

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.179

May 2004

## 大型車の振動特性が橋梁に及ぼす影響に関する研究(I)

玉越隆史・中洲啓太・石尾真理・中谷昌一

Study on dynamic effects on bridges of large-sized vehicles (I)

Takashi TAMAKOSHI, Keita NAKASU, Mari ISHIO, Shouichi NAKATANI

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

# 大型車の振動特性が橋梁に及ぼす影響に 関する研究 ( I )

玉越隆史\*・中洲啓太\*\*・石尾真理\*\*\*・中谷昌一\*\*\*\*

## Study on dynamic effects on bridges of large-sized vehicles ( I )

Takashi TAMAKOSHI, Keita NAKASU, Mari ISHIO, Shoichi NAKATANI

### 概要

近年、乗員の疲労や積荷の損傷を軽減することを目的として、車両振動の低減効果の高いエアサスペンションを搭載した大型車が増加している。欧州などでは、サスペンション特性の異なる大型車が道路構造物に及ぼす影響についての調査がなされ、エアサスペンション搭載車両は、従来のリーフサスペンション搭載車両に対し、道路構造物に与える影響を低減する効果が認められるとの報告がなされている。しかしながら、我が国においては、大型車のサスペンションの振動特性と橋梁に及ぼす影響の関係に関する研究はほとんど行われていない。

本研究では、国内を走行する代表的な大型車を対象として、サスペンションの振動特性と橋梁に及ぼす動的影響の関係について、基礎的な特性を明らかにするため、実車を用いた走行試験等を実施した。

本報告書は、この試験の結果をとりまとめたものである。

キーワード：動的応答、大型車、道路橋、エアサスペンション、振動

## Synopsis

In order to ease fatigue of drivers or damage of cargo, the number of vehicles equipped with air-suspension are increasing in these days. In European countries, for example, there are reports that air-suspension reduces the effects on bridges compared with vehicles equipped with a conventional type of suspension. However, there are few reports on relationship between characteristics of suspension and dynamic response of bridges in Japan.

To clarify fundamental characteristics of dynamic effects of large-sized vehicles on bridge, NILIM carried out investigations on relationship between dynamic characteristics of large-sized vehicle and bridge response using several types of trucks and tractors with trailers. In this paper, the results of these investigations are described.

Key Words: dynamic response, large-sized vehicle, highway bridge, air-suspension, vibration

- 
- |                         |  |
|-------------------------|--|
| *橋梁研究室室長                | Head, Bridge Division, Road Department, NILIM  |
| **橋梁研究室研究官              | Researcher, Bridge Division, Road Department, NILIM                                      |
| ***橋梁研究室研究員             | Research Engineer, Bridge Division, Road Department, NILIM                               |
| ****元橋梁研究室室長            |  |
| 現在：国土交通省道路局国道防災課道路保全企画官 | Director for Road Management, National Highway and Risk Management Division, Road Bureau |

## まえがき

近年、物流国際化の動きに対応するため、我が国においても車両の大型化に対する要請が強まっている。しかしながら、車両の大型化は、橋梁等の道路構造物に重大な影響を及ぼすため、検討にあたっては、その影響を適切に考慮する必要がある。

一方、最近では、乗員の疲労や積荷の損傷を軽減するため、車両振動の低減効果の高いエアサスペンションを搭載した大型車が増加している。欧州などでは、サスペンション特性の異なる大型車が道路構造物に及ぼす影響についての調査がなされ、エアサスペンション搭載車両は、従来のリーフサスペンション搭載車両に対し、道路構造物に与える影響を低減する効果が認められるとの報告がなされている。しかしながら、我が国においては、大型車のサスペンションの振動特性と橋梁に及ぼす影響の関係に関する研究はほとんど行われていない。

本研究では、国内を走行する代表的な大型車を対象として、サスペンションの振動特性と橋梁に及ぼす動的影響の関係について、基礎的な特性を明らかにするため、実車を用いた走行試験等を実施した。

本報告書は、この研究の成果をとりまとめたものである。



## 目 次

### まえがき

### 1章 序論

- 1.1 研究の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 1.2 研究の流れ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

### 2章 動的影響に関する実車両試験

#### 2.1 概要

- 2.1.1 試験車両の選定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
- 2.1.2 車両基本特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

#### 2.2 人工段差落下試験

- 2.2.1 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
- 2.2.2 試験方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
- 2.2.3 試験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

#### 2.3 人工段差走行試験

- 2.3.1 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- 2.3.2 試験方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- 2.3.3 試験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

#### 2.4 橋梁走行試験

- 2.4.1 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
- 2.4.2 試験方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
- 2.4.3 試験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37

### 3章 まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 80

### 参考文献

# 1章 序論

## 1.1 研究の目的

本研究では、代表的な大型車を対象に、サスペンション形式の違いとそれらの走行が橋梁に及ぼす影響との関係について、基礎的な特性を明らかにすることを目的とした。

## 1.2 研究の流れ

本研究では、鋼製のリーフサスペンション（以下「リーフサス」という）およびエアサスペンション（以下「エアサス」という）を搭載した代表的車種の大型車について、サスペンション自身の減衰、周波数といった基本的な振動特性を把握するための人工段差落下試験、段差路面を走行する際にタイヤが路面に及ぼす動的荷重の特性を把握するための人工段差走行試験、橋梁を走行する際に橋梁各部に及ぼす動的影響の特性を把握するための試験橋梁走行試験の3種類の試験を実施した。

本研究の流れを図-1.2.1に示す。

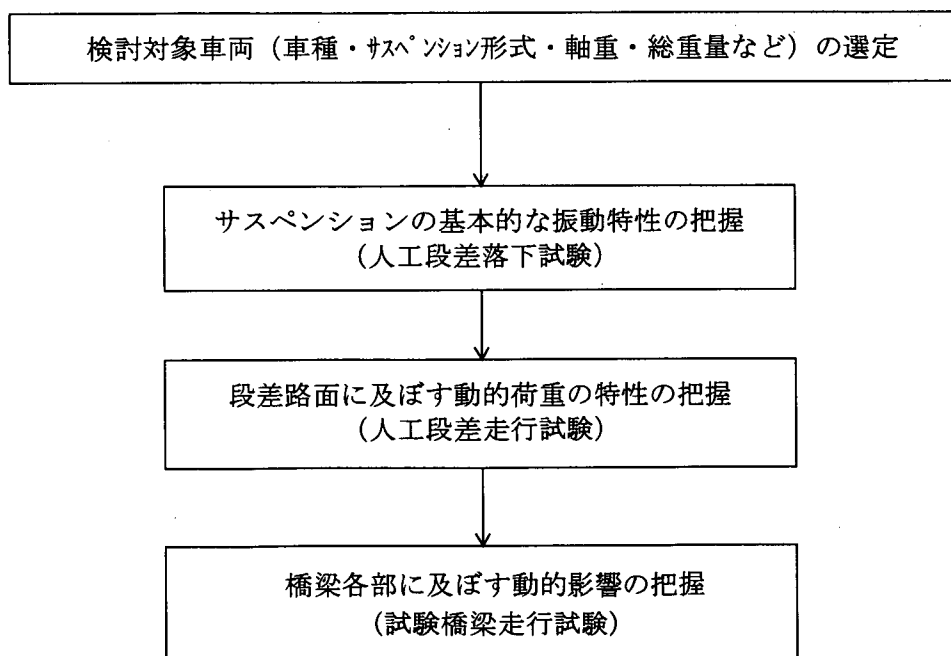


図-1.2.1 研究の流れ

## 2章 動的影響に関する実車両試験

### 2.1 概要

#### 2.1.1 試験車両の選定

ここでは、大型車のサスペンション形式の違いとそれらの走行が橋梁に及ぼす影響についてその関係を明らかにすることを目的とする。そのため、試験車両は、表-2.1.1 に示すように国内を走行するあらゆる形式の車両の中から、一般性の高い6×2（後2軸）トラックおよび4×2トラクタを選定した。なお、トラクタはトレーラ付きとした。試験車両はサスペンション形式および駆動軸重等を変化させ、表-2.1.2 に示す8タイプとした。サスペンションは、鋼製の板を複数枚重ね合わせてバネを構成するリーフサスと、ゴム製の袋状の容器（バッグ）中に空気を満たしてバネを構成するエアサスの2種類とし、エアサスについては、車軸牽架方式やバッグ数の異なる4種類を用意した。駆動軸重は、現行の車両制限より定まる最大値 10t と、その比較対照用としての 11.5t の2種類とした。写真-2.1.1 にサスペンションの例、図-2.1.1 に車軸の牽架方式の概要を示す。

表-2.1.1 試験車両の選定

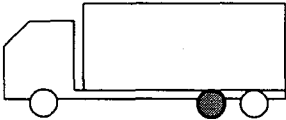
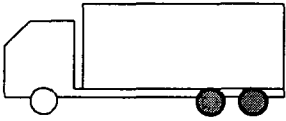
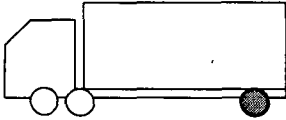
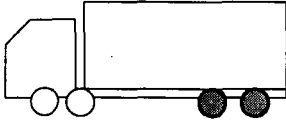
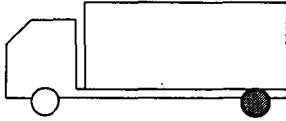
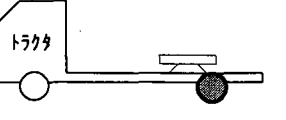
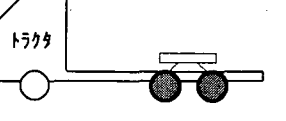
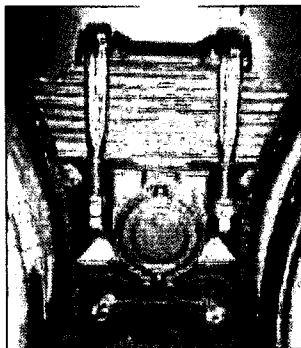
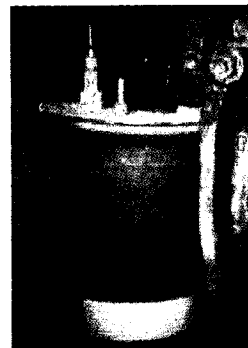
車型	車両の概略図 (●は駆動軸を表す)	備考
6×2 (後2軸) トラック		試験車両として選定
6×4 (後2軸) トラック		
6×2 (前2軸) トラック		
8×4 (前2軸) トラック		
4×2 トラック		
4×2 トラクタ		試験車両として選定
6×4 トラクタ		

表-2.1.2 試験車両一覧

番号	名称	総重量 t	仕様	駆動軸重 t	サスペンション形式
1	リーフストラック 10t	25	6×2(後2軸) トラック	10	リーフサス
2	エアストラック 10t	25	〃	10	リーディングトレーリング式 4バグエアサス
3	エアストラック 11.5t(A)	25	〃	11.5	〃
4	エアストラック 11.5t(B)	25	〃	11.5	トレーリング式 4バグエアサス
5	エアストラック 11.5t(C)	25	〃	11.5	〃
6	エアストラック 11.5t(D)	25	〃	11.5	トレーリング式 2バグエアサス
7	リーフストラクタ 11.5t	36	4×2トラクタ	11.5	リーフサス
8	エアストラクタ 11.5t	36	〃	11.5	トレーリング式 4バグエアサス



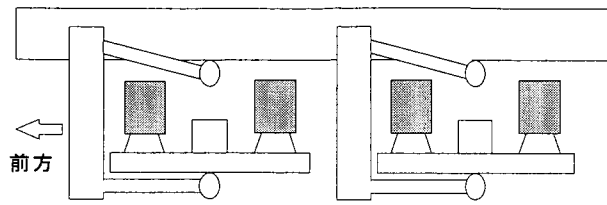
(a) リーフサスペンション



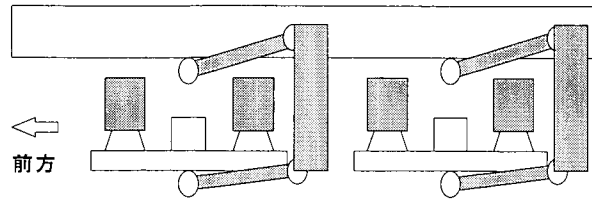
(b) エアサスペンション

写真-2.1.1 サスペンションの例

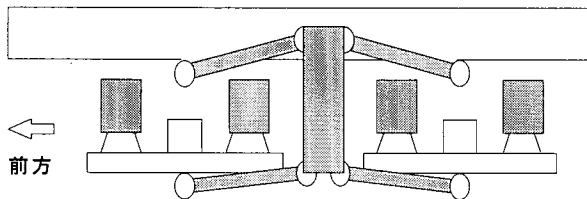




(a) トレーリング式



(b) リーディング式



(c) トレーリングリーディング式

図-2.1.1 サスペンションの牽架方式

## 2.1.2 車両基本特性

実験に用いた車両の軸重値および主な仕様を表-2.1.3 から表-2.1.5 に示す。

表-2.1.3 試験車両の軸重(6×2トラック) 単位 tf

名称		リーフサス 10t	エアサス 10t	エアサス 11.5t(A)	エアサス 11.5t(B)	エアサス 11.5t(C)	エアサス 11.5t(D)
軸重	前軸	6.090	5.870	5.610	5.986	5.880	5.480
	駆動軸	9.530	9.680	11.370	11.545	11.445	11.490
	後後軸	9.460	9.480	8.040	7.820	7.540	7.930
	合計	25.080	25.030	25.020	25.351	24.845	24.900

表-2.1.4 試験車両の軸重(4×2トラクタ)単位 tf

名称		リーフサストラクタ	エアサストラクタ
軸重	前軸	6.051	7.095
	駆動軸	11.596	11.575
	トレー前	9.485	7.810
	トレー後	8.463	9.355
	合計	35.596	35.835

表-2.1.5 試験車両の主な仕様 (6×2トラック)

項目		単位	リーフサス エアサス10t エアサス11.5t(A)	エアサス 11.5t(B)	エアサス 11,5t(C)	エアサス 11.5t(D)
型式		—	KC-CYL50V2W KC-CYL50V2W	KL-FRIKXHG	KL-CD48ZWA	FU54JUZ
タイヤ	前軸	—	295/80R22.5			
	駆動軸	—	11R22.5-14PR			
	後後軸	—	11R22.5-14PR			
車両全長		mm	11,780	11,990	11,990	11,990
車両全幅		mm	2,490	2,490	2,490	2,490
車両全高		mm	3,195	2,895	2,910	—
軸間 距離	前軸～駆動軸	mm	5,755	5,737	5,885	5,870
	駆動軸～後後軸	mm	1,310	1,310	1,350	1,350
荷台オフセット		mm	830	630	610	650
輪距	前	mm	2,065	2,060	2,060	—
	後	mm	1,855	1,840	1,860	—

表-2.1.6 試験車両の主な仕様 (4×2トラック)

項目		単位	リーフサス	エアサス
型式		—	KL-FP50MDR	KL-CK632BAT
タイヤ	前軸	—	295/80R22.5	
	駆動	—	295/80R22.5	
車両全長		mm	5,575	5,550
車両全幅		mm	2,490	2,490
車両全高		mm	2,905	2,660
軸間距離	前軸～駆動軸	mm	3,160	3,180
荷台オフセット		mm	480	500
輪距	前	mm	2,050	2,040
	後	mm	1,845	1,840

## 2.2 人工段差落下試験

### 2.2.1 概要

サスペンションの基礎的な振動特性を調べるため、「EC 指令、92/7/EEC ANNEX III、エアサスペンションシステム」に記載されている「サスペンション振動試験用ステップ」を通過した後の振動波形を解析することにより、サスペンションの減衰比および周波数を測定した。

### 2.2.2 試験方法

#### (1) 試験手順

試験の手順は以下の通りである。

- ① サスペンション振動試験用ステップを水平路面上に設置する。
- ② 試験車両を約 5km/h で走行させ、試験用ステップ通過前後のサスペンションの鉛直（車体～車軸間）の変位およびタイヤが路面に及ぼす一軸あたりの動的な荷重（以下、「動的軸重」という）を測定する。
- ③ 測定された波形から、減衰比および周波数を求める。減衰比  $D$  は、図-2.2.2 における第 1 サイクルと第 2 サイクルのピーク振幅をそれぞれと  $A_1$ 、 $A_2$  とすると、次式で定まる。

$$D = \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{A_1}{A_2}$$

ここに、 $\ln$ ：振幅比の自然対数

図-2.2.1 にサスペンション振動試験用ステップの概略を示す。

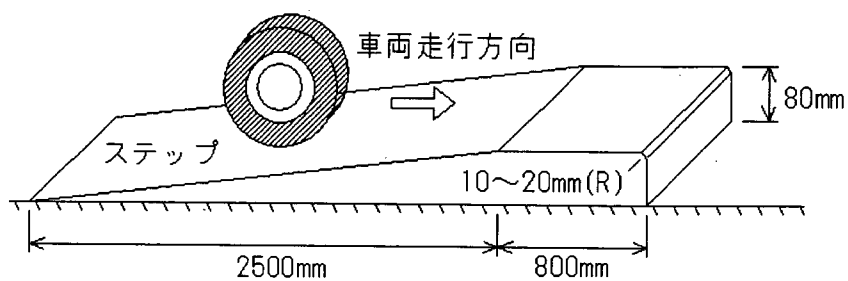
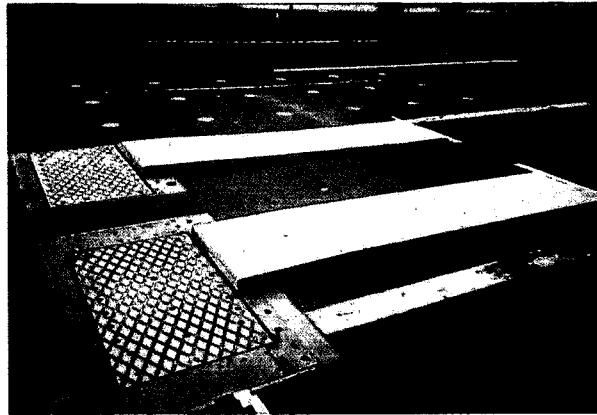
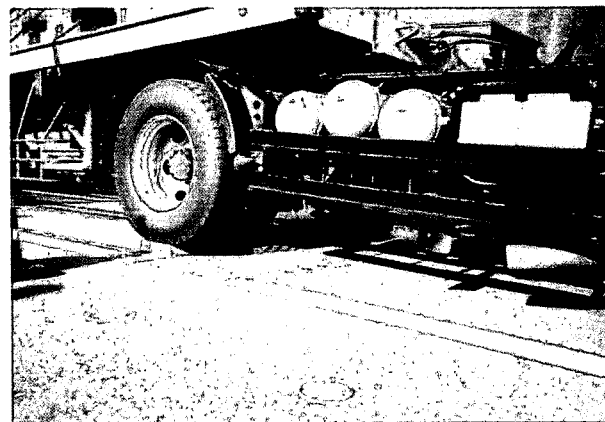


図-2.2.1 サスペンション振動試験用ステップ

写真-2.2.1 に人工段差落下試験の実施状況を示す。



(a) 路上に設置されたサスペンション振動試験用ステップ



(b) 段差を通過する試験車両

写真-2.2.1 人工段差落下試験の状況

図-2.2.2 に動的軸重波形の概略を示す。

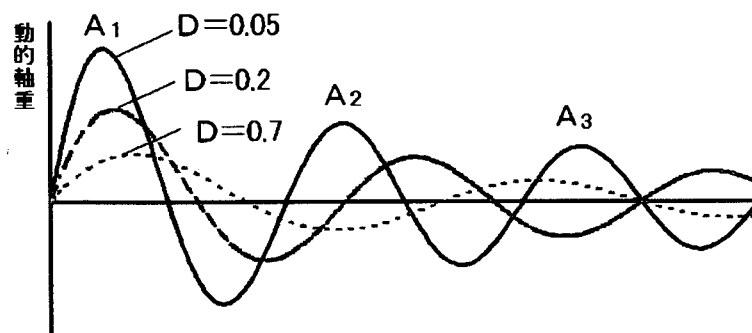


図-2.2.2 動的軸重の波形

## (2) 測定項目および測定方法

測定項目を表-2.2.1 に示すとおり、動的軸重(駆動軸のひずみ)およびサスペンションの変位とした。動的軸重の測定は、車軸のひずみにより、図-2.2.3 および図-2.2.4 に示すとおり、間接的に求める方法を採用した。また、ワイヤー式変位計を用い、車軸と車体間の相対変位を測定することにより、サスペンション部の変位を測定した。

### ① 曲げひずみを測定する方法

車軸の軸方向にひずみゲージを貼り付け、曲げひずみを測定する方法であり、リーフストラック 10t, エアストラック 10t, エアストラック 11.5t(A), エアストラック 11.5t(B), エアストラック 11.5t(C), エアストラック 11.5t で採用した。

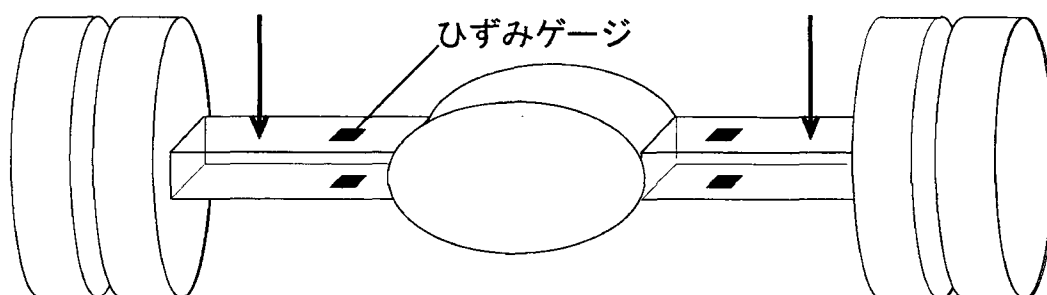


図-2.2.3 ひずみゲージの貼り付け方法(曲げひずみ)

### ② せん断ひずみを測定する方法

車軸の軸方向に45度傾けて貼り付け、せん断ひずみを測定する方法であり、エアストラック 11.5t(D)およびリーフストラック 11.5t で採用した。

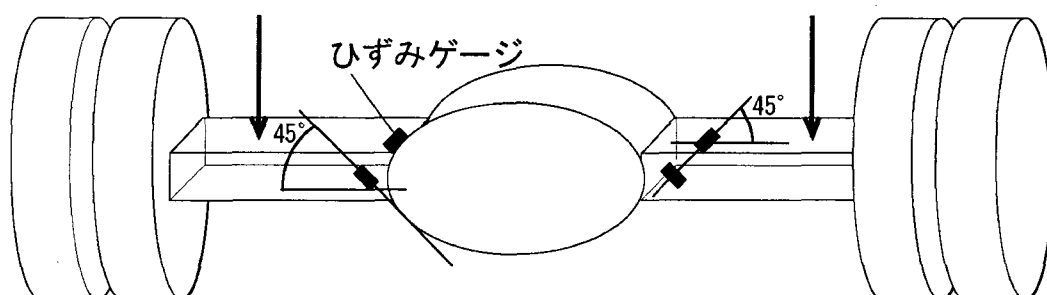


図-2.2.4 ひずみゲージの貼り付け方法(せん断ひずみ)

表-2.2.1 測定項目

測定対象	測定項目	センサー	取付位置	数量
試験車両	駆動軸のひずみ	ひずみゲージ	駆動軸	1点/駆動軸
	サスペンションの変位	ワイヤー式変位計	駆動軸と車体間	1点
	駆動軸の加速度	加速度計	ばね下	1点/駆動軸1点

### 2.2.3 試験結果

#### (1) 減衰比および周波数の測定結果

表-2.2.2 および表-2.2.3 に駆動軸のひずみ波形およびサスペンションの変位波形から求めた減衰比の算定結果を示す。これらによると、エアサス軸は、リーフサス軸よりも減衰比が大きくなっている。このことから、車両走行中にエアサス搭載軸で発生した振動は、リーフサス搭載軸に対して、速やかに低減すると考えられる。

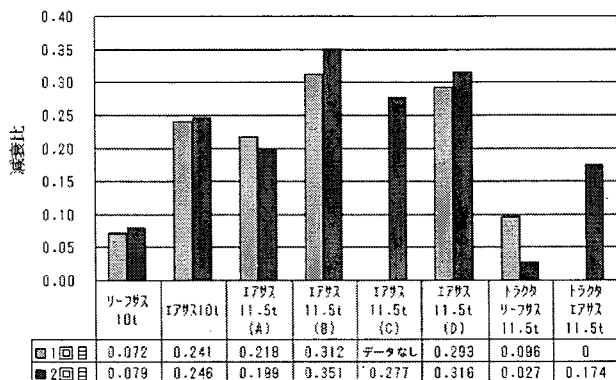
表-2.2.2 サスペンションの減衰比測定結果（駆動軸ひずみ利用）

	リーフサス 10t	エアサス 10t	エアサス 11.5t(A)	エアサス 11.5t(B)	エアサス 11.5t(C)	エアサス 11.5t(D)	リーフサストラクタ 11.5t	エアサストラクタ 11.5t
1回目	0.072	0.241	0.218	0.312	データなし	0.293	0.096	データなし
2回目	0.079	0.246	0.199	0.351	0.277	0.316	0.027	0.174

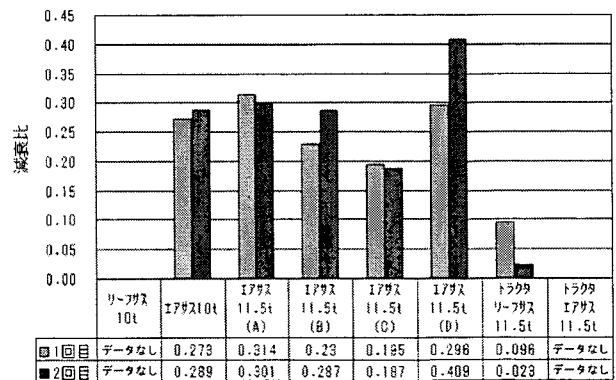
表-2.2.3 サスペンションの減衰比測定結果（駆動軸～車体変位利用）

	リーフサス 10t	エアサス 10t	エアサス 11.5t(A)	エアサス 11.5t(B)	エアサス 11.5t(C)	エアサス 11.5t(D)	リーフサストラク タ 11.5t	エアサストラクタ 11.5t
1回目	データなし	0.273	0.314	0.230	0.195	0.296	0.096	データなし
2回目	データなし	0.289	0.301	0.287	0.187	0.409	0.023	データなし

図-2.2.5 に減衰比の測定結果を図示する。



(a) 駆動軸ひずみを利用した場合



(b) 駆動軸～車体間変位を利用した場合

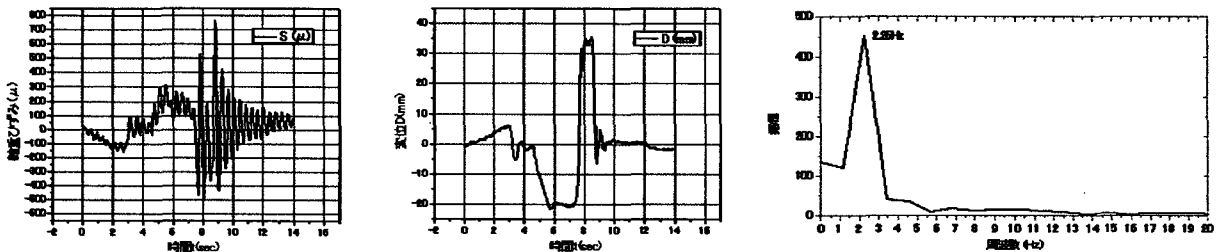
図-2.2.5 減衰比の測定結果

表-2.2.4 に、周波数の測定結果を示す。なお、リーフサス軸は駆動軸ひずみ波形、エアサス軸は変位波形より読みとったものを示す。エアサス軸の周波数は、リーフサス軸に対して小さくなっていることがわかる。

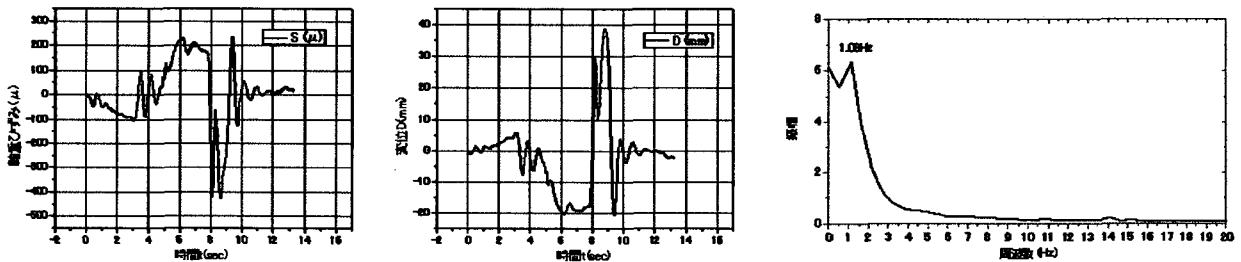
表-2.2.4 周波数測定結果

	リーフサス	エアサス	エアサス	エアサス	エアサス	エアサス	リーフサストラクタ	エアサストラクタ
	10t	10t	11.5t(A)	11.5t(B)	11.5t(C)	11.5t(D)	11.5t	11.5t
1回目	2.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	2.4	1.2

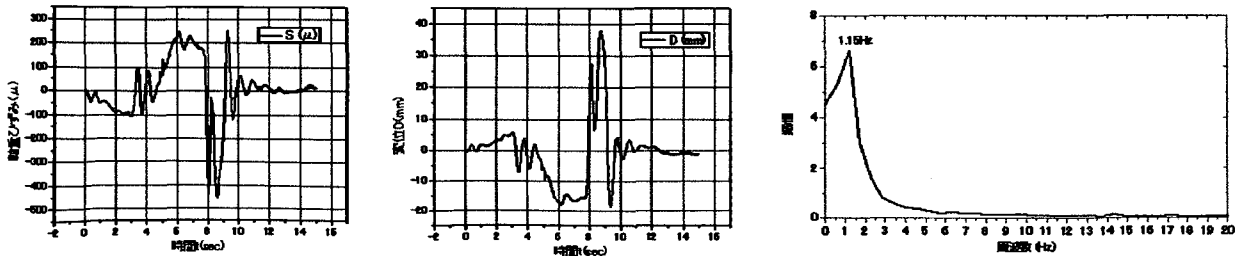
図-2.2.6 (その1からその3) に、駆動軸のひずみ波形とその周波数特性を示す。



(a)リーフサス 10t (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)

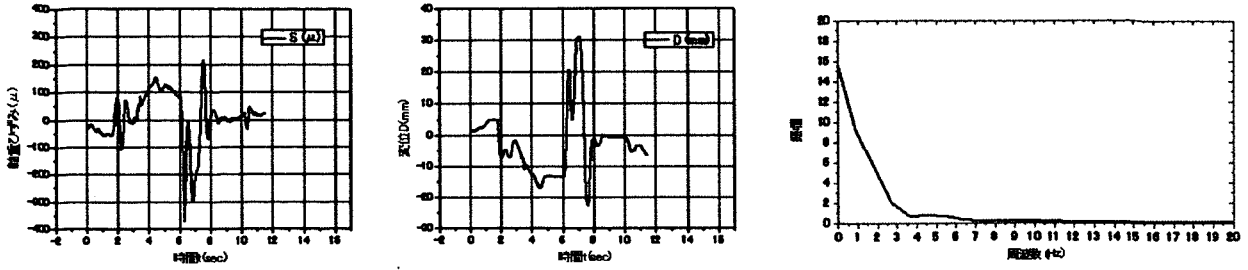


(b)エアサス 10t (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)

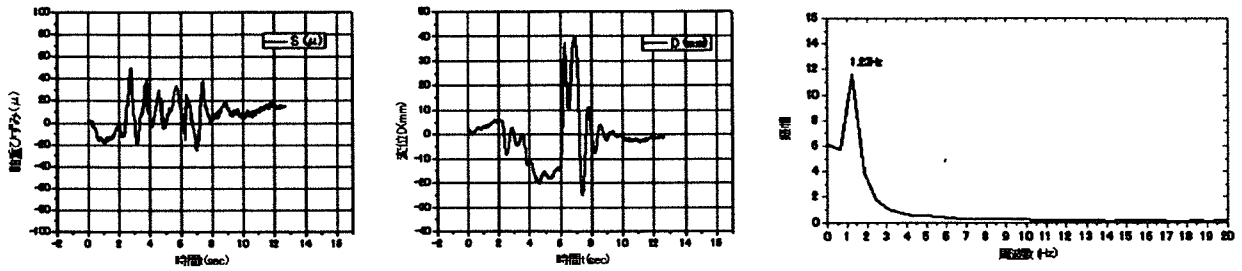


(c)エアサス 11.5t(A) (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)

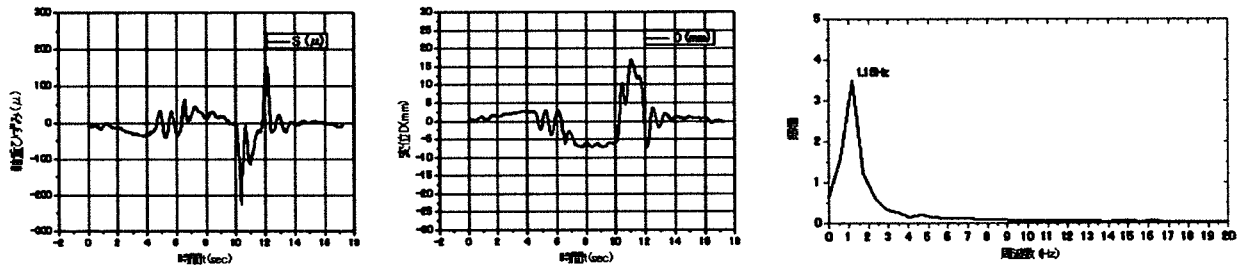
図-2.2.6 動的軸重と周波数特性 (その1)



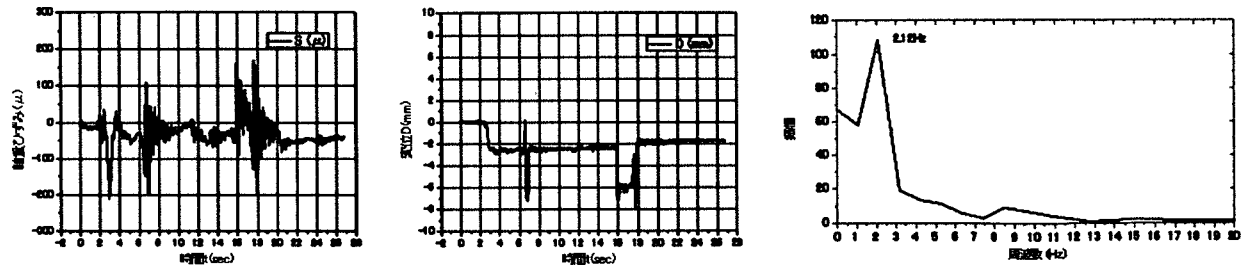
(d)アサス 11.5t(B) (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)



(e)アサス 11.5t(C) (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)



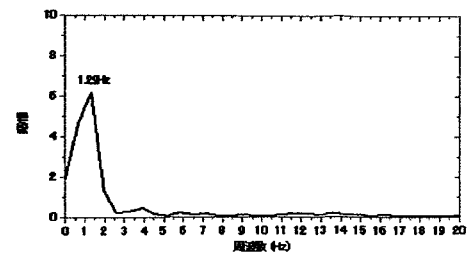
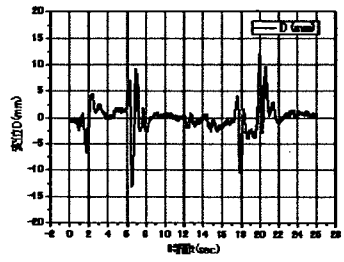
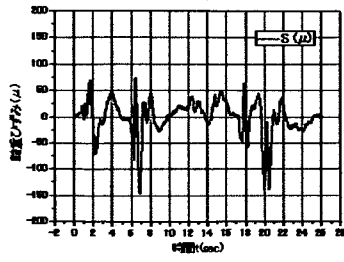
(f)アサス 11.5t(D) (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)



(g)リーフストラク 11.5t (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)

図-2.2.6 動的軸重と周波数特性 (その2)





(h) エアストラクタ 11.5t (左から、駆動軸のひずみ、変位、周波数特性)

図-2.2.6 動的軸重と周波数特性 (その3)

## 2.3 人工段差走行試験

### 2.3.1 概要

平坦な走路中に存在する矩形段差を通過する際に、大型車両が路面に及ぼす動的荷重の特性を明らかにするために、人為的に段差を設けた走路上に試験車両を走行させ、タイヤが路面に及ぼす動的な荷重を測定した。

### 2.3.2 試験方法

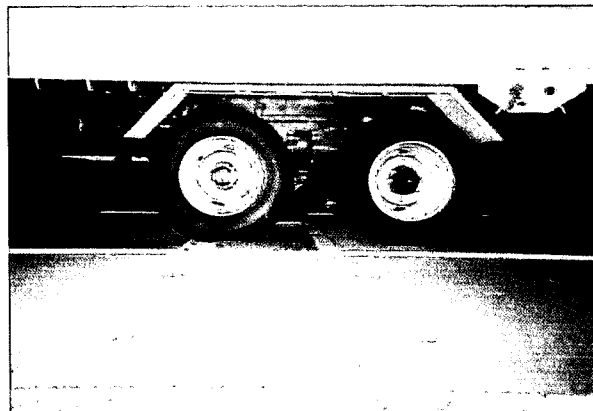
国土交通省国土技術政策総合研究所の試験走路中の路面に設置されている埋設型荷重測定装置を用いて、突発的な矩形段差を走行する際にタイヤが路面に及ぼす動的影響を路面の側から直接測定するとともに、走行中の動的軸重を連続して車両の側からも測定した。表-2.3.1 に試験ケースを、写真-2.3.1 に試験の実施状況を示す。

表-2.3.1 試験ケース

車両		段差高さ mm	走行速度 km/h
トラック	リーフサス 10t, エアサス 10t エアサス 11.5t(A)	5, 10, 20	40, 80
	エアサス 11.5t(B), エアサス 11.5t(C) エアサス 11.5t(D)	20	40, 80
	トラック	リーフサス 11.5t, エアサス 11.5t	



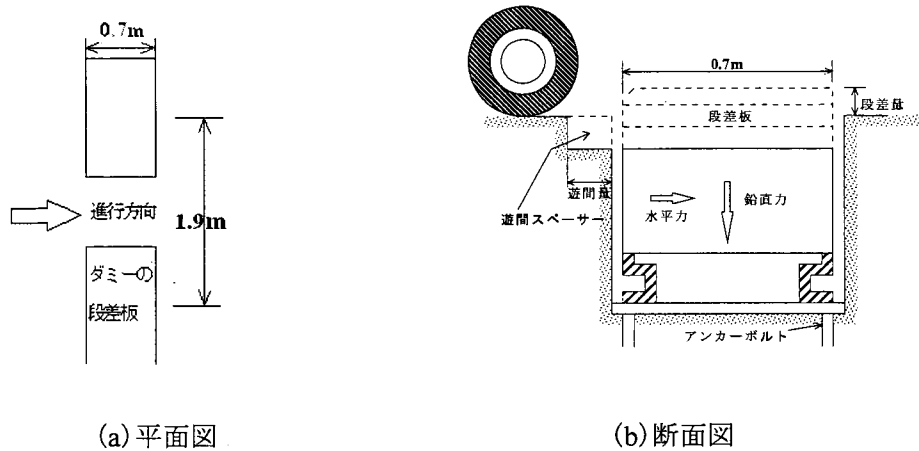
(a) 人工段差に進入する試験車両



(b) 人工段差を通過する車軸

写真-2.3.1 人工段差走行試験の実施状況

なお、埋設型荷重測定装置は、輪荷重の鉛直・水平成分をひずみゲージ式のロードセルを用いて測定する装置である。路面に位置する段差板は、高さを変更できるようになっており、走行方向の幅は 70cm で固定である。なお、輪荷重を測定できるのは、片側の装置だけで、もう一方の車輪側は、左右のバランスをとるため、高さの調整だけを行う。埋設型荷重測定装置の概要を図-2.3.1 に、主な仕様を表-2.3.2 に示す。



(a) 平面図

(b) 断面図

図-2.3.1 埋設型荷重測定装置の概要

表-2.3.2 埋設型荷重測定装置の主な仕様

ロードセルの方式	ひずみゲージ式
荷重測定範囲	鉛直、水平共に 0 ~ 30tf
精度	静荷重 ± 1 % FS 以内 (FS ; 10tf)
	動荷重 ± 5 % FS 以内 (FS ; 10tf)
段差量調整範囲	- 30 ~ + 40mm (5mm ビッチ)
遊間量調整範囲	5 ~ 105mm (20mm ビッチ)
使用温度範囲	- 5 ~ + 40 °C
固有振動数 (段差板を除く)	鉛直方向 120Hz
	水平方向 85Hz

## (2)測定項目および測定方法

車両側の測定項目および方法は、基本的に人工段差落下試験と同じである。

測定項目および測定記号をそれぞれ表-2.3.3 および表-2.3.4 に示す。

表-2.3.3 測定項目

測定対象	測定項目	センサー	取付位置	数量
試験車両	駆動軸のひずみ	ひずみゲージ	駆動軸	1点/駆動軸
	駆動軸の加速度	加速度計	ばね下	1点/駆動軸1点
	サスペンションの変位	ワイヤ式変位計	駆動軸と車体間	1点
路面	動的鉛直荷重	ロードセル方式	試験走路下	—
	動的水平荷重	ロードセル方式	試験走路下	—

表-2.3.4 測定記号

	記号	種類	符号	備考
路面側	MAT	マットスイッチ	信号入+	計測の開始と終了
	Z1	ロードセル (鉛直方向)	圧縮+	四カ所(表-2.3.2参照)の測定値の合計
	Z2		〃	
	Z3		〃	
	Z4		〃	
	Z5	ロードセル (進行方向)	進行方向-	四カ所(表-2.3.2参照)の測定値の合計
	Z6		〃	
	Z7		〃	
Z8	〃			
車両側	SW	同期スイッチ	信号+	
	D	サスペンション変位	駆動軸	
	S	ひずみ	〃	
	AC	加速度	〃	

図-2.3.2 に測定位置を示す。

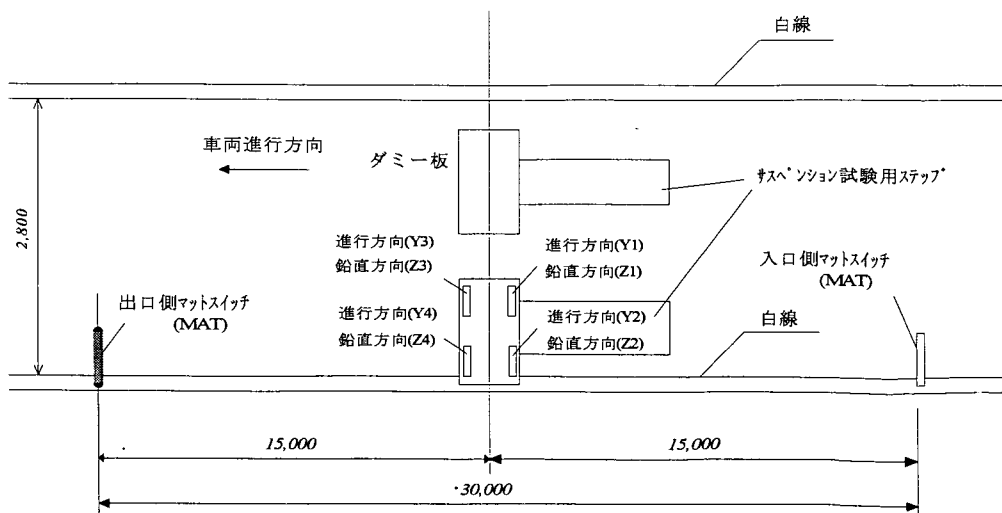


図-2.3.2 測定位置

### 2.3.3 試験結果

図-2.3.3 から図-2.3.6、表-2.3.5 および表-2.3.6 に人工段差を通過する際の動的軸重の最大値を示す。なお動的軸重の最大値と静的な軸重との差を動的付加荷重とした。また、図-2.3.7 から図-2.3.14 に段差通過直後の動的軸重の波形とその周波数特性を示す。

試験の結果、平坦な走路中に存在する矩形段差通過時は、バネ下の固有振動数と一致する 10～12Hz 程度の振動成分が卓越しており、このことは、サスペンションの振動特性が異なっても、最大値に有意な差が見られないことが分かる。図-2.3.7 から図-2.3.14 に示す周波数分析結果によると車輪が突発的な矩形段差を瞬間的に乗り上げるときは、サスペンションの減衰効果が発揮されず、サスペンション特性の影響は顕著になっていないことがわかる。また、動的軸重のピーク値は、段差高さおよび走行速度が大きくなるほど、増加している。

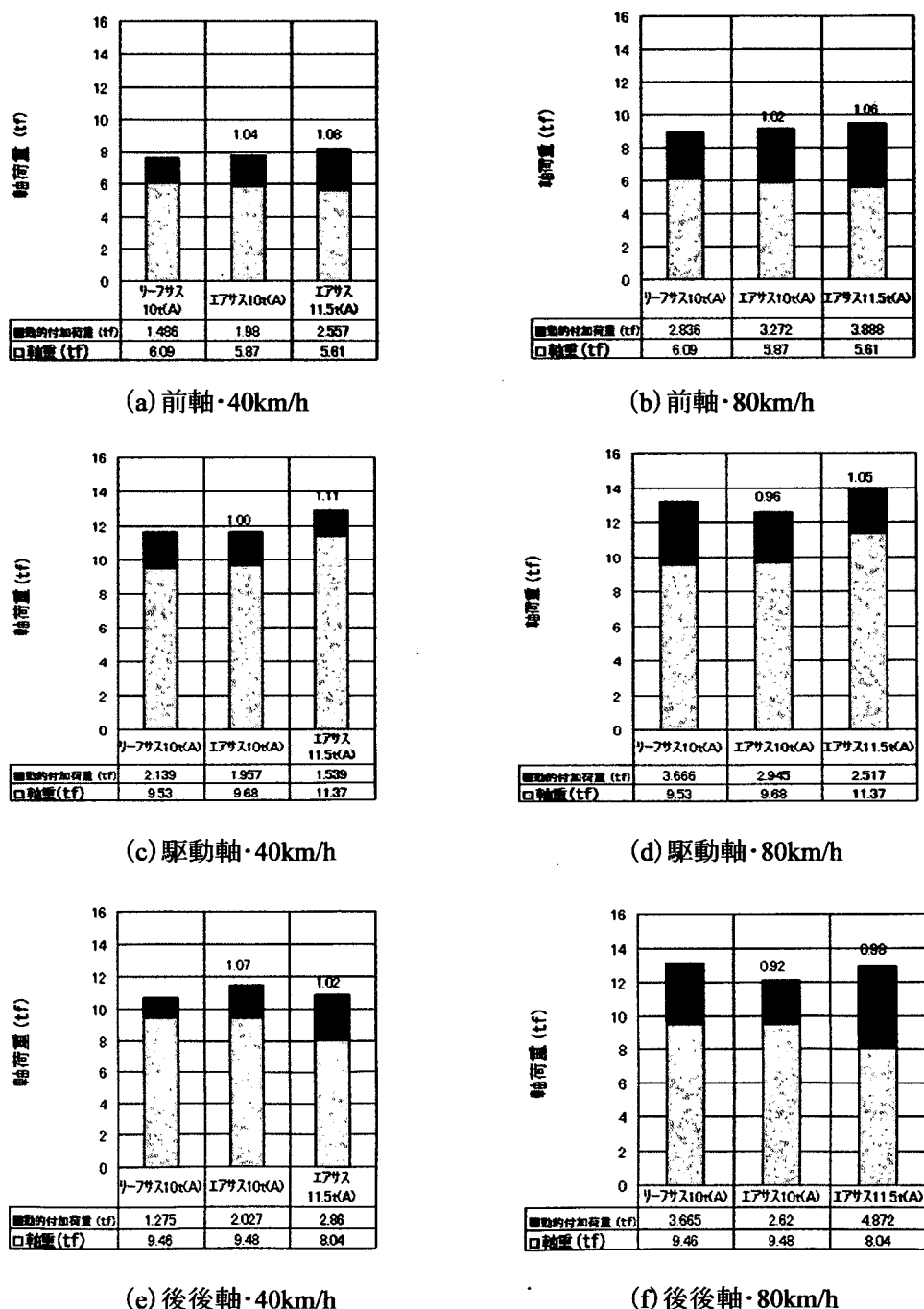
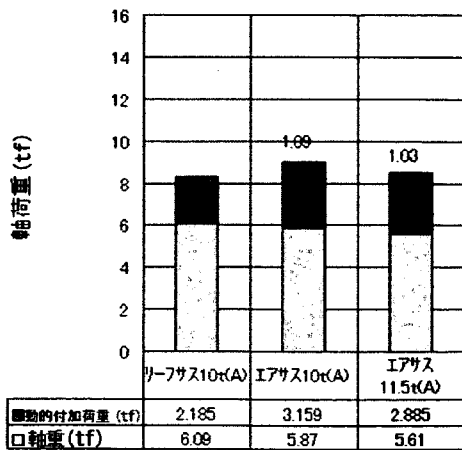
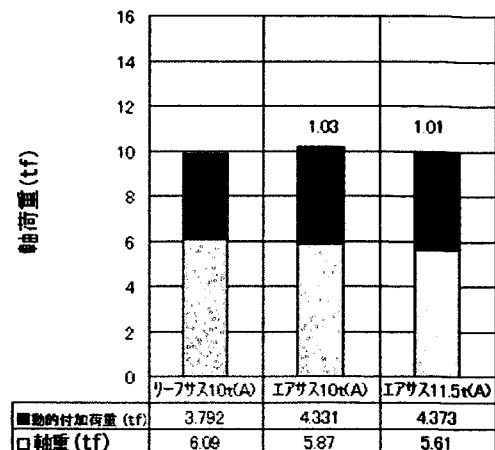


