

146
ISSN0386—5878
土 研 資 料 第2088号

土 木 研 究 所 資 料

建設機械の振動対策に関する調査試験 (第 3 報)

—ブルドーザの振動発生機構—

昭和 59 年 3 月

建設省土木研究所
機 械 研 究 室

Copyright © 1984 fiscal year by P.W.R.I.

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

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

まえがき

一般に、ブルドーザ、トラクタショベル、スクレーパなどの塔乗式建設機械のオペレータは、機械の構造および作業の性質上、比較的大きな振動にさらされていることが予想される。

従来より、乗用車、船舶、航空機、林業機械の分野においては、発生する振動の実態、あるいは振動発生メカニズムに関する研究が比較的進んでおり、種々の振動対策も図られてきた。

それに対し、建設機械に関しては、従来施工能力向上に関する研究例が多かったが、最近になり工事の安全施工等の理由から振動対策に関する研究の重要性が認識され、研究実施例が増加しつつあるのが現状である。

本調査は、振動対策の検討に資することを目的として、ブルドーザの各振動発生源の運転席振動への寄与度を統計的に解析したものである。

昭和59年3月

機械研究室

室長 伊藤 豪 誠
(現 関東地方建設局 機械課長)

研究員 境 友 昭
研究員 多 田 和 弘
豊 田 実

目 次

まえがき	
1. 概 要	1
2. ブルドーザの振動発生要因	2
2.1 座席振動の発生源となり得る要因	2
2.2 各要因毎の振動発生メカニズム	3
3. 振動寄与量解析の理論	4
3.1 振動発生のシステムモデル	4
3.2 振動の寄与量	5
4. 実験方法	7
4.1 実験対象車両	7
4.2 測定項目及び測定箇所	7
4.3 測定計器	10
4.4 実験条件	12
4.5 走行路面	12
5. 実験結果	13
5.1 パワースペクトル密度	13
5.2 振動寄与率	38
6. 考 察	39
6.1 各部の振動の性状	39
6.2 座席振動に対する各部の寄与率	40
6.3 振動対策方法	41
あ と が き	42
参 考 文 献	43
参 考 資 料	45

1. 概 要

本調査は、昭和55年度スタートした、建設機械整備費による「建設機械の振動対策に関する調査試験」の一環として、ブルドーザの振動発生メカニズムの解明を試み、振動対策の提案に資することとしたものである。

本調査では、16t級ブルドーザを対象として、まず走行時の振動発生要因の机上検討を行ない、それをもとに、実機を用いて、走行時の足まわり及び座席取付部等の振動加速度を測定し、各部の振動の性状を明らかにすると共に、偏関速度関数による方法で、座席取付部に対する各振動発生源の振動寄与率の解析を試みた。

ここで、「建設機械の振動対策に関する調査試験」の全体計画を図-1.1に示す。

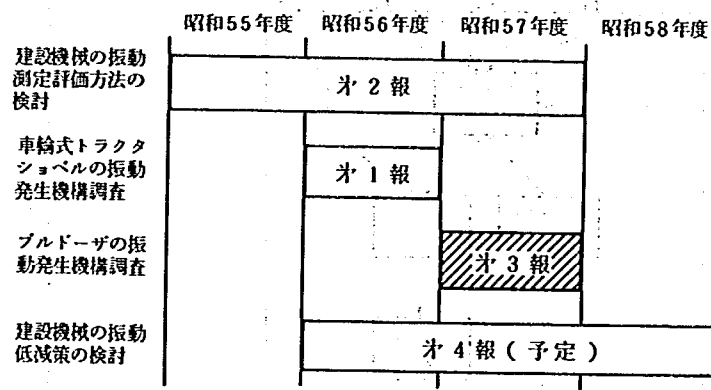


図-1.1 建設機械の振動対策に関する調査試験フロー

2. ブルドーザの振動発生要因

2.1 座席振動の発生源となり得る要因

振動寄与率解析を行なうに先立ち、振動の発生源と考え得る要因の机上検討を実施した。後述の寄与率解析では、ここで検討した要因からの運転席振動への寄与率を統計的に算出することとなる。

図-2.1はブルドーザの各部の振動が座席まで伝達する経路をモデル化したものである。

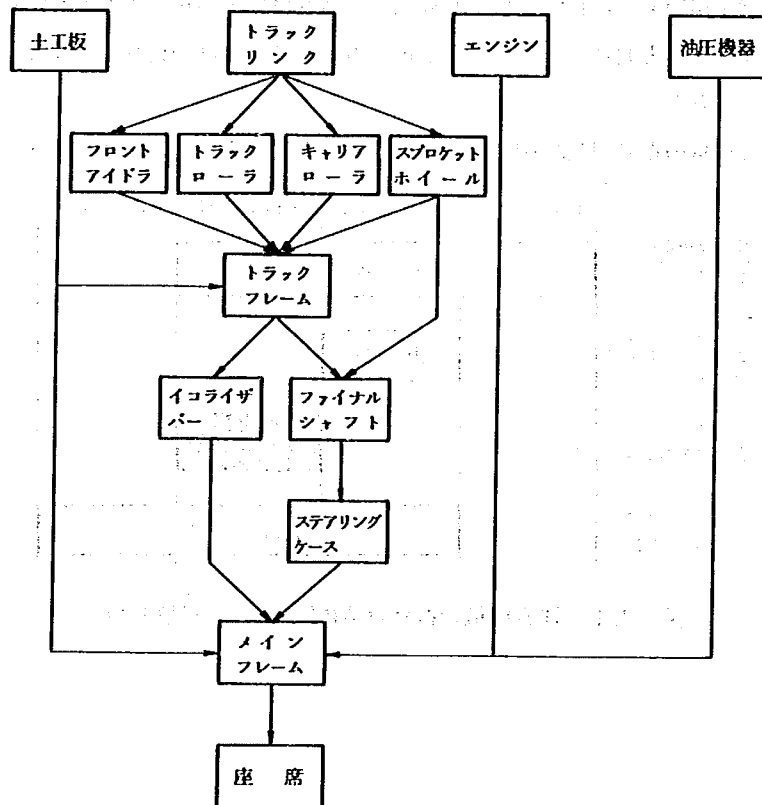


図-2.1 ブルドーザの座席振動の伝達経路

ここで、走行時の振動の発生源としては、

- (1) トラックローラがトラックリンク上を通過する際の上下運動
- (2) トラックリンクによるアイドラあるいはスプロケットの打撃
- (3) キャリアローラによるトラックリンクの屈曲で生じる履帯の上下運動
- (4) 土工板が油圧シリンダによりバネ支持されていることによる振動

が考えられる。これらが、図-2.1の経路を通り、座席に伝達されるものと考えたこととした。

2.2 各要因毎の振動発生メカニズム

(1) トラックローラがトラックリンク上を通過する際の上下運動

トラックローラの下にある履帯は、履板1枚を考えると、地面からの支持力は主としてグロースが受けているため、ローラがリンク上を通過する時に、リンクはグロース先端付近を中心とする回転運動を起こす。すなわち、トラックローラは上下運動を起こす(図-2.2)。これによる振動の周波数は、1つのトラックローラがトラックリンクを通過する時間の逆数であるから、リンクピッチを l (m)、走行速度を v (m/s)とすると、

$$f = \frac{v}{l} \quad \dots\dots (式-2.1)$$

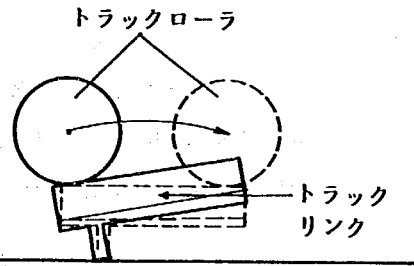


図-2.2 トラックローラとトラックリンクの関係

で表わされる。

(2) トラックリンクによるアイドラあるいはスプロケットの打撃

トラックリンクは、アイドラ(あるいはスプロケット)に巻込まれる時、すでに巻込まれている前のリンクによって、一度、アイドラ上端の水平方向の接線より上方に持ち上げられてから、アイドラに接触する(図-2.3)。この時、打撃することになる。この場合の周波数も、(1)と同じである。

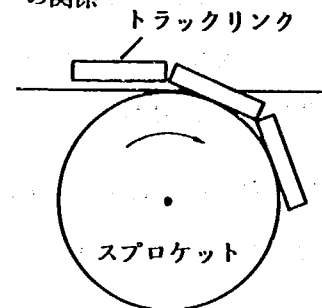


図-2.3 スプロケットとトラックリンクの関係

(3) キャリアローラによるトラックリンクの屈曲で生じる履帯の上下運動

トラックリンクがキャリアローラ上を通過する時、(2)で述べた理由から、リンクには上下方向の運動が与えられる。これが、上部の履帯を振動させる。

(4) 土工板が油圧シリンダによりバネ支持されていることによる振動

土工板は、プッシュビーム及びリフトシリンダによって支持されているが、これは、図-2.4のような振動系を構成する。したがって、トラックフレームまたはメインフレームにより励振された土工板は、固有振動数で振動し、逆に、その振動をトラックフレーム及びメインフレーム側に伝える。

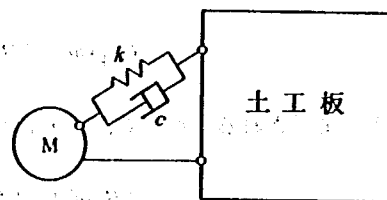


図-2.4 土工板の振動系

3. 振動寄与量解析の理論

3.1 振動発生システムのモデル

前章の2.1で考えたブルドーザの振動発生要因の各部の振動が、互いに線形関係にあり、しかも、座席取付部の振動とも相互に線形関係にある場合、図-3.1に示す多入力1出力の線形系を仮定することができる。図において、 x_i は各振動発生要因の振動、 y は座席取付部の振動、 h_i は応答関数を示す。Wiener-Khintchine の関係式を用いて、入出力信号を時間軸から周波数軸に変換すると、振動発生要因 i から発生する振動のパワースペクトル密度関数 $G_{iy}(\omega)$ は、

$$G_{iy}(\omega) = \sum_{j=1}^N H_{iy}(\omega) \cdot H_{ij}(\omega) \cdot G_{jj}(\omega) \cdot H_{iy}^*(\omega) \dots\dots\dots (式-3.1)$$

として示される。 $H(\omega)$ は周波数応答関数(添字は入出力の信号を示す)、 $G_{jj}(\omega)$ は入力信号 x_j のパワースペクトル密度関数、また、 $*$ は共役複素数を意味する。

ここで、入力 x_i, x_j のクロススペクトル密度関数 $G_{ij}(\omega)$ が、

$$G_{ij}(\omega) = H_{ij}(\omega) \cdot G_{jj}(\omega) \dots\dots\dots (式-3.2)$$

であることから、式-3.1は

$$G_{iy}(\omega) = H_{iy}(\omega) \cdot \sum_{j=1}^N G_{ij}(\omega) \cdot H_{iy}^*(\omega) \dots\dots\dots (式-3.3)$$

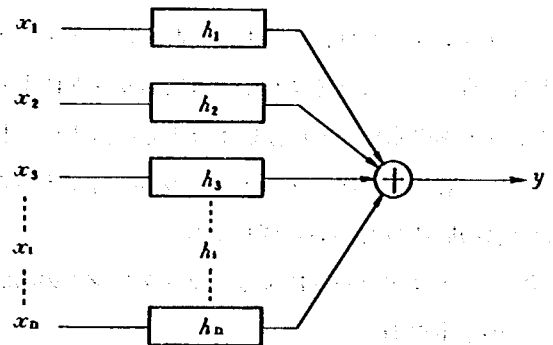


図-3.1 振動発生機構のモデル

となる。また、図-3.1の系における出力信号のパワースペクトル密度関数は $G_{yy}(\omega) =$

$\sum_{i=1}^N G_{iy}(\omega)$ であるから、

$$G_{yy}(\omega) = [H(\omega)] \cdot [G_{xx}(\omega)] \cdot [H^*(\omega)]^T \dots\dots\dots (式-3.4)$$

として示される。ここで、ベクトル $[H(\omega)]$ は、系の周波数応答関数を示し、

$$[H(\omega)] = [H_1(\omega) H_2(\omega) H_3(\omega) \dots\dots H_n(\omega)] \dots\dots\dots (式-3.5)$$

であり、また、ベクトル $[G_{xx}(\omega)]$ は、系の入力のパワースペクトル密度関数を示すもので、

$$[G_{xx}(\omega)] = \begin{bmatrix} G_{11}(\omega) & G_{12}(\omega) & G_{13}(\omega) & \dots\dots\dots & G_{1n}(\omega) \\ G_{21}(\omega) & G_{22}(\omega) & G_{23}(\omega) & \dots\dots\dots & G_{2n}(\omega) \\ G_{31}(\omega) & G_{32}(\omega) & G_{33}(\omega) & \dots\dots\dots & G_{3n}(\omega) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1}(\omega) & G_{n2}(\omega) & G_{n3}(\omega) & \dots\dots\dots & G_{nn}(\omega) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (式-3.6)$$

$$\begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1}(\omega) & G_{n2}(\omega) & G_{n3}(\omega) & \cdots & G_{nn}(\omega) \end{bmatrix}$$

である。また T は転置行列を意味する。式-3.6において、行列ベクトルの要素 $G_{ij}(\omega)$, ($i, j = 1, 2, 3, \dots, n$) は、 $i = j$ の時、系の個々の入力のパワースペクトル密度関数、 $i \neq j$ の時、入力 i , j のクロススペクトル密度関数を示し、定義により、 $G_{ij}(\omega) = G_{ji}^*(\omega)$ である。さらに、式-3.2の関係から、系の入力と出力のクロススペクトル密度関数のベクトル

$$[G_{yz}(\omega)] = [G_{y1}(\omega) \ G_{y2}(\omega) \ G_{y3}(\omega) \ \cdots \ G_{yn}(\omega)] \cdots \cdots \quad (\text{式-3.7})$$

は、

$$[G_{yz}(\omega)] = [H(\omega)] \cdot [G_{xz}(\omega)] \cdots \cdots \quad (\text{式-3.8})$$

となり、これより、系の周波数応答関数は、

$$[H(\omega)] = [G_{yz}(\omega)] \cdot [G_{xz}(\omega)]^{-1} \cdots \cdots \quad (\text{式-3.9})$$

として得られる。

3.2 振動の寄与量

関連度関数 $\gamma_i^2(\omega)$ は、定義により

$$\gamma_i^2(\omega) = \frac{|G_{iy}(\omega)|^2}{G_{ii}(\omega) \cdot G_{yy}(\omega)} \cdots \cdots \quad (\text{式-3.10})$$

として示され、着目する2信号間の線形結合性の強さを示すものである。今、着目した振動発生源以外の振動を系の雑音とみなすことができる場合、系の入力のパワースペクトル密度関数ベクトル $[G_{xz}(\omega)]$ に含まれるクロススペクトルの要素は0と考えて良いので、系の出力のパワースペクトル密度関数 $G_{yy}(\omega)$ は、

$$G_{yy}(\omega) = \sum_{j=1}^N |H_j(\omega)|^2 \cdot G_{jj}(\omega) \cdots \cdots \quad (\text{式-3.11})$$

となる。また、 $G_{iy}(\omega) = H_i(\omega) \cdot G_{ii}(\omega)$ だから、式-3.10は、

$$\gamma_i^2(\omega) = \frac{|H_i(\omega)|^2 \cdot G_{ii}(\omega)}{\sum_{j=1}^N |H_j(\omega)|^2 \cdot G_{jj}(\omega)} \cdots \cdots \quad (\text{式-3.12})$$

となり、 $\gamma_i^2(\omega)$ は、振動発生要因 i の発生振動に対する偏関連度関数を示すものである。これより個々の振動要因の寄与量は、

として求められる。

$$C_i(\omega) = \gamma_i^2(\omega) \cdot G_{yy}(\omega) \dots\dots\dots (式-3.13)$$

4. 実験方法

4.1 実験対象車両

実験の対象としたブルドーザは、リップ付のストレートドーザで、その諸元を表-4.1に示す。

表-4.1 実験対象ブルドーザの諸元

全 装 備 質 量		15950 kg (リップ3本付)
全 長		5880 mm
全 幅		3210 mm
全 高		3105 mm (排気管上端まで)
履 帯 中 心 距 離		1880 mm
接 地 長		2370 mm
履 帯 板	形 状	組立式シングルグロース
	枚 数	36枚 (片側)
	幅	510 mm
	ピ ッ チ	203 mm
	突 起 高 さ	61 mm
接 地 圧		0.66 kgf/cm ²
トラックフレーム懸架方式		半硬式 (イコライザバー ローリングコンタクト式併用)
ローラ個数	キャリア ローラ	2個 (片側)
	トラック ローラ	6個 (片側)
機 関 定 格 出 力		142 PS/1900 rpm
変 速 方 法		トルクコンバータ, パワーシフト
ド ー ザ 装 置 形 式		ストレート

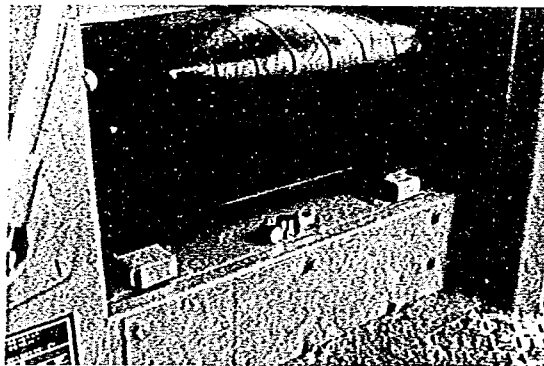
4.2 測定項目及び測定箇所

測定したのは、8箇所、12方向の加速度であり、表-4.2に測定箇所及び測定加速度の方向を示す。

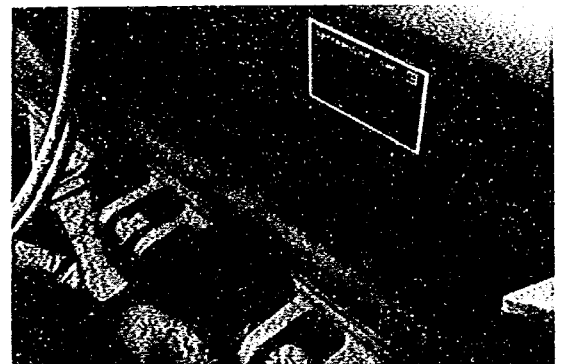
また、加速度ピックアップの取付状況を写真－4.1～4.8に示す。なお、足回りの測点は左右対象なので、すべて右側とした。

表－4.2 加速度の測定箇所及び測定方向

	測 定 個 所	加速度の方向
1	座 席 取 付 部	X
2	"	Y
3	"	Z
4	ス プ ロ ケ ッ ト	X
5	"	Z
6	キャリアローラ(後部)	Z
7	フロントアイドラ	X
8	"	Z
9	土 工 板	Z
10	トラックローラ(前から6番目)	Z
11	" (前から4番目)	Z
12	" (前から1番目)	Z



写真－4.1 座 席 取 付 部



写真－4.2 土 工 板



写真-4.3 キャリアローラ(後部)

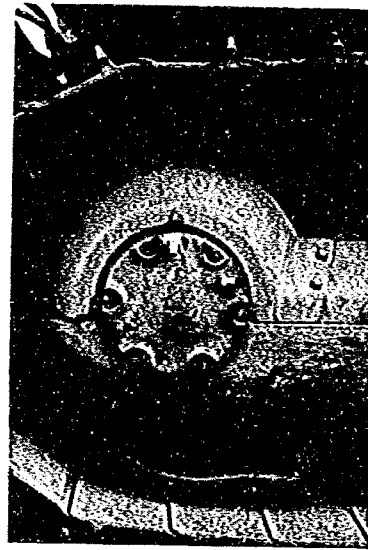


写真-4.4 スプロケット

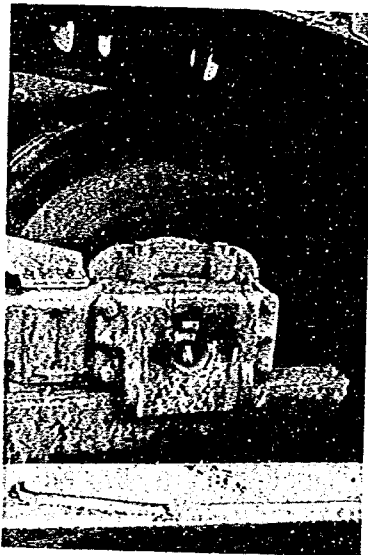


写真-4.5 フロントアイドラ

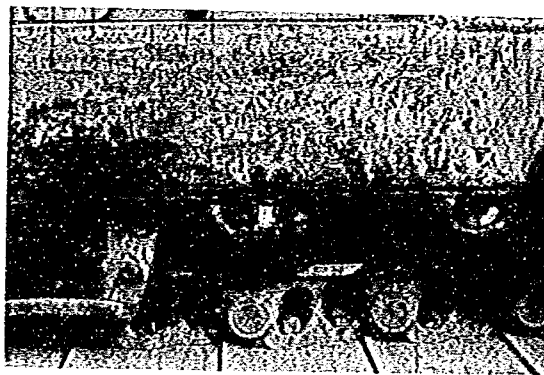
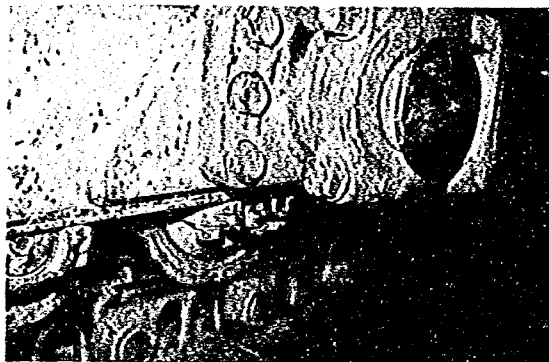
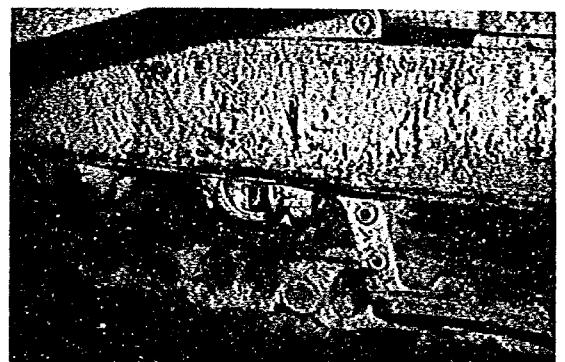


写真4.6 トラックローラ(前から6番目)



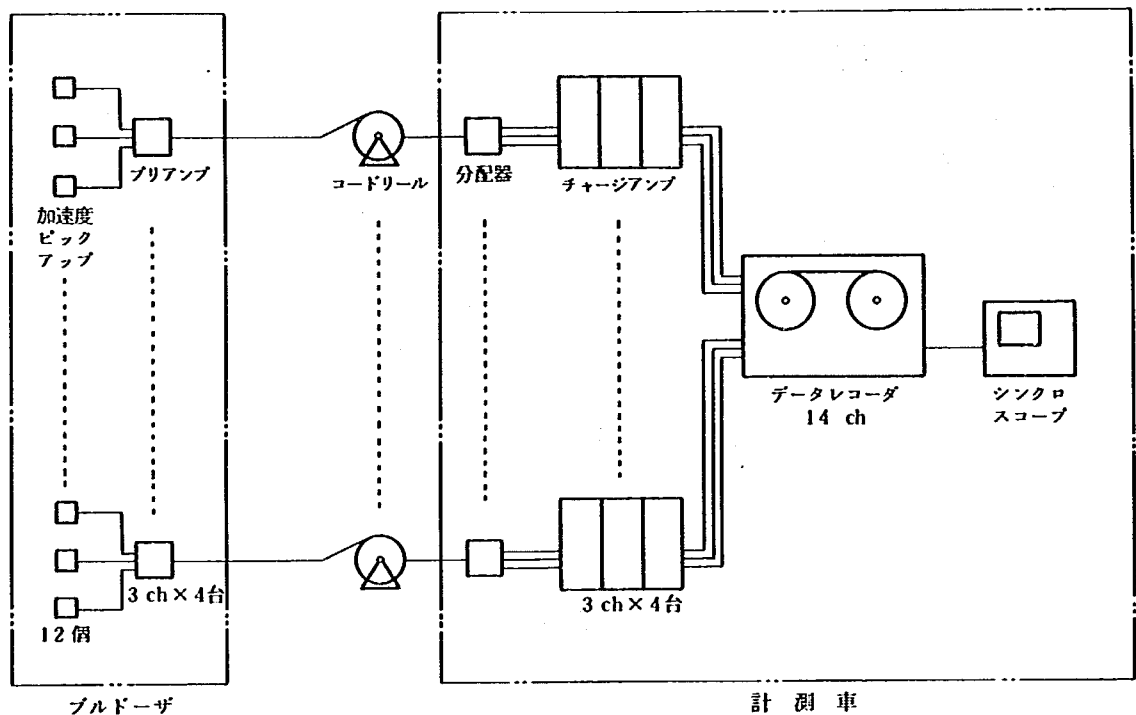
写真－4.7 トラックローラ
 （前から4番目）



写真－4.8 トラックローラ
 （前から1番目）

4.3 測定計器

加速度測定ブロック図を図－4.1に示す。なお、信号は、チャージアンプに内蔵されているローパスフィルタにより、50Hz 以上はカットした。



図－4.1 測定ブロック図

また、各計器の仕様は、表－4.3～4.5に示す通りである。

表-4.3 加速度変換器の仕様

製 造 業 者	リオン㈱
型 式	PV - 84
構 造	せん断形
電圧感度 (mV/G)	160
電荷感度 (pC/G)	190
寸 法 (mm)	25 × 24
重 量 (g)	90

表-4.4 チャージアンプの仕様

製 造 業 者	リオン ㈱
型 式	VM - 27
振動ピックアップ	圧電形加速度ピックアップ
測 定 範 囲	0.01 ~ 3,000 G
振 動 数 範 囲	5 ~ 30 kHz (± 5%)
出 力 校 正	内蔵発振器 (20Hz 正弦波)
電 源	DC 12 V, 約 0.1 A
寸 法 ・ 重 量	約 13 × 5 × 25cm, 約 900 g

表-4.5 データレコーダの仕様

製 造 業 者	ティアック㈱
型 式	R - 280
記録再生方式	FM方式
チャンネル数	14
テープ速度	76.20, 38.10, 19.05, 9.50, 4.75, 2.375 m/s
テープ速度偏差	± 0.2%以下
応答周波数	DC ~ 313 Hz (2.375cm/s) ~ 10 kHz (76.20 cm/s)
S N 比	40dB (2.375 cm/s) ~ 50 dB (76.20 cm/s)
入 力 電 圧	± 1 Vp ~ ± 20 Vp
歪 率	1%以下
電 源	DC 11 ~ 15V
寸 法 , 質 量	497 × 494 × 343 mm, 約 35kg

4.4 実 験 条 件

実験条件は、速度段6条件とエンジン回転数3条件の組合せの12条件とし、表－4.6に示すように条件番号をつける。

表－4.6 実 験 条 件

速度段 エンジン 回転数	前 進			後 進		
	1 速	2 速	3 速	1 速	2 速	3 速
2010 rpm	F1H	F2H	F3H	R1H	R2H	R3H
1600 rpm	—	F2M	F3M	—	R2M	R3M
1200 rpm	—	—	F3L	—	—	R3L

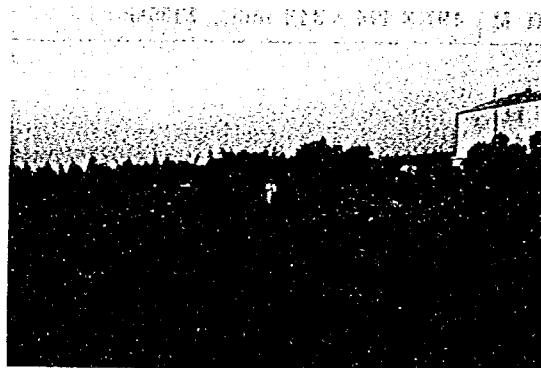
なお、各条件における走行速度の実速値は、表－4.7に示す通りである。

表－4.7 走 行 速 度

速度段 エンジン 回転数	前 進			後 進		
	1 速	2 速	3 速	1 速	2 速	3 速
2010 rpm	1.07	1.83	2.70	1.24	2.09	2.86
1600 rpm	—	1.39	1.90	—	1.55	2.02
1200 rpm	—	—	1.15	—	—	1.22

