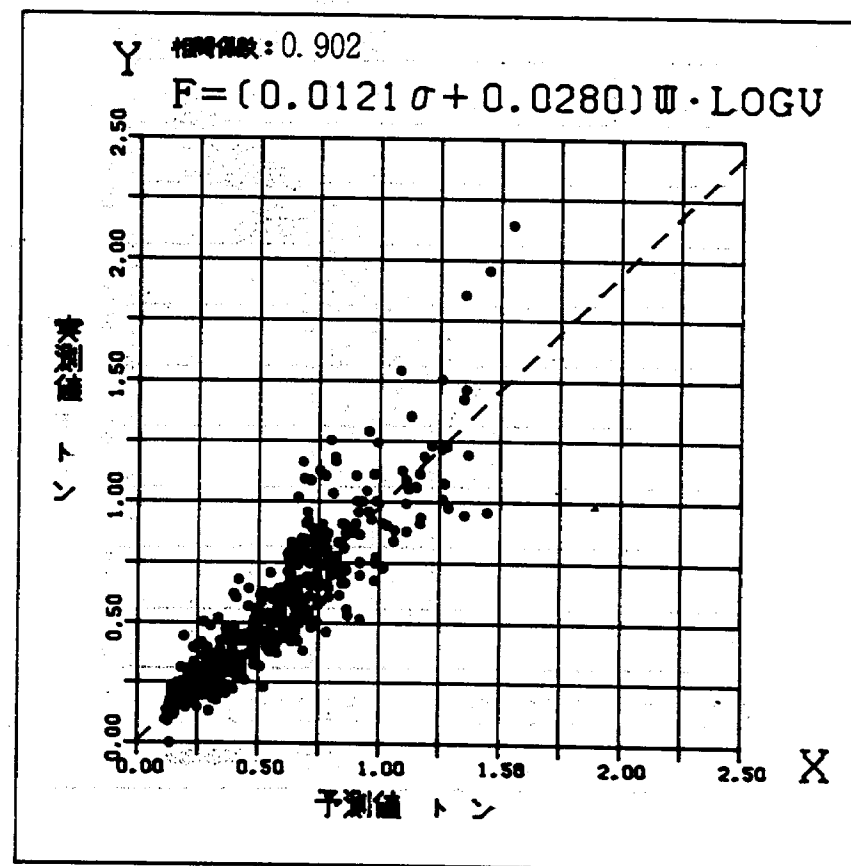
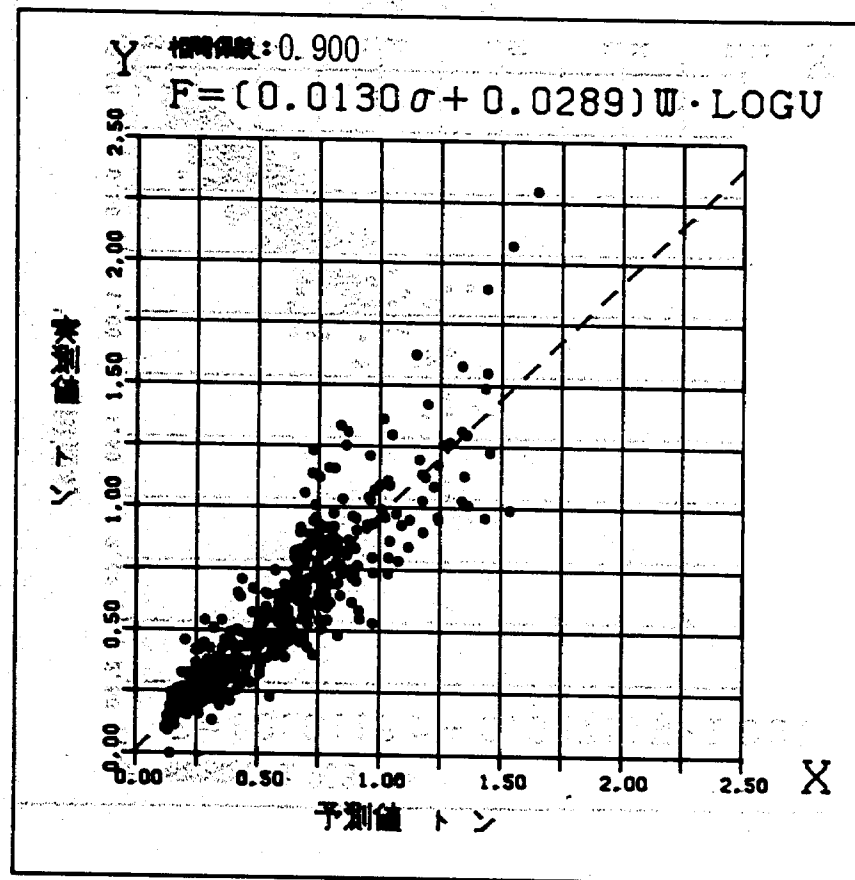


図-2.4(6) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 91.92\%$)

対象累積率 93.0 %



対象累積率 94.0 %

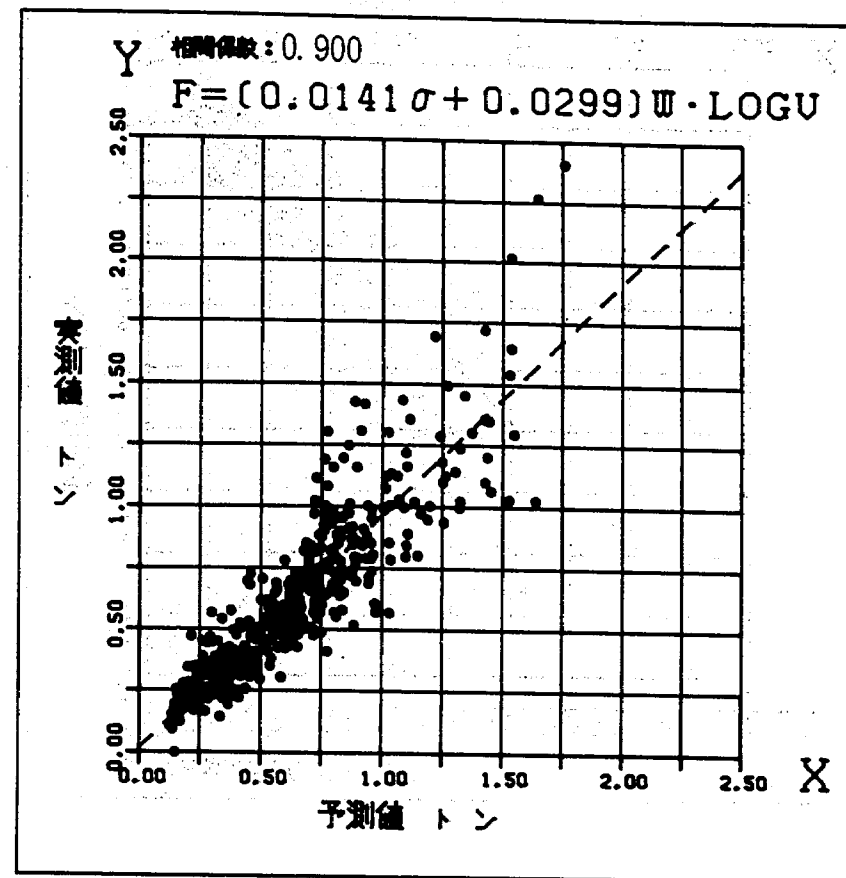


図-2.4(7) F_α の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 93, 94\%$)

対象累積率 95.0 %

対象累積率 96.0 %

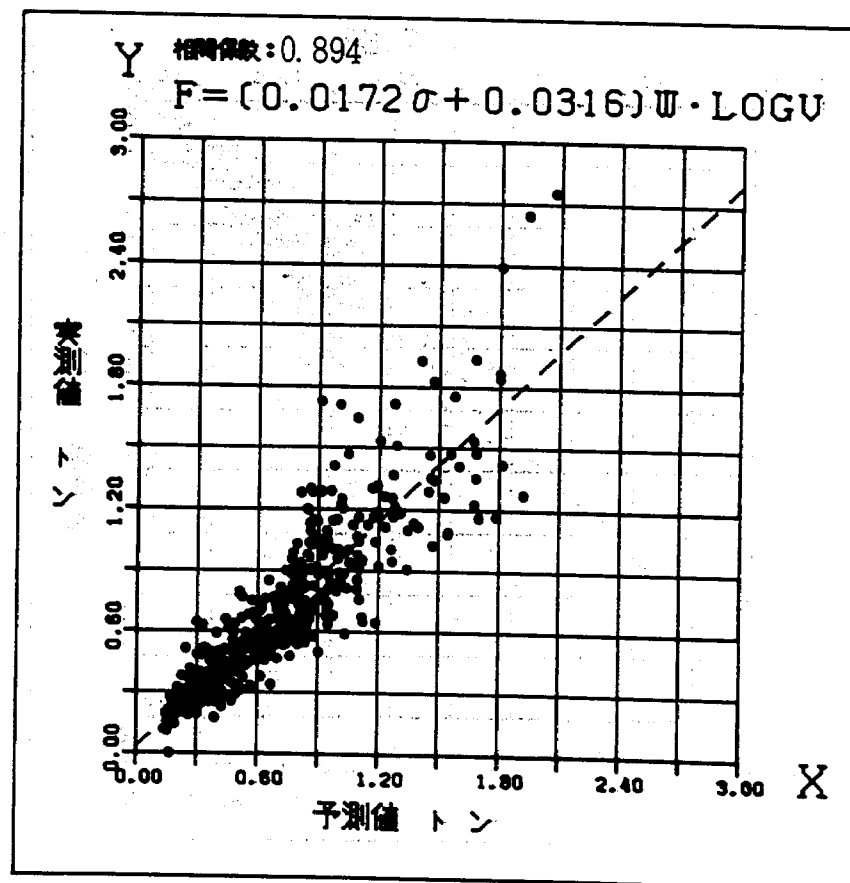
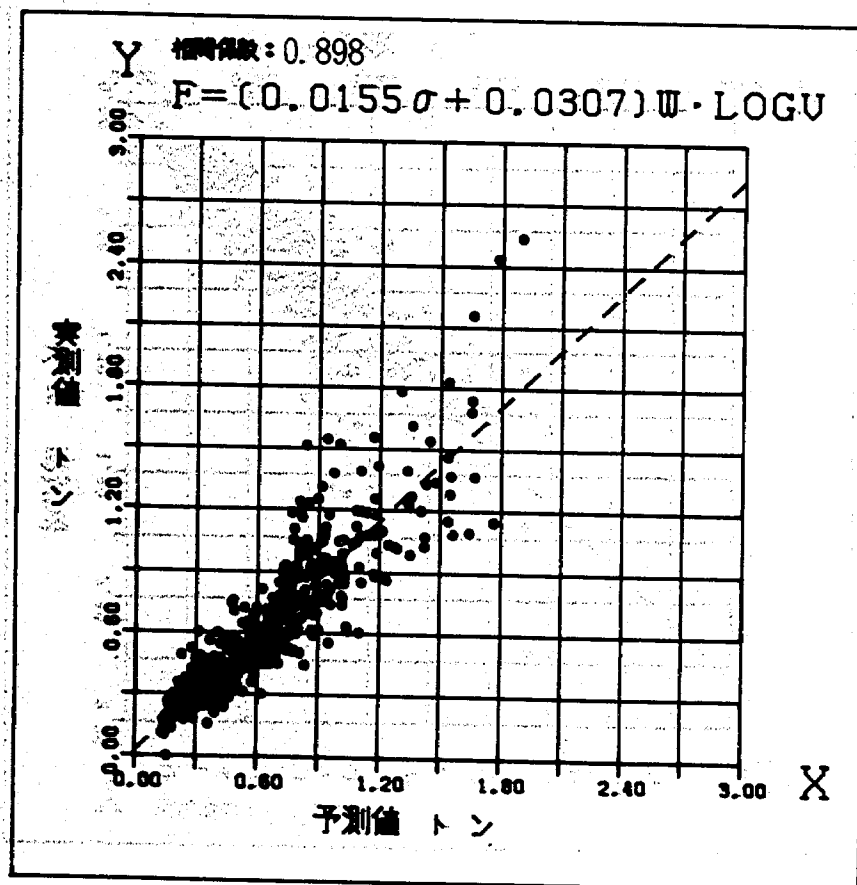


図-2.4(8) F_α の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 95, 96\%$)

対象累積率 97.0 %

対象累積率 98.0 %

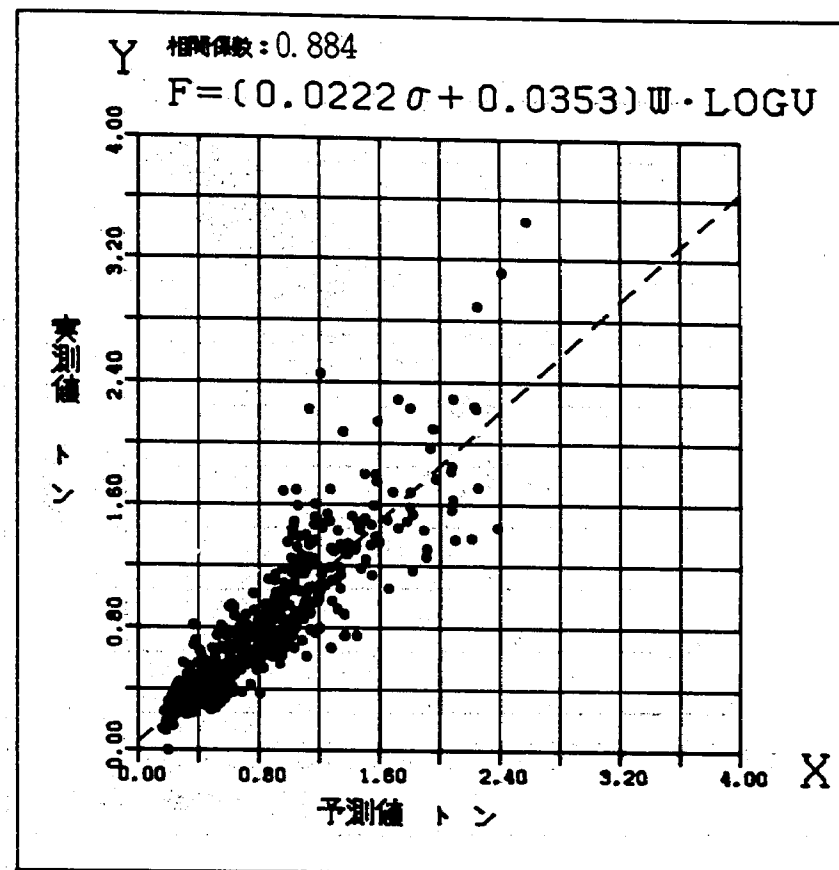
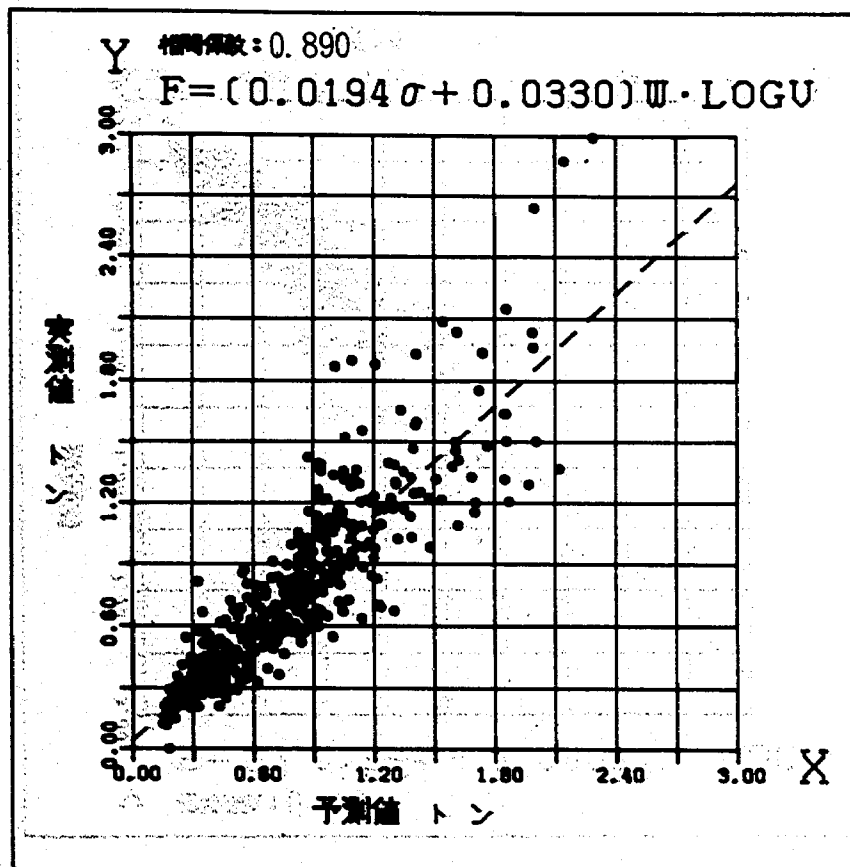
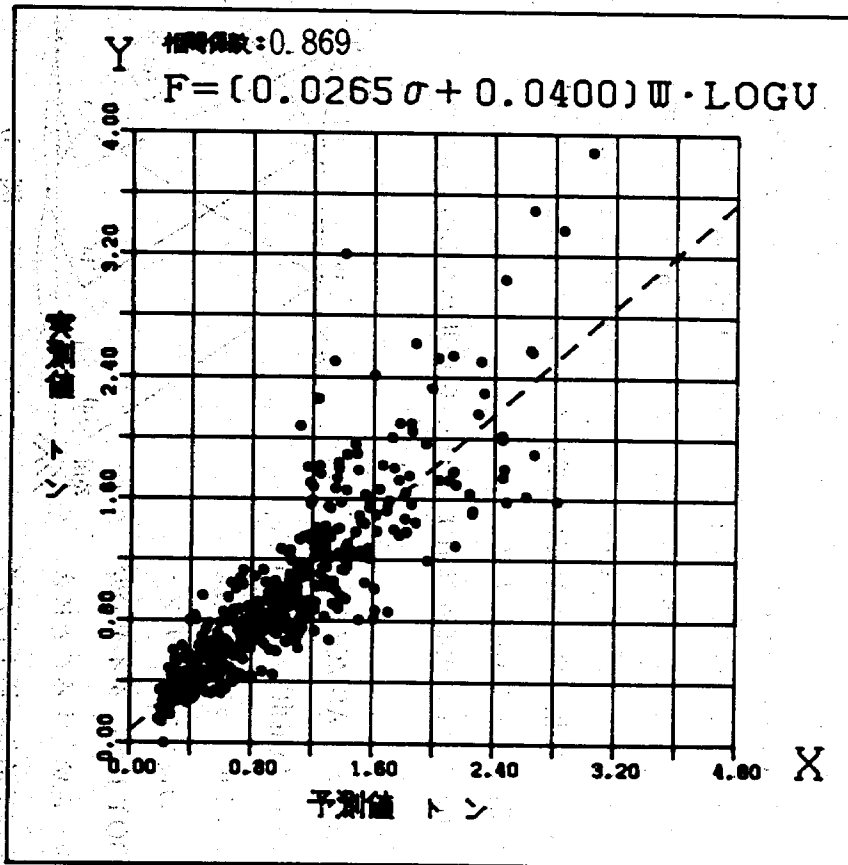


図-2.4(9) F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 97.98\%$)

対象累積率 99.0%



対象累積率 100.0%

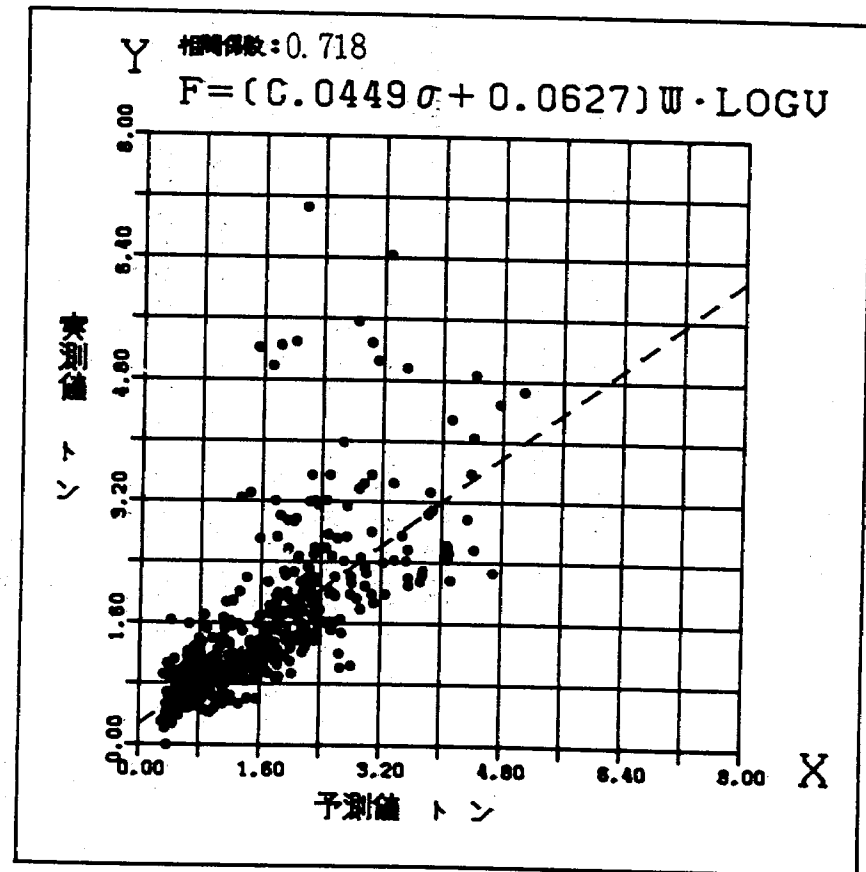


図-2.4.00 F_a の予測値と実測値の比較 ($\alpha = 99, 100\%$)

第3章 単純桁橋の衝撃係数に関する数値計算

3.1 単一車走行時の応答計算

単純桁橋上を単一車が走行したときの応答計算については昭和53年度までにその一部を実施しているが、今年度は、これまで計算の対象としていなかった支間長10mの橋梁を中心に数ケースの計算を実施したので以下にその結果を紹介する。

数値計算に用いた橋梁および車両の諸元を表-3.1に示す。なお、支間長10mの橋梁諸元は、既往の支間長20m以上の橋梁諸元を用いて図-3.1に示す方法により定めたものである。

計算結果を表-3.2に示す。図-3.2は支間長10mの結果と従来の計算結果をとりまとめて、 $\bar{i}$ と l の関係を図化したものであり、支間長10mの場合において特に衝撃係数が大きくなることが明らかとなった。

また、図-3.3は参考資料として今年度の数値計算結果の一部をプロッター出力させたものであり、 $l=10\text{m}$ 、 $W=20\text{ton}$ 、 $V=20\text{m/s}$ 、路面凹凸 C' の場合で、たわみ衝撃係数のサンプル値が最小値、平均値、最大値となる時の結果である。

3.2 路面凹凸波形の平滑化プログラムの開発

単純桁橋の衝撃係数に関する数値計算においては、車両を図-aのような2自由度系にモデル化するとともに、タイヤと路面とは1点で常に接触するという仮定を設けていた。しかしながら、実際にはタイヤはある有限長の長さで路面と接しているため、段差部を走行する場合、タイヤ中心位置が段差部に到達する直前からタイヤは段差の影響を受けはじめる(図-b)。しかし、図-aのモデルを用いた場合には、このような現象が再現されずに、タイヤ中心位置が段差部に到達した瞬間にタイヤが段差量に相当する強制変位を受けることとなり、計算される動的付加荷重の値は極端に過大なものとなる。

このような計算プログラム上の欠陥を解消するため、路面凹凸波形の平滑化プログラムを開発した。

サブルーチン・プログラム「ASMOOT」は、タイヤの接地している範囲内の路面凹凸高を算術平均することによって平滑化を行なうものであり、一方、サブルーチン・プログラム「BSMOOT」は、タイヤの変形による体積減少を一定値とすることにより平滑化を行なうものである。以下に両プ

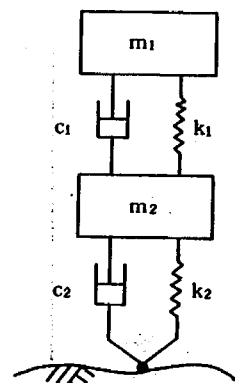


図-a

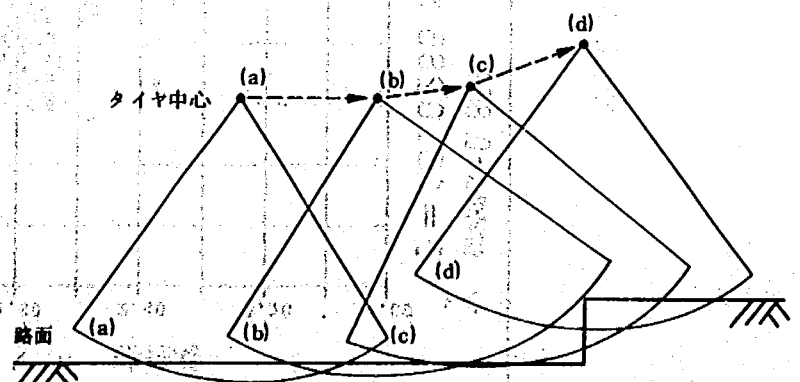


図-b

ログラムの計算手法、主プログラムとの接続方法、平滑化計算例等を紹介する。

④ サブルーチン・プログラム「ASMOOT」

i) 目的および手法

与えられた等間隔の路面凹凸高データ YO_m ($m = 1, 2, \dots, NN$) を、次式により平滑化を行なう。

$$YS_m = (YO_m + \sum_{i=1}^{N_b} (YO_{m-i} + YO_{m+i})) / N_c$$

但し、 $m = N_b + 1, N_b + 2, \dots, NN - N_b$

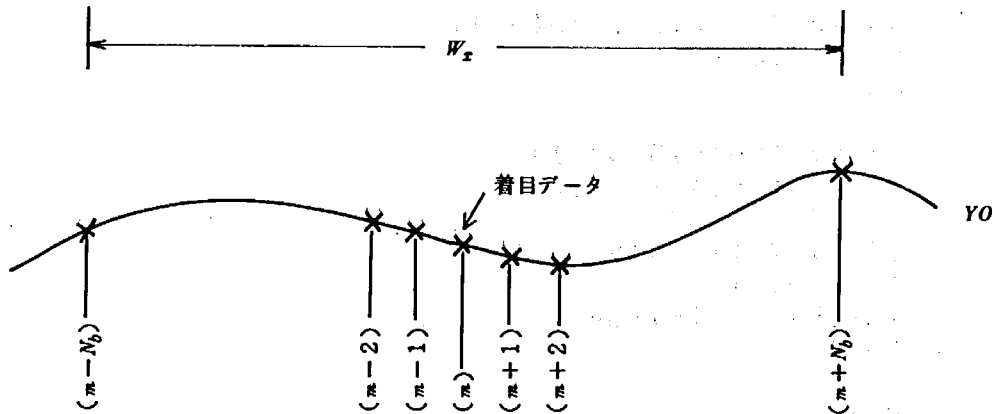
$$N_c = 2 \cdot N_b + 1$$

$$2 \cdot N_b \cdot dx \leq W_x < 2 \cdot (N_b + 1) \cdot dx$$

dx : 路面凹凸高の間隔

W_x : タイヤの接地長さ

上式中、 $2 \cdot N_b + 1$ は下図に示すように m 番目のデータの計算で必要とする W_x 区間内を構成するデータ個数である。なお、今回はデータシリーズの最初と最後の各々 N_b 個のデータについてはもとのデータ値のままとした。



ii) 使用法

(1) 接続方法

CALL ASMOOT (NN, YO, YS, ND, DX, WX)

引 数	型	副プログラムを呼ぶときの内容	副プログラムから戻ったときの内容
NN	I	データの総数	不 変
YO	$\overset{R}{1}$ 次元配列 (ND)	データ (mm 単位)	不 変
YS	$\overset{R}{1}$ 次元配列 (ND)	何も入れなくてよい	平滑化されたデータ (mm 単位)
ND	I	主プログラムにおけるYO, YS のディメンション	不 変
DX	R	データの間隔 (mm 単位)	不 変
WX	R	対象車両のタイヤの接地長さ (mm 単位)	不 変

(2) 注意事項

データ・シリーズの最初と最後の各々 N_b 個については、この手法を用いていないので、 $YS(N_b) = YS(N_b + 1)$, $YS(NN - N_b) = YS(NN - N_b + 1)$ となるように、 YO データを接続している。

iii) プログラム・リフト

SOURCE STATEMENT

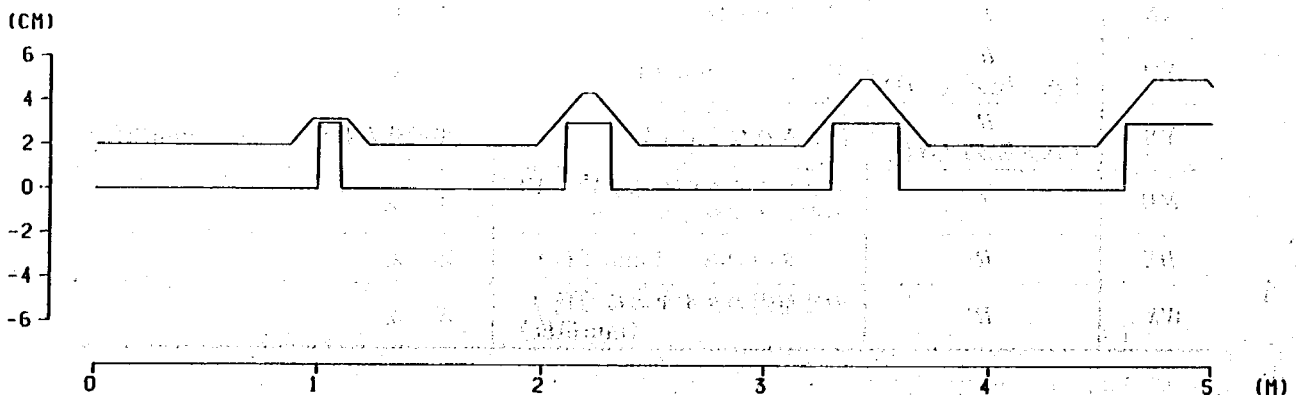
```

SUBROUTINE ASMOOT(NN,YO,YS,ND,DX,WX)
  DIMENSION YO(ND),YS(ND)
C
  NA=INT(WX/DX)
  NB=INT(NA/2+0.5)
  NC=NB*2+1
  NE1=NN-NB+1
  NE2=NN-NB
C
  DO 10 I=NB+1,NE2
    SUM=YO(I)
    DO 20 J=1,NB
      J1=I-J
      J2=I+J
20  SUM=SUM+(YO(J1)+YO(J2))
    YS(I)=SUM/NC
  10 CONTINUE
C
  SAS=YO(NB)-YS(NB+1)
  SAE=YO(NE1)-YS(NE2)
  DO 30 I=1,NB
    YS(I)=YO(I)-SAS
    IE=NN-I+1
    YS(IE)=YO(IE)-SAE
  30 CONTINUE
C
  RETURN
END

```

iv) 図 例

この方法で平滑化したデータの図例 ($DX = 5 \text{ mm}$, $WX = 250 \text{ mm}$ の場合) を次図に示す。図中もとのデータを下段に、平滑化されたデータの軌跡を上段に示す。



⑧ サブルーチン・プログラム「BSMOOT」

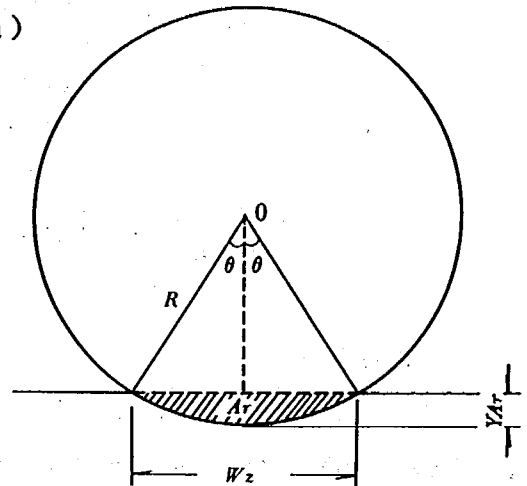
Ⅰ) 目的および手法

与えられた等間隔の路面凹凸高データ YO_m ($m=1, 2, \dots, NN$) の波形と各データ値より十側 (上方) に中心座標をもつ半径 R の円弧とが交叉する部分の面積が一
定値となるような円の中心座標を求めようとするものである。 a)

まず, a) 図に示すように半径 R の円弧において, 弦の長さが W_x なる弧との間の面積を任意値 Ar とすれば,

$$Ar = R^2 \cdot \theta - \frac{1}{2} \cdot W_x \cdot R \cdot \cos \theta$$

(θ : ラジアン単位)



となる。凹凸波形と円弧の交叉する面積を b) 図のように,

$$A = \Delta X \cdot \sum_{i=1}^n H_i$$

で表わされるとすれば, 各 X 座標 (車両走行方向) において, ある最大段差量 D_{max} に相当する垂直座標区間で, $A \approx Ar$ b)

なる円弧の中心座標を求めればよい。なお, この垂直座標内の移動ピッチは精度上 0.1 mm きざみとする。

さらに, 円弧の座標を示す UY_i は c) 図のように,

$$UY_i = R - \sqrt{R^2 - (\Delta X \cdot i)^2}$$

となる。また, $UY_{max} = D_{max}$ とすれば, 計算上最低限必要となる円弧の水平長 (片側分) X_b は,

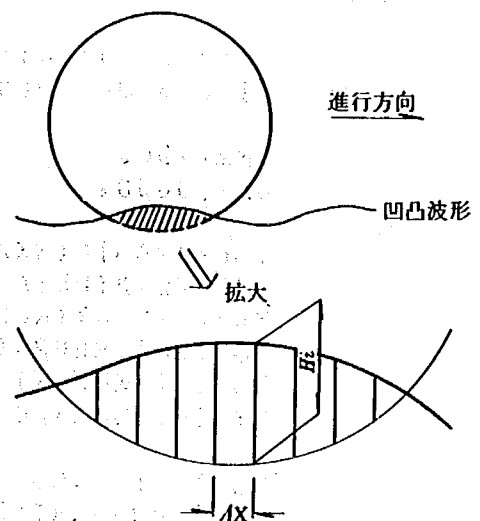
$$X_b = \sqrt{R^2 - (R - D_{max})^2}$$

となり, この長さを個数 N_b に直せば,

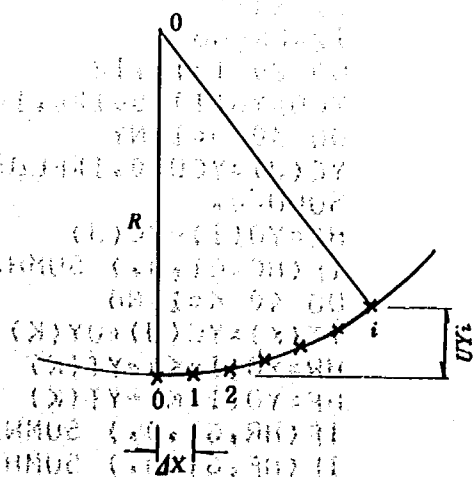
$$N_b = X_b / \Delta X$$

となる。なお, プログラム内では $D_{max} = 50$ mm としている。

以上のような平滑化の手法であるが, 凹凸波形シリーズのうち最初と最後の各々 N_b 個はこの操作が無理なため, もとのデータ YO を用いることとした。



c)



Ⅱ) 使用法

(1) 接続方法

CALL BSMOOT (NN, YO, YS, ND, DX, R, WX, TITLE)

引 数	型	副プログラムを呼ぶときの内容	副プログラムから戻ったときの内容
NN	I	データの総数	不 変
YO	R 1次元配列 (ND)	データ (mm単位)	不 変
YS	R 1次元配列 (ND)	何も入れなくてよい	平滑化されたデータ (mm単位)
ND	I	主プログラムにおけるYO, YS のディメンジョン	不 変
DX	R	データの間隔 (mm単位)	不 変
R	R	対象車両のタイヤの半径 (mm単位)	不 変
WX	R	対象車両のタイヤの接地長さ (mm単位)	不 変

(2) 注意事項

データ・シリーズの最初と最後の各々 N_b 個はこの操作が用いられないため、 $YS(N_b) = YS(N_b + 1)$,
 $YS(NN - N_b) = YS(NN - N_b + 1)$ となるようにYOデータを接続している。

iii) プログラム・リスト

SOURCE STATEMENT

```

SUBROUTINE BSMOOT(NN,YO,YS,ND,DX,R,WX)
DIMENSION YO(ND),YS(ND),UY(100),YT(100),A(1001),YC(1001)
C
DMAX=50.
DA=10000.
C
THETA=ASIN(WX/2./R)
AR=R**2*THETA-0.5*WX*R*COS(THETA)
YAR=R-SQRT(R**2-(WX/2.）**2)
XB=SQRT(R**2-(R-DMAX)**2)
NB=INT(XB/DX)
NY=INT(DMAX/0.1)*2+1
C
DO 10 I=1,NB
UY(I)=R-SQRT(R**2-(DX*I)**2)
10 CONTINUE
C
I1=NB+1
I2=NN-NB
DO 20 I=I1,I2
YCO=YO(I)-501*0.1-YAR
DO 30 J=1,NY
YC(J)=YCO+0.1*FLOAT(J)
SUMH=0.
HC=YO(I)-YC(J)
IF(HC.GT.0.) SUMH=HC
DO 40 K=1,NB
YT(K)=YC(J)+UY(K)
HR=YO(I-K)-YT(K)
HF=YO(I+K)-YT(K)
IF(HR.GT.0.) SUMH=SUMH+HR
IF(HF.GT.0.) SUMH=SUMH+HF

```

```

40 CONTINUE
  A(J)=DX*SUMH
  AA=ABS(A(J)-AR)
  IF(AA.GT.DA) GO TO 30
  DA=AA
  JJ=J

```

```

30 CONTINUE
  YS(I)=YC(JJ)+YAR
20 CONTINUE

```

```

C
  SAS=YO(NB)-YS(NB+1)
  SAE=YO(NN-NB+1)-YS(NN-NB)
  DO 50 I=1,NB
    YS(I)=YO(I)-SAS
    YS(NN-I+1)=YO(NN-I+1)-SAE
  50 CONTINUE

```

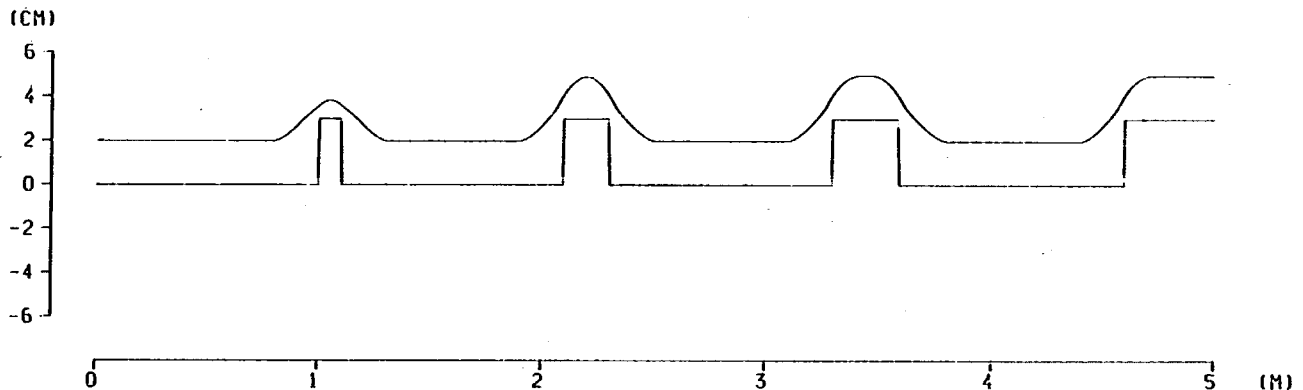
```

C
  RETURN
END

```

IV) 図 例

この方法で平滑化したデータの図例 ($DX = 5 \text{ mm}$, $R = 500 \text{ mm}$, $W_x = 250 \text{ mm}$ の場合) を次図に示す。
 図中もとのデータを下段に、平滑化されたデータの軌跡を上段に示した。