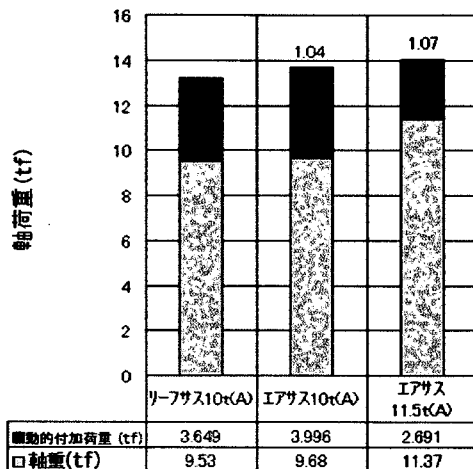
図-2.3.3 動的軸重の最大値の測定結果 (h=5mm)



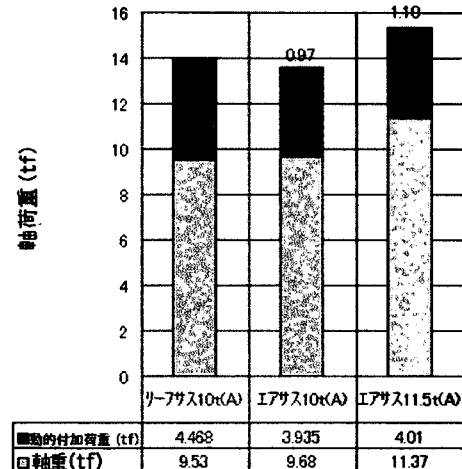
(a) 前軸・40km/h



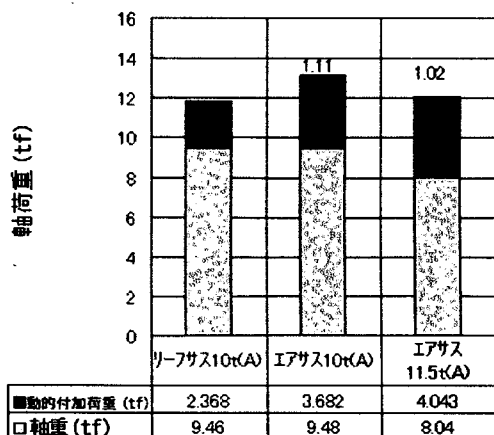
(b) 前軸・80km/h



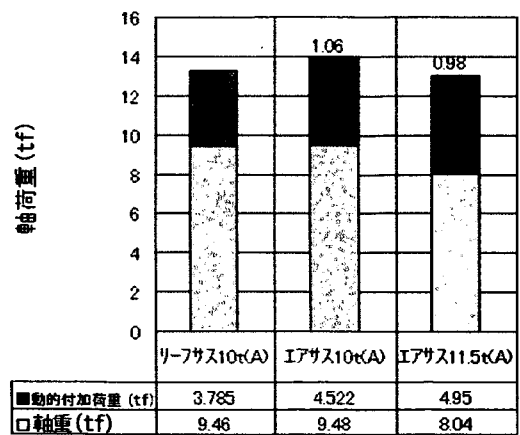
(c) 駆動軸・40km/h



(d) 駆動軸・80km/h

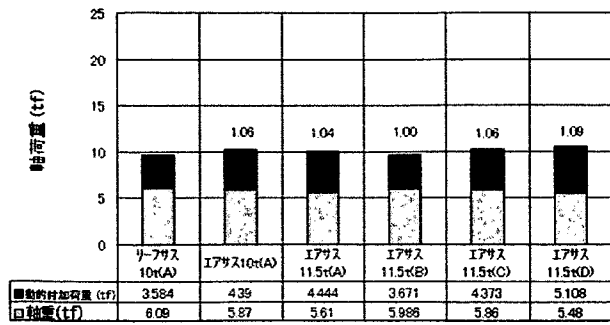


(e) 後後軸・40km/h

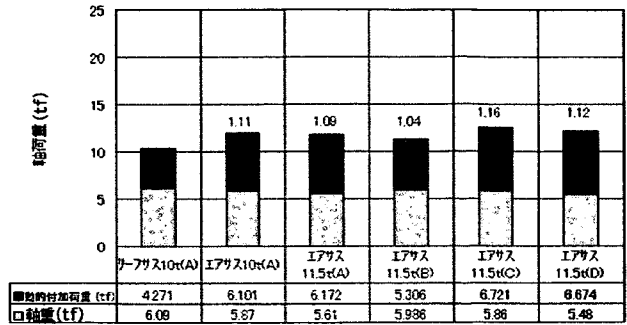


(f) 後後軸・80km/h

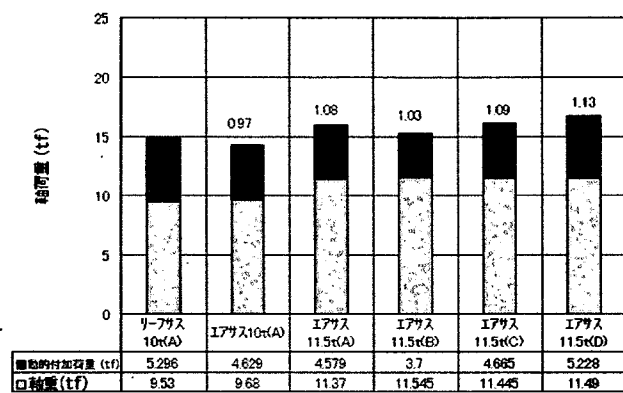
図-2.3.4 動的軸重の最大値の測定結果 (トラック、h=10mm)



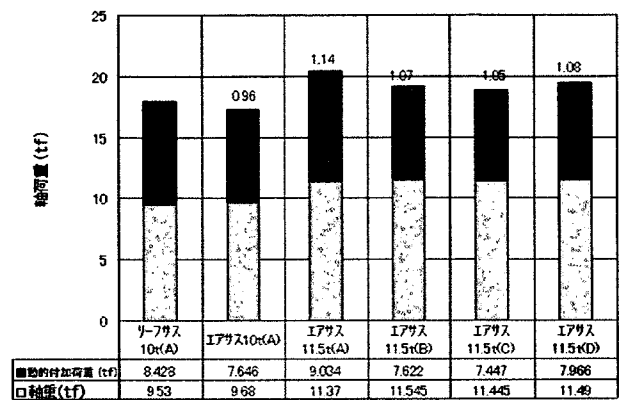
(a) 前軸・40km/h



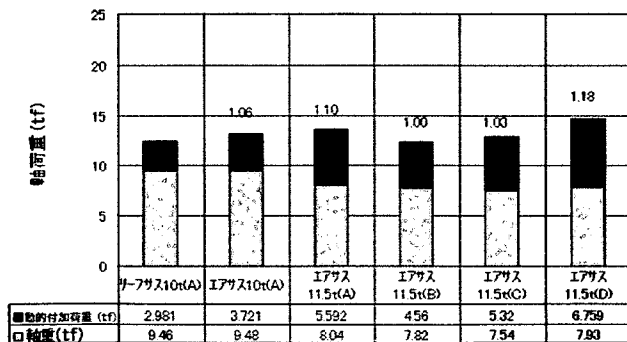
(b) 前軸・80km/h



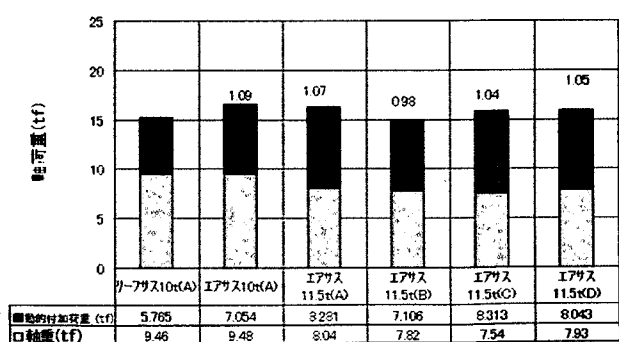
(c) 駆動軸・40km/h



(d) 駆動軸・80km/h

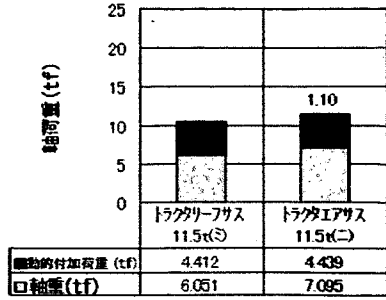


(e) 後後軸・40km/h

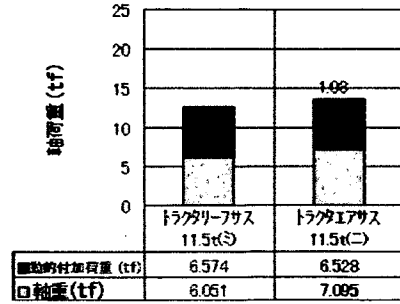


(f) 後後軸・80km/h

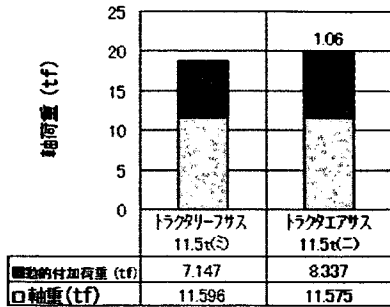
図-2.3.5 動的軸重の最大値の測定結果 (トラック、h=20mm)



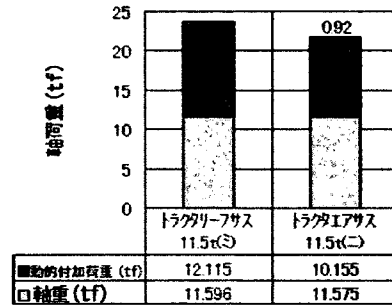
(a)トラクタ前軸・40km/h



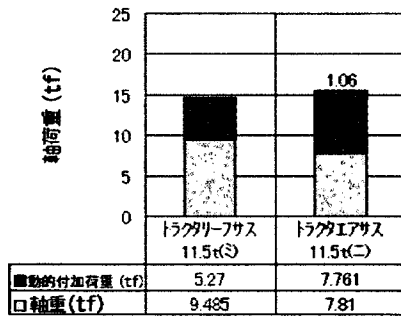
(b)トラクタ後軸・80km/h



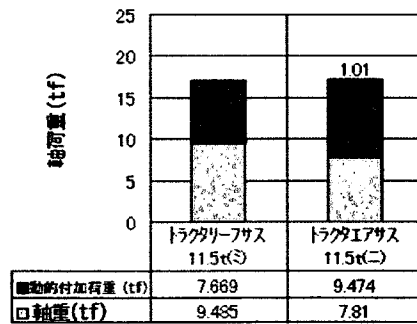
(c)駆動軸・40km/h



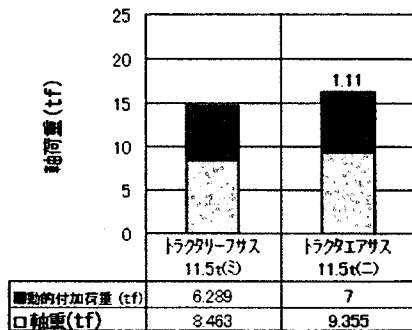
(d)駆動軸・80km/h



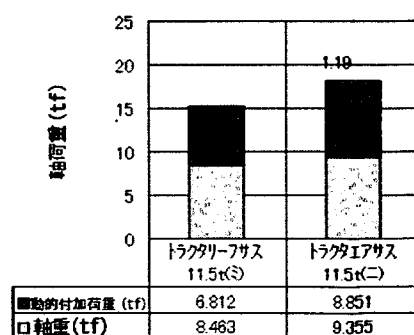
(e)トレー前軸・40km/h



(f)トレー前軸・80km/h



(g)トレー後軸・40km/h



(h)トレー後軸・80km/h

図-2.3.6 動的軸重の最大値の測定結果 (h=20mm)



表-2.3.5 動的輪荷重測定結果一覧 6×2トラック (その1) 単位 tf

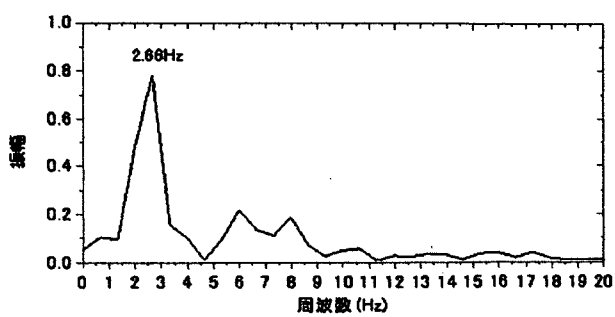
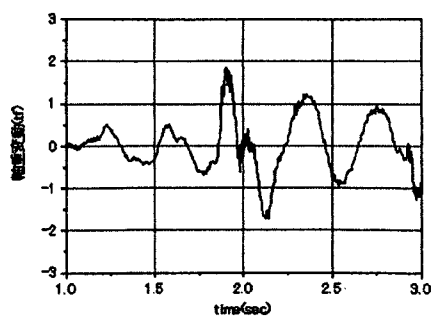
		①リーフサス 10t			②エアサス 10t			③エアサス 11.5t(A)		
		動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重	動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重	動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重
5mm 走行速度 40km/h	段差 前軸 /①	7.576 (1.00)	6.09	1.486 (1.00)	7.850 (1.04)	5.87	1.980 (1.33)	8.167 (1.08)	5.61	2.557 (1.72)
	駆動軸 /①	11.669 (1.00)	9.53	2.139 (1.00)	11.637 (1.00)	9.68	1.957 (0.91)	12.909 (1.11)	11.37	1.539 (0.72)
	後後軸 /①	10.735 (1.00)	9.46	1.275 (1.00)	11.507 (1.07)	9.48	2.027 (1.59)	10.900 (1.02)	8.04	2.860 (2.24)
5mm 走行速度 80km/h	段差 前軸 /①	8.926 (1.00)	6.09	2.836 (1.00)	9.142 (1.02)	5.87	3.272 (1.15)	9.498 (1.06)	5.61	3.888 (1.37)
	駆動軸 /①	13.196 (1.00)	9.53	3.666 (1.00)	12.625 (0.96)	9.68	2.945 (0.80)	13.887 (1.05)	11.37	2.517 (0.69)
	後後軸 /①	13.125 (1.00)	9.46	3.665 (1.00)	12.100 (0.92)	9.48	2.620 (0.71)	12.912 (0.98)	8.04	4.872 (1.33)
10mm 走行速度 80km/h	段差 前軸 /①	8.275 (1.00)	6.09	2.185 (1.00)	9.029 (1.09)	5.87	3.159 (1.45)	8.495 (1.03)	5.61	2.885 (1.32)
	駆動軸 /①	13.179 (1.00)	9.53	3.649 (1.00)	13.676 (1.04)	9.68	3.996 (1.10)	14.061 (1.07)	11.37	2.691 (0.74)
	後後軸 /①	11.828 (1.00)	9.46	2.368 (1.00)	13.162 (1.11)	9.48	3.682 (1.55)	12.083 (1.02)	8.04	4.043 (1.71)
10mm 走行速度 80km/h	段差 前軸 /①	9.882 (1.00)	6.09	3.792 (1.00)	10.201 (1.03)	5.87	4.331 (1.14)	9.983 (1.01)	5.61	4.373 (1.15)
	駆動軸 /①	13.998 (1.00)	9.53	4.468 (1.00)	13.615 (0.97)	9.68	3.935 (0.88)	15.380 (1.10)	11.37	4.010 (0.90)
	後後軸 /①	13.245 (1.00)	9.46	3.785 (1.00)	14.002 (1.06)	9.48	4.522 (1.19)	12.990 (0.98)	8.04	4.950 (1.31)
20mm 走行速度 40km/h	段差 前軸 /①	9.674 (1.00)	6.09	3.584 (1.00)	10.260 (1.06)	5.87	4.390 (1.22)	10.054 (1.04)	5.61	4.444 (1.24)
	駆動軸 /①	14.826 (1.00)	9.53	5.296 (1.00)	14.309 (0.97)	9.68	4.629 (0.87)	15.949 (1.08)	11.37	4.579 (0.86)
	後後軸 /①	12.441 (1.00)	9.46	2.981 (1.00)	13.201 (1.06)	9.48	3.721 (1.25)	13.632 (1.10)	8.04	5.592 (1.88)
20mm 走行速度 80km/h	段差 前軸 /①	10.811 (1.00)	6.09	4.721 (1.00)	11.971 (1.11)	5.87	6.101 (1.29)	11.782 (1.09)	5.61	6.172 (1.31)
	駆動軸 /①	17.958 (1.00)	9.53	8.428 (1.00)	17.326 (0.96)	9.68	7.646 (0.91)	20.404 (1.14)	11.37	9.034 (1.07)
	後後軸 /①	15.225 (1.00)	9.46	5.765 (1.00)	16.534 (1.09)	9.48	7.054 (1.22)	16.321 (1.07)	8.04	8.281 (1.44)

表-2.3.5 動的輪荷重測定結果一覧 6×2トラック (その2) 単位 tf

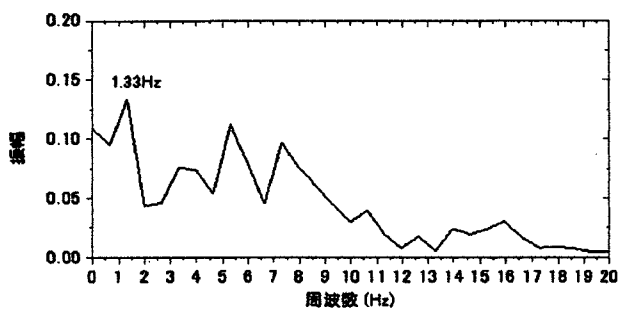
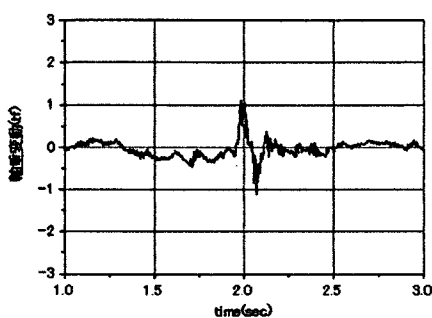
		④リーフサス 11.5t(B)			⑤エアサス 11.5t(C)			⑥エアサス 11.5t(D)		
		動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重	動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重	動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重
段差	前軸	9.657	5.99	3.671	10.233	5.860	4.373	10.588	5.48	5.108
	／①	(1.00)		(1.02)	(1.06)		(1.22)	(1.09)		(1.43)
20mm 走行速度	駆動軸	15.245	11.55	3.700	16.110	11.445	4.665	16.718	11.49	5.228
	／①	(1.03)		(0.70)	(1.09)		(0.88)	(1.13)		(0.99)
40km/h	後後軸	12.380	7.82	4.560	12.860	7.540	5.320	14.689	7.93	6.759
	／①	(1.00)		(1.53)	(1.03)		(1.78)	(1.18)		(2.27)
段差	前軸	11.292	5.99	5.306	12.581	5.860	6.721	12.154	5.48	6.674
	／①	(1.04)		(1.12)	(1.16)		(1.42)	(1.12)		(1.41)
20mm 走行速度	駆動軸	19.167	11.55	7.622	18.892	11.445	7.447	19.456	11.49	7.966
	／①	(1.07)		(0.90)	(1.05)		(0.88)	(1.08)		(0.95)
80km/h	後後軸	14.926	7.82	7.106	15.853	7.540	8.313	15.973	7.93	8.043
	／①	(0.98)		(1.23)	(1.04)		(1.44)	(1.05)		(1.40)

表-2.3.6 動的輪荷重測定結果一覧 4×2トラック 単位 tf

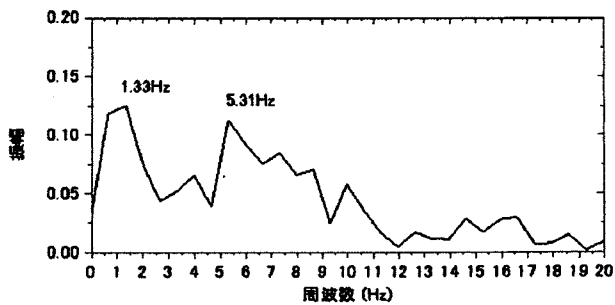
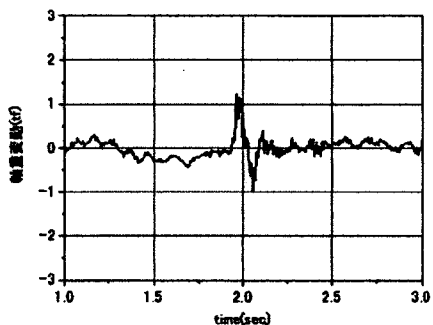
		④リーフサス 11.5t			⑤エアサス 11.5t		
		動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重	動的最大荷重	軸重 (静的)	動的付加荷重
段差	前軸	10.463	6.051	4.412	11.534	7.095	4.439
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.10)		(1.01)
20mm 走行速度	駆動軸	18.743	11.596	7.147	19.912	11.575	8.337
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.06)		(1.17)
40km/h	トレー前軸	14.755	9.485	5.270	15.571	7.810	7.761
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.06)		(1.47)
	トレー後軸	14.752	8.463	6.289	16.355	9.355	7.000
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.11)		(1.11)
段差	前軸	12.625	6.051	6.574	13.623	7.095	6.528
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.08)		(0.99)
20mm 走行速度	駆動軸	23.711	11.596	12.115	21.730	11.575	10.155
	／①	(1.00)		(1.00)	(0.92)		(0.84)
80km/h	トレー前軸	17.154	9.485	7.669	17.284	7.810	9.474
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.01)		(1.24)
	トレー後軸	15.275	8.463	6.812	18.206	9.355	8.851
	／①	(1.00)		(1.00)	(1.19)		(1.30)



(a) リーフサス 10t トラック

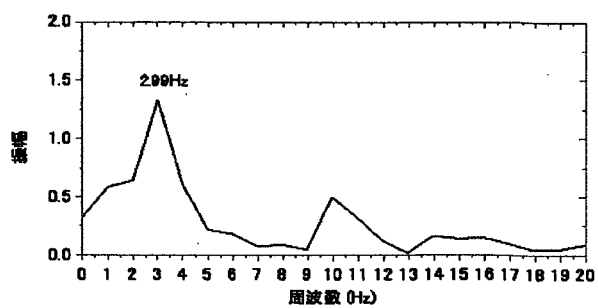
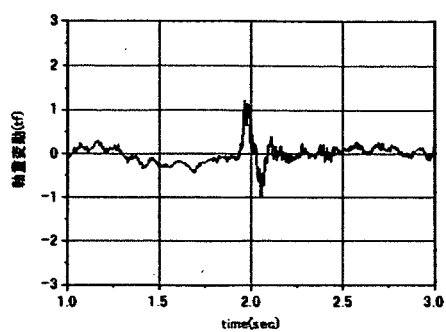


(b) エアサス 10t トラック

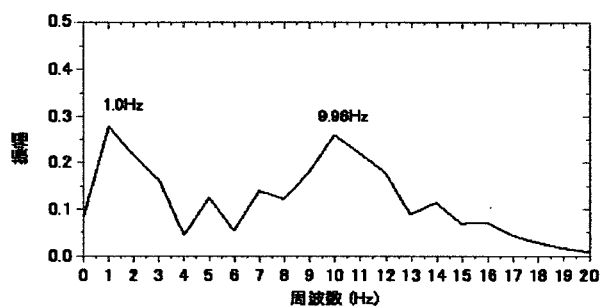
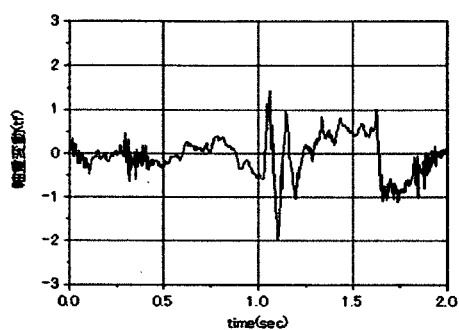


(c) エアサス 11.5t(A) トラック

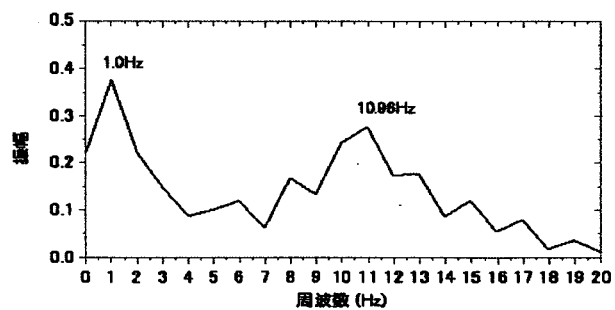
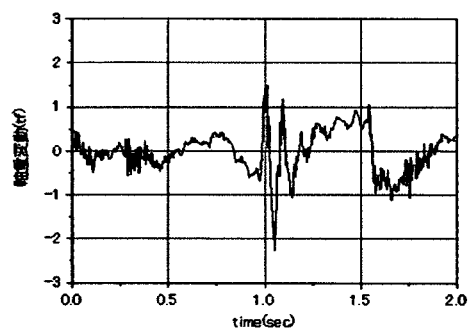
図-2.3.7 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 (h=5mm, v=40km/h)



(a)リーフサス 10tトラック

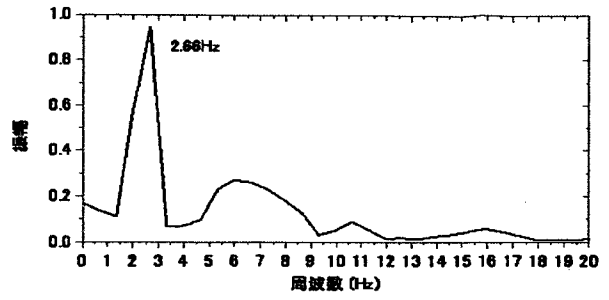
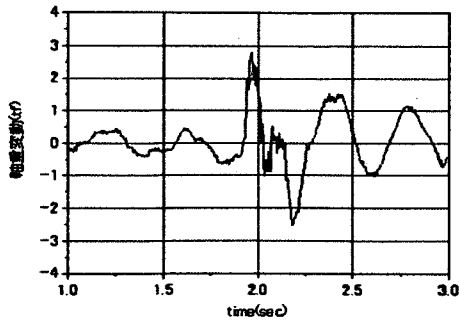


(b)エアサス 10tトラック

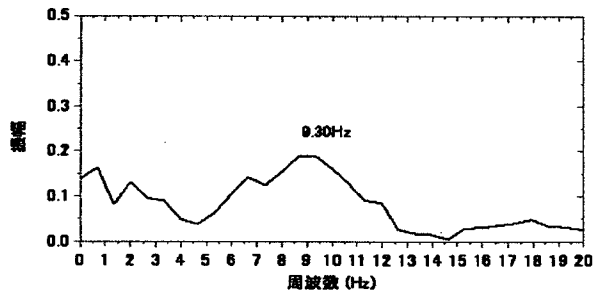
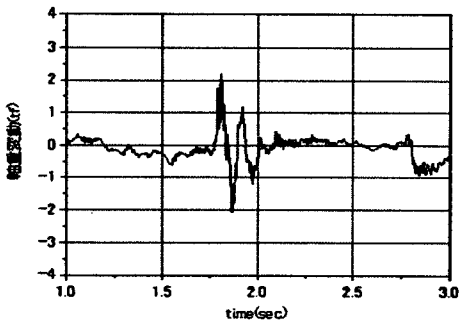


(c)エアサス 11.5t(A)トラック

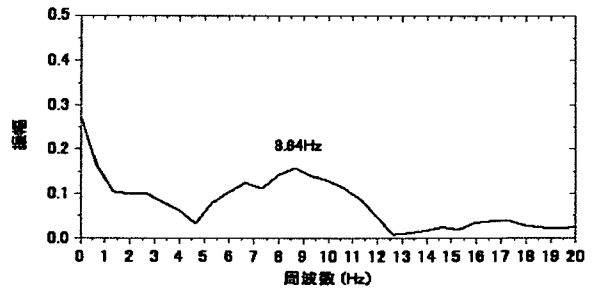
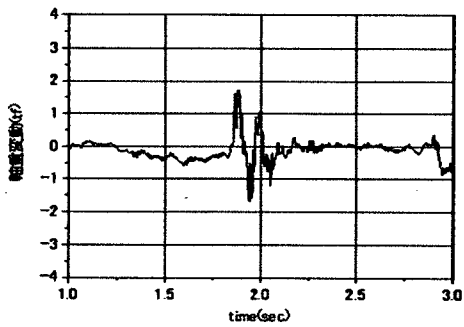
図-2.3.8 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 (h=5mm, v=80km/h)



(a)リーフサス 10tトラック

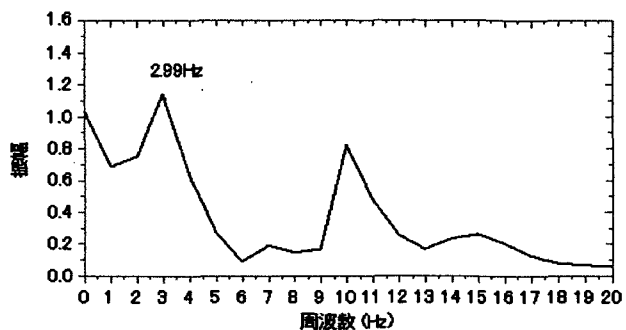
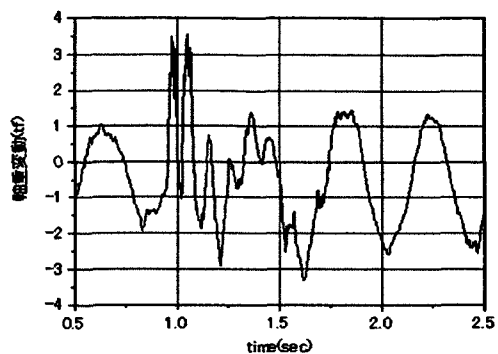


(b)エアサス 10tトラック

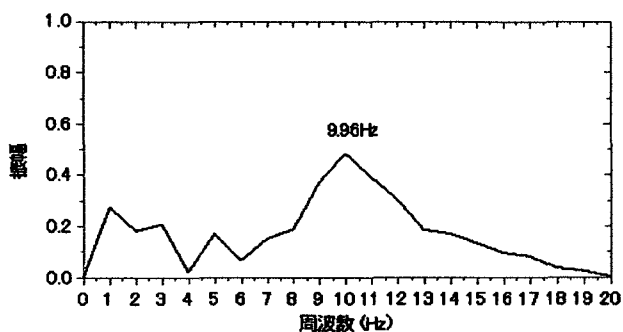
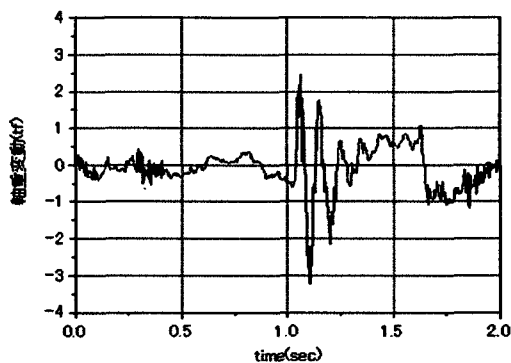


(c)エアサス 11.5t(A)トラック

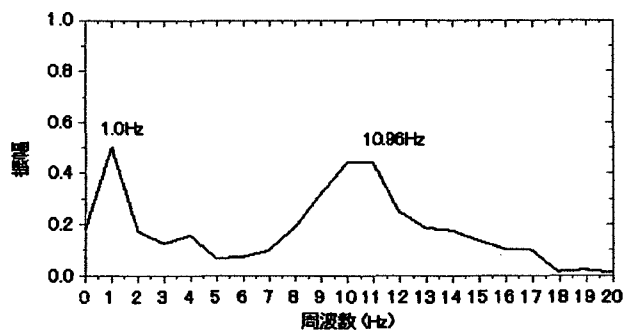
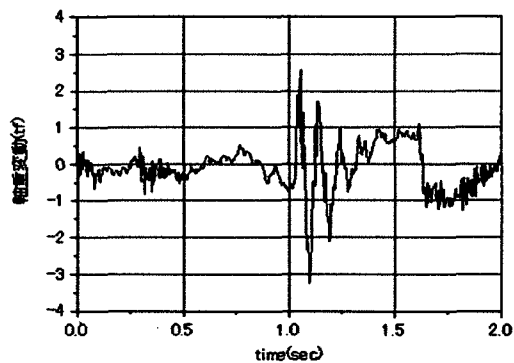
図-2.3.9 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 ( $h=10\text{mm}$ ,  $v=40\text{km/h}$ )



(a) リーフサス 10tトラック

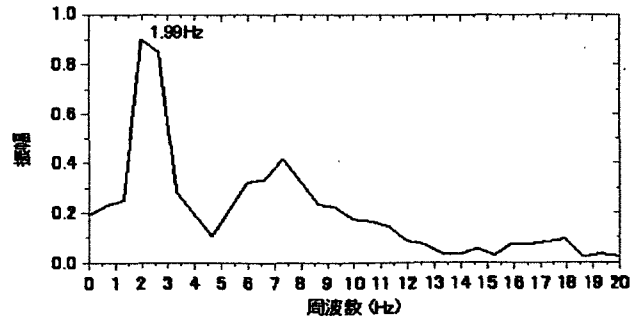
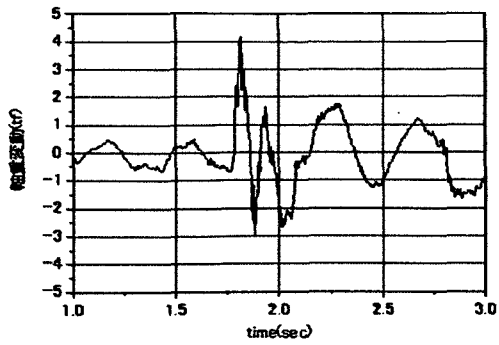


(b) エアサス 10tトラック

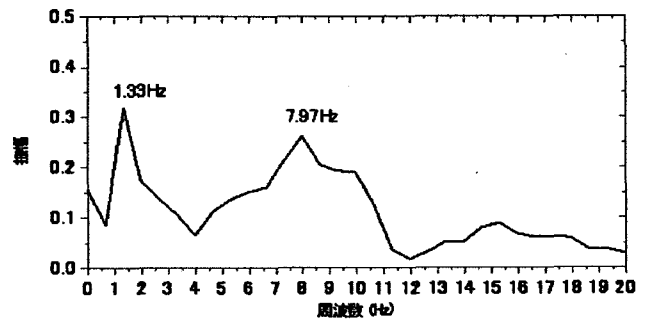
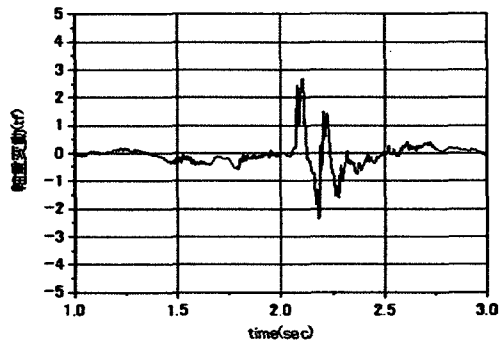


(c) エアサス 11.5t(A)トラック

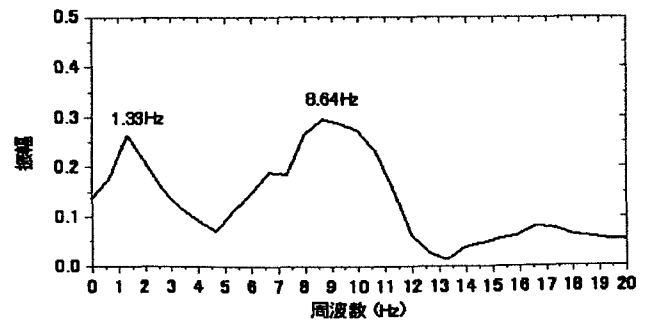
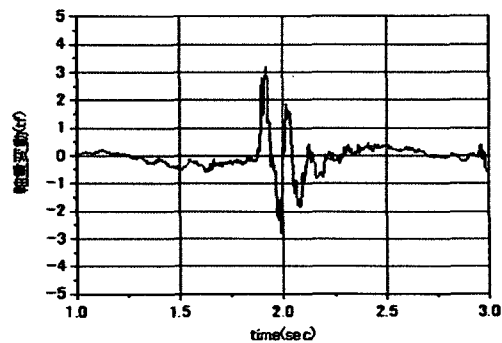
図-2.3.10 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 ( $h=10\text{mm}$ ,  $v=80\text{km/h}$ )



(a)リーフサス 10tトラック

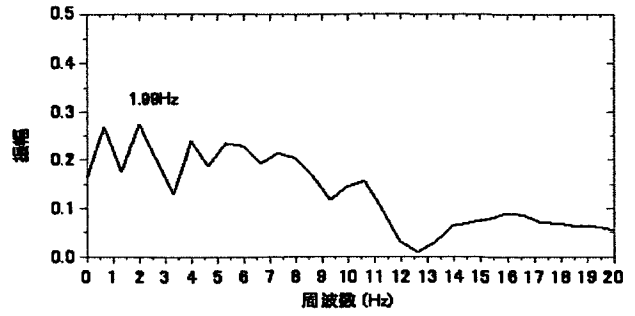
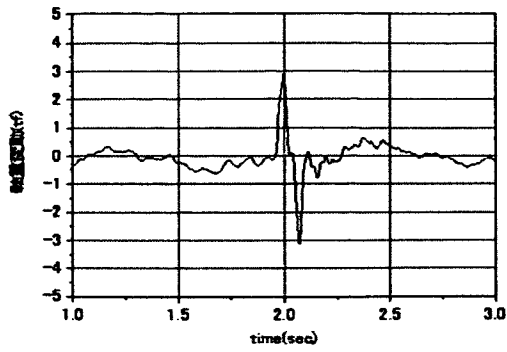


(b)エアサス 10tトラック

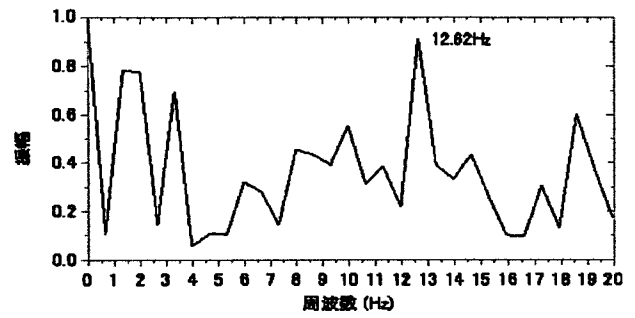
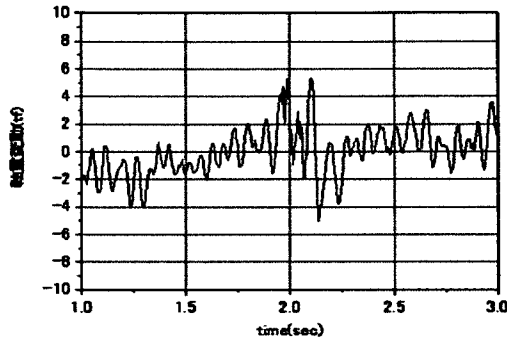


(c)エアサス 11.5t(A)トラック

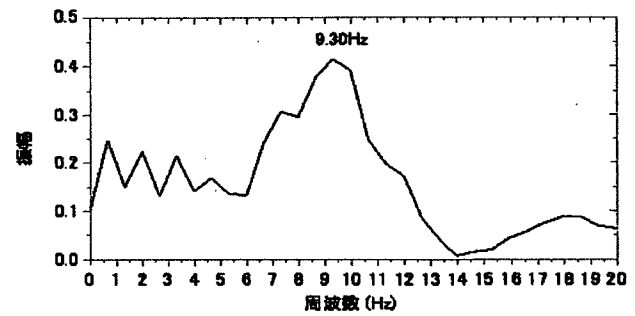
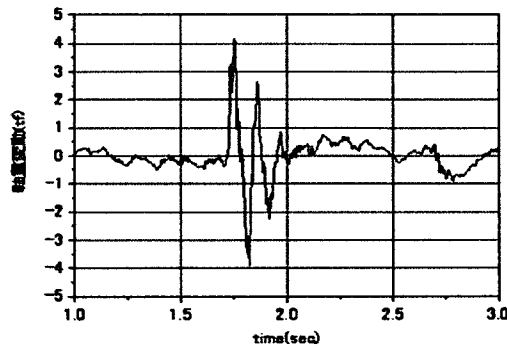
図-2.3.11 段差通過時の動的軸重波形と周波数特性 ( $h=5\text{mm}$ ,  $v=40\text{km/h}$ , その1)



(d)エアサス 11.5t(B)トラック



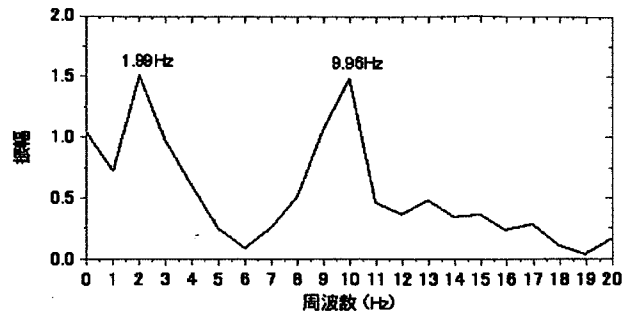
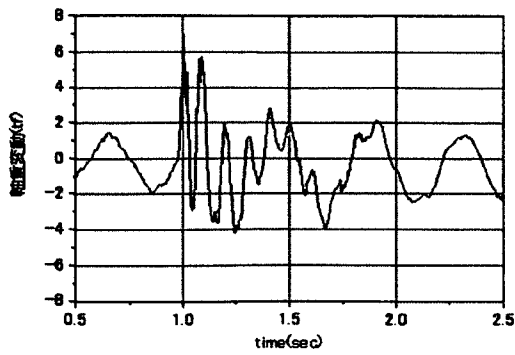
(e)エアサス 11.5t(C)トラック



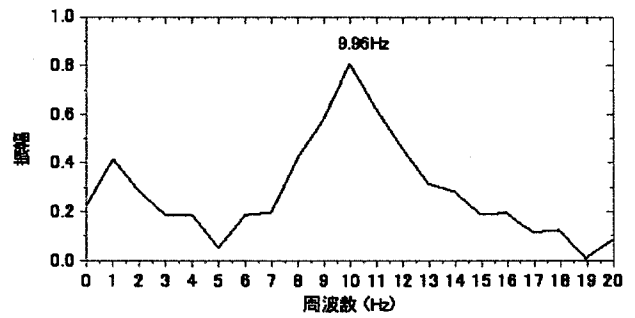
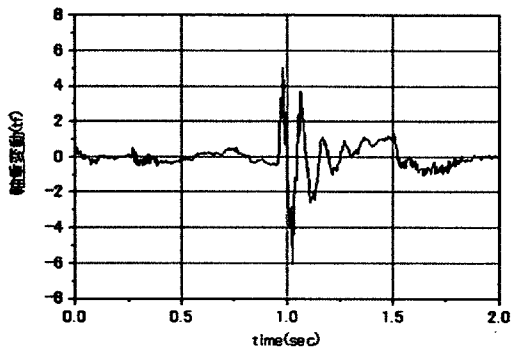
(f)エアサス 11.5(D)トラック

図-2.3.11 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 (h=5mm, v=40km/h, その2)

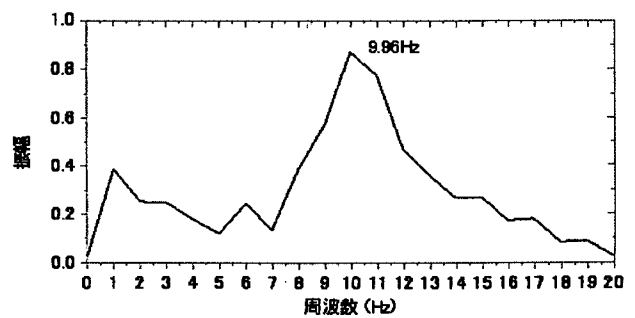
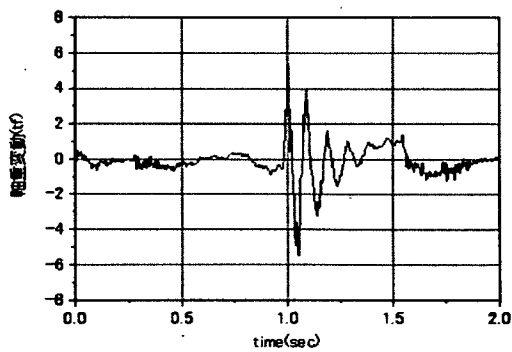




(a)リーフサス 10t トラック

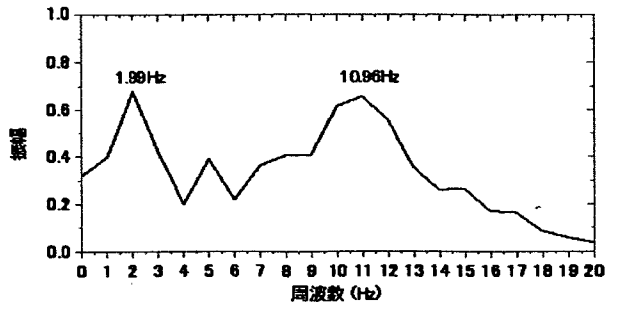
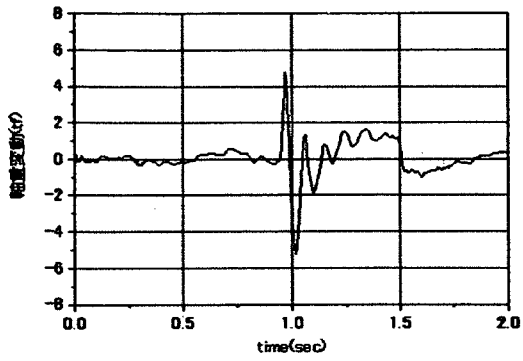


(b)エアサス 10t トラック

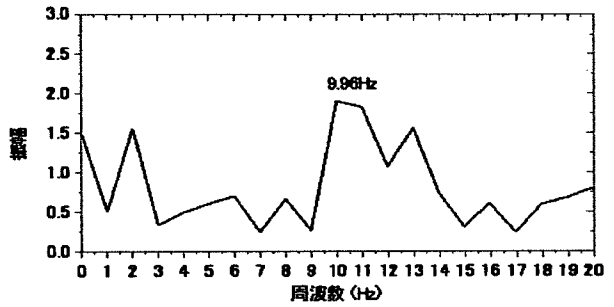
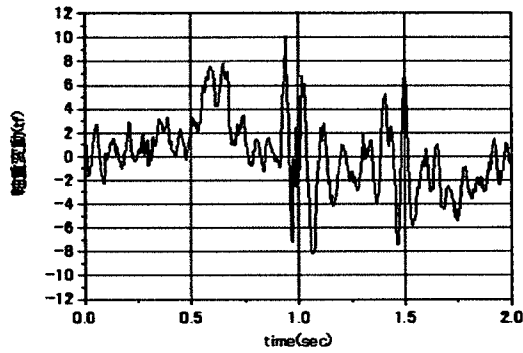


