

高盛土のり面における地震動増幅特性

応用地質 (株) 正会員 南部 光広  
〃 正会員 ○山口 利巳  
神戸市役所 桜井 秀憲  
〃 前田 修

1 はじめに

神戸市の西北神地域においては、これまでも宅地造成が広い範囲に渡って行われているが、高盛土のり面における地震時挙動を把握するべく、西区に存在する造成地において地震計を設置して、観測を行った。のり面の高さは約 25m であり、観測を約 1 年間続けてきたが、平成 12 年 10 月 6 日に発生した鳥取県西部地震の波を捉えることができた。本論文では、この地震波形記録について述べるとともに地震計設置に先立って行われた常時微動測定結果と比較検討し、高盛土のり面の増幅特性について考察を加えた。

2 盛土地盤特性

調査地点は谷合いの池を埋め立てた場所であり、池底に分布する軟弱な粘性土層は一部浅層混合処理によって改良され、他の一部は盛土によって置換されている。使用されている盛土材は大阪層群の砂礫が主たる成分を成している。なお、盛土表面より地盤改良土の下部に分布する大阪層群までは約 30m 程度である。盛土のり面の断面図を図-1 に示す。

3 地震観測システム

地震計は図-1 に示すのり肩、のり面中腹およびのり尻の表面とのり肩直下の工学的基盤と見なせる大阪層群中に設置した。使用した地震計は、キネメトリクス社製の地表型感震器「FBA-23」3 台、孔中地震計「FBA-23DH」1 台、記録処理器「アルタス K2」である。記録の方法としては記録装置にメモリカードを内装し、これに地震波形を貯めておいて必要な時期にメモリカードを回収しに行く方法を採用している。なお、地震観測には電源が必要であるが、当分の間は地震計近くに電源がないため、ソーラー電源システムにより電源を確保している。

