

九州大学工学部 正員 山内 豊聡

〃 〃 後藤 恵之輔

〃 〃 学生員 兵動 正幸

〃 〃 〃 坂井 晃

1. まえがき

1975年4月21日の大分県中部地震によつて道路は200箇所近くも被害を受けた。特にやまなみハイウェイの山下湖西方においては、盛土部の大規模な崩壊が生じ、土砂が遠くまで移動した。地震発生直後に雨が降っており、道路地盤がかなり軟弱になっていたと考えられる。本文は、この現場を対象とし、崩壊断面における雨の影響とその地震時挙動を有限要素法を用いて解析し、崩壊について検討を行なった。

2. 道路地盤の状態

図-1が解析領域図であり、崩壊面を示すものがその上の図の破線部である。路面の中心部から盛土の境界面に沿って崩壊している。断面全域の土質性状は、盛土周辺4箇所におけるボーリング結果を参考にして図-2のように推定した。道路から下側の盛土部においてN値は小さく、山側では大きくなっている。また、崩壊当時の雨によってN値が幾分下がっていたものと考えられ、図-2の()で示すようなN値について解析を行なった。動的せん断弾性定数 G (% c_m)は、N値から次式によって求めた。¹⁾

$$G = 139 N^{0.72} \quad \text{----- (1)}$$

また、Poisson比 $\nu = 0.45$ 、土の単位体積重量 $\gamma = 1.50 \text{ t/m}^3$ とした。

3. 入力地震波形の推定

入力地震波としては震央から約30km離れた運輸省大分市別府工事事務所のB型SMAC地震計による記録のN-S成分とU-D成分を用いた。加速度の最大値はN-S成分で45gal、U-D成分で30galを示しており、推定されている最大加速度400~450gal²⁾に近づけるためにSMAC記録を6倍にして基盤入力とした。

4. 解析方法

図-1の解析領域にModal Analysisを適用し、応答計算を行なった。固有値解析からN値の大小に関係なく基本周期 $T_1 = 0.64 \text{ sec}$ を得た。入力地震としては0.01sec刻みのデジタルデータを使用しているため、モードは固有周期が入力地震波の最短周期成分0.02secに近くなる60次まで重ね合わせた。減衰定数はすべての次数について $\xi = 0.1$ とし、応答計算は線形加速度法により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に着目して、地盤モデルからクサビ状の土塊を取り出し、それをまた小さなクサビに分割して震度を求めた。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、すなわち、クサビの境界面に沿ったすべての節点応力を加算した力を F_h, F_v とし、クサビの重量を W とすれば、

$$\left. \begin{aligned} k_h(t) &= F_h(t)/W \\ k_v(t) &= F_v(t)/W \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (2)}$$

と表わされる。

5. 結果および考察

加速度応答計算より、地表面における最大加速度を図-3のように表わした。水平・鉛直共に路肩において大きな加速度が生じ、その大きさは400~450galである。また、道路より山側では応答加速度が減少しているのに

対し、道路より下のり尻以降で上昇しているのは、図-2のN値線を見てもわかるように、盛土部より下が山側よりもN値が小さいことと基礎が薄くなっていることによるものと考えられる。N値の大小による最大応答加速度の違いを見ると、水平成分では道路部や盛土部においてN値の小さい方が幾分大きな加速度を生じており、鉛直ではほとんど変化のないことがうかがえる。図-4に示すように大きなクサビをさらに小さく分割して計10個のクサビについて震度の最大値を求めた。それぞれの震度の最大値を表-1に示す。震度は盛土部の前面で大きくなっており、特にり尻付近で大きく、この付近に大きな力が加わっている。N値の大小による違いはそれほど大きなものではないが、N値が小さい方が幾分小さくなっている。また図-5に示す値は、各要素における最大せん断ひずみである。水平方向に並ぶ各列の要素の中で最も大きいひずみを示す要素の集合を破線で結んでみた。これは図-1の崩壊面とほぼ一致し、崩壊状況を示しているものと思われる。

