

斜面形状の異なる場合の動的応答特性

九州工業大学 正会員 安田 進

九州工業大学 正会員 永瀬英生

九州工業大学 学生員 中瀬耕司

九州工業大学 遠藤拓二

1. まえがき

大陸端部に位置するわが国では、地震の頻度が極めて高く、その度に多くの被害を受けてきた。地震による被害の一つとして斜面崩壊があげられるが、山間部の比較的人工密度の低いところで発生が多いため、詳細な資料は余り存在していない。そのため、地震時の斜面崩壊の発生メカニズムについては多くの推論がなされているが未だ明らかでない。

1978年伊豆大島近海地震においては斜面崩壊による被害が多く報告されている。地方主要道である修善寺～下田線で被害は多く、特に道路建設にあたっての切取斜面に集中していた。著者らは、この理由の一つとして切取斜面側では地震動が増幅しやすいのではないかと考え、模型実験を行ってみたのでここに報告する。

2. 模型及び実験方法

模型材料としては、ゼラチン系の日東化学工業のダイヤエススーパーを用いた。この材料の選択理由としては、圧縮強度が0.6kgf/cm²程度までであれば任意の強度を得ることが可能であること、材料硬化が短時間で済むことやその時間の把握が容易であることなどがあげられる。

模型形状は、図-1に示す通りで尾根状斜面をモデル化したもので尾根角度(尾根稜線と水平面とがなす角)約30°、斜面角(側面での斜面傾斜角)約45°である。

相似則は、以下のせん断振動方程式

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{g G k}{w A} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ A \frac{\partial y}{\partial x} \right\}$$

から求めた次式を用いた

$$T_m = T_p \cdot \sqrt{(G_p / G_m \cdot \gamma_m / \gamma_p) \cdot L_m / L_p}$$

ここで、Gはせん断弾性係数、Lは長さ、Tは時間を表し、添字のmは模型の値を表しpは実際の地盤の値を表す。

模型の単位体積重量及びせん断弾性係数はそれぞれ $\gamma_m = 1.159 \text{ t/m}$ 、 $G_m = 0.1735 \text{ kgf/cm}^2$ であり、これが $\gamma_p = 2.2 \text{ t/m}$ 、 $G_p = 10000 \text{ kgf/cm}^2$ に対応すると仮定している。模型高さ0.27mは実際の斜面高さ200mに相当すると仮定している。また一般に言われる地震動の周期の領域は岩盤斜面で0.1～0.3s程度であることより

$$f_m = 1 / T_m = 7.09 \sim 21.26 \text{ Hz}$$

が得られる。よって、本実験における振動数領域が7.1～21.3Hzのとき地震波の振動数領域に一致する。

この模型上に図-1のように3つの加速度計をセットし、道路建設のための

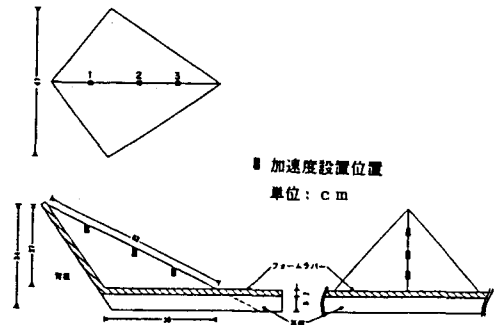


図-1 斜面模型図

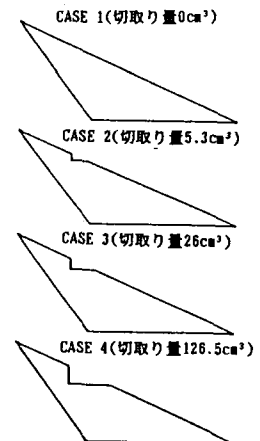


図-2 模型形状

切取りを想定し加速度計"1"から2.5cm下を4段階にわけて図-2に示すように切り取ってゆきそれぞれのケースで振動台による加振をおこなった。入力波は正弦波としその大きさは30gal程度とした。振動数を1Hzずつ変化させながら3つの加速度計で測定を繰り返す。出力加速度が大きい振動数近辺で、小刻みに振動数を変化させピーク時の加速度を測定した。それぞれのケースで尾根方向及び尾根角方向で加振した。