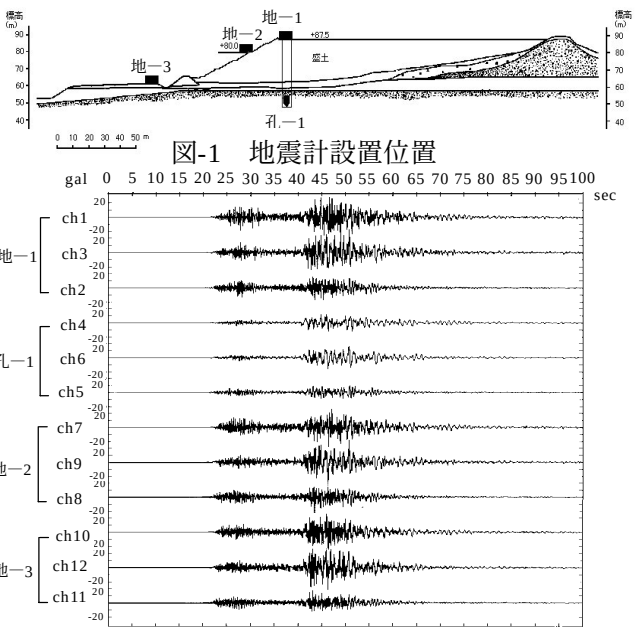


図-2 加速度波形記録

表-1 地震の観測記録

| No.  | 位置            | 成分     | 加速度   | 速度     | 変位   | 計測震度 | SI         |
|------|---------------|--------|-------|--------|------|------|------------|
|      |               |        | (gal) | (kine) | (cm) |      |            |
| ch1  | 地-1(のり肩地表部)   | 南北(NS) | 32.2  | 3.3    | 0.3  | 3.6  | 3.7(L)     |
| ch2  | 地-1(のり肩地表部)   | 東西(EW) | 31.6  | 4.1    | 0.5  |      | 4.6(T)     |
| ch3  | 地-1(のり肩地表部)   | 上下(UD) | 17.7  | 1.6    | 0.3  |      | 5.0(L,T合成) |
| ch4  | 孔-1(のり肩直下孔中部) | 南北(NS) | 12.7  | 2.1    | 0.3  | 3.3  | 2.4(L)     |
| ch5  | 孔-1(のり肩直下孔中部) | 東西(EW) | 16.5  | 2.9    | 0.5  |      | 3.3(T)     |
| ch6  | 孔-1(のり肩直下孔中部) | 上下(UD) | 10.0  | 1.4    | 0.2  |      | 3.5(L,T合成) |
| ch7  | 地-2(のり段地表部)   | 南北(NS) | 27.7  | 2.8    | 0.3  | 3.5  | 3.3(L)     |
| ch8  | 地-2(のり段地表部)   | 東西(EW) | 33.4  | 3.7    | 0.6  |      | 4.3(T)     |
| ch9  | 地-2(のり段地表部)   | 上下(UD) | 24.3  | 1.6    | 0.2  |      | 4.5(L,T合成) |
| ch10 | 地-3(のり尻地表部)   | 南北(NS) | 25.3  | 2.3    | 0.3  | 3.4  | 2.8(L)     |
| ch11 | 地-3(のり尻地表部)   | 東西(EW) | 31.2  | 3.2    | 0.6  |      | 3.8(T)     |
| ch12 | 地-3(のり尻地表部)   | 上下(UD) | 17.2  | 1.2    | 0.2  |      | 4.0(L,T合成) |

表-2 スペクトルの卓越周波数

| 地震計位置 | 成分     | 卓越周波数(Hz)     |
|-------|--------|---------------|
| 地-1   | 南北(NS) | 0.9, 2.2, 3.8 |
| 地-1   | 東西(EW) | 0.9, 3.9      |
| 地-1   | 上下(UD) | 1.6, 3.9      |
| 孔-1   | 南北(NS) | 0.9, 3.9      |
| 孔-1   | 東西(EW) | 0.9, 4.1      |
| 孔-1   | 上下(UD) | 1.6, 3.9      |
| 地-2   | 南北(NS) | 0.9, 2.2, 3.8 |
| 地-2   | 東西(EW) | 0.9, 4.0      |
| 地-2   | 上下(UD) | 1.6, 4.1      |
| 地-3   | 南北(NS) | 0.9, 2.2      |
| 地-3   | 東西(EW) | 0.9           |
| 地-3   | 上下(UD) | 1.6, 3.9      |

Key Words：高盛土のり面，地震観測，常時微動，スペクトル特性，増幅率  
〒564-0062 大阪府吹田市垂水町 2-36-27 TEL06-6384-5105 FAX06-6384-4400

## 4 鳥取県西部地震の観測記録

### (1) 地震の諸元と波形記録

本調査地で観測された鳥取県西部地震の諸元と加速度波形記録をそれぞれ表-1, 図-2 に示す. 本調査地で観測された加速度, 速度, 変位, 計測震度, SI 値の最大値はそれぞれ 33.4(gal), 4.1(kine), 0.6(cm), 3.6, 5.0 である.

### (2) スペクトル特性

のり肩地表部(地-1), のり肩直下孔中部(孔-1), のり面中腹部(地-2), のり尻部(地-3)で得られた波形記録に対してフーリエスペクトルを計算し, これらのスペクトルピークに相当する卓越周波数をまとめたものを表-2 に示す. 同表に示すように地-1, 孔-1, 地-2, 地-3での南北(NS)成分, 東西(EW)成分, 上下動(UD)成分の卓越周波数はそれぞれ 0.9Hz, 2.2Hz, 3.8Hz 付近, 0.9Hz, 4.0Hz 付近, 1.6Hz, 4.0Hz 付近であった.

## 5 盛土地盤の地震動増幅特性

盛土地表部の地-1 とその直下孔中部の孔-1 で得られたフーリエスペクトルを用い, 成分毎の比を取ることで盛土の増幅特性を調べた. 地-1/孔-1 の NS 成分比(ch1/ch4), EW 成分比(ch3/ch6), UD 成分比(ch2/ch5)を取ったものを図-3 に示す. 同図より, 高盛土のり面における地盤動増幅特性(卓越周波数)は水平成分で約 6 倍(約 3Hz), 上下成分で約 5 倍(約 5Hz)程度であった. ただ, これらの増幅特性は対象地震動がより大きなものとなった場合は地盤の非線形性が大きく表われて, 増幅率が今回観測された値よりも小さくなる可能性はある.

