

鉛直アレー観測記録波に基づく鉛直地震波の増幅特性

九州大学 学生員 ○豊永 臣悟 九州大学 フェロー 大塚 久哲  
佐藤工業(株) 正 員 伊東 守 日本原子力研究所 正 員 蛭沢 勝三

1. はじめに

これまでの地震動の増幅に関する研究では、水平動成分の増幅を取り扱ったものが多く、鉛直方向の地震動の増幅に関する研究はほとんどない。  
そこで本研究では、日本原子力研究所大洗研究所(茨城県大洗町)において観測された鉛直アレー観測記録波を用いて、鉛直方向の地震動の増幅の仕方やその特徴の検討を、各観測位置によって行った。

2. 地震観測の概要

地震観測はサーボ型地震計を地中4点に配置した鉛直アレー観測により実施されており 1987 年4月から 1994 年4月までに観測された約 130 地震波の記録のうち、地表面での最大加速度が 10gal を越えた代表的な8つの地震を検討の対象とした(表-1)。地震の震源位置を図-1に示す。地震観測位置周辺(約 200 m四方)で実施された9カ所でのサスペンション法による弾性波探査等の各種地盤調査によれば、地層構成は表層より、ローム層、S 波速度が約 300-500m/s の見和層および石崎層、S 波速度が約 480-600m/s の鮮新統及び S 波速度が 1000m/s 以上の中新統となっている。4つの地震計は、ローム層上面(GL-1.2m)、石崎層上部砂層中、(GL-32.1m)、鮮新統上面(GL-95.15m)、及び中新統上面(GL-173.6m)に設置されている。

表-1 検討に用いた地震

| No.  | 地震名称   | 発生日年月日     | Mj  | 震源深さ(km) |
|------|--------|------------|-----|----------|
| No.1 | 茨城県南西部 | 1989年2月19日 | 5.6 | 55       |
| No.2 | 千葉県北部  | 1989年3月16日 | 6.0 | 56       |
| No.3 | 茨城県沖   | 1990年2月12日 | 5.3 | 38       |
| No.4 | 茨城県沖   | 1990年8月5日  | 5.8 | 39       |
| No.5 | 鹿島灘    | 1990年10月6日 | 5.0 | 51       |
| No.6 | 茨城県沖   | 1991年6月25日 | 5.1 | 49       |
| No.7 | 茨城県沖   | 1991年8月6日  | 5.9 | 43       |
| No.8 | 茨城県南西部 | 1992年4月14日 | 4.9 | 62       |

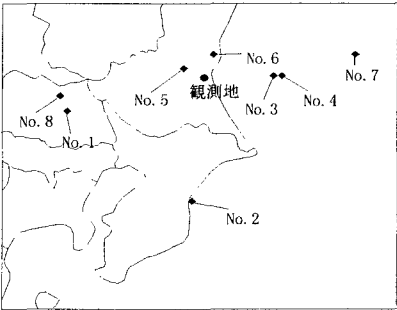


図-1 震源位置

3. 解析方法

図-2のように1地震波に対して4観測点,3方向成分(NS,EW,UD)の合計 96 波の時刻歴波形を対象とした。これらの地震波を波形処理し、それぞれのフーリエスペクトル、応答スペクトル(加速度、速度、変位)を得た。また、これらの8地震波の震源深さや地震の規模等がほぼ同じであるため、8つのデータを平均化して検討した。図-3は、各時刻歴波形の最大加速度を取り出し、他の位置での最大加速度(No.2~No.4)を基盤波(No.1)の最大加速度で割って、その倍率により上下動と水平動の増幅の相違を見たものである。上下動は8地震波8成分について、水平動ではNS,EWの2方向あるので16成分について倍率を算出した。図-4は基盤波(No.1)のフーリエスペクトルの8地震波の平均である。図-5では、各地震波・各位置におけるフーリ

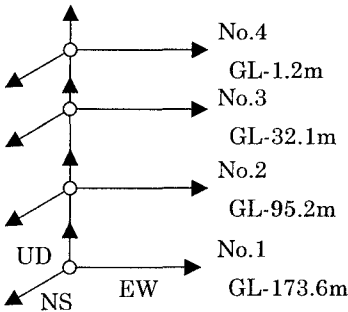


図-2 観測位置

エスペクトルを No.1 のフーリエスペクトルで割り、8 地震波に対して平均を取ったものを位置別に示したものである(破線は標準偏差)。水平方向は NS,EW の 2 方向の 16 波で平均を取った。図-5 は基盤波(No.1)のフーリエスペクトルの平均である。

