

624.131 : 624.159.1

大型耐震実験装置基礎補強工事

(補強工事概要と基礎振動応答測定)

箕輪親宏*・大八木規夫*・小川信行**・大谷圭一***

防災科学技術研究所

Response Data of Large-Scale Shaking Table Foundation During Improvement Works

by

Chikahiro Minowa*, Norio Ohyagi*, Nobuyuki Ogawa**, Keiichi Ohtani***

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

Abstract

This paper describes the experimental study on soil-structure interaction. The experiments are made using a large-scale shaking table foundation of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention in Tsukuba city. This shaking table foundation was constructed in 1969. The dynamic characteristics of this foundation have been reported in the REVIEW FOR DISASTER PREVENTION No. 28. In 1988, the limit performance of this shaking table was improved. Just after this improvement, the reinforcement works of this foundation began. During the reinforcement works, the embedded conditions, the foundation shapes and the weight are changed. The shaking table can be operated in the course of the improvement works. Therefore, the measurements of foundation and surrounding soil responses under the works are conducted. By this reinforcement works, the foundation weight was increased about 3000ton. The old weight was of about 8700ton, and the new weight was of about 11700ton. This review describes the reinforcement works and presents the data measured.

Key words: Soil Structure Interaction, Dynamic Test of Actual Structure,
Embedded Foundation, Shaking Table Foundation

キーワード: 地盤と基礎の動的相互作用, 実物振動実験, 埋め込み基礎, 振動台基礎

*防災総合研究部 **同部耐震工学研究室室長 ***同部地震火山研究室室長

要 旨

防災科学技術研究所大型耐震実験装置の機械系は昭和63年度(1988年)更新された。この機械系更新に引き続き平成元年度(1989年)に大型耐震実験装置基礎が補強されることになった。本データはこの補強工事の概要と工事による基礎形状変化に合わせて行われた基礎と地盤の振動応答の測定データを示したものである。なお、Appendix3に基礎制振のために考案した基礎振動吸収法を示した。

目 次

1.はじめに	2
2.振動台基礎概要	2
3.基礎補強工事概要	3
4.基礎応答測定・加振方法	4
5.測定結果	4
6.測定結果の比較	5
7.基礎補強工事の効果	7
8.基礎変形	7
9.あとがき	8
Appendix 1 衝撃応答波形	52
Appendix 2 共振曲線	83
Appendix 3 連続可変ばねを用いたダイナミックダンパーによる基礎振動吸収法	131

1.はじめに

地盤と構造物の動的相互作用に関する実験は数多く行われており、その規模はますます大型化している。しかし、10000tonを越える基礎を用いた実験は少ない。防災科学技術研究所(筑波)大型振動台は、1970年の完成以来、振動台を基礎の起振機とした実験を行い、地盤と基礎の動的相互作用の研究に数多くのデータを提供してきた。

1988年12月、この大型振動台が更新され、その性能が大幅に改善された。この更新工事に引き続き、1989年7月から1989年3月まで基礎補強工事が行われることになった。この補強工事は、振動台を加振できる状態で行われるため、補強工事による基礎形状変化に合わせた基礎と周辺地盤の振動台加振測定を実施することとした。

なお、基礎補強の方法については様々な議論がなされ、結局、基礎重量を増加させる方法に落ちついた。議論の中で生まれた振動台基礎補強の方法の一つに「連続可変ばねを用いたダイナミックダンパーによる基礎振動吸収法」があった。残念ながら実現に至らなかつたが、機械振動関係の方の強い関心を引いた。Appendixとしてこの基礎振動の吸収法についても示した。

2. 振動台基礎概要

補強前の防災科学技術研究所大型振動台基礎はFigure 1に示すようにフーチング基礎で底面39m(加振方向=東西方向)×25m(加振直角方向=南北方向), 高さ8.2mで地中に埋め込まれている。加振方向の39mの幅は, 両端部幅6.5mはフーチングで地中に埋もれており, その内側幅6.5mは振動台加振機の反力を受ける壁であり, 中央部の幅13mは上下加振機(1988年の更新工事で撤去)ならびに加振台支持機構のためのピットになっている。加振直角方向の25mは前述フーチング部と壁部の両端部幅4.5mは, 加振方向同様, フーチングで地中に埋もれており, 前述ピット部の南側幅4.5mは同様にフーチングで地中に埋まっている。基礎上には約200tonの鉄骨建物が建てられており, 基礎北側に接して振動台メインテナンス用のピットがあり, 振動台基礎北側は大きく開いている。基礎形状はFigure 2に示すように複雑である。

昭和43年および昭和48年に行った地盤調査から推定された地盤状況をFigure 3に示す。基礎底面が位置する地表下8.2mの層は締まった砂層である(参考文献1)。

3. 基礎補強工事概要

今回の基礎補強工事は振動台基礎の建物外側に張り出しており, かつ地中に埋もれているフーチング部を堀り出し, そのフーチング上にコンクリートを増し打ちする工事である。建物内部についてはいっさい工事を行わず, 建物内部では実験が行われた。根切りはFigure 4の平面図のように行なった。シートパイルは深さ11mまで打ち込まれ, 根切り深さは地表面下7.5mまで行った。腹起しあは地表下1mと4mの位置に回されており, 両端は基礎バットレスにボルトで固定され, さらにアースアンカーでシートパイルを補強した。基礎の四隅のフーチング部は今回の工事では補強されないため, 内部フーチングの上にある土砂がシートパイル低部のフーチング面との隙間から漏れるのを防ぐため1カ所約30ton(4箇所で120ton)の土をフーチング上に残した。コンクリートを増し打ちした所は, 堀り出した東西フーチング部のバットレスに挟まれた部分である(Figure 2参照)。コンクリートは3回に分けて打設された。基礎重量(コンクリートのみで, フーチング上の土は含まない)は約8700ton, 補強工事で両側合わせて1249m³のコンクリート(比重:2.28)を打設し, 工事後の基礎重量は使用鉄筋重量42tonを合わせ約2900ton増加し, 11600tonとなる。埋め戻しあは掘削土を用いて行った。コンクリートを増し打ちしなかった建物の外のフーチング部は従来どうり埋め戻された。埋め戻し土のS波の速度は板叩きによる調査によれば約40m/secであった。Photo 1~9に補強工事中の写真を示す。シートパイルは埋め戻し後, 引き抜かれた。

なお, 本工事計画段階で工事による振動台基礎の変形の恐れが指摘された。振動台支持機

構を成す静圧軸受とガイドであるローラーベアリングが傾斜にして1/100000程度の精度を要求するため、僅かな基礎変形も許すことができない。このため、基礎変形を工事中に測定したが、無負荷加振を行える精度範囲に工事期間を通して収まっていた。

4. 基礎応答測定・加振方法

基礎応答測定は、Figure 4に示すように、工事着工直前（第1回、1989/7/18）、基礎掘出時（第2回、9/28）、コンクリート増し打ち時（第3回、12/7）、半埋め戻し時（第4回、12/18）、全埋め戻しシートパイル引き抜き前（第5回、12/27）、それに工事終了後（第6回、1990/7/31）の計6回、行われた。

基礎・地盤の振動測定は速度帰還型加速度計（東京測振 SAタイプ）、変位型常時微動計（振動技研、TAタイプ）を用いて行われた。さらに基礎については変位帰還型加速度計（日本航空電子、MA101）、土圧計（共和電業、BE-2KR）を用いて測定を行った。これらセンサーの取り付け状況をPHOTO 10～16に示す。振動台については、起振力に当たる加振機差圧、加速度、速度、変位を記録した。データの収録はデジタル方式であり、A/D変換器は16ビット、200Hzのサンプリング周波数である。データは光で収録機に送られ、MTに記録された。データは収録機からGPIBでパソコンの磁気ディスクに吸い上げられ、解析された。測定チャンネル数は30～59である。振動台加振に用いた波形は正弦波（連続スイープ、ステップスイープ、100GAL, 200GAL, 500GAL, 1Hz～43Hz, 適宜選択）、変位ステップ波（low level約2mm, middle level約5mm, high level約8mm）である。第6回については変位三角波の加振も行った。変位ステップ波を入力すると振動台速度応答がインパルス的になり、変位三角波を入力すると振動台加速度応答（加振力）がインパルス的になる。振動台入力に用いた正弦波の振動数設定はシンセサイザーで行っており、振動数の設定精度は6桁が保証されている。この設定振動数でフーリエ解析し加振成分の振幅と位相を取りだし、共振曲線を描いている。なお、共振曲線を描くに当たり、変位型常時微動計（M）についてはセンサーの特性補正を行った。ただし、この他については、補正を行っていない。

Figure 5に加振・測定システム図を、Figure 6～11に測定点位置を、Table. 1～6に各回の測定表を、Table. 7にセンサー・アンプ対応表を示す。Photo 10～16にセンサーの取付ならびに設置状況を示す。

5. 測定結果

各回の測定について、変位ステップ波加振の波形をAppendix 1に、ステップスイープ加振の共振曲線をAppendix 2に示す。なお第6回目の測定については変位三角波加振の波形も示

す。変位ステップ加振、変位三角波加振に付いては、右たたきと左たたきで振動台加速度波形に僅かな相違が見られたので、両たたきケースについて示した。測定点についてはTable. 1~6ならびにFigure 6~11に示してある。

6. 測定結果の比較

今度の6回の基礎測定結果と以前の測定結果の共振曲線について相互比較を行う。なお、基礎応答の振動台加振レベルによる変化については、第1回と第6回についてステップスイープの加振レベルを2段階で行い、その相違を見たがFigure 12, 13に示すように加振レベルによる非線形性はない見なせる。

6.1 1973年測定と第1回測定結果の比較

1973年にこの振動台基礎の測定を行っている。そのとき振動台に約380tonの砂箱を載せ、加振力を大きくした測定も行った。ただし、その時の測定に於いては、振動台加振機に差圧計がついておらず、加振力を振動台合計負荷質量に振動台加速度を乗じて算出した。さらに、12m角の振動台2カ所の加速度計は最大20%の相違があった。今回、設置された加振機差圧計から振動台重量を出すと、178tonであり、従来示されていた160tonより実際は1割以上重かった。従って、1973年の測定結果で用いた加振力は実際より小さかったことになる。Figure 14は第1回測定と同じ規模の1973年の測定（砂箱無し）と比較したものである。上下成分については1973年のデータにロッキングを前提にした位置補正を乗じている。これら補正を施すと、15年の隔たりがあるが両者の結果に大きな相違はない。なお、この基礎の完成は1969年春である。

6.2 フーチング上の埋め戻し土の影響

基礎： Figure 15, 16は第1回測定と第2回測定の共振曲線で、両者を比較するとフーチング上の埋め戻し土の効果を見ることができる。フーチング上に載っていた土の重量は約5000tonであり、第2回の測定の時でも、建物内南北基礎フーチング上に合計約1500tonの土が載っているが、大局的な比較はできる。埋め戻し土による振幅低減効果が明瞭に現れている。

地盤：第1回と第2回の測定を比較することにより、根切りの影響ならびにフーチング上の埋め戻し土の影響を見ることができる。Figure 17, 18, 19, 20, 21, 22は地盤の測定点の共振曲線である。根切りに近い35m地点では掘削の影響が強く現れ、振幅の低減効果がかなりの振動数帯域で見られるが、100m地点では振幅の低減効果は殆ど見られない。

6.3 増し打ちコンクリートの効果

基礎：Figure 23, 24は第2回測定と第3回測定の共振曲線で、増し打ちコンクリートの効果を見ることがある。増し打ちコンクリート重量は約3000tonである。ロッキング振動数の低下、それに伴う低振動数域での振幅増加と高振動数域での振幅低下が確認できる。特に、

上下動の変化が顕著である。

地盤：第2回と第3回の測定を比較すると増し打ちコンクリートの効果を見ることができる。Figure 25, 26は50m地点の加振方向と上下方向の共振曲線である。増し打ちによる変化は殆ど見られない。

6.4 埋め込み深さの影響

基礎：Figure 27, 28は第3回、第4回、第5回の共振曲線で、コンクリート増し打ち後の基礎に対する埋め戻し土の効果を見ることができる。建物外部フーチングでコンクリートが増し打ちされていない部分に載る土の重量は全埋め戻し状態で約1200tonである。

地盤：第3回、第4回、第5回の測定を比較すると「基礎埋め込み」の周辺地盤振動に及ぼす影響を見ることがある。測点の中で埋め込み効果が強く現れる35m地点の共振曲線をFigure 29, 30に示す。加振方向では4Hz, 9Hz付近を除いて、埋め込みにより振幅は増加する。上下動についても6Hzまでこの傾向が見られるが、6Hzを越える帯域では明確な傾向を読みとることはできない。

6.5 シートパイルの影響

基礎：Figure 31, 32は第5回、第6回の共振曲線で、埋め戻し直後と8カ月後の応答の違いを見ることができる。埋め戻し直後には、シートパイルがまだ埋め込まれており、第5回の結果にはその影響も含まれている。加振方向では、第6回のほうが若干、小さめになっている。

地盤：測点の中でシートパイルに近い35m地点の共振曲線をFigure 33, 34に示す。5Hz以下では加振方向、上下方向ともシートパイルがまだ埋め込まれている第5回のほうが小さくなっている。

6.6 衝撃応答

Figure 35に振動台変位ステップ波に対する基礎の水平・上下変位応答を示す。この図の最上部に加振力波形も示す。変位ステップであるためこのような波形になっている。このとき振動台速度はパルス的な波形を示す。基礎水平成分は高減衰の現象を示している。水平成分に比べ上下成分は比較的減衰が低い現象を示している。Figure 36は同振動台波形に対する基礎上下加速度応答である。上段5つの波形は基礎の加振台ピット側（基礎内側）で記録されたもので、最下段は第5回測定で基礎外側で記録されたもので、内側と外側では逆位相である。AR法によりこれら衝撃応答波形を解析し、スペクトルのピークに対応する振動数を極値から推定すると、Table 9のようになる。第5回測定の上下振動数が共振曲線のピークと対応しない。Figure 35の第5回測定の上下波形の後部の低振幅部はTable 9の8.4Hzに近い周期の挙動を呈しているので、衝撃応答波形の低振幅部の特性がAR法による推定に現れていたと考えられる。振動数と同時に減衰も推定できる。水平成分の減衰は各測定とも、20%～30%であった。上下成分に対しては10%～20%であった。第4回と第5回測定の上下加速度波

形応答を見ると、約20Hzで振動しており、減衰はともに7%程度を示している。

Table 9 ESTIMATED FREQUENCIES AND DAMPINGS

EXPERIMENT	HORIZONTAL		VERTICAL			
	DISPLACEMENT FREQ.	DAMP.	DISPLACEMENT FREQ.	DAMP.	ACCELERATION FREQ.	DAMP.
FIRST	5.5Hz	32%	7.7Hz	17%	—	—
SECOND	5.4Hz	24%	8.1Hz	22%	—	—
THIRD	6.1Hz	27%	6.3Hz	21%	20.6Hz	14%
FOURTH	5.4Hz	20%	6.9Hz	13%	19.1Hz	6.7%
FIFTH	5.5Hz	24%	8.4Hz	22%	20.3Hz	7.4%

7. 基礎補強工事の効果

第1回と第6回を比較すれば本補強工事の効果が分かる。本基礎の重心点の高さである測定点S13の加速度応答をFigure 37に示す。この共振曲線は補強工事により揺れが5Hz以下で若干大きくなり、5Hz～10Hzで変わらず、10Hz以上で小さくなることを示している。基礎上面の測定点S14、0mの応答をFigure 38、39、40に示す。ロッキングの影響が基礎上面で比較的大きく現れるために測定点S13より加振方向揺れの低減効果は小さい。基礎上下動はFigure 40が示すように補強工事により揺れが若干増加している。これは質量増加に伴う回転慣性増加による減衰定数の低下によるものと考えられる。地盤の揺れについてFigure 41～46に示すが、揺れが低減されている振動数帯域もかなり見られる。

8. 基礎変形

上下動加振ならびに上下動が強い地震をこの基礎が受けた場合、振動台ピットが曲がり、いわゆる、Dishingを起こすことが既に分かっている²⁾。今回の測定に於いても、Figure 36の波形とFigure 47の共振曲線が示すように基礎の変形が認められる。この変形の様子を見るため、第4回測定の正弦波加振について基礎の加速度応答分布をプロットとした。これがFigure 48である。ここで上下動についてプロットしたものは、基礎表面近くに、加振中央線に沿って13mの間隔を持って設置された4個のセンサーの出力である。水平動についてプロットしたものは、基礎東ブロック外側に高さ7mの差を持って取り付けた2個のセンサーの出力である。位相の基準とするセンサーは上下動は西ブロック外側のセンサーとし、水平動は基礎表面側のセンサーとした。振動数は2Hz～20Hzまで1Hzきざみでプロットした。上下動について見ると、東西のブロックの逆対称性は保たれているが、振動数が高くなるに従い、ブロック

内の2個の測点の位相がずれ始め、13Hzでほぼ90度、20Hzで180度の逆位相を示す。水平の位相差はこれ程大きくない。加振台ピット底板の変形を考慮した単純モデルを立て、振動台基礎の解析を試みる。モデルをFigure 49のように立て、WINKLERばねを用い、式を立てた。減衰は粘性減衰として与えることにする。計算は第3回、第4回、第5回の基礎形状について行った。このモデルでは加振台ピット底板を梁とみなし、加振機の取り付けられている東西のブロックは剛体とみなしている。計算で用いた基礎重量は第3回が13000ton、第4回が13600ton、第5回が14200tonであり、埋め戻し土のばね効果は無視され、粘性減衰効果を有するとした。水平地盤ばねを $2.17 \times 105\text{cm/ton}$ 、上下地盤係数を 2.6kg/cm^3 、粘性減衰は地盤と基礎の接触面に比例して増加するものとした。加振台ピットの幅は12mとし、ピット板厚は便宜的に5.5mとした。計算結果の例をFigure 50～52に示す。測定では加振機支持ブロックの上下振幅はほぼ同じで、位相が逆転しているが、この計算ではブロック内側の方が大きく現れている。しかし、全体としての基礎応答を表現しているものと考える。

9. あとがき

機械により発生する振動を基礎重量増加により低減させる方法は古くから機械基礎の分野に於いて用いられている手法である。今度の工事に於いてもこの手法を採用した訳である。基礎の増加重量は少なく、基礎・地盤振動の低減効果は工事直前に予測した程度であった。本基礎補強工事で問題になったのは、基礎支持地盤の水位変化および荷重変化による変形であった。この変形が生じると基礎が傾斜し、機械設置の水平度が狂う。このため、機械補正工事が必要になる。工事前に恐れたように、基礎埋め戻し作業の後に測定した振動台波形は乱れ（ヨーイングの増加）が大きかった。本基礎補強工事で機械系に何等かの亂れが生じたのは明確であり、機械系補正工事が当初の計画通り必要になった。この機械系補正工事により、振動台波形の乱れが消え、かつガイドのローラーの割れが発見され、低振動数大速度加振時に発生していた大きな音が無くなった。

今後、基礎・地盤振動をさらに低減するには制振を採用するしか方法はないと考える。Appendix 3に掲げた制振方式を採用する機会がくることを切に念願するものである。

大型振動台基礎の設計・施工に関し、三菱重工業名古屋航空機製作所、下関造船所、清水建設大崎研究所の協力を頂いた。基礎地盤の振動測定に際しては東京理科大学大学院生淵本正樹、池田竜介、両君の助力を得た。データ解析ならびに本論をまとめるにあたり東京理科大学教授井口道雄、助手涌井栄治、両氏の協力を頂いた。記して、謝意を表す。なお、本測定にあたりマサチューセッツ工科大学教授Edwardo A. Kausel氏の助言を頂いた。謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 箕輪親宏：大型振動台基礎の地震時および上下加振時挙動について，日本建築学会大会講演梗概集(東海)
昭和51年10月, 527~528

(1990年12月10日原稿受理)

注1) ステップスイープ加振の刻み振動数は0.2Hzとした。基礎補強工事中の振動台加振は士2cm以下，正弦波で200gal以下に制限された。第1回のとき，記録計TEAC社DR2000Bのデジタル入力ボード配線不良のため，測定されなかった振動数があるため，共振曲線の刻みが荒くなっている。

注2) この振動台の高周波ノイズは油圧ポンプから出る150Hz付近のノイズと，サーボバルブスプール用ディーザー振動の400Hz付近のノイズがある。今回の測定に用いた加速度計はこのノイズを拾う能力を有しており，200Hzのサンプリング振動数ではlow pass filterを用いないとエイリアジングを起こす。速度帰還型加速度計に付いてはアンプに不備があり，第4回のときから使用したアンプにlow pass filterが備えられておらず，急ぎ取り付けたが，第4回目の測定を再度行うことは工事がすでに進んでいるため不可能であり，第4回の速度帰還型加速度計22チャンネル分にエイリアジングが生じた。しかし，エイリアジングを起こしていた振動はディーザー振動であると特定されるため，ディーザー振動395Hz付近に対する200Hzサンプリングの影響を推定すると5Hz付近のお化けの振動を生じる。また油圧ポンプのノイズ152Hz付近の振動は200Hzのサンプリングだと50Hz付近にお化けの振動を生じる。従って，第4回の5Hz付近の上記22ch分の測定結果を捨てることとした。

注3) Table 7のSensor Symbol : Sのamp. low pass filterはサンプリング振動数200Hzの1/3程度のカットオフ振動数であるとのことであり，ここに示した80HzはS0のX成分とS13の位相がほぼ同じになるカットオフ振動数である。

Table 7 Sensor list

	sensor type	measure component	sensor dynamic characteristic	sensor name	amplifier name	low pass filter
F-K	force balance type	acceleration	300Hz h=70%	Kyowa	SUN SYSTEM SUPPLY AMP-206	
F-J	force balance type	acceleration	250Hz 70%	JAE MA101		100Hz 12dB
G	strain gage type	acceleration	90Hz 70%	Kyowa	Kyowa DPM-220A	100Hz 12dB
S	over damping type	acceleration	5Hz 25000%	Tokyo Sokushin SA355	Tokyo Sokushin SAG-	80Hz 12dB
So	over damping type	acceleration	5Hz 25000%	Tokyo Sokushin SA355	Tokyo Sokushin SAG-	non
V	over damping type	velocity (acceleration)	3Hz 7000%	Tokyo Sokushin VSE-11	Tokyo Sokushin	80Hz 12dB
D	ultra sonic	displacement		Temposonics		
P-D	strain gage type	pressure		Kyowa		
P-E	strain gage type	pressure		Kyowa BE-2KR110S	Kyowa DPM-11A	100Hz 12dB
M	moving coil type	displacement (integral)	1Hz 70%	Hosaka MTKH or MTKV	Hosaka TA403	non

Table 8 Step responses of shaking table

	FIRST		SECOND		THIRD		FOURTH		FIFTH		SIXTH	
	right	left	right	left	right	left	right	left	right	left	right	left
low level	displacement	+2.4mm	-2.8mm	+2.2mm	-2.5mm	+1.8mm	-1.8mm	+2.7mm	-3.0mm	+2.0mm	-2.0mm	2.0mm
	velocity	6.3kine	6.6kine	5.5kine	5.5kine	4.4kine	4.6kine	7.3kine	7.4kine	5.8kine	6.0kine	6.0kine
	acceleration	604gal	612gal	507gal	549gal	391gal	392gal	647gal	635gal	616gal	622gal	466gal
	yawing accel.	107gal	88gal	98gal	81gal	99gal	92gal	182gal	133gal	180gal	189gal	58gal
middle level	displacement					+5.1mm	-4.9mm	+6.3mm	-6.1mm	+4.7mm	-4.7mm	3.9mm
	velocity					13.7kine	12.4kine	16.5kine	17.2kine	12.7kine	12.7kine	11.3kine
	acceleration					1045gal	1028gal	1350gal	1356gal	1344gal	1324gal	934gal
	yawing accel.					359gal	140gal	429gal	316gal	267gal	230gal	81gal
high level	displacement					+8.5mm	-8.6mm	+9.2mm	-9.1mm	+7.7mm	-7.7mm	+10.1mm
	velocity					22.2kine	21.2kine	24.0kine	25.0kine	17.9kine	19.9kine	25.2kine
	acceleration					1546gal	1524gal	1814gal	1881gal	1669gal	1643gal	1990gal
	yawing accel.					505gal	259gal	499gal	375gal	282gal	155gal	101gal

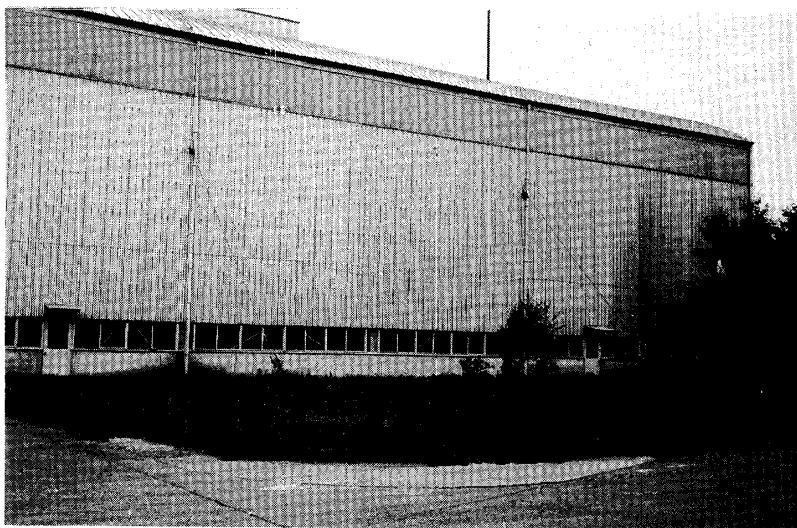


写真1 着工前

Photo 1 Just before improvement works



写真2 シートパイル打ち

Photo 2 Sheet pile setting works

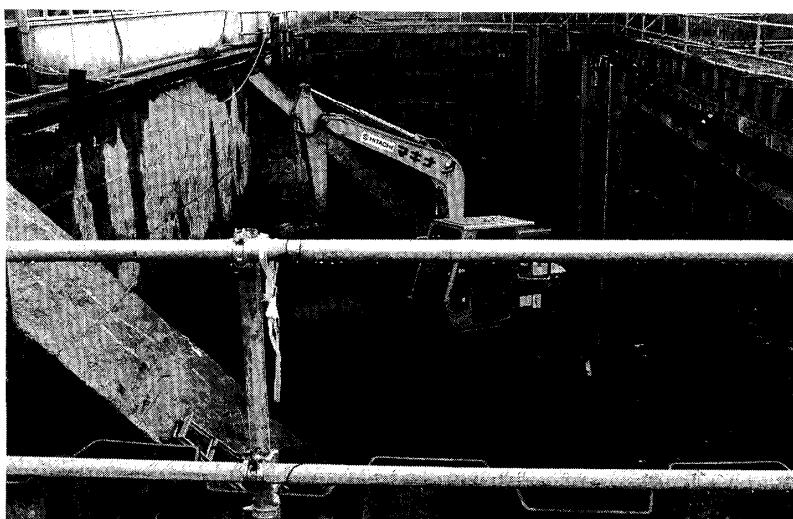


写真3 基礎掘だし

Photo 3 Excavation works

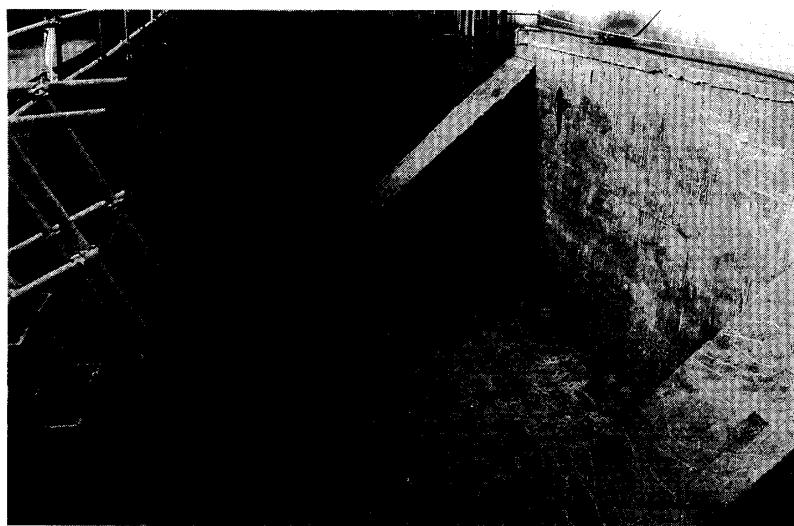


写真4 掘り出された基礎フ
ーチング部

Photo 4 Footing of foun-
dation

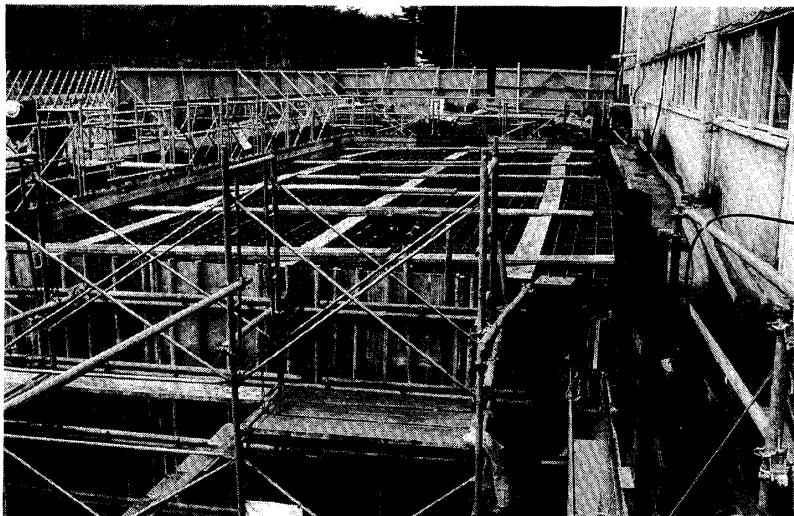


写真5 鉄筋工事

Photo 5 Steel bar works

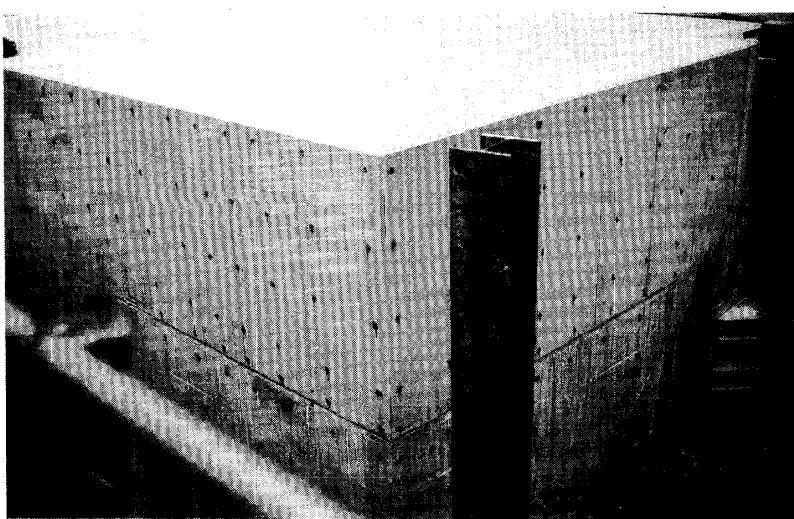


写真6 打ち上がった増し打
ちコンクリート

Photo 6 Added concrete
mass

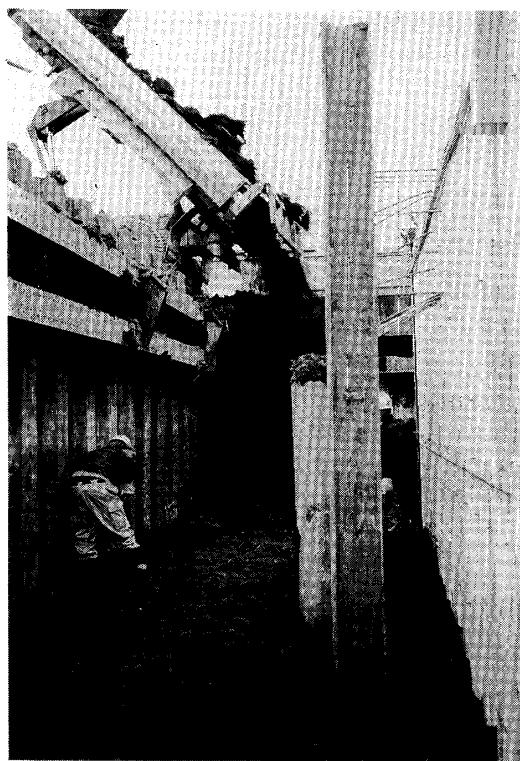


写真 7 埋め戻し
Photo 7 Back fill works

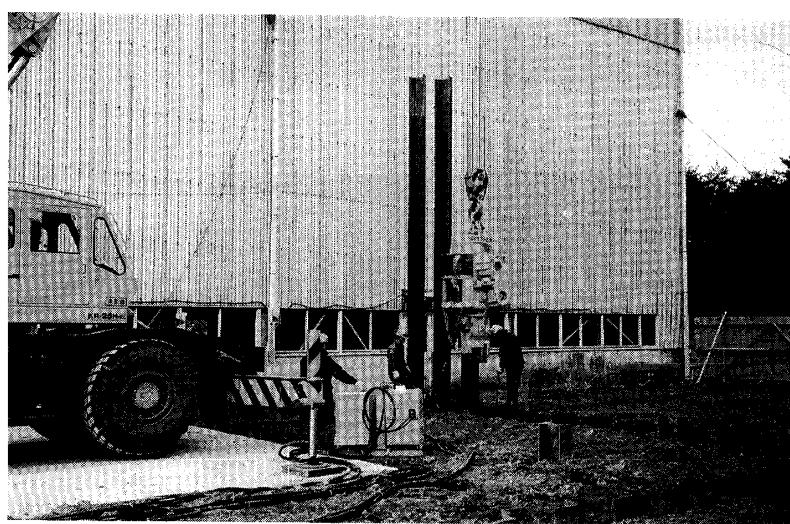


写真 8 シートパイル抜き
Photo 8 Sheet pile pull out works

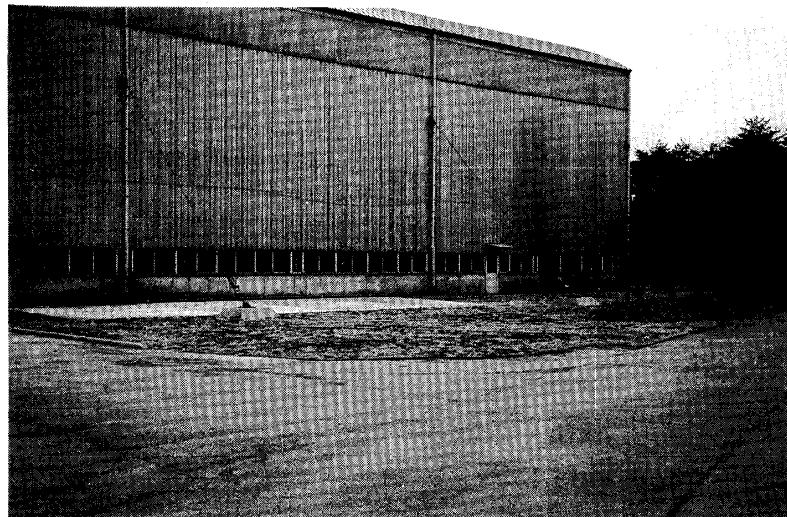


写真 9 補強工事完成

Photo 9 Improved foundation

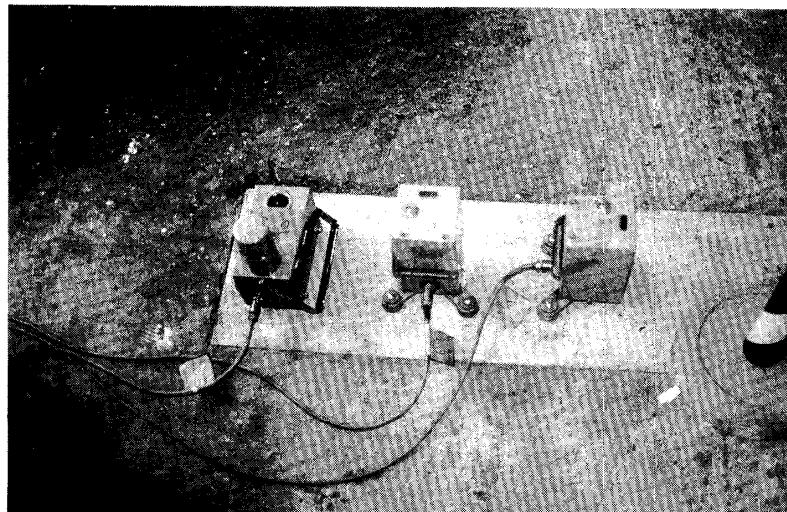


写真 10 振動台基礎上常時
微動計

Photo 10 Displacement
sensors on
foundation



写真 11 基礎フーチングに
取り付けられる加
速度計 (S5) と土
圧計 (EC-0.5)

Photo 11 Displacement
sensor at 35m
ground point

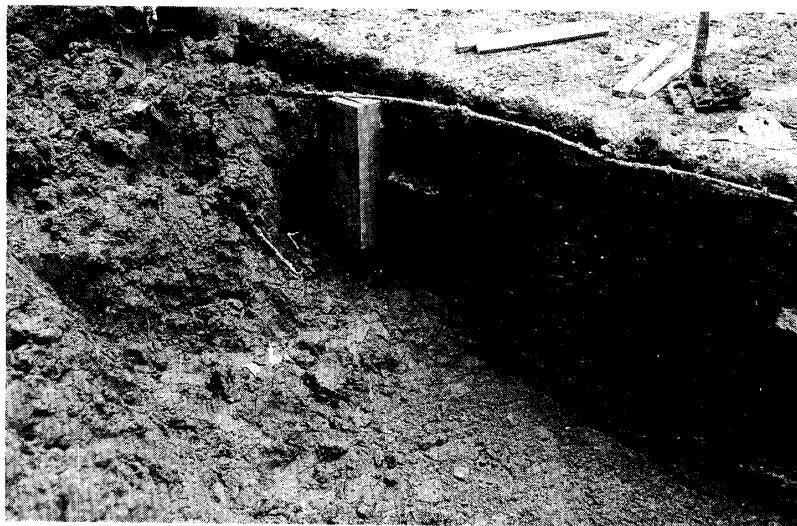


写真 12 基礎フーチングに取り付けられるカバーの付いた加速度計 (S5)

Photo 12 Acceleration and earth pressure sensors on footing

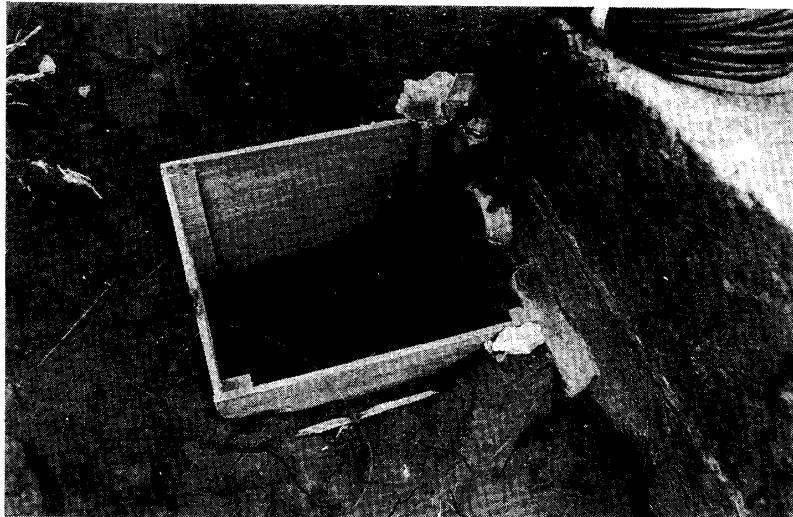


写真 13 土圧計 (EC-0.5)

Photo 13 Protected acceleration sensor



写真 14 土圧計 (EC-4)

Photo 14 Earth pressure sensors



図15 西35m地点

Photo 15 Earth pressure sensors

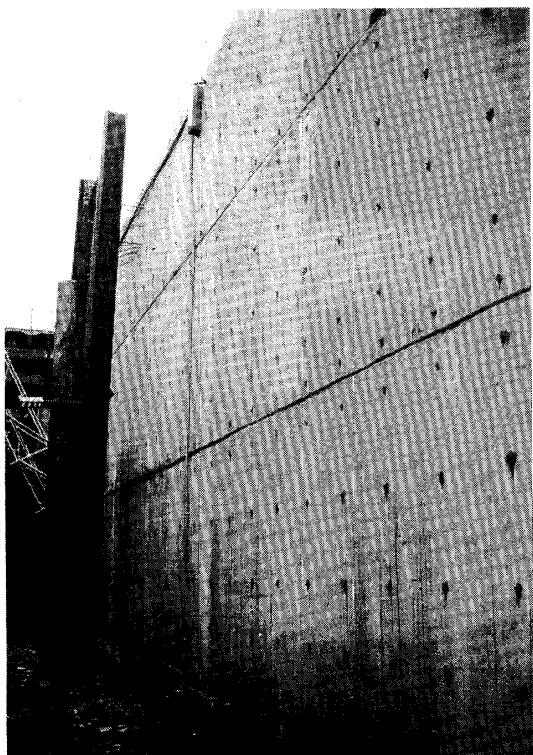


写真16 根切底面から加速度計を見る

Photo 16 Acceleration sensor on foundation wall

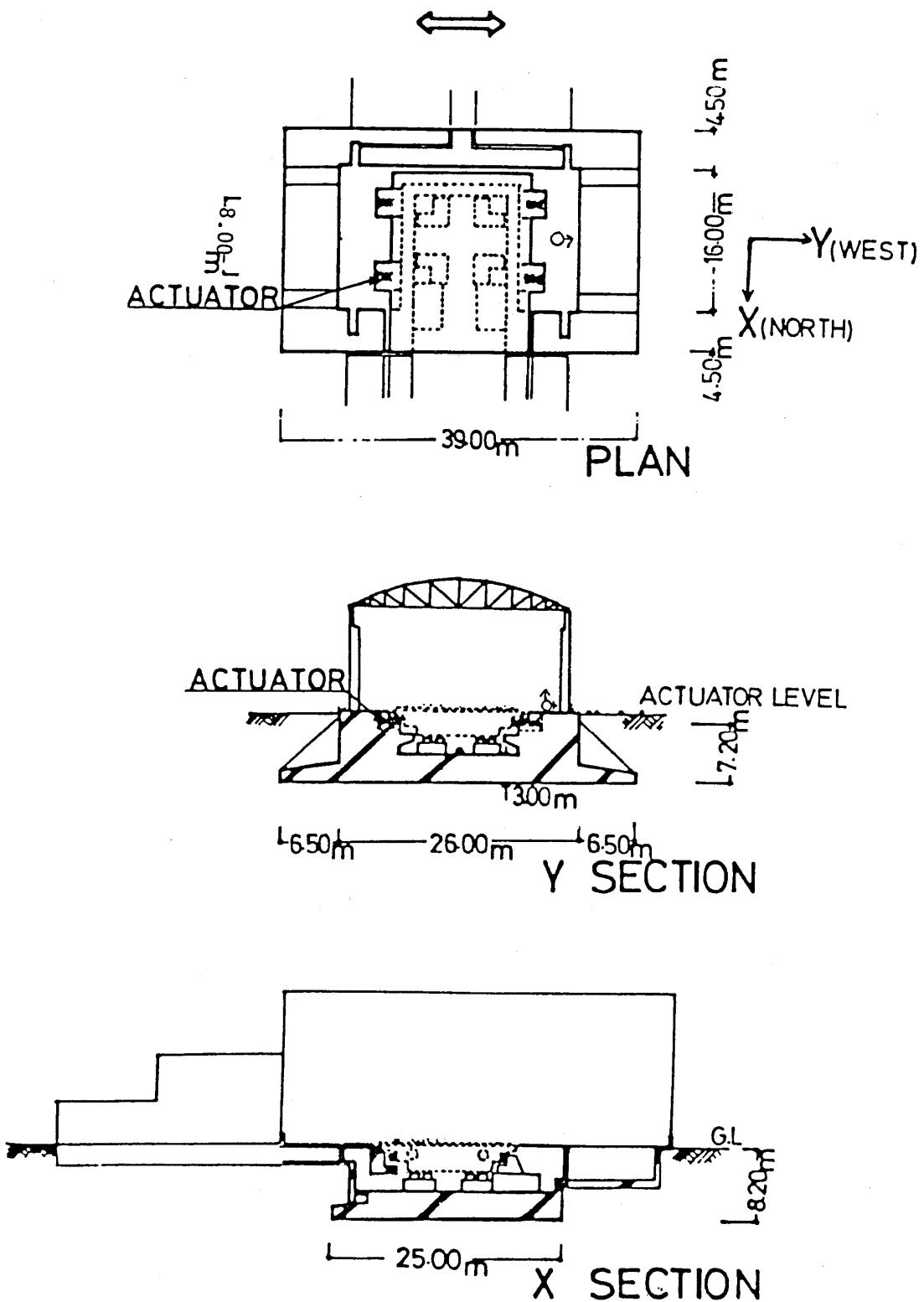


図1 防災科学技術研究所大型耐震実験設備概要

Fig. 1 Outline of large-scale shaking table facilities.

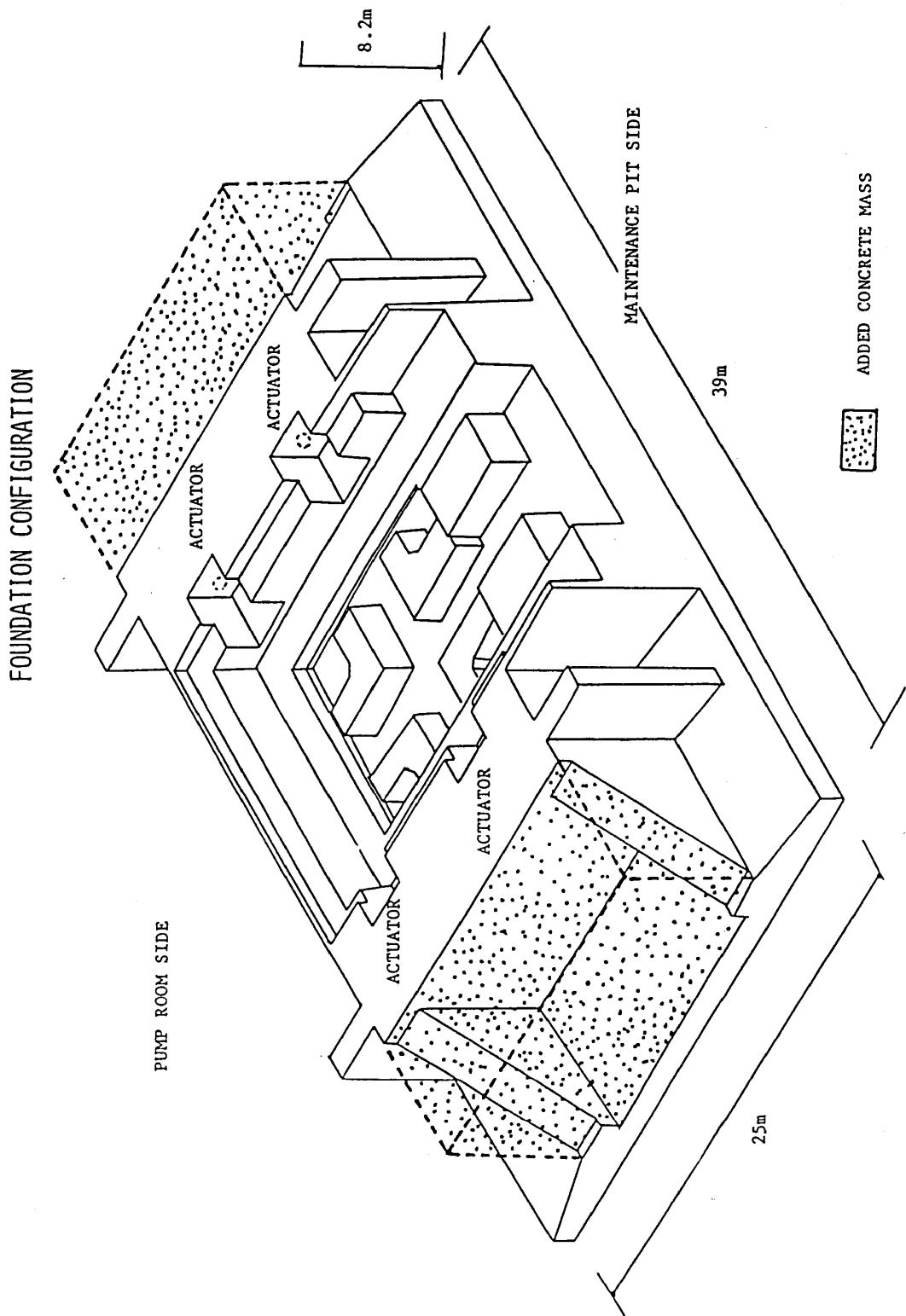
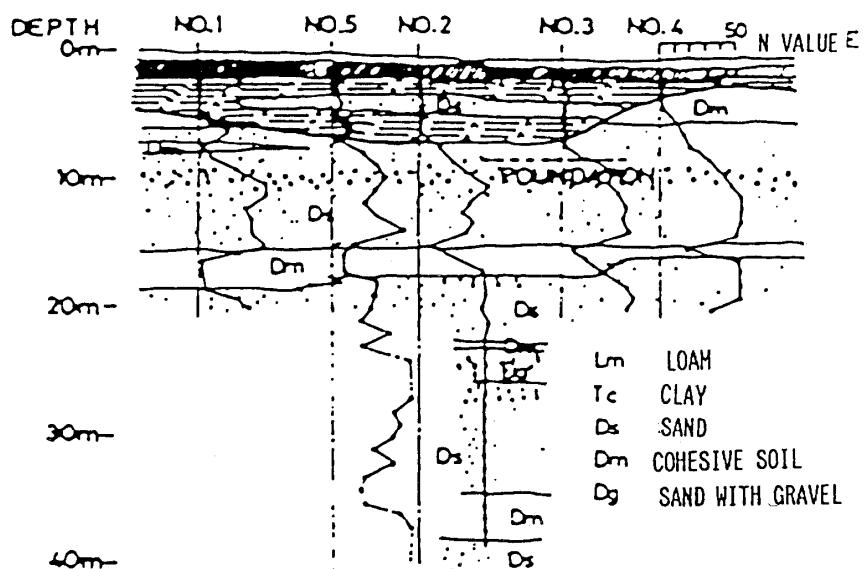
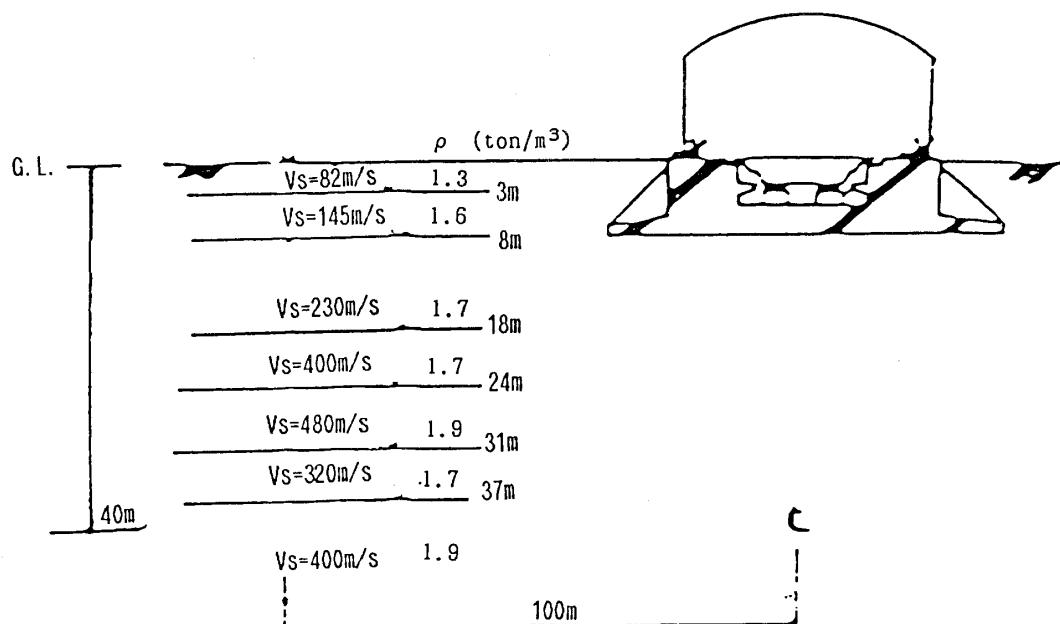


図2 コンクリート増し打ち概略
Fig. 2 Added concrete mass



Soil Profiles

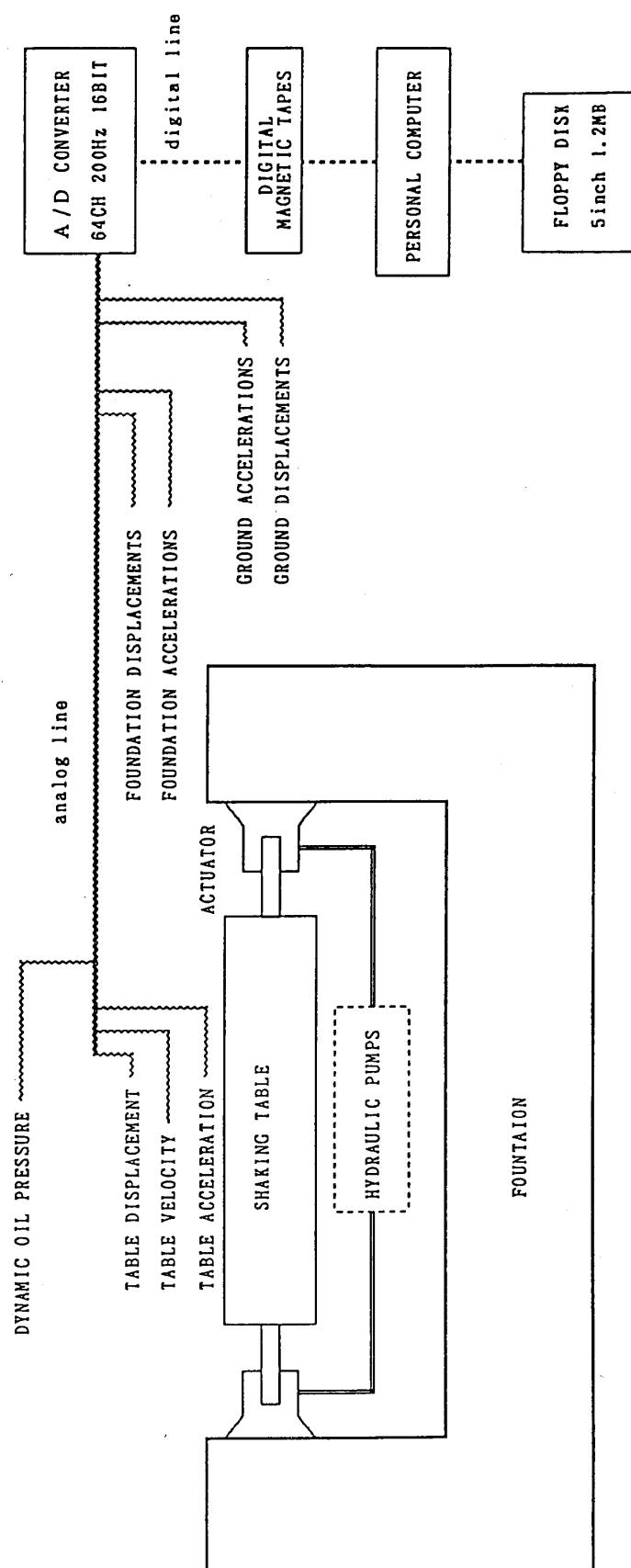


S Wave Velocities of Soil Strata

図3 地盤性状図

Fig. 3 Soil conditions

SCHEME OF MEASURE SYSTEM



Experiment Systems

図4 測定系統図

Fig. 4 Measure system

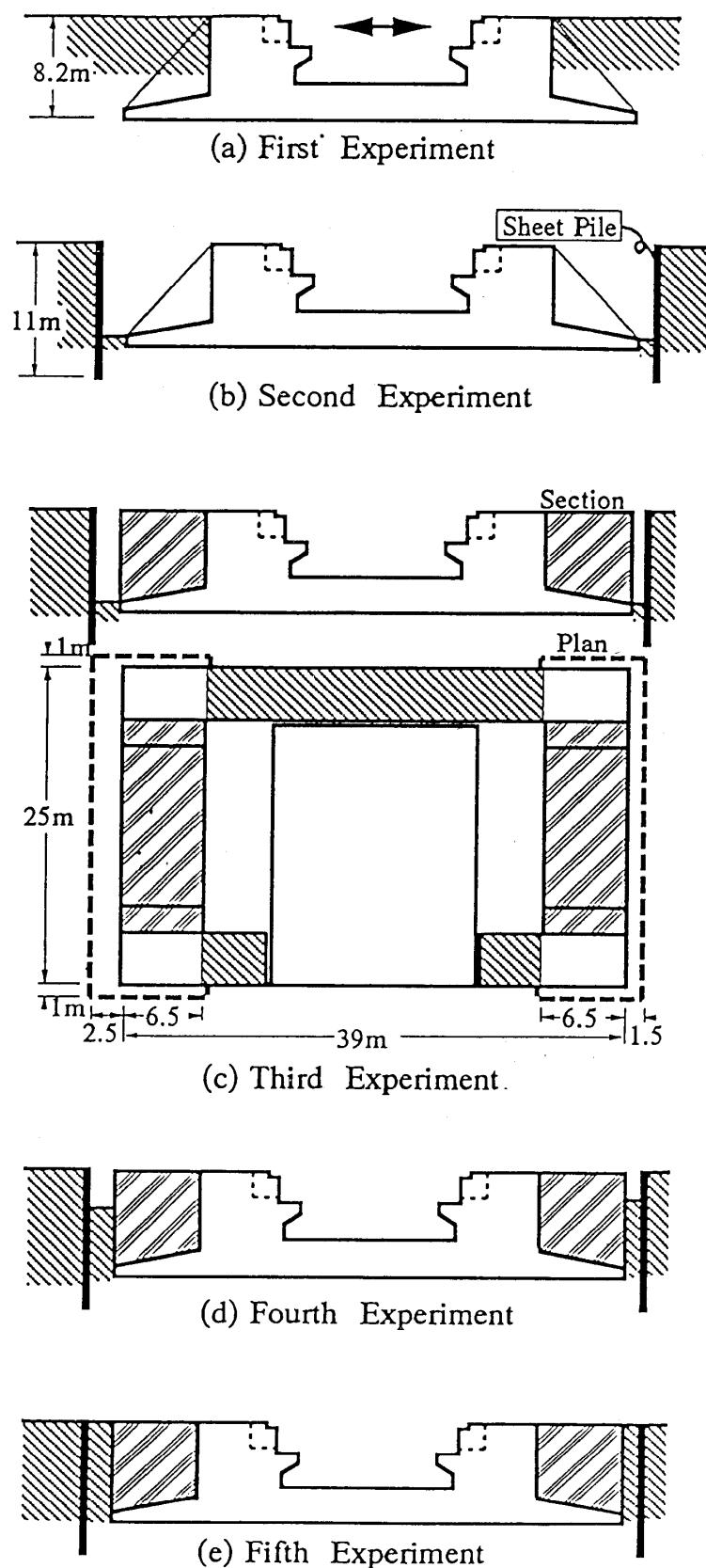


図5 基礎周辺状況変化図

Foundation Conditions

Fig. 5 Foundation configuration changes during improvement works

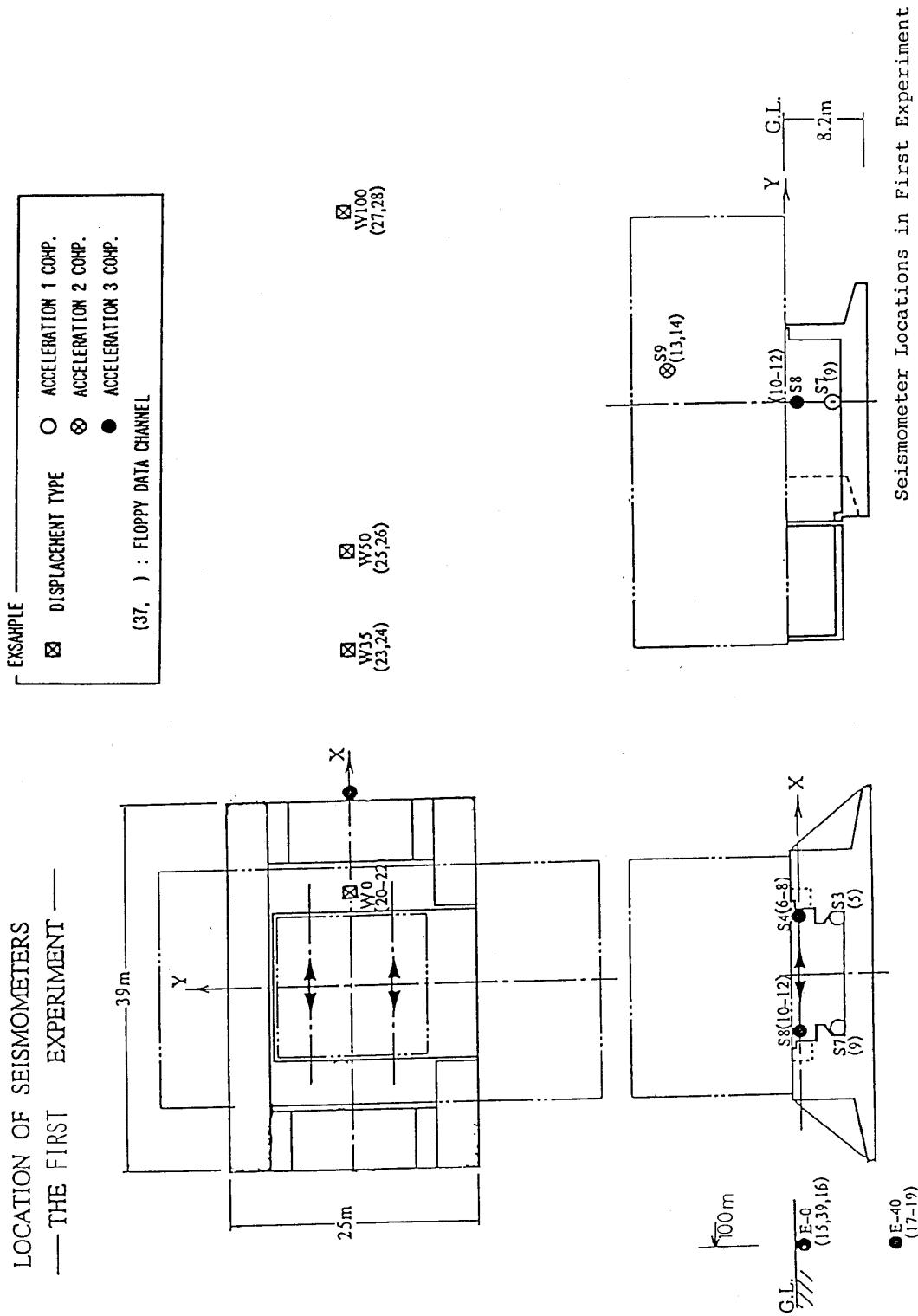


図6 第1回測定センサー配置図
Fig. 6 First measurement sensor distributions

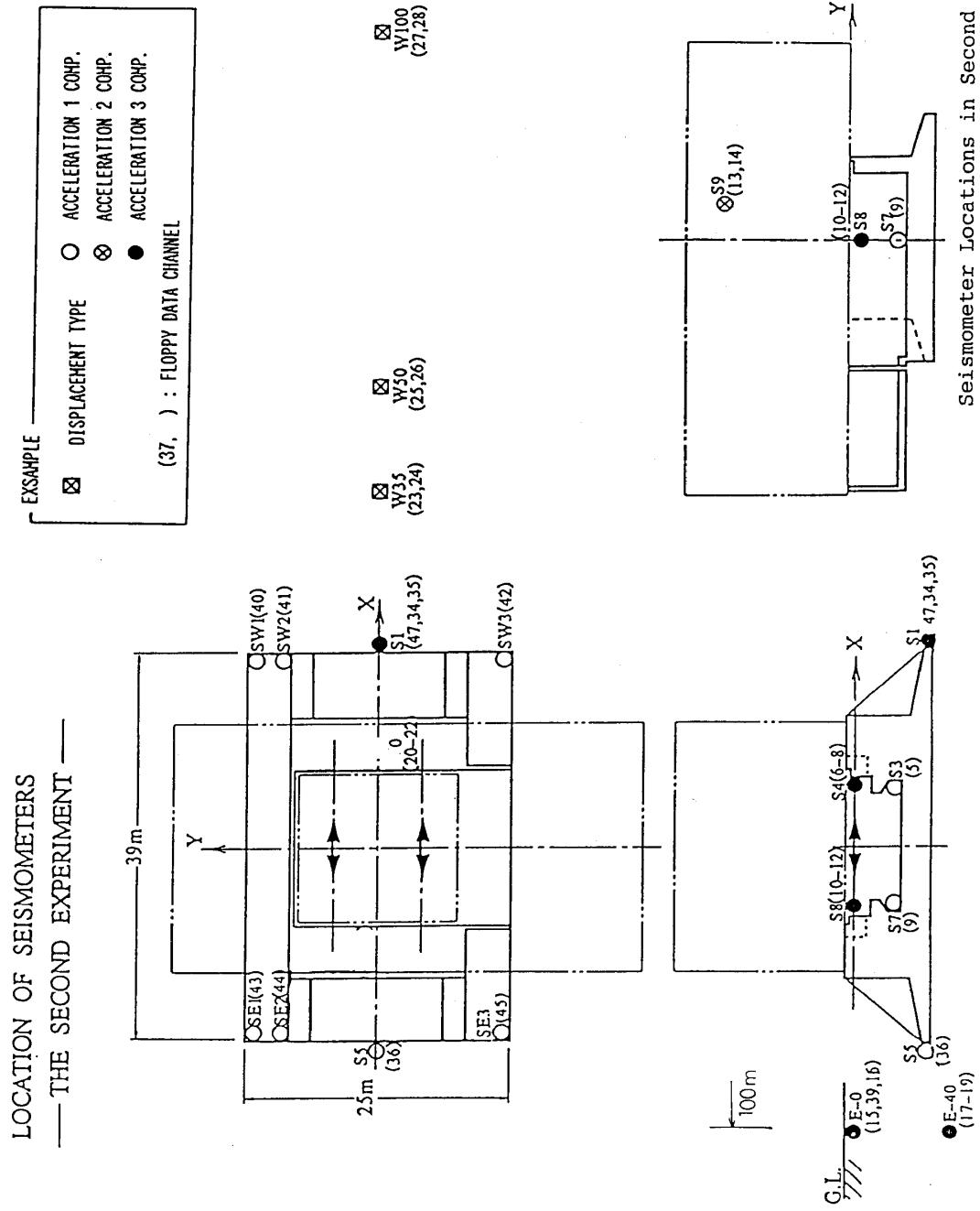


図 7 第2回測定センサー配置図

Fig. 7 Second measurement sensor distributions

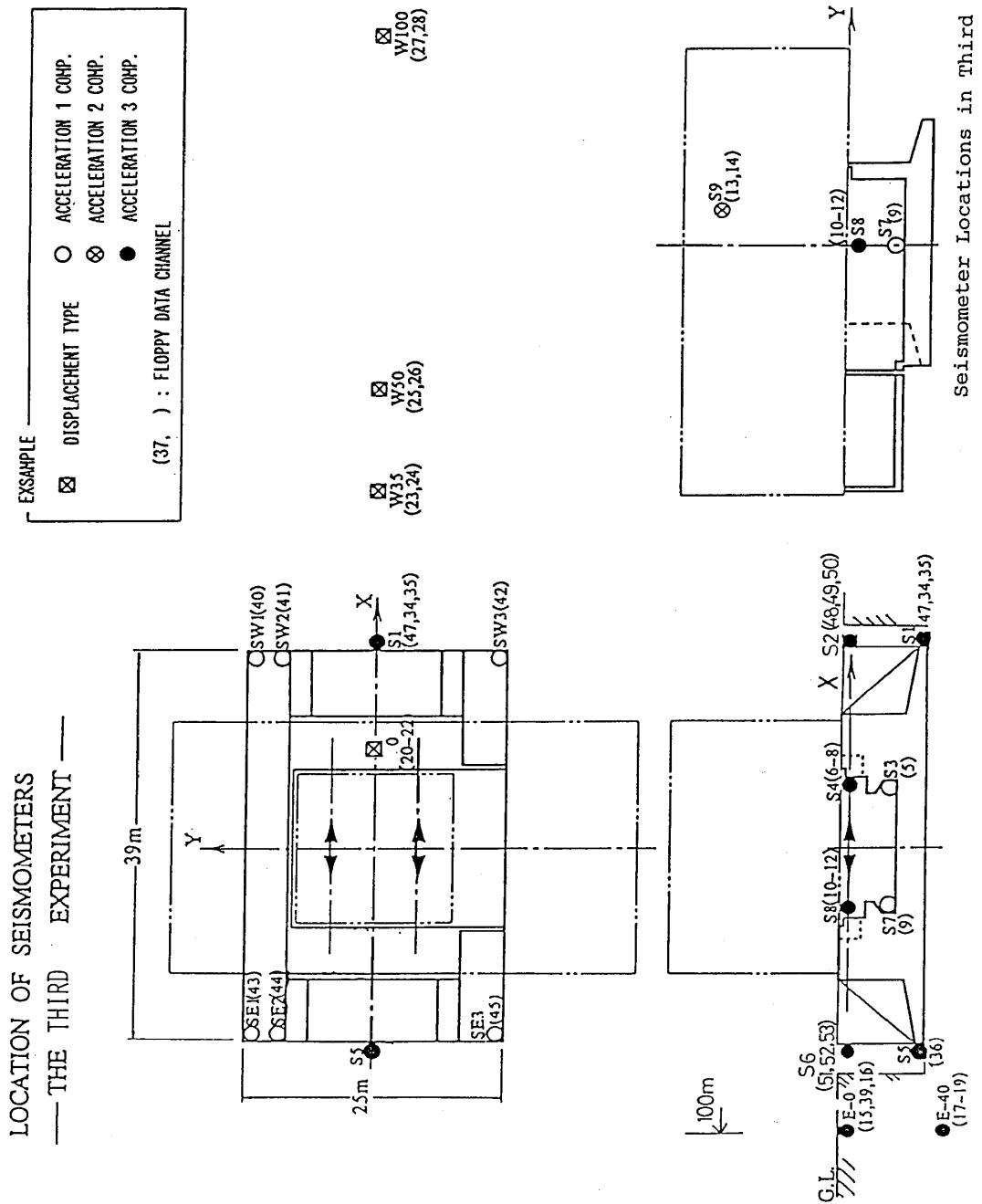
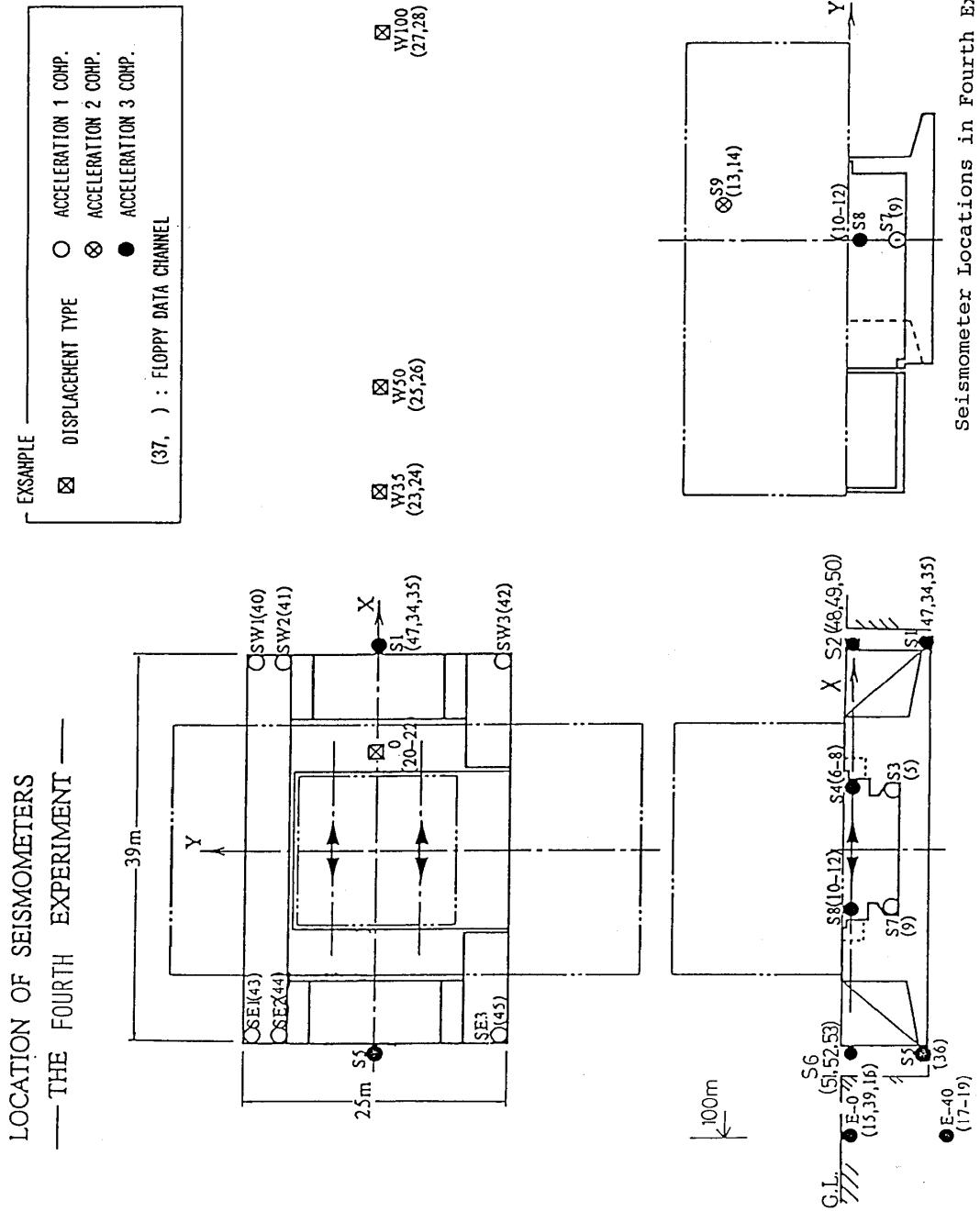


