

土 木 研 究 所 資 料

高架橋交通振動実測調査報告書

昭和62年1月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright © (1987) by P.W.R.I.

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

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

高架橋交通振動実測調査報告書

構造研究室	室	長	横	山	功	一
	研	究	員	井	上	純
				藤	城	隆*
				永	原	隆
				伊	関	英彦

要旨

高架道路の交通振動特性を把握し、構造面からの振動軽減対策を検討するために高架橋交通振動実測調査を行った。橋脚形式の異なる2橋梁で調査を行った結果、防振対策上は門型ラーメン橋脚がT型橋脚よりも有利であることが明らかとなった。

キーワード：高架橋, T型橋脚, 門型ラーメン橋脚, 振動軽減対策

*現在：土木研究所企画部施設課

ま え が き

走行車両による構造物および地盤の振動は道路交通振動と呼ばれ、騒音、大気汚染とともに道路環境問題の一つとなっている。既往の調査により^{1),2)}、振動レベルの予測手法や振動軽減対策についての検討が進められてきており、昭和61年3月より新しい環境アセスメント制度がスタートしている。

交通振動レベルの実態調査によると、軟弱地盤など一部を除き、要請基準を超えるケースは極めてまれである。これは道路計画段階における路線選定、道路構造上の配慮や供用後の道路保全対策がかなり積極的に行われるようになってきたためであり、沿道からの苦情が寄せられた場合でもオーバーレイなど路面補修による対応で解決できることが多い。

しかし、都市内高速道路に多用されている高架道路の場合はやや様相を異にしており、騒音対策が進むにつれて振動に対する苦情の比率が増加している。高架道路は他の道路構造とは異なり、自動車からの振動が高架橋の桁、橋脚、基礎などの構造物を介して沿道地盤に伝播するため、交通振動特性も他とは異なり、現在までに有効かつ実用的な対策は見い出されてはいない。高架道路の交通振動問題については、まずその振動特性を把握し、次に構造物側で可能な振動軽減対策についての検討を行う必要がある。

また近年、環境に配慮した道路構造として注目されている掘割道路や浅いトンネルなどの半地下道路構造の交通振動特性や振動軽減に及ぼす効果に関する調査は十分には行われてはおらず、環境アセスメントを実施する際の予測手法の確立が望まれている。

土木研究所においては、昭和47年ごろから本格的に道路交通振動の調査に取り組み、主として平面道路、盛土道路、切土道路について振動レベルの予測式の作成と振動防止対策の有効性の検討を行った。また最近建設されるようになった環境面に配慮した掘割構造についても調査を行っている。これらの成果は昭和60年に作成された技術指針³⁾に反映されている。

昭和59年度までに平面道路、盛土道路、切土道路などの一般的な構造の道路に対しては予測および対策について調査成果がとりまとめられたので、昭和60年度以降は、主として高架道路ならびに掘割道路について振動軽減対策や予測手法の検討を行ってゆくこととする。

今年度は高架道路の交通振動問題について、既往の調査、検討結果を整理した。次に、橋梁構造面からの振動特性把握、振動軽減対策の検討を目的として高架橋における交通振動実測調査を行った。

目 次

ま え が き

1. 概 説	1
1.1 既往の調査	1
1.2 調査研究の方法	2
2. 高架橋交通振動実測調査	3
2.1 調 査 概 要	3
2.2 調 査 内 容	3
2.2.1 調 査 橋 梁	3
2.2.2 調 査 方 法	3
2.3 調 査 結 果	14
2.3.1 時 刻 歴 図	14
2.3.2 最大加速度	14
2.3.3 スペクトル解析	36
2.4 考 察	54
2.4.1 高架橋の振動モード	54
2.4.2 走行速度，走行車線の影響	58
2.4.3 橋脚形式の影響	58
2.5 構造的対策の検討	63
2.5.1 主桁の剛性，横分配効果	63
2.5.2 橋 脚 の 形 式	63
2.5.3 伸 縮 装 置 部	63
2.6 ま と め	64
謝 辞	65
参 考 文 献	65

1. 概 説

1.1 既往の調査

高架道路の交通振動特性に関する調査は関係機関においてかなり行われて来ており^{1),2)}、その振動特性は次第に明らかになりつつある。高架道路の交通振動特性を平面道路と対比して整理すると以下のとおりとなる。

(1) 振動発生源

平面道路では、車両が路面を走行するときに及ぼす変動荷重が加振力となり、これが直接路面、地盤に伝わっていくのに対し、高架道路では車両が高架橋上を通過するときに生じる桁のたわみ振動や伸縮装置部を通過するときに生じる衝撃的な振動が、橋脚、基礎を介して地盤に伝播してゆく。

(2) 地盤振動の大きさ

振動レベルの中央値(L_{50})で比較すると鉛直成分は平面道路の方が3 dB程度大きい。しかし、水平成分は高架道路の方が逆に3 dB程度大きくなる。

(3) 地盤振動の周波数特性

高架道路では上下動、水平動ともに10 Hz以下と10~20 Hzに卓越するピークがみられるに対し、平面道路では10 Hz以下の成分がほとんどみられず、10~20 Hzにピークがみられる。水平動成分については明確な特性がみられない。

(4) 家屋増幅

上下動成分については平面、高架とも同程度の増幅を示すが、水平動成分については、特に建物の2階については、特に建物の2階において高架道路の家屋増幅が平面道路よりも大きくなっている。

(5) 騒音、空気振動

高架道路では高架橋の振動が空気を伝わり、音や空気振動として人間や建物に伝わることもある。

このように高架道路の交通振動特性は平面道路よりも複雑であり、交通振動問題への対応をより困難なものとしている。現在までに

- ① 高架構造面からの対策
- ② 伝播経路対策
- ③ 交通制御
- ④ 受振点対策

など種々の面からの対策が検討されているが、現時点の実施や実用化が困難なものが多いばかりでなく、対策としての有効性が明らかとなっていないものも多い。

1.2 調査研究の方法

高架構造—地盤系は多くの振動自由度を持ち、これらが相互に関係し合った動きをする。このため高架道路の交通振動軽減対策の検討を行う際にはまず発生源となる高架橋の振動メカニズムを明らかにし、この発生源の振動を抑えるための高架構造面からの対策を検討する必要がある。

高架橋各部の振動とこれに対応した構造面からの対策を以下に示す。

① 桁のたわみ振動

桁の剛性増、質量増。荷重分配横桁の剛性増。桁の連続化、短スパン化。

② 伸縮装置部の衝撃

段差除去。ノージョイント化。桁端部の床版補強。

③ 橋脚の曲げ振動

橋脚（柱、はり）の剛性増、質量増。橋脚形式の改良（壁式化、ラーメン化）。

④ 基礎の振動

フーチング重量増、基礎形式の改良（ケーソン基礎）、土かぶり増。

今年度はこれらの対策のうち、桁、伸縮装置部、橋脚などで採り得る対策の可能性について検討した。特に橋脚形式による対策の有効性については詳細なデータ比較を行うこととした。

2. 高架橋交通振動実測調査

2.1 調査概要

高架橋の交通振動特性を把握するために、高架道路上で試験車（20トン車）を用いた走行試験を行い、高架橋各部の振動加速度、可動支承上の桁の水平変位および周辺地盤の加速度並びに沿道における音圧を測定した。

橋梁構造の違いが振動特性に及ぼす影響を調査するために橋脚形式が異なる2種類の橋梁を選定した。また試験車の走行速度、走行車線を変化させ、これらが振動の大きさに及ぼす影響について明らかにした。最後に、これらのデータをもとに高架橋交通振動に対する構造的対策の有効性について検討した。

2.2 調査内容

2.2.1 調査橋梁

今回、調査対象とした橋梁は阪神高速道路に位置する2高架橋である。その概要を表-1に、一般図および断面図を図-1に、外観を写真-1にそれぞれ示す。2橋梁はスパン、幅員など上部構造の諸元がほぼ等しく、橋脚の形式のみがT型単柱構造と門型ラーメン構造と異なっている。また図-2に示した土質柱状図によると、地中10m未満では調査橋梁2が、10m～20mでは調査橋梁1が、他方と比較して地盤条件が良くなっている。以下調査橋梁1（T型橋脚）をBr.No.1、調査橋梁2（門型ラーメン橋脚）をBr.No.2と呼び区別する。

表-1 調査対象高架橋の概要

調査橋梁	高架橋道路条件		高架橋構造形式	
	車線数	道路幅員	上部構	下部構
1	4	17.6 m	単純合成鋼鈑桁 橋長 27.0 m 支間長 26.4 m	RC単柱 (T型) 場所打杭
2	4	17.6 m	単純合成鋼鈑桁 橋長 27.5 m 支間長 26.9 m	RC門柱 (ラーメン) 場所打杭

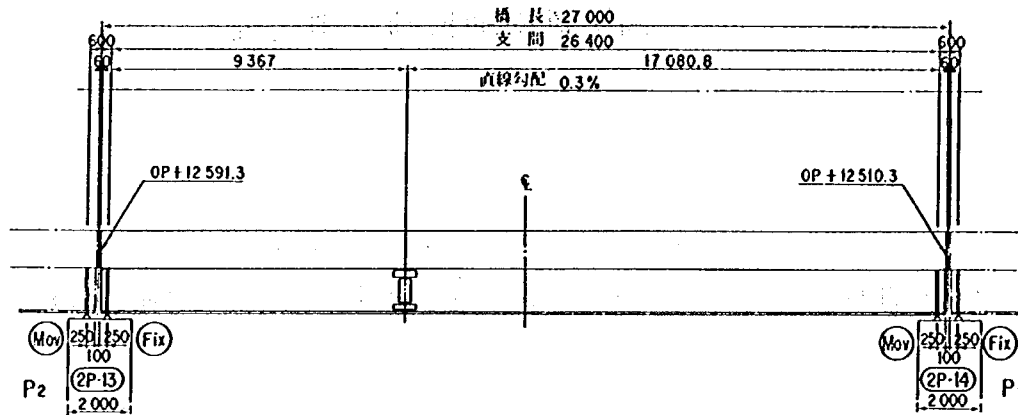
なお、Br.No.1に関しては既に阪神高速道路公団により交通振動調査が行われており、報告書がとりまとめられている⁹⁾。本調査の計画、データ解析には前回の調査を参考にしている。

2.2.2 調査方法

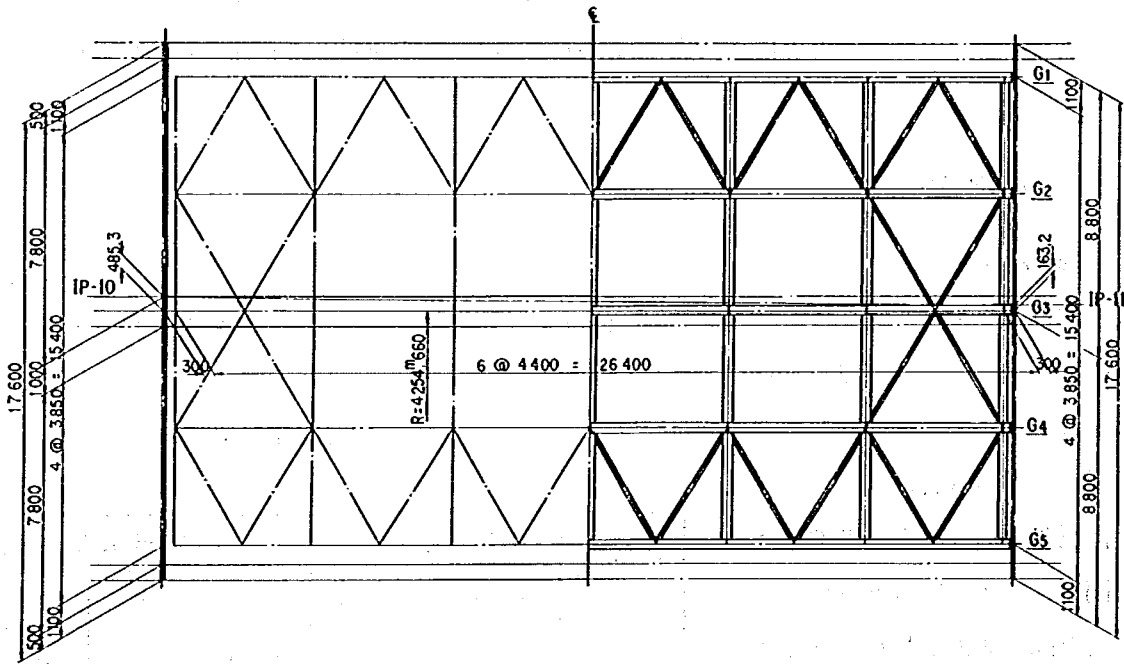
(1) 調査項目

走行車両による構造物の振動ならびに付近での地盤振動、空気振動を測定した。高架橋の動きを3次元的に把握するために、高架橋主桁中央、橋脚上部および基部にそれぞれ加速度計を配置した。加速度計の

側面図

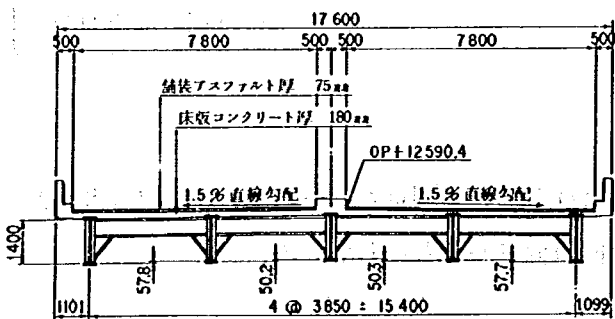


平面図



横断面図

支点上断面



中間部断面

中央部断面

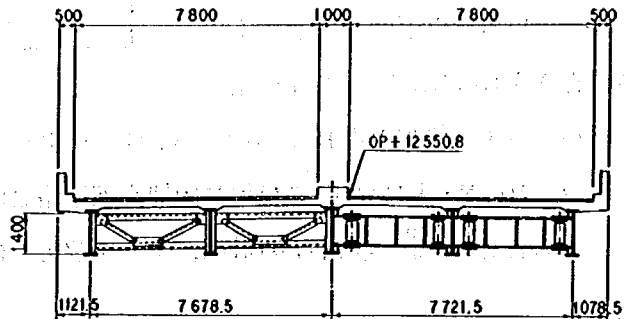


図-1 (a.1) 対象高架橋上部構 Br. No.1

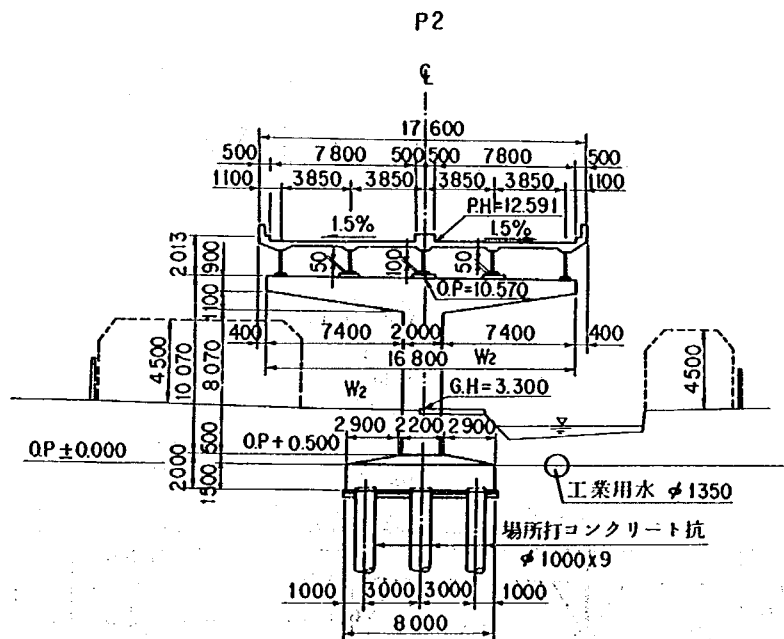
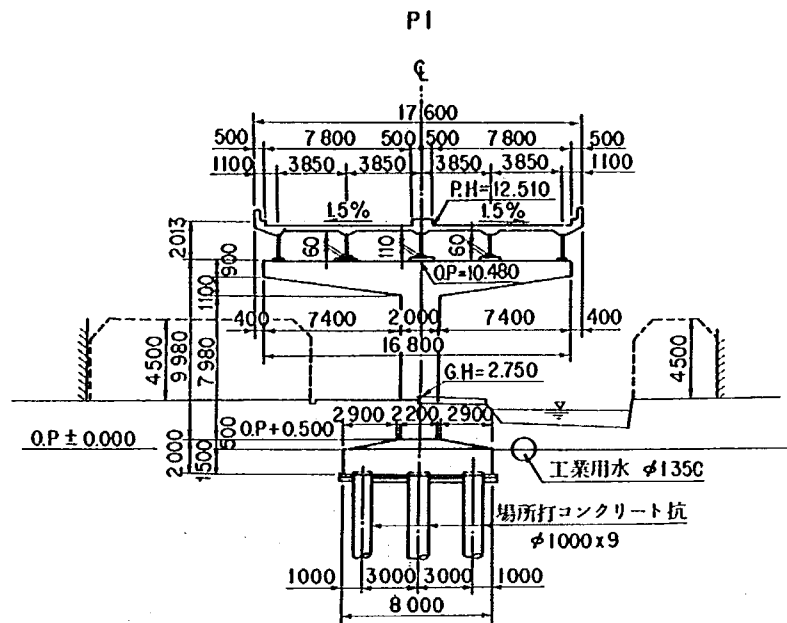


図-1 (a.2) 対象高架橋下部構Br.No.1

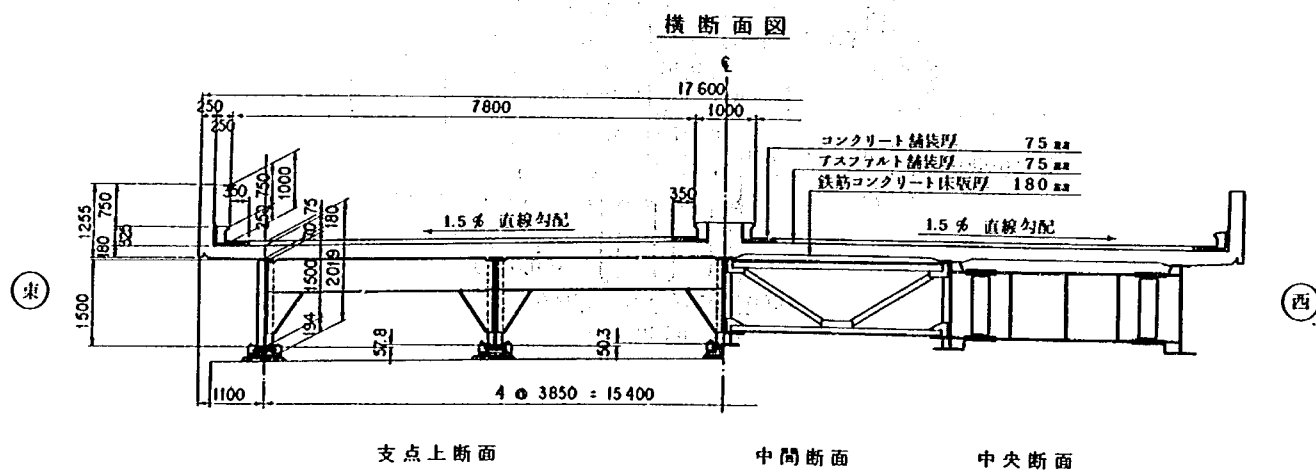
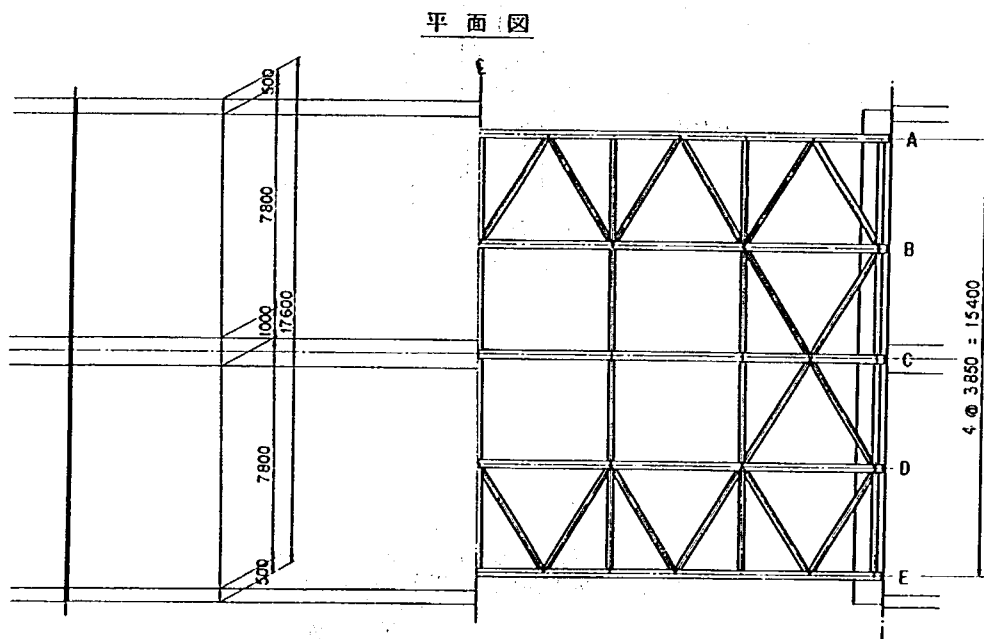
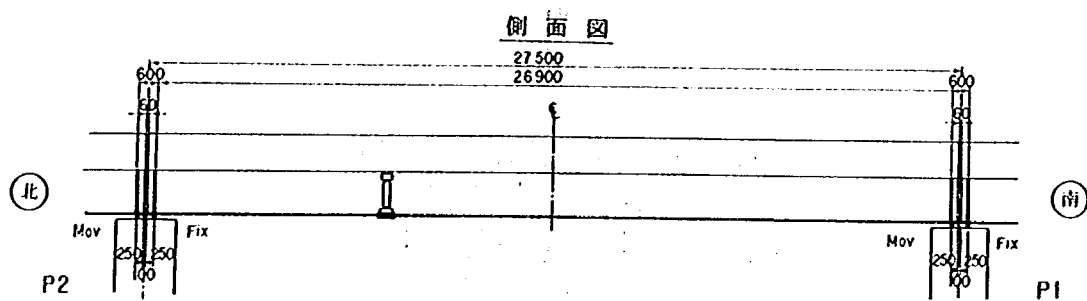
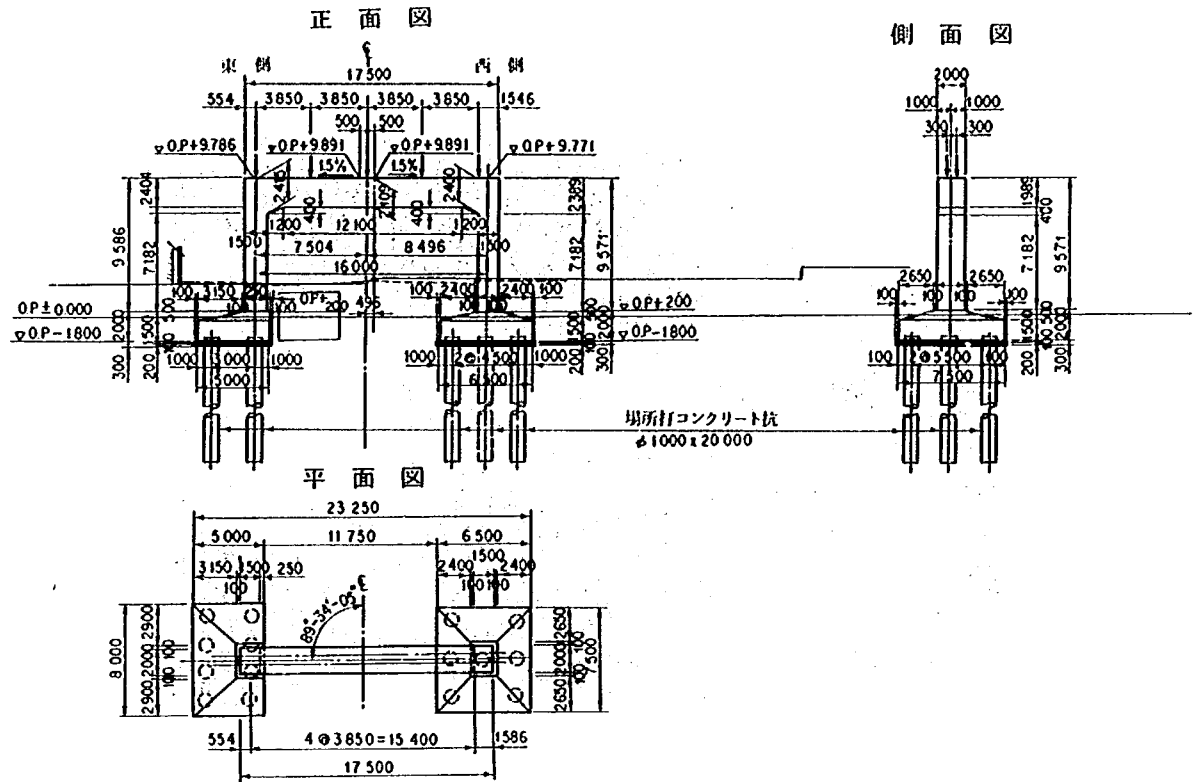


図-1 (b.1) 対象高架橋上部構 Br. No.2

P1



P2

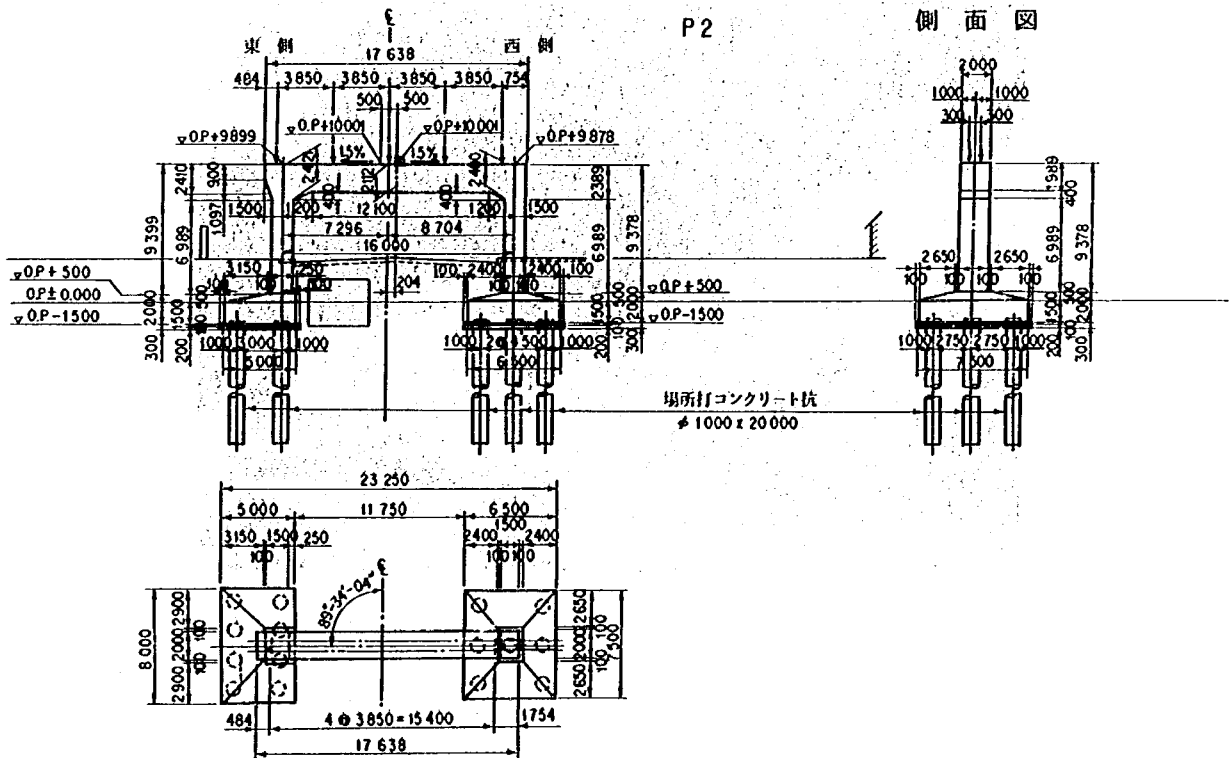
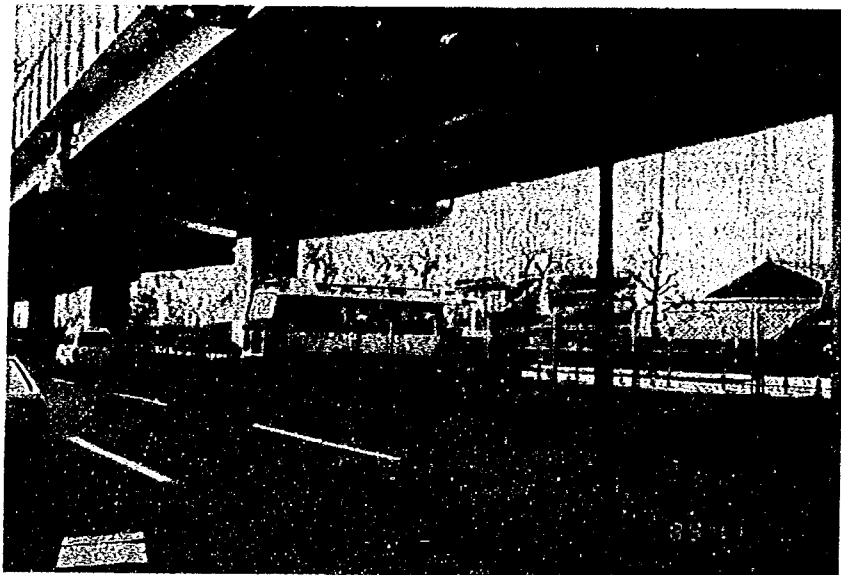