4.5 走 行 路 面

走行路面は、勾配のない平坦な砂質ローム土の路盤で、測定区間の長さは50 mとし、前後は助走区間とした。写真－4.9に走行路の状況を示す。



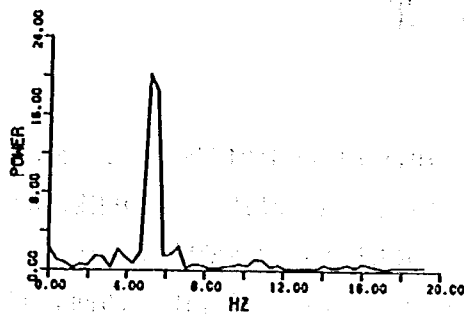
写真－4.9 走 行 路 面

5. 実 験 結 果

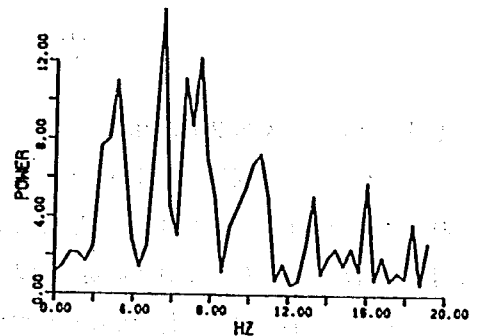
5.1 パワースペクトル密度

データレコーダに収録した各測点の振動加速度のデータを10 ms 間隔で1024 個サンプリングし、それを4 分割して、256 個のデータとし、それぞれをフーリエ変換した後、平均した。この周波数分解能は0.4 Hz であるが、これの最初の50個すなわち20Hz まで取出したデータを解析に使った。

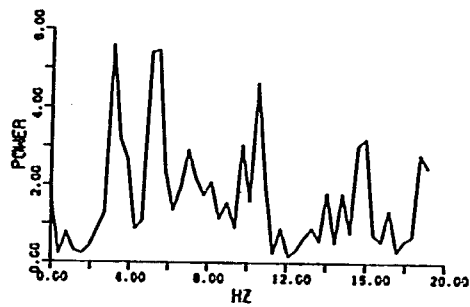
図-5.1～5.12に各条件毎の全測点におけるパワースペクトル密度を示す。各条件とも5回ずつ実験を行なったが、ここに示したものは、それらを平均したものである。



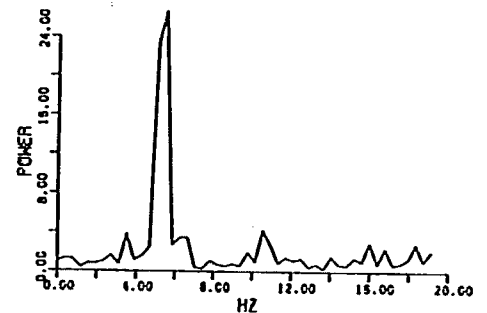
(1) スプロケットX方向



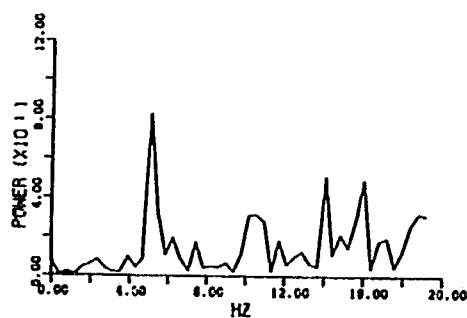
(2) スプロケットZ方向



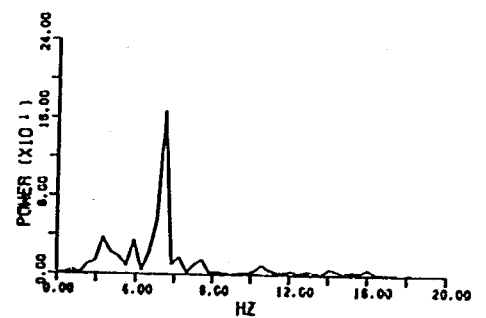
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

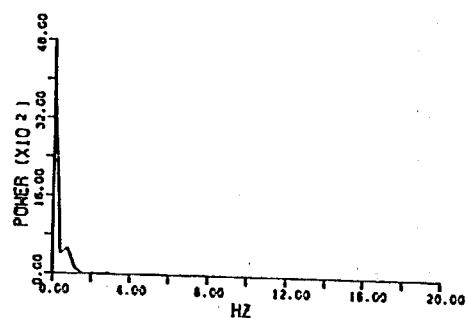
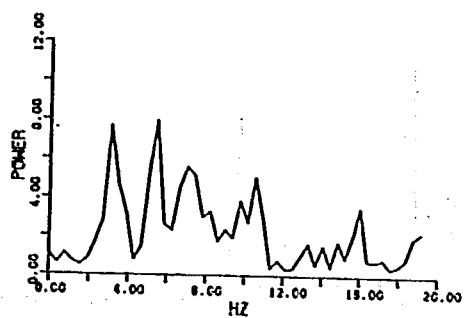


(5) アイドラZ方向

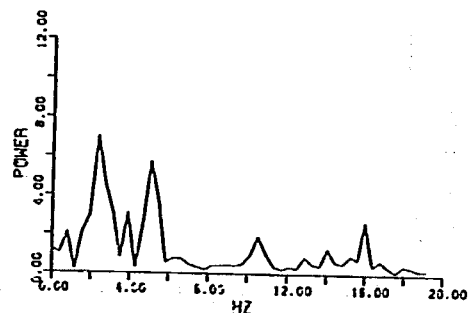
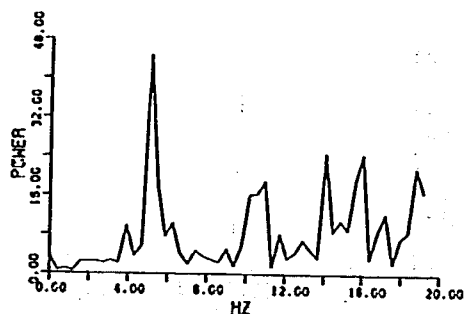


(6) 土工板Z方向

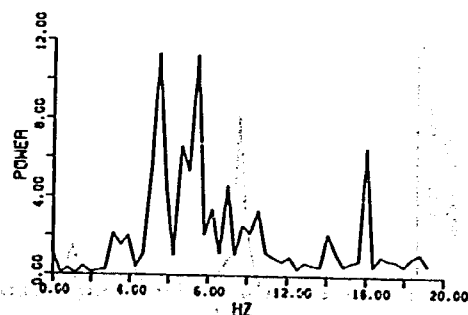
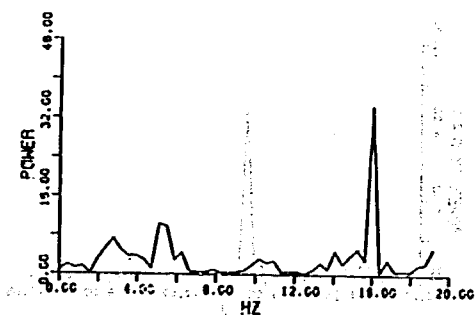
図-5.1の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度 (条件FIH)



(7) トラックローラ(前から6番目)のZ方向 (8) トラックローラ(前から4番目)のZ方向

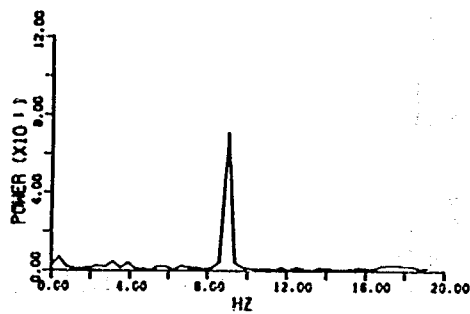


(9) トラックローラ(前から1番目)のZ方向 (10) 座席取付部X方向

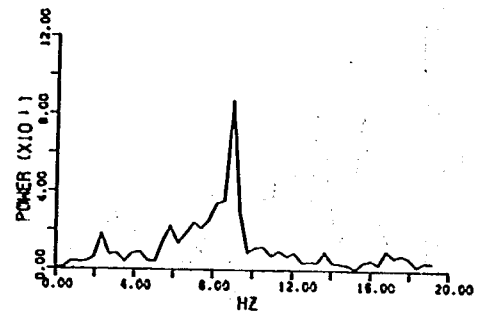


(11) 座席取付部Y方向 (12) 座席取付部Z方向

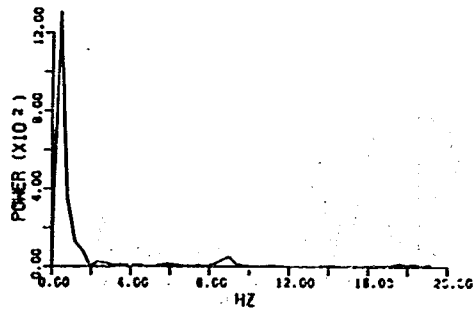
図-5.1の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F1H)



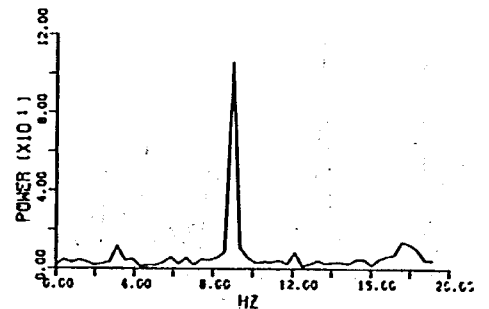
(1) スプロケットX方向



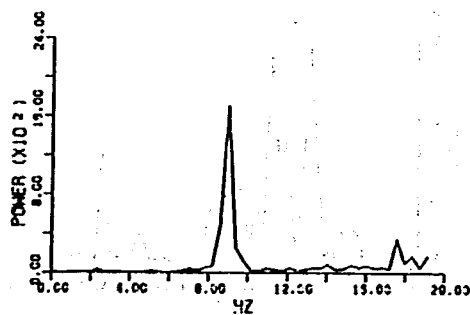
(2) スプロケットZ方向



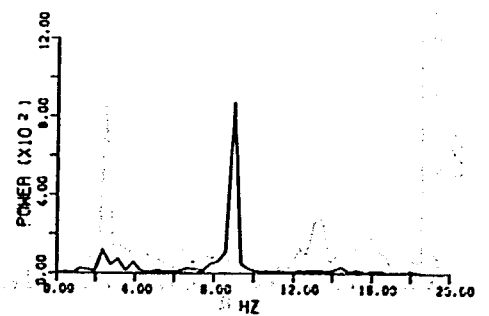
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

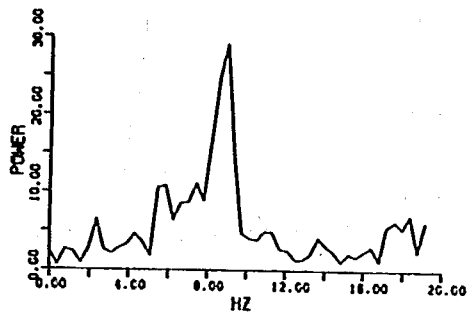


(5) アイドラZ方向

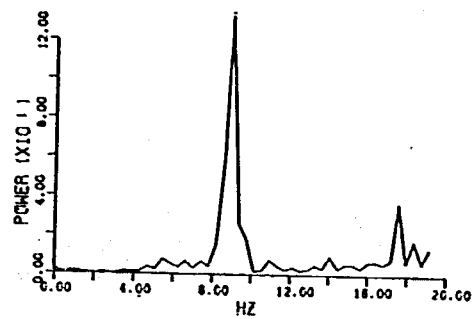


(6) 土工板Z方向

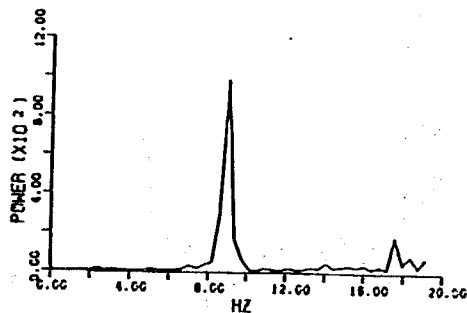
図-5.2の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F2H)



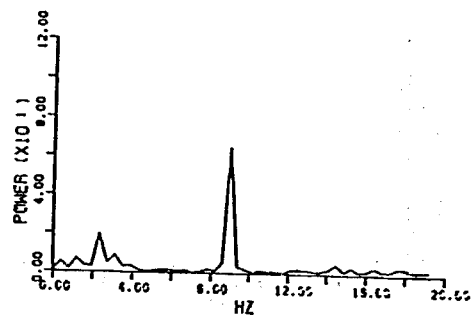
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



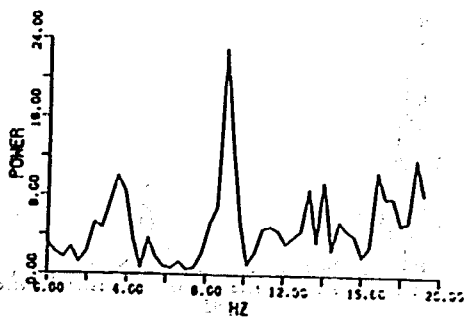
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



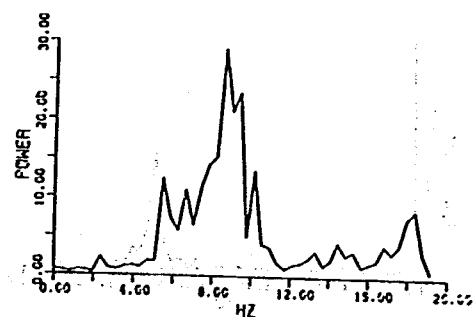
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

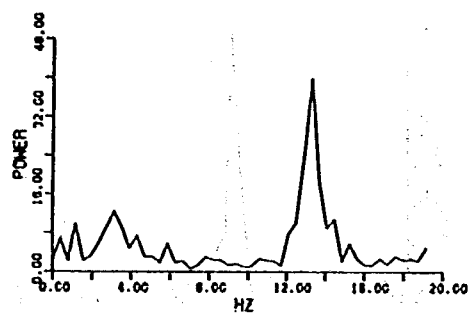


(11) 座席取付部Y方向

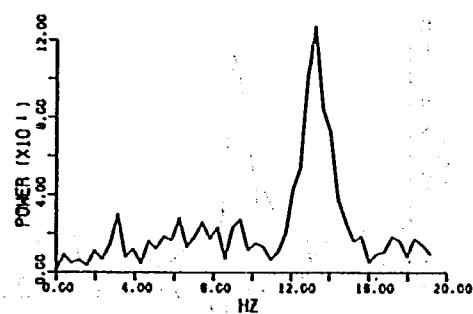


(12) 座席取付部Z方向

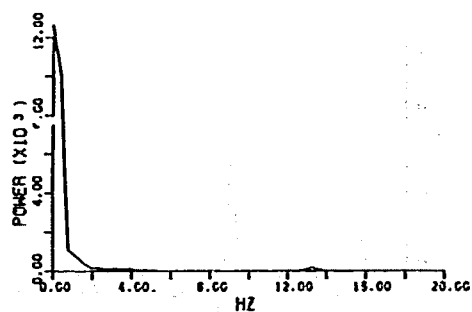
図-5.2の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F2H)



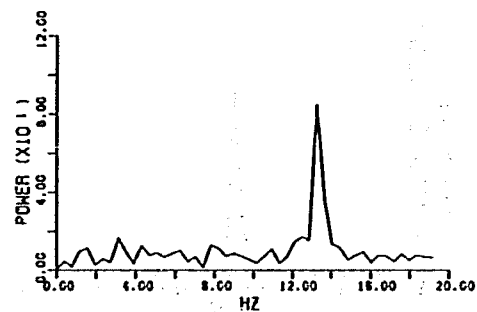
(1) スプロケットX方向



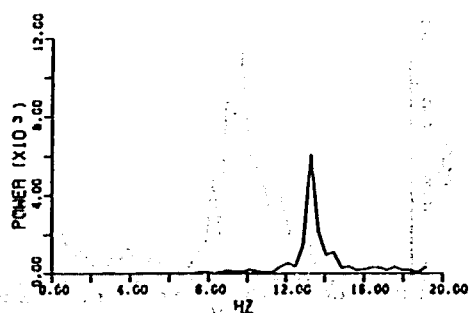
(2) スプロケットZ方向



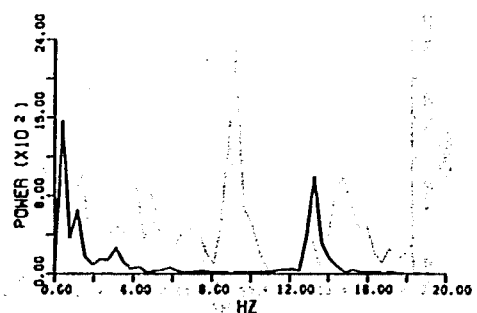
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

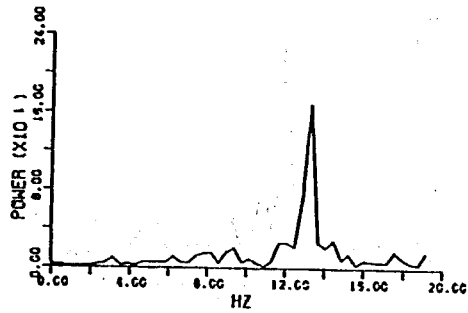


(5) アイドラZ方向

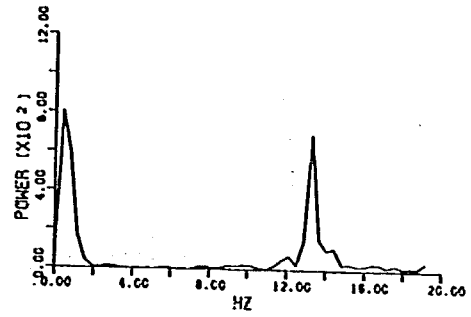


(6) 土工板Z方向

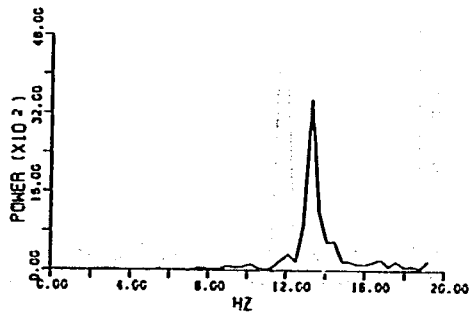
図-5.3の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F3H)



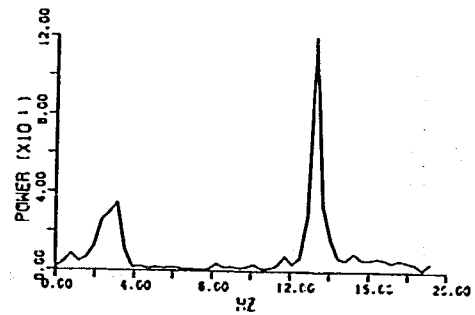
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



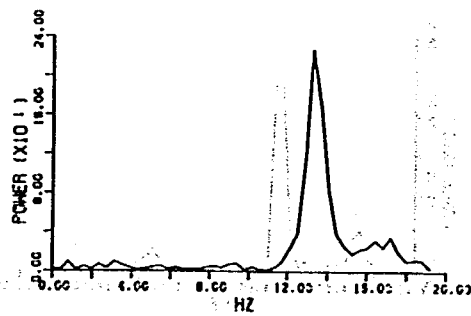
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



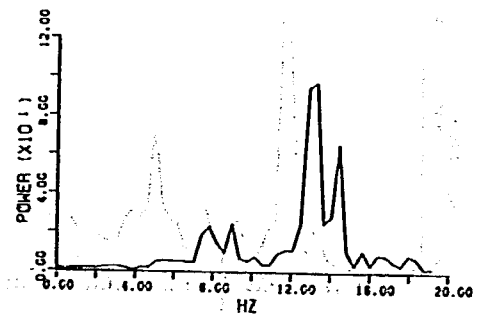
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

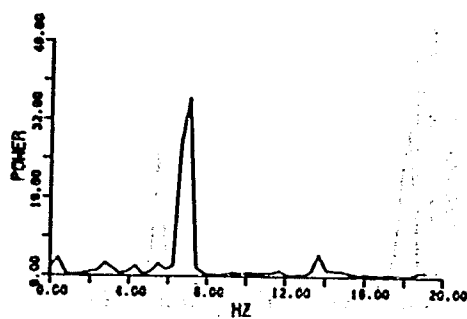


(11) 座席取付部Y方向

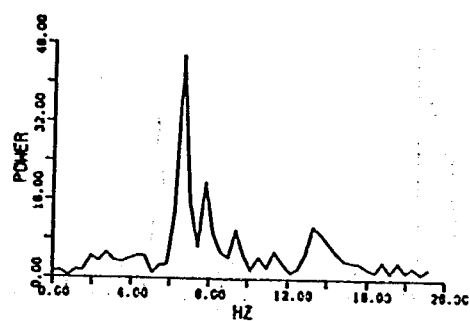


(12) 座席取付部Z方向

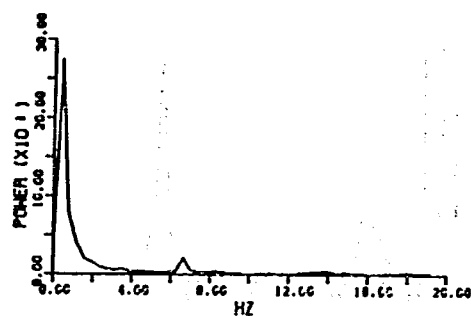
図-5.3の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F3H)



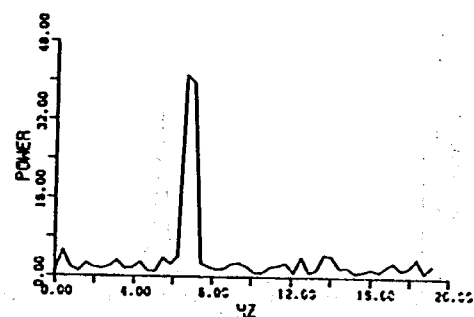
(1) スプロケットX方向



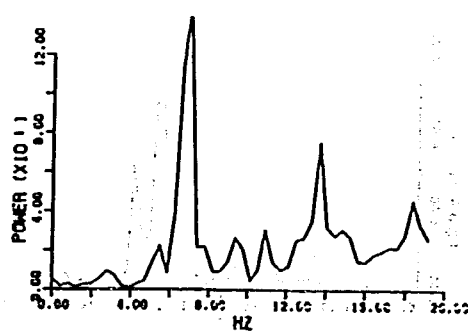
(2) スプロケットZ方向



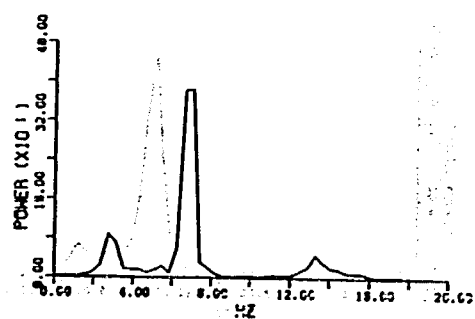
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

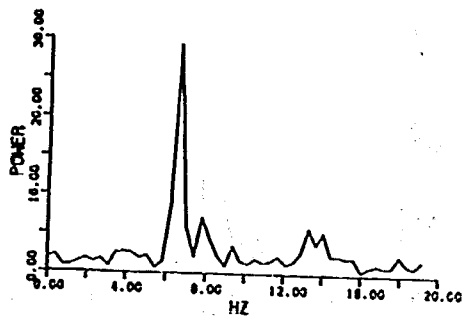


(5) アイドラZ方向

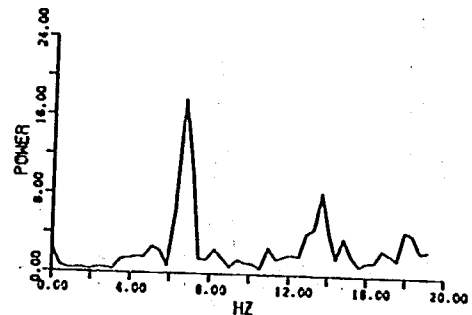


(6) 土工板Z方向

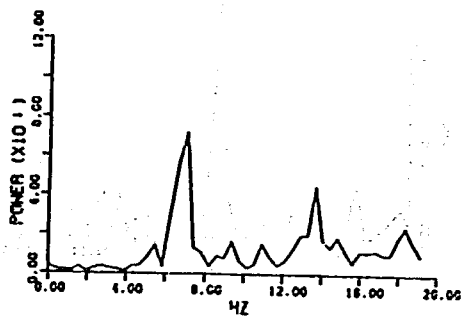
図5.4の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F2M)



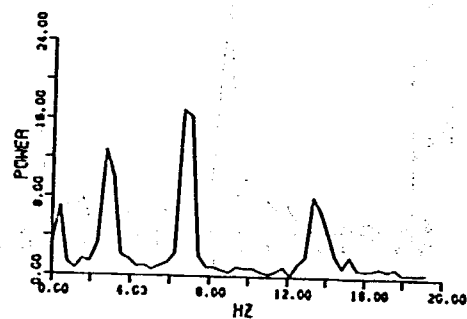
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



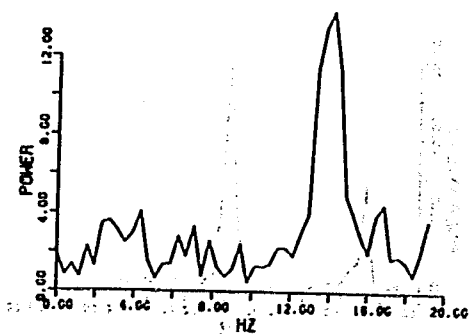
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



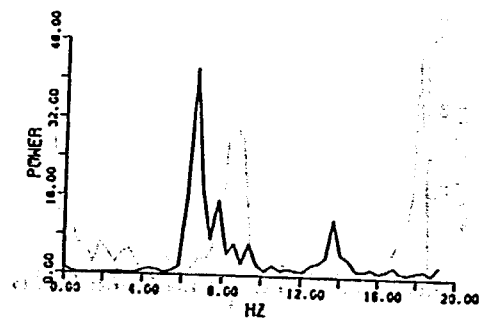
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

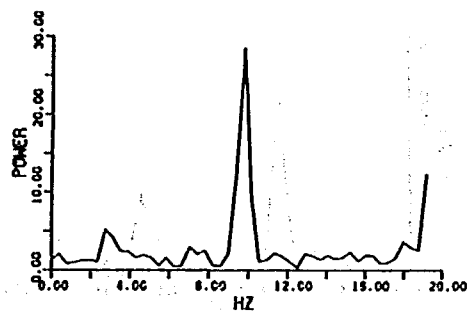


(11) 座席取付部Y方向

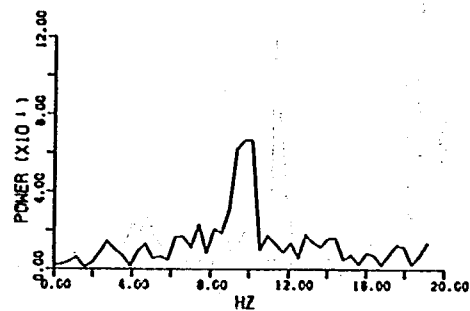


(12) 座席取付部Z方向

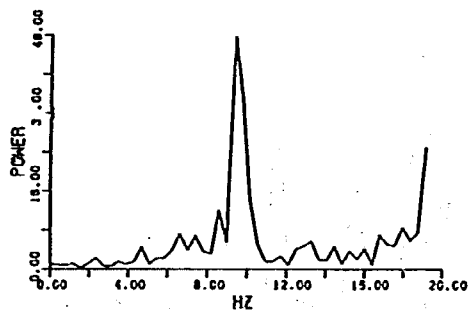
(図 5.4 の 2) 各部の振動加速速度パワースペクトル密度(条件 F2M)