(c)エアサス 11.5t(A) トラック

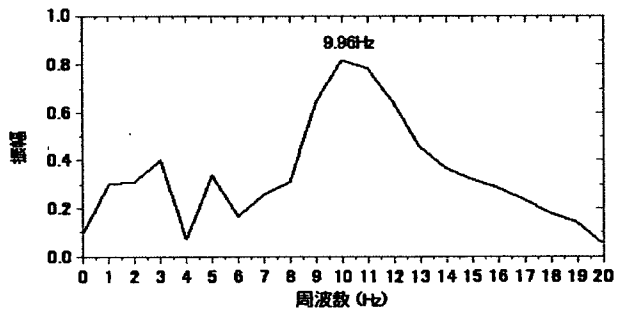
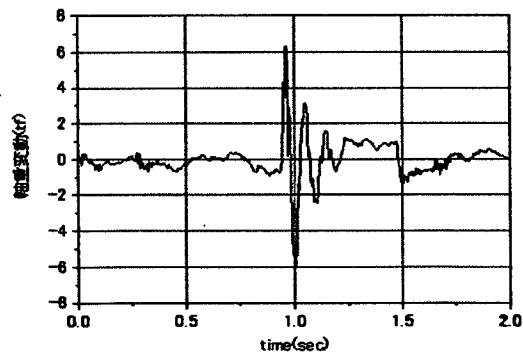
図-2.3.12 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 ( $h=20\text{mm}$ ,  $v=80\text{km/h}$ , その1)



(d)エアサス 11.5t(B)トラック

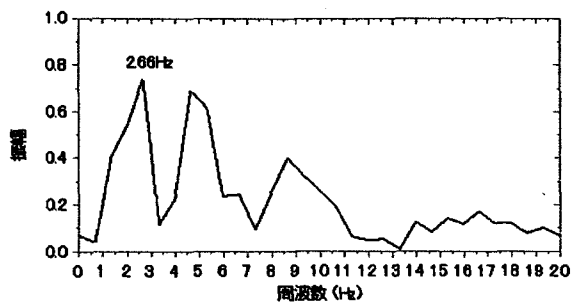
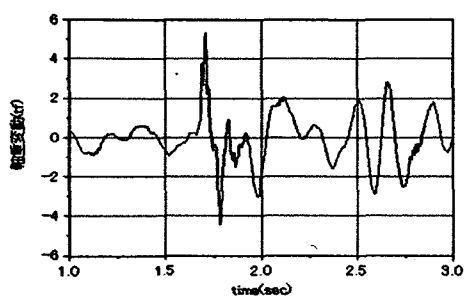


(e)エアサス 11.5t(C)トラック

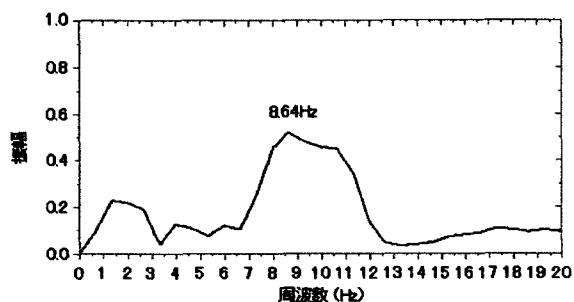
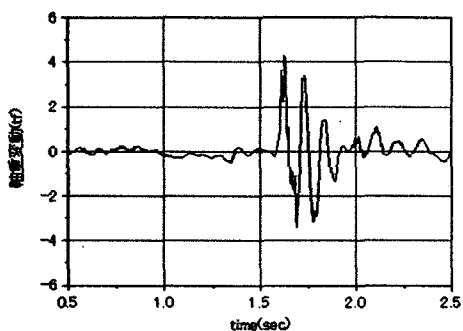


(f)エアサス 11.5t(D)トラック

図-2.3.12 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 ( $h=20\text{mm}$ ,  $v=80\text{km/h}$ , その2)

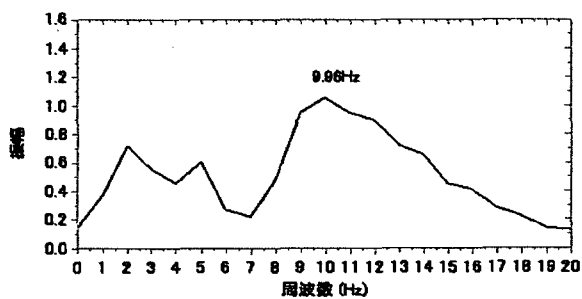
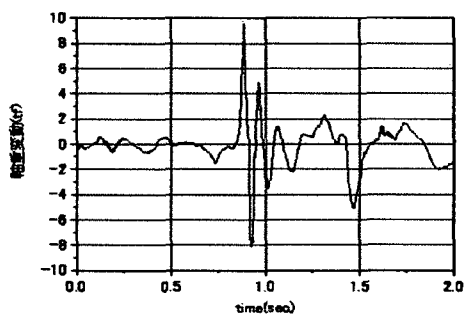


(a)リーフサス 11.5t トラクタ

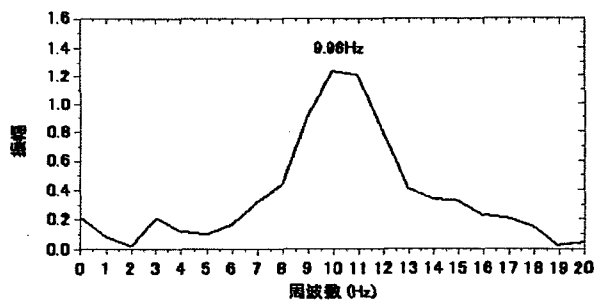
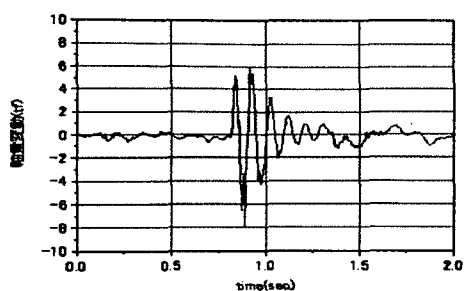


(b)エアサス 11.5t トラクタ

図-2.3.13 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 (h=20mm, v=40km/h)



(a)リーフサス 11.5t トラクタ



(b)エアサス 11.5t トラクタ

図-2.3.14 段差通過時の動的軸重変動と周波数特性 (h=20mm, v=80km/h)

## 2.4 橋梁走行試験

### 2.4.1 概要

大型貨物車のサスペンション形式の相違が、走行時に橋梁に与える動的影響の差異について明らかにするため橋梁走行試験を行い、車両および橋梁各部の応答を測定する。

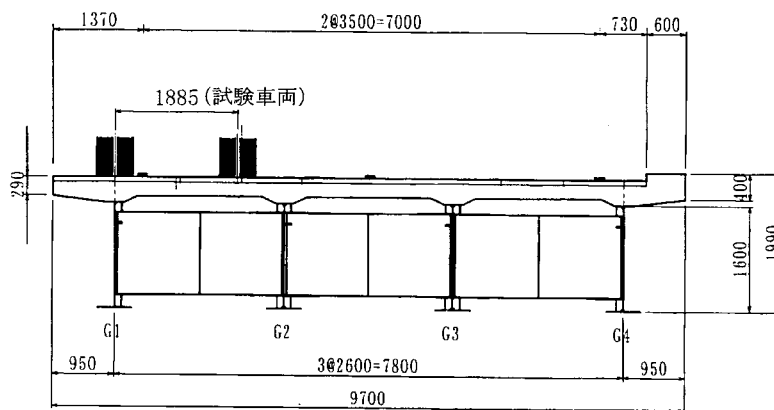
### 2.4.2 試験方法

#### (1) 一般

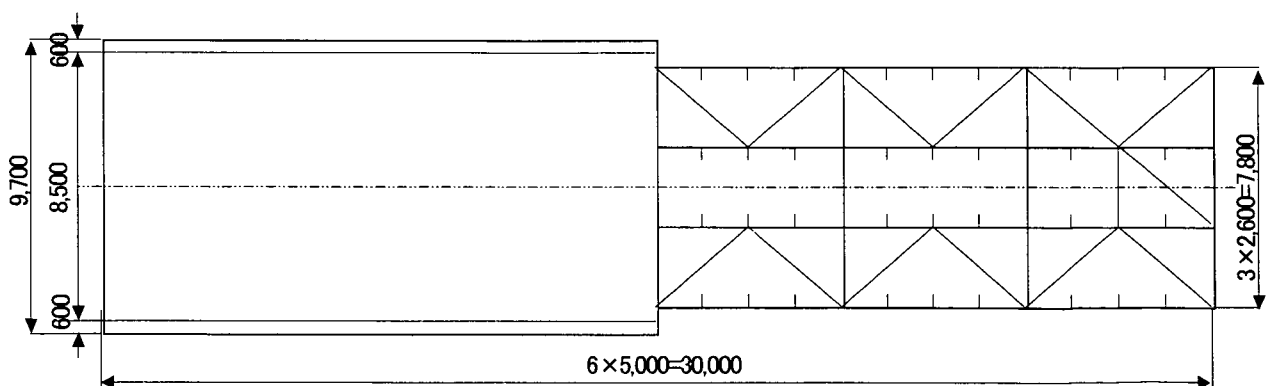
国総研構内の試験走路内に設置されている試験橋梁（4主桁非合成鋼単純鈎げた形式、支間長 30m）上において、人工段差落下試験、人工段差走行試験で用いた車両を走行させ、橋梁および車両各部の応答を計測する。

#### (2) 試験橋梁

図-2.4.1 に、試験橋梁の概要を示す。(a)に示すように、車両は、外側車輪が外げた直上を通過するように走行させた。



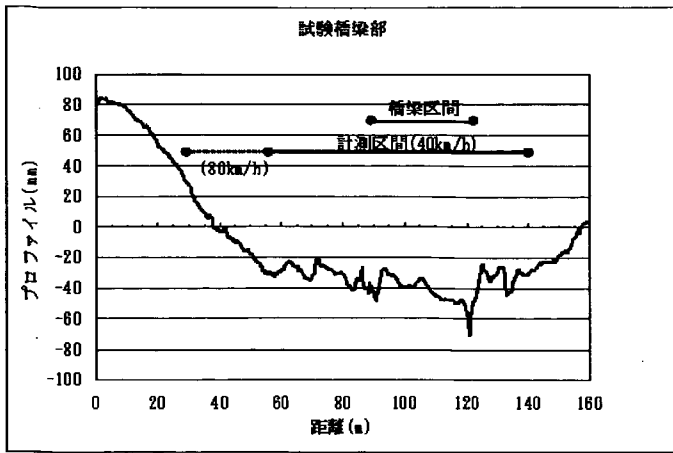
(a) 横断面図および試験車両走行位置



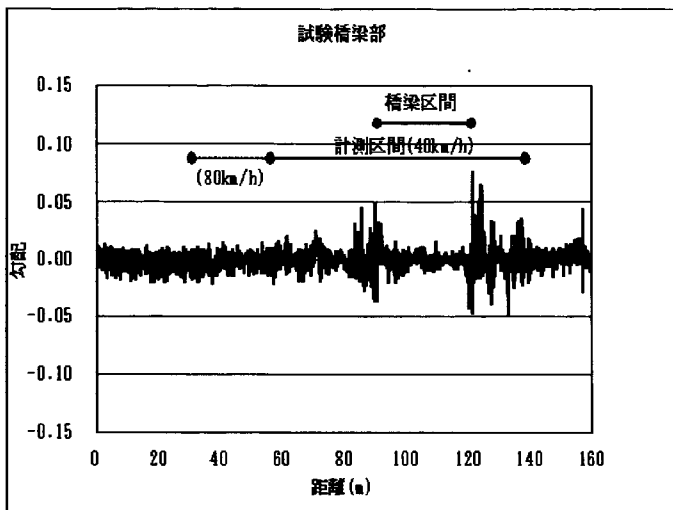
(b) 平面図

図-2.4.1 試験橋梁一般図

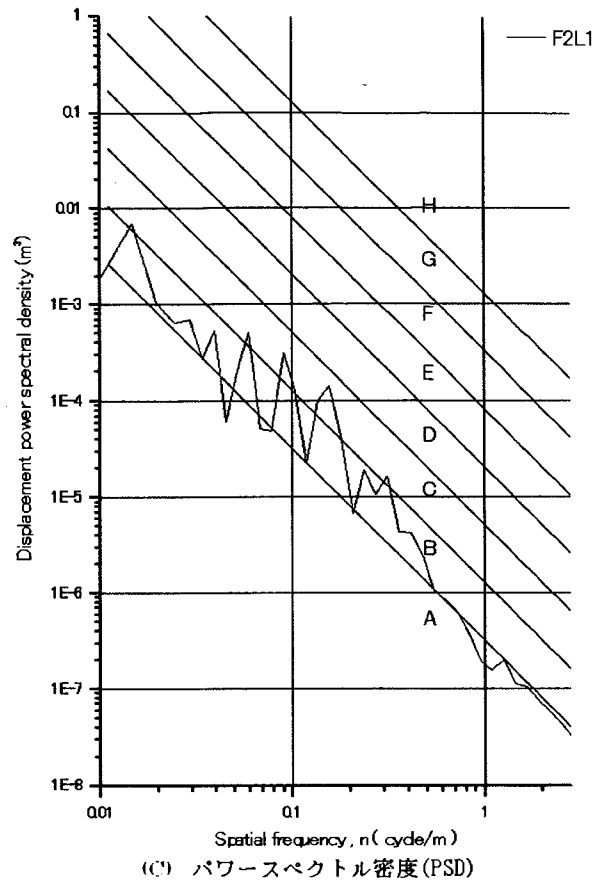
図-2.4.2 に試験橋梁区間を含む試験車両走行位置の路面性状特性を示す。



(a) 路面縦断形状



(b) 勾配



(c) パワースペクトル密度(PSD)

図-2.4.2 試験橋梁区間の路面性状

### (3) 試験ケース

橋梁走行試験のケース一覧を表-2.4.1 に示す。ここで走行速度の「低速」とは、静的な載荷とみなせる状態での橋梁の応答値を計測するために時速 5km 程度で所定の位置を走行させたものである。また、段差条件は、厚さ 20mm、幅 20cm のゴム製の板を路面上の輪荷重走行位置に設置することにより設定した。

表-2.4.1 橋梁走行試験のケース一覧

車両	走行速度 km/h	段差条件
リーフサス 10t, エアサス 10t エアサス 11.5t(A)	低速, 40, 80	なし, 継手部, 橋梁中央
エアサス 11.5t(B) エアサス 11.5t(C) エアサス 11.5t(D)	低速, 40, 80	継手部
リーフサス 11.5t, エアサス 11.5t	低速, 40, 80	なし, 継手部, 橋梁中央

#### (4) 測定項目および測定方法

車両側の測定項目および方法は、基本的に人工段差落下試験、人工段差走行試験と同じである。

橋梁側の測定項目は、影響線形状の違いに着目して、主に、主げた部、支承部、床版部に及ぼす影響を測定することとし、主げた支間中央のたわみ、支点部近傍の主げた下フランジのひずみ、床版下面のひずみなど表-2.4.2 に示す通りとした。そのほか、車両側の計測値と橋梁側の計測値が同期するように橋梁の直前にロードスイッチを設け、車輪がそれを踏んだ時刻において両者の計測データに信号が記録されるようにした。

測定位置を図-2.4.3、測定記号を表-2.4.3、計測器取付位置の詳細を図-2.4.4 に示す。

表-2.4.2 計測機器仕様

測定対象	測定項目	センサー	取付位置	数量
試験車両	駆動軸の加速度	加速度計	ばね下	1点/駆動軸(max3)
	駆動軸のひずみ	ひずみゲージ	〃	1点/駆動軸
	同期測定のトリガー	自在方向スイッチ	ロードスイッチ位置	1点
試験橋梁	走行速度	ロードスイッチ	試験橋梁の前後	2点(4点)
	主桁下フランジ応力(中央)	ひずみゲージ	主桁下フランジ	2点
	主桁下フランジ応力(支承受付部)	〃	主桁下フランジ	2点
	端対傾構上部材応力	〃	端対傾構上部材	1点
	横桁取付部スリット応力	〃	横桁取付部	1点
	対傾構取付部スリット応力	〃	対傾構取付部	1点
	主桁加速度(1/4,1/2,3/4)	加速度計	主桁下フランジ	3点
	主桁たわみ(中央)	変位計	主桁下フランジ	2点
	支承反力	ロードセル	支承部	4点
	ひずみ(支承スリット応力)	ひずみゲージ	支点上	4点

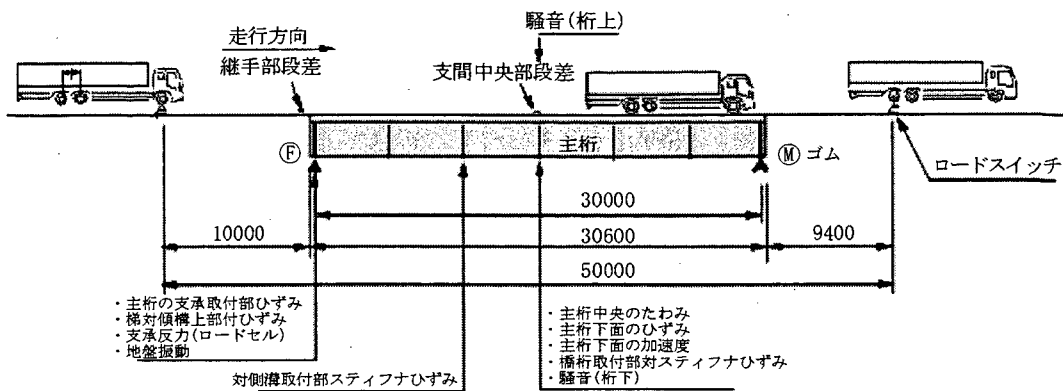


図-2.4.3 測定位置

表-2.4.3 測定記号

No.	測点記号	種類	符号	単位
1	MR	マットスイッチ運転席側	信号が入って+	
2	ML	マットスイッチ助手席側	〃	
3	G1F1	G1 桁下フランジ支点部近傍	引張力を受けて+	( $\mu$ )
4	G2F1	G2 桁下フランジ支点部近傍	〃	( $\mu$ )
5	G1F2	G1 桁下フランジ中央	〃	( $\mu$ )
6	G2F2	G2 桁下フランジ中央	〃	( $\mu$ )
7	G1S1	スティフナひずみ	〃	( $\mu$ )
8	G2S1	〃	〃	( $\mu$ )
9	G3S1	〃	〃	( $\mu$ )
10	G4S1	〃	〃	( $\mu$ )
11	G2S1	〃	〃	( $\mu$ )
12	G2S2	〃	〃	( $\mu$ )
13	SB1	端対傾構ひずみ	〃	( $\mu$ )
14	G1D	G1 桁中央たわみ	桁が下がって-	(mm)
15	G2D	G2 桁中央たわみ	〃	(mm)
16	G1A1	G1 桁加速度(1/4)	-	(g)
17	G1A2	G2 桁加速度(2/4)	-	(g)
18	G1A3	G3 桁加速度(3/4)	-	(g)
19	G1L	G1 桁支承部ロードセル	圧縮荷重を受けて-	(tf)
20	G2L	G2 桁支承部ロードセル	〃	(tf)
21	G3L	G3 桁支承部ロードセル	〃	(tf)
22	G4L	G4 桁支承部ロードセル	〃	(tf)
23	Kyoudai	橋台振動	-	(Gal)
24	Jiban	地盤振動	-	(Gal)
25	L_A	橋梁下部騒音レベル	-	(dB)
26	L_B	橋台振動レベル	-	(dB)
27	G1HInL	桁端部水平移動量	桁端部が広がって-	(mm)
28	G1HInR	〃	〃	(mm)
29	G1HOutL	〃	〃	(mm)
30	G1HOutR	〃	〃	(mm)



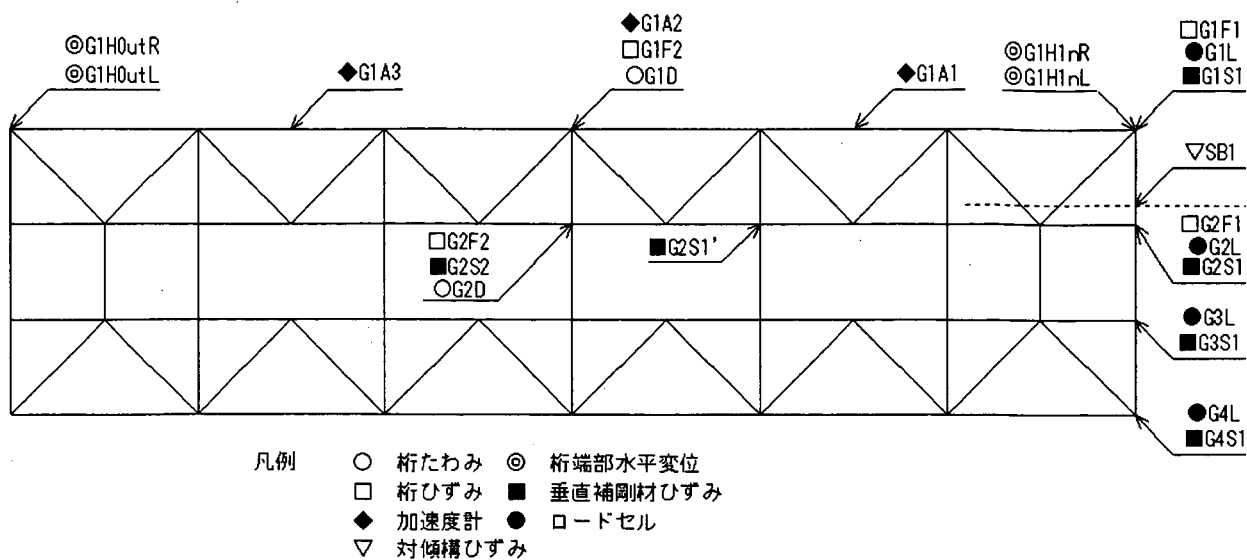
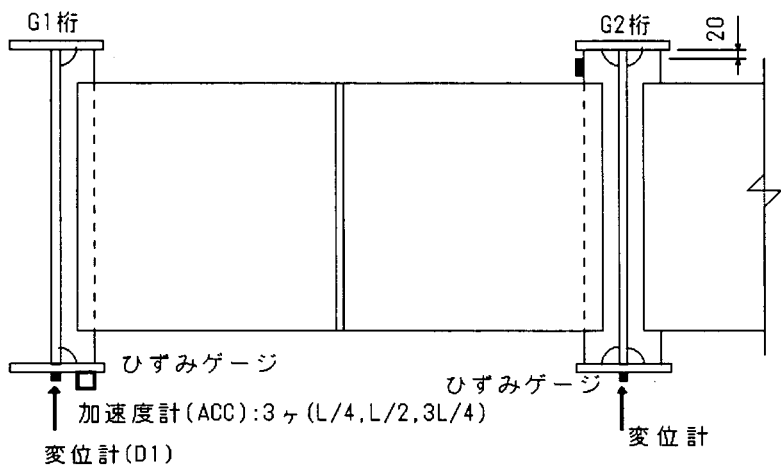
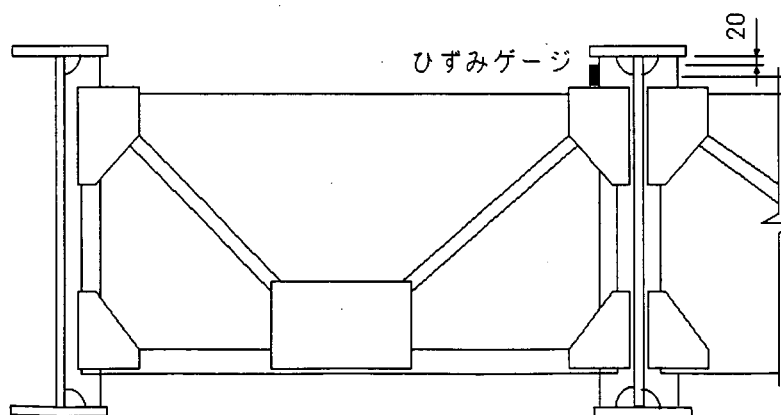


図-2.4.4 測定位置

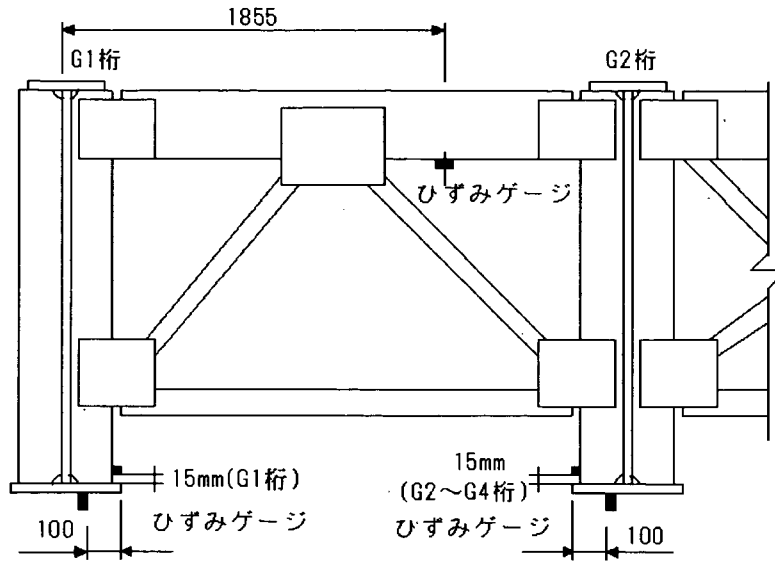


(a) 横げた部



(b) 中間対傾構部

図-2.4.5 計測器取付位置の詳細 (単位 mm) その1



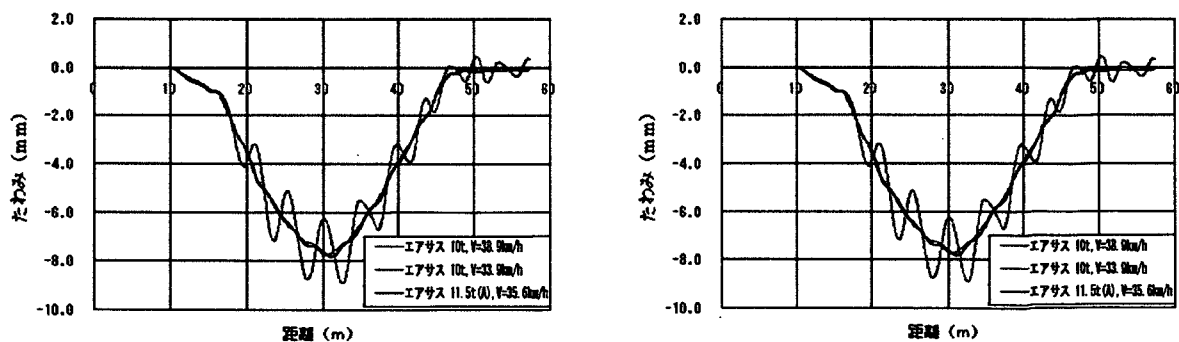
(c) 端対傾構部

図-2.4.5 計測器取付位置の詳細 (単位 mm) その2

### 2.4.3 試験結果

#### (1) 総重量の影響を受けやすい部位に及ぼす影響

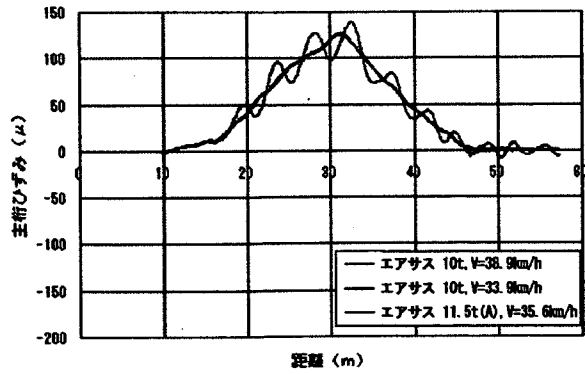
図-2.4.6 から図-2.4.9 に総重量の影響を受けやすいと考えられる主げたの支間中央部のたわみとひずみ波形を示す。主げたの応答は、車両通過に伴う部材の応答時間が、車両振動周期に対して十分に長く、その結果として、車両としての振動に伴う動的変動の影響が顕著に表れており、車両の振動特性の影響を反映している。なお、軸重 10t と 11.5t の差はほとんど表れていない。



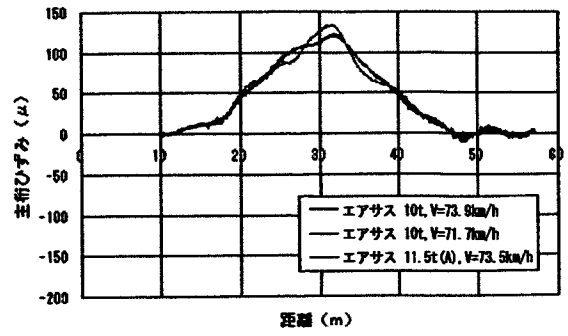
(a) 40km/h

(b) 80km/h

図-2.4.6 主げた (G1) 支間中央部のたわみの例 (トラック)

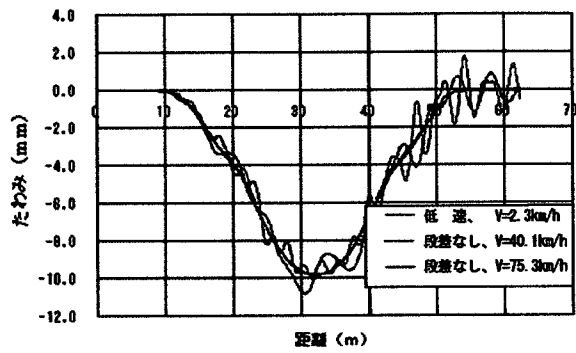


(a) 40km/h

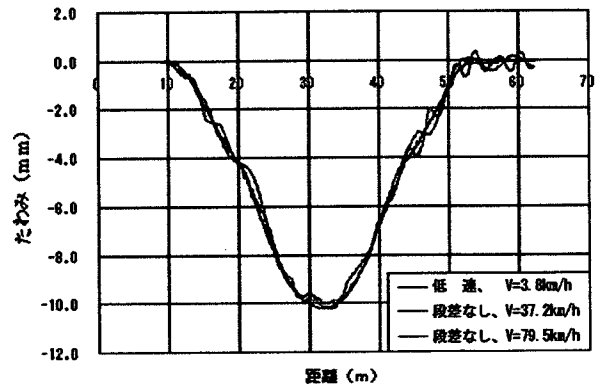


(b) 80km/h

図-2.4.7 主げた (G1) 下フランジ支間中央のひずみの例 (トラック)

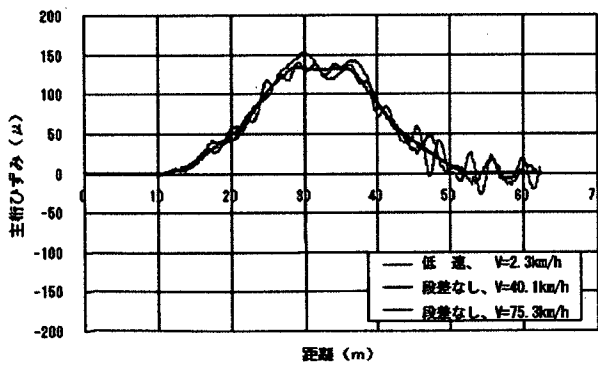


(a) リーフサス

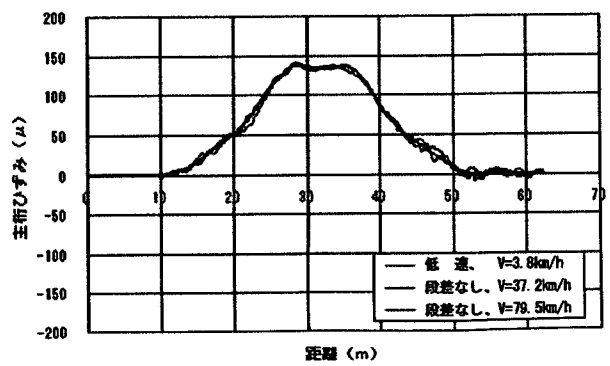


(b) エアサス

図-2.4.8 主げた (G1) 支間中央のたわみの例 (トラクタ)



(a) リーフサス

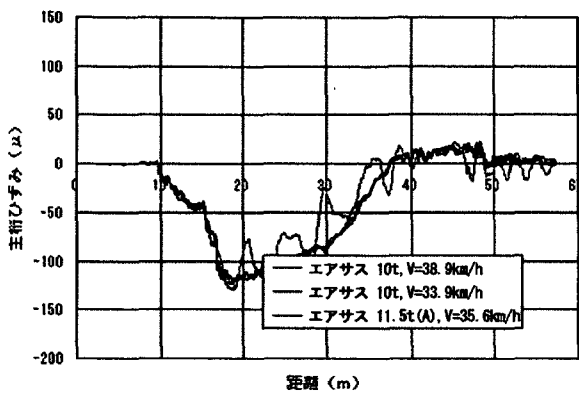


(b) エアサス

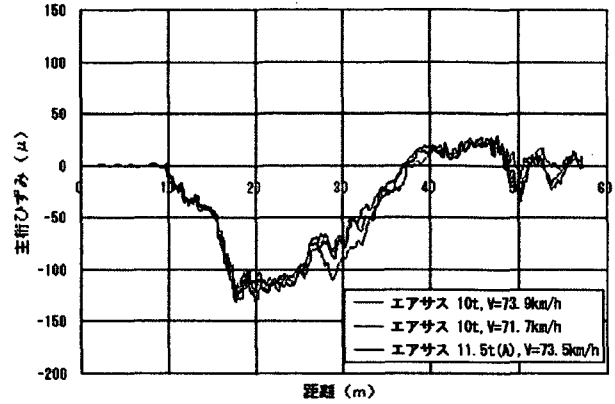
図-2.4.9 主げた (G1) 下フランジ支間中央のひずみの例 (トラクタ)

(2) 支承部に及ぼす影響

図-2.4.10 から図 2.4.13 に支承部に及ぼす影響として、支承取り付け部近傍の主げた下フランジのひずみおよび支承の反力を示す。支承部の応答についても、主げたと同様に車両としての振動に伴う動的変動の影響が顕著に表れており、車両の振動特性の影響を反映していることがわかる。

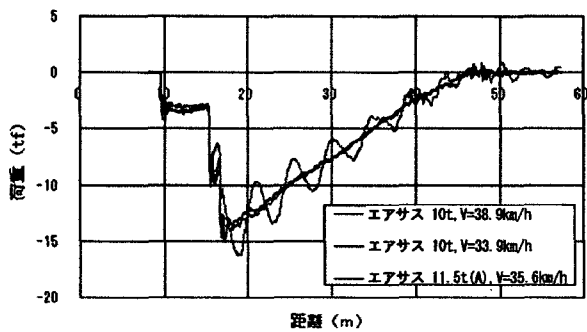


(a) 40km/h

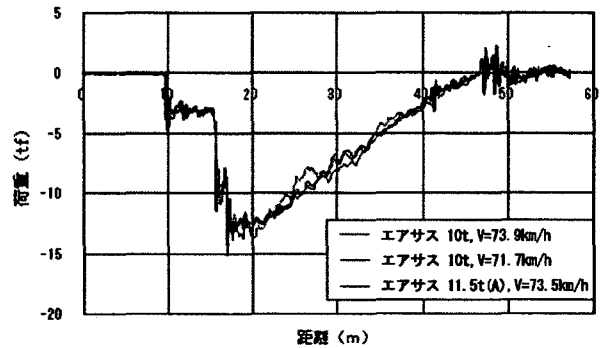


(b) 80km/h

図-2.4.10 支承取付部近傍の主げた (G1) 下フランジのひずみの例 (トラック)

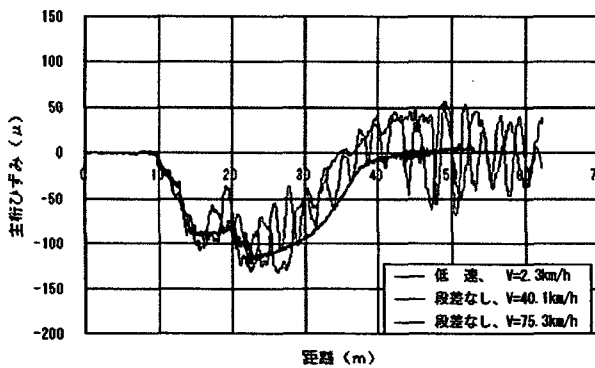


(a) 40km/h

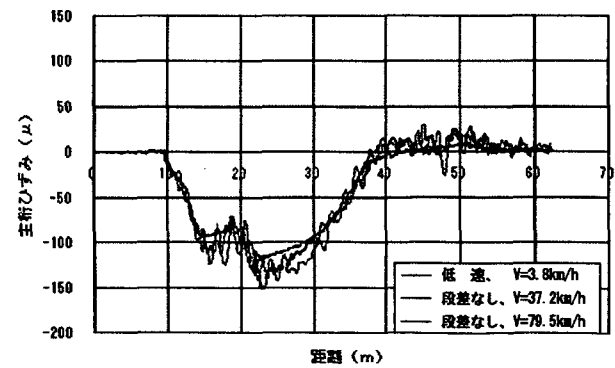


(b) 80km/h

図-2.4.11 支承ロードセル (G1) の荷重の例 (トラック)

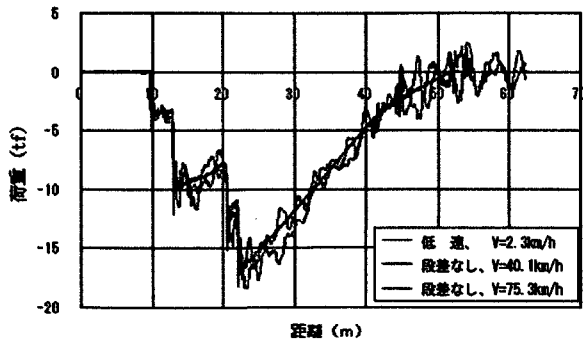


(a) リーフサス

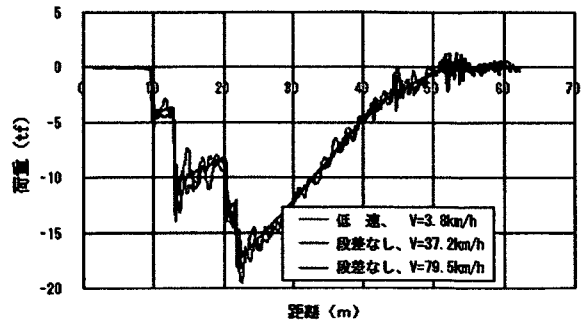


(b) エアサス

図-2.4.12 支承取付部近傍の主げた (G1) 下フランジのひずみの例 (トラクタ)



(a)リーフス

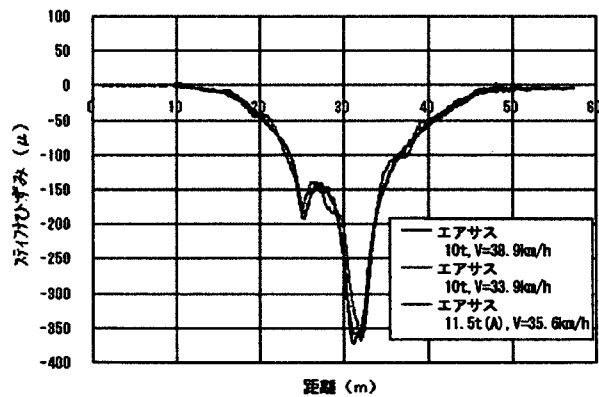


(b)エアサス

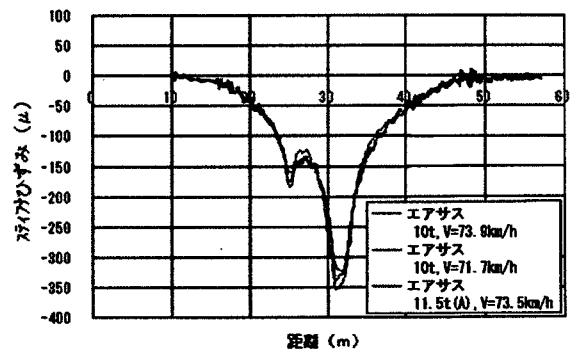
図-2.4.13 支承ロードセル (G1) の荷重の例 (トラクタ)

(3) 軸重の影響を受けやすい部位に及ぼす影響

図-2.4.14 から図-2.4.17 に軸重の影響を受けやすい部位として、横げた取付部および端対傾構のひずみを示す。床版をはじめ、これら軸重の影響を顕著に受ける部材の応答については、影響線形状が鋭く、計測位置直近を車輪が通過するときだけに大きく応答するため、主げたなどと異なり、応答波形の形状には車両としての振動の影響が表れにくく、ピークの先端部付近の応答に差が見られる程度である。

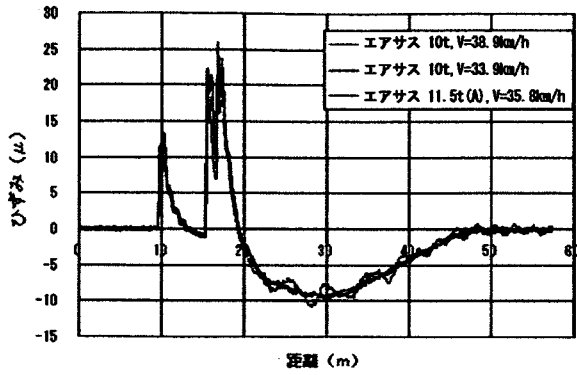


(a) 40km/h

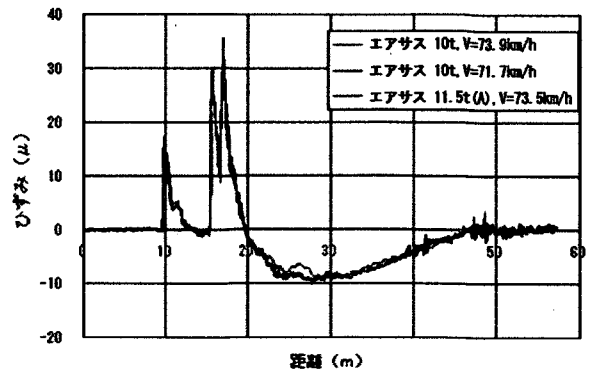


(b) 80km/h

図-2.4.14 横げた取り付け部のひずみの例 (トラック)

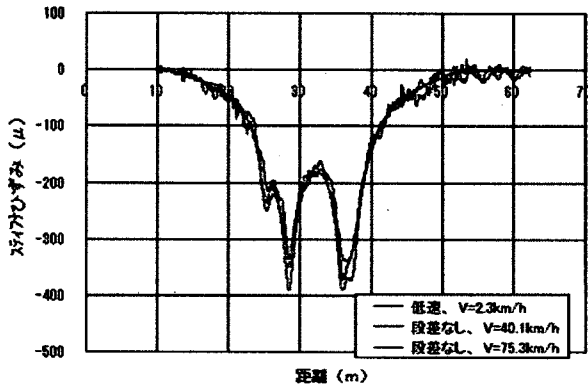


(a) 40km/h

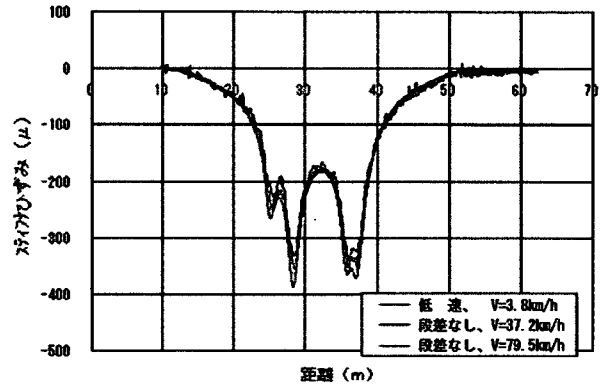


(b) 80km/h

図-2.4.15 端対傾構のひずみの例 (トラック)

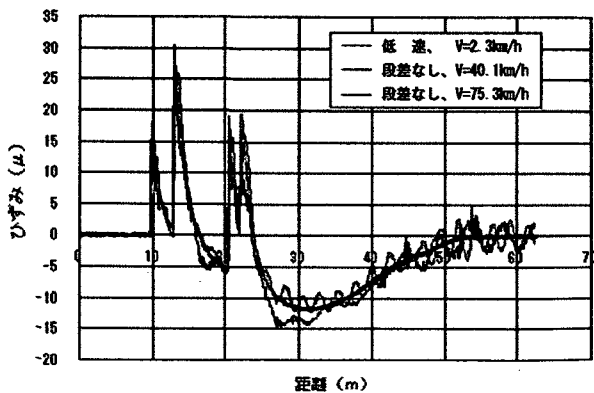


(a) リーフサス

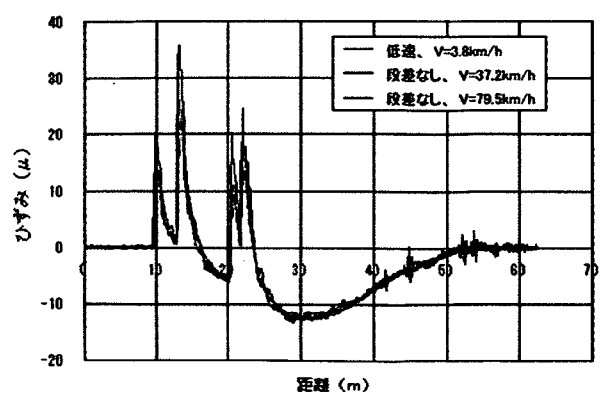


(b) エアサス

図-2.4.16 横げた取り付け部のひずみの例 (トラクタ)



(a) リーフサス



(b) エアサス

図-2.4.17 端対傾構のひずみの例 (トラクタ)

(4) 走行中に路面に及ぼす動的荷重

床版のように、車輪の通過に対して応答時間が短く、主げたと同様に橋梁部材における測定による動的影響の評価が困難な部材については、動的軸重に着目することにより、応答側ではなく入力側から評価した。図-2.4.18 から図-2.4.25 に試験橋梁走行時の動的軸重の波形を示す。動的軸重に着目すると、エアサス車はリーフサス車に対して動的荷重の最大値が低減される傾向があり、床版に対する動的影響を低減できると考えられる。

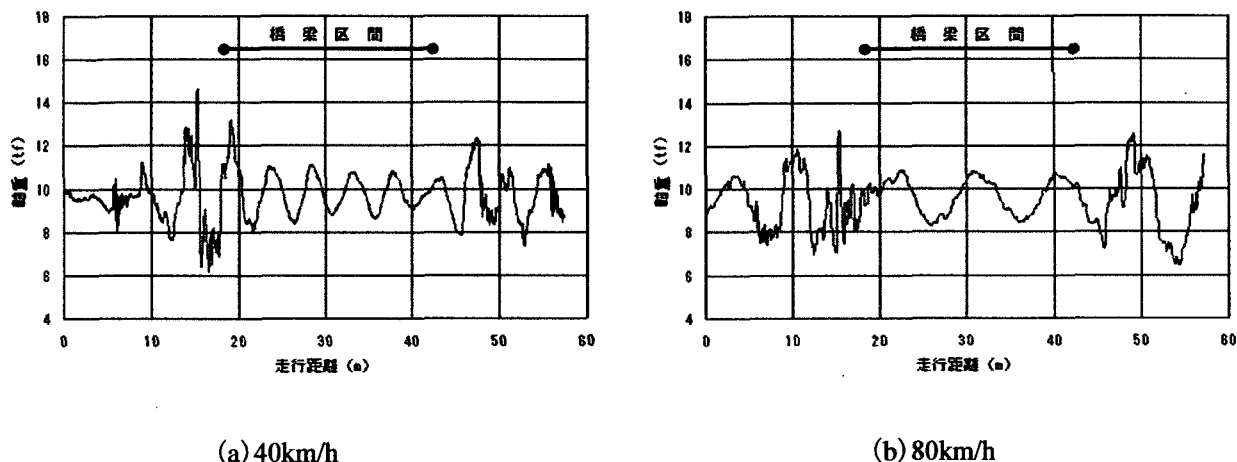


図-2.4.17 動的軸重波形 (リーフサス 10tトラック)