図8 第3回測定センサー配置図

Fig. 8 Third measurement sensor distributions



Seismometer Locations in Fourth Experiment

図9 第4回測定センサー配置図

Fig. 9 Fourth measurement sensor distributions

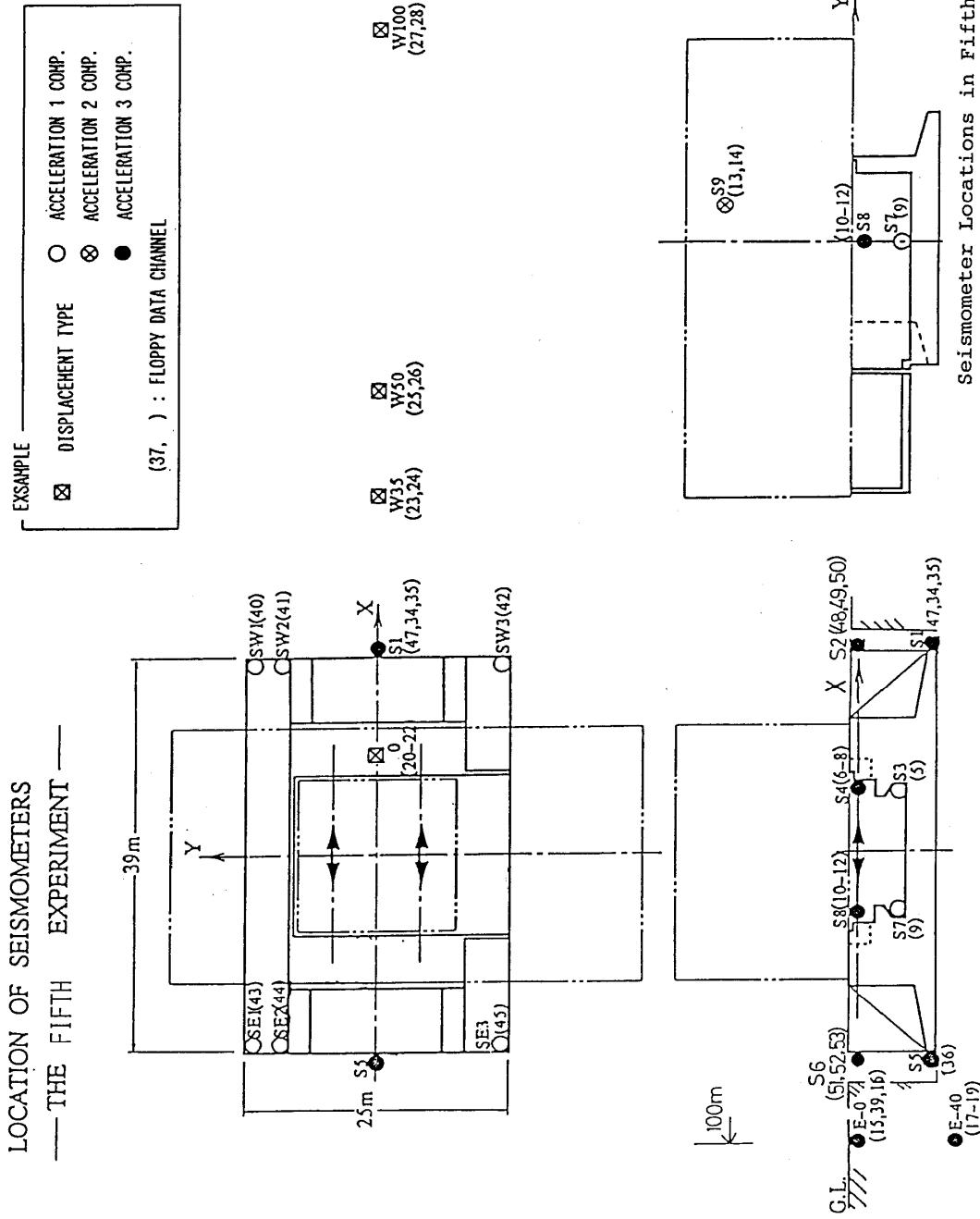


図10 第5回測定センサー配置図

Fig. 10 Fifth measurement sensor distributions

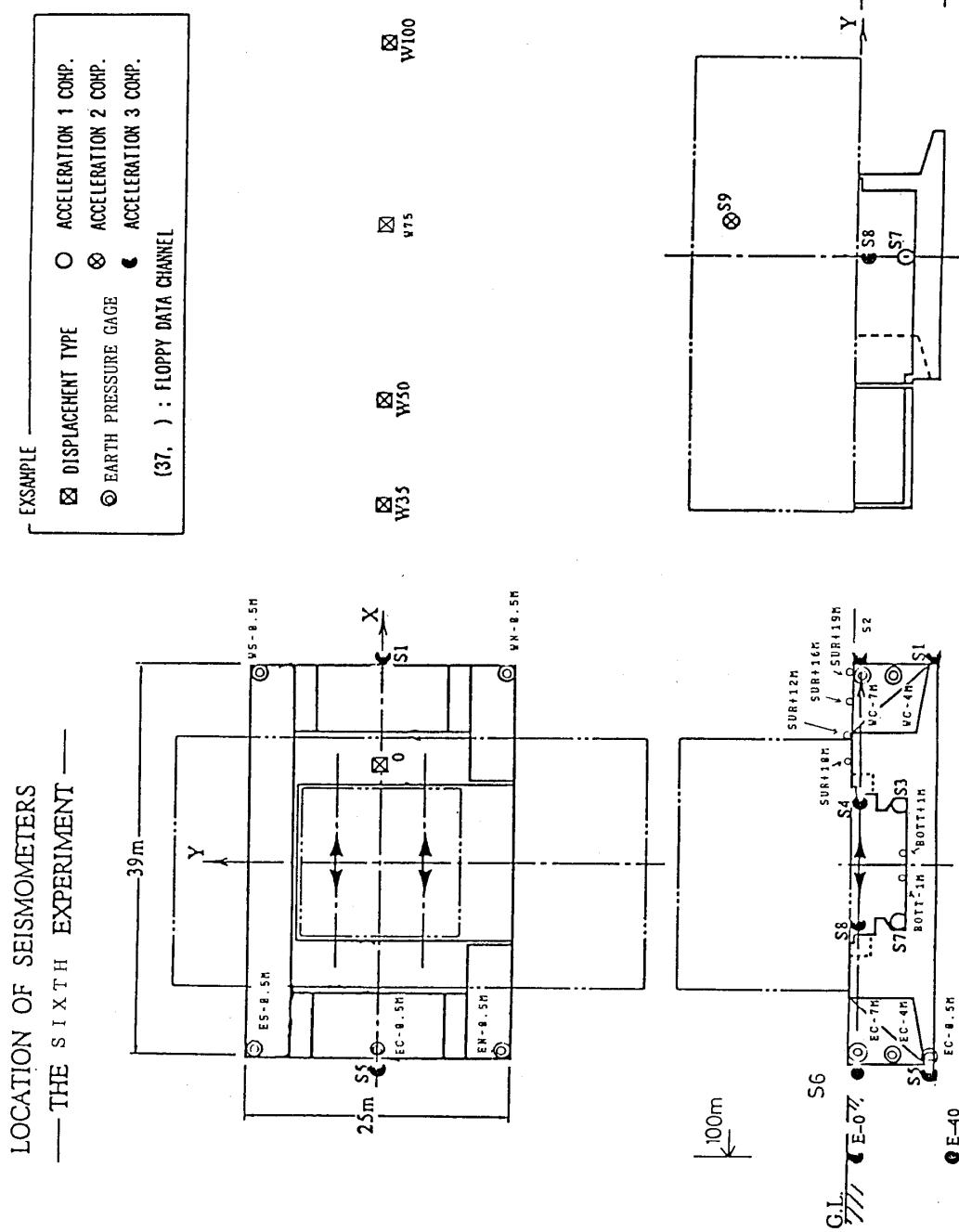


図11 第6回測定センサー配置図
Fig. 11 Sixth measurement sensor distributions

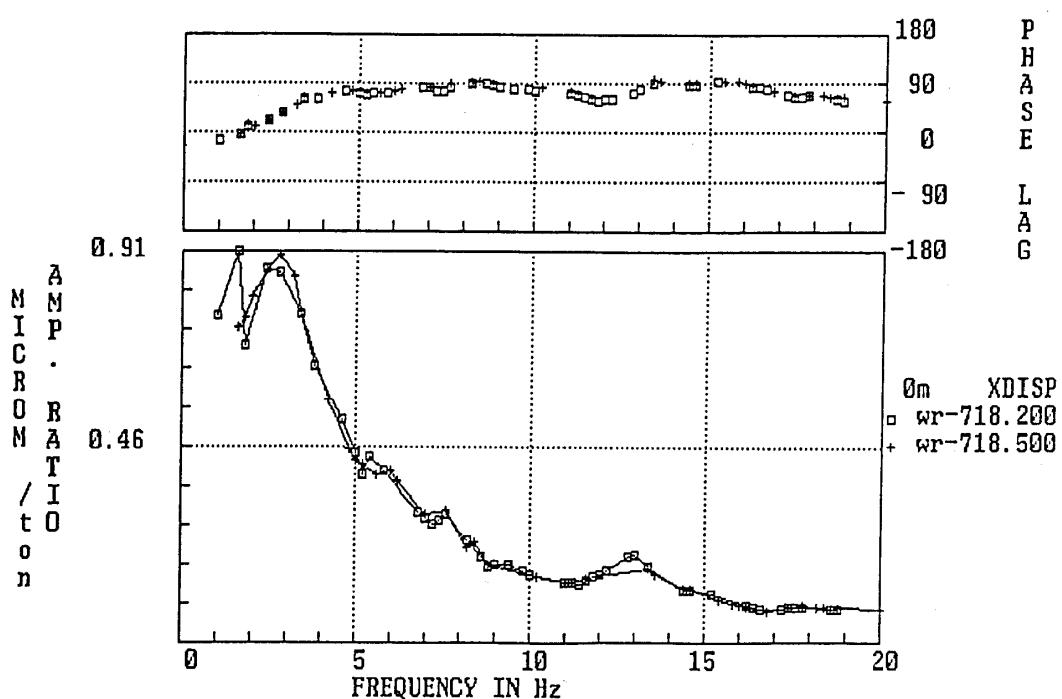


図12 第1回測定基礎変位応答振動台 200GAL(36TON), 500GAL(90TON) 加振の比較

Fig. 12 Foundation displacement response comparison of 36ton and 90ton excitations (first measurement)

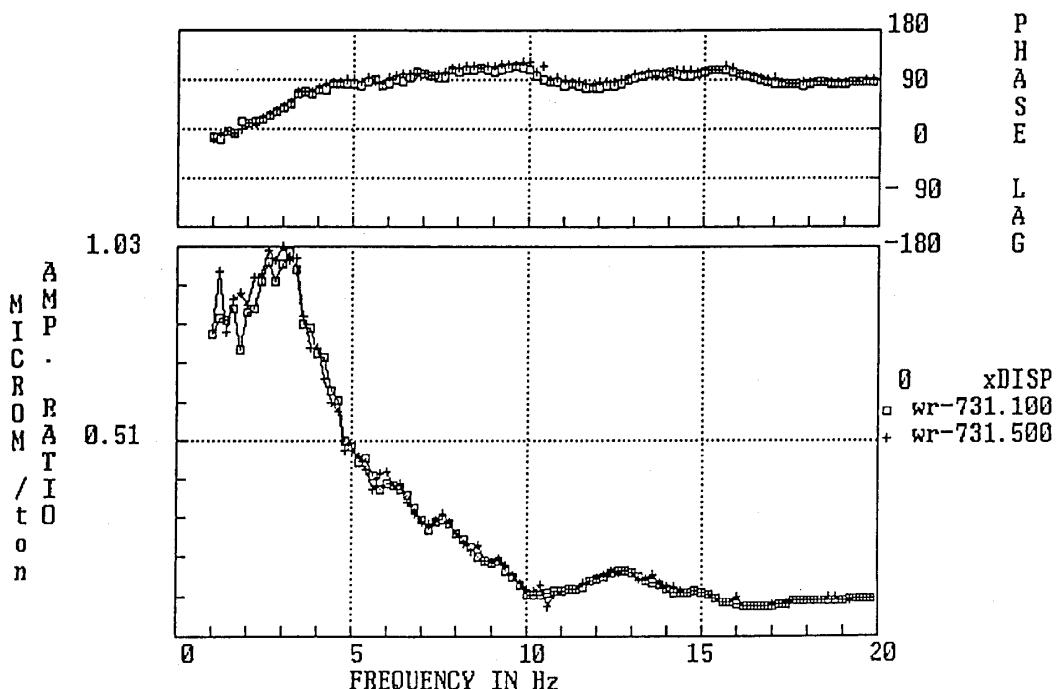


図13 第6回測定基礎変位応答振動台 100GAL(18TON), 500GAL(90TON) 加振の比較

Fig. 13 Foundation displacement response comparison of 18ton and 90ton excitations (sixth measurement)

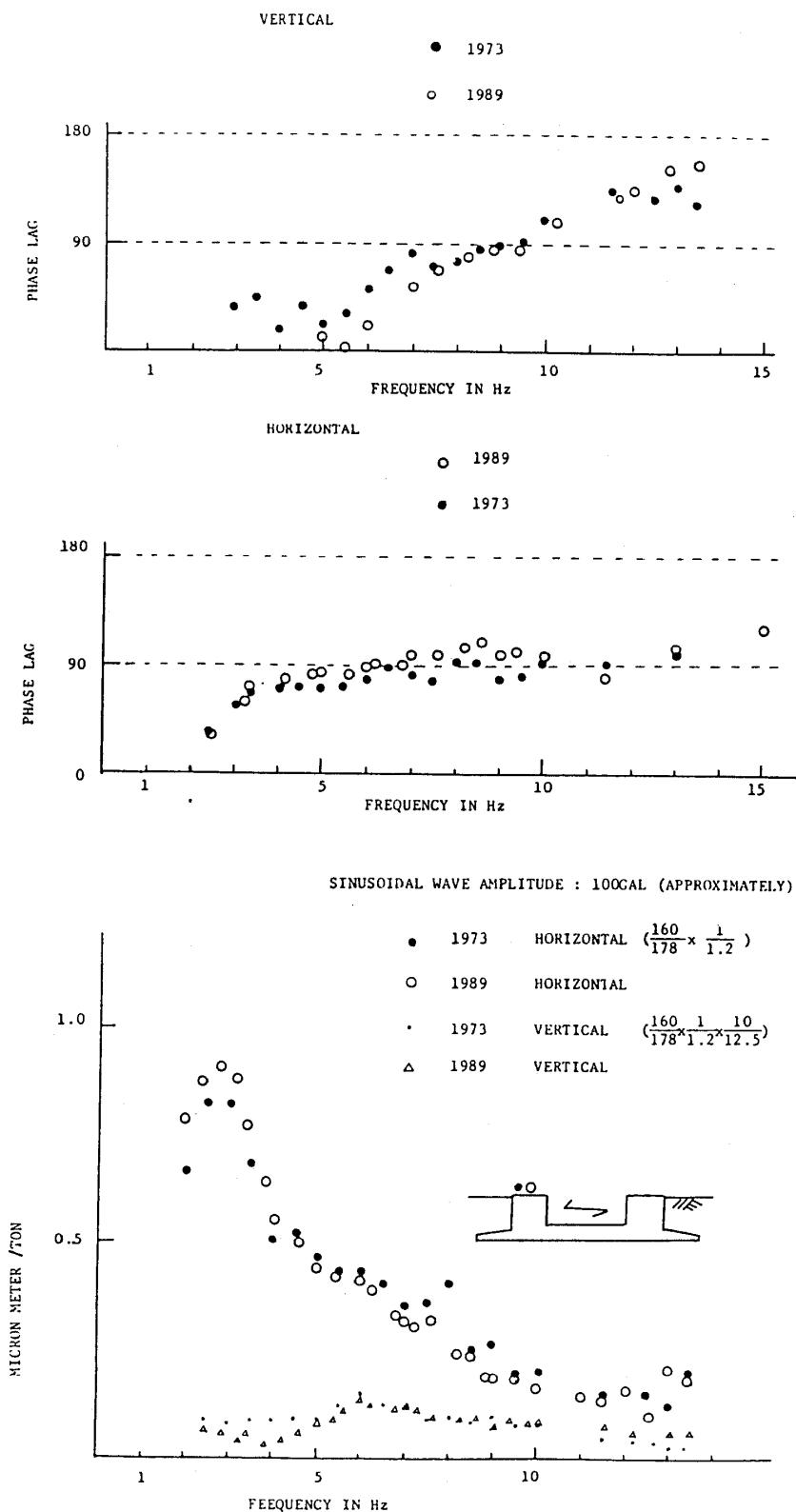


図 14 基礎応答の 1973 年測定と第 1 回測定 (1989 年) の比較
Fig. 14 Foundation response comparison of 1973 and 1989

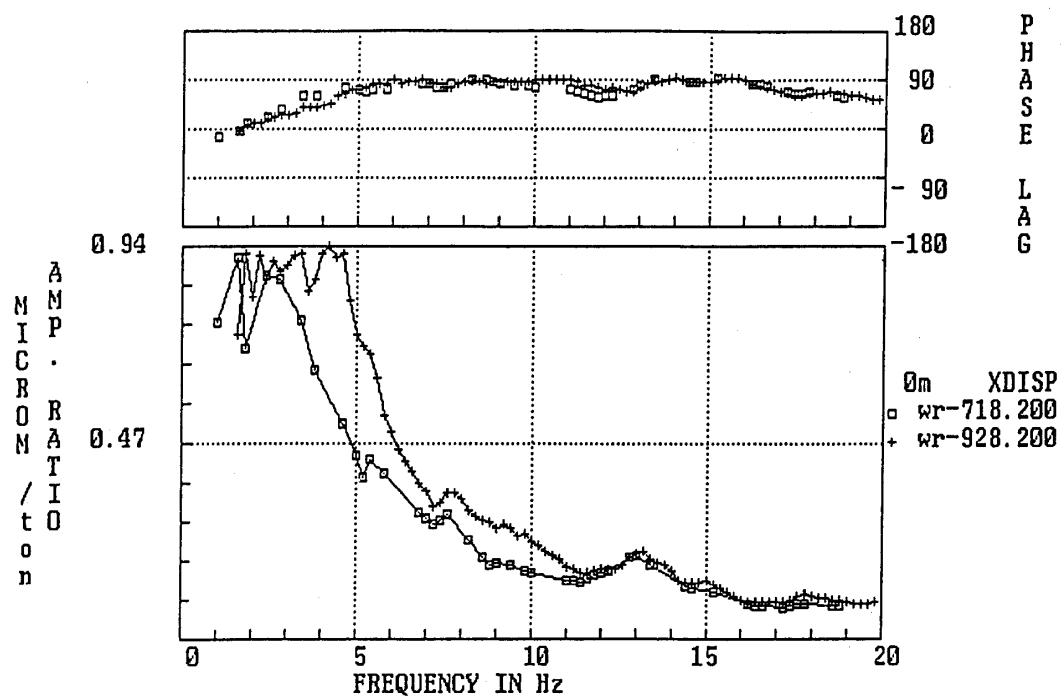


図 15 水平基礎変位応答の第1回と第2回の比較

Fig. 15 Foundation horizontal displacement response comparison of first and second measurements

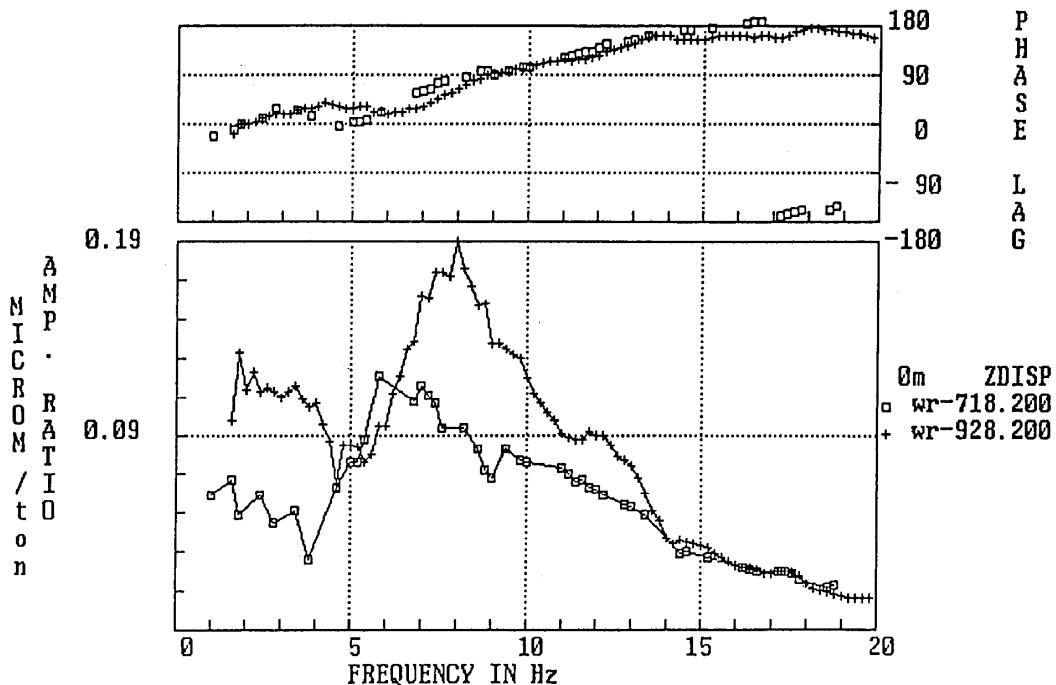


図 16 上下基礎変位応答の第1回と第2回の比較

Fig. 16 Foundation vertical displacement response comparison of first and second measurements

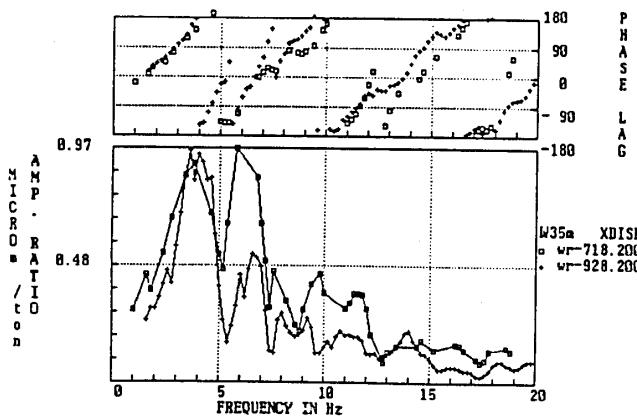


図 17 西 35m 地点の水平地盤変位応答の第 1 回と第 2 回の比較

Fig. 17 35m ground point horizontal displacement comparison of first and second measurements

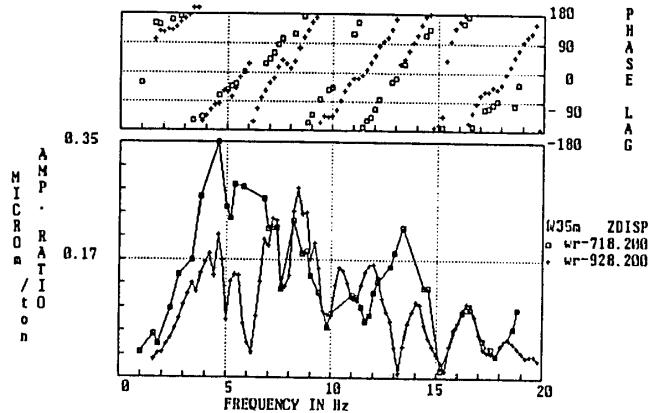


図 18 西 35m 地点の上下地盤変位応答の第 1 回と第 2 回の比較

Fig. 18 35m ground point vertical displacement comparison of first and second measurements

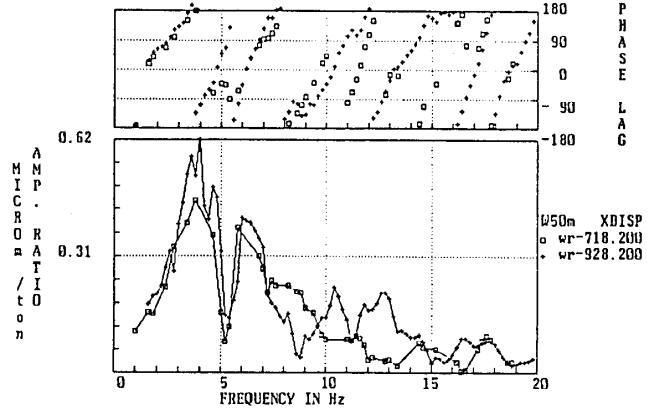


図 19 西 50m 地点の水平地盤変位応答の第 1 回と第 2 回の比較

Fig. 19 50m ground point horizontal displacement comparison of first and second measurements

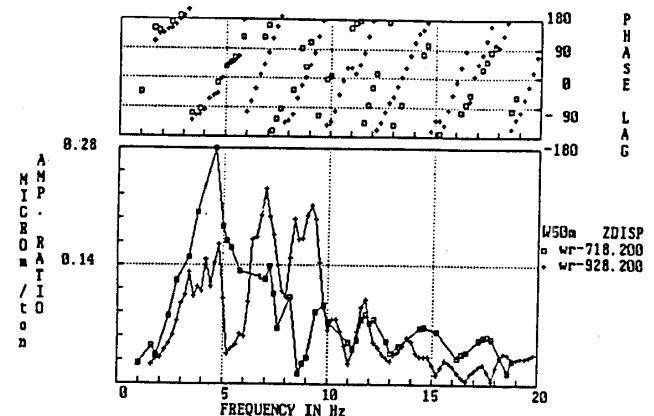


図 20 西 50m 地点の上下地盤変位応答の第 1 回と第 2 回の比較

Fig. 20 50m ground point vertical displacement comparison of first and second measurements

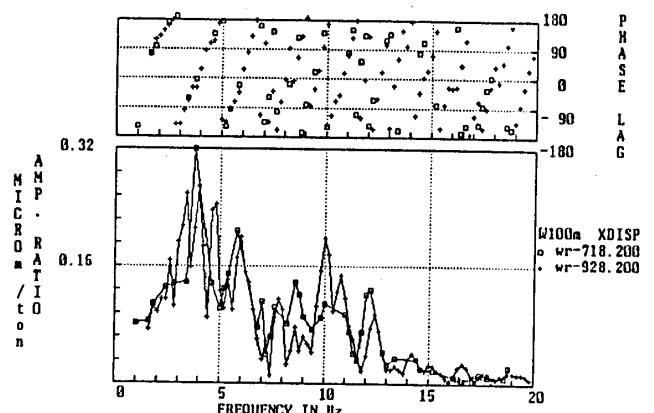


図 21 西 100m 地点の水平地盤変位応答の第 1 回と第 2 回の比較

Fig. 21 100m ground point horizontal displacement comparison of first and second measurements

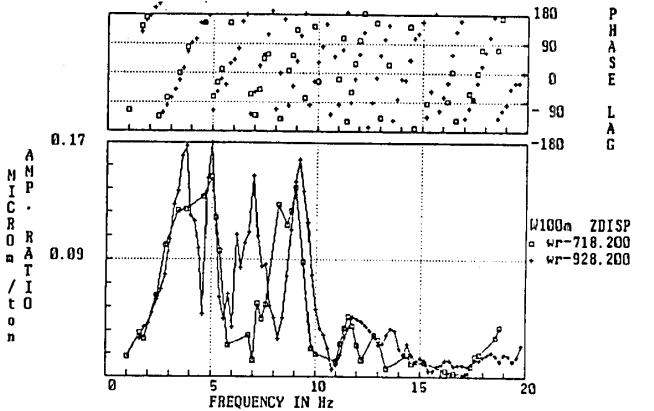


図 22 西 100m 地点の上下地盤変位応答の第 1 回と第 2 回の比較

Fig. 22 100m ground point vertical displacement comparison of first and second measurements

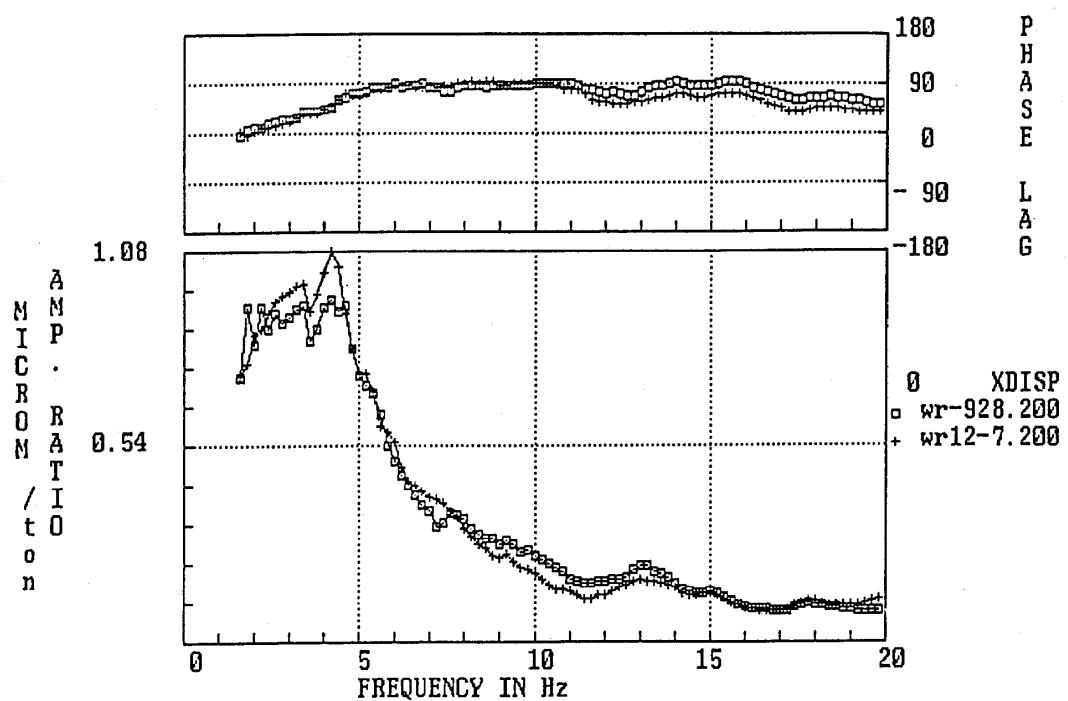


図23 水平基礎変位応答の第2回と第3回の比較

Fig. 23 Foundation horizontal displacement response comparison of second and third measurements

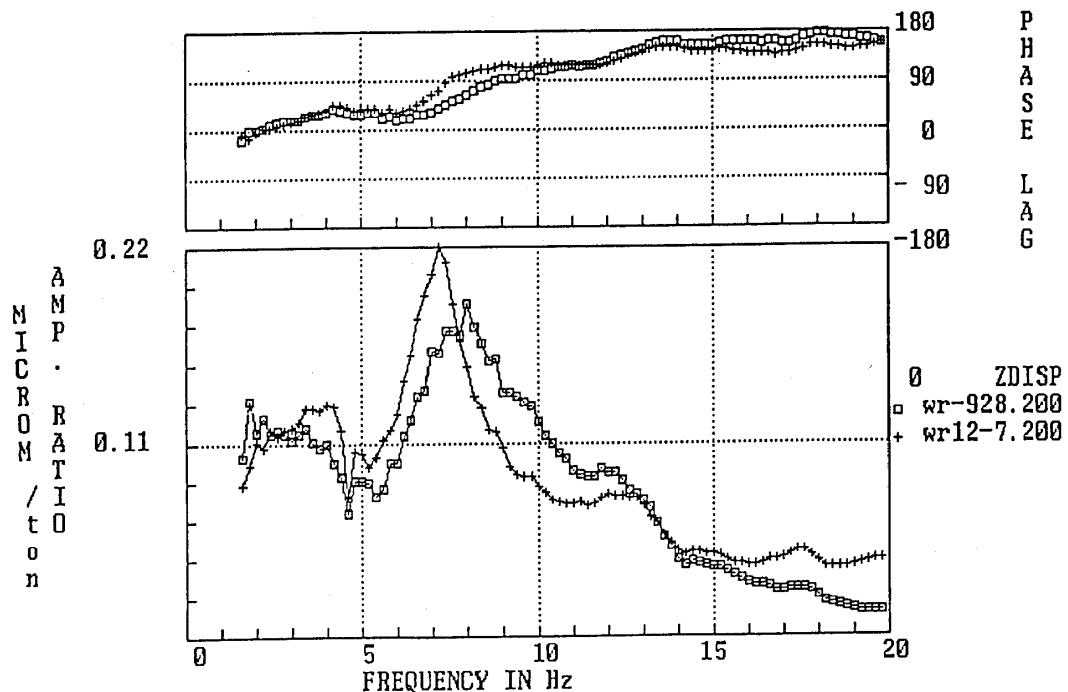


図24 上下基礎変位応答の第2回と第3回の比較

Fig. 24 Foundation vertical displacement response comparison of second and third measurements

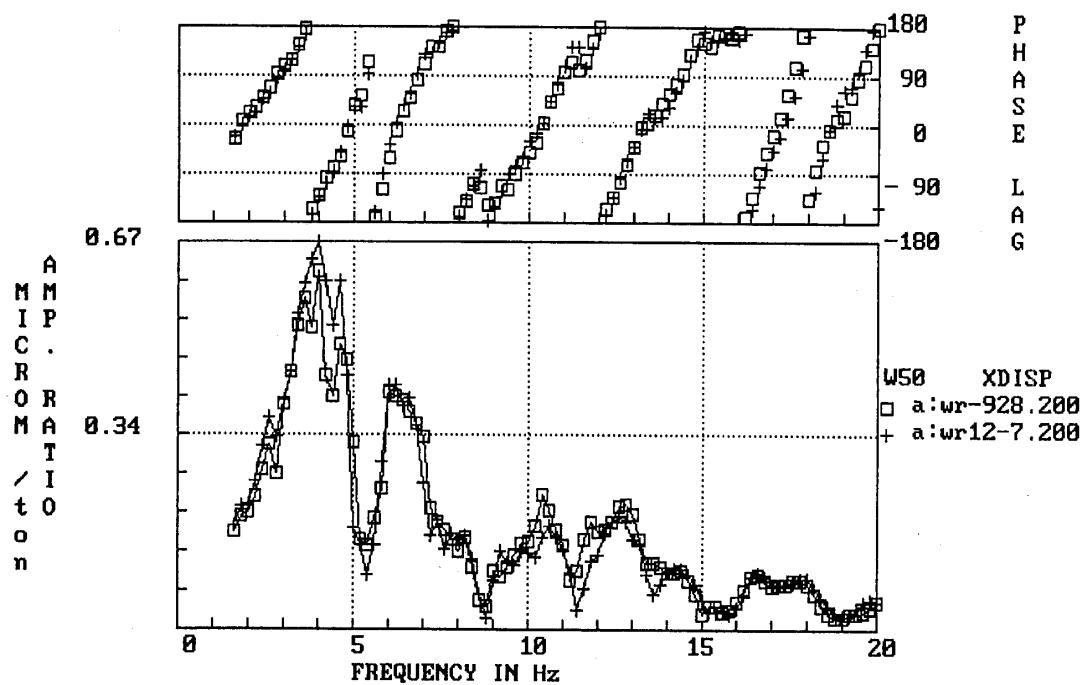


図 25 西 50m 地点の水平地盤変位応答の第 2 回と第 3 回の比較

Fig. 25 50m ground point horizontal displacement response comparison of second and third measurements

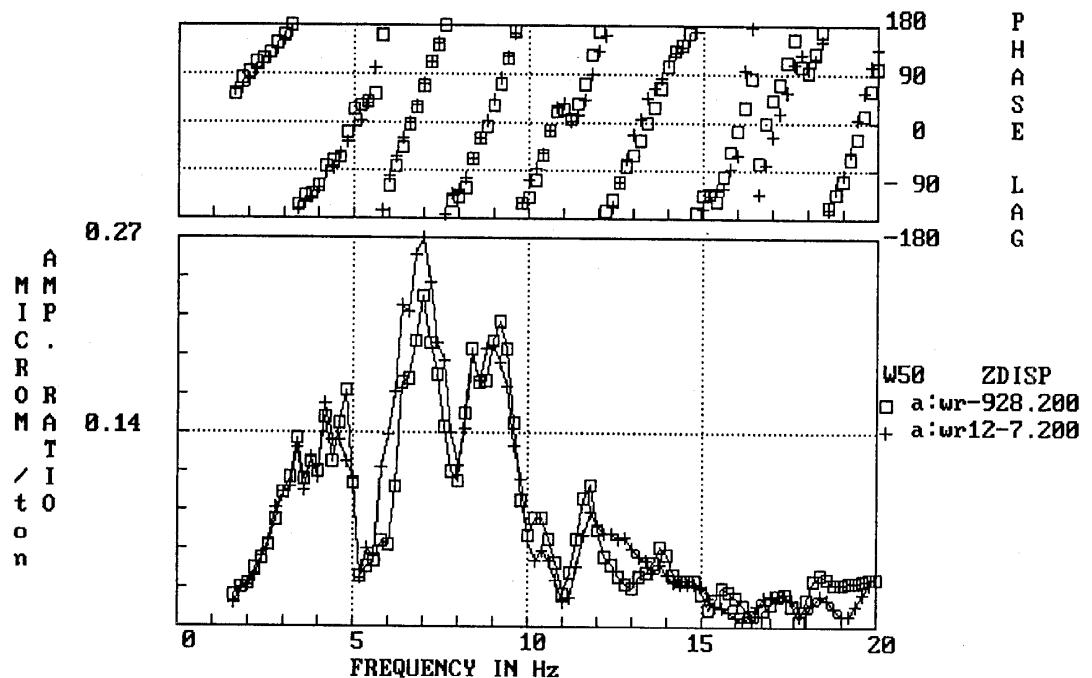


図 26 西 50m 地点の上下地盤変位応答の第 2 回と第 3 回の比較

Fig. 26 50m ground point vertical displacement response comparison of second and third measurements

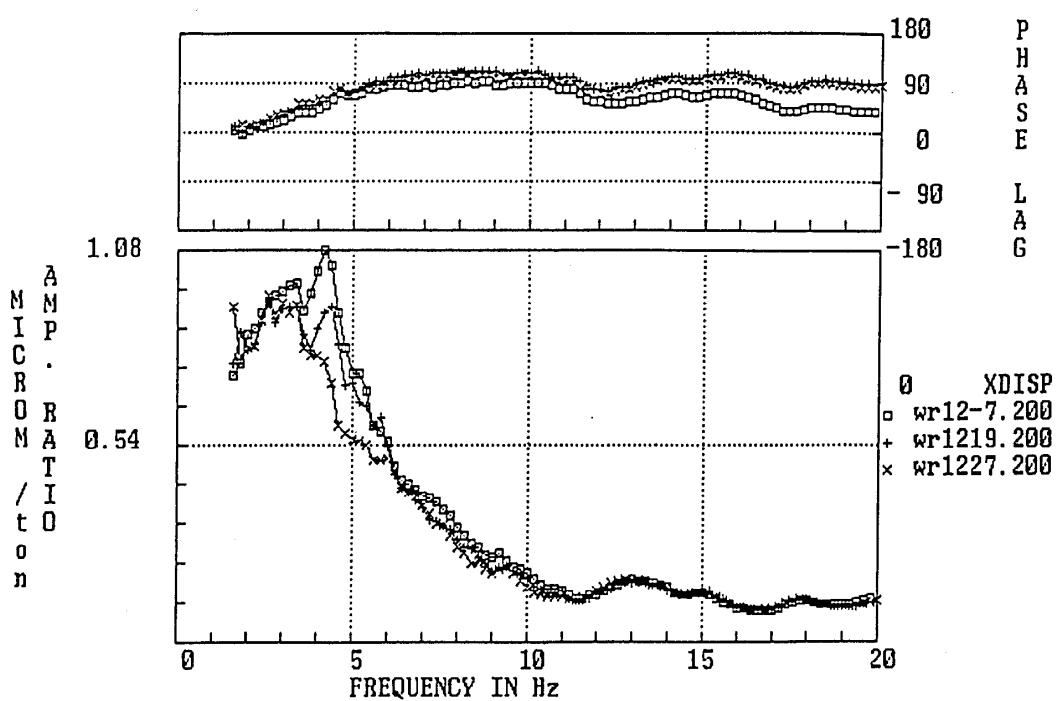


図27 水平基礎変位応答の第3回、第4回と第5回の比較

Fig. 27 Foundation horizontal displacement response comparison of third, fourth, and fifth measurements

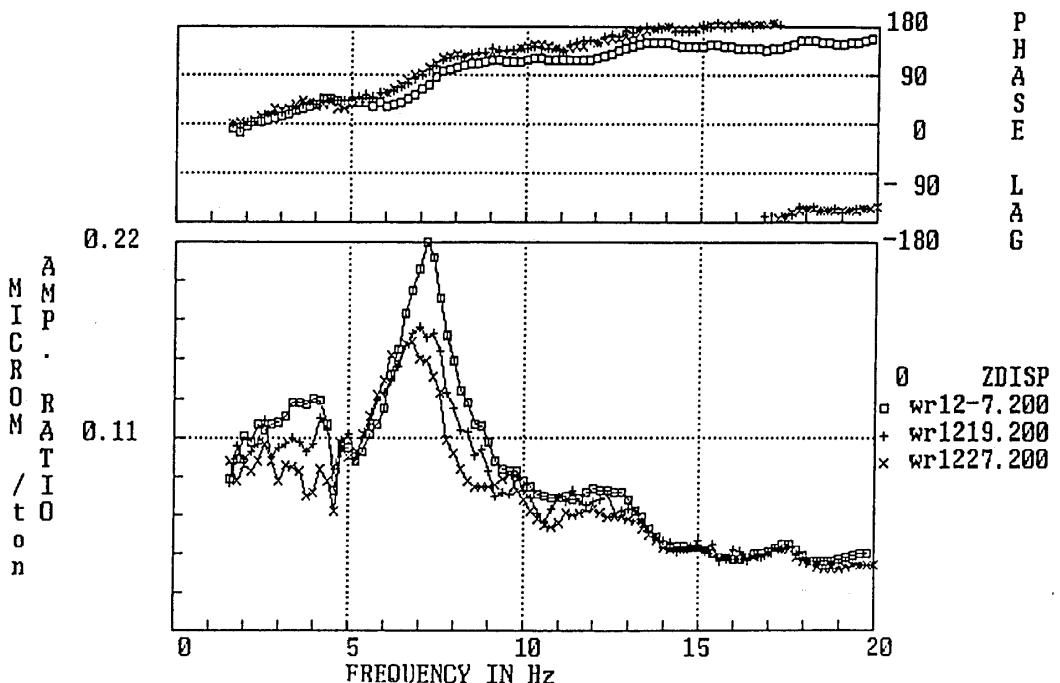


図28 上下基礎変位応答の第3回、第4回と第5回の比較

Fig. 28 Foundation vertical displacement response comparison of third, fourth, and fifth measurements

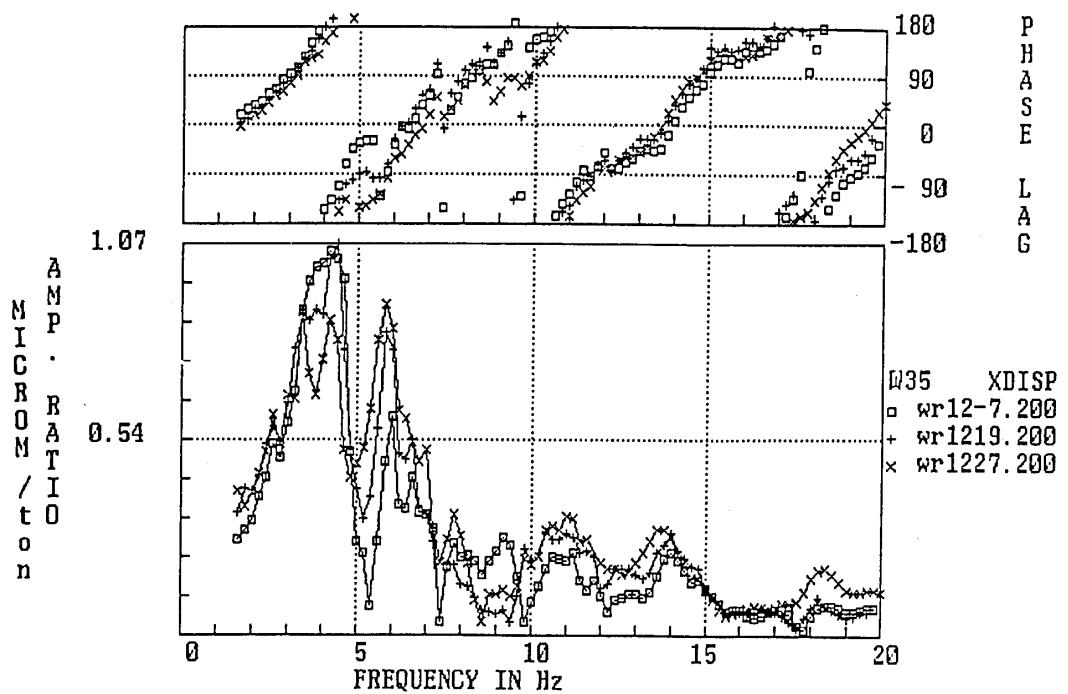


図29 西35m地点の水平地盤変位応答の第3回、第4回と第5回の比較

Fig. 29 35m ground point horizontal displacement response comparison of third, fourth, and fifth measurements

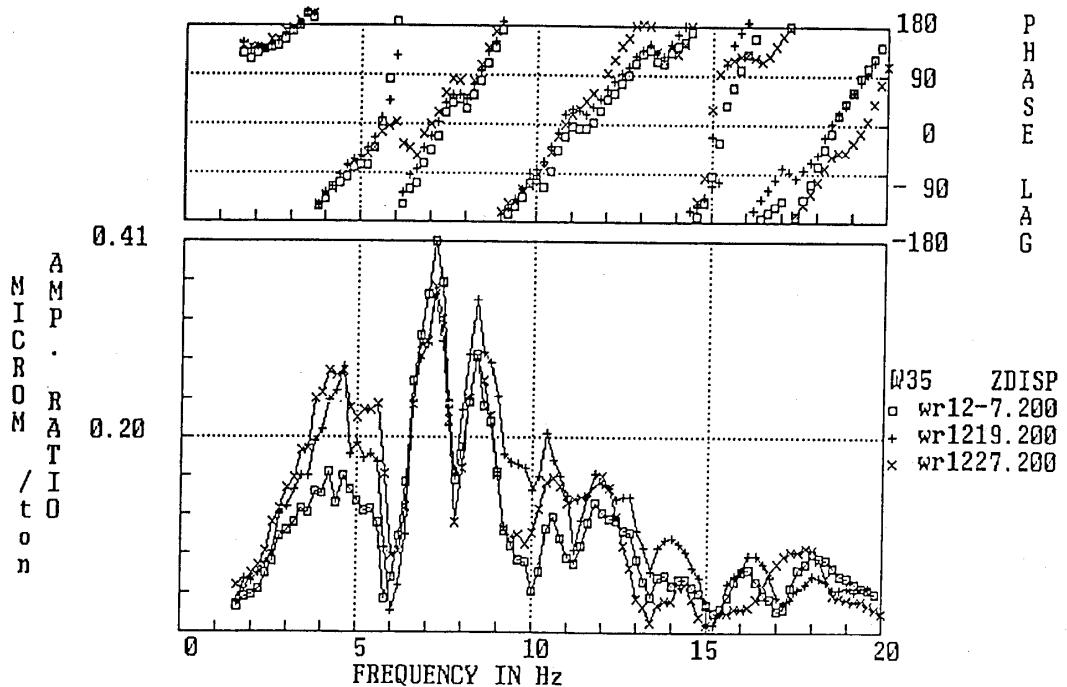


図30 西35m地点の上下地盤変位応答の第3回、第4回と第5回の比較

Fig. 30 35m ground point vertical displacement response comparison of third, fourth, and fifth measurements

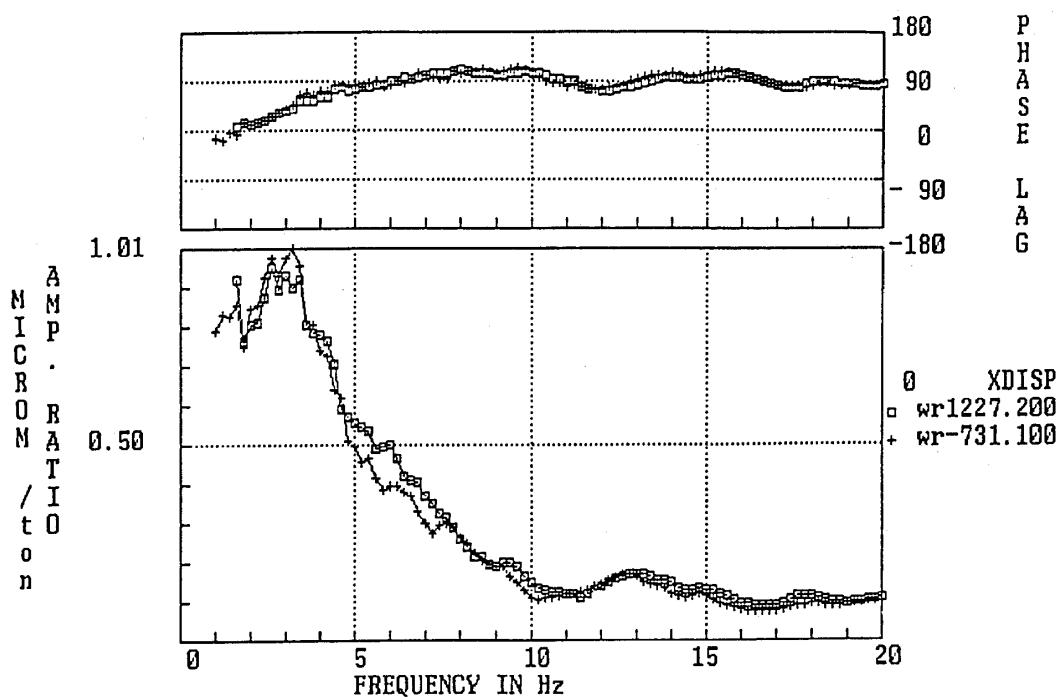


図31 水平基礎変位応答の第5回と第6回の比較

Fig. 31 Foundation Horizontal displacement response comparison of fifth, and sixth measurements

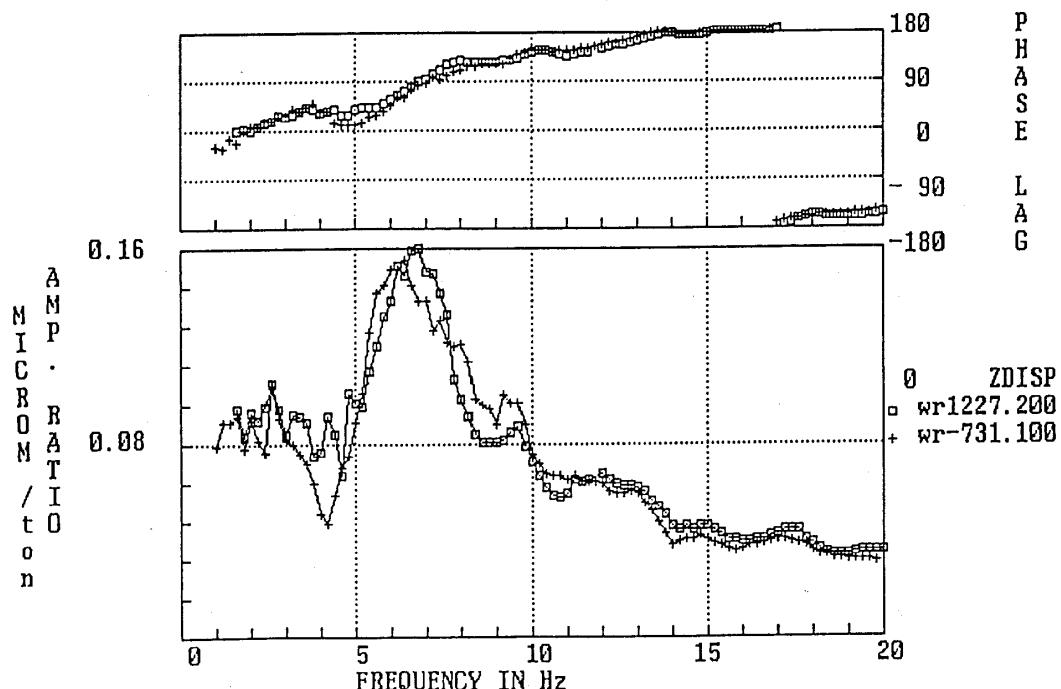


図32 上下基礎変位応答の第5回と第6回の比較

Fig. 32 Foundation vertical displacement response comparison of fifth, and sixth measurements

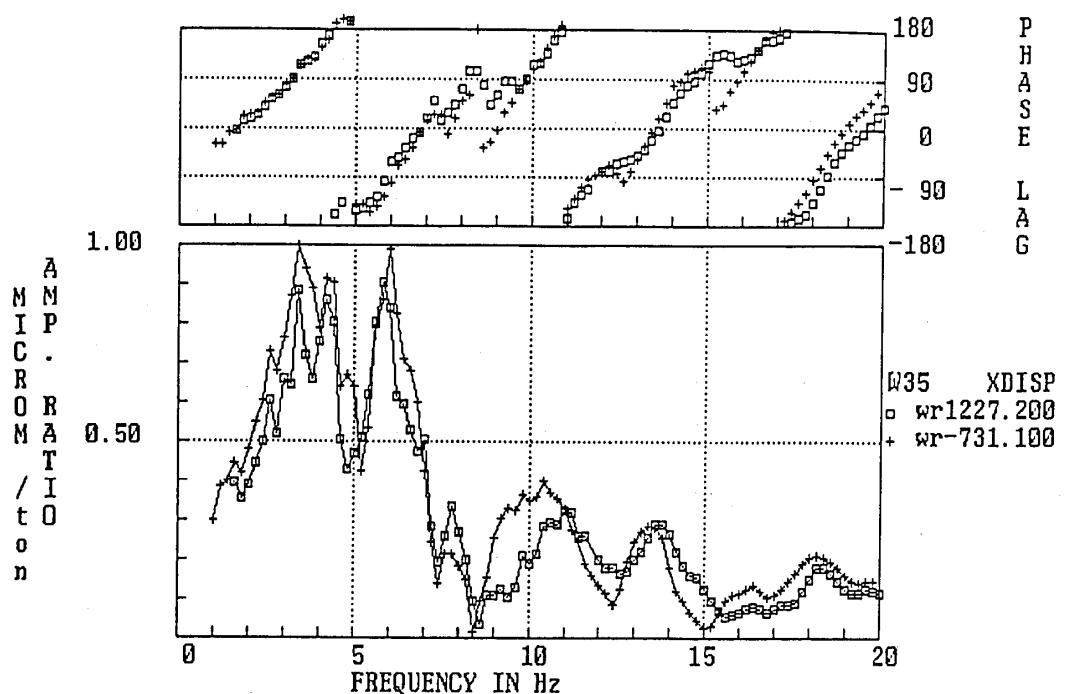


図 33 西 35m 地点の水平地盤変位応答の第 5 回と第 6 回の比較

Fig. 33 35m ground point horizontal displacement response comparison of fifth and sixth measurements

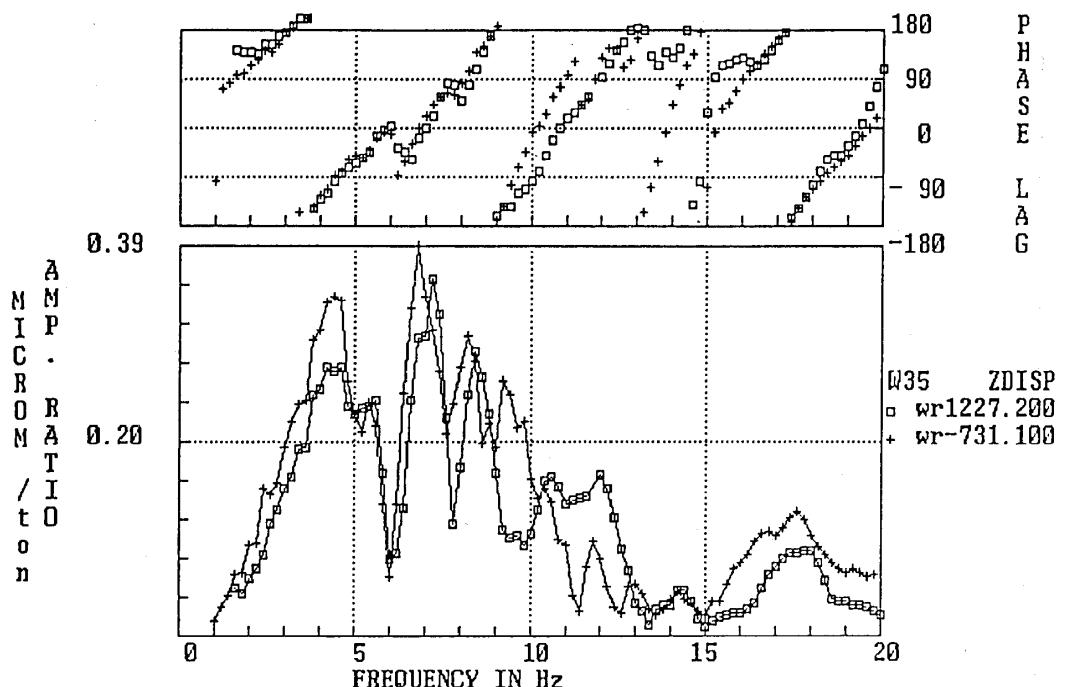


図 34 西 35m 地点の上下地盤変位応答の第 5 回と第 6 回の比較

Fig. 34 35m ground point vertical displacement response comparison of fifth and sixth measurements

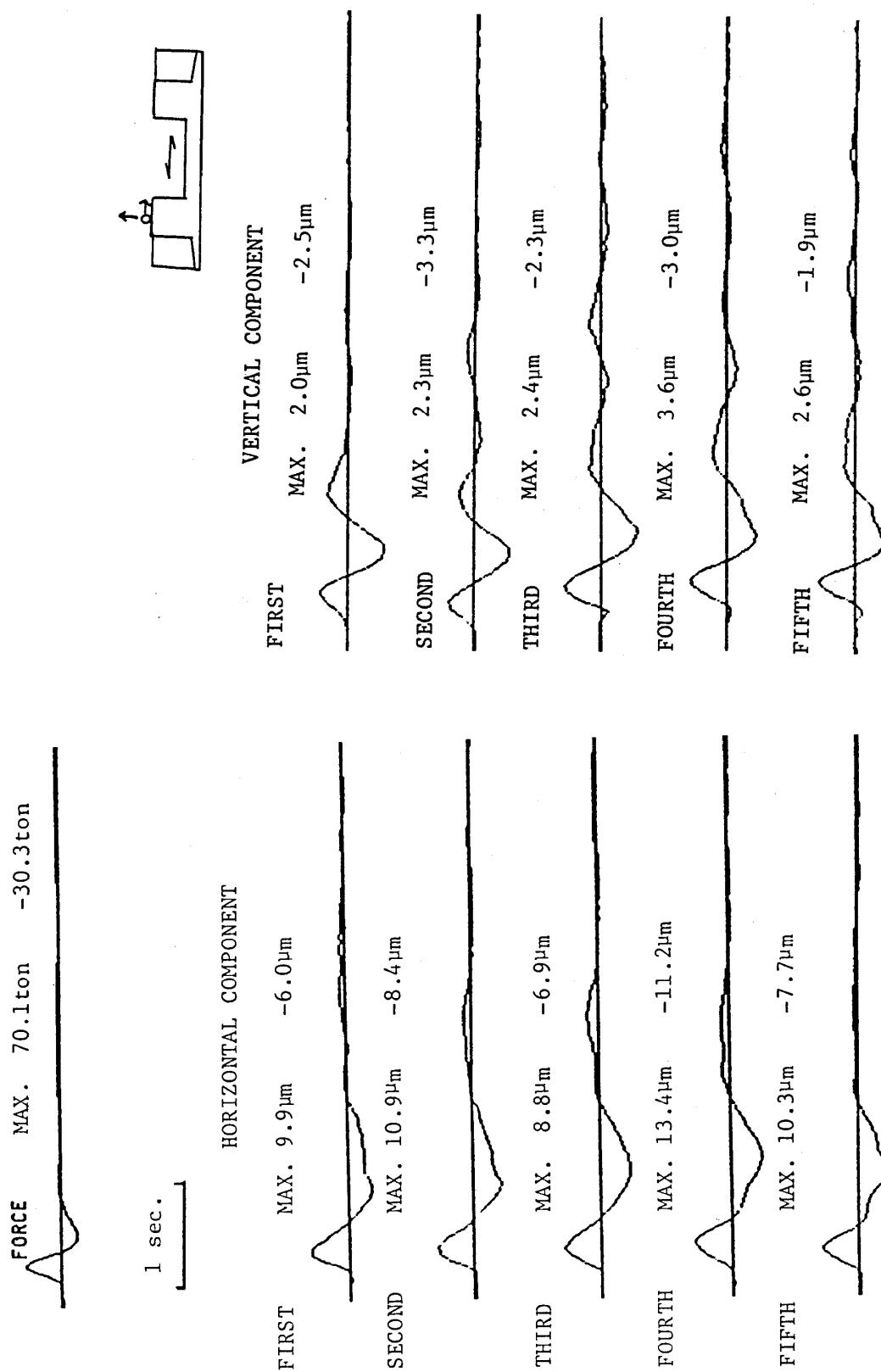


図35 変位基礎衝撃応答の上下成分
Fig. 35 Vertical displacement waves of foundation impulse responses