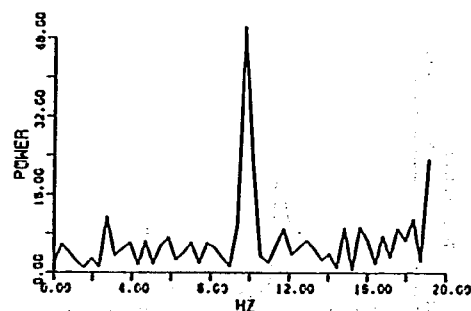
(1) スプロケットX方向



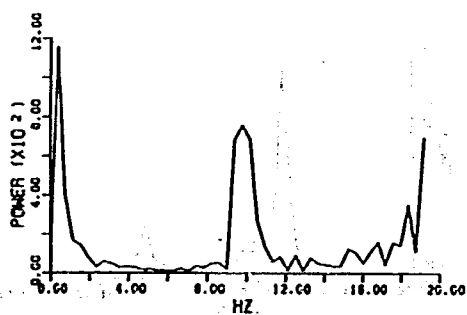
(2) スプロケットZ方向



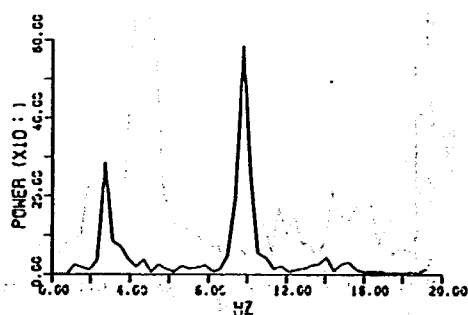
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

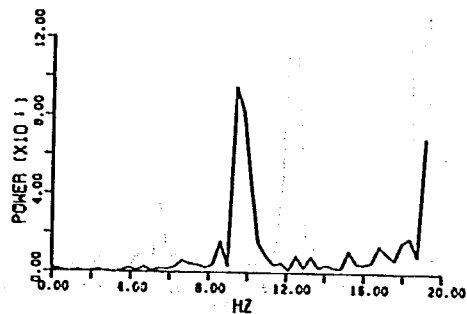
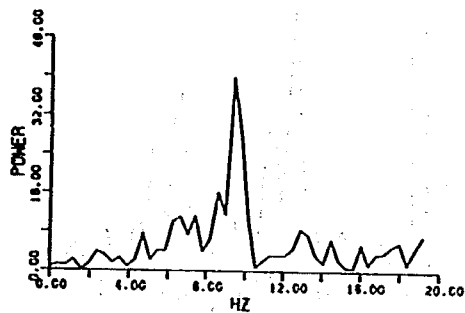


(5) アイドラZ方向



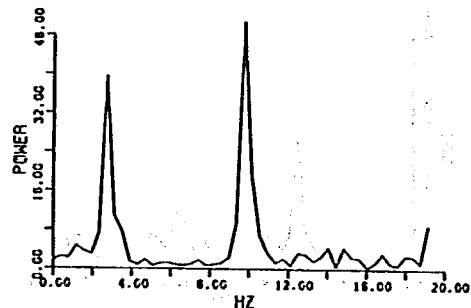
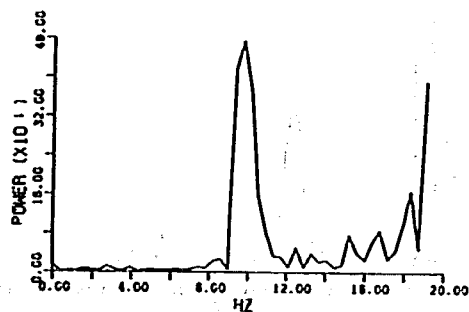
(6) 土工板Z方向

図-5.5の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F3M)



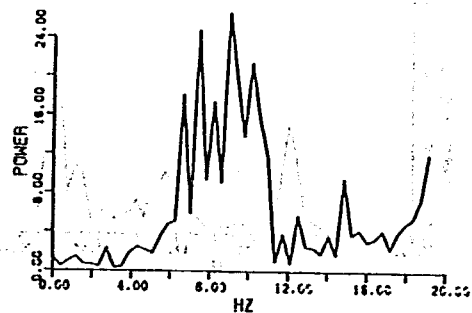
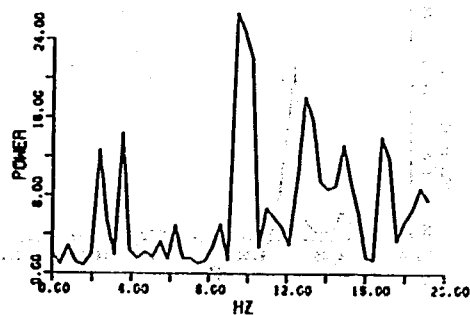
(7) トラックローラ（前から6番目）Z方向

(8) トラックローラ（前から4番目）Z方向



(9) トラックローラ（前から1番目）Z方向

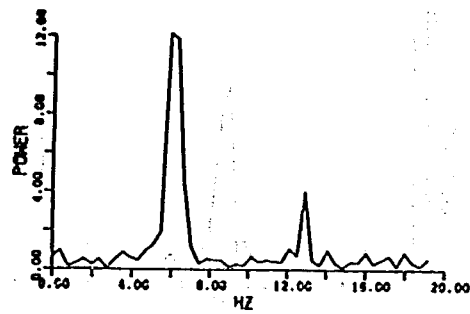
(10) 座席取付部X方向



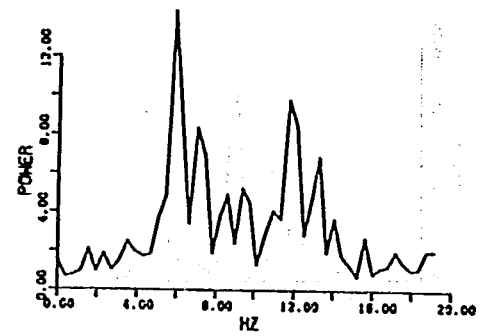
(11) 座席取付部Y方向

(12) 座席取付部Z方向

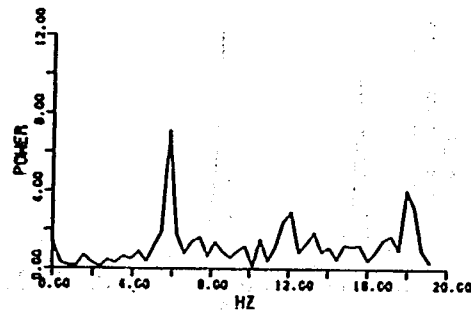
図-5.5の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F3M)



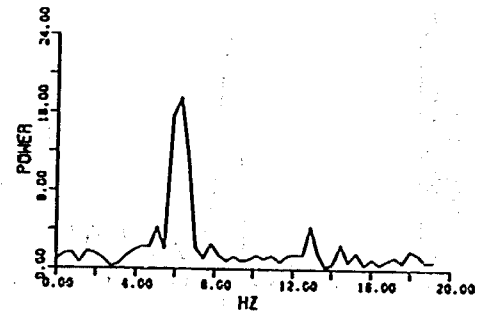
(1) スプロケットX方向



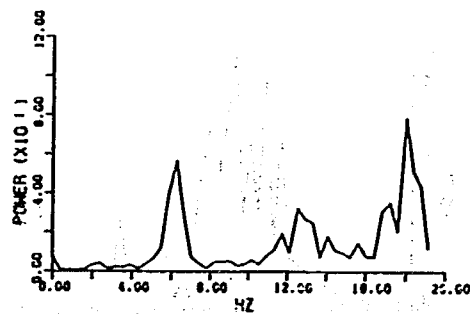
(2) スプロケットZ方向



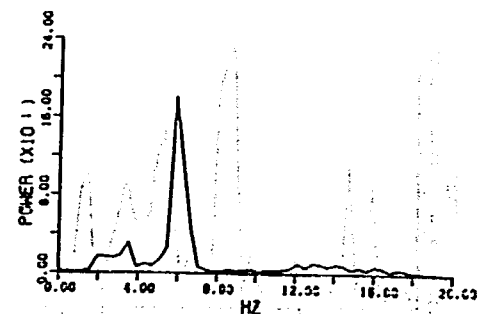
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

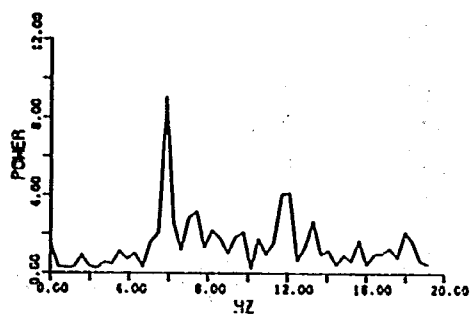


(5) アイドラZ方向

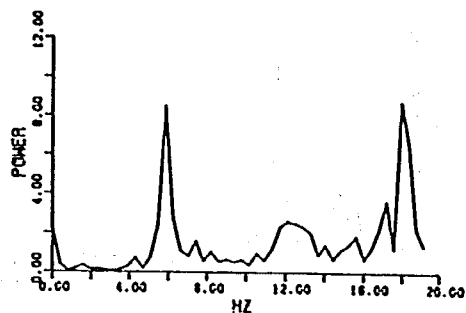


(6) 土工板Z方向

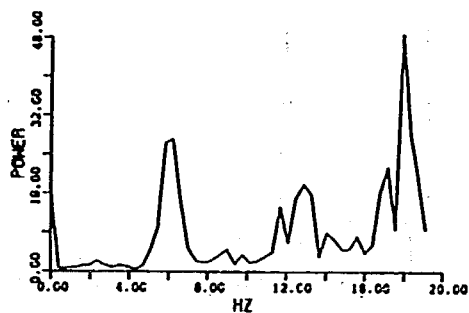
図-5.6の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F3L)



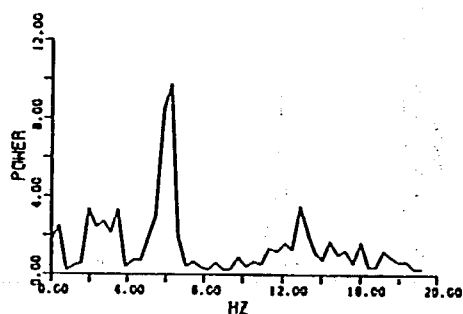
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



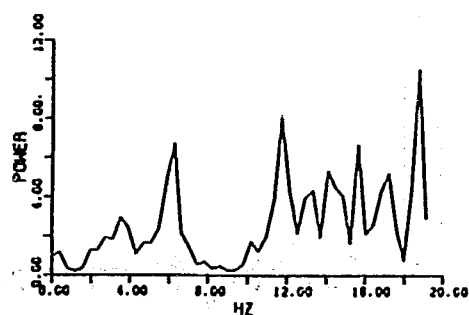
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



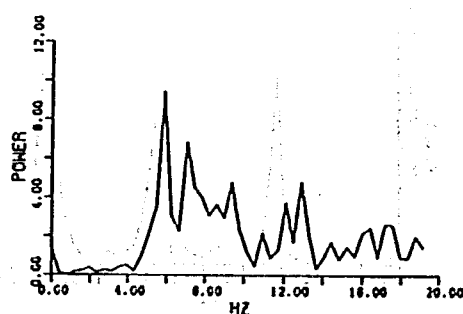
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

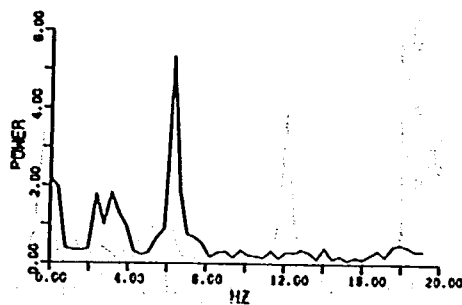


(11) 座席取付部Y方向

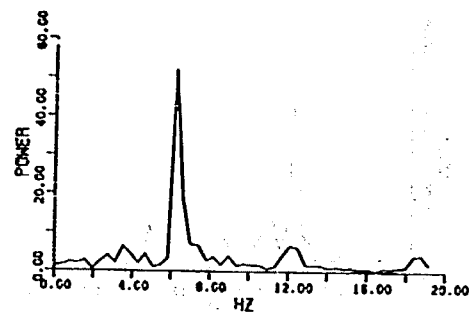


(12) 座席取付部Z方向

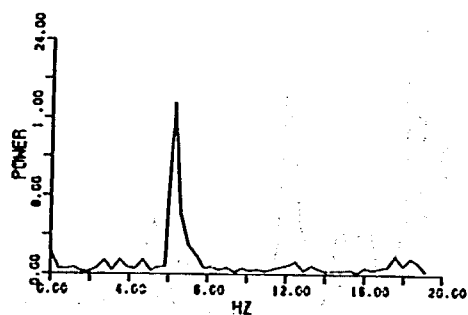
図-5.6の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件F3L)



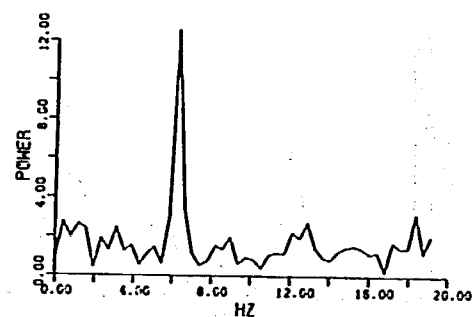
(1) スプロケット X 方向



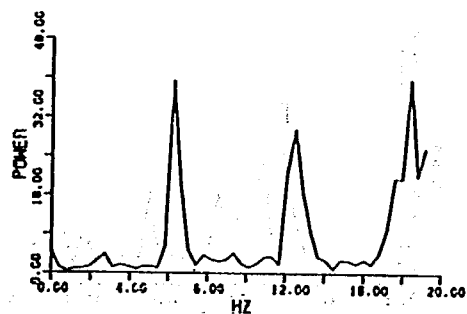
(2) スプロケット Z 方向



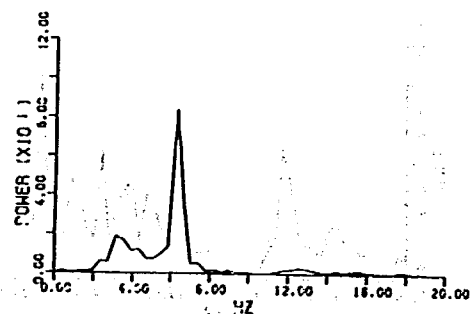
(3) キャリアローラ Z 方向



(4) アイドラ X 方向

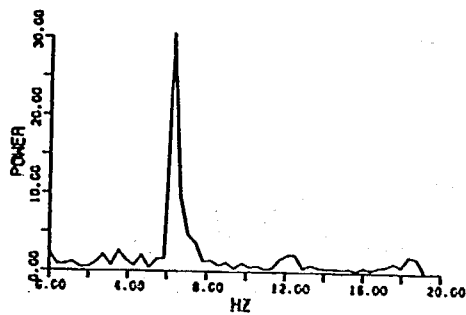


(5) アイドラ Z 方向

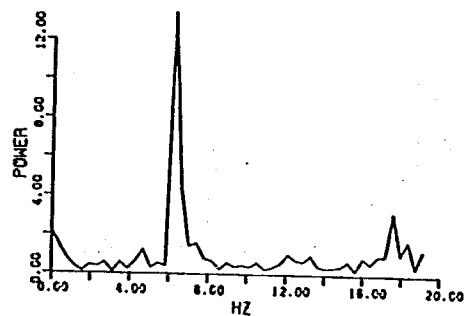


(6) 土工板 Z 方向

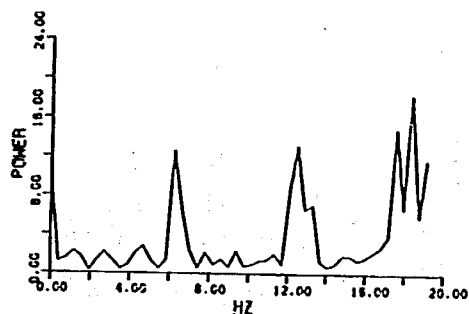
図-5.7 の 1 各部の振動加速度パワースペクトル密度 (条件 R IH)



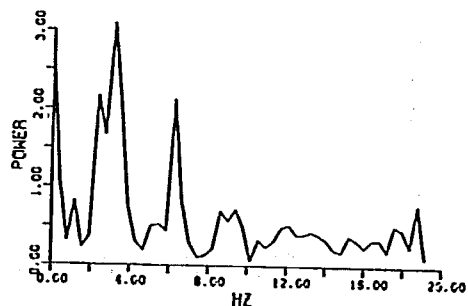
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



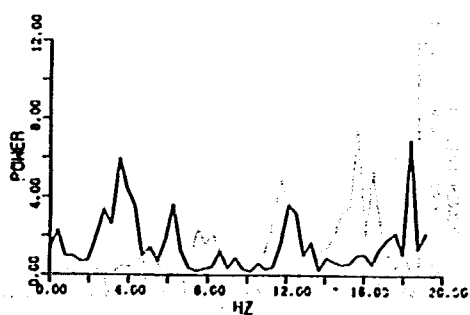
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



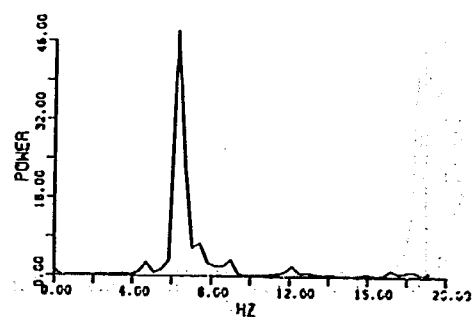
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

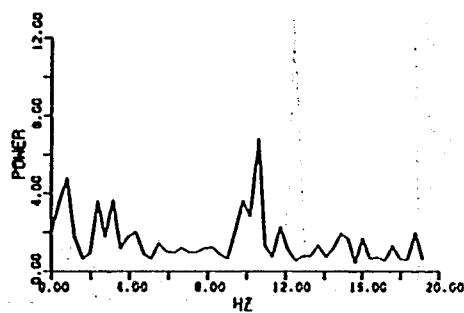


(11) 座席取付部Y方向

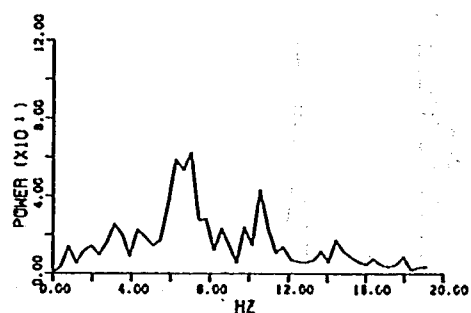


(12) 座席取付部Z方向

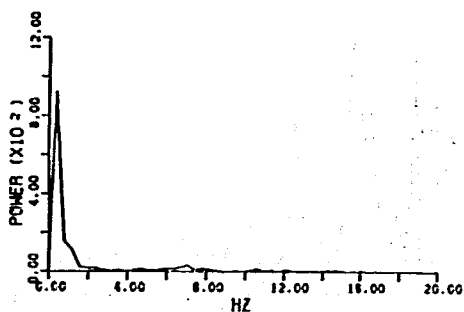
図5.7の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件RIH)



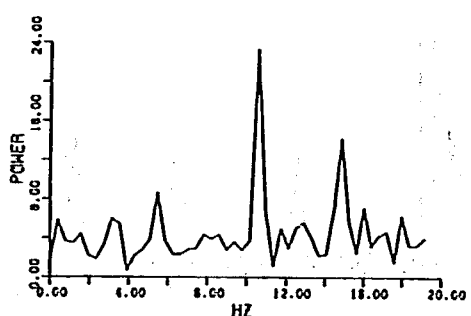
(1) スプロケット X 方向



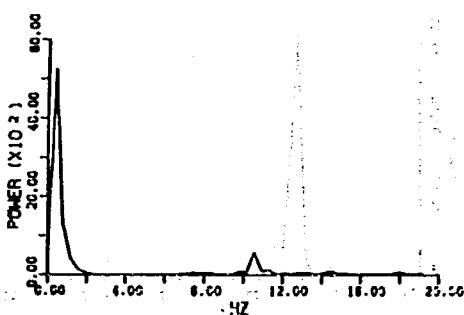
(2) スプロケット Z 方向



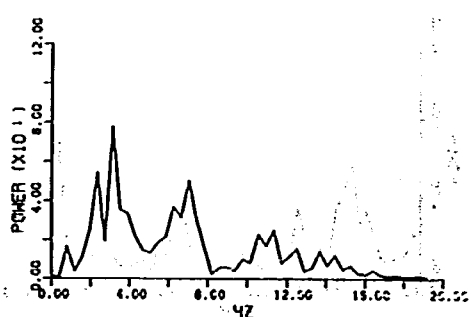
(6) キャリアローラ Z 方向



(4) アイドラ X 方向

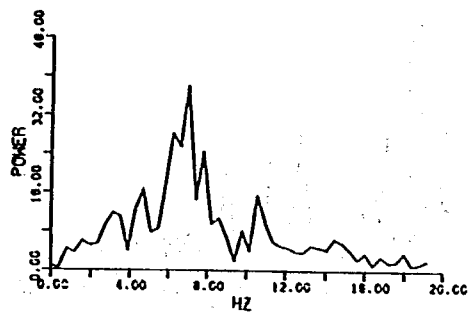


(5) アイドラ Z 方向

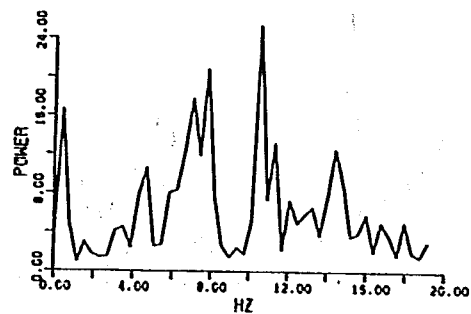


(6) 土工板 Z 方向

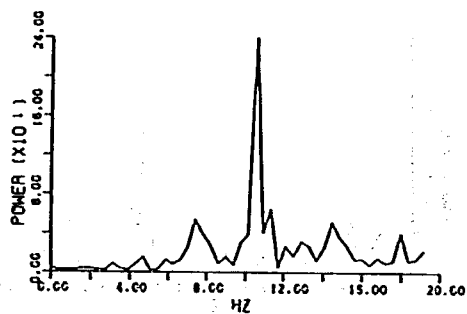
図 5.8 の 1 各部の振動加速度パワースペクトル密度 (条件 R2H)



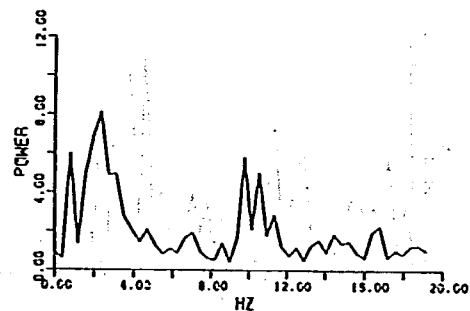
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



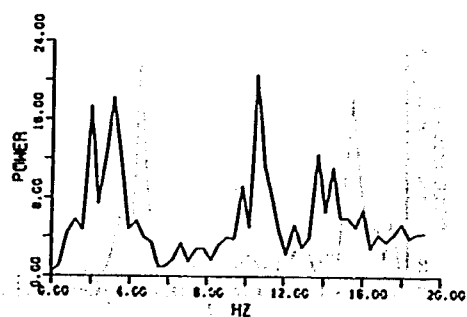
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



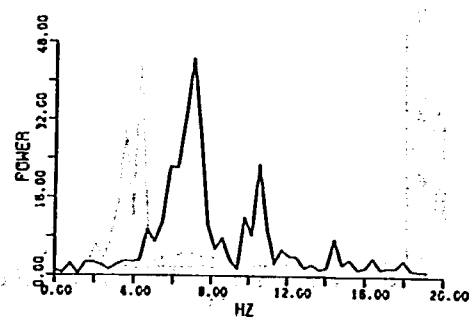
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

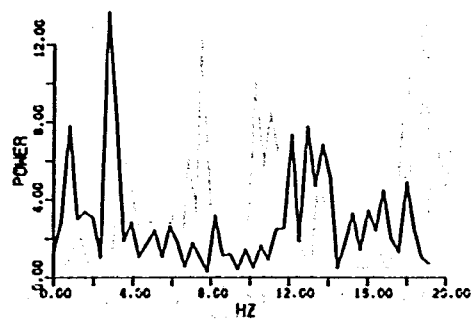


(11) 座席取付部Y方向

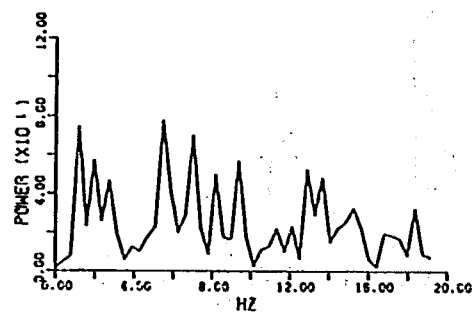


(12) 座席取付部Z方向

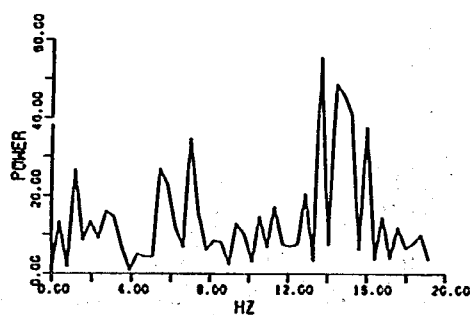
図-5.8の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R2H)



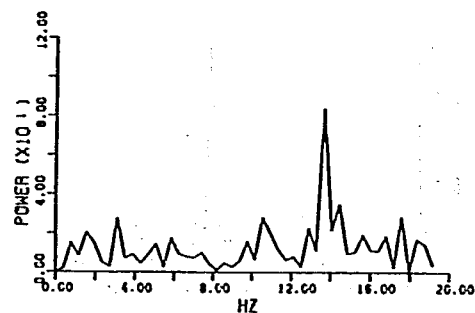
(1) スプロケットX方向



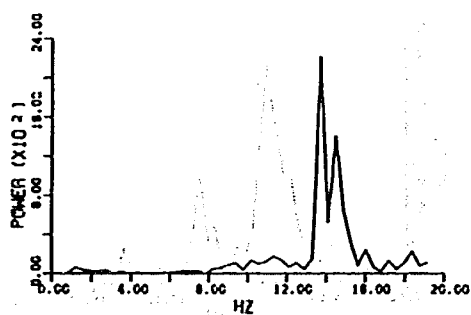
(2) スプロケットZ方向



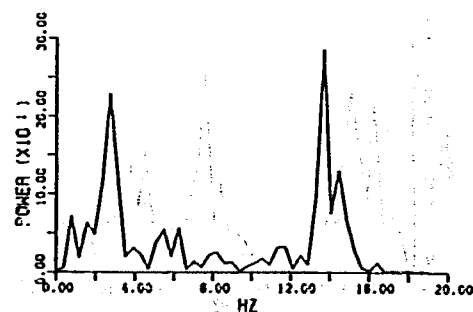
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

