

豊橋技術科学大学	学員	北畑雅義
建設省土木研究所	正員	田村敬一
建設省土木研究所	〃	常田賢一
建設省土木研究所	〃	深田秀実

### 1. はじめに

既往の震害事例によれば、地震被害は地盤条件もしくは地形条件が変化する不整形地盤に集中しやすいことが明らかである。不整形地盤における地震動特性については従来より種々の検討がなされているが、多数の地点について実測値と解析値を相互に比較・検討した事例は必ずしも多くはない。このような観点から、本小文では高密度強震観測が実施されている静岡県松崎地区の斜面部を対象として二次元地震応答解析を行い、解析結果と実測値の整合性並びに斜面上の地震動の増幅特性について検討した結果を報告する。

### 2. 解析手法および解析モデル

地震応答解析には二次元の有限要素法解析プログラム FLUSHを用いた。解析対象地点は、建設省土木研究所により高密度強震観測が行われている松崎地区の斜面部である。当該箇所では斜面の頂上部から平地部まで5点の観測点が設けられている。本解析では斜面部の断面形状が地震動特性に及ぼす影響について検討することを目的として、図1に示す二次元地盤モデルを設定した。解析モデルの要素数および節点数は、それぞれ、161および187である。モデルの境界条件は、平地側に当る左側面については上下動を拘束し、山頂側に当る右側面には伝達境界を適用した。当該斜面については地盤資料が得られていないため、周辺のボーリング資料<sup>1)</sup>等を参考にして、解析モデル全体を一様として表1に示す土質定数を仮定した。なお、土の動的変形特性のひずみ依存性は考慮せずに、弾性体として扱うこととした。入力地震動としては図1に示したNo.5地点の地表面下5mの岩盤中で観測された地中地震記録を用い、解析モデルの底面に作用させた。地震応答解析は4地震について行ったが、ここでは紙面の都合上、主として1990年2月20日伊豆大島近海の地震(以下、EQ-44と呼ぶ。)に対する結果を示す。本地震のマグニチュードおよび震央距離は、それぞれ、6.5および41kmである。

### 3. 最大地震動の増幅特性

図2は地震応答解析から求められた地表面上の各節点における最大加速度と実測値との比較を示したものである。解析値は実測値と若干離隔する場合も見受けられるが、全般的には解析値は斜面に沿った地震動の増幅の状況を表しているものと考えられる。図2より斜面上の最大加速度は単調に増加するのではなく、多少の変動が認められること、また、増加の度合は斜面の山頂に近い部分で大きいことがわかる。斜面部における地震動の増幅特性について実測記録から検討するために最上部のNo.1地点における最大加速度に対する他の観測地点における最大加速度の比を最大加速度比と定義した。EQ-44を含む9地震から求めた最大加速度比の平均値および標準偏差を図3に示す。図3より最大加速度比は、No.5地点からNo.2地点までは漸増する程度であり、斜面上部のNo.2地点からNo.1地点の間で最大加速度の増幅が大きいことがわかる。図4は地震応答解析および実測記録から求めた最大変位の分布を示したものである。両者の最大変位はよく一致している。また、斜面上の最大変位は平地部から頂上部まで概ね単調に増加していることがわかる。最大加速度の場合と同様に最大変位比を定義し、その平均値および標準偏差を求めると図5に示すようになる。図5からも最大変位は斜面全体にわたり徐々に増幅されていることがわかる。

### 4. 加速度応答スペクトルおよびスペクトル強度の増幅特性

図6は、斜面上の各観測地点直近の節点における応答波形から算出した減衰定数0.05の加速度応答スペクトルを示したものである。同図より、特に固有周期0.7秒を中心とした0.4~1秒の範囲において加速度応答

スペクトルは、斜面上部の観測点ほど高い値を示すことがわかる。この周期帯域が斜面の固有周期と合致し、当該周期帯域における地震動が大きく増幅されるものと考えられる。なお、実測記録から求めた加速度応答スペクトル特性も図6と整合するものである。工学的な地震動特性を表す指標として最大地震動および加速度応答スペクトルの他にスペクトル強度を考慮した。ここで、スペクトル強度は減衰定数 0.2 の速度応答スペクトルにおける固有周期0.1秒から2.5秒までの範囲の平均振幅として定義される<sup>2)</sup>。図7に応答解析結果および実測記録から求めたスペクトル強度の分布を示す。最大変位の場合と同様にスペクトル強度は斜面の下部から上部へほぼ単調に増加する。No. 1 地点においては解析値から算出したスペクトル強度は実測値を下回るが、これは図2に示したようにNo. 1 地点では加速度の解析結果が実測値に比較して過小評価を与えていることによるものと考えられる。