#### 4. 結果

図-3 では、地震動は上下動・水平動ともに基盤から地表面に地震動が近づくにつれて増幅する傾向を示している。特に No.4(地表面)での増幅が大きい。地表面全体では上下動が 1~5 倍、水平動が 2~6 倍となり、上下動の方が水平動よりばらつきが若干大きい。上下動では No.2 で平均 1 倍とほとんど増幅せず、No.3 で平均 1.5 倍、No.4 で平均 3.5 倍と No.3・No.4 の地点で増幅傾向を示しているが、水平動では No.2 で平均 1.2 倍と増幅しているにもかかわらず No.3 で平均 1.1 倍と増幅していない。図-4 に示している基盤波(No.1)のフーリエスペクトルの平均により、上下動・水平動の卓越周波数は 0.1~1Hz の間とわかる。上下動と水平動のフーリエスペクトルの最大値を比較すると、上下動が  $1.5\text{gal}\cdot\text{sec}$  (0.2Hz)、水平動が  $3.5\text{gal}\cdot\text{sec}$  (0.4Hz)と、水平動が上下動の約 2 倍になっている。図-5 において、図-4 の基盤波に対する各地点の倍率を見ると、上下動・水平動共にほぼ同じような形をしている。低周波域で倍率が大きくなっているのは基盤波が 0.1Hz 以下で小さいためである。しかし 1Hz を超える周波数は、どの地点でも 1~2 倍に収まっており、基盤波とほぼ変化がないことがわかる。卓越周波数付近を見ると、上下動・水平動は基盤波に対して約 5 倍以内である。だが 0.1~0.2Hz の間では地表面地点(No.4)で大きく増幅している。また上下動は 0.3~1Hz ではなだかな形をしているのに対して水平動は 0.5Hz を頂点とする急な山になっている。

#### 5. まとめ

本解析では応答スペクトルを解析検討項目から除外した。また今回の研究では前述の 8 地震波についてのみ今回検討を行ったため、今後は地震の数を増やし信頼性の高いデータを得たうえで、応答スペクトルを用いて、より詳細な見地から地震の特性等に関する検討を行う予定である。

参考文献 1) 蛭沢他; 自然地震動を利用した機器免震確証試験計画、第 24 回地震工学研究発表会講演論文集、第 1 分冊、pp309~312. 1997. 2) 中村他; 断層モデルによる地震動予測式の作成手法、土木学会 51 回年次学術講演会概要集、第 1 部(B)、pp426~427. 1996.

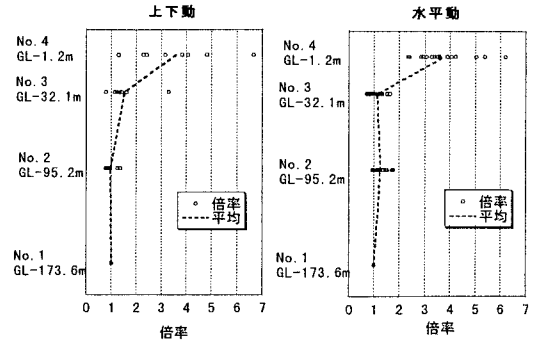


図-3 最大加速度倍率

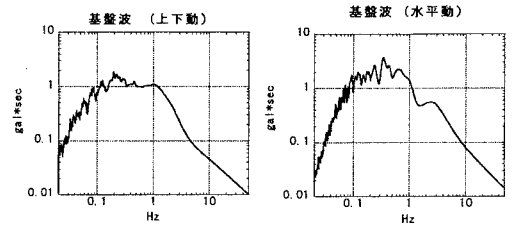


図-4 基盤波フーリエスペクトル平均

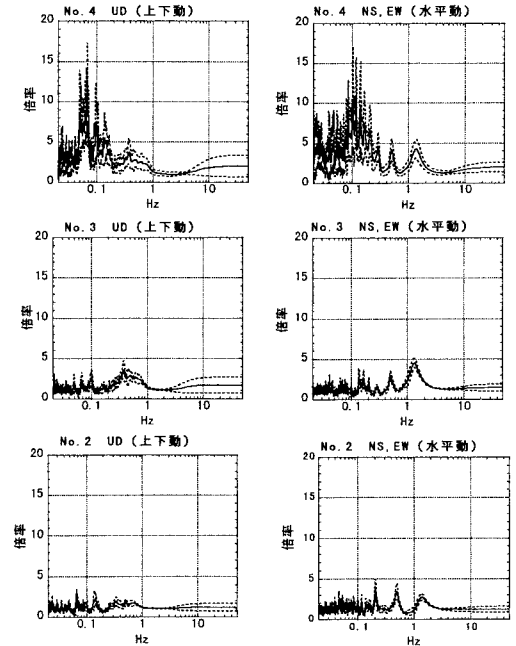


図-5 フーリエスペクトル増幅倍率