

地震動の振動数が斜面の崩壊過程に与える影響の SPH 解析を用いた検討

鳥取大学 学生会員 ○佐々木 萌絵
鳥取大学 正会員 小野 祐輔

1. はじめに

従来、地震時応答解析手法として広く用いられてきた有限要素法はメッシュ依存型の解析手法であるが故に、解析対象が大きく変形する問題への適用が容易でない。そのため、新たな地震時応答解析手法としてメッシュの作成が不要な Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法が注目されている。しかし、未だ SPH 法を土構造物の地震時応答解析に適用させた研究事例は少なく、更なる知見を集積する必要がある。そこで、本研究では、既往研究で用いられた砂質盛土斜面を対象に SPH 法による地震時応答解析を行い、入力地震動の振動数が斜面の崩壊過程に及ぼす影響について検討した。

2. 解析方法と解析モデル

SPH 法は、粒子法の一つであり、連続体を多数の粒子の集合とみなして近似的に計算を行う解析手法である。大変形問題を容易に取り扱えることから、主に流体解析の分野で用いられている。近年では、構造解析をはじめとした他の様々な分野への応用も進められている。

本研究では、大津ら¹⁾の実験で用いられた砂質盛土斜面モデルを対象に SPH 法による地震時応答解析を実施した。斜面モデルは 図-1 に示すとおりである。粒子の初期配置は正方形配置とし、粒子間隔を 1.0m、影響半径を 2.6m、斜面の総粒子数を 2423 個とした。

本解析では、入力加速度波形の最大振幅を 5.0 m/s^2 、振動数を 0.6Hz, 1.2Hz, 2.4Hz, 3.6Hz, 4.8Hz とした計 5 種類の入力地震動を用いた。なお、1 ステップの時間間隔は 0.01 秒、各ケースにおける波数は 72 波となるように継続時間を調整して解析を実施した。使用した入力地震動を 図-2 に示す。この図では、入力地震動の継続時間に振動数を掛けることで横軸を無次元時間としており、この波形は全てのケースで共通である。この図の横軸を各ケースの振動数で除すると実際に入力する地震動の時刻歴になる。また、これらの地震動を入力する前に、解析モデルに重力のみを作用させた解析を解析開始から 10 秒間行うことで初期応力状態を設定した。地震動は解析モデルの水平方向のみに作用させた。

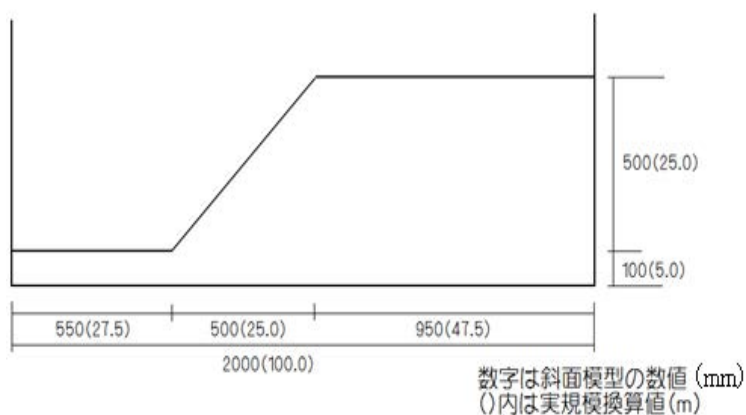


図-1 斜面モデル

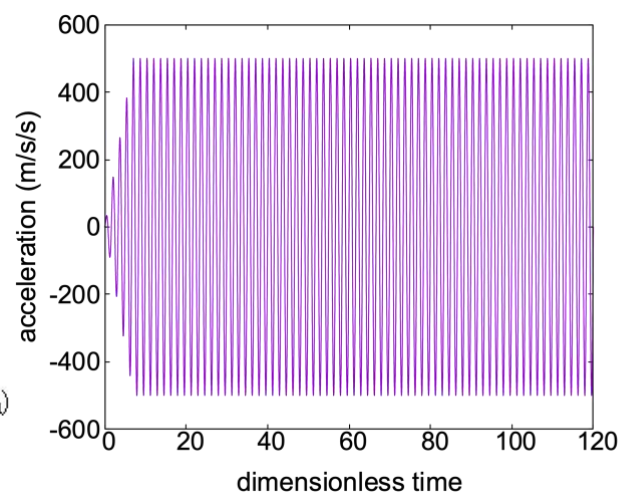


図-2 入力地震動

キーワード 数値解析, SPH 法, 斜面崩壊, 入力地震動

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院

TEL 0857-31-5291

3. 結果と考察

図-3 に初期状態の SPH 粒子の配置と各ケースにおける斜面の最終変形状態を示す。これらの図では、ケースごとに粒子を初期状態からの水平変位を解析終了時の最大水平変位で正規化した値 (dimensionless displacement) で色分けしている。最終的な斜面の崩壊形状やすべり面の発生位置は各ケースで異なった。入力地震動の振動数が小さいほど斜面は大きく変形した。

次に、法肩の粒子に着目し、入力地震動の振動数と最終変位量および入力地震動に対する加速度応答倍率の関係を図-4、図-5 に整理した。図-4 によると、斜面の最終変位量は水平成分、鉛直成分ともに入力地震動の振動数が小さいほど大きくなった。図-5 によると、入力地震動に対する加速度応答倍率は、斜面の水平成分、鉛直成分ともに入力地震動の振動数が 3.6Hz のケースで最も大きくなった。このように本解析の結果では、入力地震動に対する加速応答倍率と最終的な斜面の累積変位量の間には明確な対応が見出せなかった。