図-1 (b.2)対象高架橋下部構Br.No.2



(a) Br. No.1

写真一1 調査橋梁外観



(b) Br. No.2

写真-1 調査橋梁外観

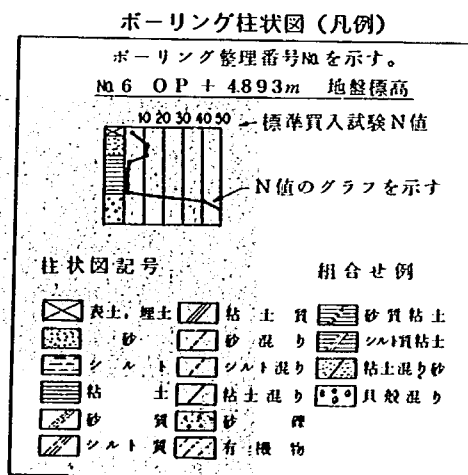
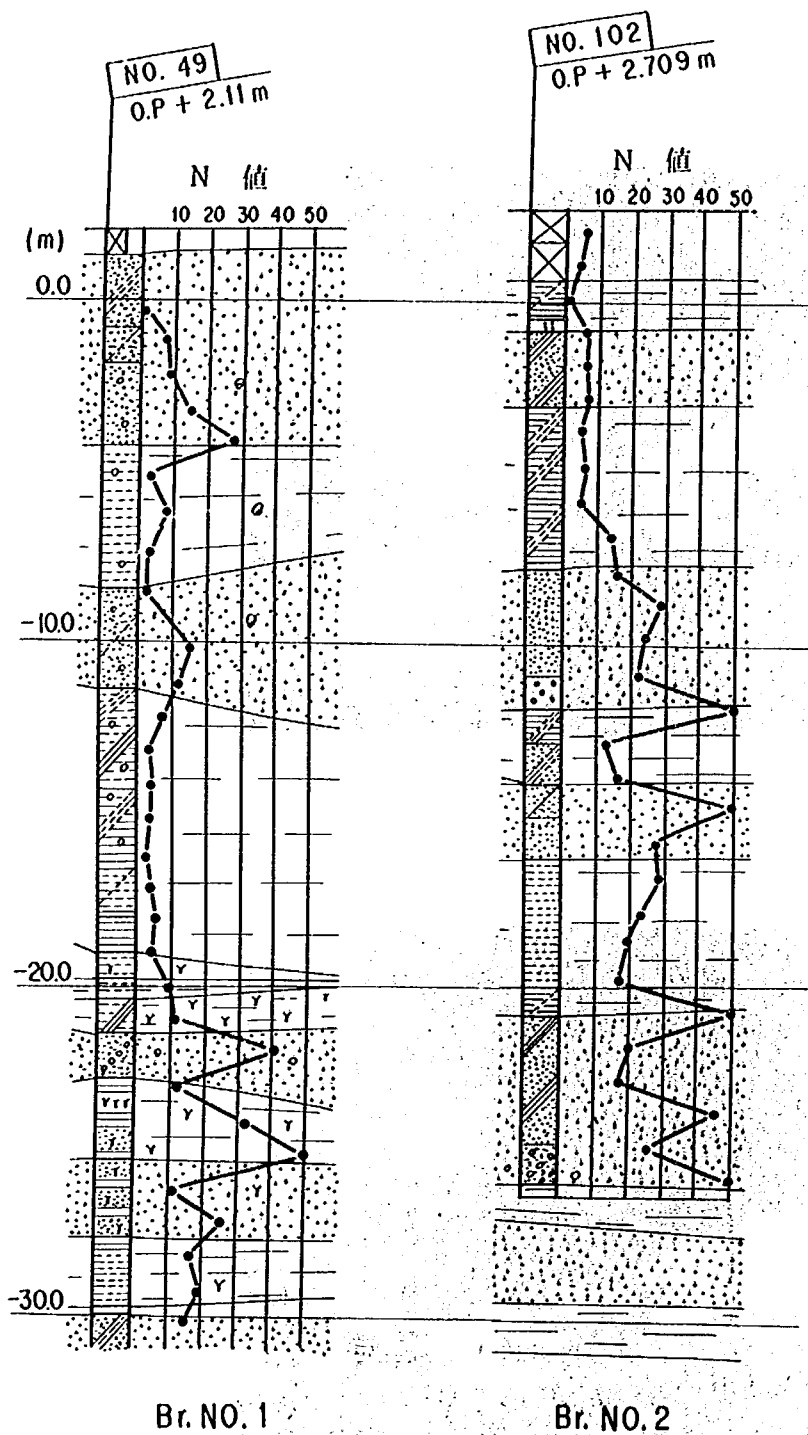
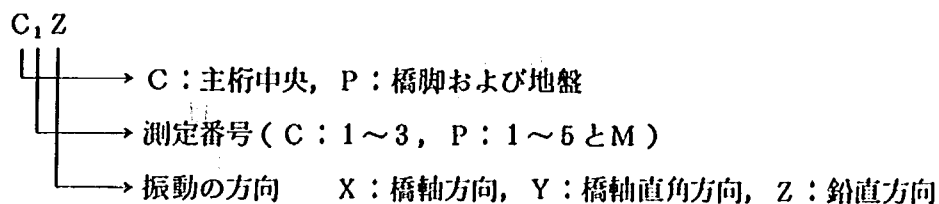


図-2 土質柱状図

位置および測定する方向を次のような記号を用いて表示することにする。

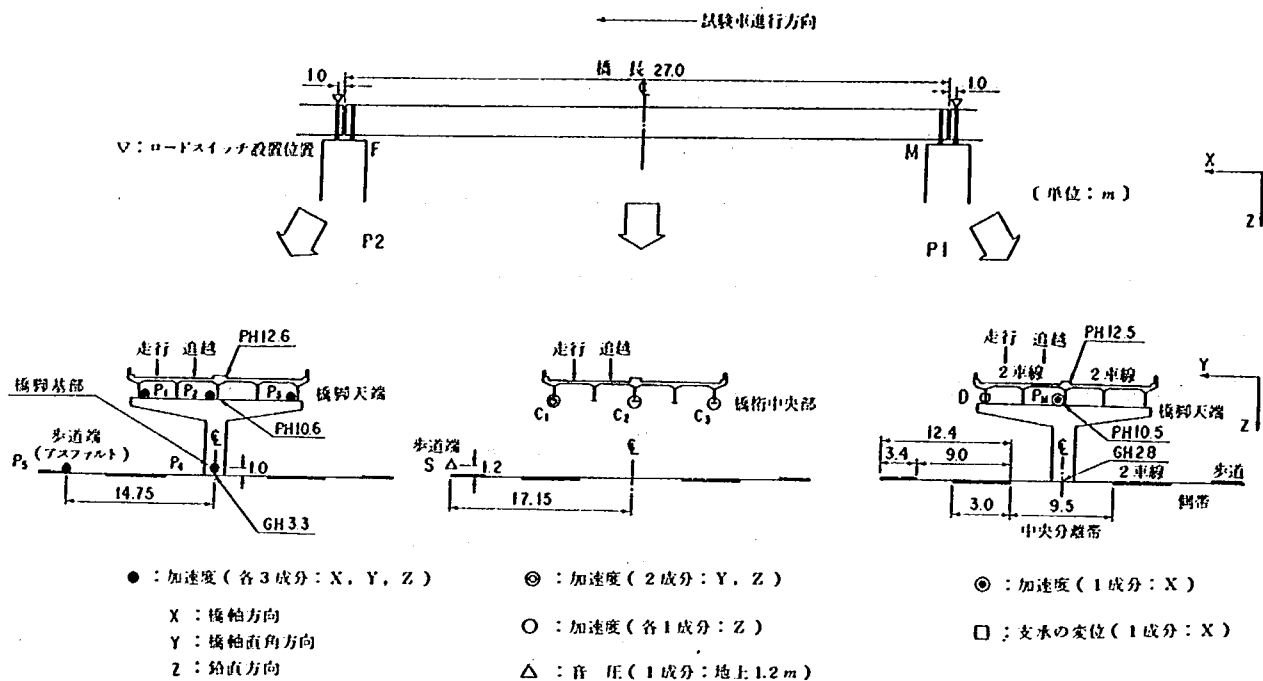


また、同時に可動支承部の桁と橋脚の相対水平変位 (D)、地盤上の加速度 (P_g)、音圧 (S) の測定を行なった。

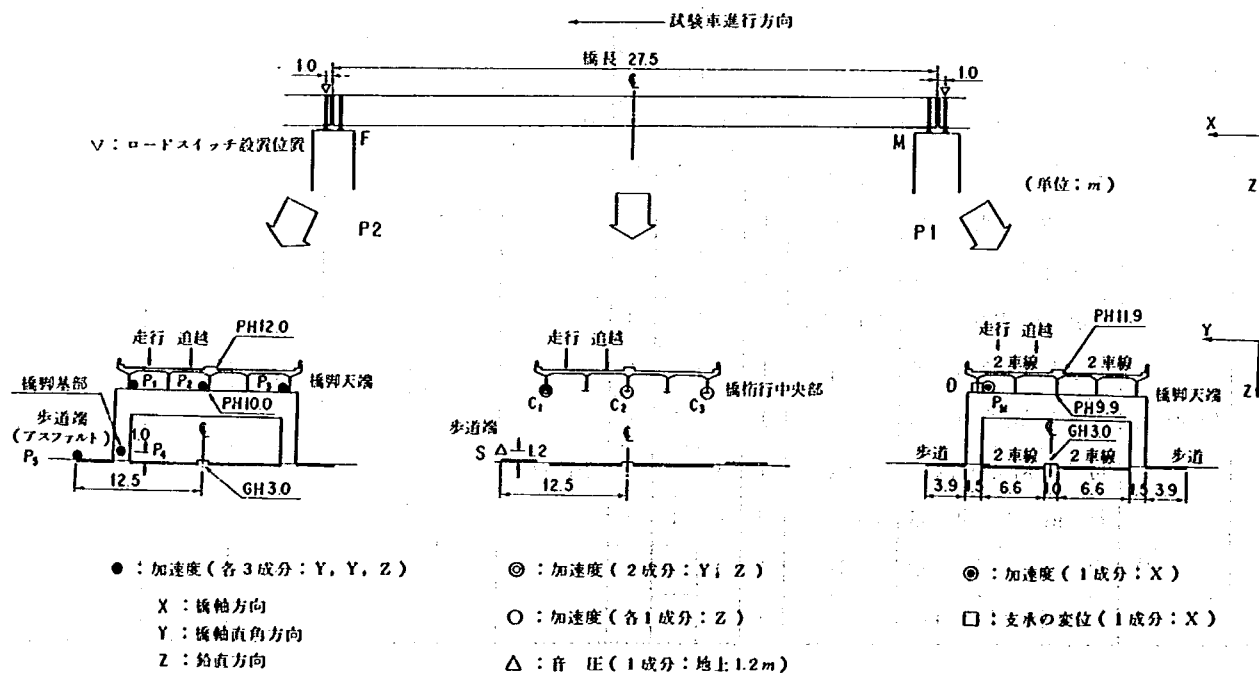
表-2 に調査項目と調査条件をとりまとめ、また図-3 にピックアップの配置状況を示した。使用した計測器および計測ブロック図をそれぞれ表-3、図-4 に示す。

表-2 調査項目および調査条件

Br. No.	調査項目	調 査 条 件										備 考	
		調 査 地 点	調査地点数		調査成分数			荷重車走行条件及び走行回数					
					X	Y	Z	走行方向	走 車 行 線	km/h 40	km/h 60		km/h 70
1	加 速 度	固定支承側橋脚天端	P ₁ ~P ₃	3	3	3	3	P ₁ →P ₂	走 行	4	3	2	X : 橋 軸 Y : 橋軸直角 Z : 鉛 直 車線数 上り : 2 車線 下り : 2 車線
		固定支承側橋脚基部	P ₄	1	1	1	1						
		固定支承側歩道端部	P ₅	1	1	1	1						
		可動支承側橋脚天端	P _M	1	1	-	-						
		橋 桁 中 央 部	C ₁ ~C ₃	3	-	1	3						
	変 位	可 動 支 承	D	1	1	-	-	追 越	3				
	音 圧	橋桁中央部歩道端	S	1	-	-	-						
2	加 速 度	固定支承側橋脚天端	P ₁ ~P ₃	3	3	3	3	P ₁ →P ₂	走 行	2	4	2	
		固定支承側橋脚基部	P ₄	1	1	1	1						
		固定支承側歩道端部	P ₅	1	1	1	1						
		可動支承側橋脚天端	P _M	1	1	-	-						
		橋 桁 中 央 部	C ₁ ~C ₃	3	-	1	3						
	変 位	可 動 支 承	D	1	1	-	-	追 越	3				
	音 圧	橋桁中央部歩道端	S	1	-	-	-						



(a) Br. No 1



(b) Br. No 2

図-3 ピックアップ配置図

表 - 3 使用計測器

計 器 名	型 式	メ ー カ ー	使用個数	備 考
加 速 度 計 (サ ー ボ 型)	V401BR V401R V401AR	AKASHI	20 個	その他 中継ケーブル ロードスイッチ
変 位 計 (非 接 触 型)	VJII-6B・SP (コネクターボックス)	SINKAWA ELECTNIC	1 セット	
低周波音レベル計	NA-17	RION	1 セット	
加速度計増幅器	N24S N24E	AKASHI	4 台	
データレコーダー	TEAC R-280	TEAC	2 台	
ペン書レコーダー	LINEAR CORDER MARKV RECTY-HORIZ-8K	WATANABE SAN-EI	3 台	
メモリスコープ	MS-5100A	岩通電子測定器	1 台	

(2) 走行試験

試験車として総重量が約20 tの3軸ダンプトラック(前1軸,後2軸)を用いた。車両の走行速度,走行車線を変化させ,これらが振動に及ぼす影響について調査した。走行試験ケースを表-2に示す。走行試験は他の走行車両の影響を極力排除するために,夜間に走行車線の1車線を規制した状態で行った。また試験車が対象とする高架橋を通過する時間と速度を検出できるように対象スパンのジョイントの前後1 mの位置にロードスイッチを配置した。

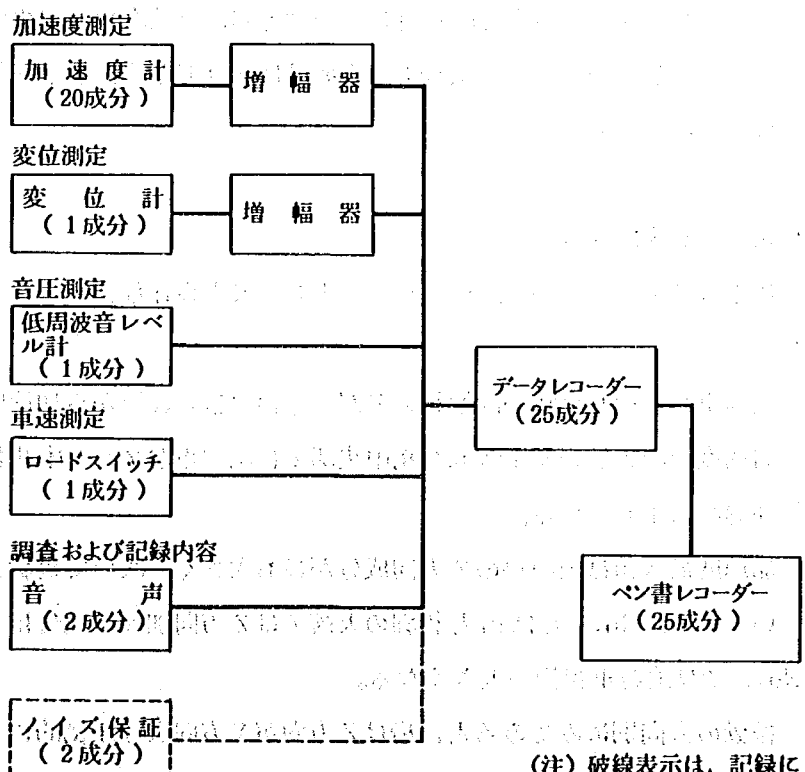


図 4 計測ブロック図

2.3 調査結果

2.3.1 時刻歴図

試験車が走行した時の高架橋各部および地盤の振動、ならびに音圧などの測定結果の時刻歴図の1例を図-5に示す。

試験車が走行車線を走行した時の記録は、下端のロードスイッチの記録により、試験車が伸縮装置より1 m前および1 m後を通過した時刻を知ることができる。一方、試験車が追越車線を走行した時の記録は、ロードスイッチが走行車線にのみ設置されたため、ロードスイッチの記録が得られず、試験車の走行位置が正確に求められないだけでなく、記録に用いた2台のデータ・レコーダの同期もとれていない。

いずれの記録からも、試験車が桁の中央付近を通過する時には比較的低い振動数の振動がみられるのに対し、試験車が伸縮装置部を通過する時には衝撃的な高い振動数の振動が発生することが特徴として認められる。前者は3~4 Hzの桁のたわみ1次振動と考えられ、後者は10 Hz以上の衝撃的な振動である。

桁で測定された振動は低い振動数成分が顕著であるが、橋脚、地盤で測定された振動は高い振動数成分と低い振動数成分を同程度含む振動となっている。また音圧は低い振動数成分が卓越し、桁の振動に近い波形を示し、一方、支承は桁のたわみに付随した僅かな動きを示した。

試験車が実験対象橋梁スパン上を走行する時ばかりでなく、接近してくる時と遠ざかっていく時にも振動が測定されている。伸縮装置部通過時の比較的高い振動数成分の振動は対象高架橋の前後135 m(約5スパン)程度、また桁中央通過時の比較的低い振動数成分の振動は前後80 m(約3スパン)程度の範囲で試験車の影響を受けている。

橋脚の振動成分は鉛直方向以外に、橋軸方向、橋軸直角方向の成分も持っており、3次元的な動きを示している。したがって地盤振動も鉛直成分ばかりでなく、水平成分もかなり大きくなるという高架橋の振動特性が現われている。

2.3.2 最大加速度

各走行試験ケースから、代表データとして最も良好なデータを1ケースずつ選び、以下の解析対象とした。

試験車が走行した時の高架橋の各部、地盤の振動波形から加速度の最大値を読みとり表-4に整理した。加速度の最大値の発生時刻は桁中央部では試験車がスパン中央付近走行時に、橋脚、地盤では伸縮装置部通過時に生じている。

加速度最大値は桁中央のZ方向成分が最も大きく、次いで橋脚天端、橋脚基部、地盤の順に小さくなっている。Br.No.1では桁と橋脚の天端ではZ方向加速度成分は走行車線側が大きくなるが、一方、Br.No.2では追越車線側が大きくなる。

振動の方向別にみると、桁はZ方向がY方向より圧倒的に大きい。橋脚天端ではX、Y、Z方向成分が同じオーダーとなっており、橋脚基部ではZ方向成分はX、Y方向成分に比べるとやや小さめである。歩道端の地盤の加速度値は高架橋各部に比べるとかなり小さく、3成分とも同じオーダーとなっている。

高架橋交通振動実測調査 (No. 1)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 57.0 KM/H

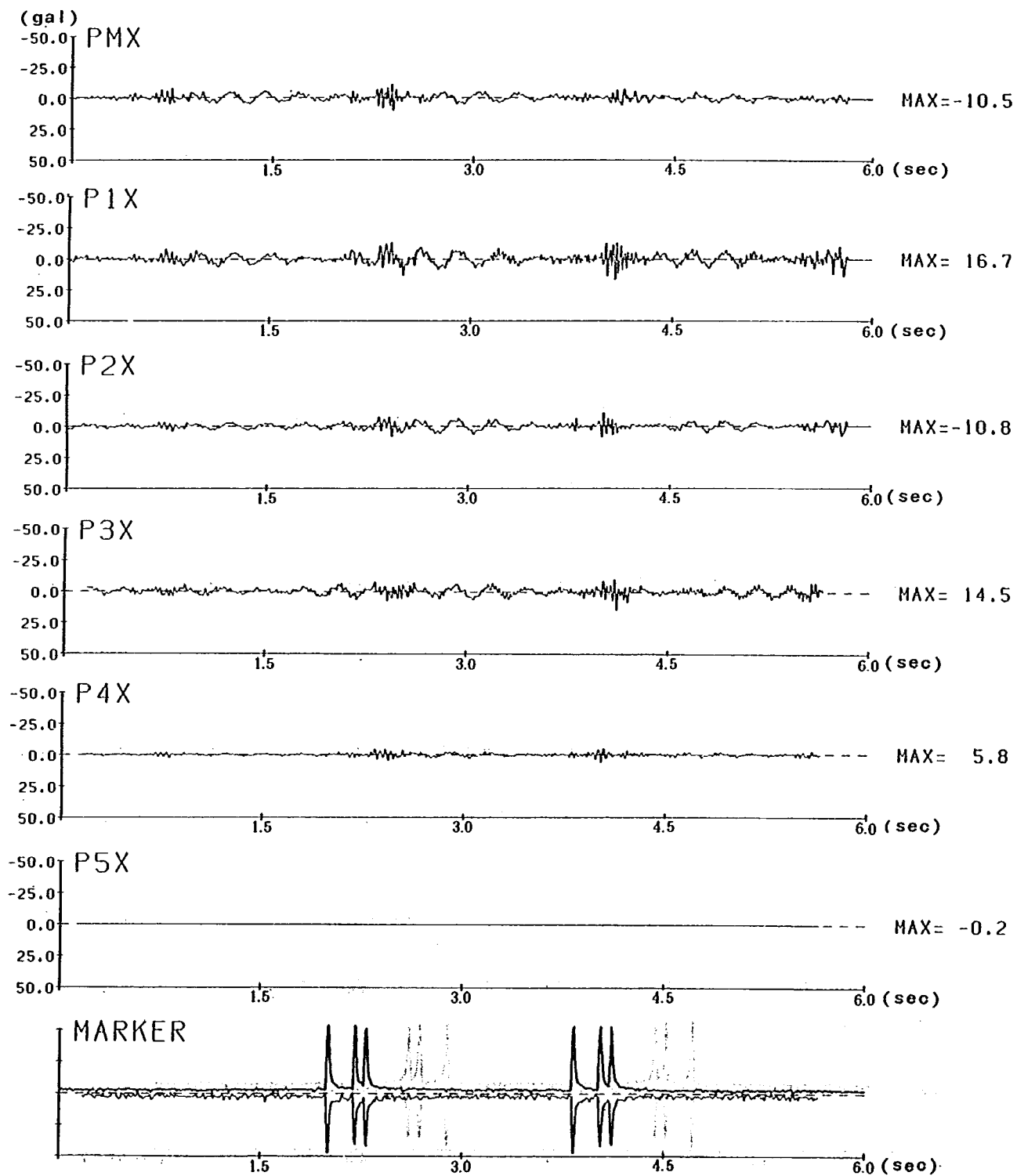


図-5.1 振動加速度(音圧/変位)時刻歴図(Br. No. 1 走行車線 60 km/h 走行(1))

高架橋交通振動実測調査 (No. 2)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 57.0 KM/H

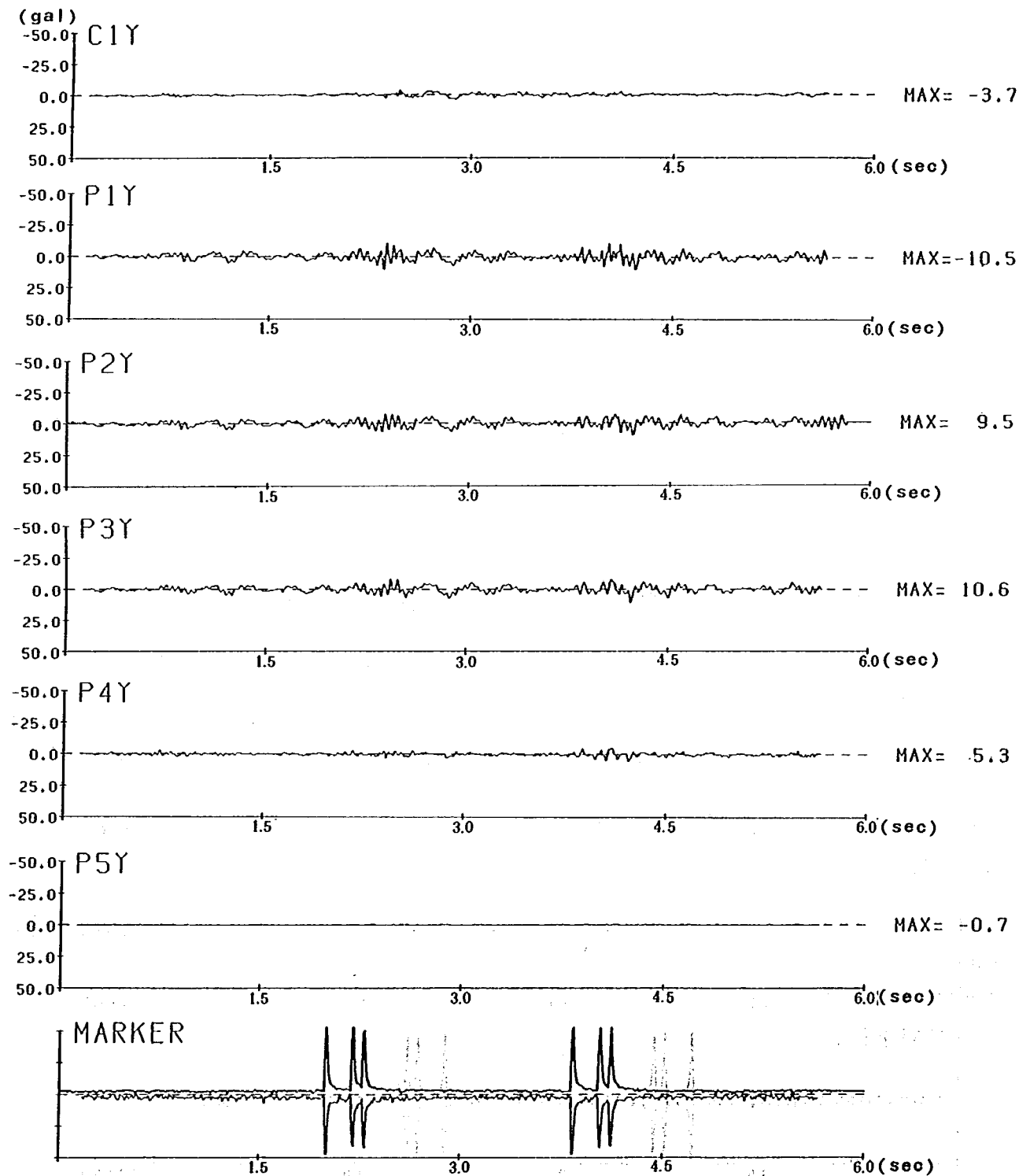


図-5.1 振動加速度(音圧,変位)時刻歴図(Br. No.1:走行車線 60 km/h 走行(2))

高架橋交通振動実測調査 (No. 3)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 57.0 KM/H

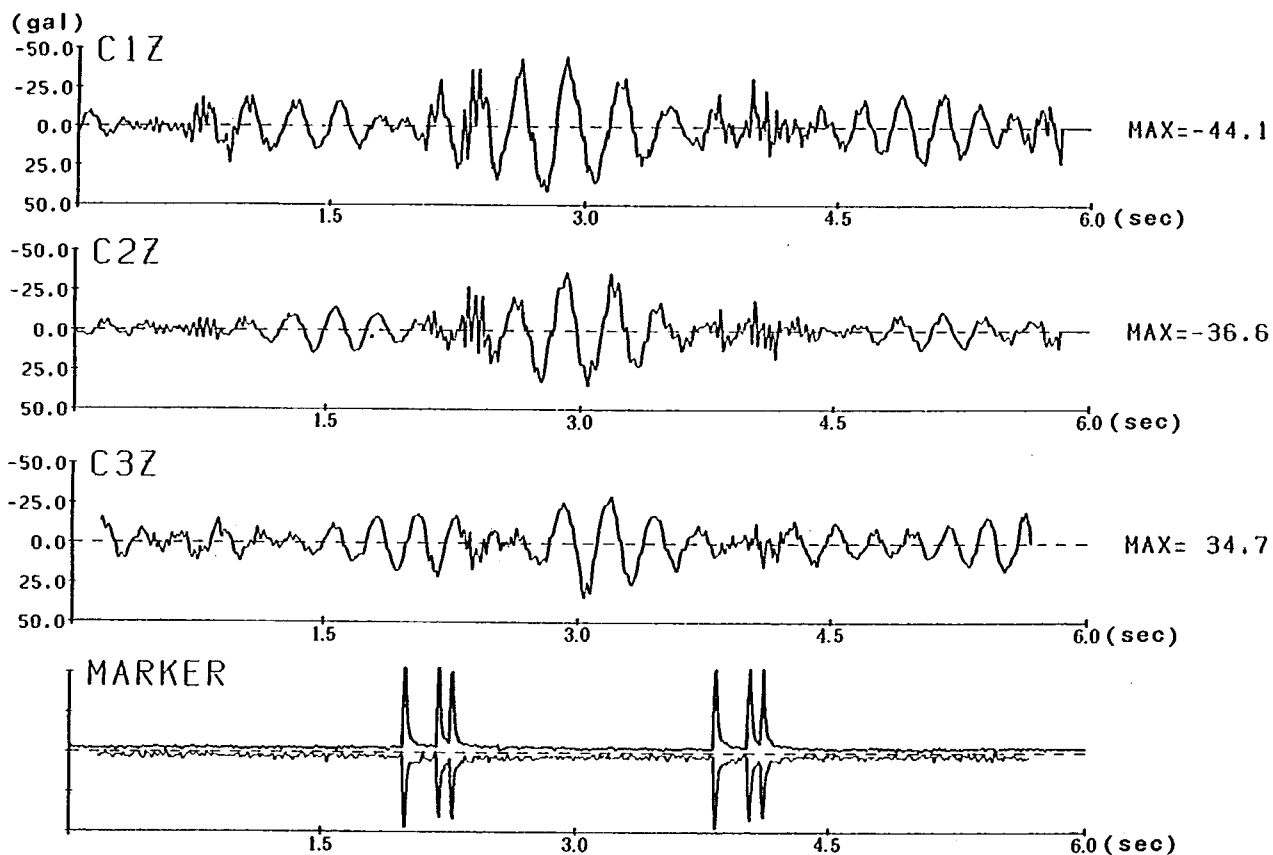


図-5.1 振動加速度 (音圧, 変位) 時刻歴図 (Br. No. 1 走行車線 60 km/h 走行(3))

高架橋交通振動実測調査 (No. 4)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 57.0 KM/H

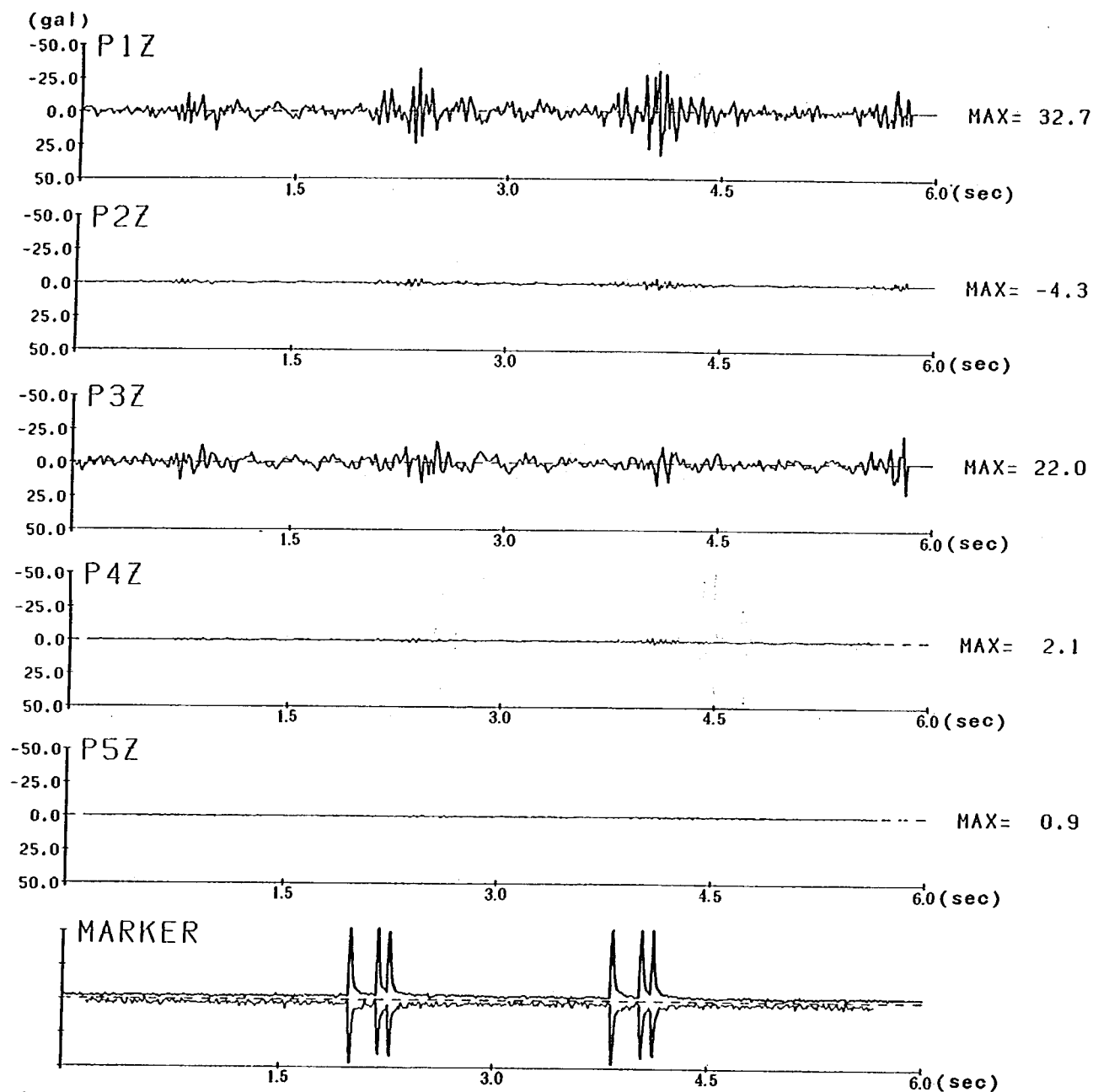


図-5.1 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 (Br. No.1 走行車線 60 km/h 走行(4))

