

I-531 斜面における地震動の増幅特性に関する検討

建設省土木研究所 正 員 常田 賢一 正 員○福井 次郎
正 員 相沢 興 正 員 吉見精太郎

1. まえがき

山岳地のように地形的に複雑な箇所では、斜面の上部と下部では地震動が異なることが考えられる。土木研究所で実施している高密度強震観測のうち伊豆半島南部松崎地区では、地形条件が地震動に及ぼす影響を観測することを主目的として、5地点6台（地中1台）の強震計を地山尾根稜線に沿って配置している。ここで得られた強震記録を用いて、斜面における地震動の増幅特性について検討を行なうとともに三次元的応答解析を実施した。

2. 強震記録による地震動増幅特性に関する検討

強震計は標高 250m の牛原山の山頂から北西～北へ伸びる尾根稜線の上に配置されている。図-1 に強震計が設置されている観測地点を示す。No.1地点からNo.5地点までの水平距離は約 300m、No.1地点の標高は 170m であり、平均勾配は約 30° である。検討に用いた強震記録は 1985.9～1989.7 に得られた12の地震であり、そのマグニチュード、震央距離を表-1 に示す。

図-2 は、最大水平加速度の高さ方向の分布を示したものである。なお、ここでは各地震の振動レベルが異なるため、各観測地点における最大加速度の平均値で無次元化して示している。各地震は、震央位置、マグニチュード、振動特性等が異なっているが、最大加速度の分布形状は比較的類似している。特に、尾根上部のNo.1～No.2地点間の増幅傾向はほとんど同一である。図-3 はNo.3地震の観測値とそれぞれの観測地点が平坦な地盤上にあると仮定してSHAKEを用いて計算した最大水平加速度（N-S成分）の高さ方向の分布を比較したものである。解析値は観測値と尾根下部で比較的あっているが、尾根上部では観測値は大きく増幅しているのに対し、解析値では逆にやや減少しており、この差が地形による地震動増幅によるものであるとえられる。

表-1 解析対象地震

No	M	震央距離(km)
1	3.9	26
2	6.1	177
3	3.4	5
4	6.5	177
5	4.8	51
6	4.5	39
7	6.1	71
8	6.7	169
9	4.1	46
10	5.6	85
11	5.5	44
12	5.5	44

図-4 は、水平面内の加速度オービットから参考文献1)に示す方法で各地震の卓越振動方向を算出し、震央方向との関係を示したものである。また、同様に卓越振動方向と尾根稜線方向との関係を図-5 に示す。図-4 に着目すると、尾根基部のNo.5地点では、卓越振動方向はほぼ震央方向を向くものが多く、粗密波の影響が大きく、尾根上部のNo.1地点では、逆に卓越振動方向は震央方向とほぼ直角を向くもの多く、せん断波の影響が大きいことがわかる。しかし、図-5 に着目すると、卓越振動方向はNo.1, No.5のいずれの地点も尾根稜線方向とほぼ直角を向くもの多く地形形状の影響もあることがわかり、卓

