

斜面の残留変形に及ぼす入力地震動の卓越振動数の影響

鳥取大学大学院 学生員 ○佐々木 萌絵
鳥取大学 正会員 小野 祐輔

1. 研究背景と目的

強い地震動が斜面に作用すると、斜面を構成する地盤が非線形化し残留変位が発生する。残留変位の発生に対して、地震動の特性がどのように影響するのか一般性のある知見は得られていない。本研究では、入力地震動を特徴付ける指標の一つである卓越振動数と斜面に生じる残留変形の関係について、2次元弾塑性有限要素法解析を用いて議論した。議論を単純化するため、正弦波を入力地震動として用いた。

2. 解析方法

図1の斜面モデルを対象に2次元弾塑性有限要素法による地震応答解析を実施した。斜面を構成する地盤には、モール・クーロン型弾塑性平面ひずみ要素を用いた。設定した斜面の材料物性値は表1の通りである。比較のため弾性モデルによる解析も実施した。弾性モデルを用いて求めた固有振動数は1次モードが2.05 Hz、2次モードが3.13 Hzであった。減衰は1次モードに対して5%に相当する初期剛性比例型として与えた。図2に入力波形を示す。正弦波に対して前後にテーパ部を置き、振幅が一定の区間を10波分設けた。振幅は1.0 m/s²から6.0 m/s²まで1.0 m/s²刻みで変化させた6ケースを設定した。正弦波の振動数は0.4 Hzから4.0 Hzまで0.2 Hz刻みで10ケースを設定した。入力波を作用させる前の初期応力状態は、重力のみを作用させた静的解析により求めた。解析モデルの底面及び側面は水平、鉛直ともに節点変位を拘束した。入力波は解析モデルの水平方向のみに作用させた。地震応答解析とは別にせん断強度低減有限要素法¹⁾を用いて、各振幅レベルに相当する慣性力を水平方向に対する安全率を求めたところ、表2のようになった。

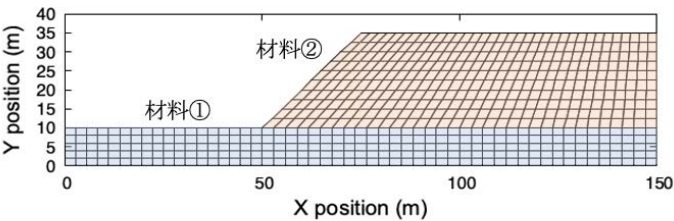


図1 設定した斜面モデル

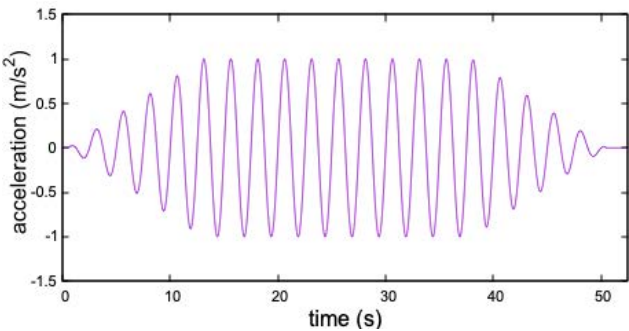


図2 入力加速度波形

表1 斜面モデルの物性値

	材料①	材料②
密度	1.9810 ³ kg/m ³	1.9810 ³ kg/m ³
内部摩擦角	35.0°	35.0°
粘着力	50.0 kN/m ²	25.0 kN/m ²
せん断波速度	360 m/s	180 m/s
ポアソン比	0.364	0.364

表2 入力波の振幅と安全率

振幅 (m/s ²)	安全率
1.0	1.25
2.0	1.16
3.0	1.03
4.0	0.90
5.0	0.81
6.0	0.67

キーワード 有限要素法，地震応答解析，弾塑性モデル，正弦波

連絡先 〒680-8553 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101

鳥取大学工学部社会システム土木系学科地盤工学研究 TEL0857-31-5286

3. 解析結果

入力波の振幅、振動数と法肩部の水平方向の残留変位の関係を図3に示す。残留変位は、図1の右向きを正としているため、負の向きに生じている。入力波の振幅が大きいほど残留変位は大きくなった。また、入力波の振幅を大きくすると、残留変位が最大となる振動数が低下した。これは、斜面モデルの固有振動数が非線形化によって低下したためだと考えられる。入力波の振幅が 6.0 m/s^2 のケースでは、斜面モデルの固有振動数より入力波の振動数が低い側において、入力波の振動数の低下に伴って残留変位は減少する（図3のcからb）後、再び増加に転じている（図3のbからa）。これは、入力波の卓越振動数が斜面の残留変位に及ぼす影響として注目すべき現象であると考え、今後詳しく考察する予定である。