高架橋交通振動実測調査 (No. 5)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 57.0 KM/H

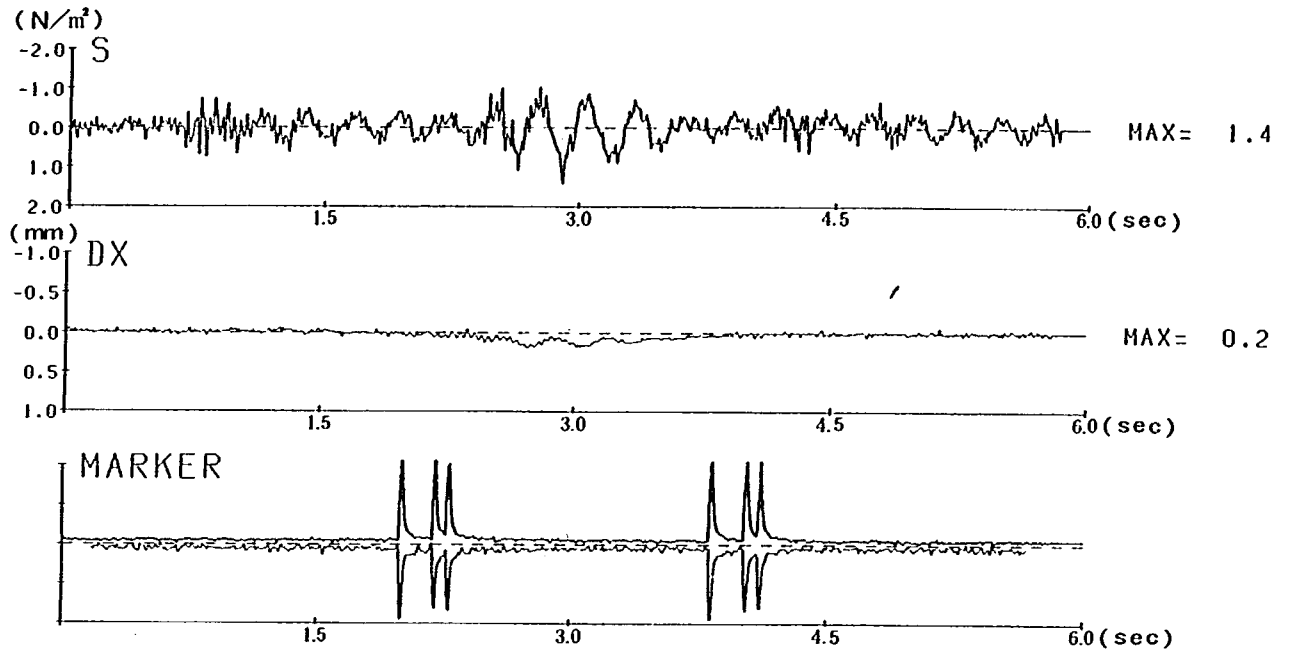


図-5.1 振動加速度(音圧)変位)時刻歴図 (Br. No. 1 走行車線 60 km/h 走行(5))

高架橋交通振動実測調査 (No. 1)

調査地点 = Br. No.1
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H

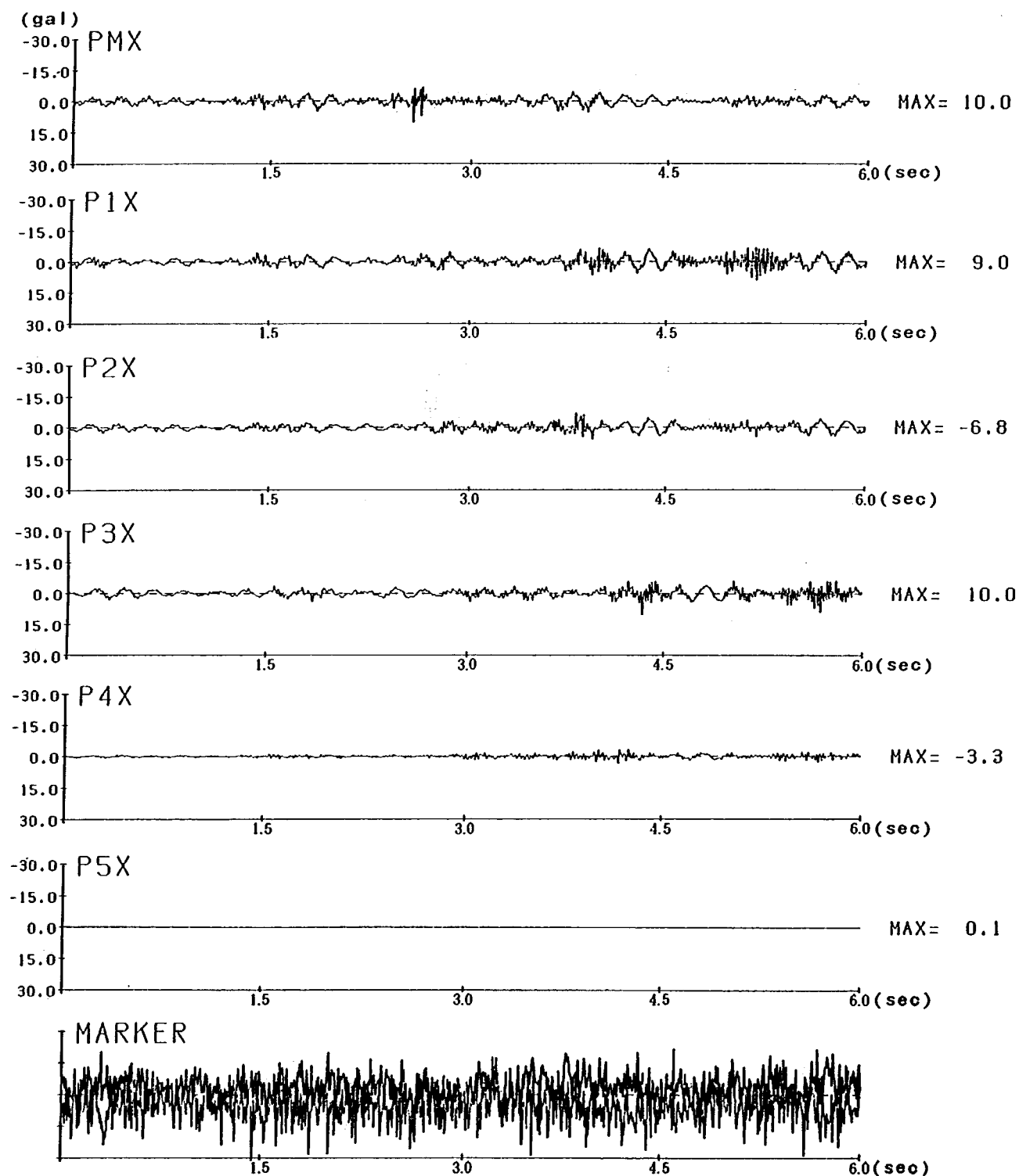


図-5.2 振動加速度 (音圧, 変位) 時刻歴図 (Br. No.1 追越車線 60 km/h 走行(1))

高架橋交通振動実測調査 (No. 2)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H

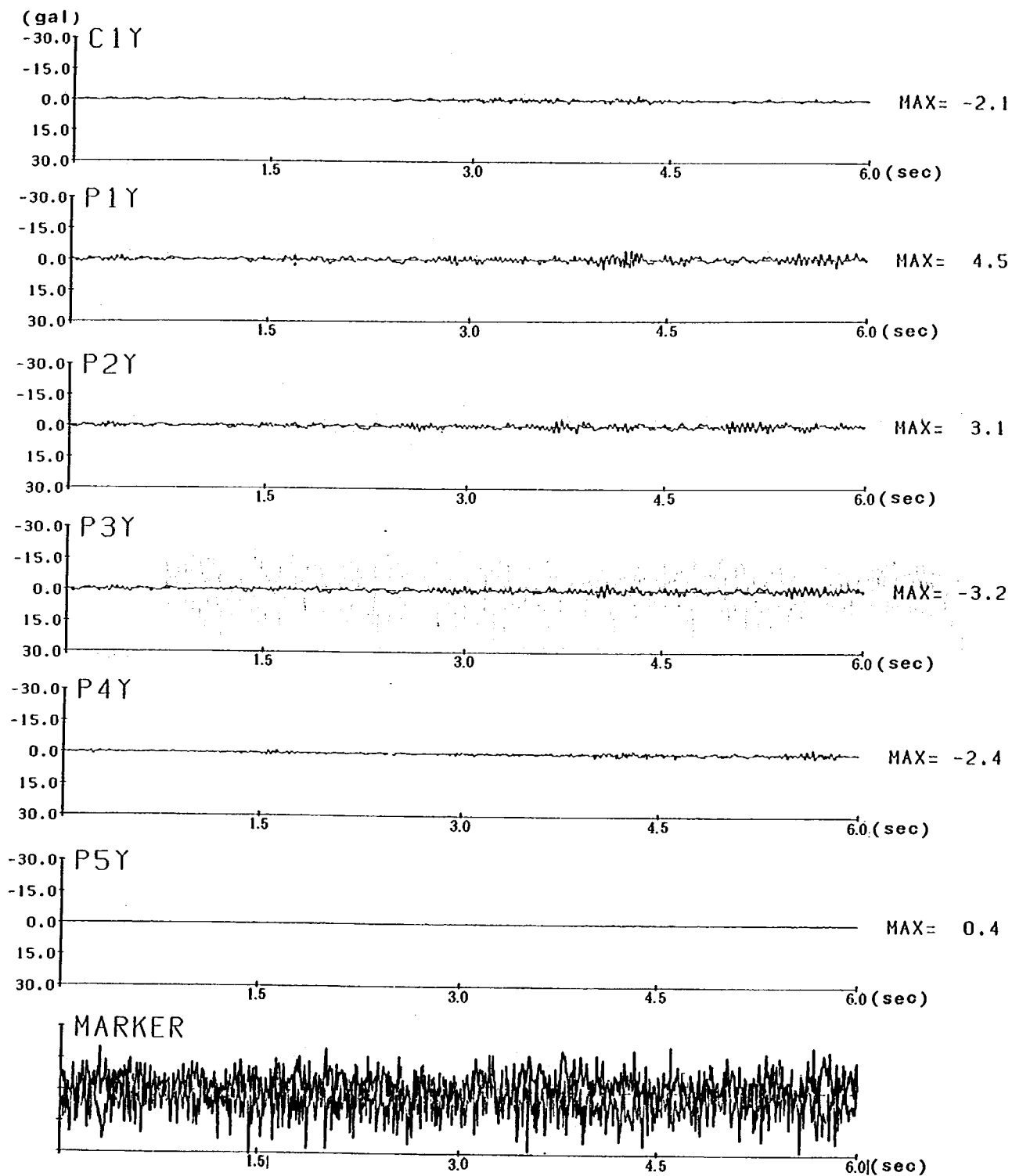


図-5.2 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 (Br. No. 1 追越車線 60 km/h 走行(2))

高架橋交通振動実測調査 (No. 3)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H

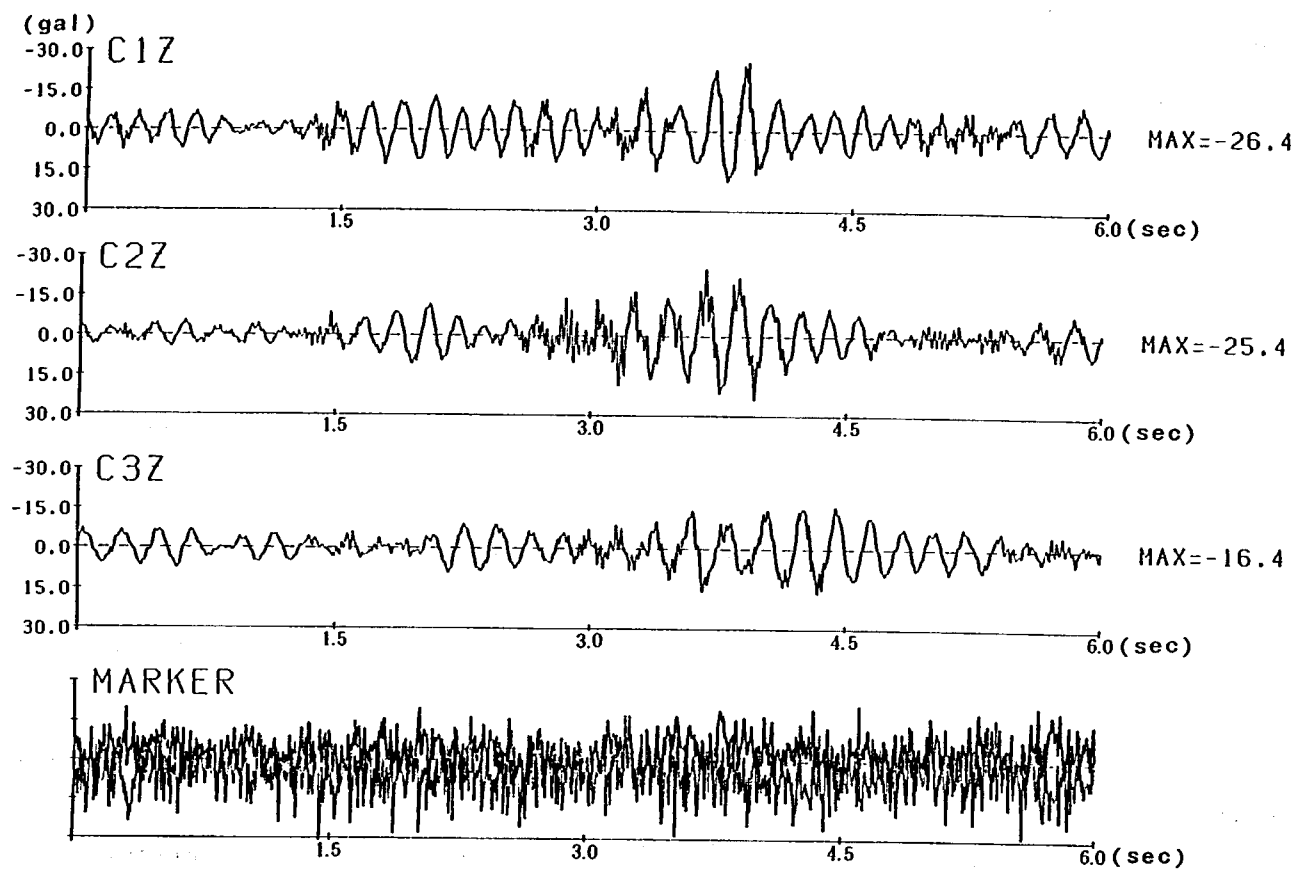
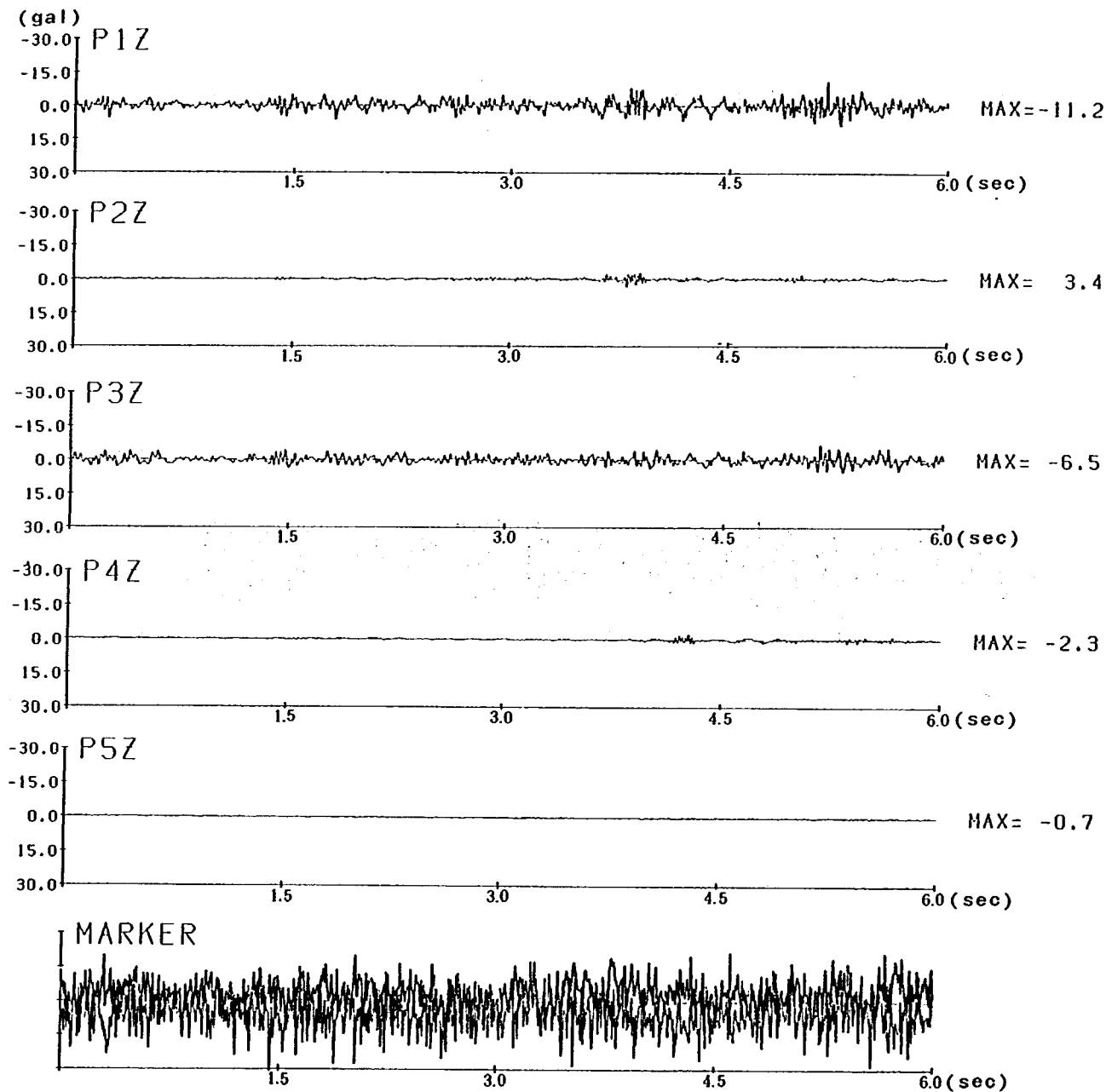


図-5.2 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 / Br. No.1 追越車線 60 km/h 走行(3)

高架橋交通振動実測調査 (No. 4)

調査地点 = Br. No. 1
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H



図一 5.2 振動加速度 (音圧, 変位) 時刻歴図 (Br. No. 1 追越車線 60 km/h 走行(4))

高架橋交通振動実測調査 (No. 5)

調査地点 = Br. No. 1

車線 = 追越車線

設定速度 = 60.0 KM/H

実車速度 = 60.0 KM/H

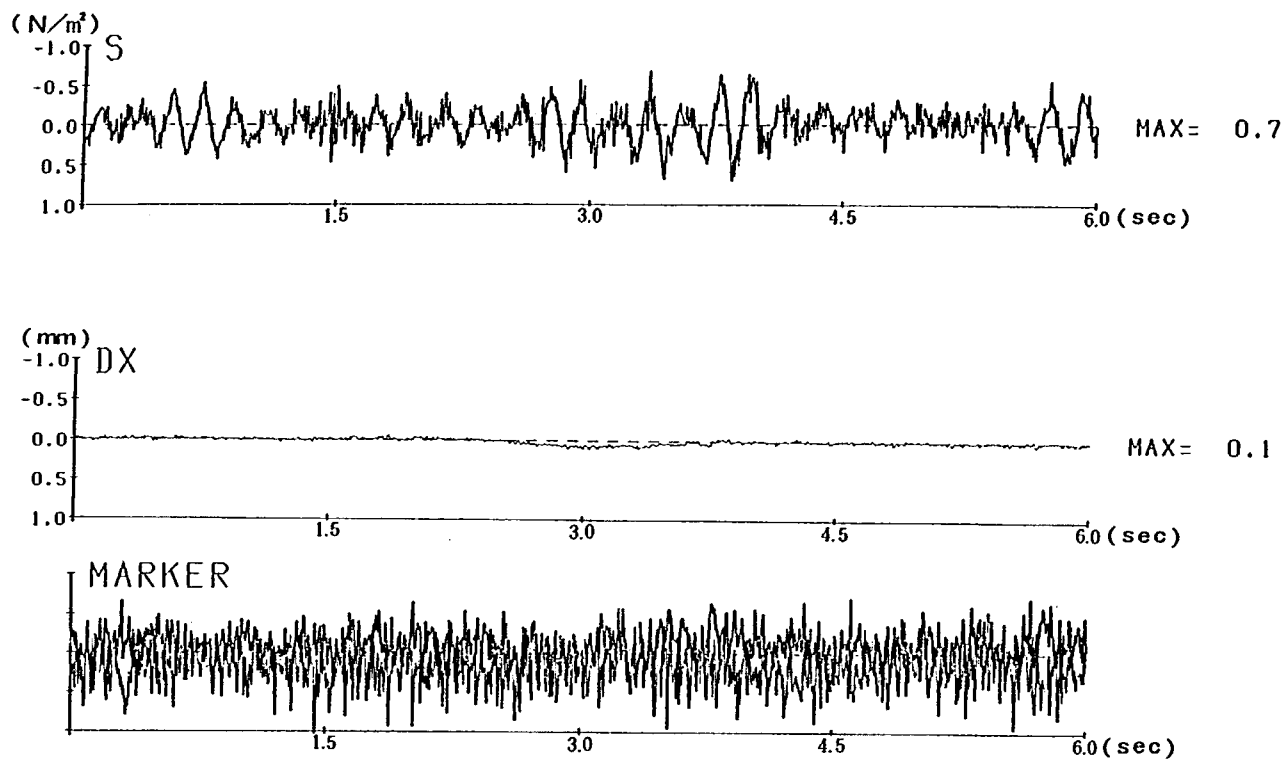


図-5.2 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 (Br. No. 1 追越車線 60 km/h 走行(5))

高架橋交通振動実測調査 (No. 1)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 56.5 KM/H

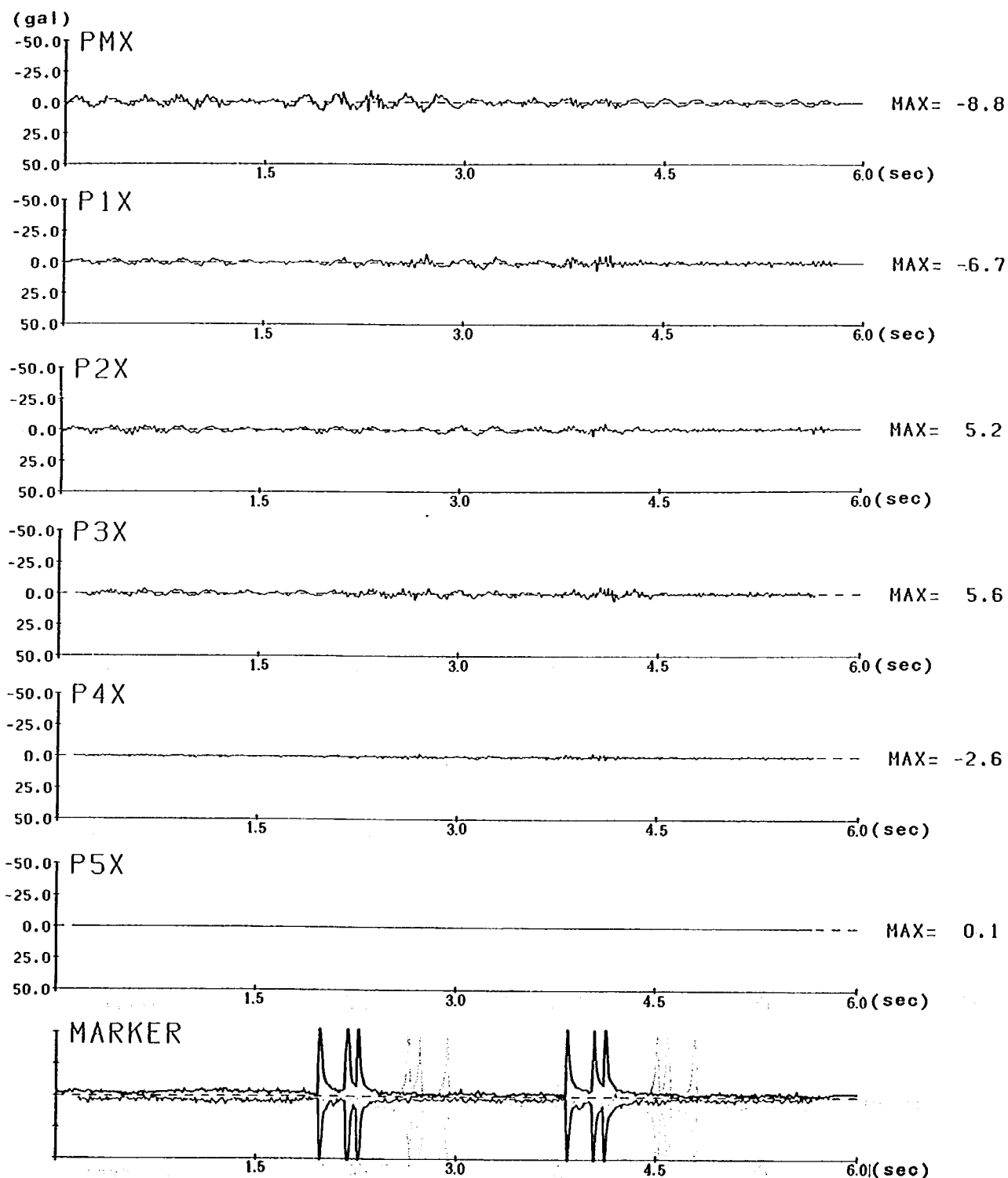


図-5.3 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 (Br. No. 2 走行車線 60 km/h 走行(1))

高架橋交通振動実測調査 (No. 2)

調査地点 = Br. No. 2

車 線 = 走行車線

設定速度 = 60.0 KM/H

実車速度 = 56.5 KM/H

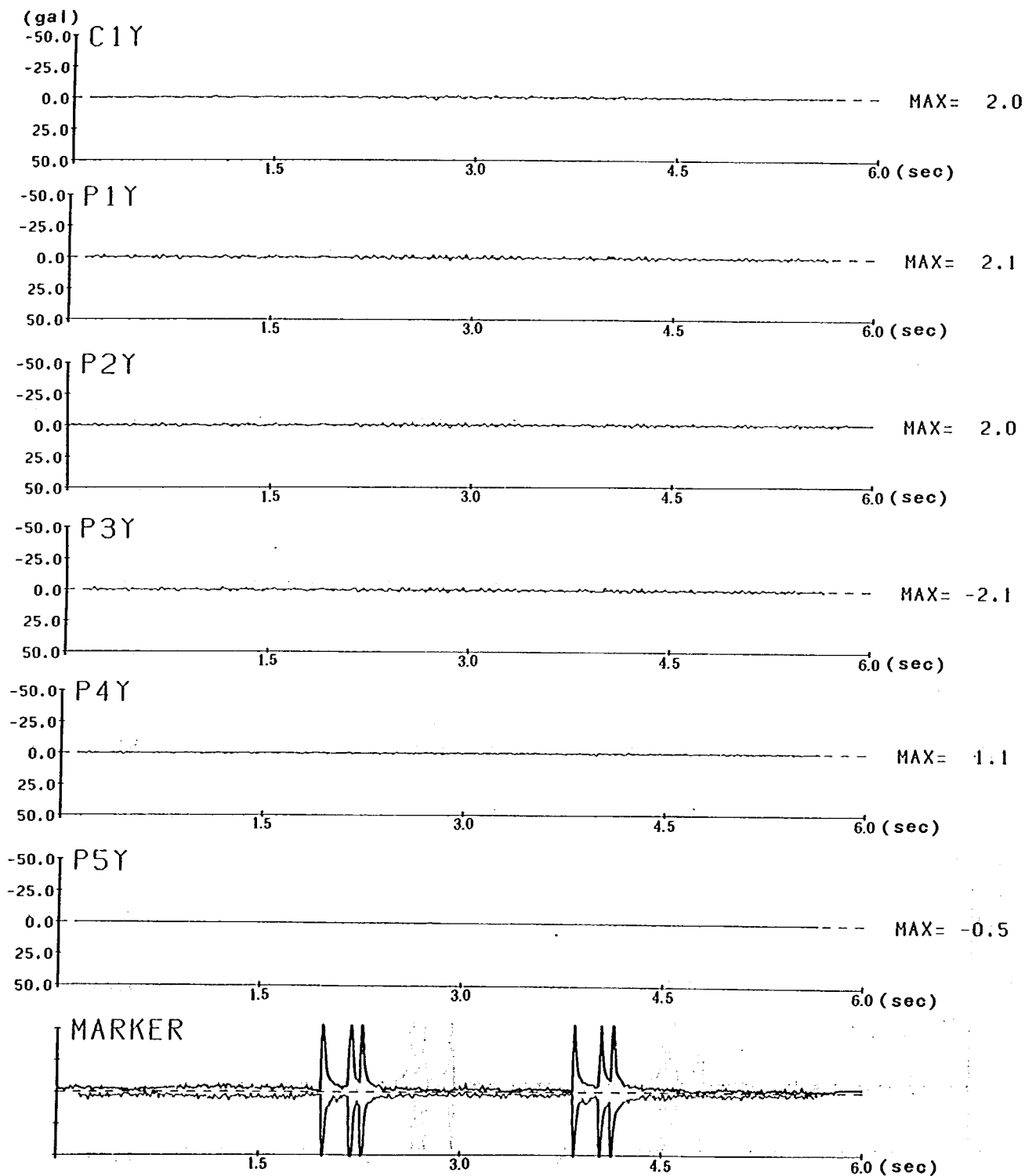
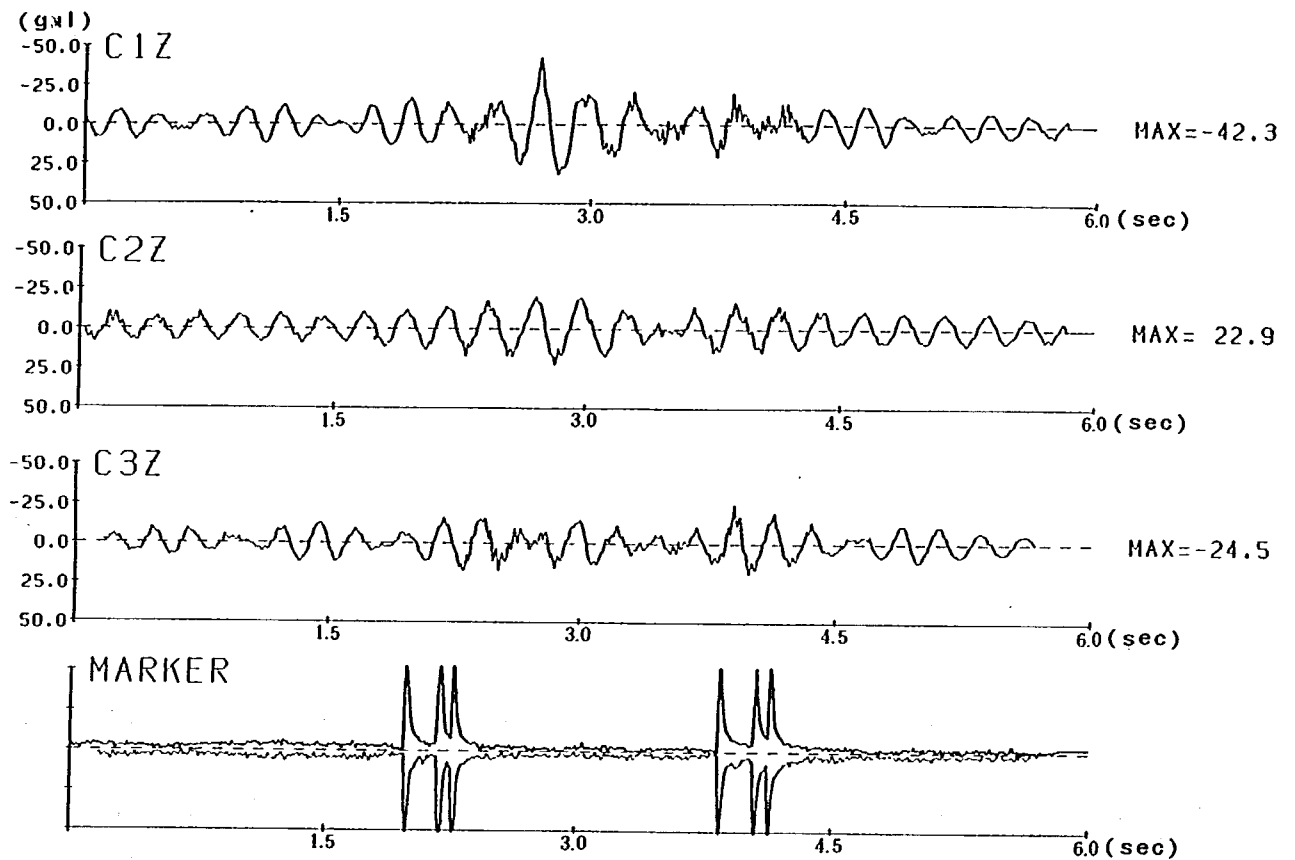