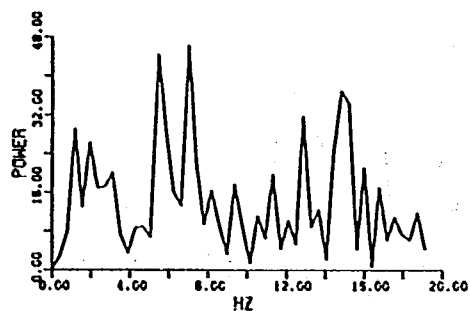


(5) アイドラZ方向

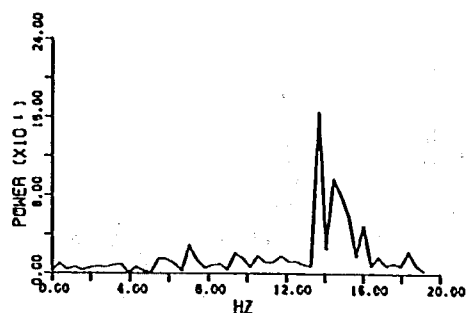


(6) 土工板Z方向

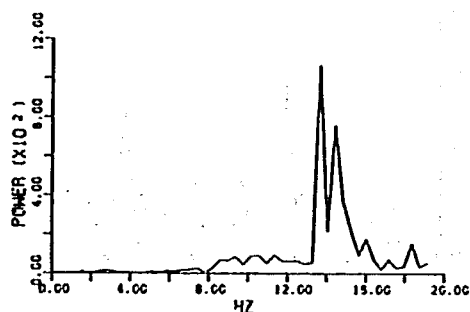
図5.9の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R3H)



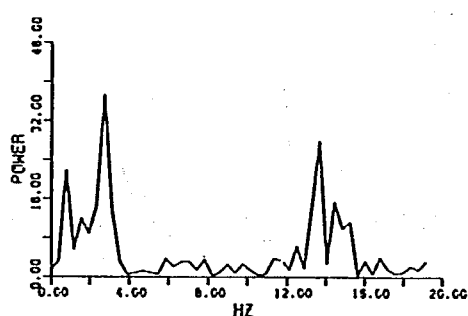
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



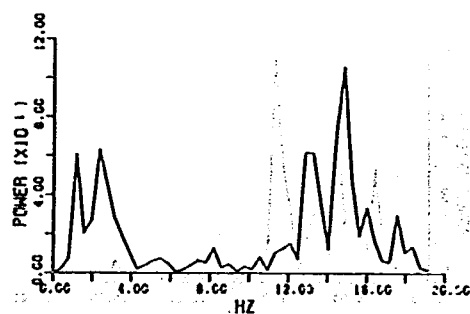
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



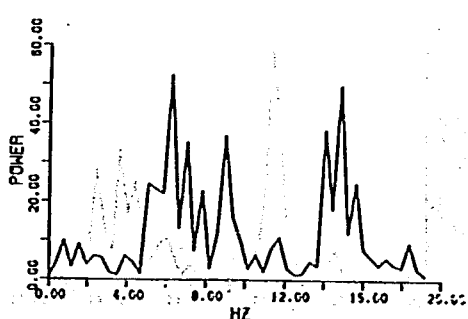
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

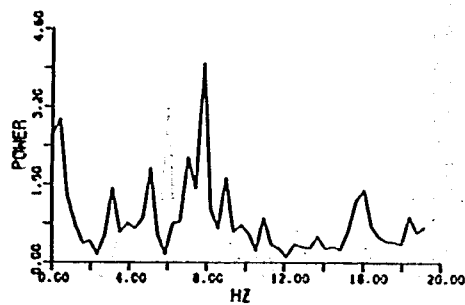


(11) 座席取付部Y方向

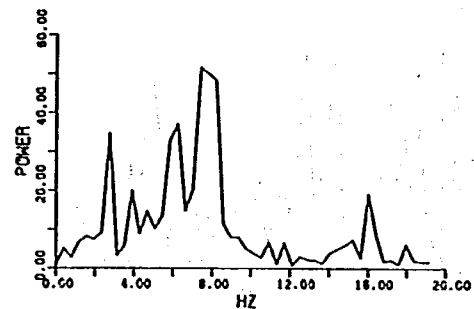


(12) 座席取付部Z方向

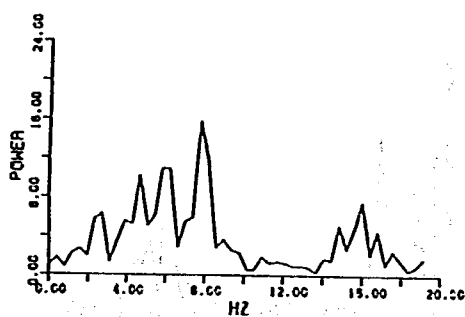
図-5.9の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R3H)



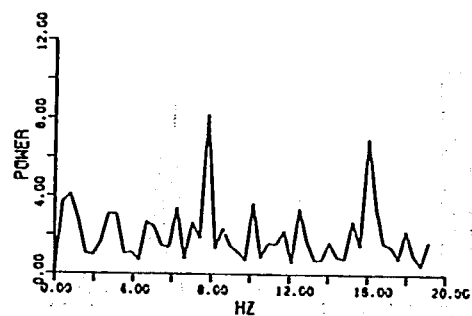
(1) スプロケット X 方向



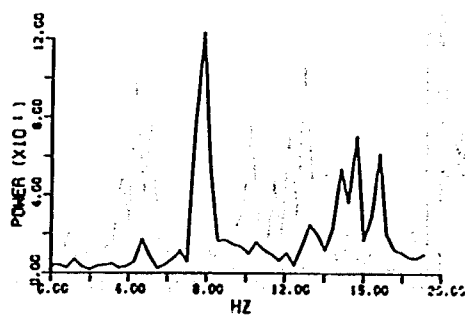
(2) スプロケット Z 方向



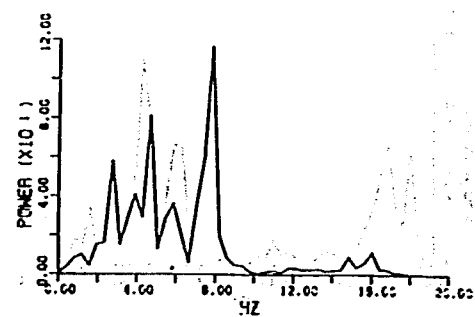
(3) キャリアローラ Z 方向



(4) アイドラ X 方向

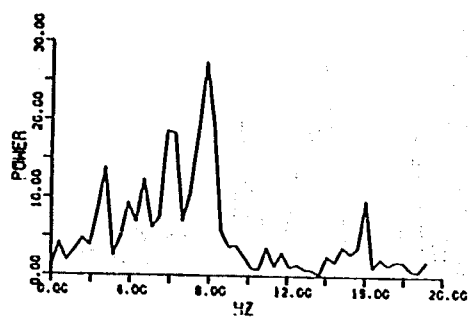


(5) アイドラ Z 方向

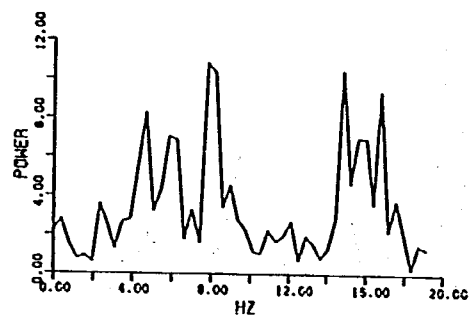


(6) 土工板 Z 方向

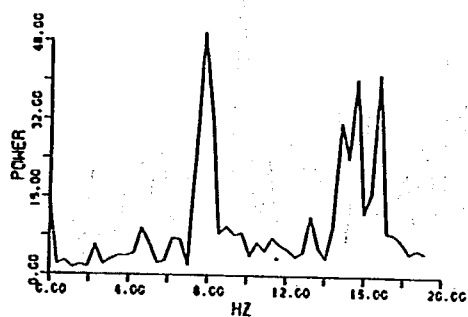
図-5.10の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度 (条件R2M)



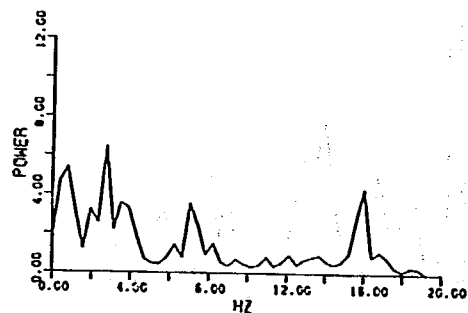
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



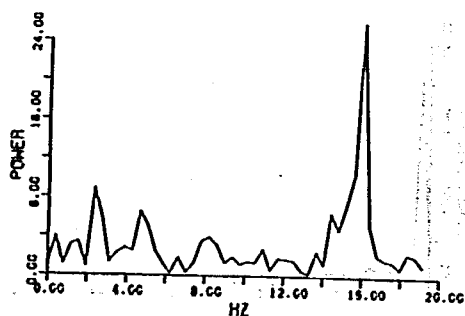
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



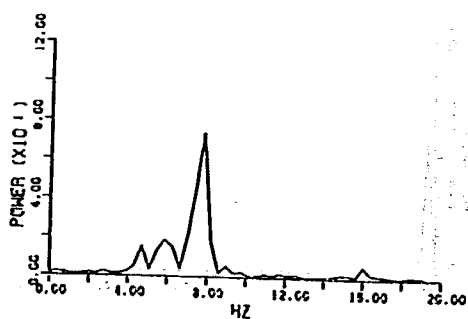
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向

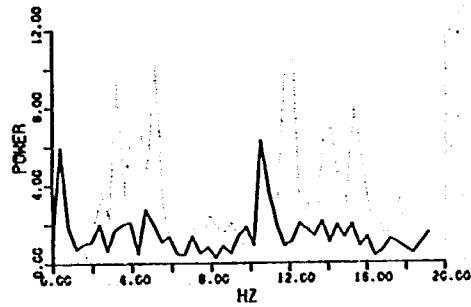


(11) 座席取付部Y方向

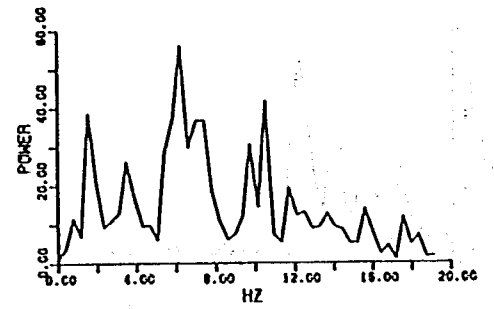


(12) 座席取付部Z方向

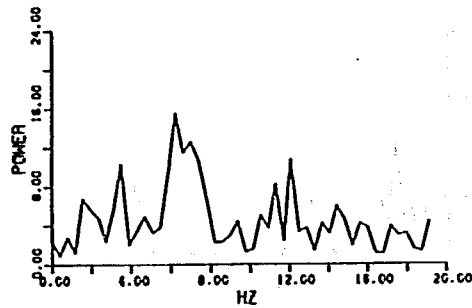
図-5.10の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R2M)



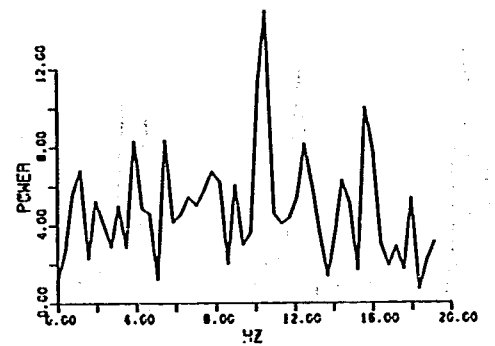
(1) スプロケットX方向



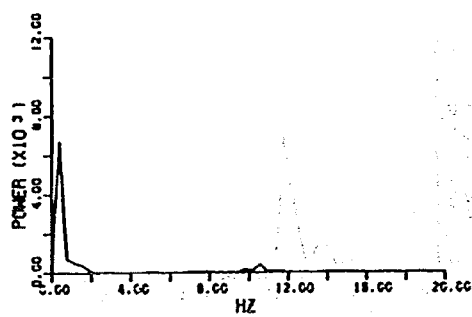
(2) スプロケットZ方向



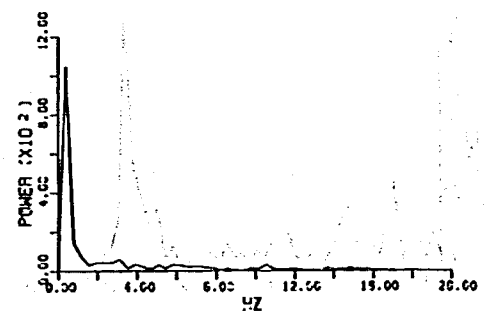
(3) キャリアローラZ方向



(4) アイドラX方向

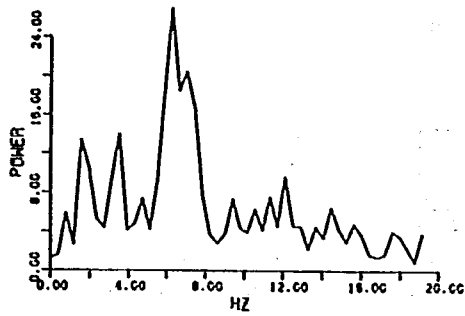


(5) アイドラZ方向

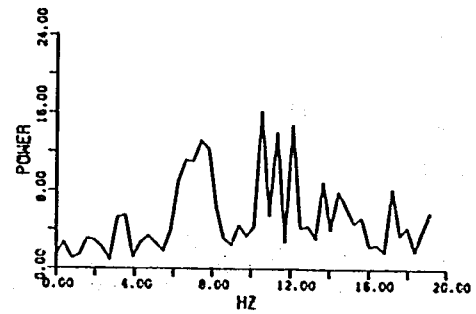


(6) 土工板Z方向

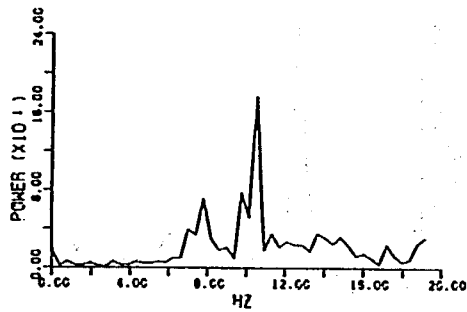
図-5.11の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R3M)



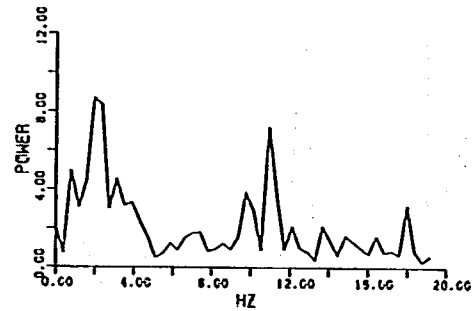
(7) トラックローラ（前から6番目）Z方向



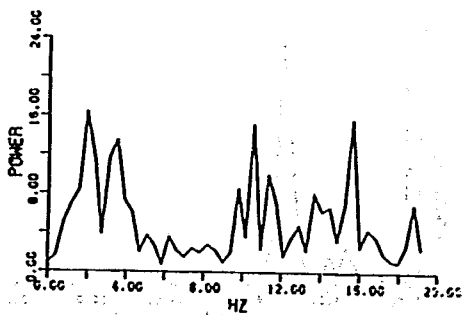
(8) トラックローラ（前から4番目）Z方向



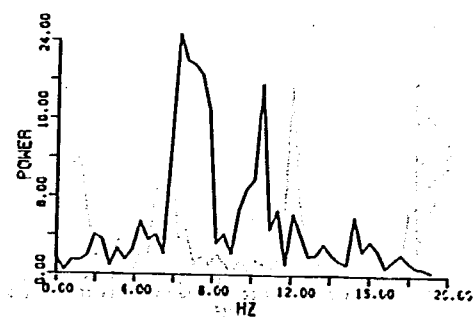
(9) トラックローラ（前から1番目）Z方向



(10) 座席取付部X方向

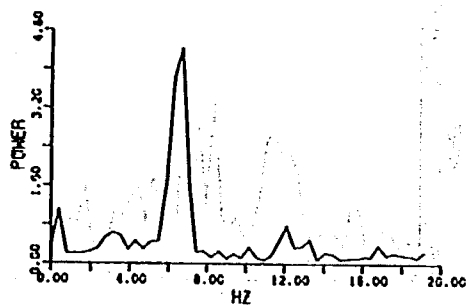


(11) 座席取付部Y方向

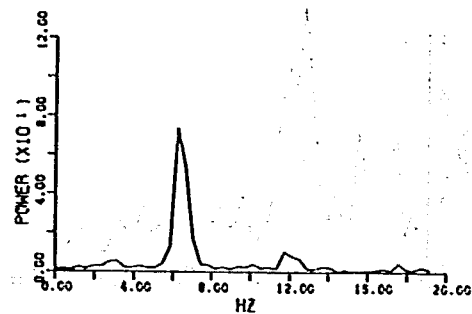


(12) 座席取付部Z方向

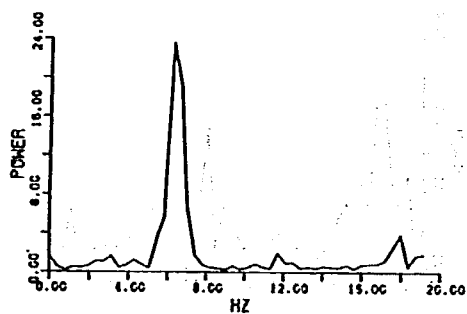
図-5.11の2: 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R3M)



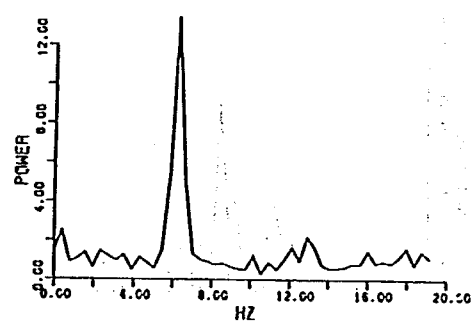
(1) スプロケット X 方向



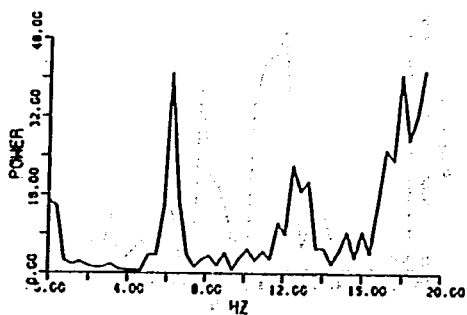
(2) スプロケット Z 方向



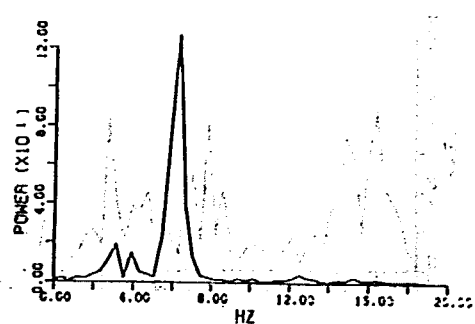
(3) キャリアローラ Z 方向



(4) アイドラ X 方向

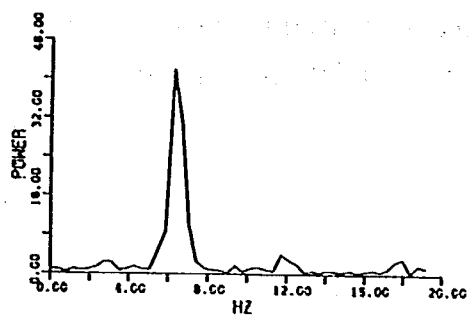


(5) アイドラ Z 方向

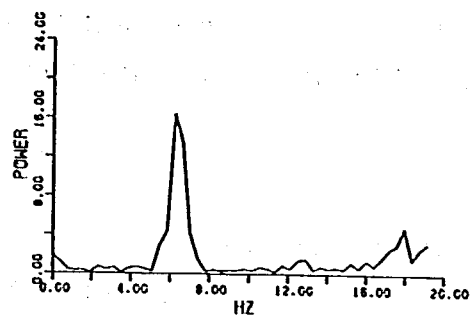


(6) 土工板 Z 方向

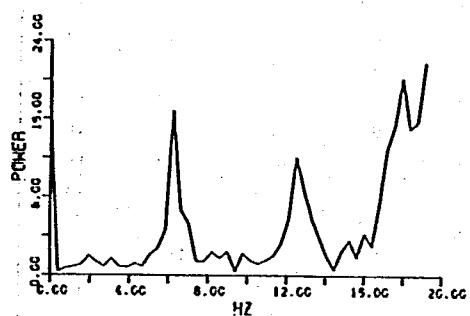
図-5.12の1 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R3L)



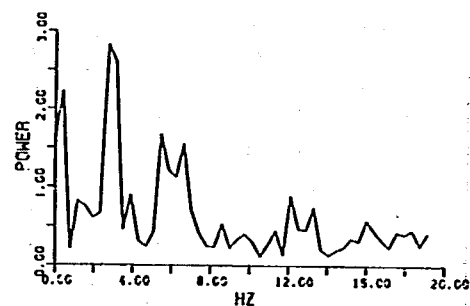
(7) トラックローラ(前から6番目)Z方向



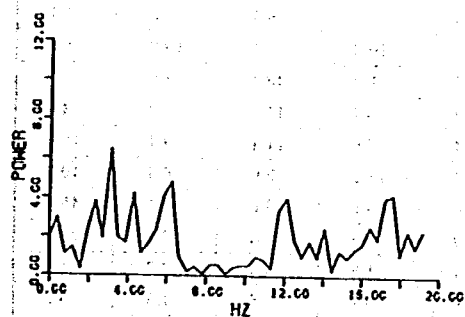
(8) トラックローラ(前から4番目)Z方向



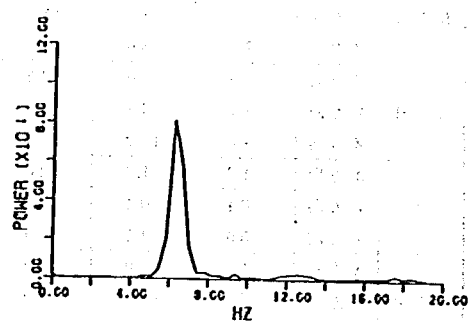
(9) トラックローラ(前から1番目)Z方向



(10) 座席取付部X方向



(11) 座席取付部Y方向



(12) 座席取付部Z方向

図-5.12の2 各部の振動加速度パワースペクトル密度(条件R3L)

5.2 振動寄与率

表-5.1に、各振動発生源が座席取付部のX、Y、Zそれぞれの方向に対するオーバーオールでの寄与率を条件毎に示した。ここに振動のオーバーオールでの寄与率 γ_i^2 は、式-3.13より、

$$\gamma_i^2 = \frac{\sum_{\omega} C_i(\omega)}{\sum_{\omega} G_{yy}(\omega)}$$

として求めたものである。

表-5.1 座席取付部に対する振動寄与率(%)

条件	振動発生源 座席取付部	スプロケット X 方向	スプロケット Z 方向	キャリアローラ Z 方向	アイドラ X 方向	アイドラ Z 方向	土 工 板 Z 方向	トラックローラ (前から6番 目) Z 方向	トラックローラ (前から4番 目) Z 方向	トラックローラ (前から1番 目) Z 方向
F 1 H	X 方向	8.5	8.1	8.4	9.0	7.4	2.8	20.6	7.3	27.9
	Y 方向	5.5	10.3	8.8	13.7	6.2	8.0	20.2	11.2	16.1
	Z 方向	4.1	6.3	7.9	10.3	8.2	4.8	25.4	4.9	28.1
F 2 H	X 方向	2.3	3.6	14.6	2.7	9.2	6.4	25.2	4.6	31.4
	Y 方向	6.0	4.7	6.4	9.3	16.1	22.2	10.2	4.7	20.4
	Z 方向	32.6	6.8	6.7	9.9	10.6	8.4	9.8	6.1	9.1
F 3 H	X 方向	4.8	9.7	8.6	10.9	7.3	5.5	11.6	26.6	15.0
	Y 方向	5.4	10.6	9.4	10.9	14.2	9.9	8.6	14.7	16.3
	Z 方向	4.4	6.6	6.5	15.2	8.3	7.7	18.0	14.8	18.5
F 2 M	X 方向	25.1	8.9	23.3	2.6	3.7	3.4	2.9	6.8	23.3
	Y 方向	32.3	5.3	6.4	1.8	2.1	3.4	2.2	9.0	37.5
	Z 方向	26.5	10.6	7.4	3.9	5.8	9.6	3.2	18.6	14.4
F 3 M	X 方向	0.9	43.1	21.3	2.5	7.4	5.4	3.8	3.6	12.0
	Y 方向	0.9	41.8	20.5	5.7	4.0	3.9	4.4	8.2	10.6
	Z 方向	1.0	49.4	24.5	1.8	1.2	2.4	3.7	3.6	12.4
F 3 L	X 方向	6.9	6.4	20.1	15.3	20.1	5.3	8.5	8.4	9.0
	Y 方向	7.5	12.7	12.5	9.7	29.3	12.0	3.3	4.8	8.2
	Z 方向	8.9	9.1	14.8	11.4	15.9	16.9	5.1	9.1	8.8
R 1 H	X 方向	6.4	5.2	13.5	20.3	25.9	10.5	6.2	6.0	6.0
	Y 方向	3.6	3.8	11.7	35.8	11.0	9.8	8.8	7.8	7.7
	Z 方向	7.4	3.9	14.8	16.7	13.0	10.3	8.4	19.0	6.5
R 2 H	X 方向	7.7	5.0	22.6	5.1	4.6	1.2	43.1	8.0	2.7
	Y 方向	9.3	4.9	17.6	1.9	8.2	6.4	44.5	2.8	4.4
	Z 方向	7.6	11.2	10.3	14.8	8.4	6.6	21.1	9.4	10.6
R 3 H	X 方向	1.3	1.2	2.0	14.2	9.7	13.2	2.6	6.3	49.5
	Y 方向	0.4	0.4	0.7	14.4	9.6	15.1	0.6	3.4	45.4
	Z 方向	5.0	4.5	8.9	7.5	27.7	8.6	3.6	7.5	26.7
R 2 M	X 方向	1.7	80.0	4.3	2.7	1.7	1.9	3.4	3.0	1.3
	Y 方向	2.8	66.6	4.9	2.0	13.0	3.1	2.8	1.3	3.5
	Z 方向	9.0	47.4	7.0	4.6	7.1	7.3	4.4	9.7	3.5
R 3 M	X 方向	3.1	6.3	7.5	3.6	15.3	6.5	32.5	4.7	20.5
	Y 方向	7.0	7.5	7.0	5.0	21.9	8.9	27.7	4.3	10.7
	Z 方向	5.4	8.7	4.7	4.6	14.2	7.2	22.5	5.2	27.5
R 3 L	X 方向	2.2	2.9	3.7	12.9	3.4	2.3	24.0	46.6	2.0
	Y 方向	0.8	8.6	5.5	10.8	4.8	3.4	18.9	44.5	2.7
	Z 方向	2.8	6.8	7.0	7.5	5.6	6.2	34.0	24.1	6.0

6. 考 察

6.1 各部の振動の性状

(1) 表-6.1は、各条件毎にリンクピッチに起因する周波数を式-2.1より求めたものである。これと前章のパワースペクトル密度の結果を比較すると、いずれの条件も、ほとんどの測点で、リンクピッチによる周波数が明瞭なピークとなって表われている。また、その2倍、3倍の高調波の目立つ測点も多く、場所によっては基本周波数より大きなエネルギーを持つものもある。

表-6.1 リンクピッチに起因する周波数 (Hz)

エンジン 速度段 回転数	前 進			後 進		
	1 速	2 速	3 速	1 速	2 速	3 速
2010 r.p.m.	5.27	9.01	13.30	6.11	10.30	14.09
1600 r.p.m.	—	6.85	9.36	—	7.64	9.95
1200 r.p.m.	—	—	5.67	—	—	6.01

