

(III-40) Newmark 法に基づく乾燥砂斜面の地震時残留変形量の予測

群馬大学 学 ○大庭 悠一
群馬大学 フェロー 鶴飼 恵三
群馬大学 正 若井 明彦

1. 研究目的

本研究では乾燥砂を用いた水平振動台実験を行うことにより、地震時の斜面の表層崩壊について検討を行った。また Newmark 法により残留変位量を予測することでその有効性を検討する。

2. 実験方法

空中落下法により、土槽内に模型地盤を作製した。アクリル板を斜面形状に沿ってあらかじめ差し込んでおくことで、斜面作製を容易に行えるようにした。加速度計は斜面中央に配置した。試料は小名浜砂を用い、三軸圧縮試験の結果、 $\phi=42^\circ$ であった。予備実験によると砂の密度は場所・高さによらずほぼ均一で、平均密度は $1.61 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ だった。図 3-1 は模型地盤の概略図、表 2-1 は斜面形状を示す。入力波形を測定する加速度計は振動台上に設置した。

入力波形は、周波数 5Hz、波数が 10 波の正弦波とし、加速度振幅を 100、300、500、700 (gal) と変化させるステップ加振とした。実験後に斜面上を滑った砂の到達距離（法尻からの距離）を計測した（図 2-2 参照）。

3. 解析値

Newmark 法とは、極限釣り合いから得られる限界加速度に基づき、斜面のすべり変位量を求める方法である。ここで、地震波 $a(t)$ によりすべりが生ずる時の最小の加速度を限界加速度 a_c とする。この時の加速度を地震波の継続時間で積分することによりすべり変位を求める。到達距離 U は次式のように表せる。

$$U = \int_0^{t_0} \left\{ \int_0^{t_0} (a(t) - a_c) dt \right\} dt \quad (1)$$

なお本実験では正弦波を用いるので $a(t)$ 及び限界加速度 a_c は次式となる。なお a_m は振幅、 T_0 は周期である。

$$a(t) = a_m \sin(2\pi t / T_0) \quad (2) \quad a_c(G) = \frac{\tan \phi - \tan \alpha}{1 + \tan \phi \cdot \tan \alpha} \quad (3)$$

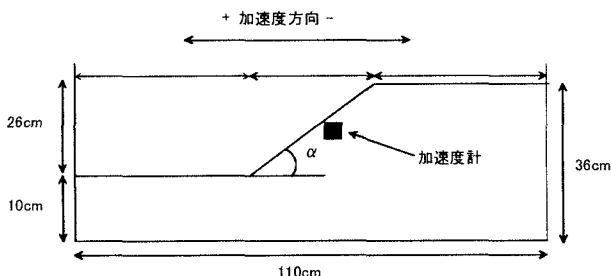


図 2-1 模型地盤の概要

表 2-1 斜面形状

	斜面形状	角度(°)	斜面高(cm)
ケース①	1:1.8	29	26
ケース②	1:1.5	33	26
ケース③	1:1.8	29	15

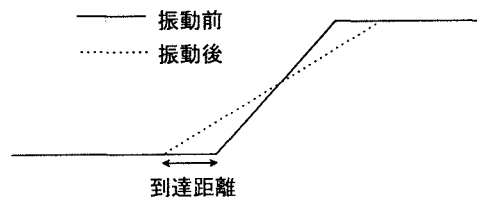


図 2-2 到達距離の測定

キーワード : 地震 斜面安定 変位 乾燥砂 Newmark 法

〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部建設工学科(社 2) tel 0277-30-1624

4. 実験結果と考察

4-1) 斜面高による違い

ケース①とケース③の実験結果を図4-1に示す。斜面の応答がほとんど同じこれらの2ケースでは斜面高が異なっても砂の到達距離はほぼ同じ値となった。限界加速度を求める式(3)には、斜面高 h が含まれていない。つまり、表層破壊における砂の到達距離(水平変位)は、斜面高に依存しないということになる。このことを実験により確認できた。

4-2) 実験値とNewmark 法との比較

ケース①とケース②の実験結果をそれぞれ図4-2、図4-3に示す。ただし、実線は振動台の加速度データをもとにNewmark 法を用いて計算した結果であり、点線は地盤内の加速度データをもとに同様に計算した結果である。

図4-2、図4-3より実験値と解析値はほぼ同じ傾向を示している。ただし、振動台の加速度データを用いた結果よりも地盤内、つまり斜面に近い場所の加速度データを用いた結果のほうが実験値に近い。このことから、斜面内の加速度の増幅を考慮することが望ましい。基盤の入力波形からNewmark 法によって変位を求めると、過小評価になる可能性がある。

4-3) 内部摩擦角 ϕ

Newmark 法を用いる際には限界加速度 a_c の値が重要である。適切な限界加速度を求めるためには、 ϕ の値が正確である必要がある。このことから ϕ の相違が結果に与える影響を検討した。解析結果を図4-4に示す。ただし、ケース①の地盤内の加速度データを用いた。図4-4より内部摩擦角 ϕ が $\pm 2^\circ$ ずれると到達距離の解析値は 700gal で $\pm 3\text{cm}$ 以上もずれることが分かる。これより、変位の解析値が ϕ の変化に対し非常に敏感であることが示された。

5. 結論

- (1) 乾燥砂からなる斜面で斜面内の応答が同じ場合、斜面崩壊による砂の到達距離は斜面高に依存しない。
- (2) 斜面上の加速度波形を用いることで、Newmark 法により砂の到達距離を予測できる。
- (3) Newmark 法による解析値は、砂の内部摩擦角 ϕ の値の大きさに強く影響される。

参考文献

鶴飼恵三(1987)地震時に生じる斜面のすべり変位量の解析, 土質工学会論文報告集, vol. 27, NO. 2, pp. 136-146

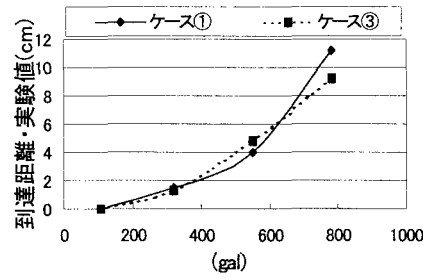


図4-1 斜面高による違い

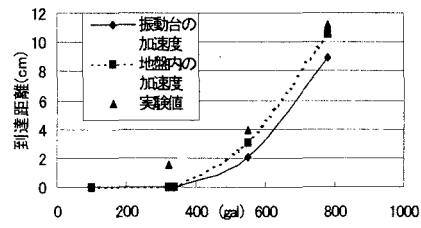


図4-2 ケース①における実験値と解析値

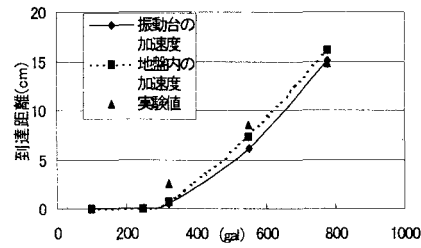


図4-3 ケース③における実験値と解析値

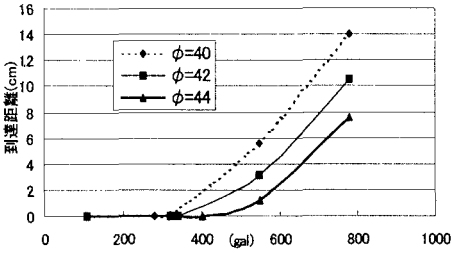


図4-4 内部摩擦角 ϕ の影響