図-5.3 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 (Br. No. 2 走行車線 60 km/h 走行(2))

高架橋交通振動実測調査 (No. 3)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 56.5 KM/H



(図-5.3 振動加速度(音圧, 変位)時刻歴図 Br. No. 2 走行車線 60 km/h 走行(3))

高架橋交通振動実測調査 (No. 4)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 56.5 KM/H

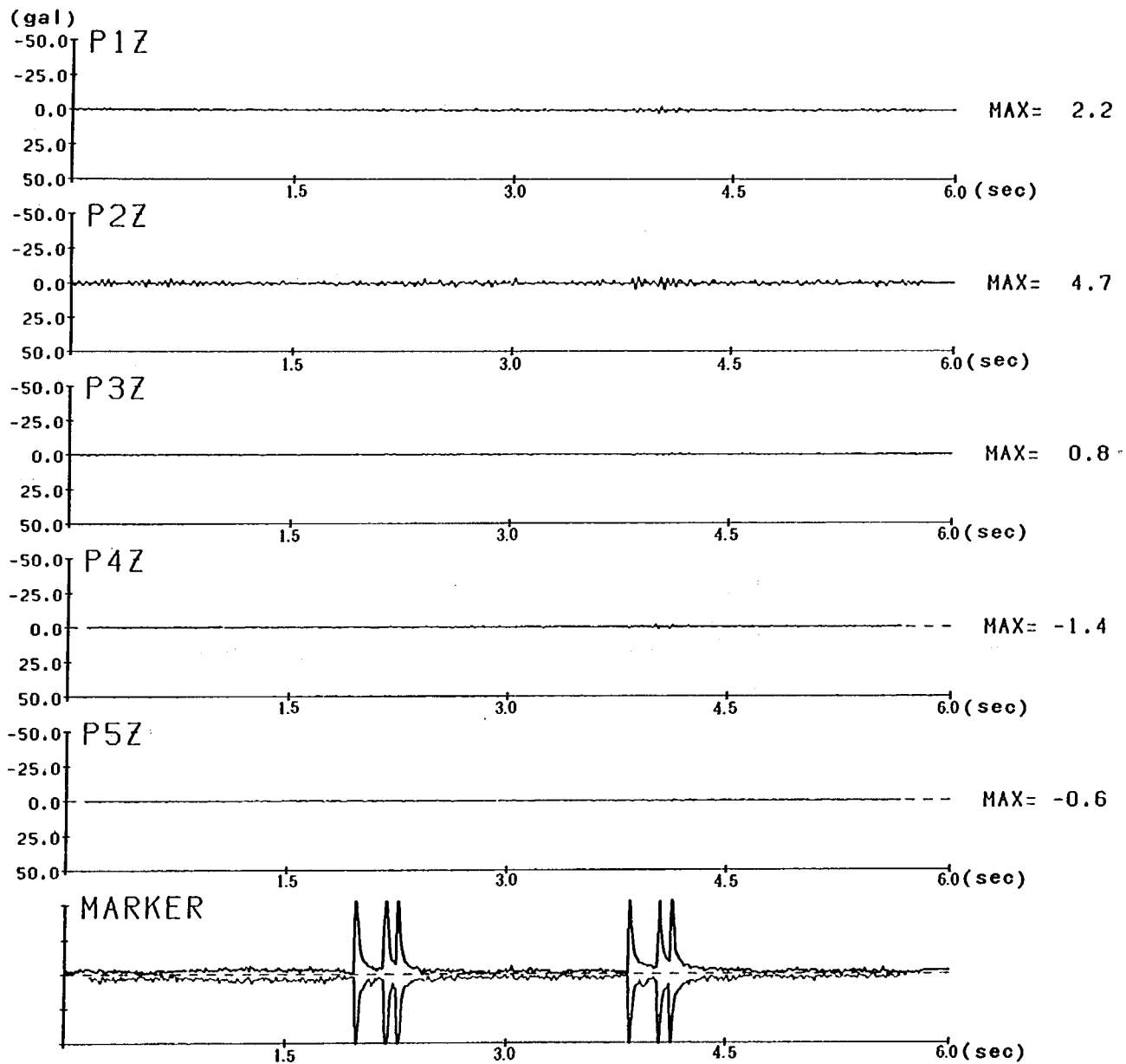


図-5.3 振動加速度 (音圧, 変位) 時刻歴図 Br. No. 2 走行車線 60 km/h 走行(4)

高架橋交通振動実測調査 (No. 5)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 走行車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 56.5 KM/H

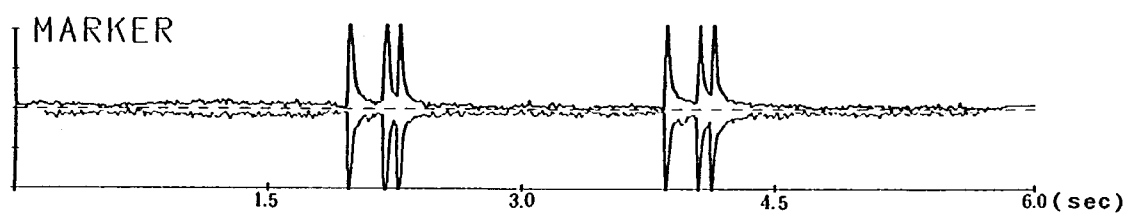
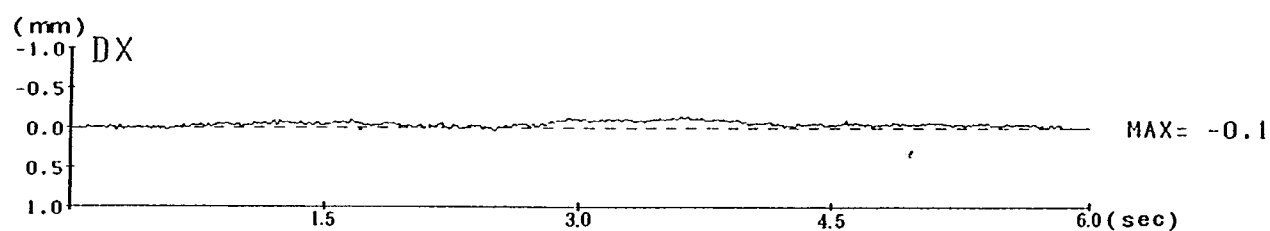
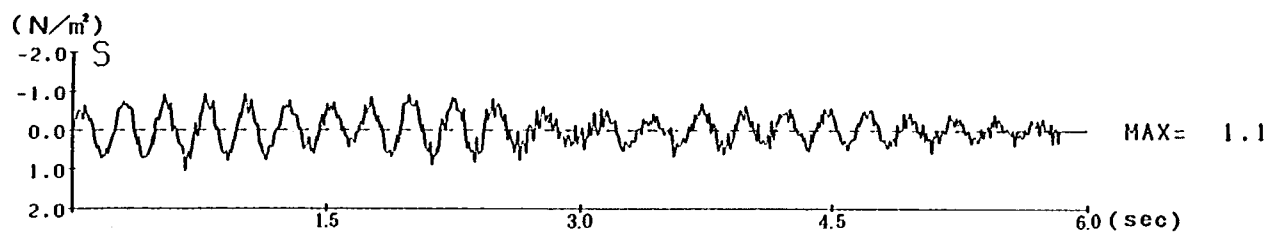


図-5.3 振動加速度(音圧)変位)時刻歴図 (Br. No. 2 走行車線 60 km/h 走行(5))

高架橋交通振動実測調査 (No. 1)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H

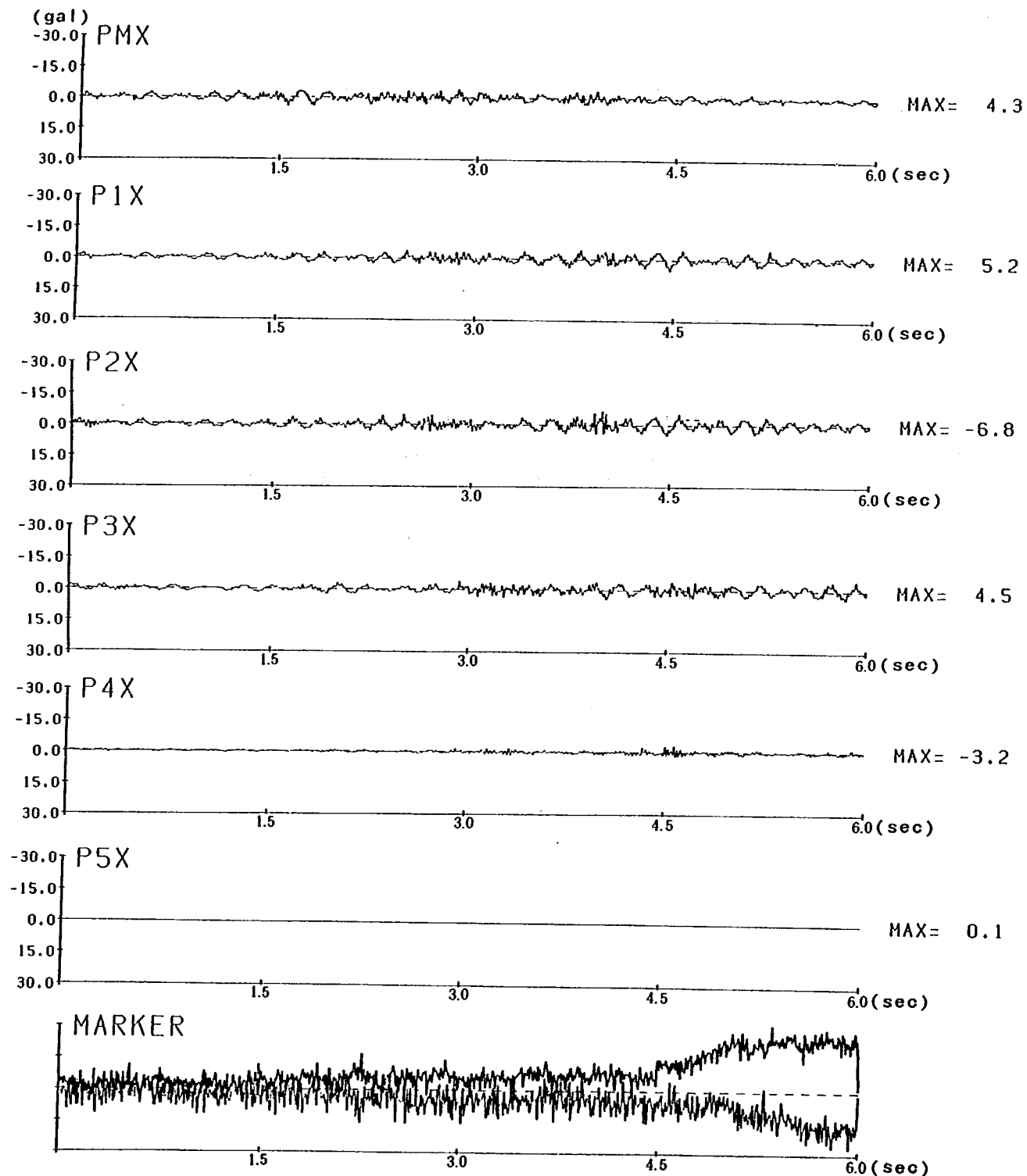
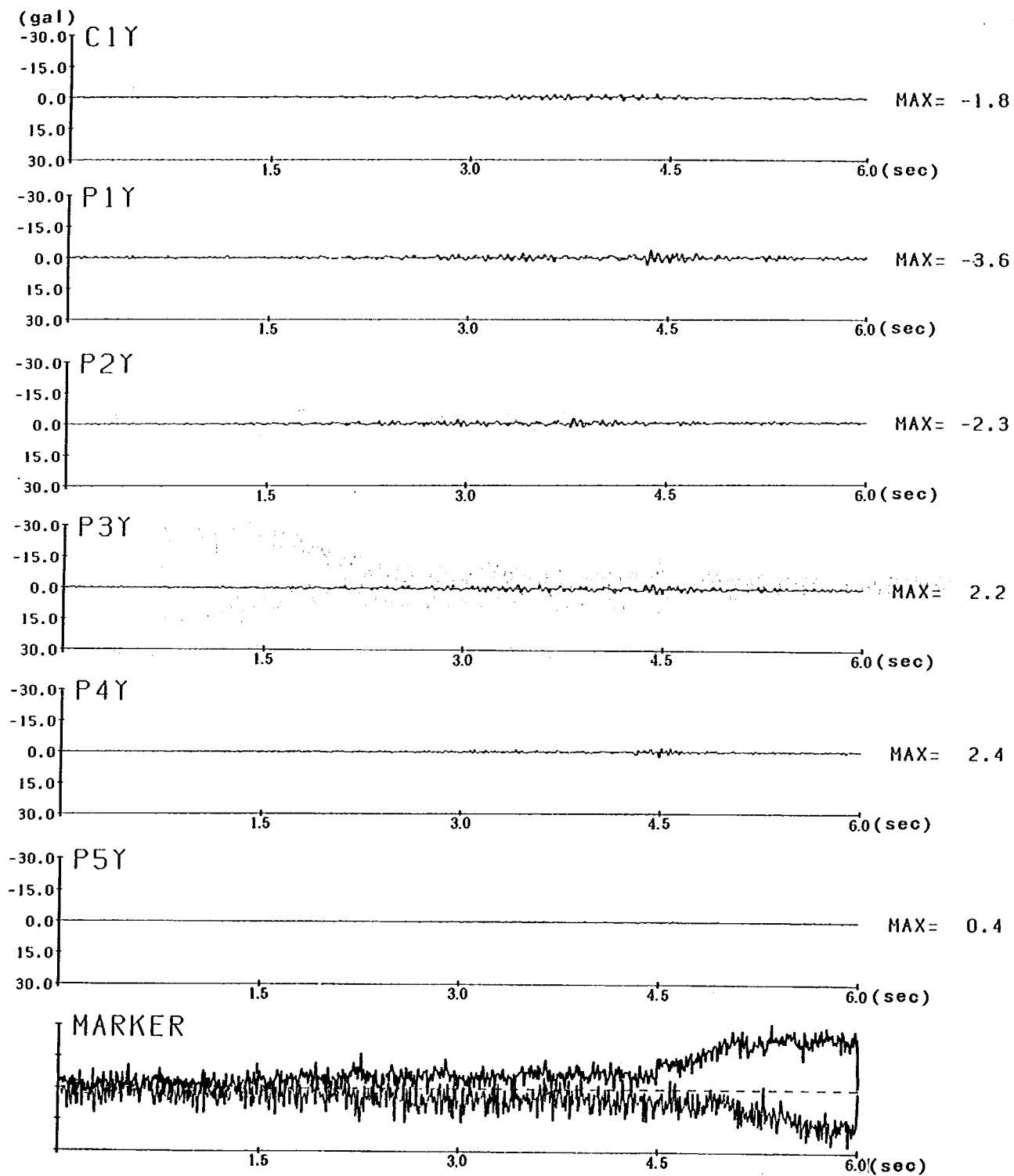


図-5.4 振動加速度(音圧,変位)時刻歴図 Br. No.2 追越車線 60 km/h 走行(1)

高架橋交通振動実測調査 (No. 2)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H



図→5.4 振動加速度(音圧)変位)時刻歴図 (Br. No.2 追越車線 60 km/h 走行(2))

高架橋交通振動実測調査 (No. 3)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H

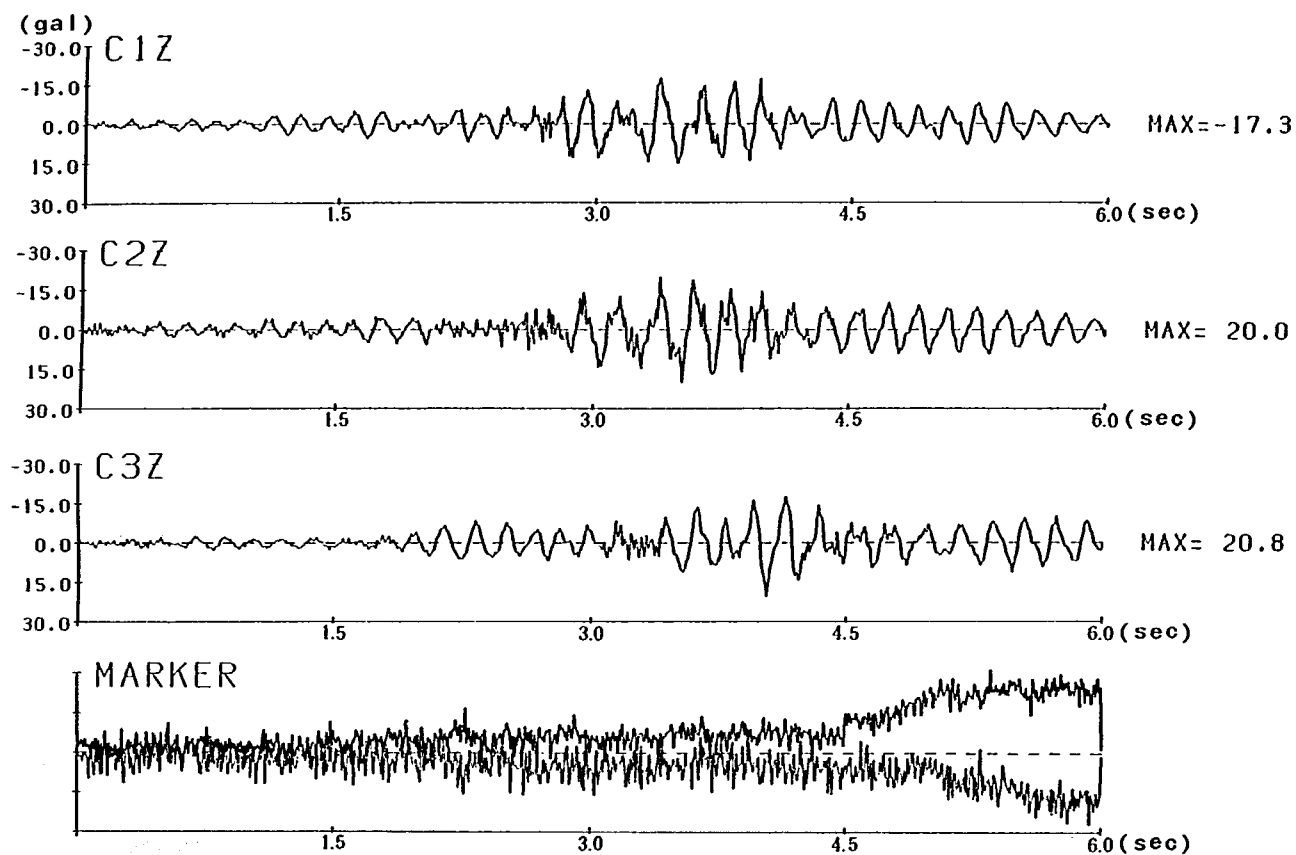


図 5.4 振動加速度 (音圧, 変位) 時刻歴図 (Br. No. 2 追越車線 60 km/h 走行 (3))

高架橋交通振動実測調査 (No. 4)

調査地点 = Br. No. 2
 車 線 = 追越車線
 設定速度 = 60.0 KM/H
 実車速度 = 60.0 KM/H

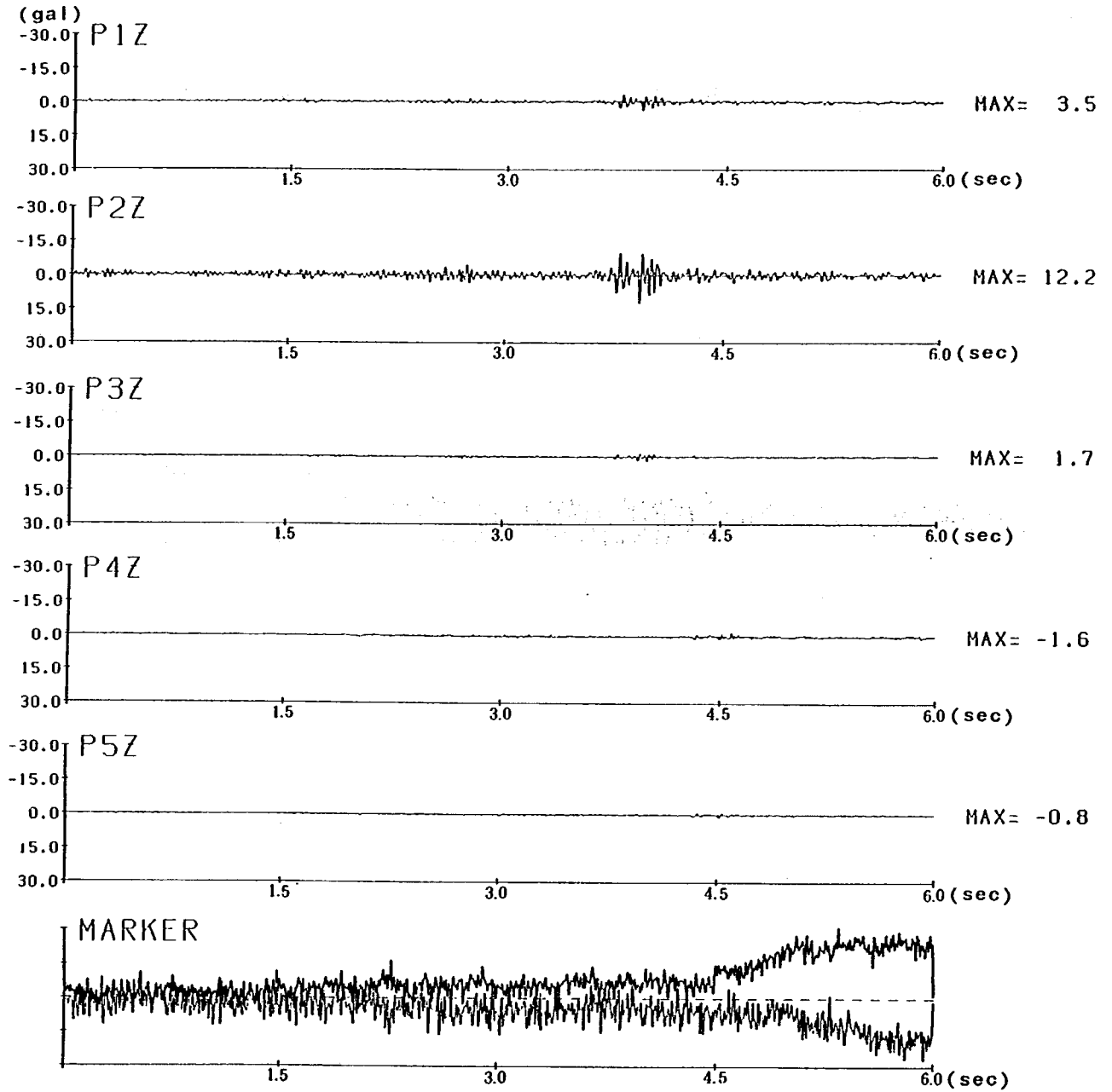


図-5.4 振動加速度(音圧,変位)時刻歴図 (Br.No.2追越車線 60 km/h 走行(4))

高架橋交通振動実測調査 (No. 5)

調査地点 = Br. No.2

車線 = 追越車線

設定速度 = 60.0 KM/H

実車速度 = 60.0 KM/H

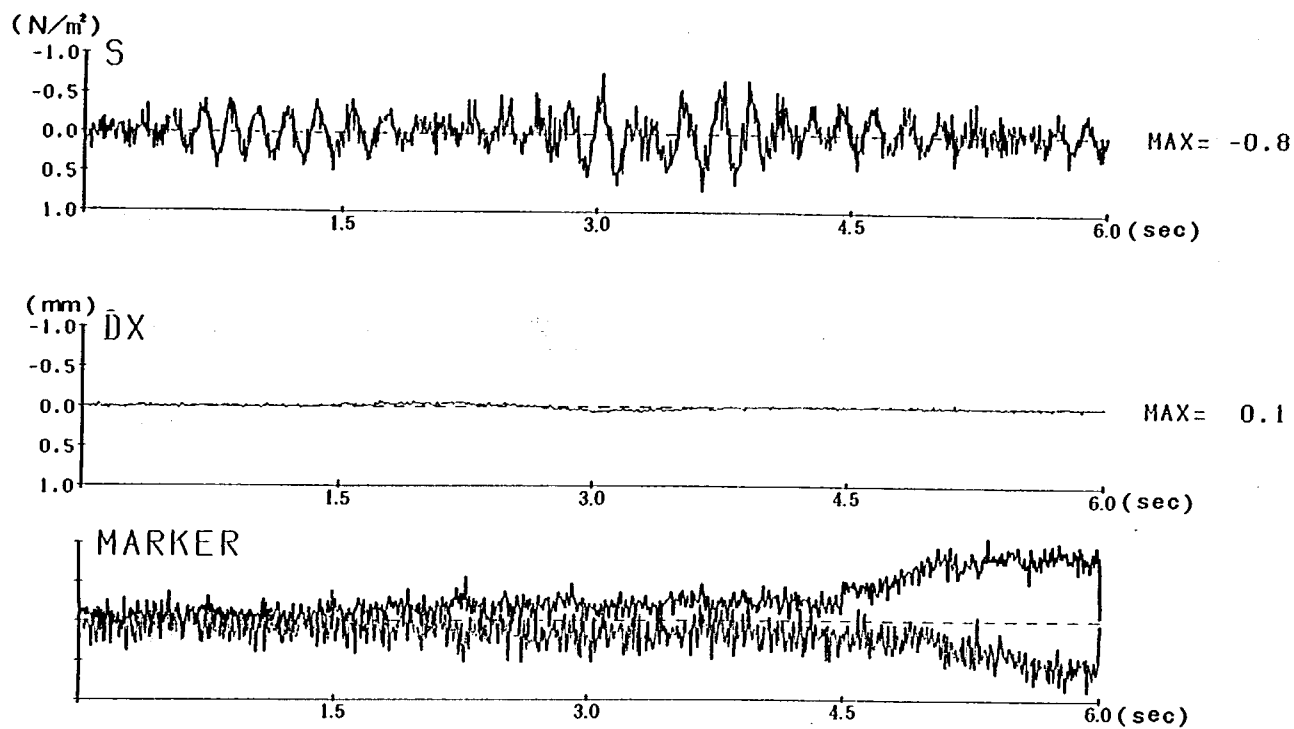


図 5.4 振動加速度(音圧/変位)時刻歴図 (Br. No.2 追越車線 60 km/h 走行(5))

表-4 最大加速度, 最大変位, 最大音圧レベル調査結果一覧表

Br. No.	荷重車走行条件			加 速 度 (GAL)																				変 位 (mm)	音 圧 (N/m²)	
				X 成 分						Y 成 分						Z 成 分										
	設定走行 速 度 (km/h)	実車速度 (km/h)	走行車線	橋 脚						橋 桁 → 橋 脚						橋 桁 橋 脚								X成分	支 承	歩道端
				P _M	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	C ₁	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	C ₁	C ₂	C ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅			
1	40	40.3	走 行	8.1	9.5	5.9	7.0	3.3	0.2	2.9	10.1	10.4	8.8	5.3	0.7	30.6	24.7	24.1	23.9	2.5	13.3	1.1	0.7	0.2	0.8	
	60	57.0	走 行	10.5	16.7	10.8	14.5	5.8	0.2	3.7	10.5	9.5	10.6	5.3	0.7	44.1	36.6	34.7	32.7	4.3	22.0	2.1	0.9	0.2	1.4	
			追 越	10.0	9.0	6.8	10.0	3.3	0.1	2.1	4.5	3.1	3.2	2.4	0.4	26.4	25.4	16.4	11.2	3.4	6.5	2.3	0.7	0.1	0.7	
		70	66.9	走 行	12.6	15.5	10.1	15.2	5.7	0.3	4.6	11.0	10.9	10.7	5.6	0.6	52.8	40.4	38.2	32.5	3.1	20.5	2.9	0.9	0.2	1.4
2	40	39.3	走 行	5.5	7.6	5.6	4.4	1.8	0.1	1.3	2.3	1.8	2.2	1.5	0.3	33.6	25.7	17.4	1.8	4.7	0.8	0.9	0.4	0.2	0.9	
	60	56.5	走 行	8.8	6.7	5.2	5.6	2.6	0.1	2.0	2.1	2.0	2.1	1.1	0.5	42.3	22.9	24.5	2.2	4.7	0.8	1.4	0.6	0.1	1.1	
			追 越	4.3	5.2	6.8	4.5	3.2	0.1	1.8	3.6	2.3	2.2	2.4	0.4	17.3	20.0	20.8	3.5	12.2	1.7	1.6	0.8	0.1	0.8	
		70	68.1	走 行	14.8	8.7	10.4	8.0	3.3	0.1	2.9	4.6	3.9	4.3	2.9	0.7	41.2	38.3	38.1	4.0	12.1	1.8	1.8	0.9	0.1	1.0

Br.No.1とBr.No.2を比較すると、全般的にBr.No.2の方が加速度最大値は小さくなっているが、地盤で比べると、その差は小さくなっているように見られる。

2.3.3 スペクトル解析

試験車が走行したときの高架橋各部、地盤の加速度波形、音圧波形の周波数特性を求めるため、パワースペクトル解析を行った。スペクトル解析は構造研究室所有のパーソナルコンピュータ(HEWLETT-PACARD)システムの中の波形解析ソフトウェアを利用し、先に調査データの中から選定した代表ケースについて、パワースペクトル密度関数などを計算した。

計算条件は次のとおりである。

解析対象時間 ($T = N \Delta t$) : 10.24 秒

時間間隔 (Δt) : 0.01 秒

対象データ数 (N) : 1024 個

パワースペクトル密度関数を図-6に、図から卓越する振動数を読みとり、とりまとめた結果を表-5、図-7に示す。これらから高架橋各部の周波数特性について以下に整理した。

(1) 高架橋主桁の振動

a. 鉛直振動

$C_1 Z \sim C_3 Z$ のスペクトル解析結果より、その振動数は 10 Hz 以上の成分を含まず、ピークも鋭い。卓越振動数は走行速度、走行車線が変化した時、

Br.No.1 3.6 ~ 4.2 Hz

Br.No.2 3.5 ~ 4.3 Hz

の範囲にある。

また、この鉛直振動の卓越振動数と音圧 S の卓越振動数はほぼ同一であり、パワースペクトル密度関数形状も酷似している。

b. 橋軸直角方向振動

$C_1 Y$ のスペクトル解析結果は、10 Hz 以上の振動数成分を含むものの、主成分は低い振動数領域にあり、複数のピークが見られる。それらの範囲は、

Br.No.1 2.6 ~ 4.6 Hz

Br.No.2 3.5 ~ 13.7 Hz

となっている。

(2) 橋脚の振動

a. 橋軸方向の振動

$P_1 X \sim P_4 X$, $P_M X$ のスペクトル解析結果は、10 Hz 以上の高い振動数成分が僅かに含まれるが卓越する振動数は低く、主桁の卓越振動数と概ね同じ値となった。