これら振動加速度のピークを与える周波数と車速との関係をグラフに示すと図-6.1の通りとなり車速と周波数が正比例関係にあることが一目瞭然となっている。

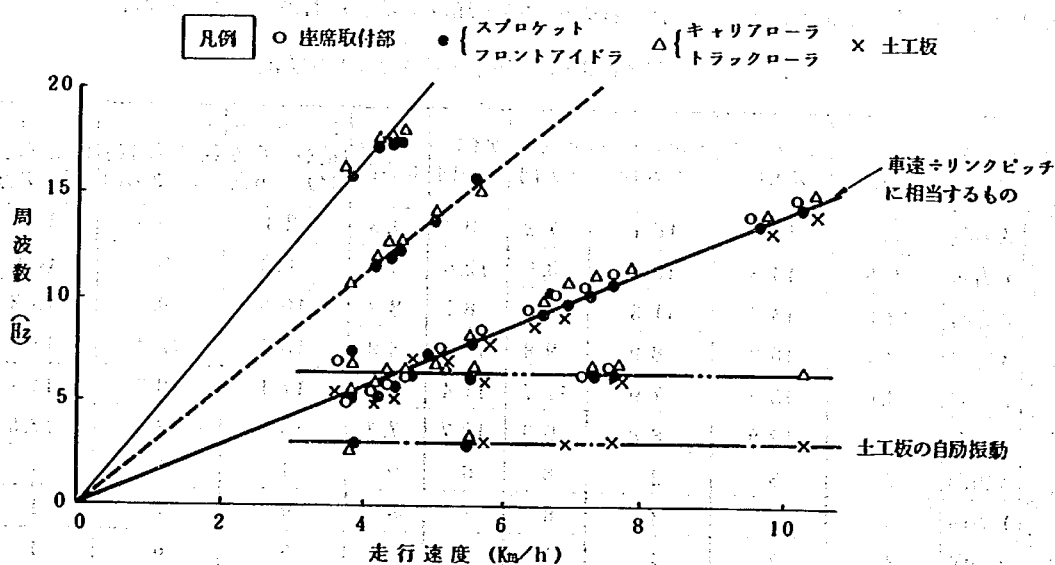


図-6.1 車速と卓越周波数の関係 (Z方向)

(2) 次に同じく図-5.1～5.12によると、すべての条件を通じて、2.4～3.2 Hz 付近に1つのピークが認められ、特に土工板Z方向と座席取付部のX方向において顕著である。これは、参考資料に示した座席取付部Z方向と各点との伝達関数位相スペクトルをみると、この付近の周波数では、座席取付部Z方向の振動の位相は、トラックローラ（前から4番目及び前から6番目）Z方向、キャリアローラZ方向及びスプロケットZ方向とは同位相、また、トラックローラ（前から1番目）Z方向、アイドラZ方向及び土工板Z方向とは逆位相となっており、したがって、これは車体のピッチングによる回転の固有振動数であることがわかる。

(3) 上述のリンクピッチによる周波数、ピッチングの固有振動数の他に、条件F1H, R2H, R3H, R3M では、スプロケットZ方向、キャリアローラZ方向、トラックローラ（前から6番目及び前から4番目）Z方向、座席取付部Z方向の測点において、6～7Hz 付近のスペクトルが大きな比重を占めるが、この原因については、2章で検討した発生要因からは説明できず、さらに検討する必要があると思われる。

6.2 座席振動に対する各部の寄与率

(1) パワースペクトル密度の解析結果から、座席取付部の振動の周波数成分として、リンクピッチに起因する周波数及びその高調波、それに車体のピッチングの固有振動数が卓越していることがわかったが、このリンクピッチによる振動数が、2章で検討した(1), (2), (3)のいずれの要因によるものかは、振動寄与率の解析によらねばならない。表-6.2は、前章の表-5.1の各条件毎の振動寄与率の解析結果を、前進、後進に分けて、それぞれの平均値と順位を示したものである。これによると、各

表-6.2 前後進別の平均寄与率及び寄与率順位

条件	振動発生源 座席取付部	スプロケット	スプロケット	キャリアローラ	アイラド	アイラド	土工板	トラックローラ	トラックローラ	トラックローラ	
		X方向	Z方向	Z方向	X方向	Z方向	Z方向	(前から6番目) Z方向	(前から4番目) Z方向	(前から1番目) Z方向	
平均寄与率(%)	前進	X方向	8.1	13.3	16.1	7.2	9.2	4.8	12.1	9.6	19.6
		Y方向	9.6	14.3	10.7	8.5	12.0	9.9	8.2	8.8	18.0
		Z方向	12.9	14.8	11.3	8.8	8.3	8.3	10.9	9.5	15.2
	後進	X方向	3.7	16.8	8.9	9.8	10.1	5.9	18.7	12.4	13.7
		Y方向	4.0	15.3	7.9	11.7	11.4	7.8	17.1	10.7	14.1
		Z方向	6.2	13.8	8.8	9.3	12.7	7.7	15.5	12.5	13.5
寄与率順位	前進	X方向	7	3	2	8	6	9	4	5	1
		Y方向	6	2	4	8	3	5	9	7	1
		Z方向	3	2	4	7	8	8	5	6	1
	後進	X方向	9	2	7	6	5	8	1	4	3
		Y方向	9	2	7	4	5	8	1	6	3
		Z方向	9	2	7	6	4	8	1	5	3

振動発生源の振動寄与率の順位は、座席取付部のX, Y, Zの方向にはあまり関係がないことがわかる。

(2) 次に、前後進による差は、まず、履帯の張りの違いによると思われるものが、キャリアローラZ方向の寄与率に表われており、前進時すなわち上側の履帯がたるんでいる時の方が、キャリアローラZ方向の振動の影響は大きいといえる。また、寄与率の順位では、前進時はトラックローラ（前から1番目）Z方向が最も高く、次いでスプロケットZ方向となっているのに対して、後進時はトラックローラ（前から6番目）Z方向、スプロケットZ方向、トラックローラ（前から1番目）Z方向の順となっている。これは、車体の進行方向に対して最も前に位置するトラックローラの振動が最も大きく寄与していることを表しているが、このトラックローラの振動が、2の(1)で検討した要因のみによるものか、地盤とシューとの接触を含めた要因によるものかは、今後、さらに詳細な検討が必要となろう。

(3) ここで、平均寄与率に関しては、この調査試験で振動発生源であると仮定し、振動測定を実施した要因間での百分率をとったものである。従ってこの絶対値は、測定個所を増加させることで変動し得るものであり、あまり意味はなく、むしろ寄与率の順位の方に意味があることをここに記しておく。以上の理由で、今回測定を実施しなかったトラックローラ、前から2, 3, 5番目の寄与率もかなり大きいことが推測される。

6.3 振動対策方法

以上の調査結果より、ブルドーザの車体振動低減には、安定した履帯ローラ系の開発が望まれるところである。現在、一部大型機種には、ローラを2個1組としてボギー方式で支持した足廻り装置が導入され、けん引力の増大のみならず振動対策にも有望視されているが、本体の大巾な設計変更を伴わず振動低減を図る方法として固い地盤（コンクリート、岩盤など）上では、一枚一枚が自立可能な形状であり、さらに軟弱地盤上では沈下、めり込みの少ない形状の履板の開発が必要となろう。

同時に、キャリアローラと履板の打撃による振動を低減する手法として履帯をキャリアレール上を摺動させる機構とすることも一つの振動対策法となり得るであろう。

あ と が き

本調査試験によりブルドーザの振動特性，ならびに，各振動発生源の運転席振動への寄与率などが明きらかとなった。即ち，リンクとトラックローラの干渉，本体のピッチング運動などによる振動が主であり，前者に起因するものは，速度と共に周波数帯域が変動し，2倍，3倍の高周波も大きいことなどが判明した。

今後は，この調査結果を，安定した履帯——ローラ系の開発など振動対策手法の検討に利用していく方針である。

最後に，本調査，解析に多大な協力をいただいた(株)日本建設機械化協会建設機械化研究所，藤本義二，飯盛洋両氏に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 沢田, 多田, 豊田 / 建設機械の振動対策に関する調査試験 (第1報) / 土木研究所資料1925号
1983. 3.
- 伊藤, 多田, 豊田, 前田 / 建設機械の振動対策に関する調査試験 (第2報) / 土木研究所資料2024号
1983. 10.
- J. S. ベンダッド, AGピアソル / ランダムデータの統計的処理 / 培風館
- 藤本義二 / 建設機械の運転席における振動評価方法 / 建設の機械化 1981. 2.
- 沢田, 境 / 建設機械用ディーゼルエンジンの低騒音化(1) / 土木技術資料 1980. 12.
- 多田, 豊田 / 車輪式トラクタショベルの車体振動の発生機構 / 土木技術資料 1983. 8.

参 考 資 料

1. 条件 F 2 H の各測点間のクロススペクトル 48
2. 条件 F 2 H の座席取付部と振動発生源との周波数応答関数 69
3. 条件 F 2 H の座席取付部と振動発生源との偏関連度関数 78

(A)

(B)

(C)

(D)

1. The first step in the process of the cell cycle is the

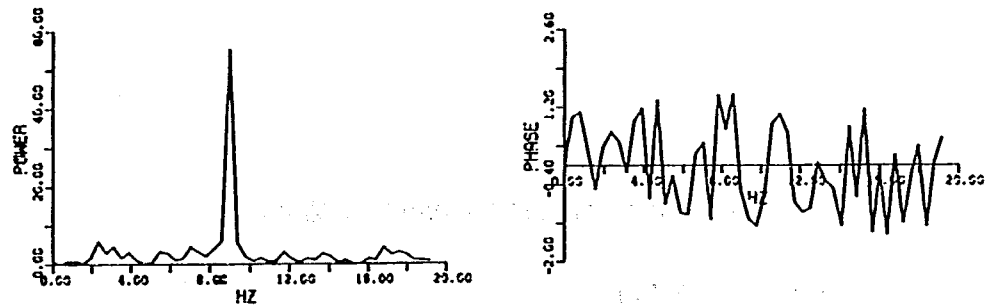
2. The second step in the process of the cell cycle is the

3. The third step in the process of the cell cycle is the

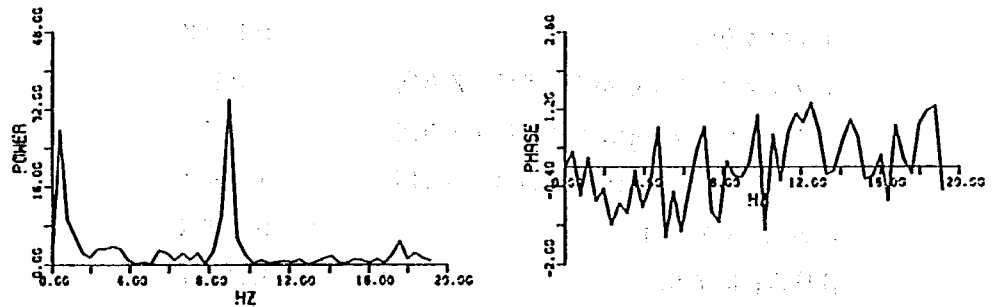
以下の図では、測点の名称を次のように略記する。

スプロケットX方向	: SPRX
スプロケットZ方向	: SPRZ
キャリアローラZ方向	: CRRZ
アイドラX方向	: IDRX
アイドラZ方向	: IDRZ
土工板Z方向	: BLDZ
トラックローラ（前から6番目）Z方向	: TRK6
トラックローラ（前から4番目）Z方向	: TRK4
トラックローラ（前から1番目）Z方向	: TRK1
座席取付部X方向	: SHTX
座席取付部Y方向	: SHTY
座席取付部Z方向	: SHTZ

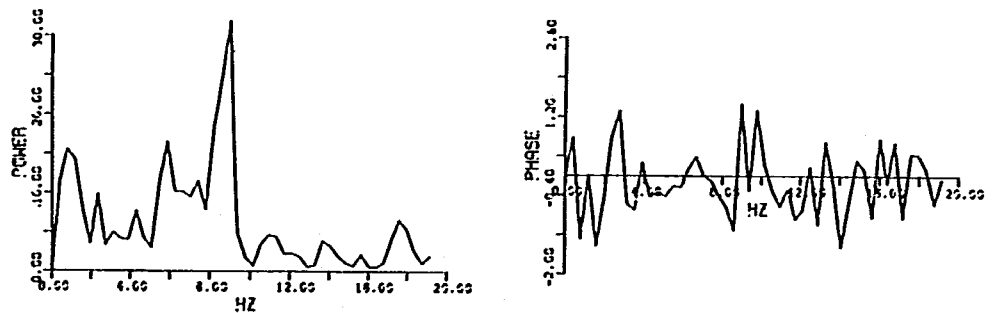
1. 条件F2Hの各測点間のクロススペクトル



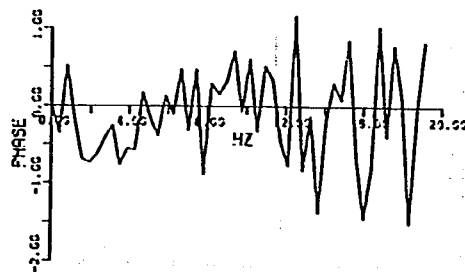
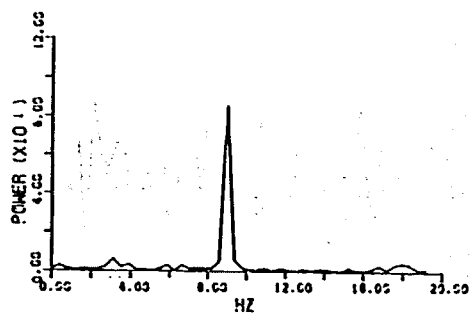
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
SPRZ AND SPFX EXPERIMENT 2 IN 2



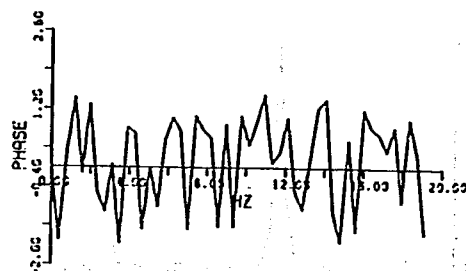
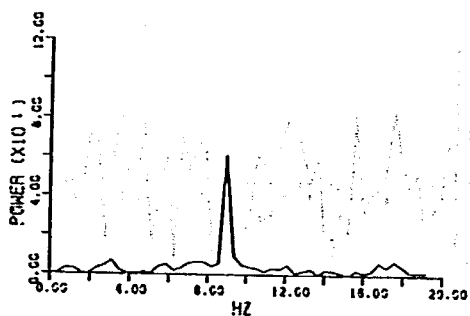
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
CRPZ AND SPFX EXPERIMENT 4 IN 2



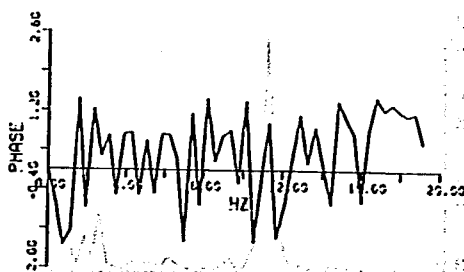
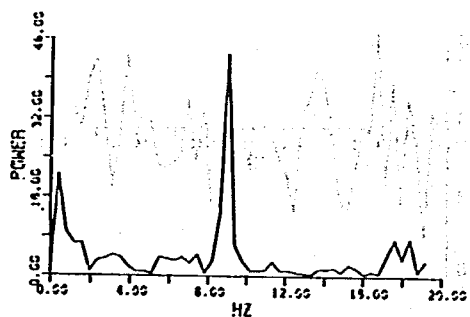
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
CRPZ AND SPFX EXPERIMENT 5 IN 2



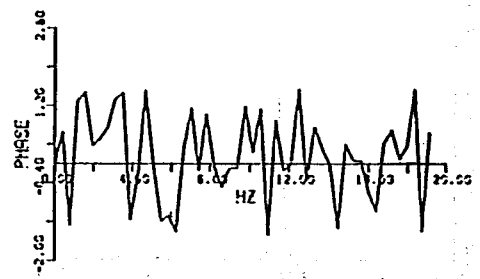
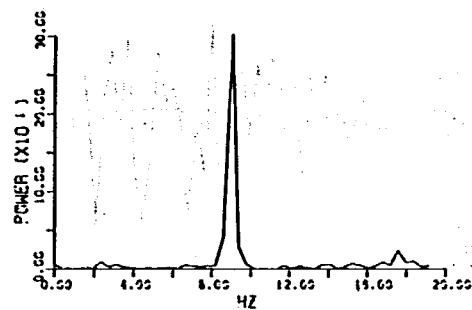
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDRX AND SPXZ EXPERIMENT 7 IN 2



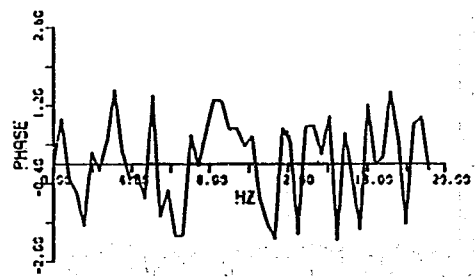
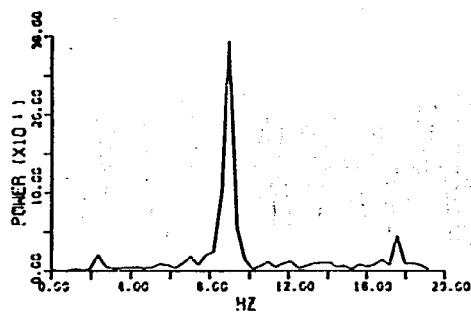
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDRX AND SPXZ EXPERIMENT 8 IN 2



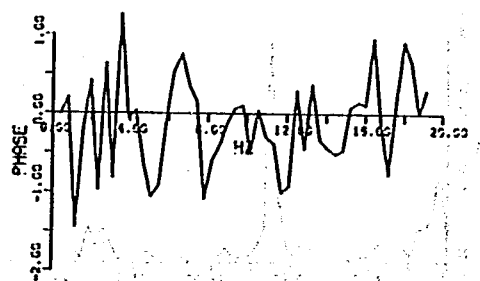
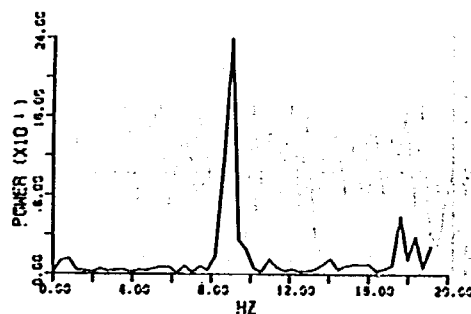
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDRX AND SPXZ EXPERIMENT 9 IN 2



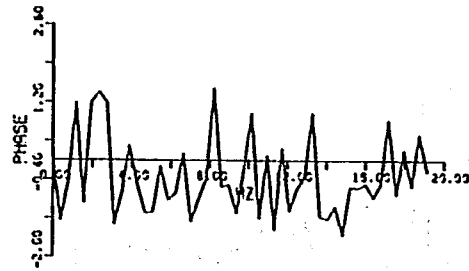
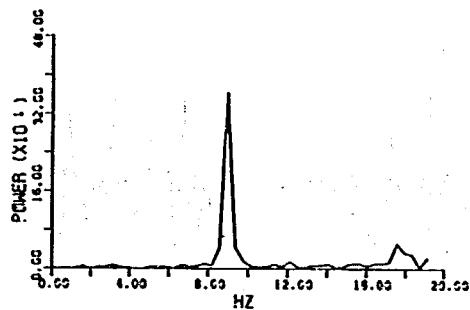
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDAZ AND SFAX EXPERIMENT 11 IN 2



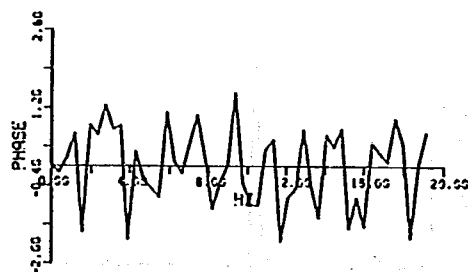
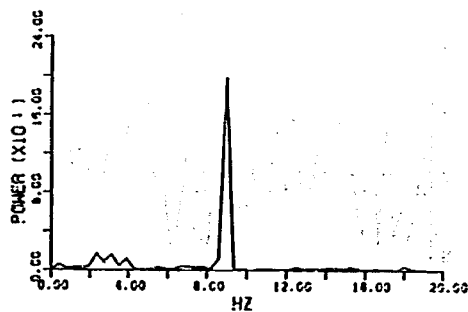
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDAZ AND SFAX EXPERIMENT 12 IN 2



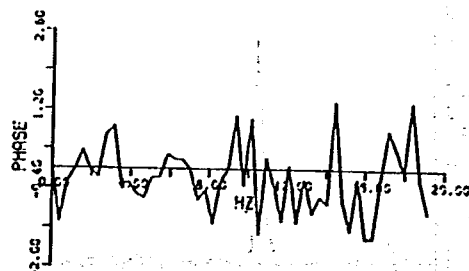
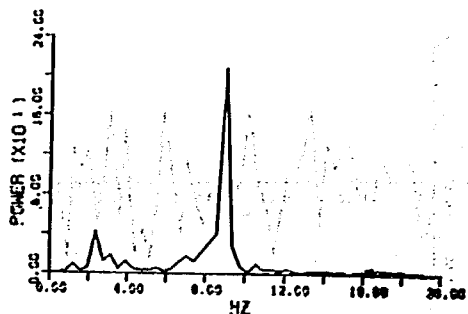
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDAZ AND CAAZ EXPERIMENT 13 IN 2



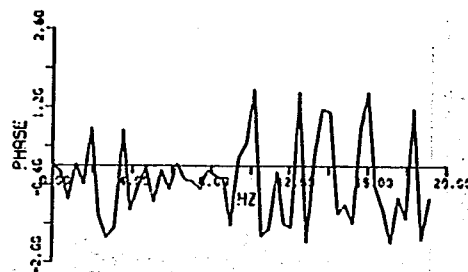
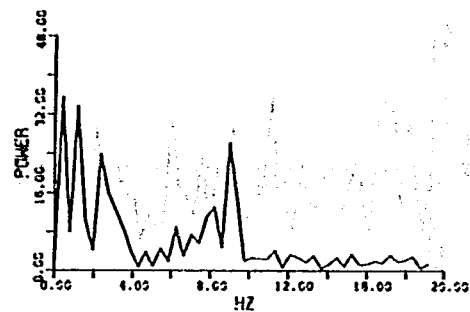
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
IDRZ AND IDRX EXPERIMENT 14 IN 2



AUTO & CROSS POWER SPECTRA
BLDZ AND SFRX EXPERIMENT 16 IN 2

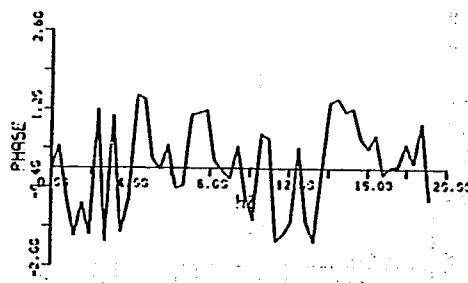
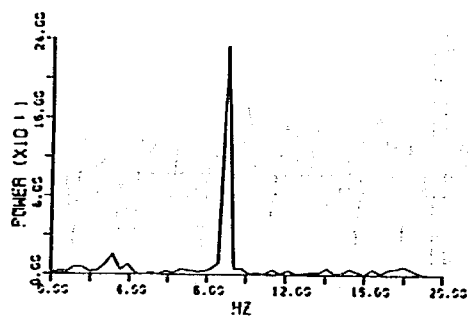


AUTO & CROSS POWER SPECTRA
BLDZ AND SFRX EXPERIMENT 17 IN 2



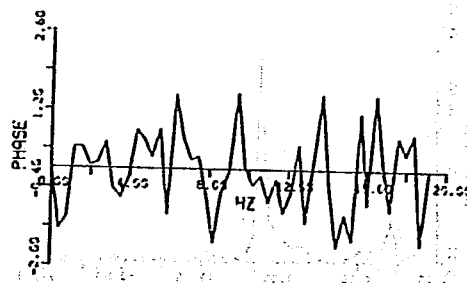
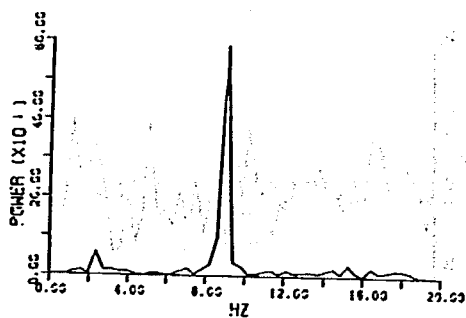
AUTO & CROSS POWER SPECTRA

BLOZ AND CARZ EXPERIMENT 18 IN 2



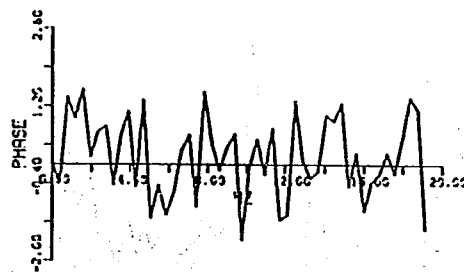
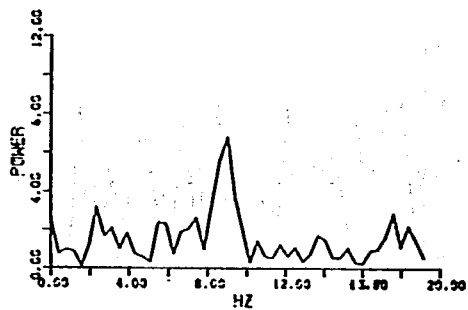
AUTO & CROSS POWER SPECTRA

BLOZ AND IDAX EXPERIMENT 19 IN 2

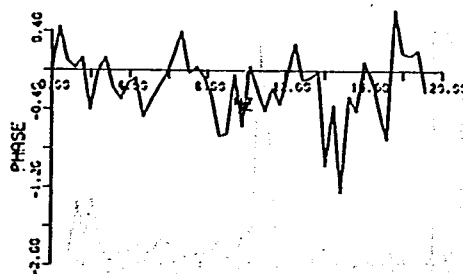
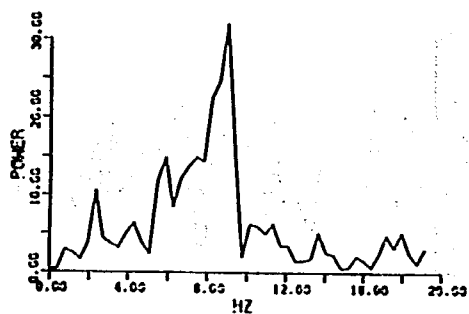


AUTO & CROSS POWER SPECTRA

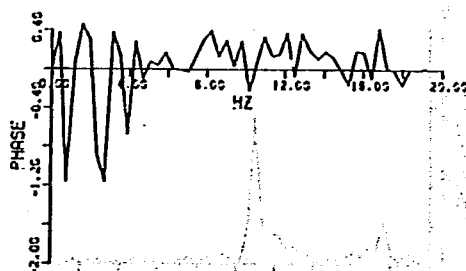
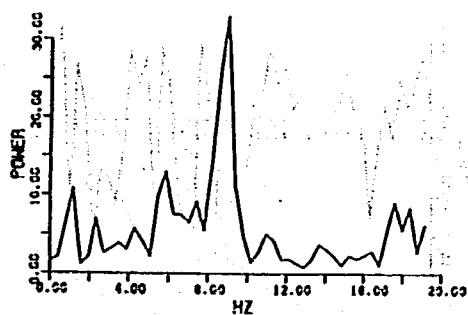
BLOZ AND IDAX EXPERIMENT 20 IN 2



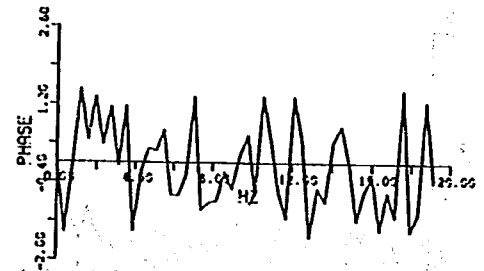
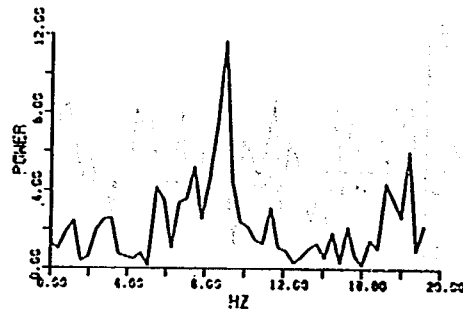
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK6 AND SPFX EXPERIMENT 22 IN 2