3.3 路面凹凸波形の平滑化が衝撃係数の計算結果に及ぼす影響

単純桁橋の衝撃係数に関するこれまでの数値計算において入力データとして用いてきた路面凹凸波形を、前節で紹介した「路面凹凸波形の平滑化プログラム」を使用して平滑化した場合に、衝撃係数の算出結果にどのような影響が表われるかを検討した。

計算対象としたのは、支間長20, 40, 60, 100 mの単純桁橋であり、この上を総重量10 tonの車両1台が20 m/sの速度で走行したときのスパン1/4点における動的応答値、および車両の動的付加荷重を計算した。橋梁および車両の諸元は従来と同じものを、また路面凹凸は、 A' と C' およびそれらの波形を前章に述べた2種類のプログラムを用いて平滑化した後の凹凸を用いた。なお、平滑化時の条件としては、タイヤ半径を500 mm、タイヤの接地長さを250 mmとした。

計算結果を表-3.3に、またプロッター出力の一例を図-3.4に示す。これらの結果より、路面凹凸波形は平滑化の影響により高周波成分が除去された滑らかな波形となること、また、それに伴ない動的付加荷重

も同様の波形となることが明らかとなった。しかし、たわみ衝撃係数の計算値は、平滑化後の方が0～2%小さな値となるだけであり、ほとんどその影響が表われなかった。このように衝撃係数値に及ぼす影響が小さかった理由としては、路面凹凸波形A'およびC'は、正弦波の合成により作成した波形であるために、平滑化の作業が最も効果をあげると考えられる段差的形状の路面凹凸は含んでいないためと考えられる。

表-3.1(1) 橋 梁 諸 元

スパン	$l =$	20 m	10 m
単位長当重量	$w =$	2420.0 kg/m	1900.0
曲げ剛性	$EI =$	6.21×10^{12} kg·cm ²	2.00×10^{12}
減衰定数	$h_f =$	0.02	0.02
固有振動数 (1次モード)		6.230 Hz	15.954
" (2次 ")		24.922 Hz	63.816
" (3次 ")		56.074 Hz	143.587

表-3.1(2) 車 両 諸 元

総重量	W	10 ton	20 ton
バネ上質量	m_1	8,757/9.8 (kg·s ² /m)	17,514/9.8
懸架バネ定数	k_1	220,200 (kg/m)	440,400
懸架部粘性定数	c_1	12,630 (kg·s/m)	25,260
バネ下質量	m_2	1,243/9.8 (kg·s ² /m)	2,486/9.8
タイヤバネ定数	k_2	846,900 (kg/m)	1,693,800
タイヤ部粘性定数	c_2	207.3 (kg·s/m)	414.6
バネ上振動数	$(\nu_1) : \sqrt{k_1/m_1}$	15.7 (rad/s)	15.7
懸架部減衰定数	$(\beta_1) : c_1/(2\nu_1 m_1)$	0.45	0.45
バネ下振動数	$(\nu_2) : \sqrt{k_2/m_2}$	81.7 (rad/s)	81.7
タイヤ部減衰定数	$(\beta_2) : c_2/(2\nu_2 m_2)$	0.01	0.01
バネ上バネ下質量比 (R_m) : m_2/m_1		0.142	0.142

表- 3. 2 衝撃係数の計算結果 (単一車, たわみ)

計算条件	支間長 l (m)	10		10		10		20	
	車両重量 W (ton)	10		10		20		20	
	走行速度 V (m/s)	10		20		20		20	
着目点 ($\times l$)		1/4	1/2	1/4	1/2	1/4	1/2	1/4	1/2
凹凸の種類	諸 値								
A	i_{min}	0.047	0.067	0.053	0.031				
	$\bar{i}$	0.175	0.177	0.205	0.205				
	i_{max}	0.369	0.381	0.451	0.472				
	σ	0.063	0.063	0.083	0.090				
	$\bar{i} + 2 \cdot \sigma$	0.301	0.303	0.371	0.385				
B	i_{min}	0.144	0.156	0.097	0.089				
	$\bar{i}$	0.374	0.376	0.437	0.439				
	i_{max}	0.749	0.761	0.944	0.966				
	σ	0.123	0.125	0.169	0.177				
	$\bar{i} + 2 \cdot \sigma$	0.620	0.626	0.775	0.793				
C	i_{min}	0.370	0.317	0.246	0.268			0.172	0.175
	$\bar{i}$	0.793	0.796	0.935	0.933			0.528	0.507
	i_{max}	1.521	1.522	1.954	1.994			1.095	1.049
	σ	0.243	0.245	0.345	0.355				
	$\bar{i} + 2 \cdot \sigma$	1.279	1.286	1.625	1.643				
C'	i_{min}					0.115	0.127	0.110	0.094
	$\bar{i}$					0.470	0.469	0.399	0.394
	i_{max}					1.080	1.084	0.879	0.853
	σ								
	$\bar{i} + 2 \cdot \sigma$								

表- 3. 3 たわみ衝撃係数の計算結果 (平滑化の影響)

平滑化の種類	支間長 (m)	20			40			60			100		
	路面の種類	$\bar{i}$	σ	$\bar{i} + 2\sigma$	$\bar{i}$	σ	$\bar{i} + 2\sigma$	$\bar{i}$	σ	$\bar{i} + 2\sigma$	$\bar{i}$	σ	$\bar{i} + 2\sigma$
ASMOOT	A'	0.106	0.055	0.216	0.117	0.045	0.207	0.112	0.044	0.200	0.077	0.029	0.135
	C'	0.466	0.190	0.846	0.523	0.133	0.789	0.471	0.121	0.713	0.280	0.064	0.408
BSMOOT	A'	0.106	0.055	0.216	0.117	0.046	0.209	0.112	0.044	0.200	0.077	0.029	0.135
	C'	0.466	0.190	0.846	0.523	0.133	0.789	0.471	0.121	0.713	0.280	0.064	0.408
平滑化を行わず	A'	0.108	0.055	0.218	0.118	0.046	0.210	0.112	0.044	0.200	0.078	0.029	0.136
	C'	0.472	0.191	0.854	0.525	0.132	0.789	0.472	0.121	0.714	0.280	0.064	0.408

(単一車, $W = 10$ ton, $V = 20$ m/s, 着目点 1/4 点)

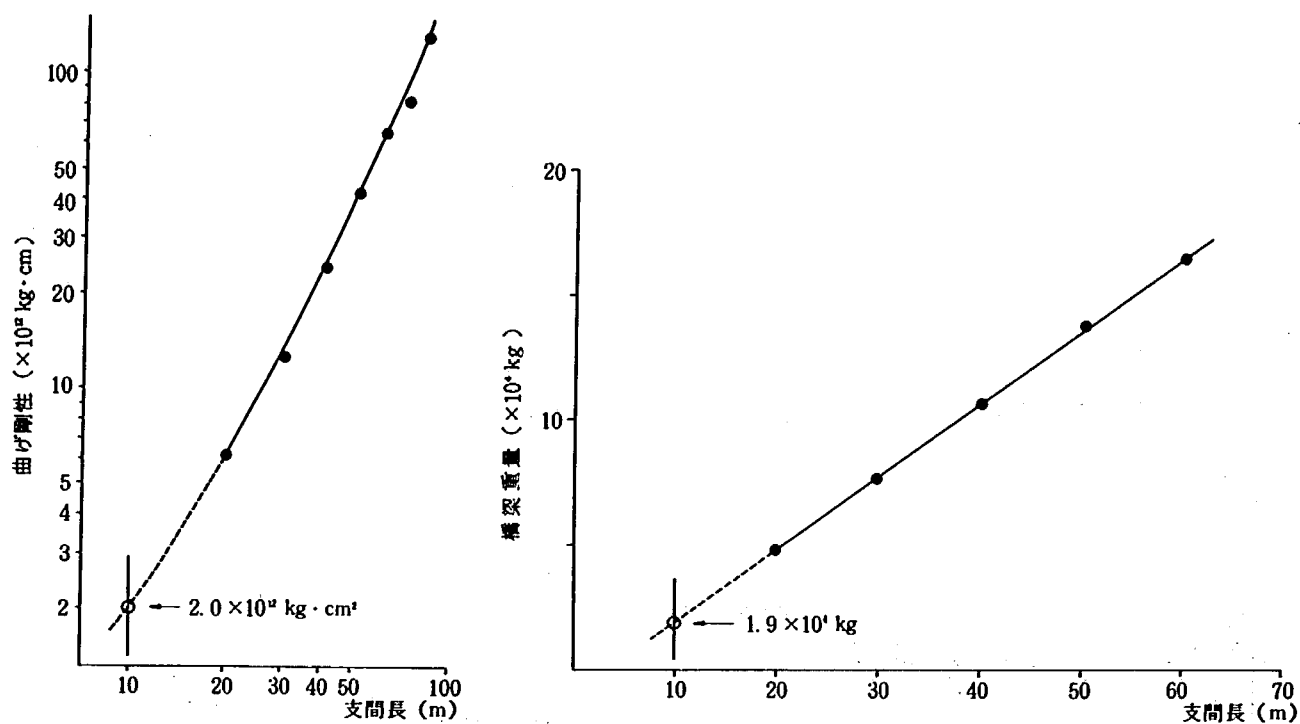


図-3.1 橋梁諸元の推定

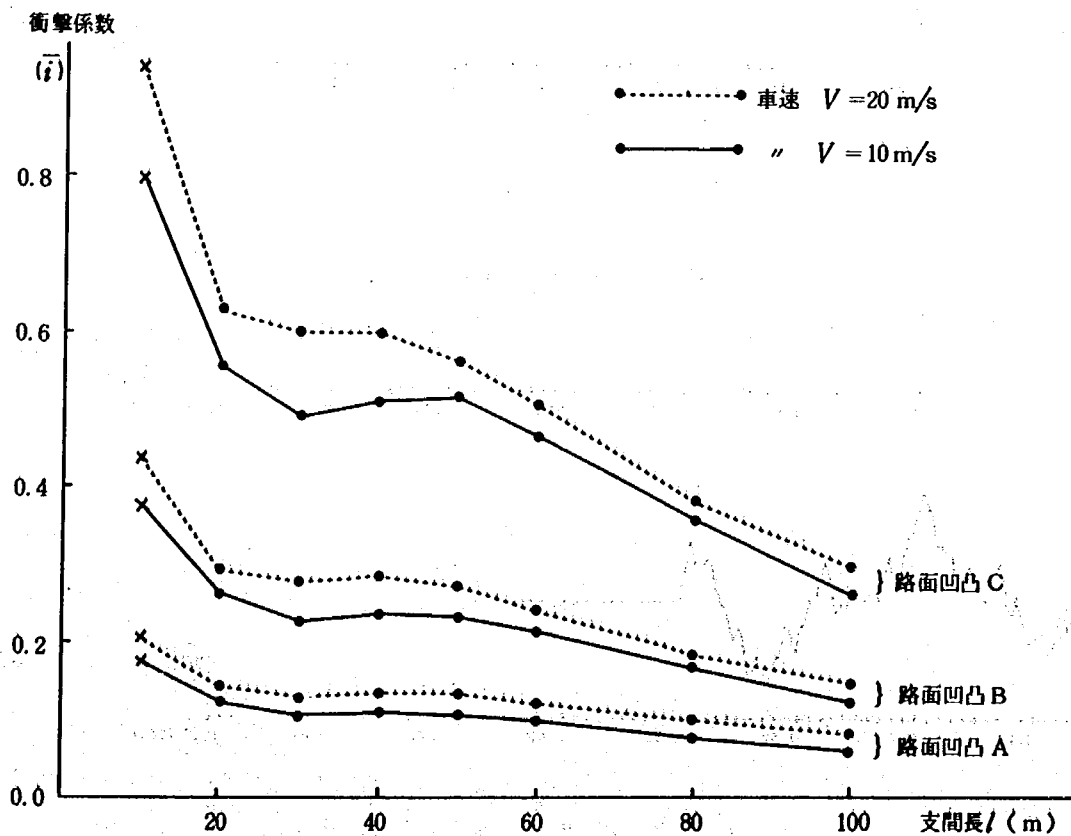


図-3.2 $\bar{i}$ と l の関係(単一車, たわみ, $W=10 \text{ ton}$)

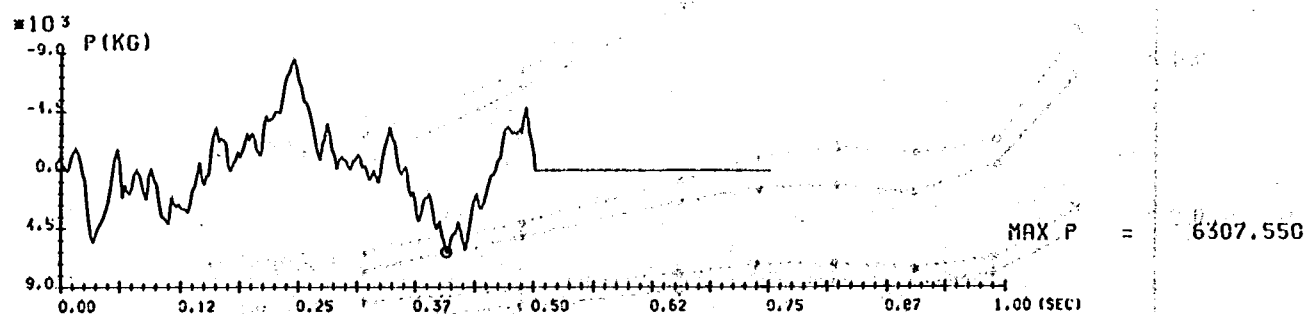
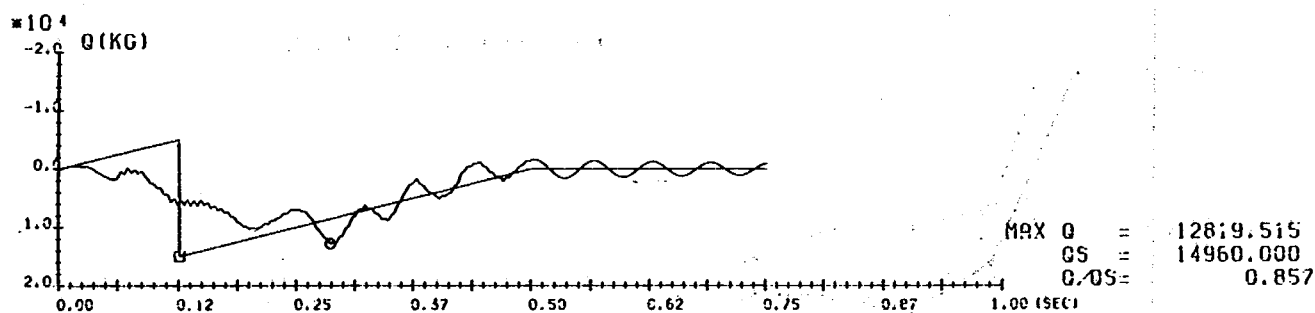
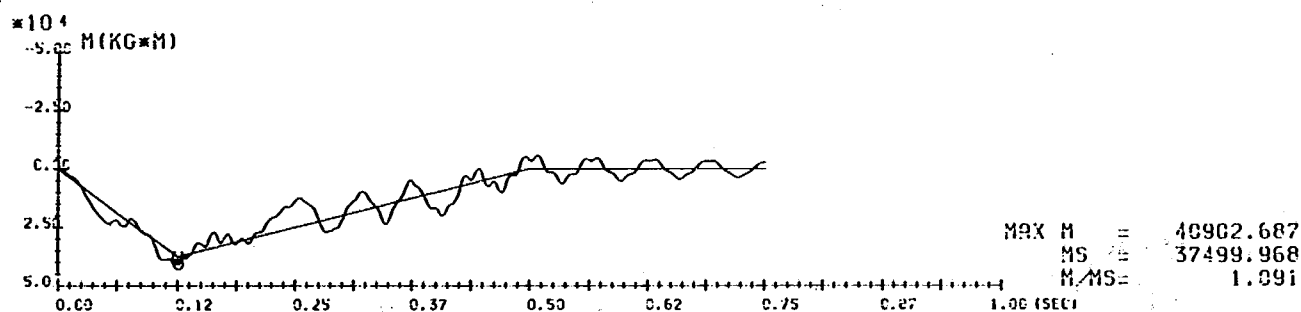
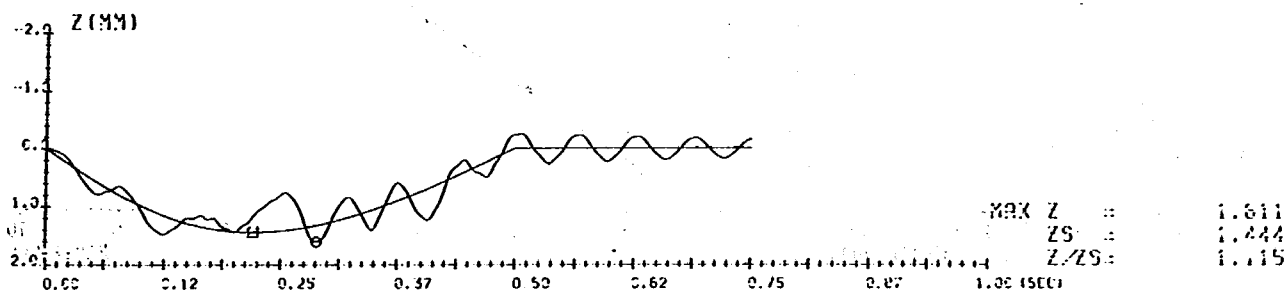
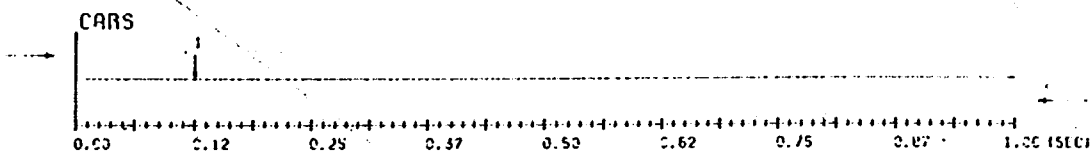
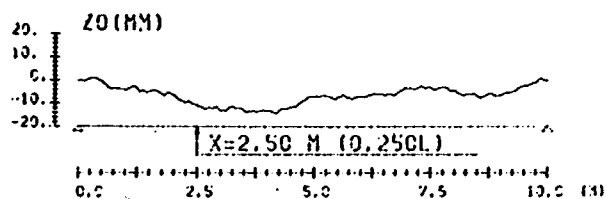
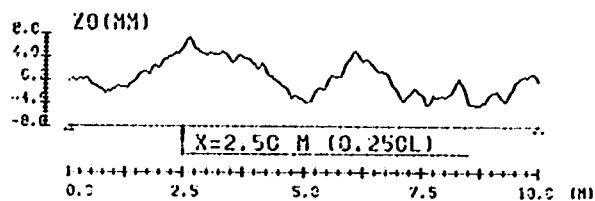


図-3.3(1) 計算結果の一例

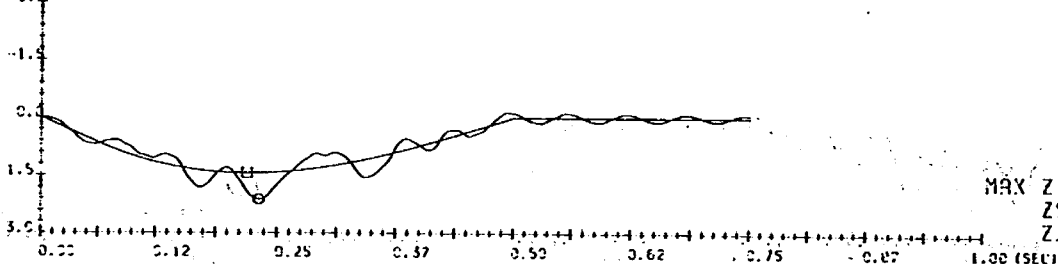
(単一車, $l=10$ m, $W=20$ ton, $V=20$ m/s, 凹凸 C' , 着目点 1/4 点, たわみの衝撃係数最小)



CARS

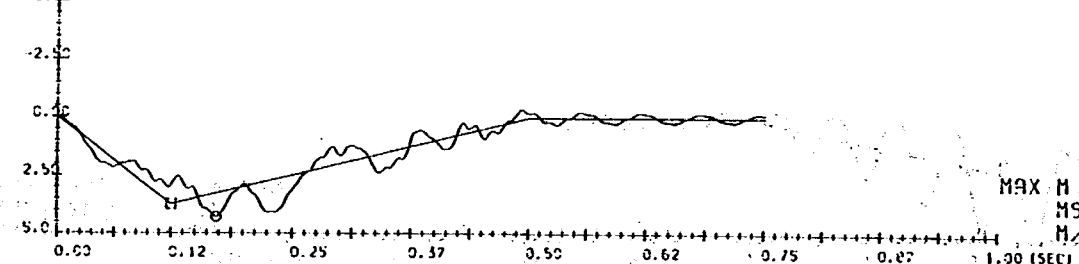
0.00 0.12 0.25 0.37 0.50 0.62 0.75 0.87 1.00 (SEC)

Z (MM)



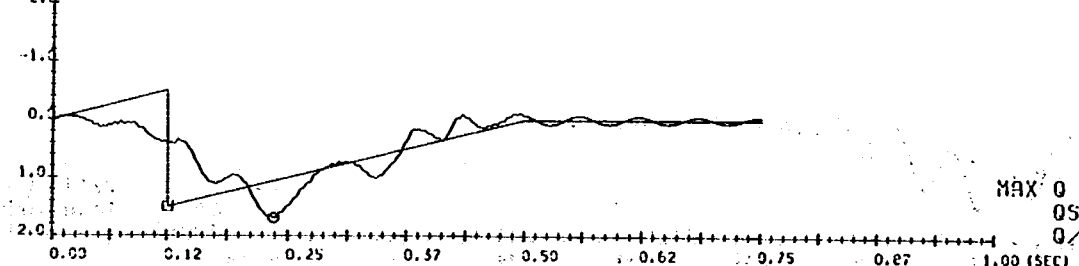
MAX Z = 2.123
 ZS = 1.444
 Z/ZS = 1.470

$\times 10^4$
 M (KG-M)



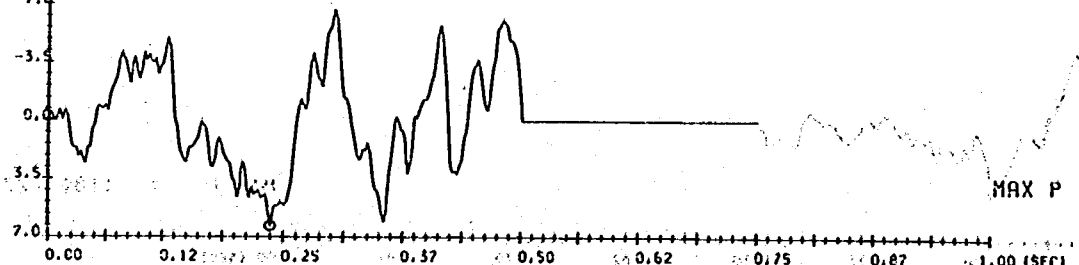
MAX M = 42914.789
 MS = 37499.968
 M/MS = 1.144

$\times 10^4$
 Q (KG)



MAX Q = 16943.136
 QS = 14960.000
 Q/QS = 1.133

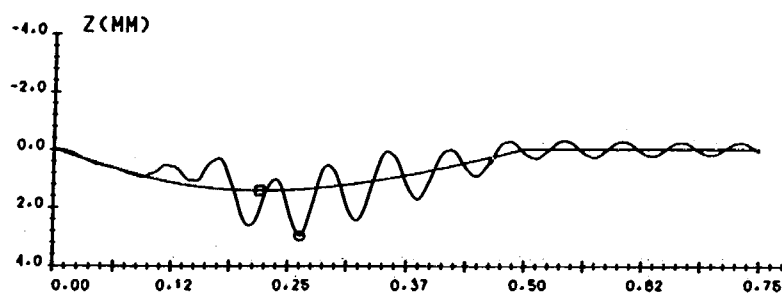
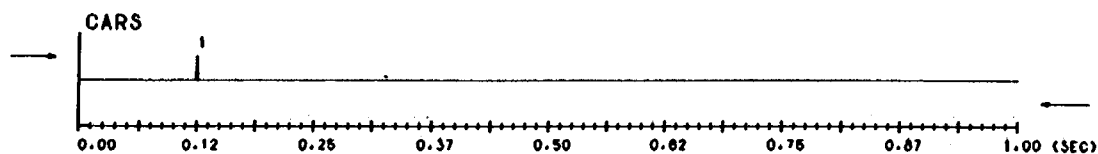
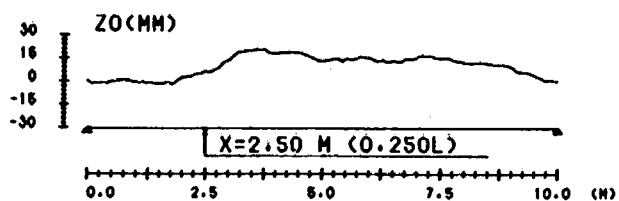
$\times 10^5$
 P (KG)



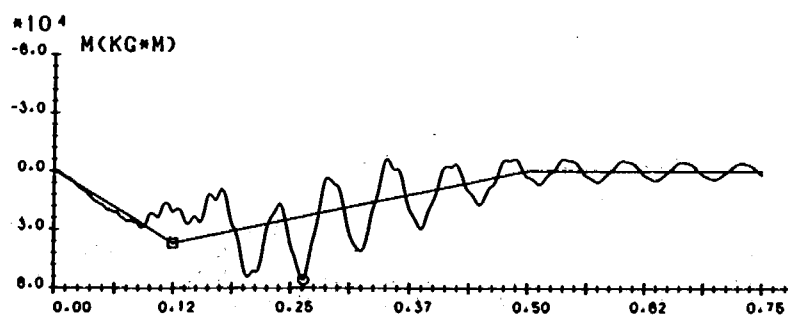
MAX P = 6338.957

図-3.3(2) 計算結果の一例

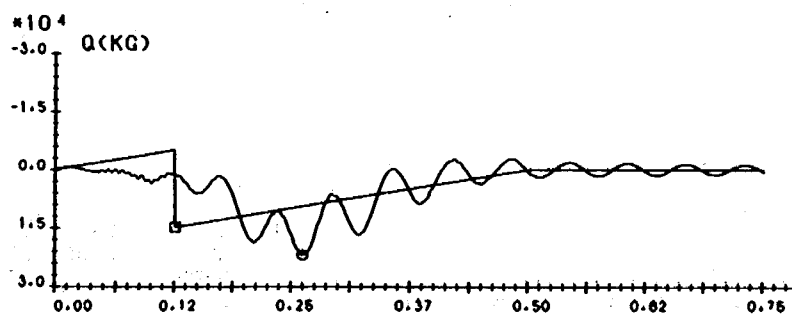
(単一車, $W=10$ m, $W=20$ ton, $V=20$ m/s, 凹凸C(着目点1/4点)たわみの衝撃係数平均)



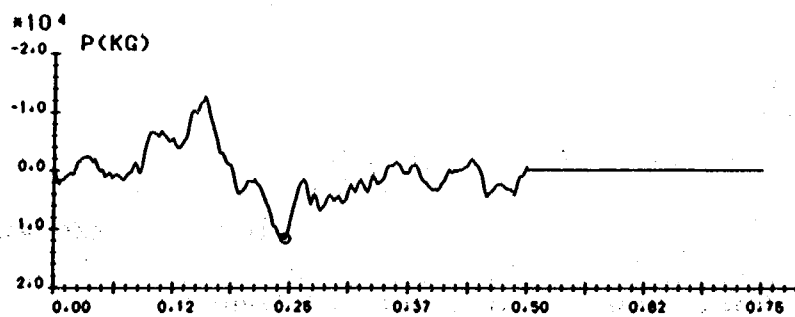
MAX Z = 3.004
ZS = 1.444
Z/ZS = 2.080



MAX M = 58649.214
MS = 37499.968
M/MS = 1.511



MAX Q = 22174.953
QS = 14980.000
Q/QS = 1.482



MAX P = 11667.222

図-3.3(3) 計算結果の一例

(単一車, $l = 10$ m, $W = 20$ ton, $V = 20$ m/s, 凹凸C', 着目点1/4点, たわみの衝撃係数最大)

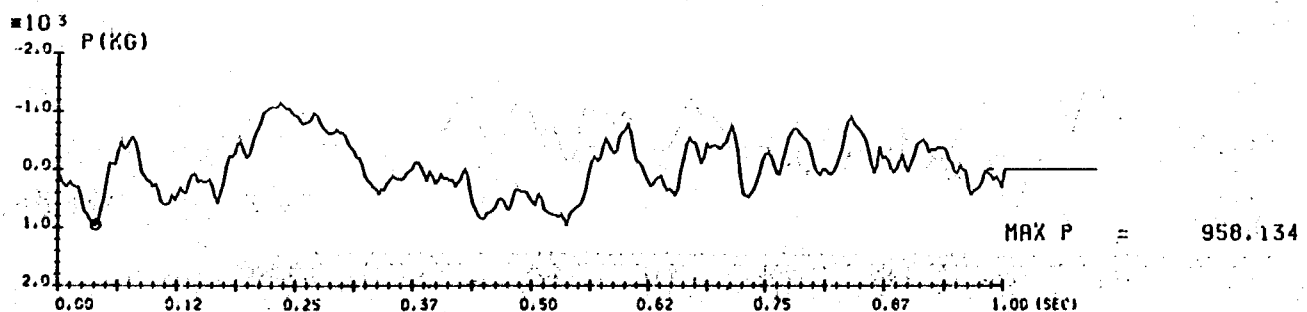
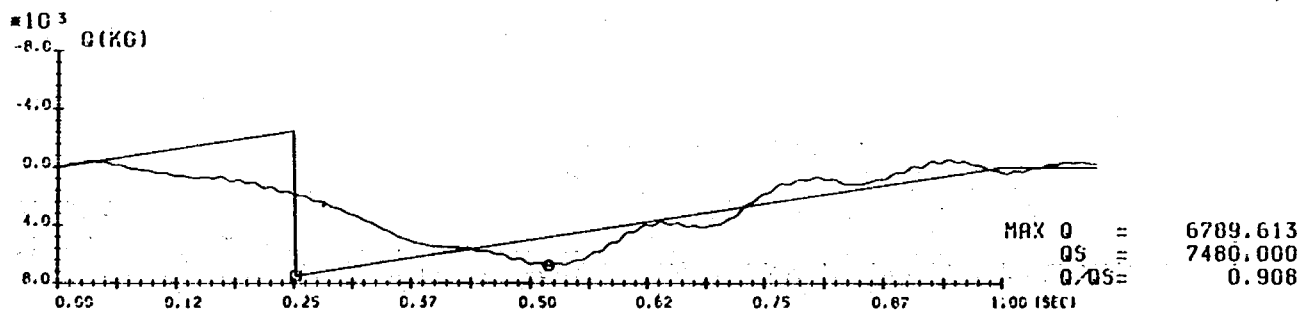
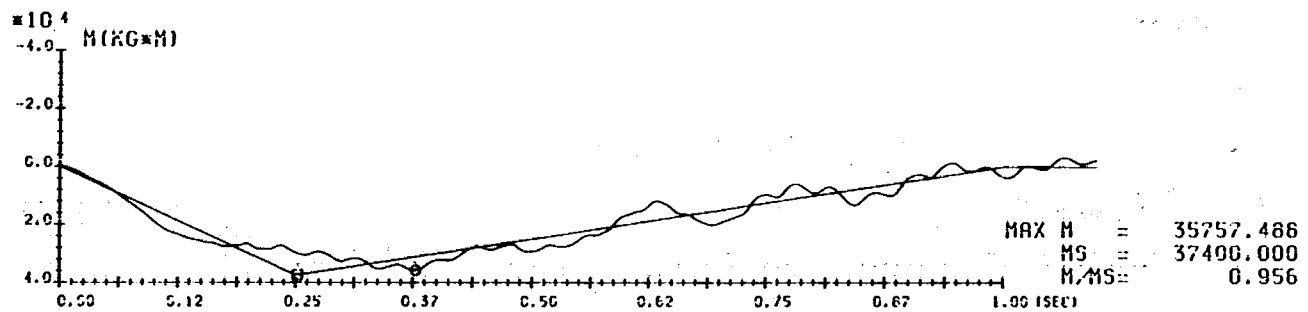
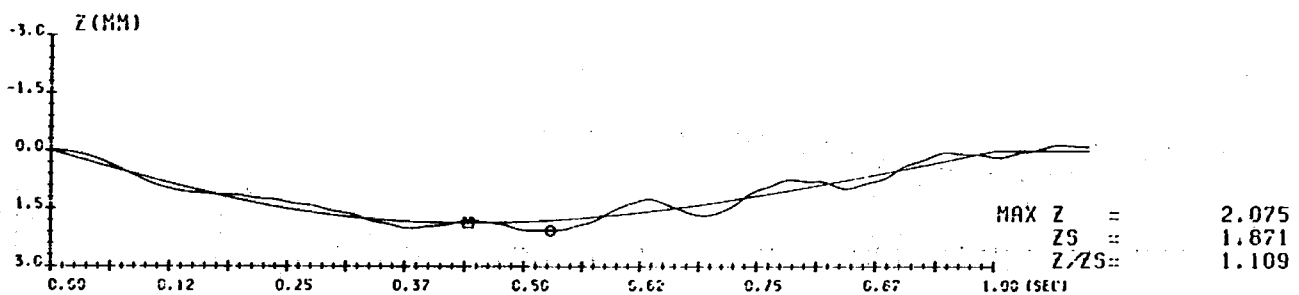
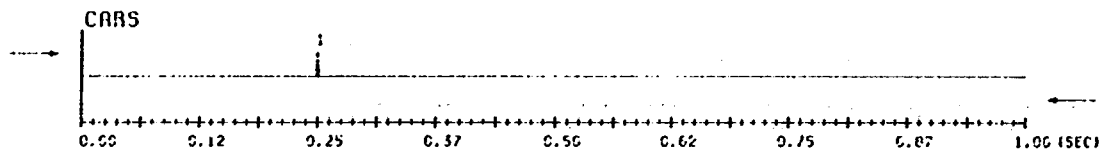
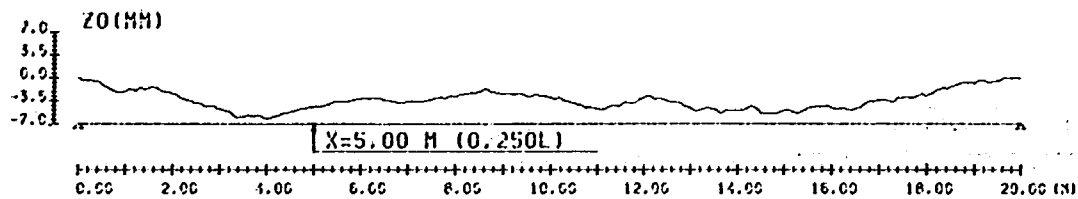


図-3.4(1) 計算結果の一例
(単一車, $l=20 \text{ m}$, $W=20 \text{ ton}$, $V=20 \text{ m/s}$, 凹凸A' (平滑化なし), 着目点1/4点)

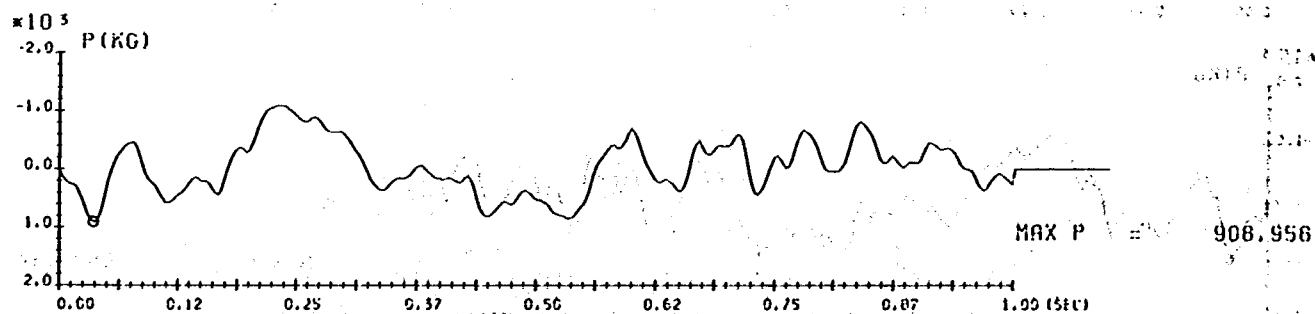
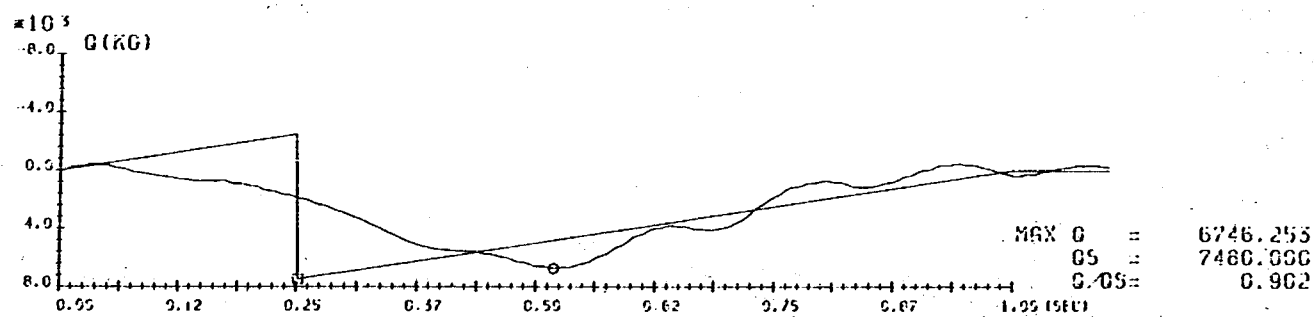
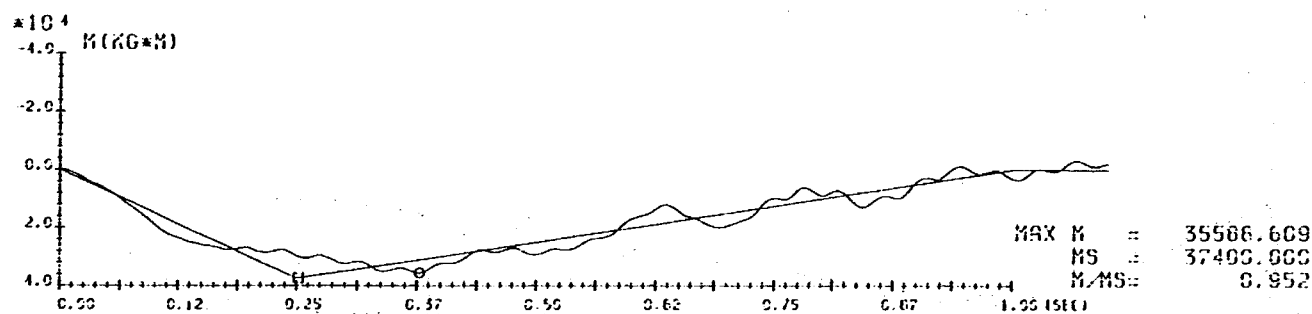
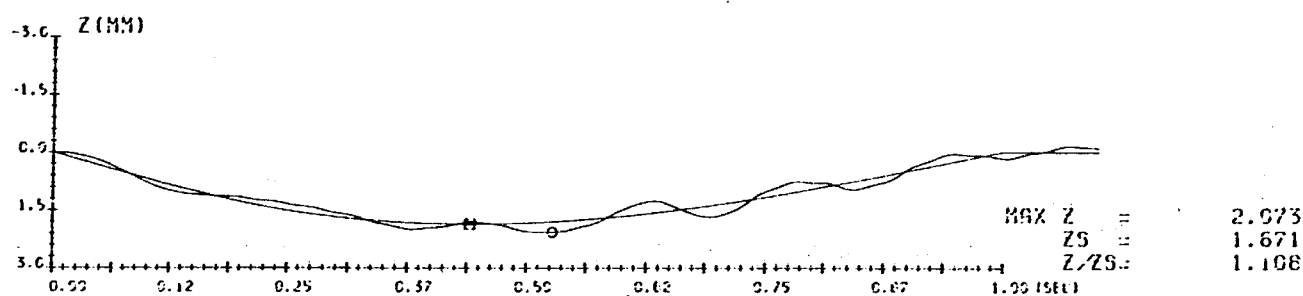
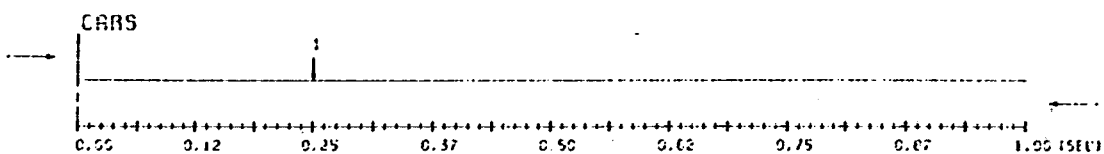
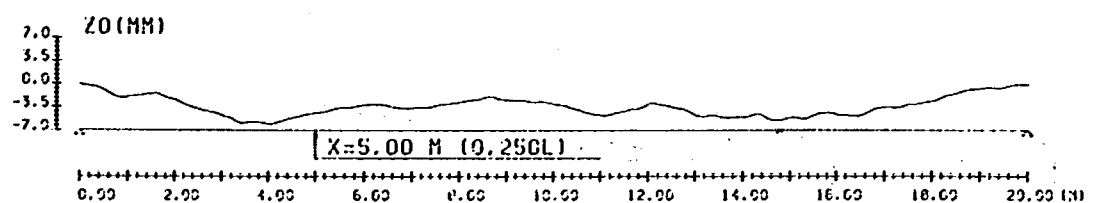