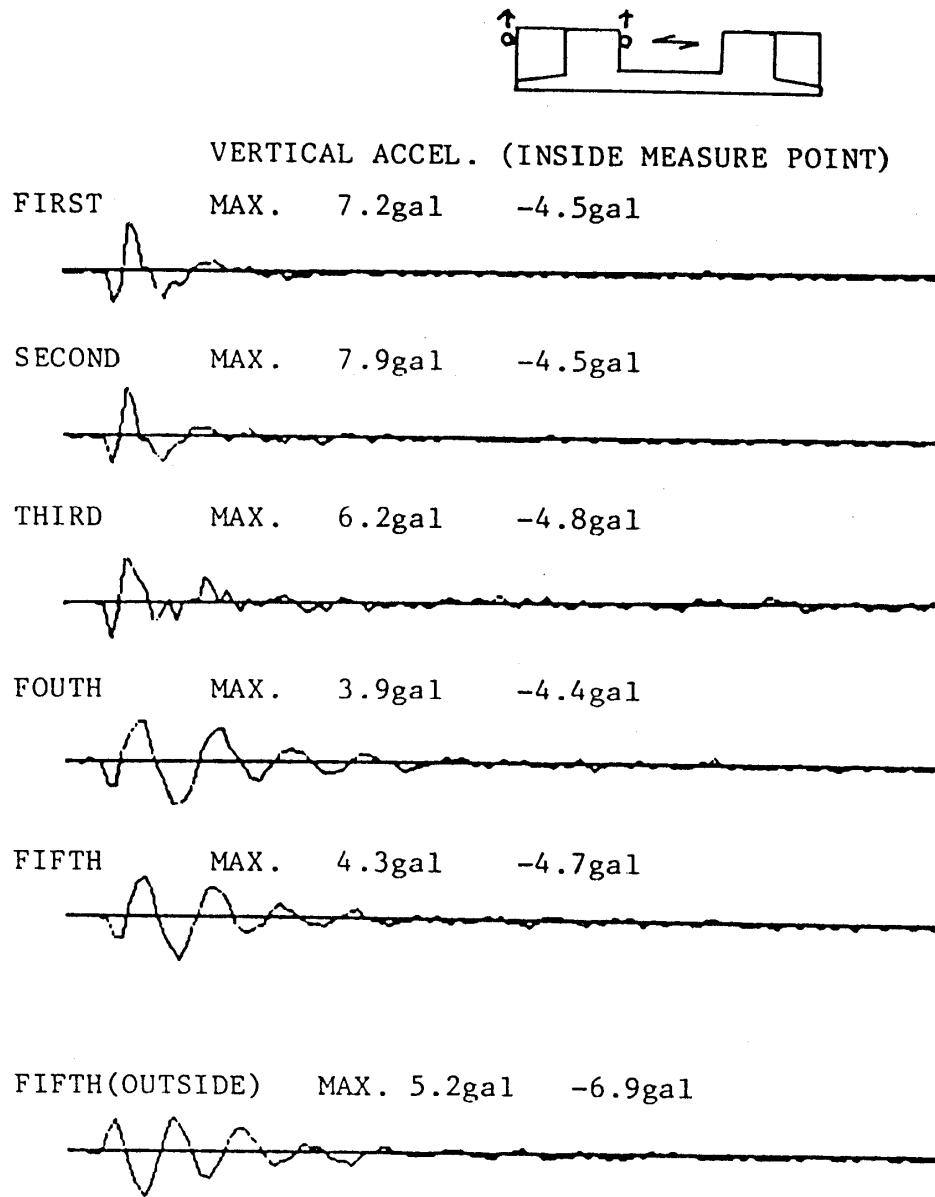


図 36 加速度基礎衝撃応答の上下成分

Fig. 36 Vertical acceleration waves of foundation impulse responses

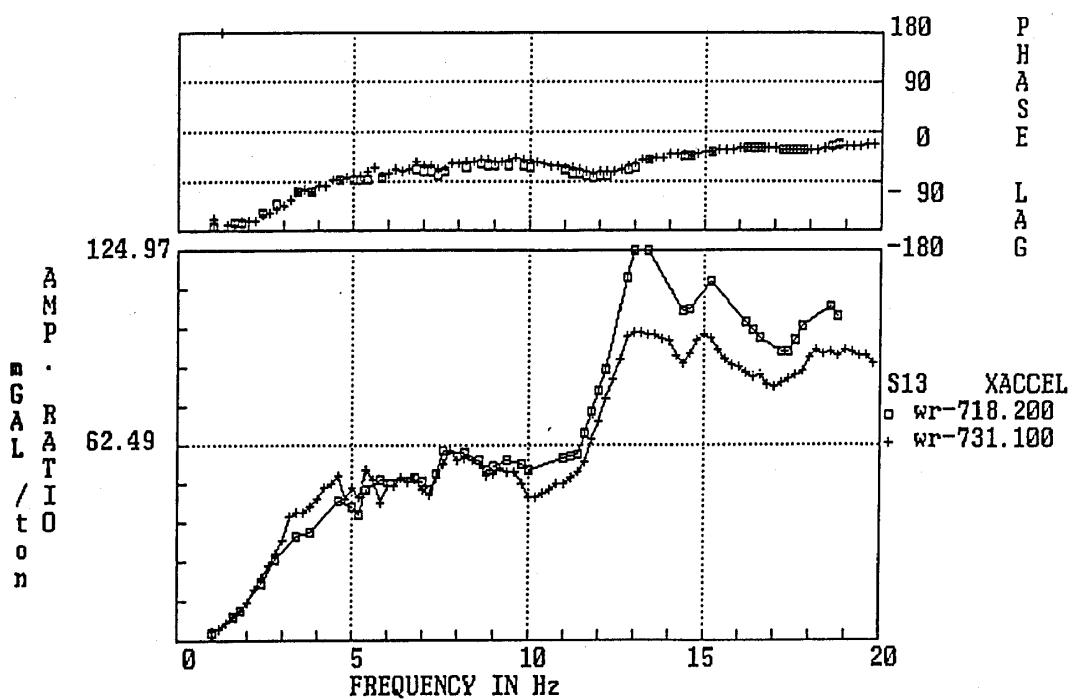


図 37 基礎重心位置加速度水平応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 37 Foundation center point horizontal acceleration response comparison of first and sixth measurements

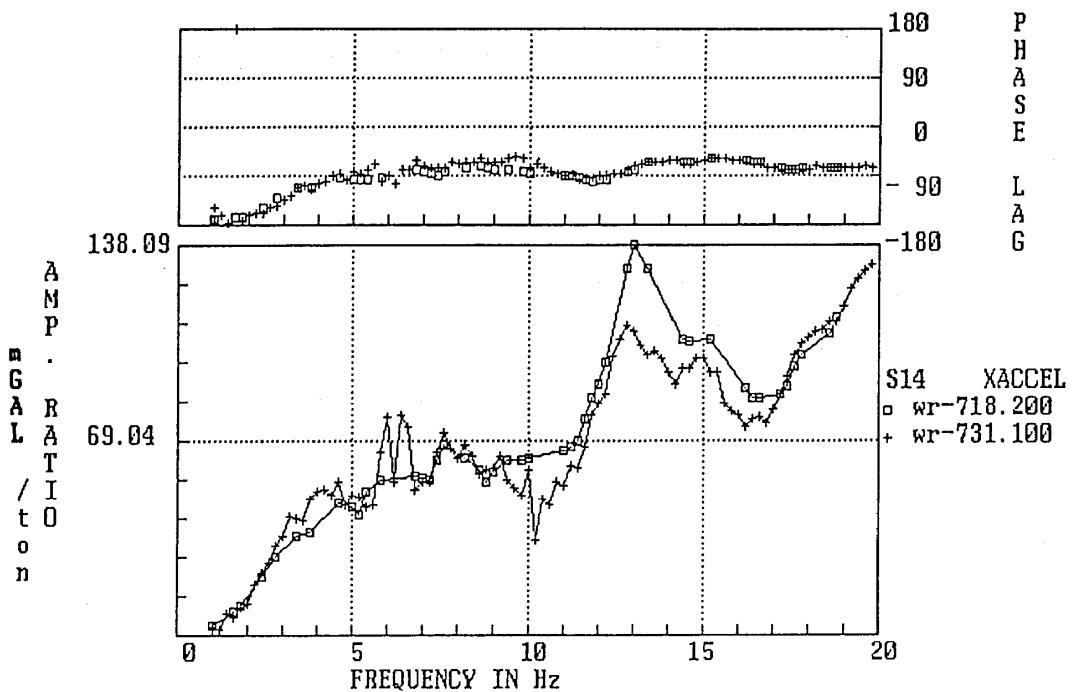


図 38 基礎上面位置加速度水平応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 38 Foundation surface point horizontal acceleration response comparison of first and sixth measurements

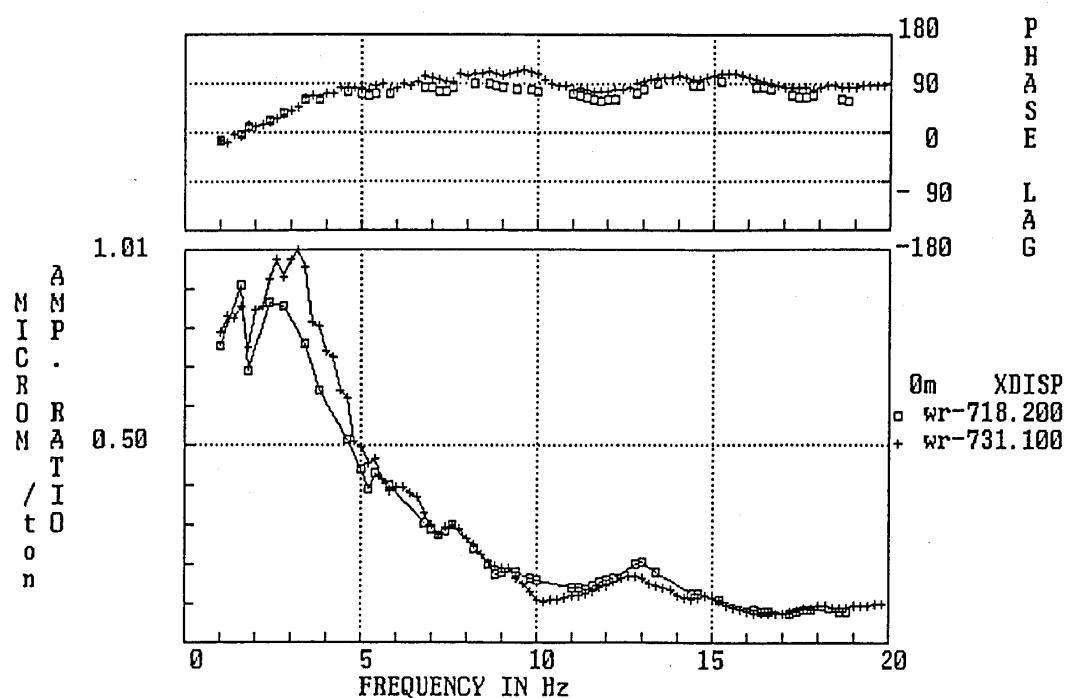


図 39 基礎上面位置変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 39 Foundation surface point horizontal acceleration response comparison of first and sixth measurements

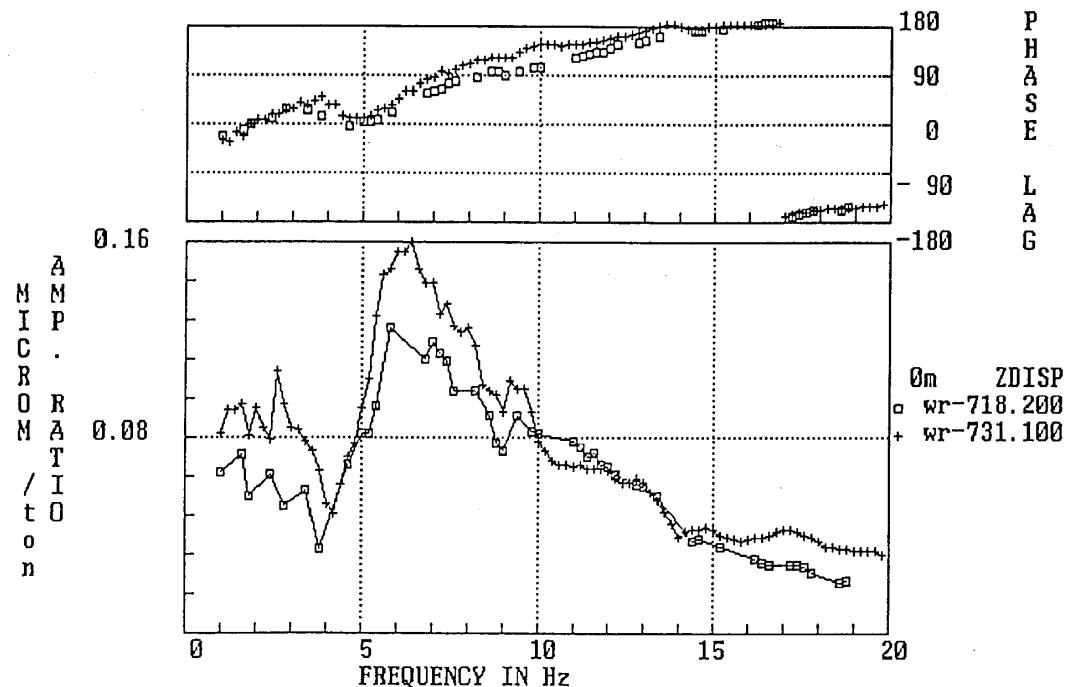


図 40 基礎上面位置変位上下応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 40 Foundation surface point vertical displacement response comparison of first and sixth measurements

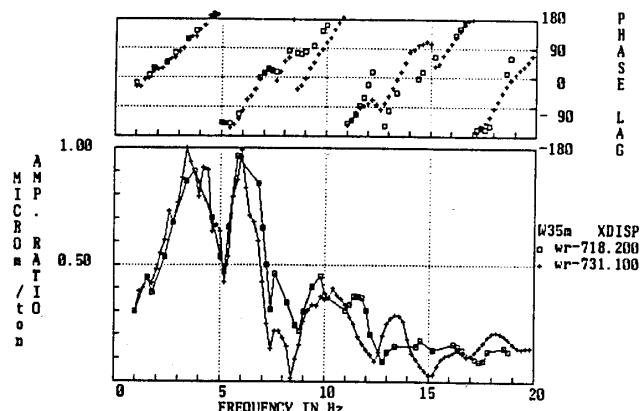


図 41 西 35m 地点の水平地盤変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 41 35m ground point horizontal displacement response comparison of first and sixth measurements

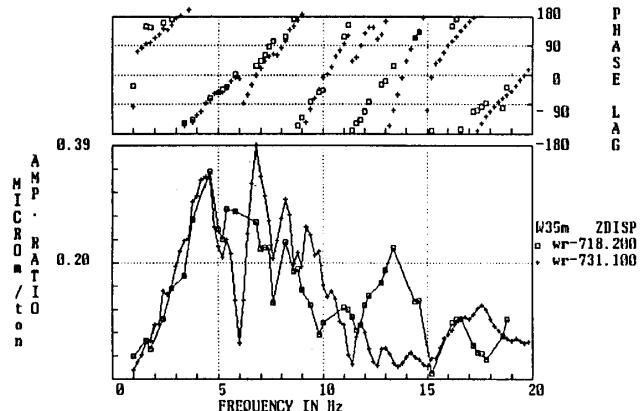


図 42 西 35m 地点の上下地盤変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 42 35m ground point vertical displacement response comparison of first and sixth measurements

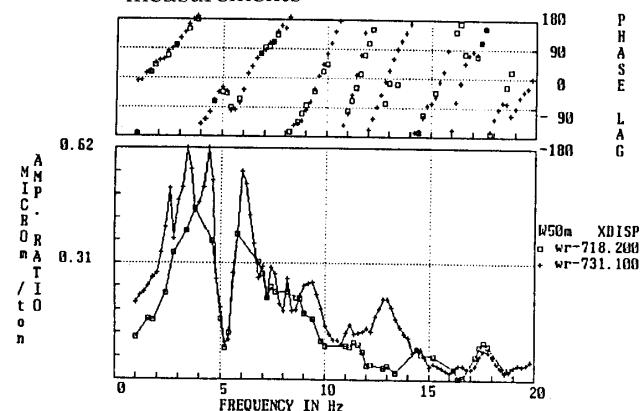


図 43 西 50m 地点の水平地盤変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 43 50m ground point horizontal displacement response comparison of first and sixth measurements

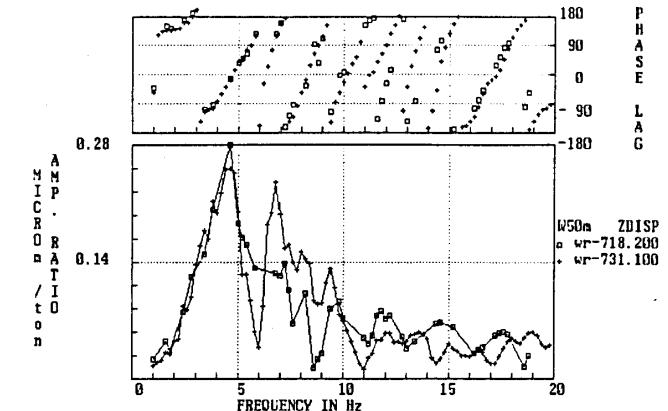


図 44 西 50m 地点の上下地盤変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 44 50m ground point vertical displacement response comparison of first and sixth measurements

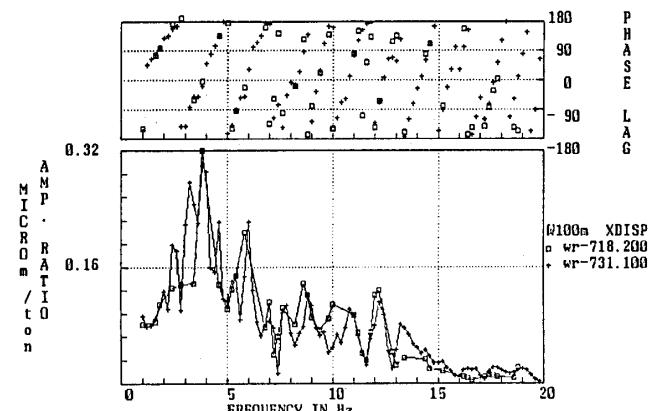


図 45 西 100m 地点の水平地盤変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 45 100m ground point horizontal displacement response comparison of first and sixth measurements

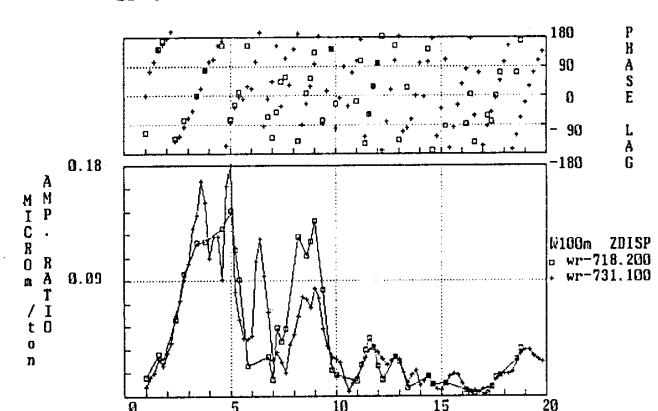


図 46 西 100m 地点の上下地盤変位応答の第 1 回と第 6 回の比較

Fig. 46 100m ground point vertical displacement response comparison of first and sixth measurements

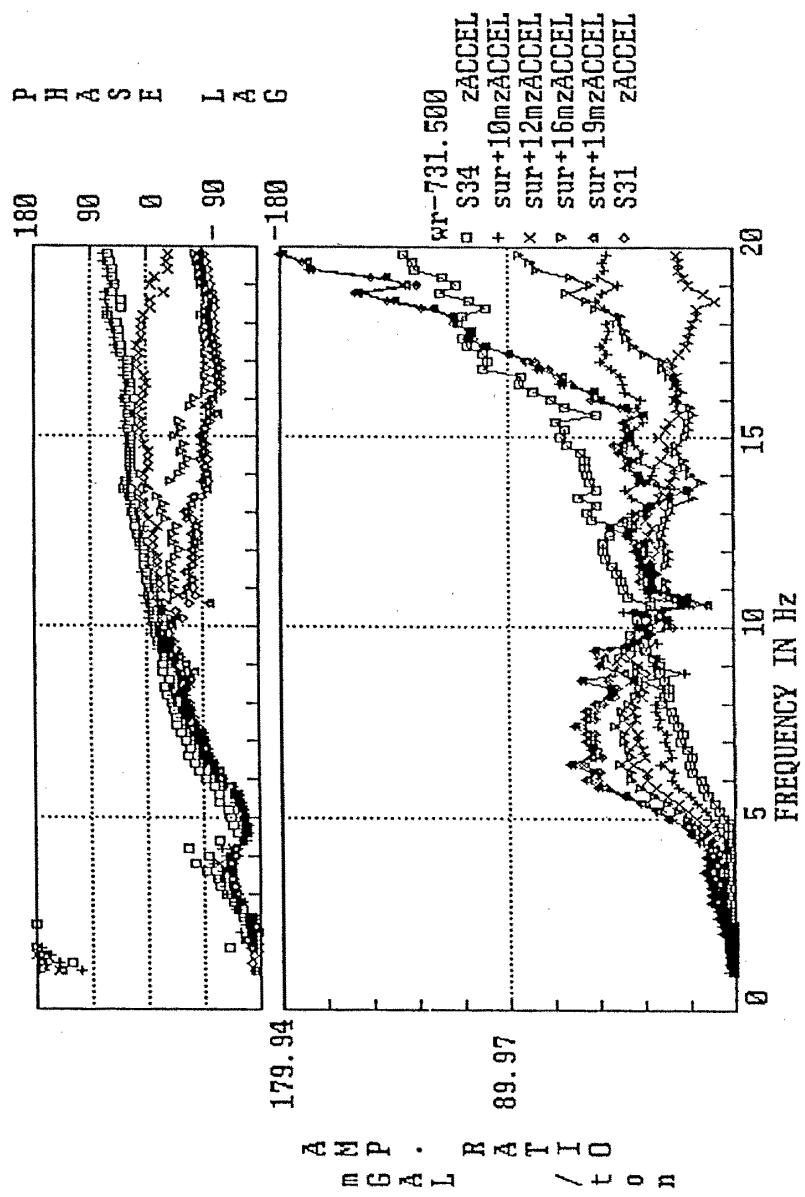


図 47 基礎上下動加速度共振曲線（第 6 回測定）
Fig. 47 Foundation vertical acceleration resonance curve (sixth measurement)

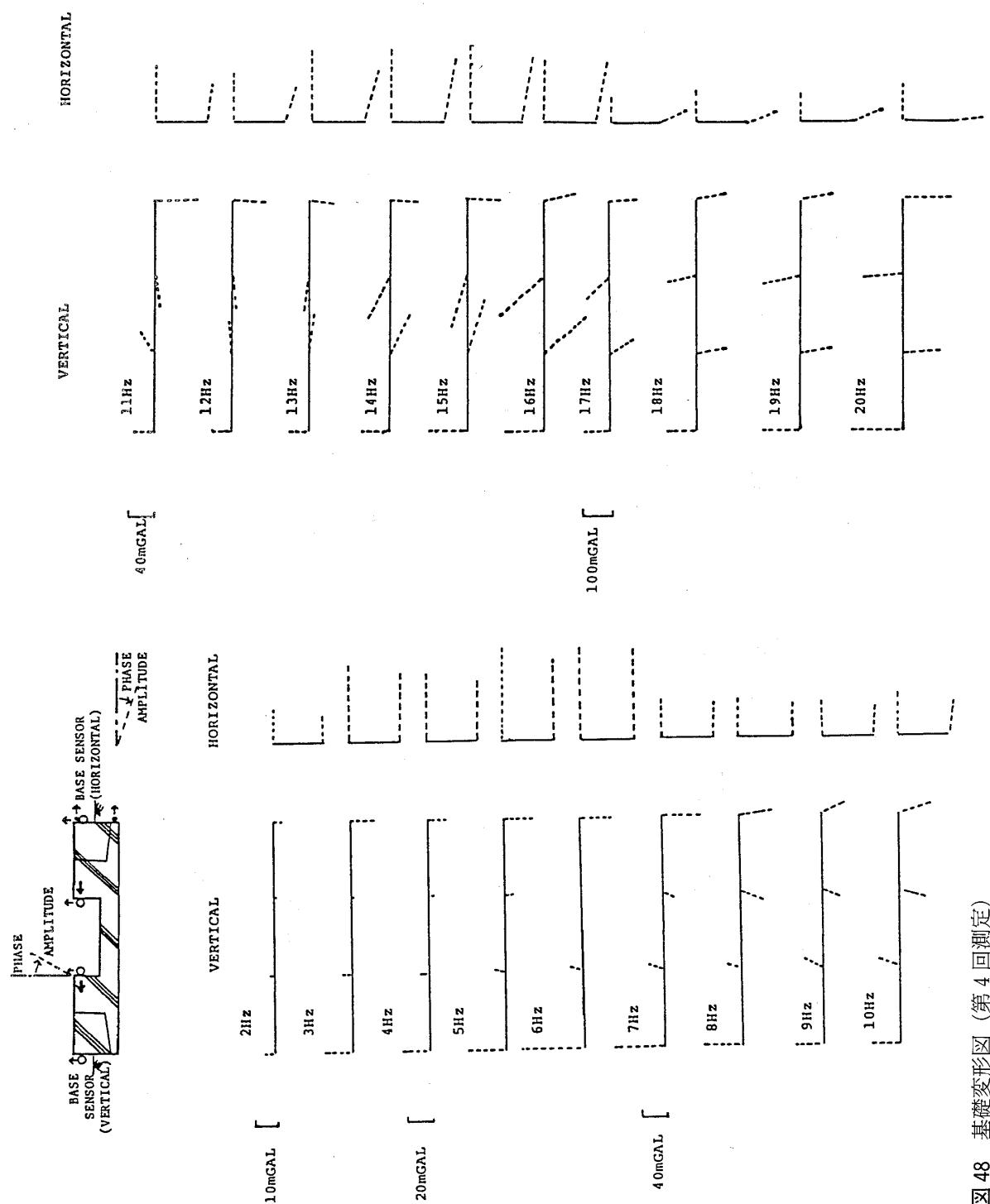


図48 基礎変形図（第4回測定）
Fig. 48 Foundation deformations (fourth measurement)

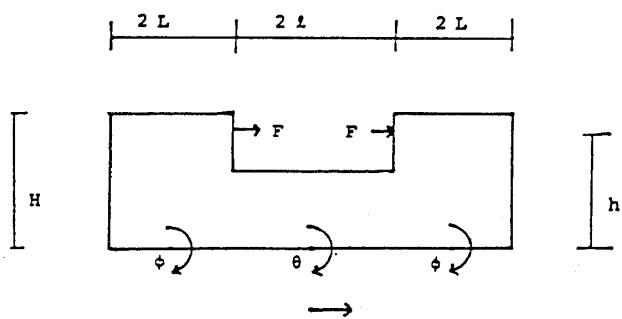


図 49 単純解析モデル

Fig. 49 Simple analysis model

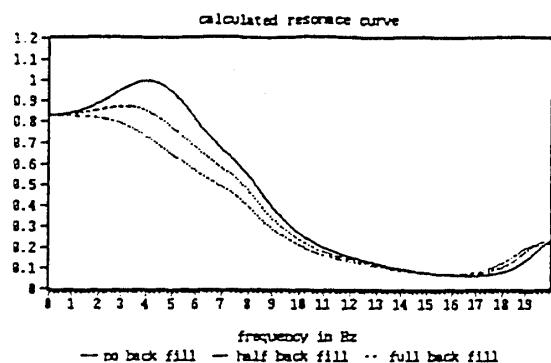


図 50 計算基礎水平振動数応答 ($\mu\text{m/ton}$)

Fig. 50 Calculation horizontal resonance curve of foundation

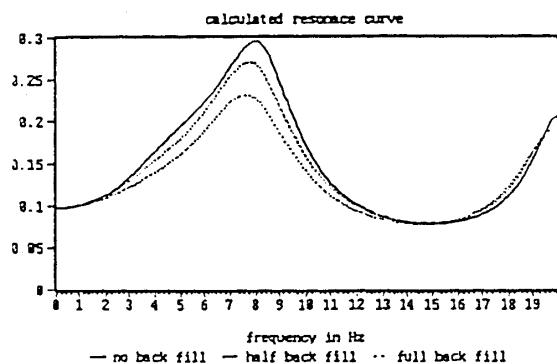


図 51 計算基礎上下振動数応答 ($\mu\text{m/ton}$)

Fig. 51 Calculation vertical resonance curve of foundation

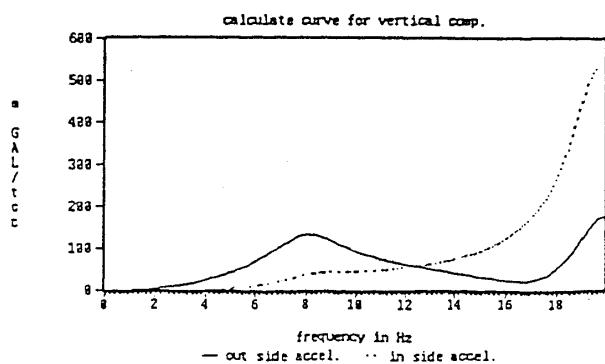


図 52 計算基礎両側上下加速度振動数応答 (mgal/ton)

Fig. 52 Calculation vertical resonance curves of both foundation sides

APPENDIX 1

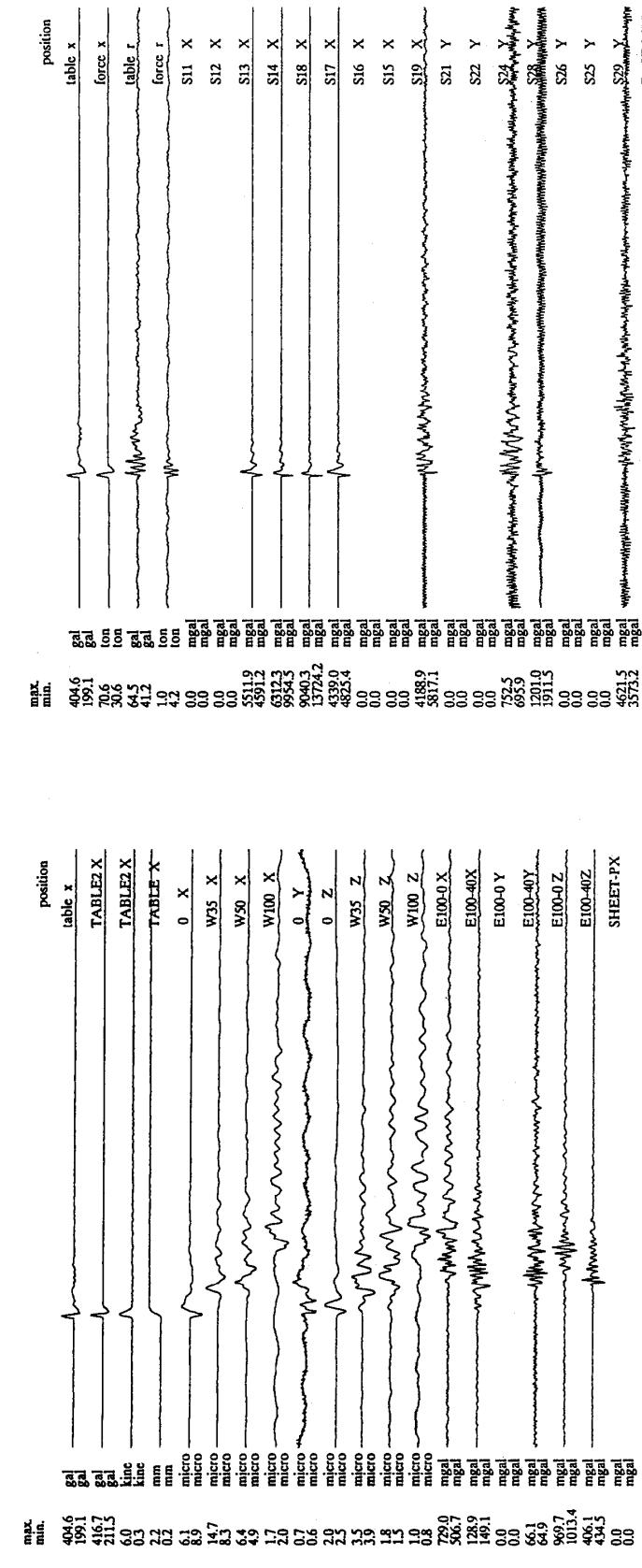
衝擊応答波形

1989 INTERACTION TEST No.1
July 18 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S89-718.3
CALIBRATION FILE = CAL-SSL718

1989 INTERACTION TEST No.1
July 18 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S89-718.3
CALIBRATION FILE = CAL-SSL718

PLOT PITCH = 1

PLOT PITCH = 1

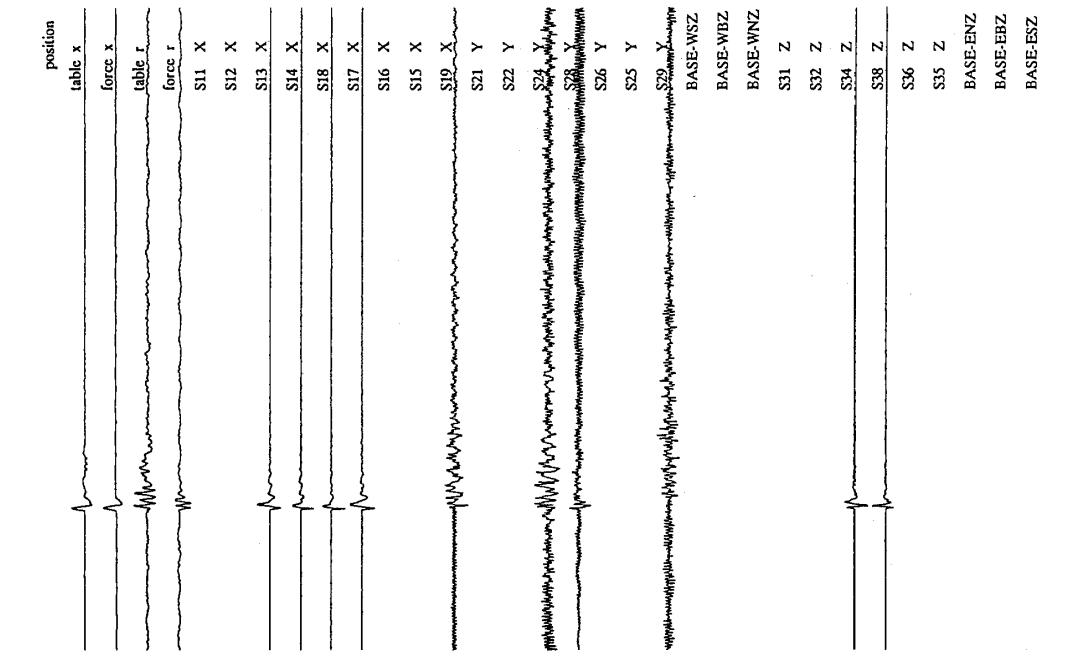


4 SEC.

図 1 第1回(着工直前)低レベル右衝撃

Fig. 1 Impulse response waves of first measurement (right shock)

PLOT PITCH = 1
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S89-718.3
CALIBRATION FILE = CAL-SSL718



4 SEC.

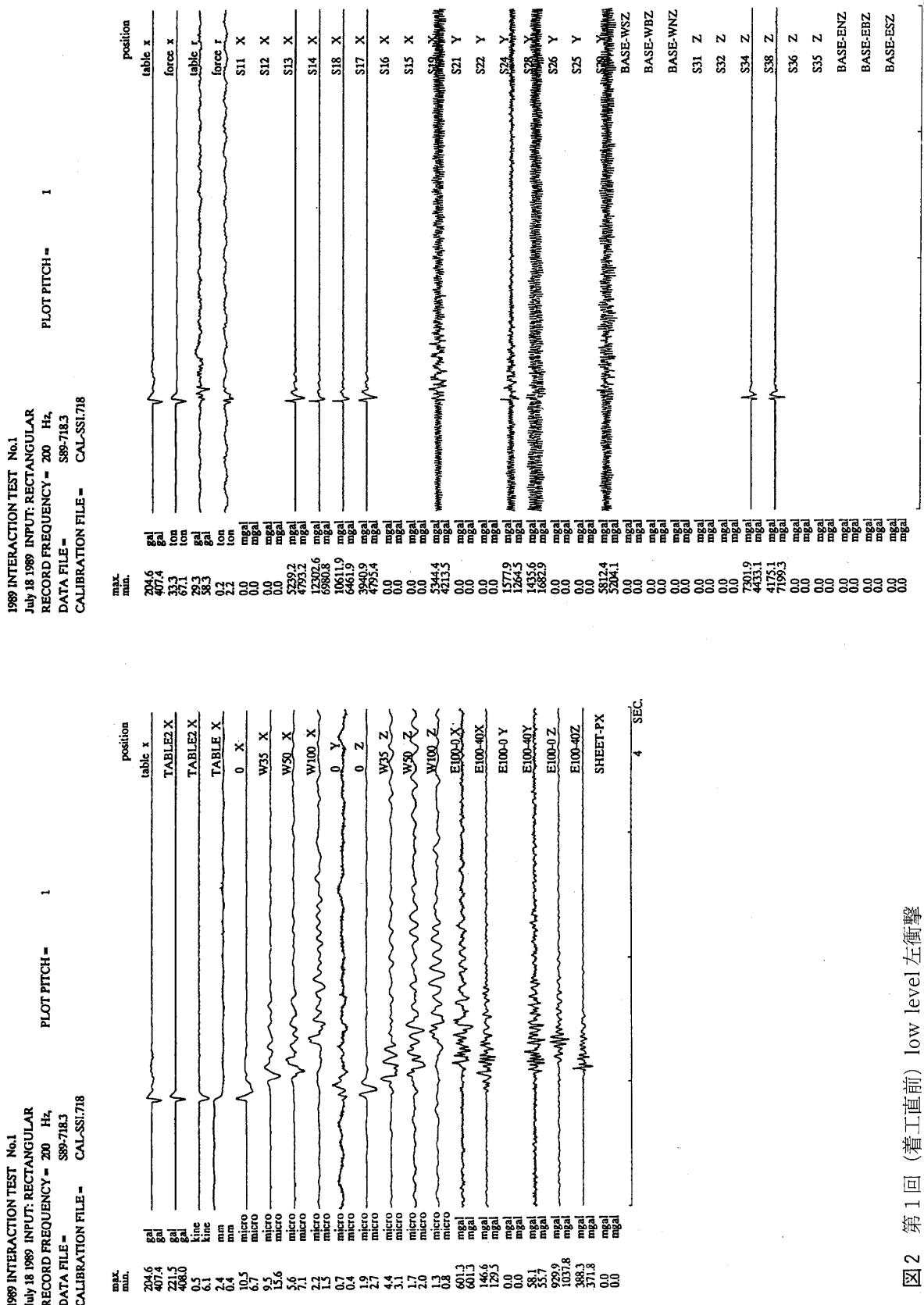
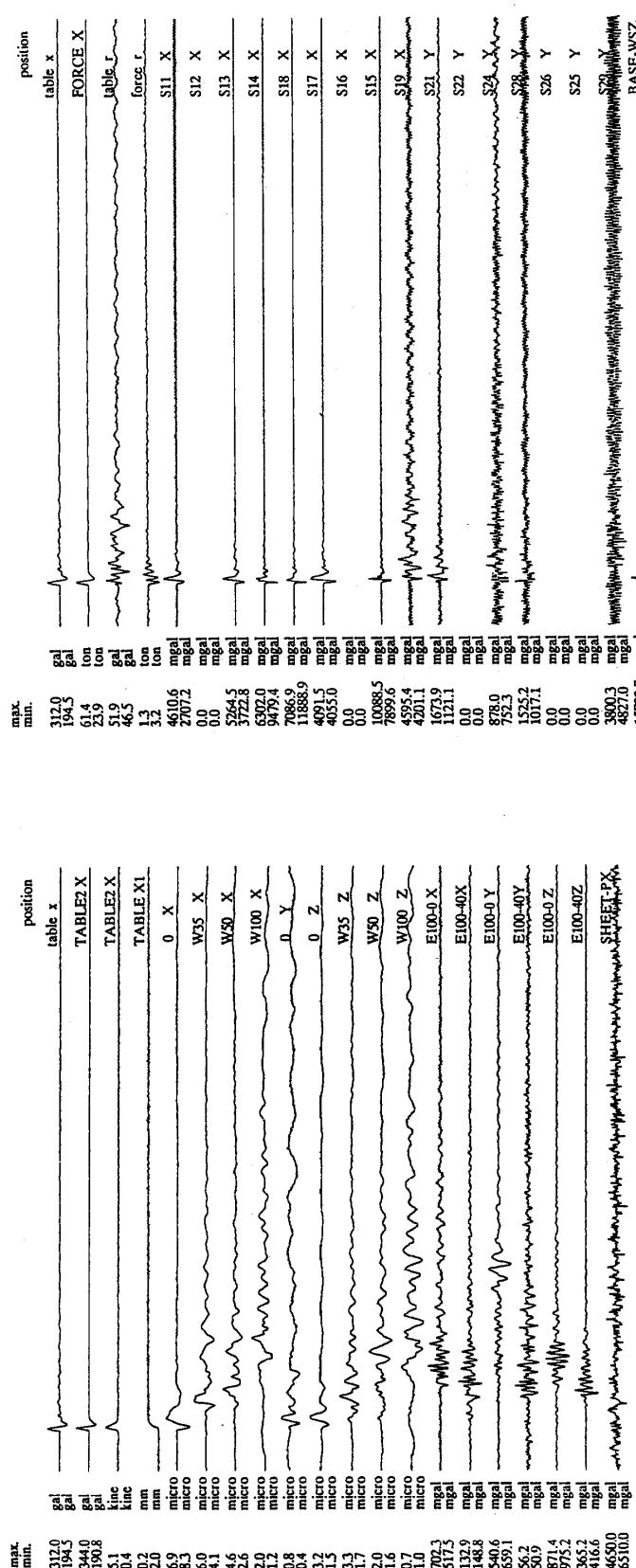


図2 第1回(着工直前) low level 左衝撃

Fig. 2 Impulse response waves of first measurement (left shock)

1989 INTERACTION TEST No.2
September 28 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S89-928.8
CALIBRATION FILE = CAL-SS1/328

1989 INTERACTION TEST No.2
September 28 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S89-928.8
CALIBRATION FILE = CAL-SS1/328



4 SEC.

SHEET-PX
SHEET-PY
SHEET-PZ
BASE-WXZ
BASE-WYZ
BASE-EWZ
BASE-EWY
BASE-EWZ
BASE-EXZ
BASE-EWZ
BASE-EWY
BASE-EWZ

図3 第2回(基礎掘出時) low level右衝撃

Fig. 3 Impulse response waves of second measurement (right shock)

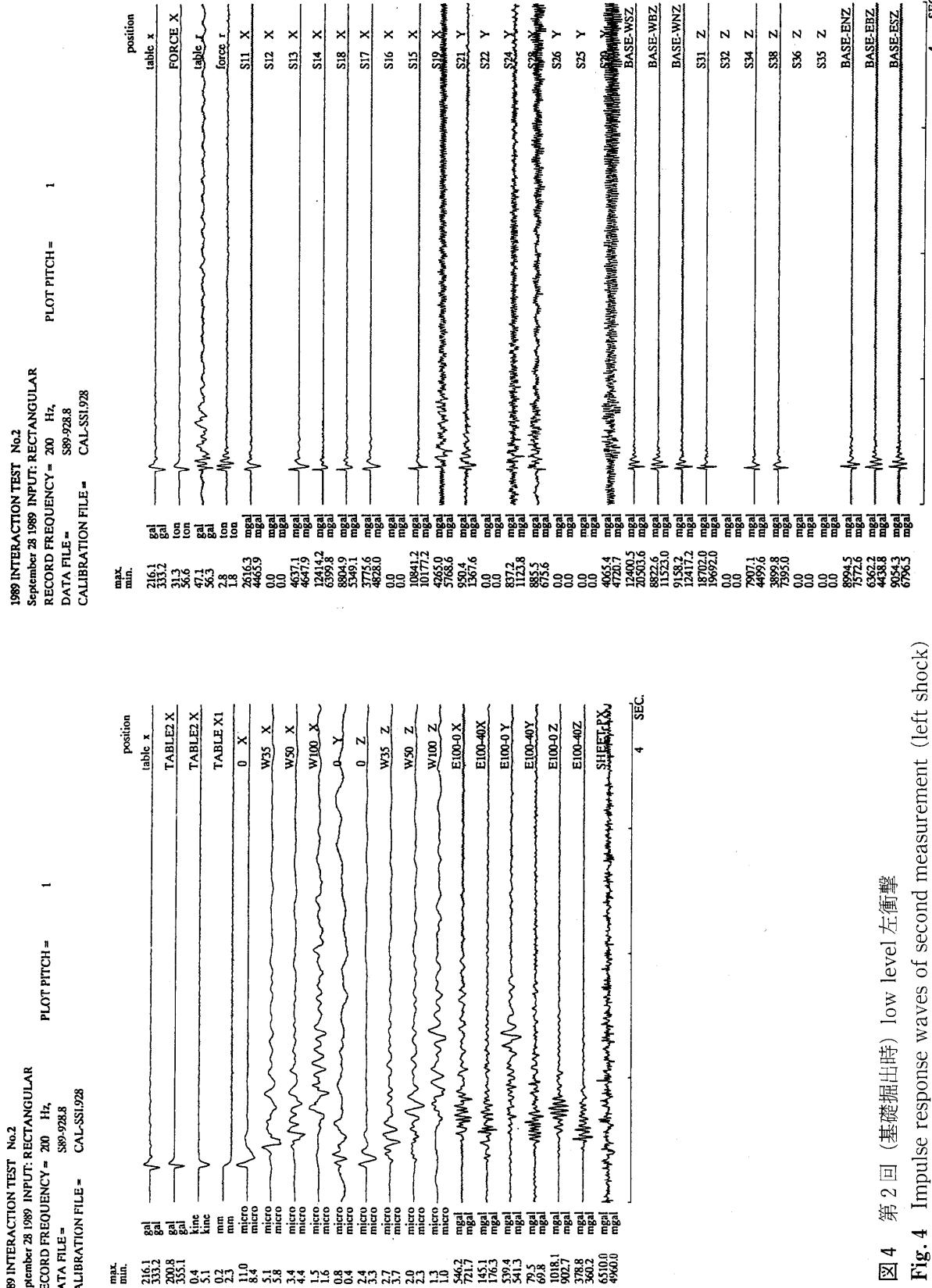


図4 第2回(基礎掘出時)低レベル左衝撃

Fig. 4 Impulse response waves of second measurement (left shock)

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-73
CALIBRATION FILE = CAL-SS1127

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-73
CALIBRATION FILE = CAL-SS1127

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-73
CALIBRATION FILE = CAL-SS1127

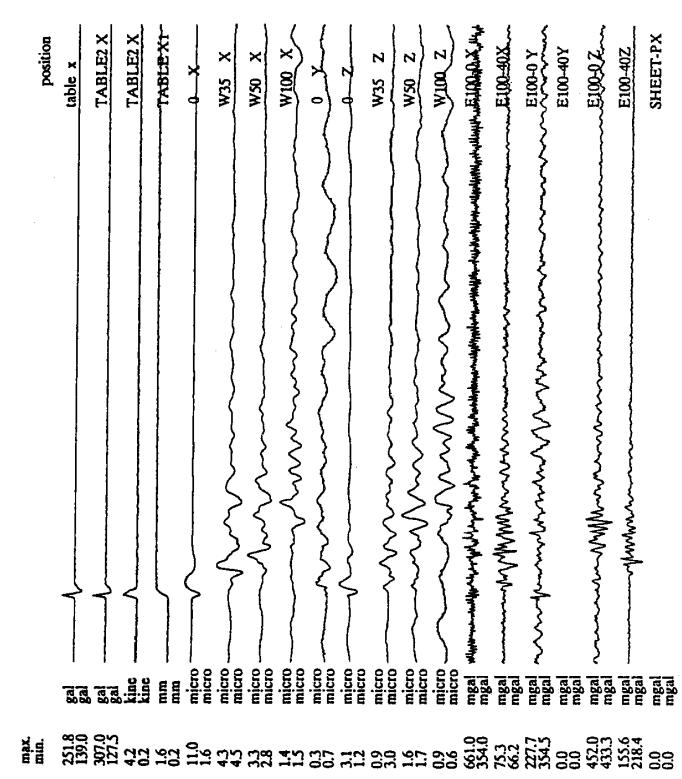
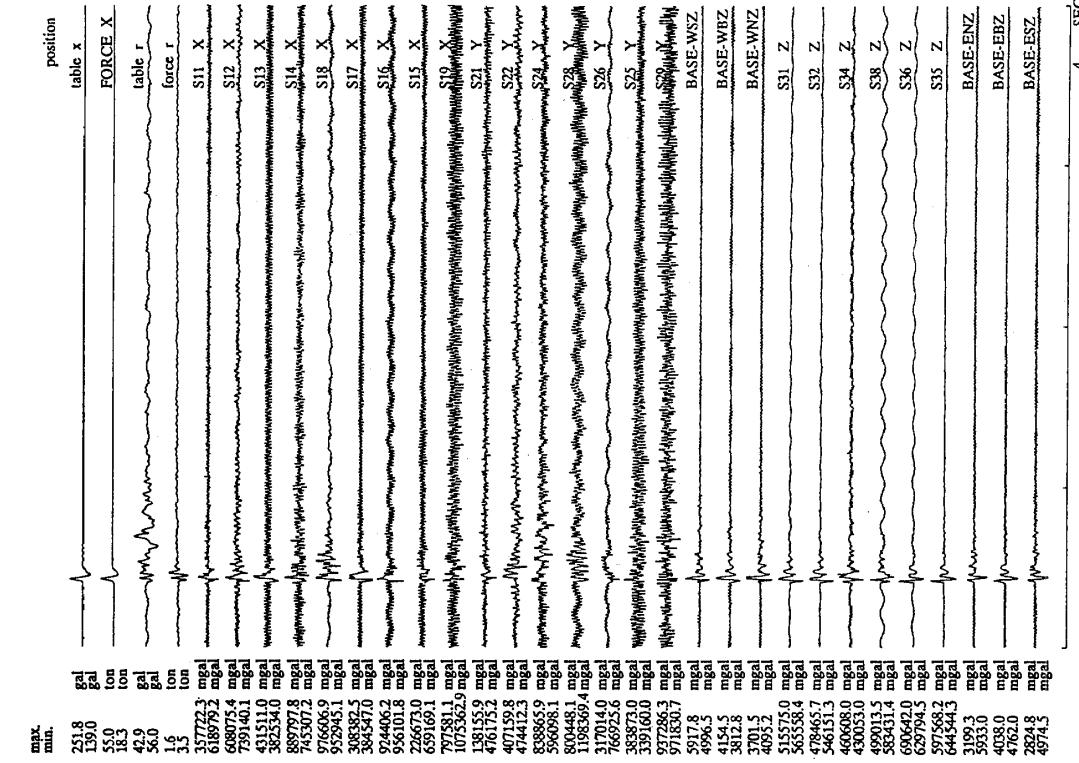


図5 第3回(コングリート増し打ち時) low level右衝撃
Fig. 5 Impulse response waves of third measurement (right shock 1)



4 SEC.

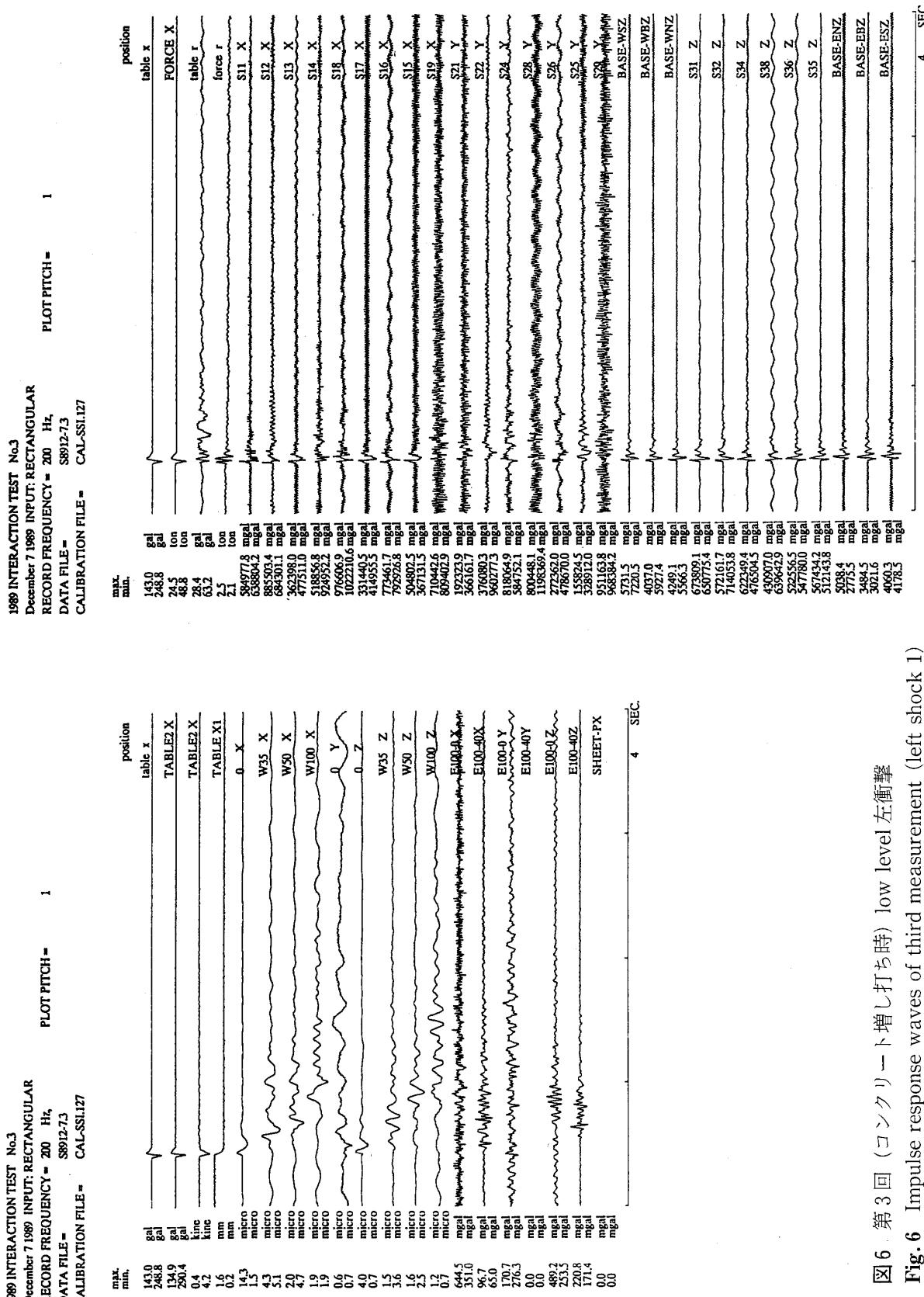


図6 第3回(コソクリート増し打ち時) low level 左衝撃

Fig. 6 Impulse response waves of third measurement (left shock 1)

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-74
CALIBRATION FILE = CAL-SS1127

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-74
CALIBRATION FILE = CAL-SS1127

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-74
CALIBRATION FILE = CAL-SS1127

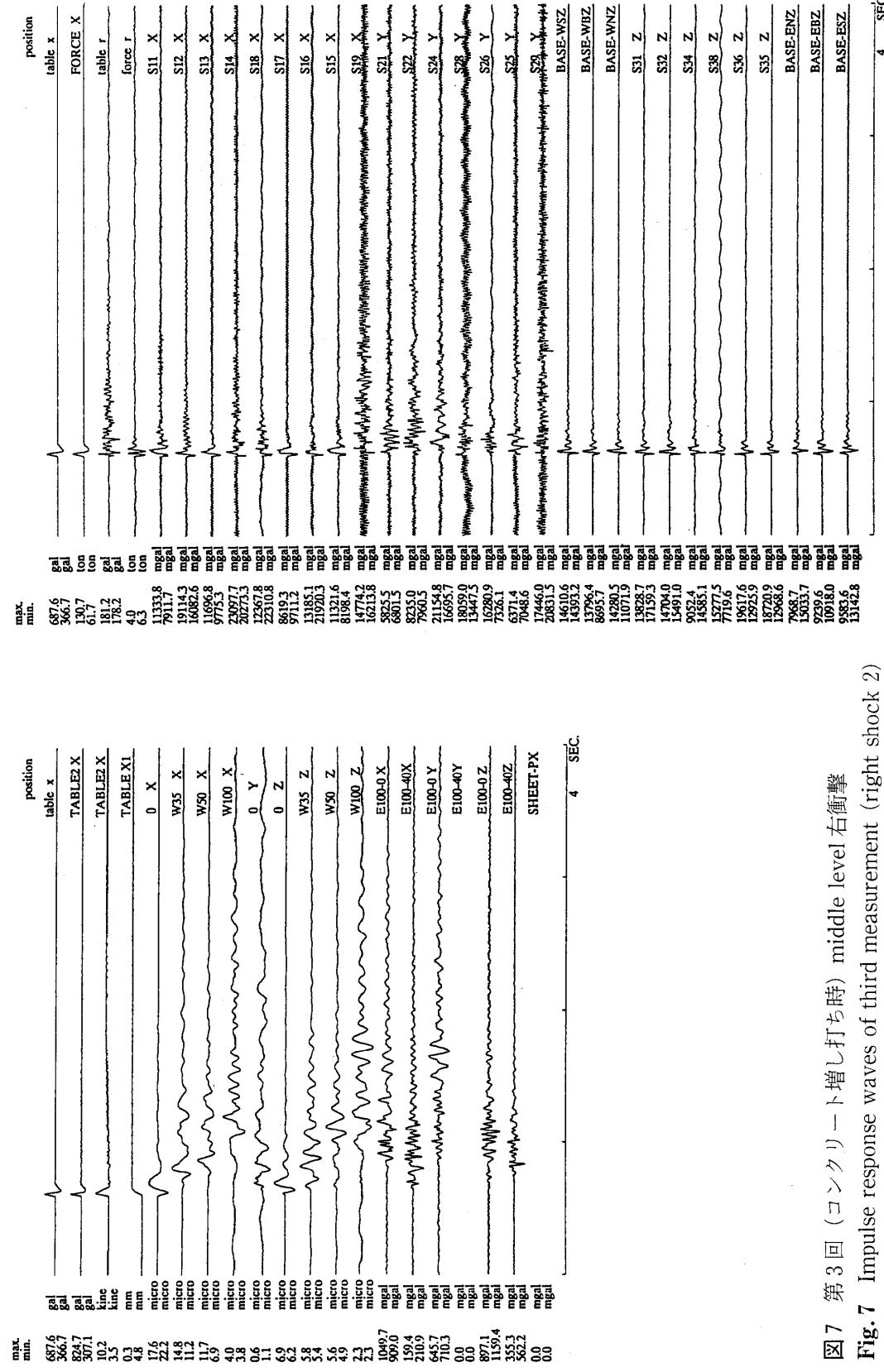


図7 第3回(コンクリート増し打ち時) middle level右衝撃

Fig. 7 Impulse response waves of third measurement (right shock 2)

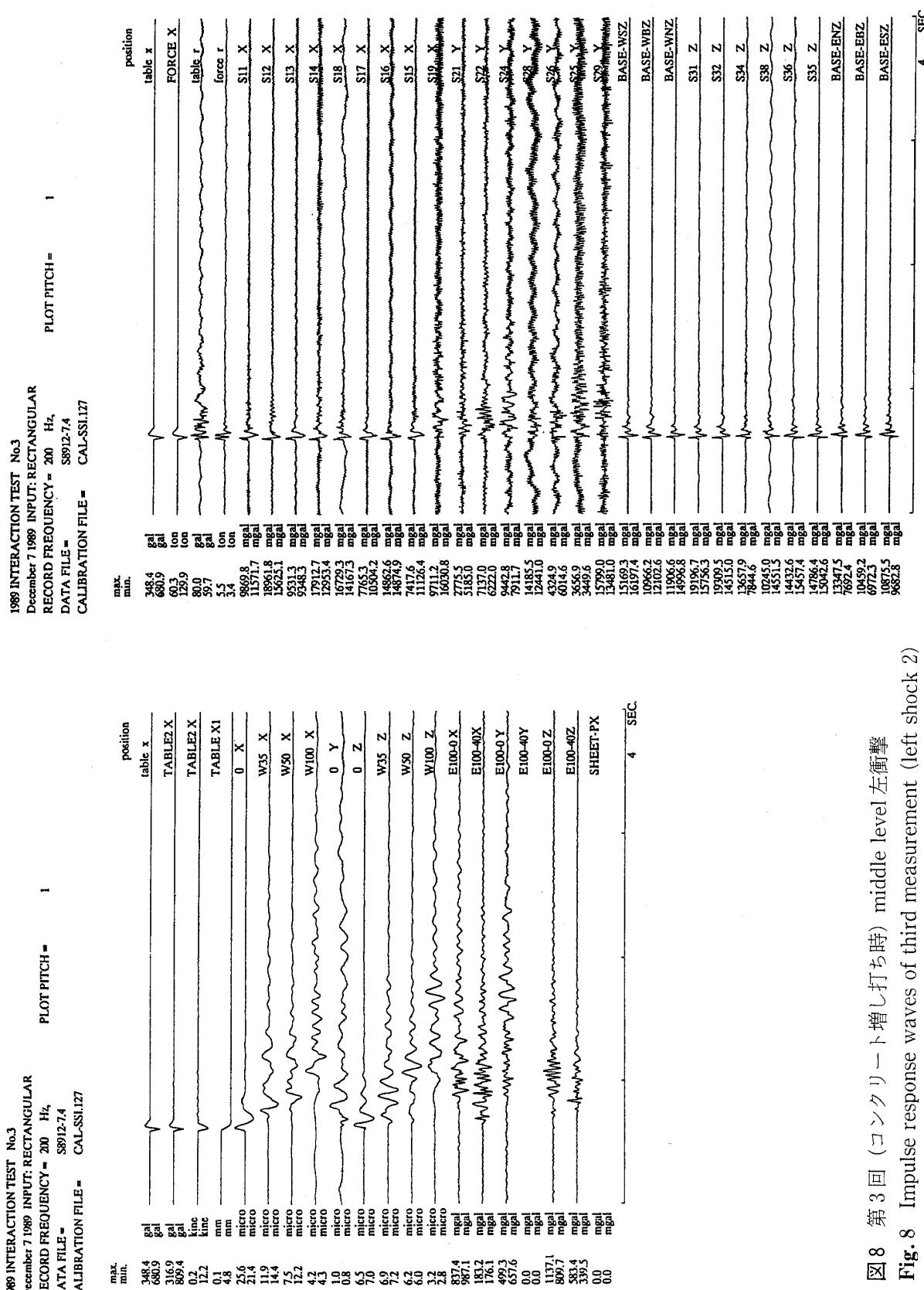
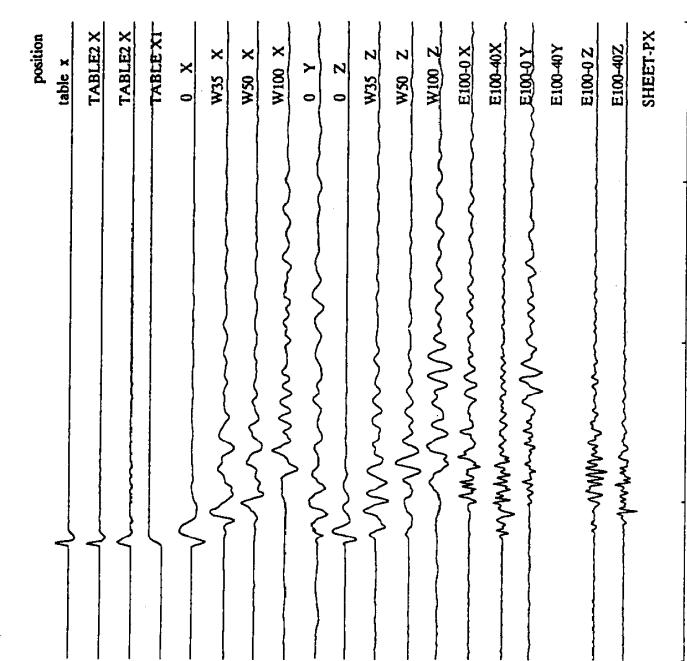


図 8 第3回(コンクリート増し打ち時) middle level 左衝擊
Fig. 8 Impulse response waves of third measurement (left shock 2)

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-7.6
CALIBRATION FILE = CAL-SS1.127

PLOT PITCH = 1
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-7.6
CALIBRATION FILE = CAL-SS1.127

1989 INTERACTION TEST No.3
December 7 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912-7.6
CALIBRATION FILE = CAL-SS1.127



4 SEC.

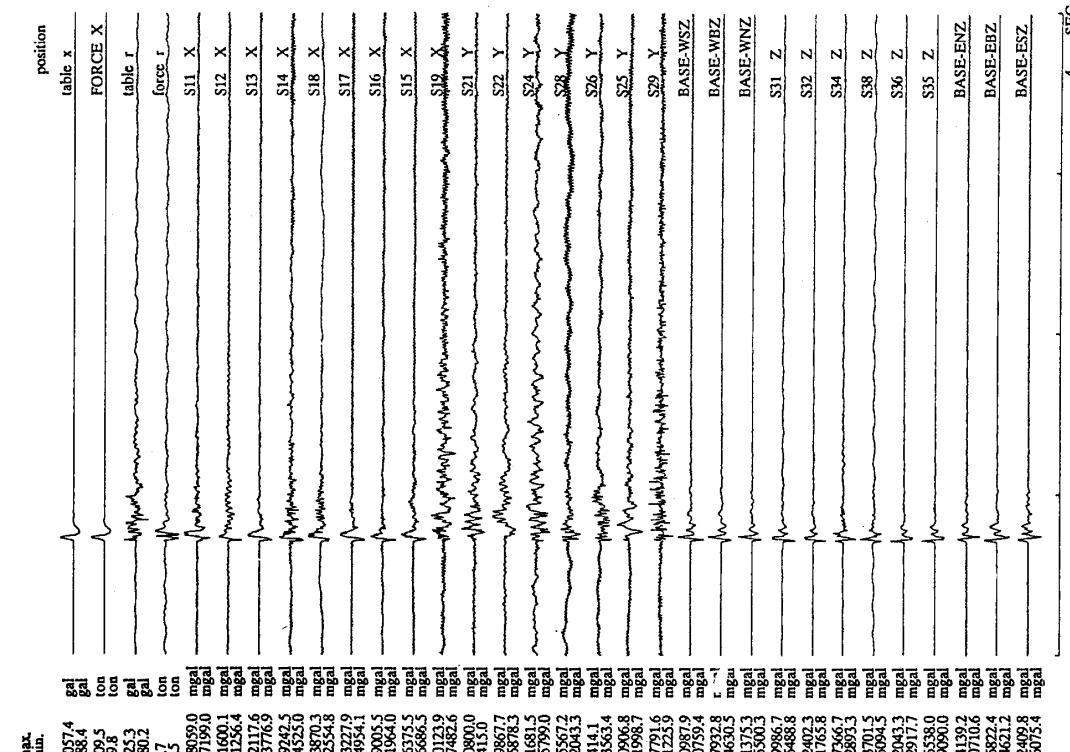


図 9 第3回（コンクリート増し打ち時）高水準右衝撃
Fig. 9 Impulse response waves of third measurement (right shock 3)

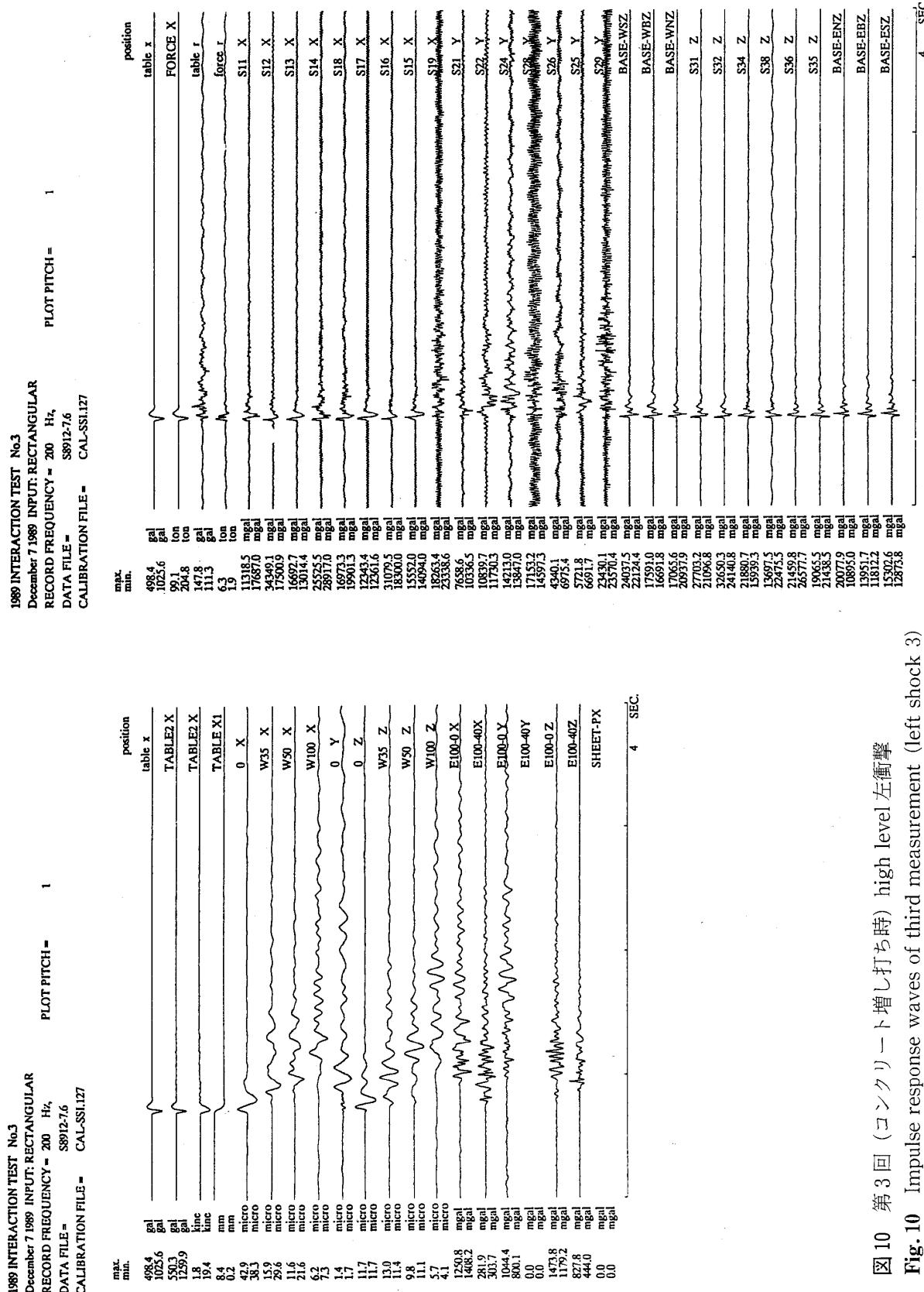


図 10 第3回(コシクリート増し打ち時)高レベル左衝撃
Fig. 10 Impulse response waves of third measurement (left shock 3)

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912193
CALIBRATION FILE = CAL-SS1.219

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912193
CALIBRATION FILE = CAL-SS1.219

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S8912193
CALIBRATION FILE = CAL-SS1.219