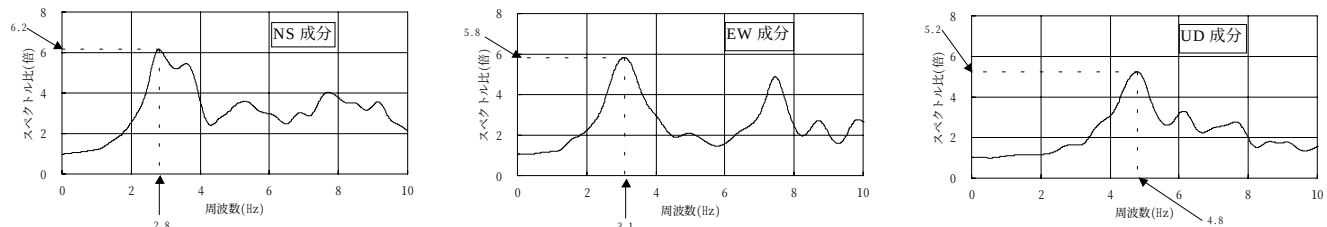


図-3 地震動の増幅率

## 6 地震動観測結果と常時微動測定結果の比較検討

地震計設置に先立って, 当該盛土地盤の増幅特性を調べるために常時微動測定を行った. ここでは地震動観測結果と常時微動測定結果より得られた増幅特性について比較検討する. のり肩部分における増幅特性を比較検討するために, 常時微動記録のスペクトル比(水平2成分)を図-4に示す. この結果から地震動記録のNS成分比(ch1/ch4), EW成分比(ch3/ch6)と常時微動記録のNS成分比(常-4-NS), EW成分比(常-4-EW)の増幅特性はそれぞれ約6倍, 約3倍であり, それらのピークに相当する周波数はいずれも約3Hzである. このことより常時微動測定結果より得られる増幅特性が地震動記録と比較的良く一致していることが分かる. ただ, 鳥取県西部地震の波においては7Hz付近も増幅率が大きいところが見られるが, 常時微動ではこの傾向は見られない. これらのことより, 常時微動測定で得られる増幅特性は, 地震動の増幅特性を調べる上で有効な手法であるが, そこで得られる結果が地震動におけるのり面の増幅特性すべてを表わしきれていない面もあることがわかった.

## 7 おわりに

高盛土のり面における地震動増幅特性については, 各種動的解析によって求めることができるが, 実際にそれを確認されたものは数少ない. 今回測定された地震動は地表面加速度33.4(gal)

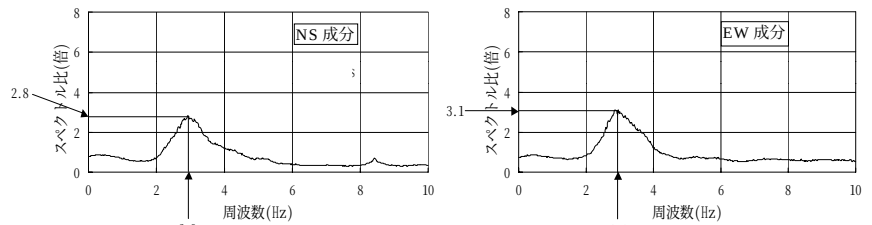


図-4 常時微動の増幅率

であり, 必ずしも大きなレベルではないが, 盛土のり面増幅特性の一端を把握できたものと思われる. 今後は盛土地盤において調べた物性値を使って動的解析結果との比較検討などを行っていきたいと考えている. 最後に, 終始ご指導を頂きました神戸大学都市安全研究センターの沖村教授をはじめ, 関係各位に深く感謝いたします.