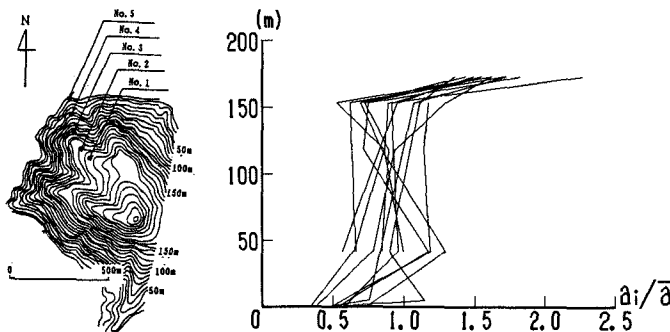


図-1 松崎地区斜面の
強震計設置地点

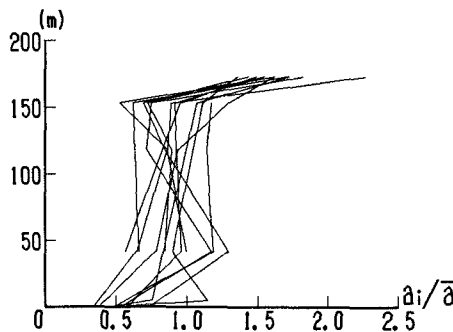


図-2 最大水平加速度分布

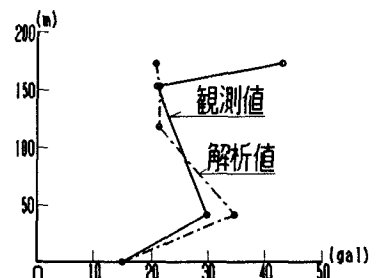


図-3 最大水平加速度分布の比較

卓越振動方向には震央方向と地形形状のどちらが大きく影響するかは断定できない。

3. 三次元的応答解析

2. で地震動増幅特性を検討した尾根を対象として、有限要素法による三次元的応答解析を実施した。図-6に有限要素モデルを示す。要素の厚さは解析対象とする地震動振動数を考慮して13mとし、計算機の容量より要素数1037、節点数852の部分モデルとした。地山のせん断剛性は、観測記録から推定したせん断波速度を用いて求めた。このモデル斜面の底面にNo.5地点で観測されたNo.3地震の地震動を入力し、三次元的応答解析を行った。この際、モデル側方境界面より予め実施した2次元動的応答解析結果をもとに、境界面の水平および鉛直地震動を入力した。また、側方境界面は粘性境界とし、地震動逸散の効果を考慮した。

図-7にNo.1地点とNo.4地点の観測加速度と計算加速度（N-S成分）を示す。尾根下部のNo.4地点では、波形形状は比較的類似しているが大きさあっておらず、また、尾根上部のNo.1地点では、最大値、形状とも異なっている。図-8に最大水平加速度の高さ方向の分布を示すが、解析値は観測値と最大加速度の分布形状も大きさも異なっている。この原因は種々考えられるが、側方境界面よりの入力地震動設定のための2次元応答解析において、側面境界面の地形形状だけをモデル化し、隣接する地形の変化を考慮していないことが主因であると考えられる。

4. まとめ

（1）地形による地震動増幅特性について、尾根部における

強震観測記録を用いて検討した結果、頂上部付近で地震動が急増すること、卓越振動方向には震央方向、地形形状のいずれも影響すること等が明かとなった。

（2）三次元的動的応答解析を実施したが、観測値とあう結果を得ることはできなかった。今後、他の地震についても解析を実施するとともに、より観測値にあうような解析手法について検討が必要と考えられる。

[参考文献]

- 1) 吉見精太郎，他：強震記録の3次元地震動主軸に関する検討，土木学会第43回年次学術講演会。
- 2) 栗原 徹郎，他：大規模斜面の動的応答特性に関する模型振動実験，第23回土質工学研究発表会，1988年6月。
- 3) 佐々木 康，他：地震に伴う大規模斜面崩壊に関する研究，土木研究所資料，第2544号，1988年2月。

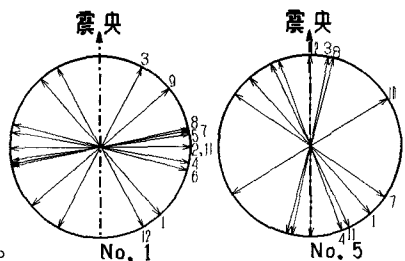


図-4 卓越振動方向-震央方向関係

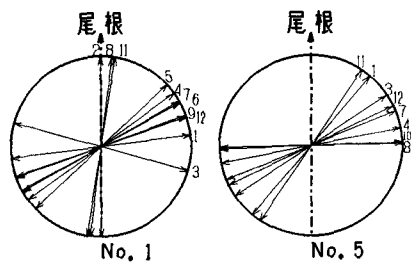


図-5 卓越振動方向-尾根方向関係

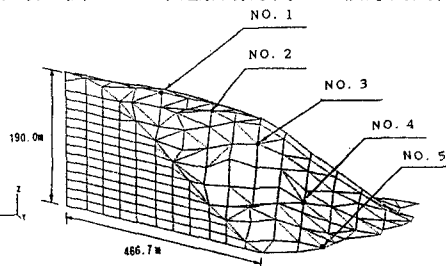


図-6 有限要素モデル

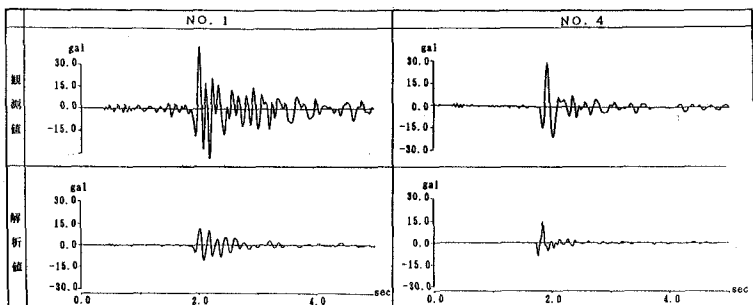


図-7 加速度波形

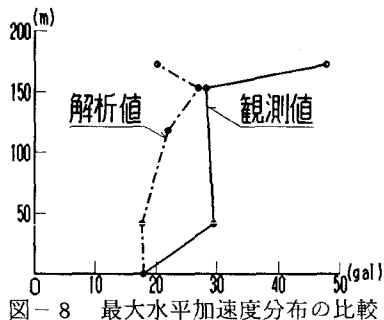


図-8 最大水平加速度分布の比較