

九州大学工学部 正員 山内豊彦  
 “ “ 後藤徳之輔  
 “ 学生員 〇兵動正章

1. まえがき

1975年4月21日の大分県中部地震によってやまなみハイウェイは大きな被害を受けた。特に山下湖西方約1kmの箇所においては、道路舗装面の破壊と盛土の大規模な崩壊を生じ、その後復旧まで9ヶ月を要した。現場は震源地に近く浅発直下型地震の様相を呈したと考えられるが、付近における地震記録が得られていないことから、被害の原因等についても推測にとどまらざるをえない。本文は、この現場を対象として、FEM解析により道路地盤の地震時挙動を再現し、被害の誘因を検討することを目的としたものである。

2. 道路崩壊現場の地盤状態と入力波形の推定

先にも述べたように現場近くの地震記録がないため、解析には震央から約30km離れた運輸省大分市別府工事業務所のB型SMAC地震計による加速度記録<sup>1)</sup>のN-S成分とU-D成分を用いた。加速度の最大値はN-Sで45gal, U-Dで30galを示しており、震央付近の基石の転倒状況<sup>2)</sup>などから推定された最大加速度400~450gal<sup>3)</sup>に近づけるためにSMAC記録を4倍して基盤入力とした。その結果を図-1に示す。次に、道路破壊現場の断面図を図-2に示している。図中破線で示す崩壊断面に付いて盛土が崩れ、路面の約半分が崩落した。この崩壊部付近を中心に、解析上の精度も考慮して断面を設定した。図-3がその有限要素図である。断面全域の土質性状は、盛土周辺4ヶ所におけるボーリング結果を参考に推定した。ボーリング地点と地盤のN値は図-4に示されている。図からもわかるように、N値は道路から山側にかけてかなり大きいが、盛土部では比較的小さい。さらに、このN値から次式<sup>4)</sup>によって断面全域の動的せん断弾性定数G(kg/cm<sup>2</sup>)を求めた。 $G=139N^{0.72} \dots (1)$

3. 解析方法

図-3の有限要素図にModal Analysisを適用して、図-1の地震に対する応答計算を行なった。まず、自由振動計算から基本周期0.95secを得た。全自由度数は164であるが、モードの1次から60次までを重ね合わせた。減衰定数は全ての次数につき $\alpha=0.1$ とし、応答計算は線形加速度法により時間領域において0.01sec刻みで10secまで行なった。次に、道路地盤近傍と盛土部分を含めた全体の形状に着目して、以下の操作を

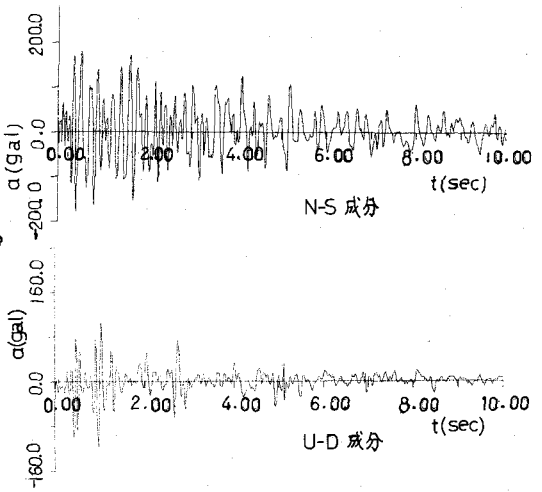


図-1 入力地震波形

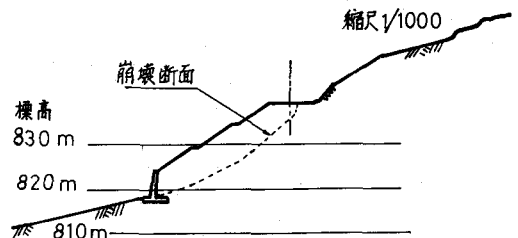


図-2 道路崩壊現場の断面図

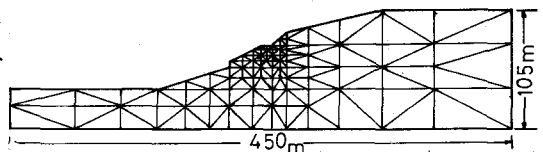


図-3 道路周辺地盤の有限要素モデル

試みた。図-3の地盤モデルから図-6に示すようなクサビ状の土塊を取り出し、このクサビをさらにいくつかのクサビに分割してそれぞれの震度を求めた。水平方向と鉛直方向の震度を $k_H, k_V$ 、クサビに働く水平力と鉛直力を $F_H, F_V$ 、クサビの重量を $W$ とすれば、水平、鉛直の震度は時間関数として次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} k_H(t) &= F_H(t)/W \\ k_V(t) &= F_V(t)/W \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