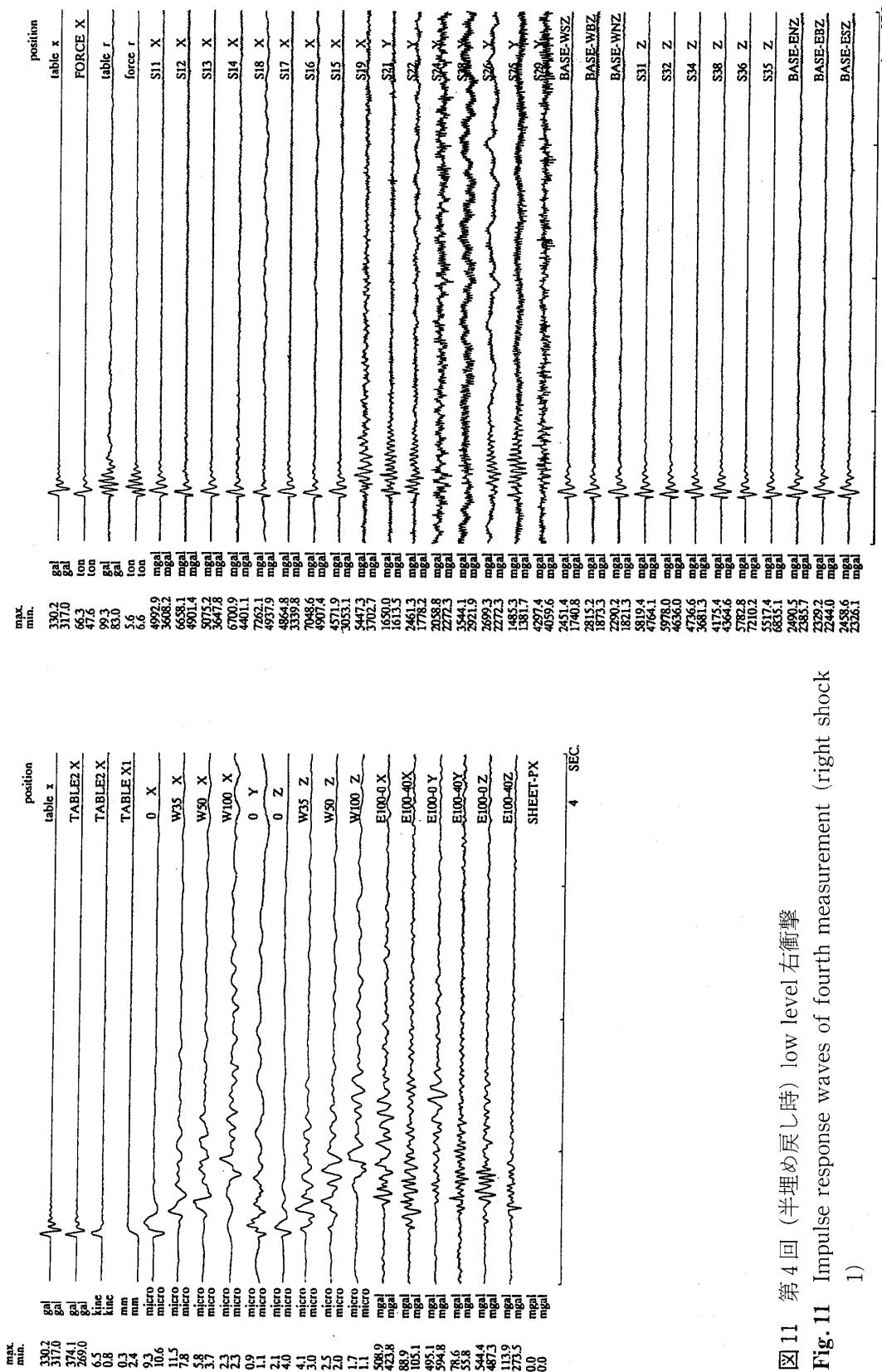


図 11 第4回(半埋め戻し時) low level右衝撃

Fig. 11 Impulse response waves of fourth measurement (right shock 1)

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891219.3
CALIBRATION FILE = CAL-SS11219

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891219.3
CALIBRATION FILE = CAL-SS11219

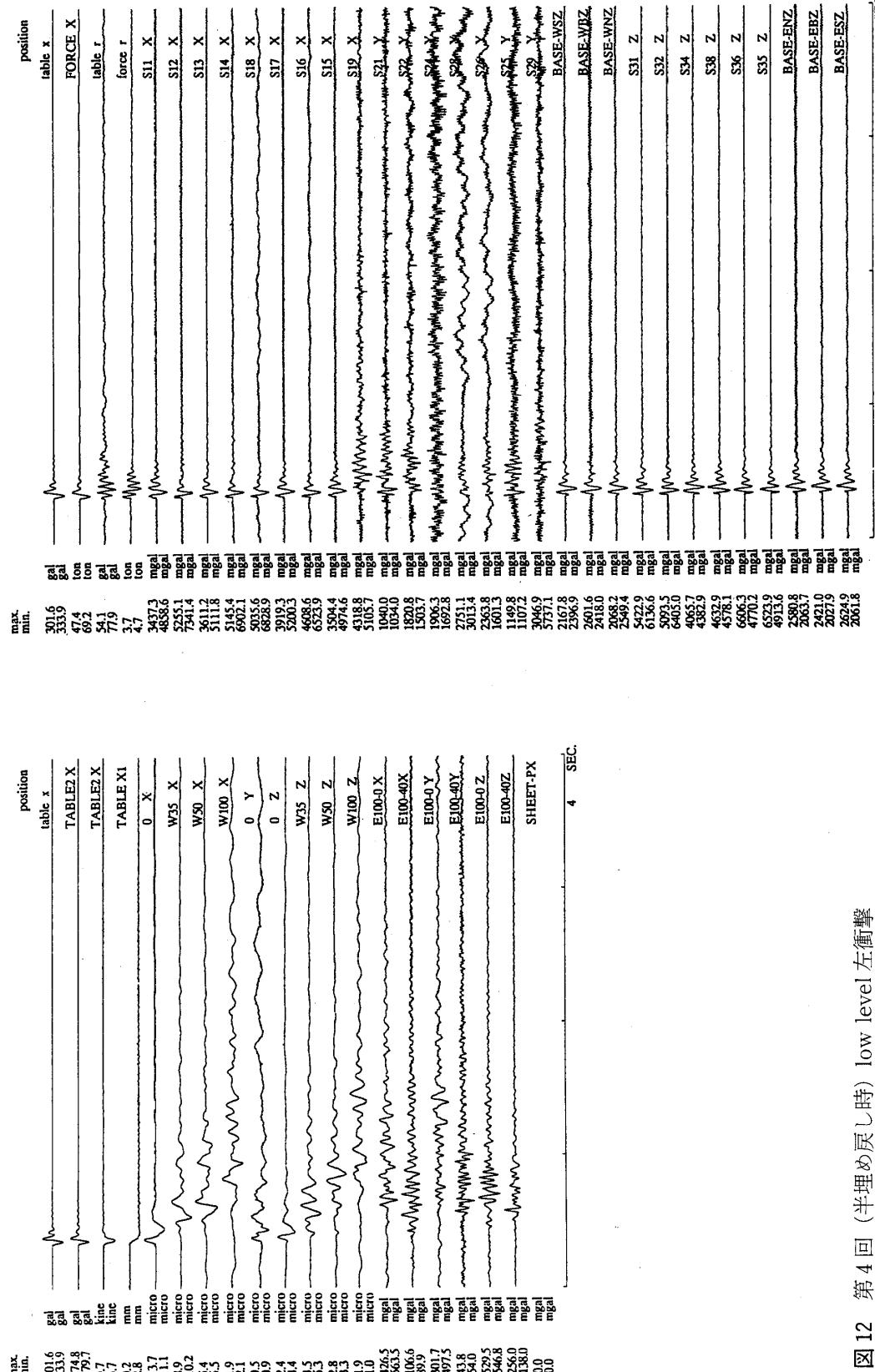


図12 第4回(半埋め戻し時) low level 左衝撃

Fig. 12 Impulse response waves of fourth measurement (left shock 1)

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891219A
CALIBRATION FILE = CAL-SSII.219

1989 INTERACTION TEST No.4
December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891219A
CALIBRATION FILE = CAL-SSII.219

PLOT PITCH = 1
PLOT PITCH = 1
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891219A
CALIBRATION FILE = CAL-SSII.219

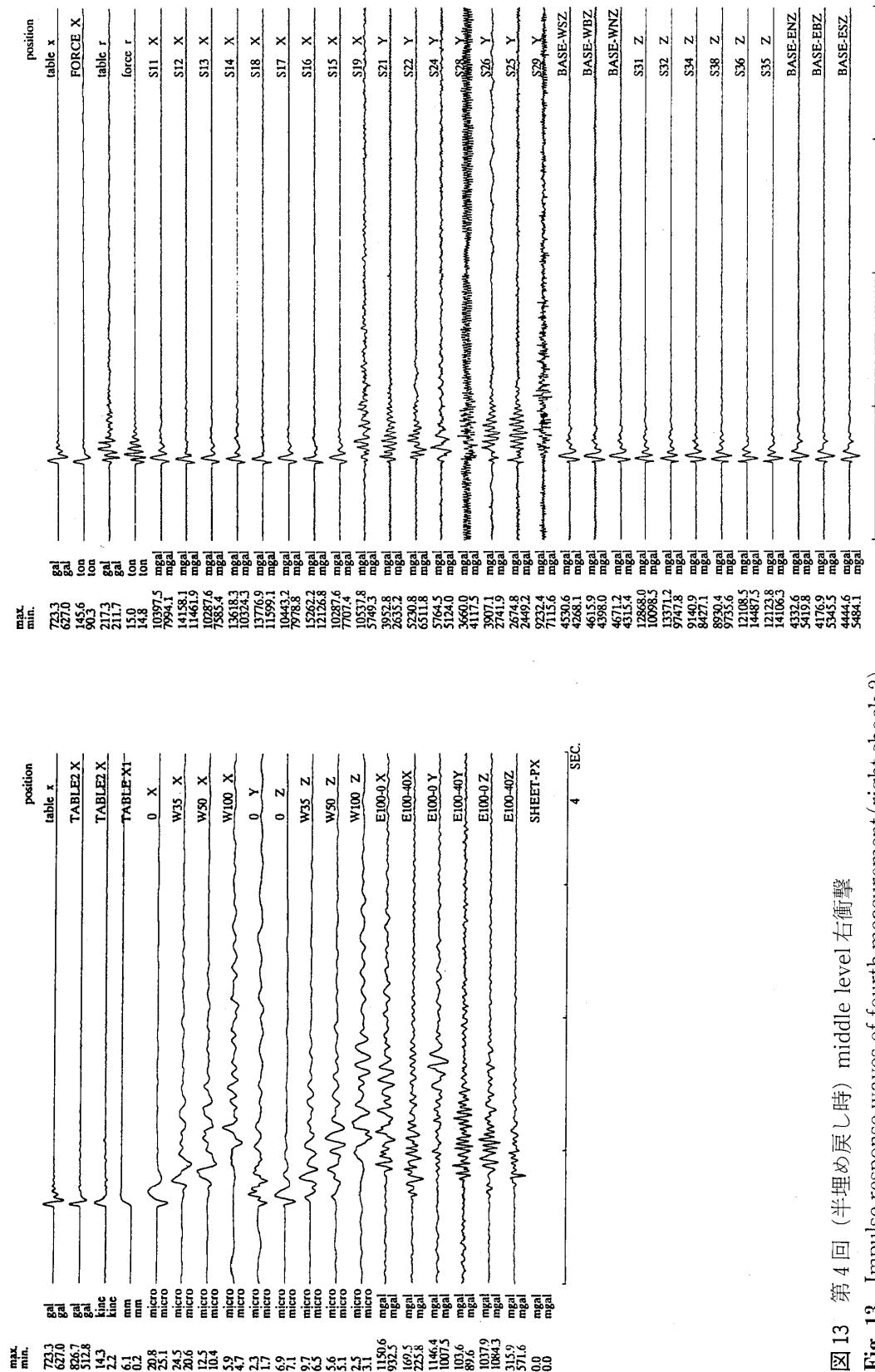


図 13 第4回(半埋め戻し時) middle level右衝撃

Fig. 13 Impulse response waves of fourth measurement (right shock 2)

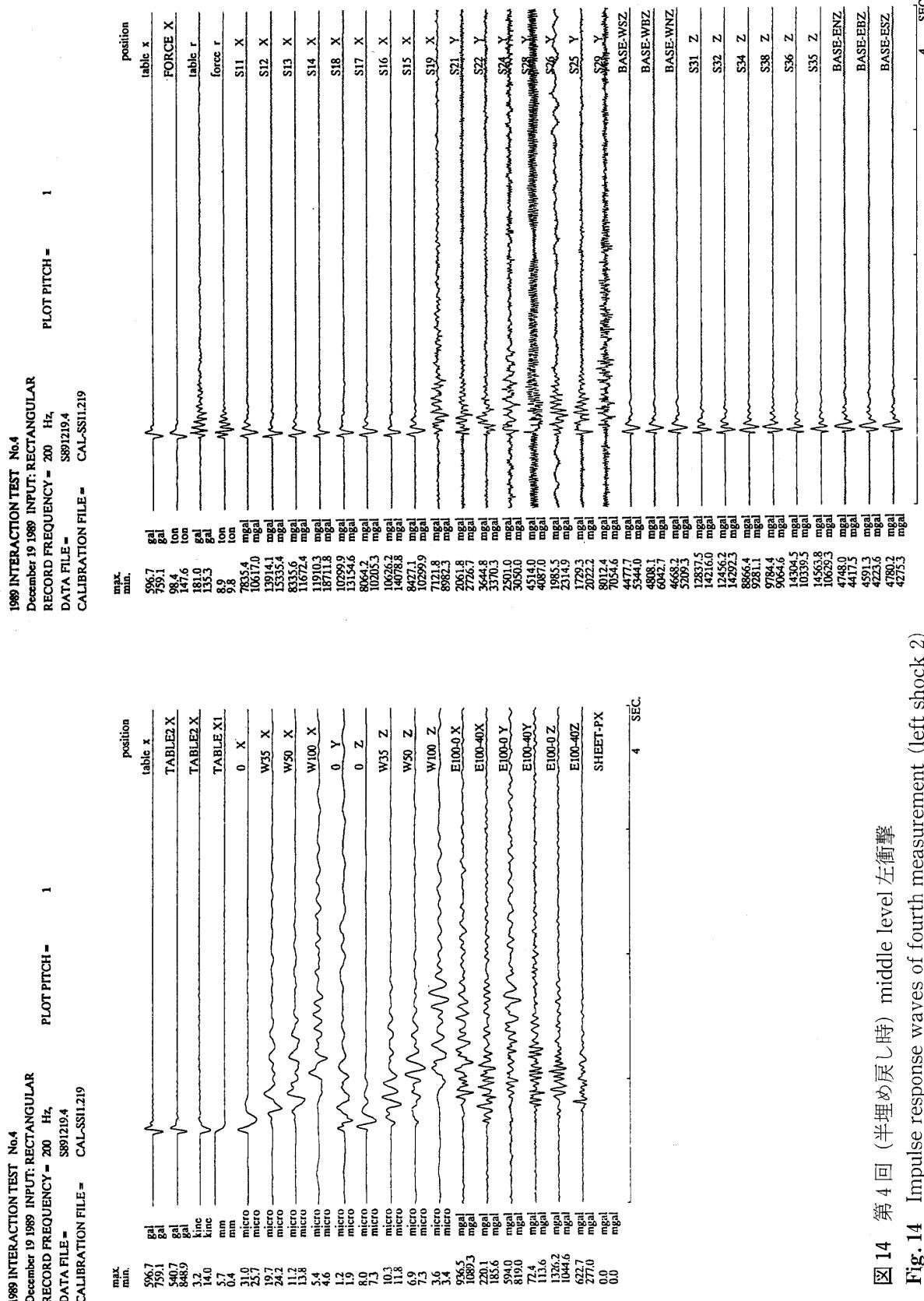


図 14 第4回(半埋め戻し時) middle level 左衝撃
Fig. 14 Impulse response waves of fourth measurement (left shock 2)

1989 INTERACTION TEST No.4
 December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
 RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
 DATA FILE = S891219.5
 CALIBRATION FILE = CAL-SS1.219

1989 INTERACTION TEST No.4
 December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
 RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
 DATA FILE = S891219.5
 CALIBRATION FILE = CAL-SS1.219

PLOT PITCH = 1
 PLOT PITCH =

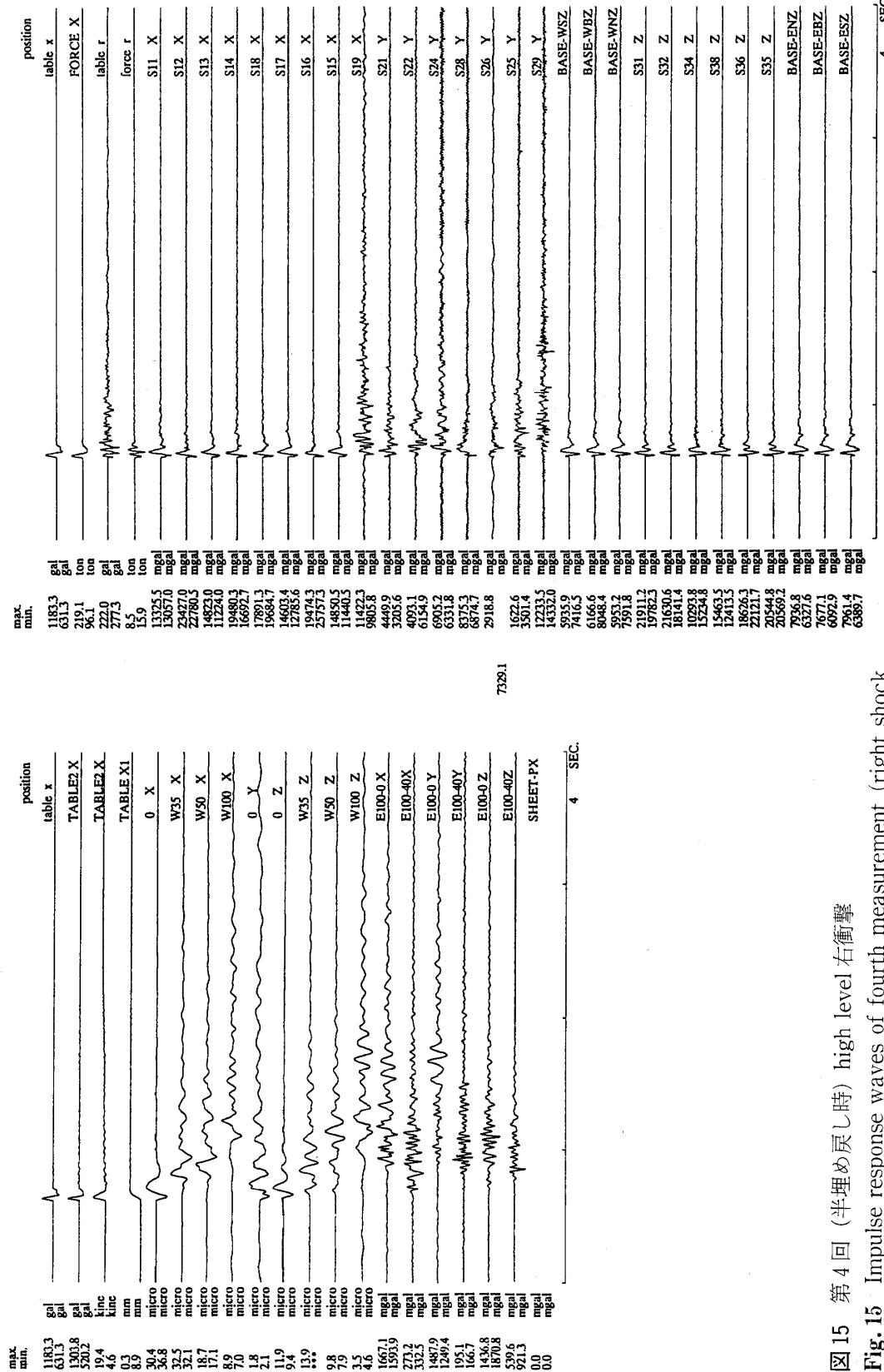


図 15 第4回(半埋め戻し時)高レベル右衝撃
 3)

Fig. 15 Impulse response waves of fourth measurement (right shock 3)

1989 INTERACTION TEST No.4
 December 19 1989 INPUT: RECTANGULAR
 RECORD FREQUENCY = 200 Hz
 DATA FILE = S891219.5
 CALIBRATION FILE = CAL-SSH1.219

PLOT PITCH = 1

PLOT PITCH = 1

DATA FILE = S891219.5

CALIBRATION FILE = CAL-SSH1.219

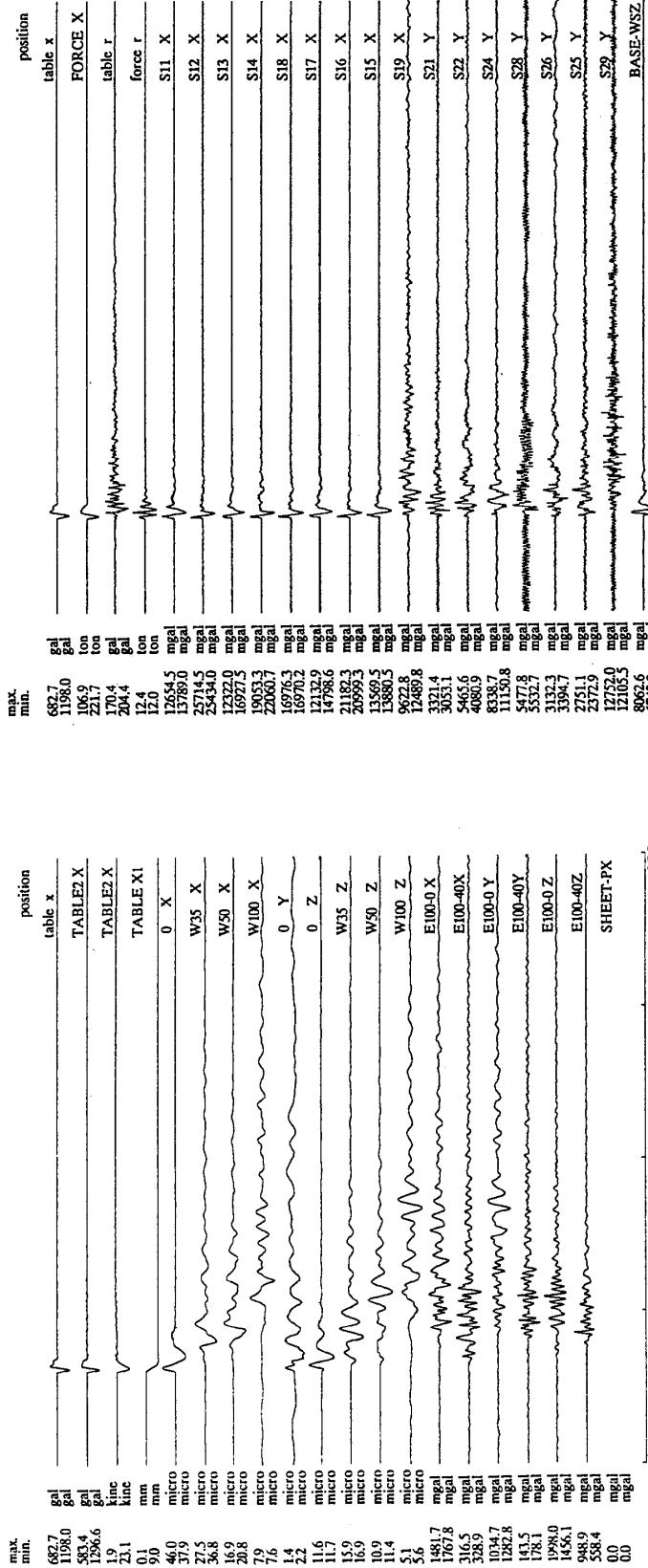


図 16 第4回(半埋め戻し時) high level 左衝撃

Fig. 16 Impulse response waves of fourth measurement (left shock 3)

大型耐震実験装置基礎補強工事一箕輪ほか

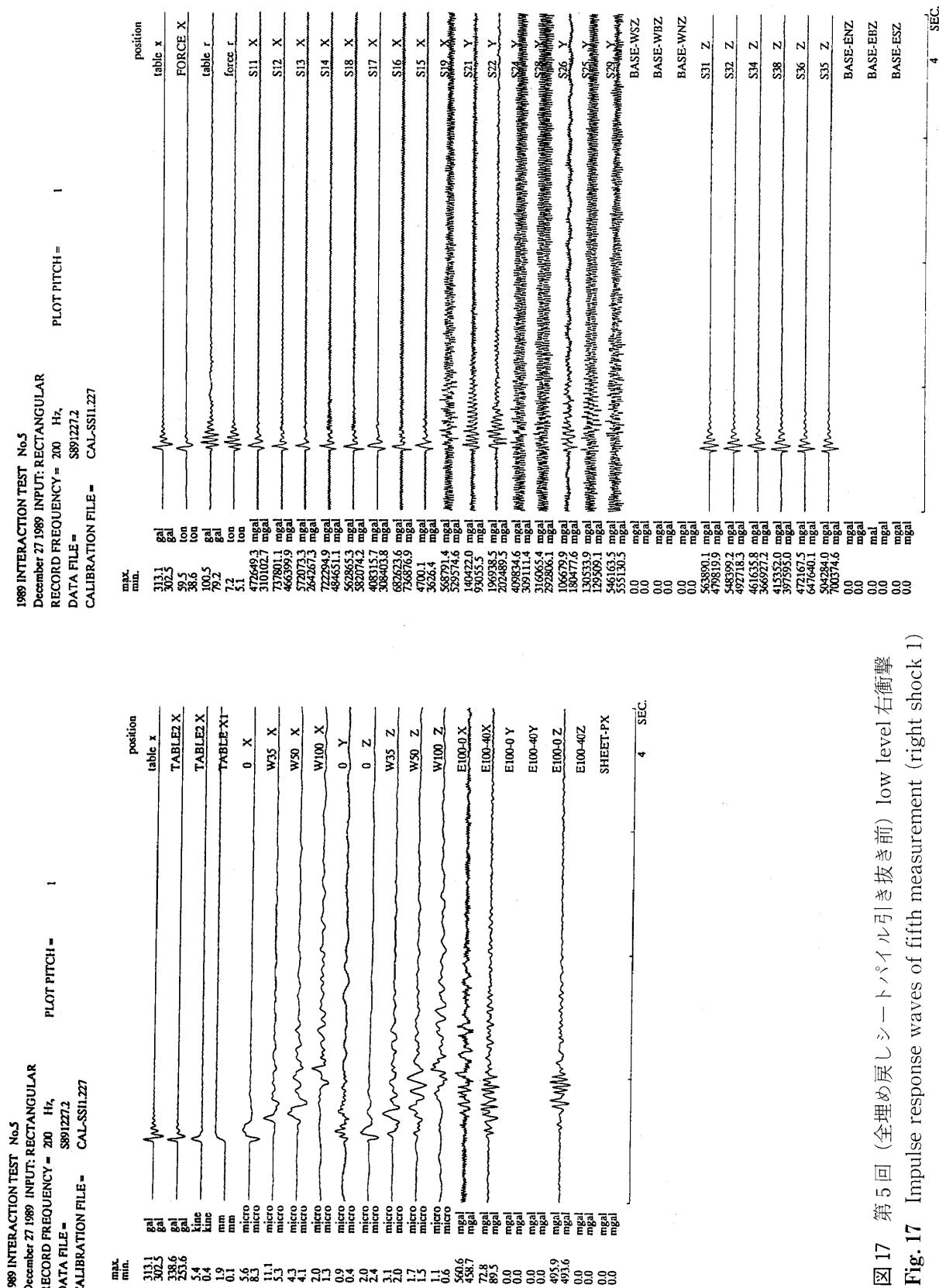


図 17 第5回(全埋め戻しシートパイル引き抜き前) low level右衝撃
Fig.17 Impulse response waves of fifth measurement (right shock 1)

1989 INTERACTION TEST No.5
 December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
 RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
 DATA FILE = S891227.2
 CALIBRATION FILE = CAL-SS11.227

1989 INTERACTION TEST No.5
 December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
 RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
 DATA FILE = S891227.2
 CALIBRATION FILE = CAL-SS11.227

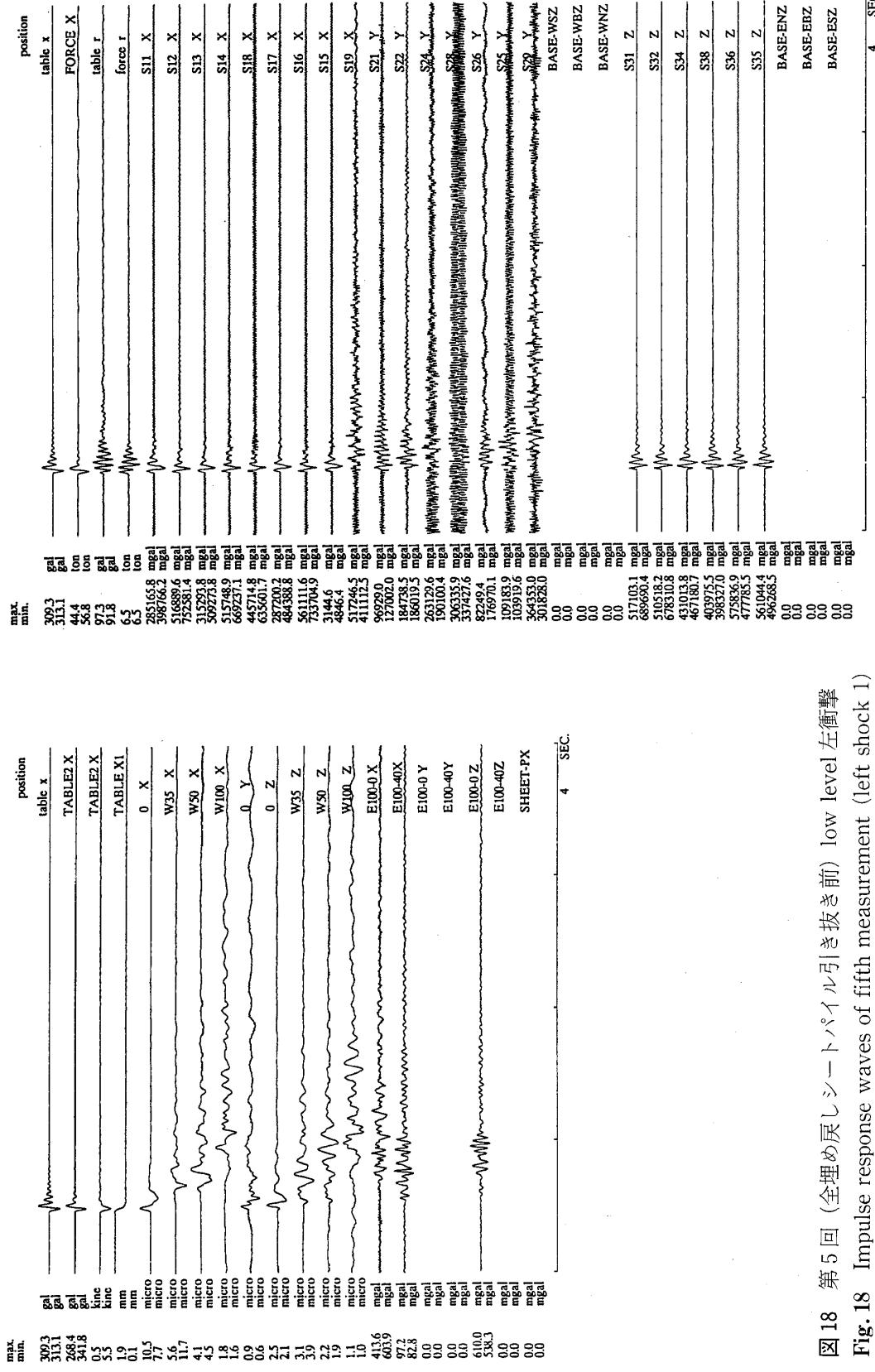
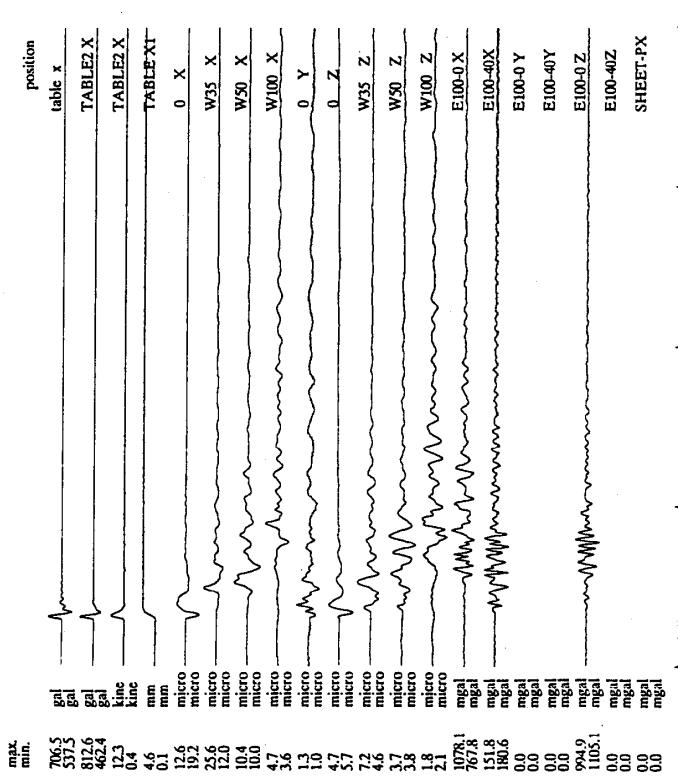


図18 第5回(全埋め戻しシートパイル引き抜き前) low level左衝撃
 Fig. 18 Impulse response waves of fifth measurement (left shock 1)

1989 INTERACTION TEST No.5
December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz
DATA FILE = S891227.3
CALIBRATION FILE = CAL-SSH.1.227

1989 INTERACTION TEST No.5
December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz
DATA FILE = S891227.3
CALIBRATION FILE = CAL-SSH.1.227

PLOT PITCH = 1
PLOT PITCH = 1



4 SEC.

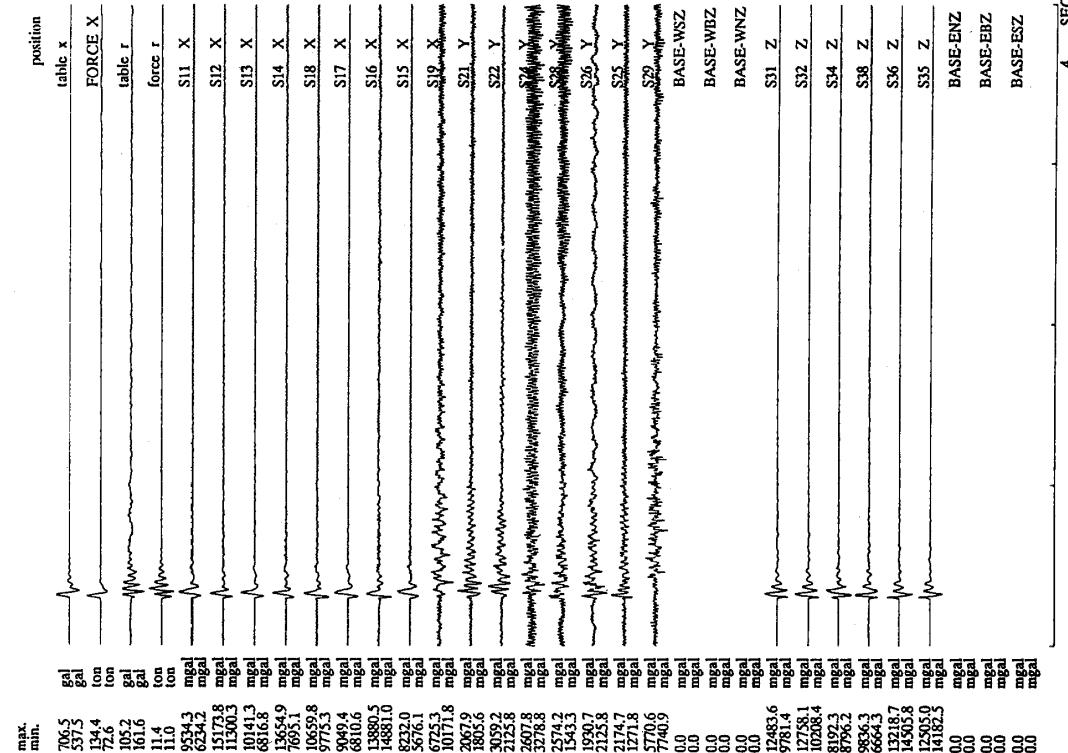


図 19 第5回(全埋め戻しシートバイル引き抜き前) middle level 右衝撃
Fig. 19 Impulse response waves of third measurement (right shock 2)

1989 INTERACTION TEST No.5
December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891227.3
CALIBRATION FILE = CALSSU1227

1989 INTERACTION TEST No.5
December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891227.3
CALIBRATION FILE = CALSSU1227

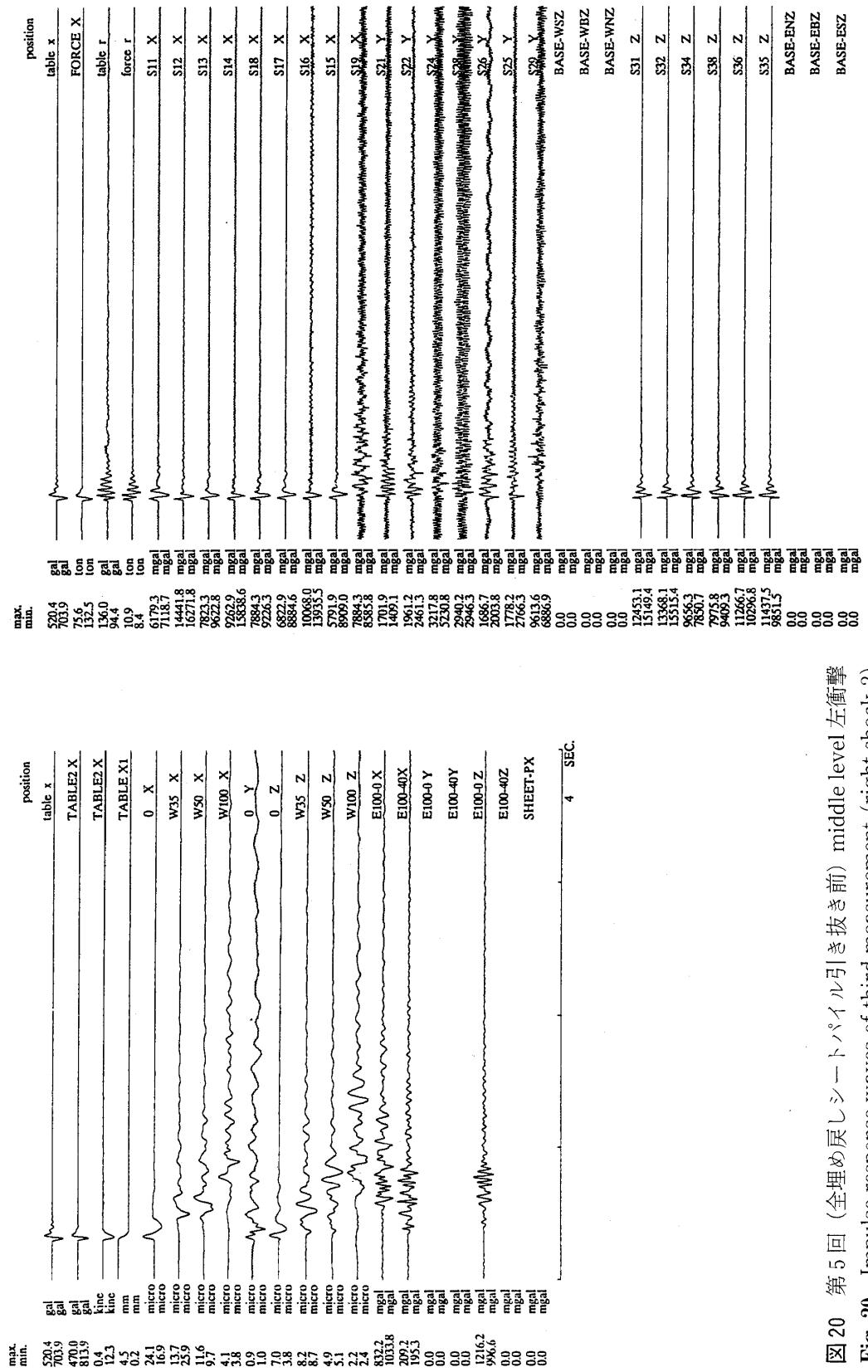


図 20 第5回(全埋め戻しシートパイアル引き抜き前) middle level 左衝擊
Fig. 20 Impulse response waves of third measurement (right shock 2)

1989 INTERACTION TEST No.5
December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891227.4
CALIBRATION FILE = CAL-SS11.227

1989 INTERACTION TEST No.5
December 27 1989 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S891227.4
CALIBRATION FILE = CAL-SS11.227

1
PLOT PITCH =
DATA FILE = S891227.4
CALIBRATION FILE = CAL-SS11.227

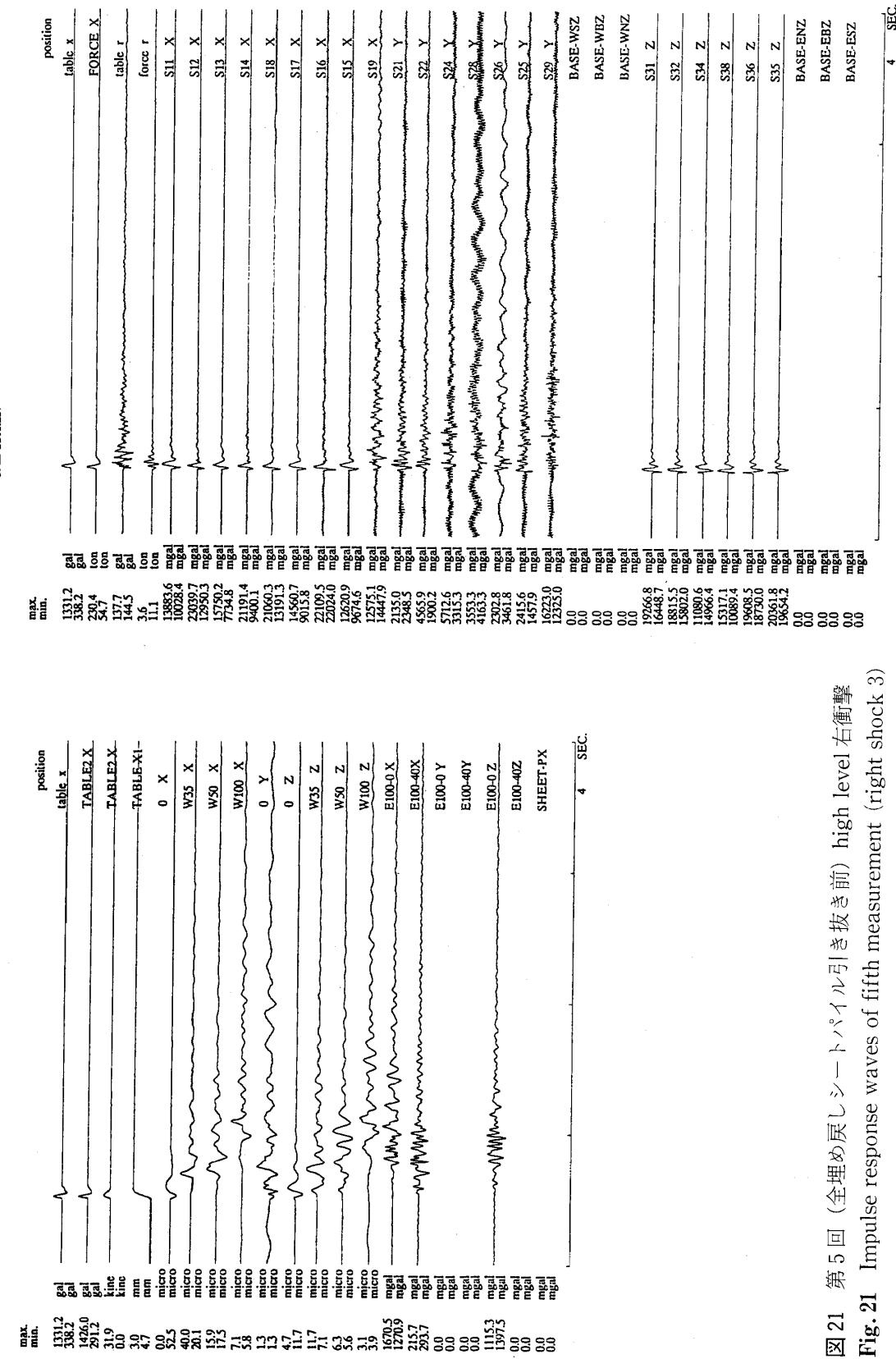


図 21 第5回(全埋め戻しシートバイル引き抜き前) high level 右衝擊
Fig. 21 Impulse response waves of fifth measurement (right shock 3)

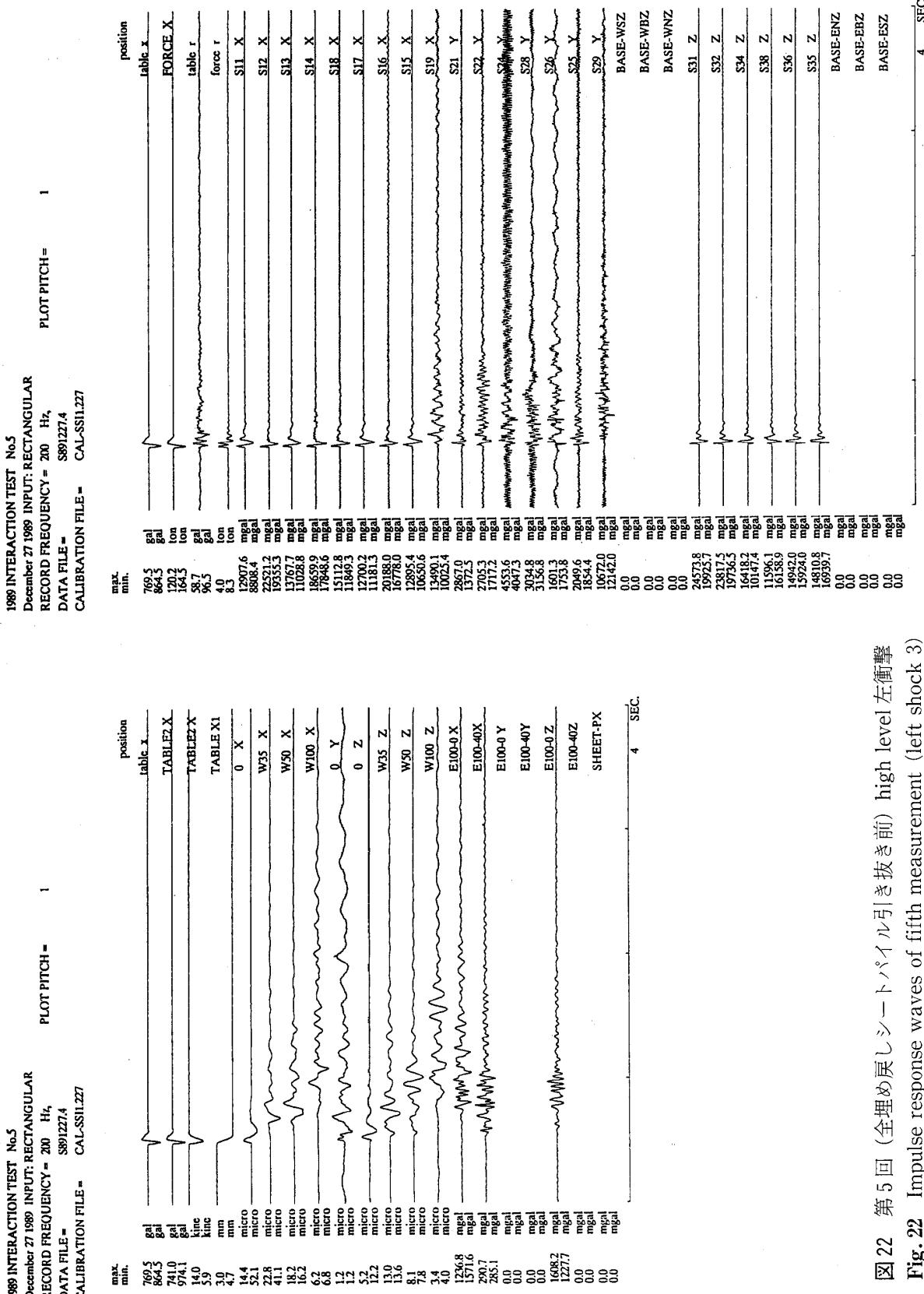


図 22 第5回(全埋め戻しシートバイル引き抜き前) high level 左衝撃
Fig. 22 Impulse response waves of fifth measurement (left shock 3)

1990 INTERACTION TEST No.6
Aug. 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz
DATA FILE = S90-820.1
CALIBRATION FILE = CAL-SS12.731

1990 INTERACTION TEST No.6
July 31 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-820.1
CALIBRATION FILE = CAL-SS12.731

1
PLOT PITCH =
1
PLOT PITCH =
1

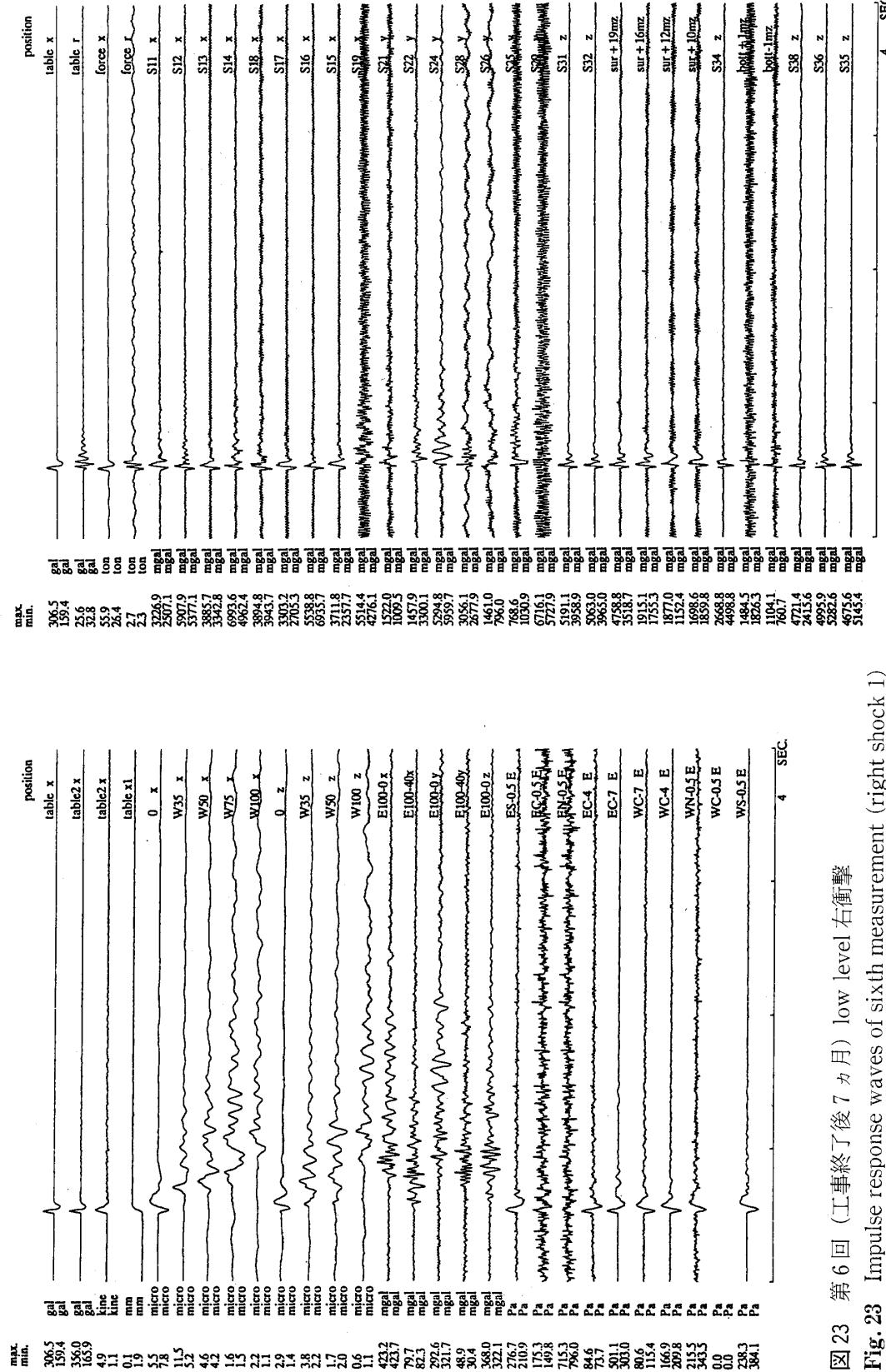


図 23 第 6 回 (工事終了後 7 ヶ月) low level 右衝撃

Fig. 23 Impulse response waves of sixth measurement (right shock 1)

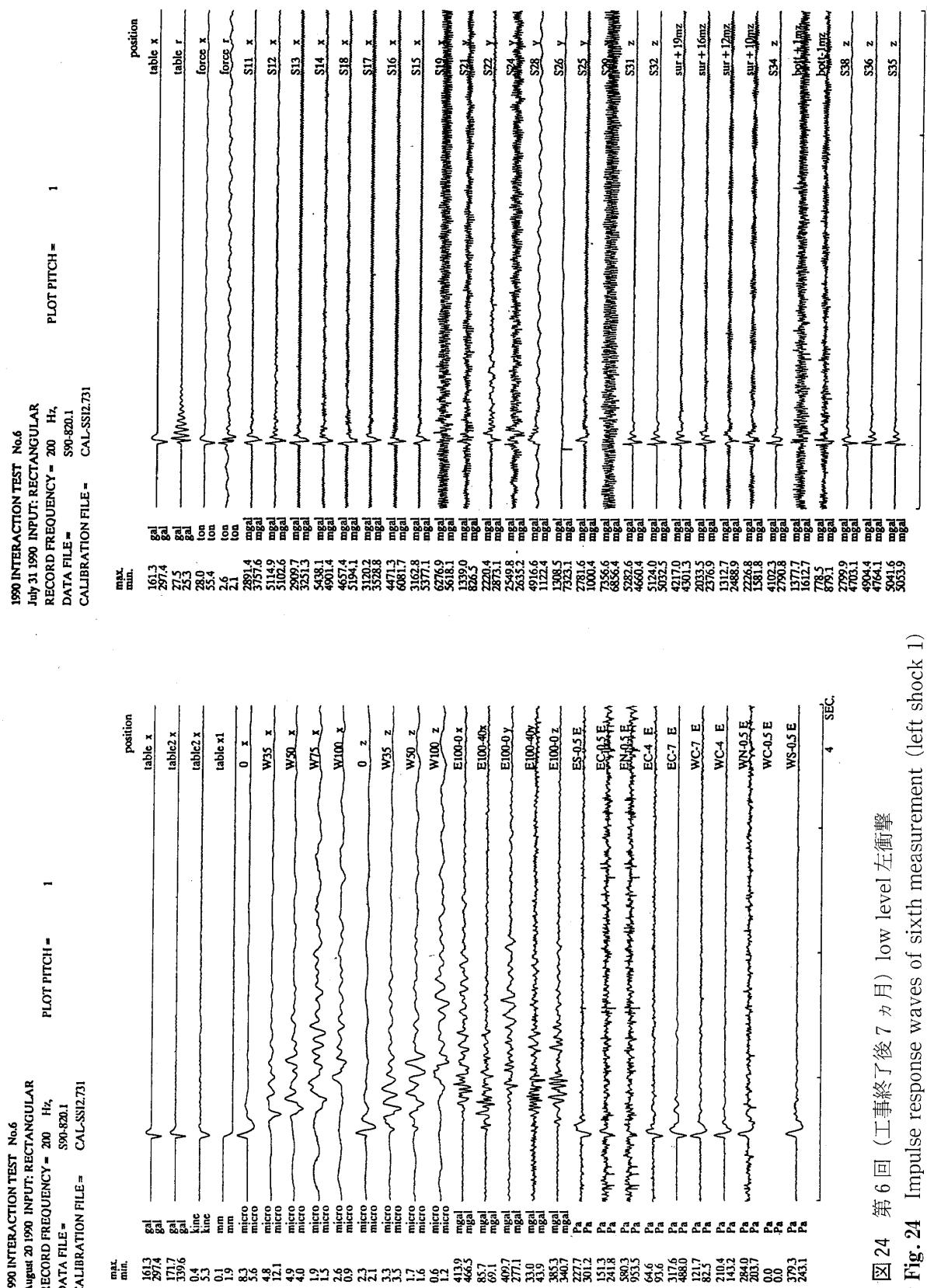


図 24 第6回(工事終了後7ヵ月)低レベル左衝撃

Fig. 24 Impulse response waves of sixth measurement (left shock 1)

1990 INTERACTION TEST No.6
August 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-820.2
CALIBRATION FILE = CAL-SS12.731

1990 INTERACTION TEST No.6
August 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-820.2
CALIBRATION FILE = CAL-SS12.731

PLOT PITCH = 1
PLOT PITCH = 1
DATA FILE = S90-820.2
CALIBRATION FILE = CAL-SS12.731

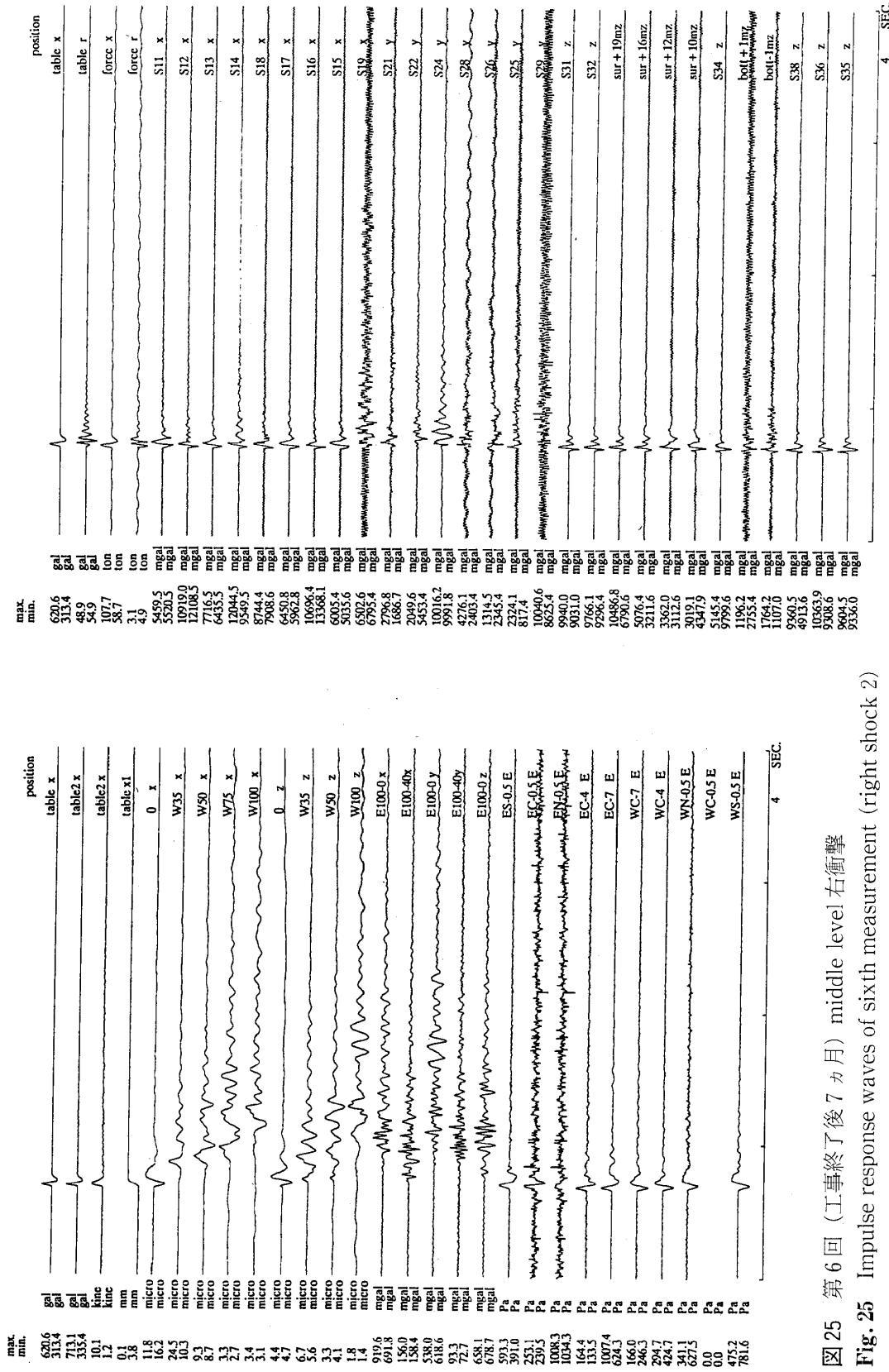


図 25 第6回(工事終了後7ヶ月) middle level右衝撃

Fig. 25 Impulse response waves of sixth measurement (right shock 2)

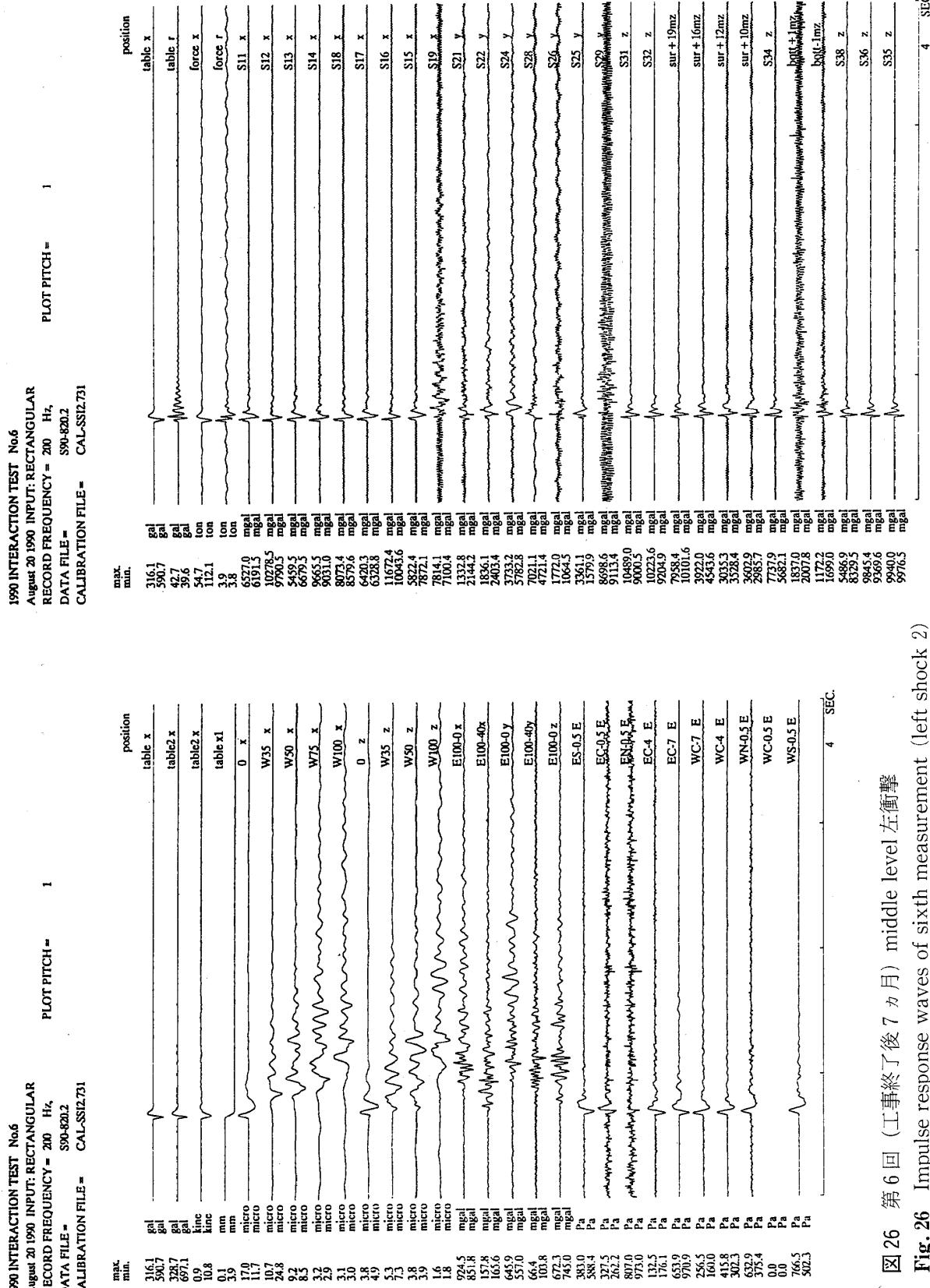


図 26 第6回(工事終了後7ヵ月)中間レベル左衝撃

Fig. 26 Impulse response waves of sixth measurement (left shock 2)

大型耐震実験装置基礎補強工事一箕輪ほか

1990 INTERACTION TEST No.6
August 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-R2013
CALIBRATION FILE = CAL-SS12/731

1990 INTERACTION TEST No.6
August 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-R203
CALIBRATION FILE = CAL-SS12/731

PLOT PITCH = 1
PLOT PITCH = 1
PLOT PITCH = 1

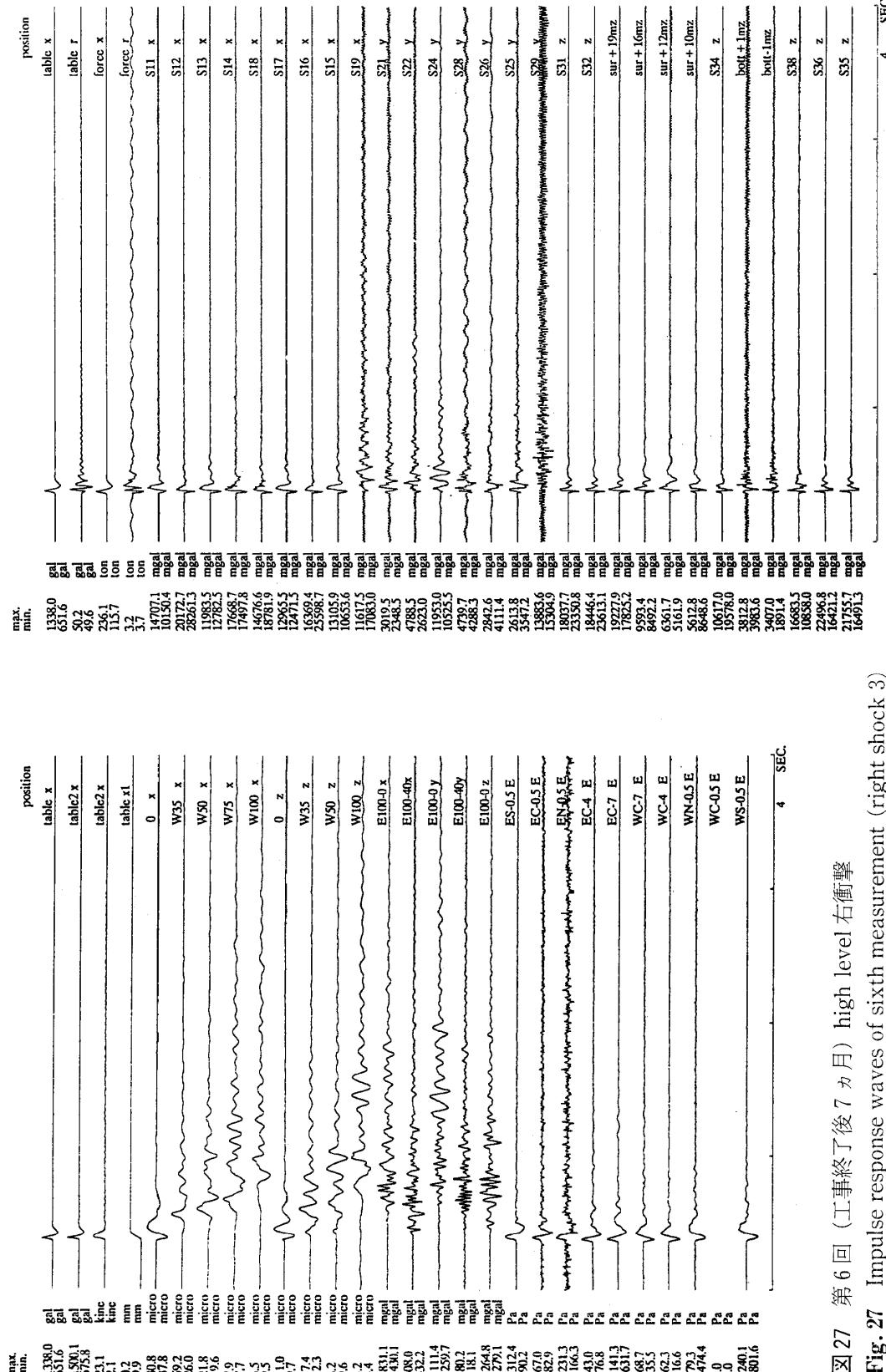


図 27 第6回(工事終了後7ヵ月)high level右衝撃

Fig. 27 Impulse response waves of sixth measurement (right shock 3)

