

構内 2 地点における地震波の測定と解析

Measurement and Analysis of Earthquake Records at the Different Points on the Building Basement

佐藤 壽芳*・鈴木 浩平*・駒崎 正洋*・大堀 真敬*

Hisayoshi SATO, Kohei SUZUKI, Masahiro KOMASAKI and Masanori OHORI

1. はじめに

構造物の耐震設計問題を議論するとき対象とする構造物への地震時入力波の特性を把握することは重要な課題である。またフロアレスポンス法などにより機器・配管系の地震応答を調べるためには地盤の地震記録のみでなく構築物系内の記録を測定することも必要である。

佐藤研究室では数年来機械構造物の耐震設計に関する研究^{1)~3)}を進めてきているが

- 1) 既存の著名地震波記録以外の同一地点における地震測定記録の蓄積による統計的応答解析
- 2) 多入力系の応答解析の立場から同一構内の異地点での地震波測定による入力間相関性の解析

を目的とし、ここ 2 年来本所中央棟地下の当研究室 (0C11) において測定を行ってきた。また本年度に入り第一部大井研究室の協力を得て約 30m 離れた同じく中央棟地下室 (0C19) にも測定点を設け 2 地点の同時測定をしている。昨年来工学的に使用できるいくつかの地震が測定されたのでその測定と解析結果の概要について報告する。

2. 測定方法と記録波形

写真に示すのは本研究にもちいた測定機器とピックアップである。ピックアップは 2G 歪計式加速度計 (新興通信製) を使用した。ピックアップは本所中央棟に平行な長手方向とそれに垂直な横手方向の基盤床面に据付けたブロックに固定している。佐藤研測定点では上下動も観測している。実際の方位との対応を示すと長手方向が約 20° NS 軸から反時計方向にずれている。ピックアップの 1 個は自動スタータ専用になっておりスタート・ゲインの値を設定することにより最低 20sec 間のデータが自動的に多チャンネル同時記録される。現在片振幅 4gal 以上の信号により記録装置が作動されるように設定している。装置設置の初期においては調整の不慣れや増幅器の不安定性のため誤動作が多く例えば八丈島地震 (1972.12.5) の記録は捉えられなかったが、最近ほぼ正常に作動している。ただし本所構内の何らかの電源異常とか測定室近辺での機械的振動・衝撃によって誤動作を生じることもある。

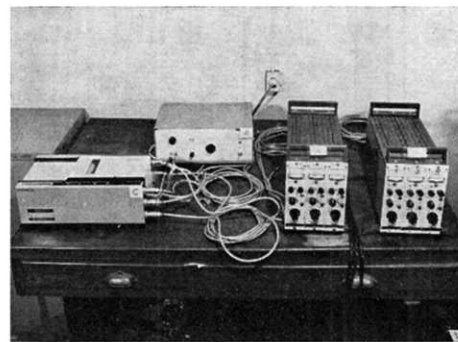
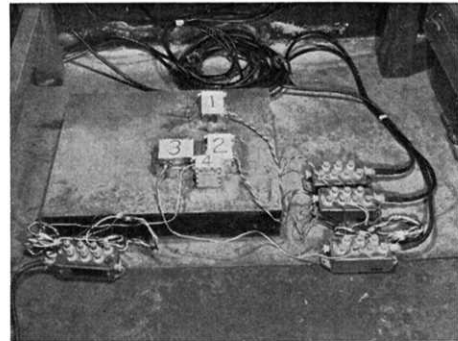


写真 測定ピックアップと自動測定装置

- ① スタータ用ピックアップ (2G 加速度計)
 ②, ③, ④ 三方向測定用ピックアップ (2G 加速度計)
 ⑤ 増幅器 ⑥ スタータ ⑦ 小型ビジグラフ

図 1 は最近の記録の中では加速度が最大であった昨年 12 月 8 日朝の地震波の一例で、震源が東京湾で震度がⅢと発表されたものである。表には佐藤研測定点においてこれまでに記録された各方向の加速度の最大値を示している。図 2 は二つの測定点における水平両方向の加速度波と対比して示した。後述するように長手方向の波形の特性は似ているが横方向はかなり異なることが指摘できる。

表 最近の地震記録の最大加速度 (gal)

Date	長手方向	横方向	上下方向
1972. 11. 6	13.9	18.9	—
1972. 12. 8	23.1	25.0	—
1973. 3. 27	12.1	13.1	—
1973. 7. 20	2.5	4.9	1.7
1973. 8. 24	4.8	5.9	3.8

* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

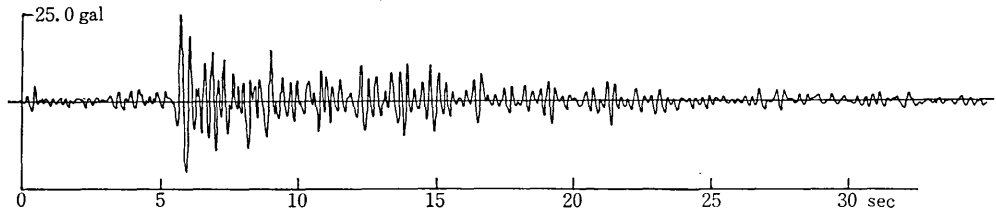
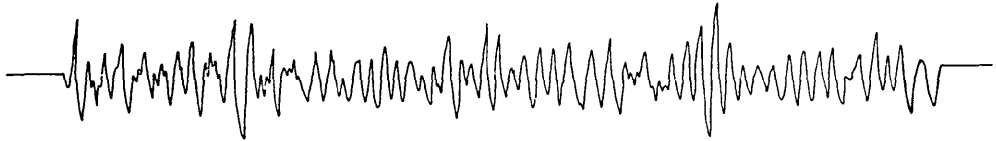
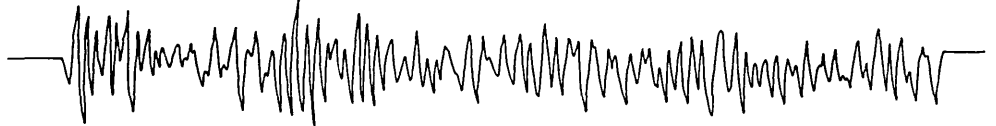


図 1 地震加速度記録の一例 (1972. 12. 8 午前 8 時 39 分佐藤研横方向)

大井研横方向



佐藤研横方向



大井研長手方向



佐藤研長手方向

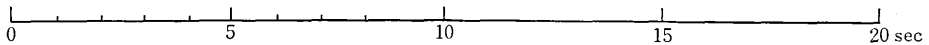


図 2 二つの測定点における水平両方向加速度記録 (1973. 7. 20)

3. 応答解析と異地点地震波間の相関性の解析

地震波による応答特性は応答曲線によって評価することが便利である。図 3 は昨年 12 月 8 日の記録により求めた両方向の応答曲線を減衰係数比が 2% と 10% の場合についての 3 軸応答曲線を求めたものである。これによると両方向とも 0.3 sec にピークを有しており 2% 減衰による最大加速度は約 200 gal、応答倍率にして約 8 倍である。横方向はこのほかに 0.5 sec にもピークを有しており相対変位で最大値 (約 0.3 cm) を示している。

測定地震波の時系列解析によってパワースペクトルを計算することも卓越振動数や構造物の動特性推定の上で重要である。図 4 は図 2 に示した 2 地点の水平両方向地

震波についてパワースペクトルを計算し比較したものである。長手方向のスペクトルは両測定点によって大きなちがいはみられず全体に似た形状をしている。両測定点とも約 2 Hz (0.5 sec) にピークを有し大井研地下の波形は約 4 Hz (0.25 sec) にもピークが生じている。一方横方向の波形のパワースペクトルは測定点によりかなり異なる特性を示しているが、もっとも大きなピークは 3 Hz と 4 Hz にそれぞれ生じており両地点の横方向卓越振動数が異なることをあらわしている。このスペクトル特性は 8 月 24 日の地震時記録による解析でも指摘できた。これらのピーク値に対応する振動数は地盤あるいは測定地点の構築物基礎面の卓越振動数を反映しているものと考えられる。

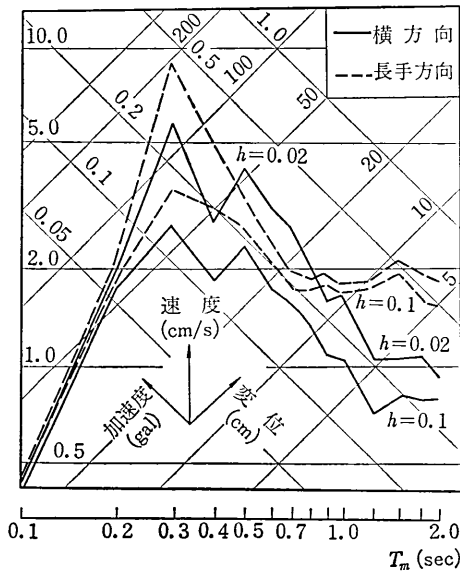


図3 佐藤研測定記録による3軸応答曲線 (1972.12.8)