Br.No.1 3.4 ~ 3.9 Hz

Br.No.2 3.5 ~ 4.1 Hz

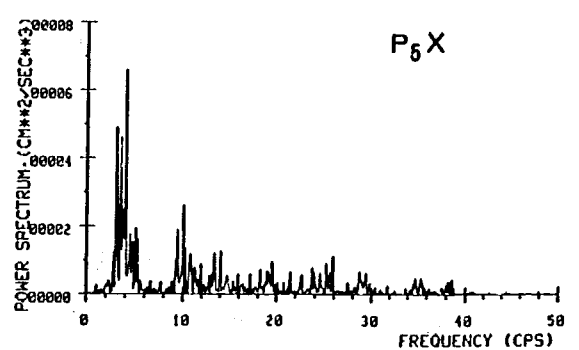
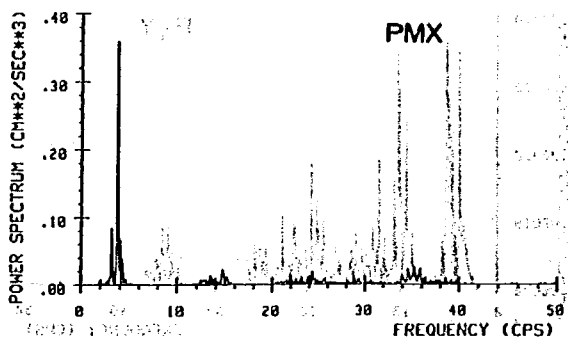
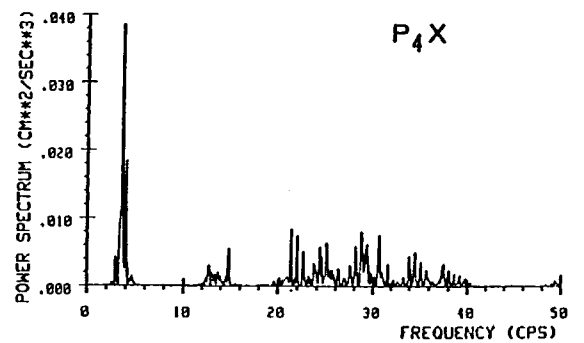
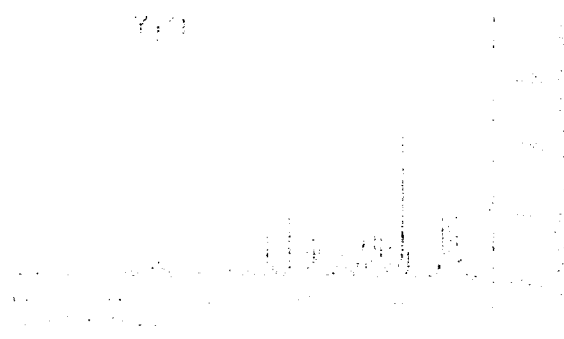
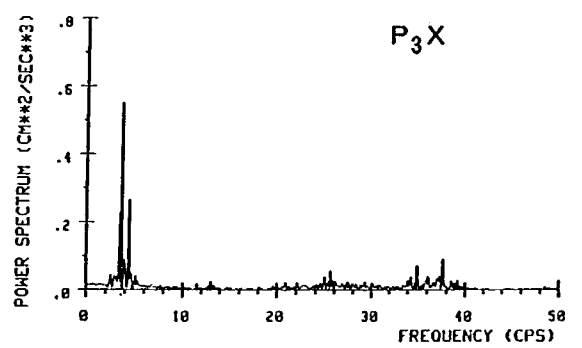
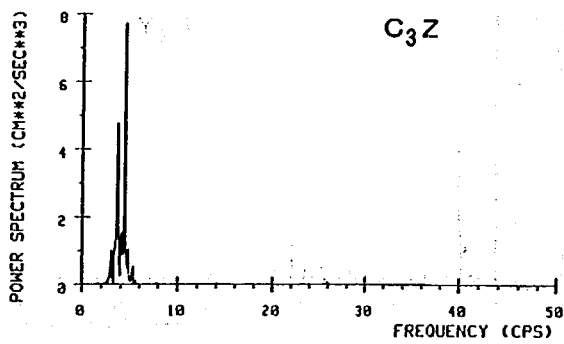
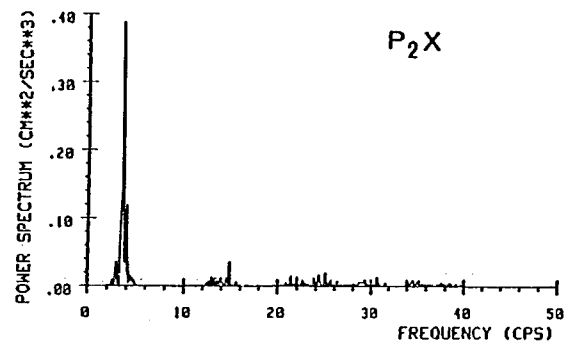
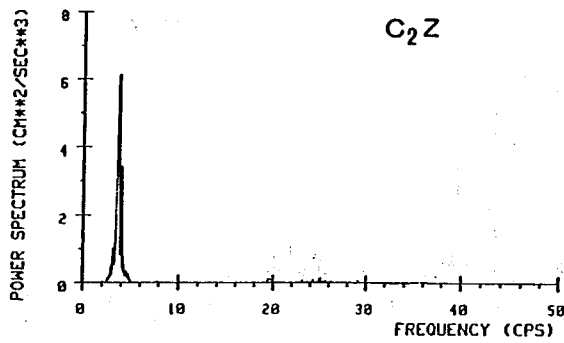
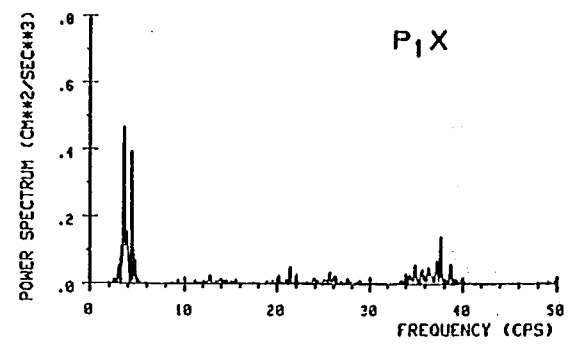
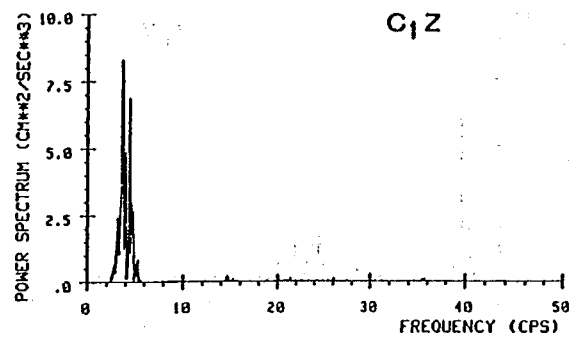


図10-1 振動加速度パワースペクトル (Br. No. 1 走行車線 60 km/h 走行(1))

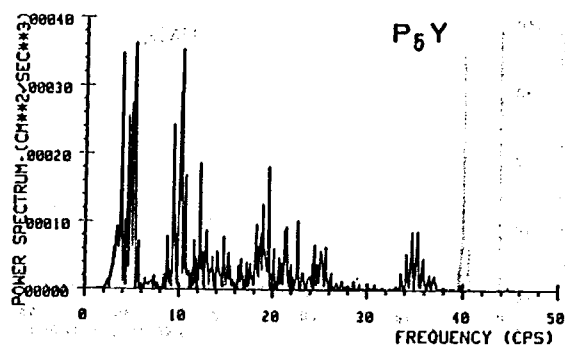
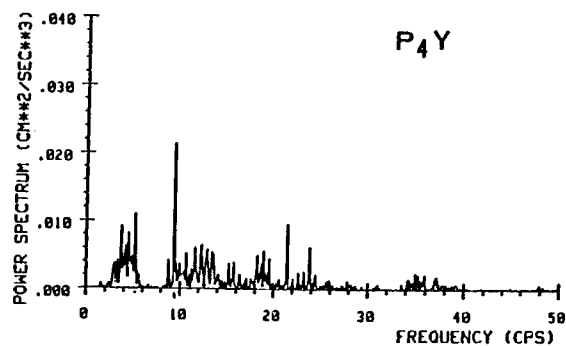
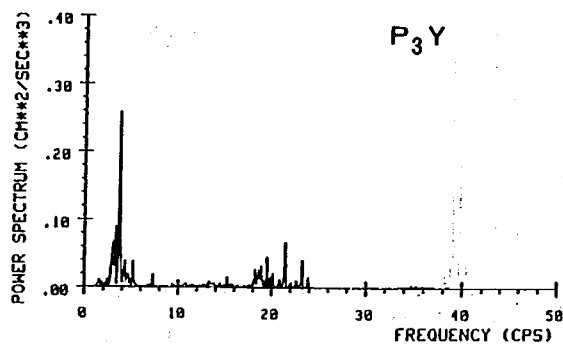
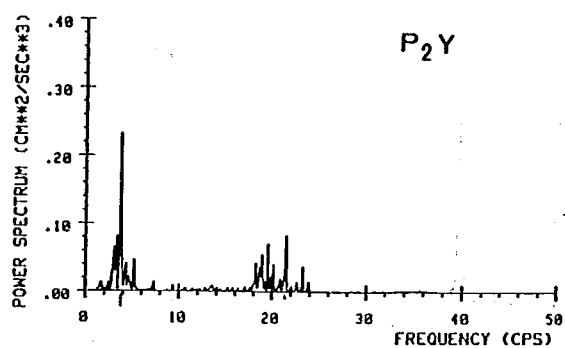
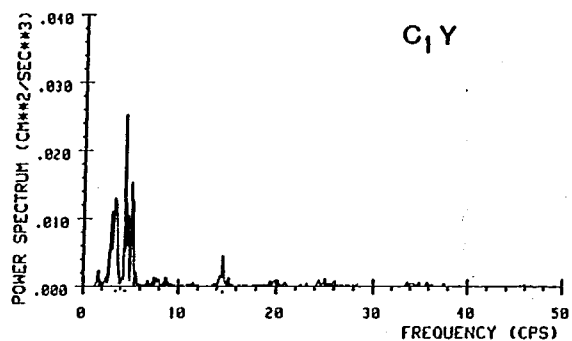
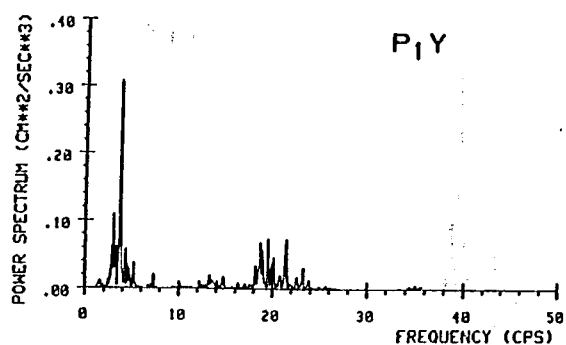
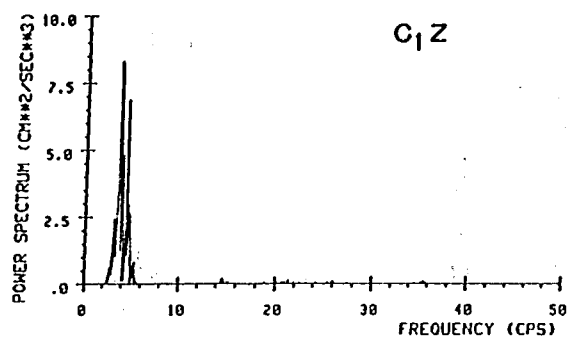


図-6.1 振動加速度パワースペクトル (Br.No.1 走行車線 60 km/h 走行(2))

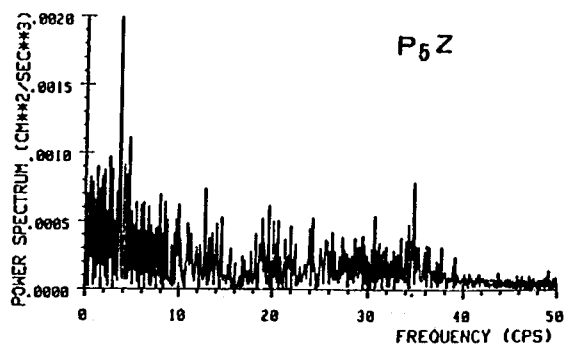
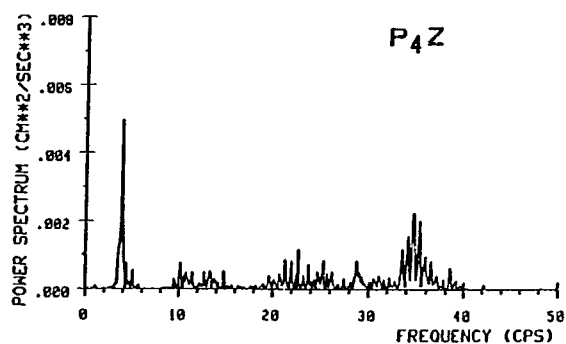
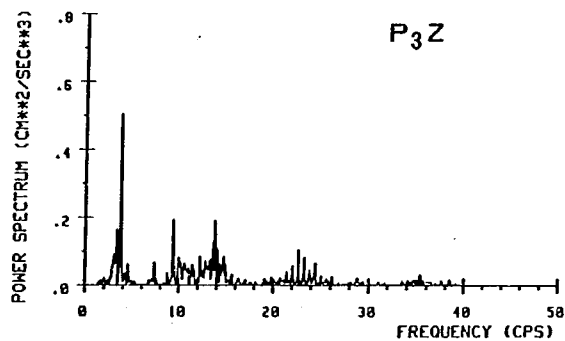
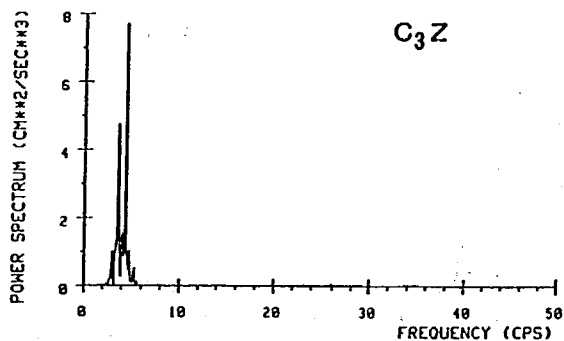
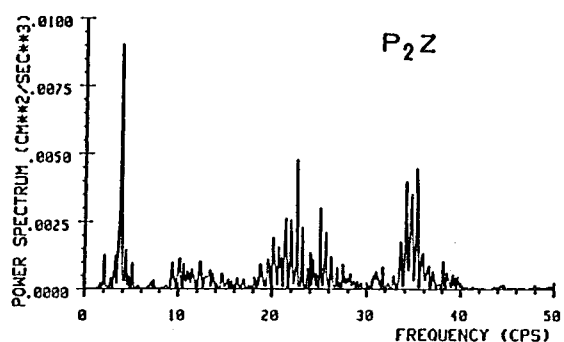
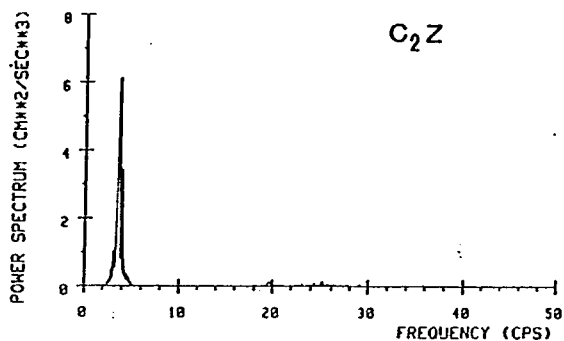
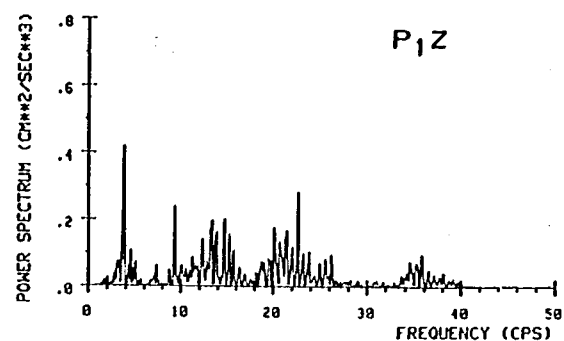
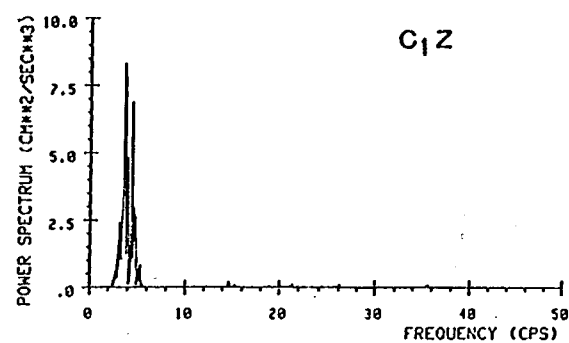


図 6.1 振動加速度パワースペクトル (Br. No. 1 走行車線 60 km/h 走行(3))

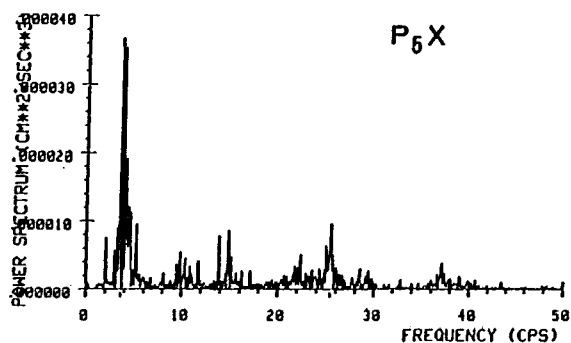
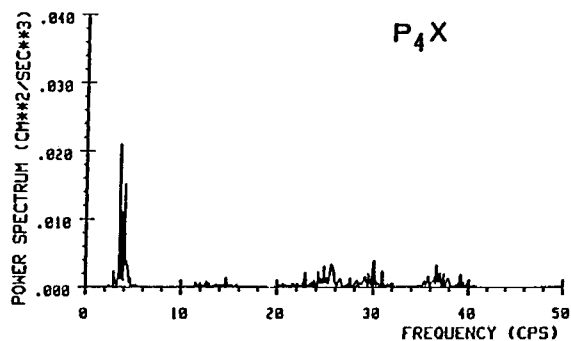
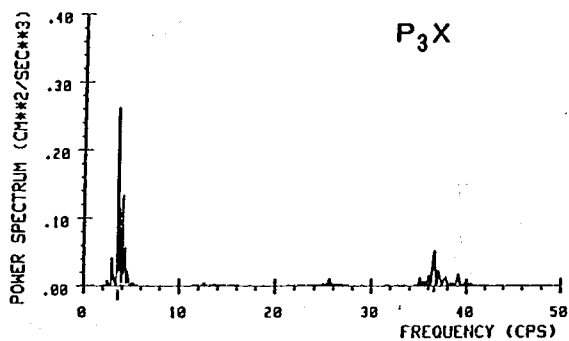
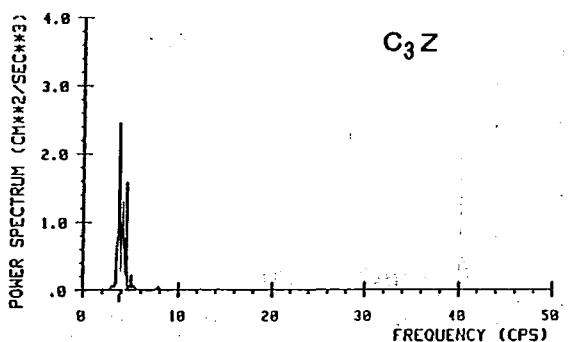
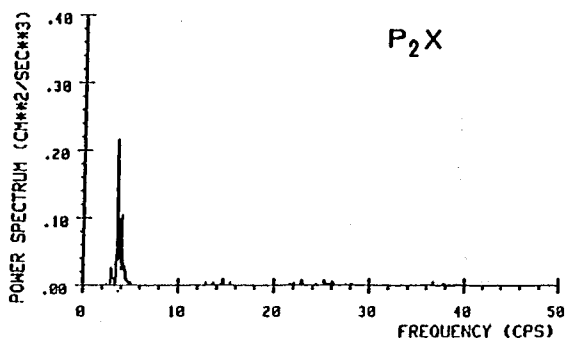
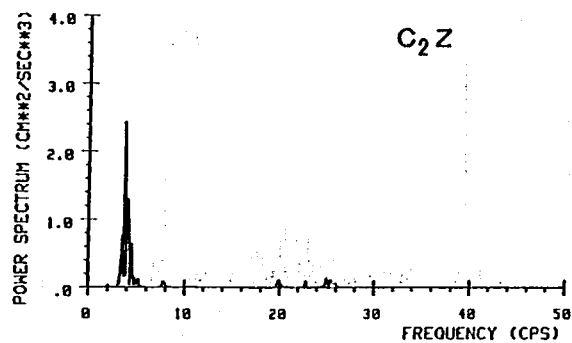
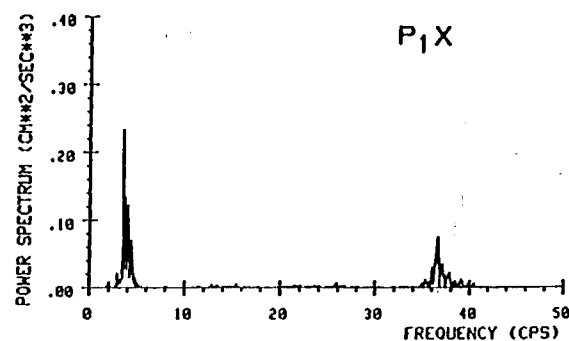
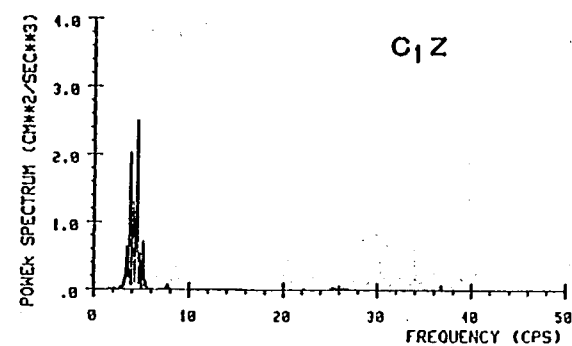


図-6.2 振動加速度パワースペクトル Bf.No.1 追越車線 60 km/h 走行(1)

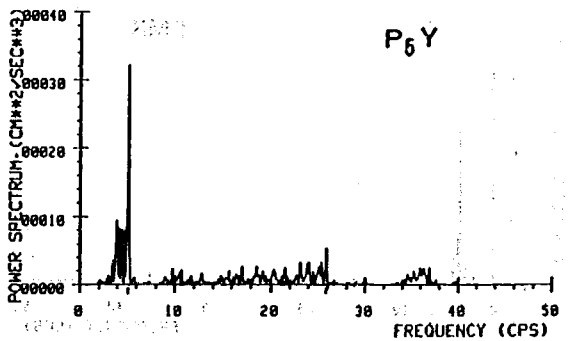
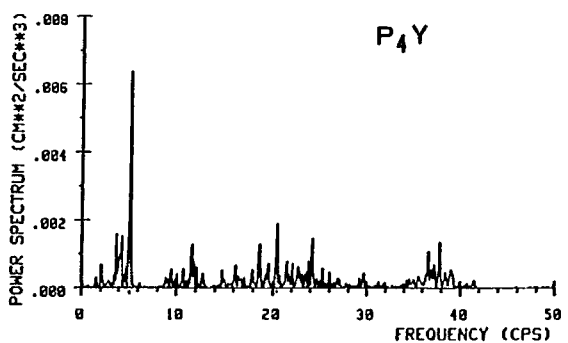
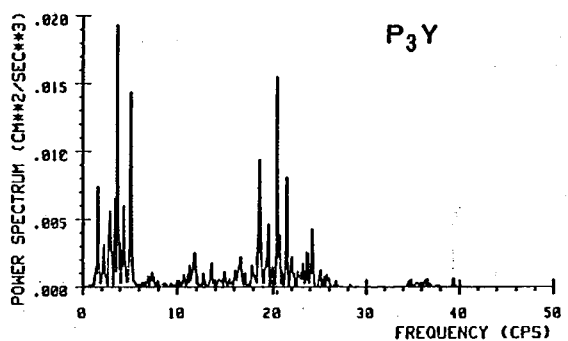
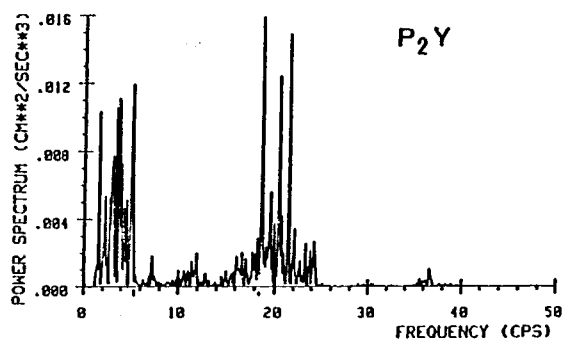
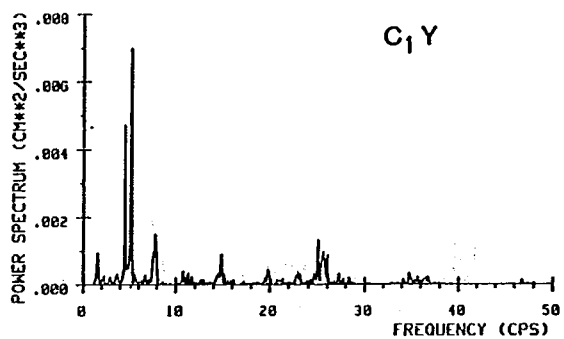
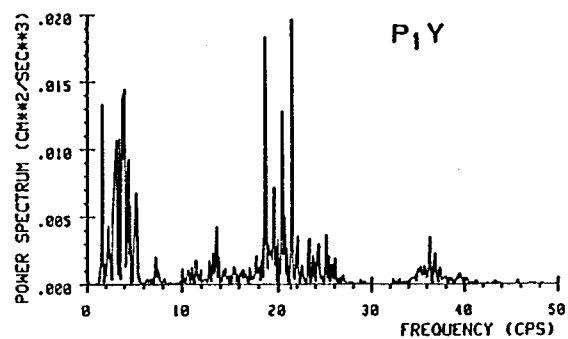
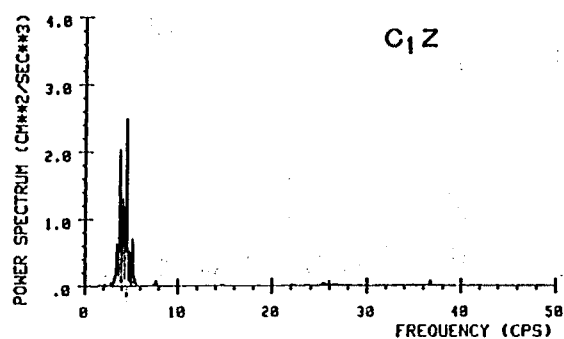


図-6.2 振動加速度パワースペクトル (Br.No.1 追越車線 60 km/h 走行(2))

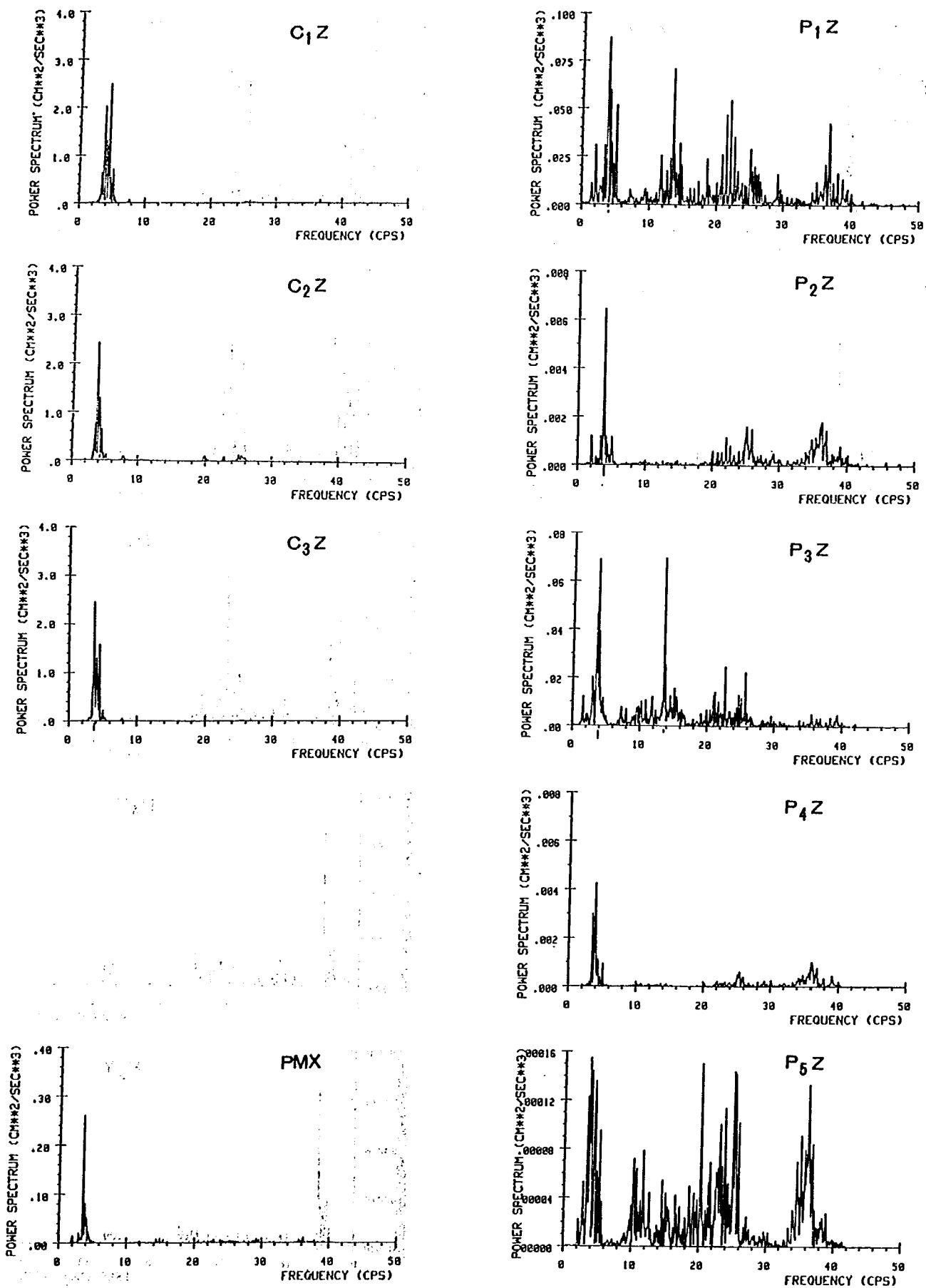


図-6.2 振動加速度パワースペクトル (Br.No.1追越車線 60 km/h 走行(3))