6. まとめ

以上、地震発生まえの^{土の}影響を考慮して地表面付近のN値を2通りに分けて解析を行な、てきたわけである。その結果、N値小の場合の方がN値大の場合よりも道路および盛土においてわずかに大きな水平応答加速度が得ら

れた。しかしながら、全体的に応答量は両者にさほどの差異がなく、斜面崩壊の外力とな。た地震力については降雨の影響はあまりなかったものと考えられる。なお、本解析で得られた道路地盤および盛土部の応答せん断ひずみの分布状況から地震時に生じた崩壊面付近に大きなひずみが集中していることが見出され、この崩壊状況を推察することができる。

参考文献 1) 太田他: N値より推定される弾性定数, 第7回土質工学研究発表会, 1972. 6, PP. 269~272. 2) 日本建築学会: 1975年大分県中部地震におけるRC建物の被害報告, 1976. 6, PP. 208~209.

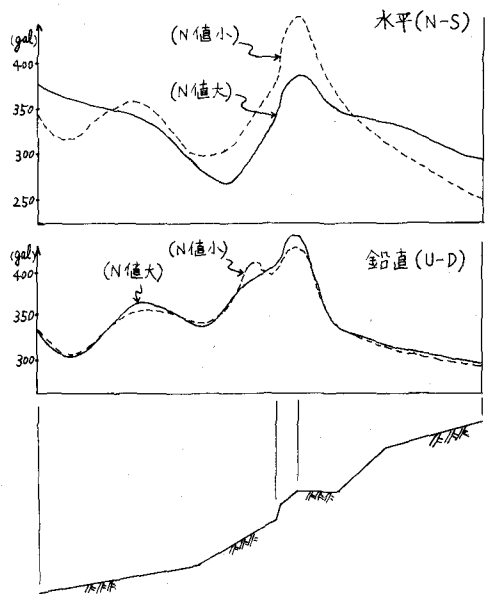


図-3 道路周辺地盤の地表面最大加速度

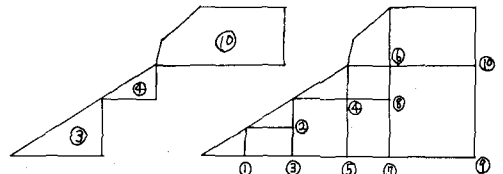


図-4 クサビの区分

クサビ	水平(N値大)	水平(N値小)	鉛直(N値大)	鉛直(N値小)	クサビ	水平(N値大)	水平(N値小)	鉛直(N値大)	鉛直(N値小)
①	2.926	2.158	1.862	1.508	⑥	0.806	0.627	0.938	0.842
②	2.240	1.639	1.711	1.390	⑦	0.848	0.581	0.846	0.700
③	1.851	1.384	1.459	1.169	⑧	0.798	0.573	0.905	0.784
④	1.661	1.158	1.621	1.353	⑨	0.556	0.384	0.598	0.502
⑤	1.263	0.909	1.108	0.905	⑩	0.534	0.386	0.594	0.529

表-1

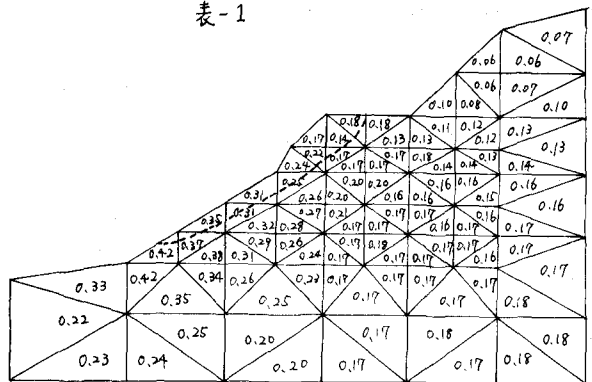


図-5 最大ひずみ (×10⁻²) (N値小)