エアサス10t

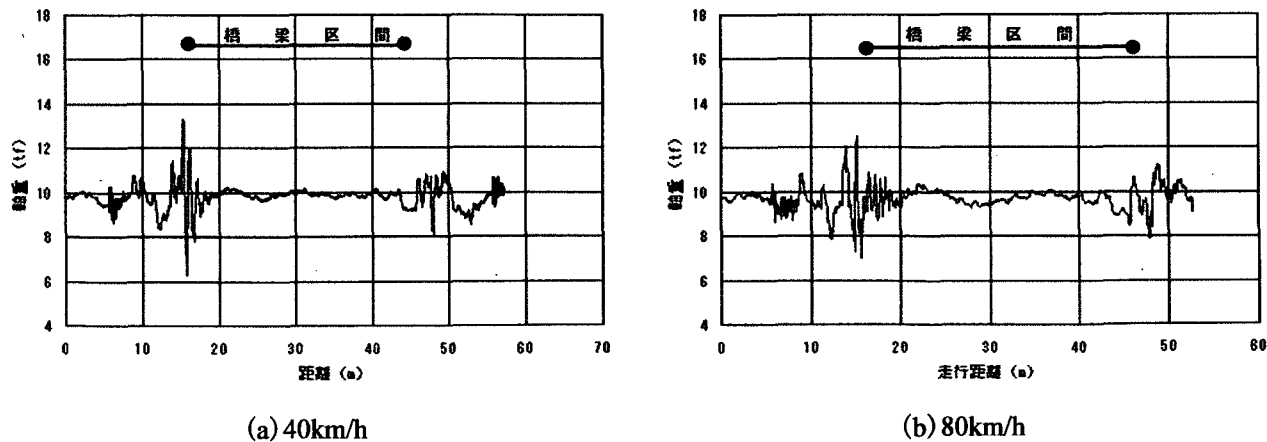
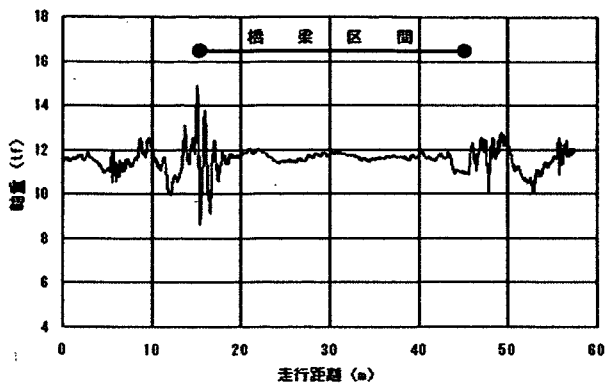
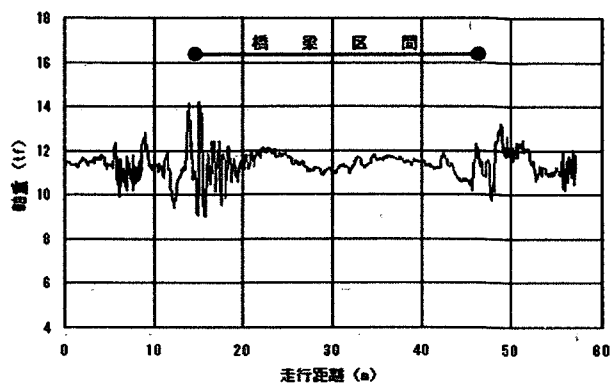


図-2.4.18 動的軸重波形 (エアサス 10tトラック)

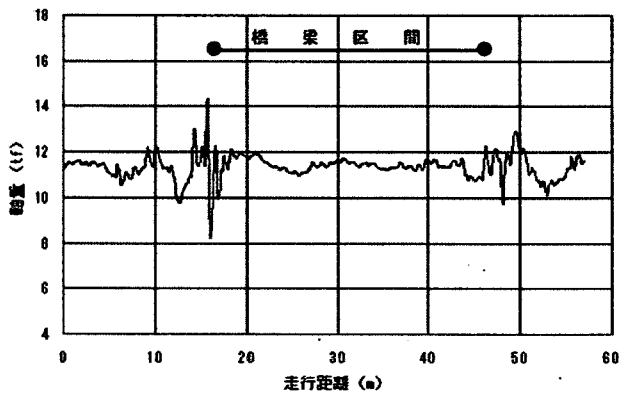


(a) 40km/h

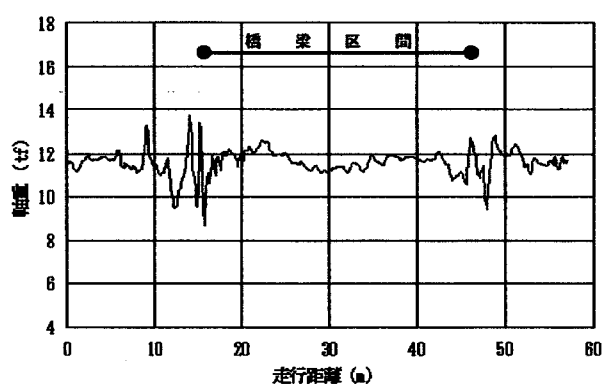


(b) 80km/h

図-2.4.19 動的軸重波形 (エアサス 11.5t(A)トラック)

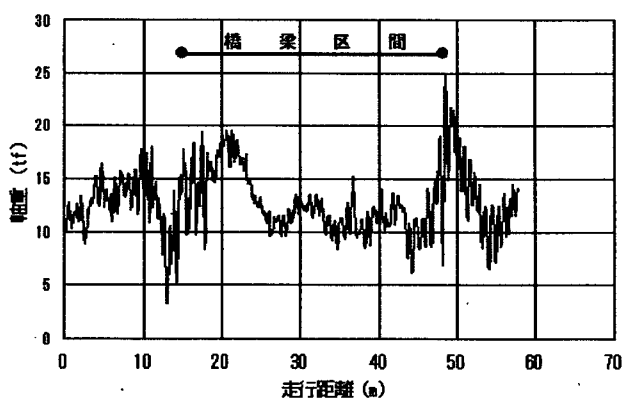


(a) 40km/h

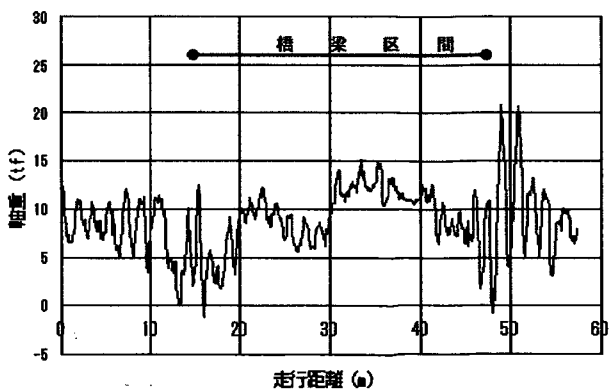


(b) 80km/h

図-2.4.20 動的軸重波形 (エアサス 11.5t(B)トラック)



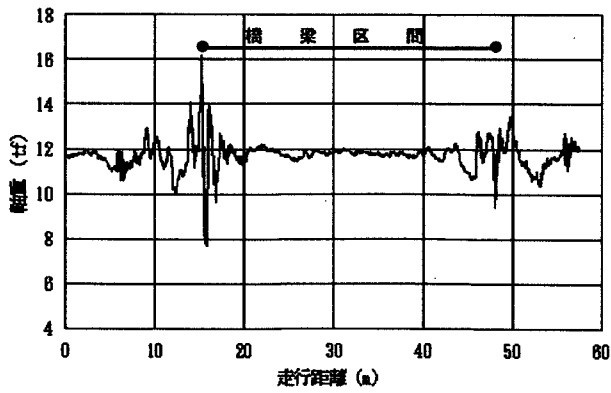
(a) 40km/h



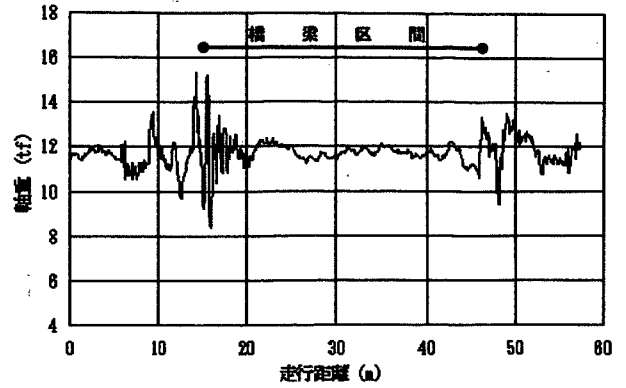
(b) 80km/h

図-2.4.21 動的軸重波形 (エアサス 11.5t(C)トラック)



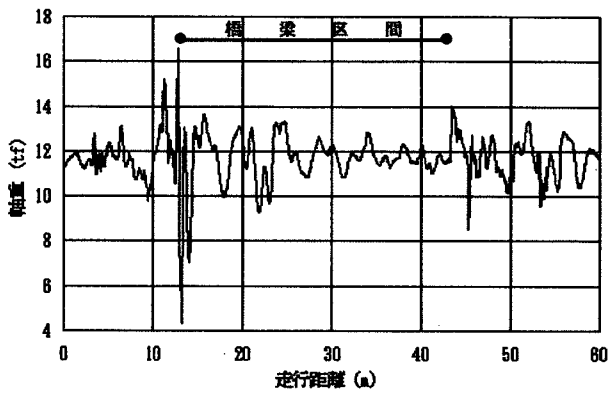


(a) 40km/h

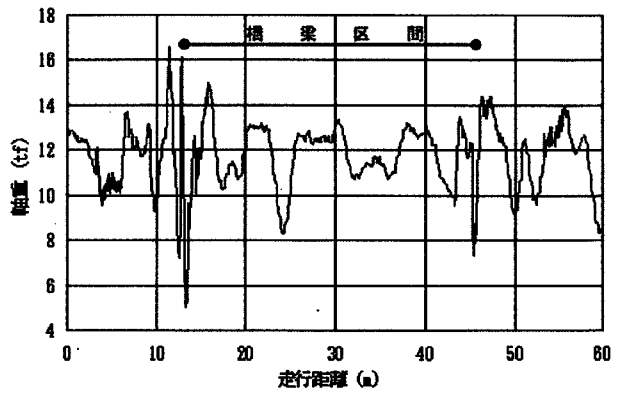


(b) 80km/h

図-2.4.22 動的軸重波形 (エアサス 11.5t(D)トラック)

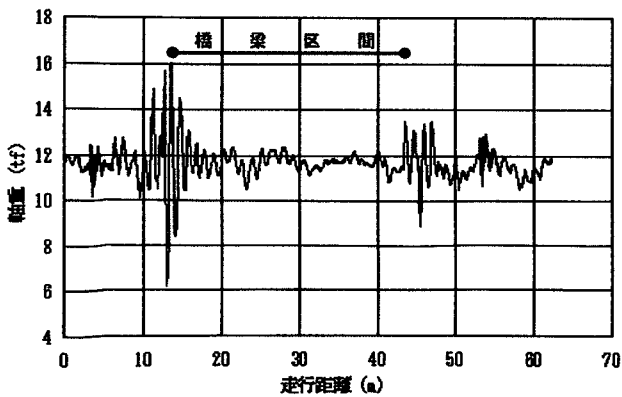


(a) 40km/h

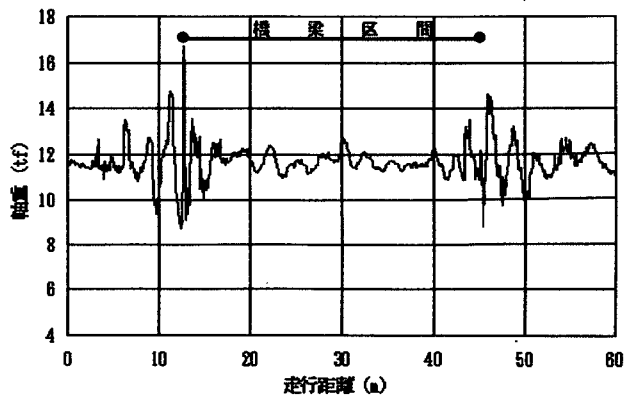


(b) 80km/h

図-2.4.23 動的軸重波形 (リーフサス 11.5tトラクタ)



(a) 40km/h



(b) 80km/h

図-2.4.24 動的軸重波形 (エアサス 11.5tトラクタ)

(5) 疲労に対する影響

ここでは、橋梁走行試験の結果を用いて、大型車のサスペンション特性の違いが橋梁部材の疲労に与える影響について評価する。

表-2.4.4 および表-2.4.5 に支承部近傍主げた下フランジにおける疲労ダメージを軸重 10t のリーフサス車の値を 1 として相対比較した結果を示す。なお、疲労ダメージの評価は、ダメージがマイナーの線形被害則に従って生じるものとし、鋼部材であるため 3 乗則を適用して行った。その結果、主げたのように車両通過に伴う応答時間が車両の振動周期より十分に長い部材については、車両振動の結果として現れる荷重変動の影響が部材応答に表れ、車両振動が低減されるエアサス車は、リーフサス車よりも部材の応力振幅が小さくなり、疲労ダメージも低減される傾向にある。

表-2.4.4 支承部近傍主げた下フランジにおけるダメージ比較 (6 × 2トラック)

試験条件	リーフサス 10t	エアサス 10t	エアサス			
			11.5t(A)	11.5t(B)	11.5t(C)	11.5t(D)
継手段差・40km/h	1.00	0.82	0.77	0.74	1.70	0.79
継手段差・80km/h	1.00	0.86	0.95	0.87	1.03	0.94
中央段差・40km/h	1.00	0.59	0.54	—	—	—
中央段差・80km/h	1.00	0.92	1.01	—	—	—

表-2.4.5 支承部近傍主げた下フランジにおけるダメージの比較 (4 × 2トラック)

車種	リーフサス 11.5t	エアサス 11.5t
継手段差・40km/h	1.00	0.60
継手段差・80km/h	1.00	0.56
中央段差・80km/h	1.00	0.29
中央段差・80km/h	1.00	0.82

表-2.4.6 および表-2.4.7 に床版に対する疲労ダメージを軸重 10t のリーフサス軸の値を 1 として相対比較した結果を示す。なお、床版のように、車輪の通過に対して応答時間が短い部材については、車両振動の結果は、振動のある位相部分の重ね合わせとなって表れるため、部材側の応答波形から疲労ダメージを比較することは難しく、車両が走行中に及ぼす続ける輪荷重に着目して評価した。また、疲労ダメージはマイナーの線形被害則に従って生じるものとし、コンクリート床版であるため、1 2 乗則を適用して行った。この結果、静的な軸重が同等であれば、疲労ダメージが低減される傾向があること、軸重が大きくなると、疲労ダメージも大きくなる傾向があることがわかる。

表-2.4.6 床版におけるダメージの比較 (6 × 2トラック)

試験条件	リーフサス 10t	エアサス 10t	エアサス			
			11.5t(A)	11.5t(B)	11.5t(C)	11.5t(D)
継手段差・40km/h	1.00	0.17	1.15	0.87	(71.51)	1.44
継手段差・80km/h	1.00	0.68	4.66	4.64	(47.01)	7.2

表-2.4.7 床版におけるダメージの比較 (4 × 2トラック)

車種	リーフサス 11.5t	エアサス 11.5t
継手段差・40km/h	1.00	0.90
継手段差・80km/h	1.00	0.59

図-2.4.24 に、主げたのように応答時間の長い部材における疲労ダメージの考え方を一般化して示す。静的な応答周期が動的な変動の周期よりも十分長い場合、部材応答の波形には、静的な応答の上に重ねたら動的な変動が顕著に表われている。その結果、動的変動の大きいリーフサス車両は、エアサス車両よりも、動的変動に伴うダメージが増加する結果となる。

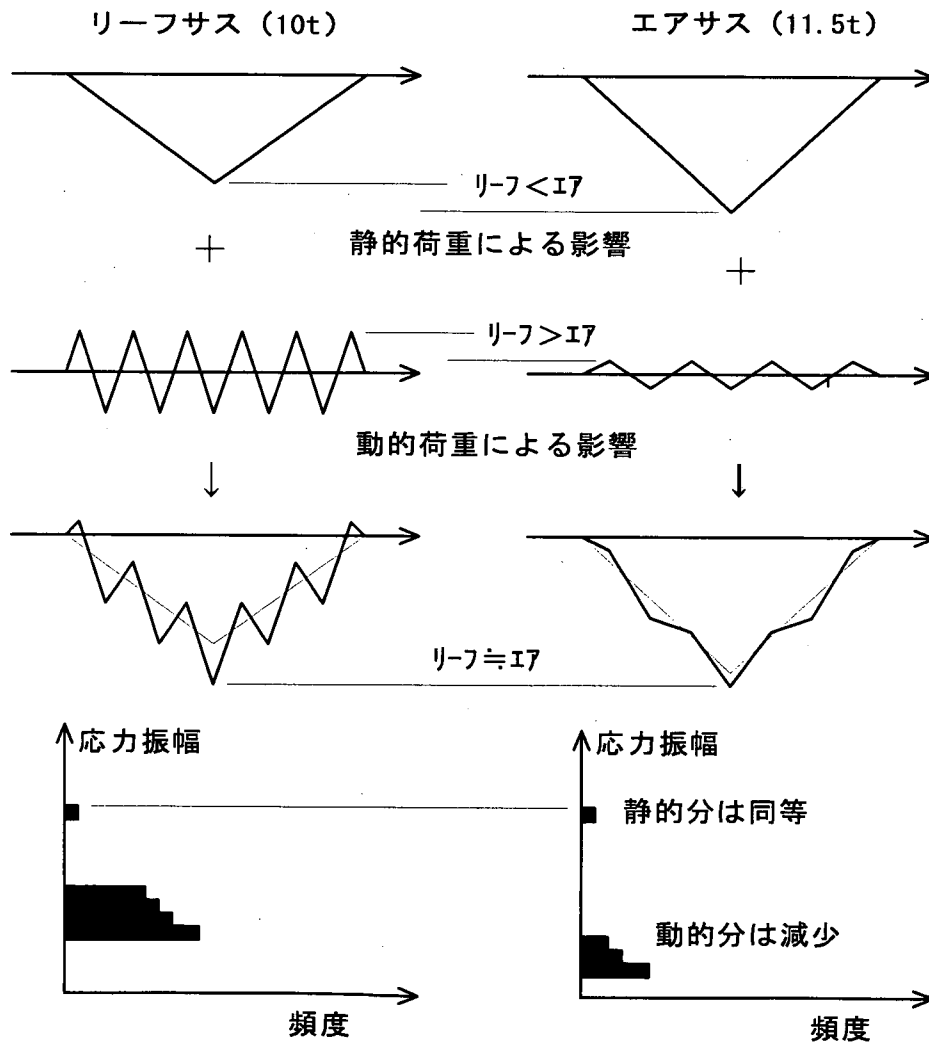


図-2.4.24 応答時間の長い部材における疲労ダメージの考え方

図-2.4.25 には、床版のように応答時間の短い部材の疲労ダメージの考え方を一般化して示す。このように、静的な応答の周期が短い部材は、そのピークが鋭敏な形状になり、動的な影響は、静的なピーク値に動的変動のある位相部分が重なった状態になっていると考えることができる。そのため、部材応答のピーク値の分布は、常時変動する荷重を路面に与えている輪荷重の変動分布を反映したものとなり、輪荷重の変動の大きさは、応力振幅のバラツキの大きさとなって表われ、軸重の増加は、応力振幅分布の上方へのシフトとなって表われる。一方、疲労ダメージは、応力振幅の 12 乗で増加することから、輪荷重のバラツキが小さくなると大きなクラスの応力振幅の頻度が減る効果により、動的影響が緩和される。また、軸重が大きくなると応力振幅の頻度が上方にシフトする効果が効いて、疲労ダメージが増大する。

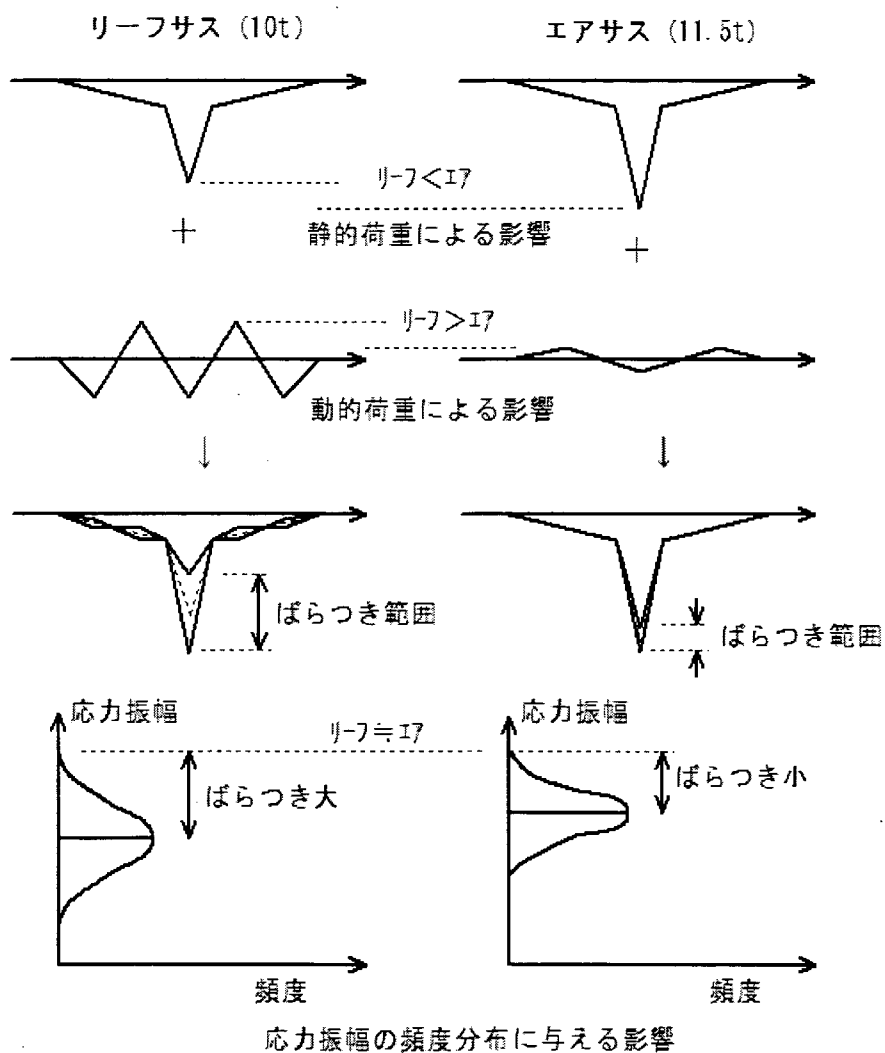


図-2.4.25 応答時間の短い部材における疲労ダメージの考え方

以下に、全車両、全測定点における波形を示す。

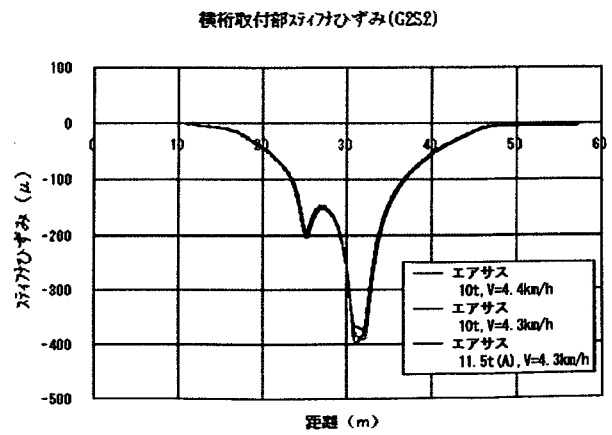
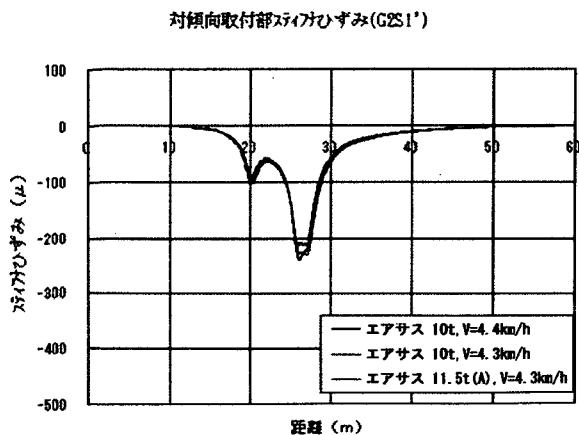
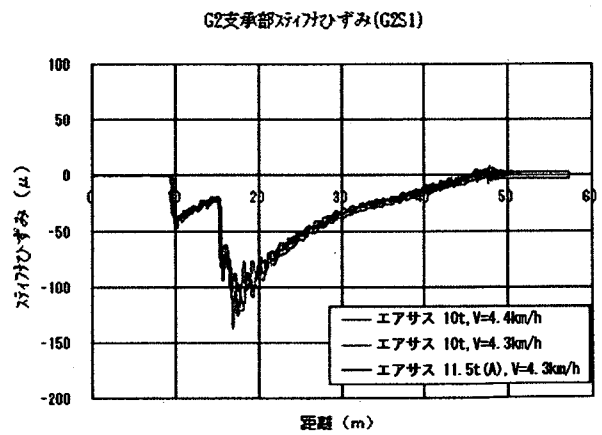
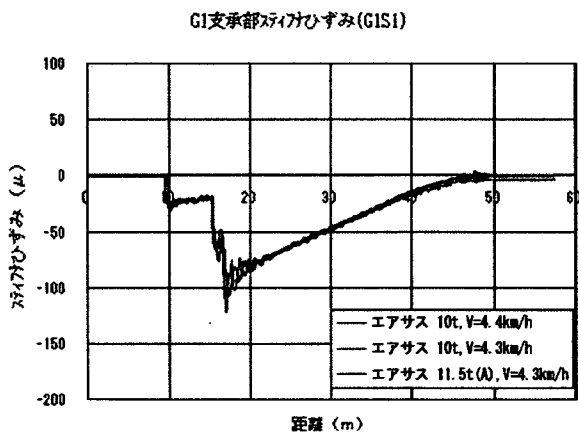
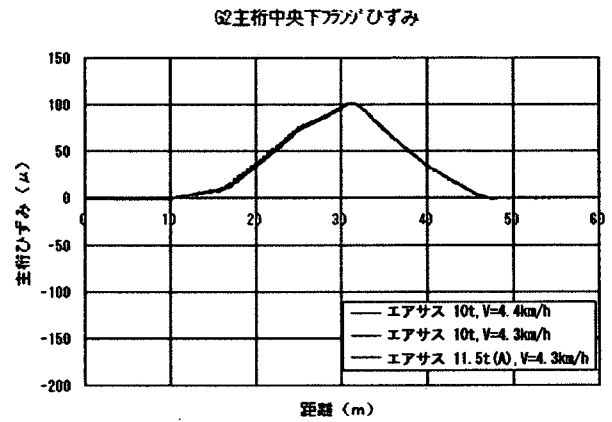
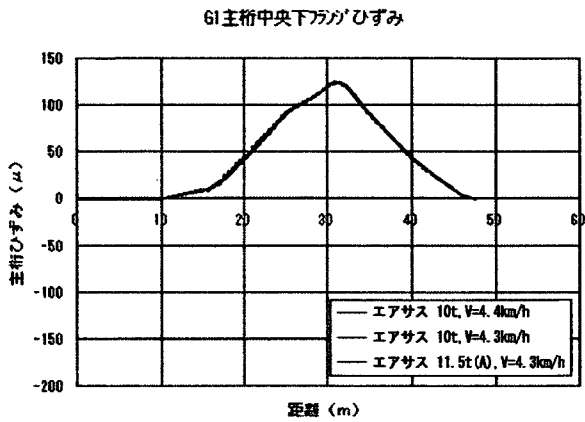
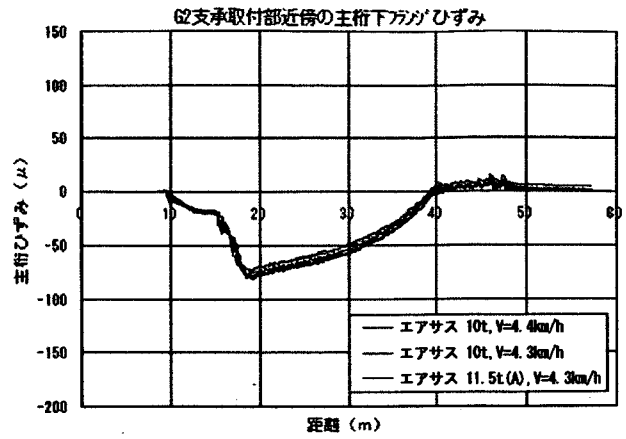
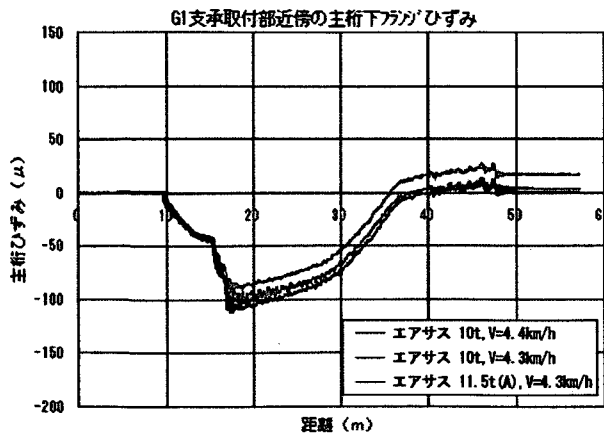


図-2.4.26 橋梁走行試験測定波形の比較(リーフス10t,エアサス10t,エアサス11.5t(A),低速,段差なし)その1

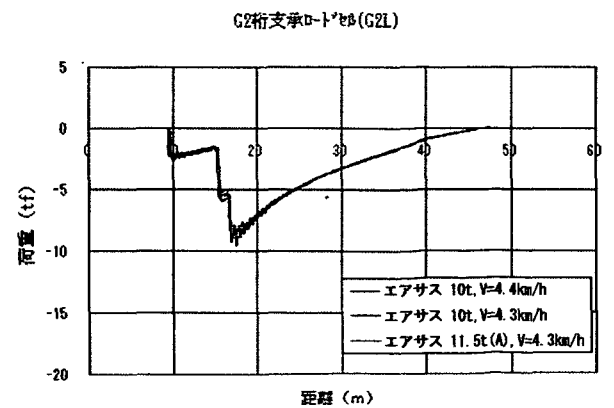
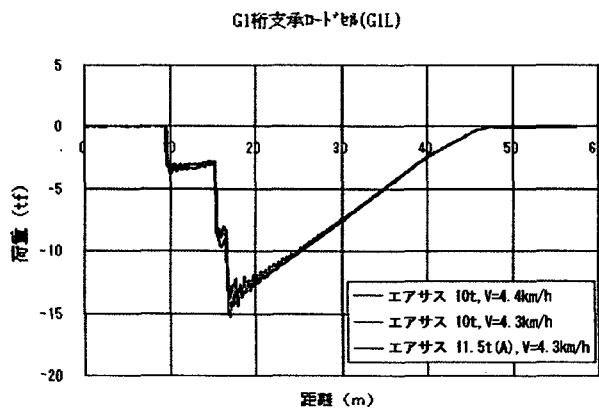
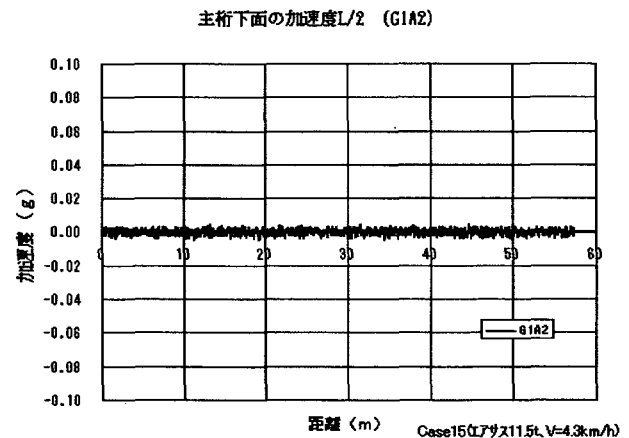
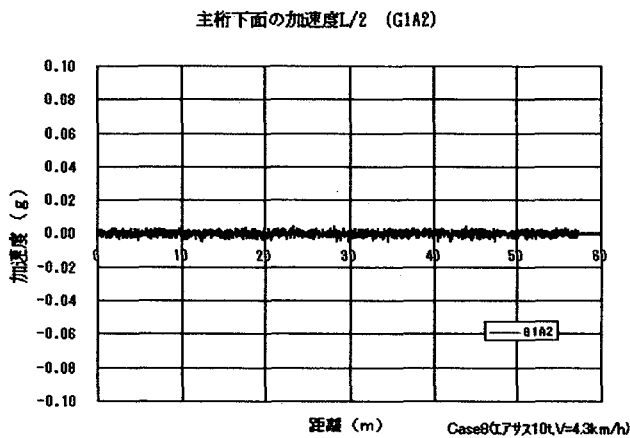
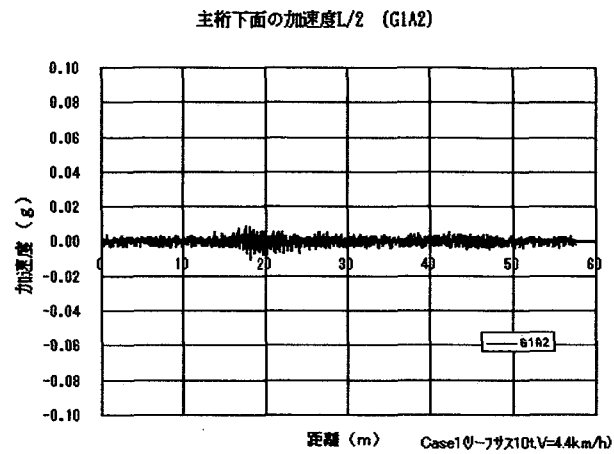
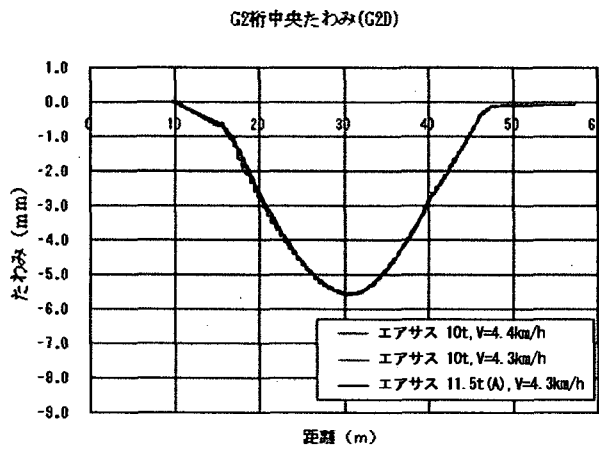
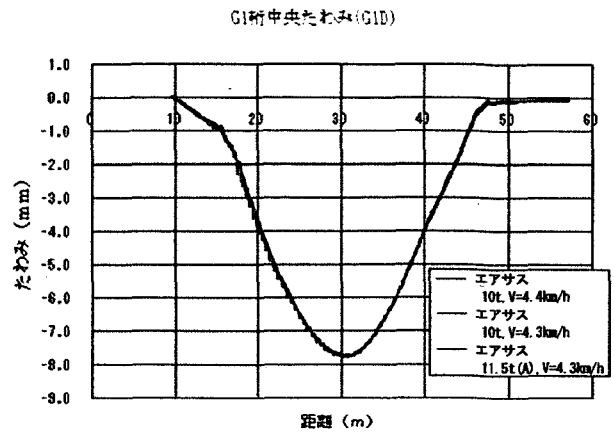
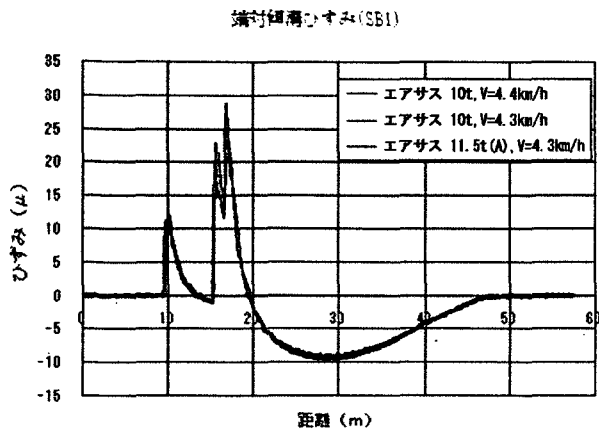


図-2.4.26 橋梁走行試験測定波形の比較(リーフサス10t,エアサス10t,エアサス11.5t(A),低速,段差なし)その2

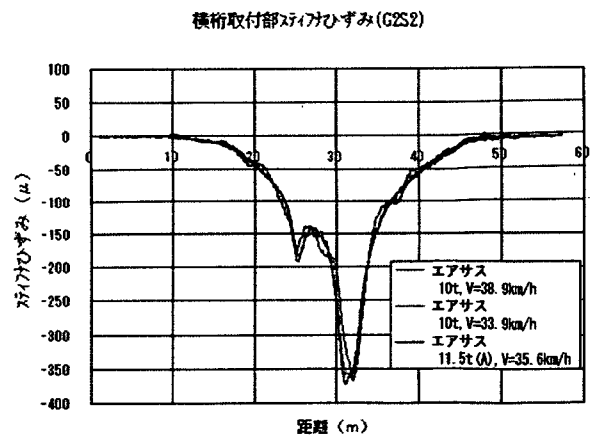
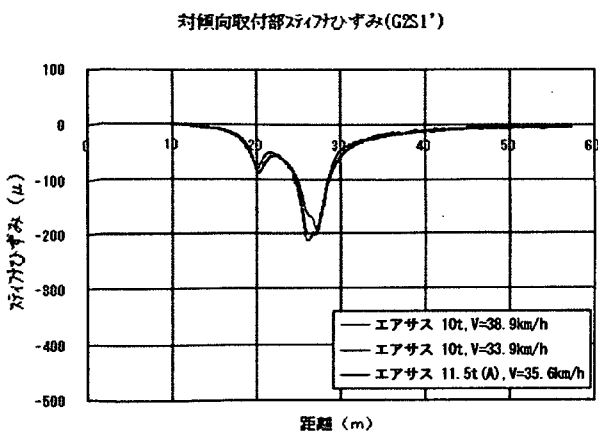
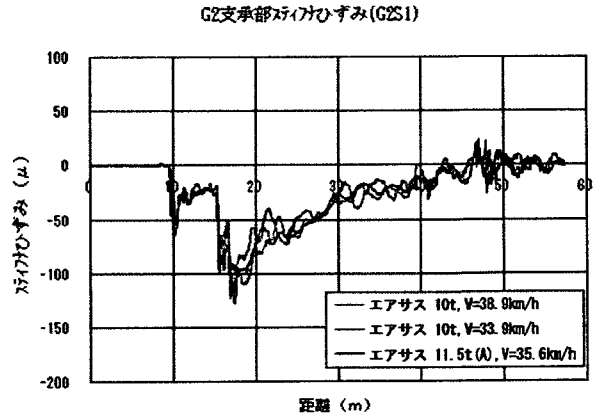
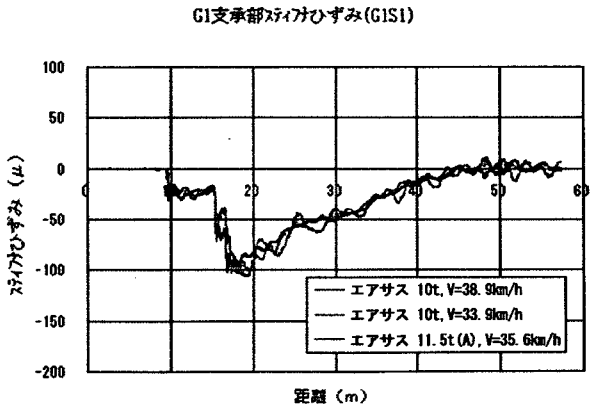
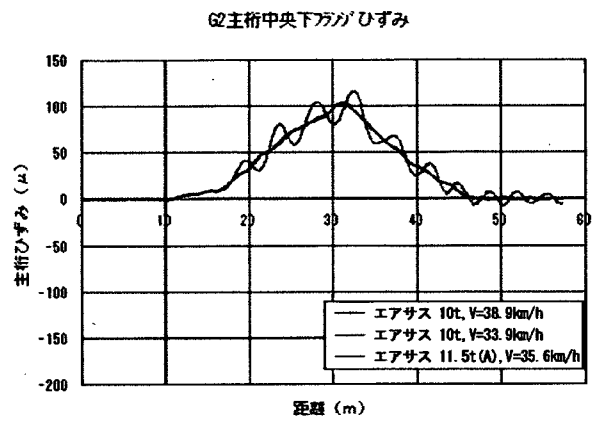
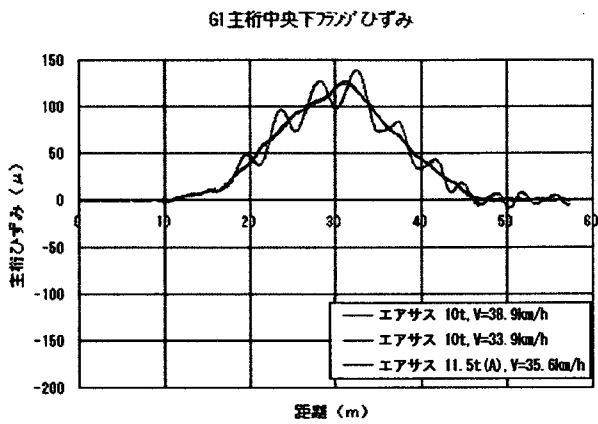
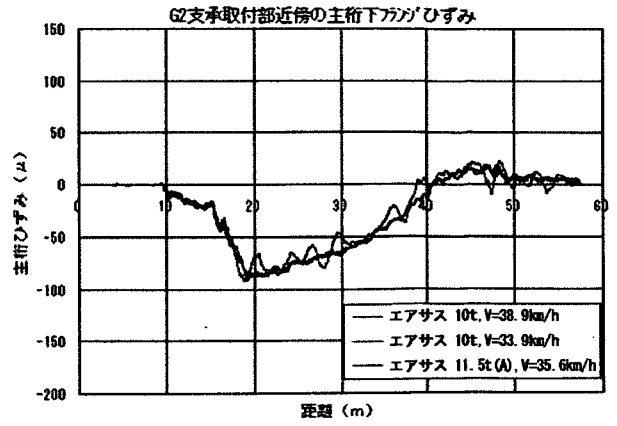
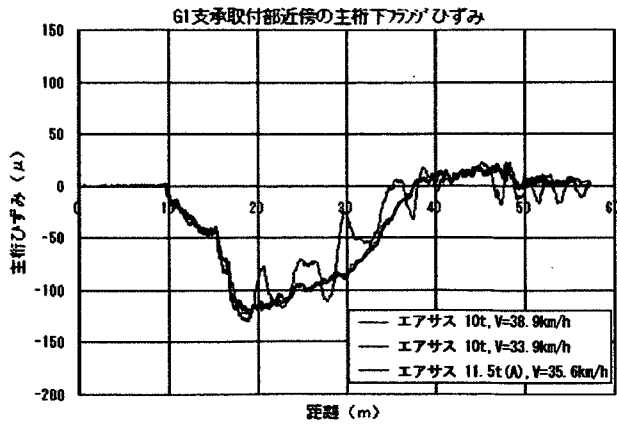


図-2.4.27 橋梁走行試験測定波形の比較(リーフス10t,エアサス10t,エアサス11.5t(A),低速,段差なし)その1

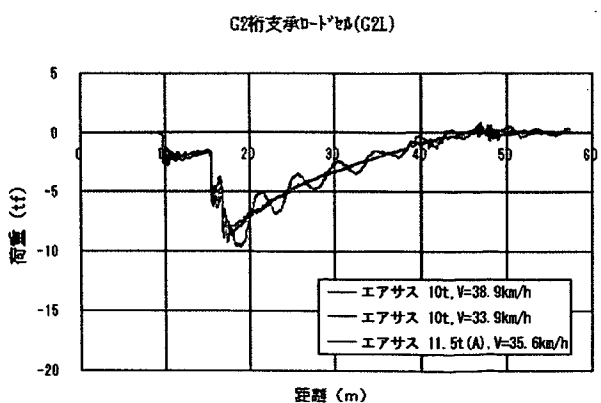
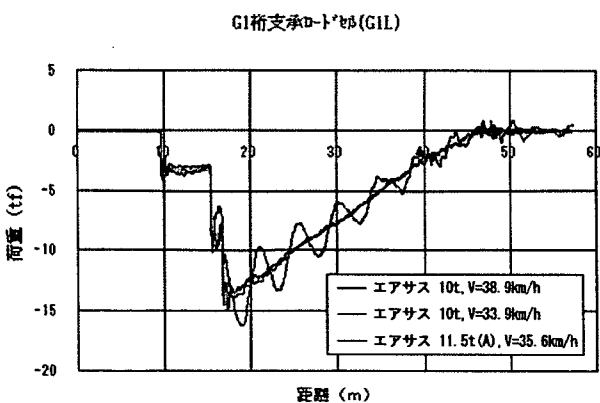
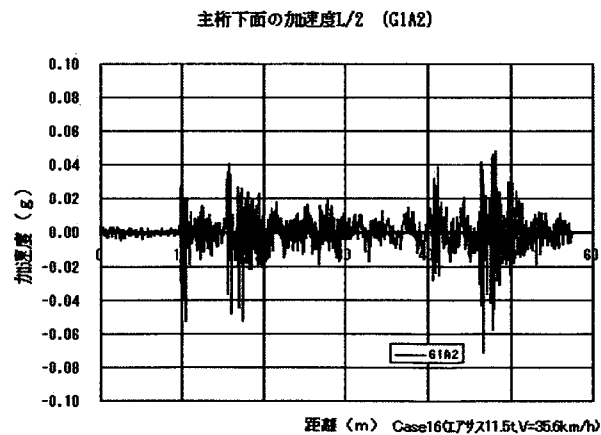
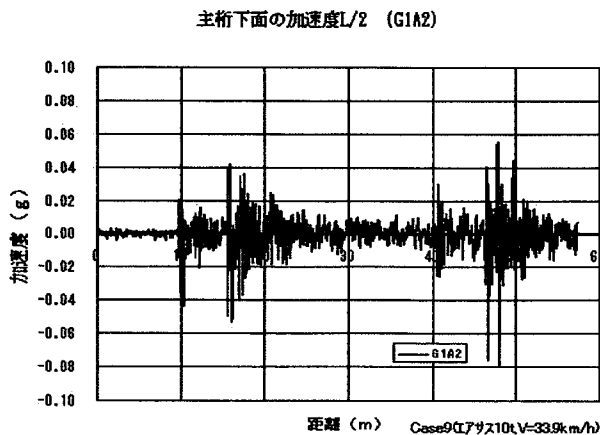
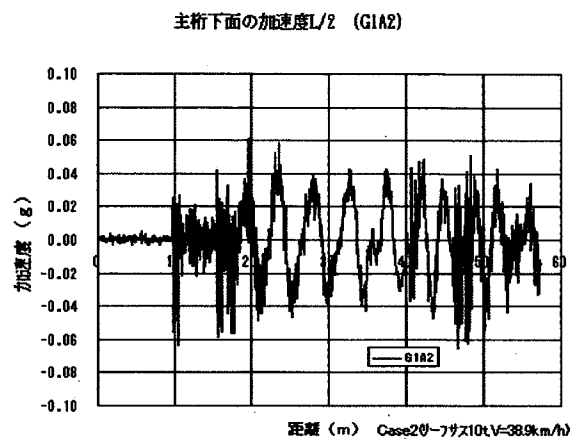
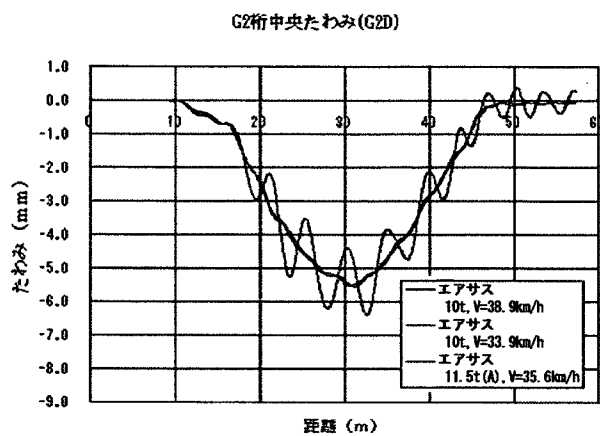
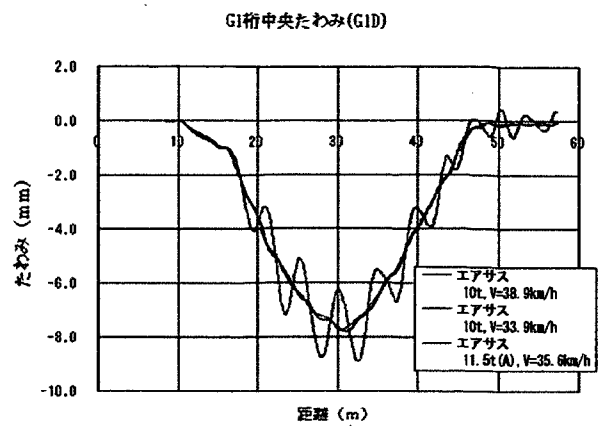
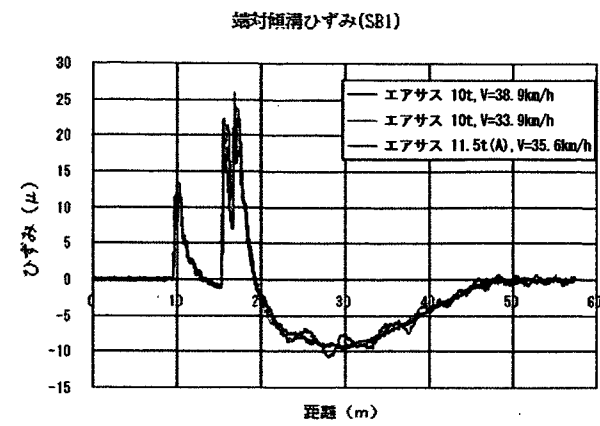