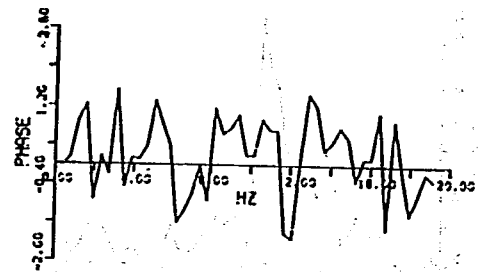
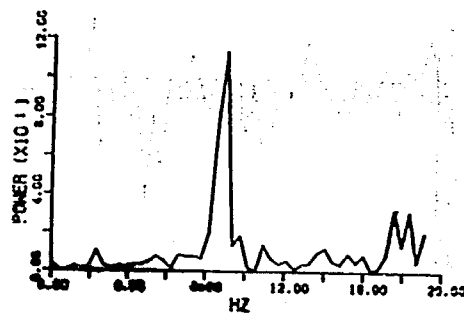
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK6 AND SPFX EXPERIMENT 23 IN 2



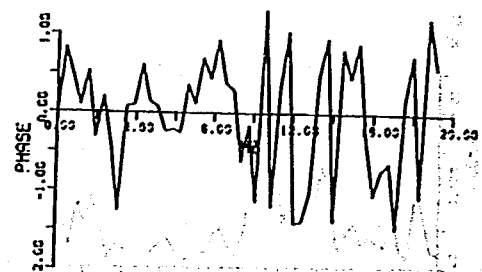
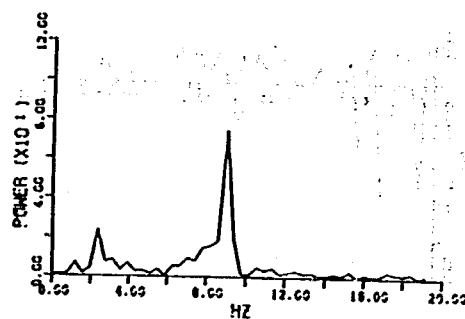
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK6 AND CPAX EXPERIMENT 24 IN 2



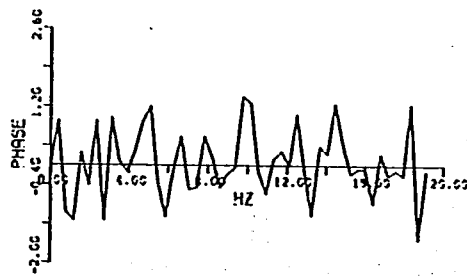
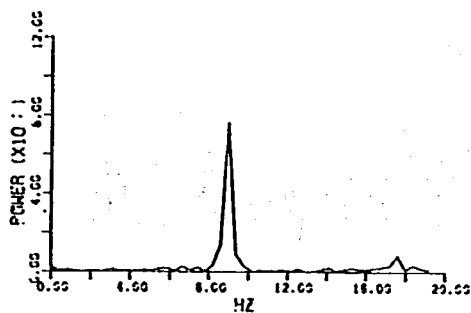
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK6 AND IDAZ EXPERIMENT 25 IN 2



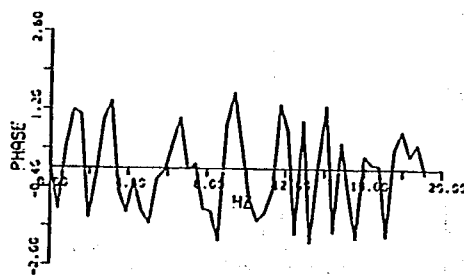
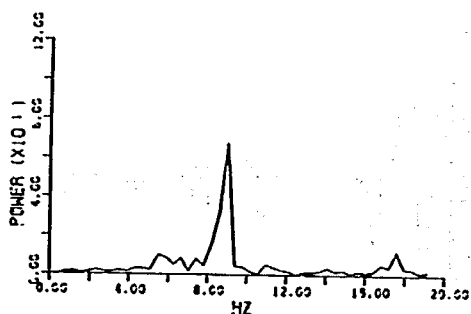
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK6 AND IDAZ EXPERIMENT 26 IN 2



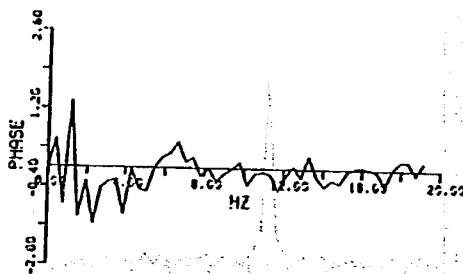
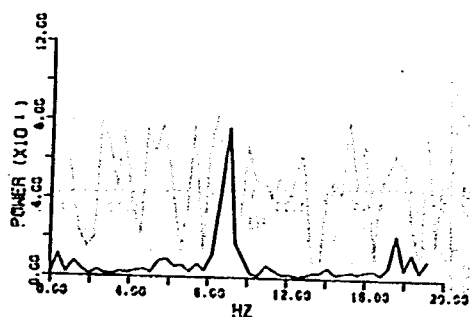
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK6 AND BLOZ EXPERIMENT 27 IN 2



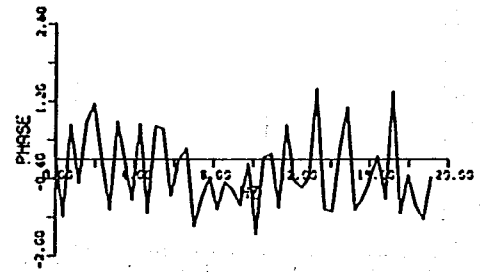
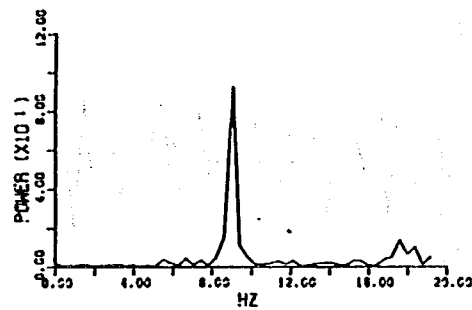
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRX4 AND SPKX EXPERIMENT 29 IN 2



AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRX4 AND SPKX EXPERIMENT 30 IN 2

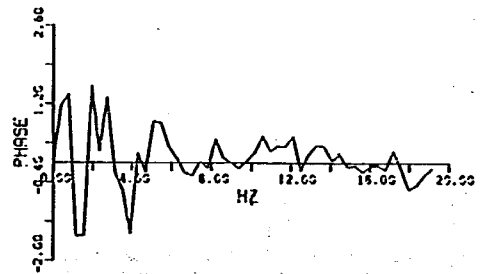
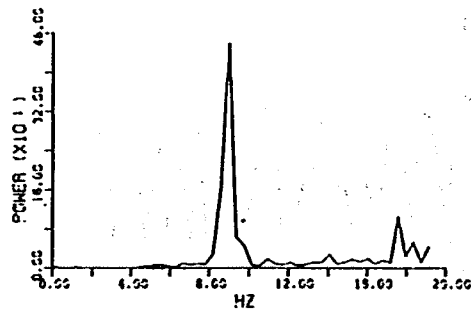


AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRX4 AND CRXZ EXPERIMENT 31 IN 2



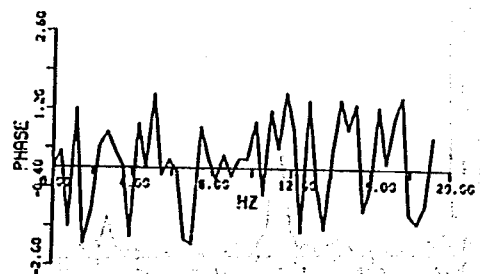
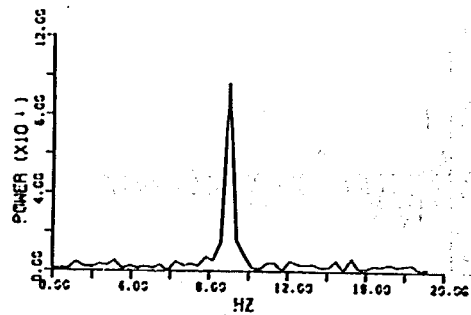
AUTO & CROSS POWER SPECTRA

TRX4 AND TORX EXPERIMENT 32 IN 2



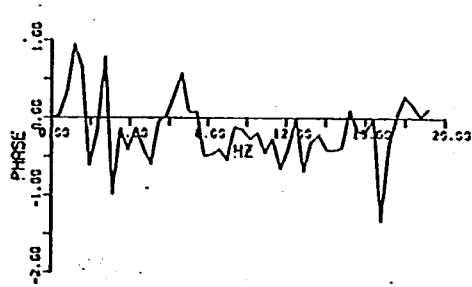
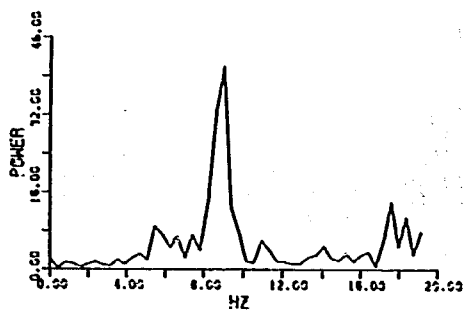
AUTO & CROSS POWER SPECTRA

TRX4 AND TORX EXPERIMENT 33 IN 2

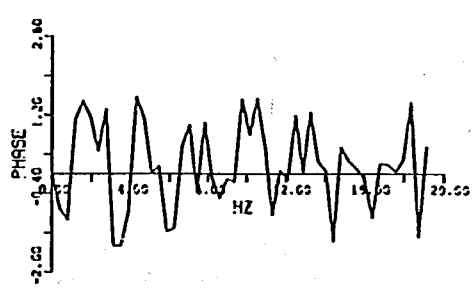
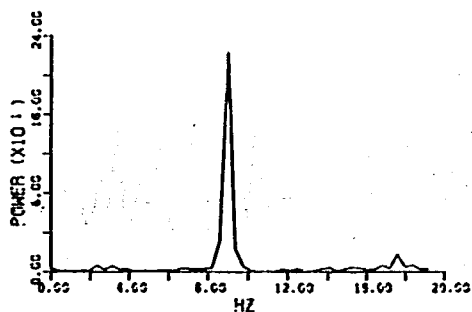


AUTO & CROSS POWER SPECTRA

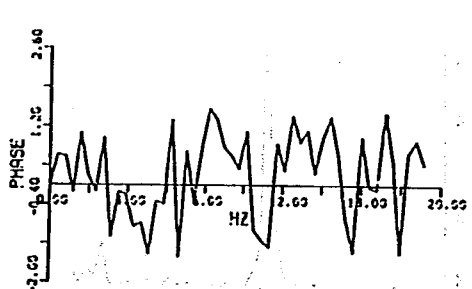
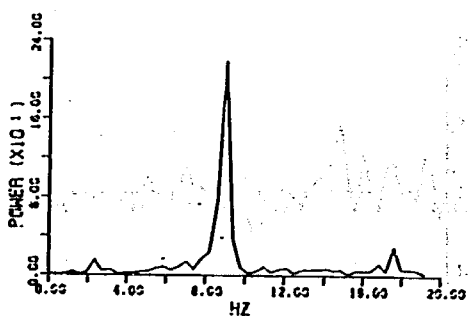
TRX4 AND BLOZ EXPERIMENT 34 IN 2



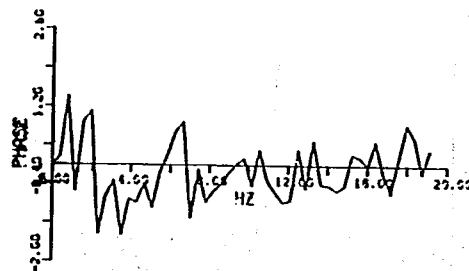
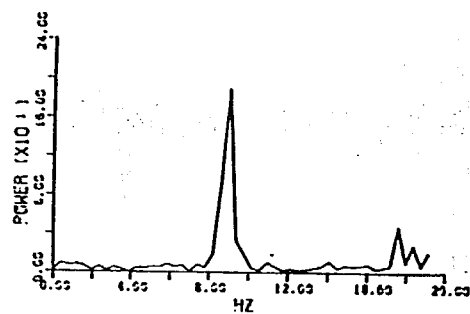
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK4 AND TRK6 EXPERIMENT 35 IN 2



AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK1 AND SPFX EXPERIMENT 37 IN 2

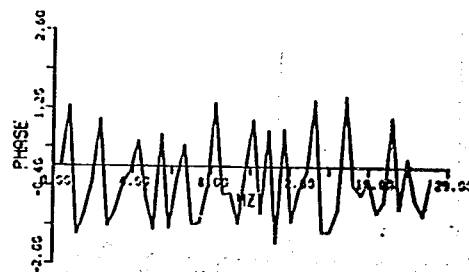
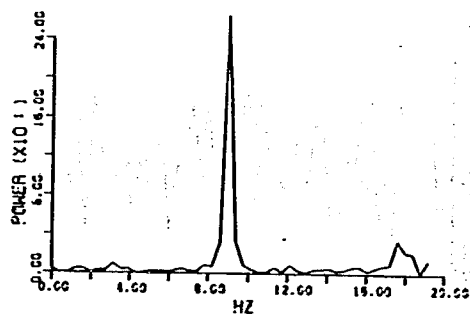


AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK1 AND SPKZ EXPERIMENT 38 IN 2



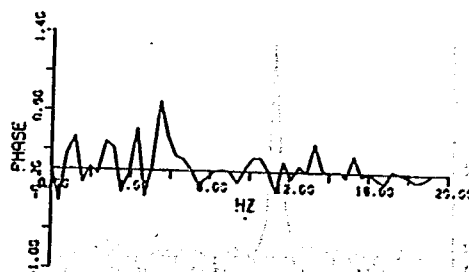
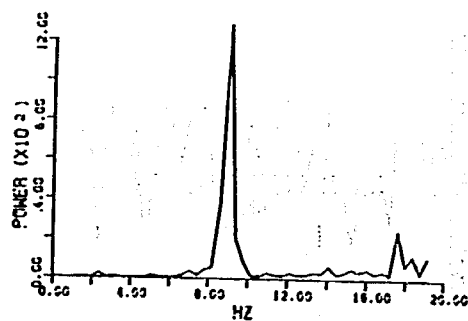
AUTO & CROSS POWER SPECTRA

TRX1 AND CRX2 EXPERIMENT 39 IN 2



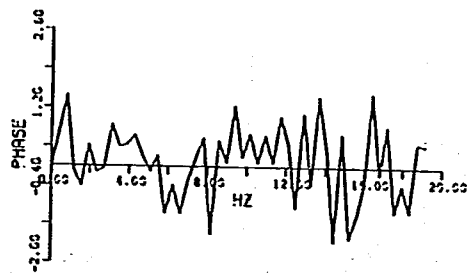
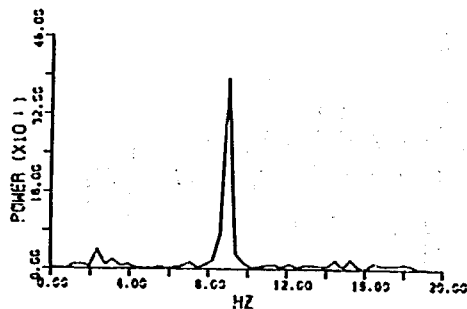
AUTO & CROSS POWER SPECTRA

TRX1 AND IORX EXPERIMENT 40 IN 2

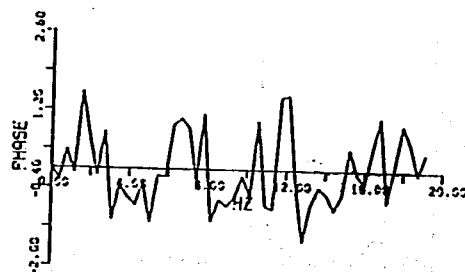
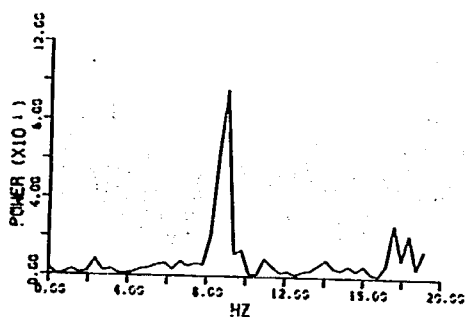


AUTO & CROSS POWER SPECTRA

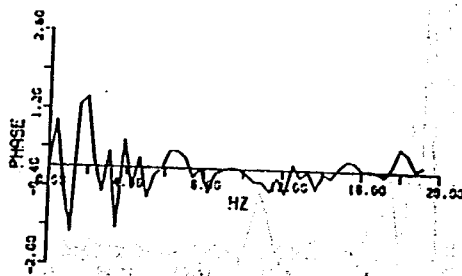
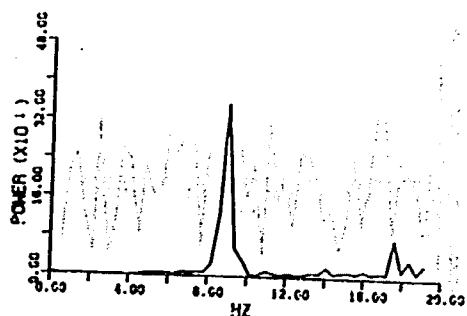
TRX1 AND IORX EXPERIMENT 41 IN 2



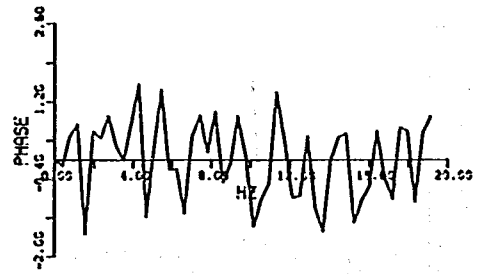
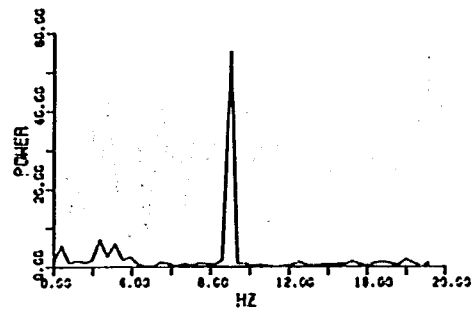
AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK1 AND BLOZ EXPERIMENT 42 IN 2



AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK1 AND TRK6 EXPERIMENT 43 IN 2

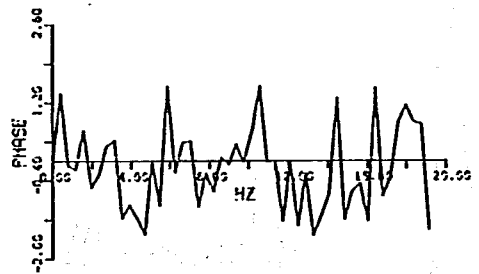
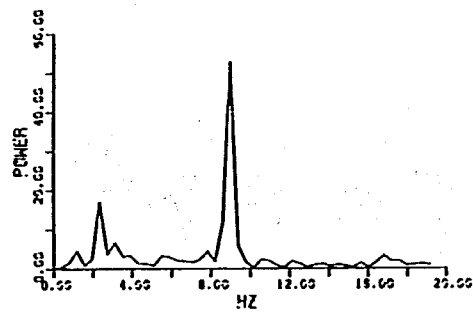


AUTO & CROSS POWER SPECTRA
TRK1 AND TRK4 EXPERIMENT 44 IN 2



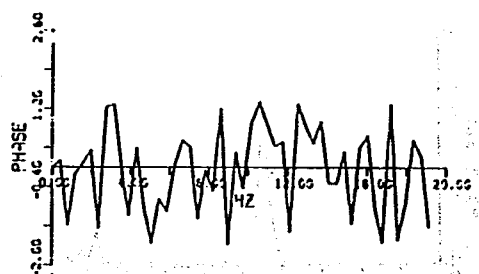
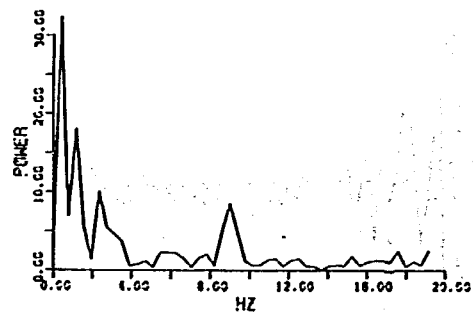
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT

SHTX AND SFAZ EXPERIMENT 46 IN 2



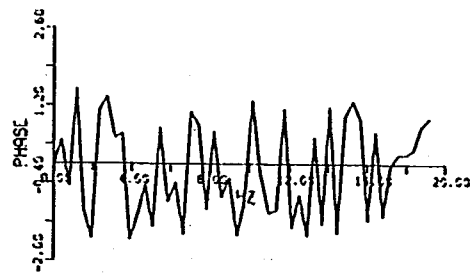
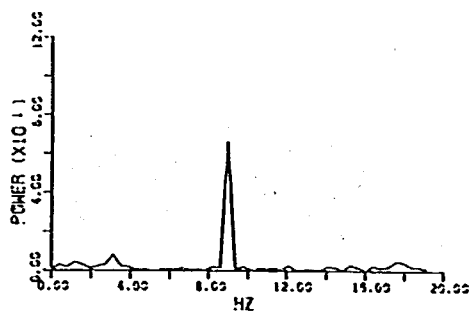
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT

SHTX AND SFAZ EXPERIMENT 47 IN 2

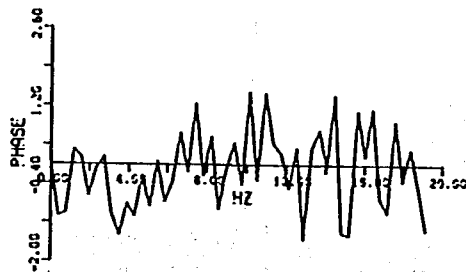
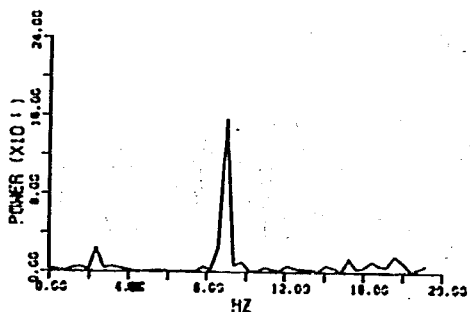


CROSS POWER SPECTRA IN/OUT

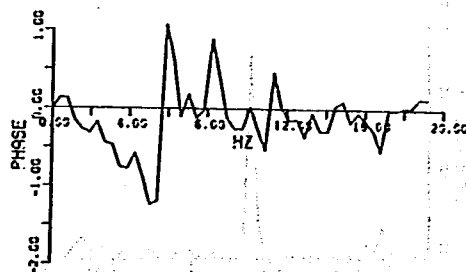
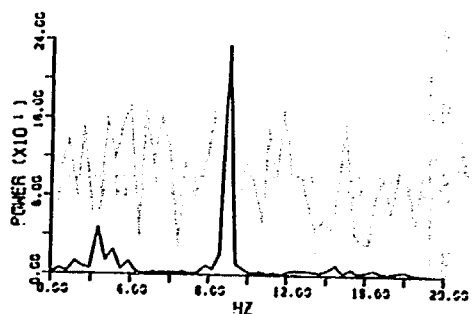
SHTX AND CRAZ EXPERIMENT 46 IN 2



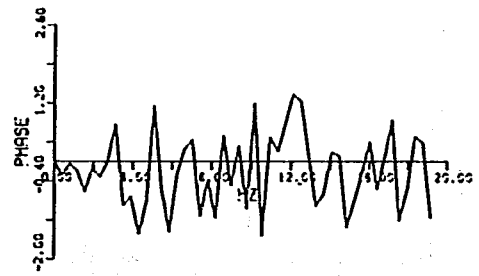
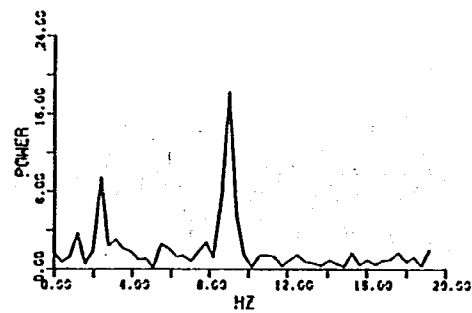
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHTX AND IDRX EXPERIMENT 43 IN 2



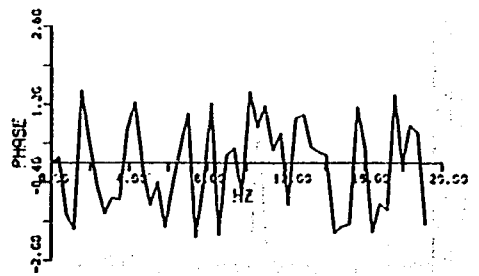
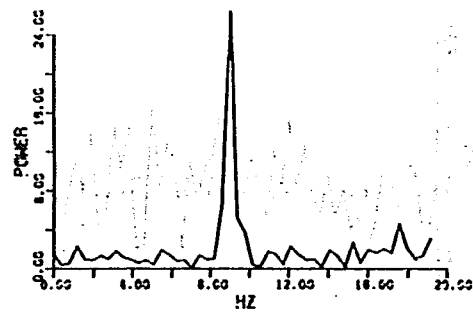
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHTX AND IDRX EXPERIMENT 50 IN 2



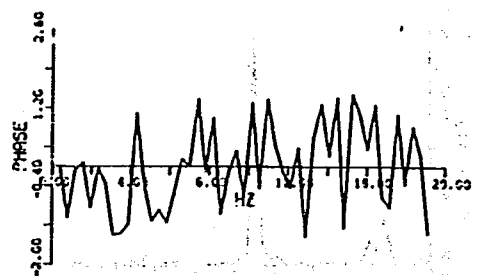
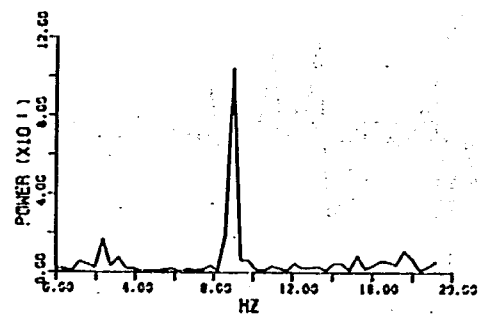
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHTX AND BLOZ EXPERIMENT 51 IN 2



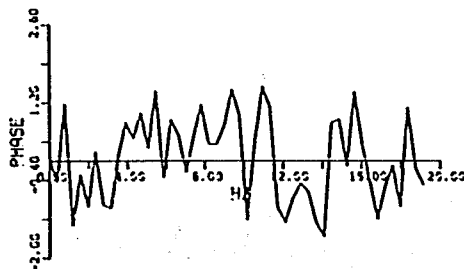
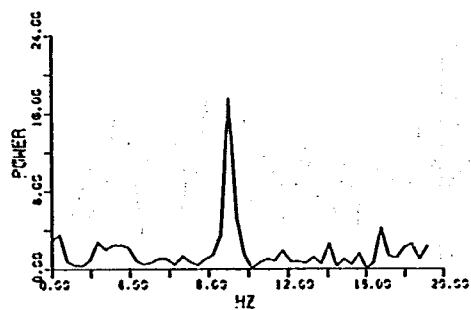
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIX AND TRIX EXPERIMENT 52 IN 2