図-3.4(2) 計算結果の一例
(単一車, $l=20$ m, $W=20$ ton, $V=20$ m/s, 凹凸A'(平滑化A), 着目点1/4点)

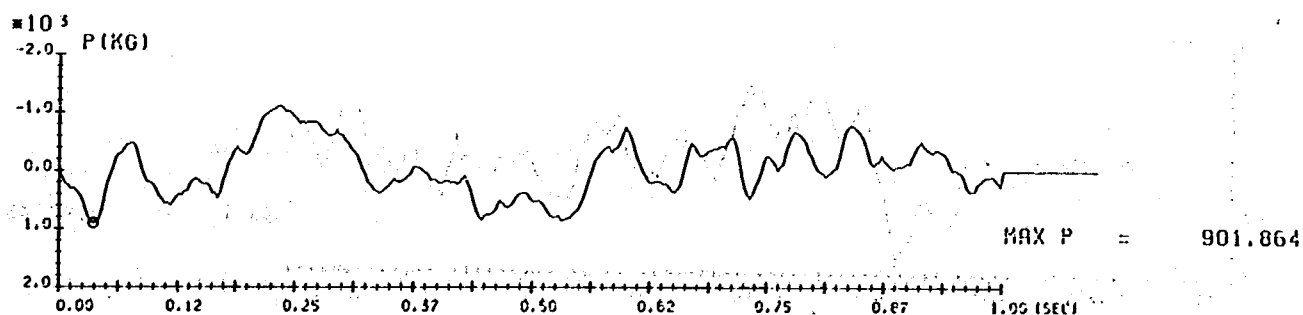
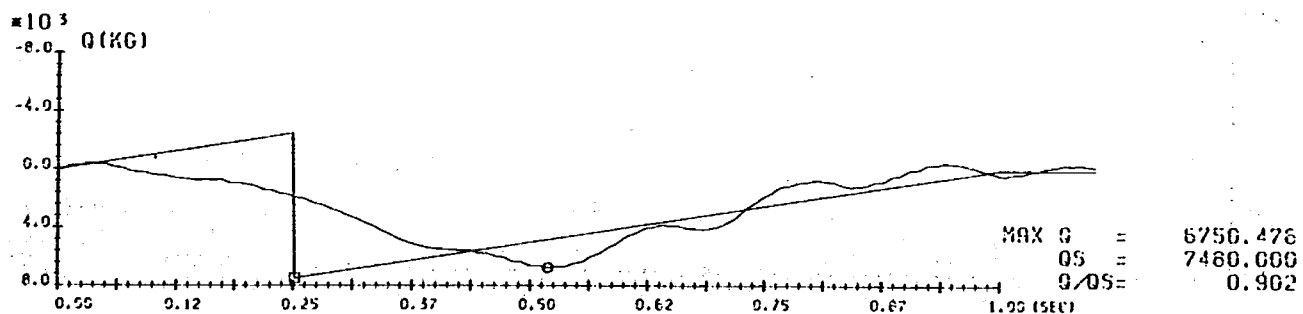
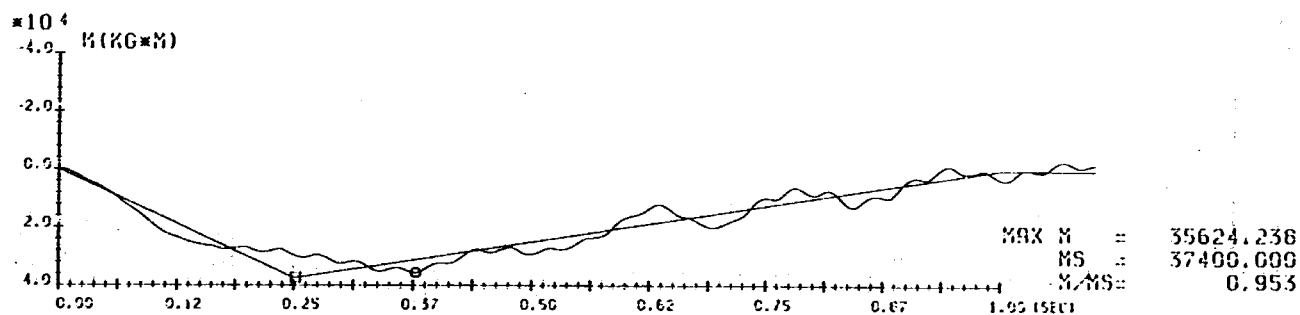
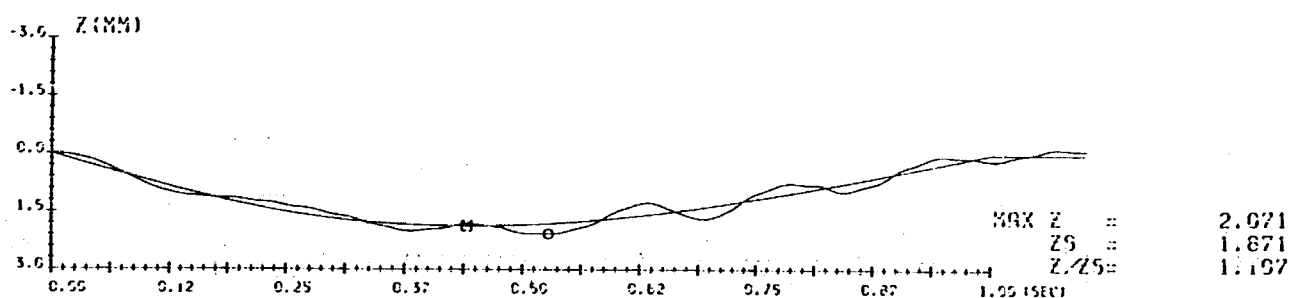
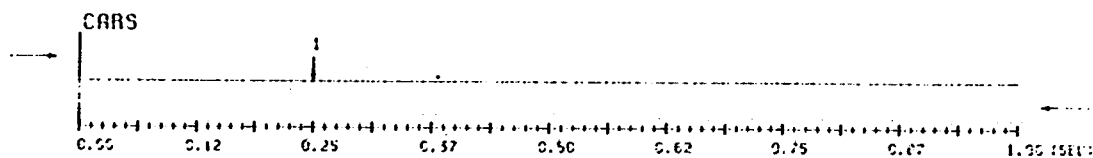
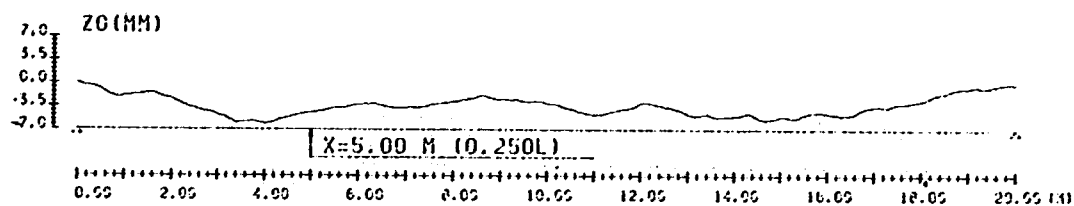


図-3.4(3) 計算結果の一例
(単一車, $l = 20$ m, $W = 20$ ton, $V = 20$ m/s, 凹凸A (平滑化B), 着目点1/4点)

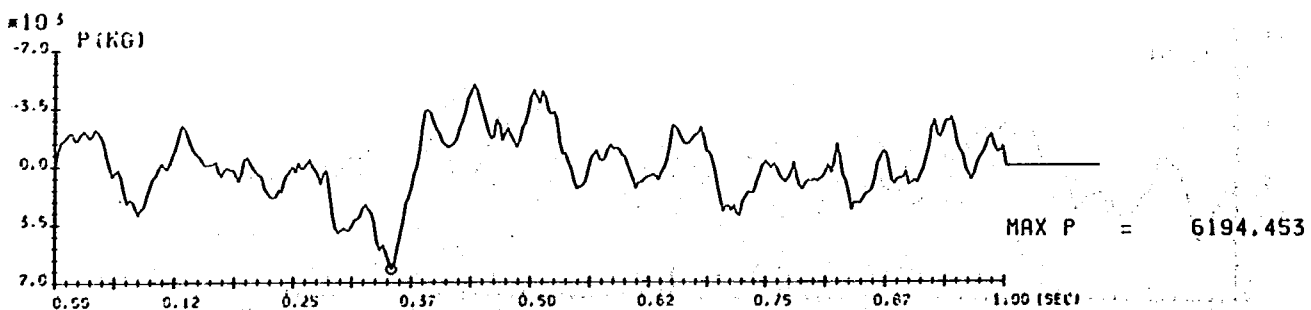
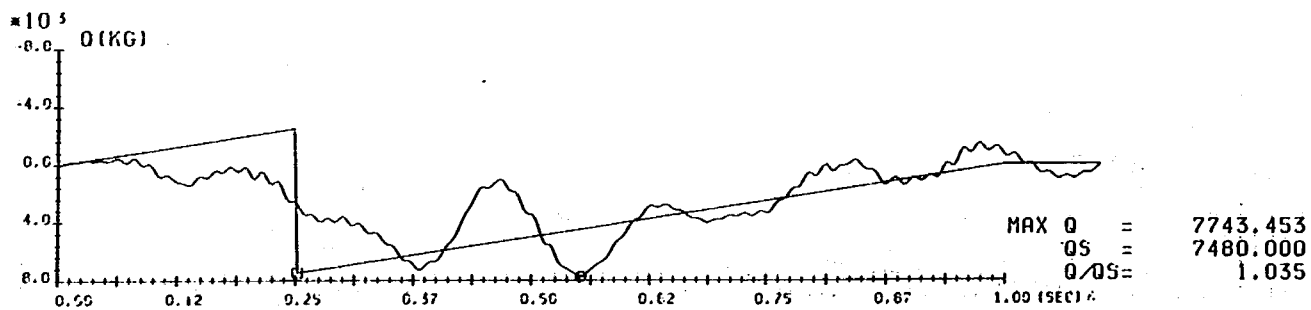
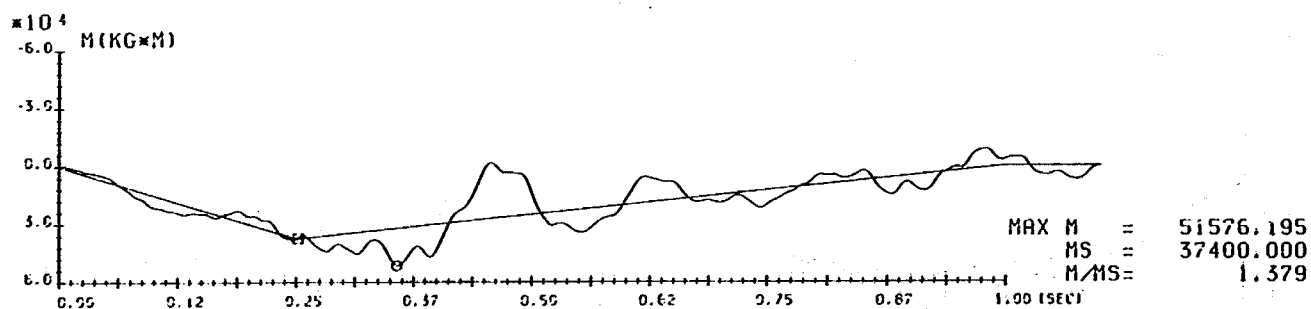
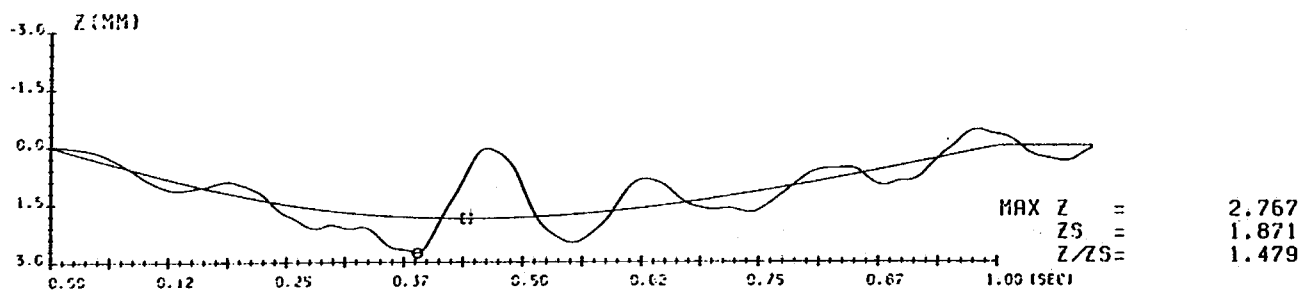
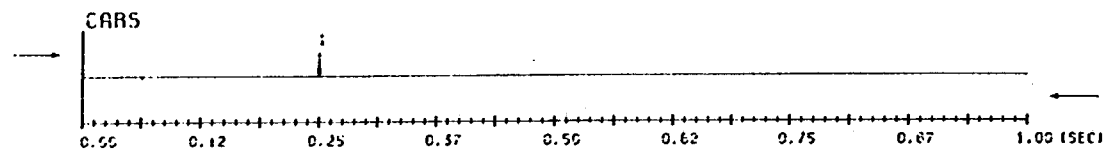
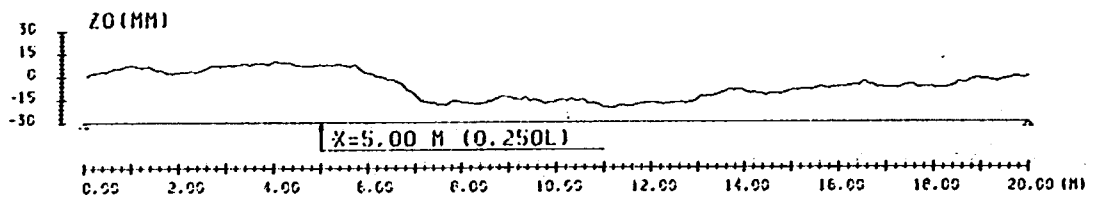


図-3.4(4) 計算結果の一例
(単一車, $l=20 \text{ m}$, $W=20 \text{ ton}$, $V=20 \text{ m/s}$, 凹凸C (平滑化なし), 着目点: 1/4点)

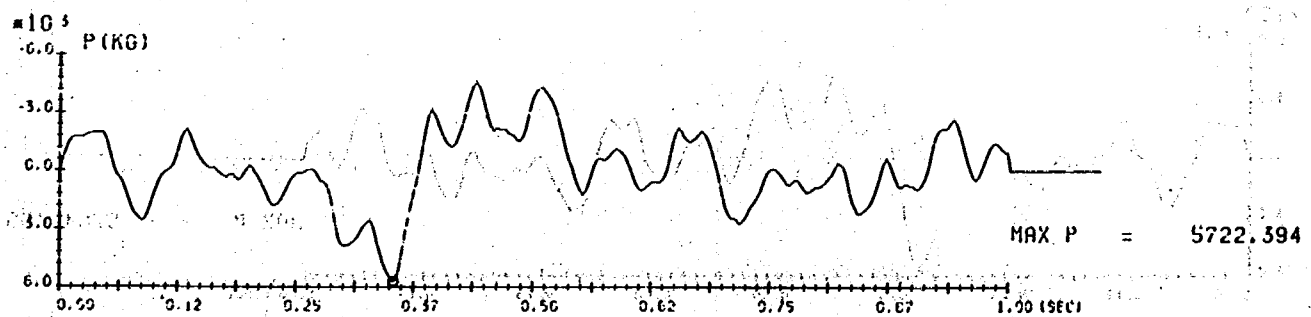
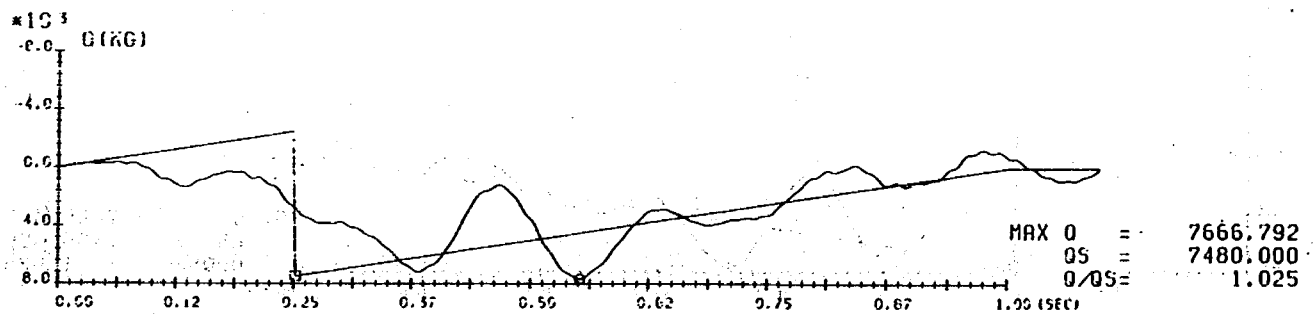
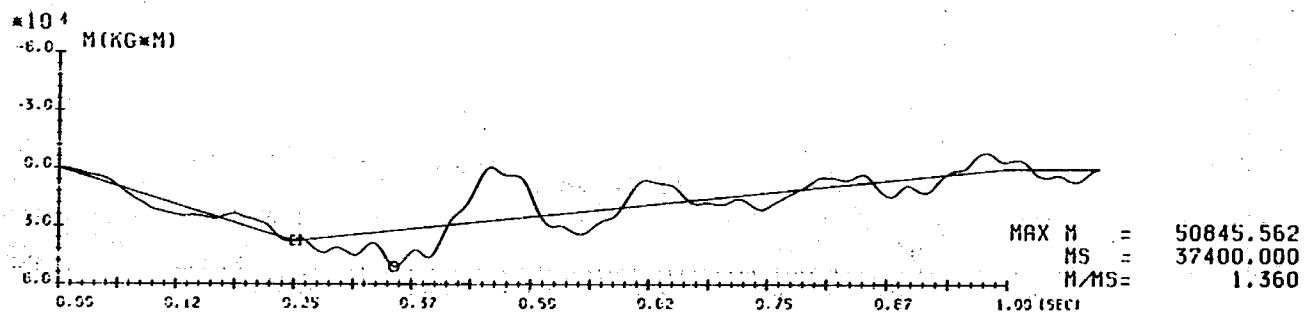
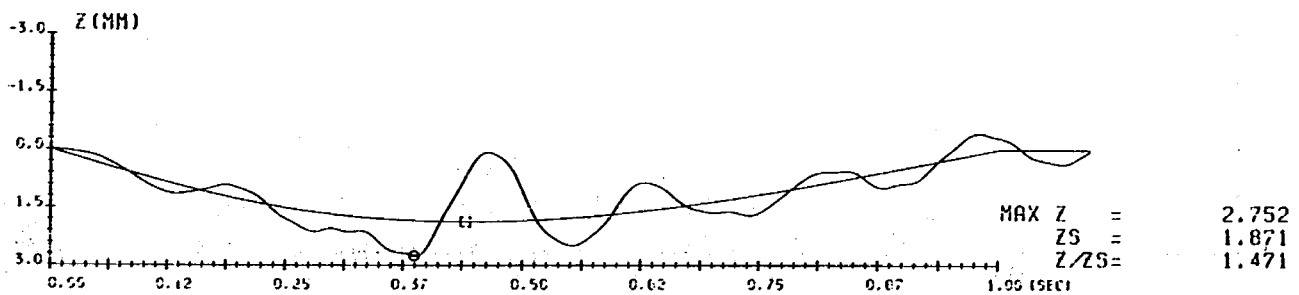
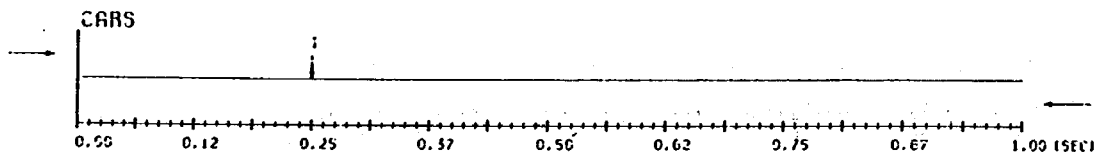
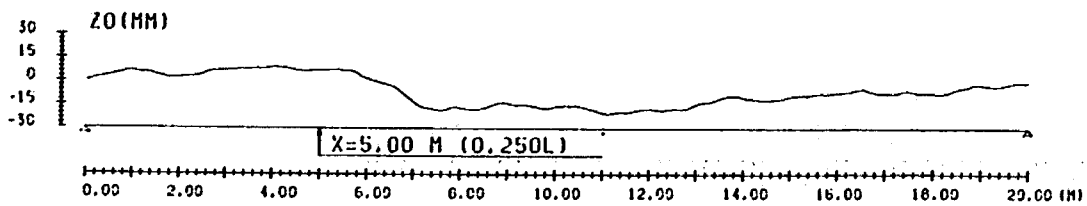


図-3.4(5) 計算結果の一例
(単一車, $l = 20 \text{ m}$, $W = 20 \text{ ton}$, $V = 20 \text{ m/s}$, 凹凸 C' (平滑化 A), 着目点 $1/4$ 点)

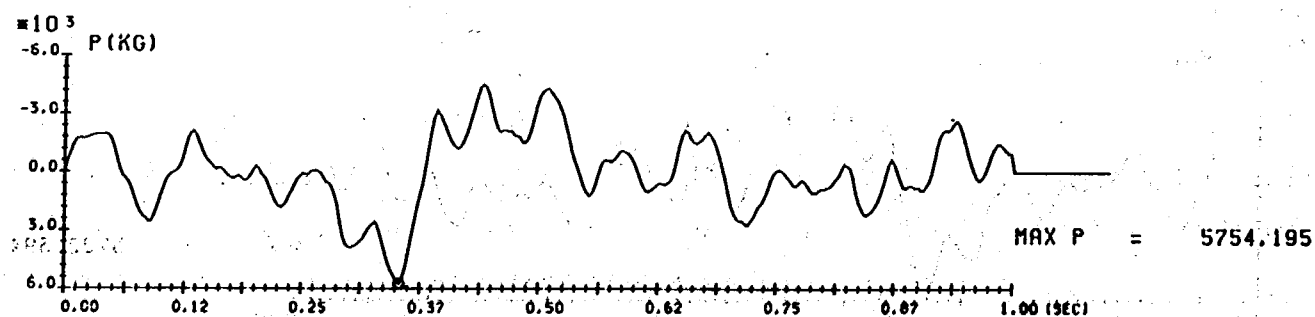
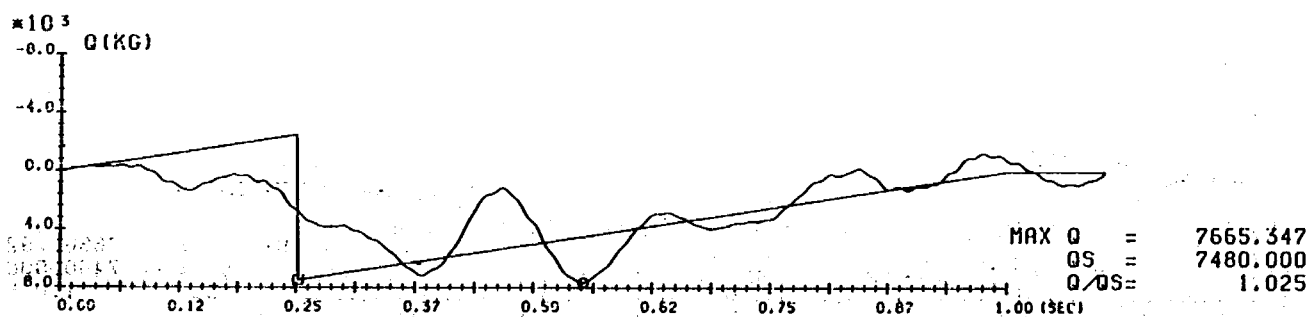
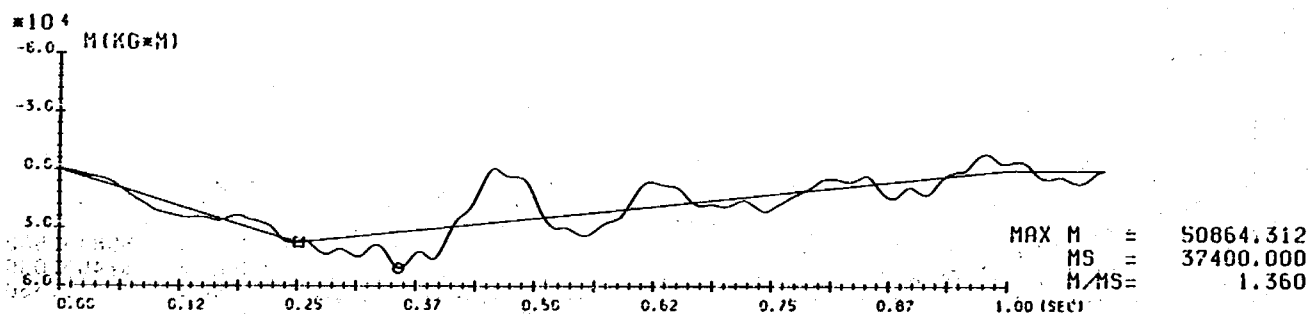
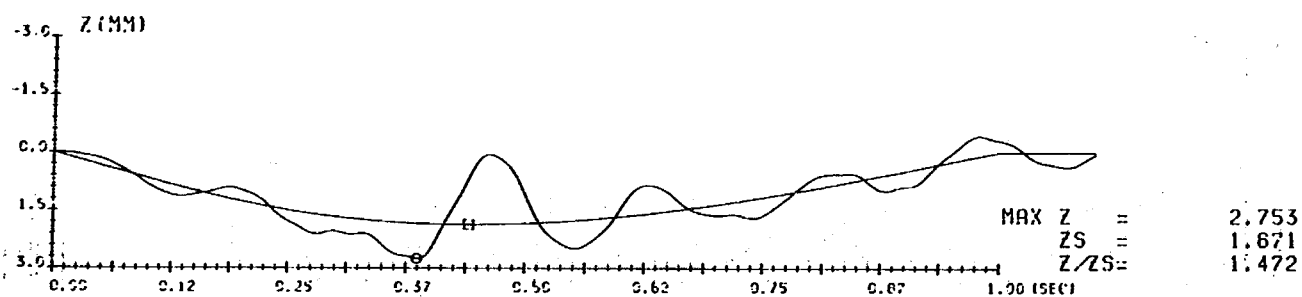
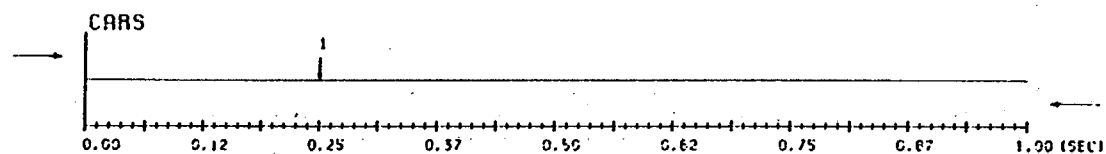
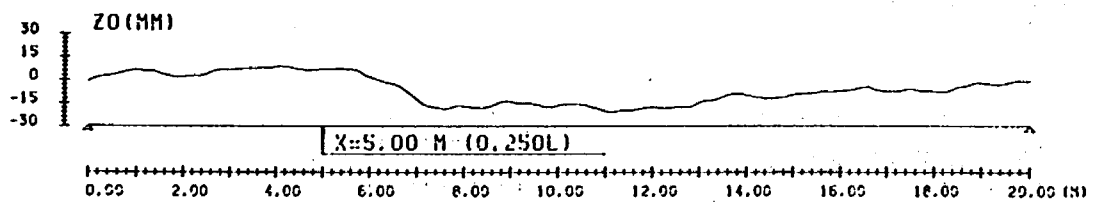


図-3.4(6) 計算結果の一例
(単一車, $l = 20$ m, $W = 20$ ton, $V = 20$ m/s, 凹凸C' (平滑化B), 着目点1/4点)

第4章 伸縮装置部に作用する実働自動車荷重に対する検討

4.1 検討概要

道路橋の伸縮装置部付近に発生している路面段差部に作用する実働自動車荷重の大きさについて、昨年度実測調査を実施し、資料を収集するとともに、その一次解析を行なった。調査方法、解析方法等は昨年度の報告書（「橋梁の設計動荷重に関する試験調査報告書（Ⅱ-1979）」）に詳述したので参照されたい。その結果、段差量が大きくなるにつれて動的付加荷重の最大値も増大する傾向が確認されたが、データのバラツキが大きく、両者の関係を定量化するには至らなかった。その原因として、

- ① 段差量を、路面凹凸の生波形から評価区間内の高低差だけに注目して読み取ったので、段差の形状についての評価が含まれていない。
 - ② 伸縮装置部付近での動的付加荷重記録に複数ヶ所のピーク値が含まれる記録に対しては、各ピーク値の最大値を荷重の評価値として読み取ったため、路面凹凸の評価区間外に作用した荷重を解析の対象とした可能性がある。
- ことが考えられる。

今年度は上記2点を踏まえて、段差量の評価法の検法、および動的付加荷重の大きさの再整理を行ない、さらに両者の関係を定量化することを目的として解析を行なった。

4.2 動的付加荷重記録の再整理

動的付加荷重の測定はすべて試験車内で行なったため、実測に際しては橋梁の入口側伸縮装置の30 m手前と出口側伸縮装置の30 m先の位置でマーカー信号をマニュアルにて収録することによって、路面平坦性記録との位置的な対応がとれるように工夫した。しかし、マニュアル操作のため1 m前後の誤差は当然含まれているものと考えられる。また、図-4.1に一例を示すように、1ヶ所の伸縮装置付近に複数の荷重のピーク値を観測した調査地点も幾つかあった。昨年度の解析では、このような場合には最大ピーク値を伸縮装置に作用する荷重と考えたが、今年度は段差量と荷重の大きさをさらに詳細に検討することが目的であるので、伸縮装置に作用した真の荷重をより正確に読み取る必要が生じた。

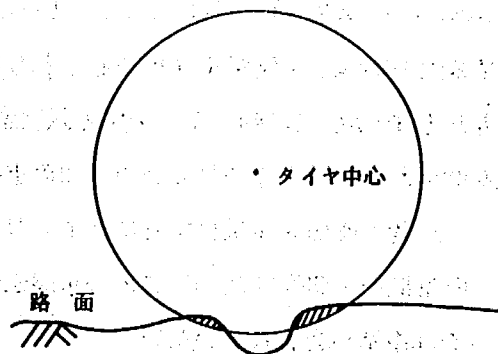
そこで、今年度の解析に先立ち、各調査地点で再度大型車（当研究所属の電源車）を走行させ、伸縮装置部付近でのタイヤの振動の様子を目視観測した。図-4.1からも明らかな様に、伸縮装置部で発生する衝撃的な荷重は、バネ下質量（タイヤ部）の慣性力が卓越しているためにこのような目視観測を実施したものである。その結果、例えば図-4.1の様に2ヶ所で衝撃的荷重が発生している地点では、タイヤ振動が2ヶ所において極端に大きくなることが確認された。

この調査によって、動的付加荷重の作用位置が確認されたので、ある長さの評価区間内での動的付加荷重の最大値を読み取った。評価区間の長さは、路面凹凸の評価区間と一致させる必要があることから、伸縮装

置位置を中心としてその前後1m、2m、および5mの3種類とした。読み取り結果を表-4.1に示す。

4.3 路面凹凸波形の平滑化

3.2で述べたように、自動車のタイヤはある有限長の接地長さをもって路面と接しているため、タイヤ中心は、実際の路面凹凸波形とは異なった軌跡を描くことが考えられる。例えば、右図に示すように路面にポットホールのような陥没がある場合、タイヤはその中心位置の真下では路面と接地することはないので、タイヤの中心位置の沈下量は陥没深さよりも小さくなる。このことは、生の路面凹凸波形から段差量を読み取る方法は、その段差形状によっては過大な評価値を与える可能性があることを意味している。



以上の考察から、実際のタイヤ中心位置の軌跡に近い波形を作成するために、3.2で紹介した「サブルーチン・プログラム BSMOOT」を用いて路面凹凸波形の平滑化を行なうこととした。タイヤの直径を100cm、接地長さを25cmとして行なった計算結果の一部を図-4.2に示す。図中のRIGHT、LEFTはそれぞれ右側車輪通過位置および左側車輪通過位置を、ENTRANCE SIDE、EXIT SIDEはそれぞれ入口側伸縮装置および出口側伸縮装置を、また上段の波形は平滑化前の生の凹凸波形を、下段の波形は平滑化後の凹凸波形を表わす。例えば図-4.2(6)の左車輪通過位では、平滑化の効果が特に大きいのが理解されよう。

このようにして平滑化された路面凹凸波形から、従来と同じ方法(下図参照)で最大段差量を読み取った。その結果を表-4.2に示す。

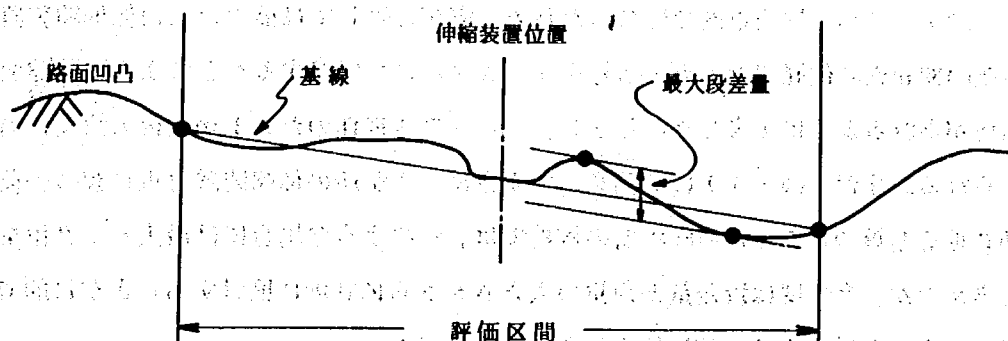


図-4.3は表-4.1および表-4.2に示した資料から、最大段差量と最大動的付加荷重の関係をプロットしたものである。これらの資料から以下の事項が明らかとなった。

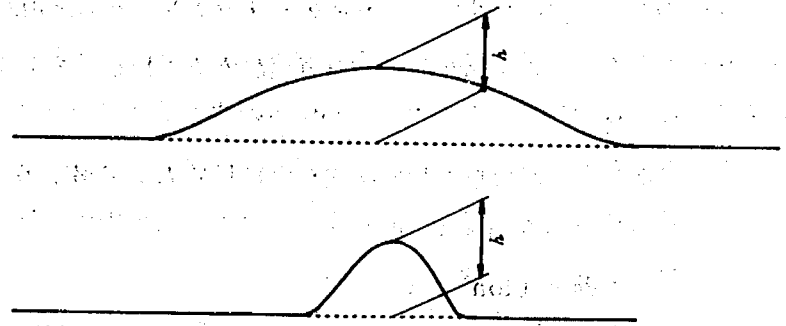
- ① 走行速度の増大とともに、動的付加荷重の最大値は僅かではあるが増大する。
- ② 動的付加荷重の最大値は軸重の影響をあまり受けない。
- ③ 動的付加荷重の最大値と最大段差量の相関関係が最も強いのは評価区間が±1mの場合であり、評価区間が長くなるほど相関関係が弱くなる傾向にある。

ここで注目すべき特性は②である。第1章および第2章で述べた様に、一般路面部での動的付加荷重の大き

さは軸重の影響を強く受けているのに対し、段差部での荷重にはその影響が小さい。この原因は、一般路面部ではバネ上質量の慣性力が動的付加荷重の一部として路面に加えられるが、段差部ではバネ下質量の慣性力が卓越するために、軸重の大部分を占めるバネ上重量の影響が表われないためと考えられる。

4.4 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正

右図に、従来の読み取り方では最大段差量が同じ2種類の路面凹凸波形を示す。自動車は多自由度の振動系であるため、強制変位入力として路面凹凸を考える場合、その周波数特性が問題となる。すなわち、自動車の固有振動数に近い周波数帯域の入力がある場合には自動車は大きな応答を示し、