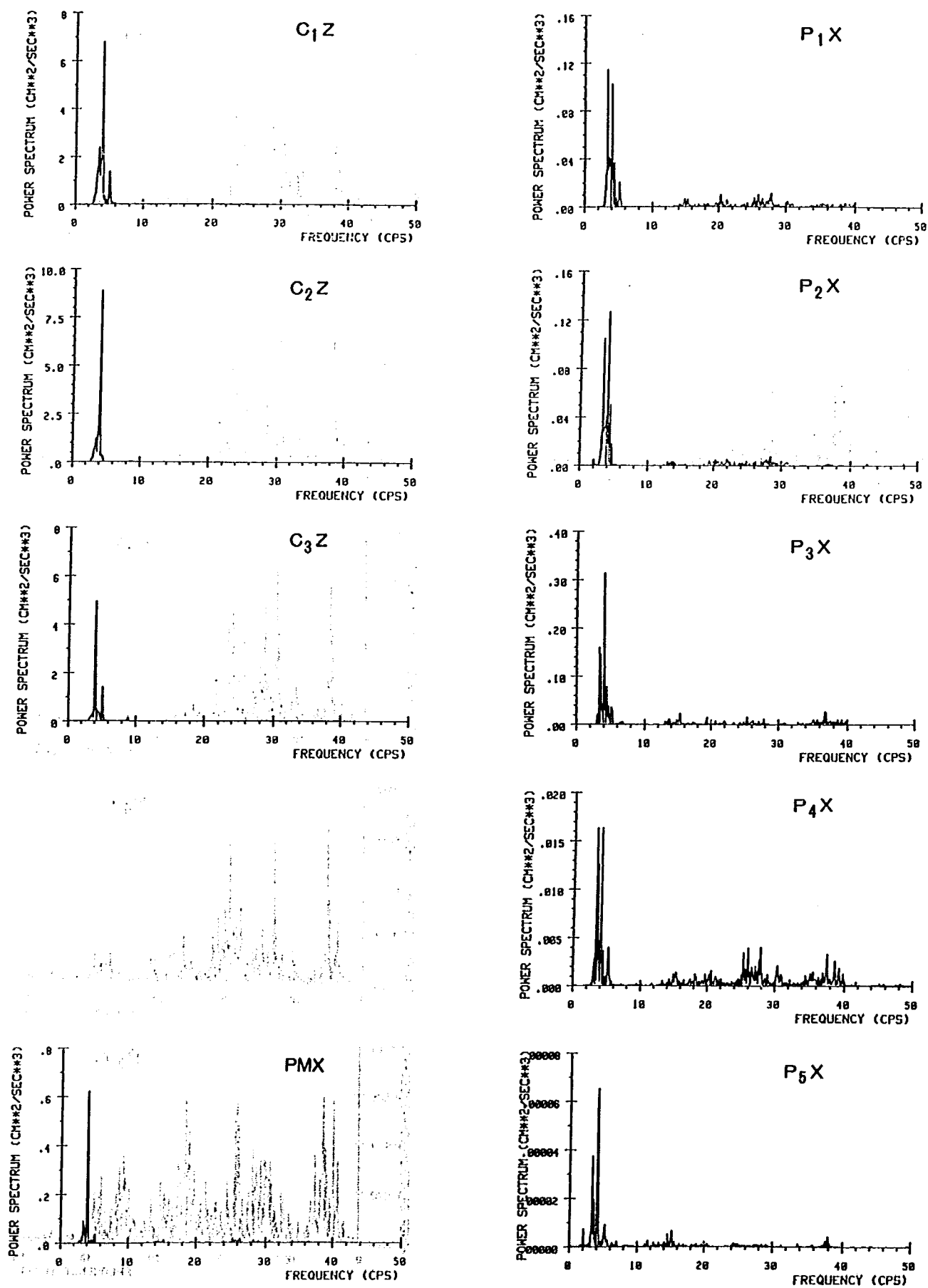


図-6.3 振動加速度パワースペクトル (Br. No. 2 走行車線 60 km/h 走行(1))

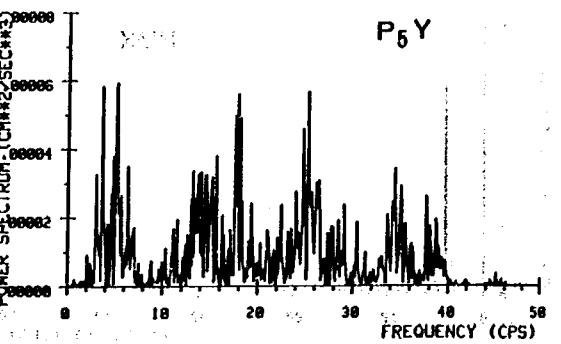
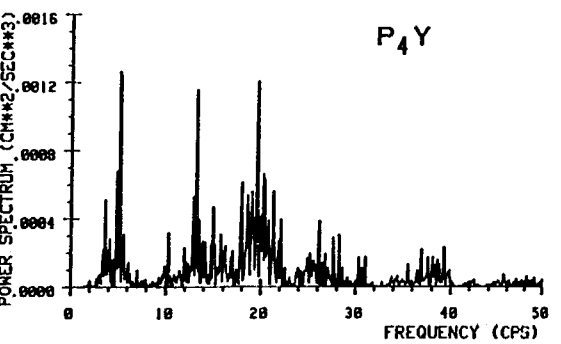
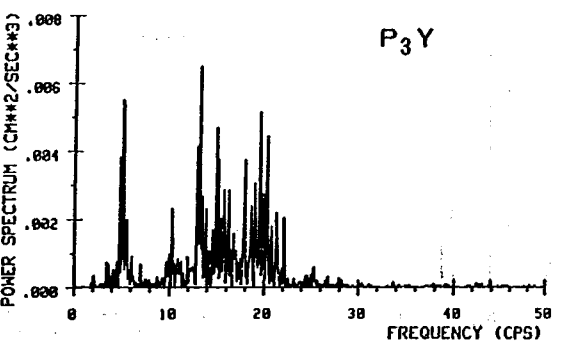
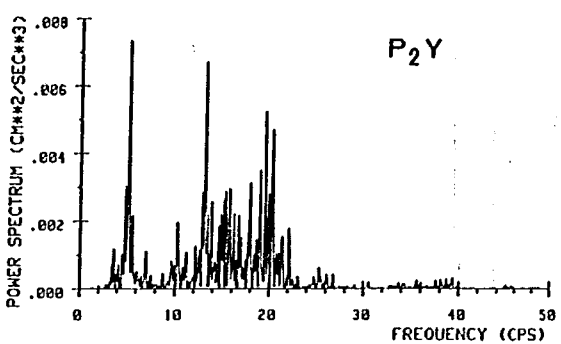
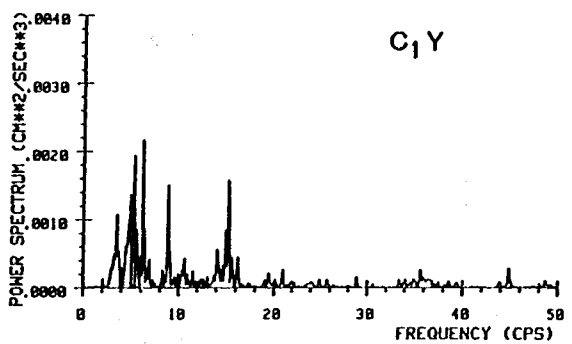
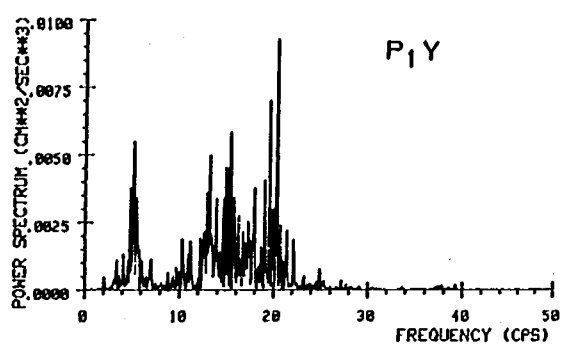
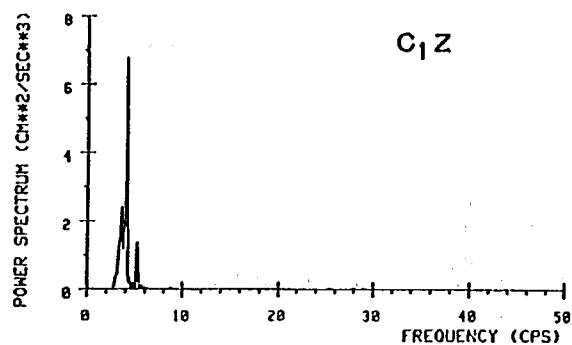


図-6.3 振動加速度パワースペクトル (Br.No.2 走行車線 60 km/h 走行(2))

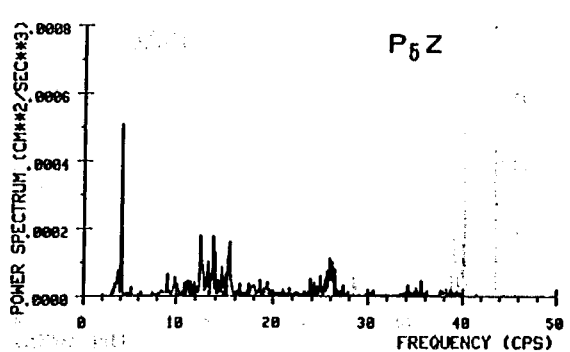
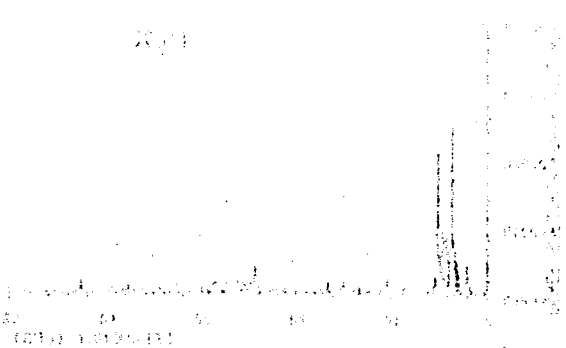
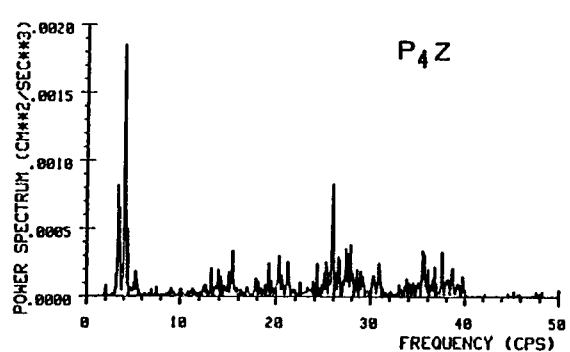
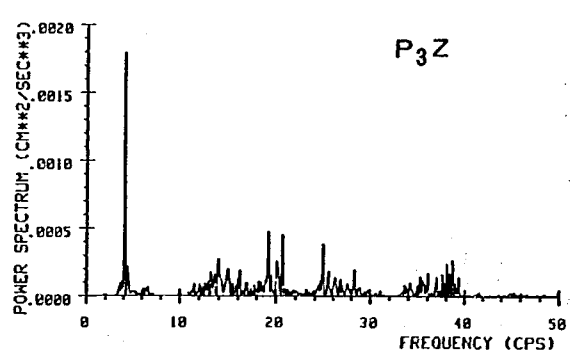
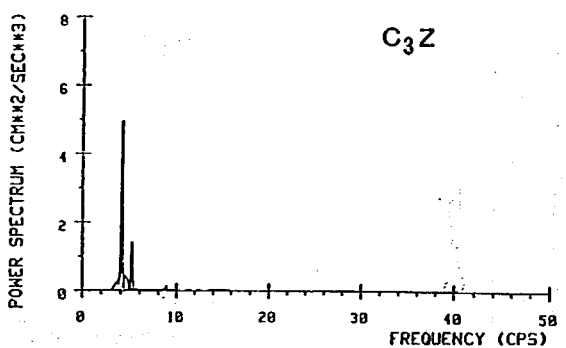
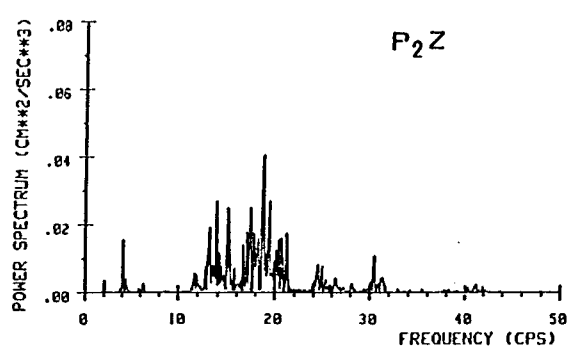
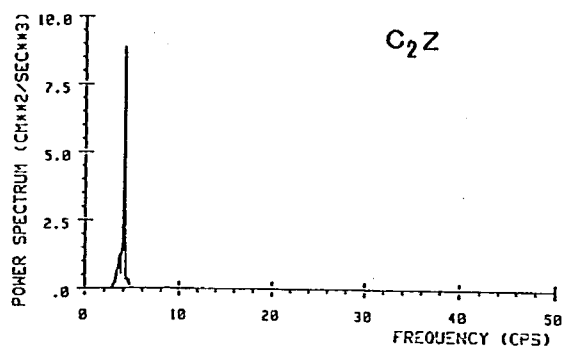
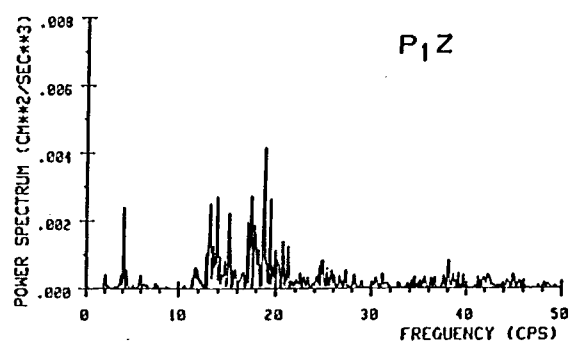
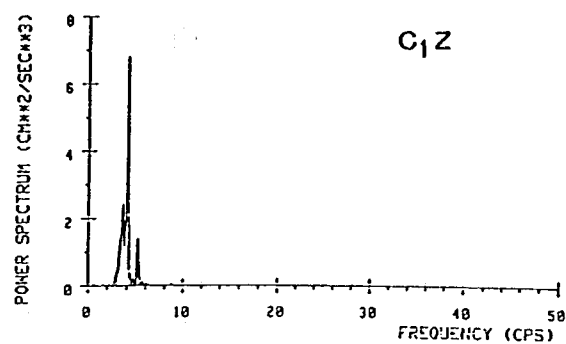


図 6.13 振動加速度パワースペクトル (Br.No.2 走行車線 60 km/h 走行(3))

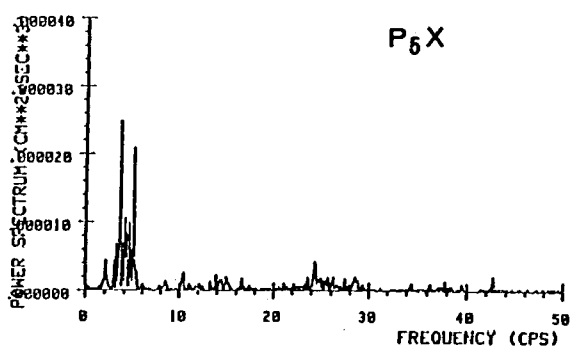
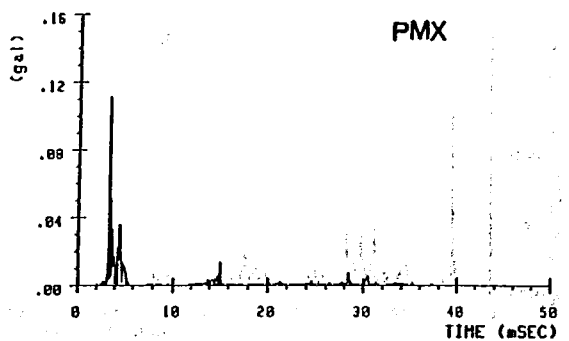
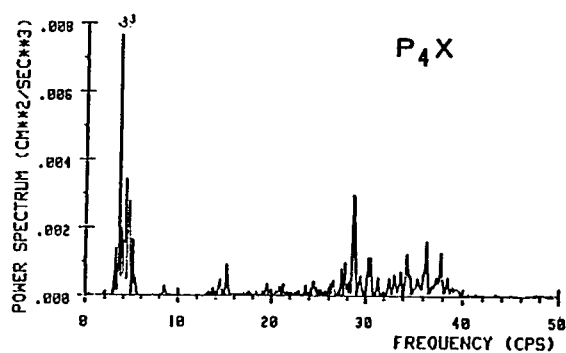
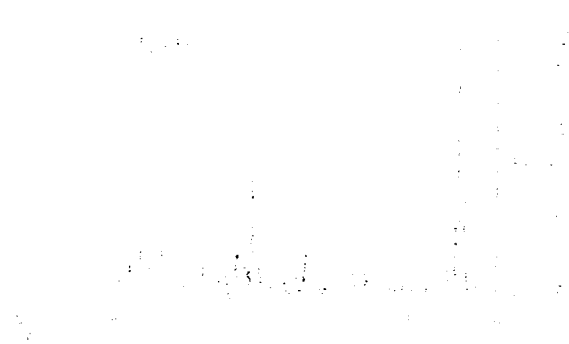
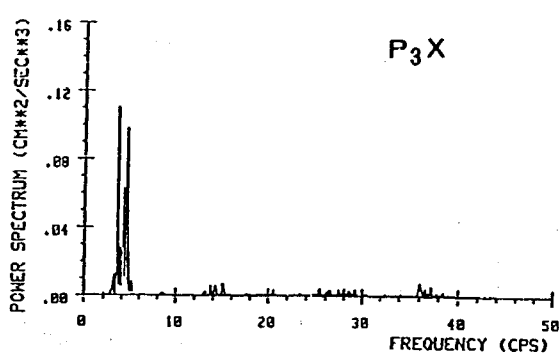
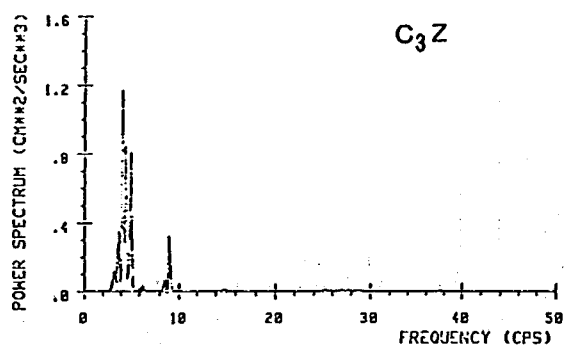
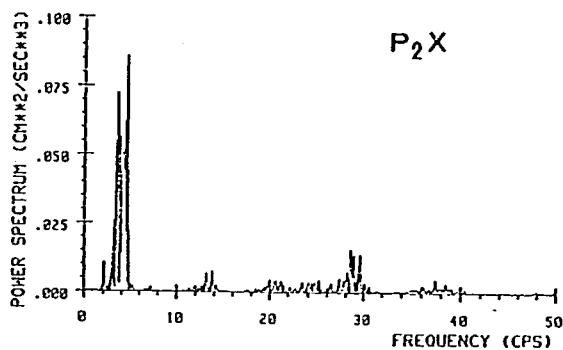
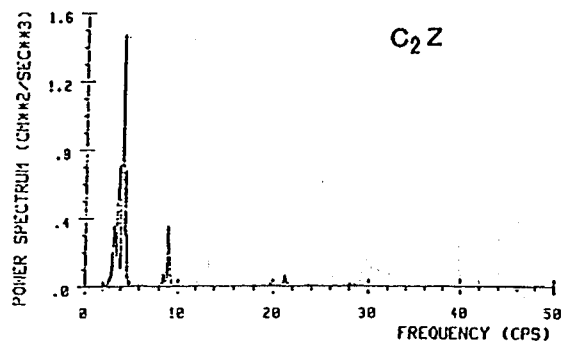
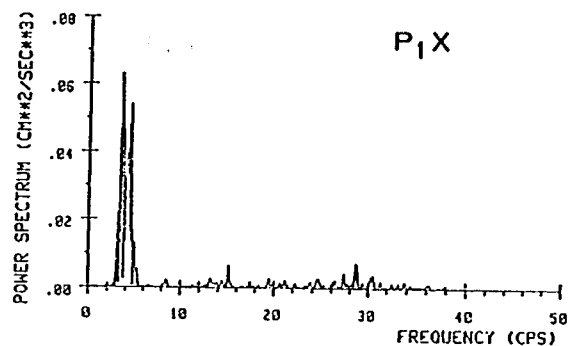
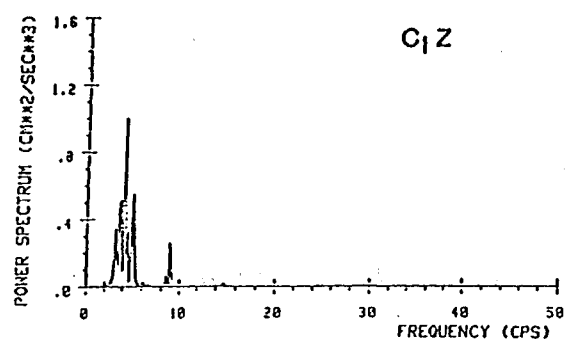


図-6.4 振動加速度パワースペクトル Br.No.2 追越車線 60 km/h 走行(1)

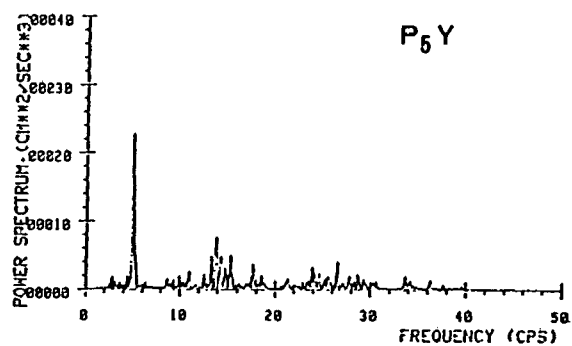
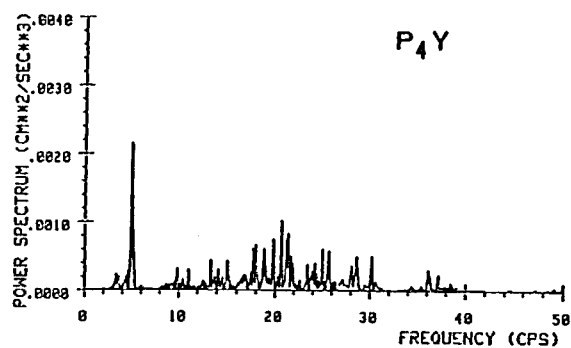
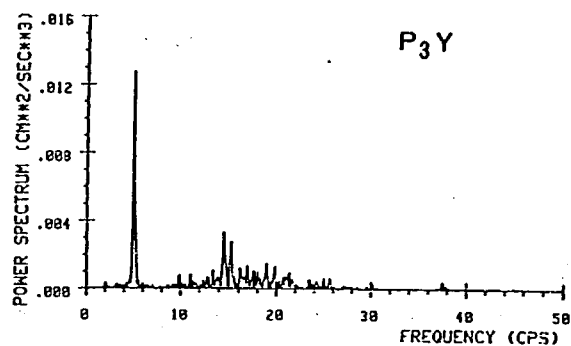
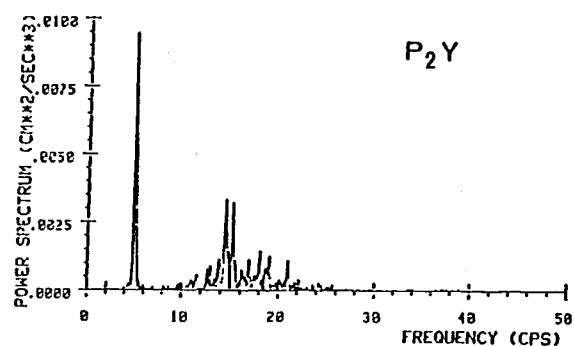
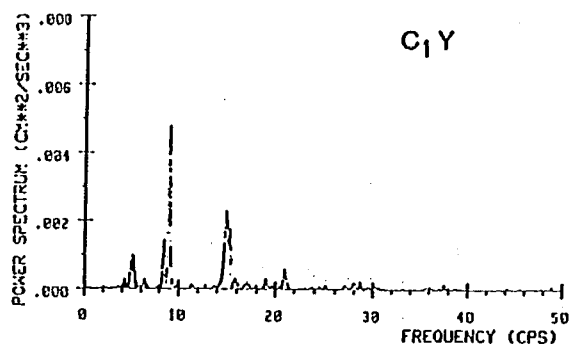
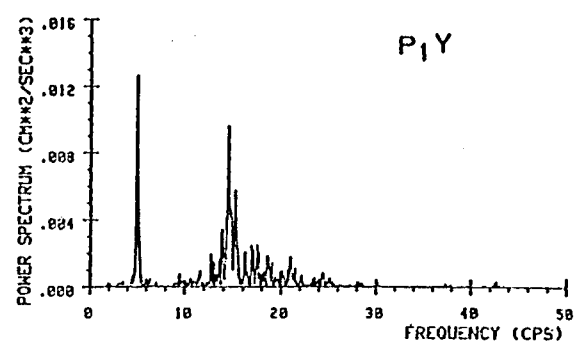
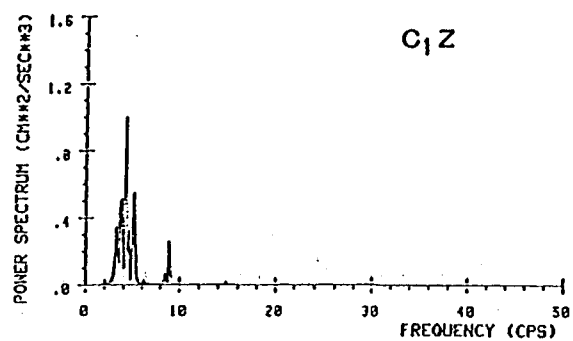


図- 0.4 振動加速度パワースペクトル (Br No.2 追越車線 60 km/h 走行(2))

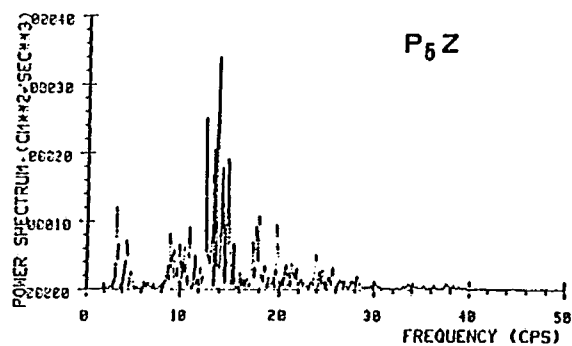
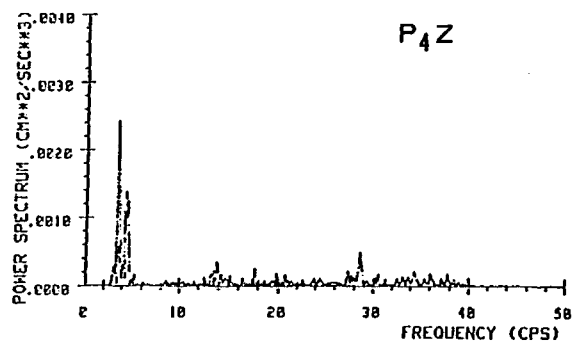
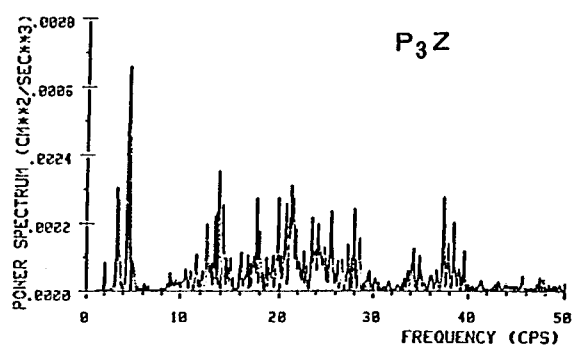
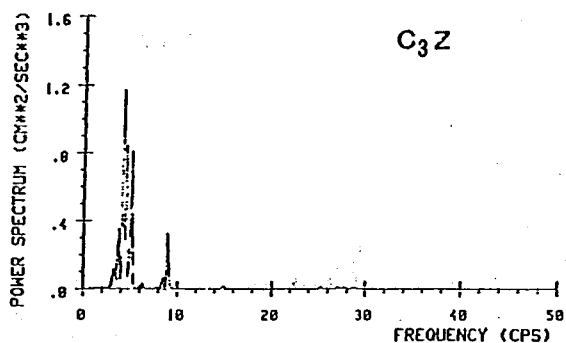
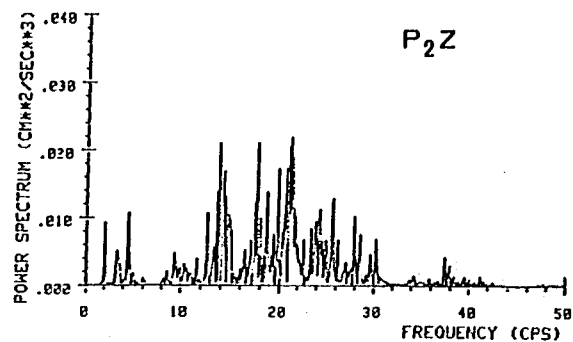
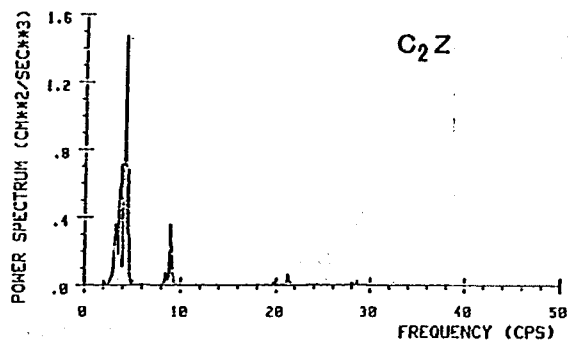
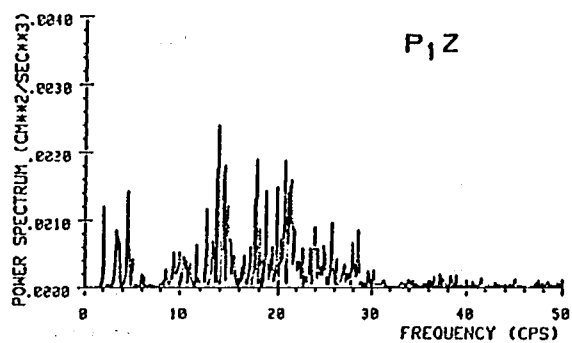
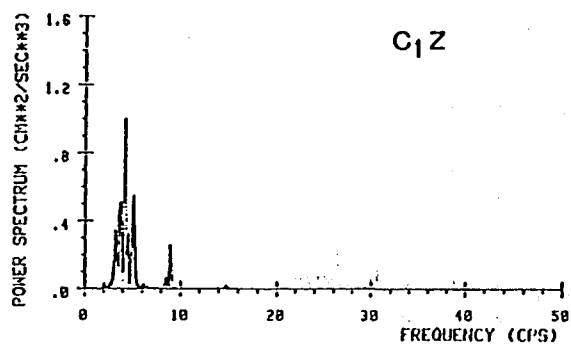


図-6.4 \ 振動加速度パワースペクトル (Br.No.2 追越車線 60 km/h 走行(3))

表-5 パワースペクトル卓越振動数一覧表

上段：1 番目のピーク振動数
下段：2 "