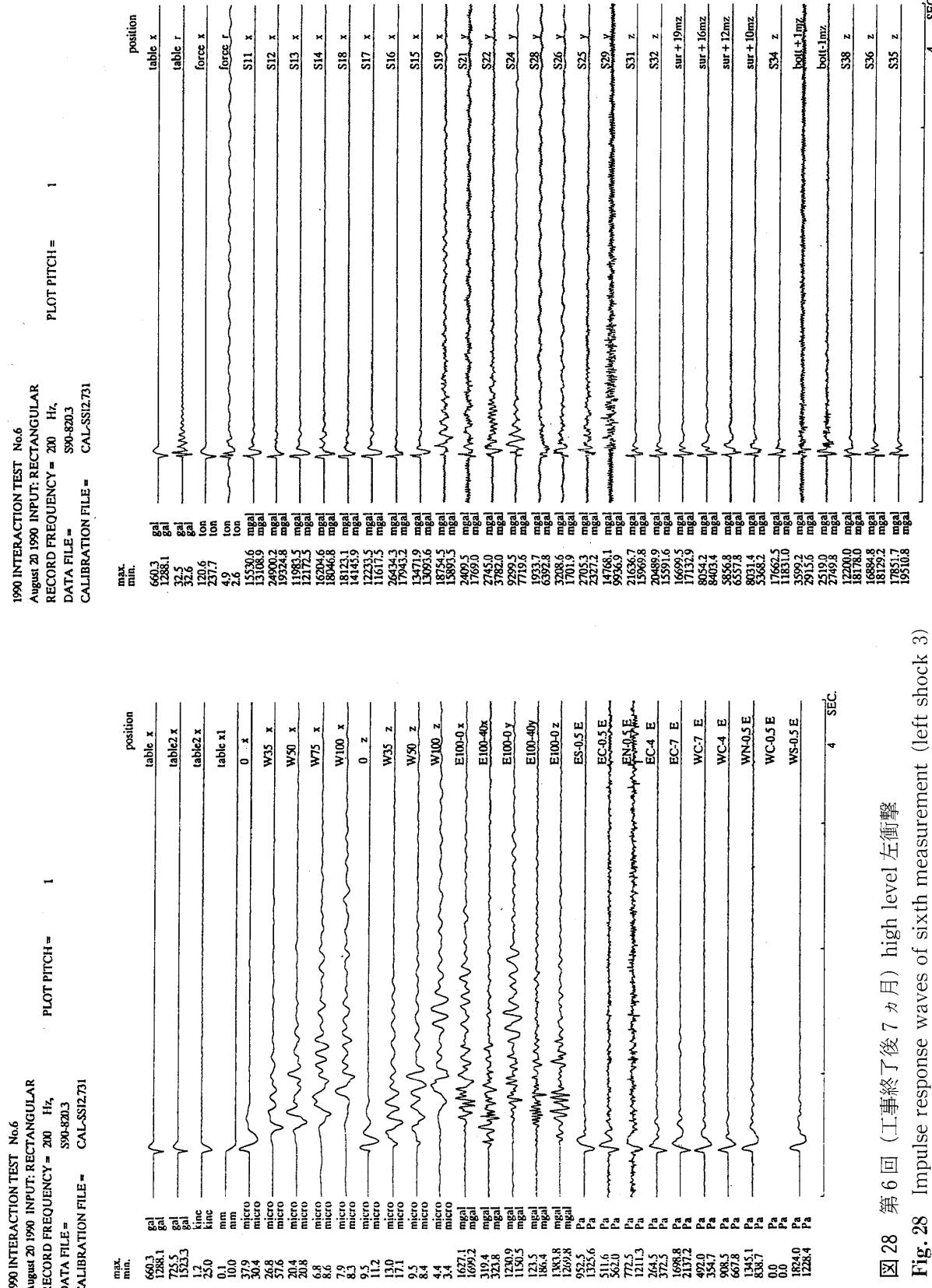


図 28 第6回(工事終了後7ヵ月)高水準左衝撃

Fig. 28 Impulse response waves of sixth measurement (left shock 3)

1990 INTERACTION TEST No.6
August 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-820.6
CALIBRATION FILE = CAL-SSP2731

1990 INTERACTION TEST No.6
August 20 1990 INPUT: RECTANGULAR
RECORD FREQUENCY = 200 Hz,
DATA FILE = S90-820.6
CALIBRATION FILE = CAL-SSP2731

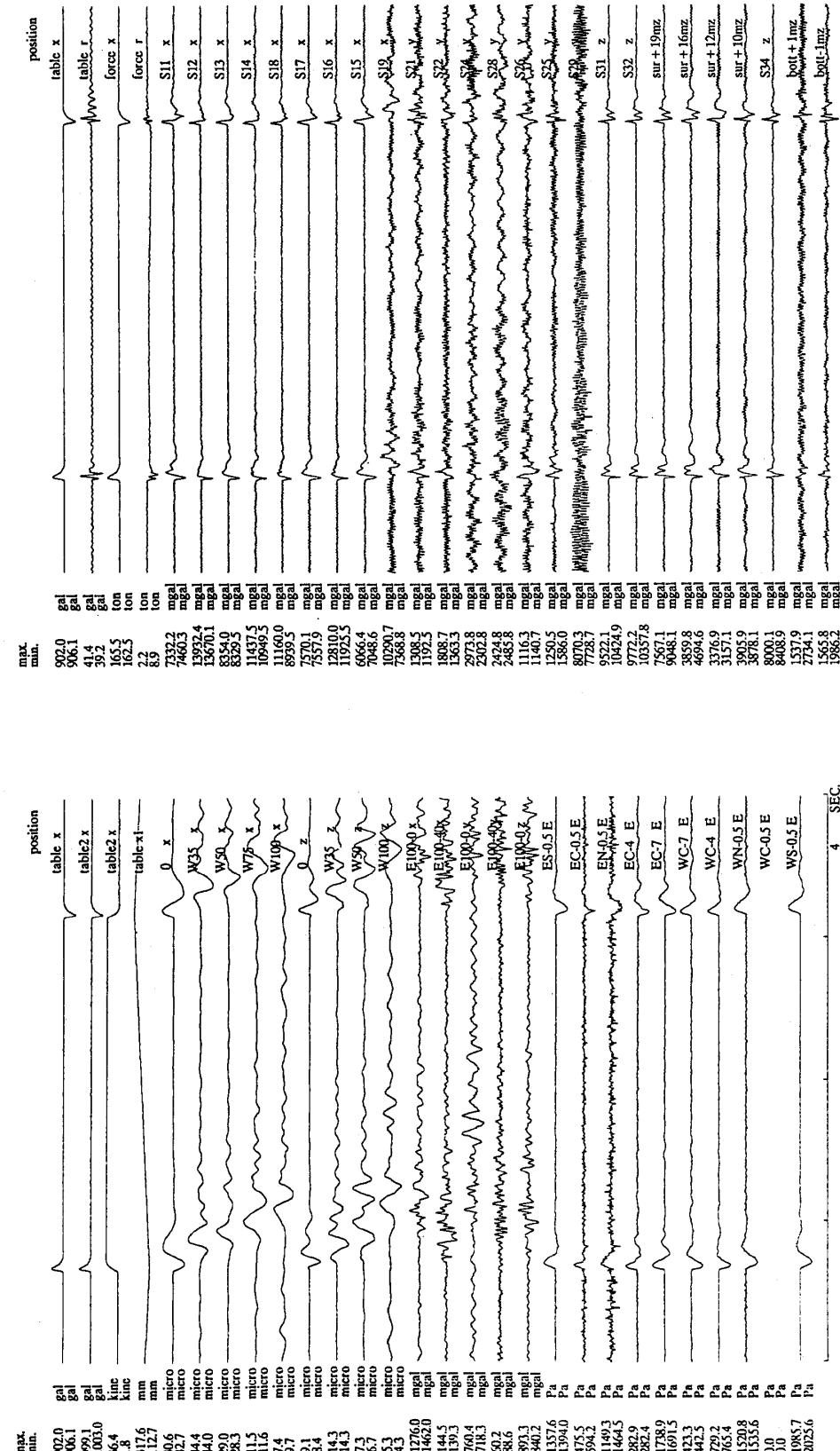


図 29 第6回(工事終了後7ヵ月)三角波右衝撃

Fig. 29 Impulse response waves of sixth measurement (right shock 4)

4 SEC. 4 SEC.

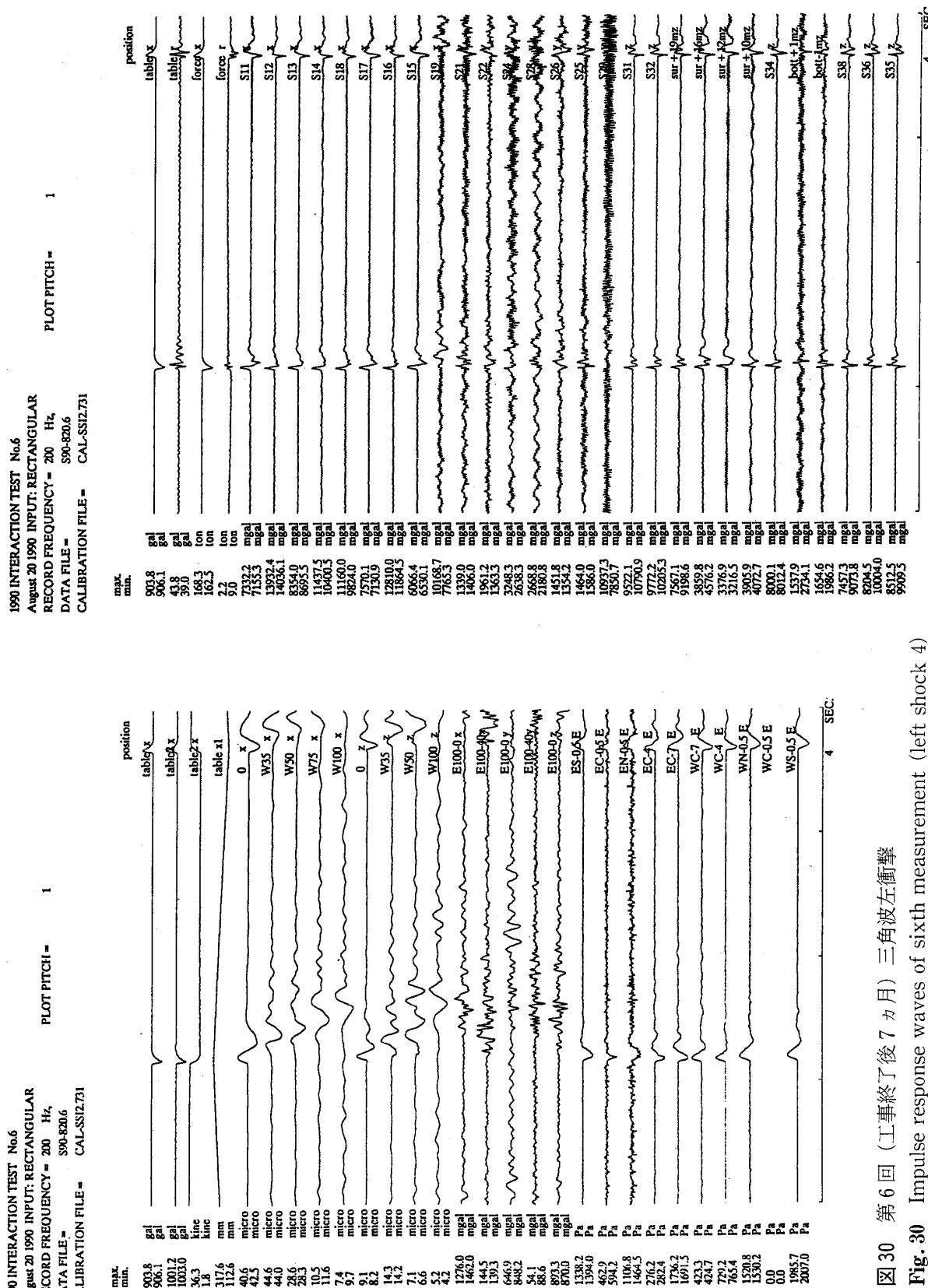


図 30 第6回(工事終了後7ヶ月)三角波左衝撃
Fig. 30 Impulse response waves of sixth measurement (left shock 4)

APPENDIX 2

共 振 曲 線

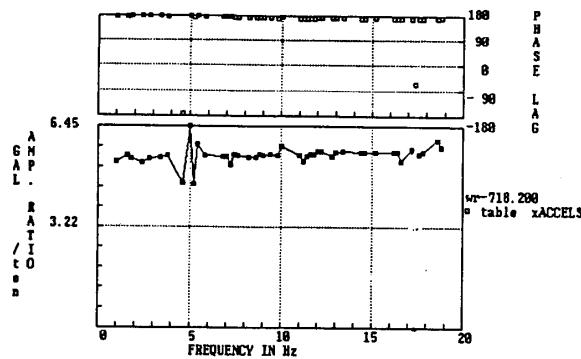


FIG. 1 第1回200GAL table x

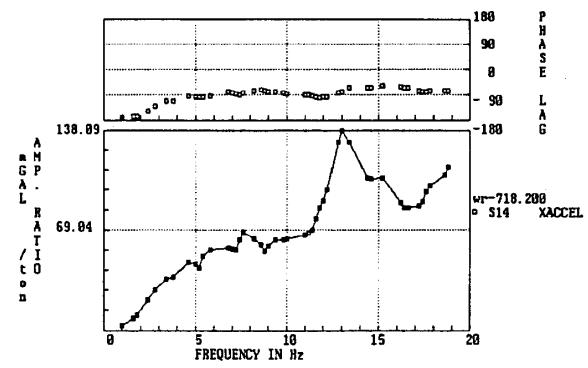


FIG. 5 第1回200GAL S14

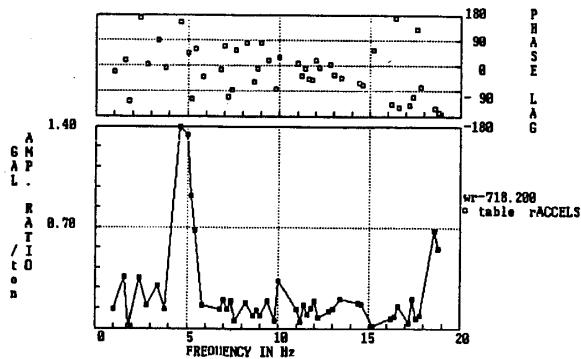


FIG. 2 第1回200GAL table r

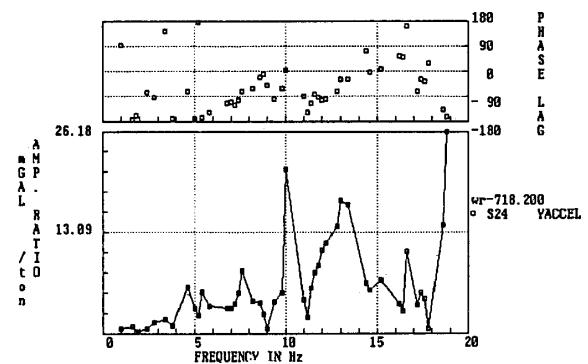


FIG. 6 第1回200GAL S24

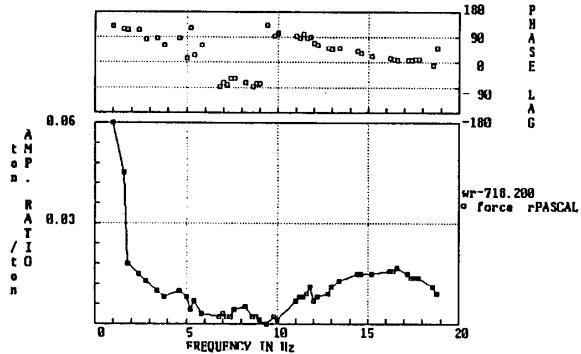


FIG. 3 第1回200GAL force r

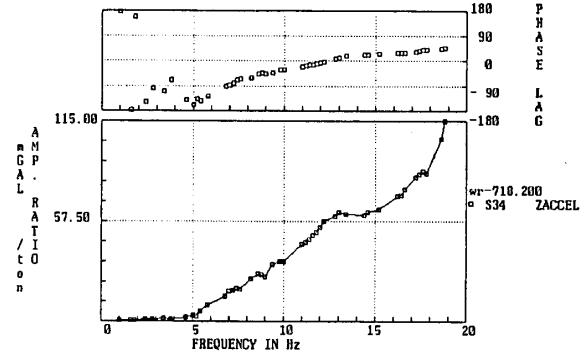


FIG. 7 第1回200GAL S34

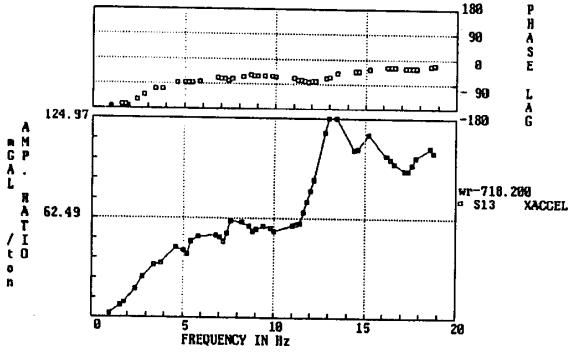


FIG. 4 第1回200GAL S13

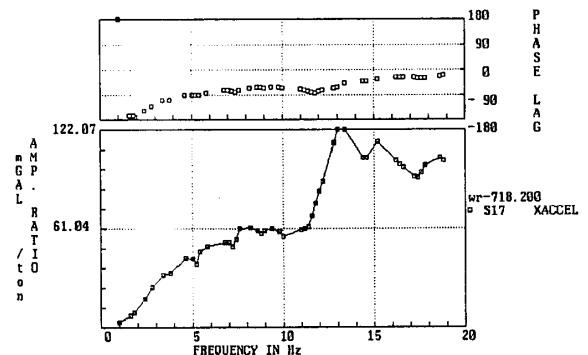
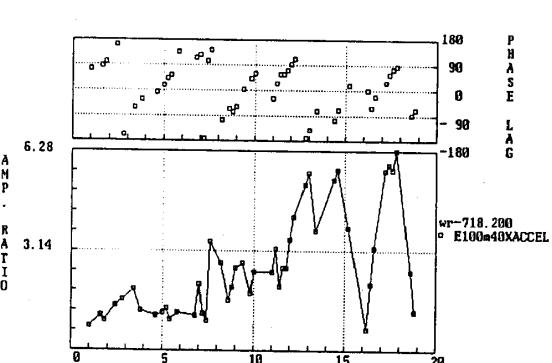
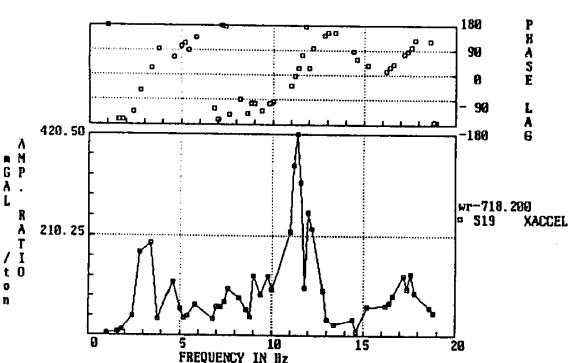
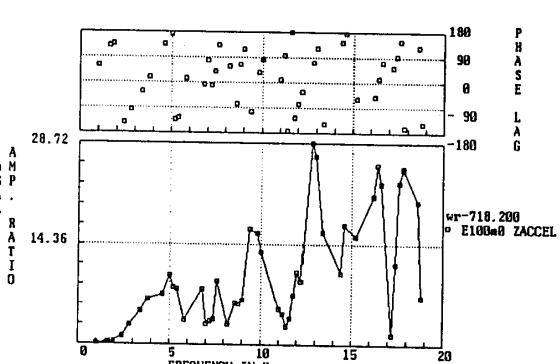
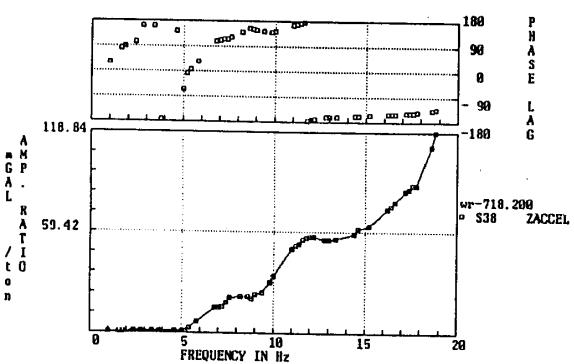
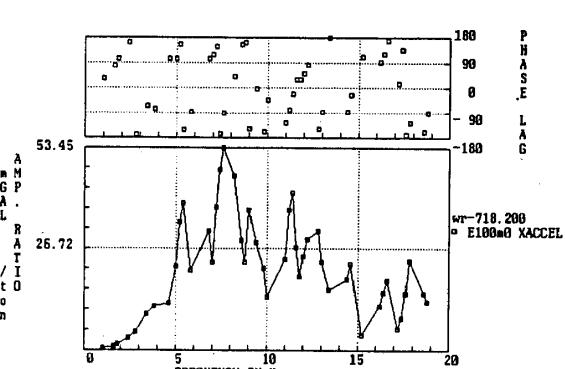
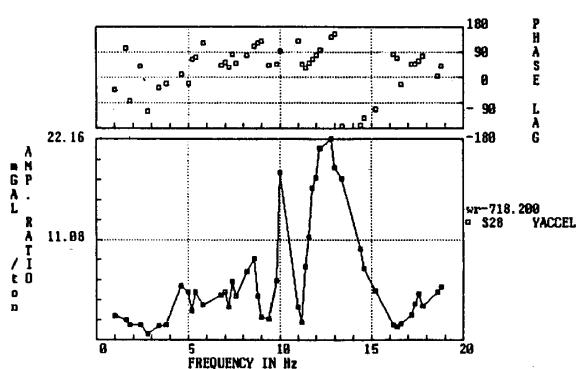
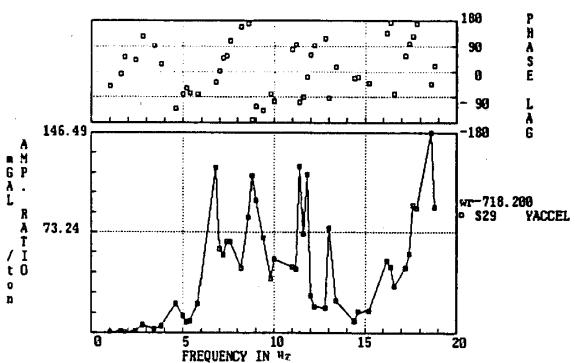
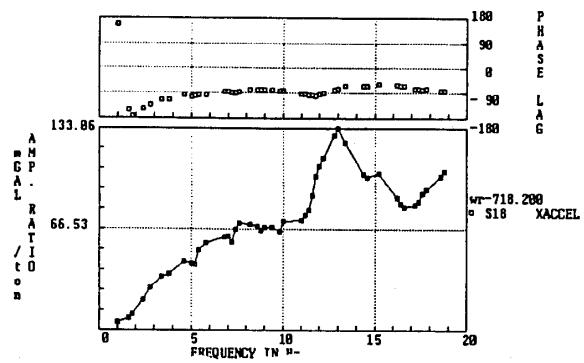


FIG. 8 第1回200GAL S17



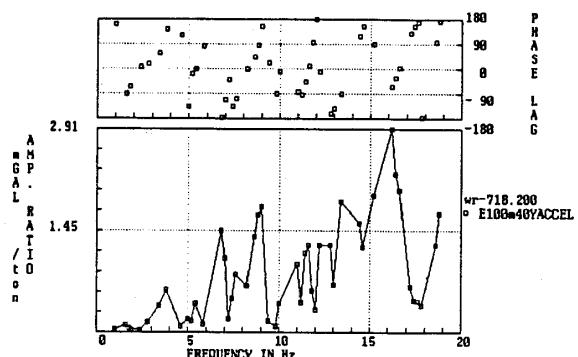


FIG. 17 第1回 200GAL E100-40Y

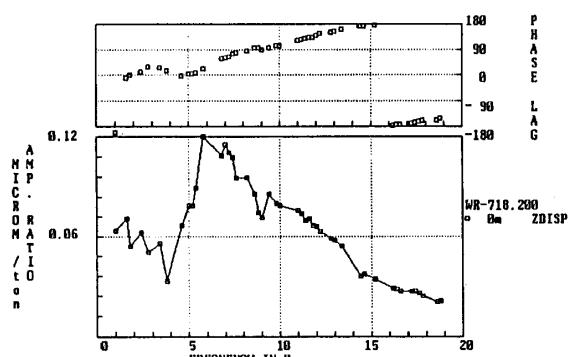


FIG. 21 第1回 200GAL 0 Z (0m Z)

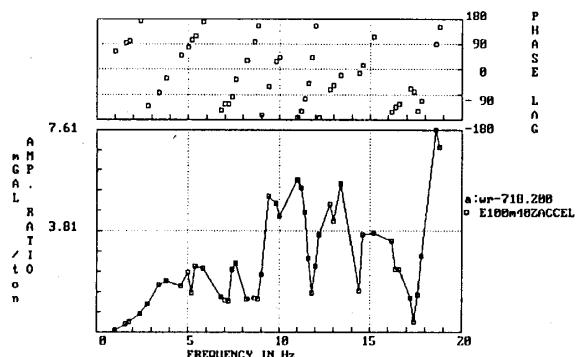


FIG. 18 第1回 200GAL E100-40Z

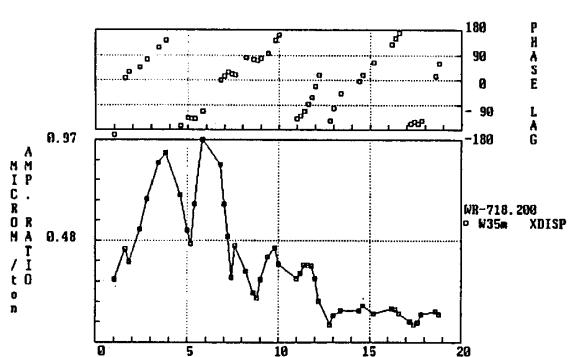


FIG. 22 第1回 200GAL W35 X

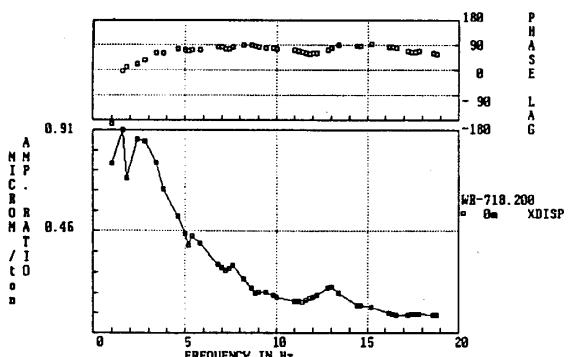


FIG. 19 第1回 200GAL 0 X (0m X)

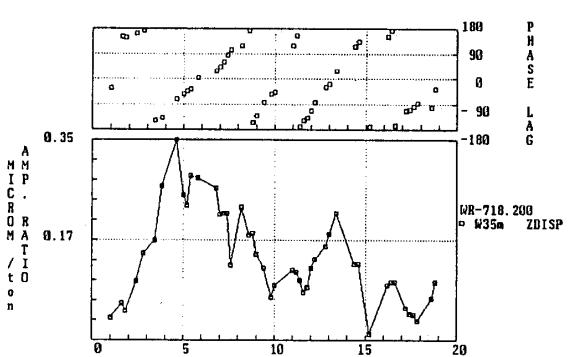


FIG. 23 第1回 200GAL W35 Z

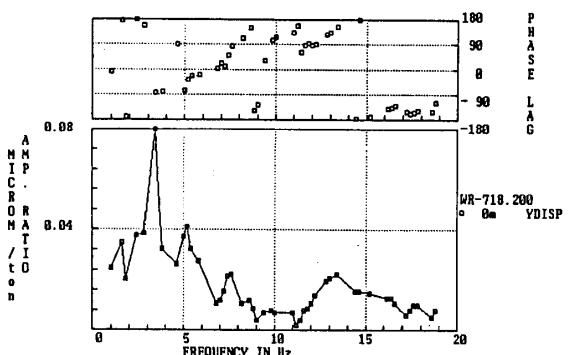


FIG. 20 第1回 200GAL 0 Y (0m Y)

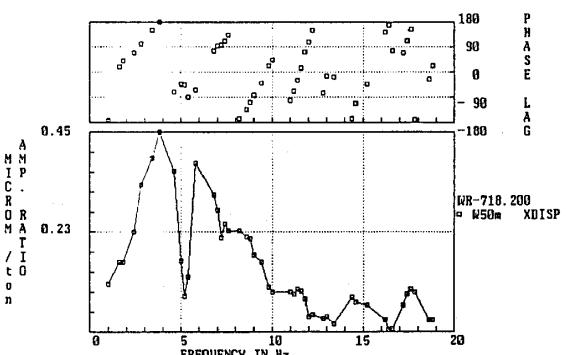


FIG. 24 第1回 200GAL W50 X

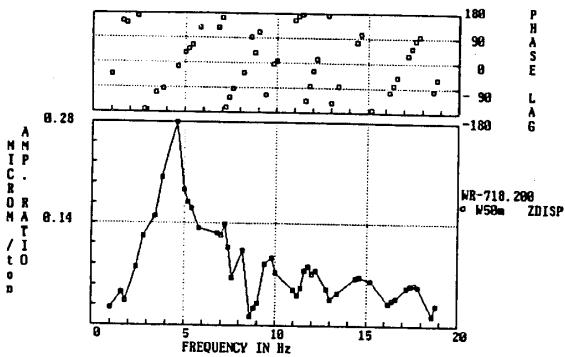


FIG. 25 第1回 200GAL W50 Z

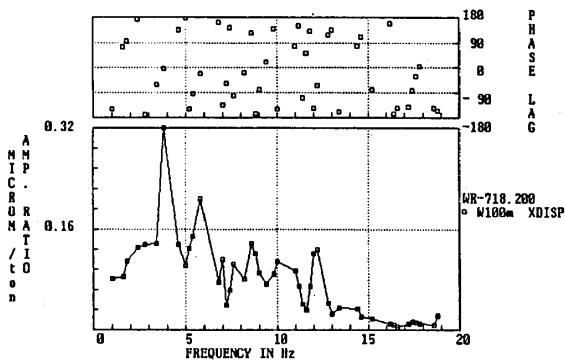


FIG. 26 第1回 200GAL W100 X

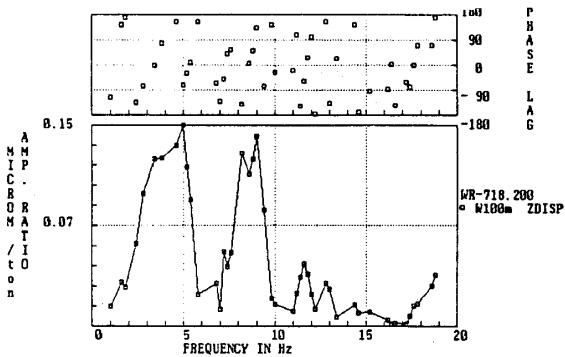


FIG. 27 第1回 200GAL W100 Z

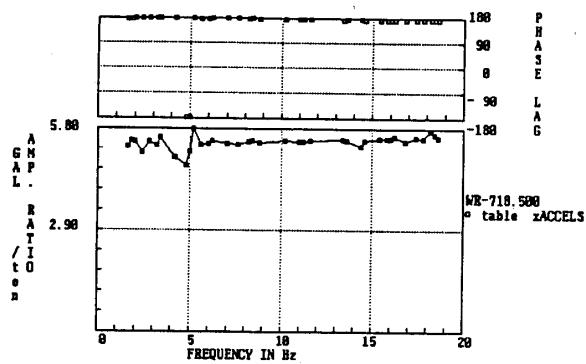


FIG. 28 第1回500GAL table x

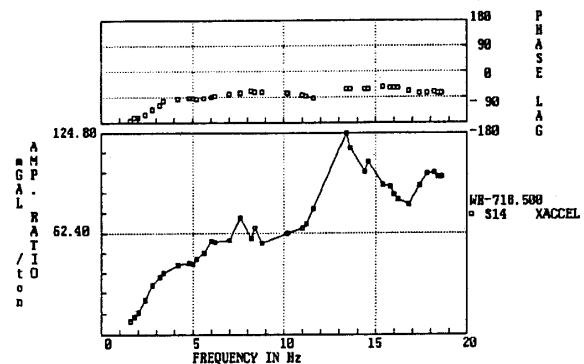


FIG. 32 第1回500GAL S14

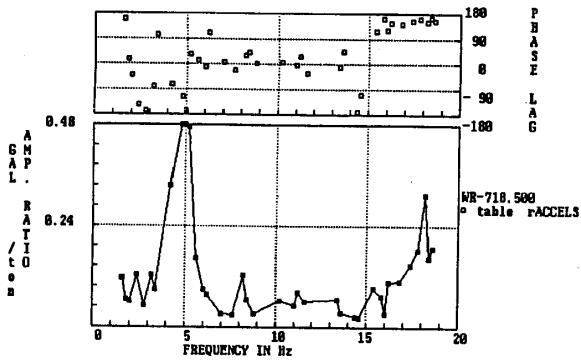


FIG. 29 第1回500GAL table r

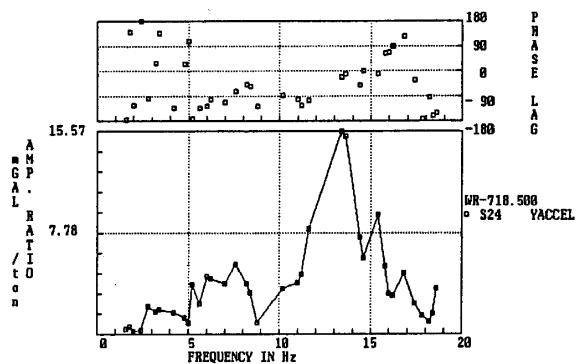


FIG. 33 第1回500GAL S24

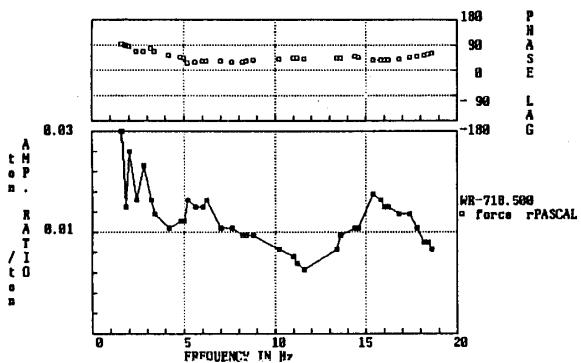


FIG. 30 第1回500GAL force r

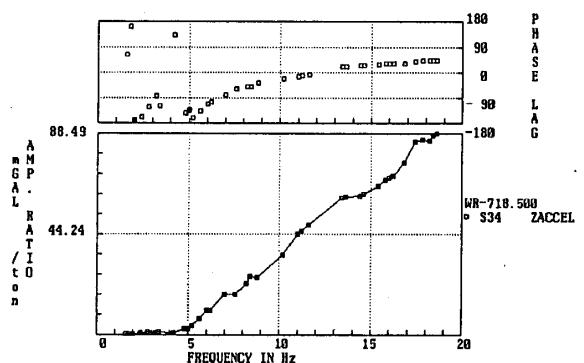


FIG. 34 第1回500GAL S34

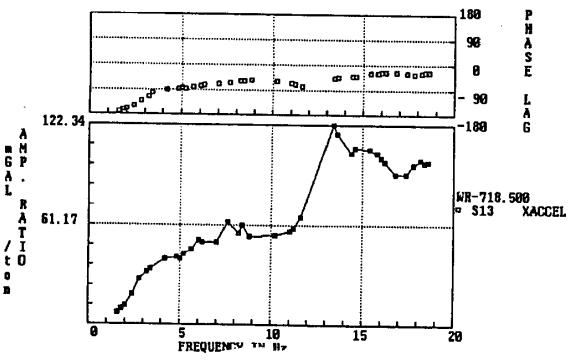


FIG. 31 第1回500GAL S13

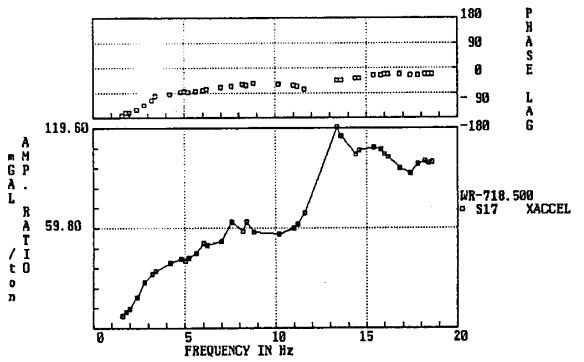
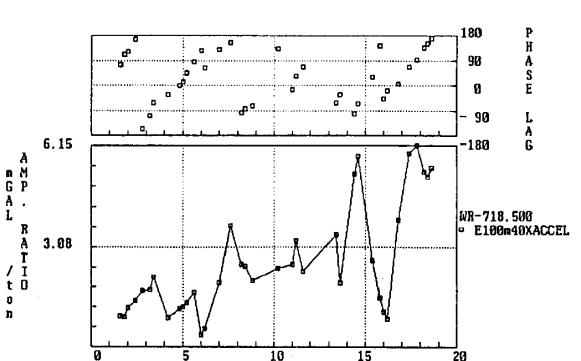
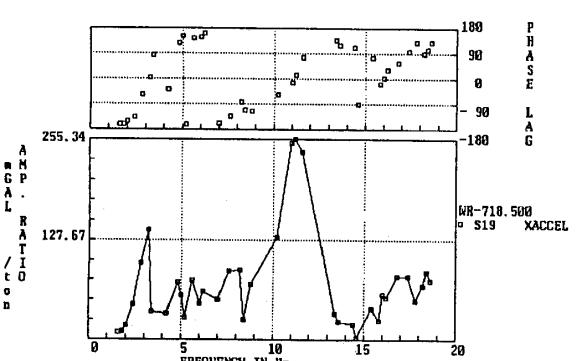
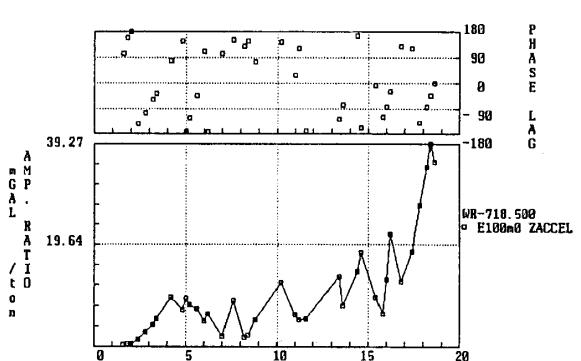
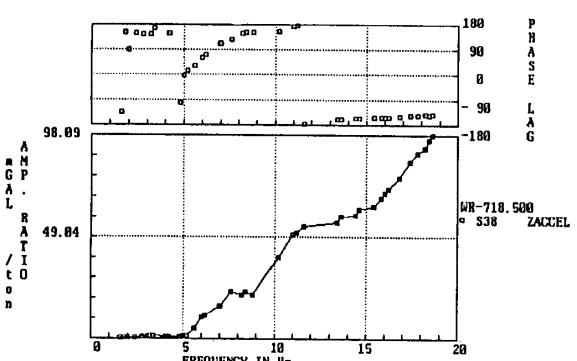
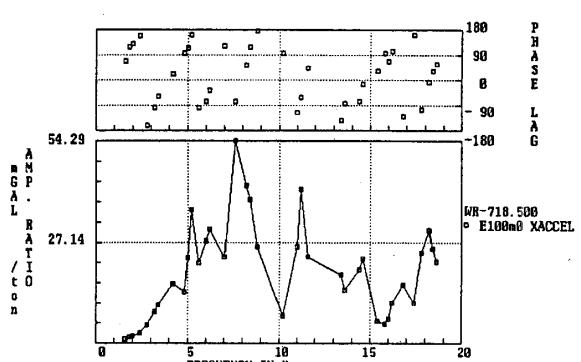
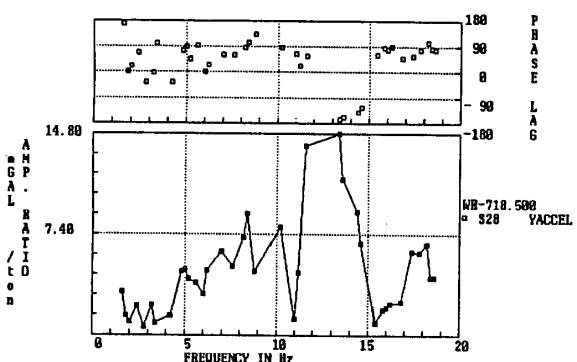
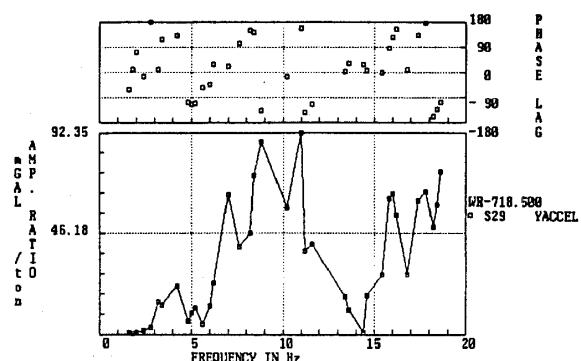
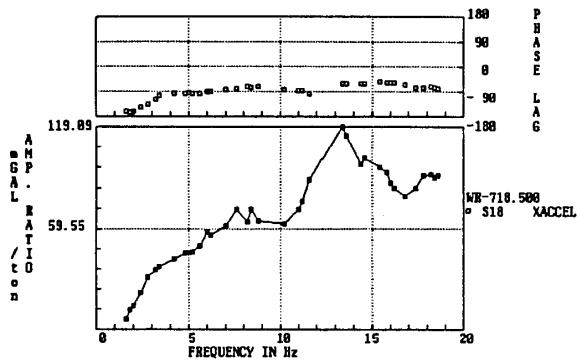


FIG. 35 第1回500GAL S17



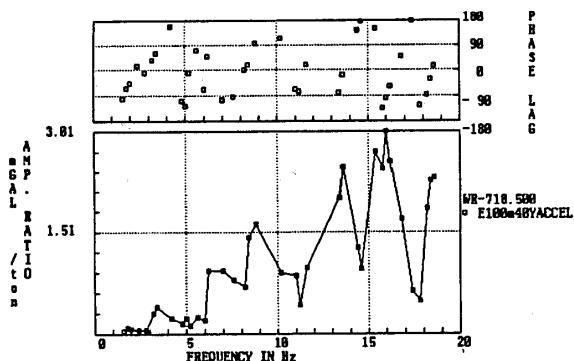


FIG. 44 第1回500GAL E100-40Y

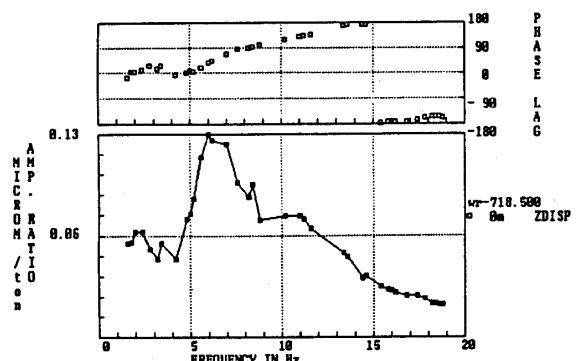


FIG. 48 第1回500GAL 0 Z (0m Z)

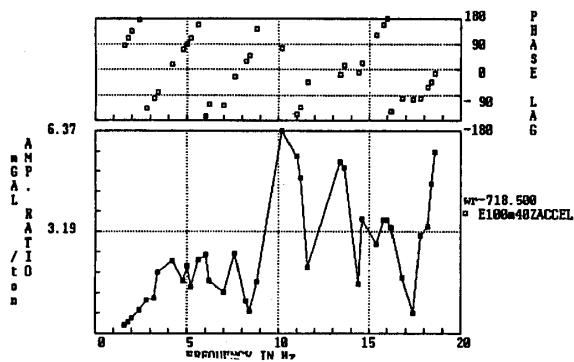


FIG. 45 第1回500GAL E100-40Z

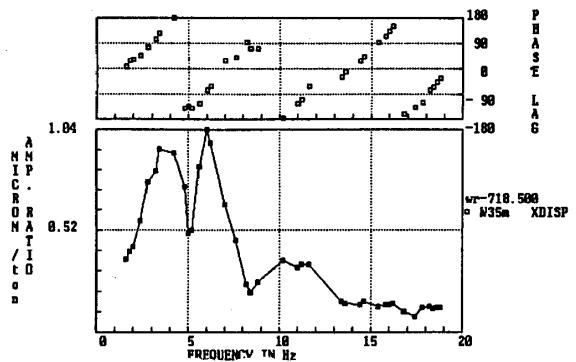


FIG. 49 第1回500GAL W35 X

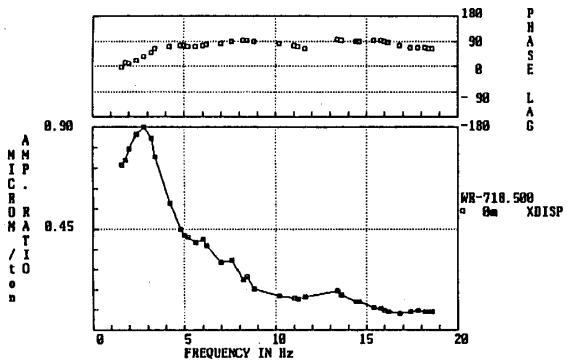


FIG. 46 第1回500GAL 0 X (0m X)

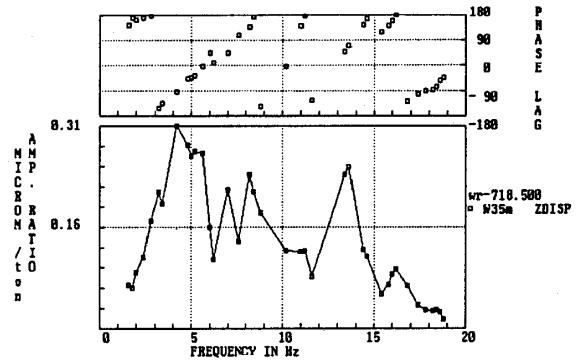


FIG. 50 第1回500GAL W35 Z

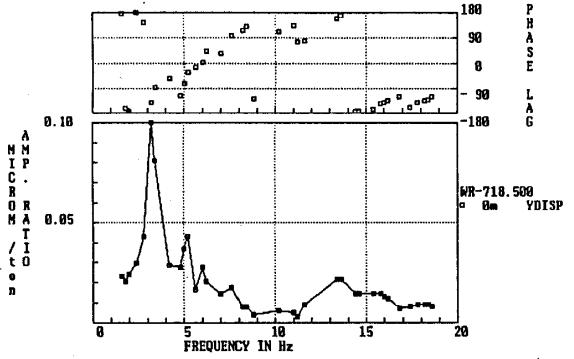


FIG. 47 第1回500GAL 0 Y (0m Y)

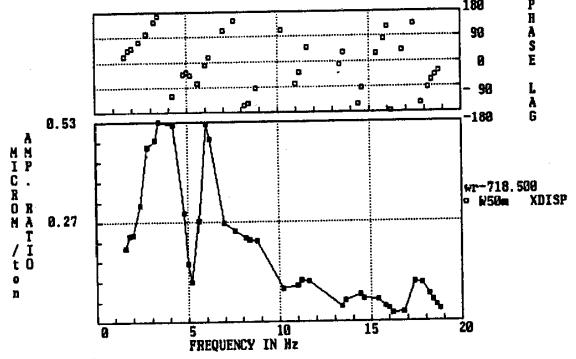


FIG. 51 第1回500GAL W50 X

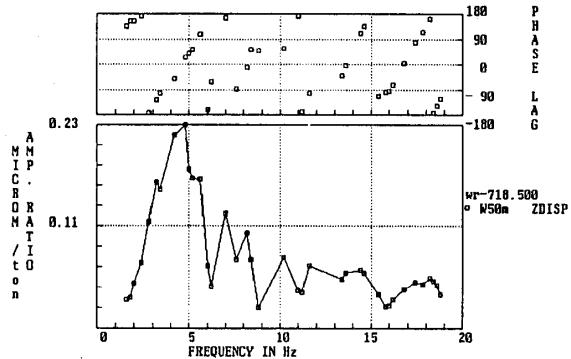


FIG. 52 第1回 500GAL W50 Z

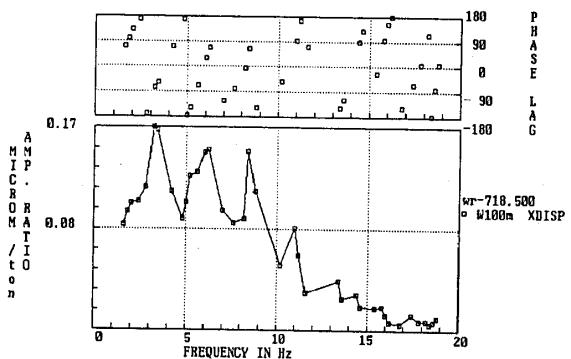


FIG. 53 第1回 500GAL W100 X

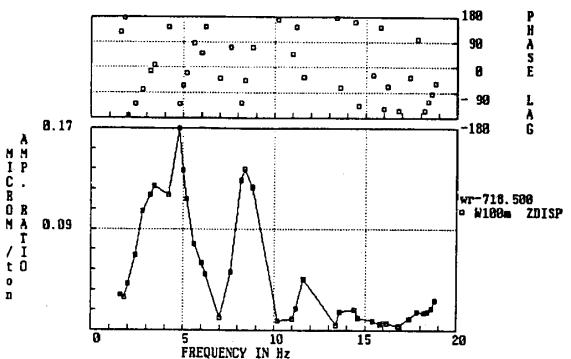
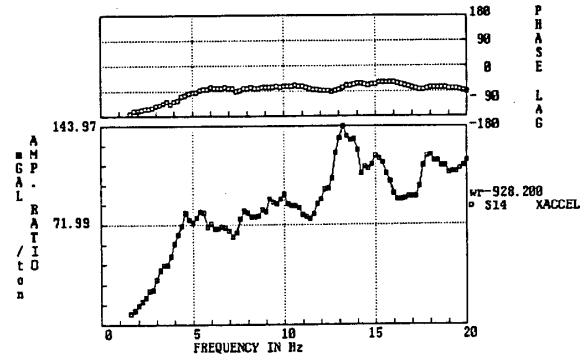
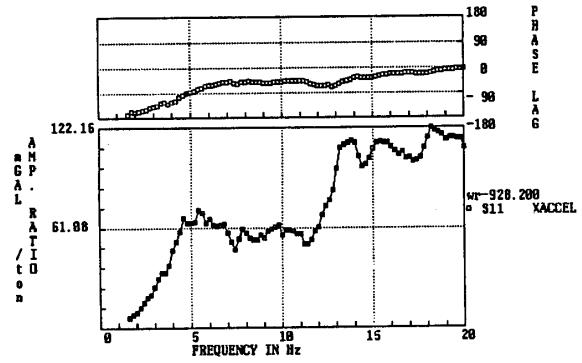
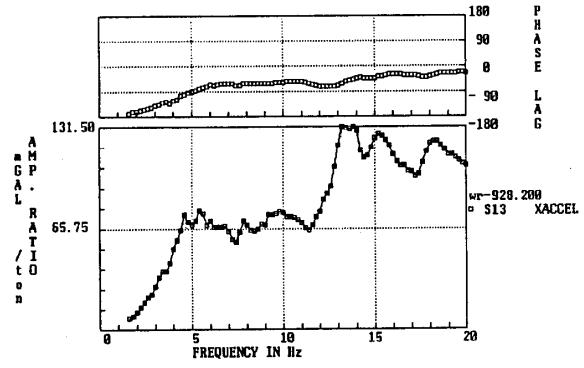
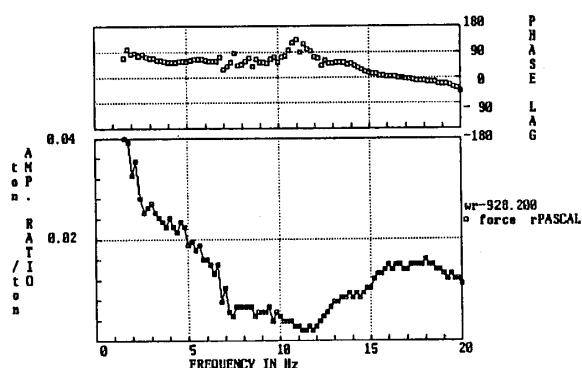
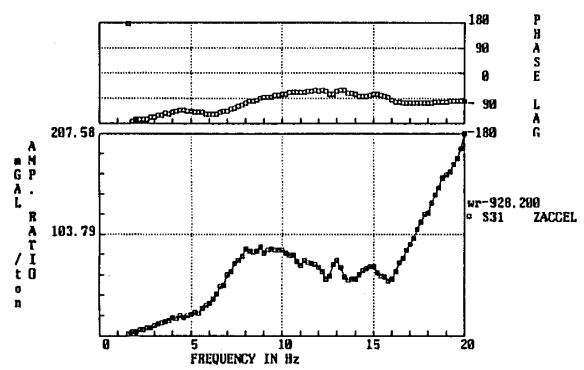
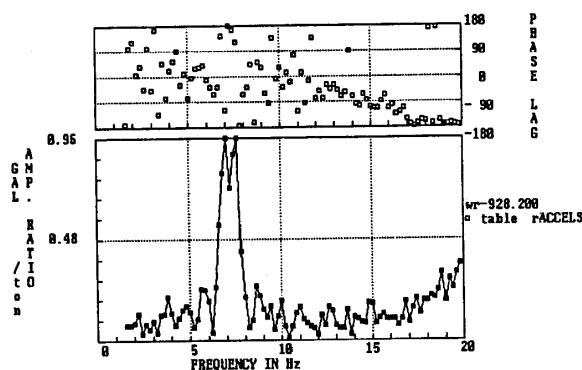
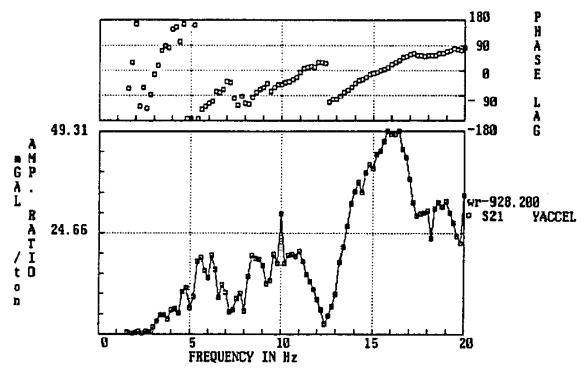
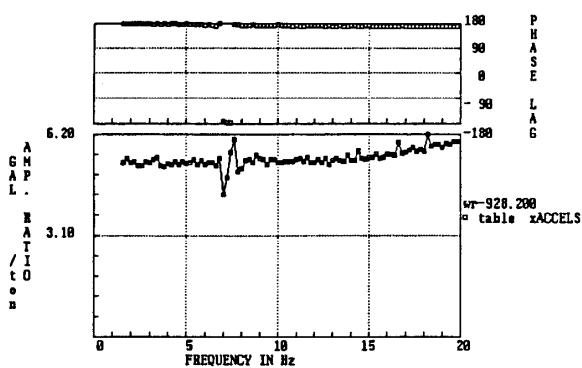


FIG. 54 第1回 500GAL W100 Z



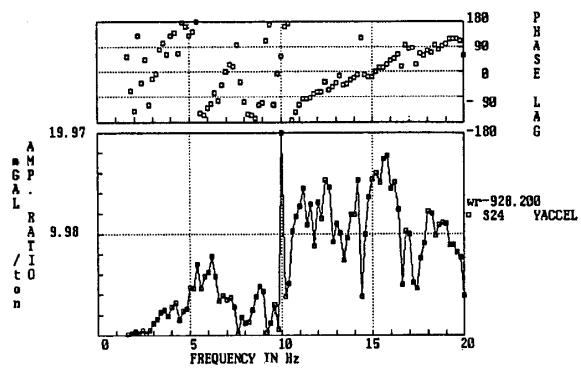


FIG. 63 第2回 200GAL S24

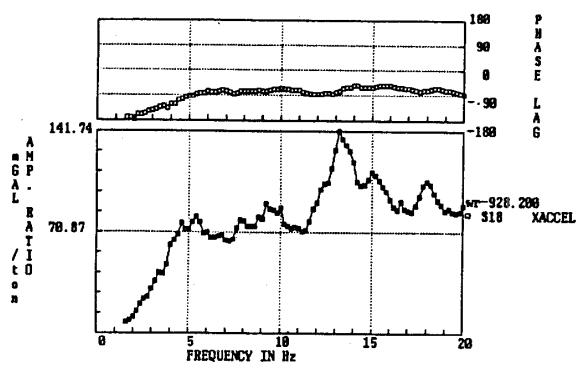


FIG. 67 第2回 200GAL S18

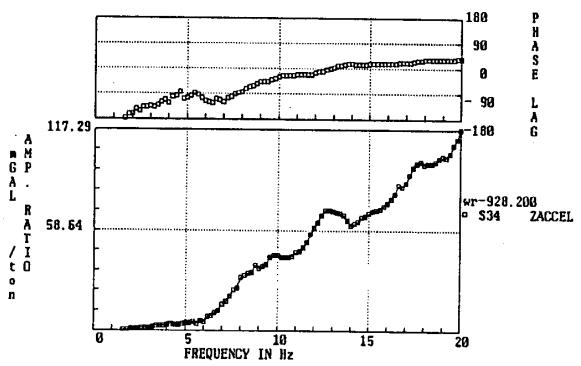


FIG. 64 第2回 200GAL S34

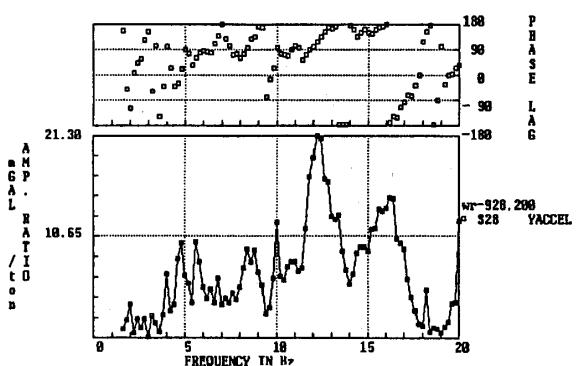


FIG. 68 第2回 200GAL S28

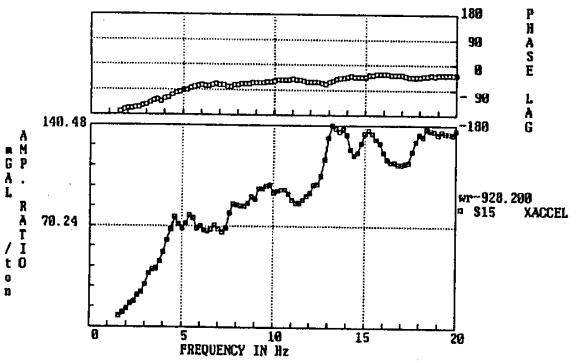


FIG. 65 第2回 200GAL S15

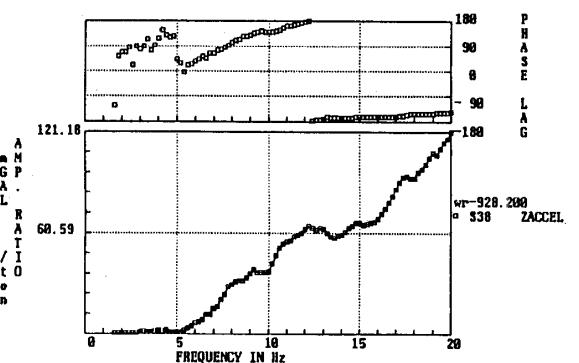


FIG. 69 第2回 200GAL S38

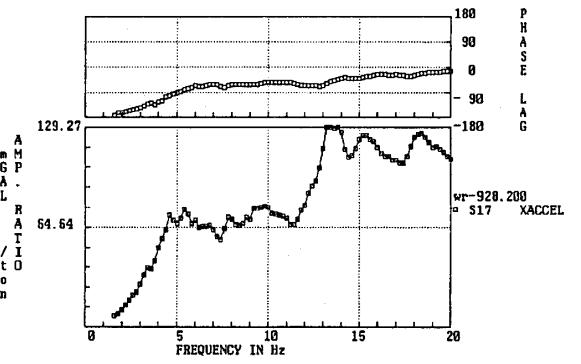


FIG. 66 第2回 200GAL S17

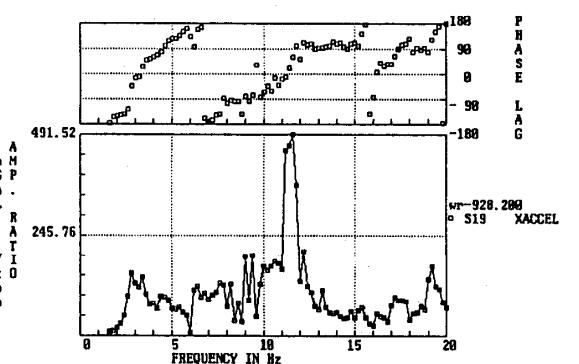


FIG. 70 第2回 200GAL S19

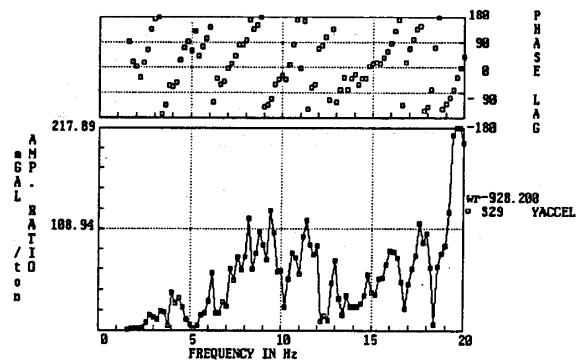


FIG. 71 第2回 200GAL S29

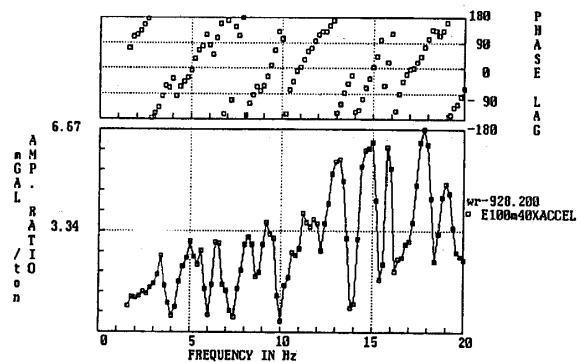


FIG. 75 第2回 200GAL E100-40X

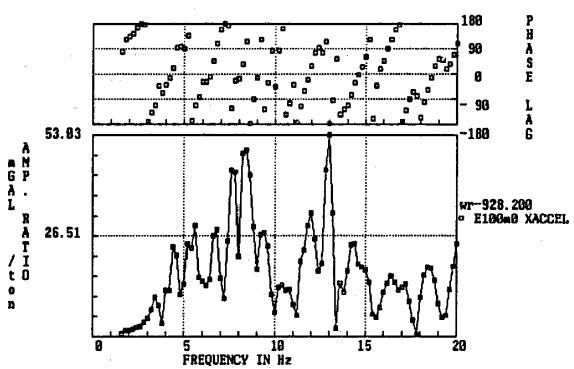


FIG. 72 第2回 200GAL E100-0 X

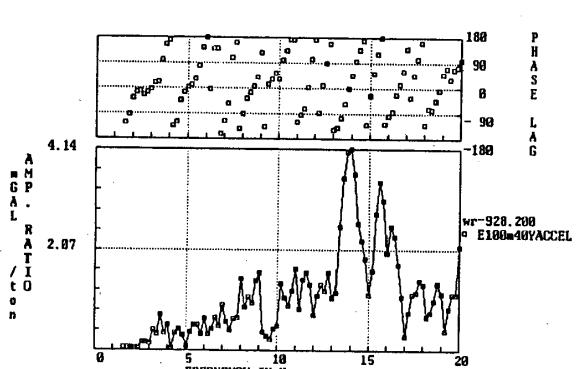


FIG. 76 第2回 200GAL E100-40Y

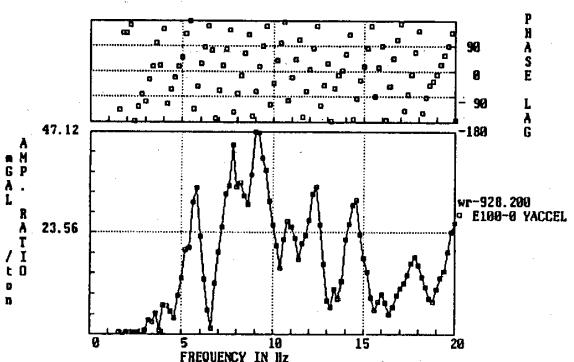


FIG. 73 第2回 200GAL E100-0 Y

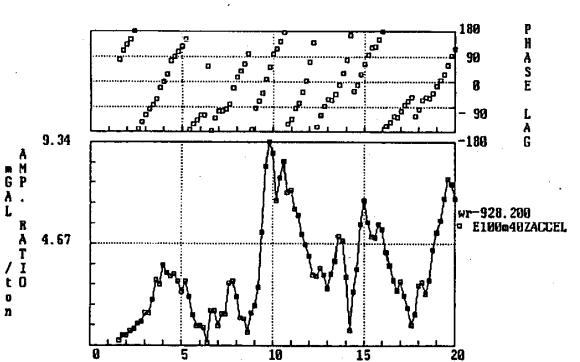


FIG. 77 第2回 200GAL E100-40Z

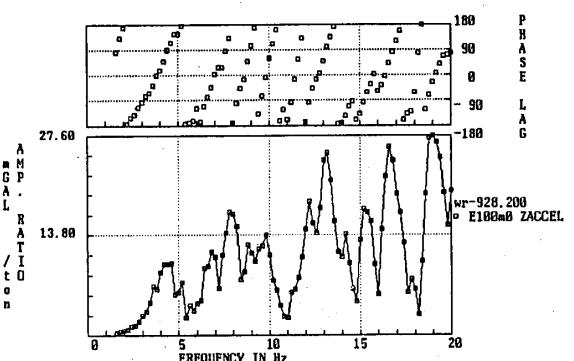


FIG. 74 第2回 200GAL E100-0 Z

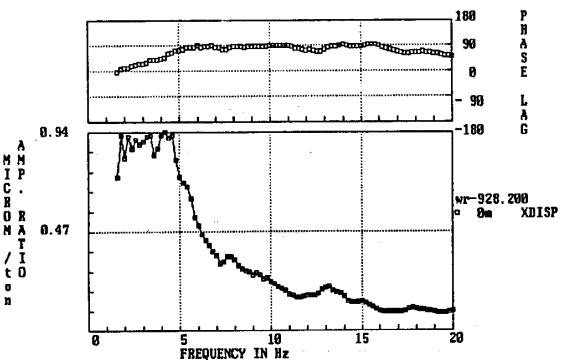


FIG. 78 第2回 200GAL 0 X (0m X)

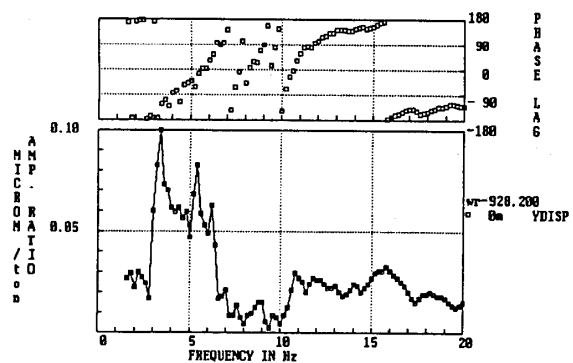


FIG. 79 第2回 200GAL 0 Y (0m Y)

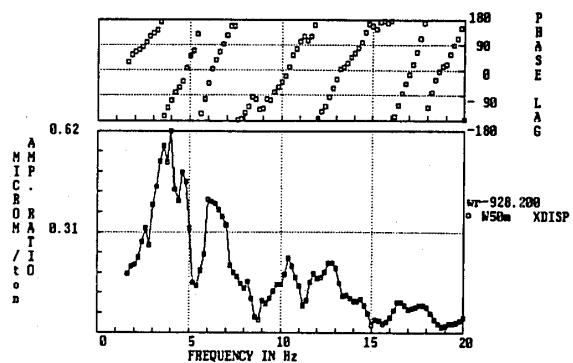


FIG. 83 第2回 200GAL W50 X

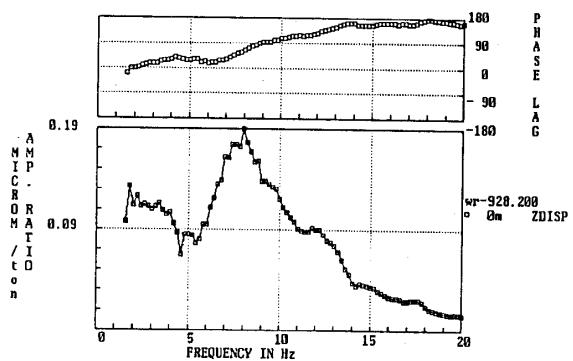


FIG. 80 第2回 200GAL 0 Z (0m Z)