表1 仮定した土質定数

ポアソン比	0.4
単位体積重量 [g/cm <sup>3</sup> ]	2.5
せん断波速度 [m/s]	1100
せん断弾性係数[kg/cm <sup>2</sup> ]	30870
減衰定数	0.02

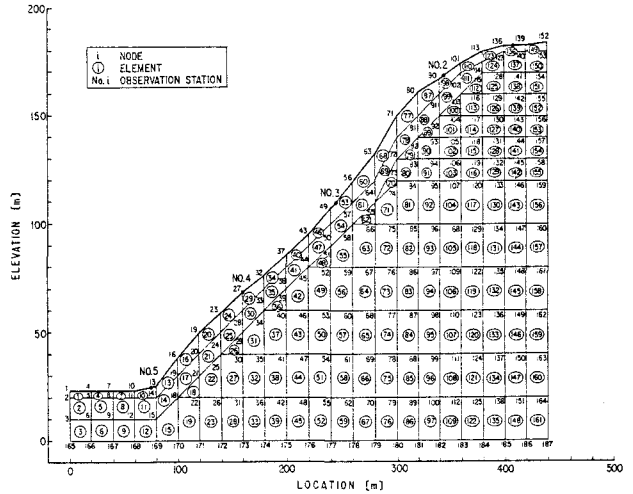


図1 地震応答解析モデル

斜面上の地震動の増幅特性について、最大加速度、最大変位、加速度応答スペクトルおよびスペクトル強度を対象として、実測および地震応答解析の両面から検討した。本解析の結果、対象とする地震動特性によりその斜面上の増幅特性が異なることが明らかになった。

【参考文献】1) 土木研究所資料第2238号、昭和60年5月 2) Housner, G. W.: Behavior of Structures..., Proc. of ASCE, Vol. 85, No. EM4, 1959

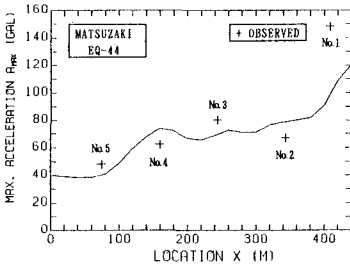


図2 最大加速度の分布

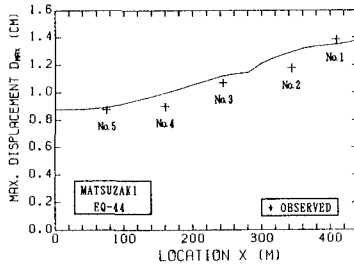


図4 最大変位の分布

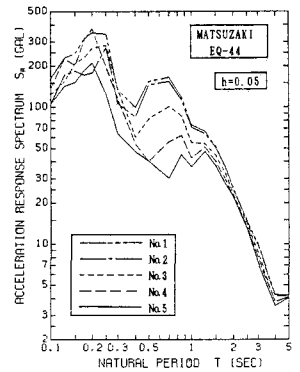


図6 加速度応答スペクトル

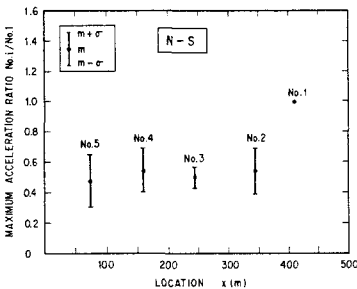


図3 最大加速度比

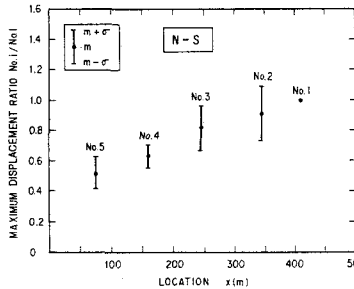


図5 最大変位比

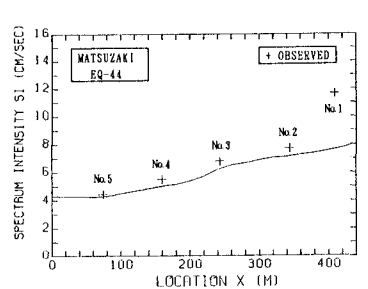


図7 スペクトル強度の分布