その結果として大きな動的付加荷重が発生することとなる。したがって、上図の場合にはたとえ段差量は同じであっても、動的付加荷重の大きさは異なるものと考えられる。

そこで、路面凹凸波形に対する第2段階の補正として、バネ下振動数より低い周波数領域、およびバネ上振動数より高い周波数領域の成分をデジタルフィルターを用いて除去することとした。一般に、大型車両の固有振動数は、バネ上が2～5 Hz、バネ下が10～15 Hzと考えられていることから、今回の補正では f_l （ハイパスフィルターのカットオフ周波数）= 1.5 Hz、 f_u （ローパスフィルターのカットオフ周波数）= 20 Hzとした。ところで、路面凹凸の周波数特性は空間周波数（c/m）により表現されるため、時間周波数（Hz = c/s）から空間周波数（c/m）への変換を次式により行なう。

$$\lambda = f/v \quad (4.1)$$

λ ：空間周波数（c/m）

f ：時間周波数（c/s）

v ：車両の走行速度（m/s）

なお、デジタルフィルターによる補正に用いる入力路面凹凸波形は、前節で述べた平滑化後の波形とした。デジタルフィルターによる補正後の路面凹凸波形を図-4.4に示す。図中に示した最大段差量（単位：mm）は下図の方法により読み取ったものである。この結果によると、車両の走行速度の影響が小さいので、表-4.3には各速度に対する最大段差量の平均値を示した。

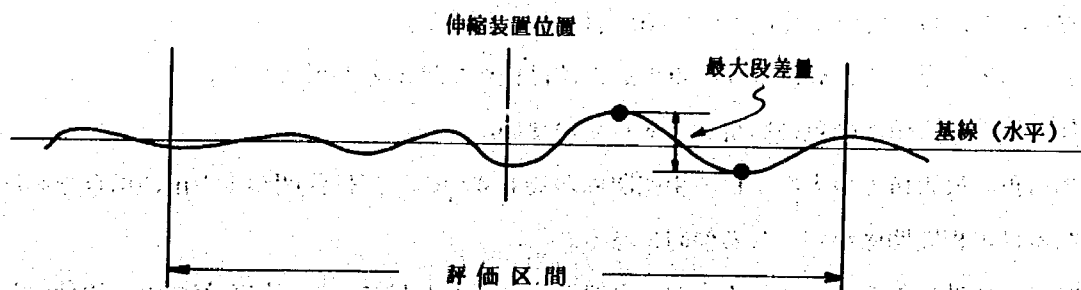


図-4.5は評価区間が±1mの場合について、最大段差量と最大動的付加荷重の関係をプロットしたものである。また、表-4.4は両者の関係を、

$$F_{max} = a \cdot D \quad (4.2)$$

F_{max} : 最大動的付加荷重 (ton)

D : 最大段差量 (mm)

a : 定数

と仮定した時に、最小二乗法により求めた a の値と、両者の相関係数をまとめたものである。これらの資料からも前節(4.3)で述べた①～③の事項が確認される。③より、以後の解析は評価区間±1mのみを対象として行なった。

以上の考察から、関数形として次式を仮定して F_{max} を W 、 D の関数として定式化することを試みた。

$$F_{max} = (a \cdot W + b) \cdot D \quad (4.3)$$

W : 軸重 (ton)

最小二乗法により定式化された式から算出される F_{max} の予測値と実測値の比較を図-4.6に示す。これらより、実測値が大きい領域において計算値が小さく算出されることが明らかとなった。この原因は、式(4.3)において最大動的付加荷重を最大段差量の1次関数と仮定したことによるものと考えられ、次の段階では式(4.4)に示される指数関数を仮定するとともに、簡単のために軸重の影響を無視することとした。

$$F_{max} = a \cdot D^b \quad (4.4)$$

指数 b の値を1.6～2.4まで0.2刻みで変化させた時の係数 a を最小二乗法により定式化した結果、およびその式により算出される F_{max} の計算値と実測値の比較を表-4.5、図-4.7に示す。これらの資料より、

① 指数が1.6～2.4の範囲であれば、得られる予測式の精度に大差はない。

② 車速が高い程、予測式の精度が良い。

ことが明らかとなった。

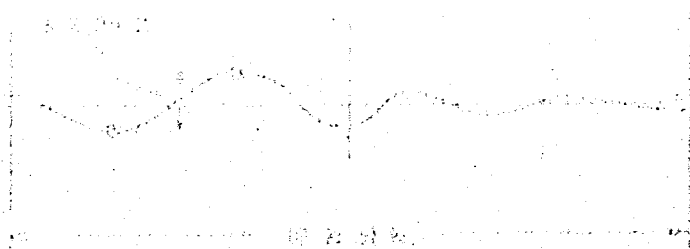


表-4.1(1) 最大動的付加荷重(評価区間: ±1m) (単位: ton)(評価区間: ±1m)

調査地点	車速 (km/h)	軸 重									
		荷重-1 (10.36 ton)		荷重-2 (8.28 ton)		荷重-3 (7.00 ton)		荷重-4 (5.58 ton)		荷重-5 (4.59 ton)	
		入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口
1	20	1.55	1.38	1.30	1.38	1.70	1.48	1.60	0.78	1.20	1.35
	30	3.56	0.80	3.08	1.82	1.84	1.98	1.38	1.80	1.90	1.08
	40	5.06	1.22	2.92	1.40	3.06	1.78	1.94	1.80	1.64	1.26
2	20	1.80	2.32	1.78	2.30	2.26	1.80	1.70	1.06	2.18	0.90
	30	4.77	6.17	3.84	2.10	3.80	2.30	3.40	1.82	3.54	1.24
	40	4.40	4.00	4.82	2.64	4.22	2.76	3.96	2.46	3.74	2.50
3	20	2.90	1.10	3.70	1.84	3.34	1.30	3.34	1.16	3.38	1.04
	30	4.76	2.94	5.40	2.40	4.76	1.82	3.90	1.00	5.04	0.76
	40	6.50	3.03	6.07	3.50	5.56	2.18	5.32	1.56	5.40	2.00
4	20	4.00	1.68	3.40	1.60	3.54	1.36	3.40	1.26	3.80	0.94
	30	3.04	2.10	3.78	1.82	4.12	1.82	5.20	1.90	5.20	1.56
	40	3.90	2.24	4.64	2.20	4.36	1.80	6.40	2.00	5.06	1.82
5	20	2.55	1.03	1.65	1.08	2.55	0.90	2.01	1.25	1.90	1.46
	30	1.10	1.03	1.60	1.84	1.30	2.14	1.60	1.80	1.84	1.16
	40	2.80	2.40	1.12	2.28	2.40	3.04	2.66	2.40	2.80	2.20
6	20	1.58	0.97	1.80	1.39	2.68	1.30	2.51	1.40	2.70	1.44
	30	1.80	2.20	2.74	1.42	3.04	1.54	3.10	1.64	2.08	1.61
	40	2.50	2.47	2.48	2.56	2.90	2.48	3.22	2.80	3.72	2.80
7	20	2.35	1.50	2.60	1.58	2.02	1.46	3.40	1.46	3.36	1.30
	30	2.41	1.09	2.96	1.22	3.36	1.46	3.12	1.80	3.16	2.20
	40	2.76	1.60	2.76	1.70	3.18	1.90	3.78	1.64	4.84	2.18
8	20	2.42	4.16	2.48	4.00	2.84	4.00	4.02	3.60	3.86	3.04
	30	3.56	4.04	3.98	3.44	3.40	3.26	5.10	3.10	3.84	3.40
	40	5.83	3.93	5.33	4.06	4.90	3.33	4.04	3.40	4.10	3.84
9	20	1.72	0.96	2.10	1.41	1.87	1.10	1.78	1.23	1.90	0.90
	30	2.30	1.35	2.74	1.80	3.00	1.68	2.50	0.90	2.52	1.48
	40	3.02	2.00	2.60	2.00	3.16	1.94	2.97	1.70	3.10	2.00
10	20	2.98	4.90	2.90	5.00	2.90	5.54	3.12	5.12	3.64	4.64
	30	3.73	6.20	4.50	5.84	3.60	5.60	3.56	5.40	4.56	5.16
	40	4.70	6.33	5.26	5.58	6.10	6.00	4.80	5.80	4.97	6.37
11	20	1.22	4.50	1.30	4.20	1.67	1.92	1.15	1.72	1.12	1.52
	30	3.38	5.24	2.92	5.96	2.50	2.70	2.50	2.50	1.97	2.20
	40	4.57	6.40	4.27	6.70	2.44	3.54	2.64	3.66	3.10	3.24
12	20	1.90	1.60	2.02	0.86	1.78	1.55	1.85	2.10	1.86	1.35
	30	1.79	2.01	2.40	1.98	1.69	1.73	2.13	1.85	2.02	1.73
	40	2.21	1.62	2.45	2.02	2.65	2.01	2.33	2.34	1.95	1.00
13	20	0.51	0.49	0.28	0.70	0.50	0.65	0.48	0.45	0.51	0.26
	30	1.01	0.76	0.80	0.65	0.81	0.73	0.58	0.53	0.50	0.49
	40	1.00	1.51	0.85	0.81	0.70	0.70	1.00	0.70	0.51	0.50
14	20	1.20	1.46	0.95	2.05	0.80	1.85	0.74	2.10	0.80	2.16
	30	3.40	2.74	1.60	1.25	1.40	3.20	1.00	2.50	1.04	2.02
	40	2.32	3.40	3.00	1.33	3.16	2.40	1.76	2.58	2.00	2.96
15	20	1.20	0.60	1.31	1.07	0.95	0.74	0.95	0.80	0.90	0.70
	30	0.70	0.45	1.10	1.03	0.97	0.81	1.15	0.96	0.87	0.67
	40	0.85	1.11	1.40	0.92	1.25	0.95	1.60	0.82	1.10	0.90

表-4.1(2) 最大動の付加荷重 (評価区間: $\pm 2\text{m}$) (単位: ton)(評価区間: $\pm 2\text{m}$)

調査地点	車速 (km/h)	軸 重									
		荷重-1 (10.36 ton)		荷重-2 (8.28 ton)		荷重-3 (7.00 ton)		荷重-4 (5.58 ton)		荷重-5 (4.59 ton)	
		入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口
1	20	1.55	1.38	2.53	1.38	1.70	1.48	1.60	0.78	1.47	1.35
	30	3.56	0.80	4.64	1.82	3.06	1.98	1.81	1.80	1.90	1.08
	40	5.06	1.22	4.06	1.40	4.42	1.78	3.00	1.80	2.70	1.26
2	20	1.80	2.32	1.78	2.30	2.26	1.80	1.70	1.06	2.18	0.90
	30	5.40	6.17	3.84	2.10	3.80	2.30	3.40	1.82	3.54	1.24
	40	4.40	4.00	4.82	2.64	4.22	2.76	3.96	2.46	3.74	2.50
3	20	2.90	1.11	3.70	1.84	3.34	1.30	3.34	1.16	3.38	1.04
	30	4.76	2.94	5.40	2.40	4.76	1.82	3.90	1.00	5.04	0.76
	40	6.50	3.03	6.07	3.50	5.56	2.18	5.32	1.56	5.40	2.00
4	20	4.00	1.68	3.40	1.60	3.54	1.36	3.40	1.26	3.80	0.94
	30	3.04	2.10	3.78	1.82	4.12	1.82	5.20	1.90	5.20	1.56
	40	3.90	2.24	4.64	2.20	4.36	1.80	6.40	2.00	5.06	1.82
5	20	2.55	1.03	1.65	1.08	2.55	0.90	2.01	1.25	1.90	1.46
	30	1.10	1.03	1.60	1.84	1.30	2.14	1.60	1.80	1.84	1.16
	40	2.80	2.40	2.12	2.28	2.40	3.04	2.66	2.40	2.80	2.20
6	20	1.58	0.97	1.80	1.39	2.68	1.30	2.51	1.40	2.70	1.44
	30	1.80	2.20	2.76	1.42	3.04	1.54	3.10	1.64	2.08	1.61
	40	2.50	2.47	2.48	2.56	2.90	2.48	3.22	2.80	3.72	2.80
7	20	2.35	1.50	2.60	1.58	2.02	1.46	3.40	1.46	3.36	1.30
	30	2.41	1.09	2.96	1.22	3.36	1.46	3.12	1.80	3.16	2.20
	40	2.76	1.60	2.76	1.70	3.18	1.90	3.78	1.64	4.84	2.18
8	20	2.42	4.16	2.48	4.00	2.84	4.00	4.02	3.60	3.86	3.04
	30	3.56	4.04	3.98	3.44	3.40	3.26	5.10	3.10	3.84	3.40
	40	5.83	3.93	5.33	4.06	4.90	3.33	4.04	3.40	4.10	3.84
9	20	1.72	0.96	2.10	1.41	1.87	1.10	1.78	1.23	1.90	0.90
	30	2.30	1.35	2.74	1.80	3.00	1.68	2.50	0.90	2.52	1.48
	40	3.02	2.00	2.60	2.00	3.16	1.94	2.97	1.70	3.10	2.00
10	20	2.98	4.90	2.90	5.00	2.90	5.54	3.12	5.12	3.64	4.64
	30	3.73	6.20	4.50	5.84	3.60	5.60	3.56	5.40	4.56	5.16
	40	4.70	6.33	5.26	5.58	6.10	6.00	4.80	5.80	4.97	6.37
11	20	1.22	4.50	1.30	4.20	1.67	1.92	1.15	1.72	1.12	1.52
	30	3.38	5.24	2.92	5.98	2.50	2.70	2.50	2.50	1.97	2.20
	40	4.57	6.40	4.27	6.73	2.44	3.54	2.64	3.66	3.10	3.24
12	20	1.90	1.60	2.02	0.87	1.78	1.55	1.85	2.10	1.86	1.35
	30	1.79	2.01	2.40	1.99	1.69	1.73	2.13	1.85	2.02	1.73
	40	2.21	1.62	2.45	2.02	2.65	2.01	2.33	2.34	1.95	1.00
13	20	0.51	0.49	0.28	0.70	0.50	0.65	0.48	0.45	0.51	0.26
	30	1.01	0.76	0.80	0.65	0.81	0.73	0.58	0.53	0.50	0.49
	40	1.00	1.51	0.85	0.81	0.70	0.70	1.00	0.70	0.51	0.50
14	20	1.20	1.46	0.95	2.05	0.80	1.85	0.74	2.10	0.80	2.16
	30	3.40	2.74	1.60	1.25	1.40	3.20	1.00	2.50	1.04	2.02
	40	2.36	3.40	3.00	1.33	3.16	2.40	1.76	2.58	2.00	2.96
15	20	1.20	0.60	1.31	1.07	0.95	0.74	0.95	0.80	0.90	0.70
	30	0.70	0.45	1.10	1.03	0.97	0.81	1.15	0.96	0.87	0.67
	40	0.85	1.11	1.40	0.92	1.25	0.95	0.60	0.82	1.10	0.90

表-4.1(3) 最大動的付加荷重 (評価区間: ±5 m) (重量: ton) (評価区間: ±5 m)

調査地点	車速 (km/h)	軸 重									
		荷重-1 (10.36ton)		荷重-2 (8.28 ton)		荷重-3 (7.00 ton)		荷重-4 (5.58ton)		荷重-5 (4.59 ton)	
		入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口
1	20	2.15	1.95	2.53	1.52	1.70	1.50	1.60	1.38	1.96	1.35
	30	3.56	2.70	4.64	2.54	3.06	2.38	2.58	1.80	2.50	1.17
	40	5.06	3.34	4.06	4.10	4.42	4.14	3.00	2.70	2.78	2.34
2	20	4.20	2.32	1.97	2.30	2.26	1.80	1.77	1.48	2.25	2.03
	30	5.40	7.10	3.84	2.20	3.80	2.50	3.48	1.98	3.54	2.40
	40	4.40	7.00	4.82	3.16	4.40	2.76	4.00	2.50	4.44	2.80
3	20	2.90	1.11	3.70	1.84	3.34	1.30	3.34	1.16	3.38	1.04
	30	4.76	2.94	5.40	2.40	4.76	1.82	3.90	1.00	5.04	0.76
	40	6.50	3.03	6.07	3.50	5.56	2.18	5.32	1.56	5.40	2.00
4	20	4.00	1.68	3.40	1.60	3.54	1.36	3.40	1.26	3.80	0.94
	30	3.04	2.10	3.78	1.82	4.12	1.82	5.20	1.90	5.20	1.56
	40	3.90	2.24	4.64	2.20	4.36	1.80	6.40	2.00	5.06	1.82
5	20	2.90	1.55	2.50	1.25	2.55	1.13	2.40	1.28	2.13	1.46
	30	2.02	2.80	3.72	2.80	3.48	2.42	3.72	2.36	3.56	1.66
	40	3.70	2.40	2.66	3.20	4.18	3.04	4.10	2.40	4.30	2.20
6	20	1.58	0.97	1.80	1.39	2.68	1.30	2.51	1.40	2.70	1.44
	30	1.80	2.20	2.76	1.42	3.04	1.54	3.10	1.64	2.08	1.61
	40	2.50	2.47	2.48	2.56	2.90	2.48	3.22	2.80	3.72	2.80
7	20	2.35	1.50	2.60	1.96	2.02	1.66	3.40	2.66	3.36	2.76
	30	2.41	1.89	2.96	2.40	3.36	2.76	3.12	2.34	3.16	2.84
	40	2.76	3.20	2.76	3.40	3.18	3.12	3.78	3.12	4.84	3.78
8	20	2.42	4.16	2.48	4.00	2.84	4.00	4.02	3.60	3.86	3.04
	30	3.56	4.04	3.98	3.44	3.40	3.26	5.10	3.10	3.84	3.40
	40	5.83	3.93	5.33	4.06	4.90	3.33	4.04	3.40	4.10	3.84
9	20	1.72	0.96	2.10	1.41	1.87	1.10	1.78	1.23	1.90	0.90
	30	2.30	1.35	2.74	1.80	3.00	1.68	2.50	0.90	2.52	1.48
	40	3.02	2.00	2.60	2.00	3.16	1.94	2.97	1.70	3.10	2.00
10	20	2.98	4.90	2.90	5.00	2.90	5.54	3.12	5.12	3.64	4.64
	30	3.73	6.20	4.50	5.84	3.60	5.60	3.56	5.40	4.56	5.16
	40	4.70	6.33	5.26	5.58	6.10	6.00	4.80	5.80	4.97	6.37
11	20	1.22	4.50	1.30	4.20	1.67	1.92	1.15	1.72	1.12	1.52
	30	3.38	5.24	2.92	5.98	2.50	2.70	2.50	2.50	1.97	2.20
	40	4.57	6.40	4.27	6.73	2.44	3.54	2.64	3.66	3.10	3.24
12	20	1.90	1.60	2.02	0.87	1.78	1.55	1.85	2.10	1.86	1.35
	30	1.79	2.01	2.40	1.99	1.69	1.73	2.13	1.85	2.02	1.73
	40	2.21	1.62	2.45	2.02	2.65	2.01	2.33	2.34	1.95	1.00
13	20	0.51	0.49	0.28	0.70	0.50	0.65	0.48	0.45	0.51	0.26
	30	1.01	0.76	0.80	0.65	0.81	0.73	0.58	0.53	0.50	0.49
	40	1.00	1.51	0.85	0.81	0.70	0.70	1.00	0.70	0.51	0.50
14	20	2.40	1.46	2.20	2.05	2.13	1.85	1.58	2.10	2.00	2.16
	30	3.40	2.74	3.16	1.25	2.88	3.20	2.40	2.50	2.36	2.02
	40	4.40	3.40	3.94	1.33	3.78	2.40	3.24	2.58	3.30	2.96
15	20	1.20	0.60	1.31	1.07	0.95	0.74	0.95	0.80	0.90	0.70
	30	0.70	0.45	1.10	1.03	0.97	0.81	1.15	0.96	0.87	0.67
	40	0.85	1.11	1.40	0.92	1.25	0.95	0.60	0.82	1.10	0.90

表-4.2 平滑化後の最大段差量

調査地点	評 価 区 間						調査地点	評 価 区 間					
	± 1 m		± 2 m		± 5 m			± 1 m		± 2 m		± 5 m	
	入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口		入 口	出 口	入 口	出 口	入 口	出 口
1	14.5	6.3	19.5	9.3	55.0	38.0	9	10.3	7.3	13.0	12.0	17.3	17.8
2	19.0	14.3	29.3	12.3	39.0	12.3	10	14.8	17.5	17.5	21.5	21.3	26.5
3	20.8	10.0	31.8	12.2	29.5	37.5	11	20.5	16.3	42.9	52.4	71.0	79.5
4	12.5	8.0	14.5	12.4	31.3	21.5	12	8.8	11.0	11.5	14.4	38.0	44.8
5	8.8	13.0	10.0	12.0	22.5	16.8	13	3.3	2.8	5.5	4.4	11.5	12.9
6	15.5	14.8	25.4	19.4	39.6	30.0	14	14.8	14.3	18.5	20.3	70.3	43.8
7	10.3	11.0	15.4	14.9	22.6	41.2	15	3.0	7.3	25.3	13.5	46.3	48.0
8	16.5	15.8	14.7	20.1	28.3	28.5							

注1) 単位mm

2) 最大段差量は、右および左車輪通過位置での値の平均値

表-4.3 最大段差量 (デジタルフィルターによる補正後)

調査地点	評 価 区 間											
	± 1 m				± 2 m				± 5 m			
	入 口 側		出 口 側		入 口 側		出 口 側		入 口 側		出 口 側	
	右車輪 (上段) 左車輪 (下段)	平 均	右車輪 (上段) 左車輪 (下段)	平 均	右車輪 (上段) 左車輪 (下段)	平 均	右車輪 (上段) 左車輪 (下段)	平 均	右車輪 (上段) 左車輪 (下段)	平 均	右車輪 (上段) 左車輪 (下段)	平 均
1	18.37 9.08	13.73	7.21 7.87	7.54	20.13 11.44	15.79	7.72 12.03	9.88	20.13 11.59	15.86	11.68 13.19	12.44
2	16.98 15.66	16.32	17.43 12.11	14.77	17.73 19.38	18.56	17.43 14.46	15.95	19.13 20.26	19.70	11.43 14.52	12.98
3	15.97 19.19	17.58	12.71 9.90	11.31	17.44 19.19	18.32	12.71 9.90	11.31	17.44 19.19	18.32	15.18 18.53	16.86
4	15.42 8.65	12.04	6.69 7.31	7.00	15.42 10.09	12.76	6.70 7.60	7.15	15.84 10.29	13.07	6.74 9.41	8.08
5	10.67 6.01	8.34	10.77 10.54	10.66	12.03 11.07	11.55	12.16 11.64	11.90	12.37 15.98	14.18	12.44 14.61	13.53
6	15.30 14.58	14.94	10.95 20.61	15.78	15.30 14.58	14.94	14.38 20.64	17.51	15.30 20.00	17.65	16.30 20.64	18.47
7	12.82 10.95	11.89	10.43 10.41	10.42	13.40 16.33	14.87	12.98 11.42	12.20	13.40 16.33	14.87	13.23 13.62	13.43
8	15.06 17.18	16.12	18.57 8.78	13.67	15.06 17.18	16.12	19.97 8.78	14.38	15.06 17.18	16.07	19.97 8.78	14.38
9	7.27 12.70	9.99	6.03 6.20	6.12	7.27 12.70	9.99	7.48 7.15	7.32	7.27 12.70	9.99	8.27 7.15	7.71
10	16.88 17.21	17.04	16.41 25.53	20.97	16.88 19.62	18.25	16.41 25.53	20.97	16.88 19.62	18.25	16.41 25.53	20.97
11	11.71 21.56	16.64	14.99 21.72	18.36	14.71 26.31	20.51	22.51 30.89	26.70	14.73 26.45	20.59	22.51 30.89	26.70
12	9.79 8.61	9.20	4.14 15.78	9.96	11.49 8.61	10.05	6.07 17.27	11.67	11.49 8.91	10.20	12.52 17.27	14.90
13	2.94 3.39	3.17	2.59 2.79	2.69	2.94 4.13	3.54	2.79 3.04	2.92	2.94 4.63	3.79	3.73 4.30	4.01
14	11.18 10.05	10.62	14.85 14.11	14.48	13.92 12.13	13.02	14.85 14.40	14.63	15.23 16.95	16.09	15.75 16.23	15.99
15	1.24 3.83	2.54	5.38 10.47	7.93	2.32 5.17	3.75	5.38 10.47	7.93	6.04 9.81	7.93	8.01 10.75	9.38

注1) 単位: mm

表-4.4 最大動的付加荷重と最大段差量の関係 ($F_{max} = a \cdot D$)
(デジタルフィルターによる補正後)

a) $V = 20 \text{ km/h}$

評価区間	荷重-1 10.36 t		荷重-2 8.28 t		荷重-3 7.00 t		荷重-4 5.58 t		荷重-5 4.59 t		平 均	
	r	a	r	a	r	a	r	a	r	a	r	a
±1 m	0.620	0.164	0.684	0.169	0.671	0.164	0.634	0.162	0.645	0.159	0.651	0.164
±2 m	0.629	0.146	0.668	0.153	0.561	0.143	0.514	0.141	0.531	0.139	0.581	0.144
±5 m	0.612	0.150	0.613	0.148	0.525	0.138	0.467	0.139	0.495	0.139	0.542	0.143
平 均	0.620	0.153	0.655	0.157	0.586	0.148	0.538	0.147	0.557	0.146	0.591	0.150

b) $V = 30 \text{ km/h}$

評価区間	荷重-1 10.36 t		荷重-2 8.28 t		荷重-3 7.00 t		荷重-4 5.58 t		荷重-5 4.59 t		平 均	
	r	a	r	a	r	a	r	a	r	a	r	a
±1 m	0.815	0.235	0.786	0.224	0.771	0.204	0.700	0.198	0.670	0.191	0.748	0.210
±2 m	0.781	0.210	0.777	0.203	0.676	0.181	0.602	0.173	0.575	0.166	0.682	0.187
±5 m	0.672	0.206	0.740	0.203	0.624	0.181	0.552	0.173	0.502	0.167	0.618	0.186
平 均	0.756	0.217	0.768	0.210	0.690	0.189	0.618	0.181	0.582	0.175	0.683	0.194

c) $V = 40 \text{ km/h}$

評価区間	荷重-1 10.36 t		荷重-2 8.28 t		荷重-3 7.00 t		荷重-4 5.58 t		荷重-5 4.59 t		平 均	
	r	a	r	a	r	a	r	a	r	a	r	a
±1 m	0.855	0.276	0.805	0.258	0.799	0.246	0.745	0.235	0.778	0.239	0.796	0.251
±2 m	0.833	0.244	0.819	0.235	0.717	0.219	0.690	0.209	0.712	0.212	0.754	0.224
±5 m	0.696	0.246	0.774	0.233	0.631	0.217	0.616	0.206	0.645	0.211	0.672	0.223
平 均	0.795	0.255	0.799	0.242	0.716	0.227	0.684	0.217	0.712	0.221	0.741	0.232

注) a : 最大動的付加荷重 (ton) = $a \cdot$ 最大段差量 (mm)

r : 最大動的付加荷重と最大段差量の相関係数

表-4.5 最大動的付加荷重と最大段差量の関係 ($F_{max} = a \cdot D^b$)
(デジタルフィルターによる補正後)

指 数 (b)	$V = 20 \text{ km/h}$		$V = 30 \text{ km/h}$		$V = 40 \text{ km/h}$	
	係 数 (a)	r	係 数 (a)	r	係 数 (a)	r
1.6	0.03210	0.664	0.04146	0.756	0.04932	0.802
1.8	0.01841	0.666	0.02381	0.757	0.02830	0.802
2.0	0.01051	0.668	0.01360	0.758	0.01615	0.801
2.2	0.00597	0.669	0.00774	0.757	0.00918	0.799
2.4	0.00338	0.670	0.00438	0.755	0.00519	0.795

注1) $a, b : F_{max} = a \cdot D^b$

2) r : 実測値と計算値の相関係数

POINT-05 L=32.1(M) W= 7.00(TON) V=22.6(KM/H)

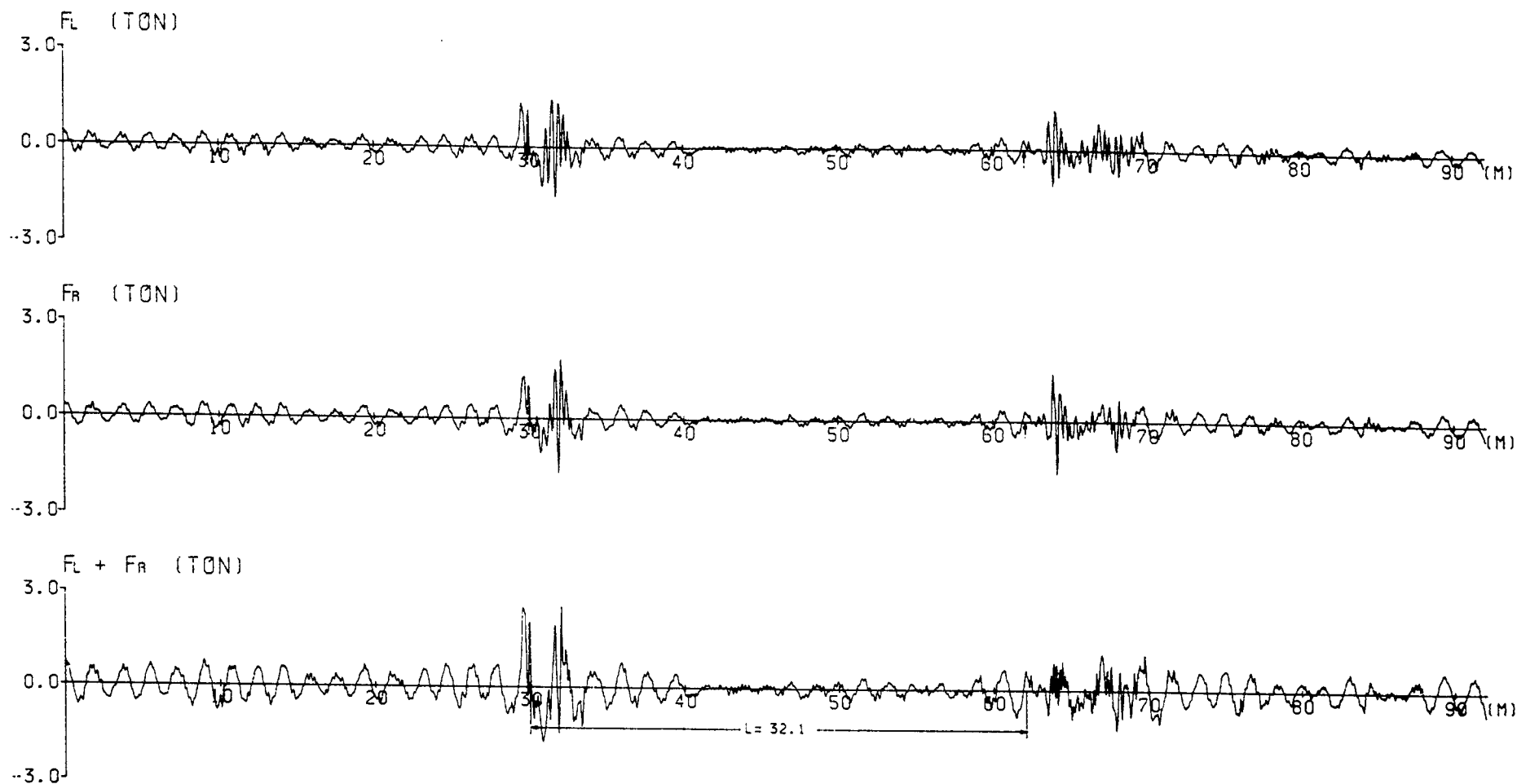
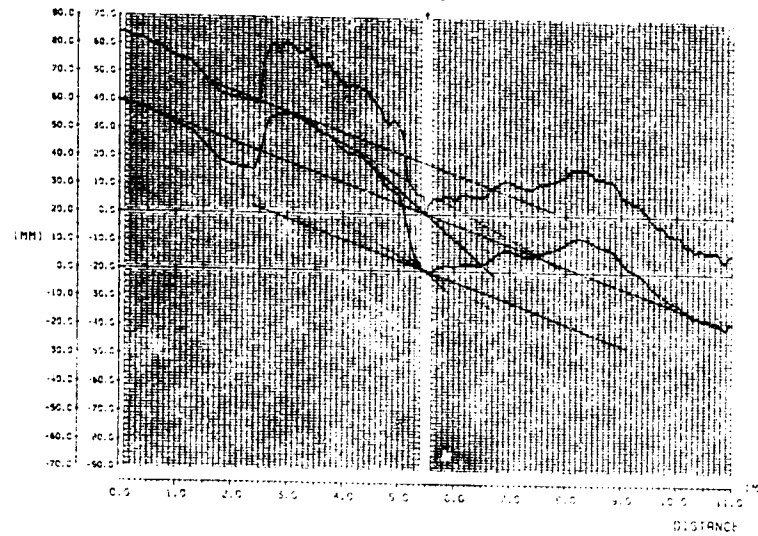
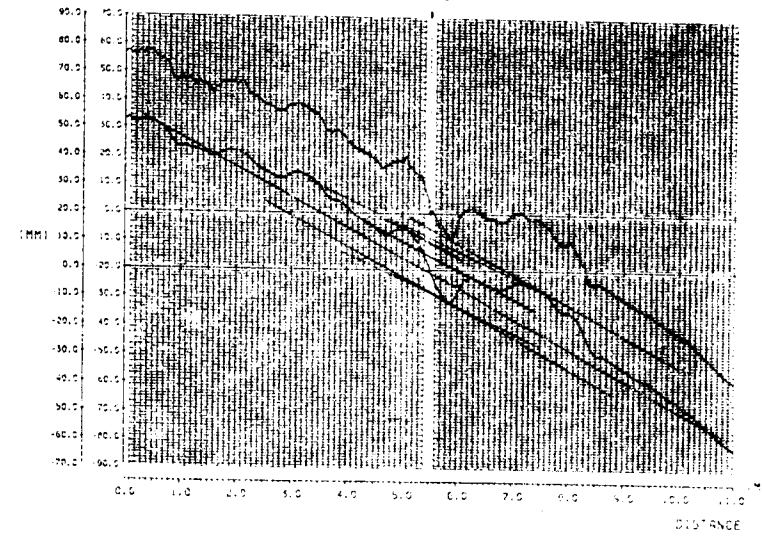


図-4.1 動的付加荷重記録の一例 (調査地点 5, 荷重 - 3, 車速 22.6 km/h)

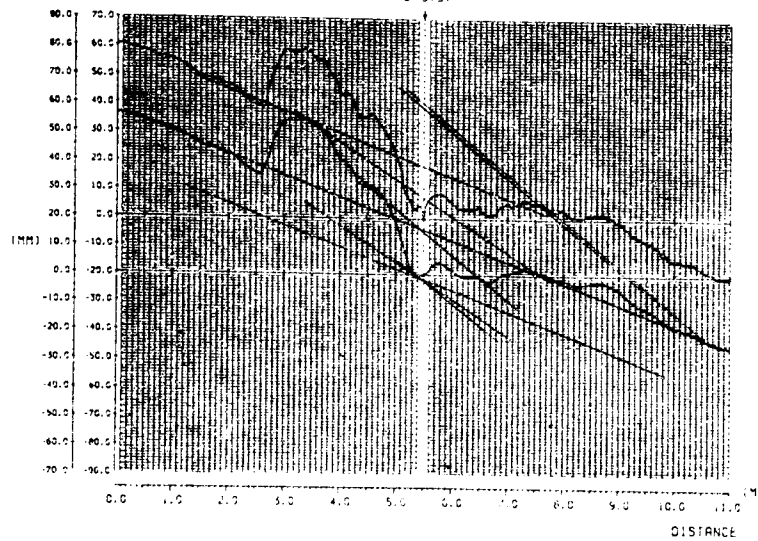
POINT-02 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-02 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

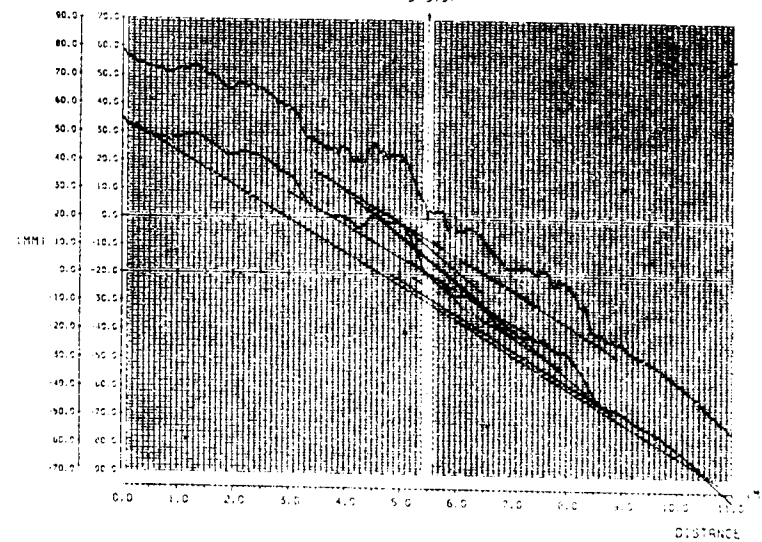
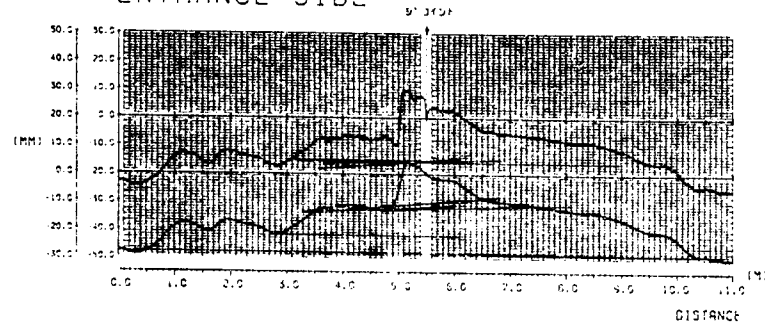
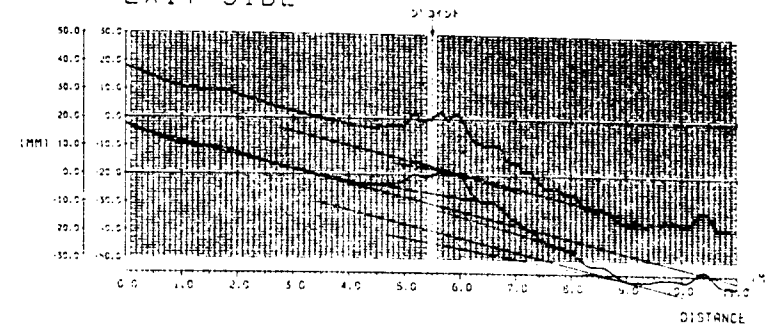


図-4.2(1) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点2)