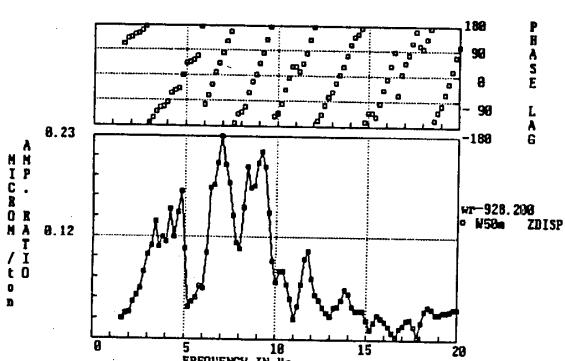


FIG. 84 第2回 200GAL W50 Z

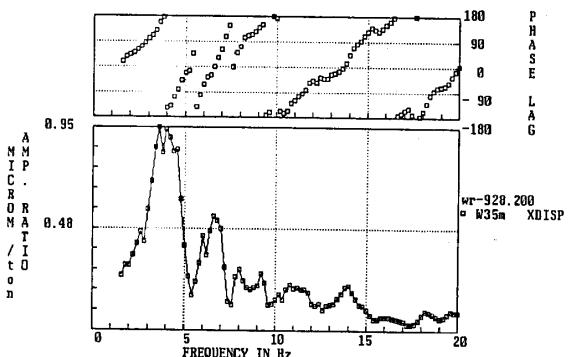


FIG. 81 第2回 200GAL W35 X

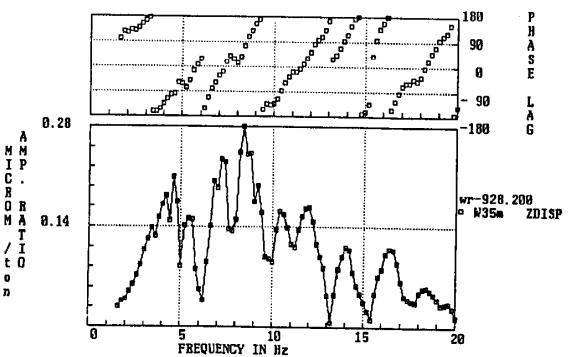


FIG. 82 第2回 200GAL W35 Z

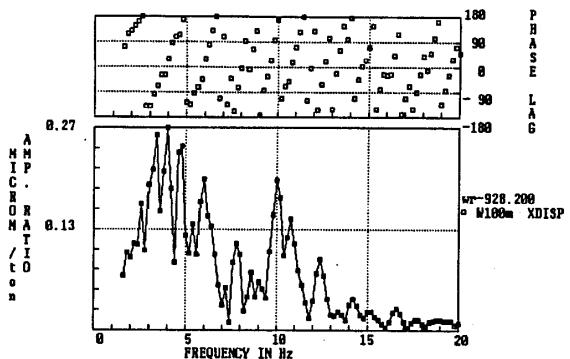


FIG. 85 第2回 200GAL W100 X

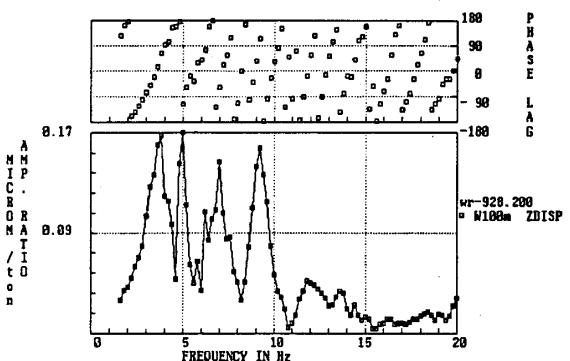


FIG. 86 第2回 200GAL W100 Z

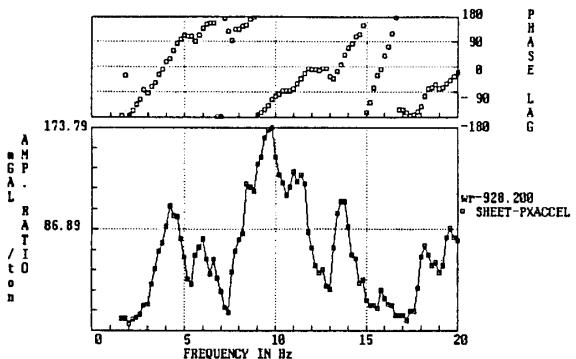


FIG. 87 第2回 200GAL sheet-p

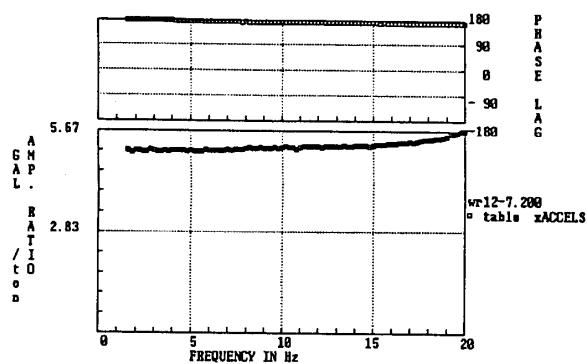


FIG. 88 第3回200GAL table x

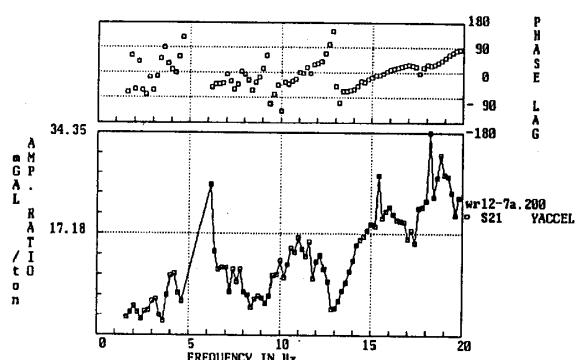


FIG. 92 第3回200GAL S21

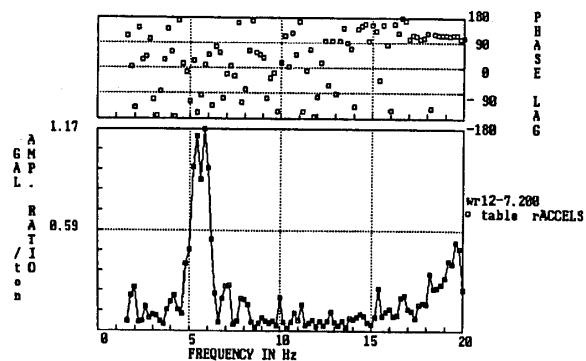


FIG. 89 第3回200GAL table r

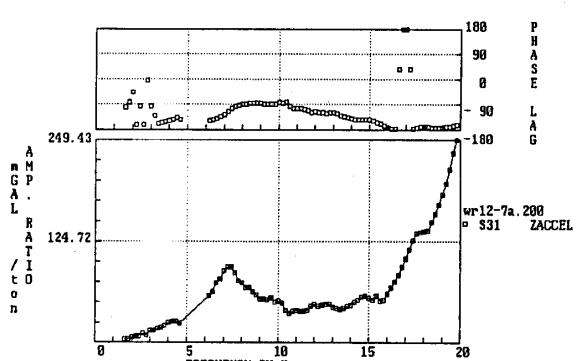


FIG. 93 第3回200GAL S31

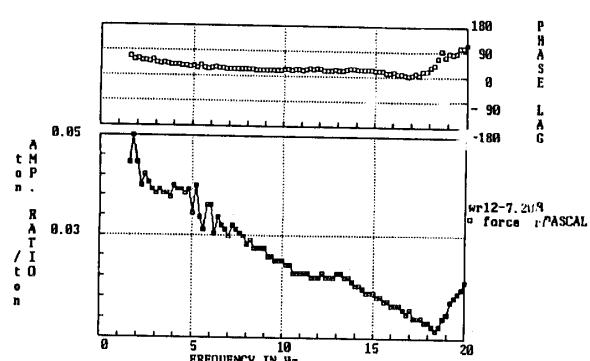


FIG. 90 第3回200GAL force r

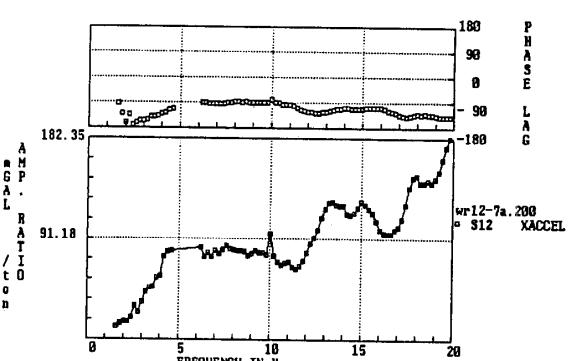


FIG. 94 第3回200GAL S12

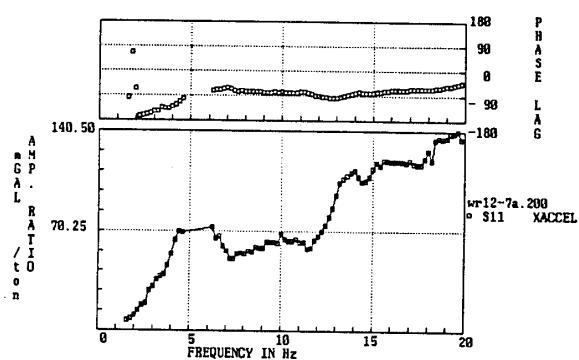


FIG. 91 第3回200GAL S11

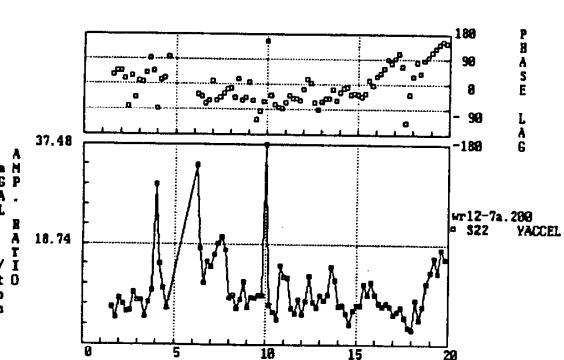


FIG. 95 第3回200GAL S22

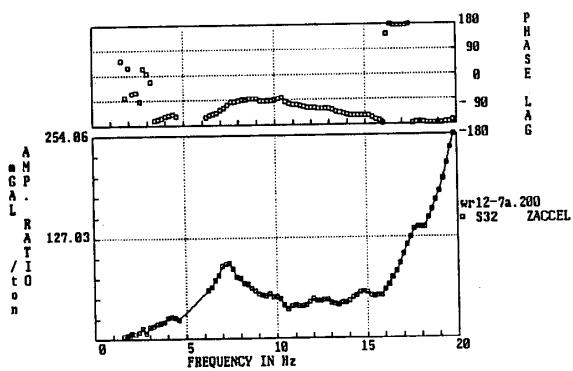


FIG. 96 第3回200GAL S32

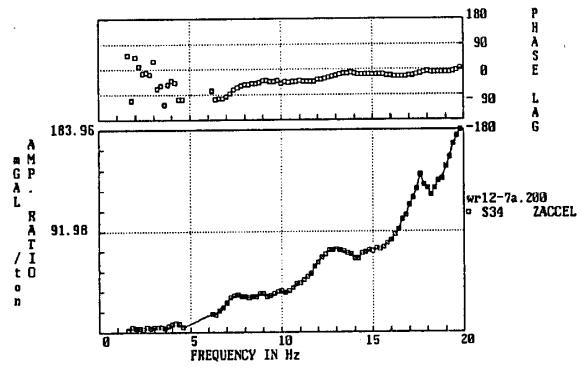


FIG. 100 第3回200GAL S34

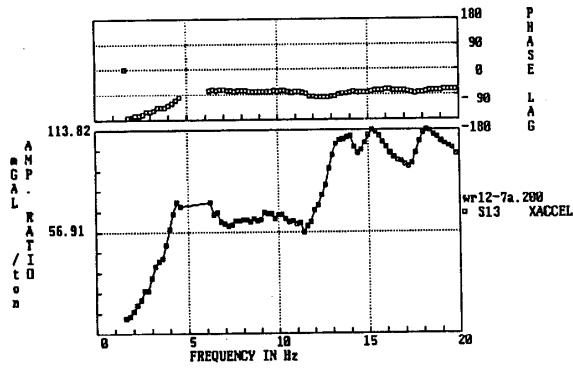


FIG. 97 第3回200GAL S13

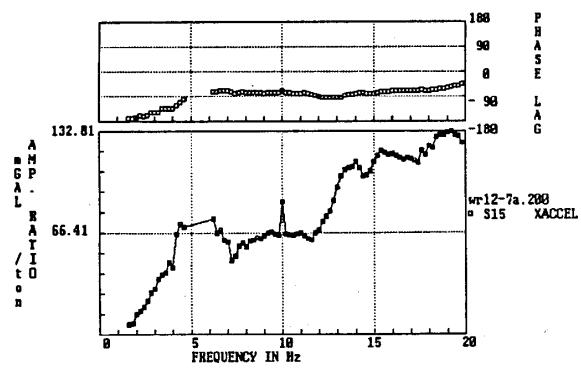


FIG. 101 第3回200GAL S15

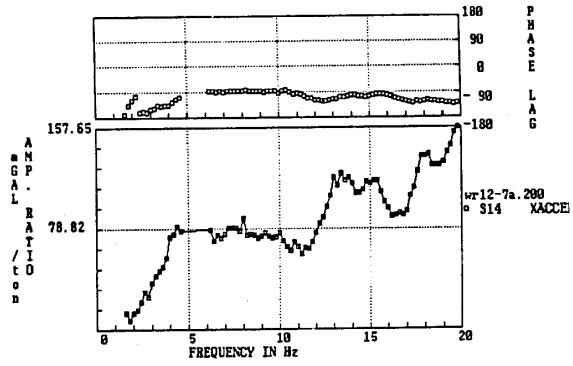


FIG. 98 第3回200GAL S14

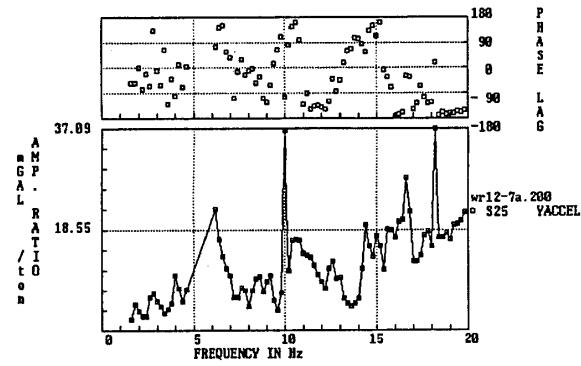


FIG. 102 第3回200GAL S25

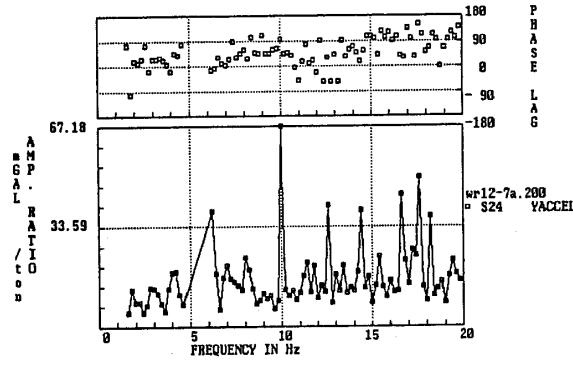


FIG. 99 第3回200GAL S24

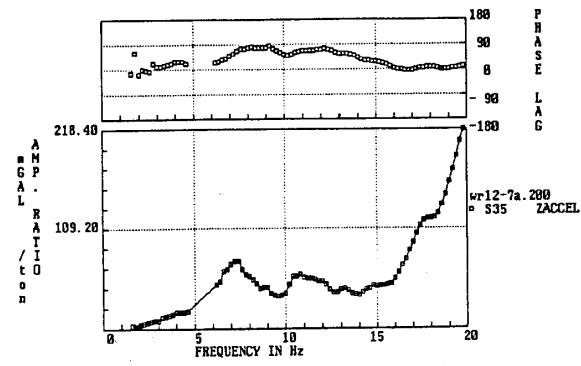


FIG. 103 第3回200GAL S35

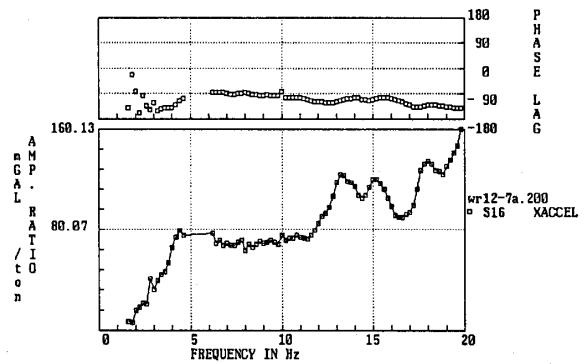


FIG. 104 第3回 200GAL S16

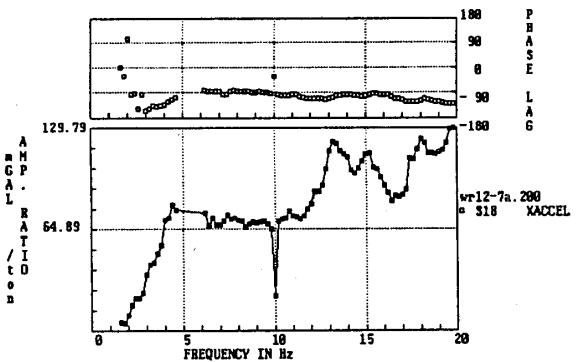


FIG. 108 第3回 200GAL S18

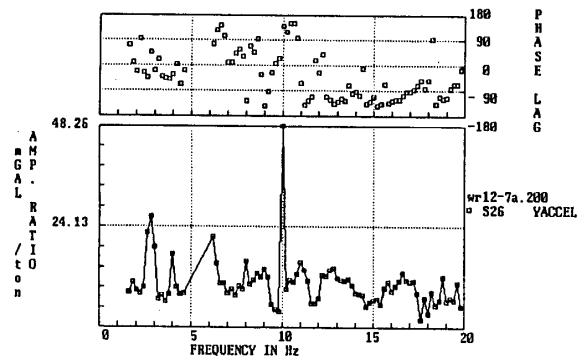


FIG. 105 第3回 200GAL S26

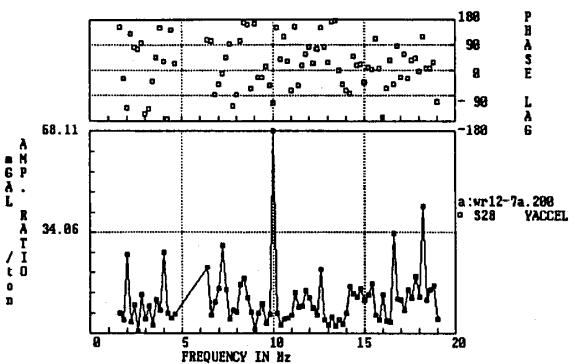


FIG. 109 第3回 200GAL S28

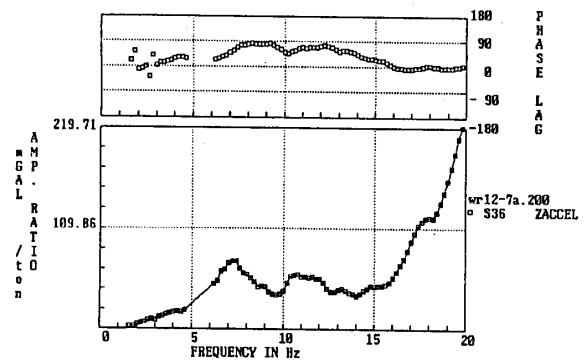


FIG. 106 第3回 200GAL S36

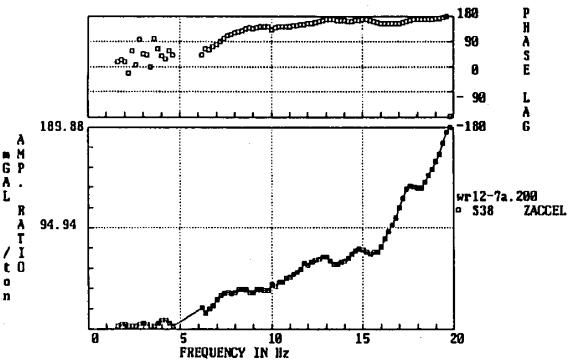


FIG. 110 第3回 200GAL S38

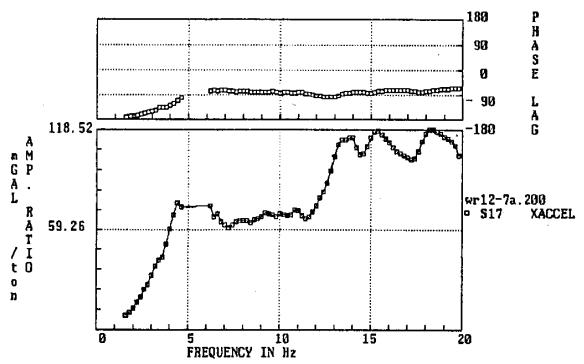


FIG. 107 第3回 200GAL S17

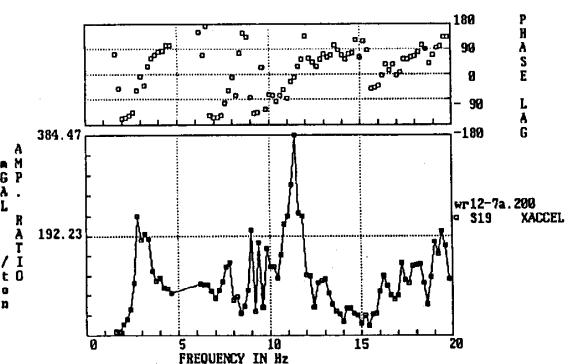


FIG. 111 第3回 200GAL S19

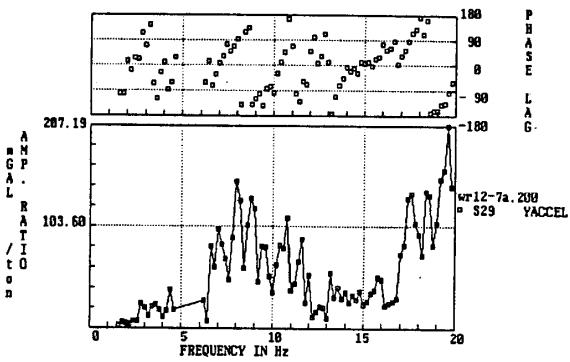


FIG. 112 第3回200GAL S29

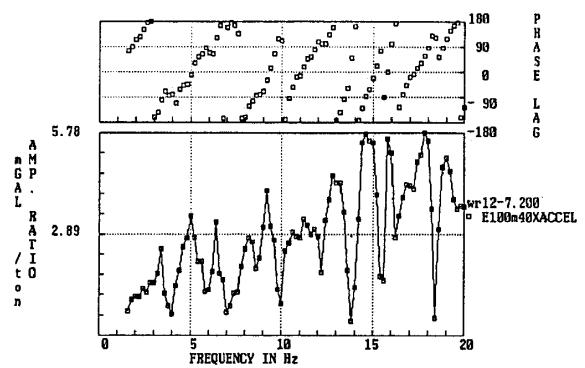


FIG. 116 第3回200GAL E100-40X

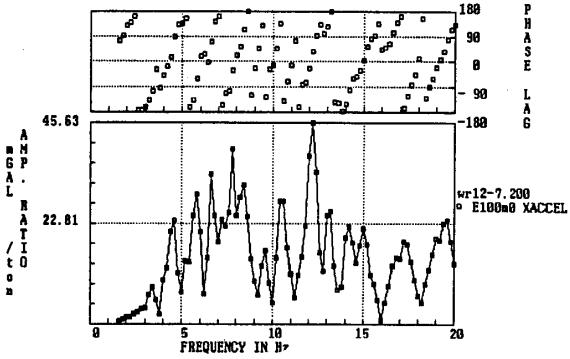


FIG. 113 第3回200GAL E100-0 X

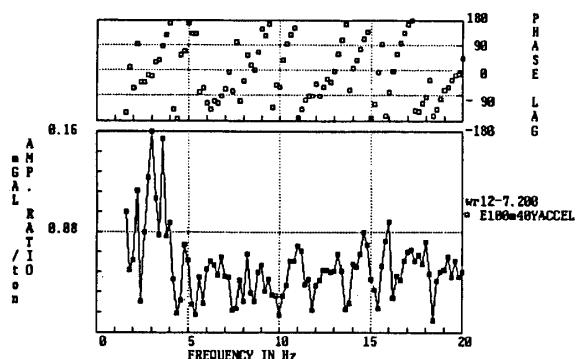


FIG. 117 第3回200GAL E100-40Y

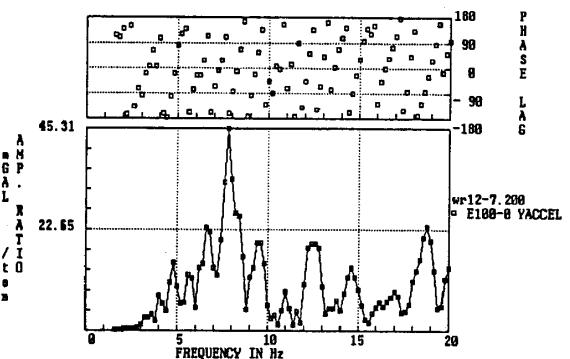


FIG. 114 第3回200GAL E100-0 Y

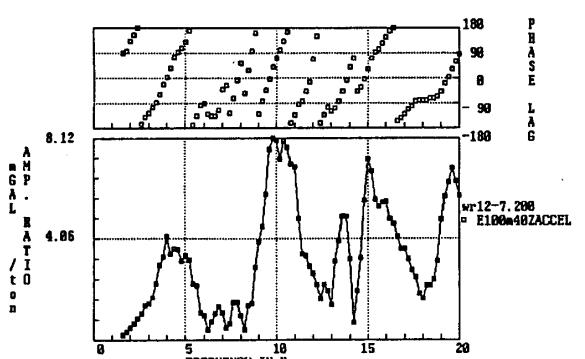


FIG. 118 第3回200GAL E100-40Z

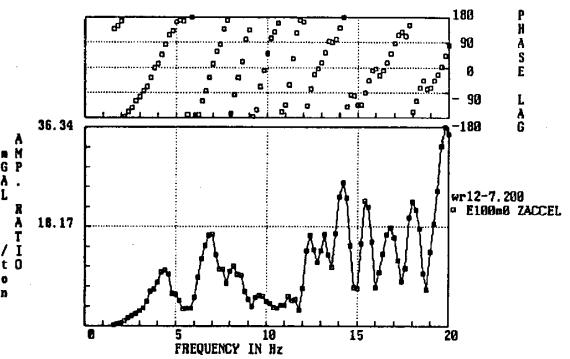


FIG. 115 第3回200GAL E100-0 Z

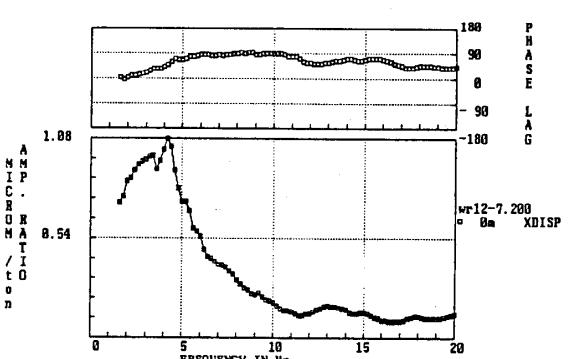


FIG. 119 第3回200GAL O X (0m X)

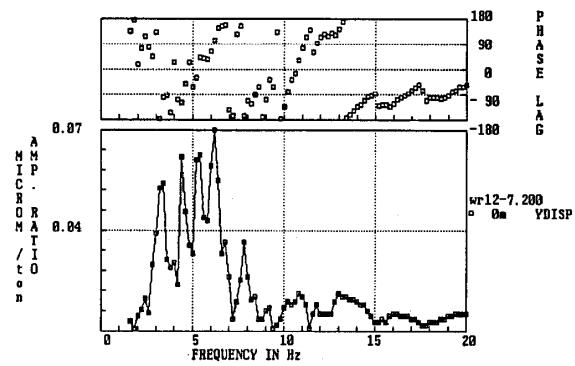


FIG.120 第3回 200GAL 0 Y (0m Y)

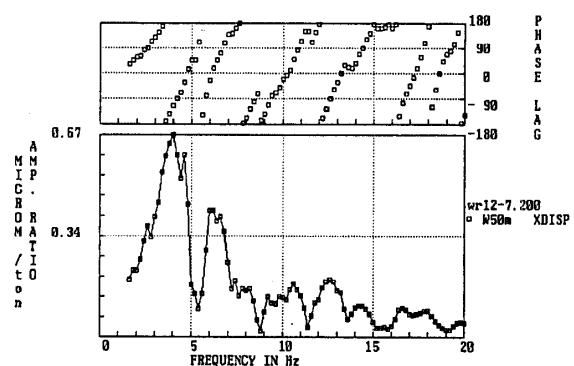


FIG.124 第3回 200GAL W50 X

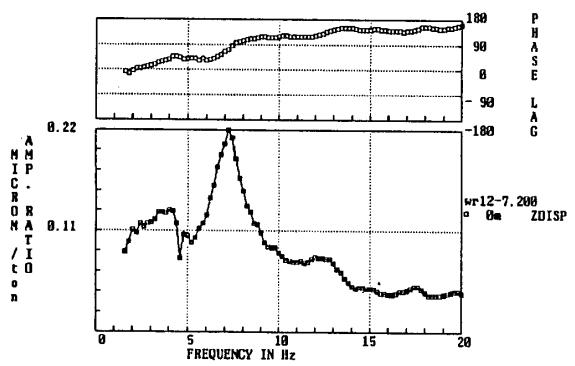


FIG.121 第3回 200GAL 0 Z (0m Z)

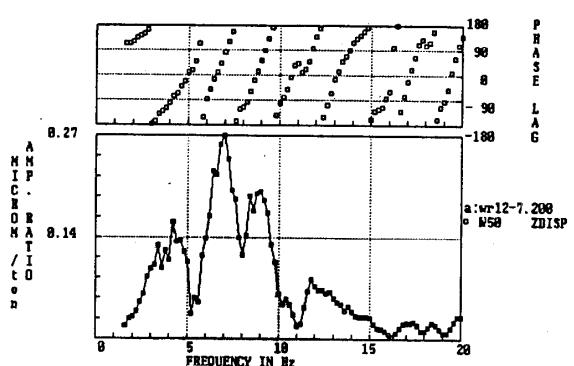


FIG.125 第3回 200GAL W50 Z

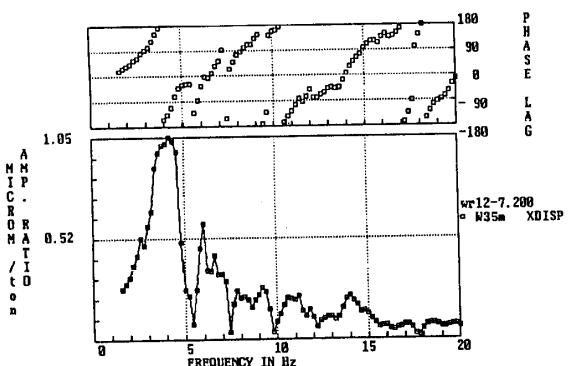


FIG.122 第3回 200GAL W35 X

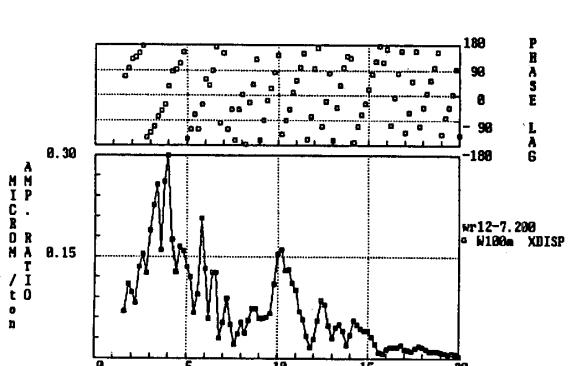


FIG.126 第3回 200GAL W100 X

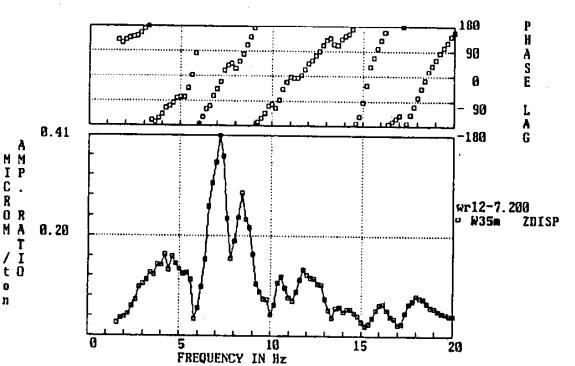


FIG.123 第3回 200GAL W35 Z

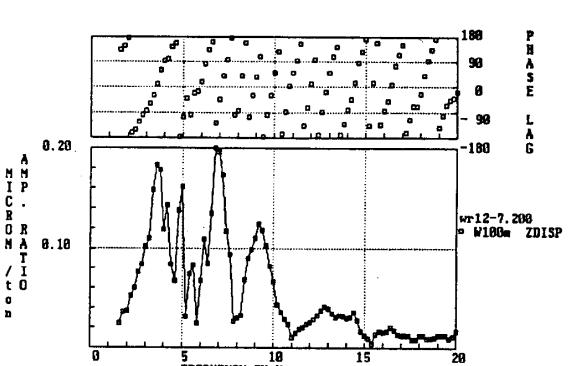


FIG.127 第3回 200GAL W100 Z

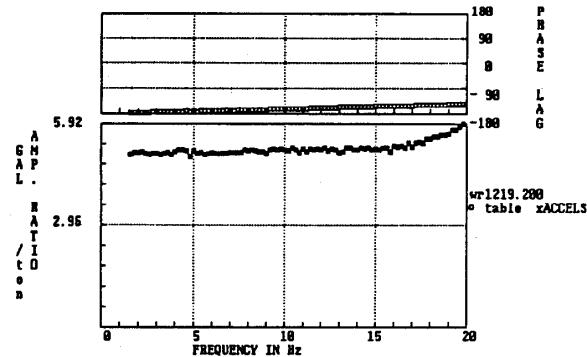


FIG.128 第4回200GAL table x

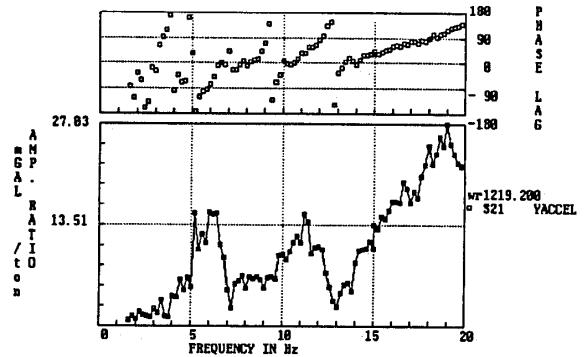


FIG.132 第4回200GAL S21

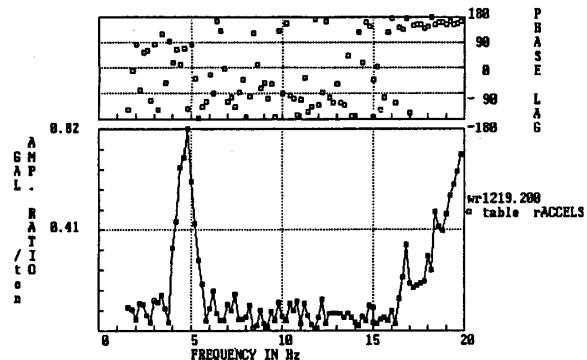


FIG.129 第4回200GAL table r

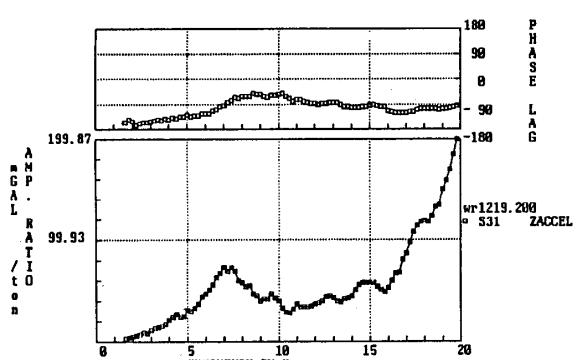


FIG.133 第4回200GAL S31

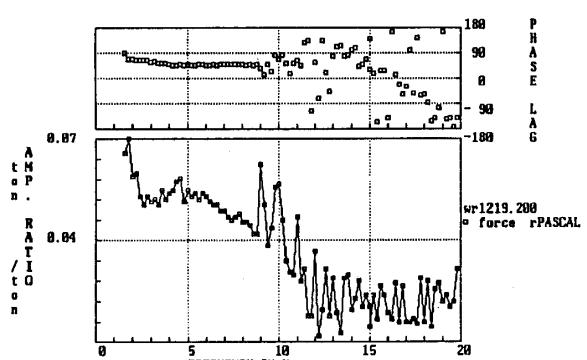


FIG.130 第4回200GAL force r

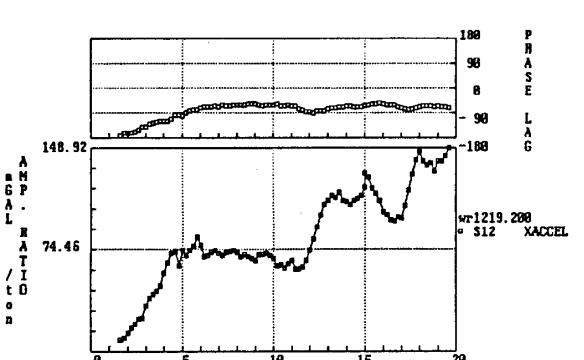


FIG.134 第4回200GAL S12

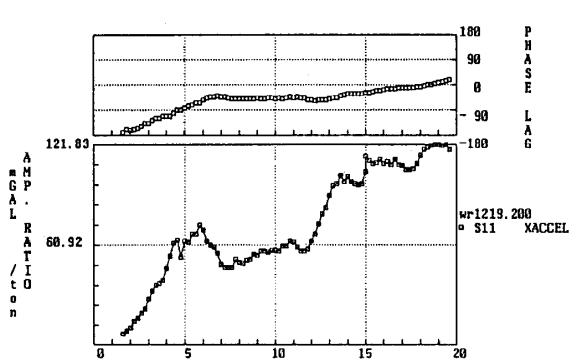


FIG.131 第4回200GAL S11

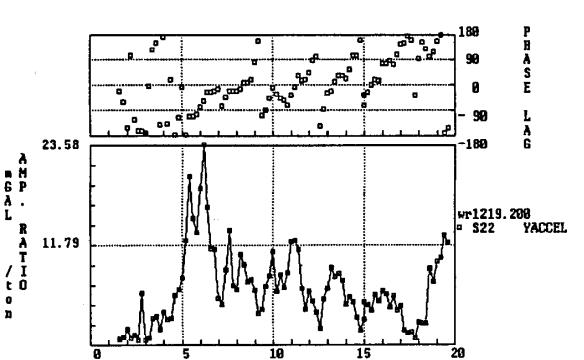
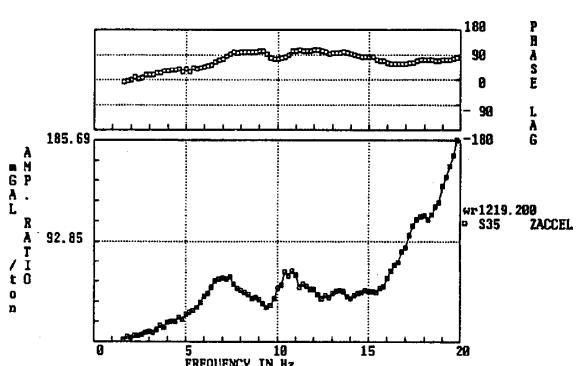
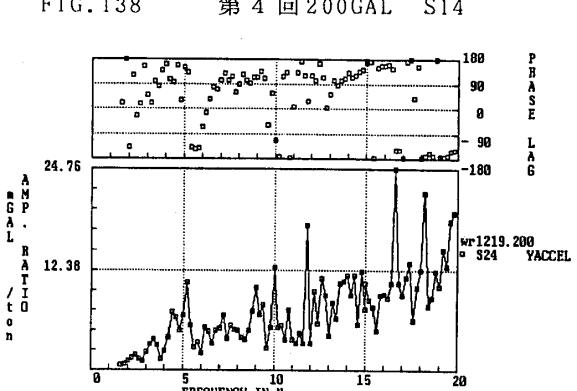
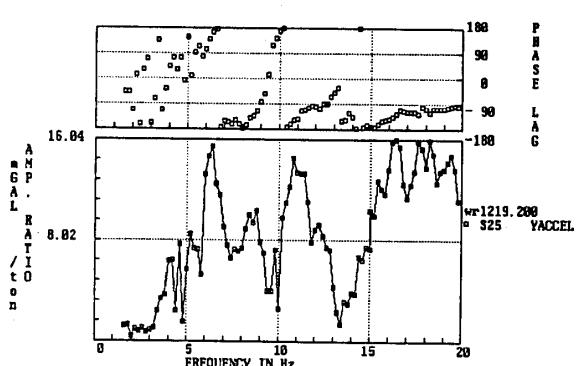
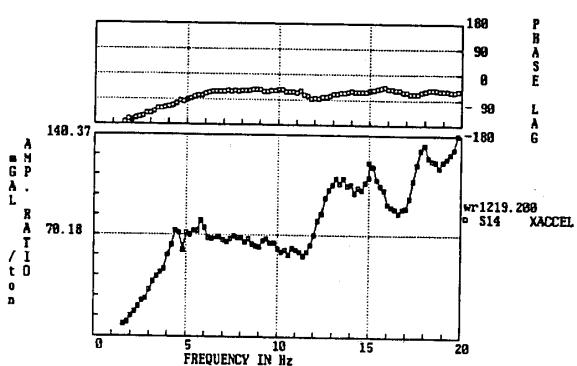
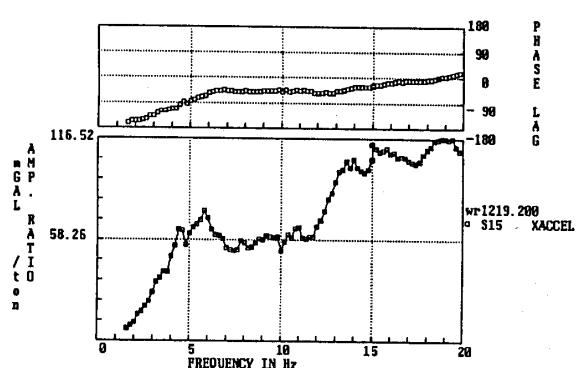
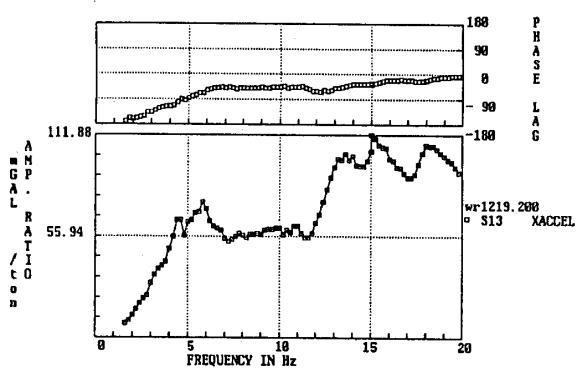
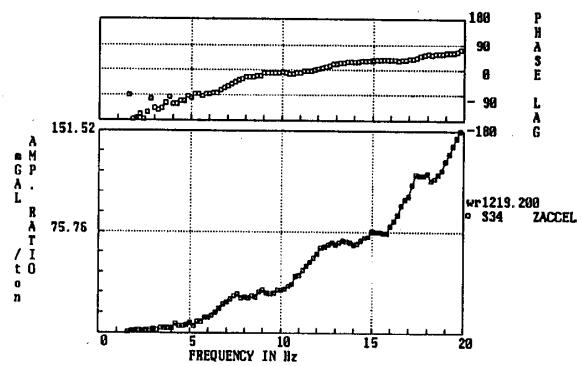
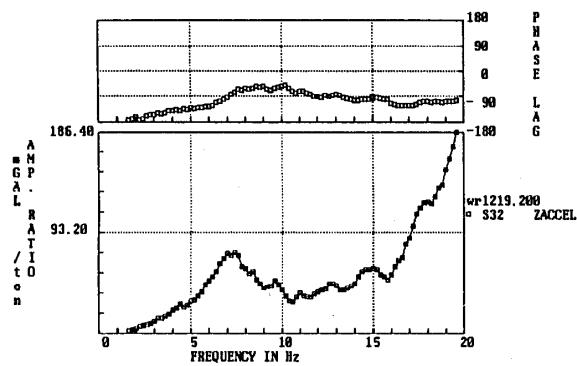


FIG.135 第4回200GAL S22



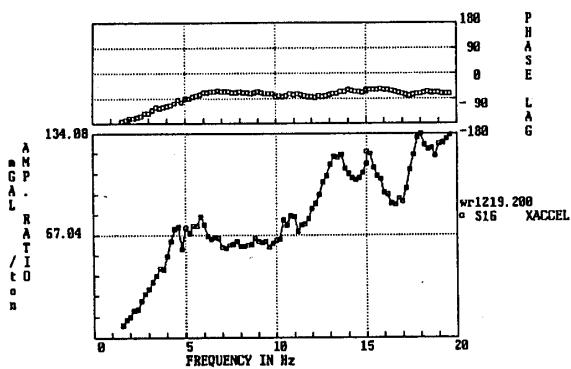


FIG.144 第4回200GAL S16

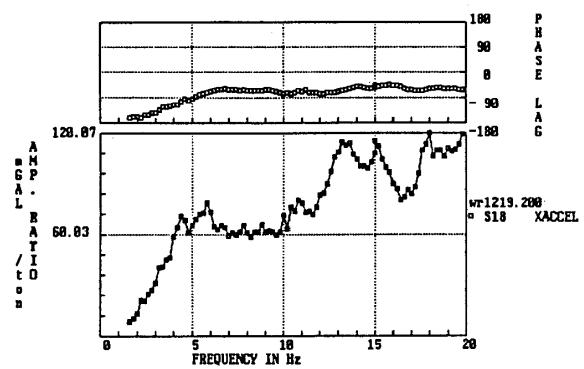


FIG.148 第4回200GAL S18

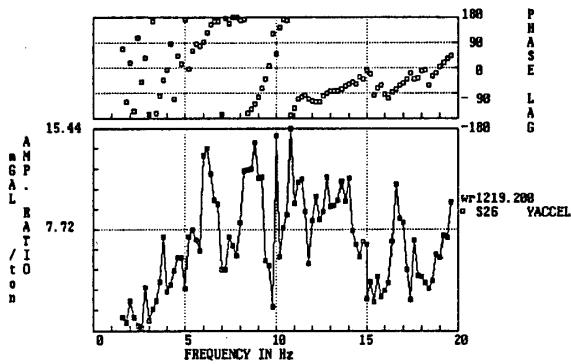


FIG.145 第4回200GAL S26

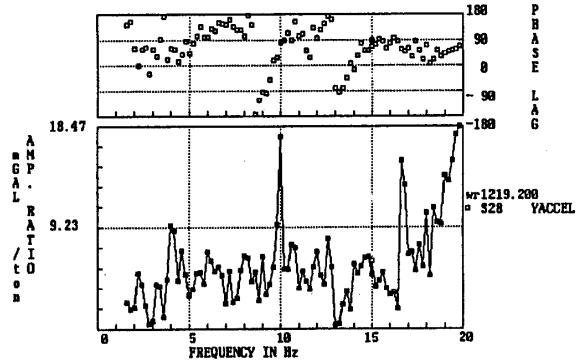


FIG.149 第4回200GAL S28

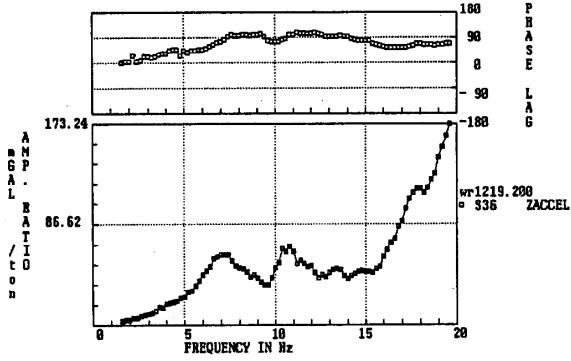


FIG.146 第4回200GAL S36

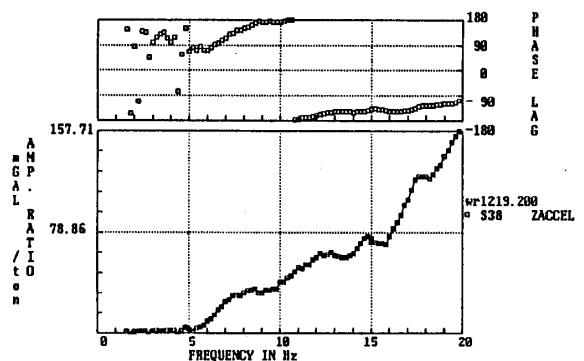


FIG.150 第4回200GAL S38

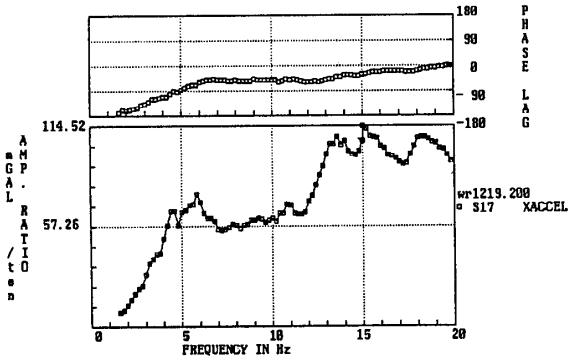


FIG.147 第4回200GAL S17

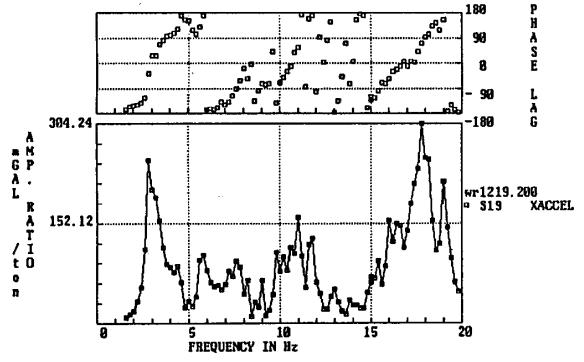


FIG.151 第4回200GAL S19

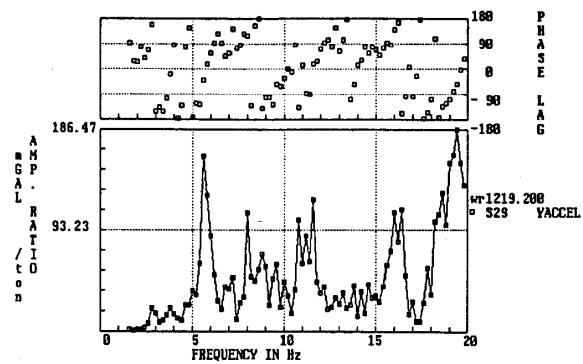


FIG. 152 第4回 200GAL S29

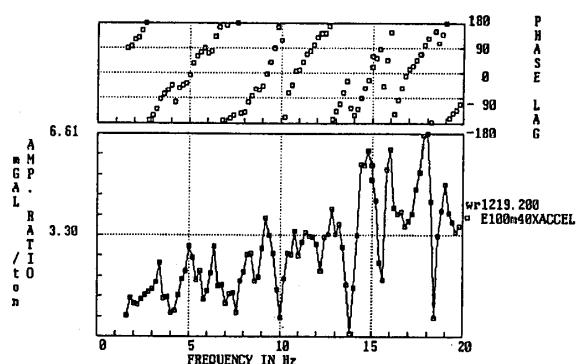


FIG. 156 第4回 200GAL E100-40X

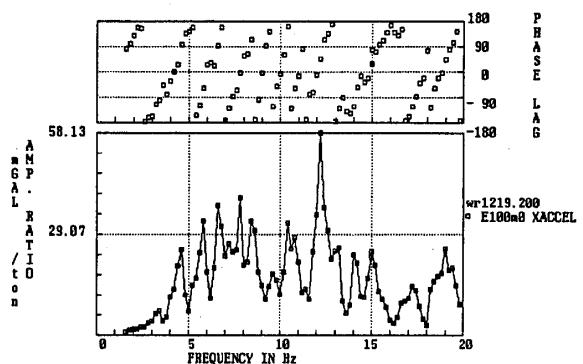


FIG. 153 第4回 200GAL E100-0 X

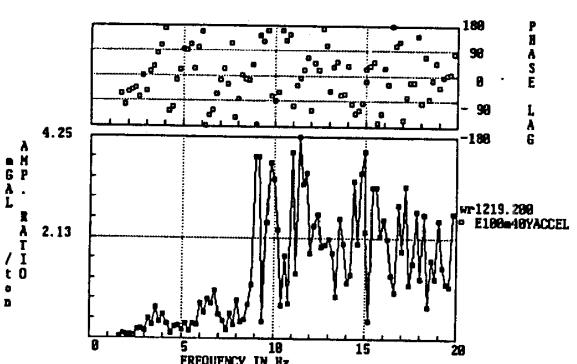


FIG. 157 第4回 200GAL E100-40Y

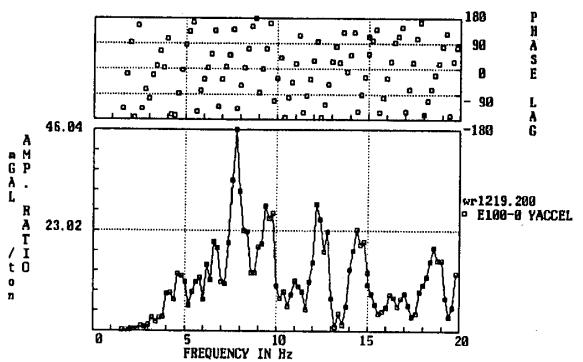


FIG. 154 第4回 200GAL E100-0 Y

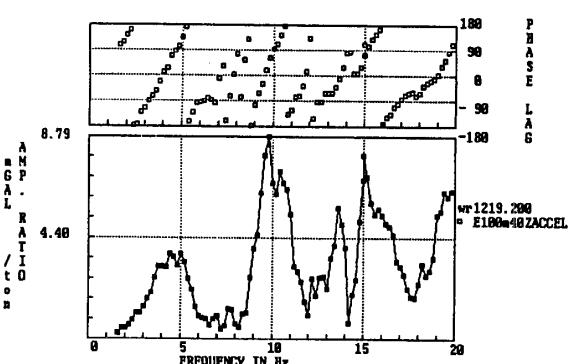


FIG. 158 第4回 200GAL E100-40Z

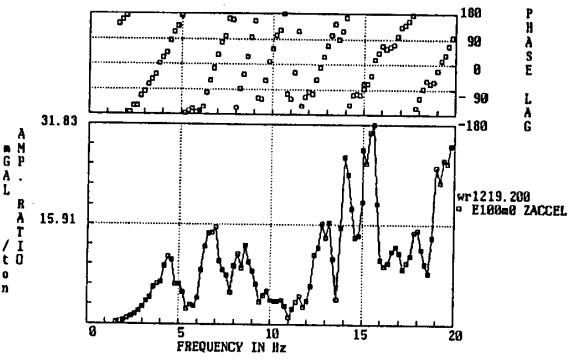


FIG. 155 第4回 200GAL E100-0 Z

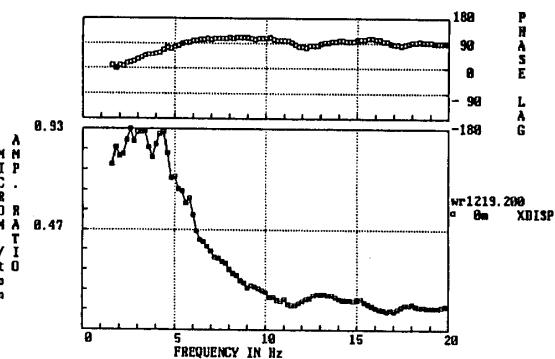


FIG. 159 第4回 200GAL 0 X (0m X)

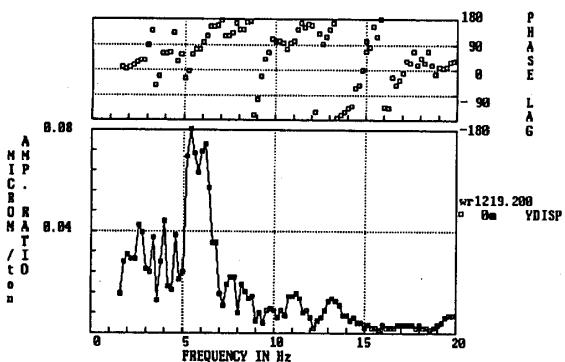


FIG. 160 第4回 200GAL 0 Y (0m Y)

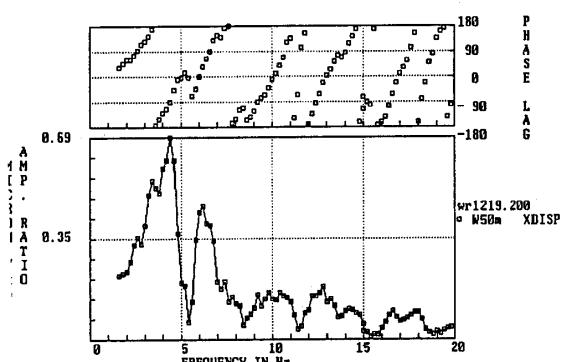


FIG. 164 第4回 200GAL W50 X

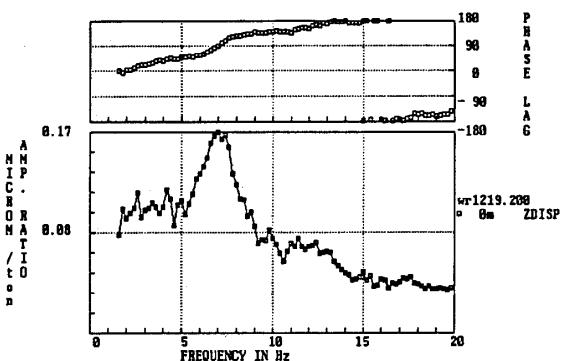


FIG. 161 第4回 200GAL 0 Z (0m Z)

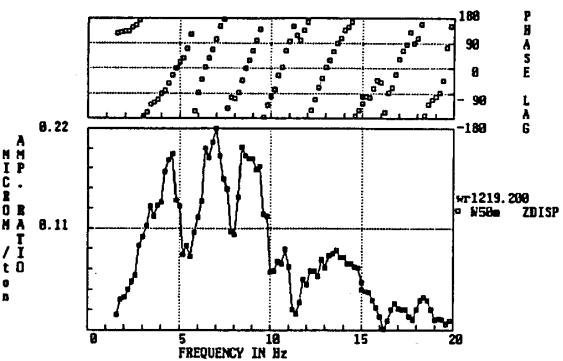


FIG. 165 第4回 200GAL W50 Z

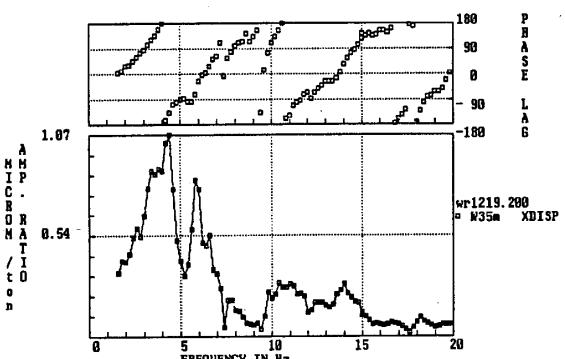


FIG. 162 第4回 200GAL W35 X

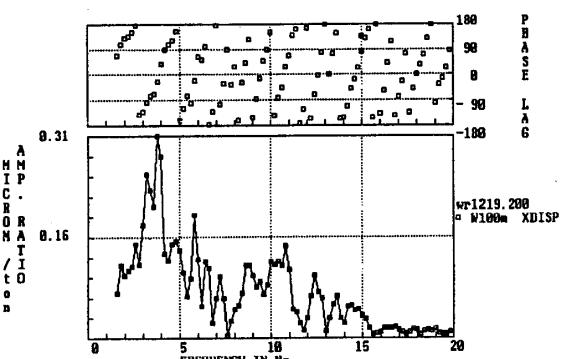


FIG. 166 第4回 200GAL W100 X

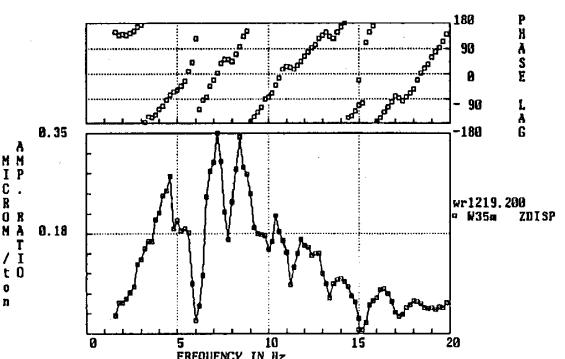


FIG. 163 第4回 200GAL W35 Z

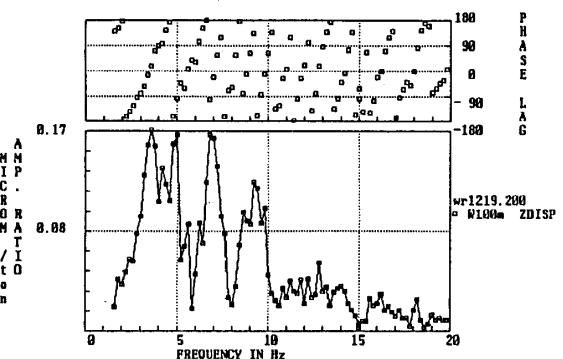


FIG. 167 第4回 200GAL W100 Z

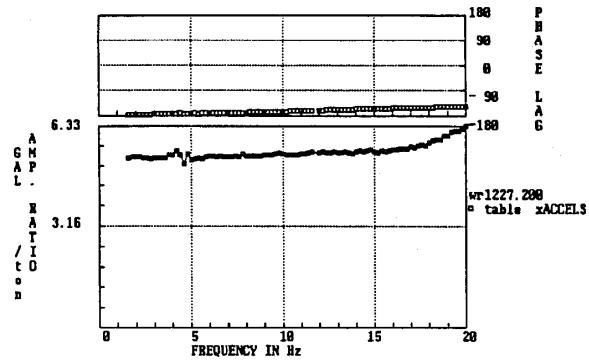


FIG.168 第5回200GAL table X

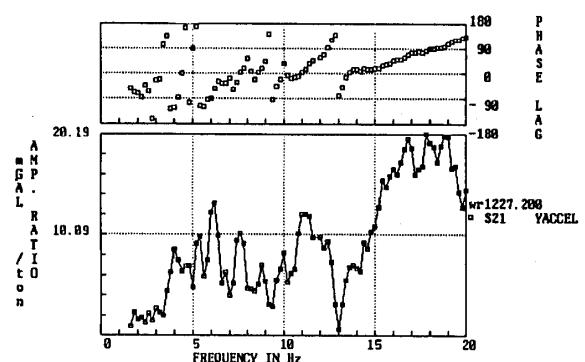


FIG.172 第5回200GAL S21

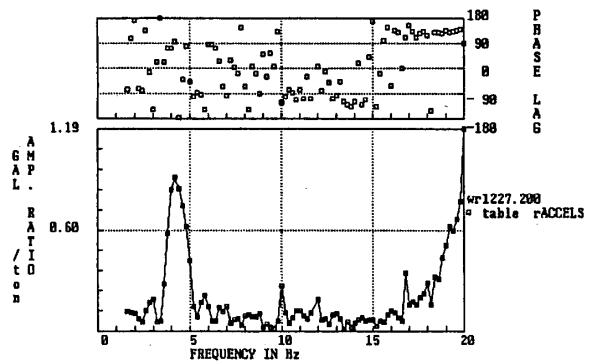


FIG.169 第5回200GAL table r

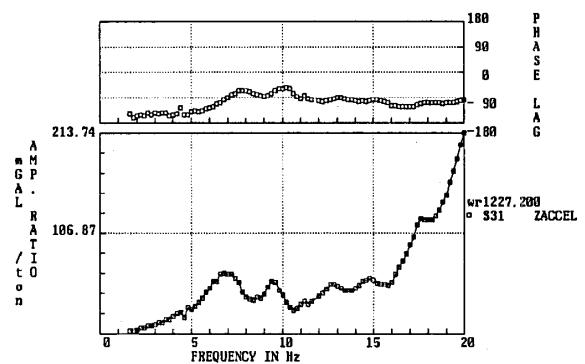


FIG.173 第5回200GAL S31

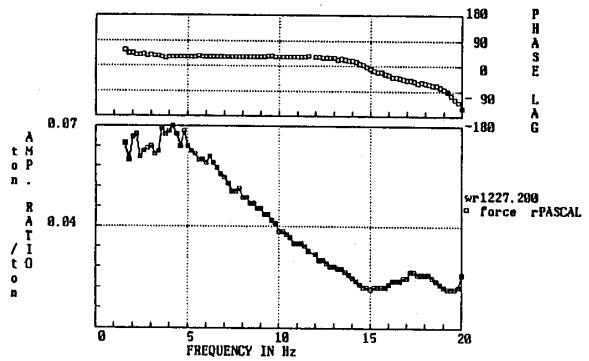


FIG.170 第5回200GAL force r

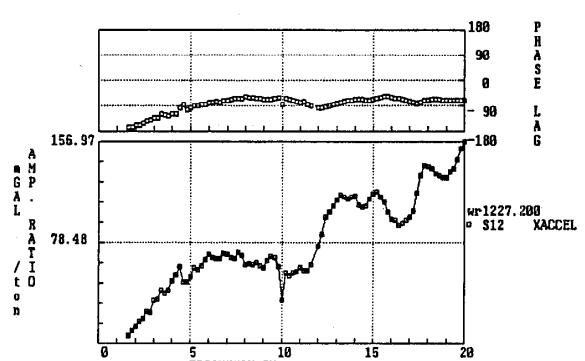


FIG.174 第5回200GAL S12

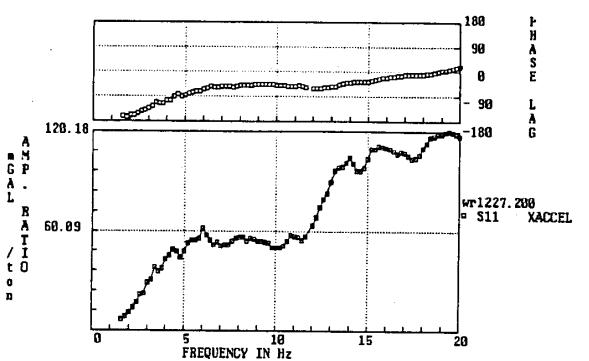


FIG.171 第5回200GAL S11

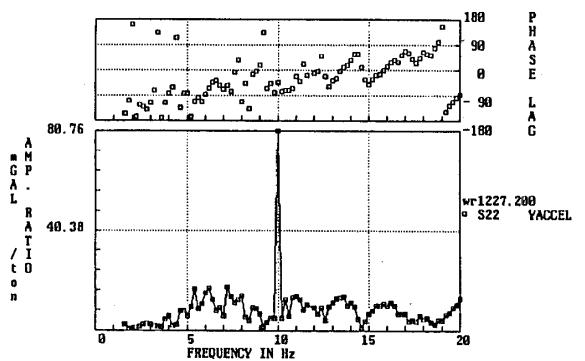
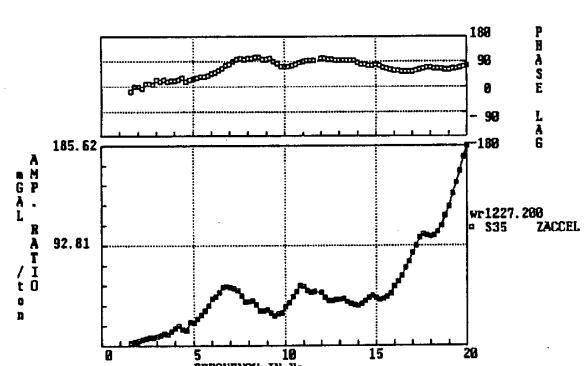
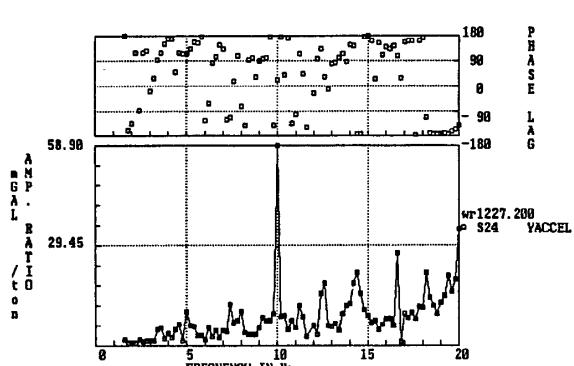
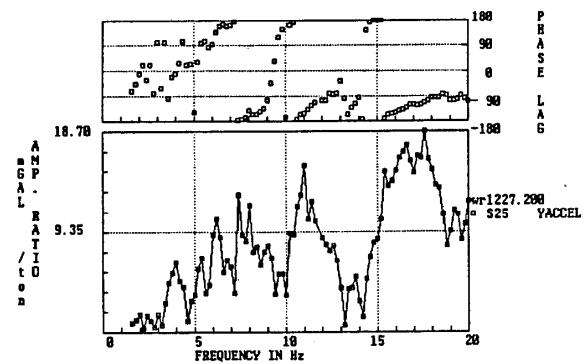
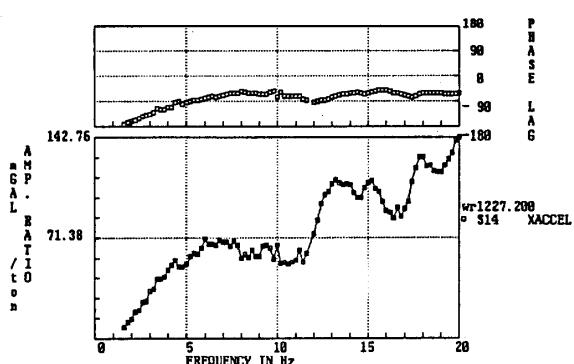
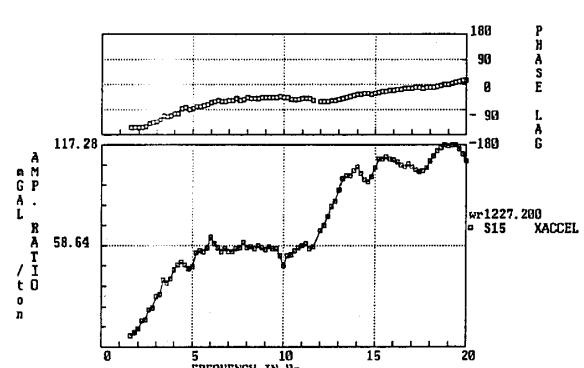
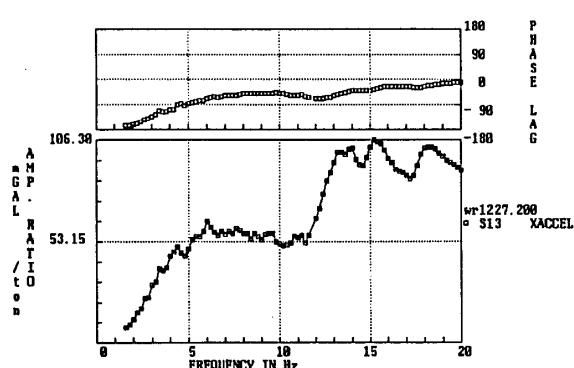
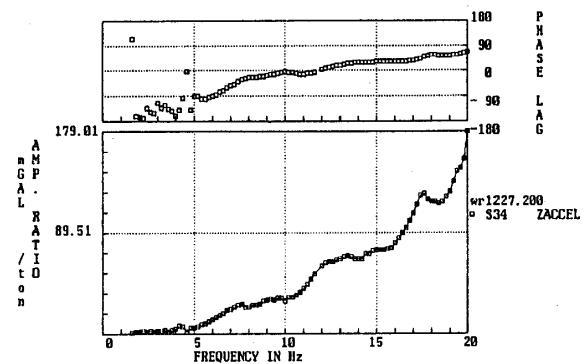
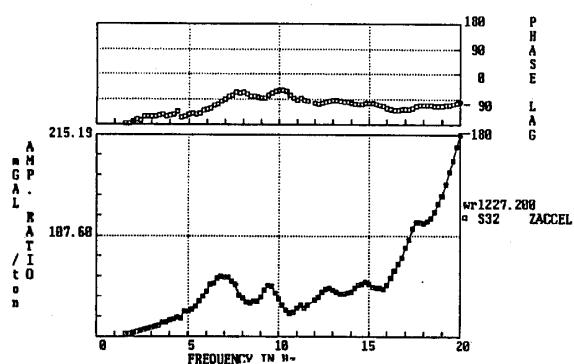
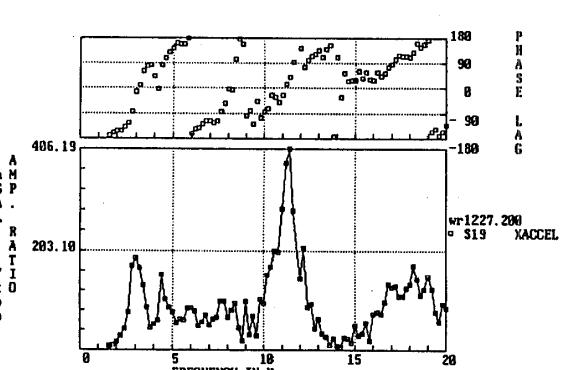
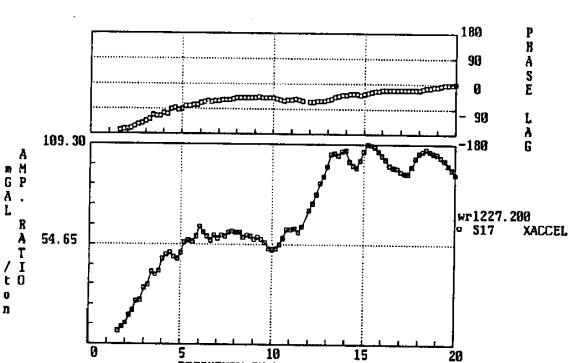
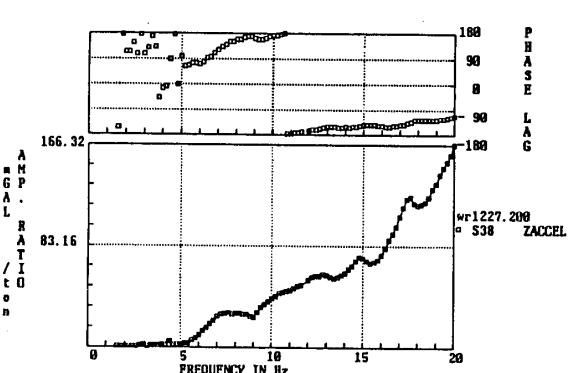
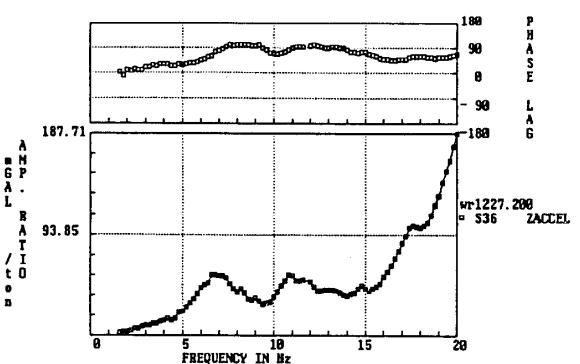
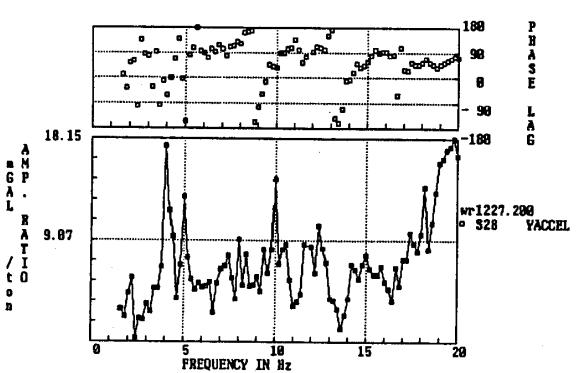
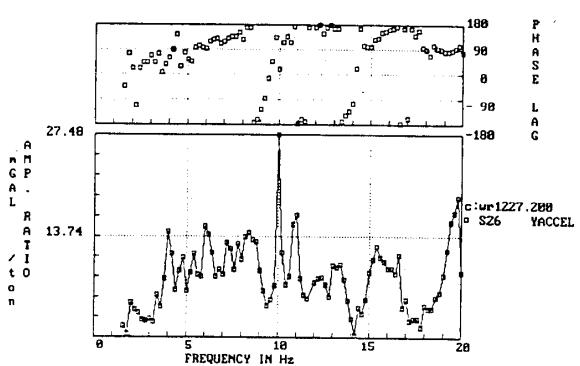
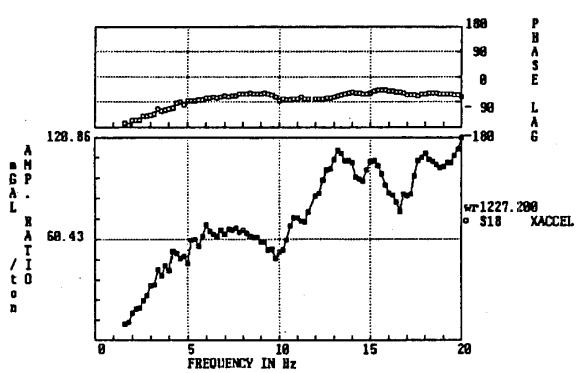
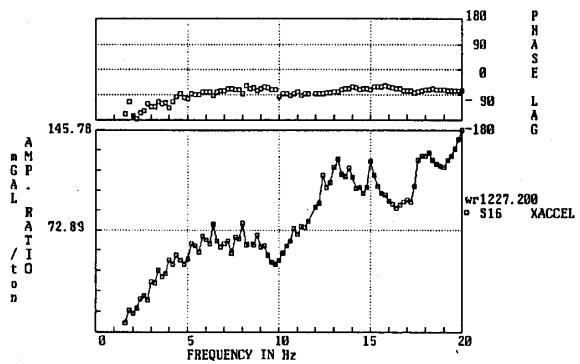