Br. No.	荷重車走行条件			卓 越 振 動 数 (Hz)																				歩道端 音 圧
				X 成 分						Y 成 分						Z 成 分								
	設定走行 速 度 (km/h)	実車速度 (km/h)	走行車線	橋 脚						橋 桁 → 橋 脚						橋 桁 橋 脚								
				P _M	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	C ₁	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	C ₁	C ₂	C ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	
1	40	40.3	走 行	3.5 12.5	3.6 35.3	3.6 12.7	3.4 12.6	3.6 12.6	3.0 10.5	2.6	2.4 20.4	2.3 7.3	2.4 8.0	9.7 3.2	3.5 9.6	3.7	3.7 7.5	3.6	3.4 10.6	3.5 10.6	2.3 7.3	3.5 10.7	3.6 10.6	3.6 34.4
	60	57.0	走 行	3.7 35.2	3.7 37.1	3.6 24.5	3.7 37.3	3.6 28.9	3.4 10.9	3.5 14.6	3.6 19.1	3.6 19.0	3.6 18.8	4.1 12.9	4.1 10.1	3.7	3.6	4.0	13.2 3.7	3.7 34.7	3.5 13.5	3.8 34.8	3.6 19.3	3.6 34.4
		追 越	3.8 36.2	3.9 36.7	3.8 26.0	3.6 33.7	3.6 23.3	3.6 22.9	4.6 23.2	3.7 19.1	4.0 20.8	3.7 19.0	4.4 34.5	4.4 32.8	4.2	3.9 25.5	3.6	4.0 13.7	3.9 36.0	3.8 13.7	3.6 33.1	3.8 33.0	3.8 34.5	
	70	66.9	走 行	3.6 29.8	3.7 41.0	3.6 30.3	3.5 41.4	3.0 3.6	3.2 10.9	3.8 11.2	3.2 18.5	3.1 18.5	3.2 18.5	4.6 12.0	4.9 10.4	3.7	3.8 29.5	3.9	3.4 11.4	3.6 33.8	3.1 11.5	3.8 33.8	3.6 12.7	3.7 26.5
	2	40	39.3	走 行	3.6 30.9	3.5 26.5	3.5 17.1	3.6 17.1	3.5 26.4	3.5	3.5 5.1	16.9 5.2	16.9 5.0	17.0 3.5	3.7 17.6	3.5	3.7	4.0	3.5 19.0	18.9 3.5	17.0 3.6	3.5 16.1	3.5 13.6	3.6 26.5
60		56.5	走 行	4.0 25.9	3.7 27.5	3.8 28.3	4.1 36.6	3.7 27.3	4.1 15.1	5.0 15.0	20.0 15.2	19.9 5.1	19.9 5.1	19.7 5.0	25.6 4.9	3.8	3.9	4.3	25.5 3.9	25.0 20.2	4.1 14.2	3.9 26.1	3.9 25.9	4.0 26.4
		追 越	3.7 14.7	4.0 28.6	4.0 28.7	3.7 33.3	3.5 26.3	3.4 13.4	13.7 8.1	13.5 4.6	5.0 14.8	4.6 13.6	4.5 19.4	4.5 13.3	4.1 8.9	4.0 8.9	4.1 8.2	14.5 21.0	21.1 14.4	21.1 4.3	3.4 26.2	13.2 3.2	4.1 47.0	
70		68.1	走 行	4.0 29.4	4.1 30.6	4.1 29.0	4.1 31.9	4.1 30.9	4.1 16.5	5.1 15.4	16.6 4.9	16.8 5.0	16.9 4.9	17.5 12.1	11.5 25.9	4.1	4.1	4.2	11.8 17.7	11.9 17.6	12.0 17.5	4.1 30.1	12.0 17.7	4.1 26.5

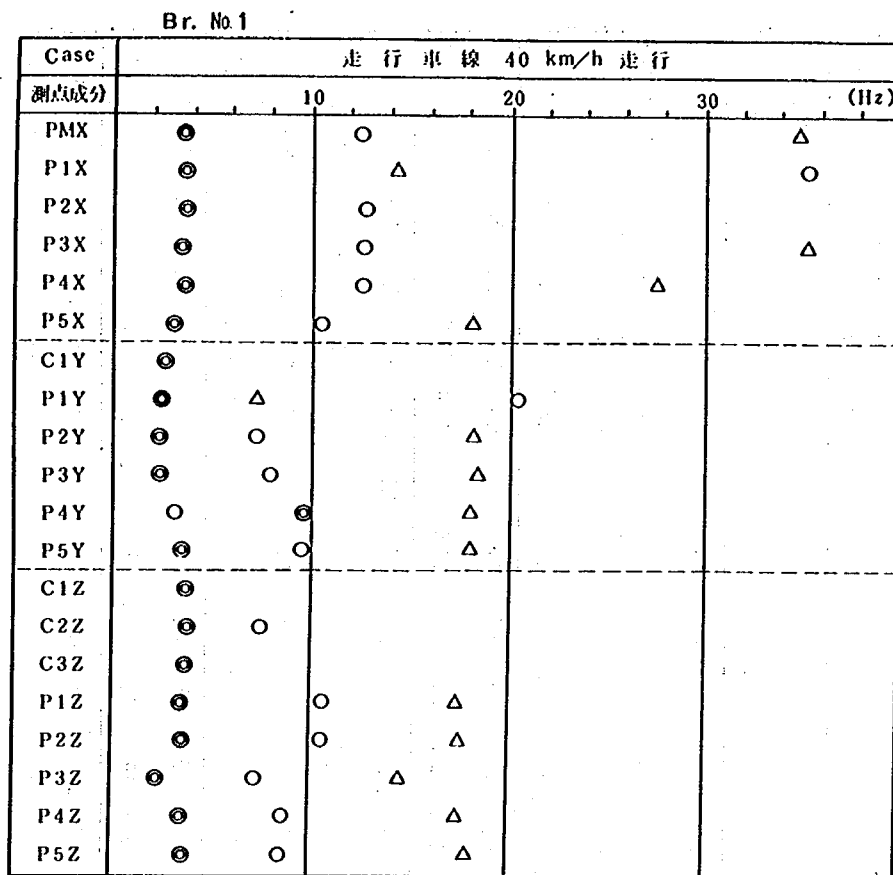


図-7.1 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.1 走行車線 40 km/h 走行

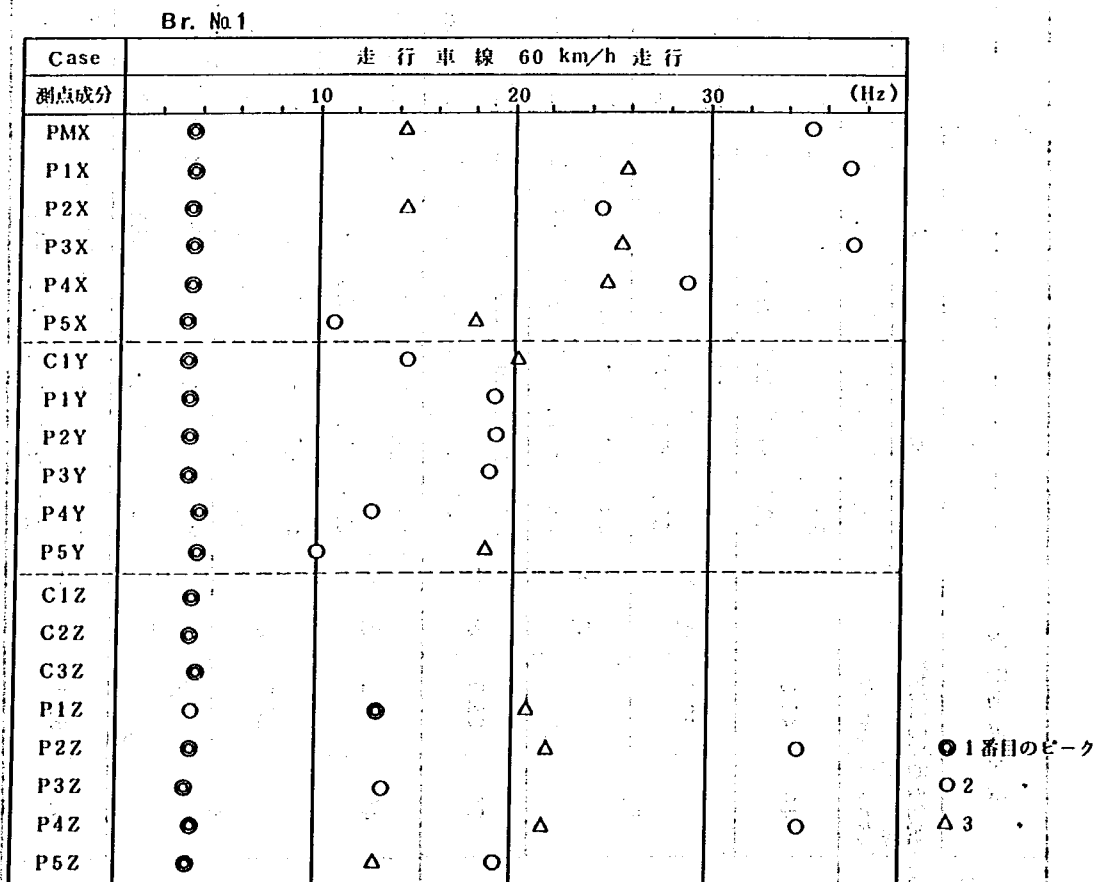


図-7.2 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.1 走行車線 60 km/h 走行

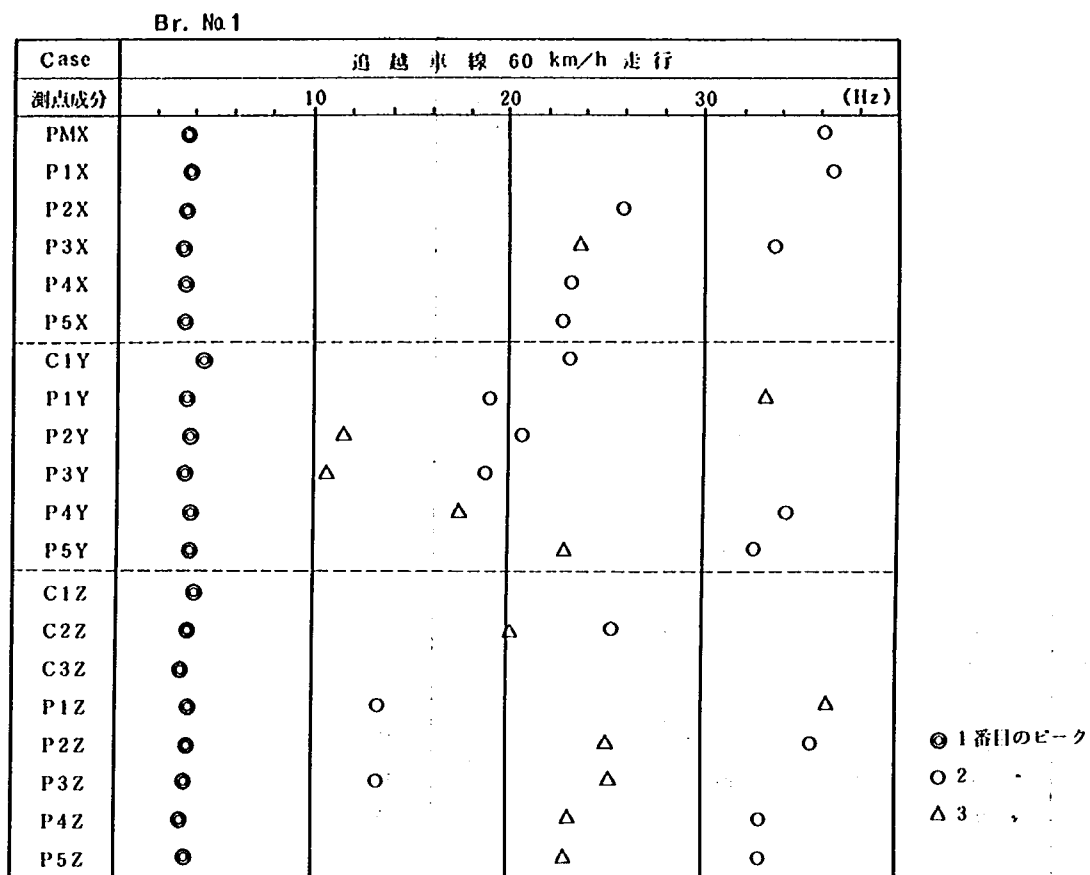


図-7.3 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.1 追越車線 60 km/h 走行

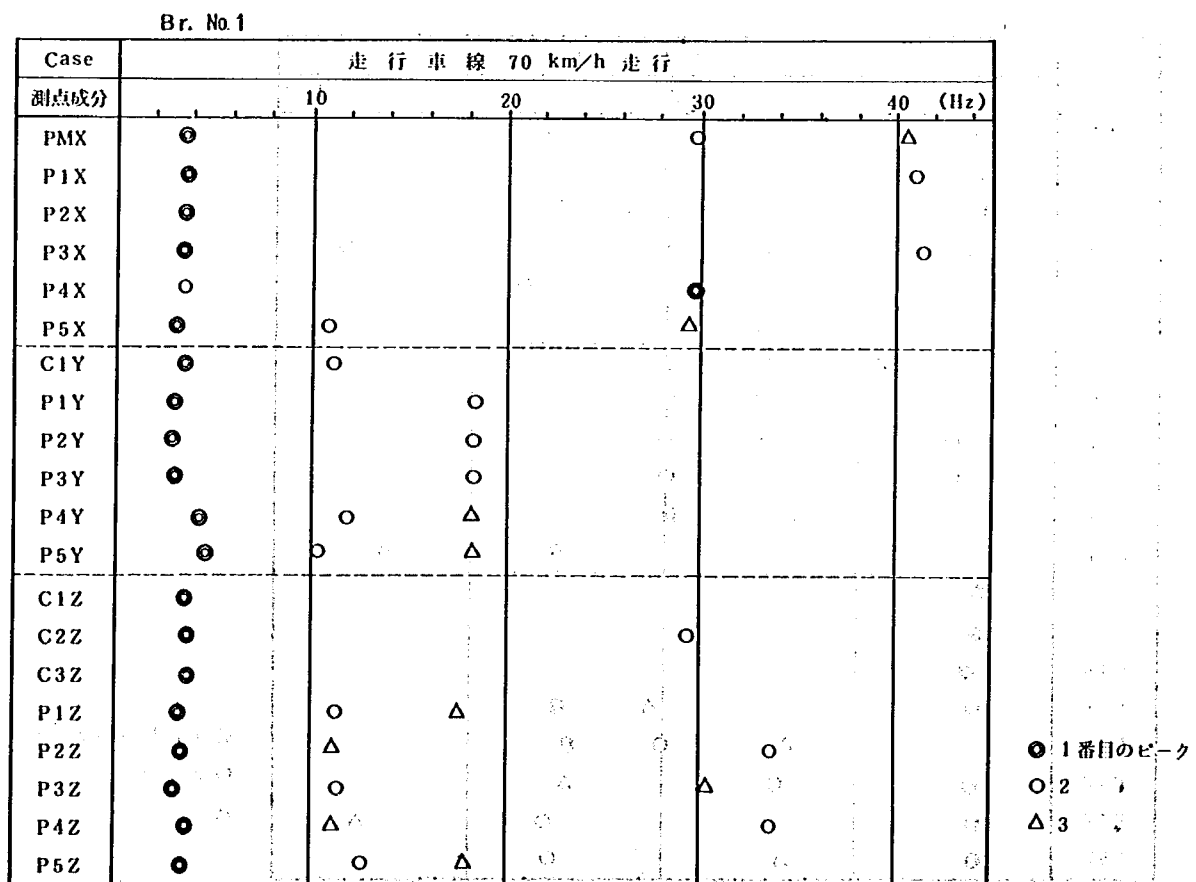


図-7.4 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.1 走行車線 70 km/h 走行

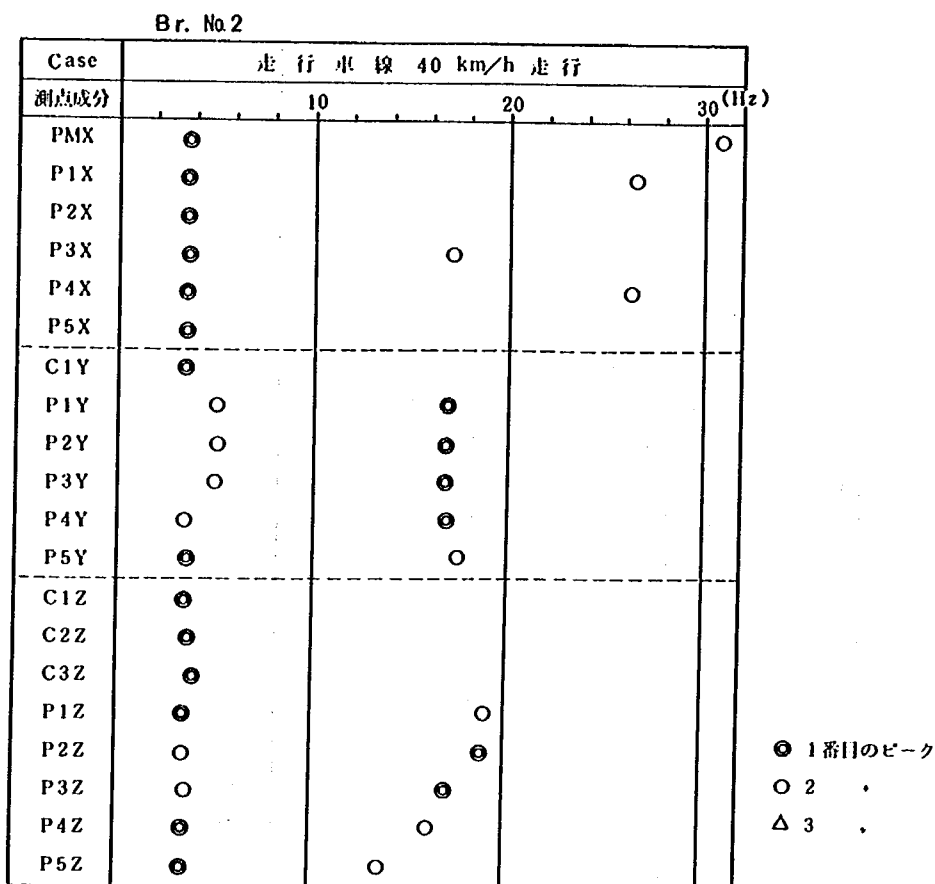


図-7.5 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.2 走行車線 40 km/h 走行

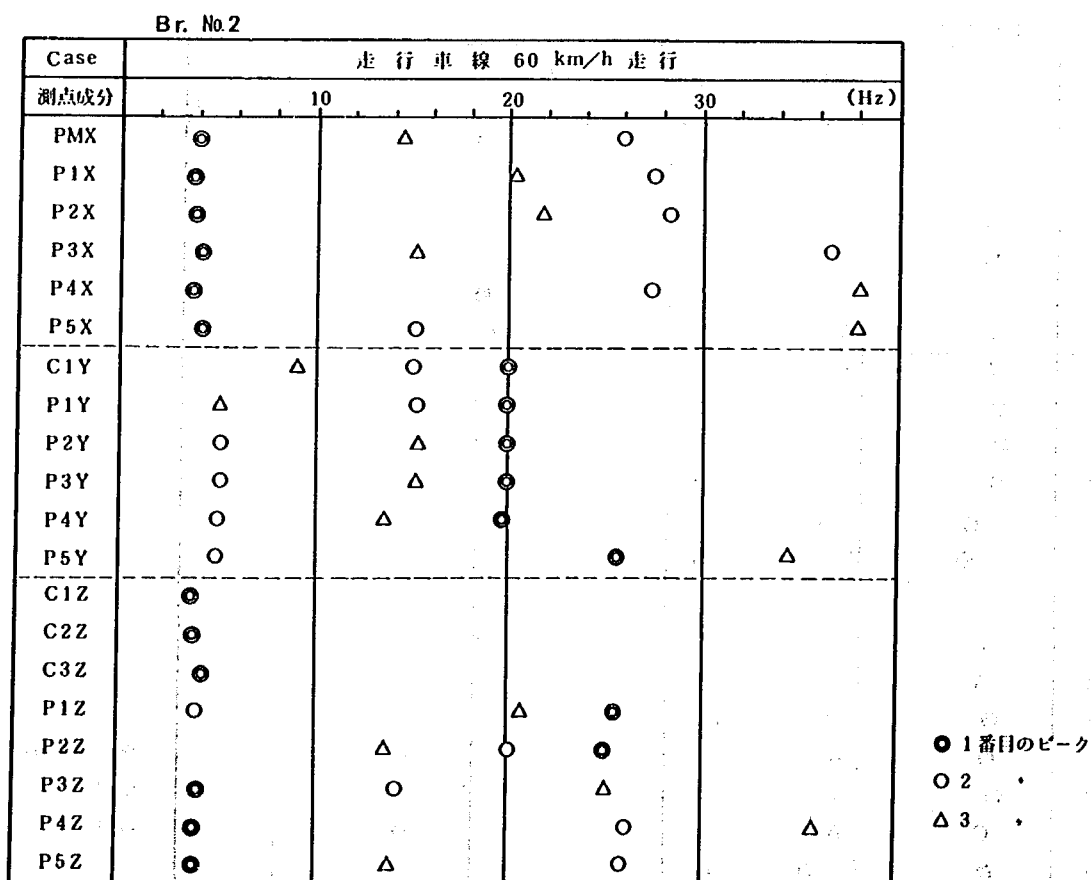


図-7.6 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.2 走行車線 60 km/h 走行

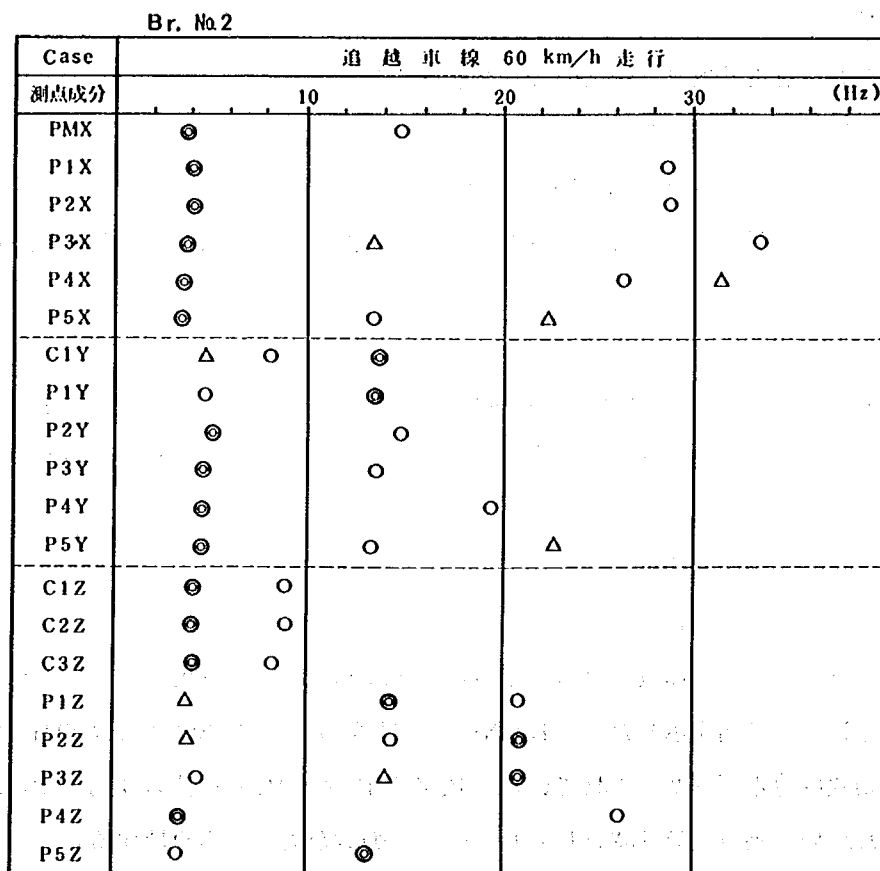


図-7.7 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.2 追越車線 60 km/h 走行

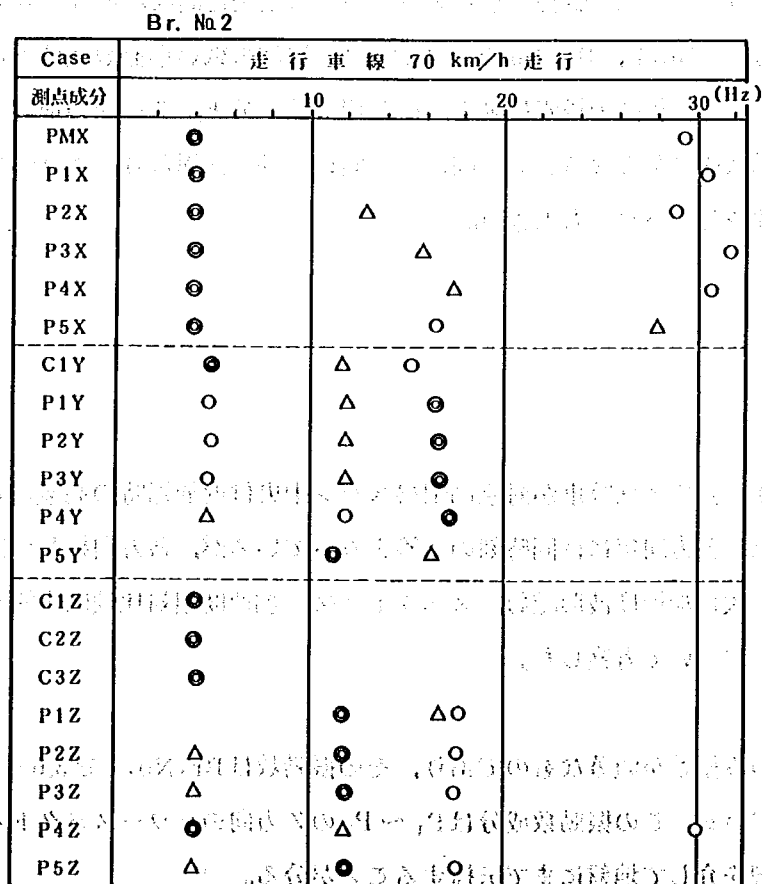


図-7.8 振動加速度パワースペクトル卓越振動数 Br. No.2 走行車線 70 km/h 走行

b. 橋軸直角方向の振動

$P_1 Y \sim P_4 Y$ のスペクトル解析結果は、複数のピークが見られ、

Br.No.1 2 ~ 4, 18 ~ 22 Hz

Br.No.2 3.5 ~ 5, 11 ~ 15, 19 ~ 21 Hz

となっている。Br.No.2 (門型ラーメン橋脚) の橋軸直角方向振動の卓越振動数は Br.No.1 (T型橋脚) よりもやや大きくなっている。

c. 鉛直振動

$P_1 Z \sim P_4 Z$ のスペクトル解析結果は、広い振動数領域でピークが見られる。これらは主桁の鉛直振動の卓越振動数にほぼ等しい低周波数成分と、伸縮装置部通過時に発生する比較的高い周波数成分とからなる。振動数は、

Br.No.1 3.5, 10 ~ 35 Hz

Br.No.2 4, 10 ~ 40 Hz

となり、高い振動数成分はかなり広い領域に分布している。Br.No.1 (T型橋脚) では 4 Hz 程度の低い振動数成分が最も卓越する傾向を示したが、Br.No.2 (門型ラーメン橋脚) では 20 Hz 程度の高い振動数成分が低い振動数成分と同程度含まれている。 $P_4 Z$ と $P_1 Z \sim P_3 Z$ を比較すると $P_4 Z$ では、 $P_1 Z \sim P_3 Z$ に含まれた高い振動数成分は減衰してしまい低振動数をもっぱら卓越する。

(3) 地盤振動

地盤の X, Y 方向の振動 ($P_5 X, P_5 Y$) は、橋脚のそれぞれの方向の振動と同様な振動数成分を持つ。しかし、最も卓越する振動数成分は Br.No.1, Br.No.2 とともに 4 Hz 程度の低い振動数成分となった。

一方、地盤の Z 方向の振動 ($P_5 Z$) は、橋脚の鉛直振動と同様な周波数成分と、その他の地盤振動特性によるものと考えられる種々の振動数成分からなる。X 方向, Y 方向の振動とは異なり、4 Hz 程度の低い振動数ばかりでなく、高い振動数成分のパワーも大きい。

2.4 考 察

2.4.1 高架橋の振動モード

高架橋の振動モードを明らかにするために試験車が対象高架橋スパン中央付近通過時の高架橋各部での相対加速度を方向別に図-8にした。各方向毎には同時刻の応答となっているが、各方向相互の関係は同時刻でない点に注意が必要である。次に加速度波形記録、スペクトル図、加速度相対比較図を総合的に検討し、方向別に特徴的な振動モードについて考察した。

(1) 鉛直方向振動

車両走行時の桁の振動は鉛直たわみ振動が顕著なものであり、その振動数は Br.No.1 で 3.6 ~ 4.2 Hz, Br.No.2 で 3.5 ~ 4.3 Hz となっている。この振動数成分は $P_1 \sim P_5$ の Z 方向のパワースペクトル図にもみられ、桁の鉛直たわみ振動が橋脚を介して地盤にまで伝播することが分る。

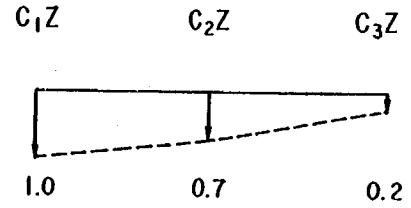
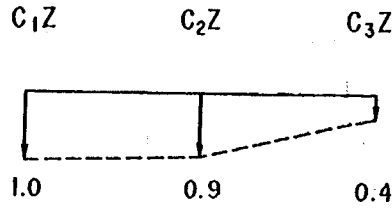
なお、桁の振動はたわみ振動が卓越するとはいうても、自動車の走行による振動している移動荷重に起

Br № 1 (走行車線 60 Km/hr)

Br № 2 (走行車線 60 Km/hr)

(桁)

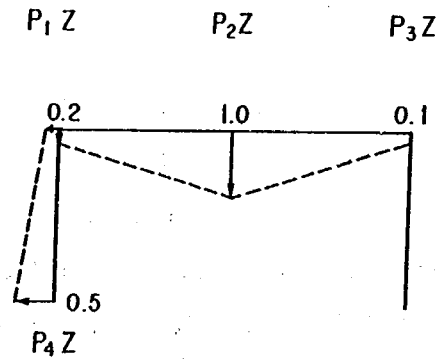
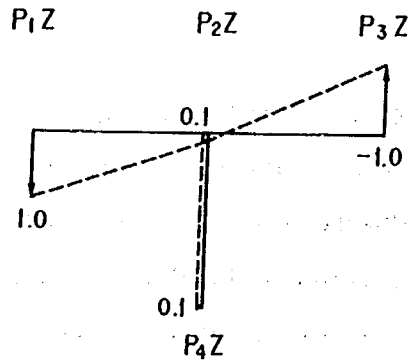
(桁)



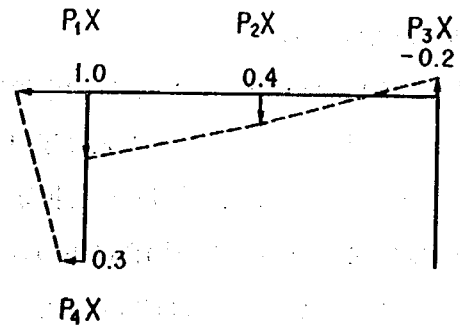
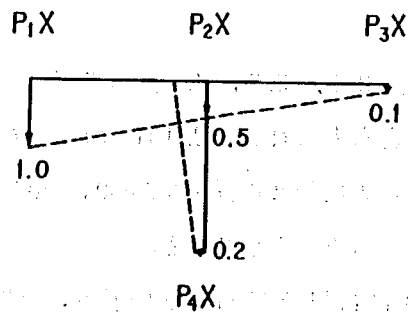
鉛直方向

(橋脚)

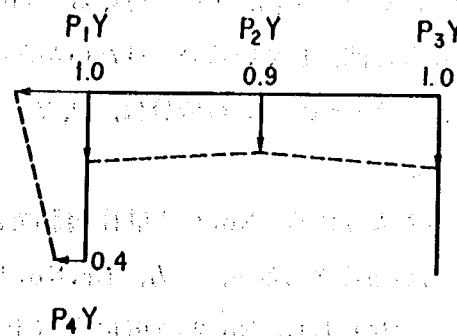
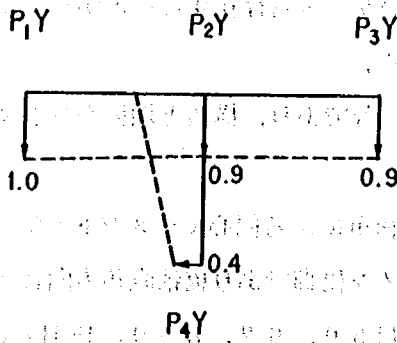
(橋脚)