POINT-04 RIGHT
ENTRANCE SIDE

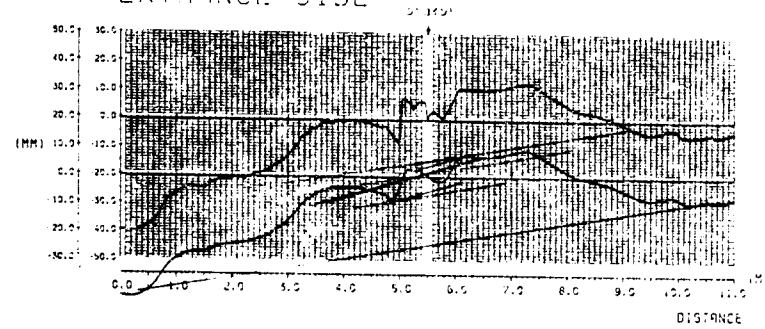


EXIT SIDE



POINT-04 LEFT

ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

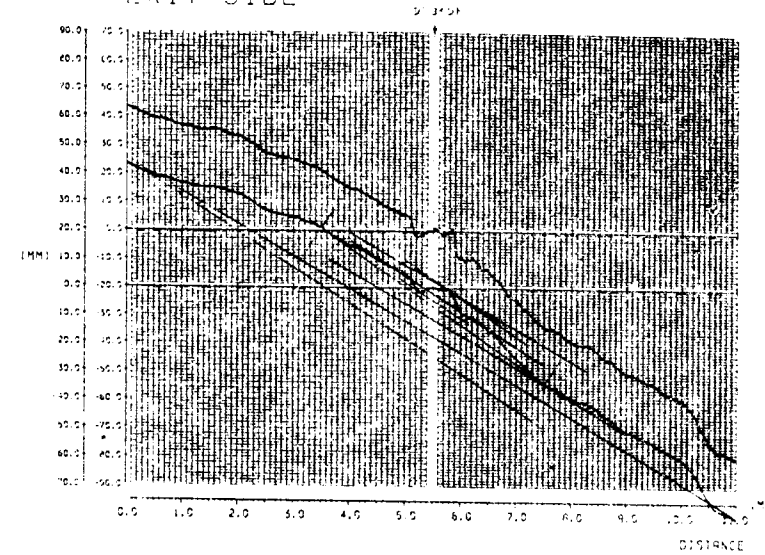
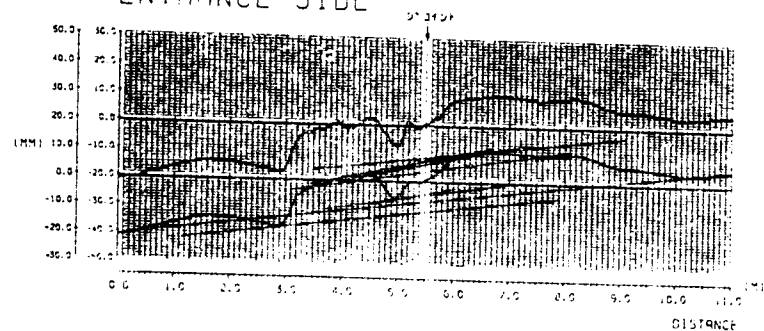


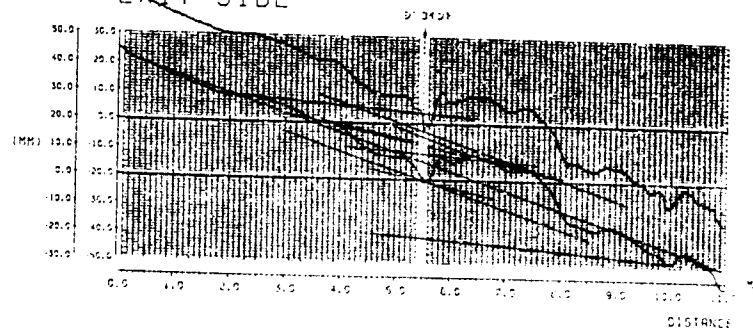
図-4.2(2) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点4)

POINT-05 RIGHT

ENTRANCE SIDE

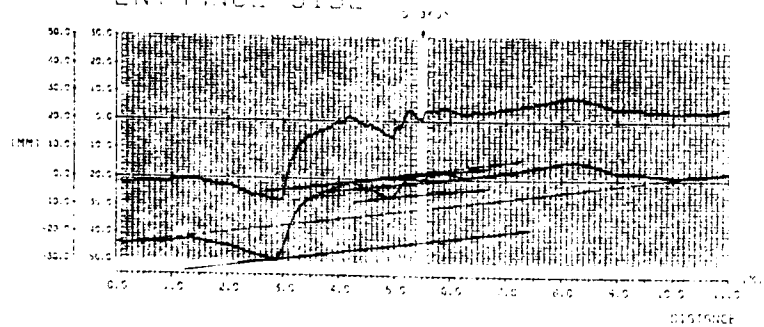


EXIT SIDE



POINT-05 LEFT

ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

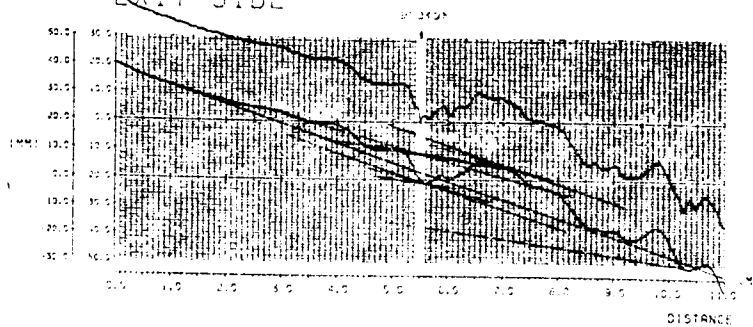
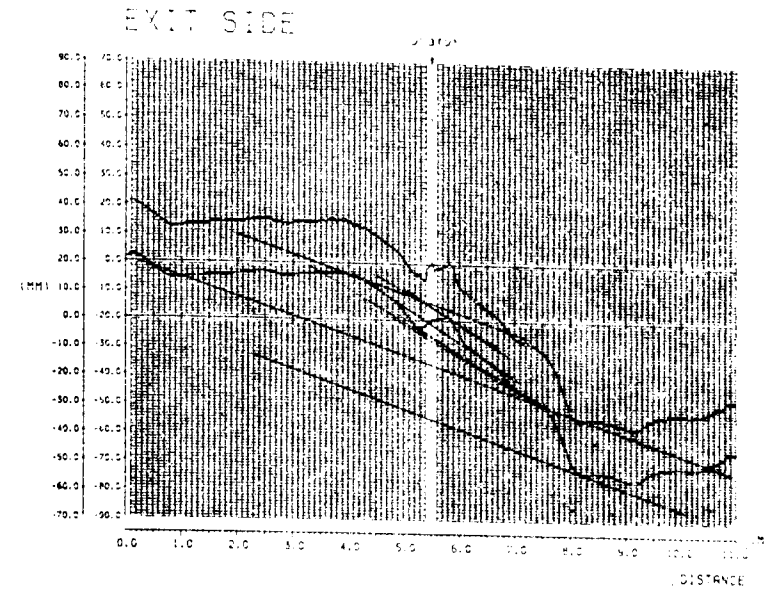
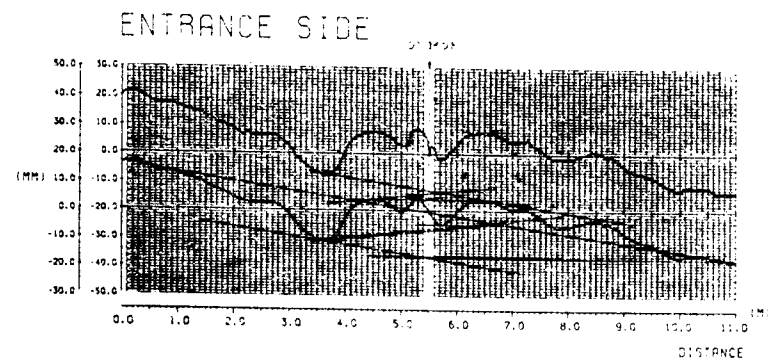


図-4.2(3) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点5)

POINT-07 RIGHT



POINT-07 LEFT

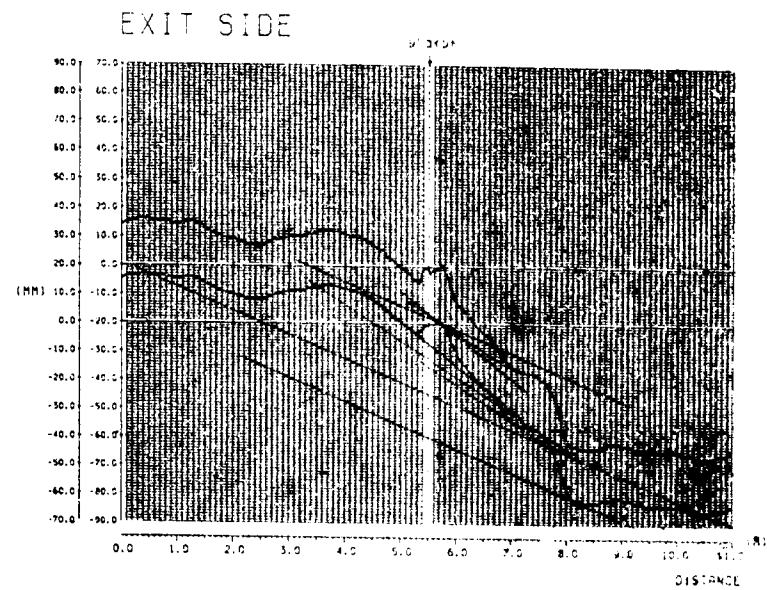
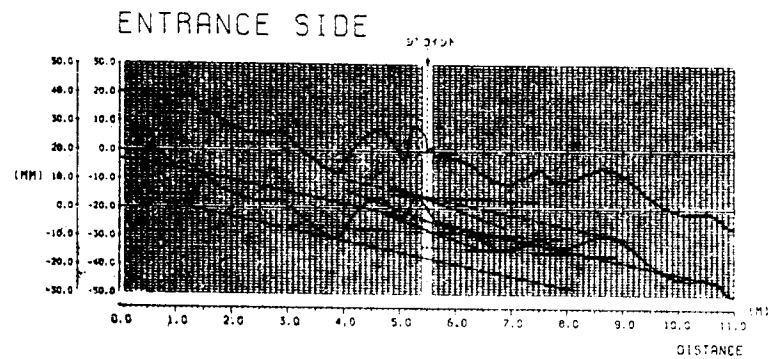
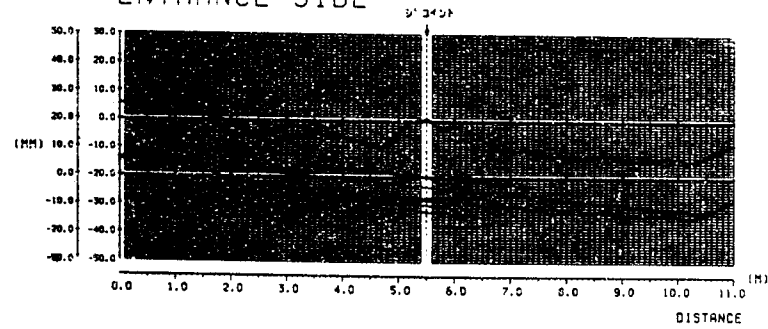
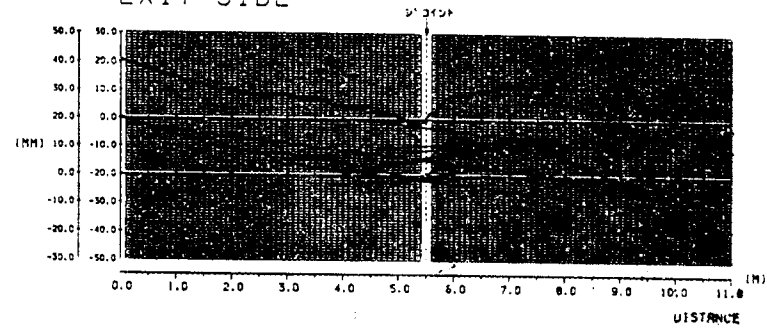


図-4.2(4) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点7)

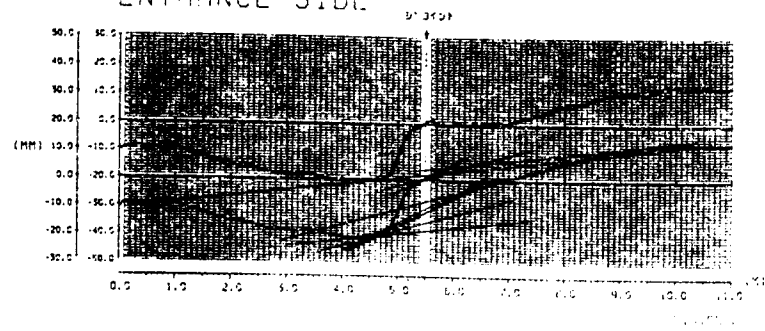
POINT-09 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-09 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

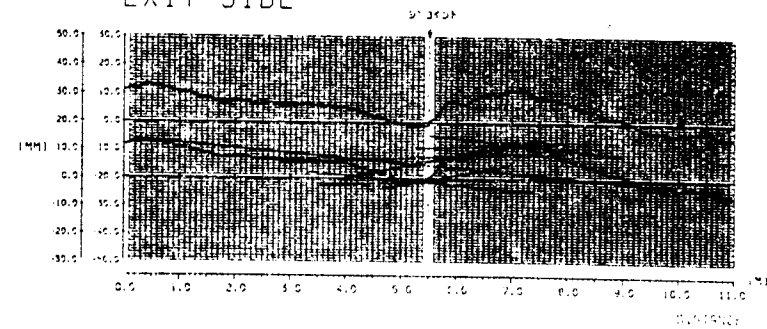
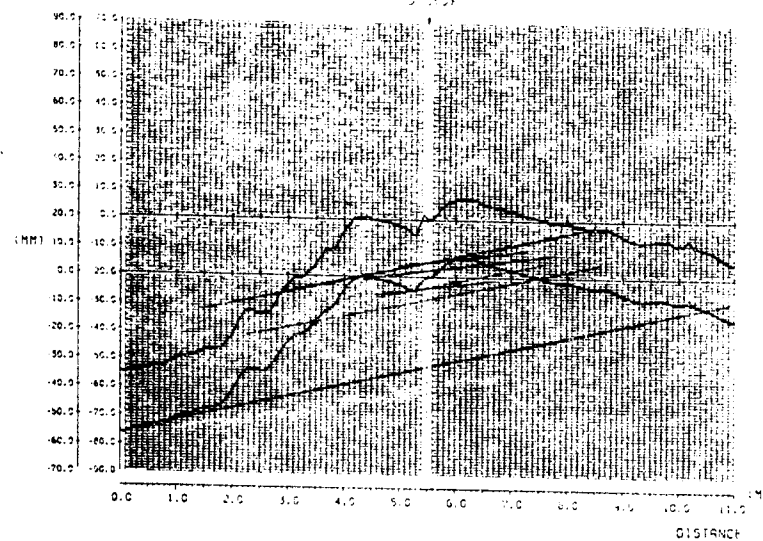
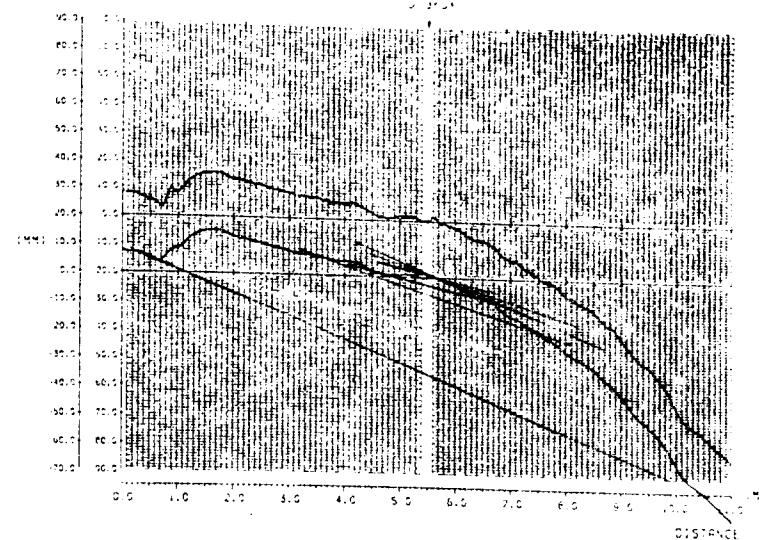


図-4.2(5) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点9)

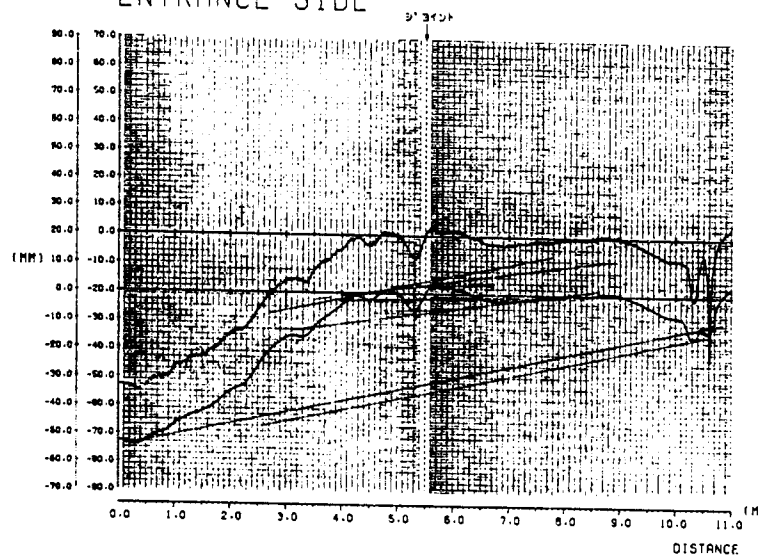
POINT-12 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-12 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

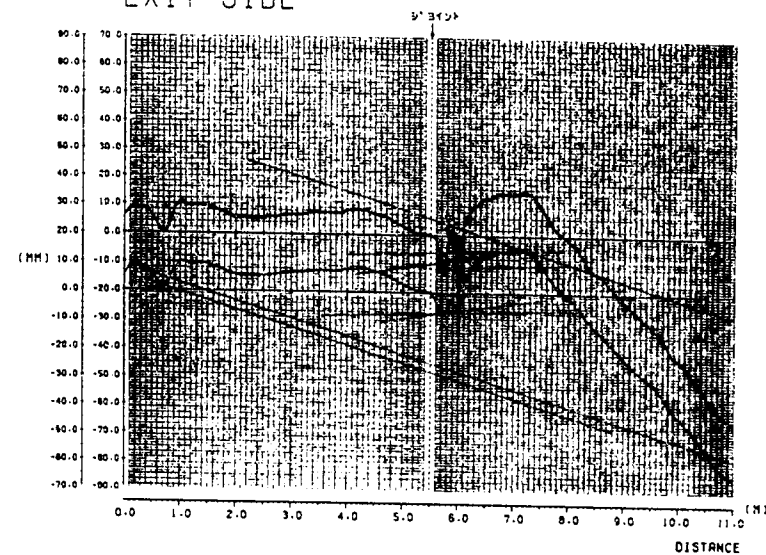
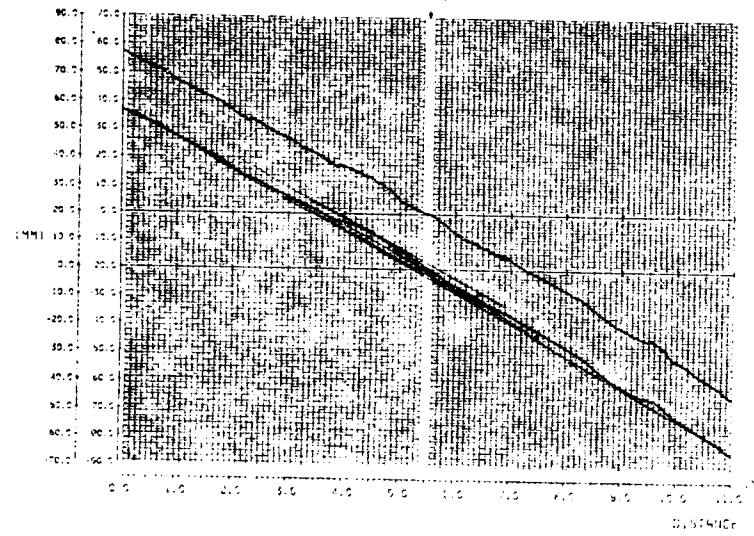
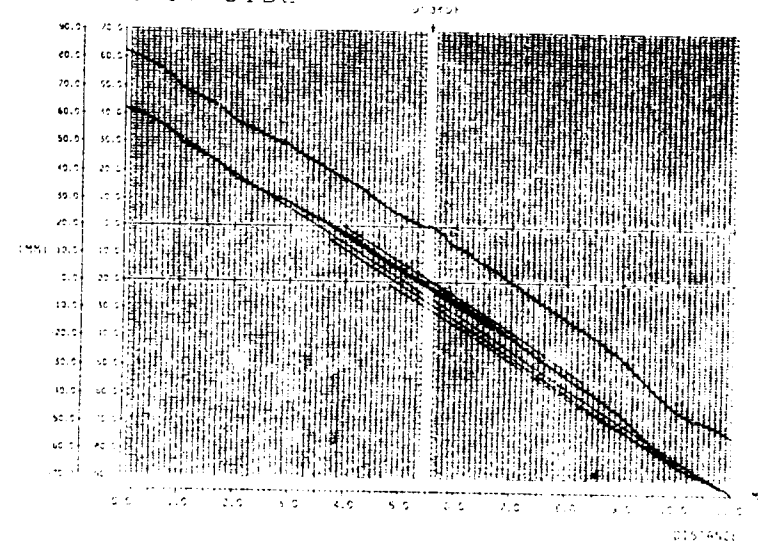


図-4.2(6) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点12)

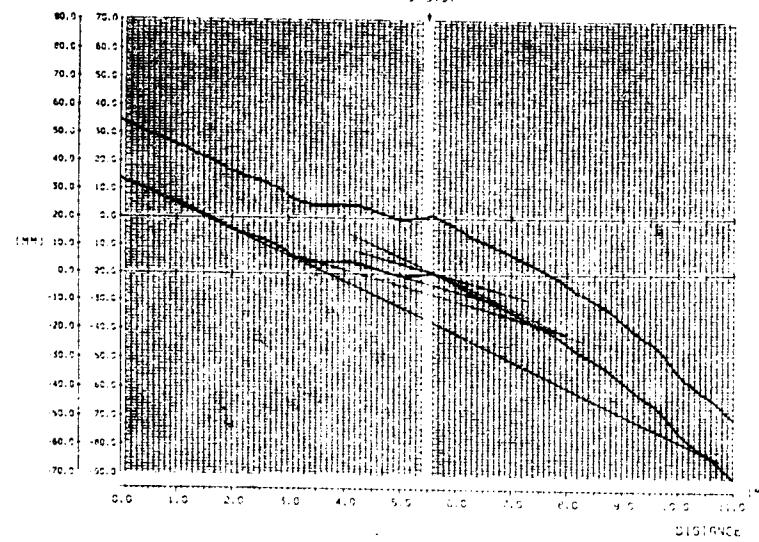
POINT-13 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-13 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

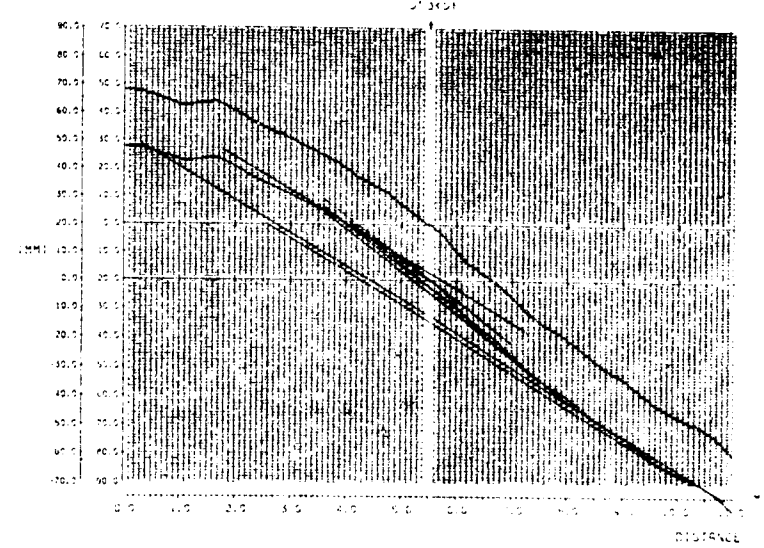


図-4.2(7) 路面凹凸波形の平滑化 (調査地点13)

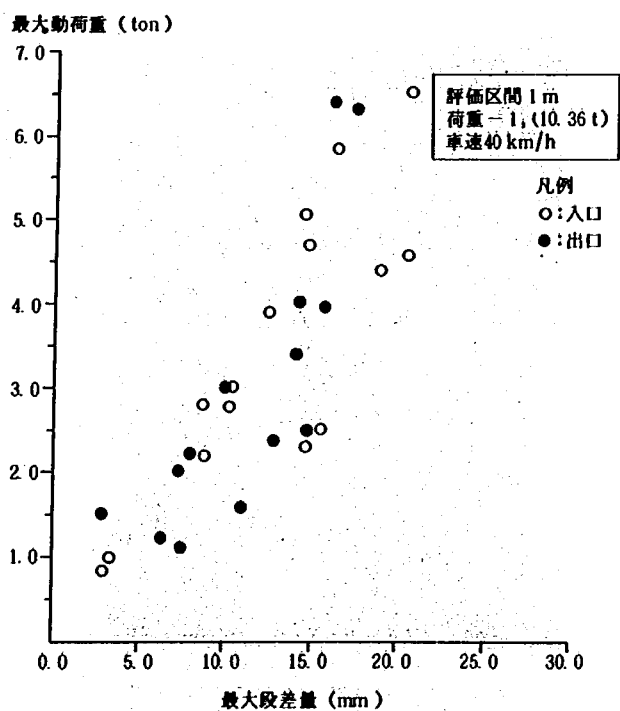
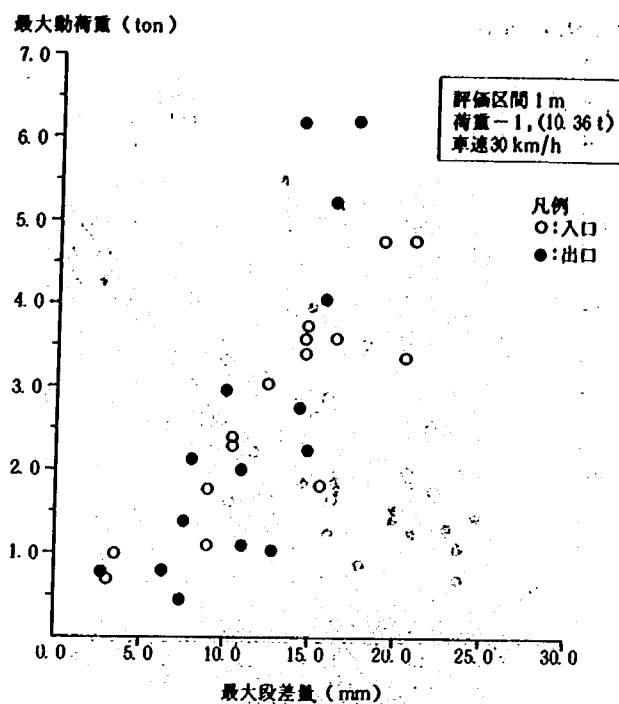
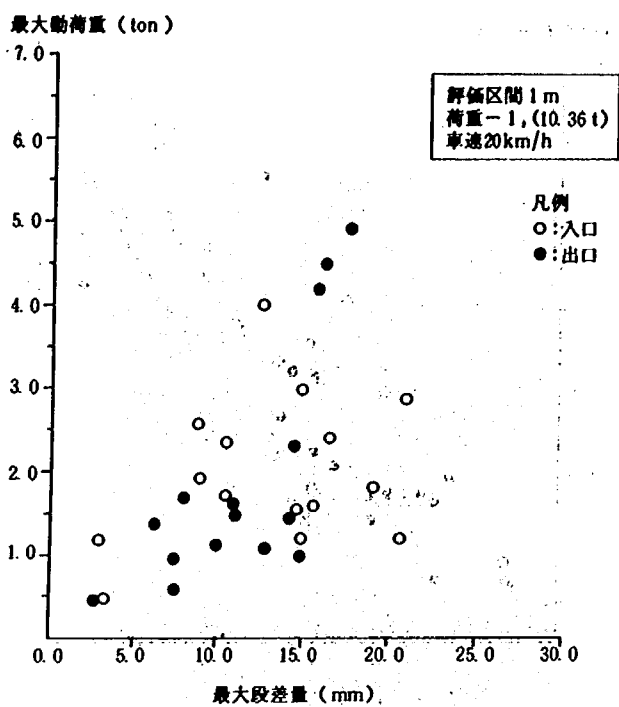


図-4.3(1) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±1 m, 荷重-1)

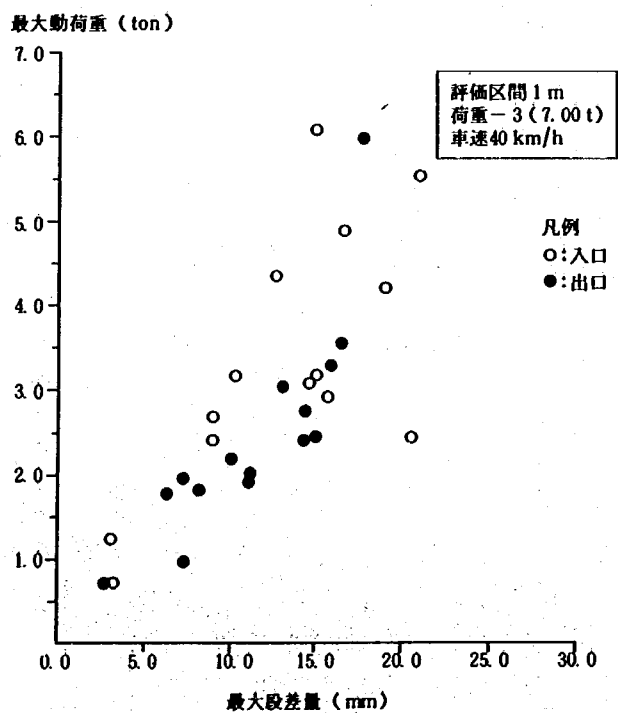
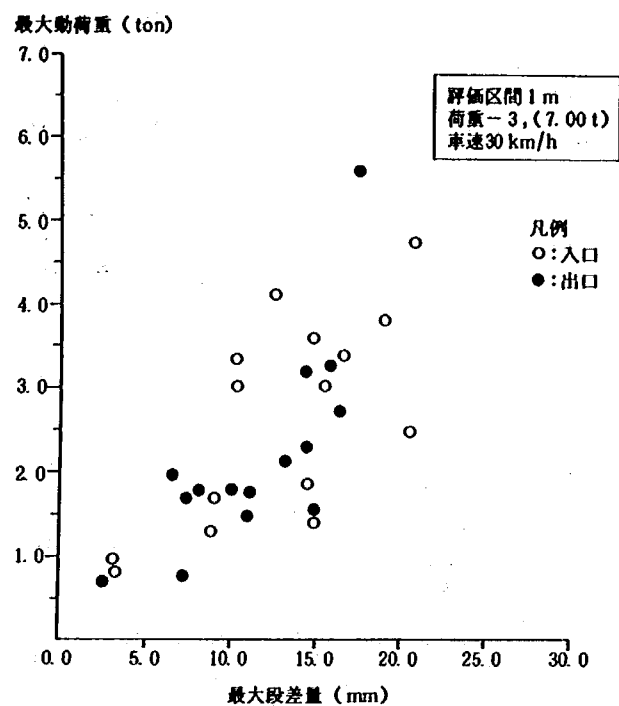
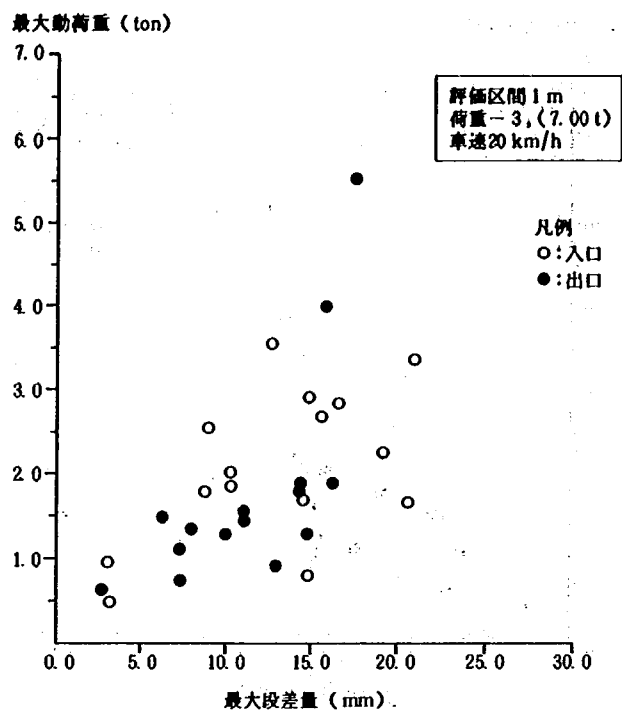


図-4.3(2) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±1 m, 荷重-3)

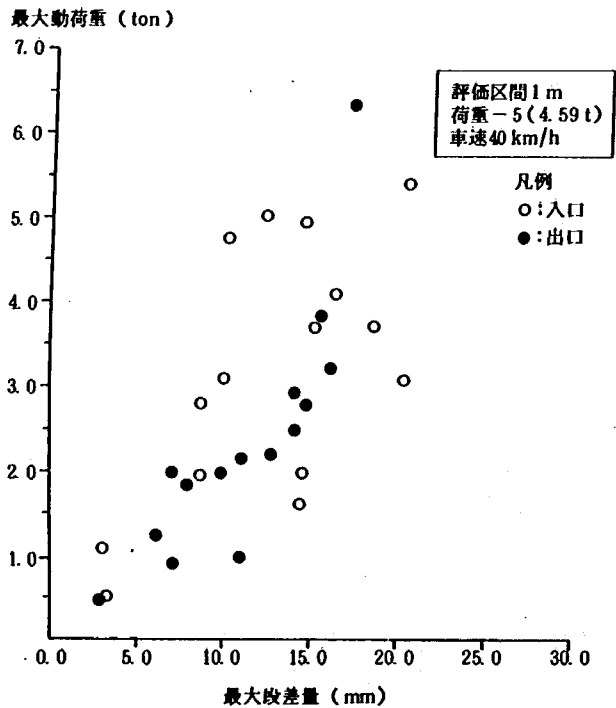
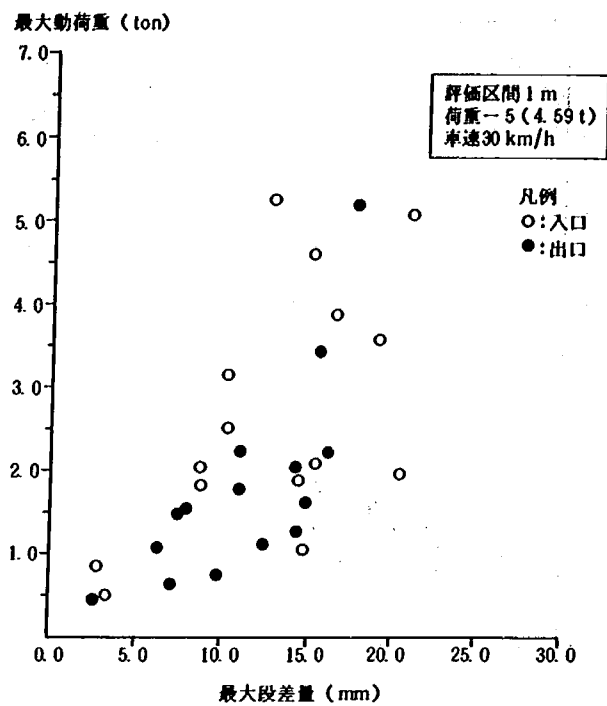
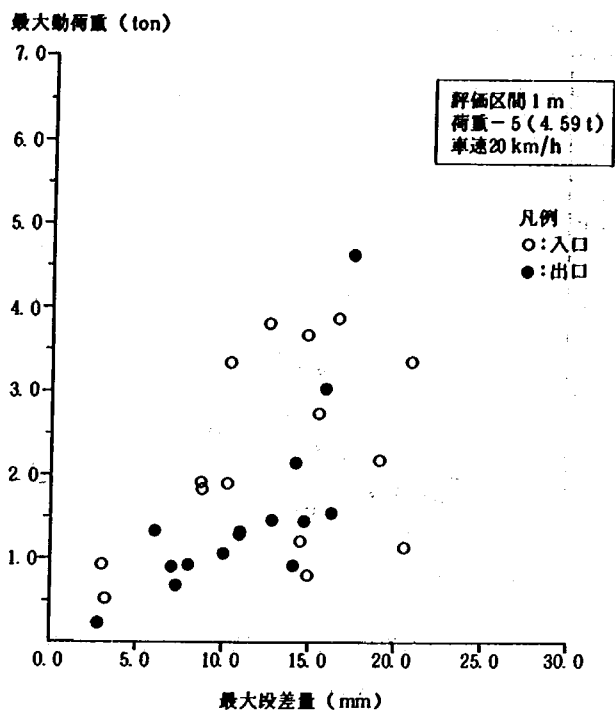


図-4.3(3) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±1 m, 荷重-5)

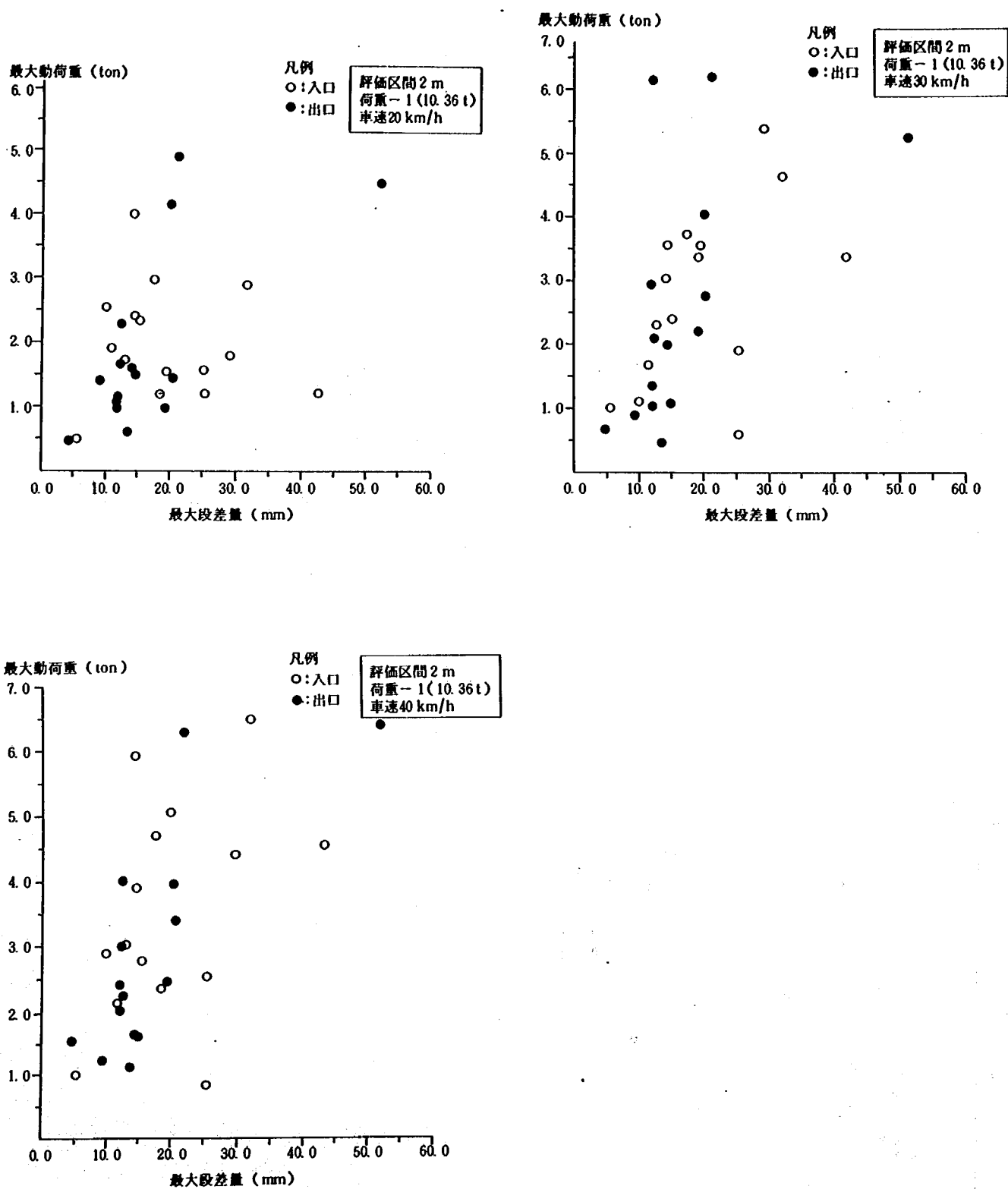


図-4.3(4) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±2 m, 荷重-1)