FIG.175 第5回200GAL S22





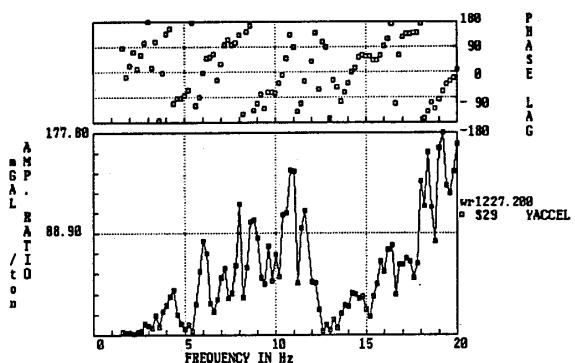


FIG.192 第5回200GAL S29

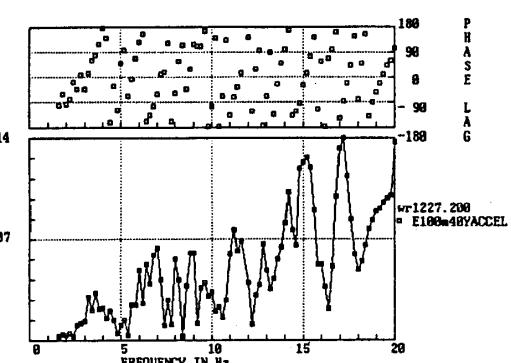


FIG.196 第5回200GAL E100-40Y

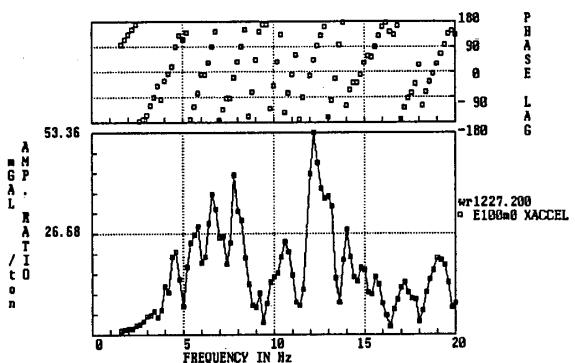


FIG.193 第5回200GAL E100-0 X

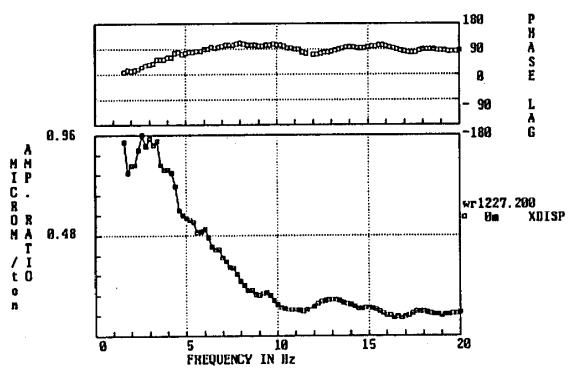


FIG.197 第5回200GAL 0 X (0m X)

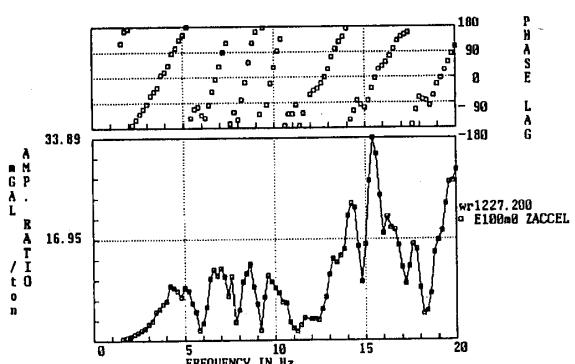


FIG.194 第5回200GAL E100-0 Z

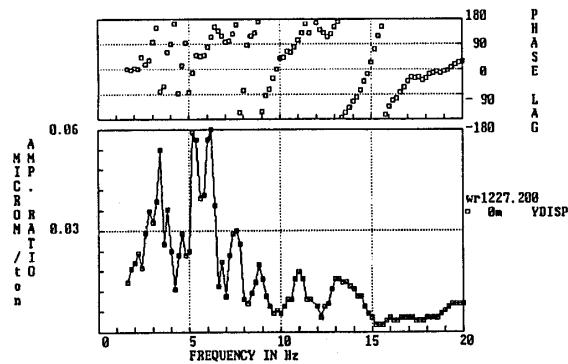


FIG.198 第5回200GAL 0 Y (0m Y)

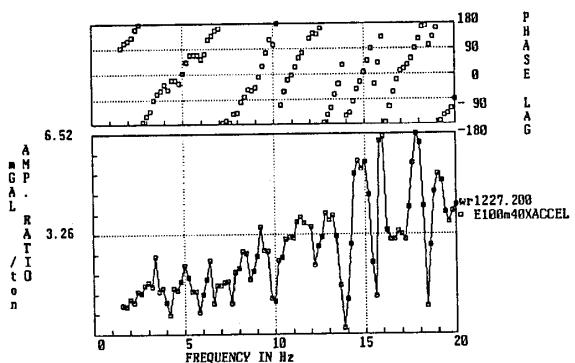


FIG.195 第5回200GAL E100-40X

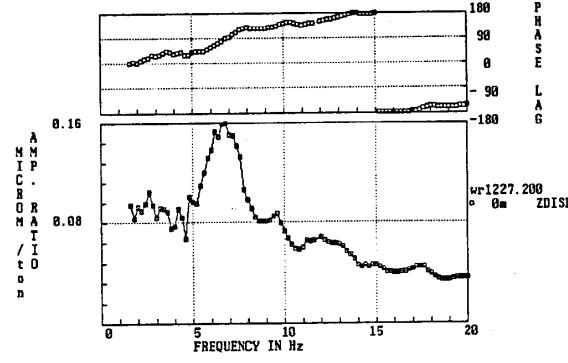


FIG.199 第5回200GAL 0 Z (0m Z)

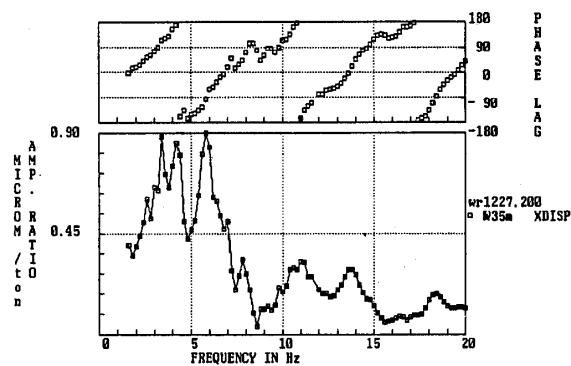


FIG. 200 第5回 200GAL W35 X

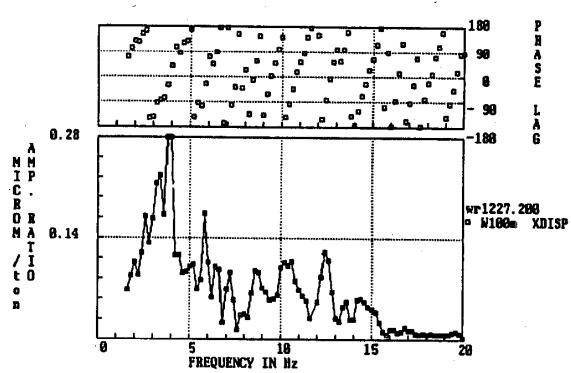


FIG. 204 第5回 200GAL W100 X

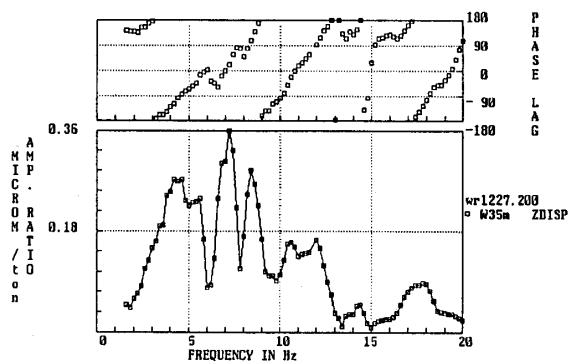


FIG. 201 第5回 200GAL W35 Z

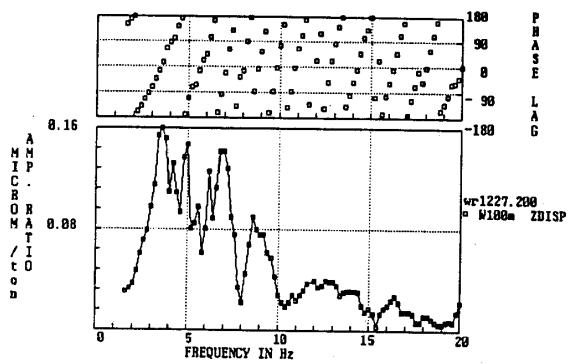


FIG. 205 第5回 200GAL W100 Z

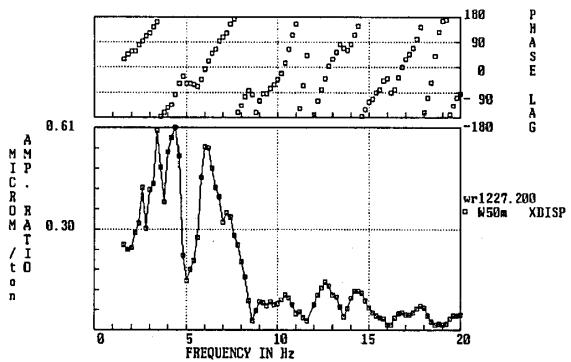


FIG. 202 第5回 200GAL W50 X

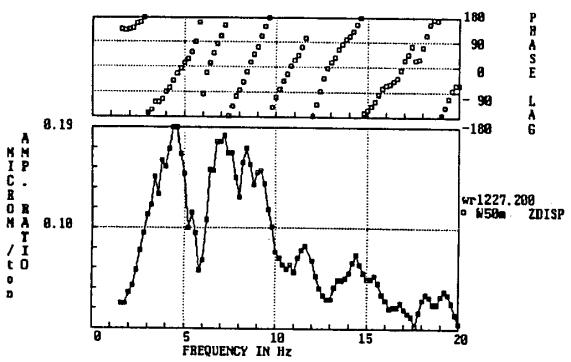


FIG. 203 第5回 200GAL W50 Z

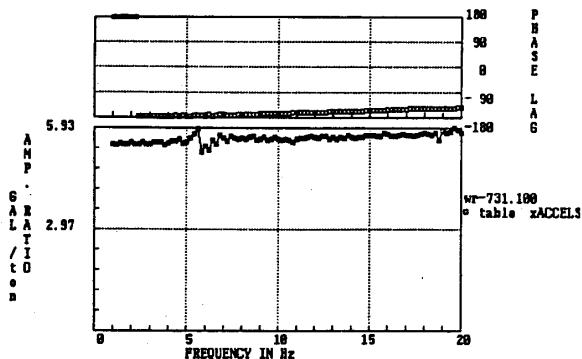


FIG. 206 第6回100GAL table x

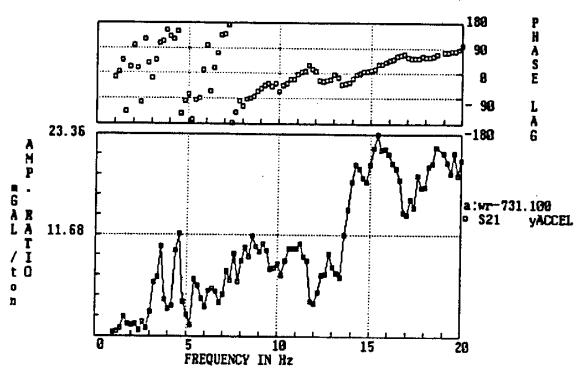


FIG. 210 第6回100GAL S21

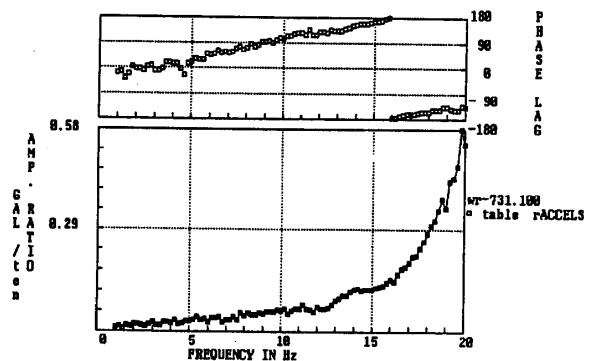


FIG. 207 第6回100GAL table r

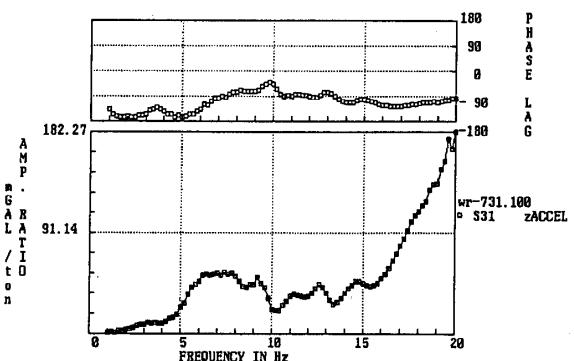


FIG. 211 第6回100GAL S31

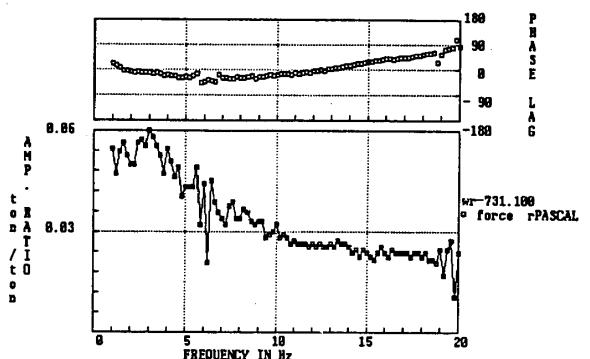


FIG. 208 第6回100GAL force r

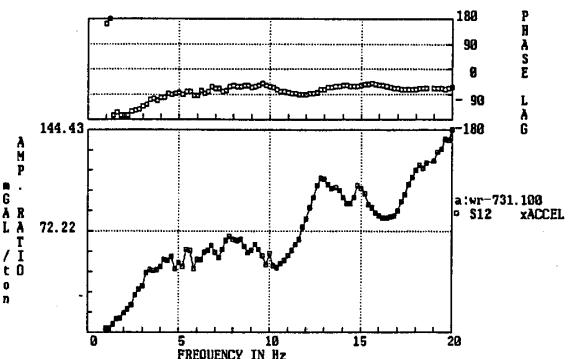


FIG. 212 第6回100GAL S12

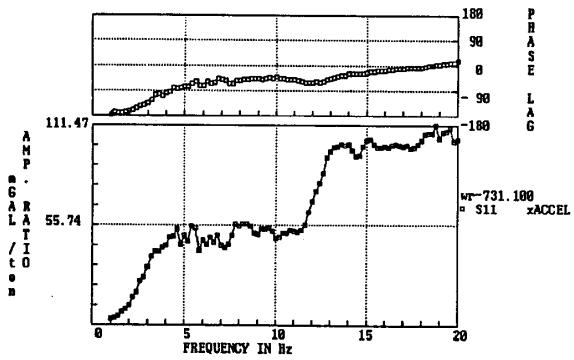


FIG. 209 第6回100GAL S11

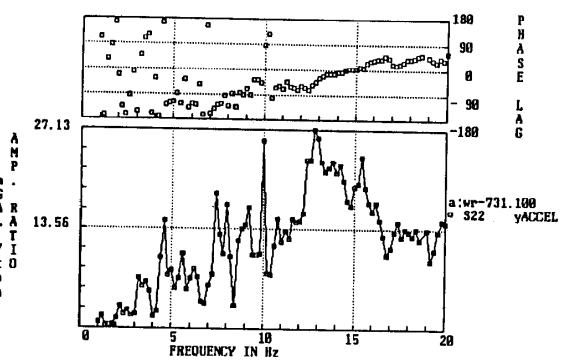


FIG. 213 第6回100GAL S22

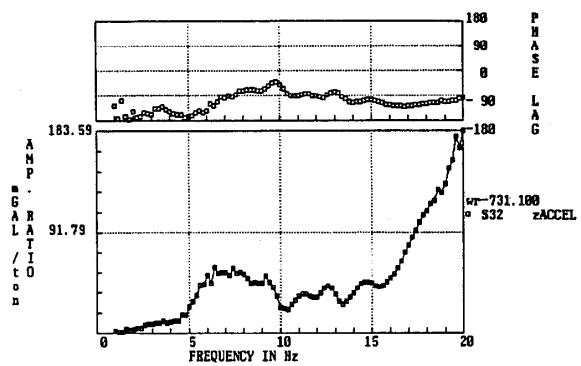


FIG. 214 第6回100GAL S32

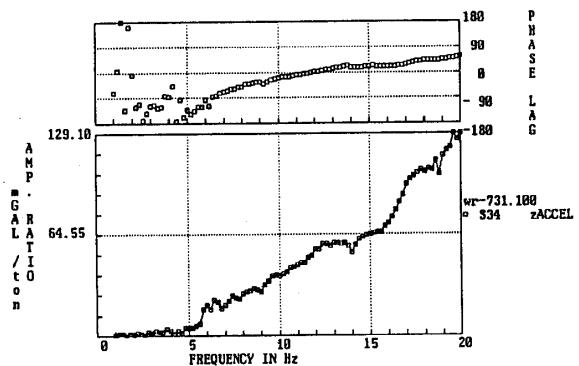


FIG. 218 第6回100GAL S34

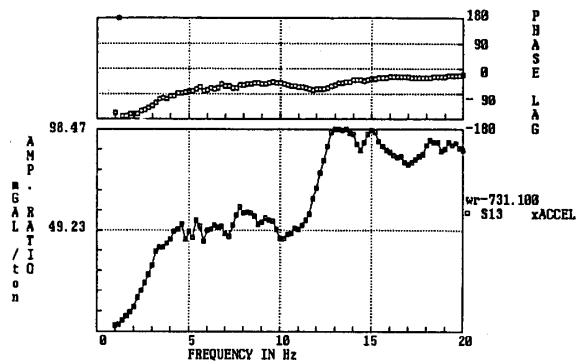


FIG. 215 第6回100GAL S13

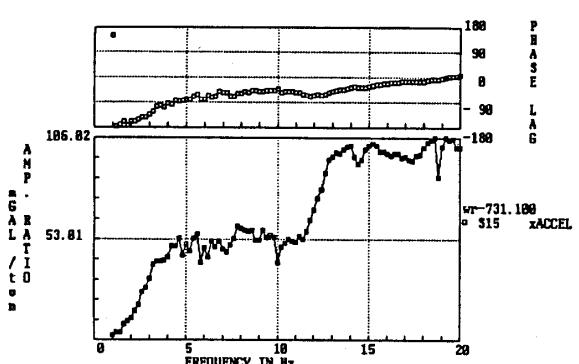


FIG. 219 第6回100GAL S15

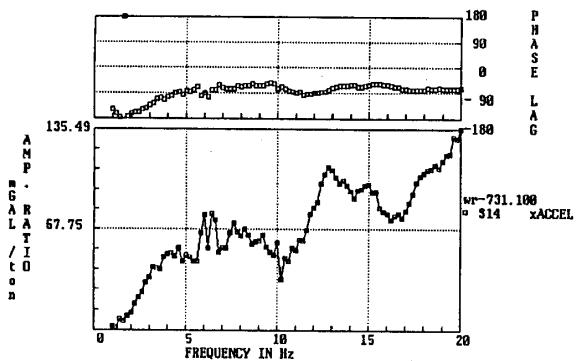


FIG. 216 第6回100GAL S14

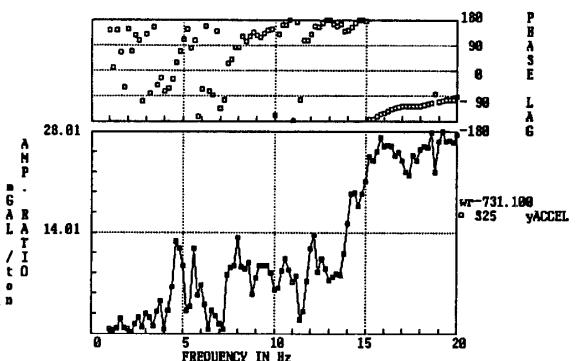


FIG. 220 第6回100GAL S25

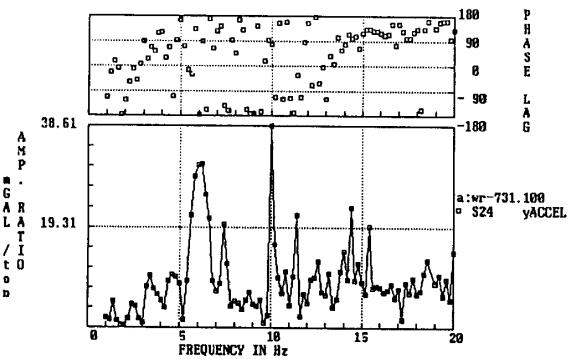


FIG. 217 第6回100GAL S24

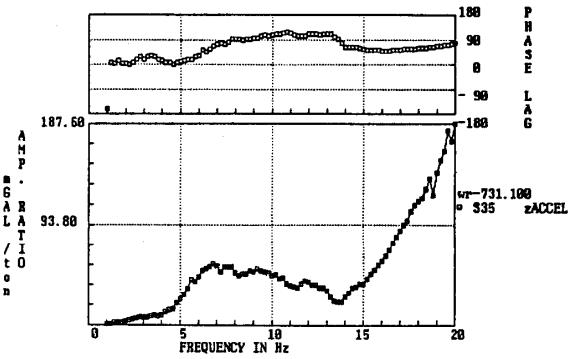
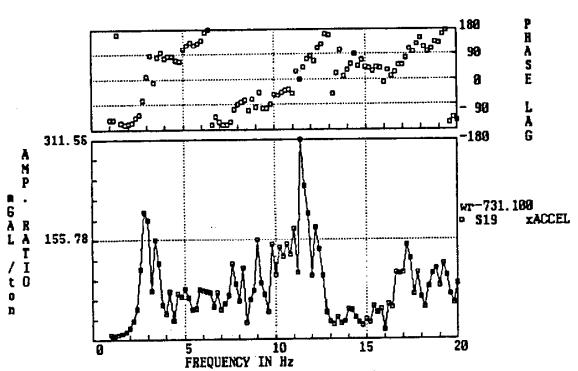
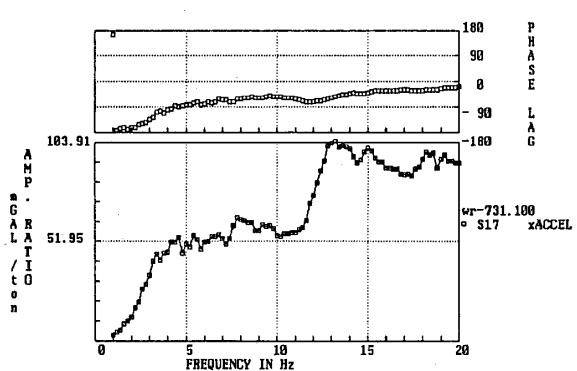
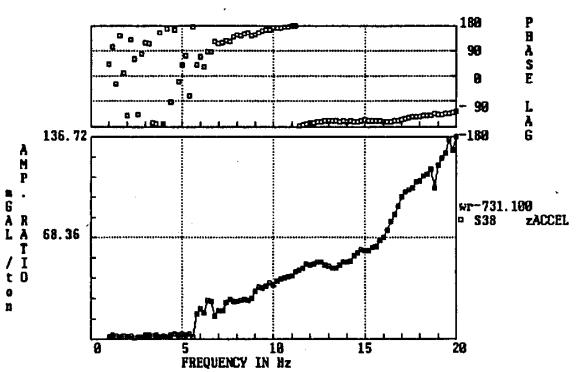
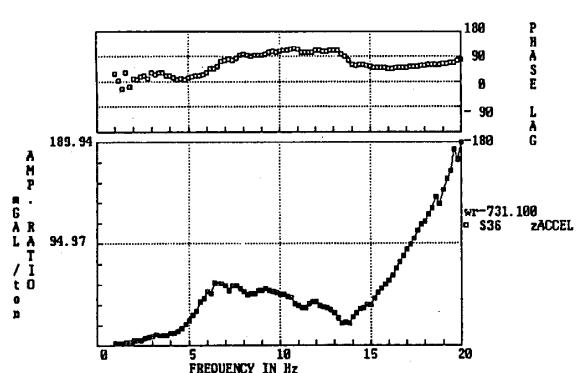
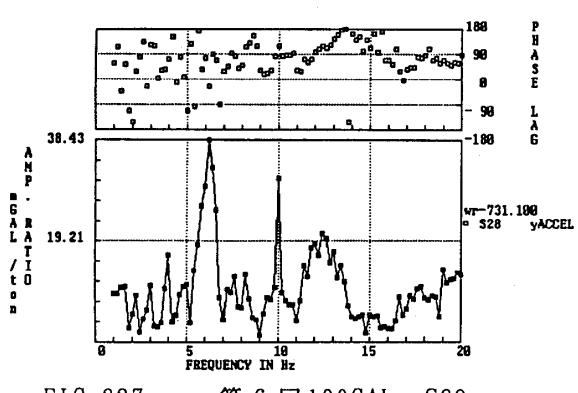
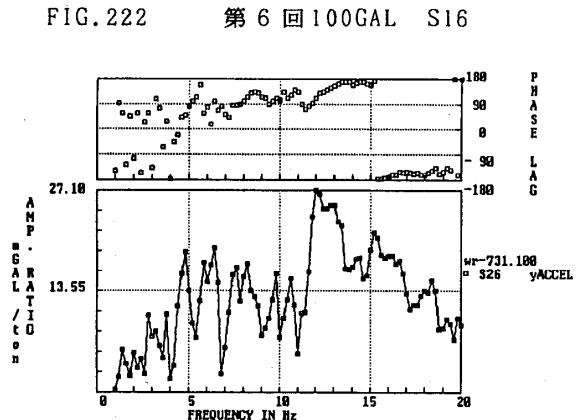
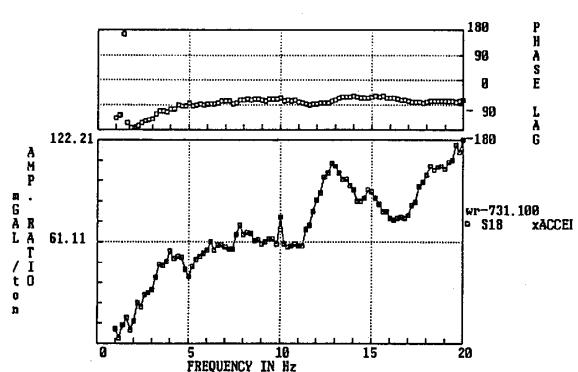
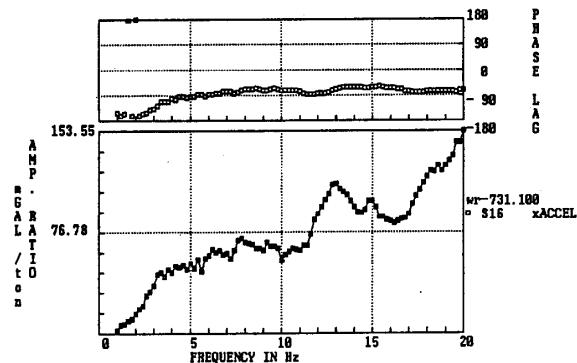


FIG. 221 第6回100GAL S35



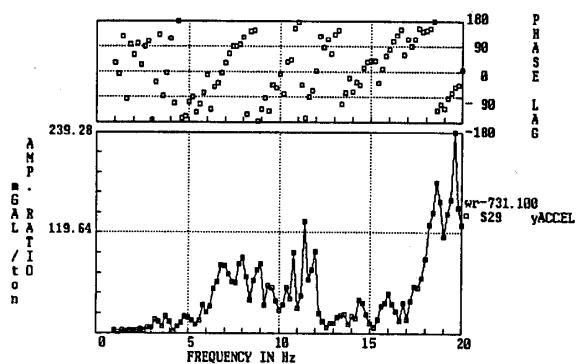


FIG. 230 第6回 100GAL S29

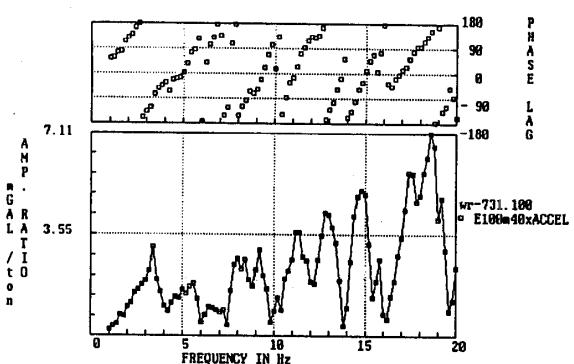


FIG. 234 第6回 100GAL E100-40 X

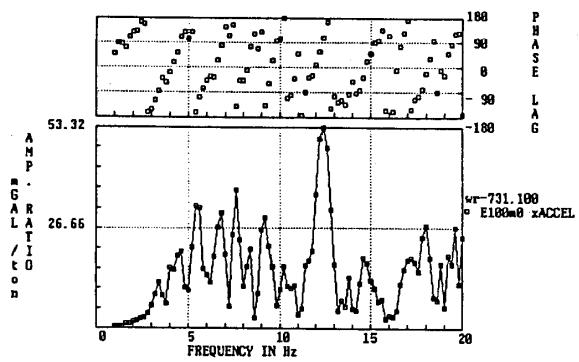


FIG. 231 第6回 100GAL E100-0 X

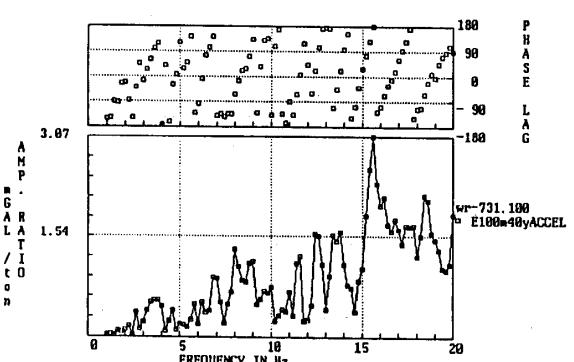


FIG. 235 第6回 100GAL E100-40 Y

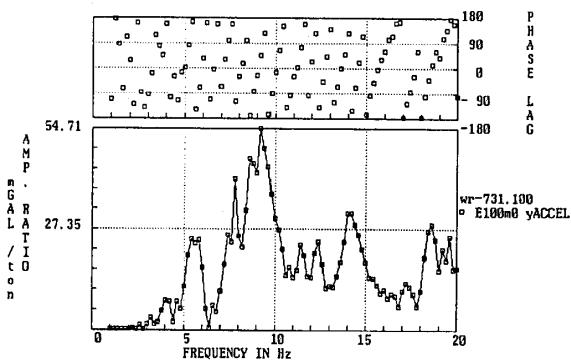


FIG. 232 第6回 100GAL E100-0 Y

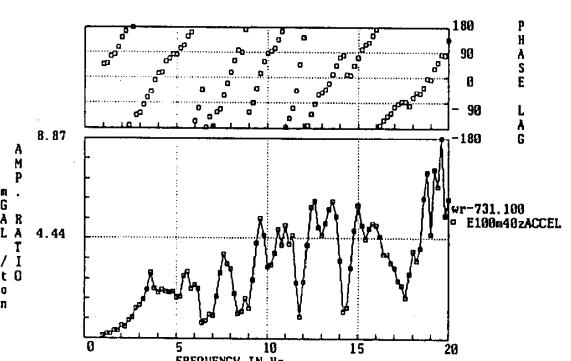


FIG. 236 第6回 100GAL E100-40 Z

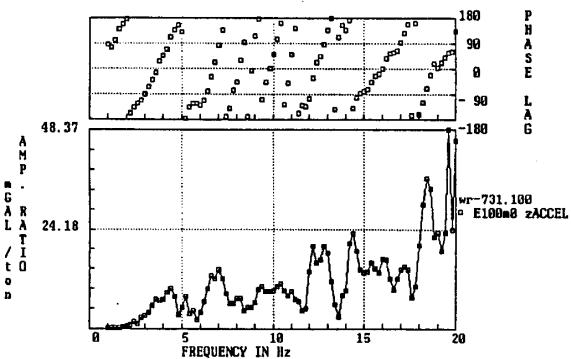


FIG. 233 第6回 100GAL E100-0 Z

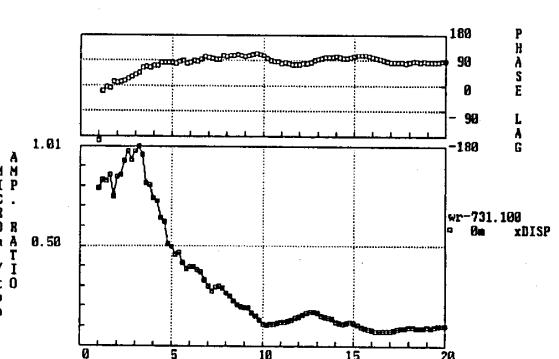


FIG. 237 第6回 100GAL 0 X

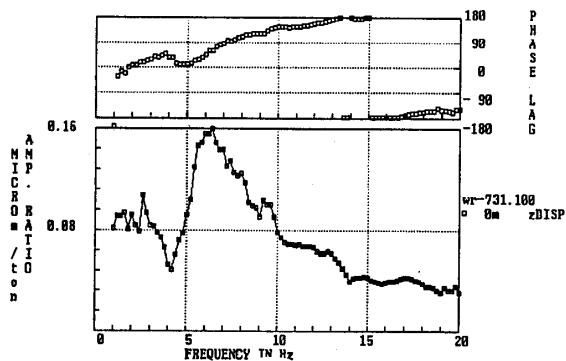


FIG. 238 第6回 100GAL 0 Z

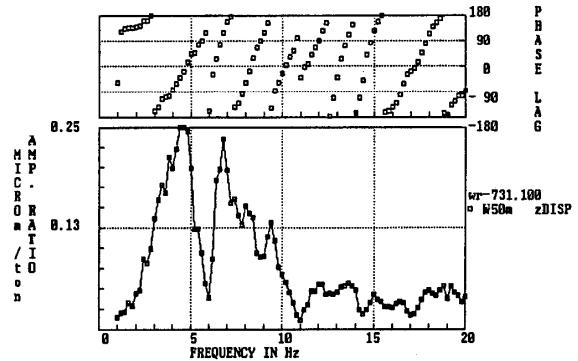


FIG. 242 第6回 100GAL W50 Z

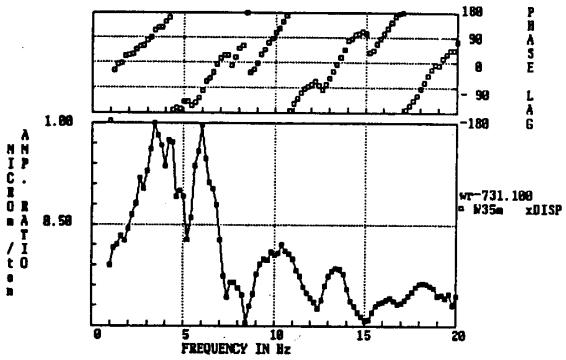


FIG. 239 第6回 100GAL W35 X

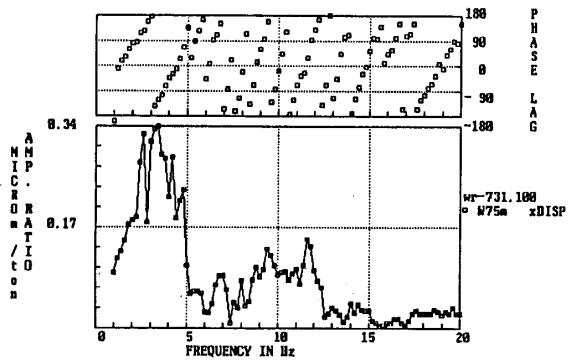


FIG. 243 第6回 100GAL W75 X

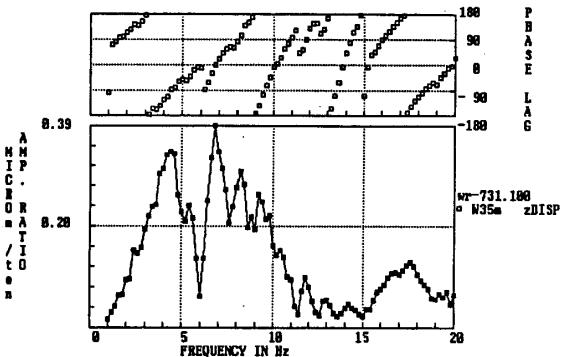


FIG. 240 第6回 100GAL W35 Z

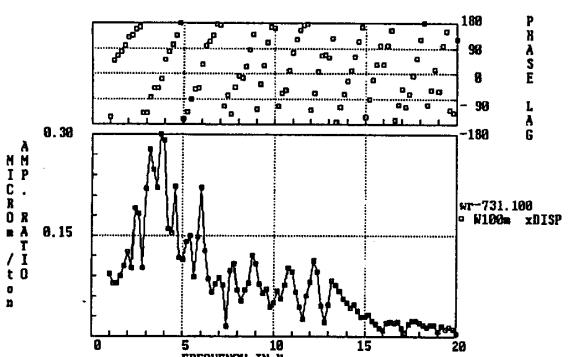


FIG. 244 第6回 100GAL W100 X

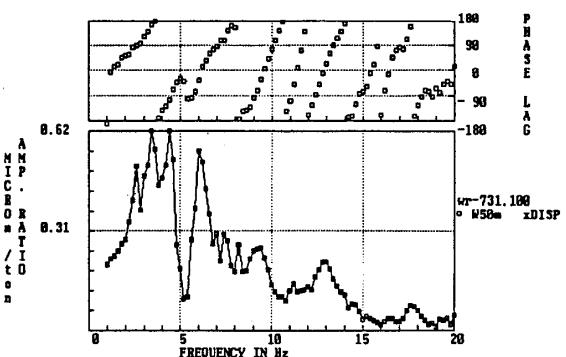


FIG. 241 第6回 100GAL W50 X

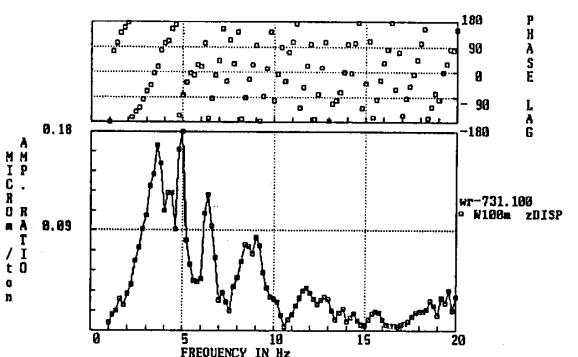


FIG. 245 第6回 100GAL W100 Z

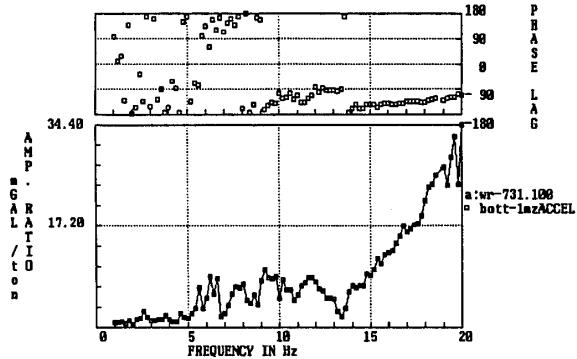


FIG. 246 第6回 100GAL bott-1mz

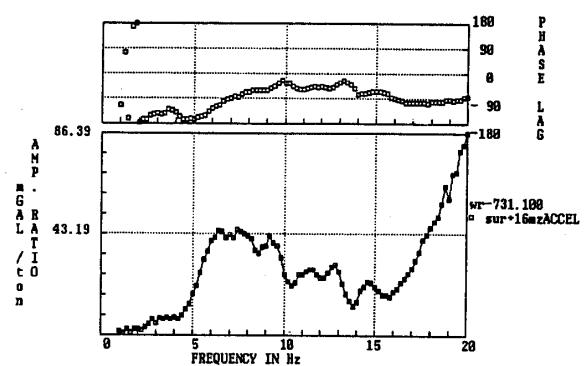


FIG. 250 第6回 100GAL sur+16mz

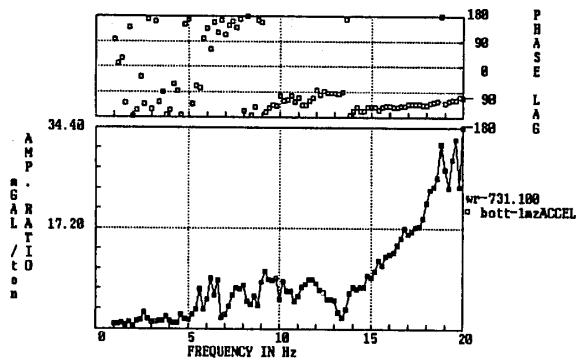


FIG. 247 第6回 100GAL bott+1mz

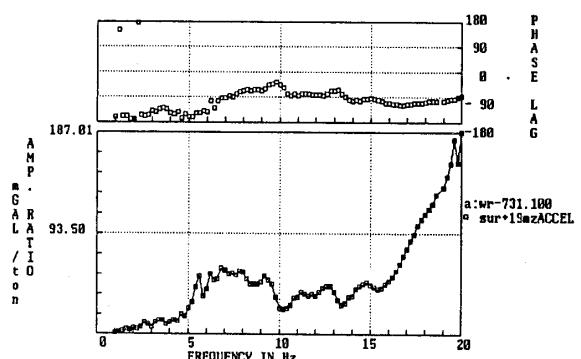


FIG. 251 第6回 100GAL sur+19mz

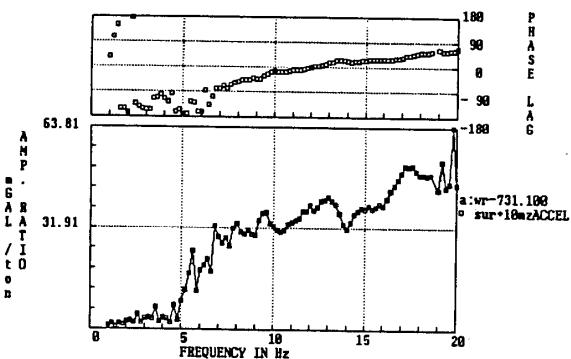


FIG. 248 第6回 100GAL sur+10mz

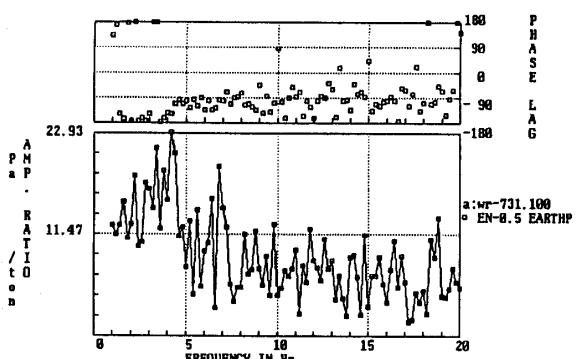


FIG. 252 第6回 100GAL EN-0.5M

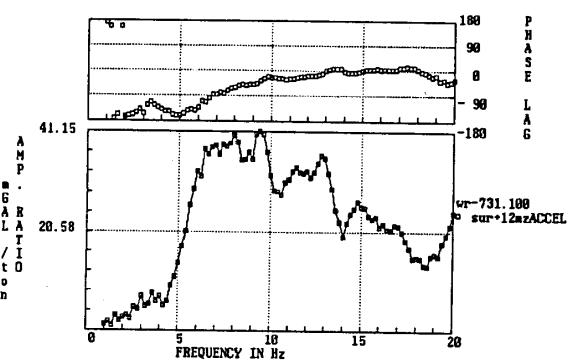


FIG. 249 第6回 100GAL sur+12mz

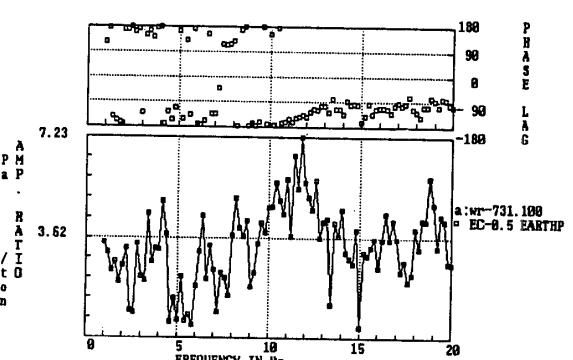
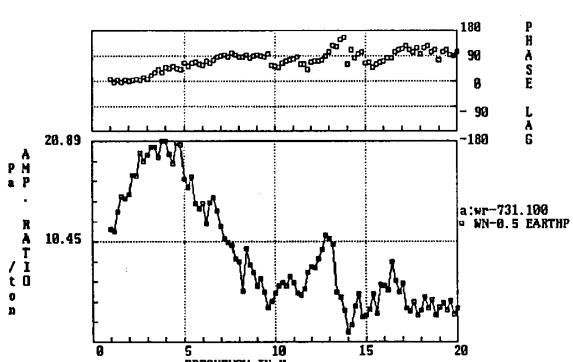
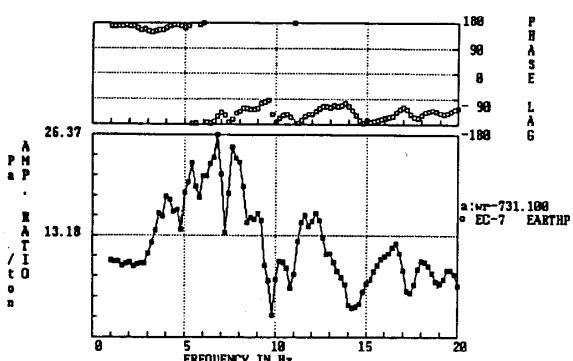
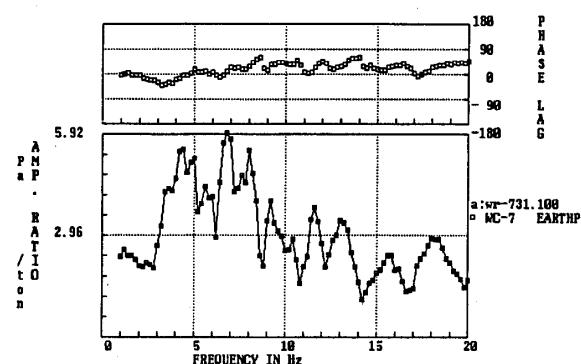
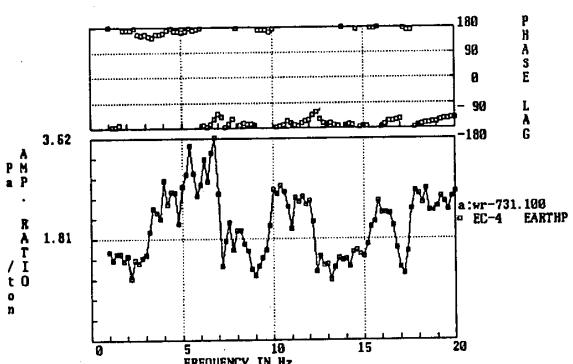
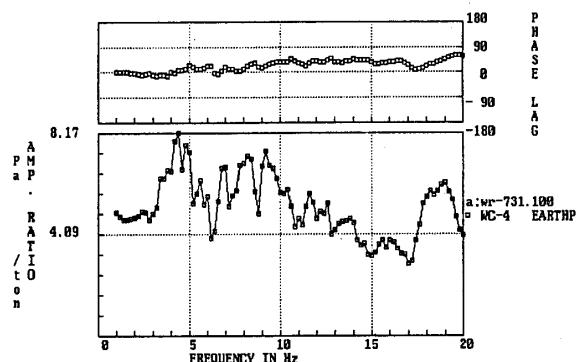
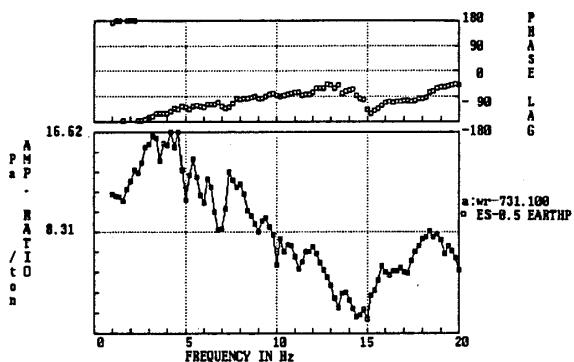


FIG. 253 第6回 100GAL EC-0.5M



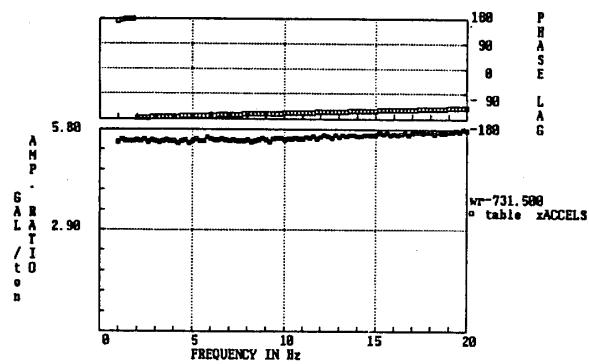


FIG. 260 第6回500GAL table x

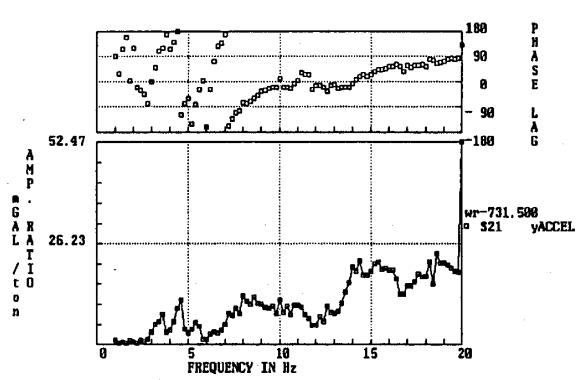


FIG. 264 第6回500GAL S21

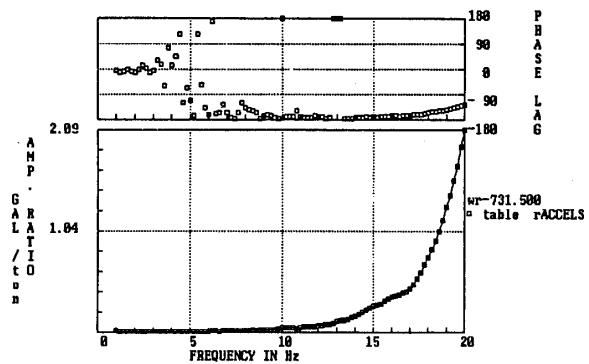


FIG. 261 第6回500GAL table r

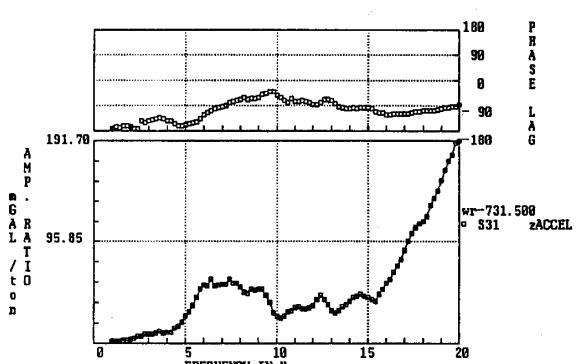


FIG. 265 第6回500GAL S31

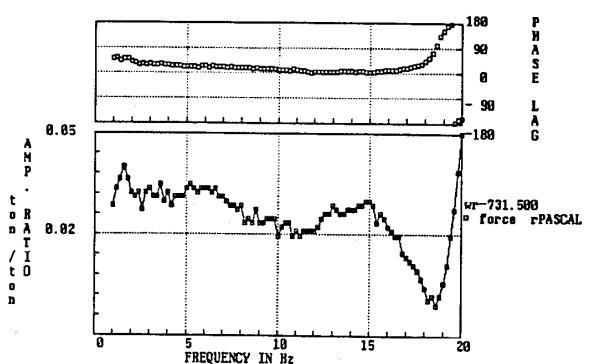


FIG. 262 第6回500GAL force r

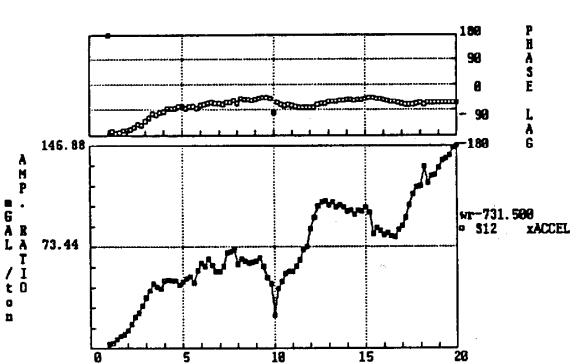


FIG. 266 第6回500GAL S12

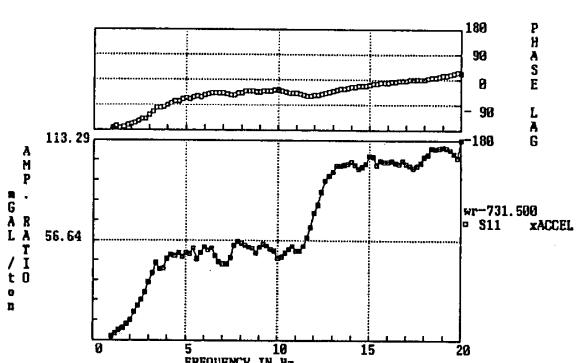


FIG. 263 第6回500GAL S11

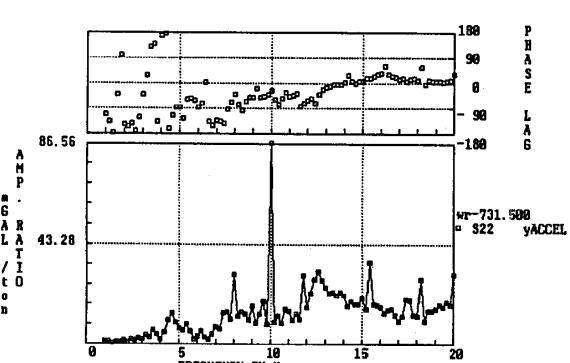
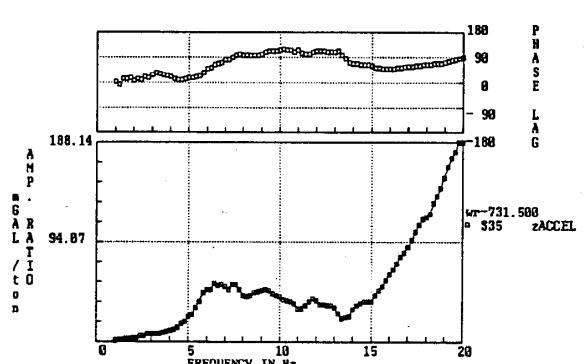
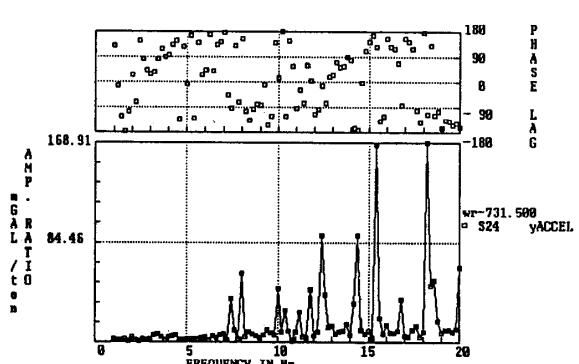
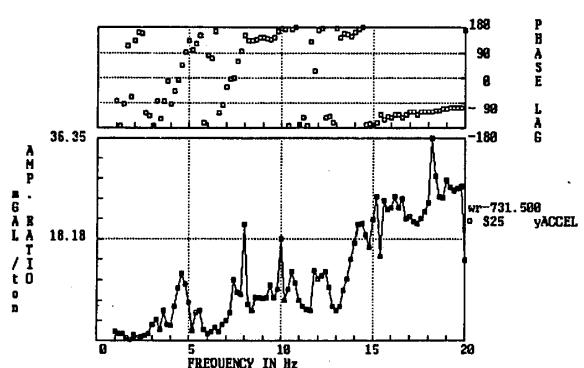
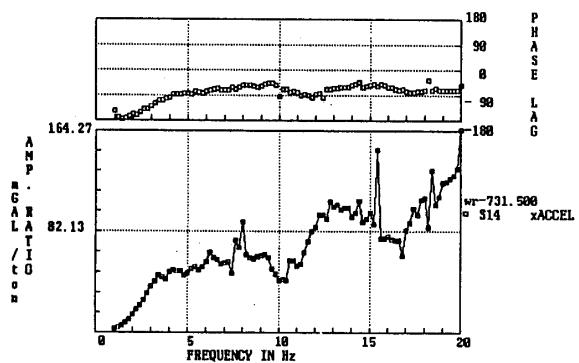
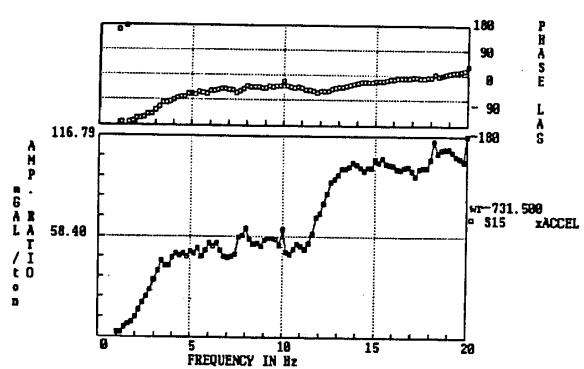
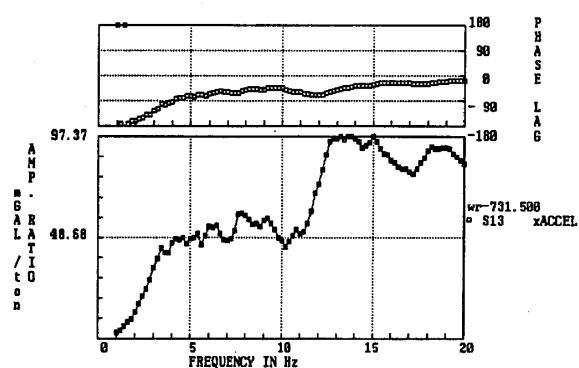
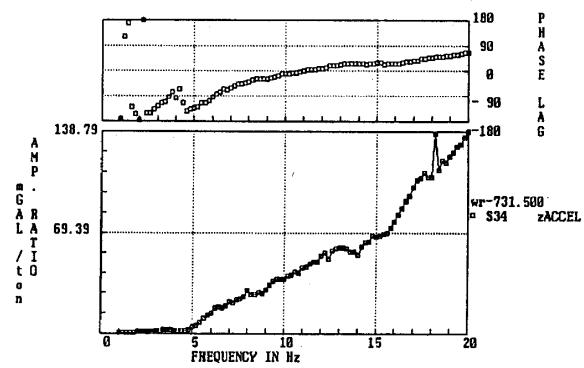
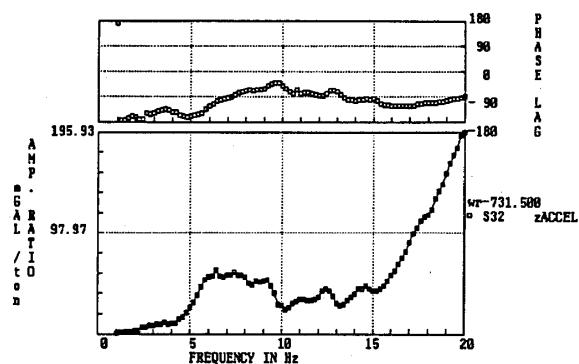
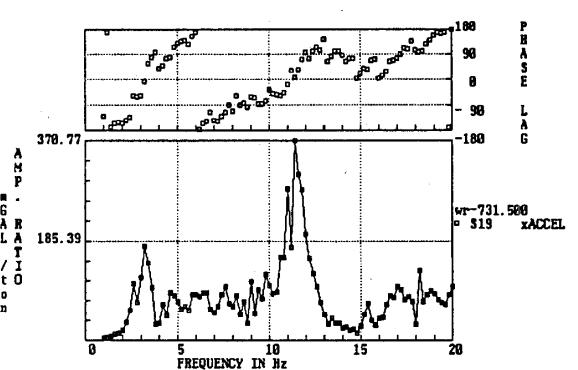
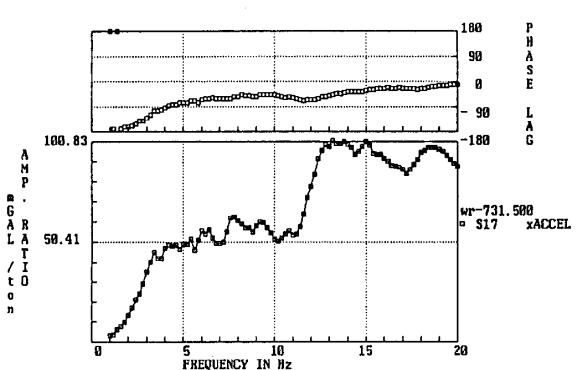
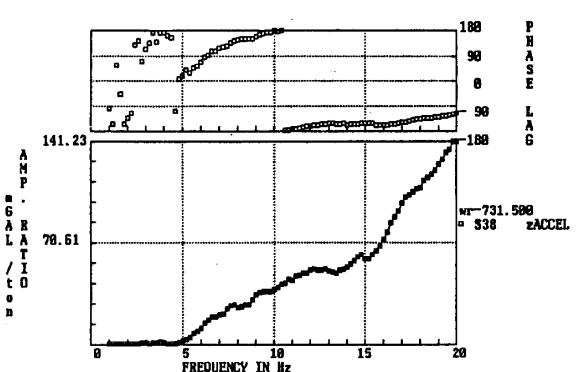
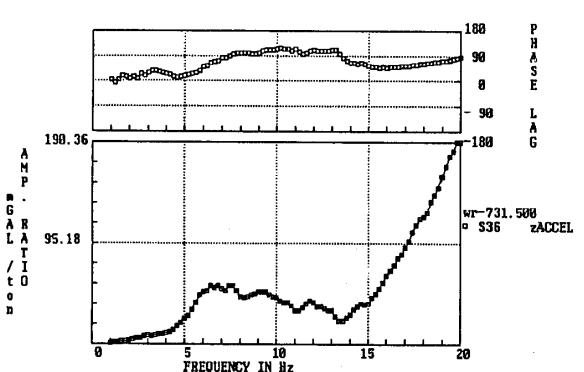
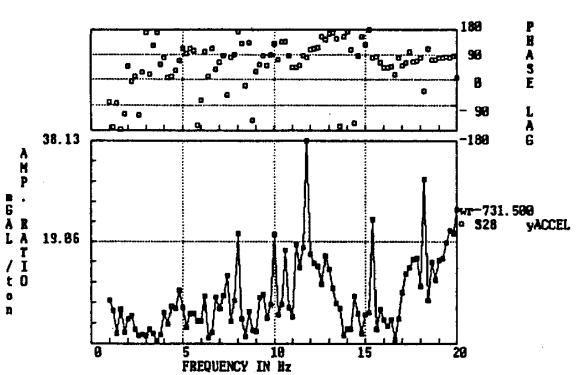
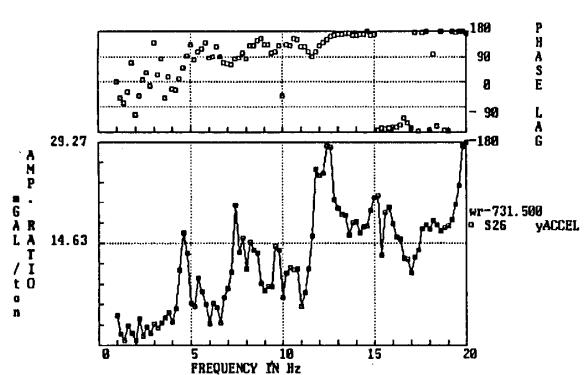
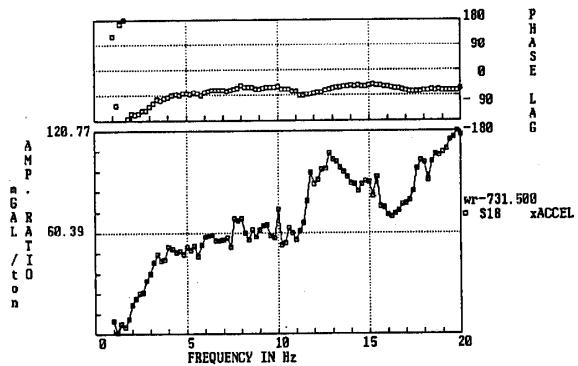
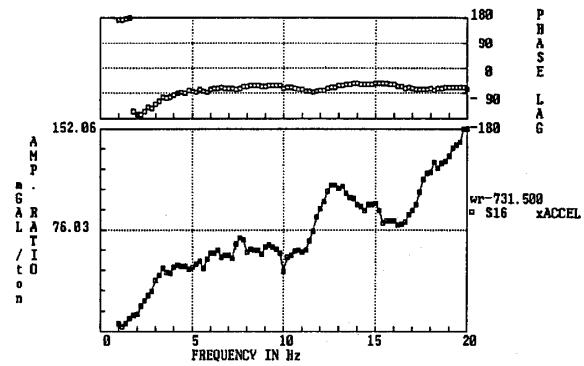