鉛直方向



橋軸方向



橋軸直角方向

図-8 試験車スパン中央走行時加速度相対比

因した振動であるため、過渡的な様相を示したり、振動モードもねじれなどが組合わさった複雑なものになっているという点に注意が必要である。

橋脚の鉛直振動は桁のたわみ振動と同じ振動数成分の他、10 Hz 以上の高い振動数領域にかなり幅広く分布しており、構造物全体の振動というよりは伸縮装置部から発生する衝撃的な振動と考えられる。Br. No. 1 で $P_1 Z$ 、 $P_3 Z$ に見られる 15 Hz 程度の振動は $P_2 Z$ ではわずかしか見られないことから、この成分は T 型橋脚の梁の振動によるものと推定される。 $P_1 Z$ と $P_3 Z$ で振動が逆位相となっていることが注目される。また $P_2 Z$ 、 $P_4 Z$ に見られる 35 Hz 程度の振動は $P_1 Z$ 、 $P_3 Z$ にはわずかしか見られないことから、これは T 型橋脚の柱の振動に関係するものと考えられる。一方、Br. No. 2 では $P_1 Z$ 、 $P_2 Z$ 、 $P_3 Z$ で卓越振動数成分の違いは少ない。これらの高い振動数の成分は橋脚天端から基部へ伝播していく際に低振動数成分よりも減衰の度合いが大きい。

(2) 橋軸方向振動

$P_1 X \sim P_3 X$ と $P_M X$ の卓越振動数は $C_1 Z$ に非常に近い。すなわち、桁の鉛直たわみ振動により橋脚は橋軸方向の振動を生じることになる。車両が対象橋梁上を通過中および通過後の桁と橋脚の動きは模式的に図-9 に示される。すなわち、桁の鉛直振動に伴い橋脚は車両が桁上を通過する時には互いに逆位相で、通過後は次第に同位相で振動するようになる。この傾向は Br. No. 1、Br. No. 2 の双方で現われている。この振動数成分も $P_6 X$ に現われているように地盤まで伝播する優勢なものである。

その他の振動数成分は極く僅かであり、橋梁の橋軸方向振動は桁のたわみ振動に関連したモードが卓越する。

(3) 橋軸直角方向振動

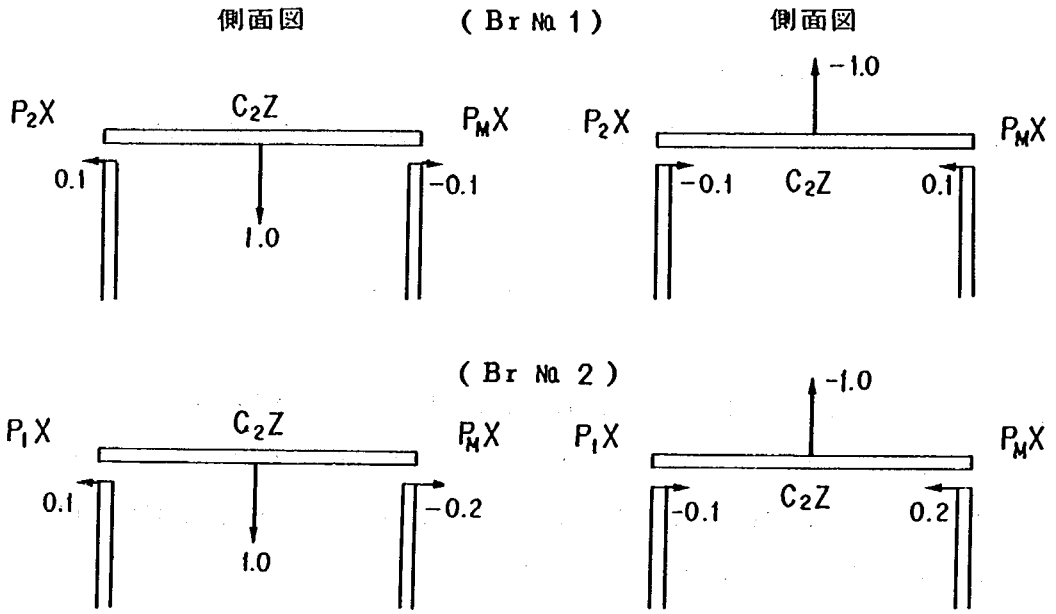
Br. No. 1 の桁の橋軸直角水平方向の卓越振動数は、2.0、3.5、4.5、5.2 付近に存在する。これらのうち 3.5 Hz は桁の鉛直たわみ振動に起因するものと考えられる。2.0 Hz の振動は $P_1 Y \sim P_4 Y$ にもみられ、橋脚の橋軸直角方向曲げ振動と推定される。この振動は走行速度が 60、70 km/h の時には見られず、「車両の走行速度が遅い場合に現われやすい」と言うことができる。

また、4.5 Hz の振動数成分は橋脚 ($P_1 Y \sim P_3 Y$) には見うけられないことから橋脚を含まない桁のみの振動と考えられる。さらに、 $C_1 Z \sim C_3 Z$ を見ると $C_1 Z$ と $C_3 Z$ には含まれ、 $C_2 Z$ には含まれていないことが分り、 $C_1 Z$ と $C_3 Z$ の波形を見ると同位相でないケースも存在することから、この振動数成分は桁のねじれ振動に関係しているのではないかと推定される。

さらに、5.2 Hz の振動数成分は、 $P_4 Y$ 、 $P_6 Y$ に顕著であり、構造と地盤を含む系としての振動かと想定される。

以上述べたように Br. No. 1 は単柱橋脚であり、活荷重による偏心モーメントを受けやすく、橋軸直角方向の振動が顕著であるが、一方、Br. No. 2 はラーメン橋脚であり橋軸直角方向には顕著な振動は生じていない。すなわち Br. No. 2 の桁に卓越する振動数は 5.0、6.2、8~9、15 Hz である。全般に Br. No. 1 よりも振動数は高くなっている。ただし、橋脚 ($P_1 Y \sim P_3 Y$) の卓越振動数をみると 10 Hz 以下では顕著な振動数は 5.0 Hz のみである。したがって、5.0 Hz の振動は橋脚の横曲げ振動と推定されるが、6.2、8~9 Hz の振動は桁のみの振動と考えざるを得ない。特に ($V = 60$ km/h, 追越) では、

① 試驗車桁上走行中



② 試驗車通過後

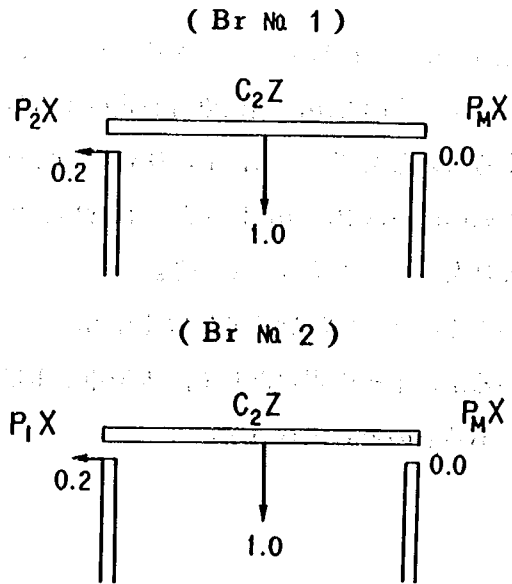


図-9 桁の鉛直動と橋脚の橋軸方向の動き

9 Hz の振動が $C_1 Z \sim C_3 Z$ にも見られ鉛直振動と強い関連がある事が分る。

また位相について見ると、Br.No.1, Br.No.2 とも橋脚各部の位相は同位相となっている。

2.4.2 走行速度、走行車線の影響

表-4 に示した最大加速度、最大変位、最大音圧の値を用い、試験車の走行速度、走行車線の違いが高架橋振動に及ぼす影響について検討した。

(1) 走行速度の影響

図-10 は表-4 をもとに走行車線走行時のデータから走行速度と計測諸量の最大値を対比したものである。

加速度、変位、音圧の最大値は Br.No.1, Br.No.2 共に試験車の走行速度の増加に伴い、横ばいしないしは増加している。増加傾向を示すのは桁や橋脚天端 (X 方向, Br.No.2 の Y 方向) などであり、地盤や Br.No.2 の Z 方向などは横ばいとなっている。これらから、交通振動の対策の 1 つと考えられている走行速度の規制は効果があるものと考えられる。

なお、前述したように振動モードは走行速度により現われやすいもの、現われ難いものがある点に留意する必要がある。それは、Br.No.1 の Y 方向振動に見られたもので、2 Hz の橋脚曲げ振動は低速走行時に、また、5 Hz の地盤と構造物の全体系の振動は高速走行時により現われやすくなっている。

(2) 走行車線の影響

図-11 は表-4 をもとに走行車線走行時のデータと追越車線走行時のデータを比較したものである。

Br.No.1 (T 型橋脚) では試験車が走行車線で走行する時の方が、追越車線を走行する時よりも各応答値は全て大きくなっており、その違いは 2 倍に達するものもある。一方、Br.No.2 (門型ラーメン橋脚) では部位により走行車線の影響が異なり、走行車線の違いは Br.No.1 ほどではない。橋脚中央部では追越車線走行時の応答が、走行車線走行時の応答よりもやや大きくなっている。

ただし、地盤振動で比較すると、振動加速度値は小さくなり差異は顕著ではなくなる。

これらから、交通振動の対策の 1 つと考えられている走行車線の規制として、大型車 (重量車) は中央寄りの車線を走行するようにするのはある程度効果があるものと考えられる。

2.4.3 橋脚形式の影響

Br.No.1 の T 型橋脚は梁の張出しがかなり長く、また単柱であるため、梁先端の Z 方向振動ならびに橋脚全体の Y 方向曲げ振動が大きくなる特徴がある。これに対し、Br.No.2 の門型ラーメン橋脚はラーメン構造のため Y 方向曲げ剛性が大きく、梁も中央部 (P_2 の位置) が一番大きく振動する。

Br.No.1 と Br.No.2 を表-4 の応答の最大値で比較すると、橋脚の梁中央部など一部を除き、Br.No.1 の応答が Br.No.2 の応答よりも大きくなっている。また、Br.No.1, Br.No.2 を振動レベルの大きさに比較するために、表-6 の振動の二乗平均値で比較する。全般に Br.No.1 の方が振動が大きくなっており、特に桁の中央部 ($C_1 Z, C_3 Z$) と橋脚天端の Y, Z 方向 ($P_1 Y \sim P_3 Y, P_1 Z, P_3 Z$) の振動に大きな差が生じていて、橋脚形式の違いによる影響がはっきりと出ている。表-4 から、最大加速

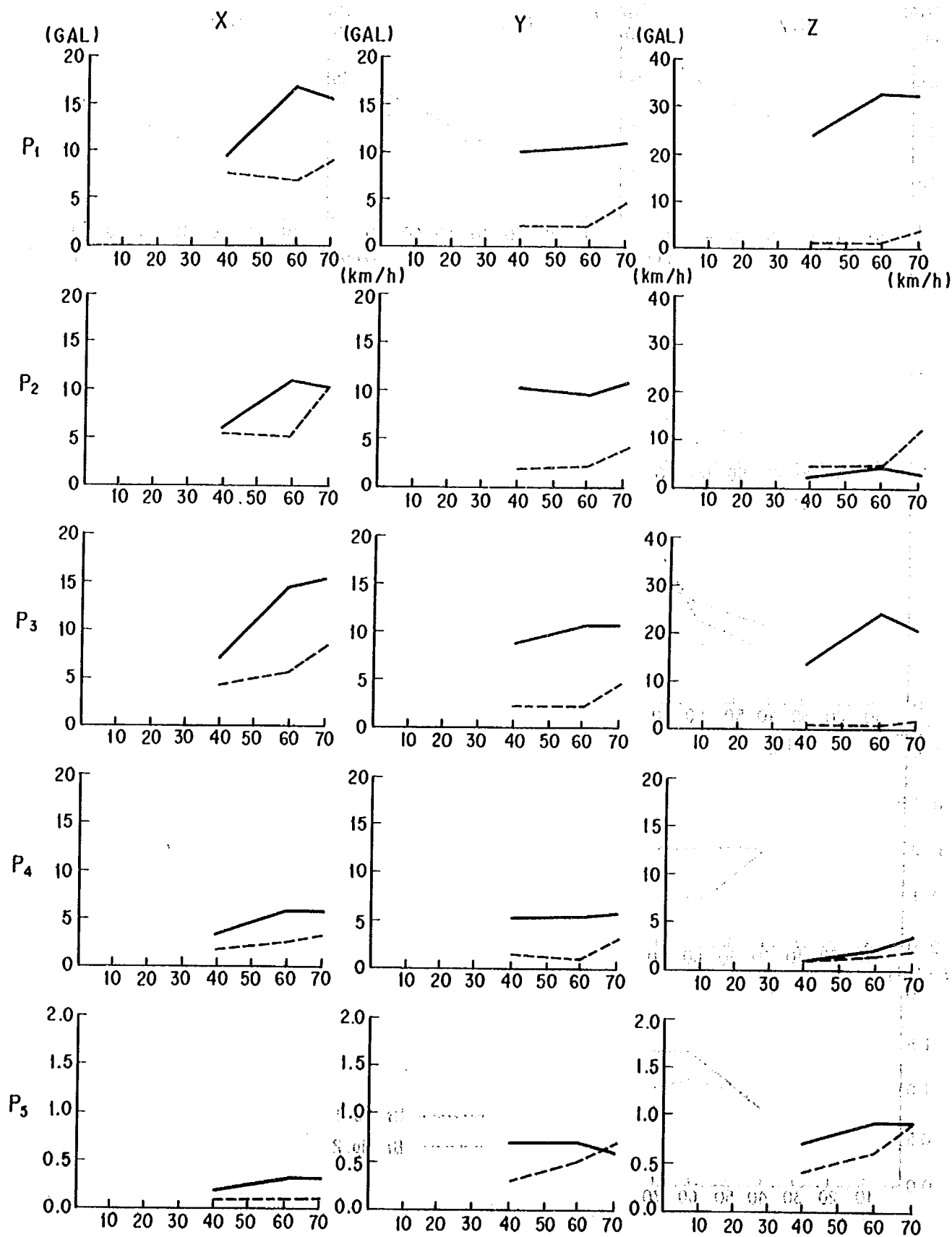


図-10 走行速度が振動応答に及ぼす影響(1)

— Br. No. 1
- - - Br. No. 2

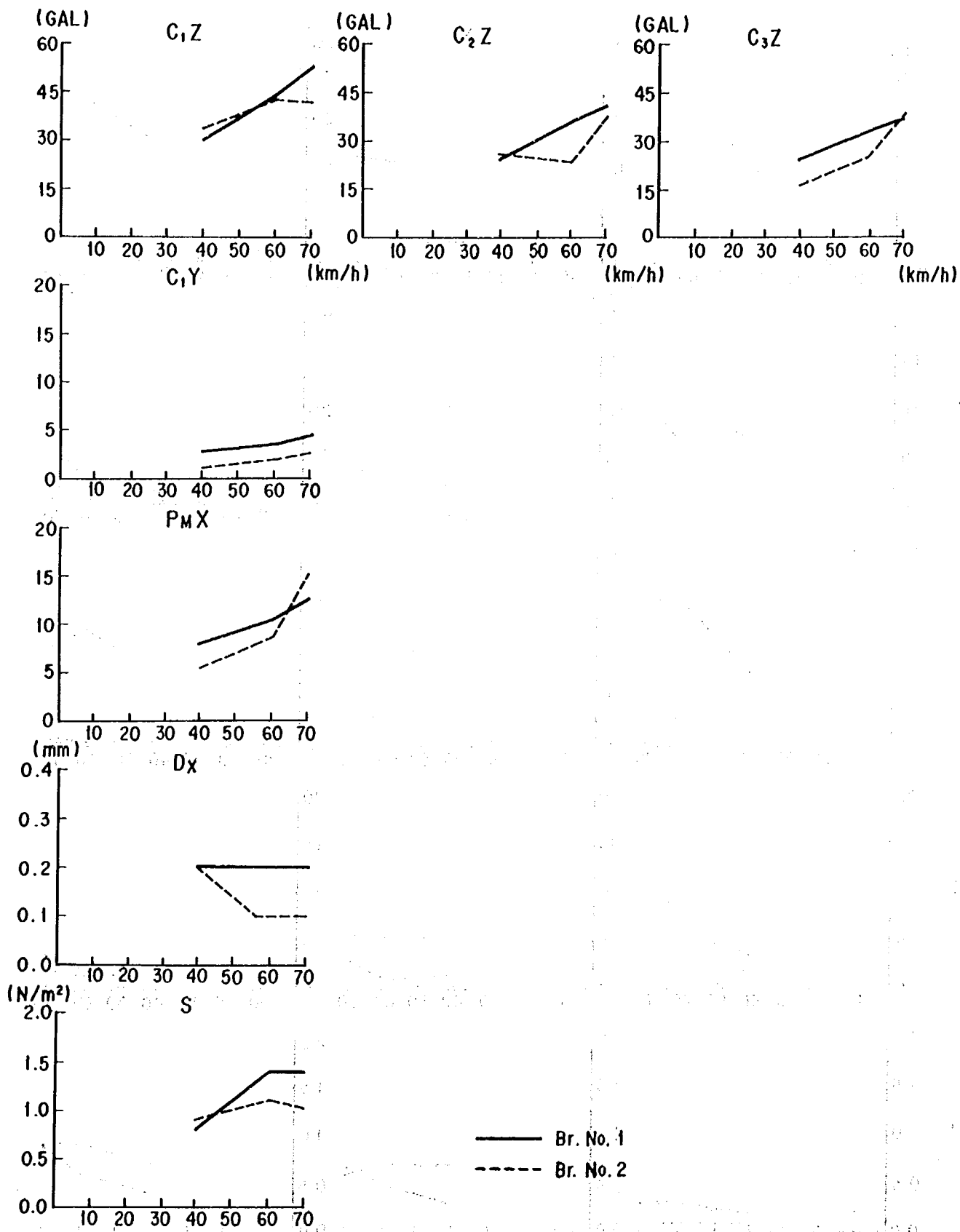
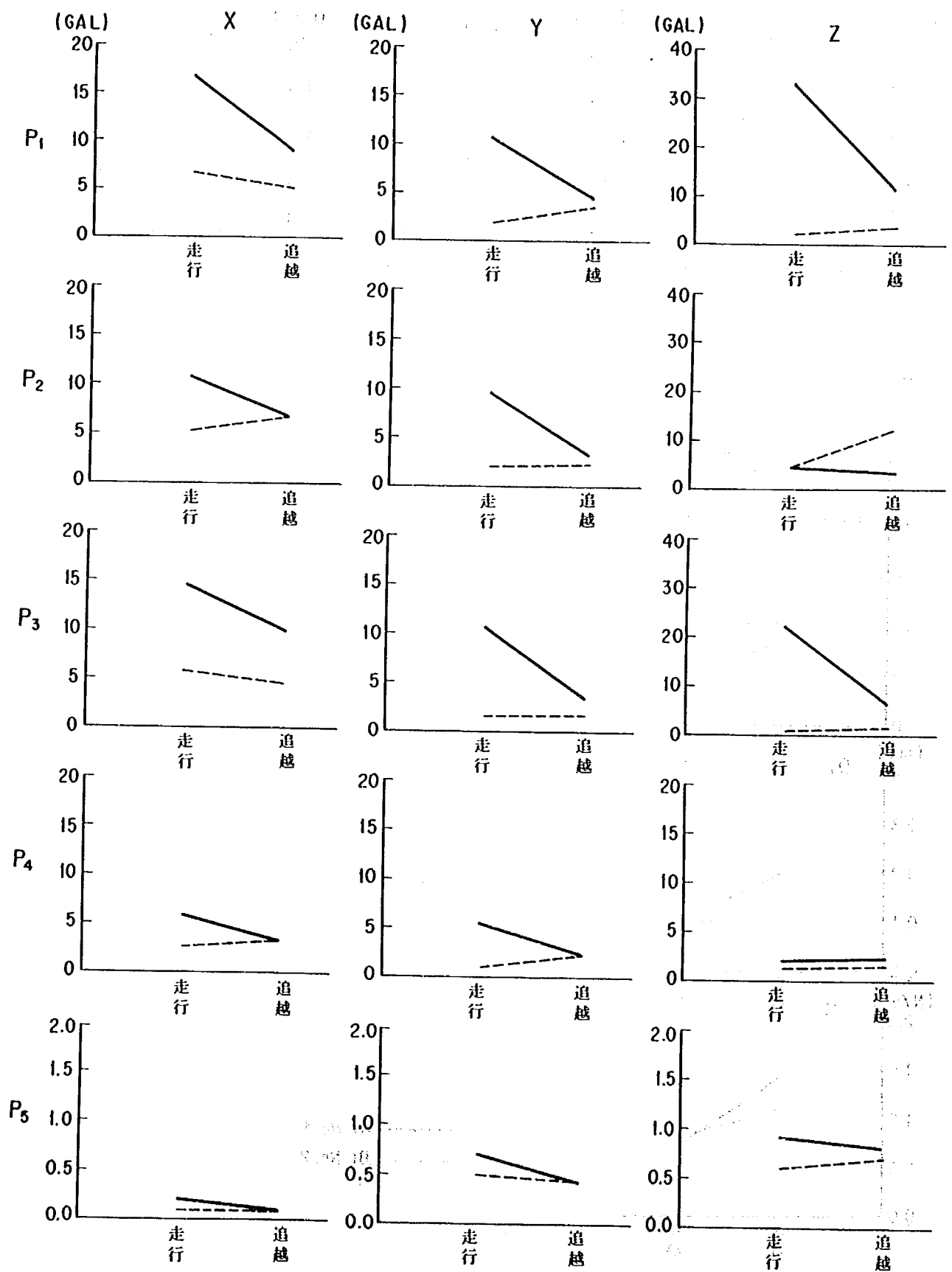


図-10 走行速度が振動応答に及ぼす影響(2)

(単位: N/m^2 , N/m , N/m^2 , N/m^2 , N/m^2 , N/m^2 , N/m^2)



(S) 走行車線が振動応答に及ぼす影響(1)

図-11 走行車線が振動応答に及ぼす影響(1)

— Br. No. 1
- - - Br. No. 2

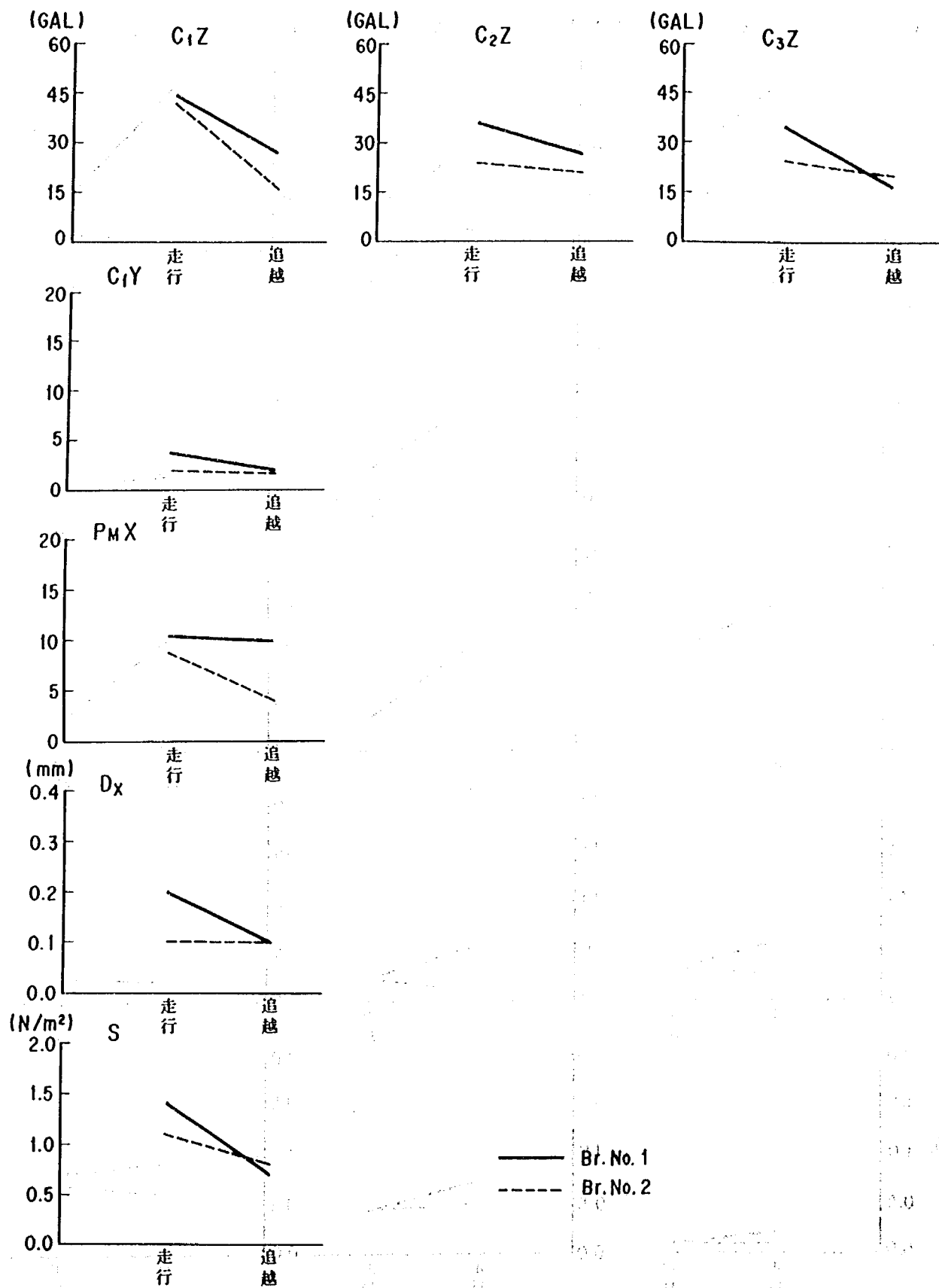


図-11 走行車線が振動応答に及ぼす影響(2)

(注) 図中の数値は、各橋の固有振動数から算出されたものである。

度では違いが少なかった地盤上においても両者の違いは、(Br.No.2 の振動加速度の二乗平均値 / Br.No.1 の振動加速度の二乗平均値) が X 方向で 0.50, Y 方向で 0.17, Z 方向で 0.29 とかなり大きく、門型ラーメン橋脚が交通振動防止対策の観点から優れていることが認められる。

2.5 構造的対策の検討

現在、高架道路の交通振動の高架橋に対する構造的対策としては、次のようなものが考えられている。

1. 路面：平滑化
2. 伸縮装置：段差除去，ノージョイント化
3. 上部構造：主桁剛性増，分配横桁剛性増，連続化，短スパン化，吸振器・減衰器設置⁷⁾
4. 下部構造：橋脚柱剛性増（壁式化，ラーメン），フーチング重量増，基礎支持剛度増
5. 地盤：土かぶり，地盤改良（フーチング周辺），防振溝設置

ここでは、今回の振動実測より得られた結果の範囲で構造的対策の検討を行うことにする。

表-6 橋脚形式が振動加速度二乗平均値に及ぼす影響

調査項目			Br.No.1	Br.No.2
加 速 度 (gal ²)	P ₁	X	6	1.2
		Y	3.5	0.2
		Z	10	0.5
	P ₂	X	2.5	1.4
		Y	3	0.2
		Z	1	0.65
	P ₃	X	3	2
		Y	2.7	1.9
		Z	8	0.1
	P ₄	X	3.4	0.2
		Y	2.2	0.02
		Z	0.7	0.015
	P ₅	X	0.001	0.0005
		Y	0.012	0.002
		Z	0.014	0.004
音 圧 (PA ²)	C ₁	Y	0.4	0.06
		Z	120	68
	C ₂	Z	50	50
	C ₃	Z	70	30
音 圧 (PA ²)	P _M	X	2.0	3.0
	S		0.04	0.02

2.5.1 主桁の剛性，横分配効果

主桁の鉛直たわみ振動は橋脚，地盤に伝播しており，桁の振動加速度が小さい場合は，橋脚，地盤上でも振動加速度は小さくなっている。従って主桁の剛性増は，これにより桁の鉛直たわみ振動を低減できるので振動対策として有効であると考えられる。また荷重分配横桁の剛性増は，主桁のたわみ振動を平均化し，小さくする他，T型橋脚に見られる桁，橋脚の橋軸直角方向の振動を小さくすることができる。

2.5.2 橋脚の形式

Br.No.1 (T型橋脚) と Br.No.2 (門型ラーメン橋脚) の振動データの比較により，門型ラーメン橋脚がT型橋脚よりも振動軽減対策上有利である。

2.5.3 伸縮装置部

橋脚，地盤の振動加速度の最大値は試験車が伸縮装置部を通過する時に生じている。従って伸縮装置部の段差除去やノージョイント化は発生する振動の最大値をかなり低減する可能性がある。一方，振動レベ

ルから見ると、伸縮装置部から生じる高い振動数成分は橋脚から地盤に伝播する際に低周波成分より減衰の度合いが大きいため、低周波成分の振動を抑さえない限り、振動レベル軽減対策としての効果はそれ程大きくならない可能性がある。

2.6 ま と め

今回の高架橋交通振動実測調査により明らかとなった事項を以下にまとめる。

- (1) 高架橋の交通振動は、車両が桁上を通過するときに発生する3.5～4 Hz程度の桁の鉛直たわみ振動に起因する低周波成分と伸縮装置部通過時に発生する10～40 Hzの比較的高い周波数成分とからなる。
- (2) 橋脚では、鉛直振動の他、桁の鉛直振動によって橋軸面内での曲げ振動と橋軸直角面内での曲げ振動が発生する。T型橋脚は門型ラーメン橋脚と比較して橋軸直角面内の曲げ振動が顕著に現れる。
- (3) 地盤上では、桁、橋脚の振動および地盤固有の振動特性による種々の周波数成分から成る振動が観測されたが、最も卓越するのは4 Hz程度の低い周波数の振動であった。
- (4) 高架橋各部、地盤の振動加速度は車両の走行速度が大きくなると増大した。また走行車線の影響は、T型橋脚では走行車線走行時の振動が追越車線走行時の振動と比べてかなり大きくなったが、門型ラーメン橋脚では走行車線の影響は小さい。
- (5) 門型ラーメン橋脚は橋軸直角面内の剛性が大きく、活荷重による偏心モーメントも受けにくい構造であり、防振対策上T型橋脚よりも有利な構造である。
- (6) 主桁、荷重分配横桁の剛度増、伸縮装置部の段差除去、ノージョイント化は振動軽減対策となり得る。これらの効果の定量化は今後の課題となろう。
- (7) 今回、検討対象としなかったが、桁の連続化は主桁の剛度増・質量増、伸縮装置の除去という観点から振動軽減対策としての効果が期待できる。今後、同様な走行試験を連続桁高架橋上で行い、効果検証を行う予定である。

謝 辞

本調査を実施するにあたり、阪神高速道路公団保全施設部保全技術課の関係各位から多大な協力を得ました。ここに記して、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 横山, 佐藤, 藤城; 交通振動に関する試験調査報告書〔IX-1985〕, 土木研究所資料第2263号, 昭和60年10月.
- 2) 建設省道路局企画課, 建設省土木研究所; 道路交通振動の対策に関する研究, 第33回建設省技術研究会, 昭和55年11月.
- 3) 建設省所管道路事業環境影響評価技術指針, 昭和60年9月.
- 4) 阪神高速道路公団; 道路交通振動調査研究検討会報告書, 昭和58年度, 阪神高速道路管理技術センター, 昭和59年3月.
- 5) 日本橋梁建設協会; 高架道路橋の交通振動問題とその対策, 振動研究委員会報告(その1), 昭和60年3月.
- 6) 阪神高速道路公団, ㈱奥村組技術研究所; 高架橋脚および地盤の模型振動実験業務報告書, 阪神高速道路公団, 昭和59年3月.
- 7) 矢作, 吉田; 高架橋における交通振動のアクティブコントロール, 土木学会論文集, 第356号/1-3, 1985年4月.

高架橋交通振動実測調
査報告書

ISSN0386-5878
土木研究所資料第2428号
昭和62年1月(1987年)

高架道路の交通振動特性を把握し、構造面からの振動軽減対策を検討するために高架橋交通振動実測調査を行った。橋脚形式の異なる2橋梁で調査を行った結果、防振対策上は門型ラーメン橋脚がT型橋脚よりも有利であることが明らかとなった。

キーワード：高架橋, T型橋脚, 門型ラーメン橋脚, 振動軽減対策