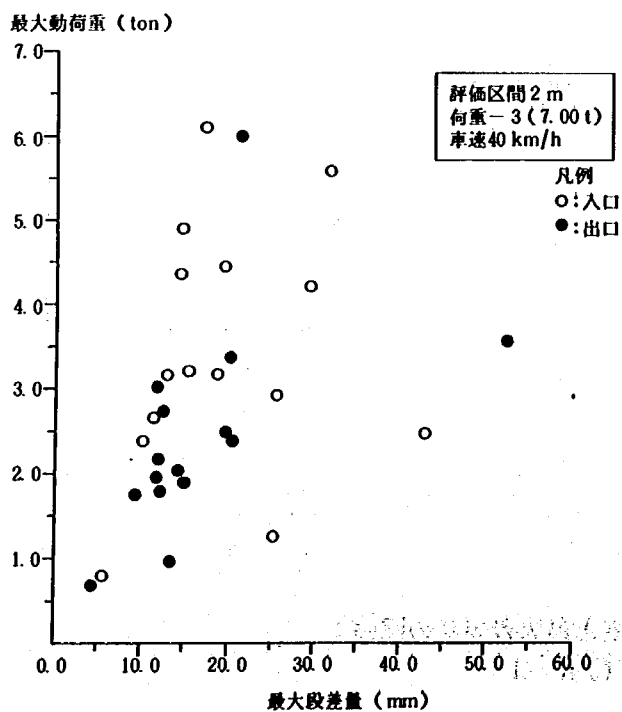
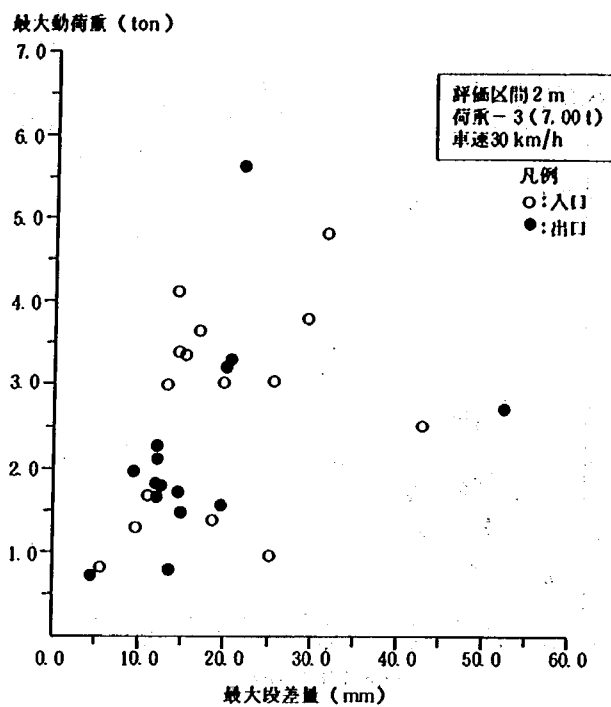
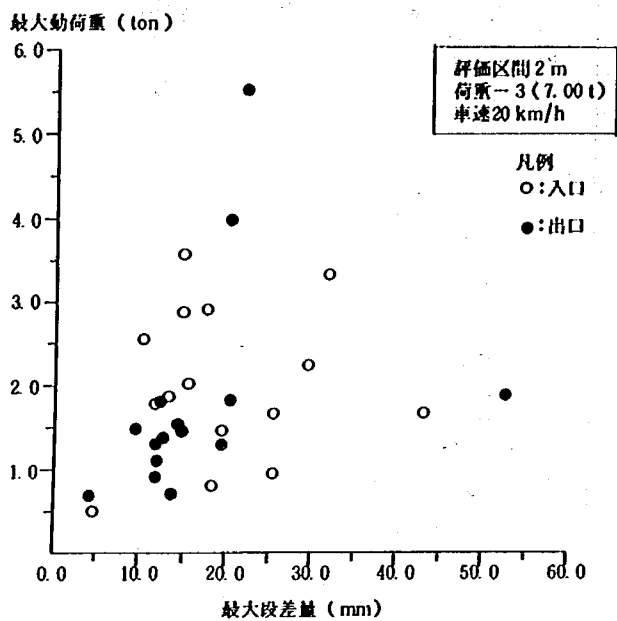


図-4.3(5) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±2 m, 荷重-3)

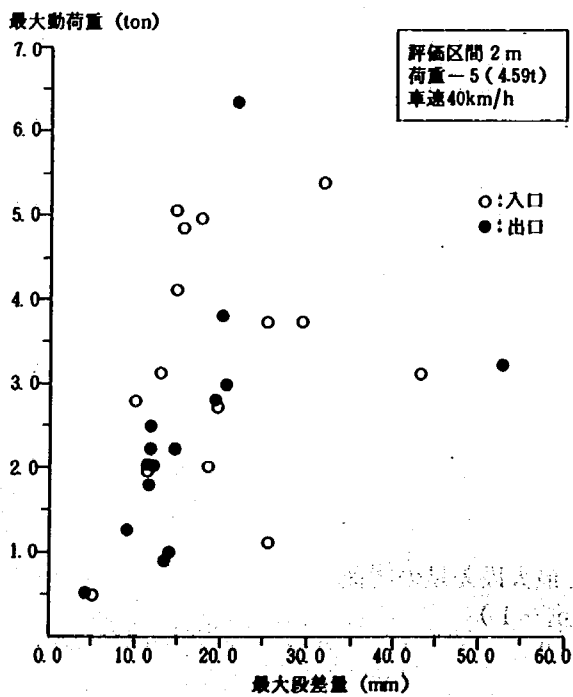
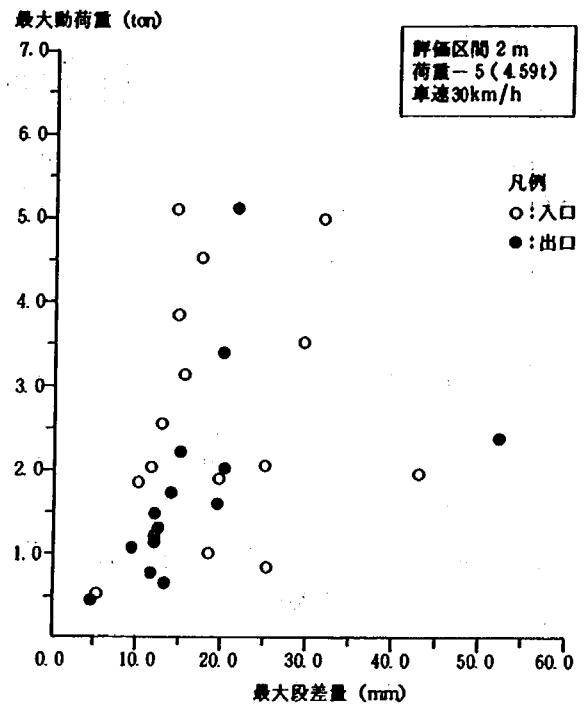
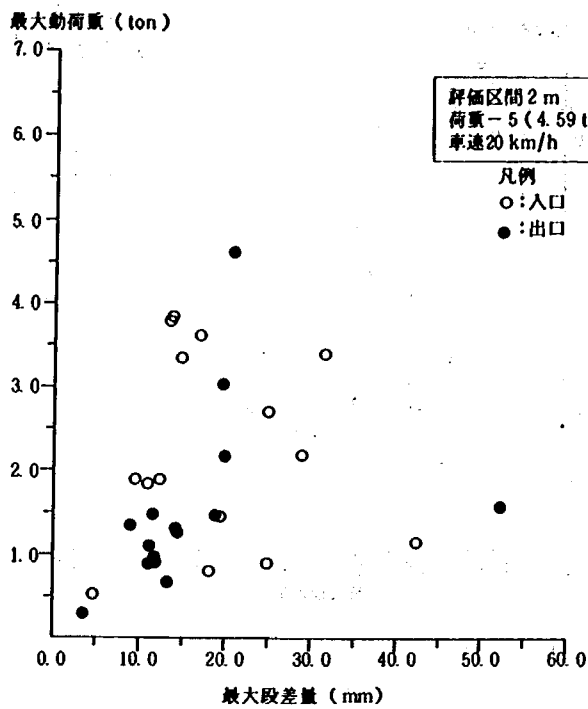


図-4.3(6) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±2 m, 荷重-5)

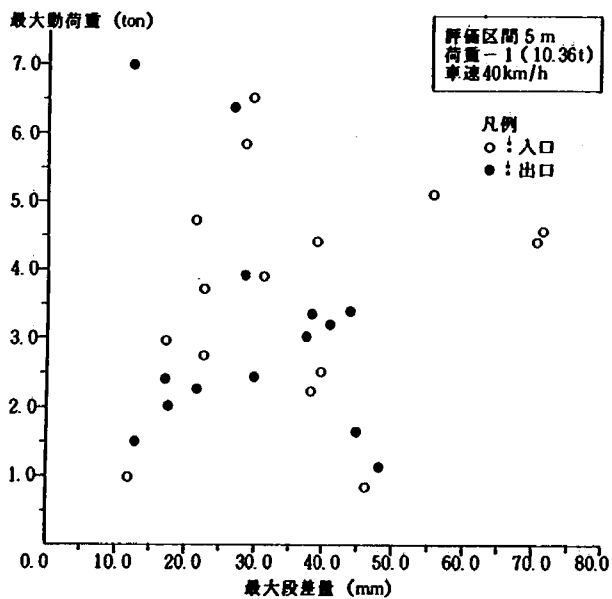
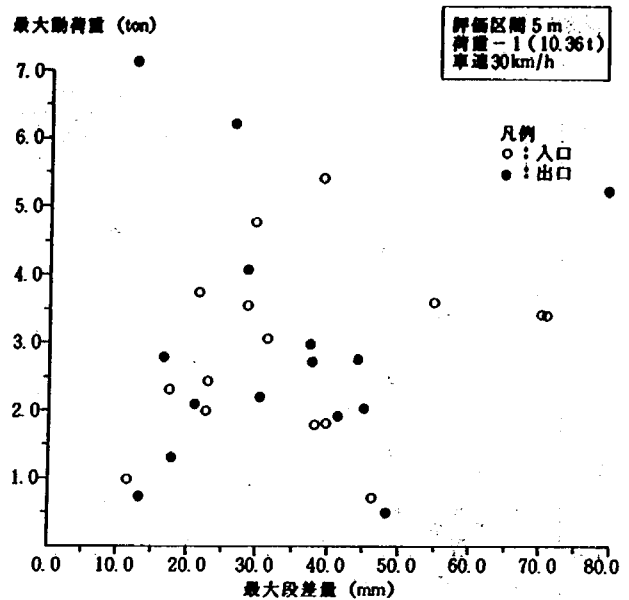
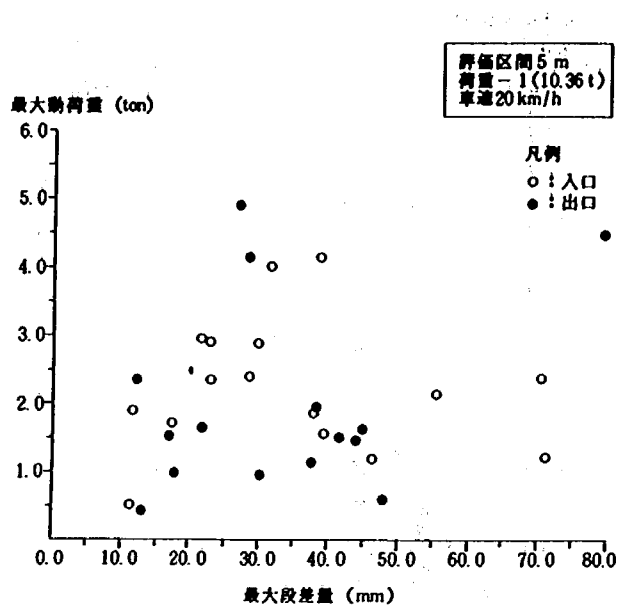


図-4.3(7) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±5 m, 荷重-1)

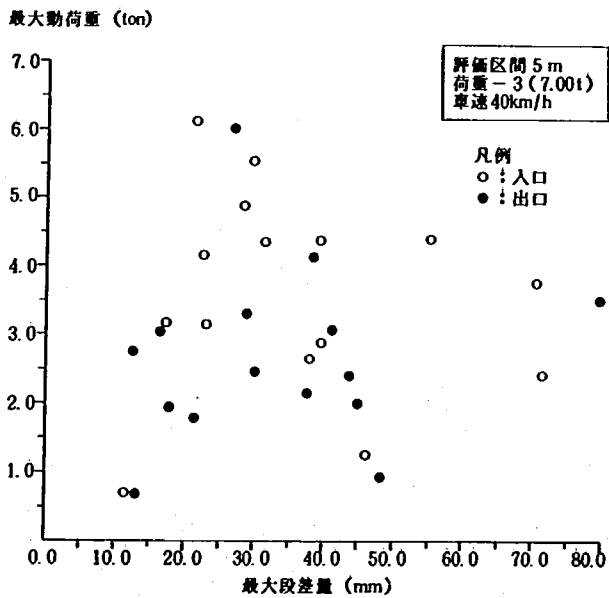
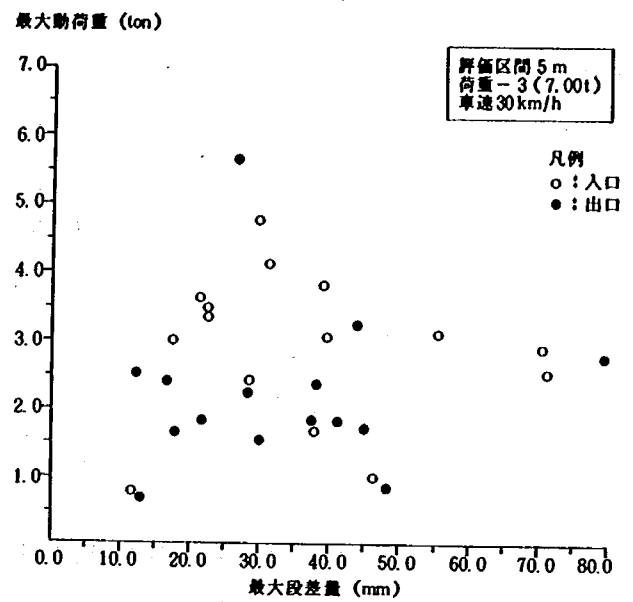
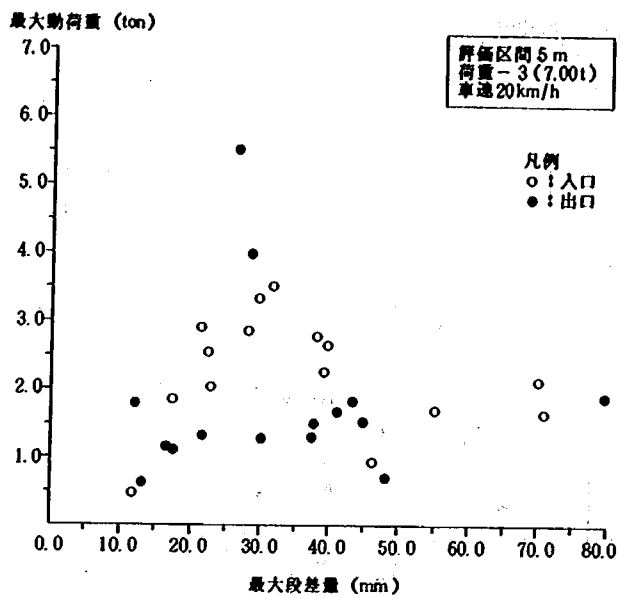
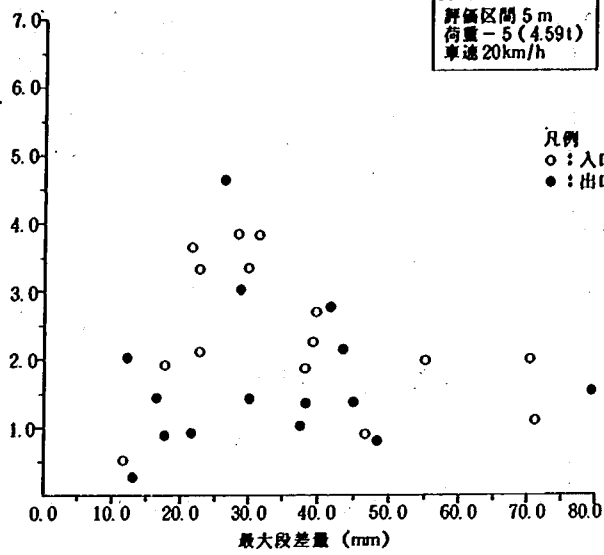
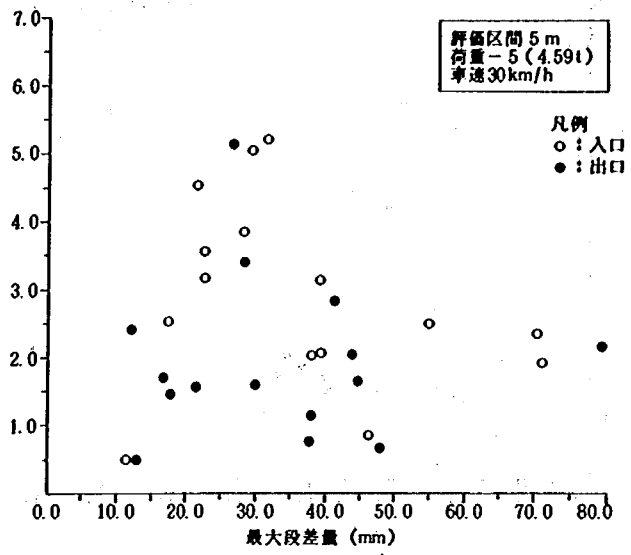


図 - 4.3(8) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間 ± 5 m; 荷重 - 3)

最大動荷重 (ton)



最大動荷重 (ton)



最大動荷重 (ton)

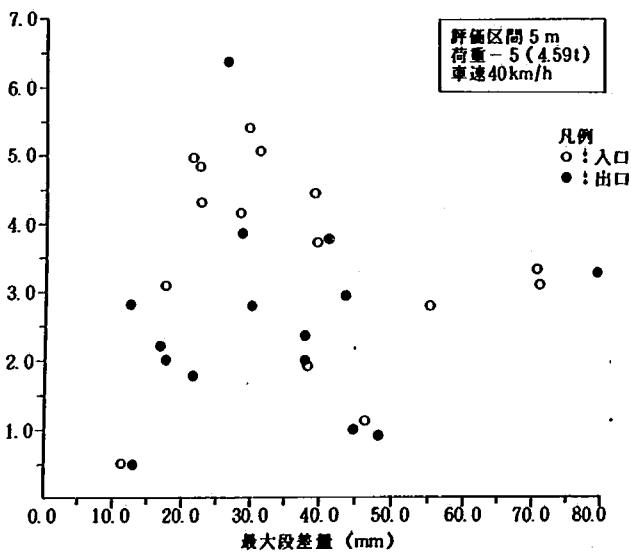
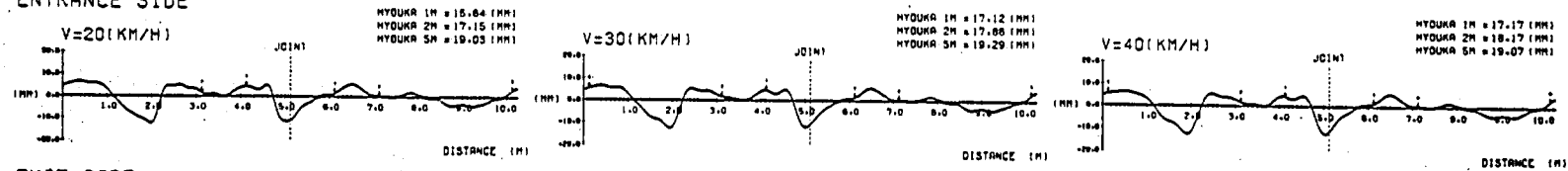
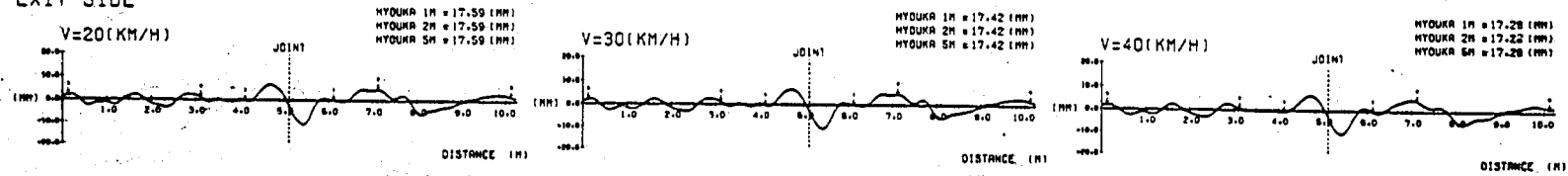


図 - 4. 3(9) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間 ± 5 m, 荷重 - 5)

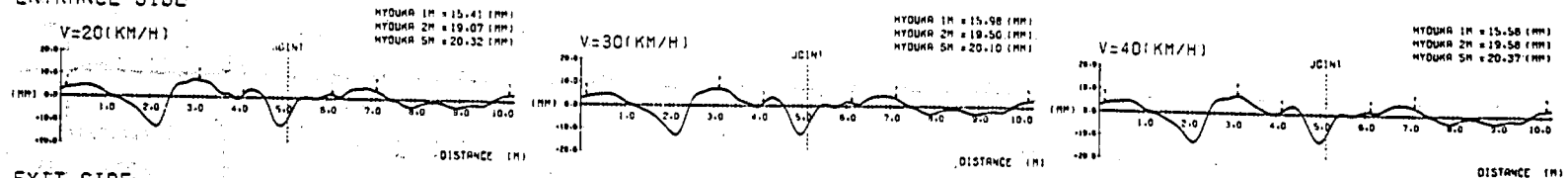
POINT-02 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-02 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

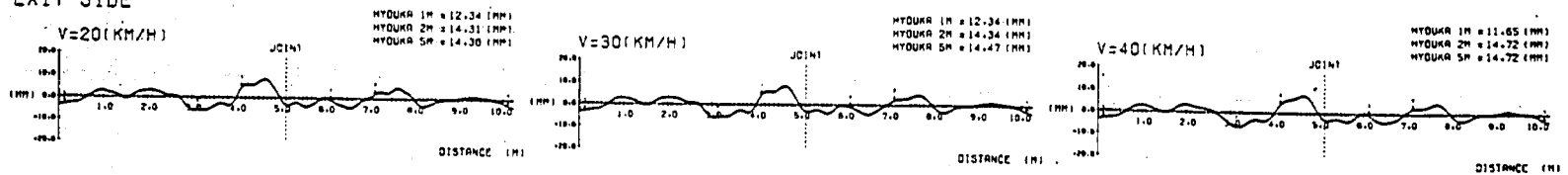
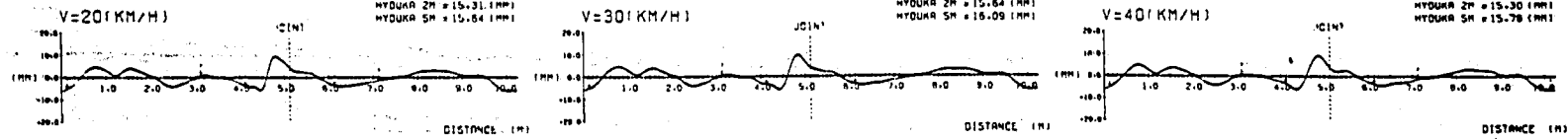


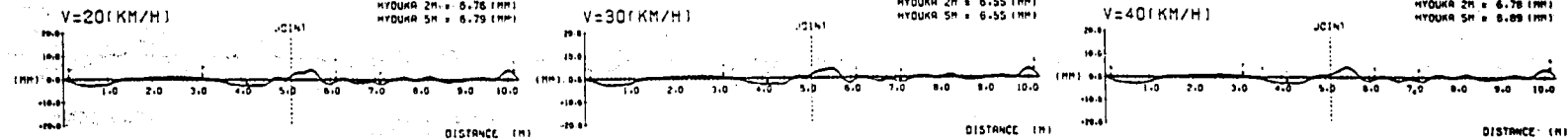
図-4.4(1) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点2)

POINT-04 RIGHT

ENTRANCE SIDE

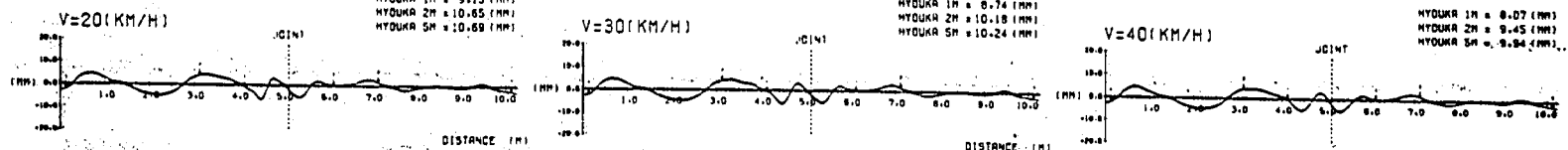


EXIT SIDE



POINT-04 LEFT

ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

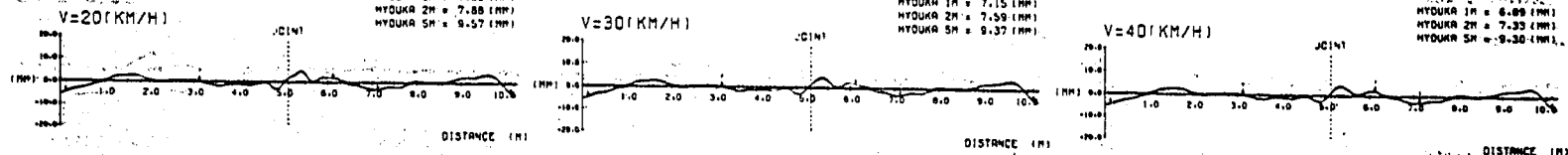
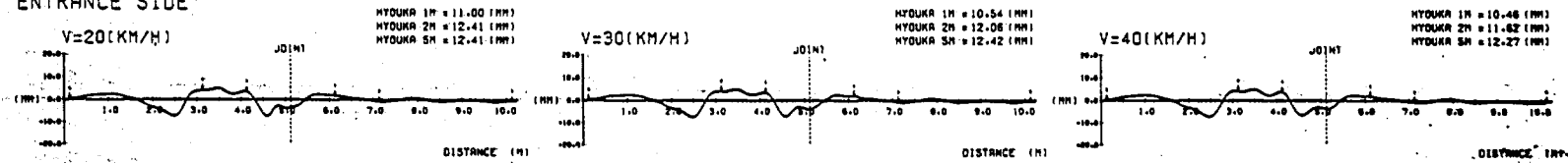


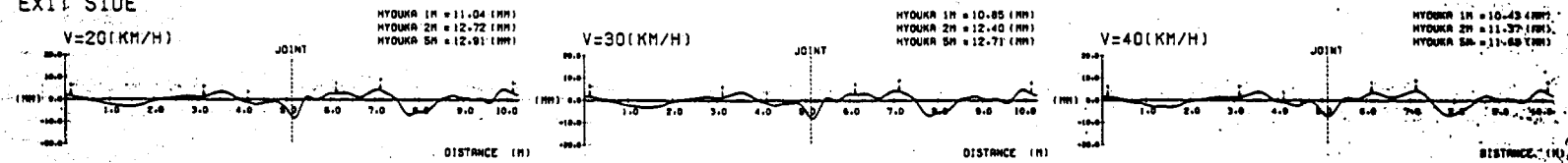
図-4.4(2) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点4)

POINT-05 RIGHT

ENTRANCE SIDE

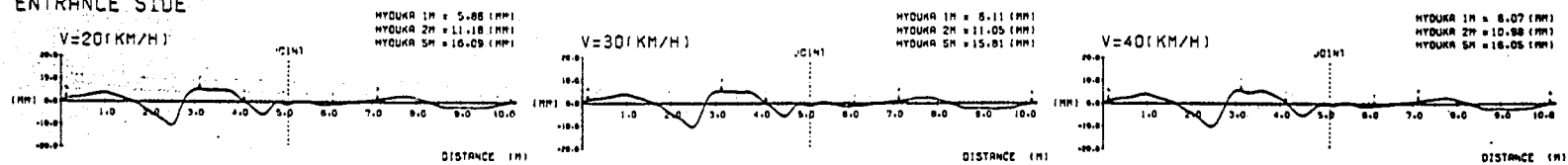


EXIT SIDE



POINT-05 LEFT

ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

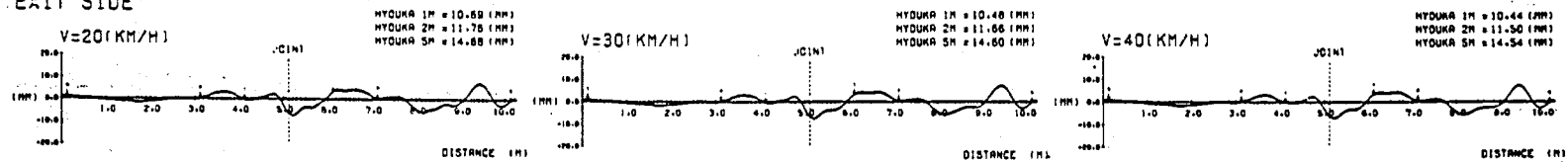
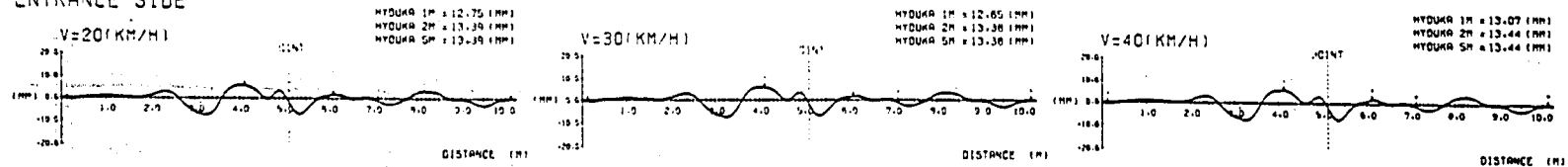


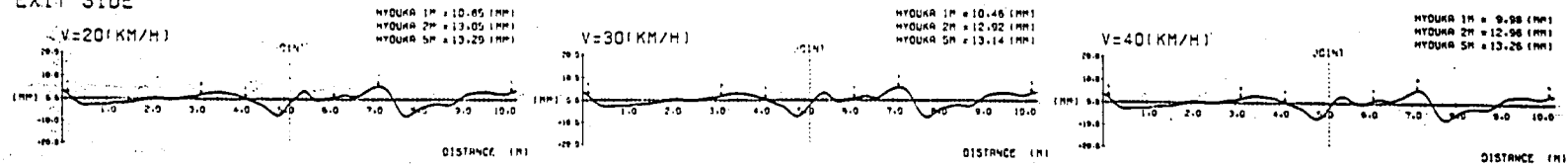
図-4.4(3) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点5)

POINT-07 RIGHT

ENTRANCE SIDE

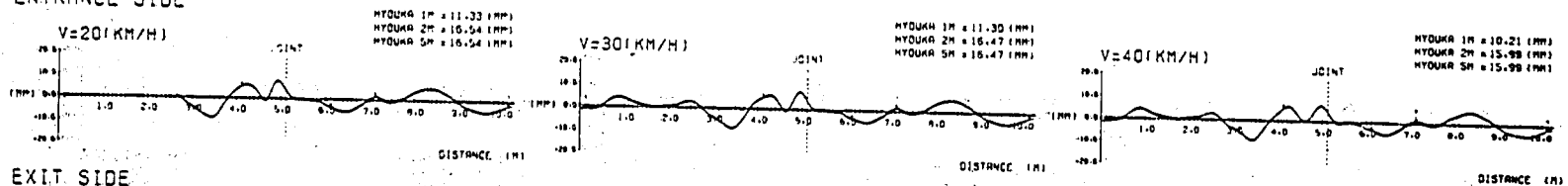


EXIT SIDE



POINT-07 LEFT

ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

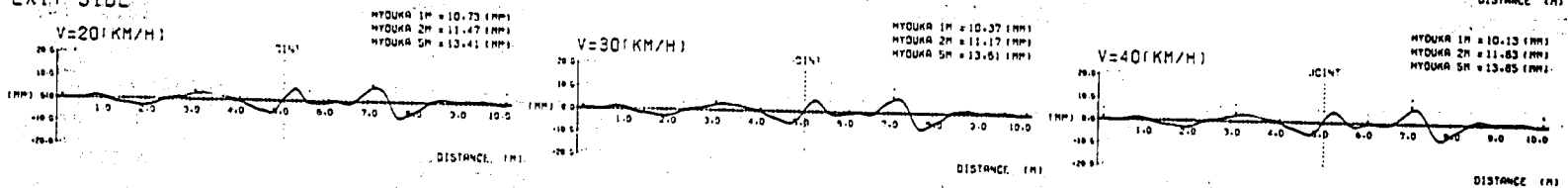
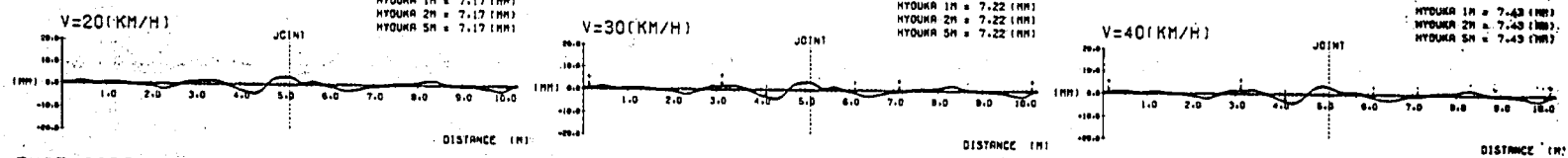


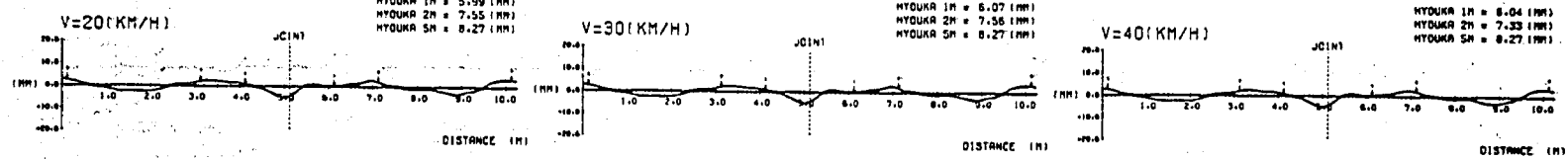
図-4.4(4) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点7)

POINT-09 RIGHT

ENTRANCE SIDE

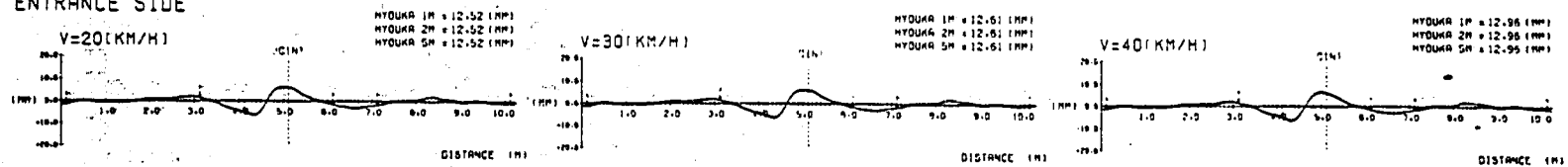


EXIT SIDE



POINT-09 LEFT

ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

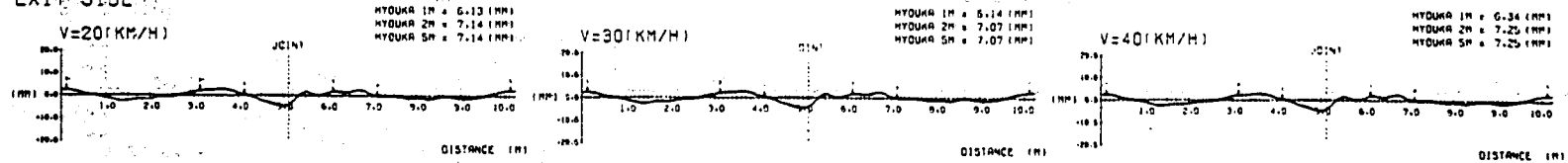
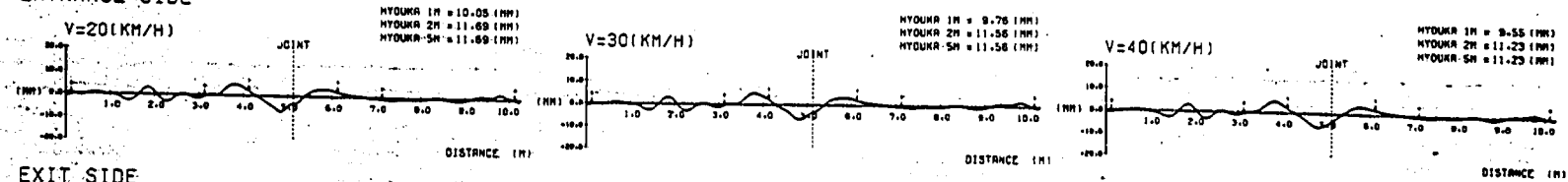
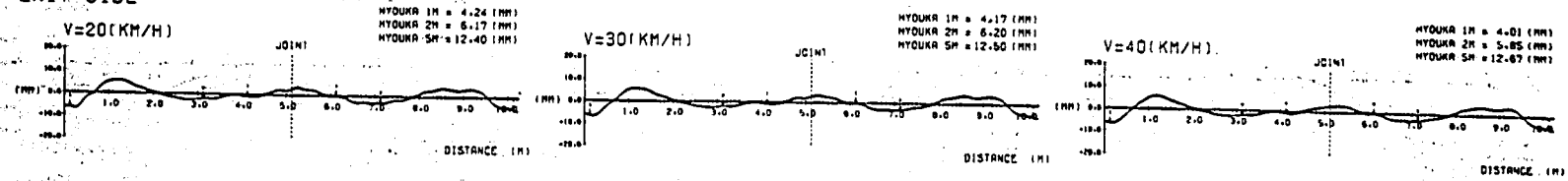