FIG. 267 第6回500GAL S22





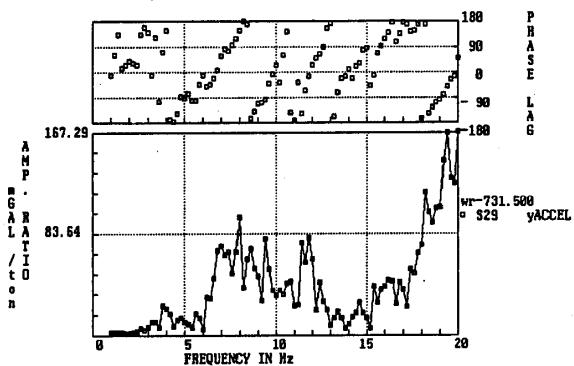


FIG. 284 第6回500GAL S29

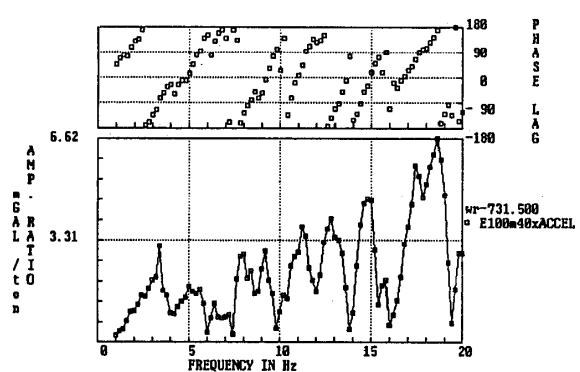


FIG. 288 第6回500GAL E100-40 X

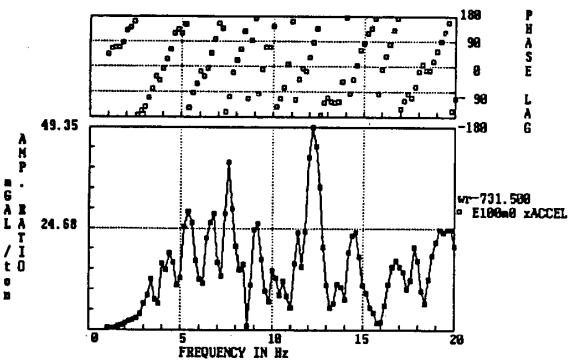


FIG. 285 第6回500GAL E100-0 X

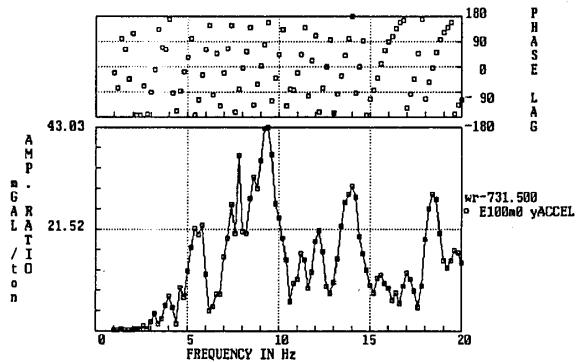


FIG. 289 第6回500GAL E100-40 Y

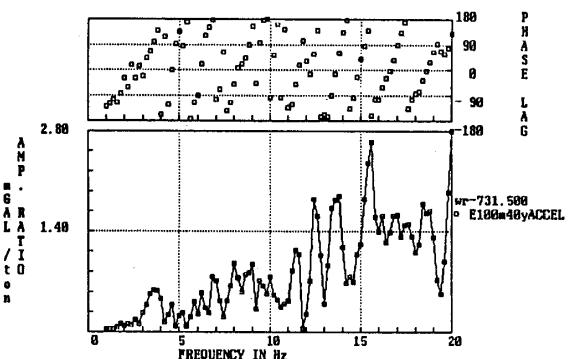


FIG. 286 第6回500GAL E100-0 Y

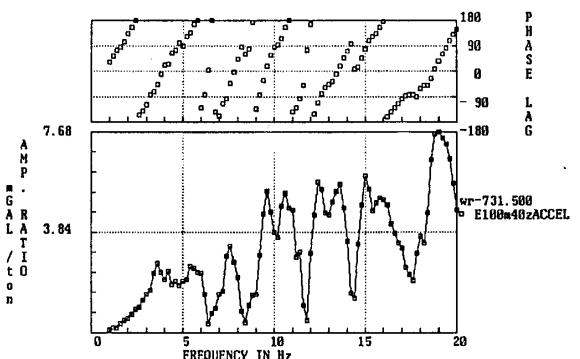


FIG. 290 第6回500GAL E100-40 Z

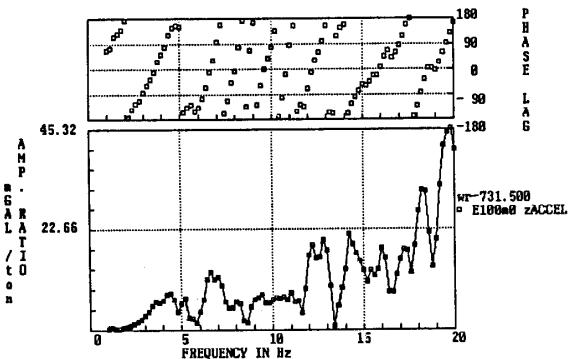


FIG. 287 第6回500GAL E100-0 Z

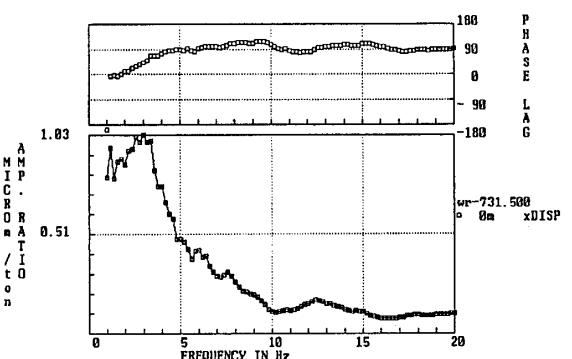


FIG. 291 第6回500GAL 0 X

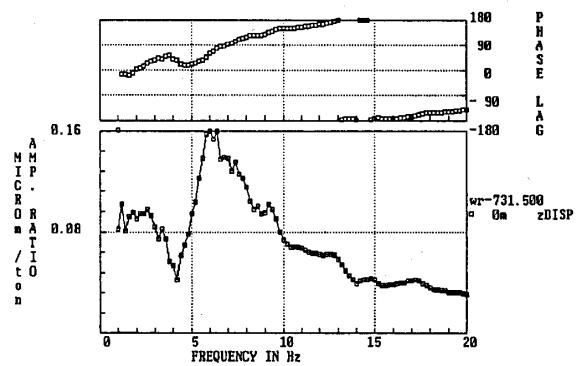


FIG. 292 第6回500GAL 0 Z

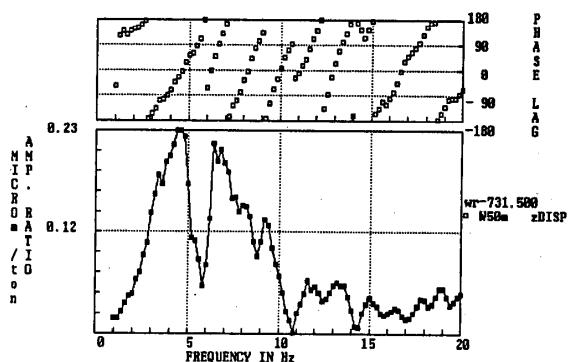


FIG. 296 第6回500GAL W50 Z

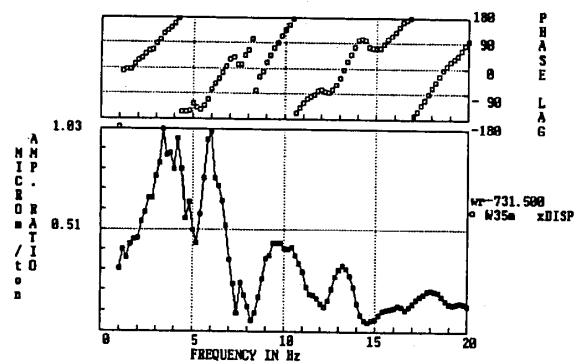


FIG. 293 第6回500GAL W35 X

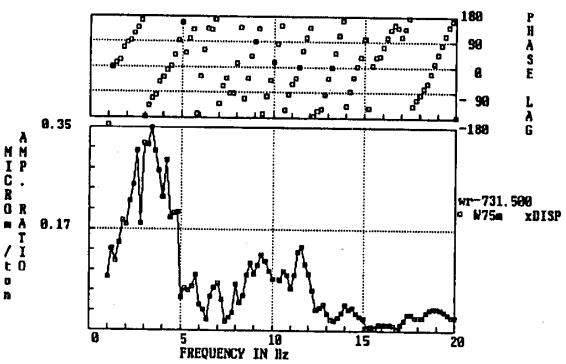


FIG. 297 第6回500GAL W75 X

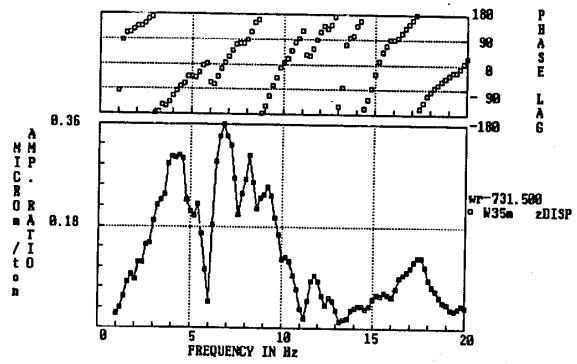


FIG. 294 第6回500GAL W35 Z

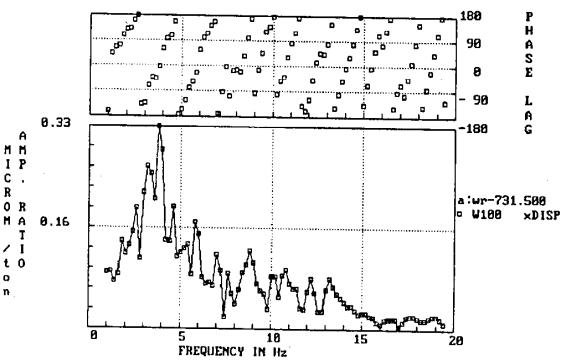


FIG. 298 第6回500GAL W100 X

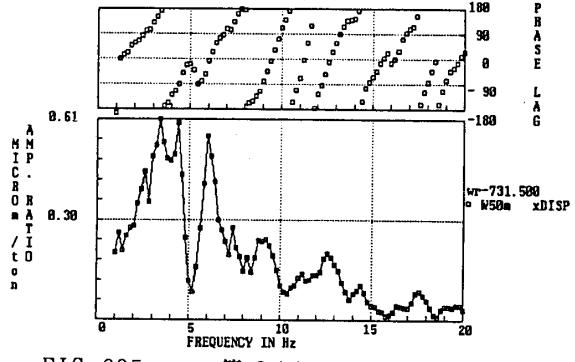


FIG. 295 第6回500GAL W50 X

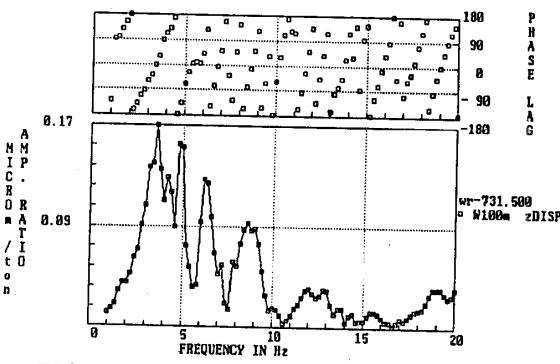


FIG. 299 第6回500GAL W100 Z

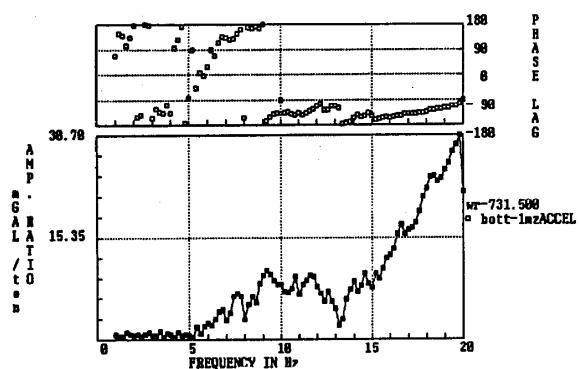


FIG.300 第6回500GAL bott-1mz

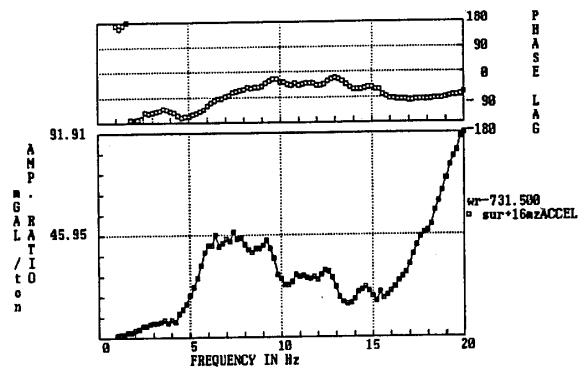


FIG.304 第6回500GAL sur+16mz

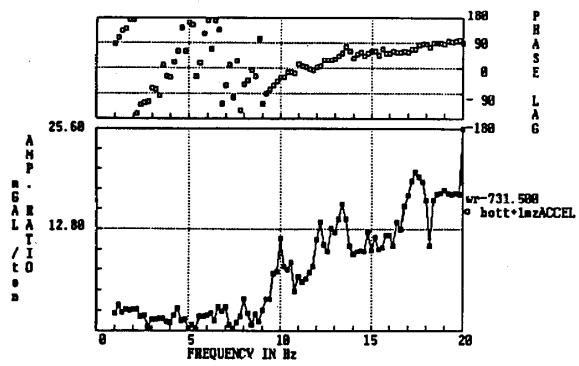


FIG.301 第6回500GAL bott+1mz

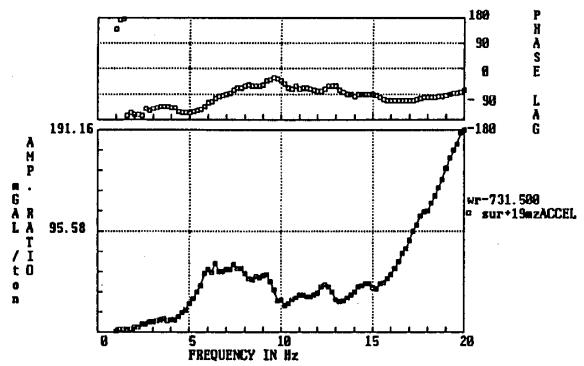


FIG.305 第6回500GAL sur+19mz

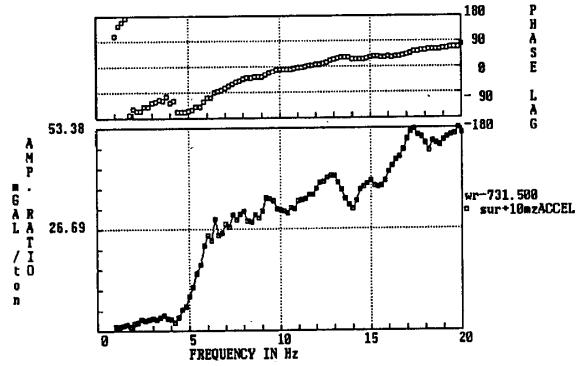


FIG.302 第6回500GAL sur+10mz

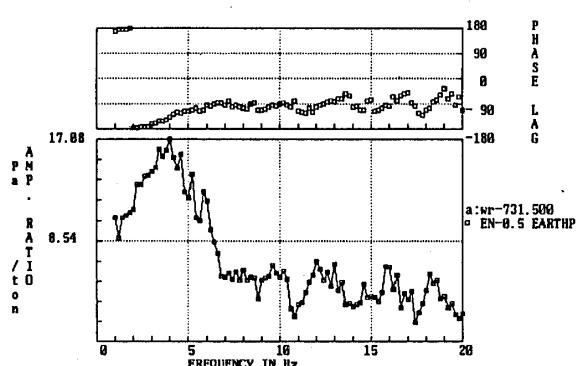


FIG.306 第6回500GAL EN-0.5M

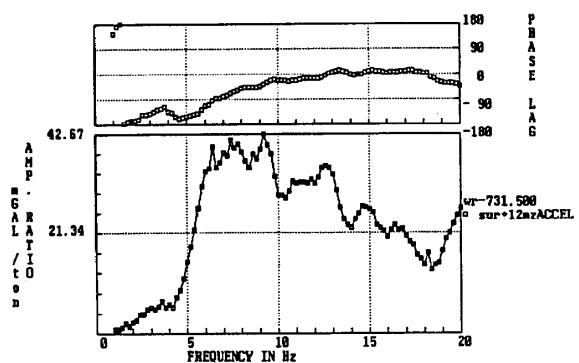


FIG.303 第6回500GAL sur+12mz

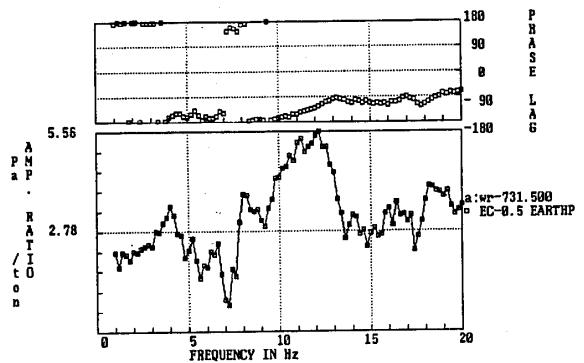


FIG.307 第6回500GAL EC-0.5M

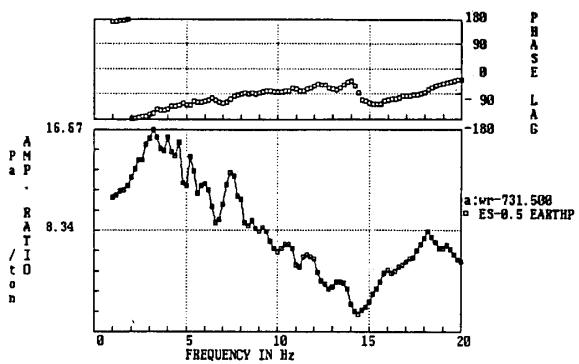


FIG. 308 第6回500GAL ES-0.5M

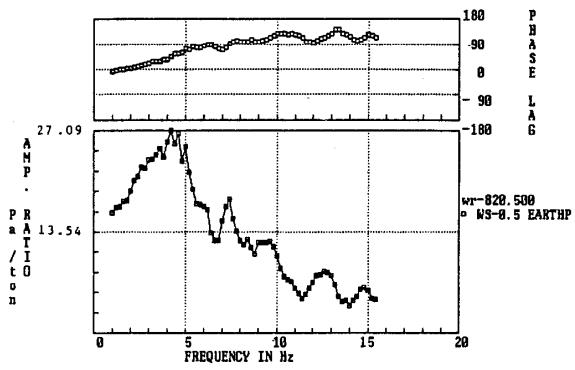


FIG. 312 第6回500GAL WS-0.5M

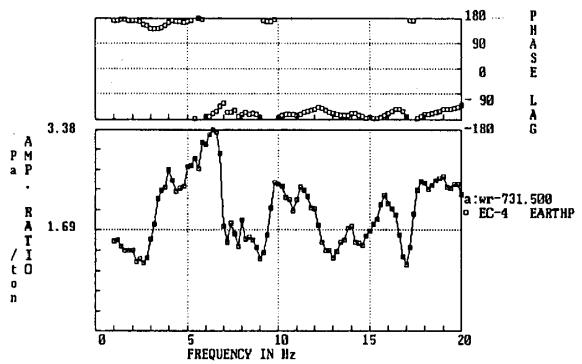


FIG. 309 第6回500GAL EC-4M

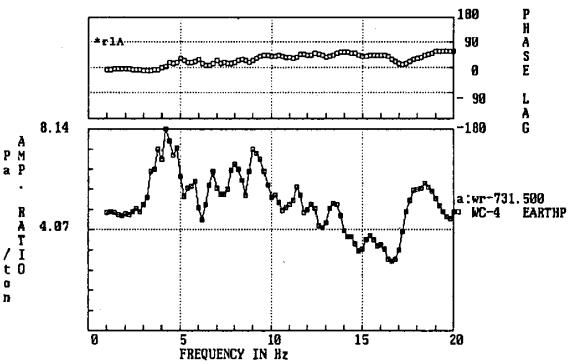


FIG. 313 第6回500GAL WC-4M

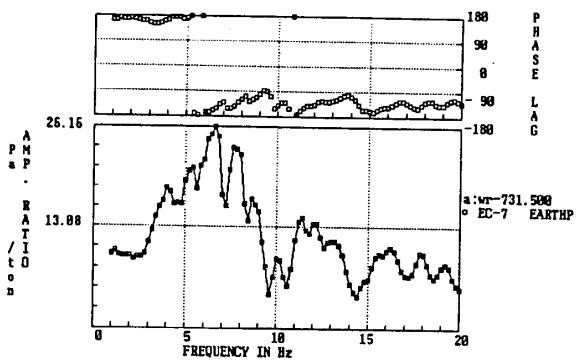


FIG. 310 第6回500GAL EC-7M

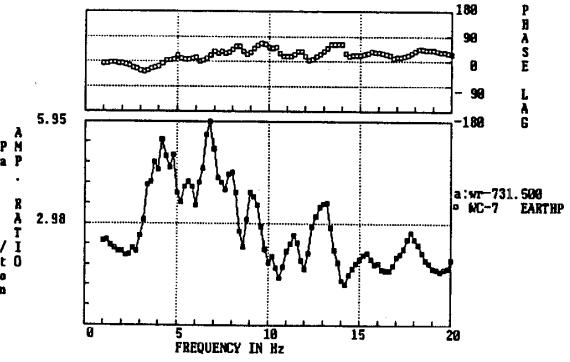


FIG. 314 第6回500GAL WC-7M

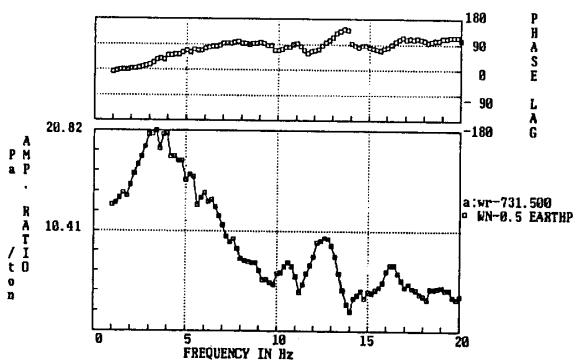


FIG. 311 第6回500GAL WN-0.5M

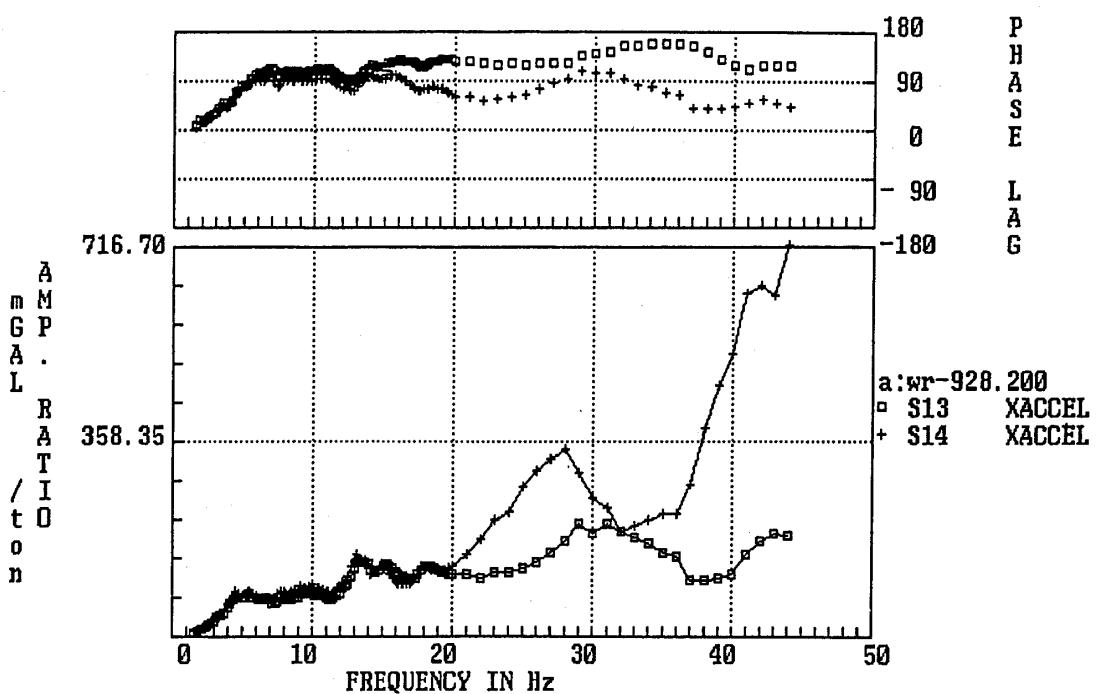


図315 第2回S13, S14(44Hzまで)

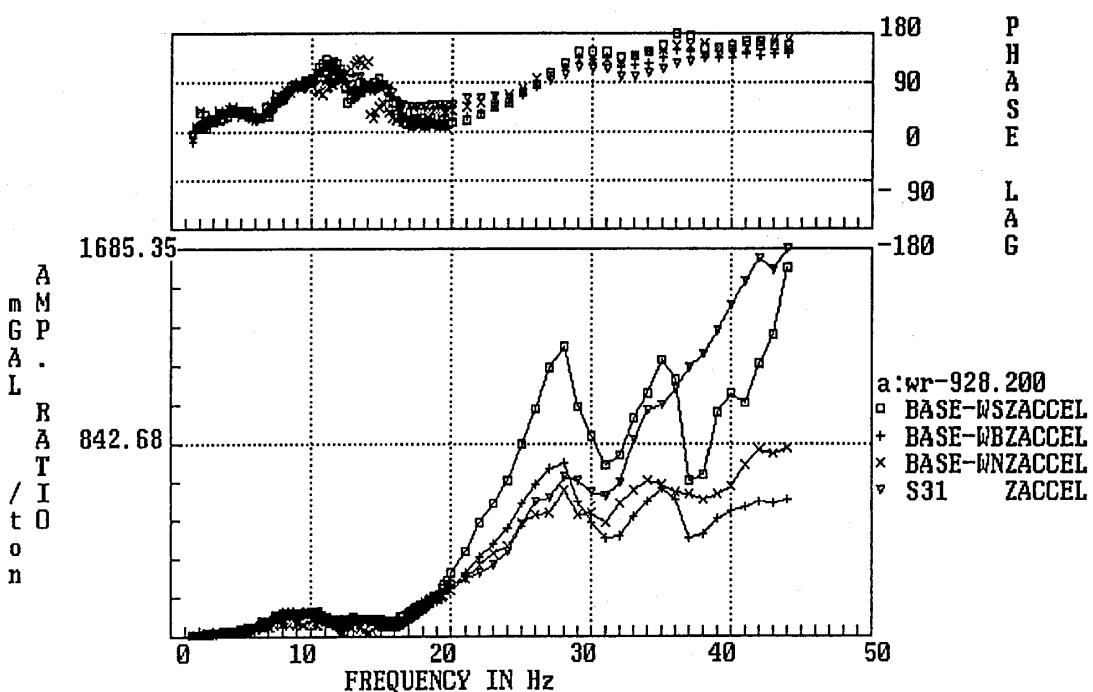


図316 第2回BASE-WS, BASE-WB, BASE-WN, S31(44Hzまで)

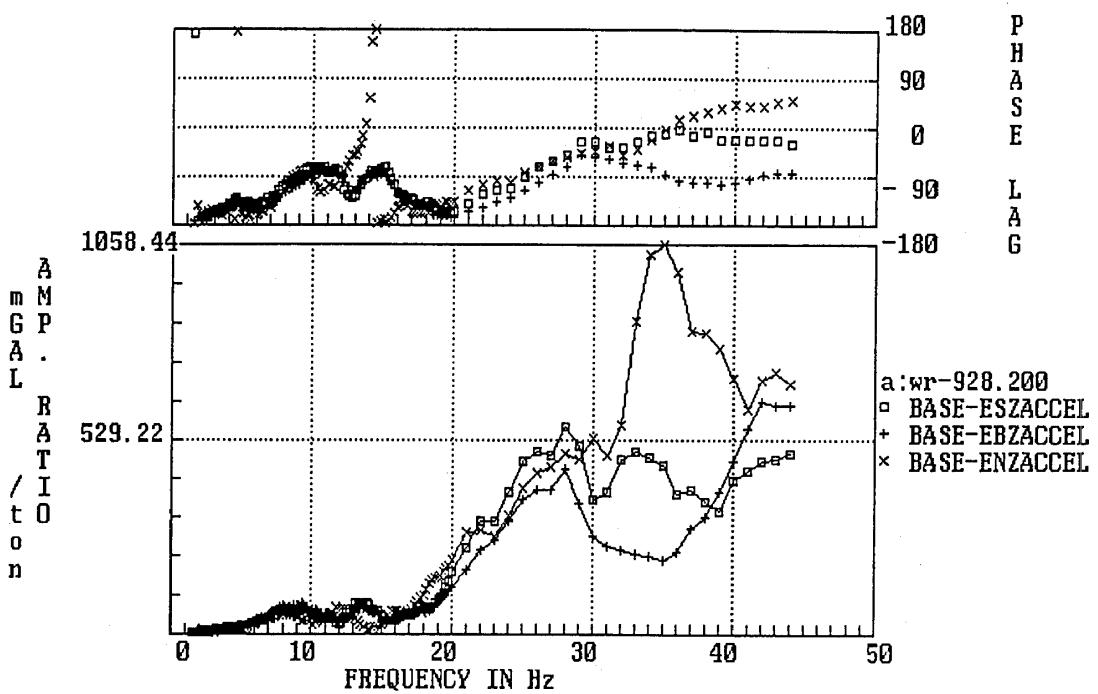


図 317 第 2 回 BASE-ES, BASE-EB, BASE-EN (44Hz まで)

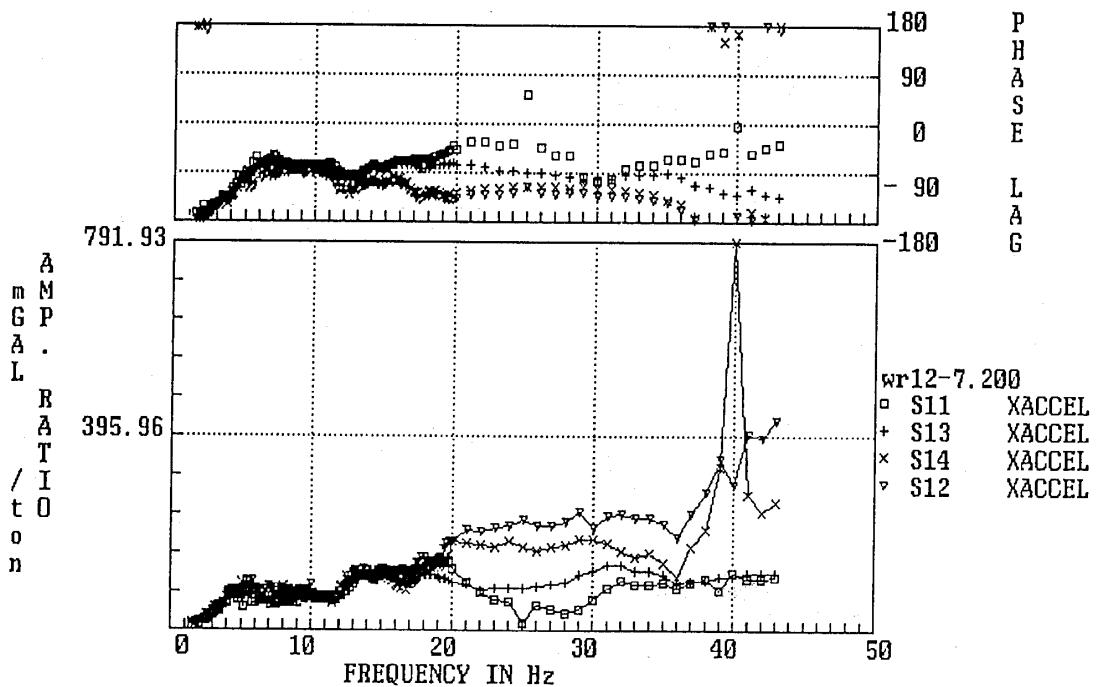


図 318 第 3 回 S11, S13, S14, S12 (43Hz まで)

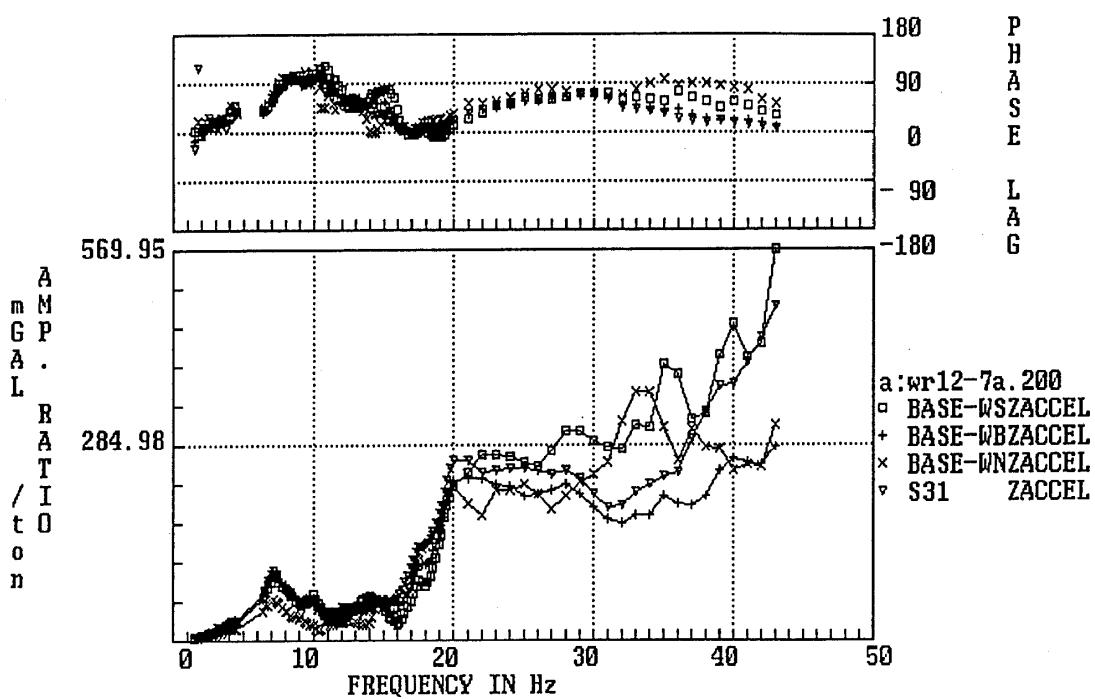


図319 第3回 BASE-WS, BASE-WB, BASE-WN, S31 (43Hzまで)

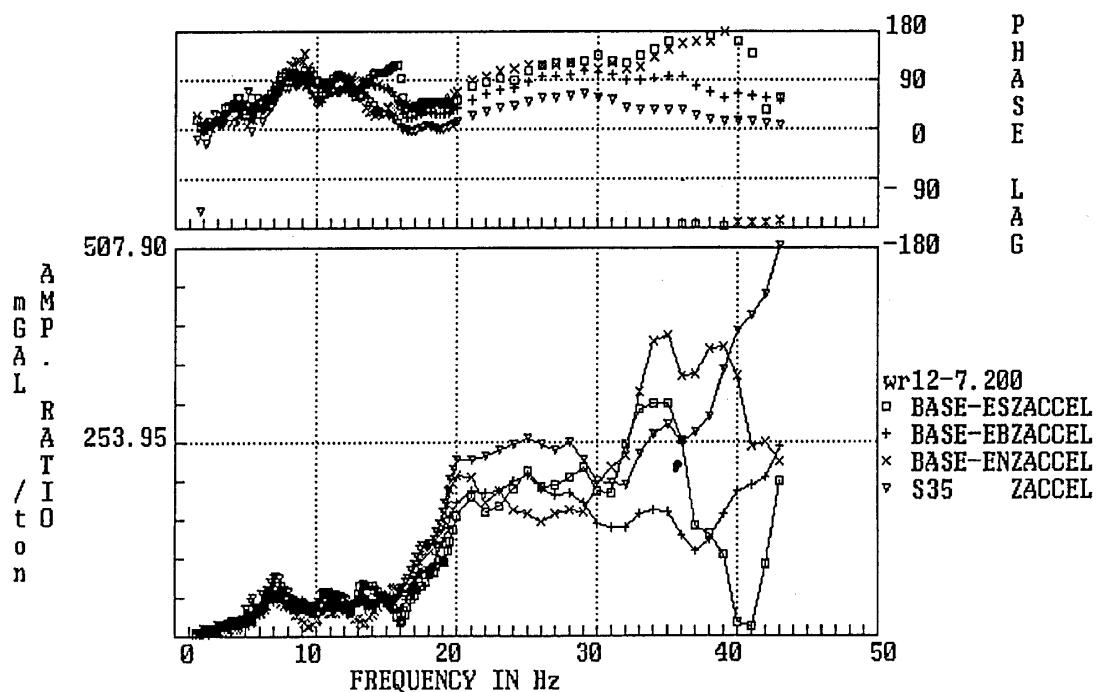


図320 第3回 BASE-ES, BASE-EB, BASE-EN, S35 (43Hzまで)

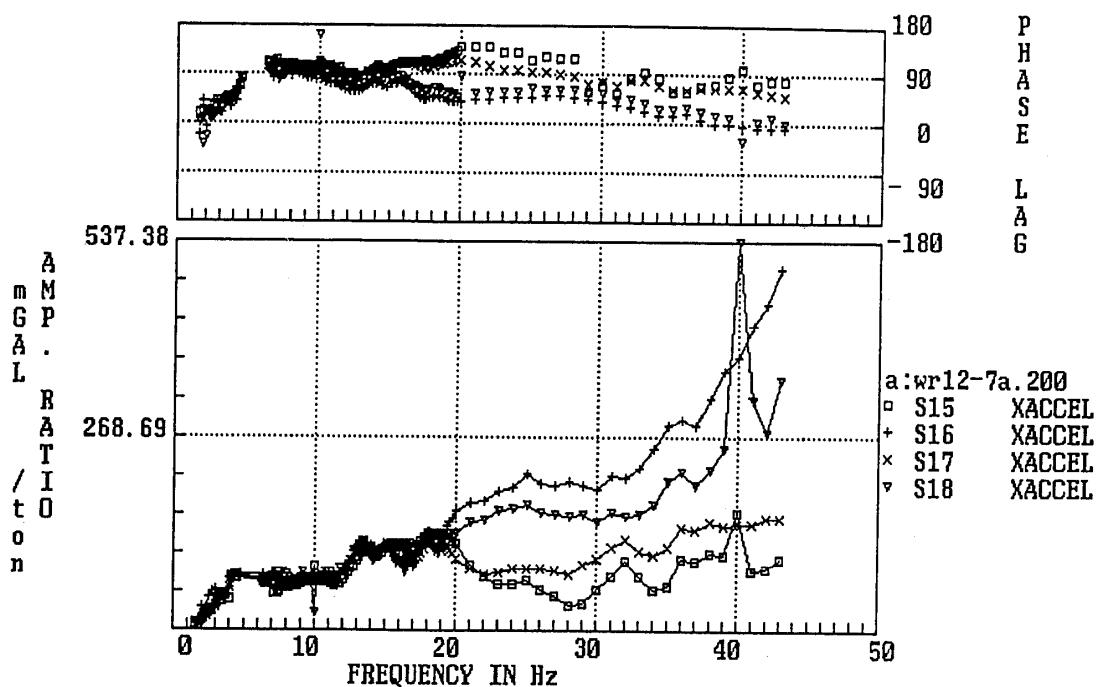


図 321 第3回 S15, S16, S17, S18 (43Hzまで)

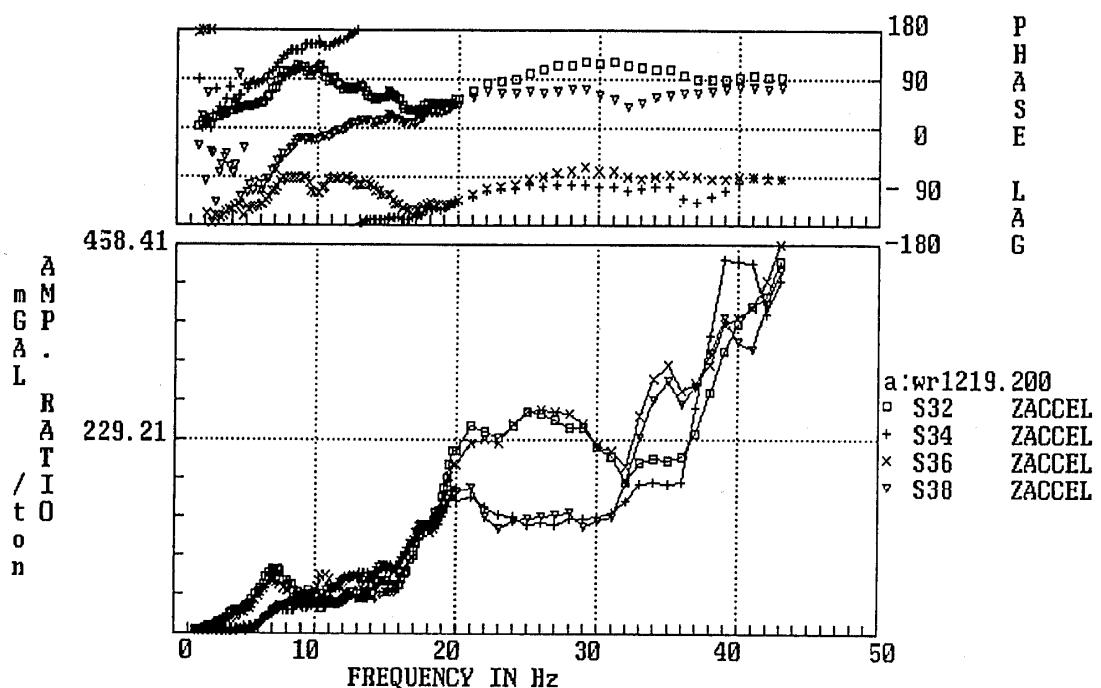


図 322 第4回 S32, S34, S36, S38 (43Hzまで)

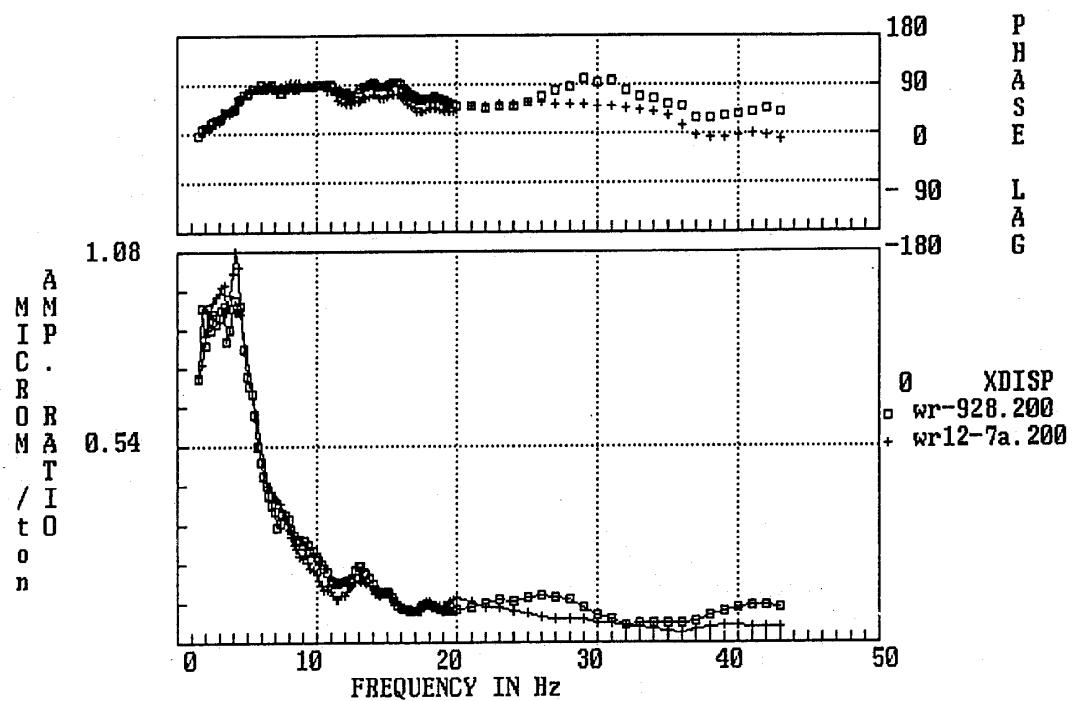


図323 測定点OX第2回と第3回(43Hzまで)

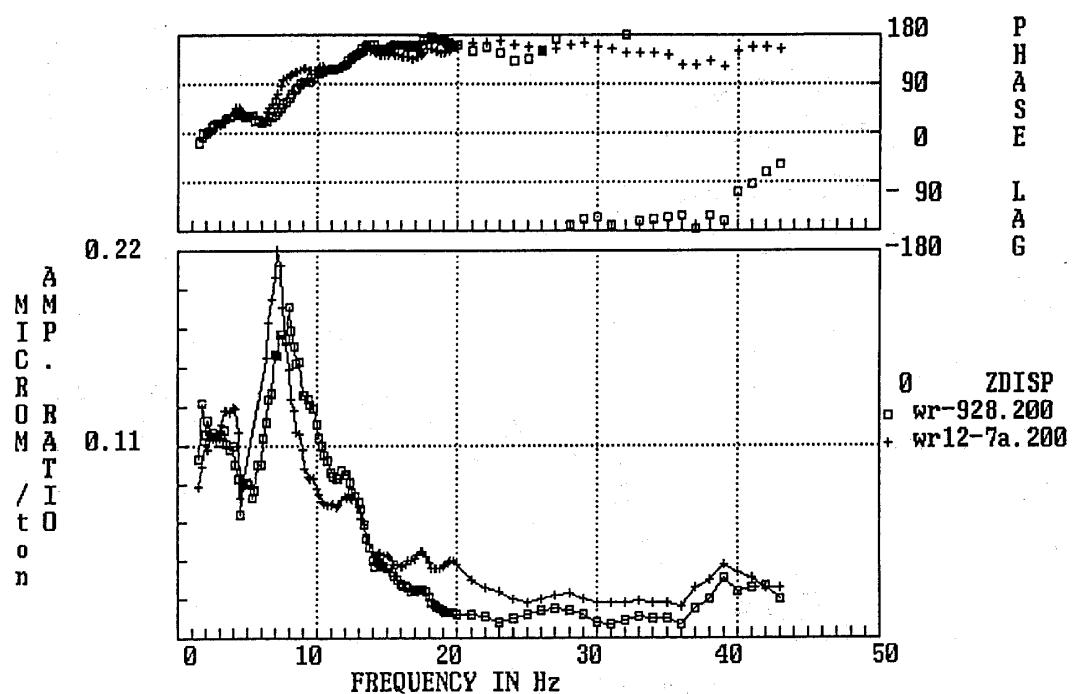


図324 測定点OZ第2回と第3回(43Hzまで)

APPENDIX 3

連続可変ばねを用いたダイナミックダンパーによる
基礎振動吸収法

—基礎制振における基本実験—
単純モデルによる説明模型の制作・実験
(ばね・マスによる基礎・制振機、小型加振機を有する)

実施報告書

昭和63年1月

1. 目的 従来のコンクリート基礎重量による振動台加振時の基礎部の振動抑制だけでなく、ダイナミックダンパーによる振動抑制を実現するために、基本モデルを使用して、制振原理の有効性を確認する。

2. 試験体の構造 全体の形状及び寸法は付図1である。基本モデルの構成は、振動台を仮定した加振機、基礎を仮定したアルミ板、ダイナミックダンパーとして作用するプラスチック柱と重りからなる。構造としては、底板に木板を置き振動台基礎モデルと木板との間を、4本のアルミ脚で支持している。(これは、地盤を想定している。)

更に、振動台基礎モデル上に加振機(振動台を想定)を鉄製の反力架台を介してアルミ板に取り付けた。又、ダイナミックダンパーの装置も設置した。加振機可動部には、加振力を得るために付加マスを取り付けた。各試験構造体の仕様は次の通りである。

- ・使用加振機：エミック社、電磁型、
512-A, 重量(9.2Kg), 加振力(5
Kgf), 周波数範囲(2-17KHz), 最大
加速度(38G), 最大速度(114cm/
Sec), 可動部材質(アルミ), 最大振
幅(7mm p-p)
- ・基礎モデル重量：10Kg
- ・ダイナミックダンパー：重量120g(含
金具), young率(23906.25Kg/cm²)
- ・加振機可動部重量：130g, 付加マ
ス：347g
- ・ダイナミックダンパーマス質量：252
g(1個), 505g(1個)
- ・反力架台重量：1740g

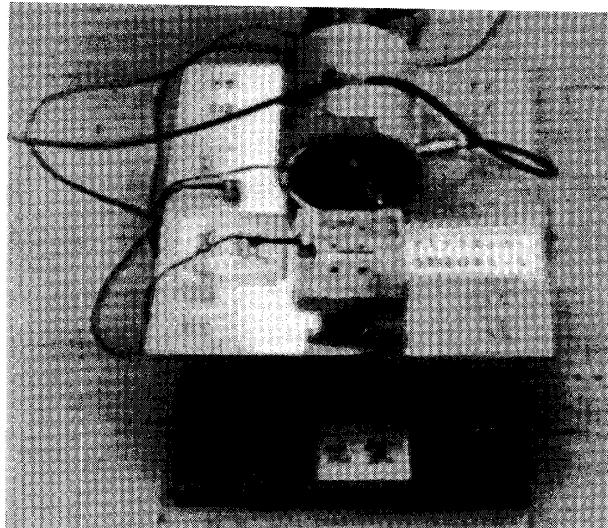


写真1 振動台基礎制振基本模型

3. 実験項目と概要 今回の基本モデル(付図1参照)に対して、振動抑制特性を詳細につかむため、種々の条件を組合せ実験を進める必要がある。そこで次の各条件を設定した。

(1) ダイナミックダンパーマスの重量(m)

マス重量500gと250gの2種類のアルミ製マスを用意し、それぞれ単独、或は組み合わせることによって、種々の条件を作り出す。これは、ダイナミックダンパーと振動台基礎モデルとの共振点を左右することを目的とした。

(2) ダイナミックダンパーマスのスプリング上の位置(h)

ダイナミックダンパーのプラスチック製スプリング上でマスの高低位置を任意に変更する

ことによって、マス重量の変更と同様の効果を求める。これは、8段階の調整が可能である。上記の2条件は、バネ定数の設定にも寄与する。

(3) (モデル上の振動台基礎下の) 脚長 (H)

脚長300mmと200mmの2種類を用い、その特性によって上記2条件と共に、共振点設定のための要因とする。それぞれの条件で、ダイナミックダンパーと振動台基礎モデルとの共振点を見いだし、この点で最も効果的にダイナミックダンパーが作用する条件の確認を、目的とした。

4. 実験方法及び入力波 実験は、各条件を設定した後、次の手順で加振実験をおこなった。

(1) 正弦波定常加振

見つけ出した共振点において、定常的に正弦波加振を行う。

(2) ランダム波加振

コンピューターと連結し、ランダム波の入力を行う。

周波数帯域は0-15Hz、レベルは基礎で100GAL程度である。

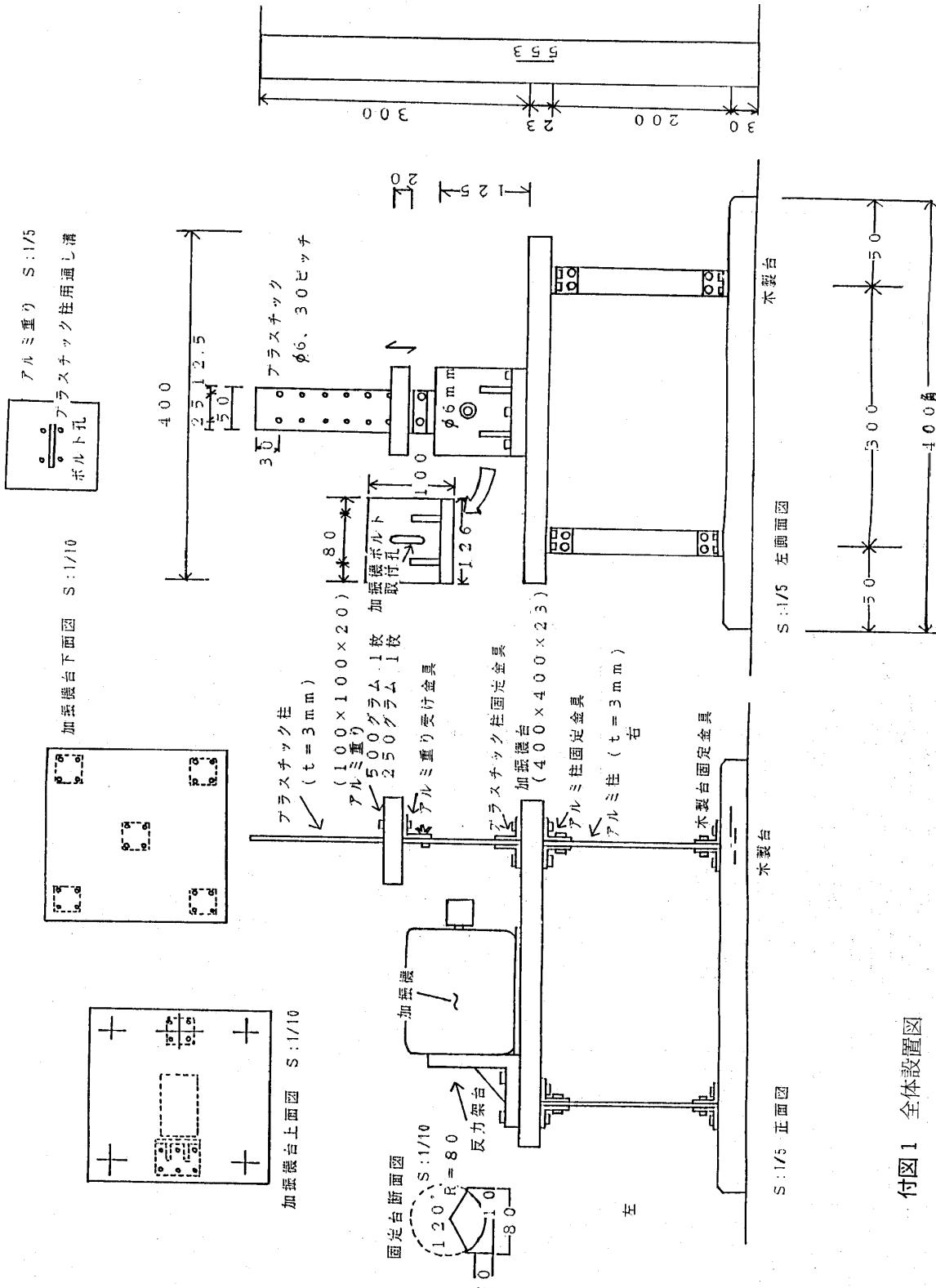
5. 計測 制振の効果を確認するため、試験体の3点(加振機、ダイナミックダンパー、振動台基礎モデル上)に加速度センサーを3個取り付けた。波形モニターにはペンレコーダーを使用し、加速度3chと入力1chを見た。又、適宜必要な計測記録は、デジタルレコーダーに取り込みコンピューターで処理した。デジタルレコーダー収録は、200Hz, 4ch同時である。

6. 実験結果 正弦波加振結果については、付表1にまとめた。見いだしたダンパーと基礎モデルとの共振点3ケースについて実験を進めた。その結果1つのケースでダンパーを取り付けると約1/6の低減率を得た。その他のケースでも相当の低減率を得た。正弦波加振応答波形は、付図3、付図4、付図5に示す。

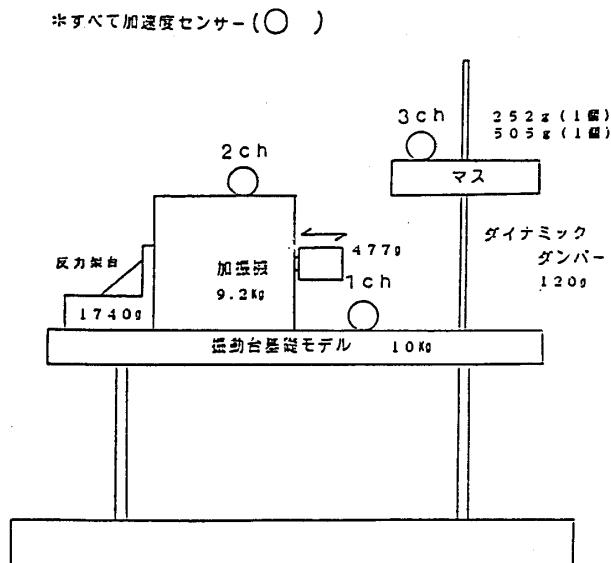
ランダム波加振は、正弦波加振と同様の3ケースで行った。その結果は、付図6に示す。ランダム波加振についても、かなりの低減率をケースによっては得ることができた。但し最も効果のあるケースは、正弦波の場合とは必ずしも一致しなかった。

7. おわりに 実験中、正弦波加振については基礎モデルとダイナミックダンパーの共振点を見いだすことが、第一の困難であったが当初の目的であった制振原理の有効性については、基本モデル上において確認できた。

大型耐震実験装置基礎振動装置概念模型



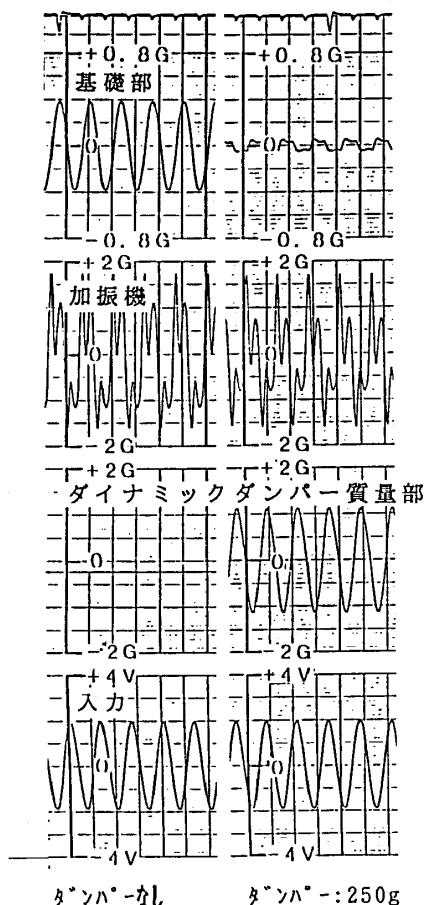
付表1 正弦波加振加速度応答値



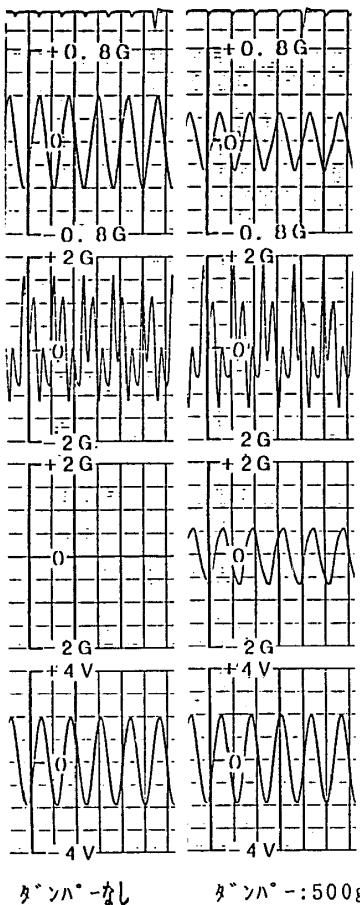
	NO FILTER (出力)		USE 10Hz FILTER (出力)	
	ダンパー無	ダンパー有	ダンパー無	ダンパー有
条件1 ・ダンパー質量 : 250g ・位置 : No. 2 ・加振振動数 : 7.53Hz	372GAL (1/6)	58GAL	264GAL (1/5)	49GAL
条件2 ・ダンパー質量 : 500g ・位置 : No. 1 ・加振振動数 : 7.81Hz	392GAL (3/5)	254GAL	333GAL (3/5)	205GAL
条件3 ・ダンパー質量 : 750g ・位置 : No. 1 ・加振振動数 : 7.43Hz	235GAL (1/3)	68GAL	168GAL (2/5)	68GAL

* () 内は衰減率

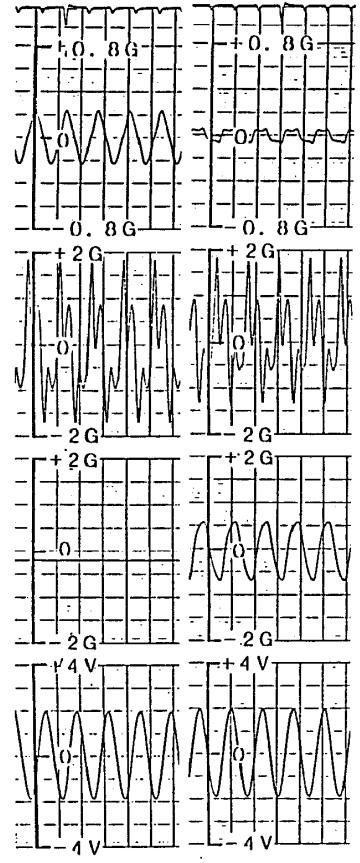
付図2 計測図



付図3 応用波形 (7.53Hz)

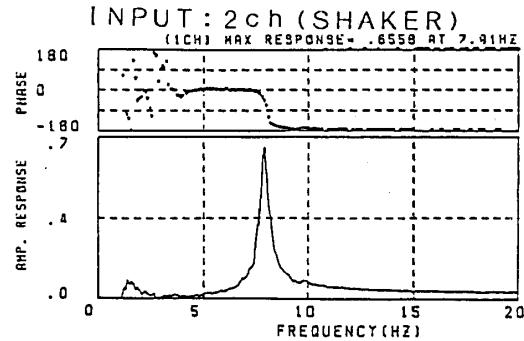


付図4 応答波形 (7.81Hz)

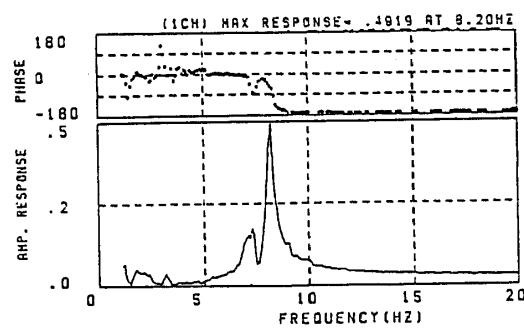
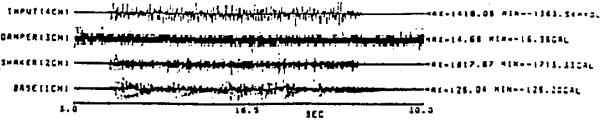


付図5 応答波形 (7.43Hz)

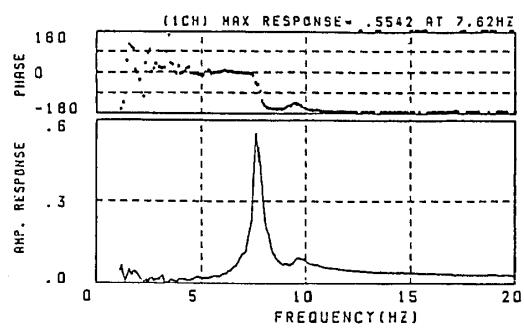
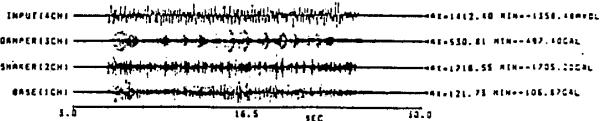
INPUT WAVE: RANDOM 20Hz



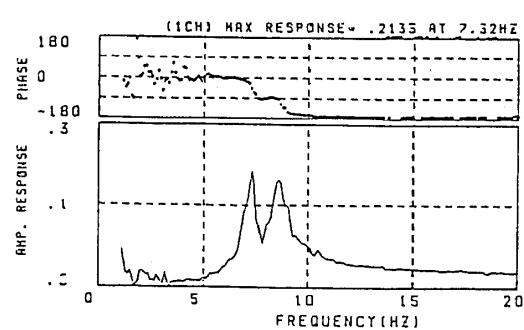
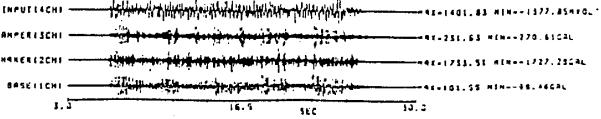
NO DAMPER



WITH DAMPER
MASS: 250g
POSITION: NO. 2



WITH DAMPER
MASS: 500g
POSITION: NO. 1



WITH DAMPER
MASS: 750g
POSITION: NO. 1