図-2.4.27 橋梁走行試験測定波形の比較(リーフス10t,エアサス10t,エアサス11.5t(A),低速,段差なし)その2



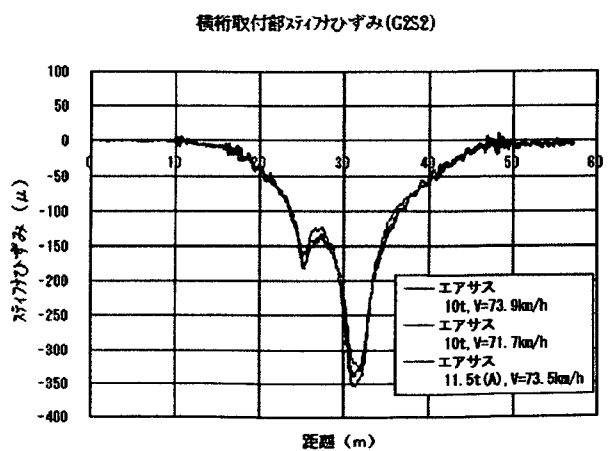
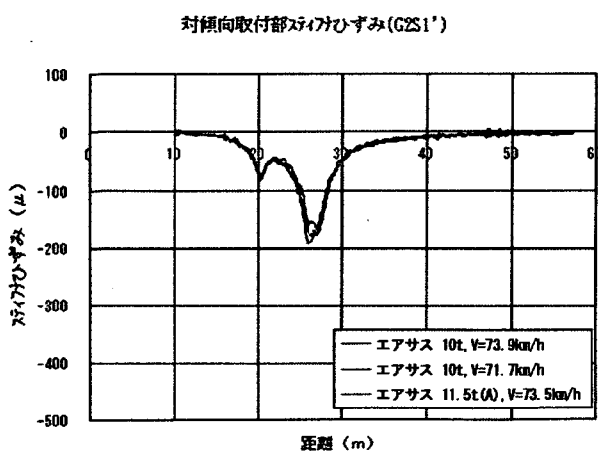
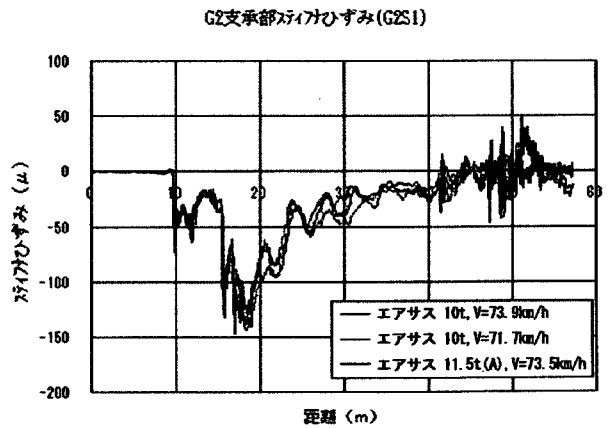
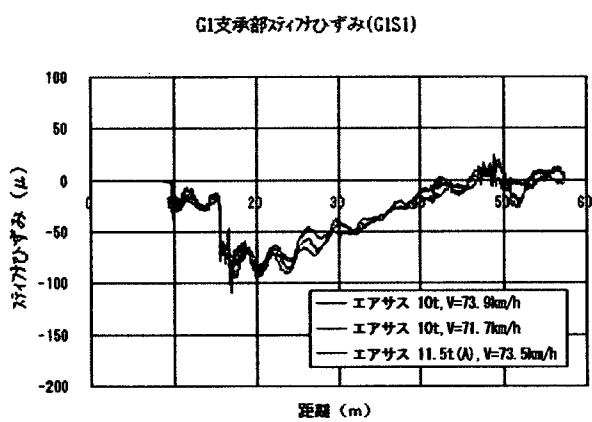
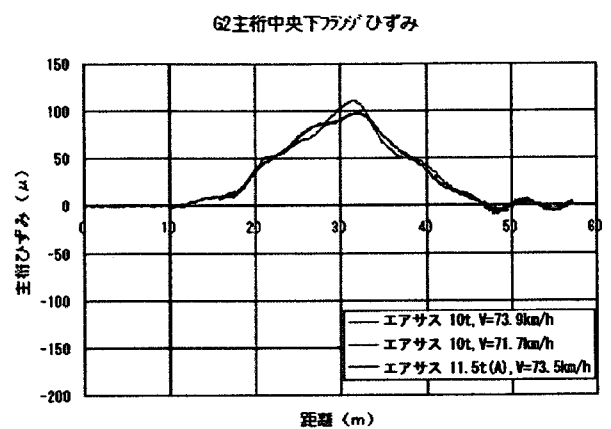
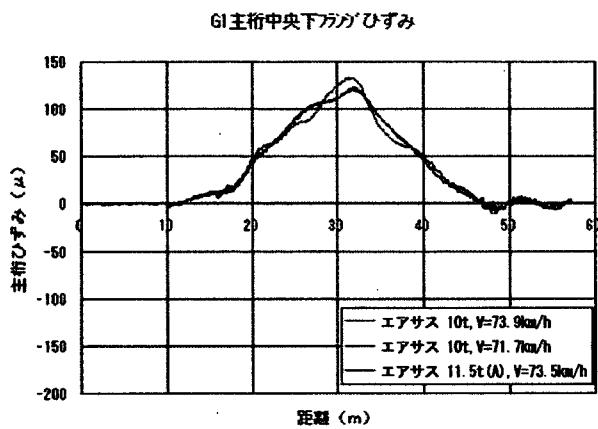
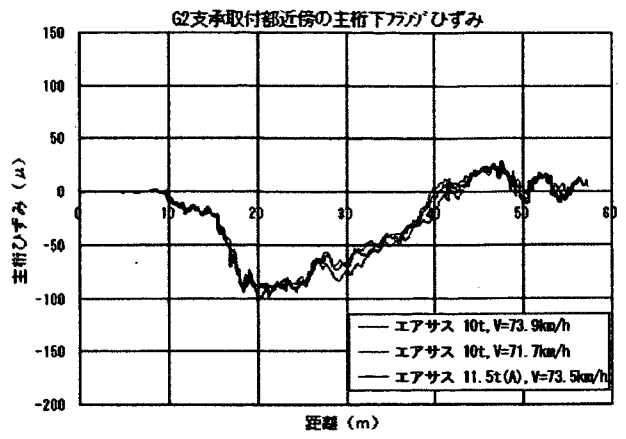
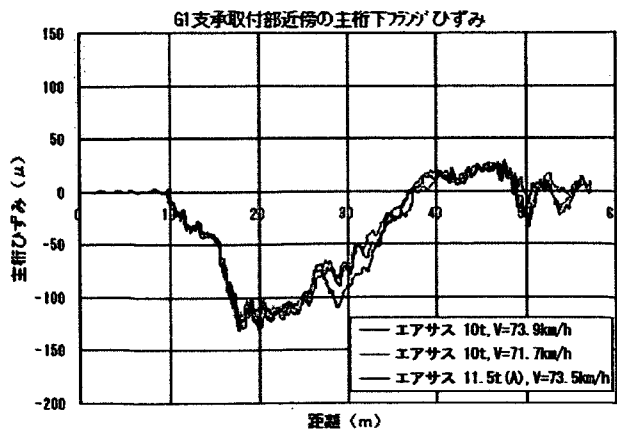


図-2.4.28 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーサス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t (A),v=80km/h,段差なし) その1

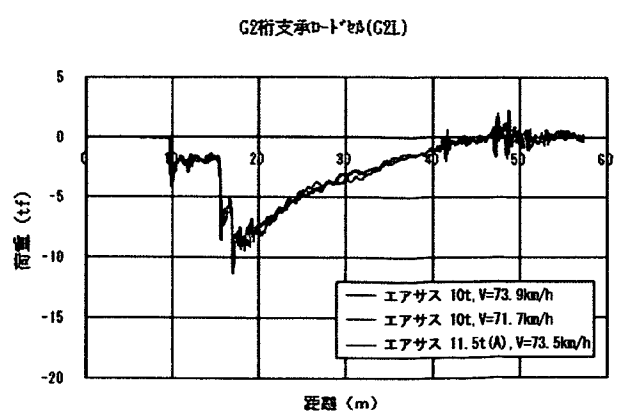
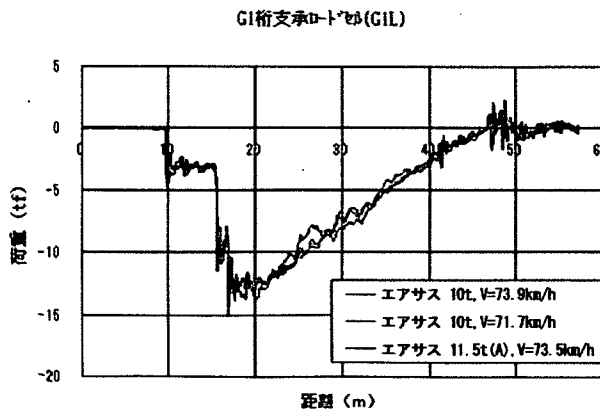
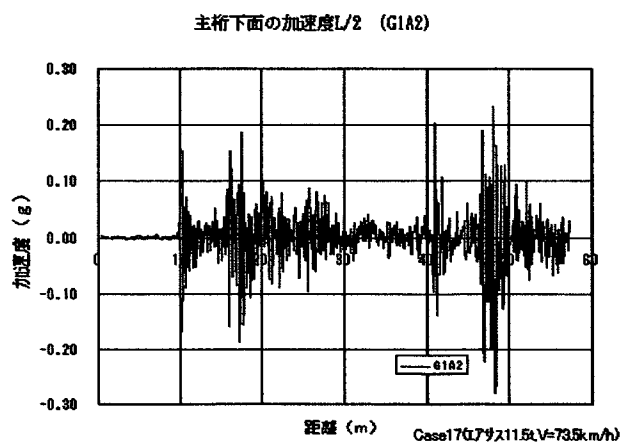
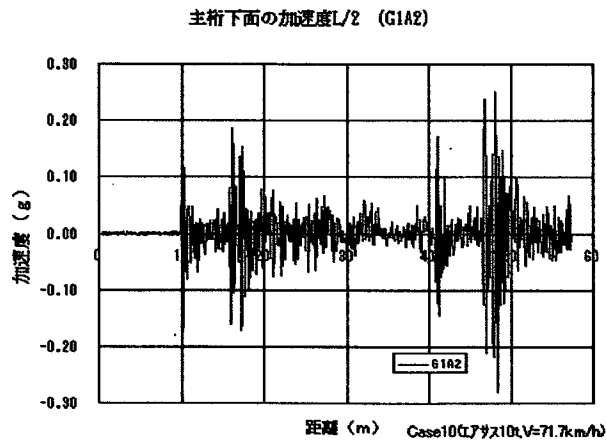
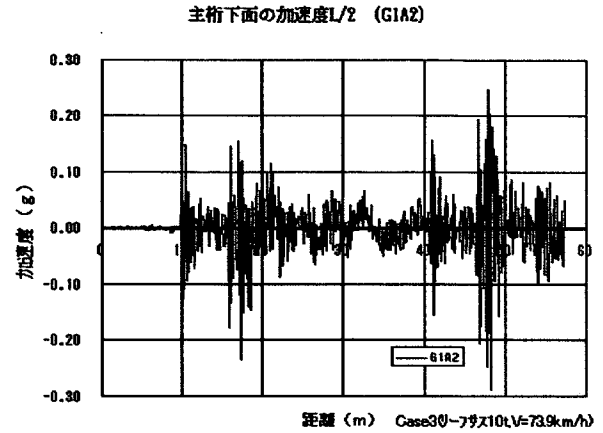
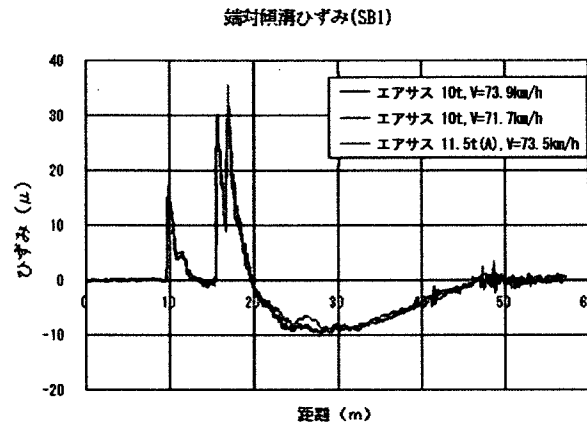
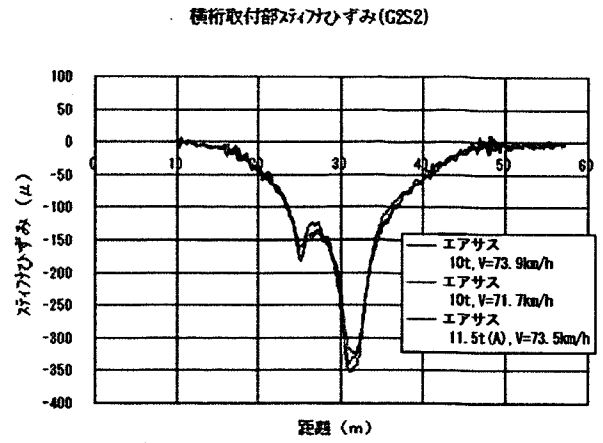
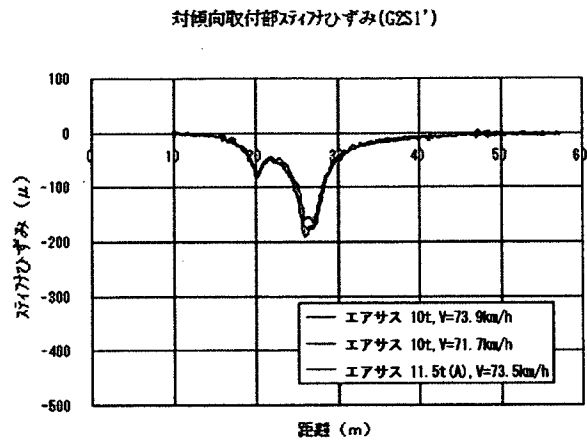


図-2.4.28 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーアス10t,エアサス10t,エアサス11.5t(A),v=80km/h,段差なし) その2

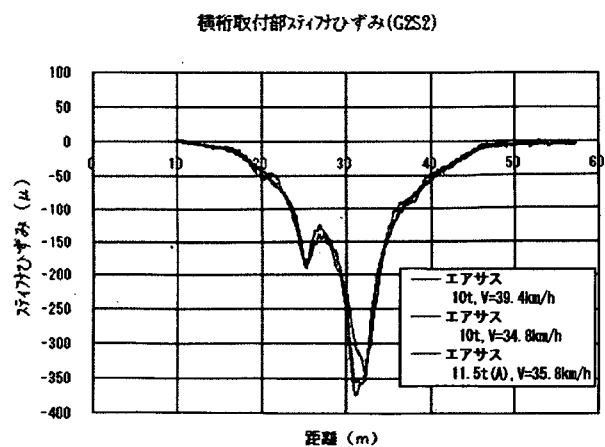
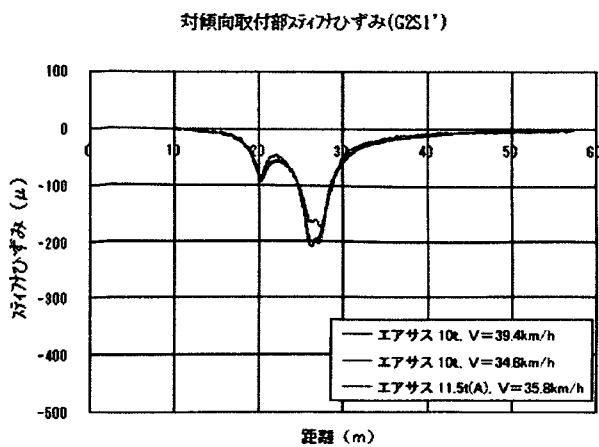
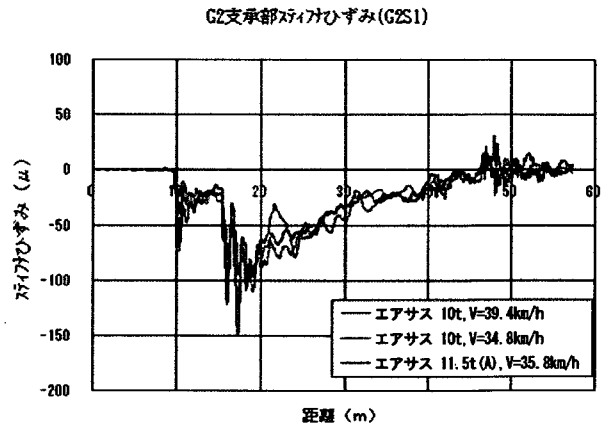
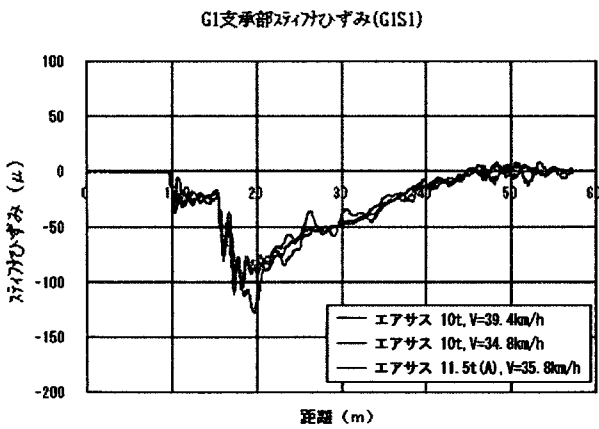
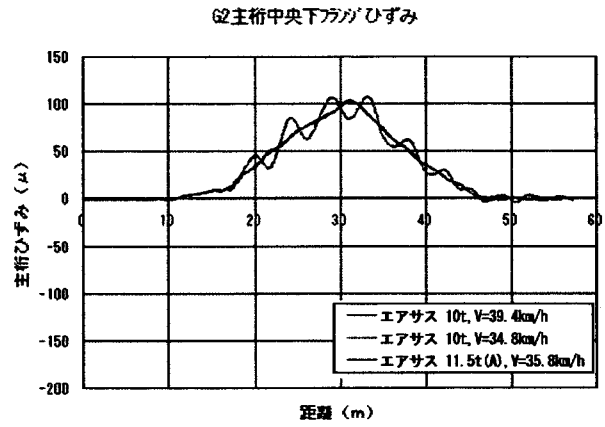
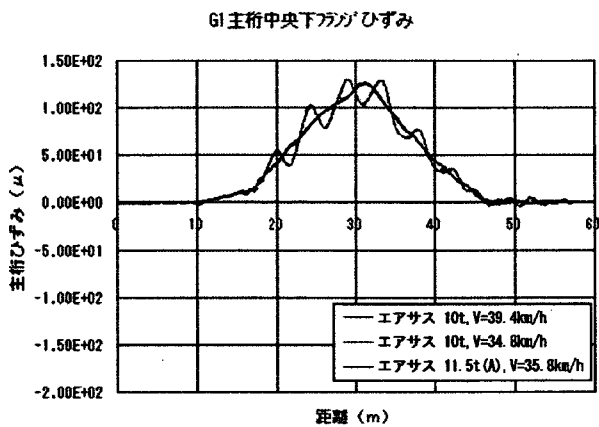
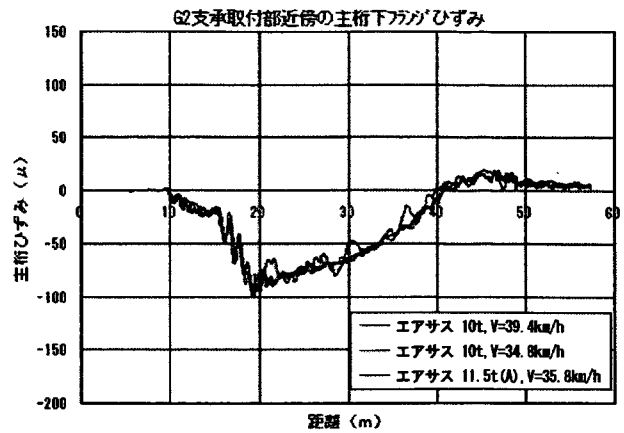
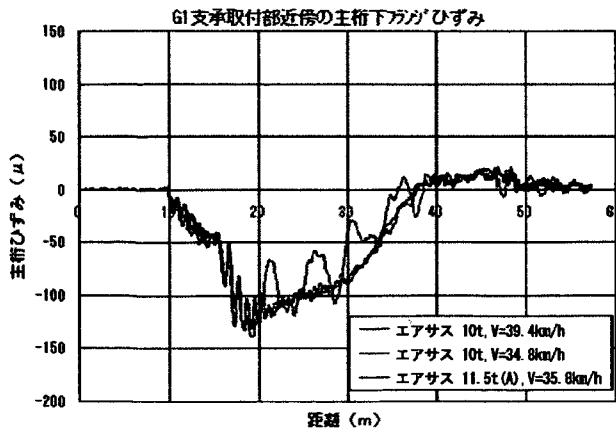


図-2.4.29 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t(A), v=40km/h,断手部段差) その 1

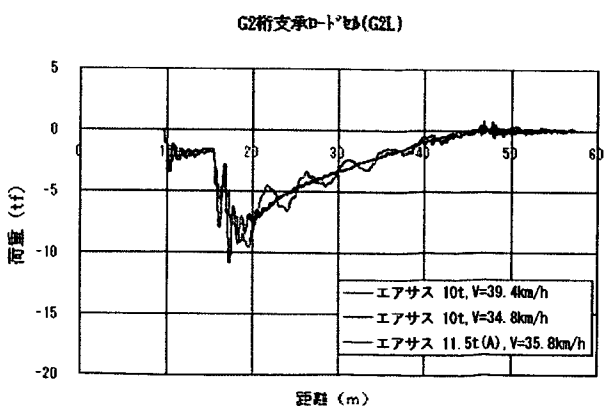
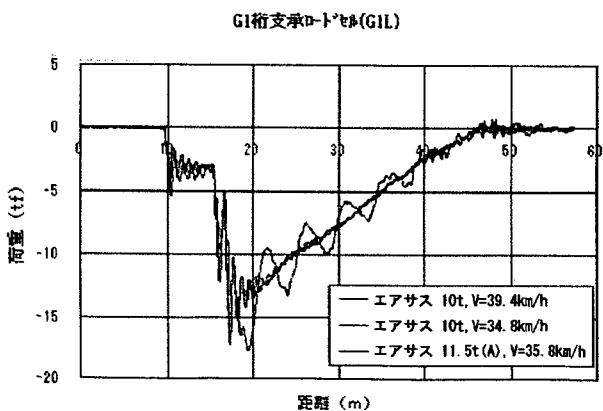
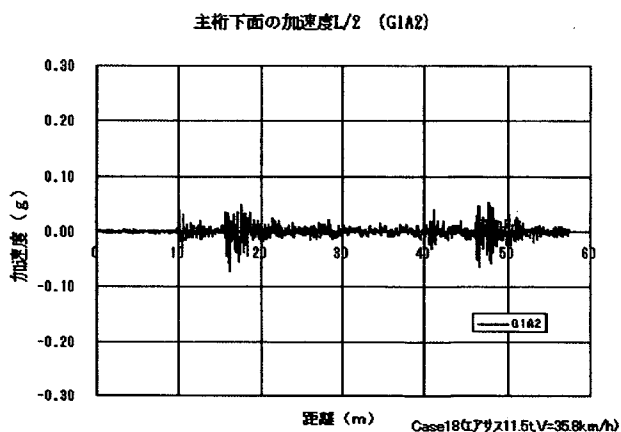
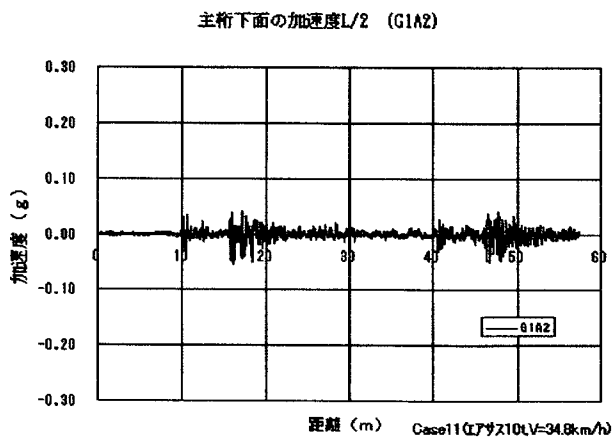
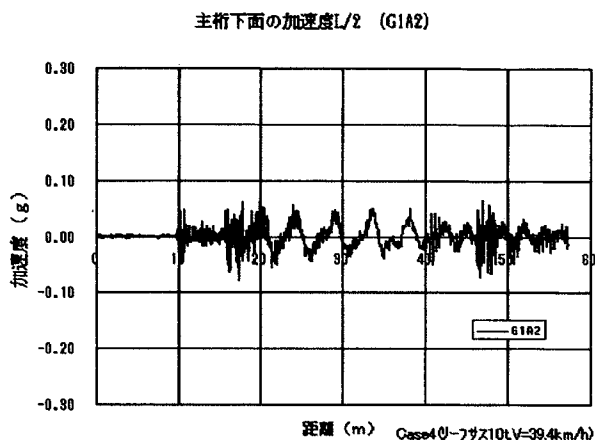
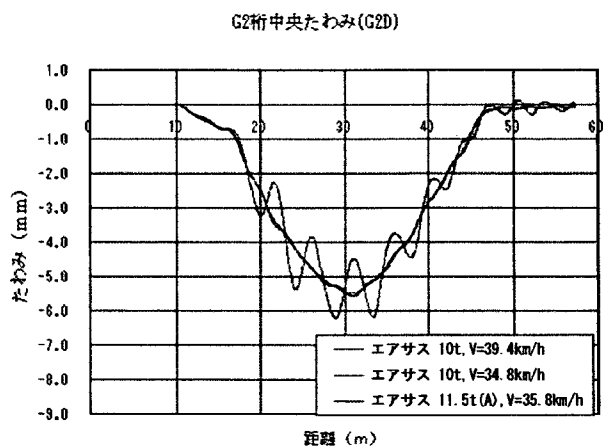
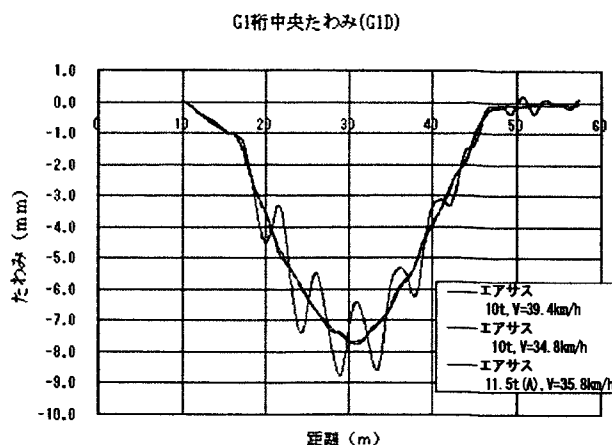
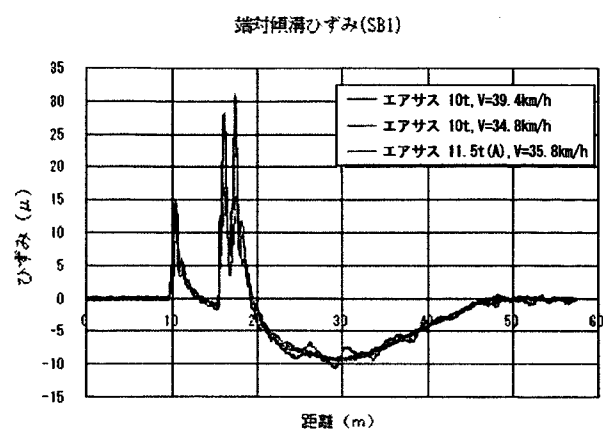


図-2.4.29 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフサス10t,エアサス10t,エアサス11.5t(A),v=40km/h,継手部段差) その2

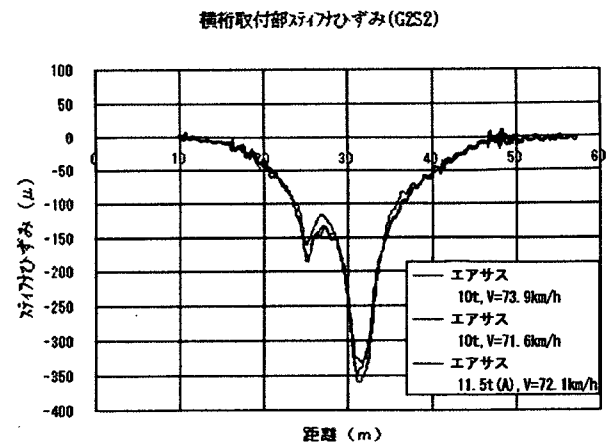
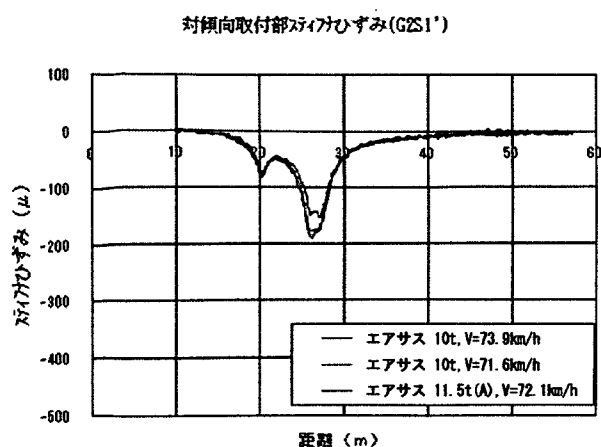
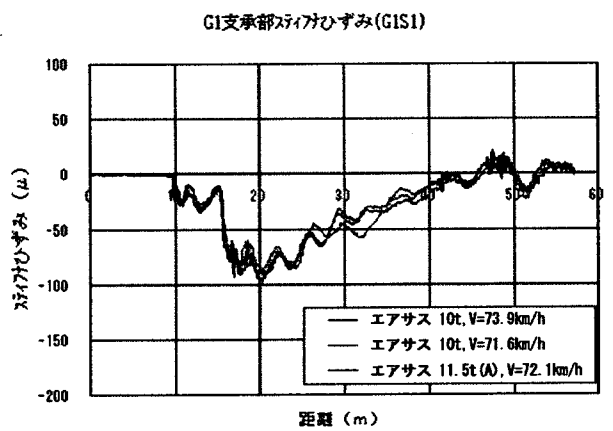
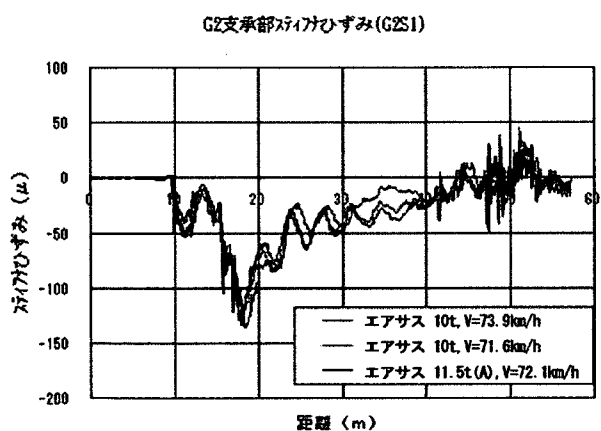
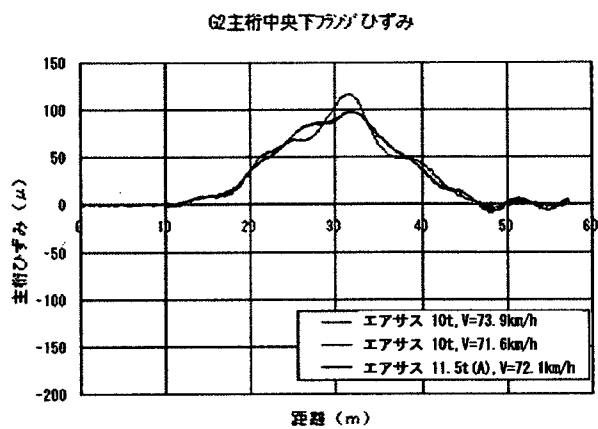
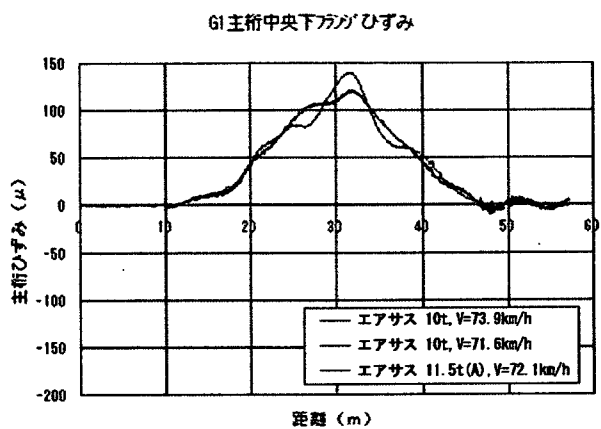
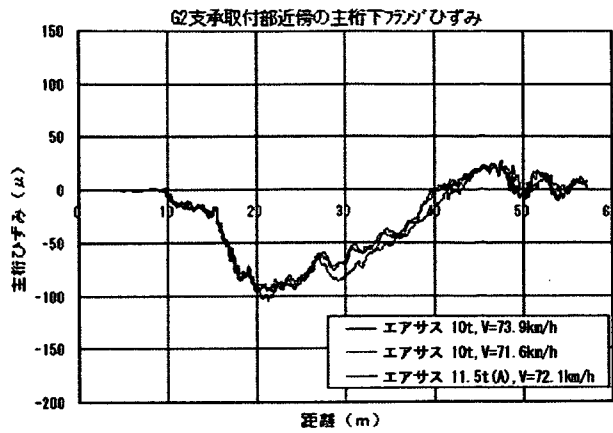
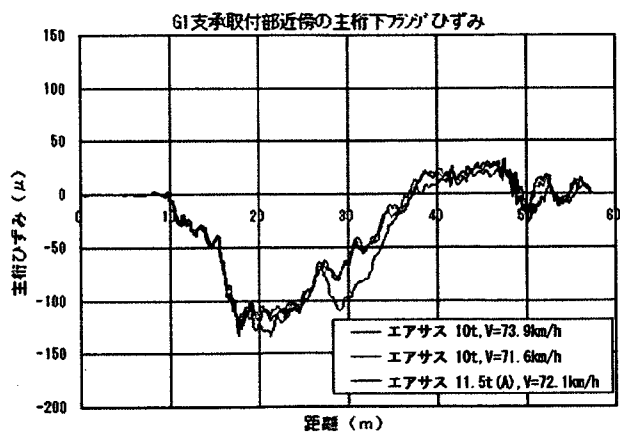


図-2.4.30 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフサス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t (A),v=80km/h,継手部段差) その1

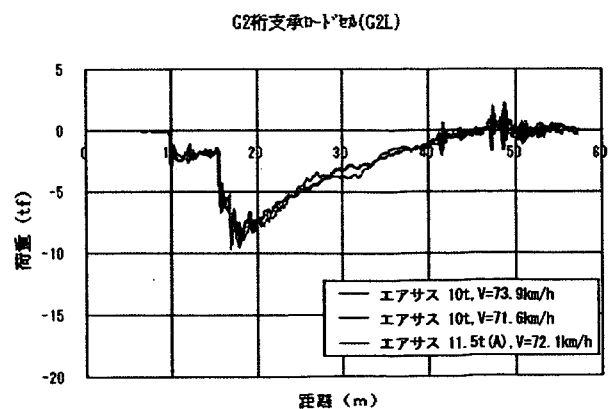
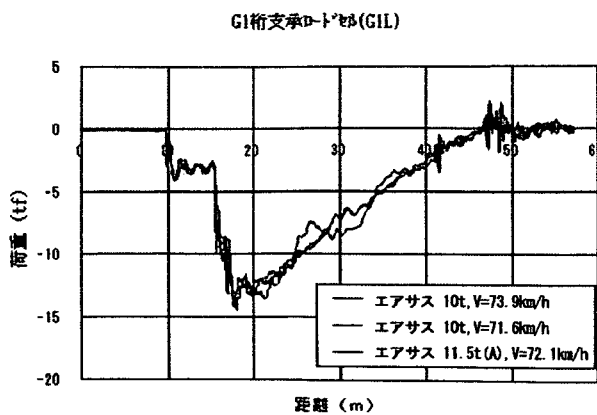
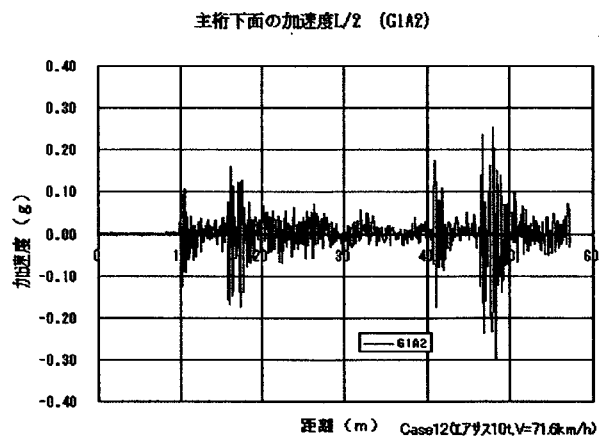
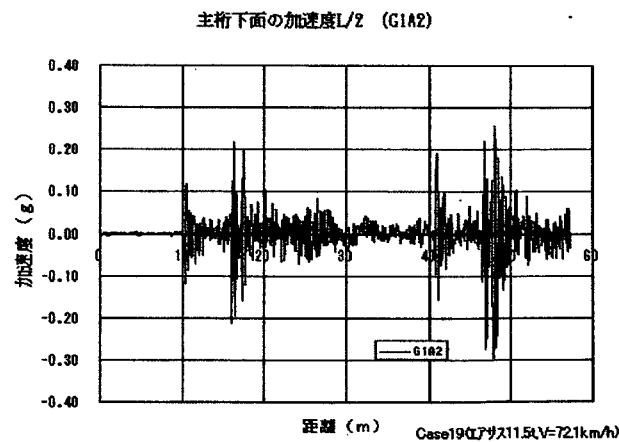
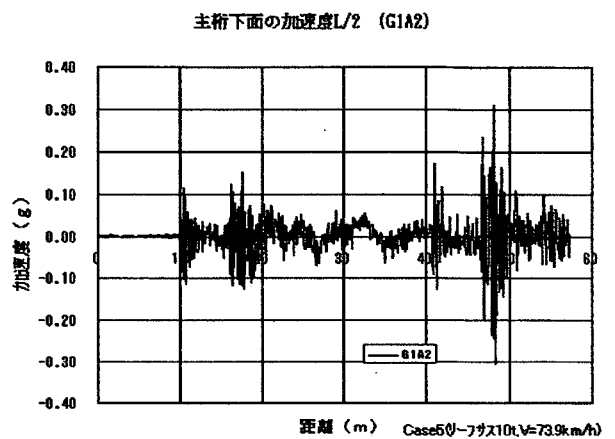
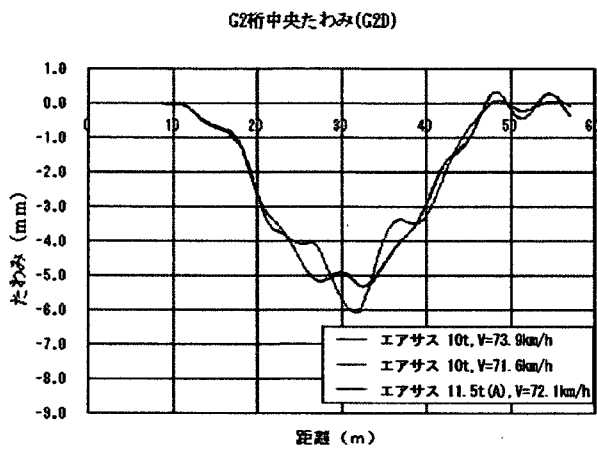
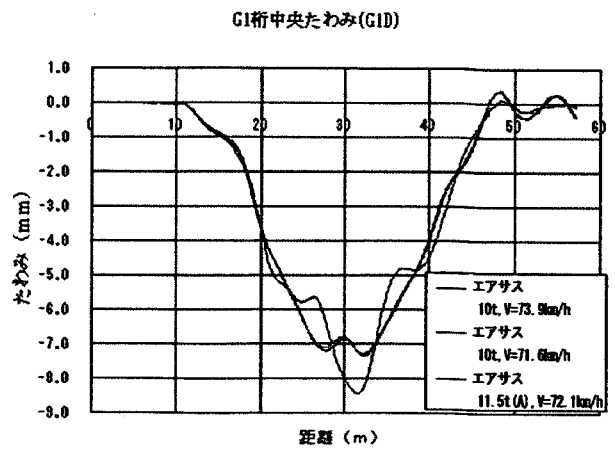
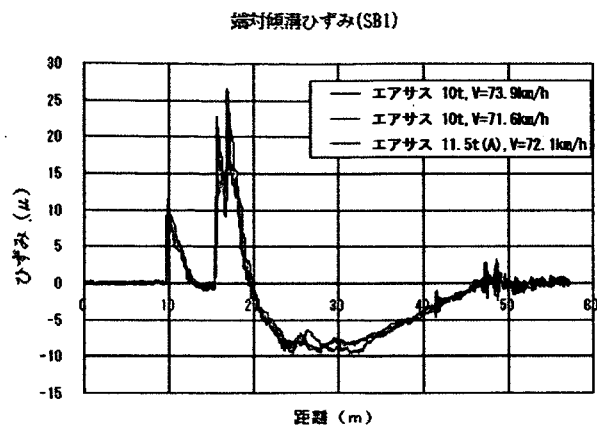


図-2.4.30 橋梁走行試験測定波形の比較 (リ-フサス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t(A),v=80km/h,継手部段差) その2

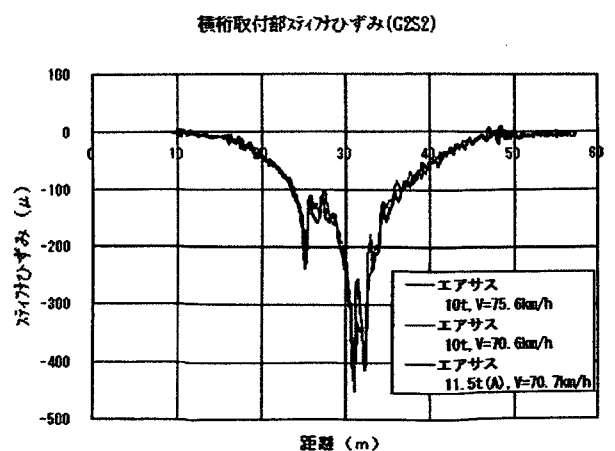
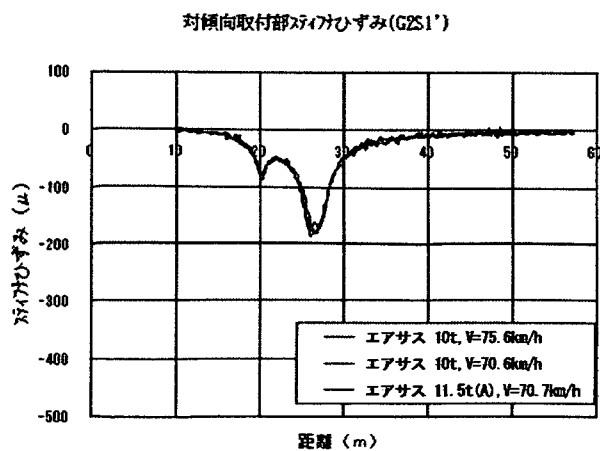
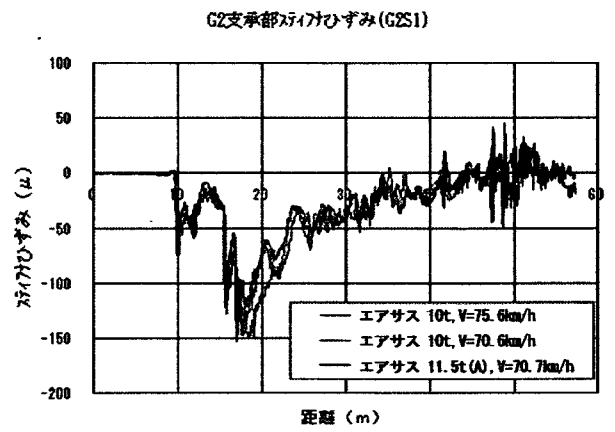
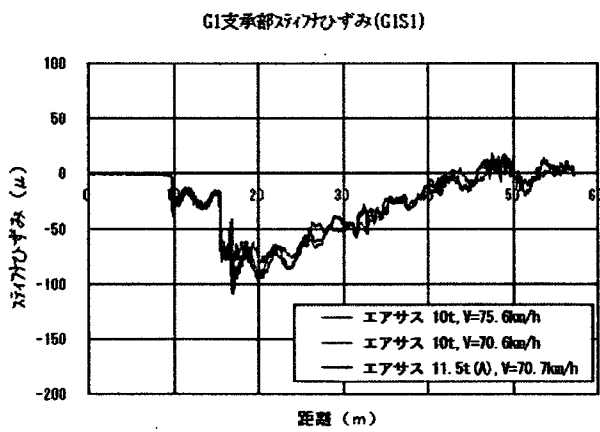
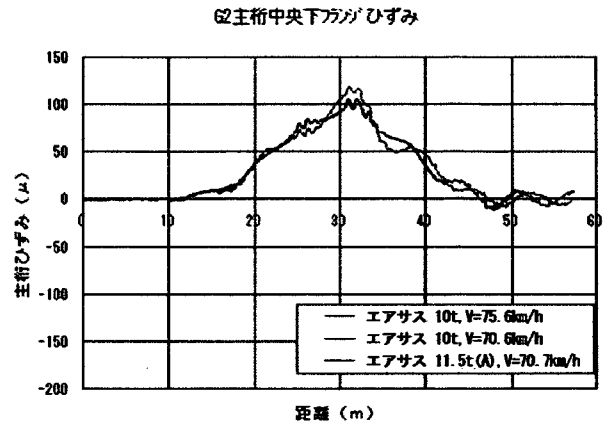
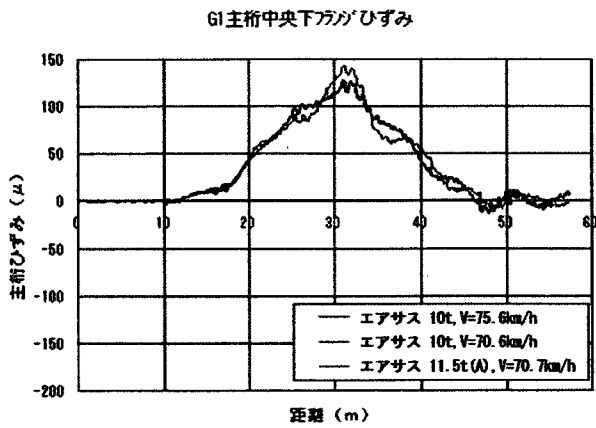
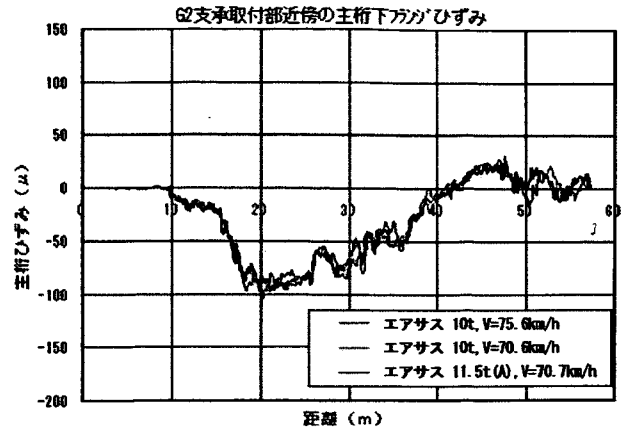
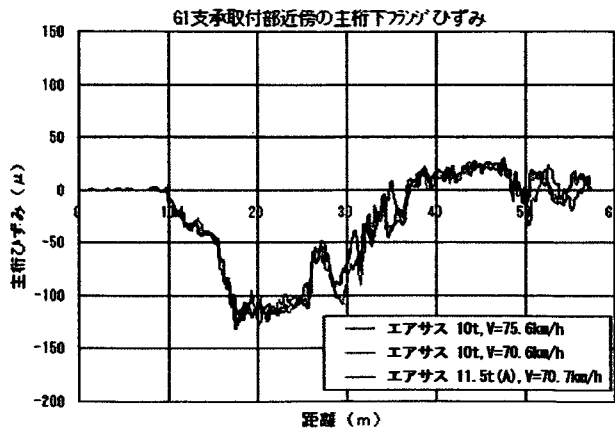