図-4.4(5) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点9)

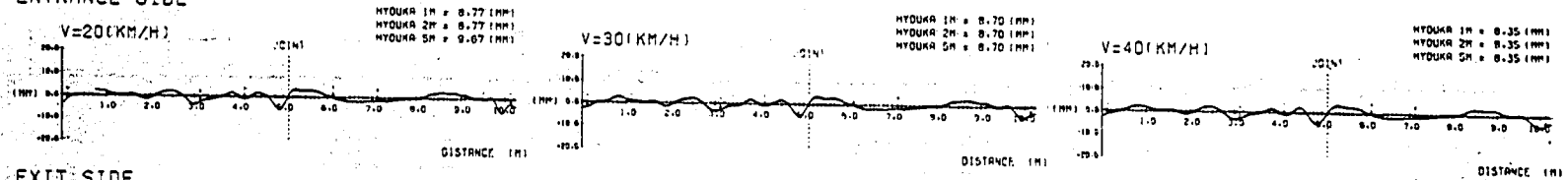
POINT-12 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-12 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

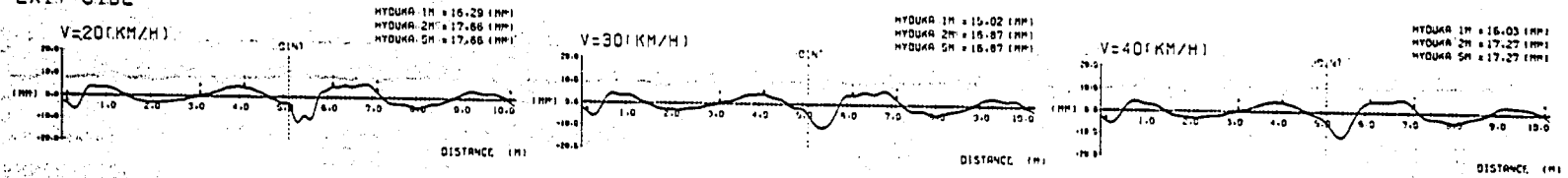
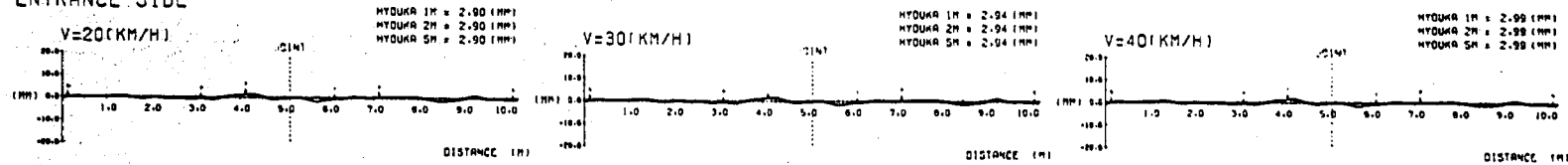
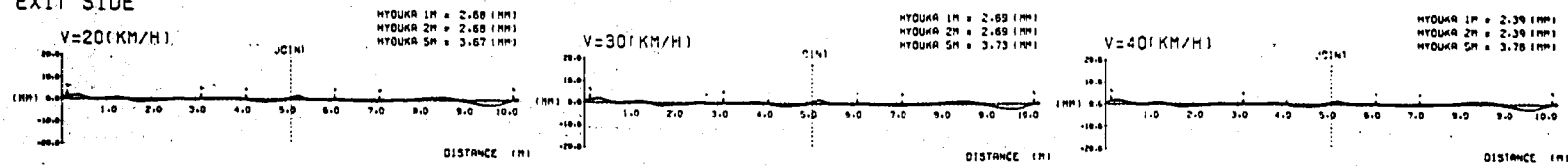


図-4.4(6) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点12)

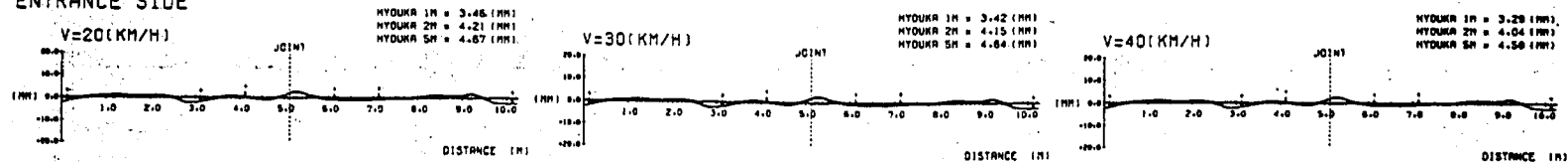
POINT-13 RIGHT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE



POINT-13 LEFT
ENTRANCE SIDE



EXIT SIDE

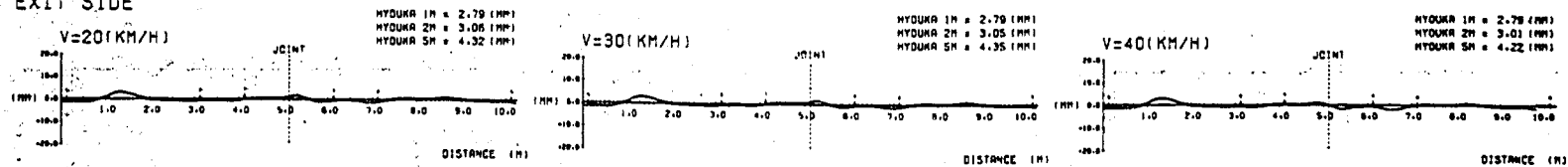


図-4.4(7) 路面凹凸波形のデジタルフィルターによる補正 (調査地点13)

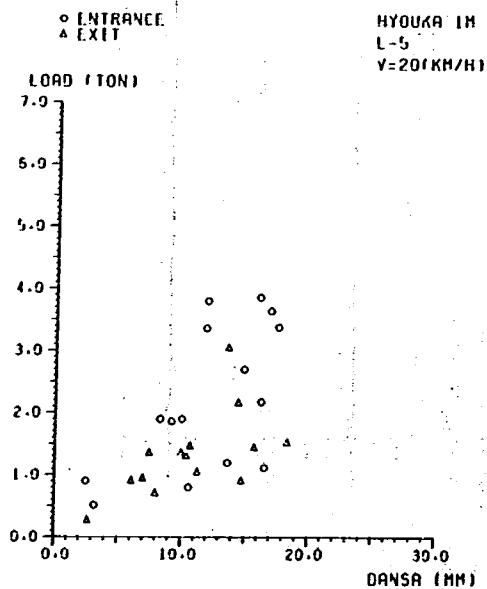
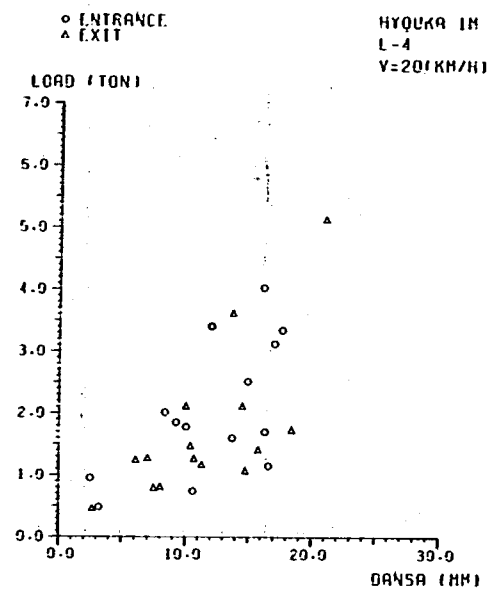
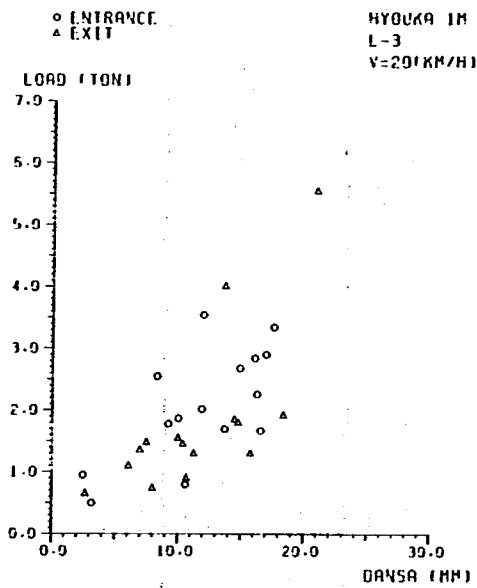
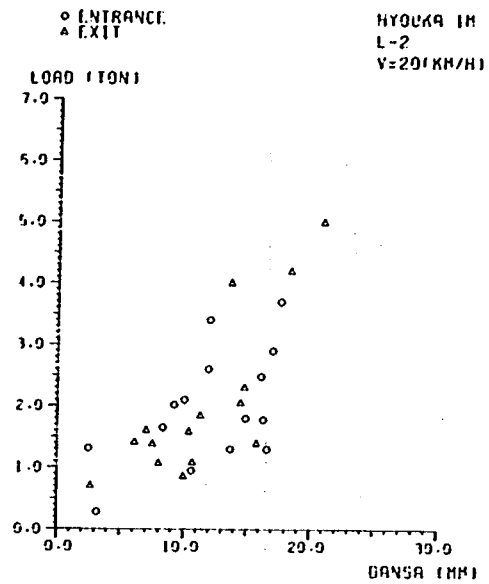
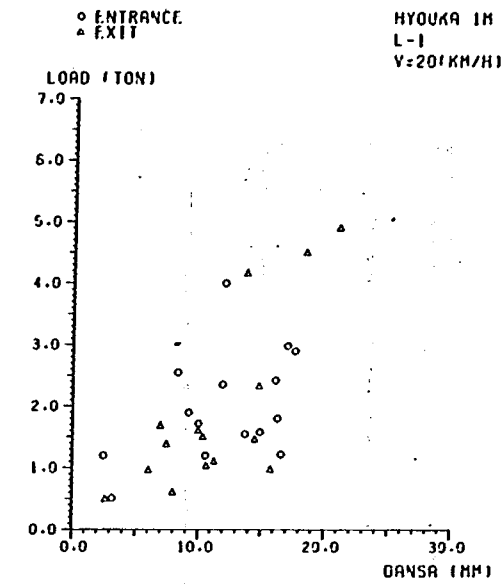


図-4.5(1) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±1m, 車速20km/h)

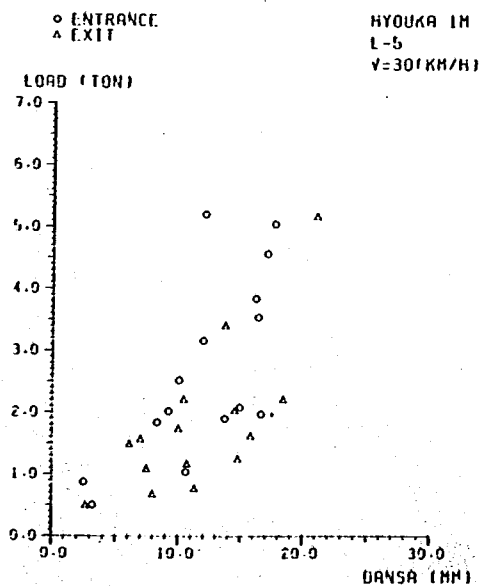
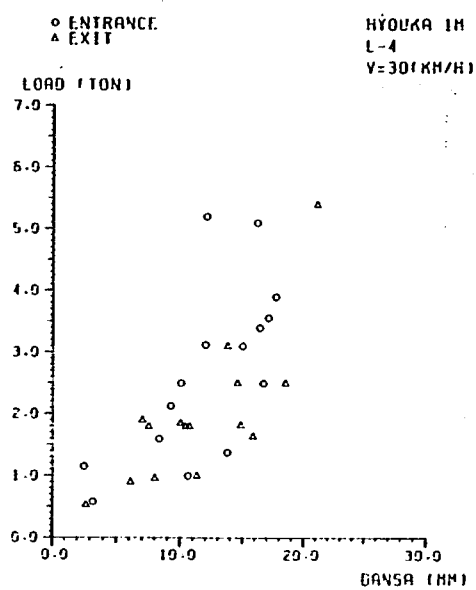
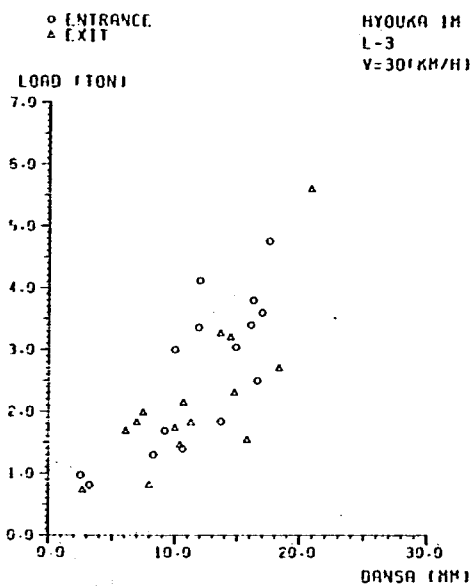
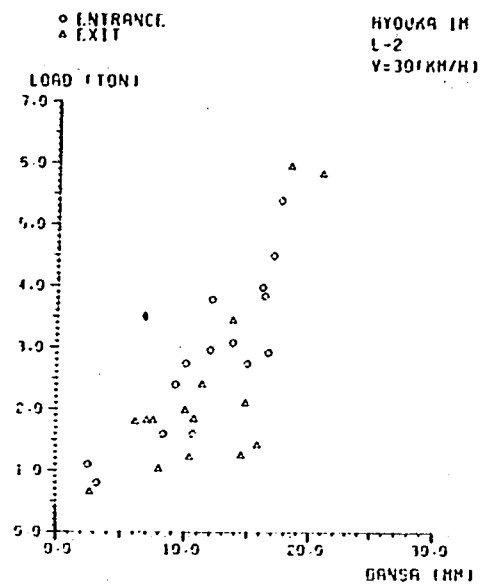
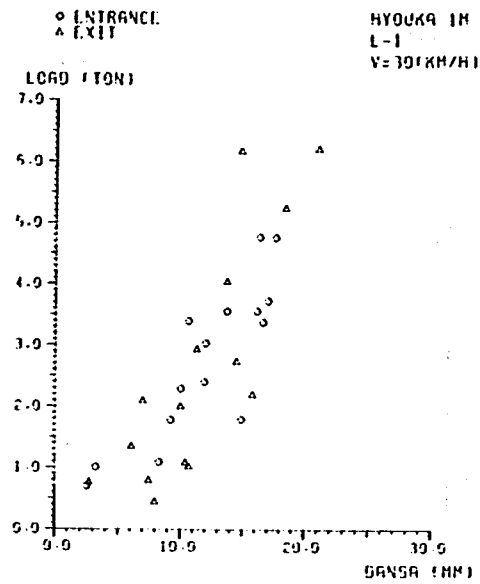


図-4.5(2) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±1m, 車速30km/h)

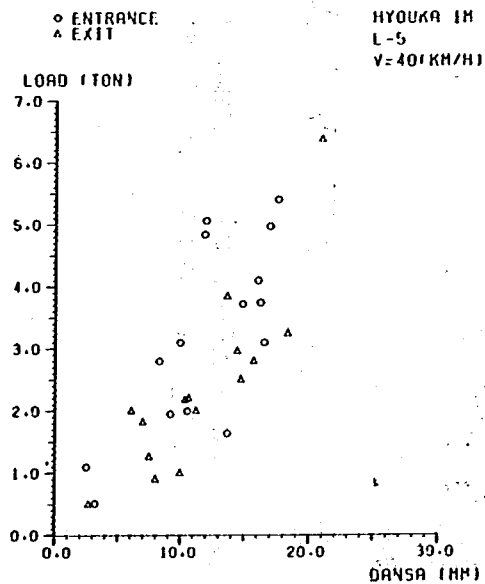
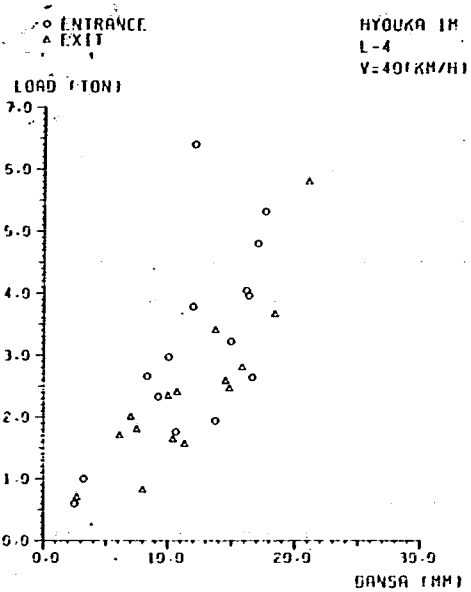
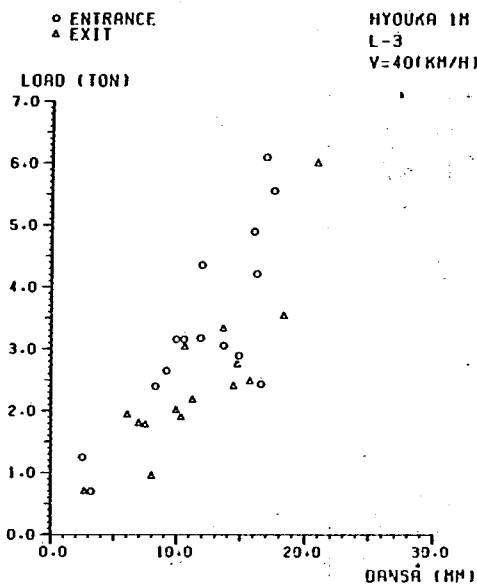
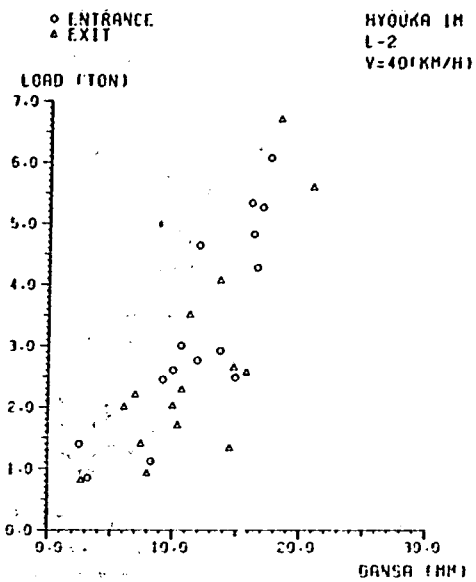
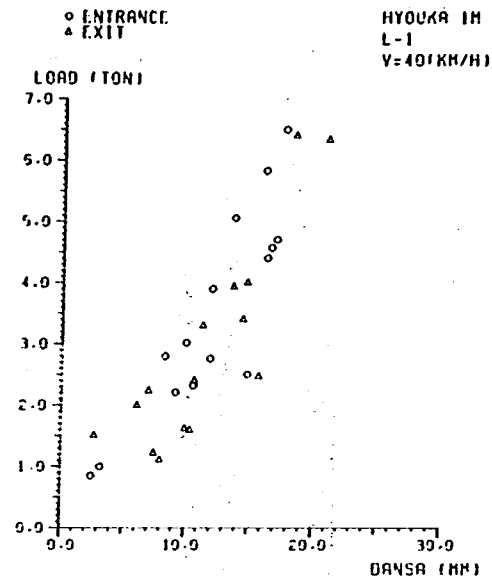


図-4.5(3) 最大動的付加荷重と最大段差量の関係
(評価区間±1m, 車速40km/h)

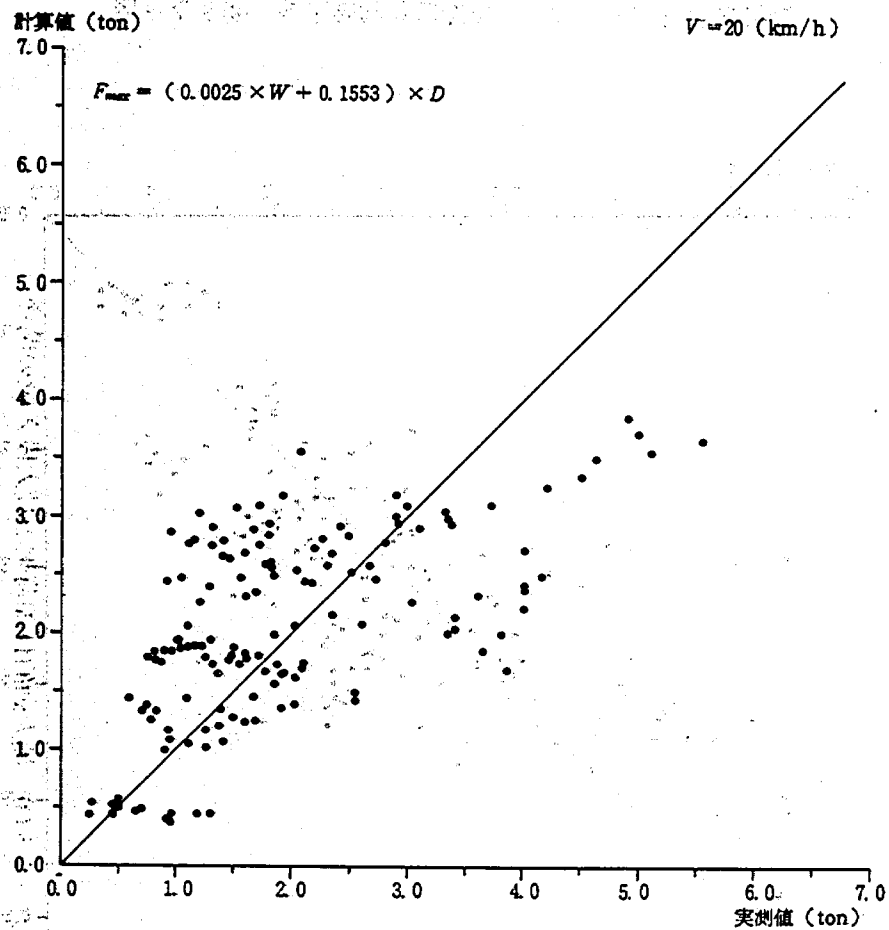


図-4.6(1) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $[F_{max} = (a \cdot W + b) \cdot D]$ ($V=20$ km/h)

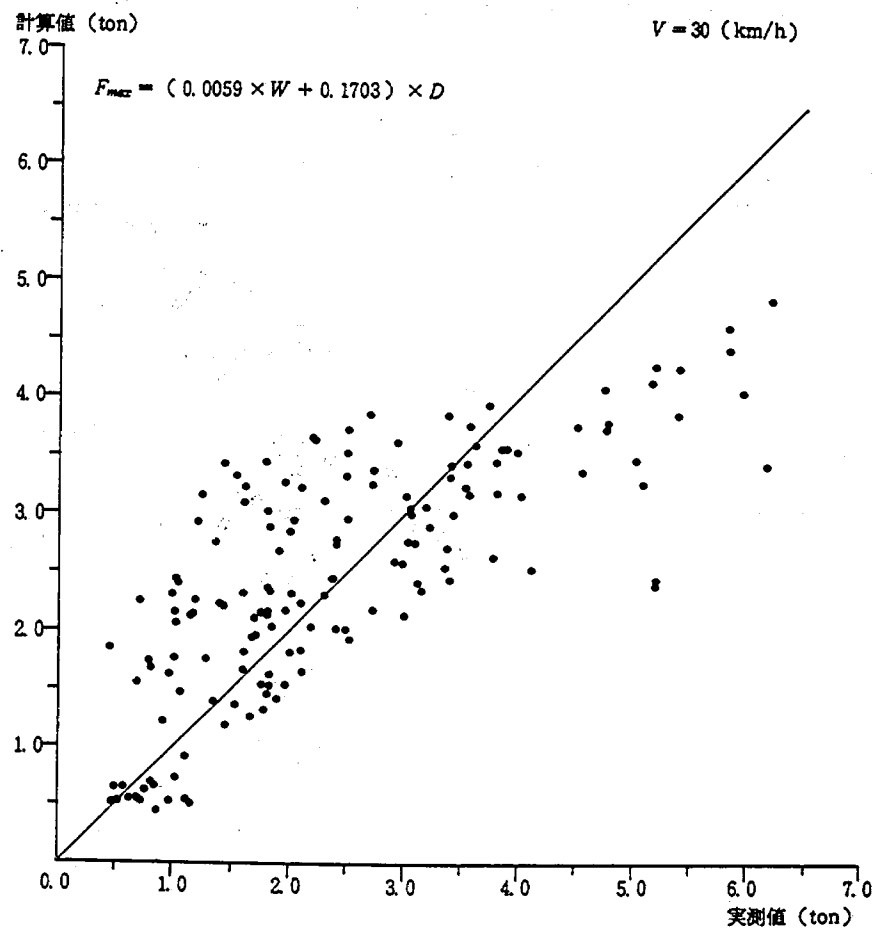


図-4.6(2) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $[F_{max} = (a \cdot W + b) \cdot D]$ ($V=30$ km/h)

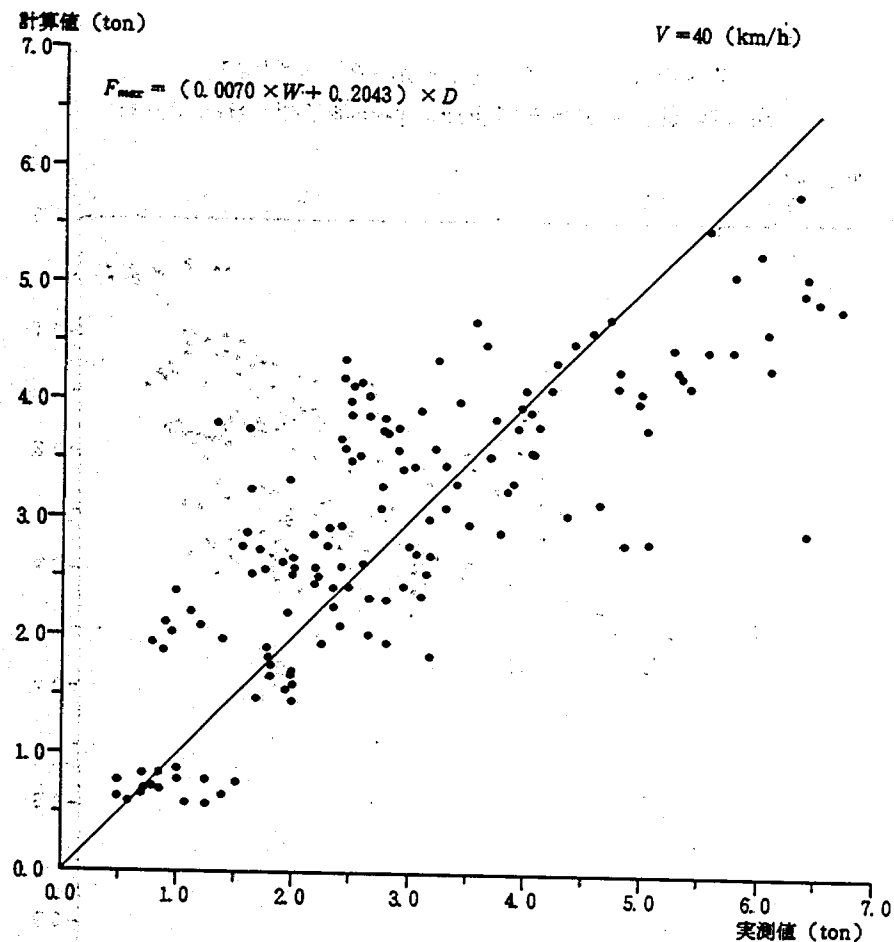


図-4.6(3) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = (a \cdot W + b) \cdot D)$ ($V = 40 \text{ km/h}$)

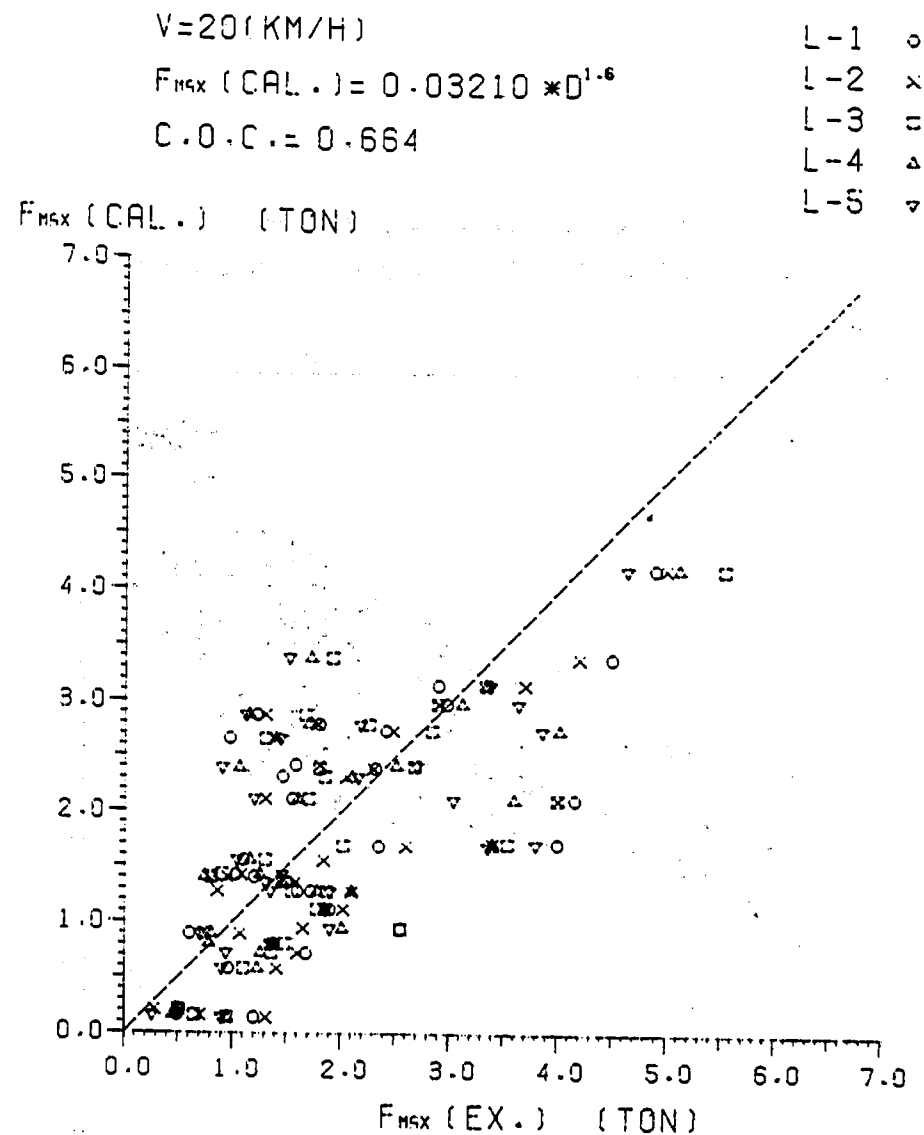


図-4.7(1) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b)$ ($V = 20 \text{ km/h}$, $b = 1.6$)

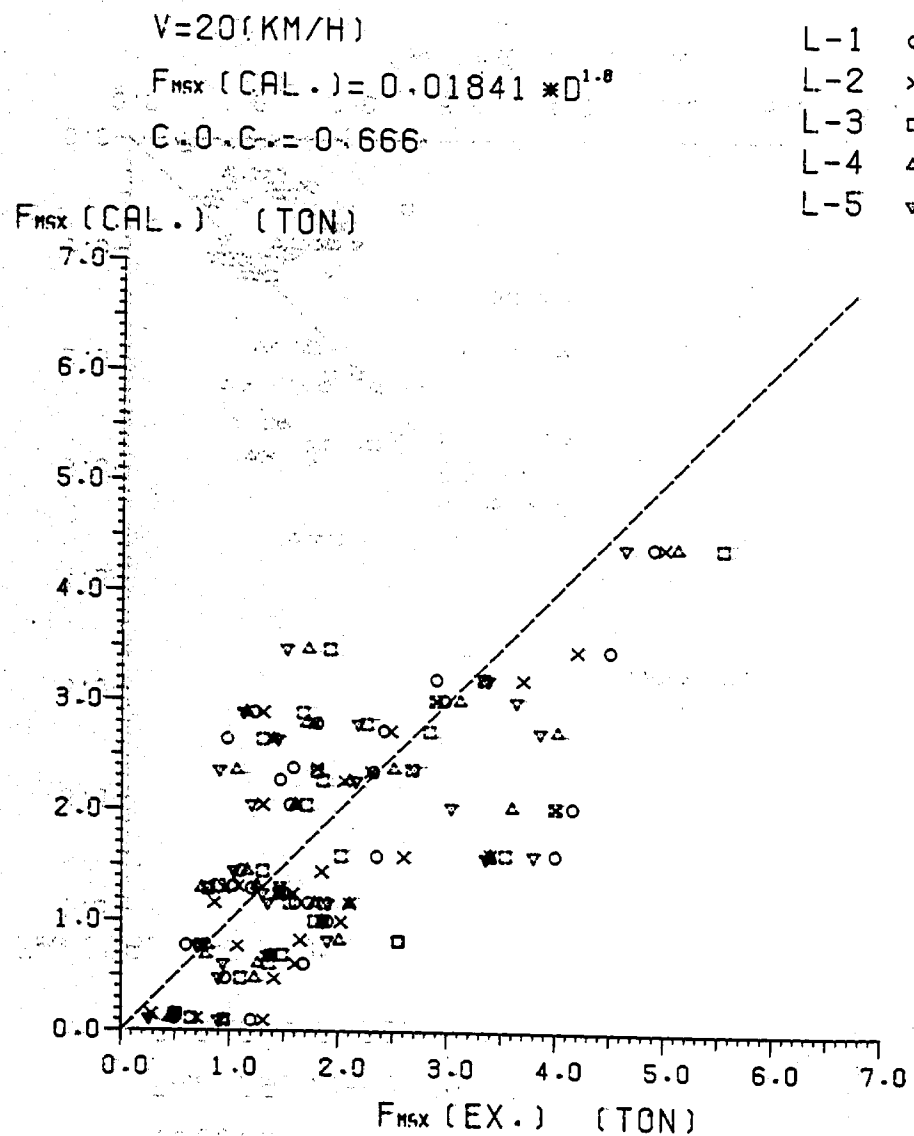


図-4.7(2) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b)$ ($V = 20 \text{ km/h}$, $b = 1.8$)

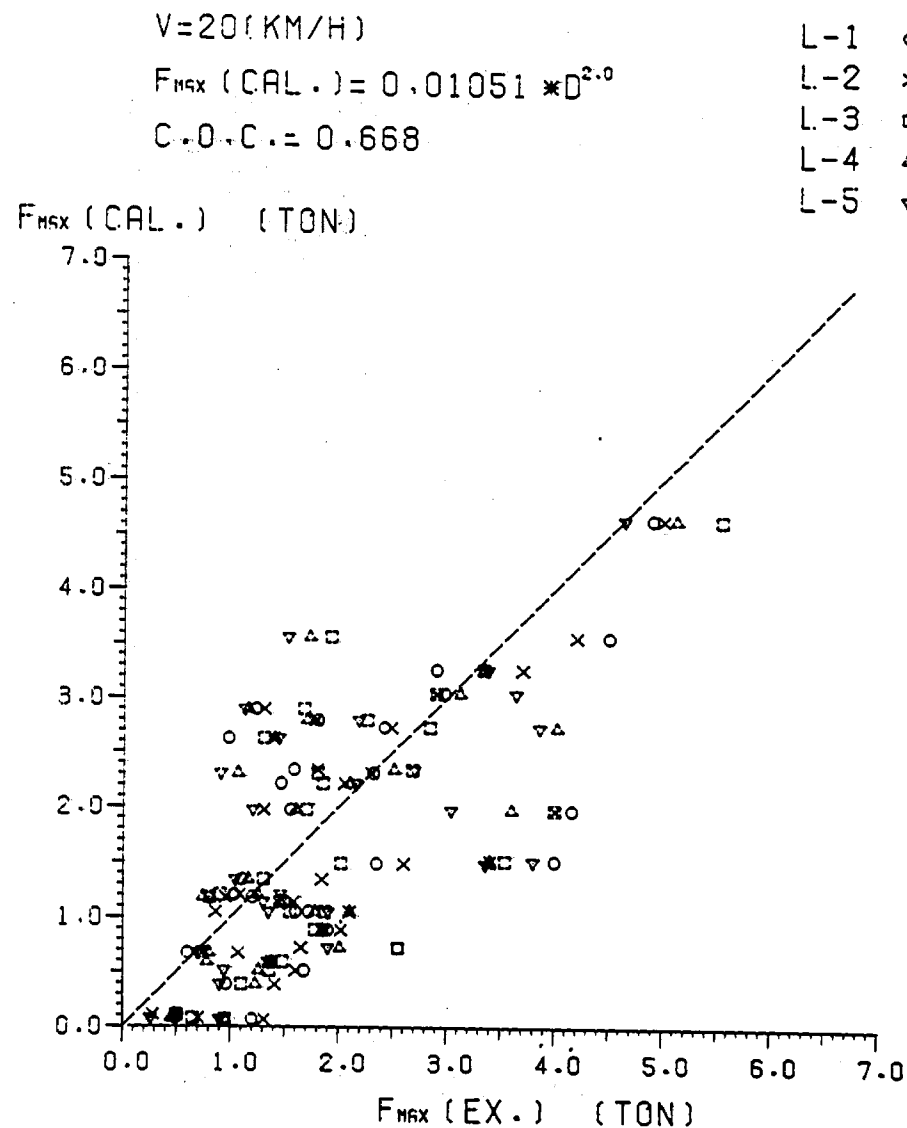


図-4.7(3) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b)$ ($V = 20 \text{ km/h}$, $b = 2.0$)