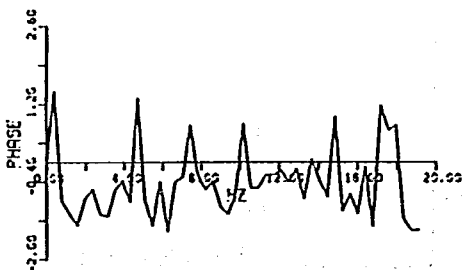
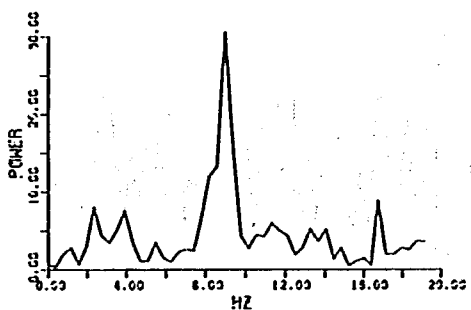
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIX AND TRIX EXPERIMENT 53 IN 2



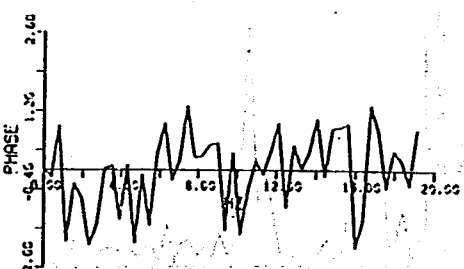
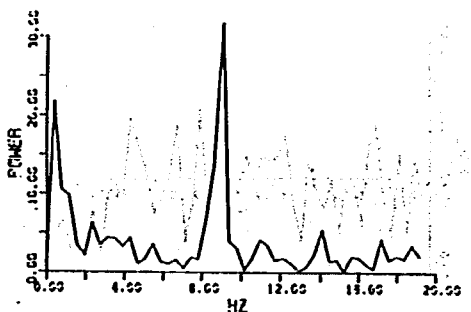
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIX AND TRIX EXPERIMENT 54 IN 2



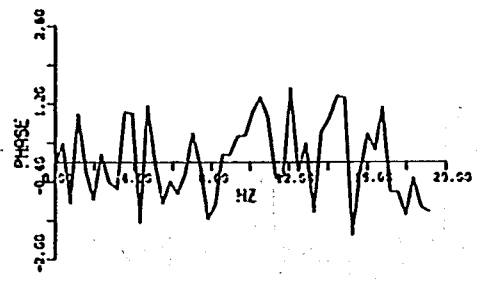
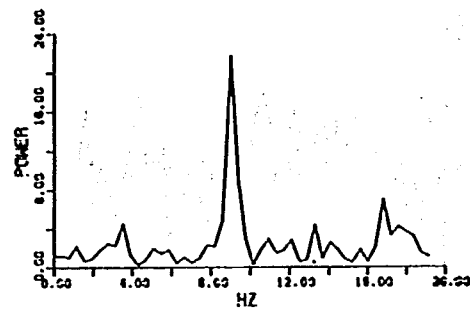
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHY AND SPKZ EXPERIMENT 55 IN 2



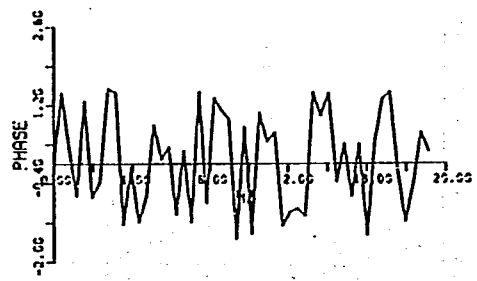
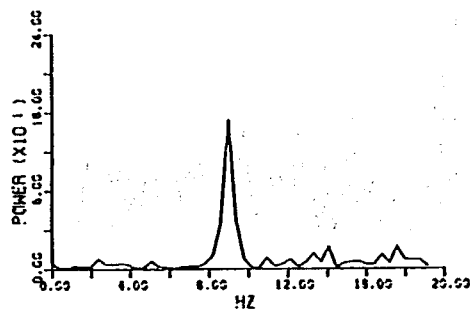
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHY AND SPKZ EXPERIMENT 56 IN 2



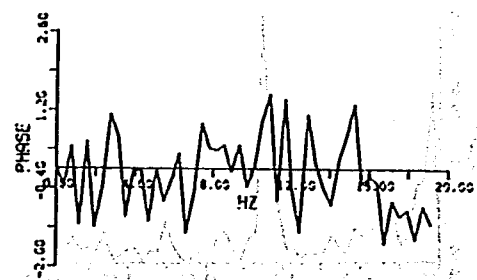
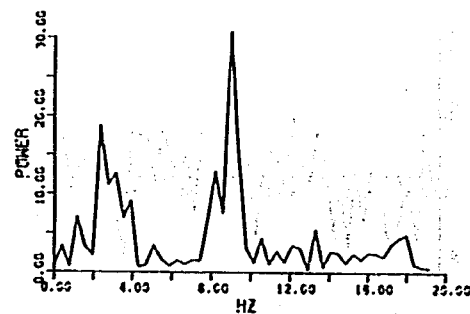
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHY AND CRKZ EXPERIMENT 57 IN 2



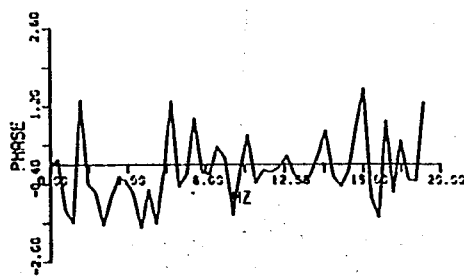
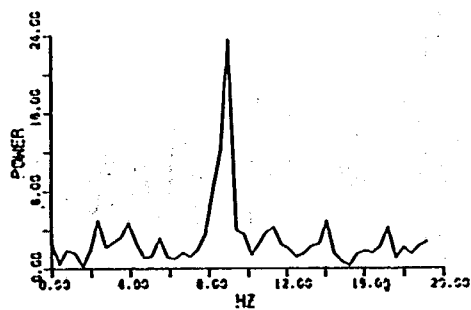
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHY AND IDAX EXPERIMENT 58 IN 2



CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHY AND IDAX EXPERIMENT 59 IN 2

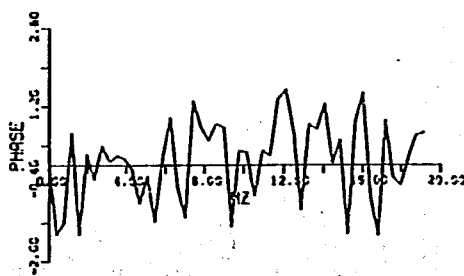
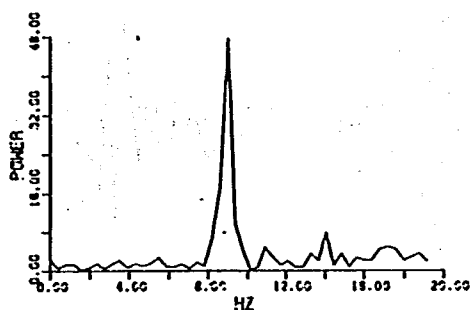


CROSS POWER SPECTRA IN/OUT (11 MRS)
SHY AND BLOZ EXPERIMENT 60 IN 2



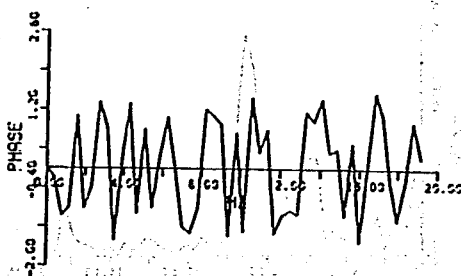
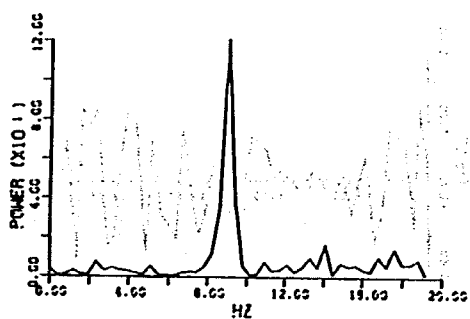
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT

SH1Y AND TRK6 EXPERIMENT 61 IN 2



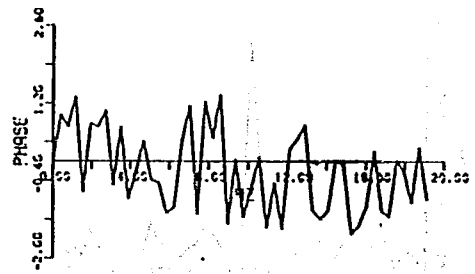
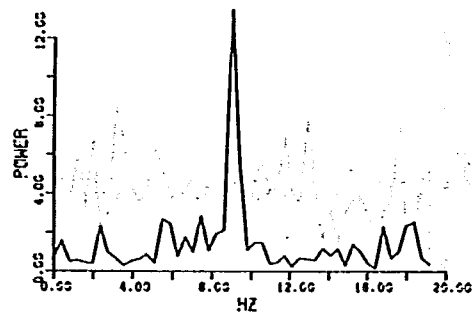
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT

SH1Y AND TRK4 EXPERIMENT 62 IN 2

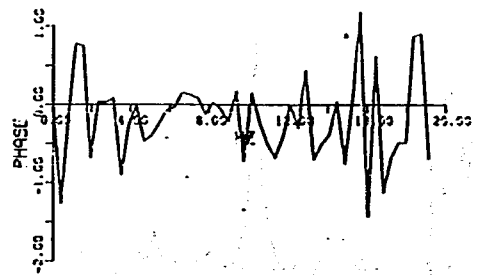
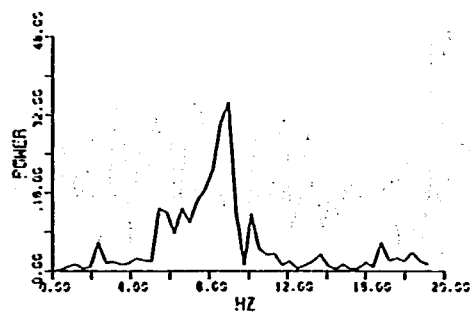


CROSS POWER SPECTRA IN/OUT

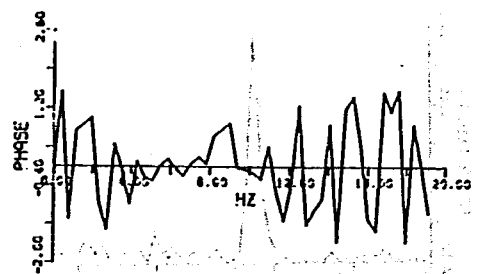
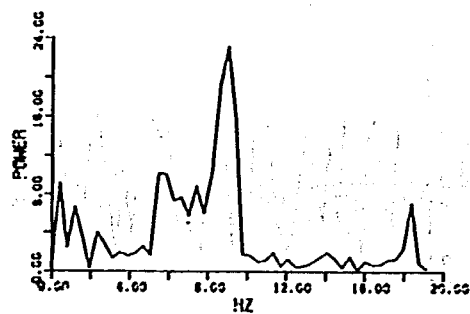
SH1Y AND TRK1 EXPERIMENT 63 IN 2



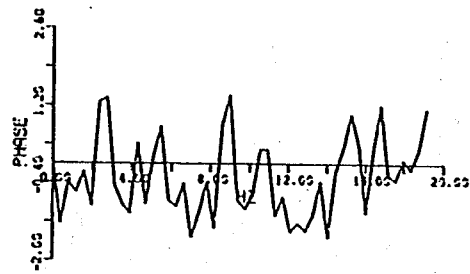
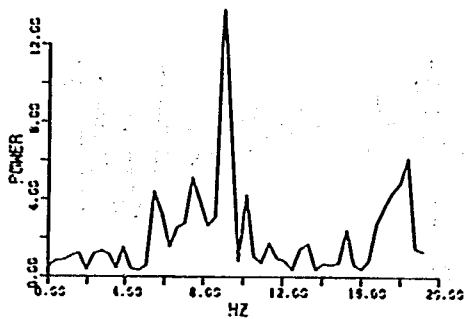
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND SPAX EXPERIMENT 64 IN 2



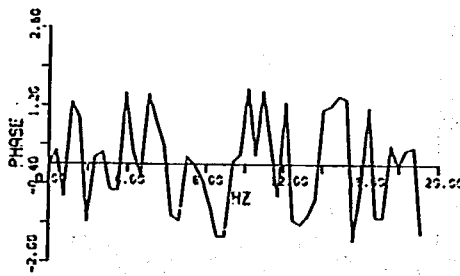
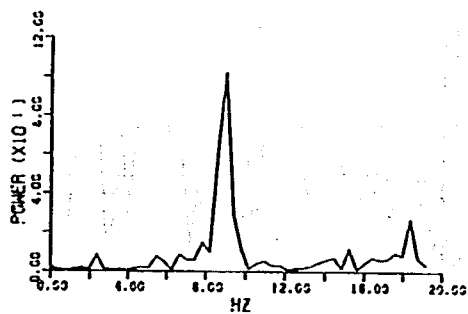
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND SPAX EXPERIMENT 65 IN 2



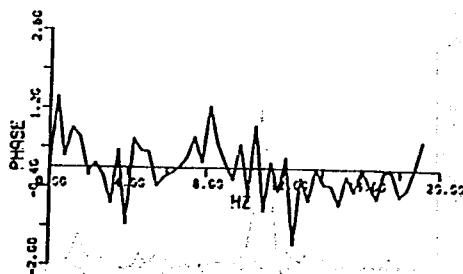
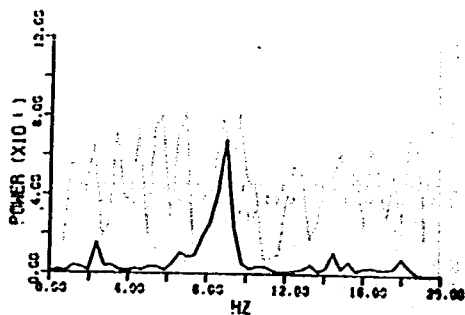
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND SPAX EXPERIMENT 66 IN 2



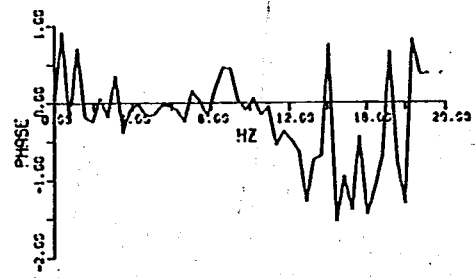
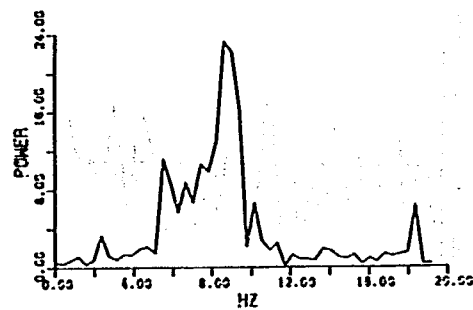
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND IDAX EXPERIMENT 67 IN 2



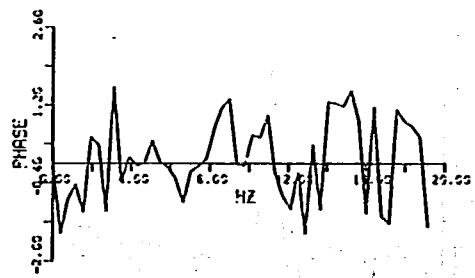
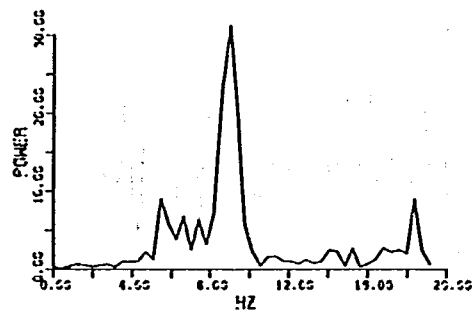
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND IDAZ EXPERIMENT 68 IN 2



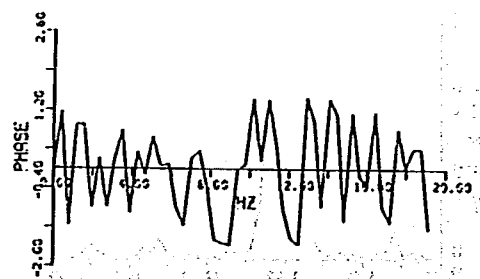
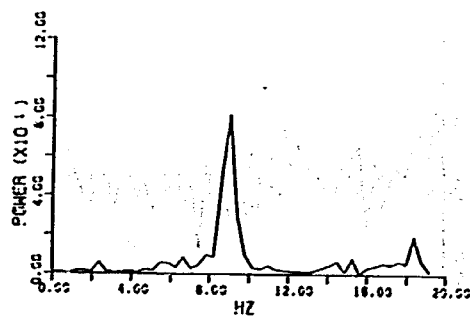
CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND BLOZ EXPERIMENT 69 IN 2



CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND TAK6 EXPERIMENT 70 IN 2

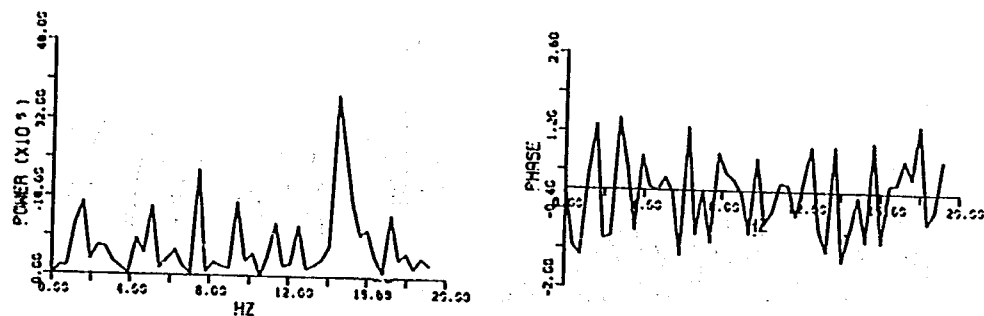


CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND TAK4 EXPERIMENT 71 IN 2

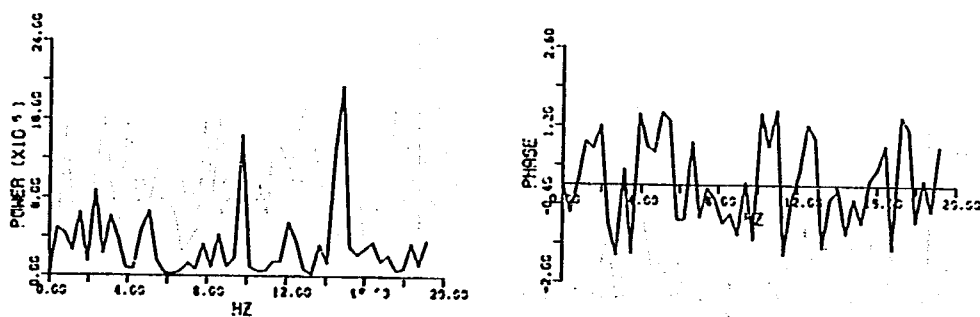


CROSS POWER SPECTRA IN/OUT
SHIZ AND TAK1 EXPERIMENT 72 IN 2

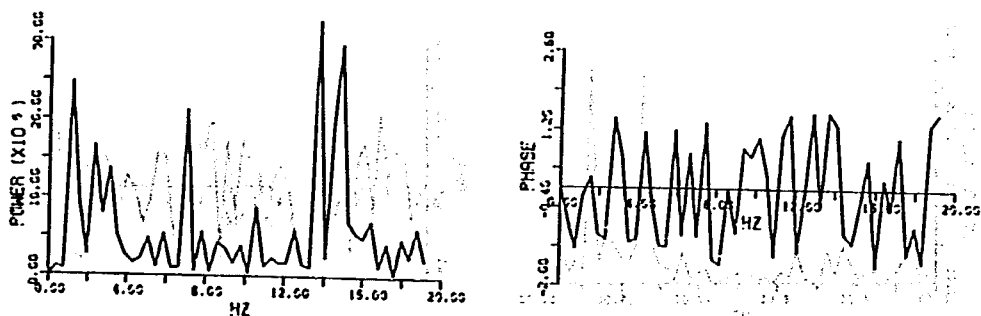
2. 条件 F 2H の座席取付部と振動発生源との周波数応答関数



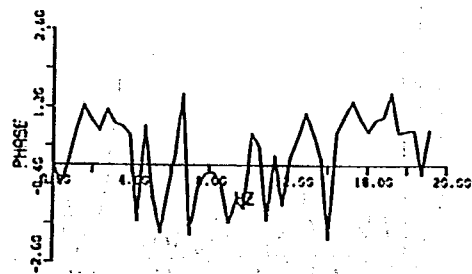
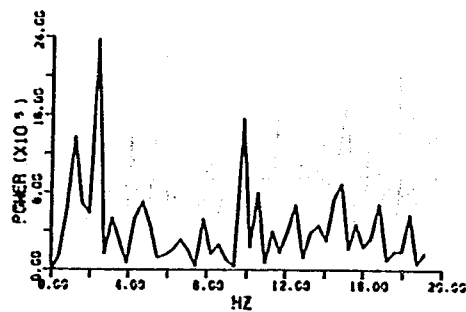
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIX AND SPFX EXPERIMENT 73 IN 2



FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIX AND SPFX EXPERIMENT 74 IN 2

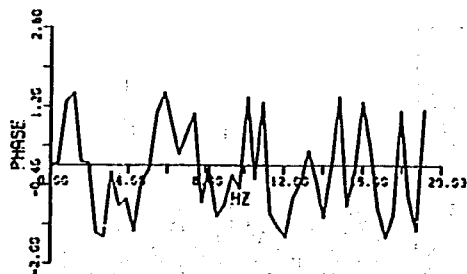
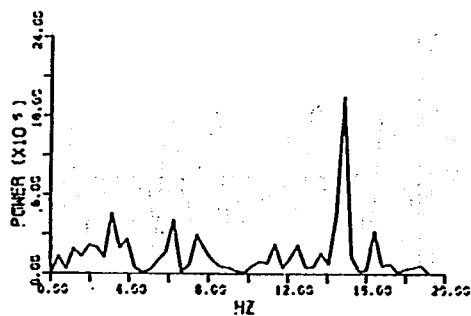


FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIX AND CPFX EXPERIMENT 75 IN 2



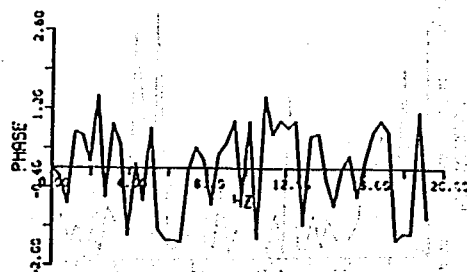
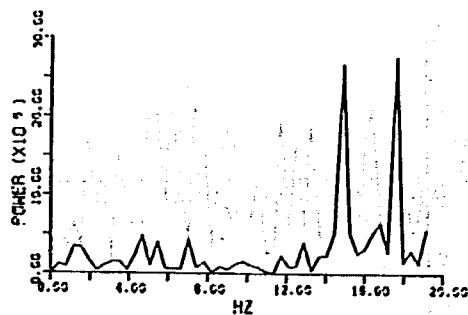
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

SHIX AND IDAZ EXPERIMENT 76 IN 2



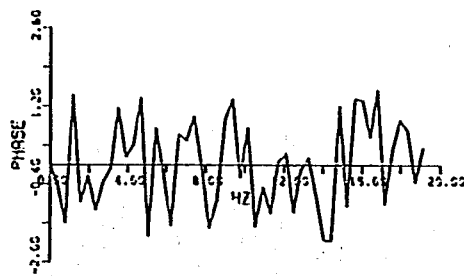
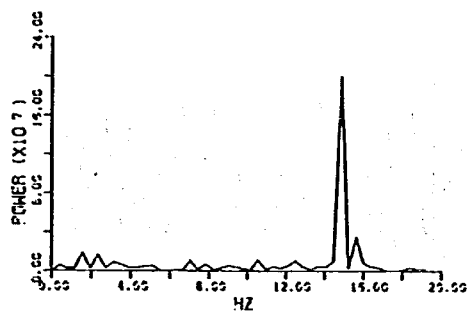
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

SHIX AND IDAZ EXPERIMENT 77 IN 2



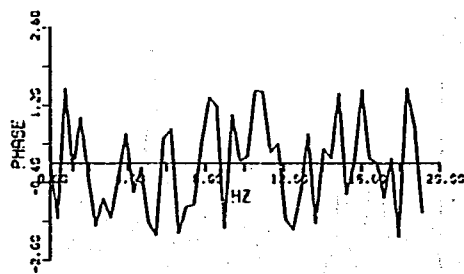
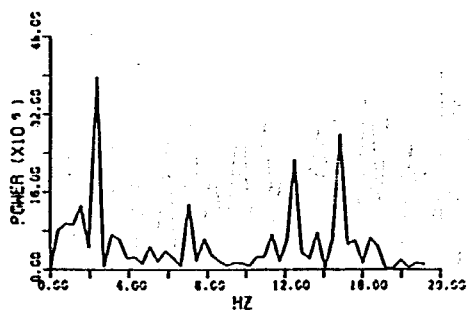
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

SHIX AND BLOZ EXPERIMENT 78 IN 2



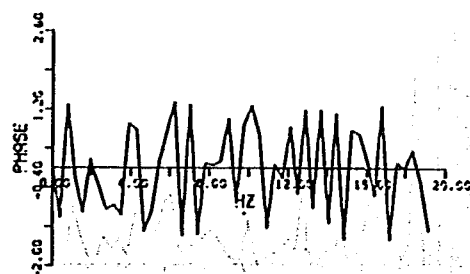
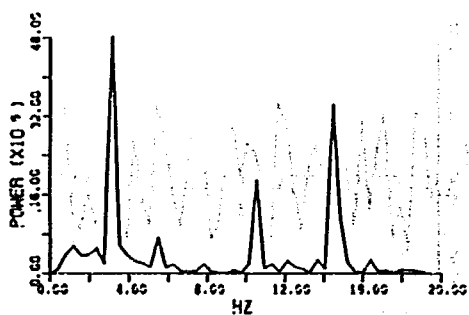
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

SHTX AND TRX6 EXPERIMENT 79 IN 2



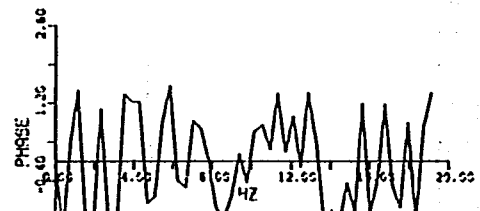
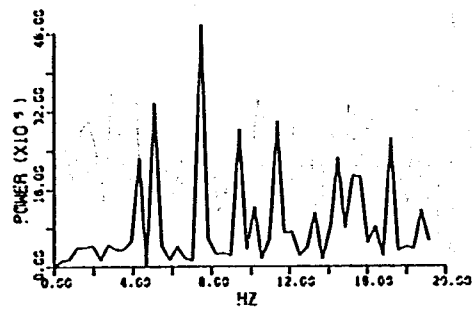
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

SHTX AND TRX4 EXPERIMENT 80 IN 2

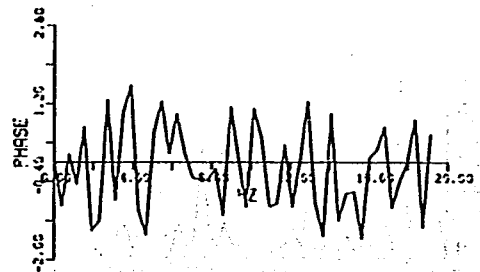
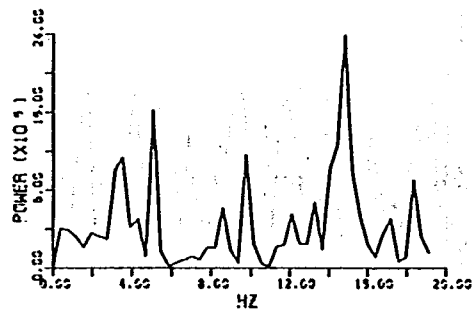


FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

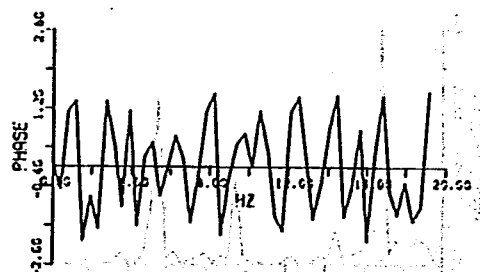
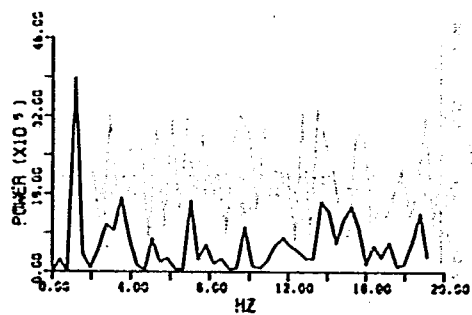
SHTX AND TRX1 EXPERIMENT 81 IN 2



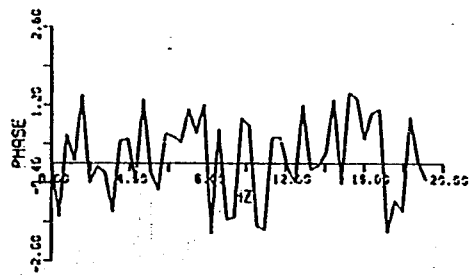
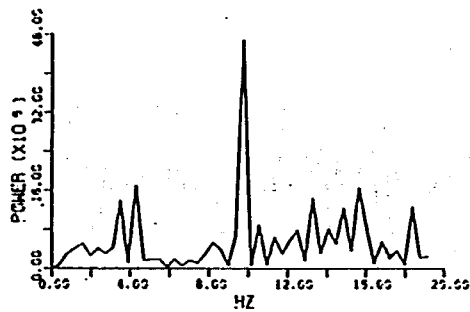
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SH1Y AND SFRX EXPERIMENT 82 IN 2



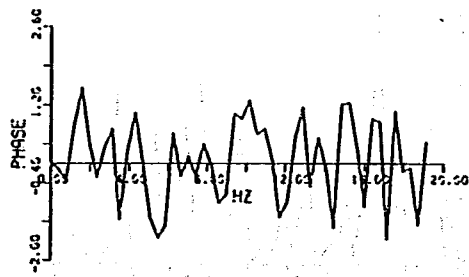
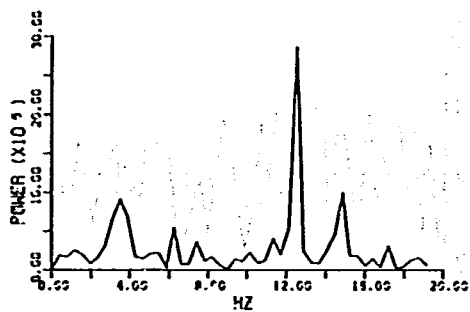
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SH1Y AND SFRX EXPERIMENT 83 IN 2



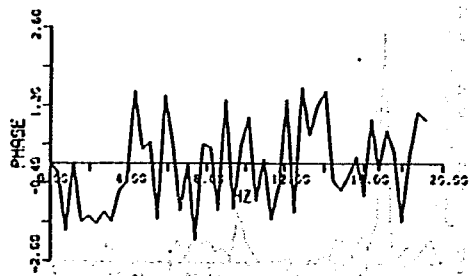
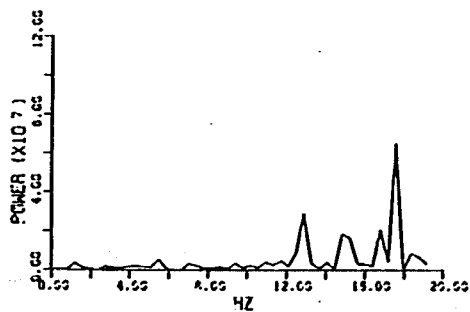
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SH1Y AND CP4Z EXPERIMENT 84 IN 2



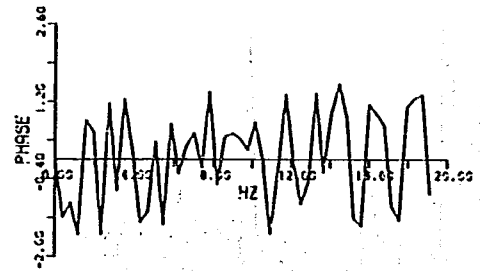
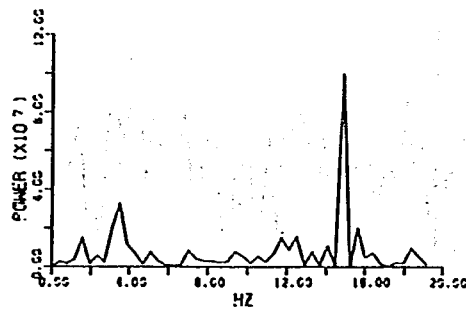
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SH1Y AND 10RX EXPERIMENT 85 IN 2



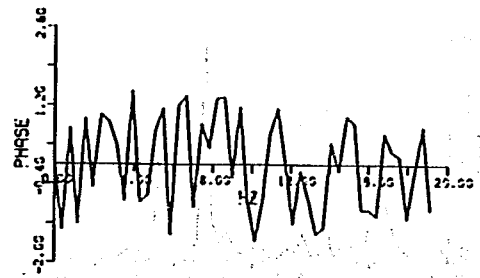
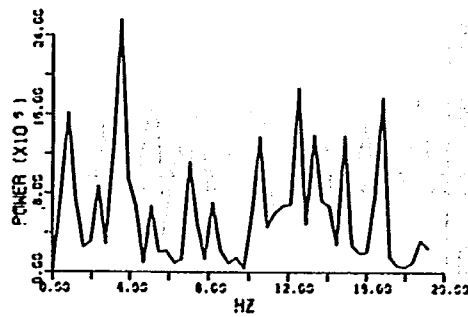
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SH1Y AND 10RX EXPERIMENT 85 IN 2



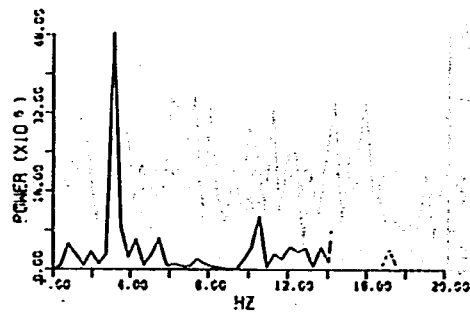
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SH1Y AND 6L0Z EXPERIMENT 87 IN 2



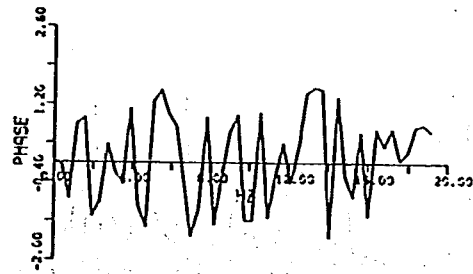
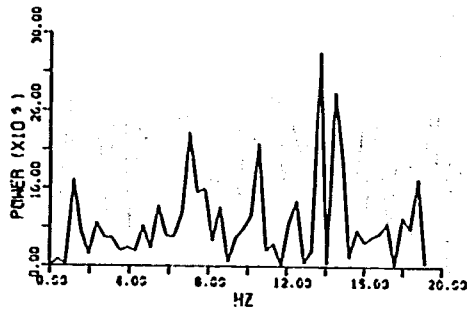
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHY AND TAXI EXPERIMENT 88 IN 2



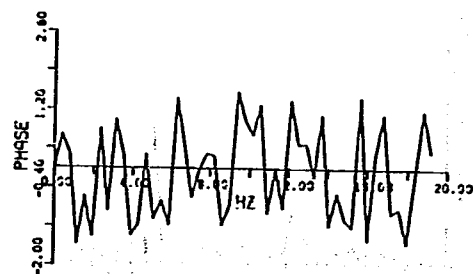
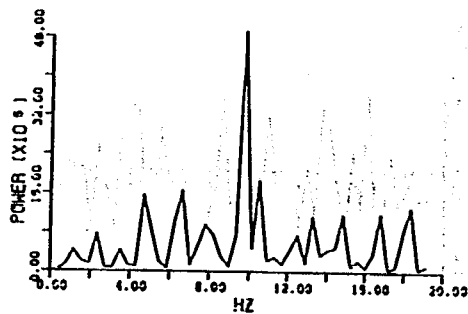
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHY AND TAXI EXPERIMENT 89 IN 2



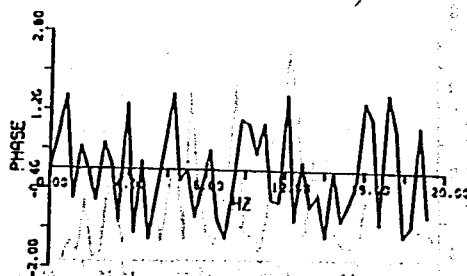
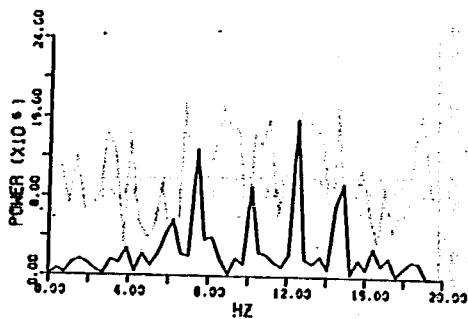
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHY AND TAXI EXPERIMENT 90 IN 2



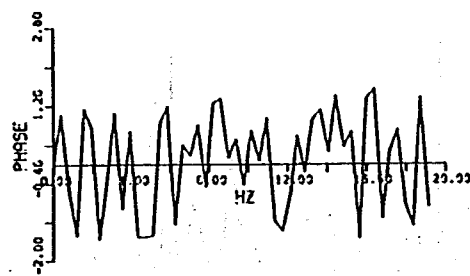
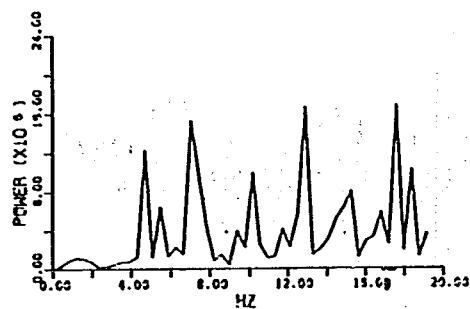
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIZ AND CARZ EXPERIMENT 93 IN 2



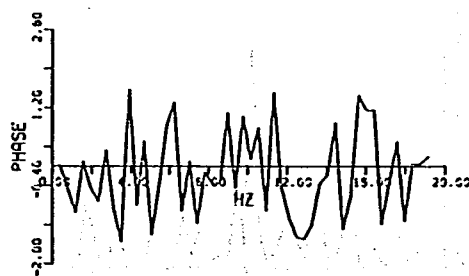
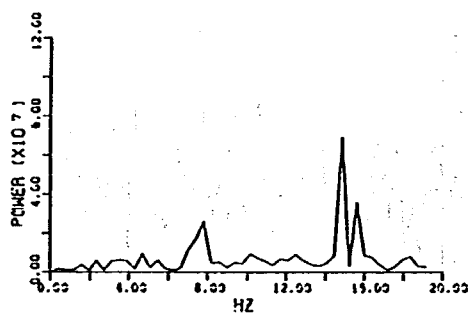
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIZ AND IDAZ EXPERIMENT 94 IN 2



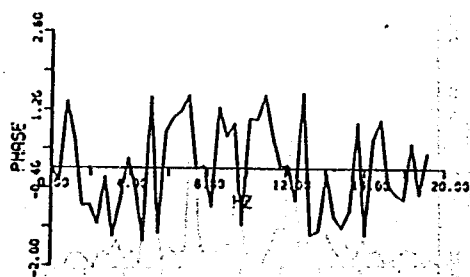
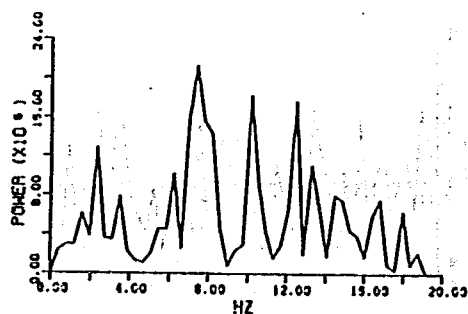
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIZ AND IDAZ EXPERIMENT 95 IN 2



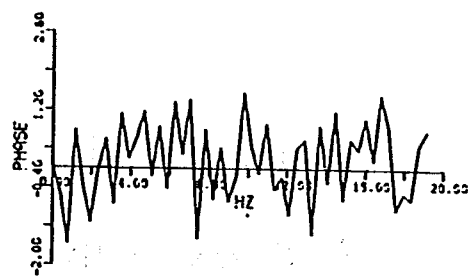
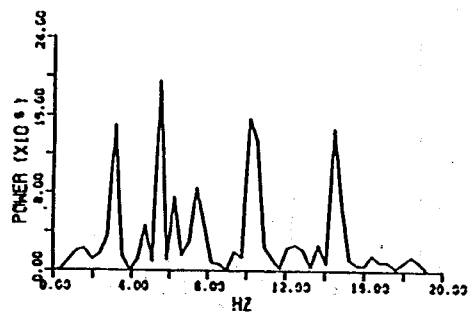
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIZ AND BLOZ EXPERIMENT 95 IN 2



FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIZ AND TAKS EXPERIMENT 97 IN 2



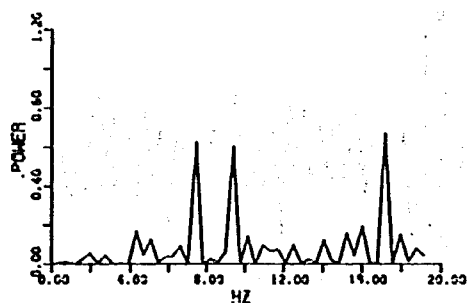
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION
SHIZ AND TAKS EXPERIMENT 98 IN 2



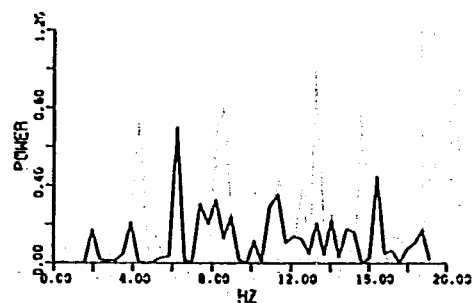
FREQUENCY RESPONSE FUNCTION

SHZ AND TAXI EXPERIMENT 99 IN 2

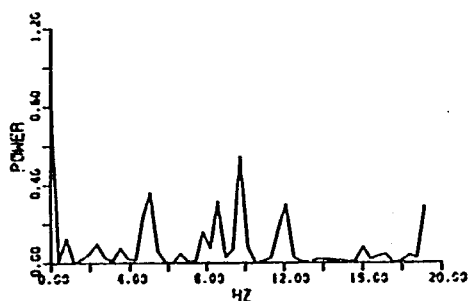
3. 条件F2Hの座席取付部と振動発生源との偏関連関数



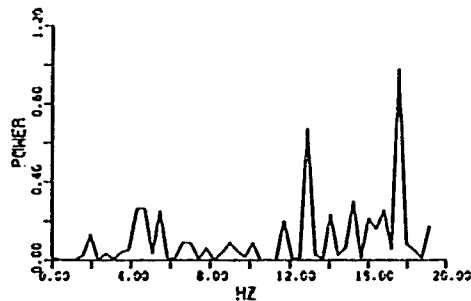
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND SPRX EXP



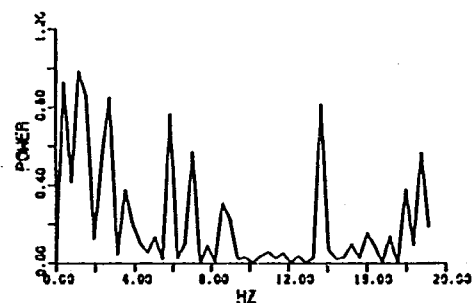
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND IORZ EXP



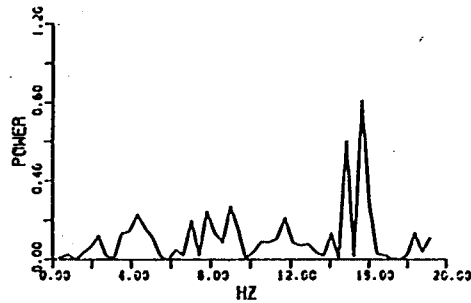
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND SPRZ EXP



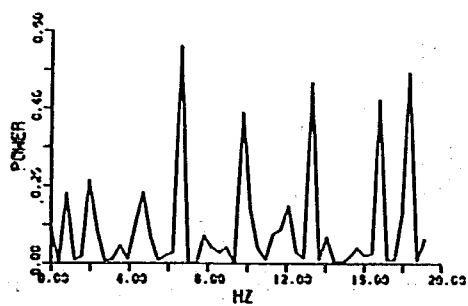
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND IORZ EXP



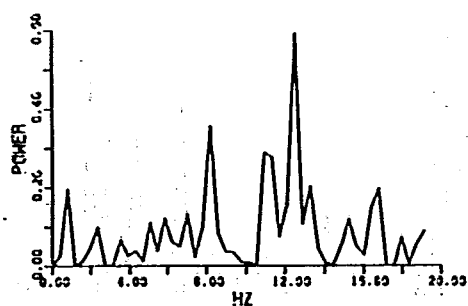
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND CRIZ EXP



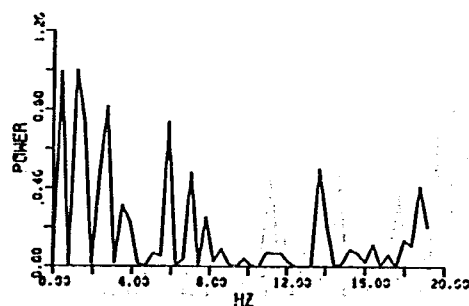
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND TAKS EXP



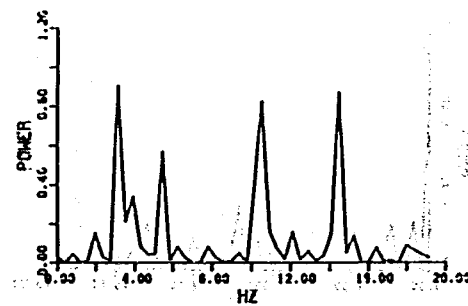
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND IDAX EXP



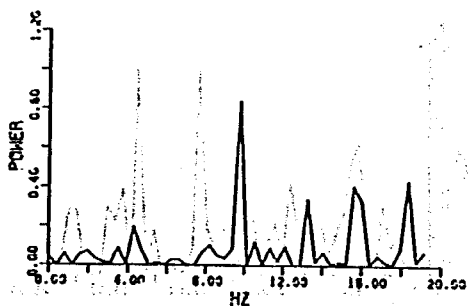
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND TRK1 EXP



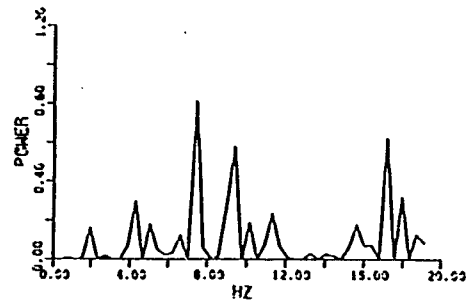
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND CRK2 EXP



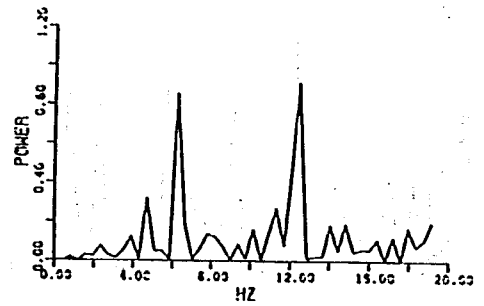
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND TRK1 EXP



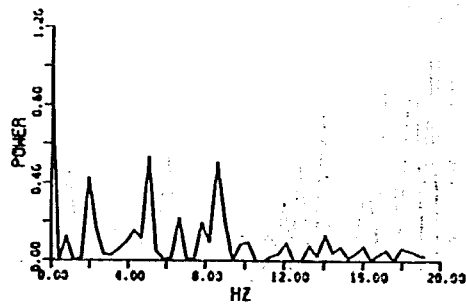
PARTIAL COHERENCE
SHTX AND IDAX EXP



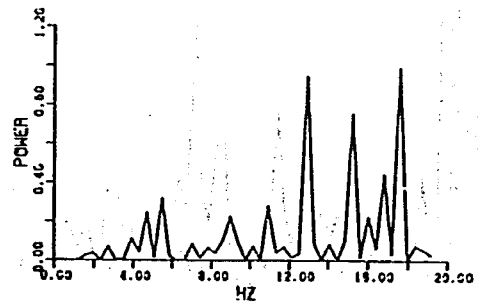
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND SPKX EXP



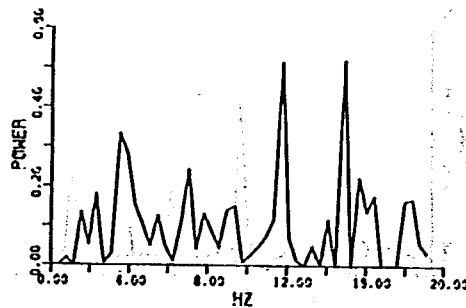
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND IDKX EXP



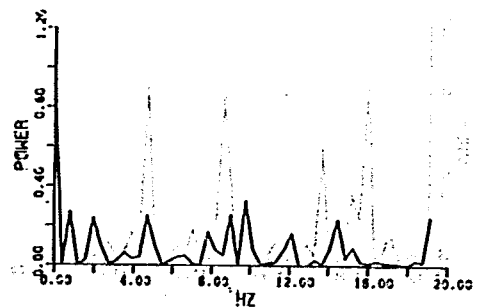
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND SPKZ EXP



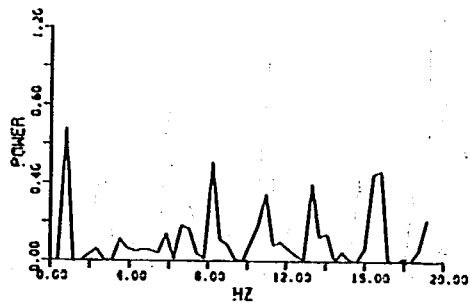
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND BLOZ EXP



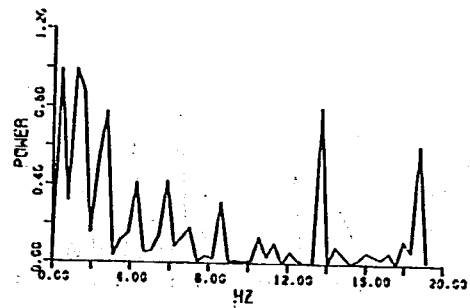
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND TRKX EXP



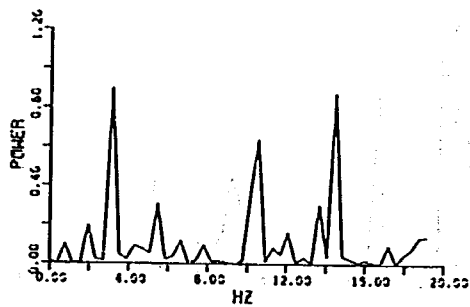
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND SPKZ EXP



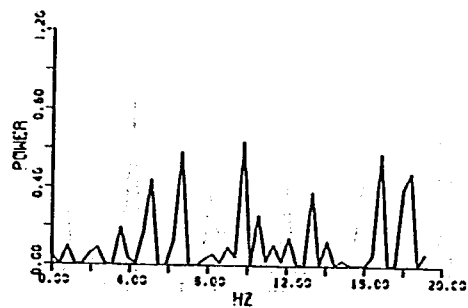
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND TAX4 EXF



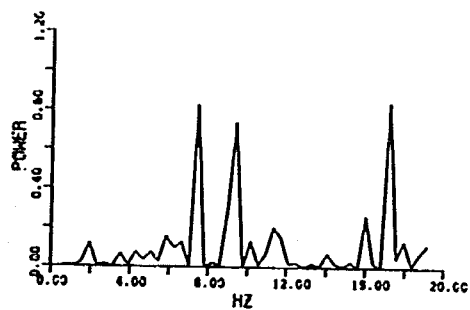
PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND CRAZ EXF



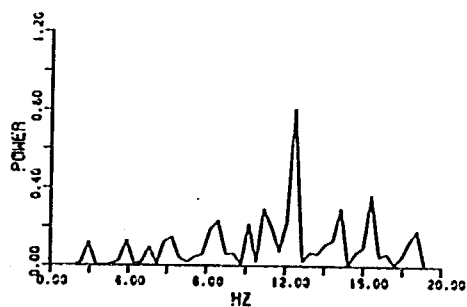
PARTIAL COHERENCE
SHTY AND TAX1 EXF



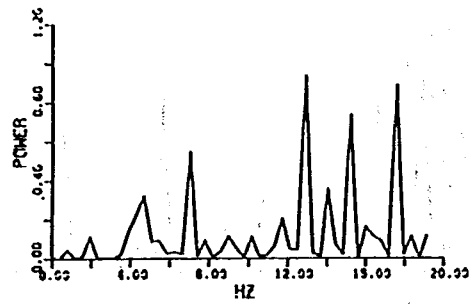
PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND TAX EXF



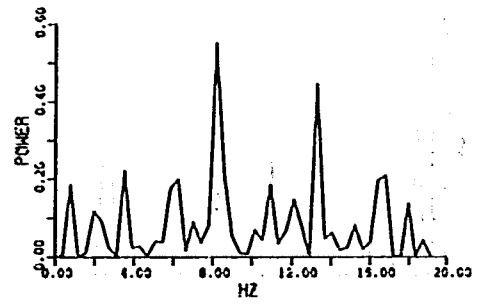
PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND SPAX EXF



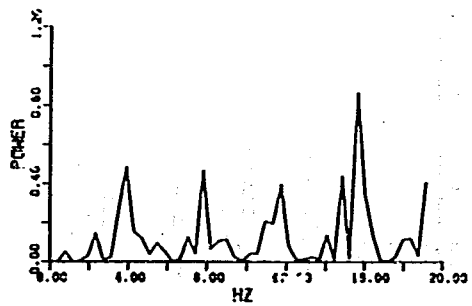
PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND IDAZ EXF



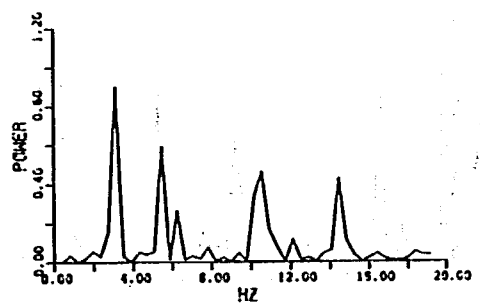
PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND BLOZ EXP



PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND TRK4 EXP



PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND TRK6 EXP



PARTIAL COHERENCE
SHTZ AND TRK1 EXP

建設機械の振動対策に関する調査試験
(第3報)

—ブルドーザの振動発生機構—

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第2088号

昭和59年3月 (1984年)

建設省土木研究所機械研究室

伊藤豪誠, 境 友昭, 多田和弘, 豊田 実

キーワード: ブルドーザ, 車体振動, 寄与率, パワースペクトル

要 旨

本調査は、ブルドーザの走行時における振動発生要因の机上検討を行ない、それをもとに実機による走行時の足まわり及び座席取付部の振動加速度を測定し、各部の性状を明らかにするとともに座席取付部に対する各振動発生源の振動寄与率を統計的に解析した。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

いは40
つて円
下手切
さを手

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

機械研究室行

No.

配布先氏名

配布先住所

No.146





土木研究所資料 第2088号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