図-2.4.31 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフラス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t(A), $v=40\text{km/h}$ ,中央部段差) その1

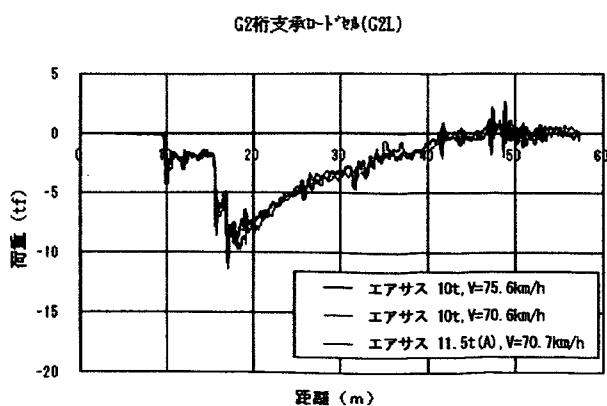
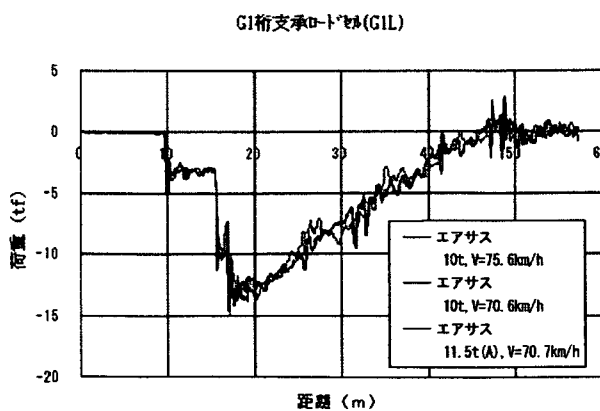
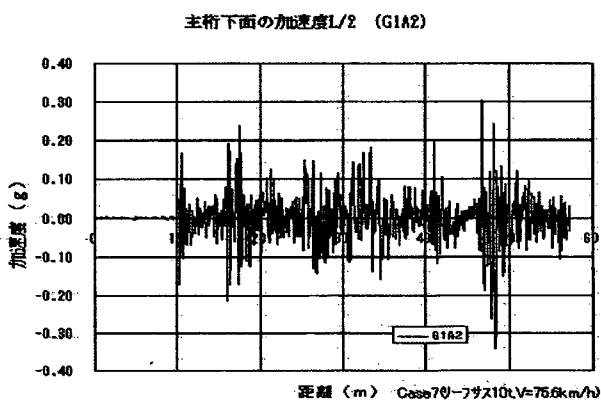
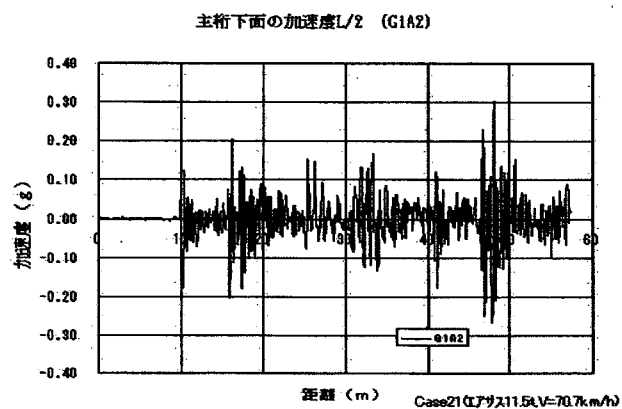
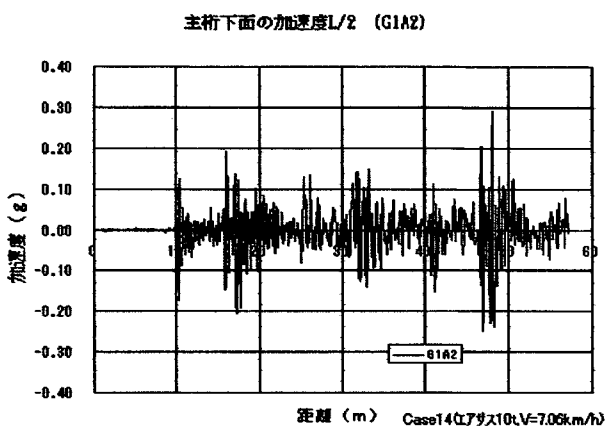
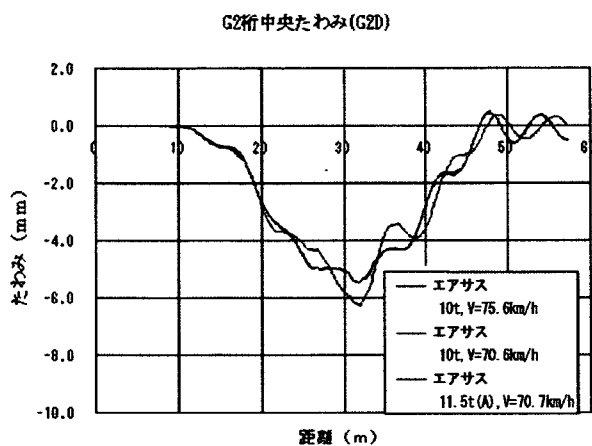
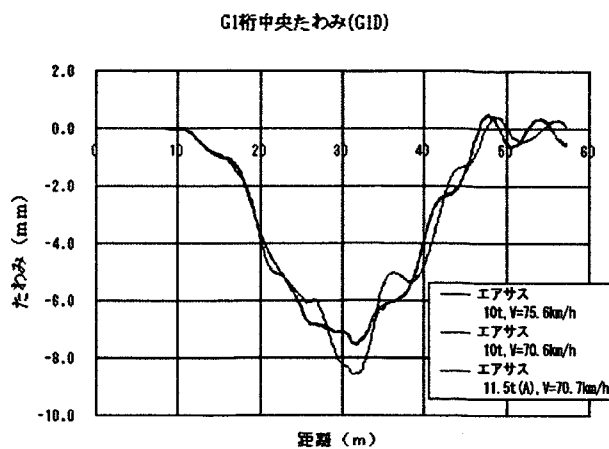
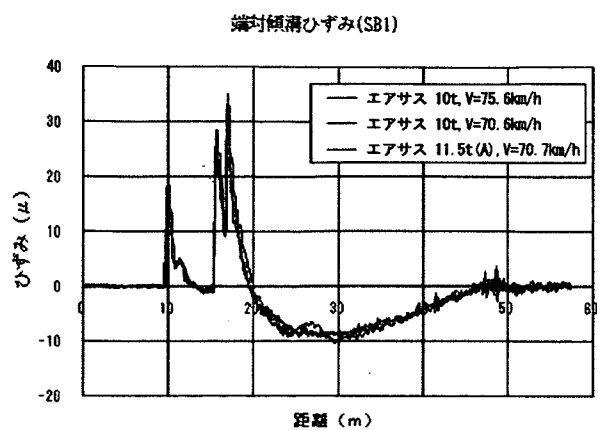


図-2.4.31 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフサス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t(A),v=40km/h,中央部段差) その2



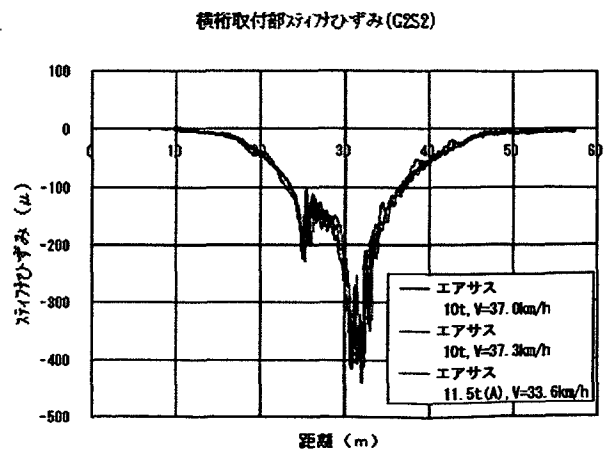
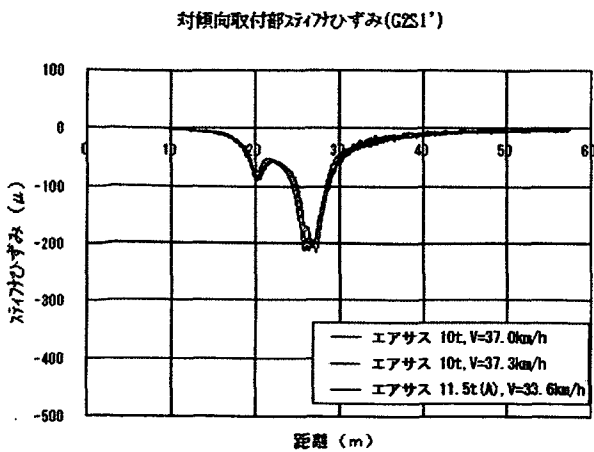
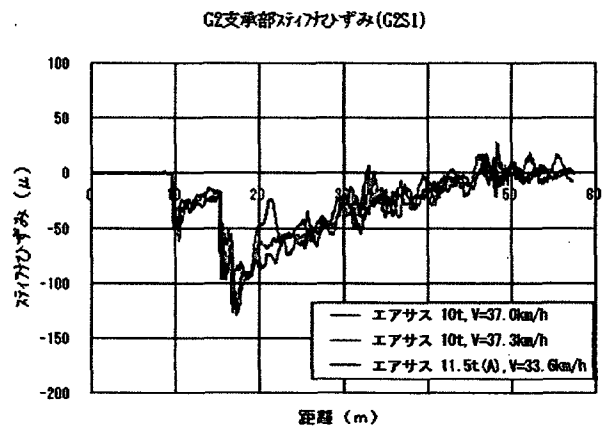
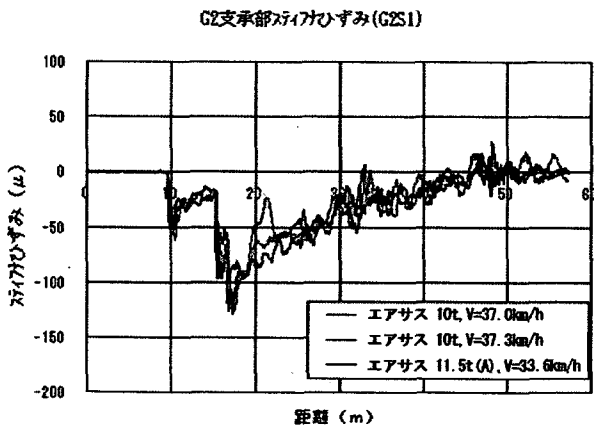
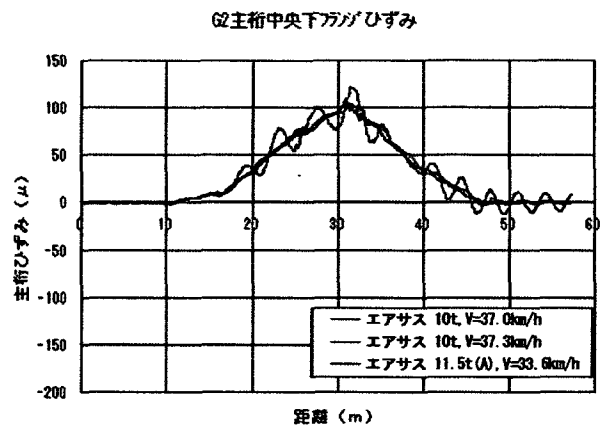
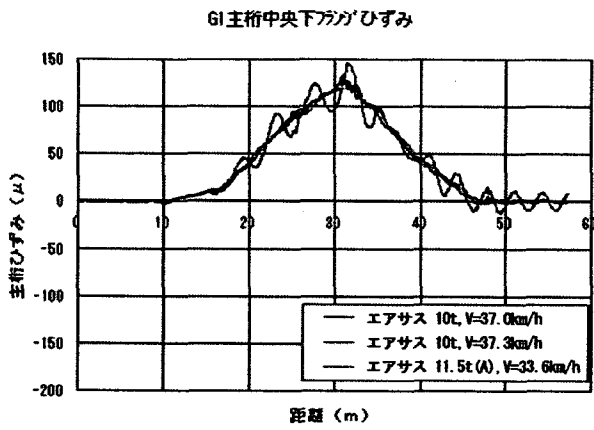
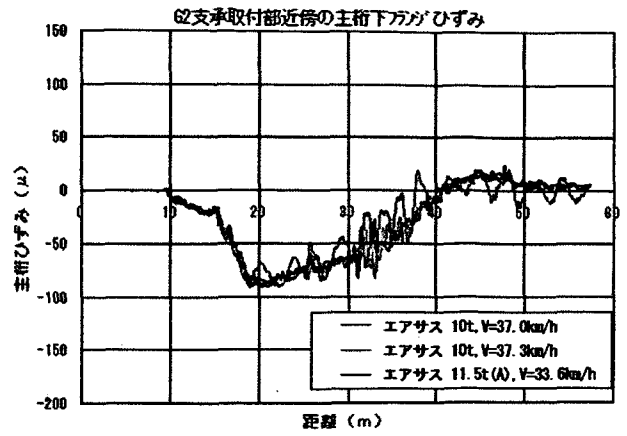
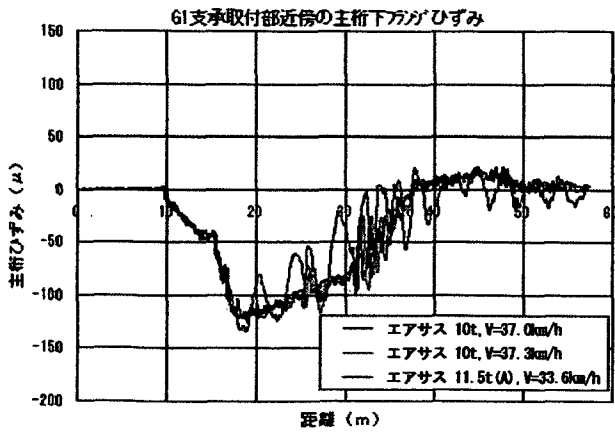


図-2.4.32 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t(A),v=80km/h,中央部段差) その1

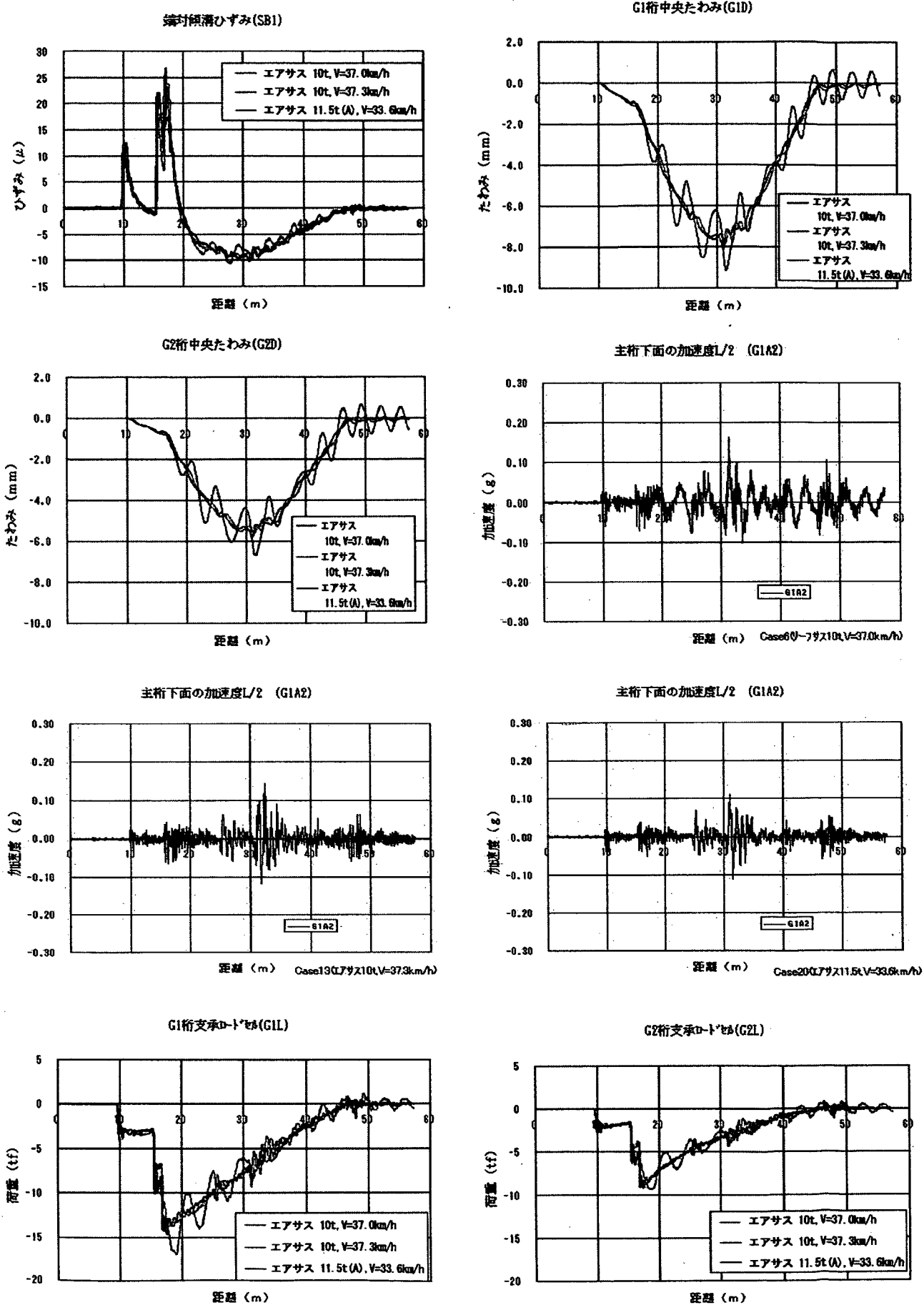


図-2.4.32 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス 10t,エアサス 10t,エアサス 11.5t(A), $v=80\text{km/h}$ ,中央部段差) その2

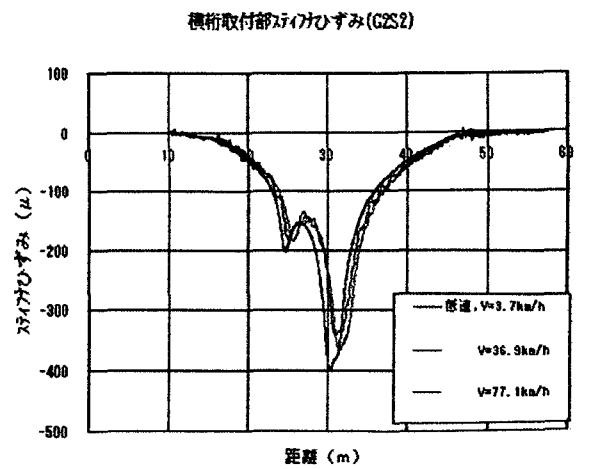
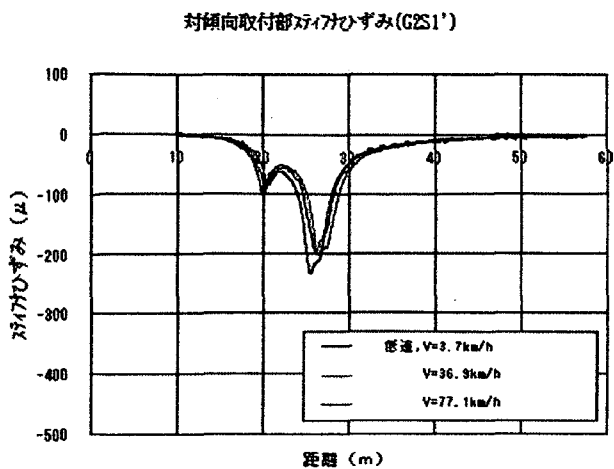
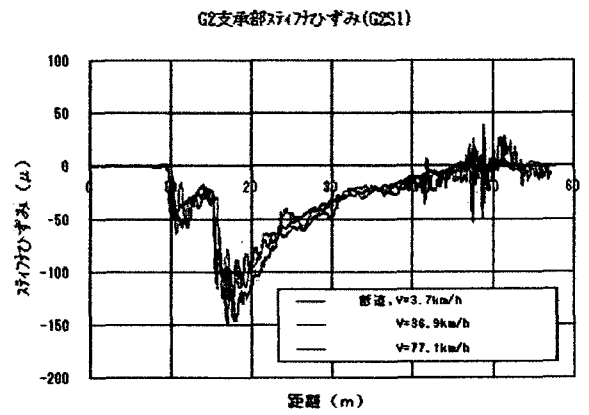
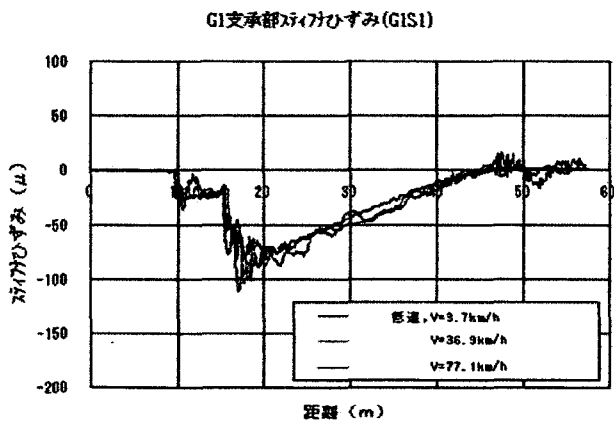
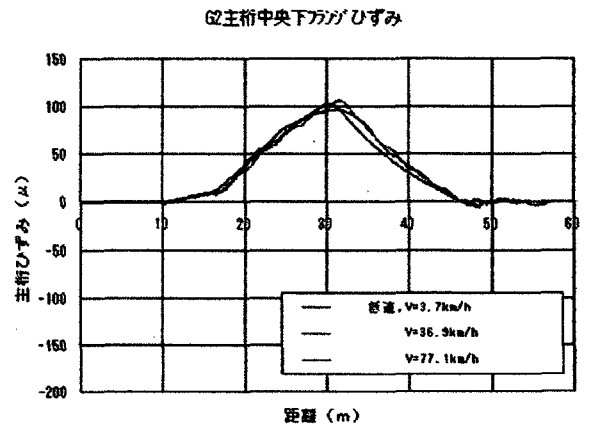
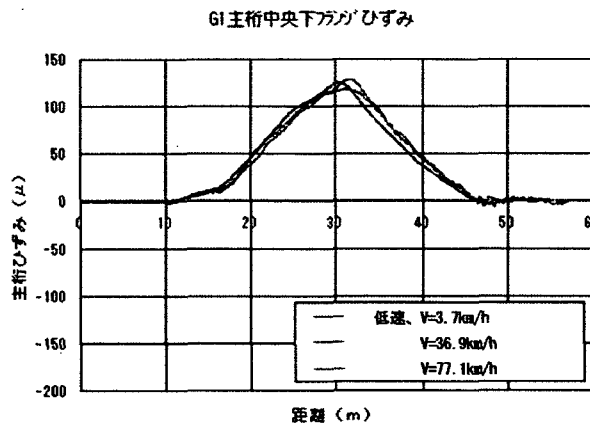
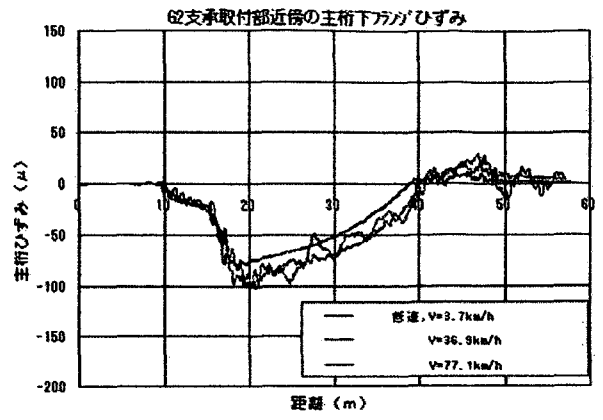
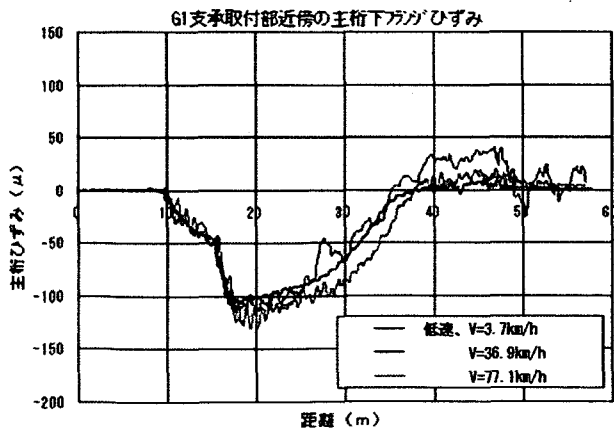


図-2.4.33 橋梁走行試験測定波形の比較 (エアス11.5t, (B)) その1

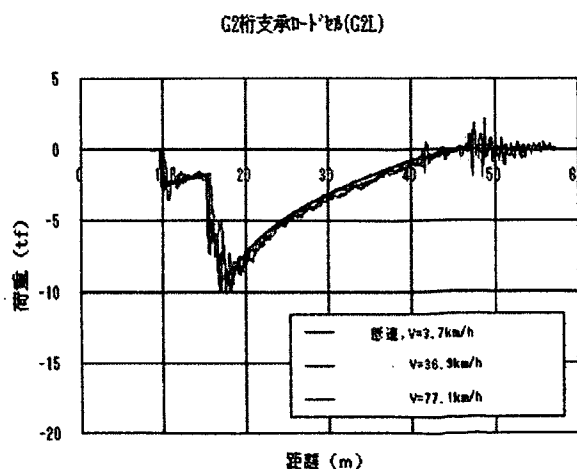
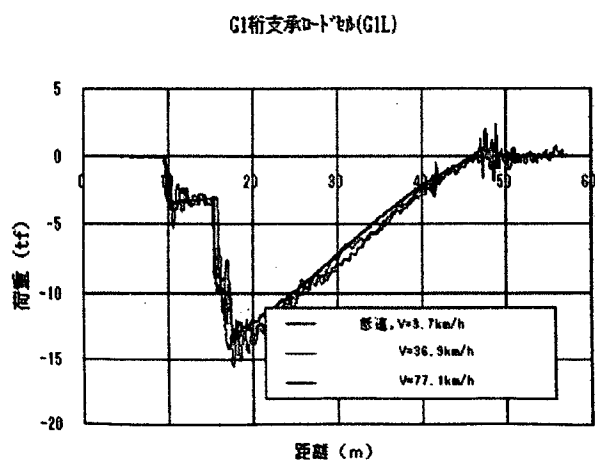
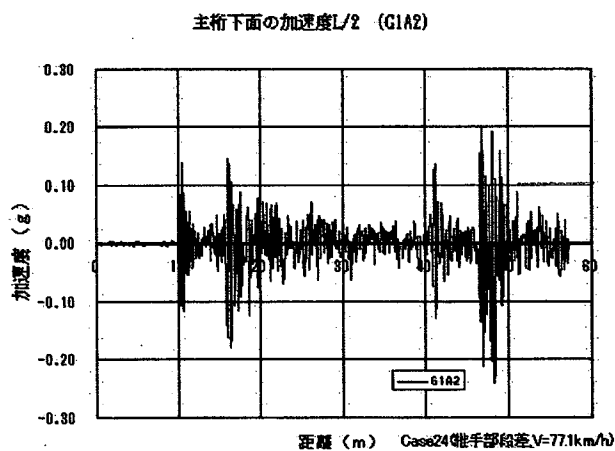
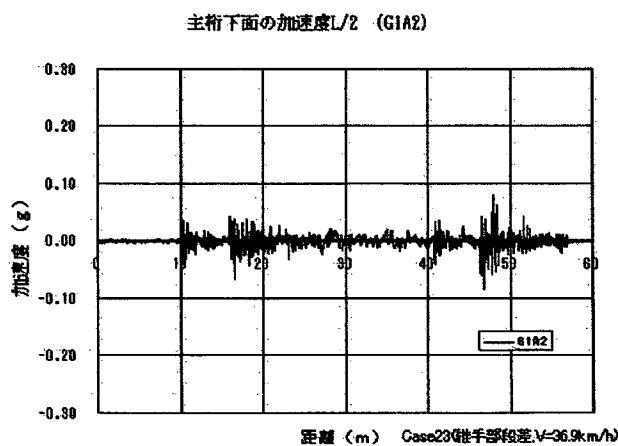
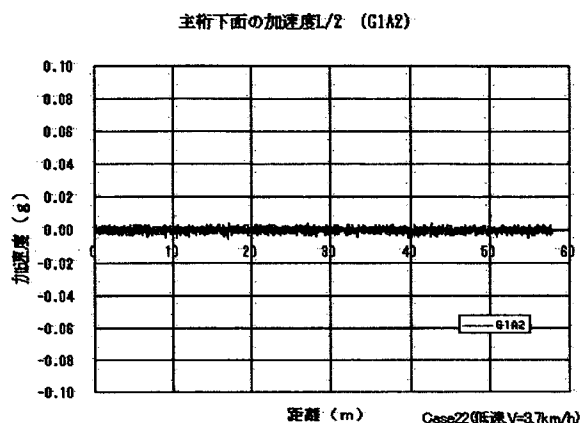
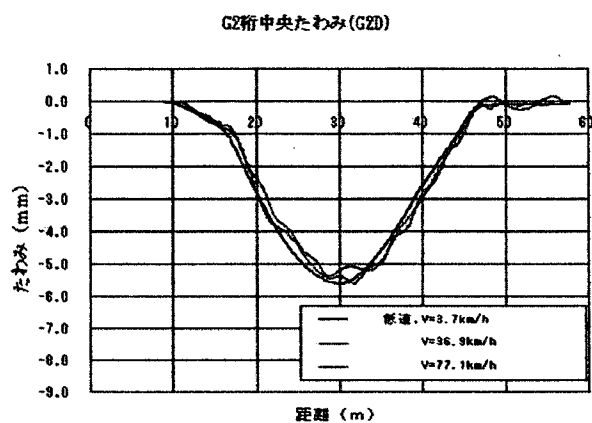
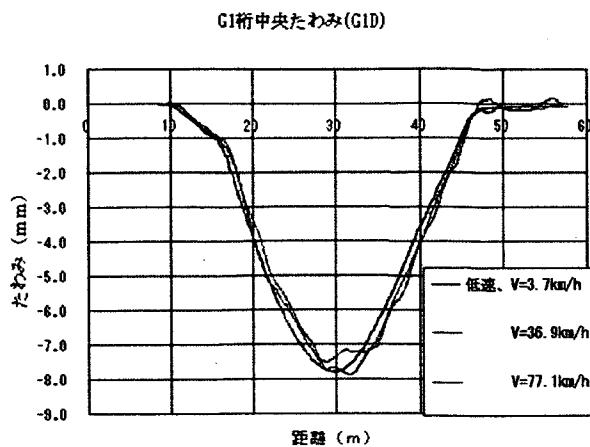
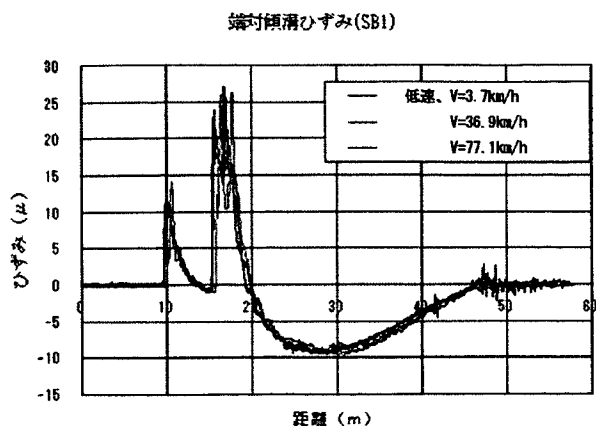


図-2.4.33 橋梁走行試験測定波形の比較 (マス 11.5t(B)) その2

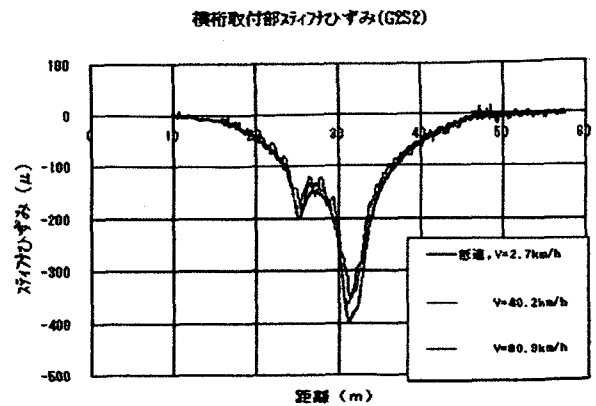
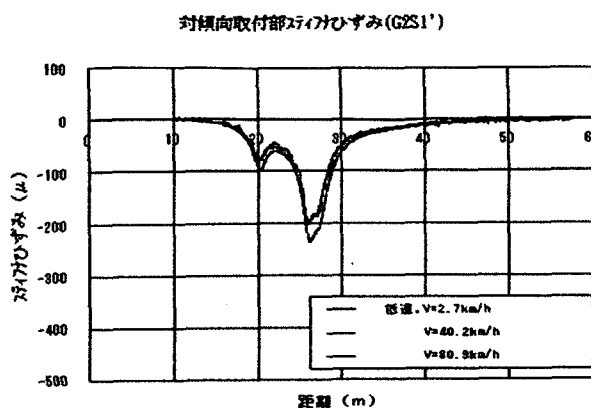
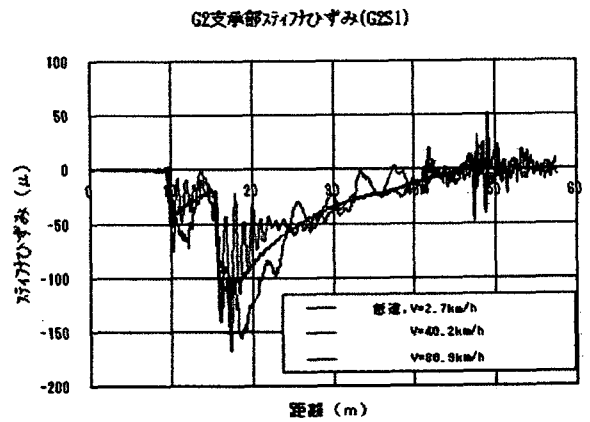
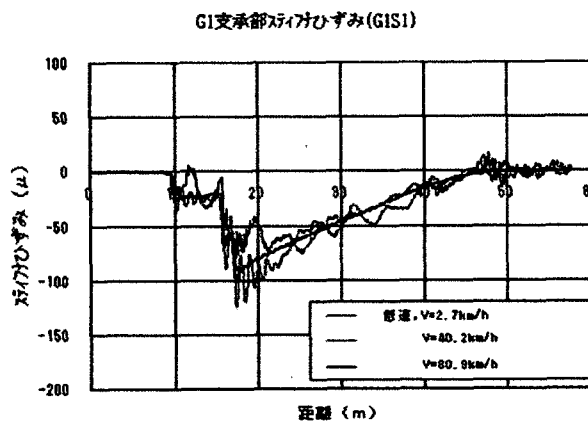
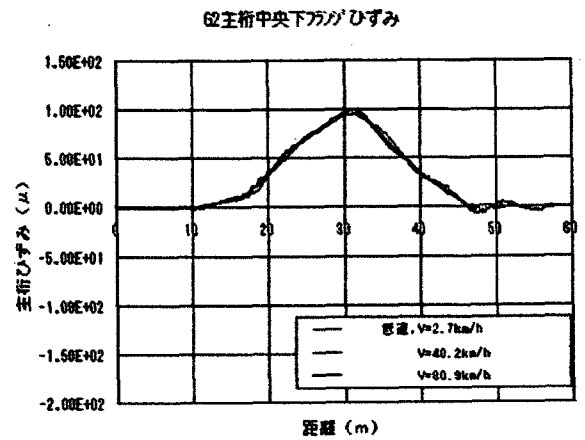
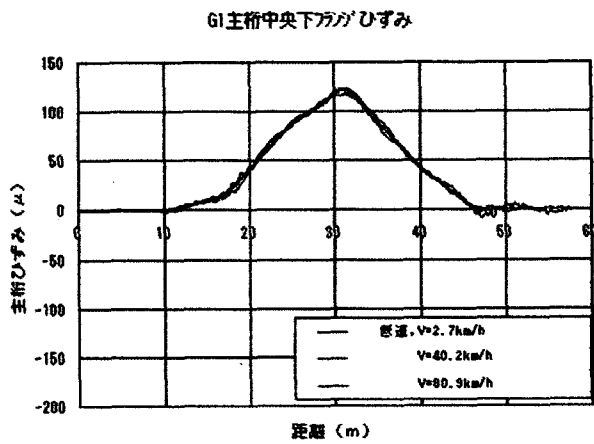
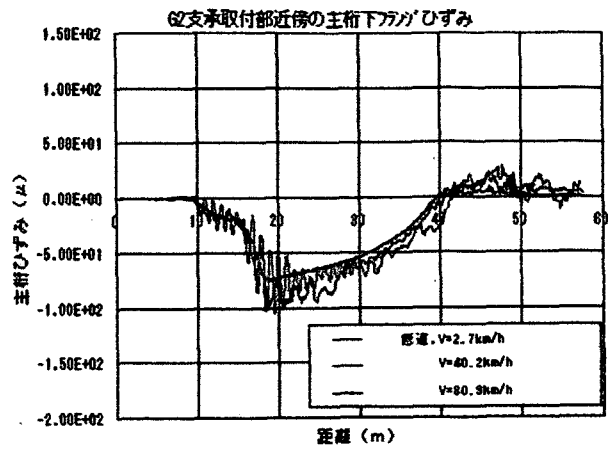
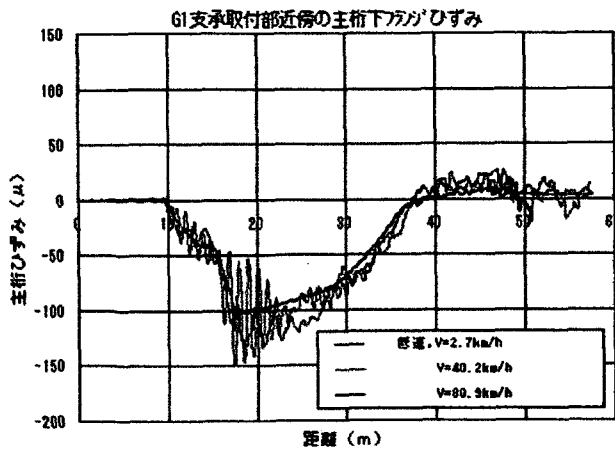


図-2.4.34 橋梁走行試験測定波形の比較 (アサス 11.5t(C)) その1

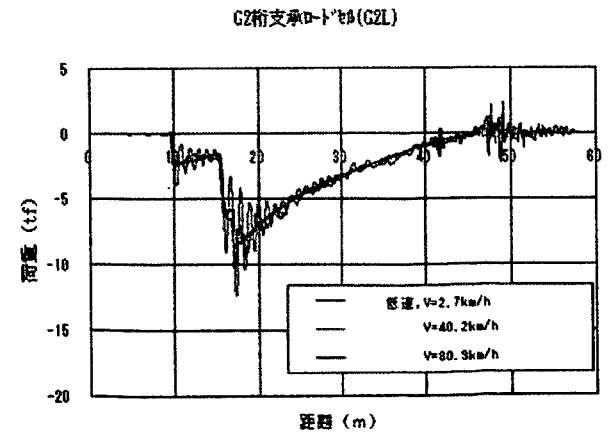
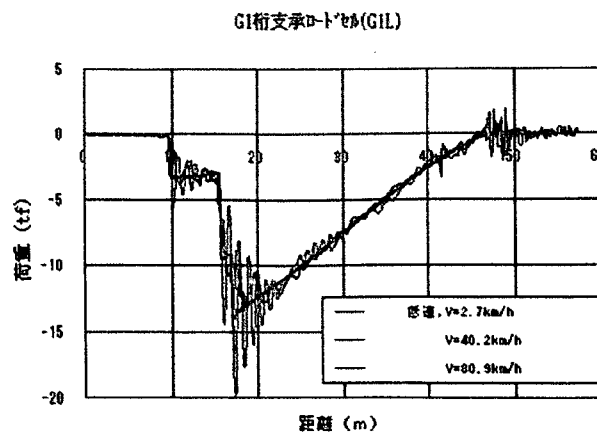
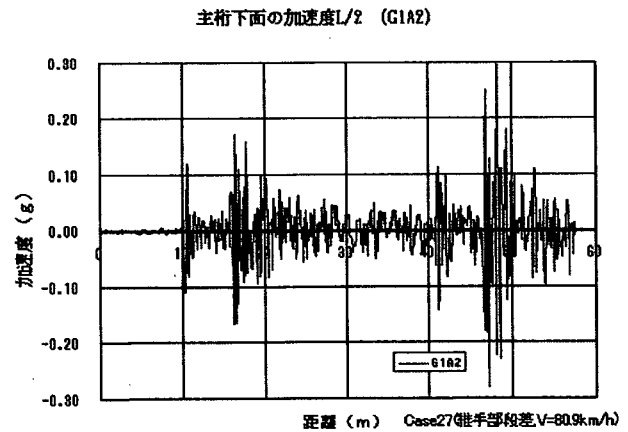
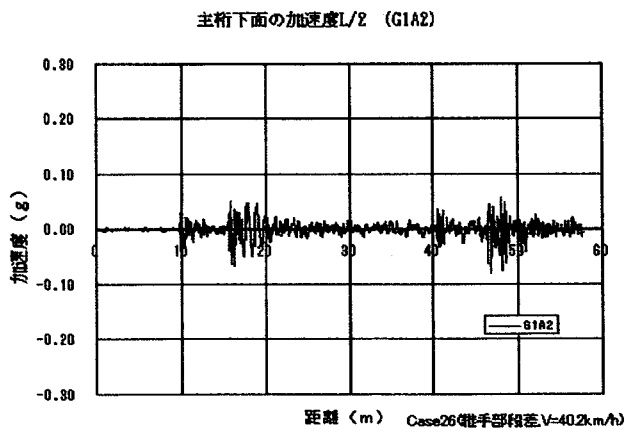
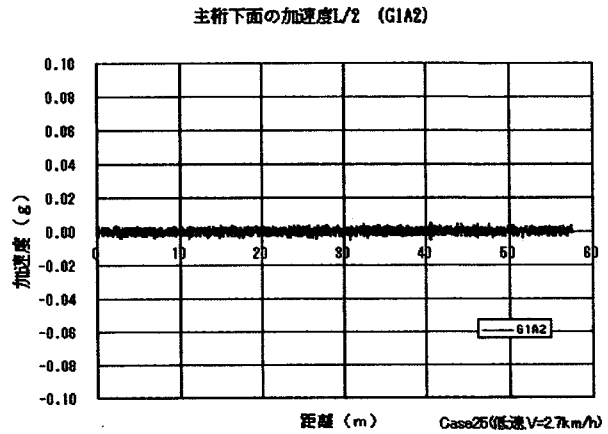
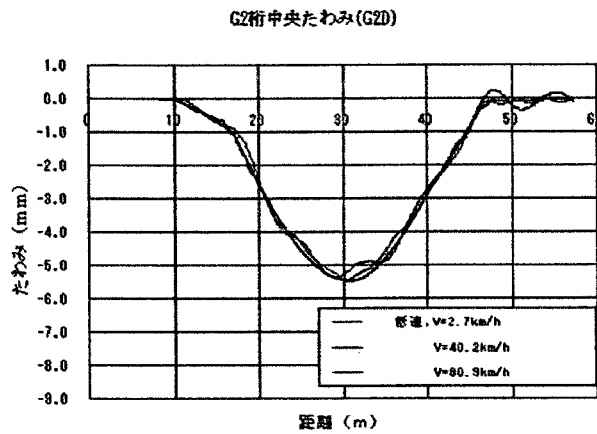
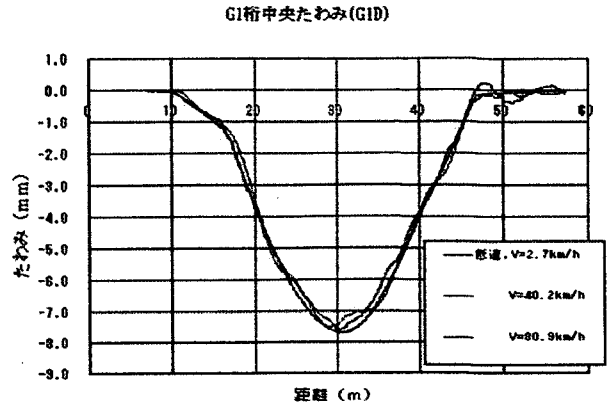
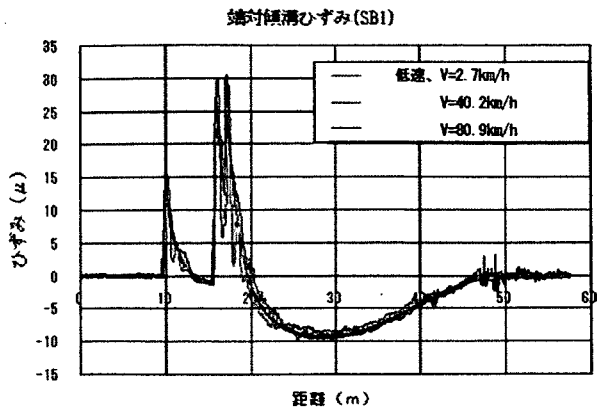