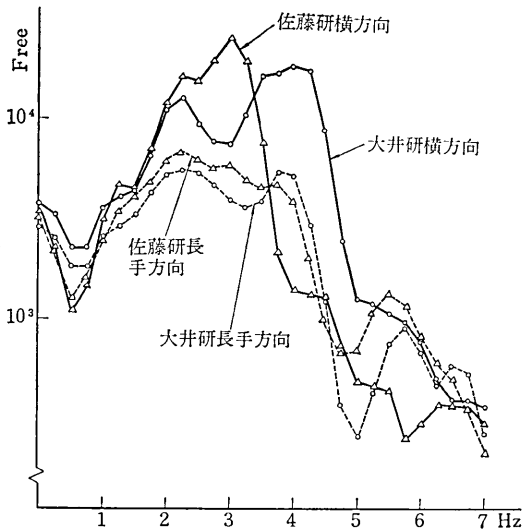


図4 両測定点における加速度パワースペクトル(1973.7.20)

次に各方向の地震波が測定点のちがいに互いのような相関特性を有しているかをクロススペクトル解析によって調べる。図5は図2の記録をもとにして計算したクロススペクトルを用いて、二地点間の伝達関数のゲイン特性を示している。パワースペクトルのピークが卓越している振動数領域において長手方向のゲインがほぼ平坦で1であることは、この方向における測定点の影響がほとんどないことを裏づけている。一方横方向の値はかなりばらついておりとくに4 Hz 近辺での相関は低い。両方向とも以下の低振動数領域では相関が大で、3 Hz 以上では乱れる傾向を示しており、これは前者が地盤の特性を、後者が測定点の影響を反映していると考えられる。

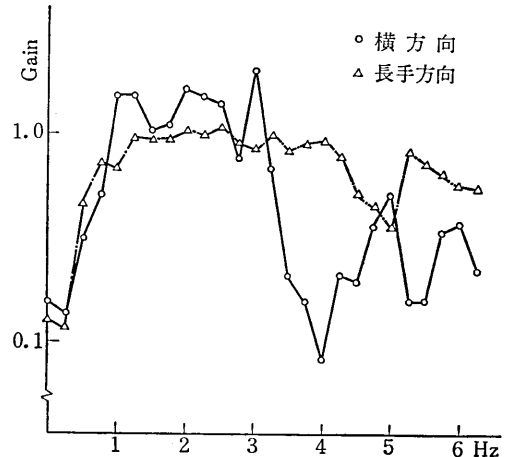


図5 2地点測定記録間の相関特性(伝達関数) (1973.7.20)

本研究の目的の一つとしてあげた地震波相互間の相関性とくに時間差の測定については地震波の伝播特性の解明や測定点による振動特性のちがいの問題もあり今後の課題としたい。

4. むすび

構造物内に強震計を設置し地震波を自動的に測定することはすでに大規模に行われていることであり目新しいことではない。われわれが目指しているのは前書きにも述べたように身近なデータの蓄積をもとにした機器系、配管系の耐震設計に役立つ統計的手法をも含めた応答解析法の確立であり、多入力系の耐震設計問題の解明である。測定装置の数に制限があり、測定方法自体も不慣れなため不十分な面が多々あるが、関係諸先生の御批判をおおきながら測定を続けたデータを蓄積したいと考えている。

なお本測定は本所のごく限られた地点のものであり全所的な振動特性を知るためにはさらに測定点を増さなければならないが、ここで示したグラフのピークに対応する固有振動数をもった機器を備えた研究室におかれては何らかの防振対策をとられるべきであろうことおよび地下廊下の諸配管とくに冷暖房用配管の支持が耐震上非常に不備であることを付記したい。

本研究は筆者の一人鈴木が受けた昭和46年度奨励研究(A)、昭和47年度一般研究(D)の一環として行われているものである。最後に日頃有益な御示唆、御指導をいただいている岡本名誉教授、互理、久保、柴田教授はじめERS(耐震構造学研究センター)の諸先生および測定場所の提供を快諾下さった大井教授に深く感謝いたします。

(1973年9月5日受理)

参考文献

- 1) 佐藤：東大生研報告，15-1 (昭40-11)。
- 2) 鈴木，佐藤：機械学会論文集，38-305 (昭47-1)。
- 3) 鈴木：機械学会論文集，39-320 (昭48-4)。