図4に入力加速度 6.0 m/s^2 、振動数 $0.4, 0.8, 1.4, 2.0, 3.0, 4.0 \text{ Hz}$ のケース（図3丸印）における斜面モデルの残留変形を示す。この図では、各ケースにおいて、各節点の残留変位の最大値が 10 m として表示されるように正規化している。斜面の変形形状は、入力波の振動数が斜面の固有振動数より小さい場合はほぼ同じであるのに対し、入力波の振動数が斜面の固有振動数よりも大きい場合には、振動数によって法面の形状と大きな変形が発生する領域が異なった。なお、境界条件が結果に及ぼす影響を確認するために、斜面モデルの側面を水平固定、鉛直フリーとした解析も実施したところ、これらの結果に大きな違いはなかった。

4. まとめ

本研究では2次元弾塑性有限要素法解析を実施し、入力地震動の卓越振動数が斜面モデルの残留変形に及ぼす影響について調べた。今後は、実際の観測記録や模擬地震波を用いた解析を行い、入力地震動の特性が斜面モデルの変形に及ぼす影響について詳細に調べる予定である。

参考文献

1) 田中忠次他，地盤の三次元弾塑性有限要素解析，pp.112-113，丸善，1996。

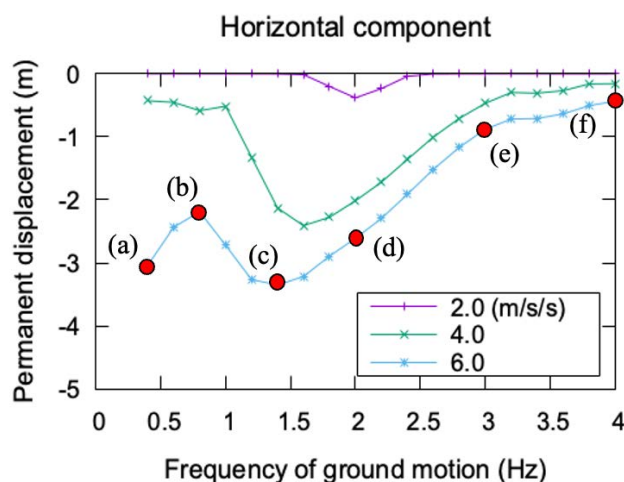


図3 入力波の振幅、振動数と法肩部の水平方向の残留変位の関係

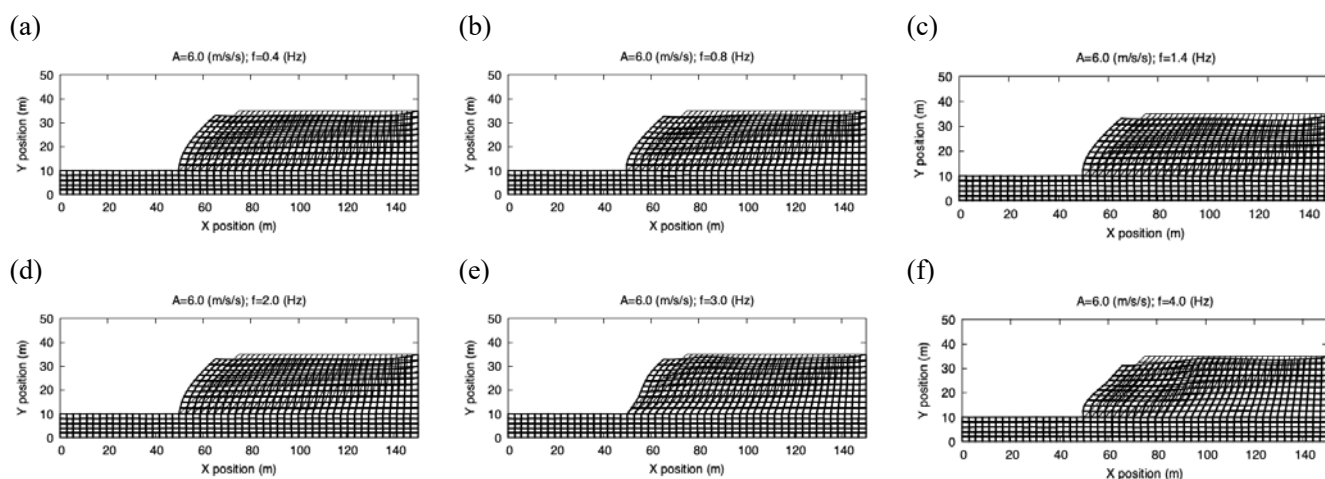


図4 斜面モデルの残留変形