図-2.4.34 橋梁走行試験測定波形の比較 (エアス11.5t(C)) その2

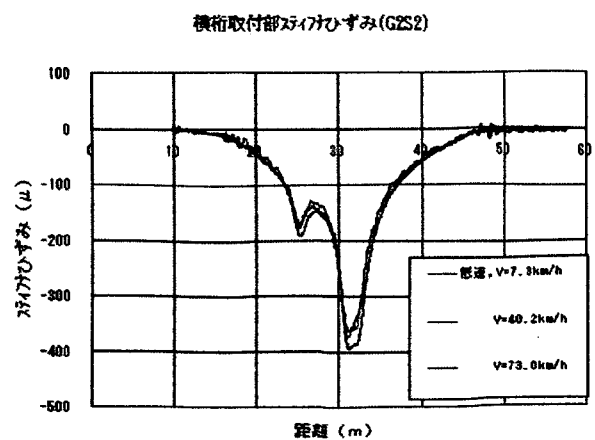
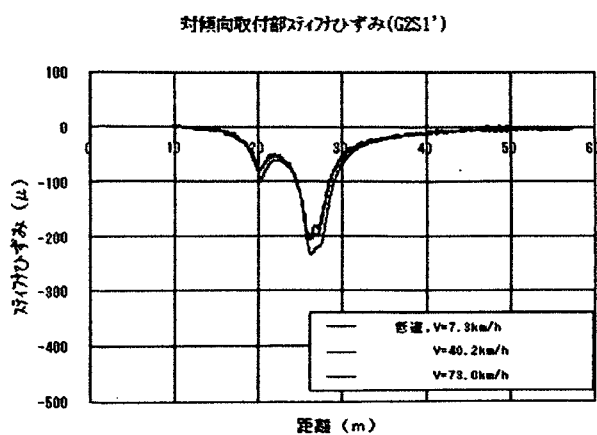
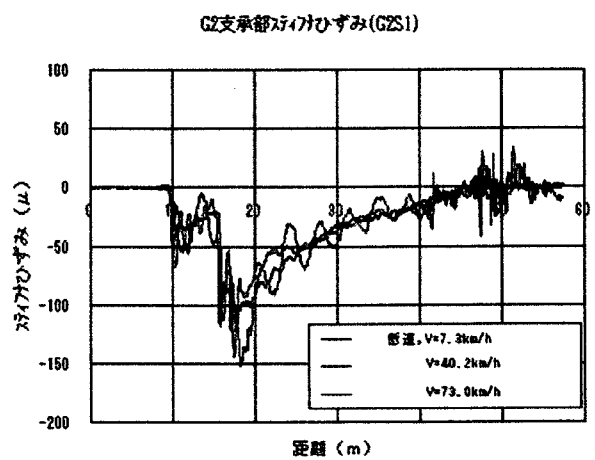
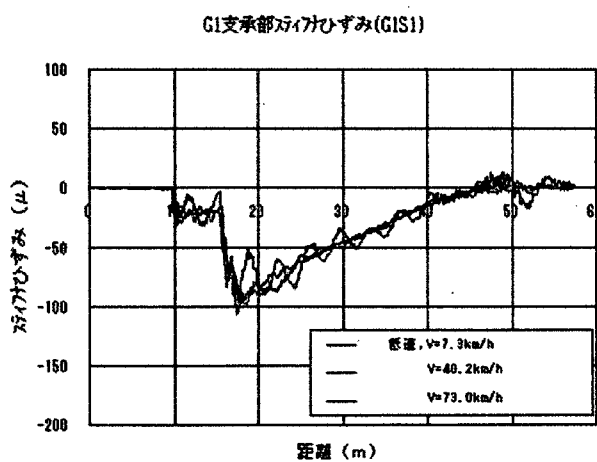
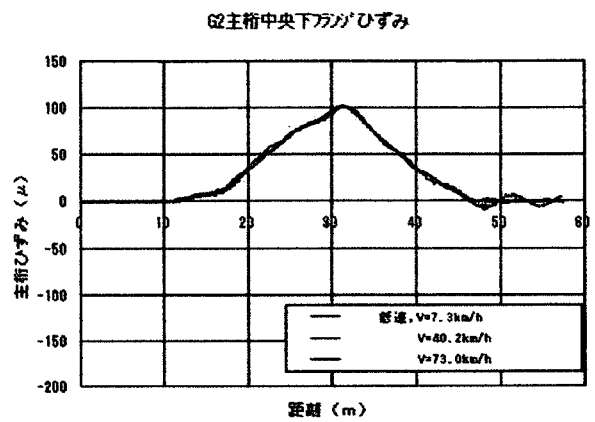
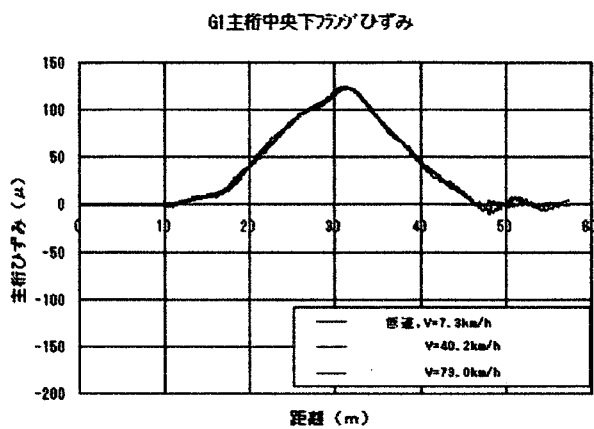
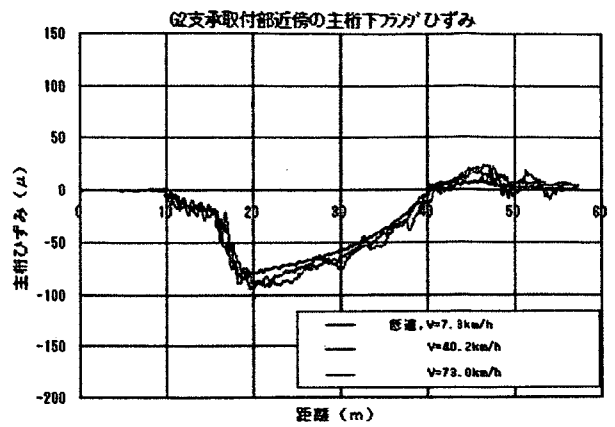
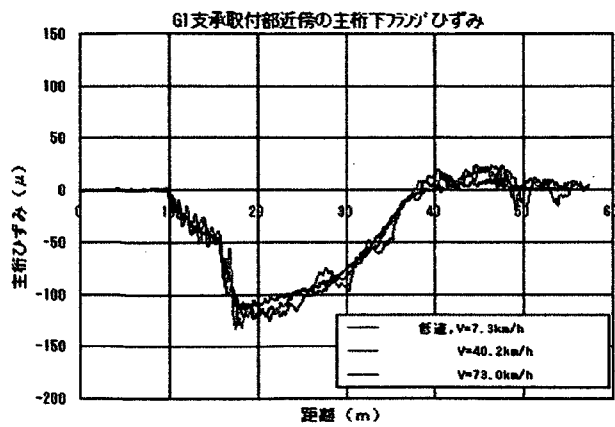


図-2.4.35 橋梁走行試験測定波形の比較 (エアス 11.5t(D)) その1

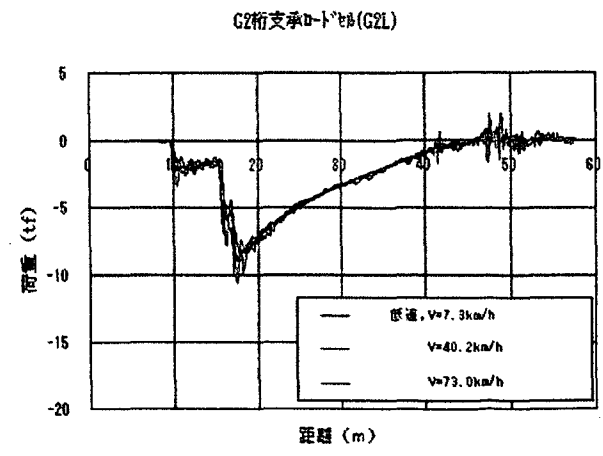
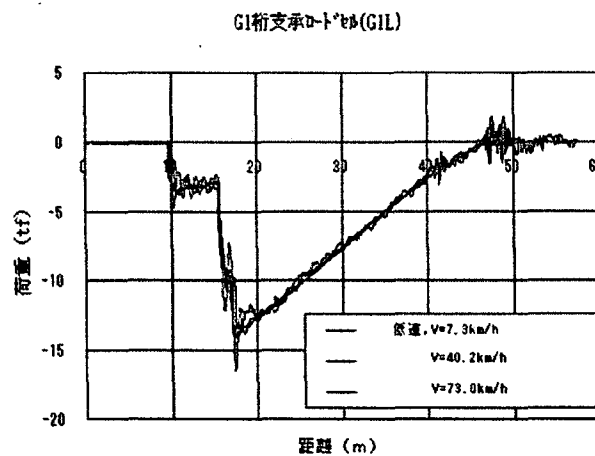
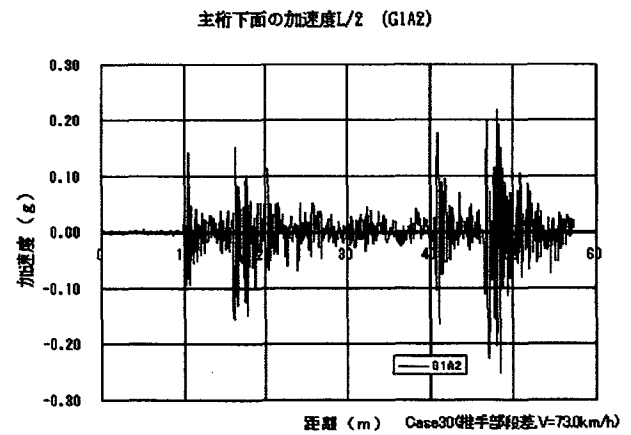
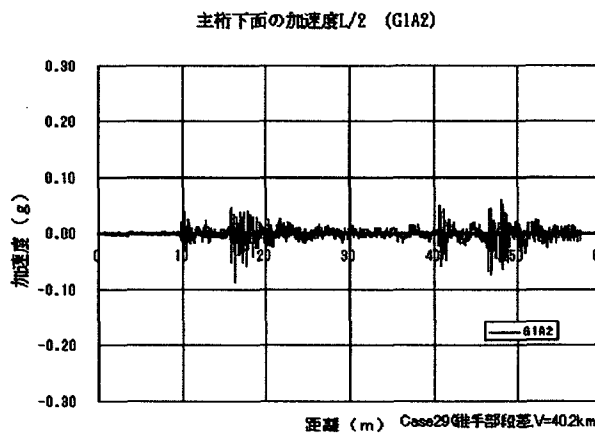
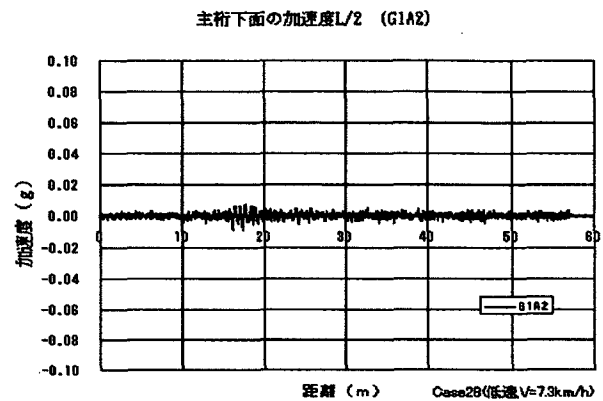
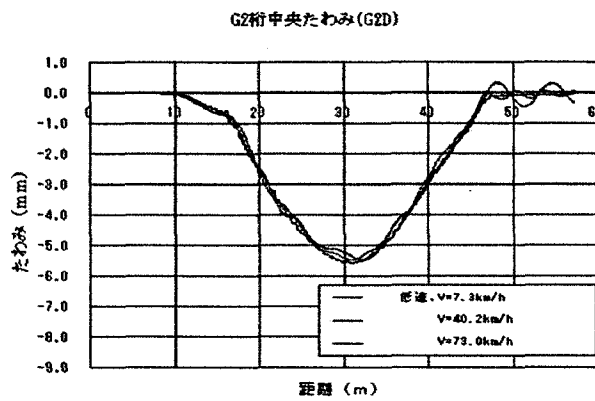
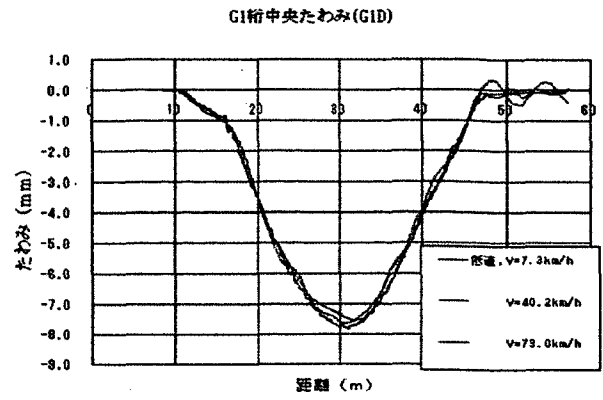
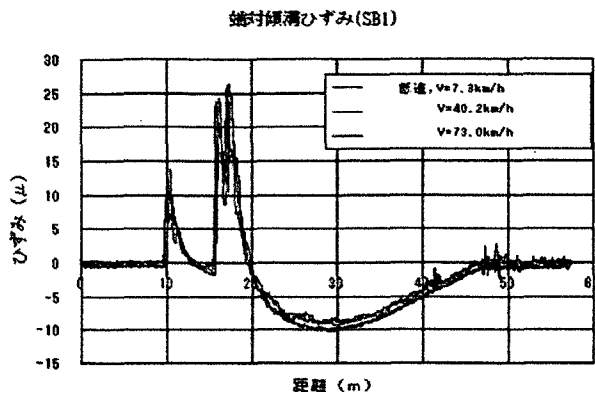


図-2.4.35 橋梁走行試験測定波形の比較 (アサス11.5t(D)) その2



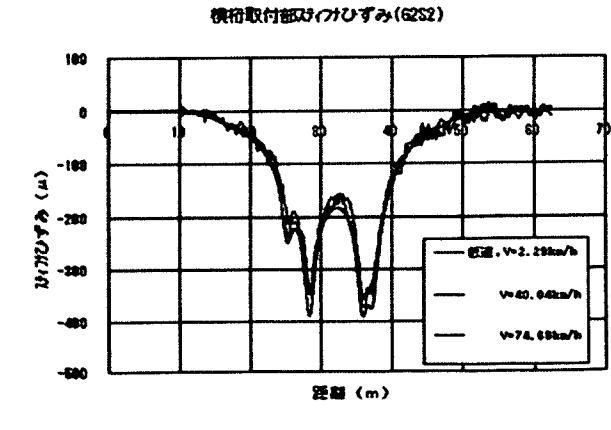
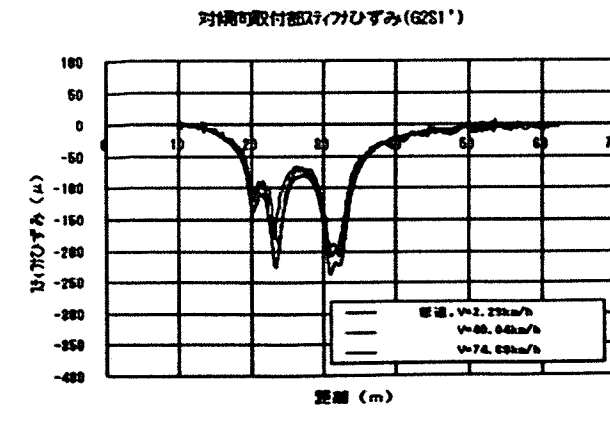
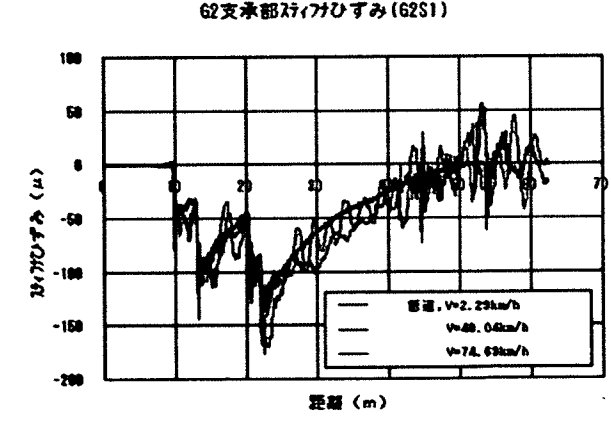
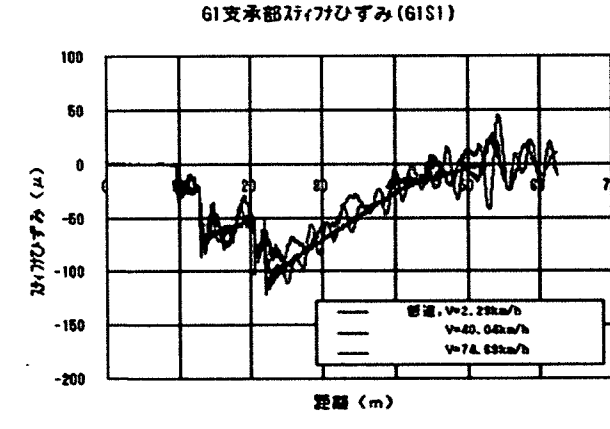
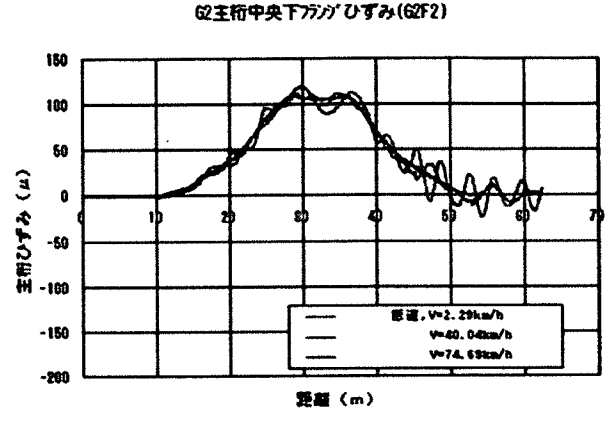
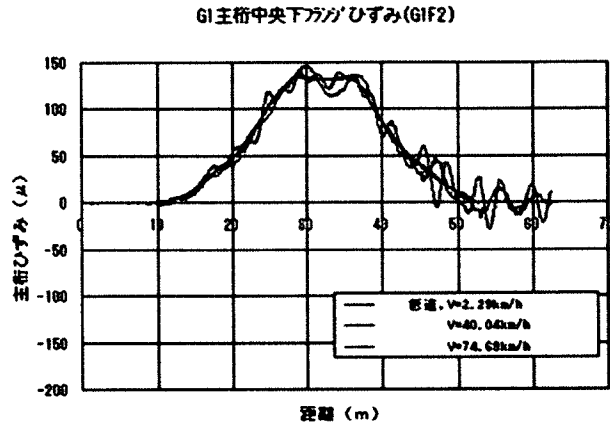
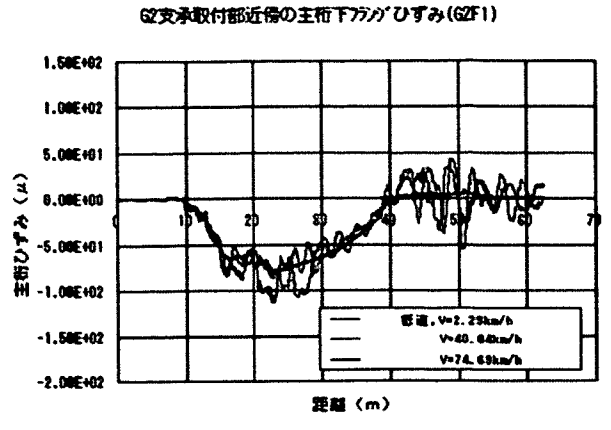
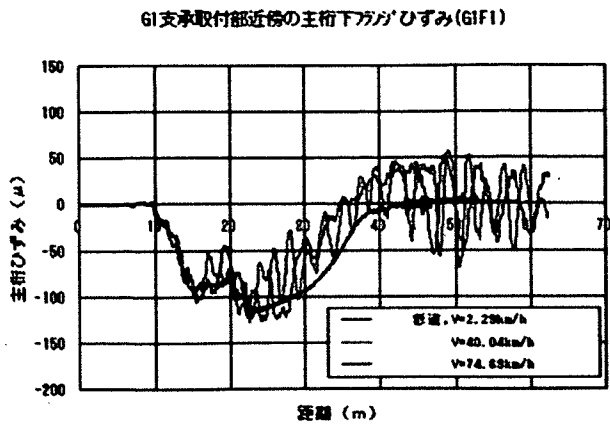


図-2.4.36 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス 11.5tトラック, 段差なし) その1

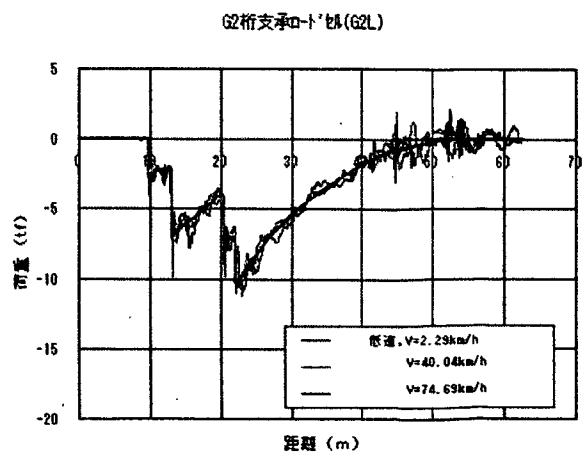
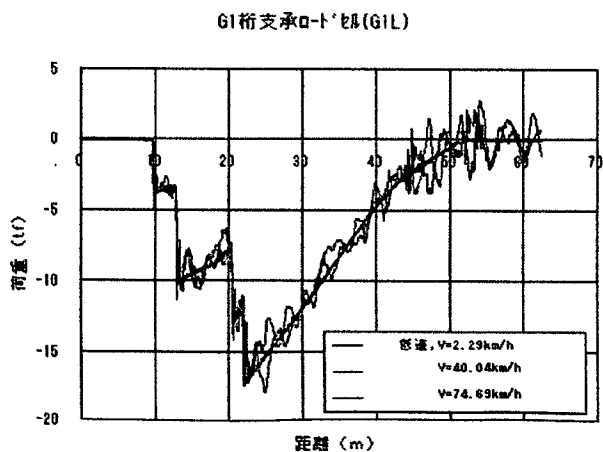
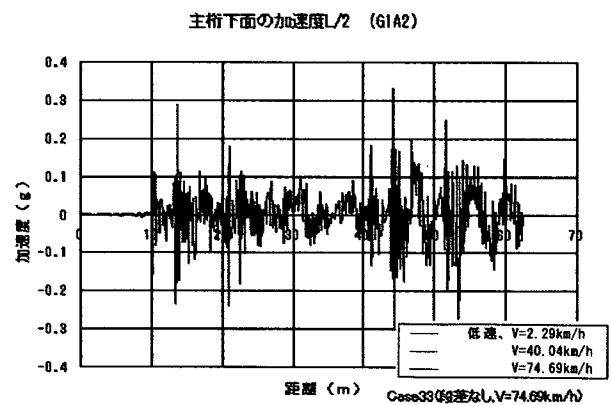
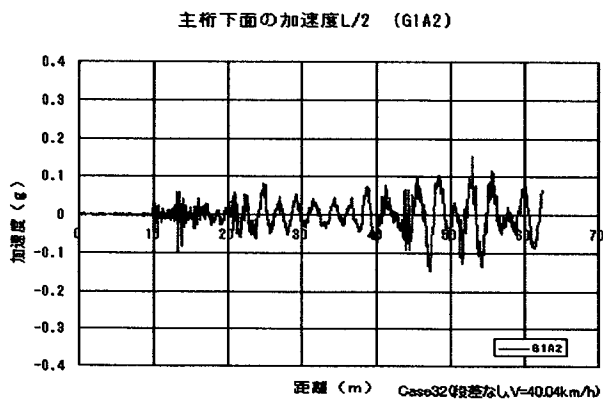
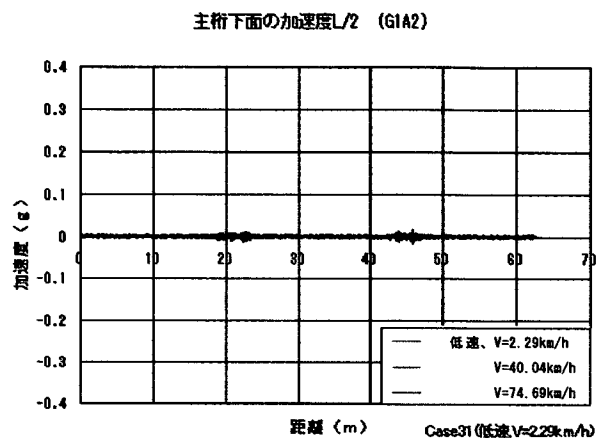
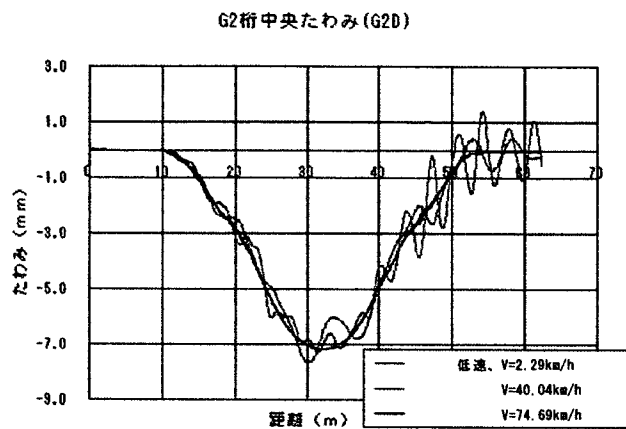
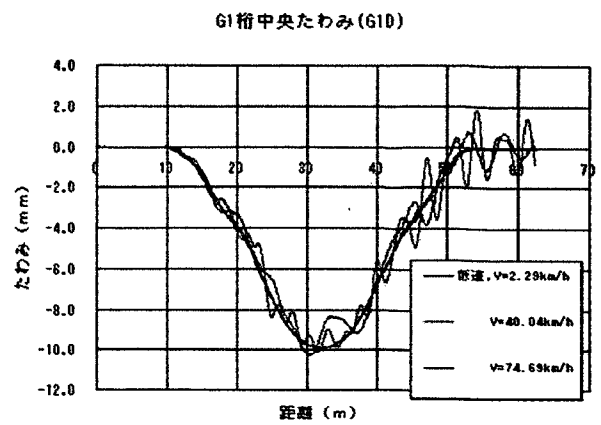
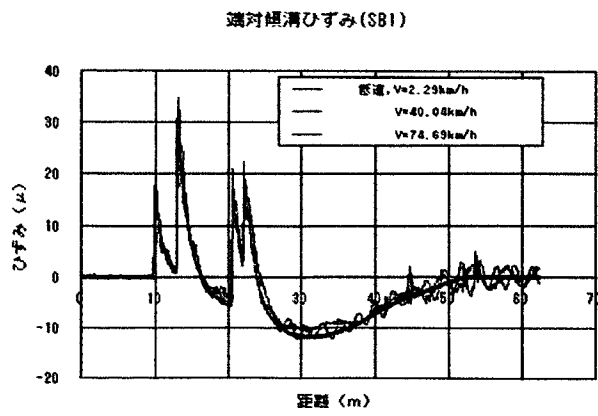


図-2.4.37 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス11.5tトラック, 段差なし) その2

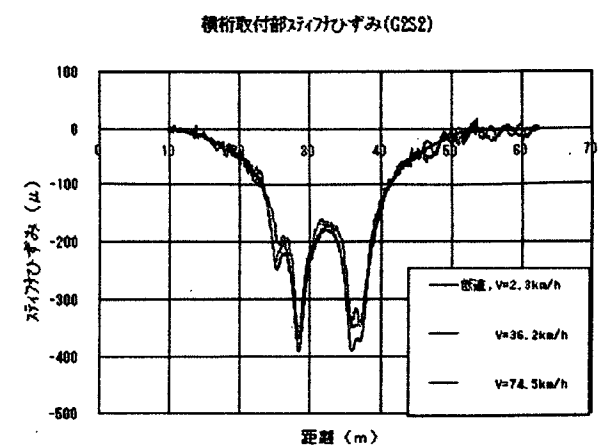
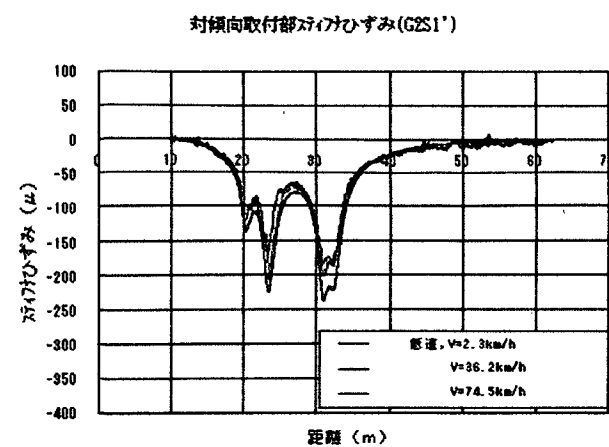
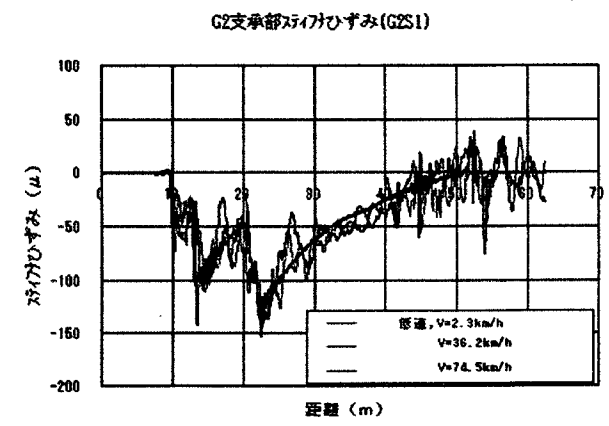
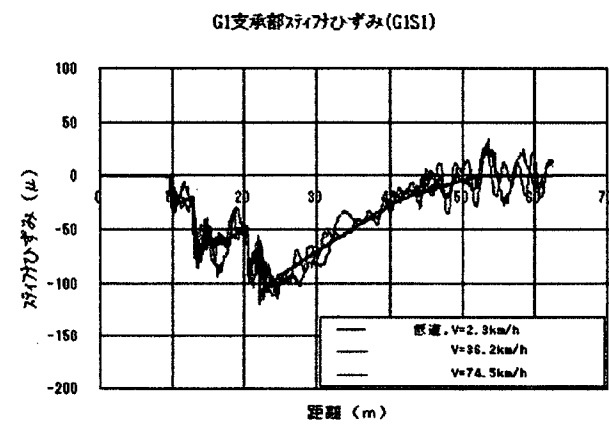
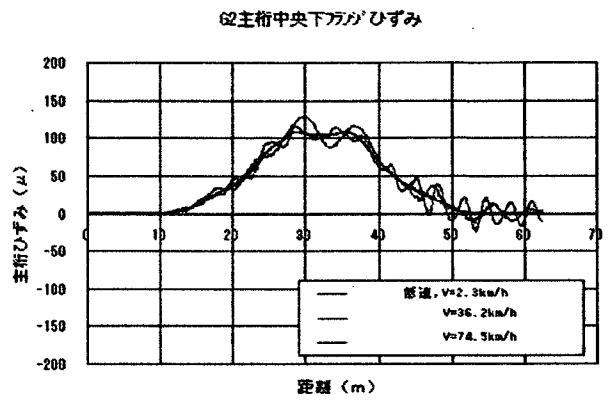
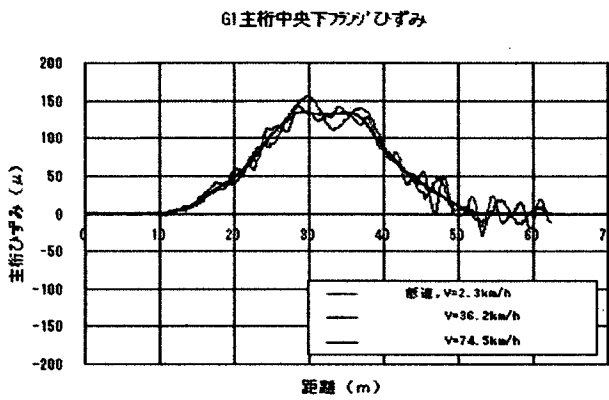
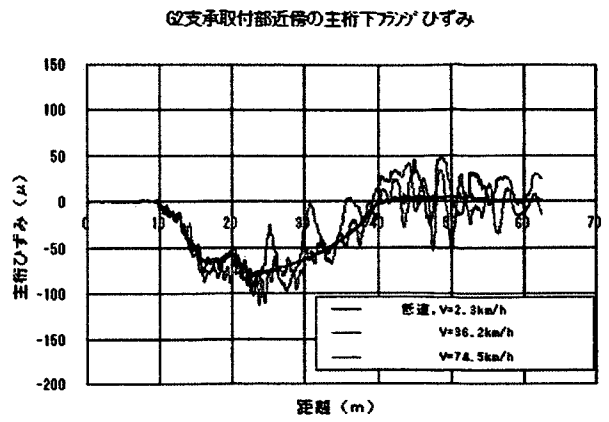
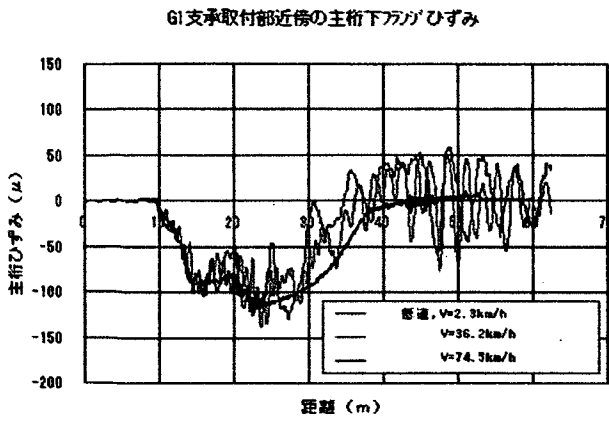


図-2.4.37 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス11.5tトラック, 継手部段差) その1

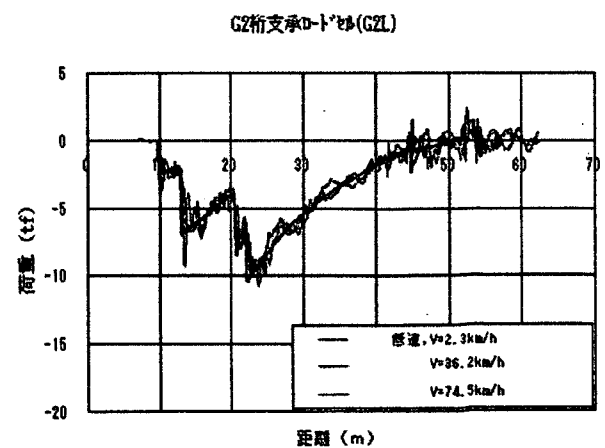
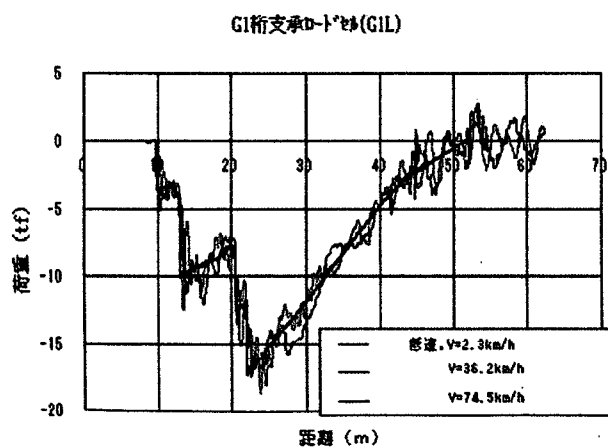
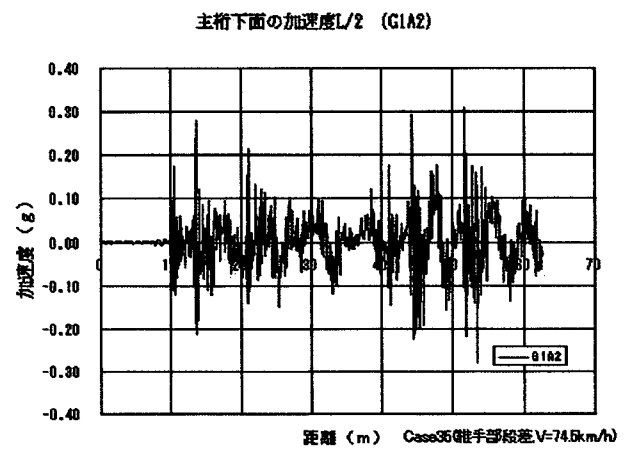
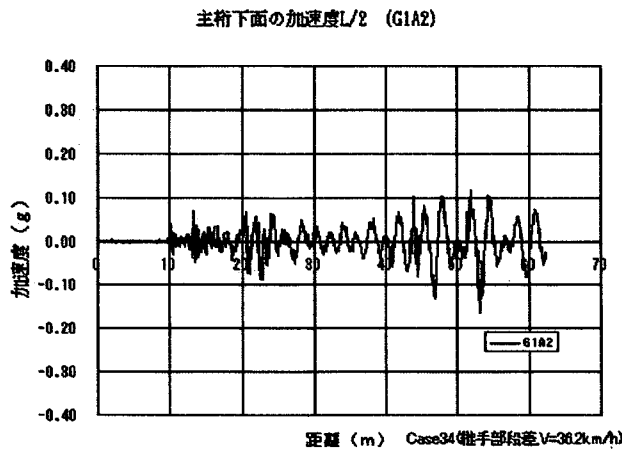
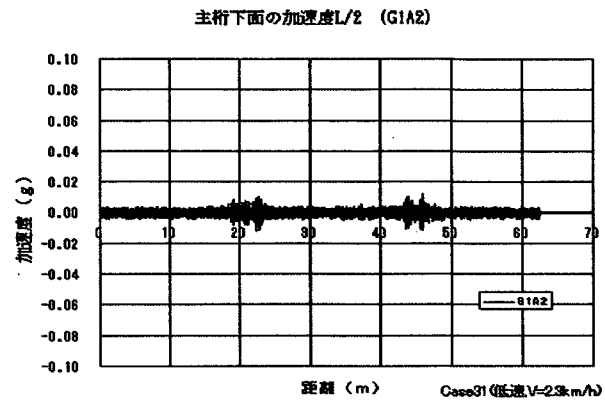
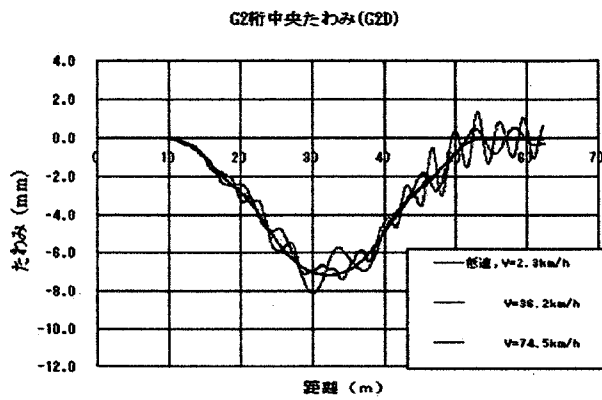
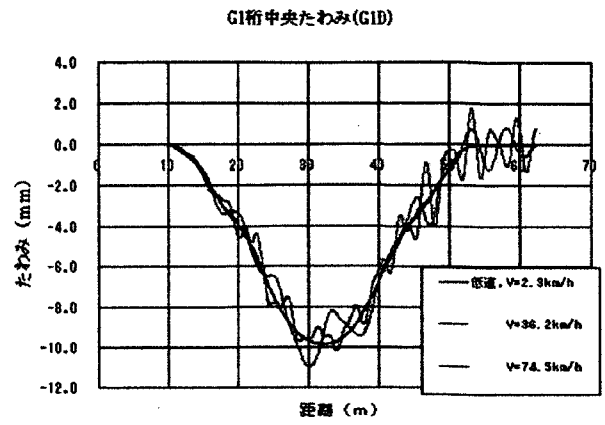
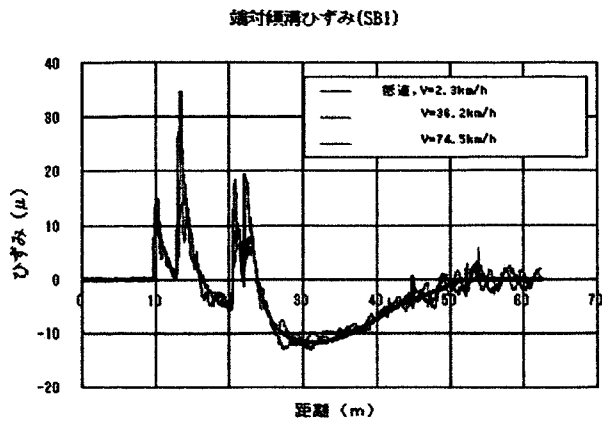


図-2.4.37 橋梁走行試験測定波形の比較 (リ-フス 11.5tトラック, 継手部段差) その2

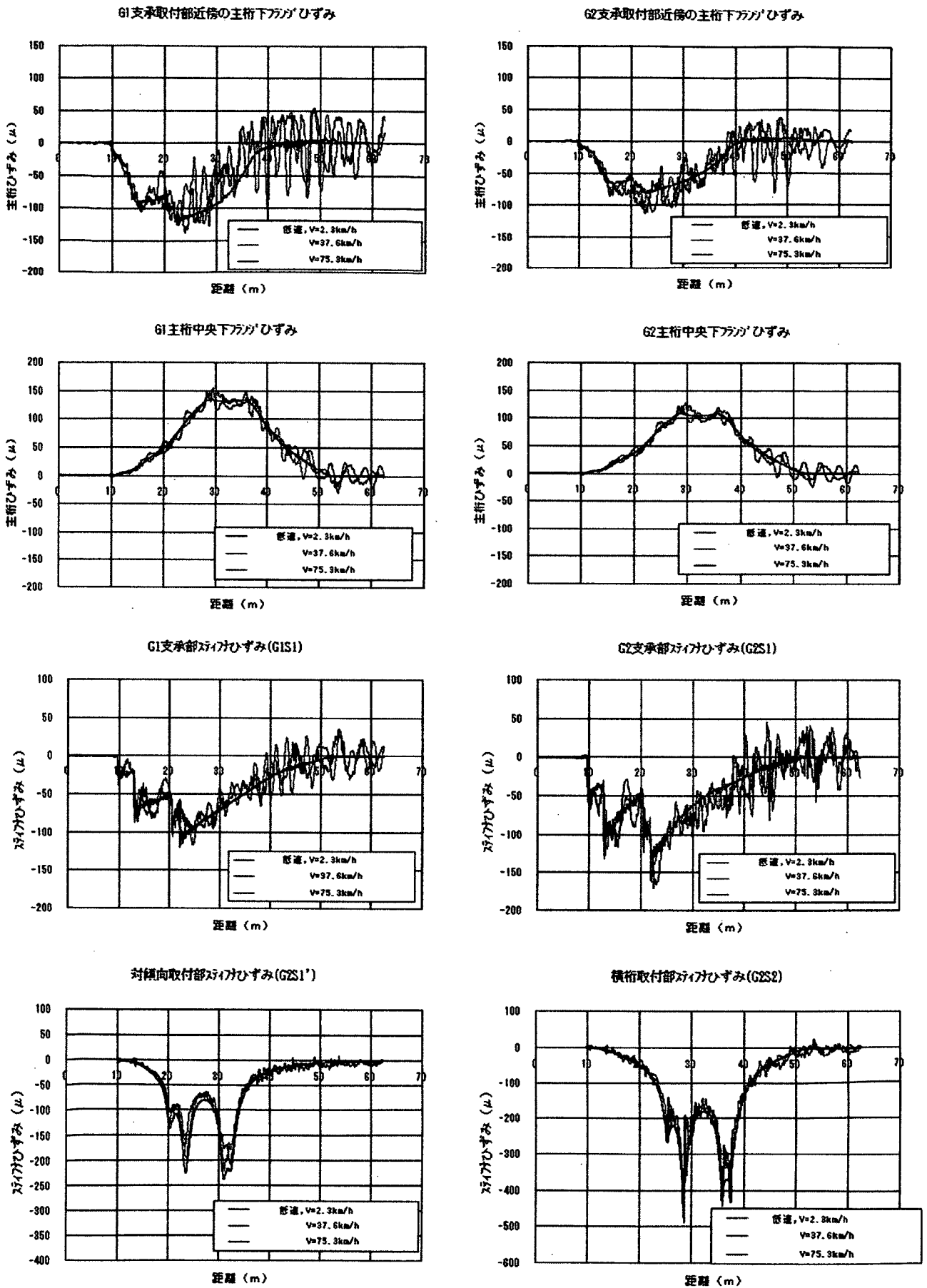


図-2.4.38 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス 11.5tトラック, 中央部段差) その1