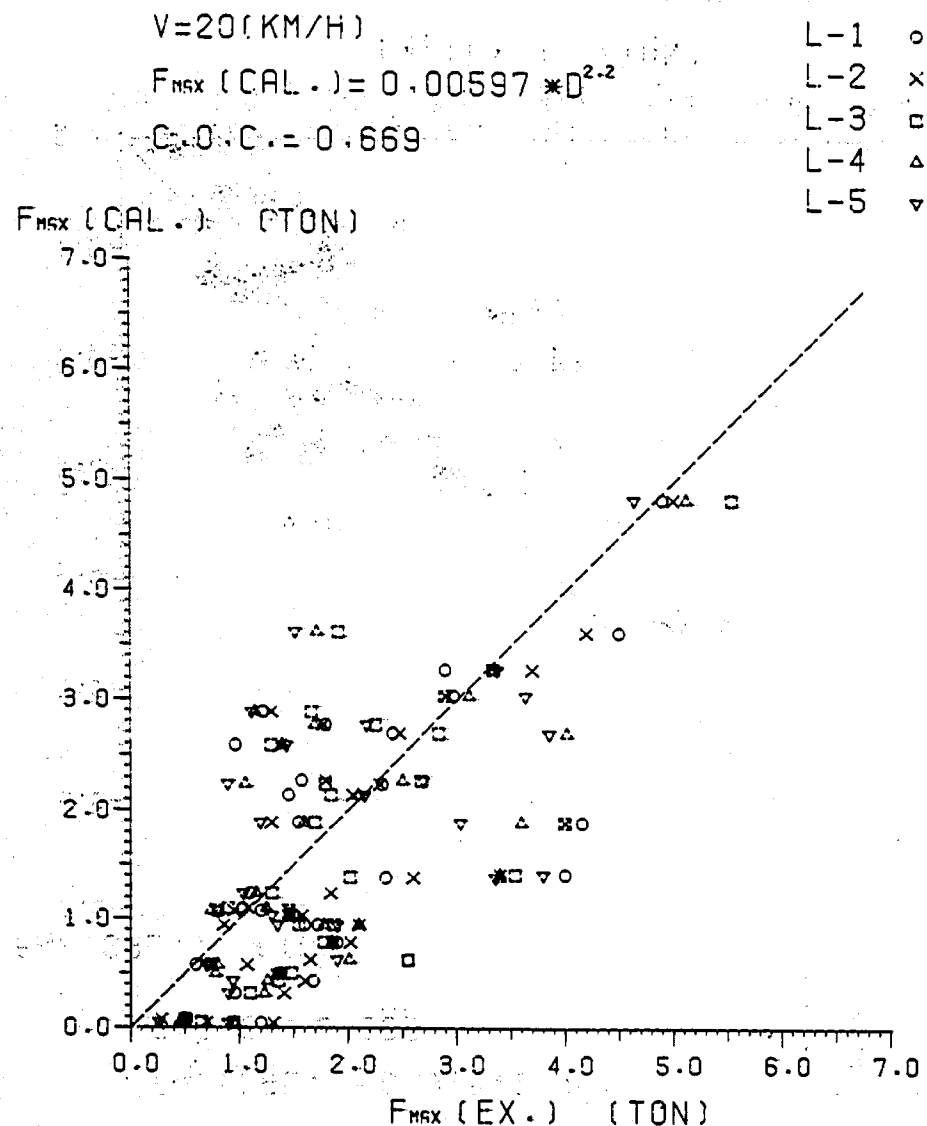


図-4.7(4) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $[F_{max} = a \cdot D^b]$ ($V=20 \text{ km/h}$, $b=2.2$)

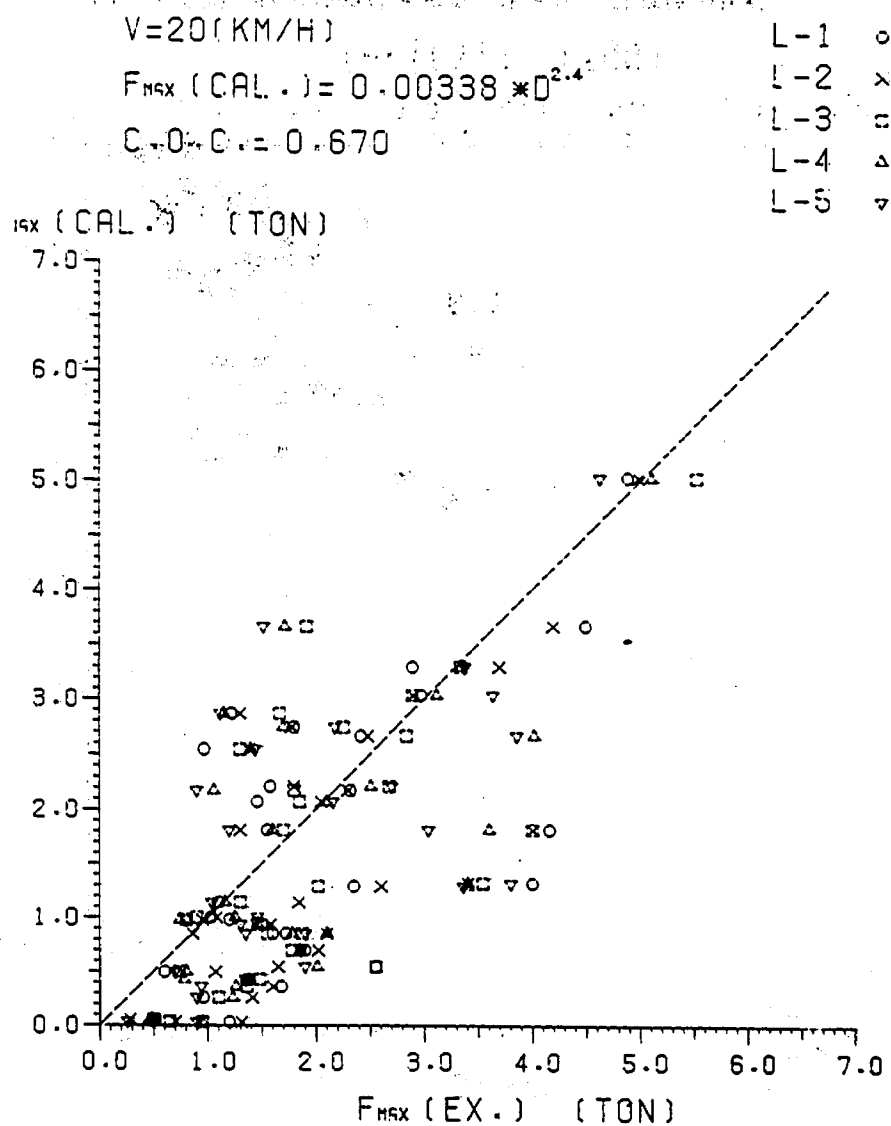


図-4.7(5) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $[F_{max} = a \cdot D^b]$ ($V=20 \text{ km/h}$, $b=2.4$)

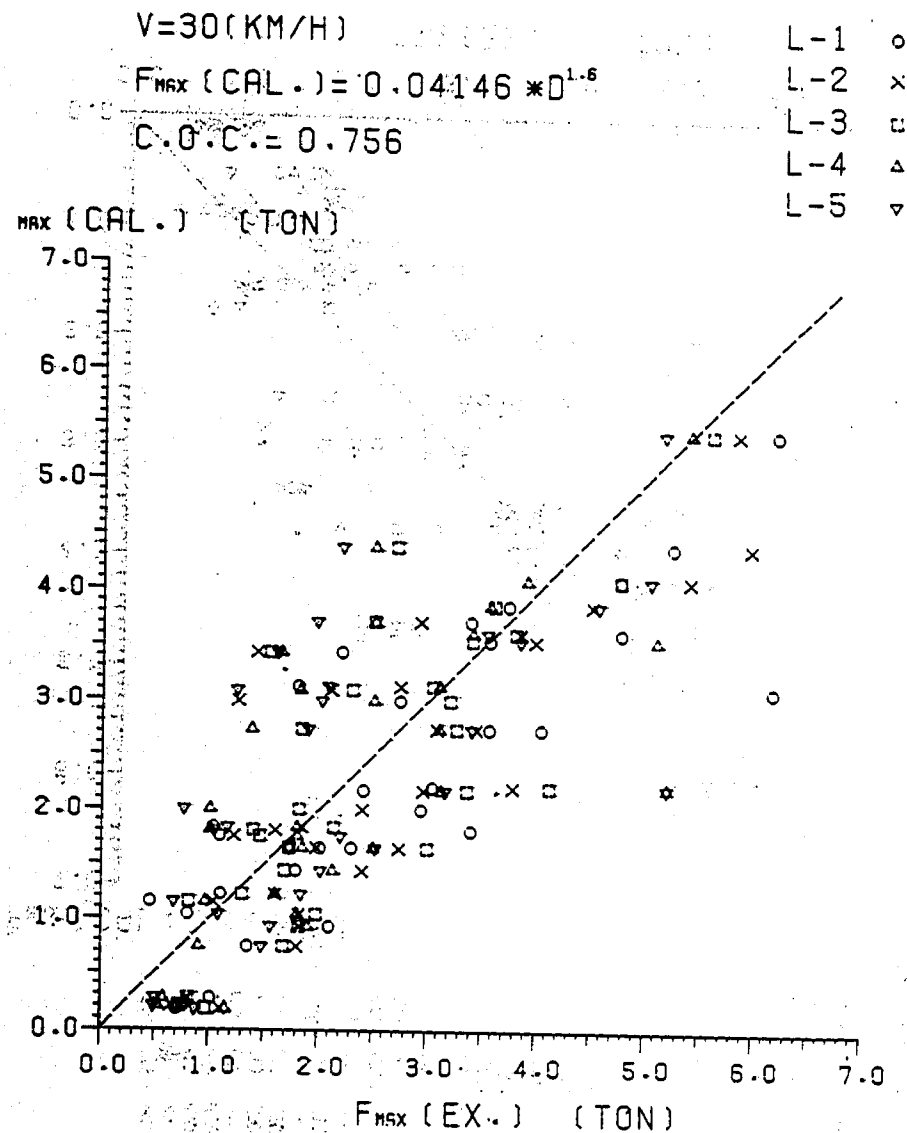


図-4.7(6) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b)$ ($V = 30 \text{ km/h}$, $b = 1.6$)

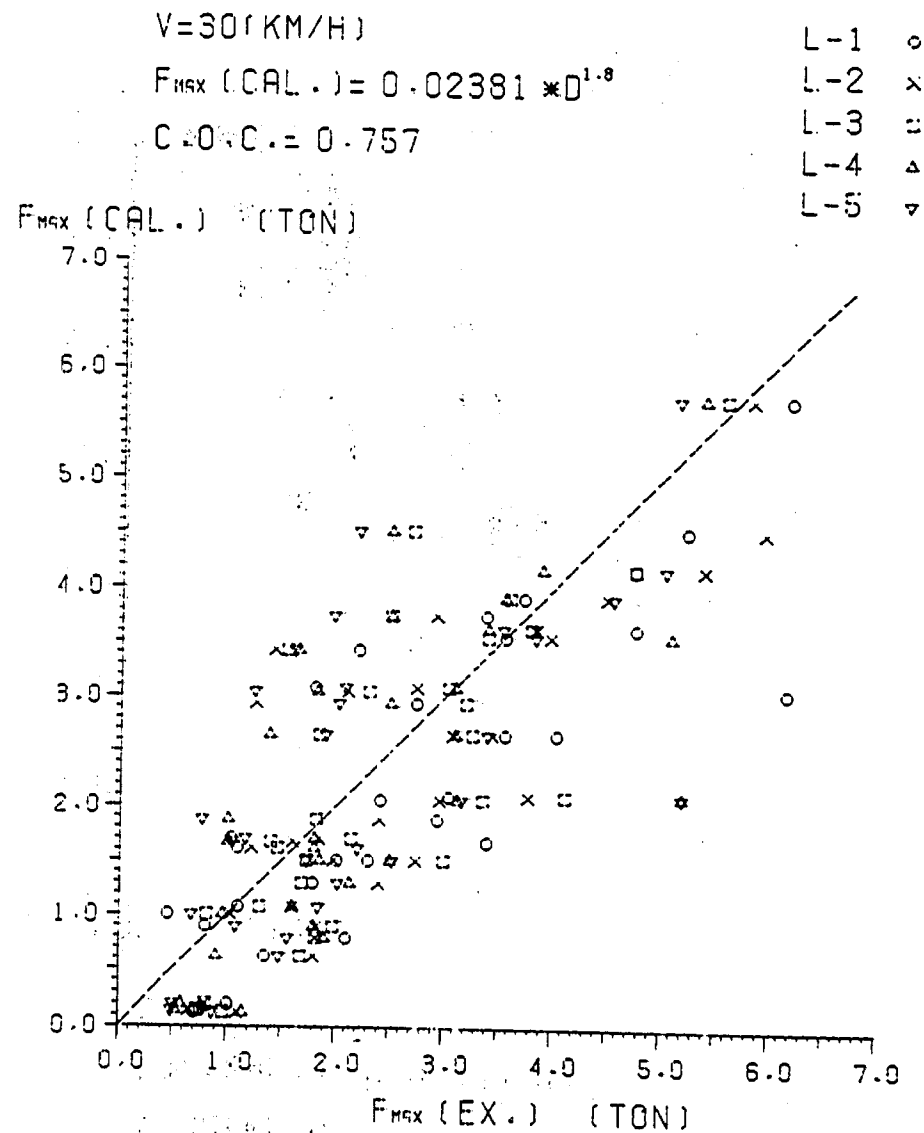


図-4.7(7) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b)$ ($V = 30 \text{ km/h}$, $b = 1.8$)

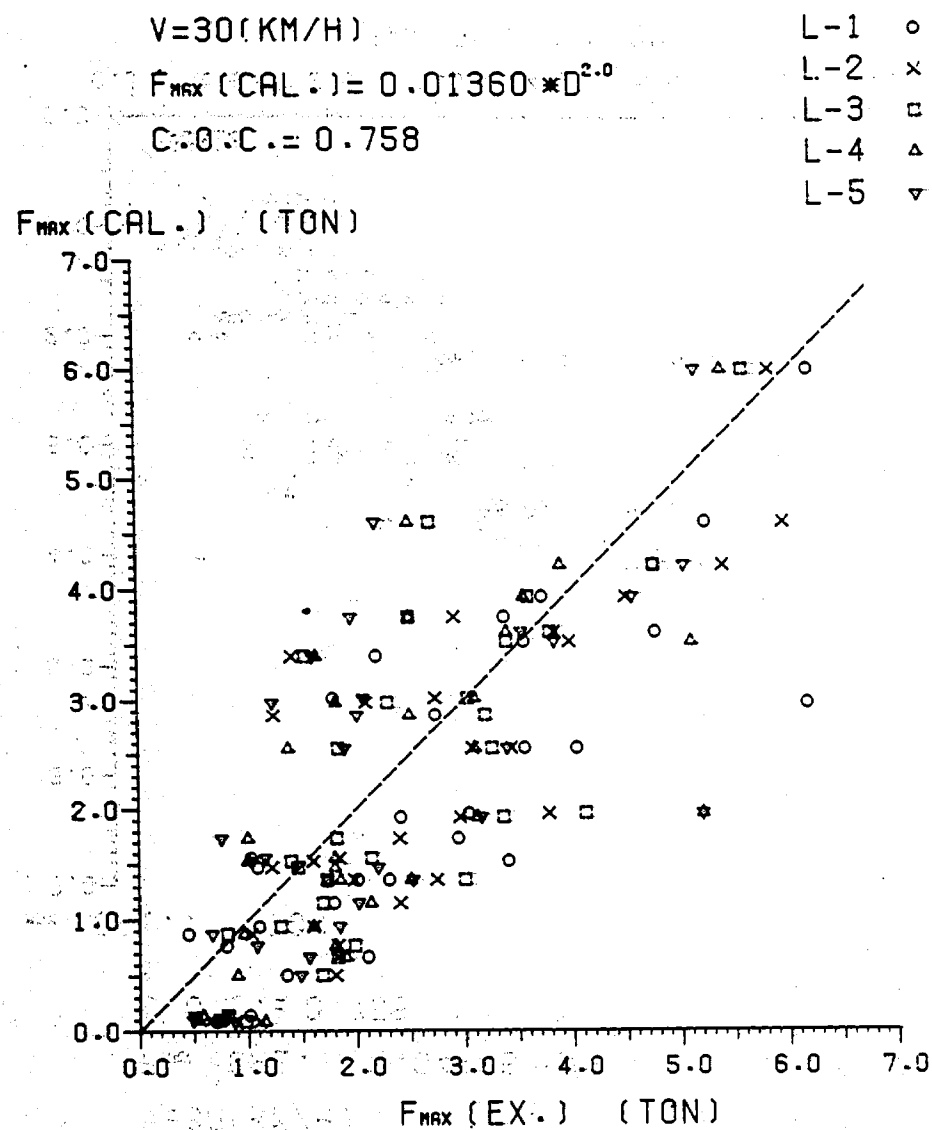


図-4.7(8) 最大動付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b) (V=30 \text{ km/h}, b=2.0)$

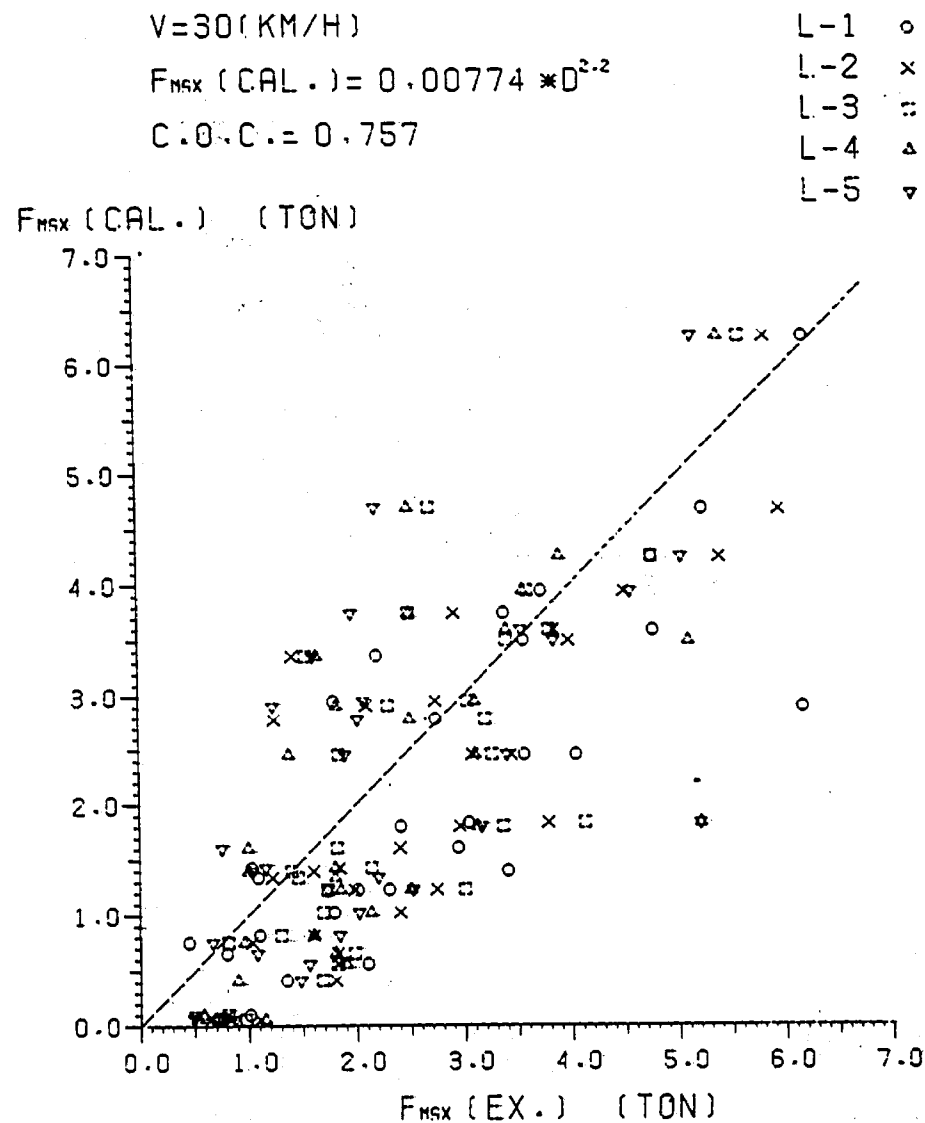


図-4.7(9) 最大動付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b) (V=30 \text{ km/h}, b=2.2)$

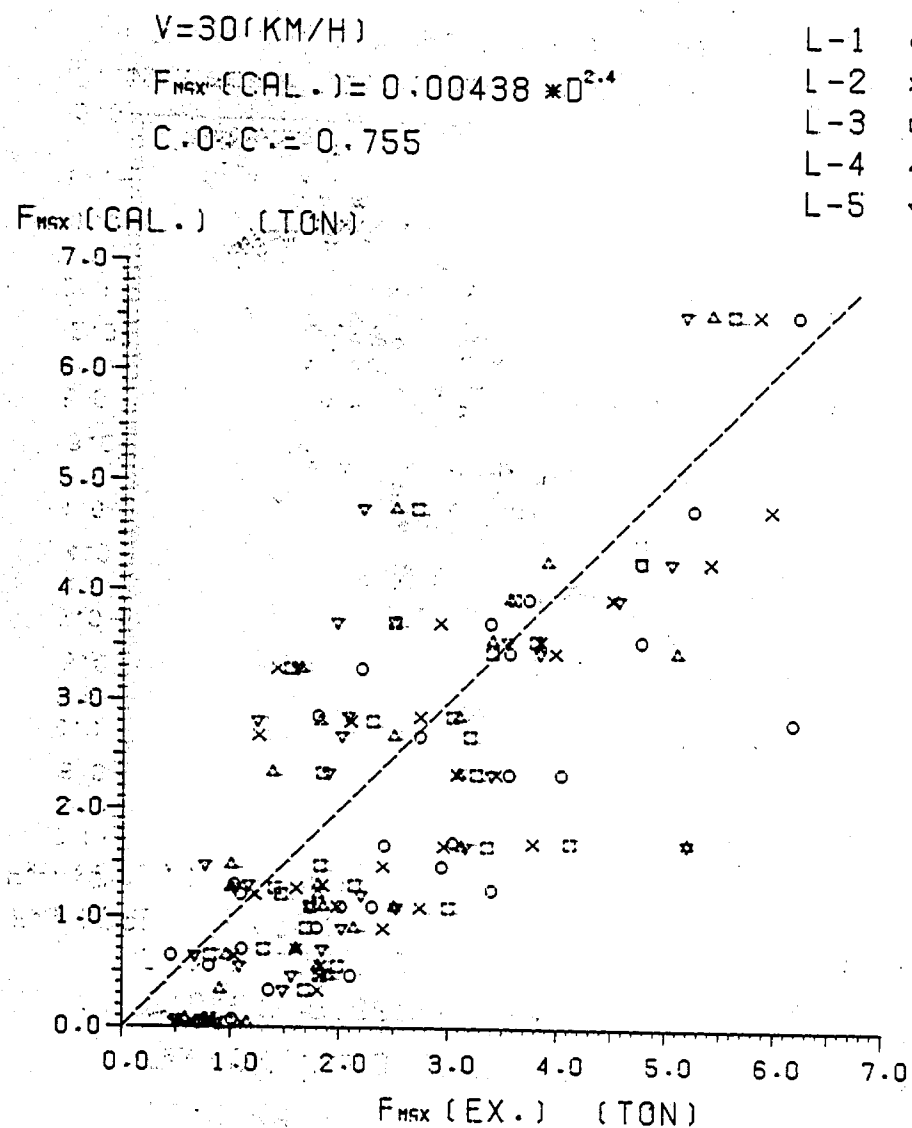


図-4.7 (a) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b) (V = 30 \text{ km/h}, b = 2.4)$

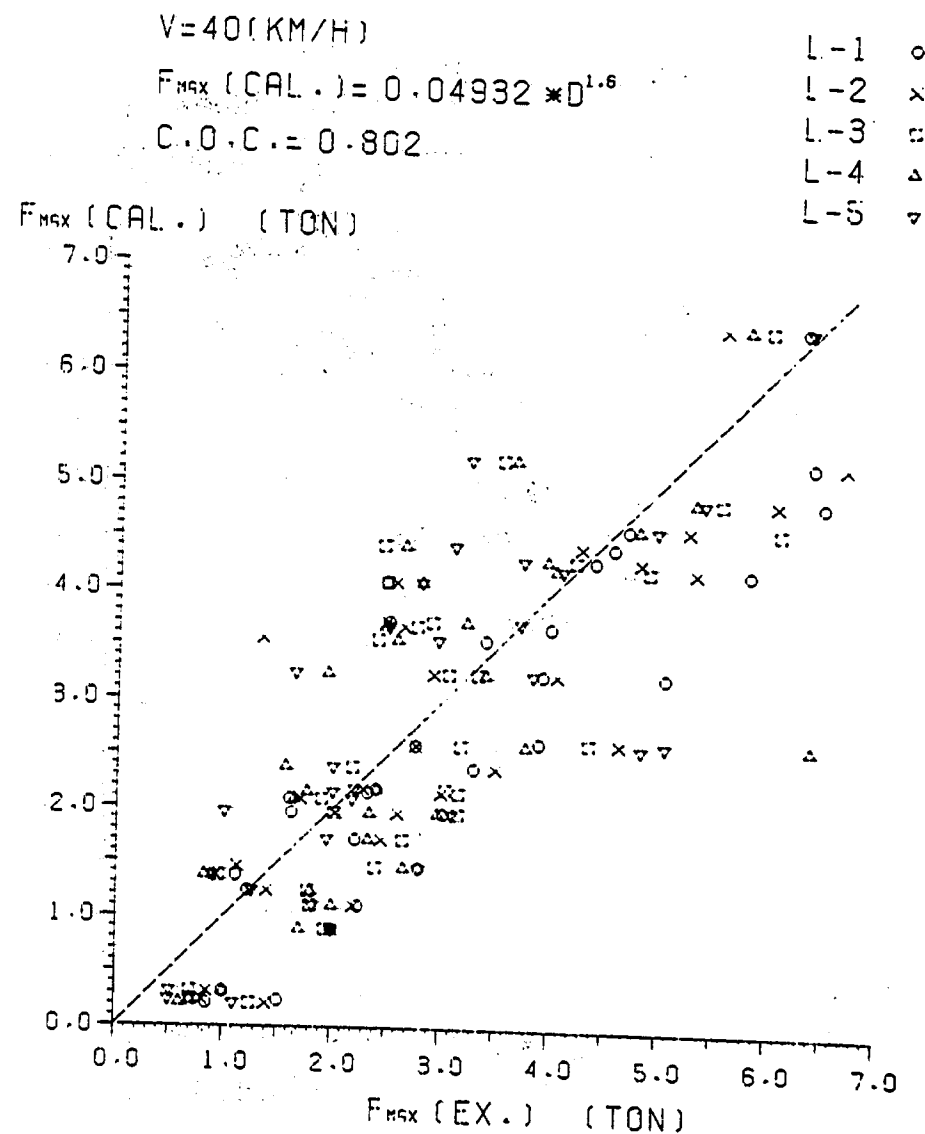


図-4.7 (b) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{max} = a \cdot D^b) (V = 40 \text{ km/h}, b = 1.6)$

V=40(KM/H)

$$F_{MAX} (CAL.) = 0.02830 * D^{1.8}$$

C.O.C. = 0.802

L-1 ○
L-2 ×
L-3 □
L-4 △
L-5 ▽

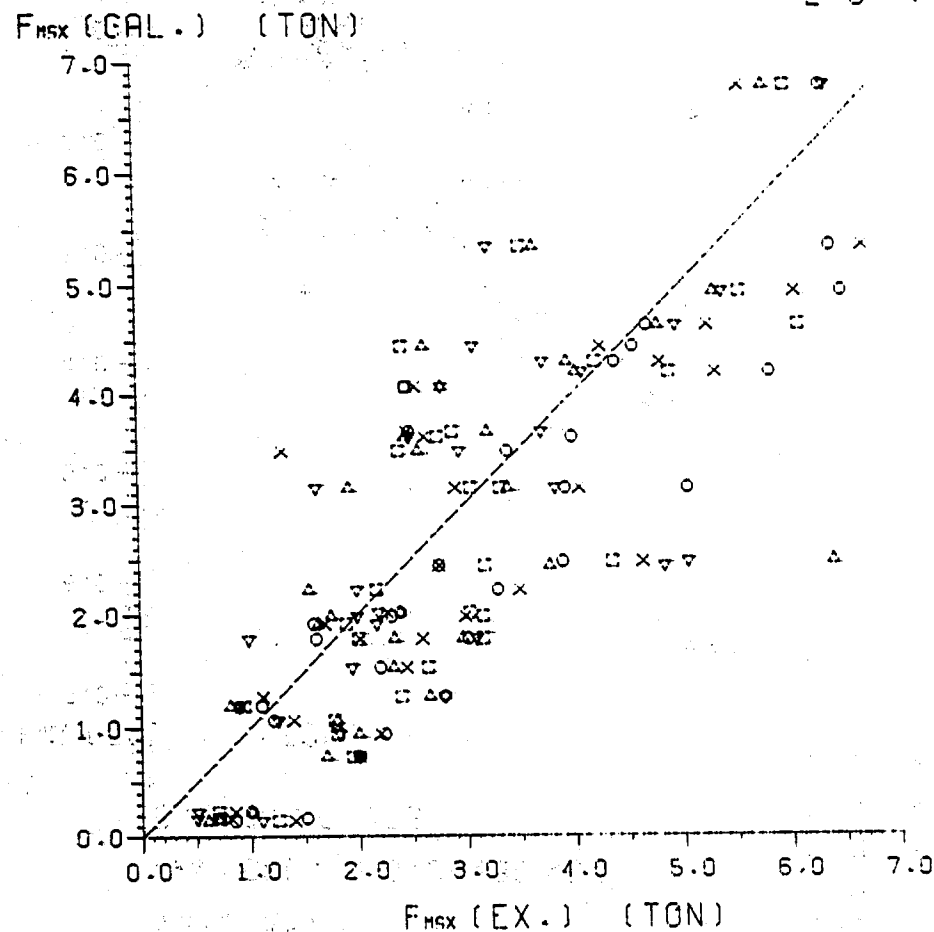


図-4.7(2) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
[$F_{max} = a \cdot D^b$] ($V=40 \text{ km/h}$, $b=1.8$)

V=40(KM/H)

$$F_{MAX} (CAL.) = 0.01615 * D^{2.0}$$

C.O.C. = 0.801

L-1 ○
L-2 ×
L-3 □
L-4 △
L-5 ▽

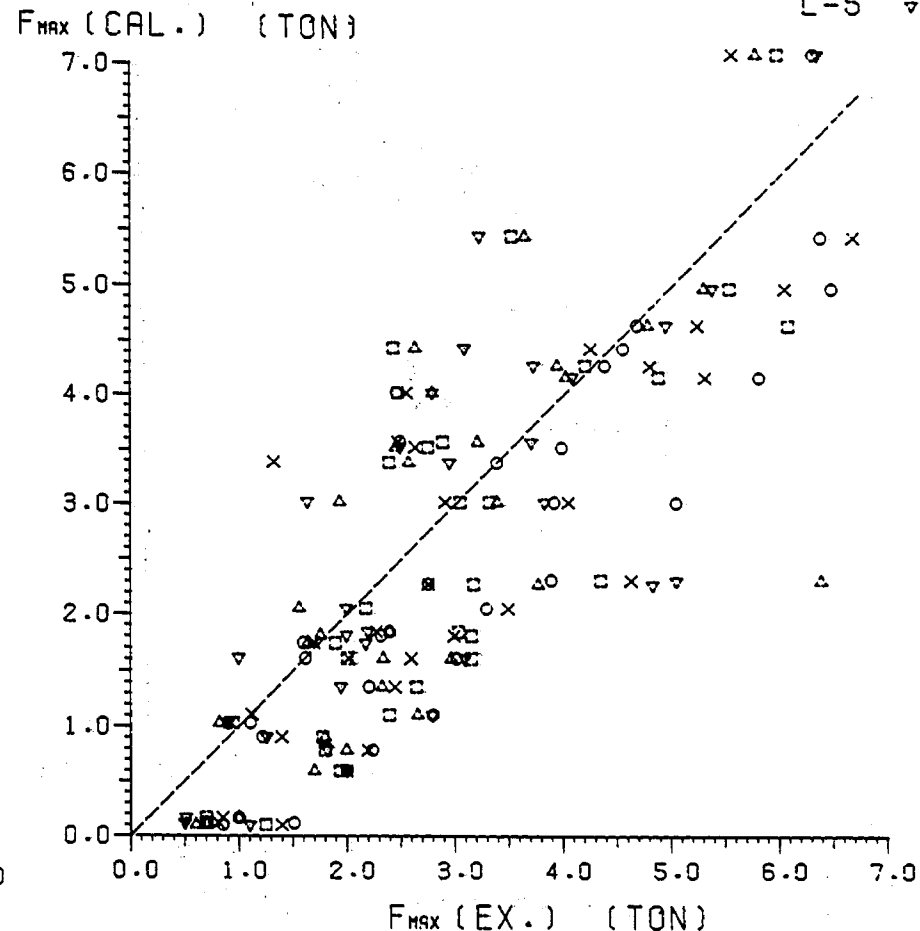


図-4.7(3) 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
[$F_{max} = a \cdot D^b$] ($V=40 \text{ km/h}$, $b=2.0$)

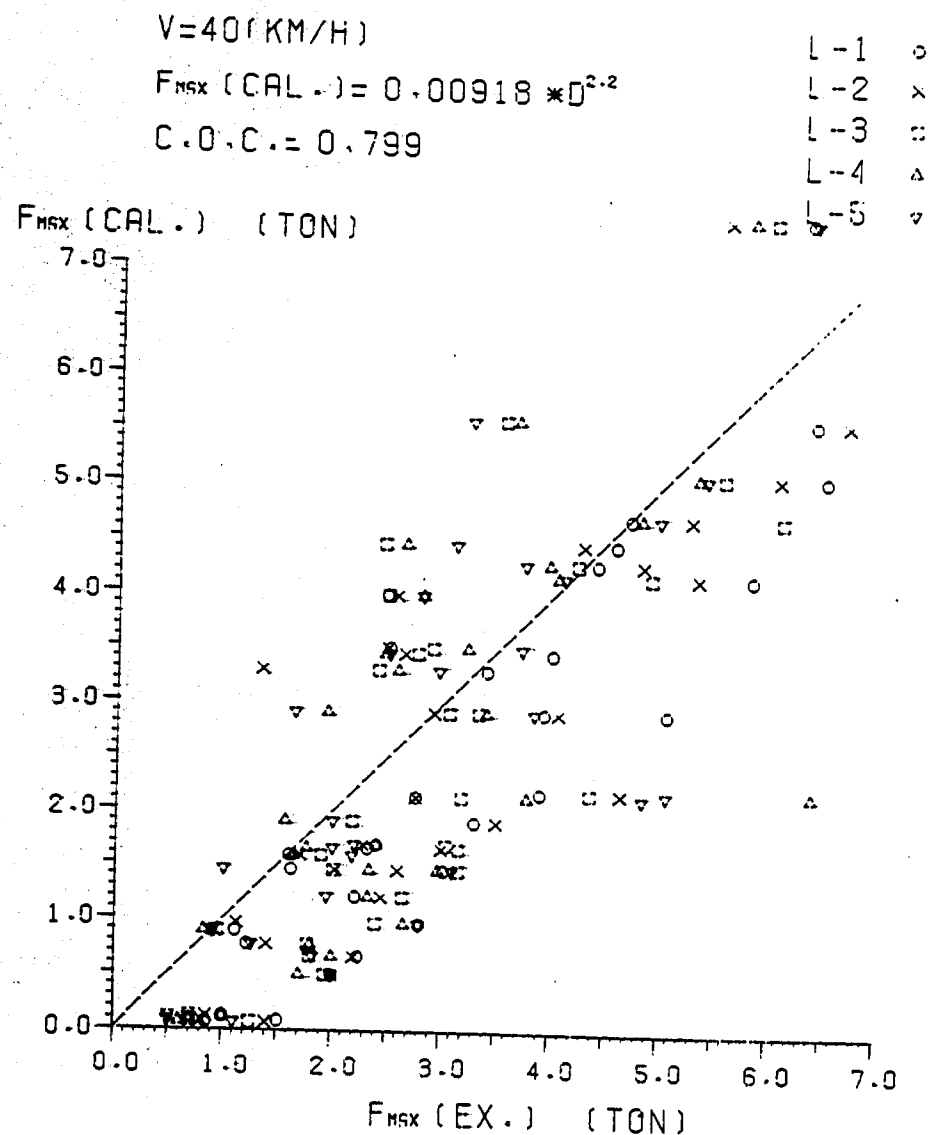


図-4.704 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{\text{max}} = a \cdot D^b)$ ($V=40 \text{ km/h}$, $b=2.2$)

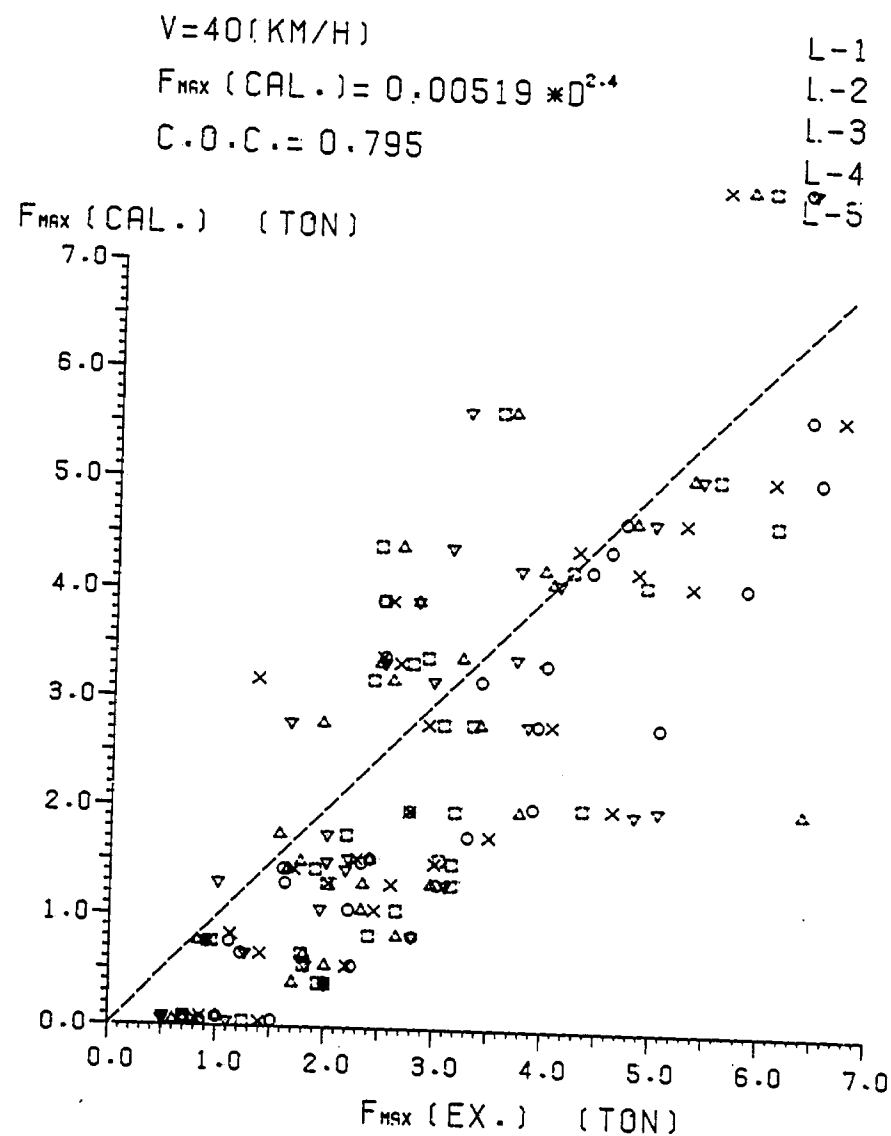


図-4.705 最大動的付加荷重の実測値と計算値の比較
 $(F_{\text{max}} = a \cdot D^b)$ ($V=40 \text{ km/h}$, $b=2.4$)

橋梁の設計動荷重に関する
試験調査報告書〔Ⅳ—1980〕

土木研究所資料第1648号
昭和56年2月(1980)

山本邦夫・桂樹正隆

キーワード：路面凹凸，伸縮装置，動的付加荷重，衝撃係数

要旨 昭和55年度に実施した橋梁の設計動荷重に関する試験調査の成果をとりまとめたものである。内容は、(1)路面凹凸に起因する実動自動車荷重実測調査、(2)低車速領域における実動自動車荷重のとりまとめ、(3)単純桁橋の衝撃係数に関する数値計算、(4)伸縮装置部に作用する実動自動車荷重に対する検討、である。

郵便はがき

いは郵便
つて切手
下手を

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
構造研究室 御中

No. 81

No. 81

配布先氏名

配布先住所



1957. 12. 10

土木研究所資料第1648号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所

資料部