ここに、 $F_H, F_V$  はクサビの境界面に沿った全節点応力を加算して求めたものである。

#### 4. 結果および考察

まず、加速度応答計算から図-5の結果を得た。図は、道路地盤周辺の地表面における応答加速度の最大値を示したものである。全体を見渡して、水平加速度は盛土部の路肩から約1/3地点において最大となっており、この事からも盛土の崩壊が推測される。一方、鉛直加速度はこの地点で最小になって全体的にかなりのバラツキをもっているが、一応路面付近でかなり大きな値を示している。これら加速度の最大値

は全ての地点で同時に生じるものではなく、大体3.8~4.5 secの間で生じている。入力波形が図-1のように初期に大きな成分が集まっているにもかかわらず、このような時間的差違が生じたのは、地盤モデルが入力波の4.0sec付近の周波数成分を選択したためと思われる。次に、図-6において、外枠で囲まれた大きなクサビとさらに小さく分割したクサビの計12個について震度を求めた。それぞれの震度の最大値を表-1に示す。表から明らかのように、クサビ4における震度が水平、鉛直ともに卓越しており、盛土の先端部分に最も大きな力が働いたことにはなる。さらに、路面に近い部分では水平震度は比較的小さいが、鉛直震度がかなり大きなものとなっていること、盛土部においては崩壊断面より地表側で震度が相対的に大きくなっていることも認められる。以上の解析結果から、道路地盤および盛土の崩壊は、盛土の先端部付近が崩壊のために生じたのではないかと考えられる。

謝辞 Woodward-Clydeコンサルタント社のIdriss氏には応答解析のプログラムと、九州大学建築学教室の百利助教にはS-MAC記録のデータと、日本地研株式会社八日島氏にはボーリング調査結果資料を提供して頂いた、ここに厚く謝意を表す。

参考文献) 日本建築学会; 1975年大規模中部地震によるRC建物の被害調査報告(1976.6) 208/219 2) 本田; 等/国土工学研(1972).

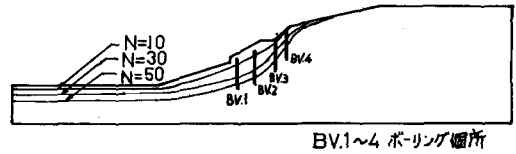


図-4 地盤モデルの等N値線

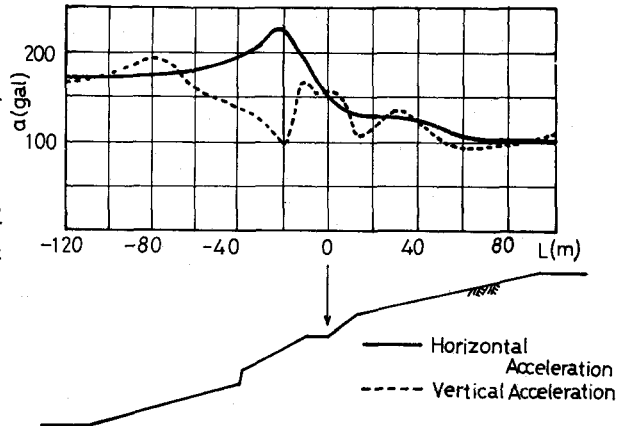


図-5 道路周辺地盤の地表面最大加速度

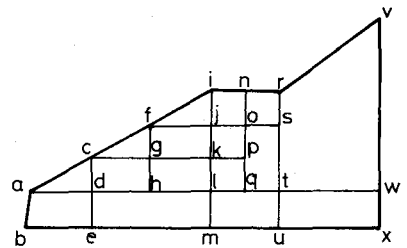


図-6 道路および盛土地盤のクサビ状区分

表-1 クサビの最大震度

クサビ	水平震度	鉛直震度	クサビ	水平震度	鉛直震度
1-abxvri	0.103	0.138	7-ali	0.162	0.176
2-aburi	0.135	0.147	8-ahf	0.272	0.256
3-abmi	0.164	0.165	9-cpni	0.115	0.177
4-abec	0.384	0.317	10-fsri	0.131	0.238
5-atrj	0.136	0.169	11-fsoni	0.122	0.208
6-aqni	0.134	0.164	12-fji	0.178	0.204