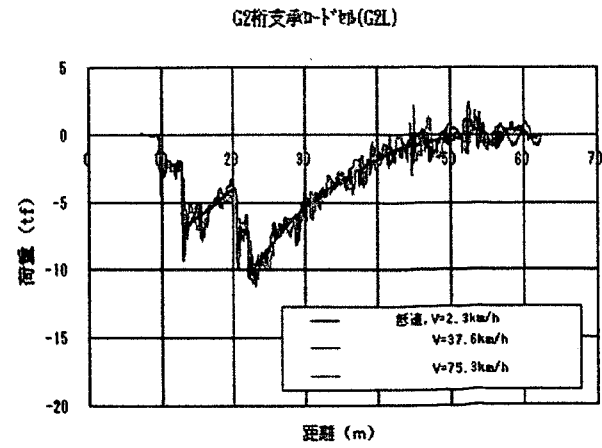
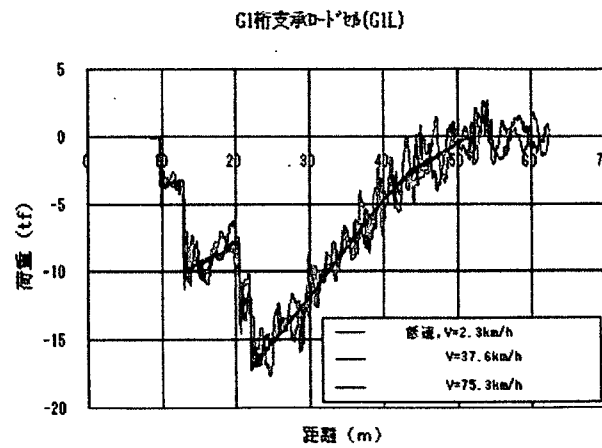
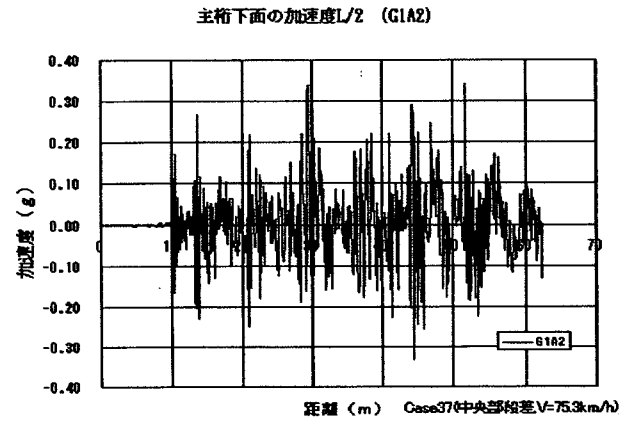
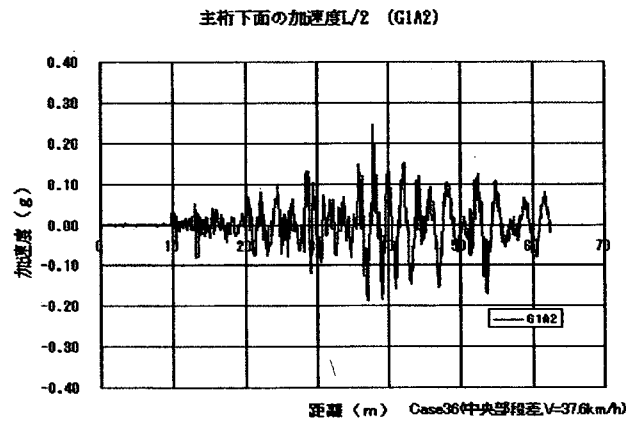
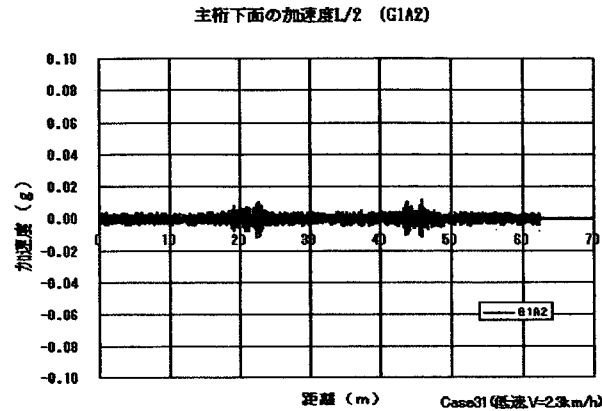
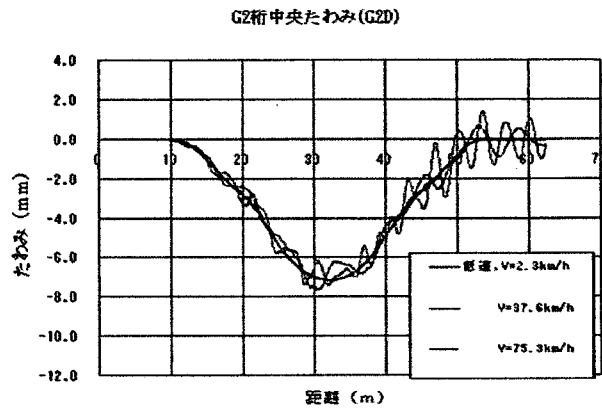
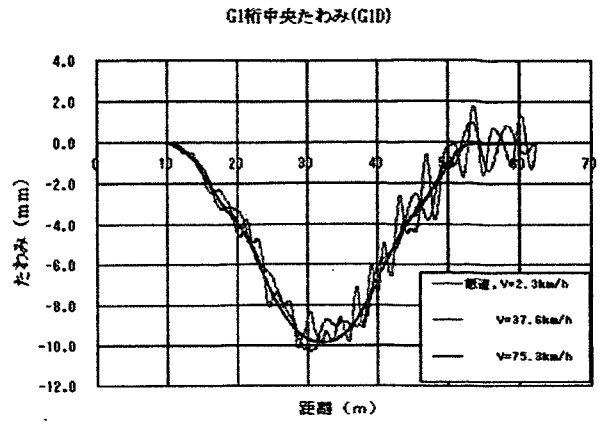
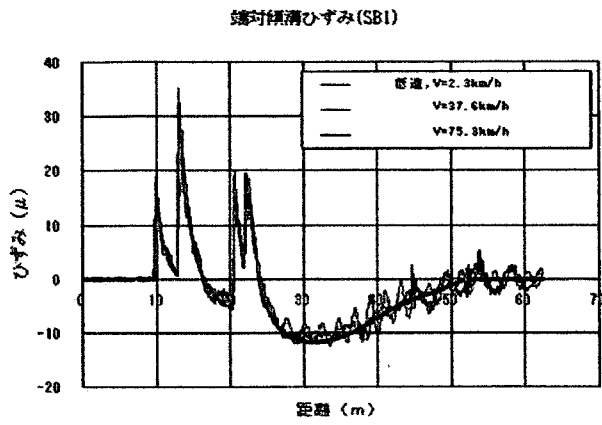


図-2.4.38 橋梁走行試験測定波形の比較 (リーフス11.5tトラック, 中央部段差) その2

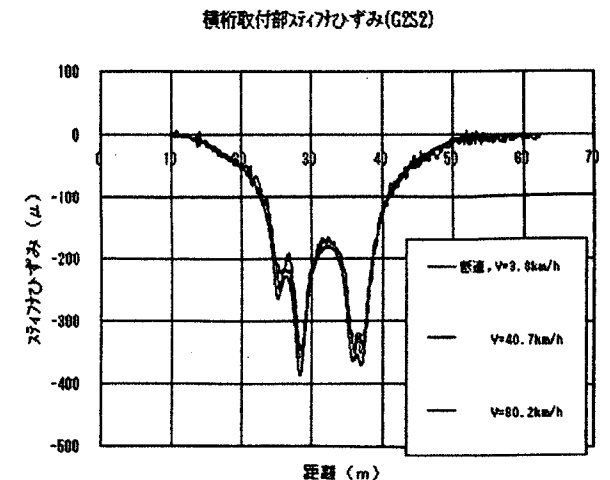
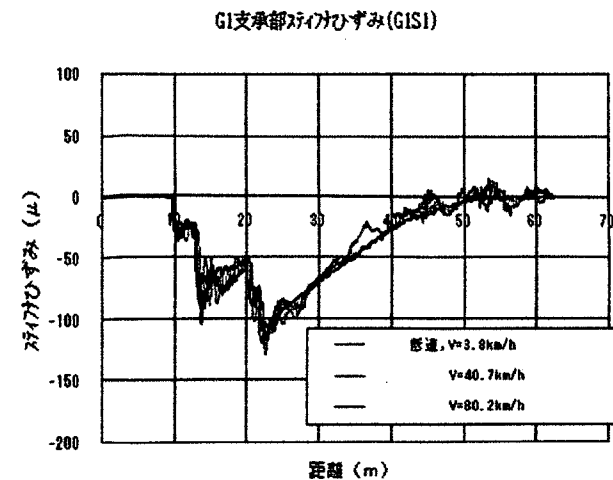
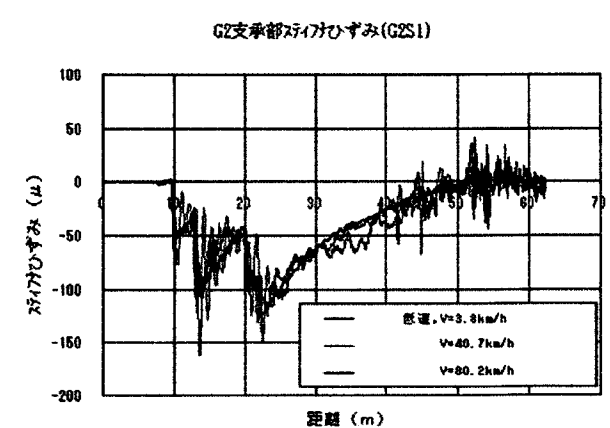
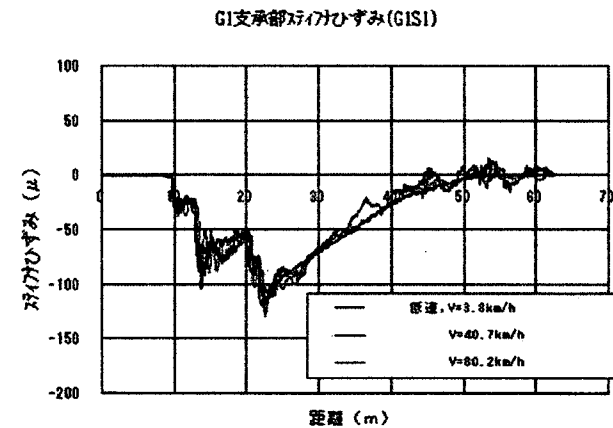
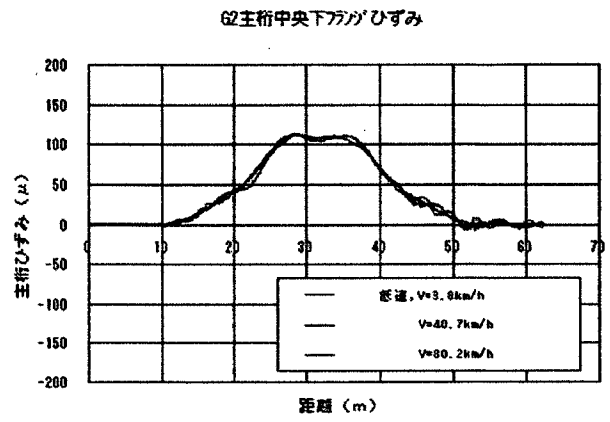
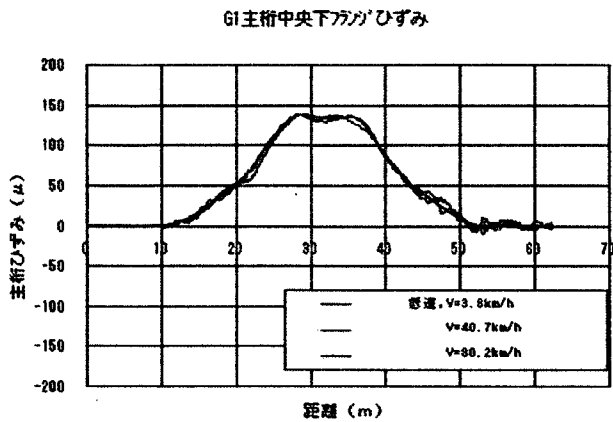
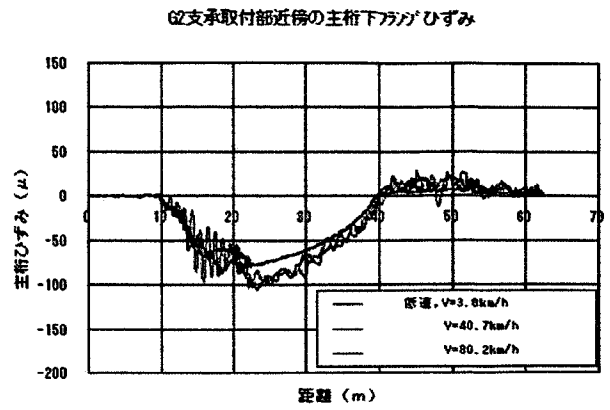
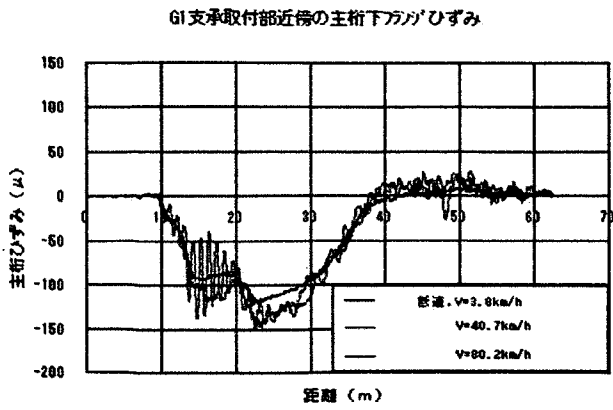


図-2.4.39 橋梁走行試験測定波形の比較 (エアサス 11.5tトラック, 段差なし) その1

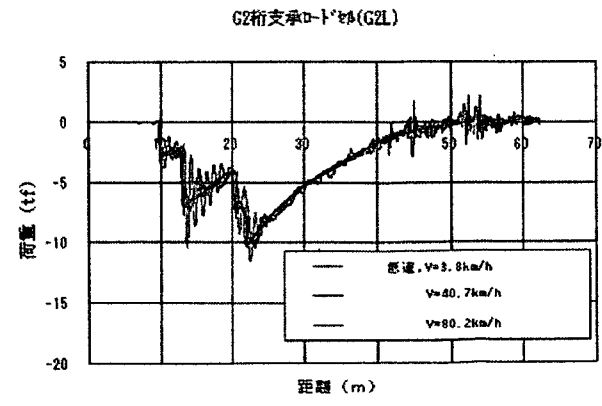
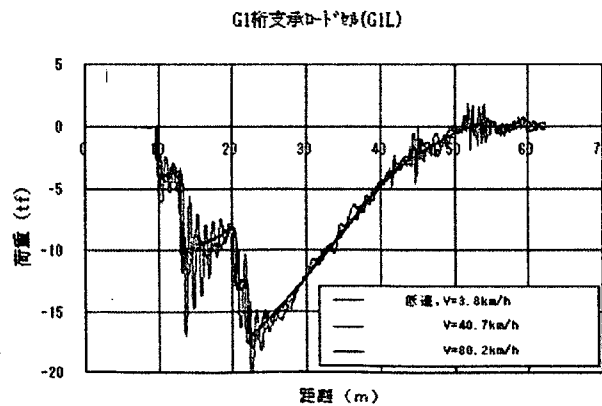
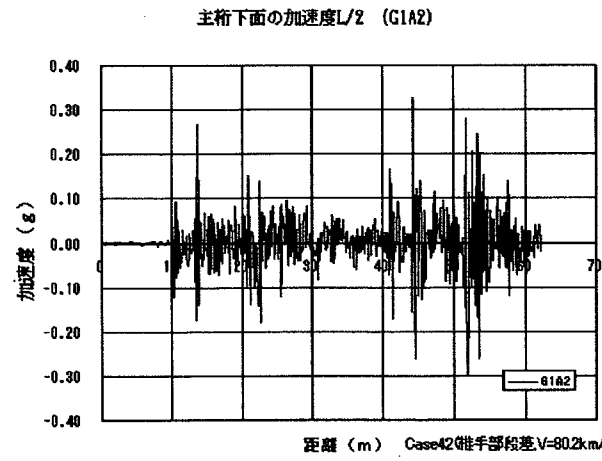
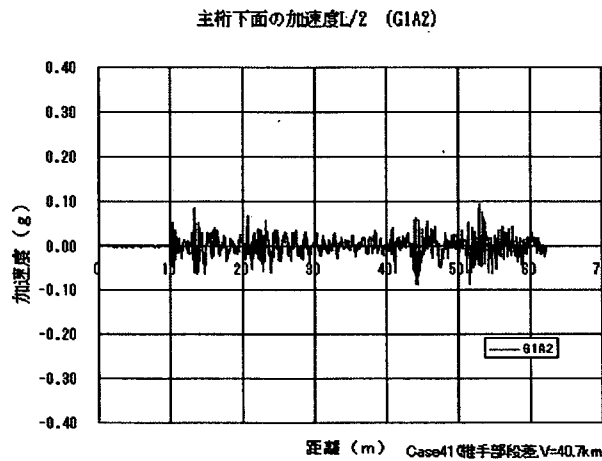
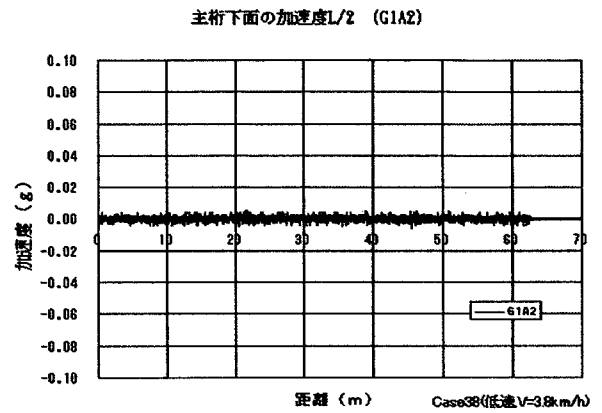
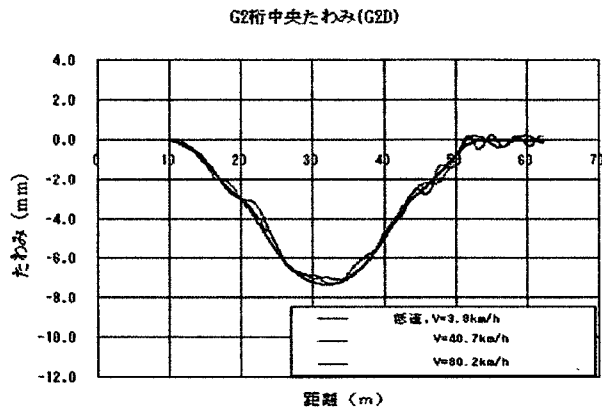
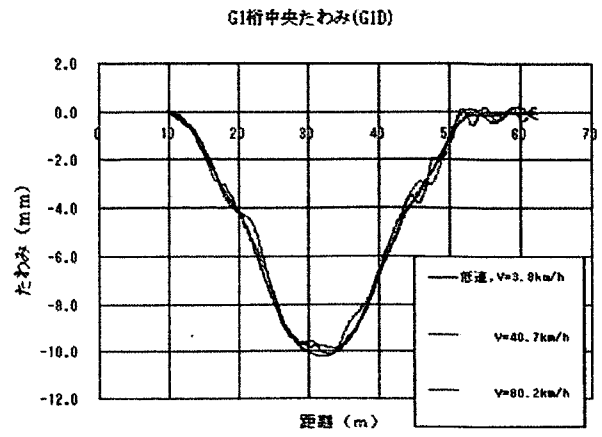
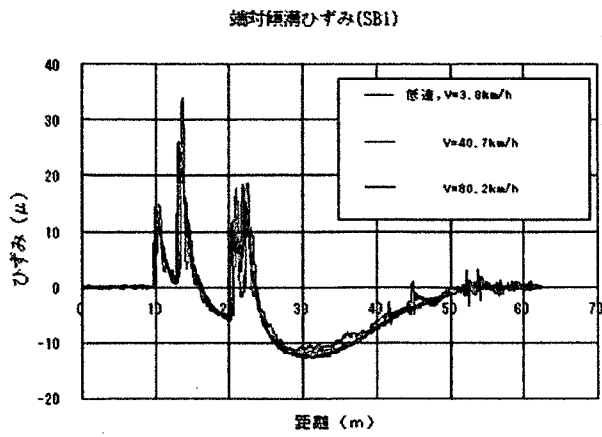


図-2.4.39 橋梁走行試験測定波形の比較 (アサス11.5tトラック, 段差なし) その2



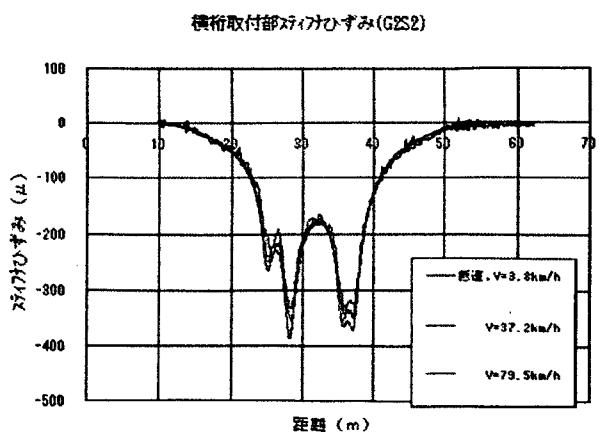
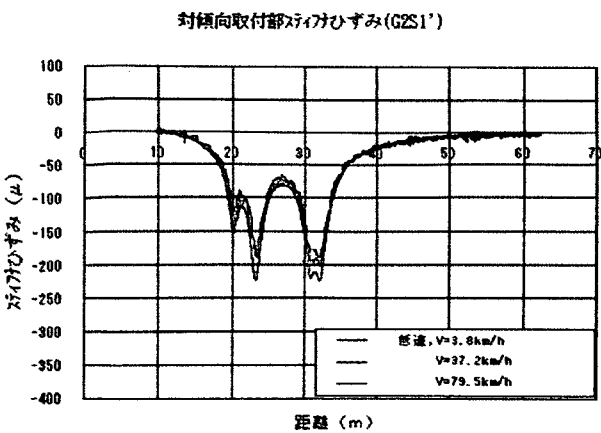
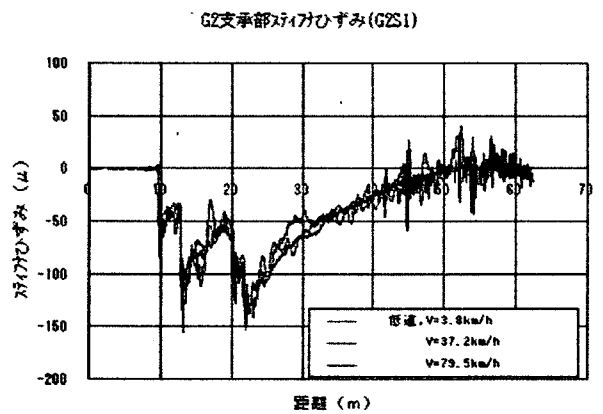
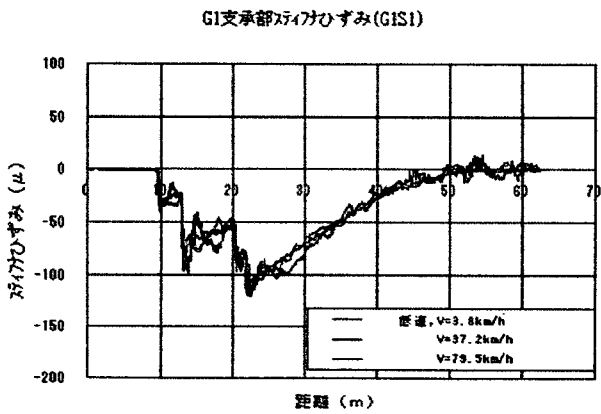
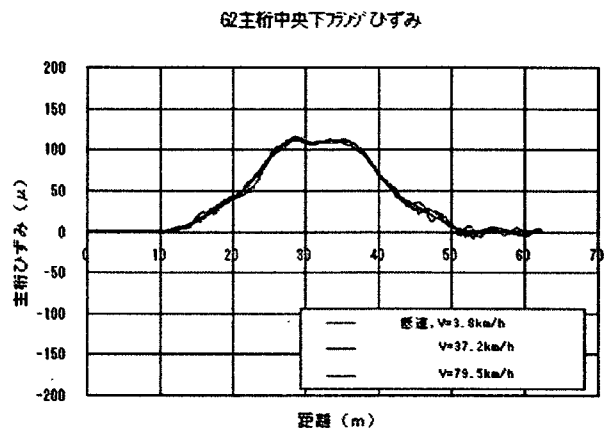
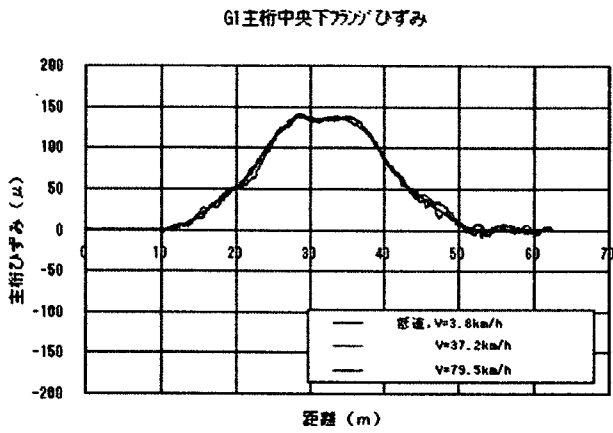
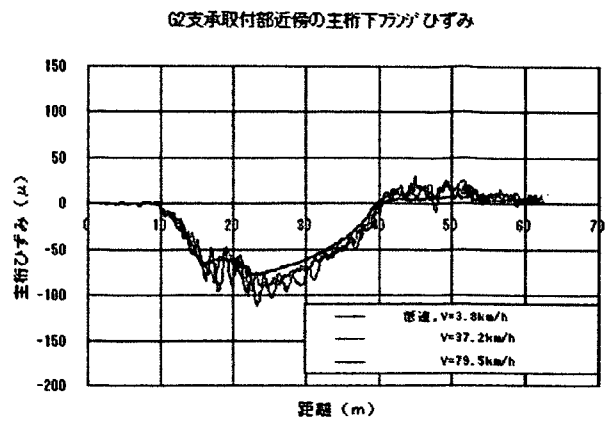
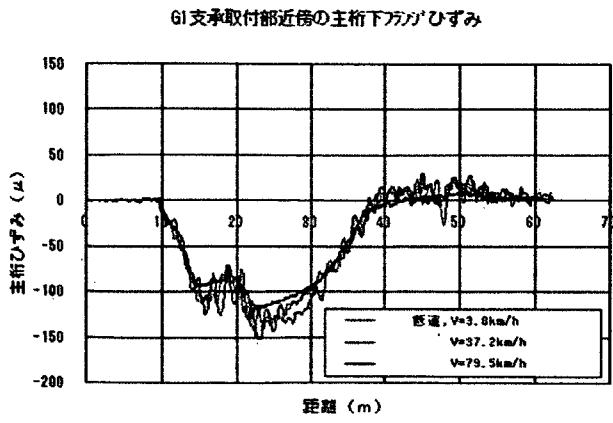


図-2.4.40 橋梁走行試験測定波形の比較 (アサス 11.5tトラック, 継手部位差) その1

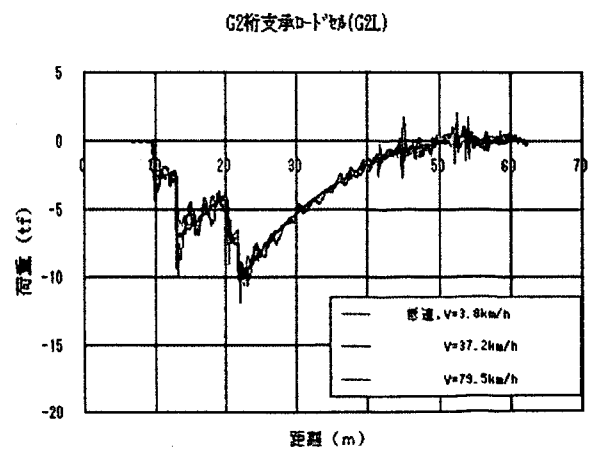
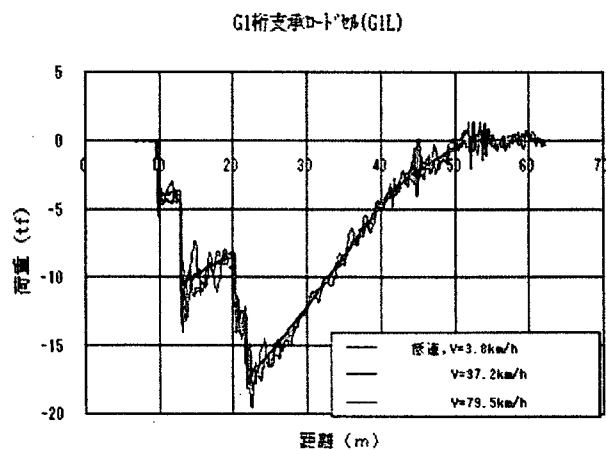
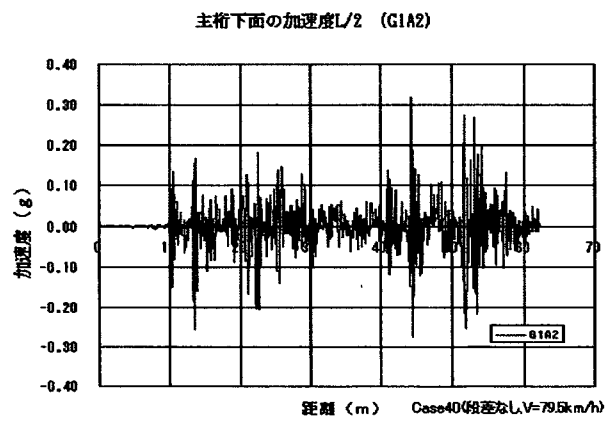
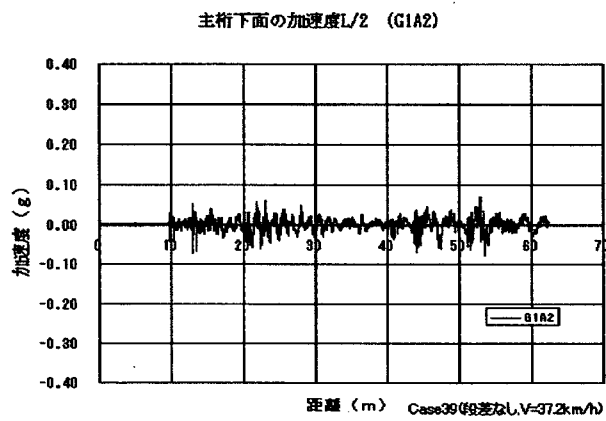
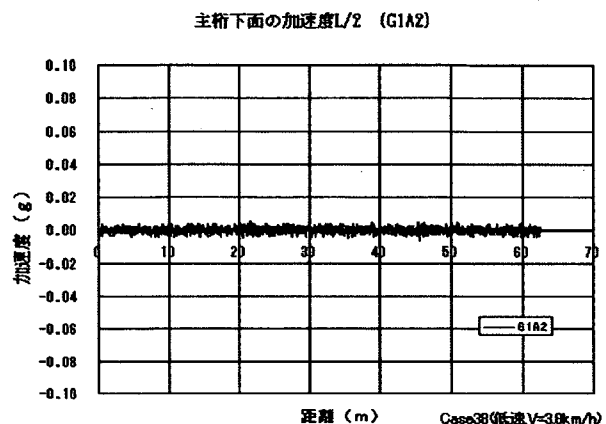
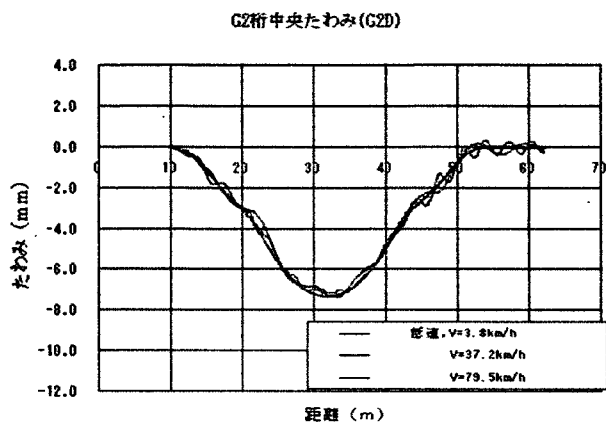
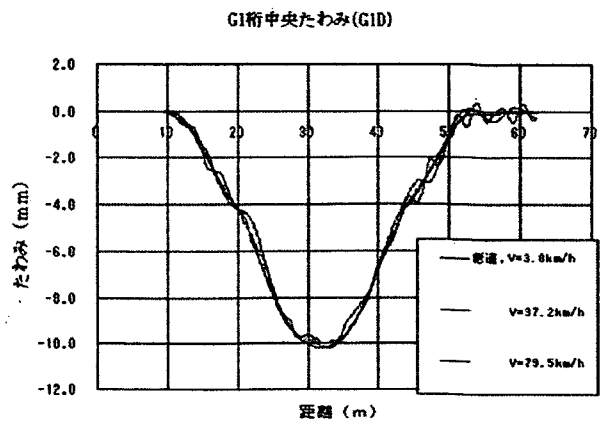
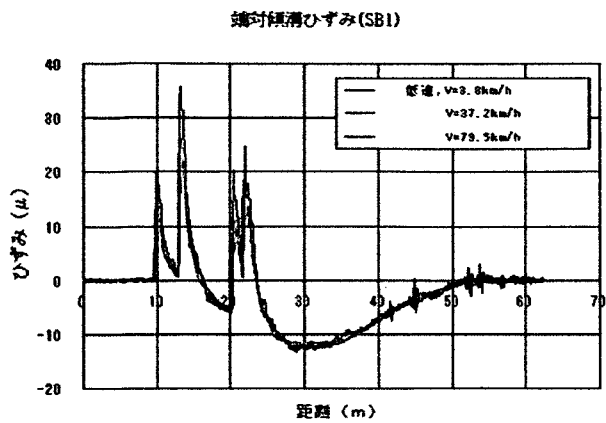


図-2.4.40 橋梁走行試験測定波形の比較 (エアス 11.5tトラック, 継手部段差) その2

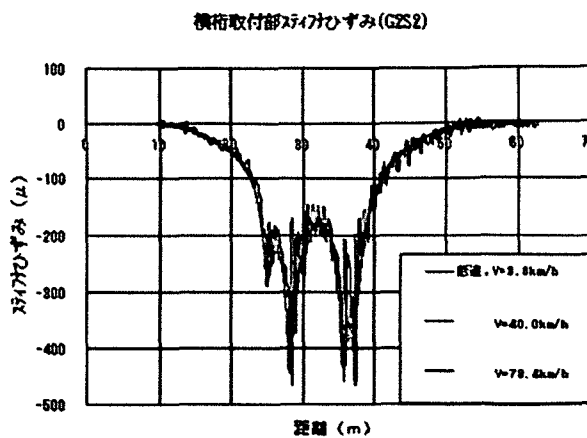
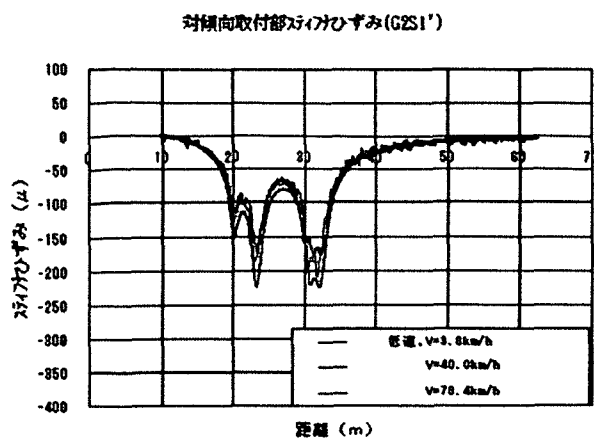
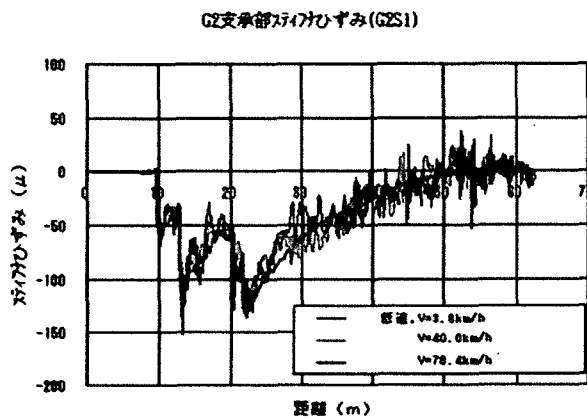
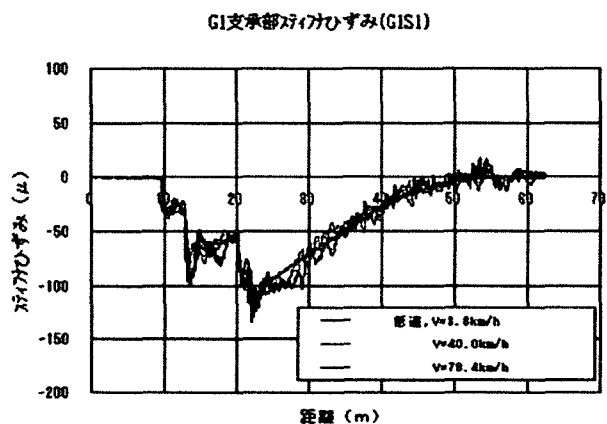
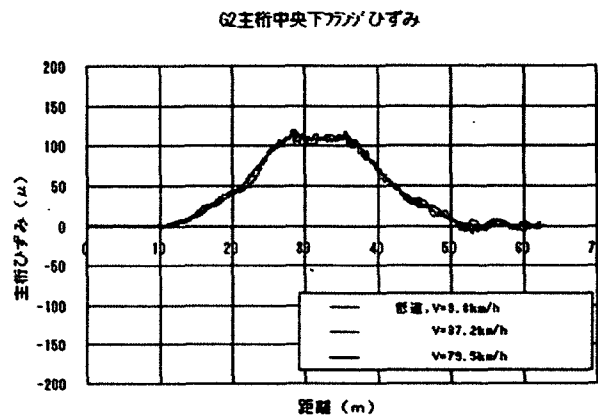
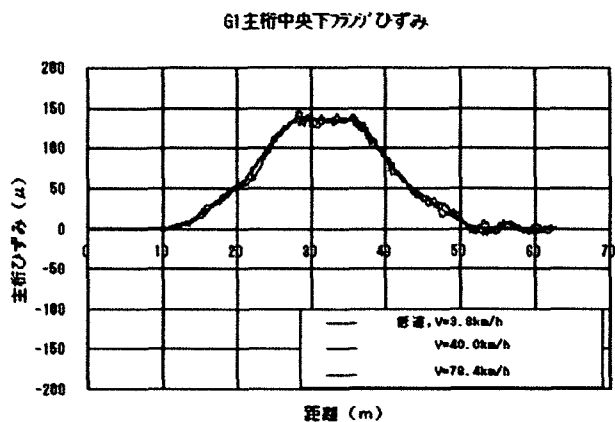
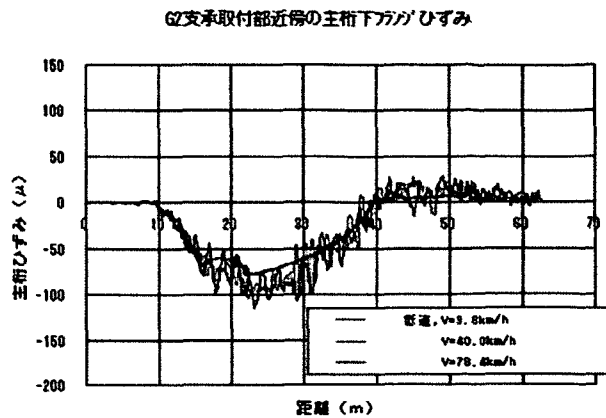
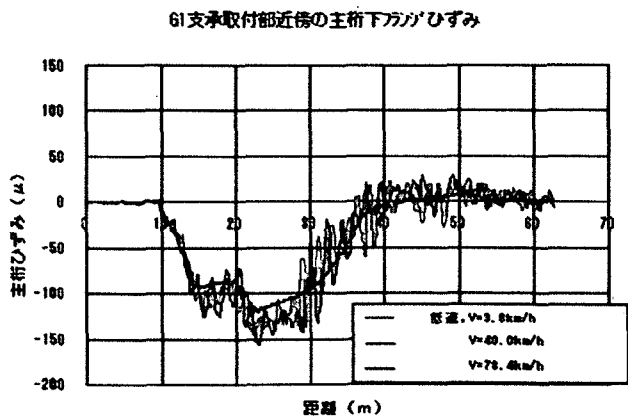


図-2.4.41 橋梁走行試験測定波形の比較 (エアス 11.5tトラクタ, 中央部段差) その1

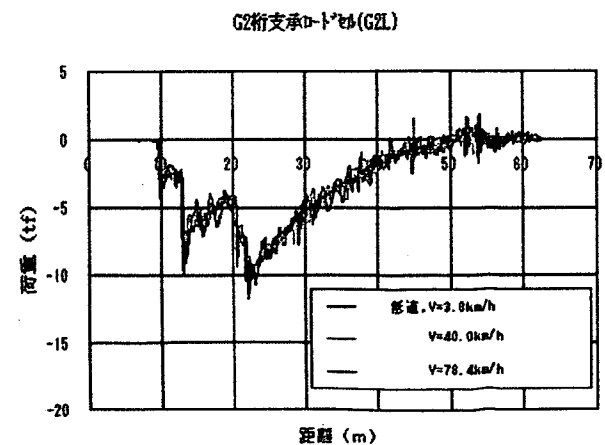
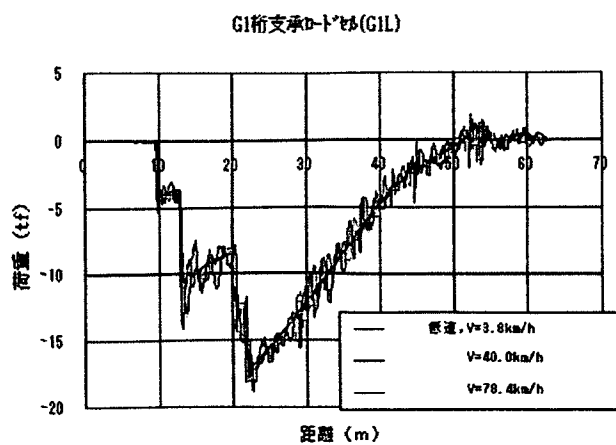
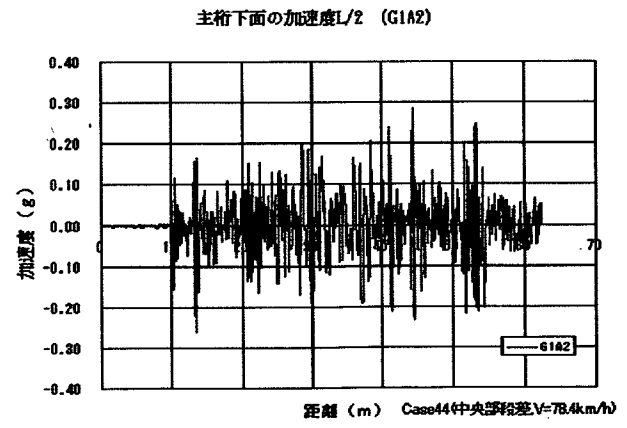
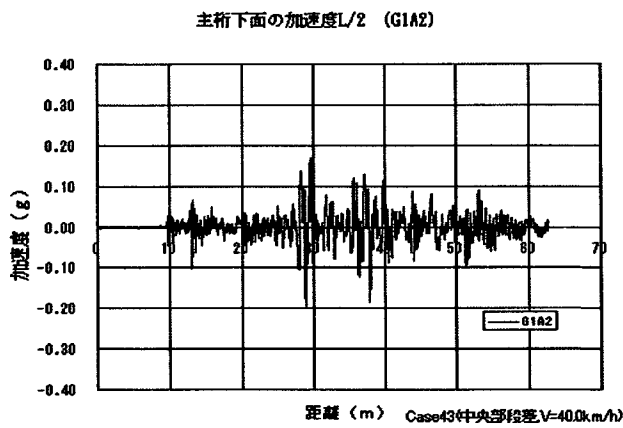
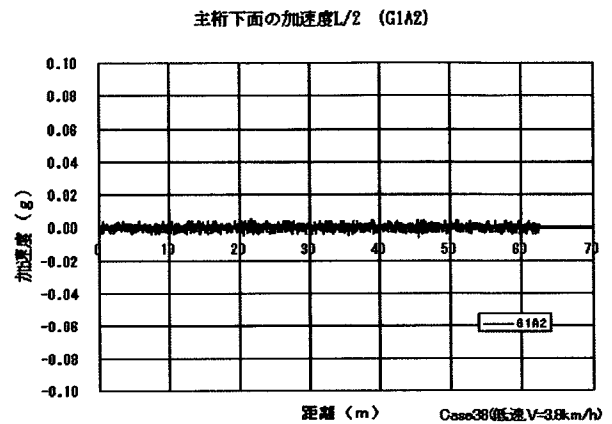
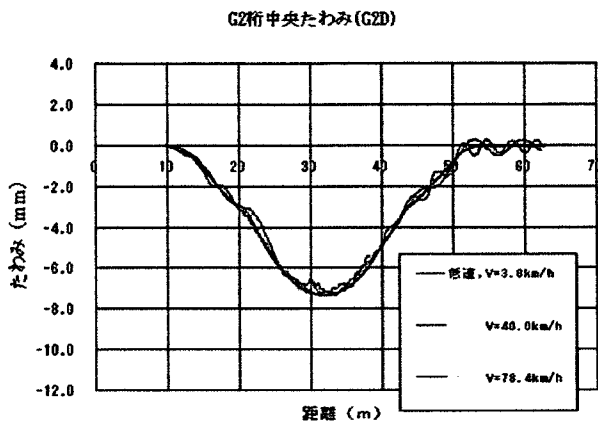
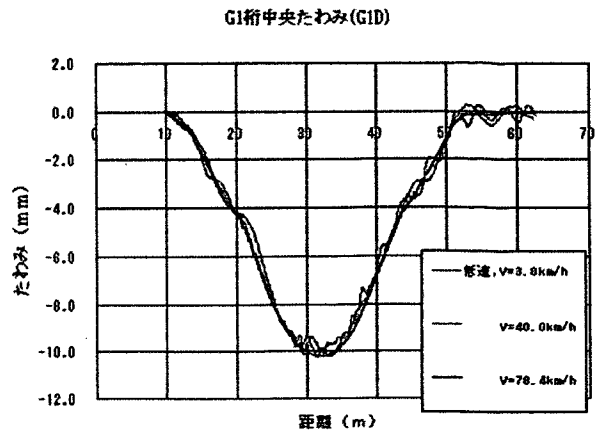
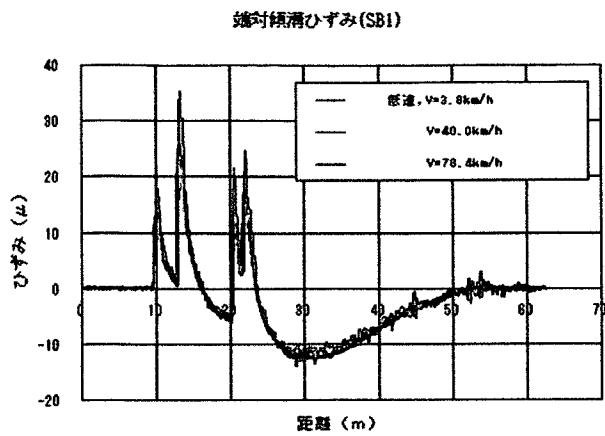


図-2.4.41 橋梁走行試験測定波形の比較 (アサ 11.5tトラック, 中央部段差) その2

### 3章 まとめ

本研究では、国内を走行する代表的な大型貨物車を対象として、実車を用いた走行試験を行い、サスペンションの振動特性と橋梁に及ぼす動的影響の関係について基礎的な特性を明らかにした。ここで得られた知見の要点は次の通りである。

- ①人工段差落下試験の結果、エアサスはリーフサスと比較して、高い減衰性を有しており、車両走行中に生じた振動が速やかに減少しうる特性を有していることがわかった。
- ②人工段差走行試験の結果、路面に存在する矩形形状の段差を通過する際に瞬間的に生じる衝撃的な荷重については、ばね下の振動周波数と一致する 10Hz 前後の成分が卓越しており、サスペンションの振動特性の影響を大きく受けないことがわかった。
- ③試験橋梁走行試験の結果、主げた部のように、車両の通過に対して応答時間の長い部材については、車両振動の結果として現れる荷重変動の影響が部材応答にも顕著に現れ、結果として、部材の応力振幅を増大させていることがわかった。また、主げた部の応答は、車両の総重量を同一としたため、軸重増加 (10t → 11.5t) の影響はほとんどみられなかった。
- ④試験橋梁走行試験の結果、床版のように、車輪の通過に対して応答時間が短い部材については、車両振動の影響は、ある位相部分の重ね合わせとなって現れるため、部材側の計測で動的影響を評価するためには、測定回数を相当数増やす必要がある。現実的な床版に対する動的影響の評価方法としては、車両が走行中に及ぼし続ける輪荷重に着目して評価する方法が考えられる。輪荷重に着目して、床版に及ぼす動的影響を評価した結果、同一軸重の場合、エアサス軸はリーフサス軸に対して動的影響を緩和する効果があることがわかった。

本研究において、エアサス搭載車両が、条件によっては橋梁に及ぼす動的影響を低減することを確認した点、橋梁各部に及ぼす動的影響の特性やその評価のあり方を明らかにした点を踏まえ、今後は、道路橋ストックの有効活用と適切な保全の両立を図る観点から、大型貨物車の中で対象とする車両条件、着目する車軸等を設定し、大型化に必要な条件や認証試験法に関する検討を実施する予定である。

## 参考文献

- 1) OECD Road Transport Research Programme : Dynamic Interaction between Vehicles and Infrastructure Experiment, DSTI/DOT/RTR/IR6(98) 1/FINAL, 1998
- 2) EC 指令、92/7/EEC, 1992.2



---

国土技術政策総合研究所資料  
TECHNICAL NOTE of N I L I M  
No.179                      May 2004

編集・発行 国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは  
〒305-0804 茨城県つくば市大字旭一番地  
企画部研究評価・推進課 PHONE 029-864-2675