3 実験結果及び考察

図-3、4に実験データ例としてCASE1、CASE4における尾根方向加振の際の結果を示す。これを見ると明らかに振動数が9.5Hz及び15Hzの時に応答性が変化していることがわかる。これらはそれぞれ一次、二次の固有振動数に相当している。この現象は尾根直角方向加振の際にも見ることができた。そこで模型の一次及び二次の固有振動数で整理したものが図-5、6である。図の横軸は切取り量である。これによると尾根直角方向加振では、明らかに2次モードの時の切取り斜面側の増幅が大きいことがわかる。尾根方向加振ではCASE1に対してのCASE3の増幅倍率が切取斜面側の加速度計"1"で4.2倍ともっとも大きく(1次モードも加速度"2"、"3"でそれぞれ1.5、1.3倍。2次モードの加速度計"3"で3.7倍。)、この場合も切取斜面側での増幅が大きいことがわかる。CASE4における加速度計"1"の応答倍率が他に比べて比較的小さいのは、切取りによって加速度計"1"近辺の2次の固有振動数が15Hzから多少変化していると思われるが、測定が15Hzの時のみであったため実際にはもう少し大きい値を取るであろうと思われる。またこれらの図より応答倍率の増幅に切取り量が影響するだけでなく、地震動の方向成分等も影響することがわかる。

4 まとめ

地震時の斜面崩壊が切土斜面に多いことを地震動の増幅現象の面から考えてきた。そして、斜面の形状が道路建設により変化したときその切土斜面での地震応答性は高くなるということがわかった。また、斜面の固有周期と地震動の卓越周期との関係や地震動の斜面に対する方向成分等が影響することがわかった。今後は、斜面傾斜角や尾根角等の影響についても考えていきたい。

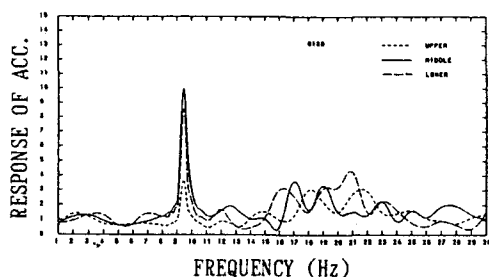


図-3 実験データ例(尾根方向加振、CASE 1)

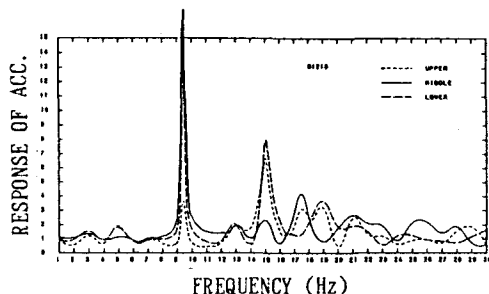


図-4 実験データ例(尾根方向加振、CASE 4)

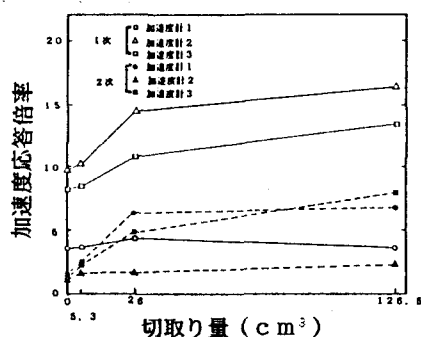


図-5 固有周期時の応答倍率
(尾根方向加振)

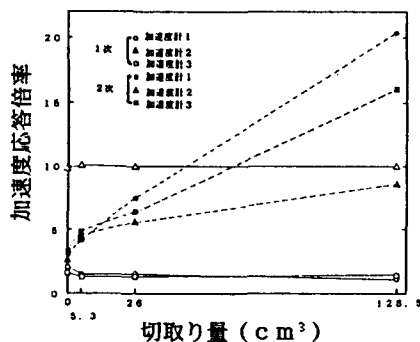


図-6 固有周期時の応答倍率
(尾根直角方向加振)