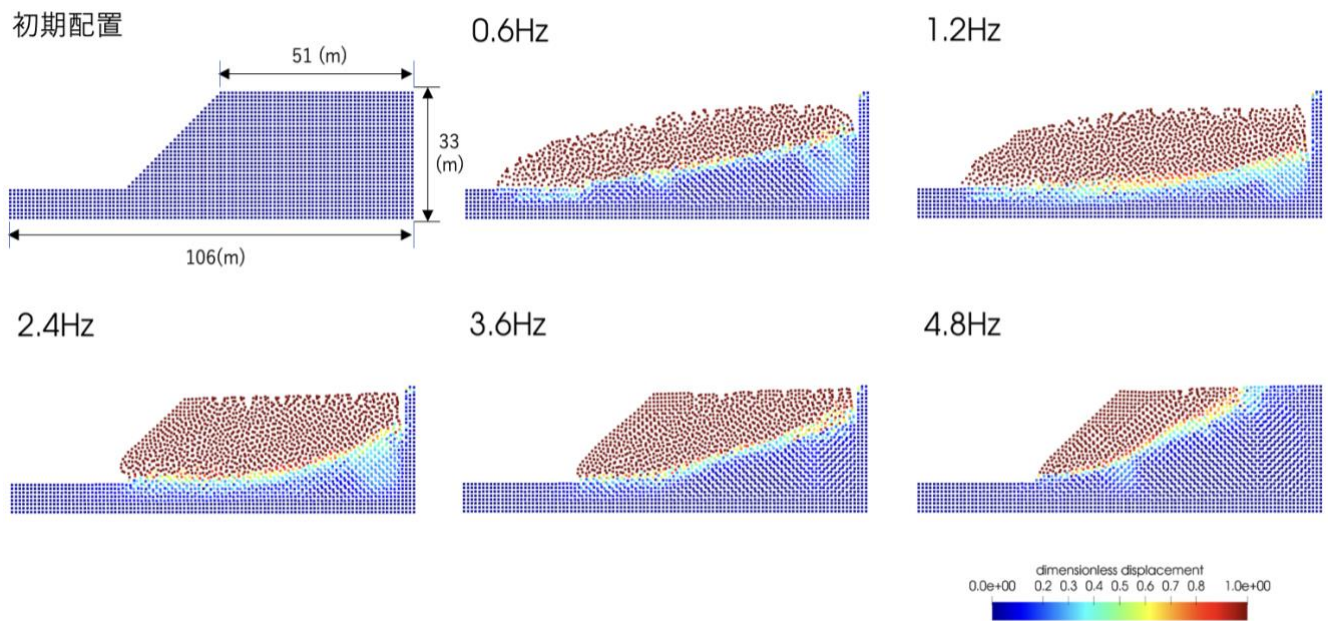


図-3 斜面の初期配置及び最終変形状態

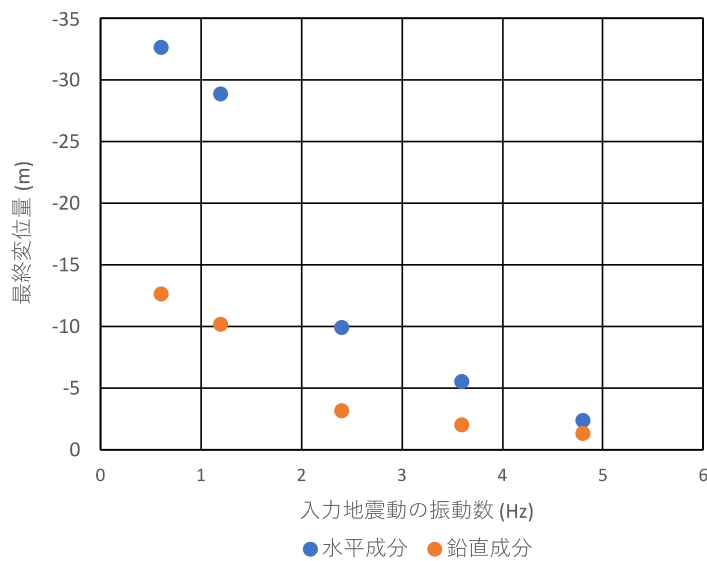


図-4 入力地震動の振動数と最終変位量(法肩)の関係

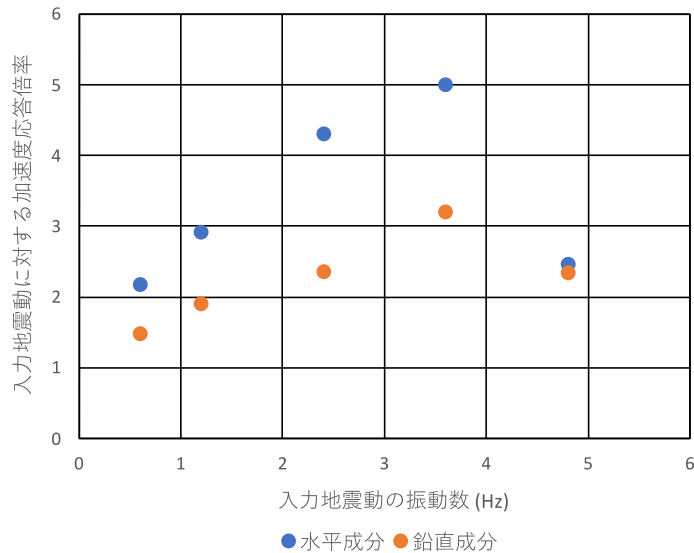


図-5 入力地震動の振動数と入力地震動に対する加速度応答倍率(法肩)の関係

4. まとめ

本研究では、既往研究で用いられた斜面モデルを対象に SPH 法による地震時応答解析を行い、入力地震動の振動数が斜面の崩壊に及ぼす影響について考察した。その結果、以下に挙げる知見が得られた。

1. 入力地震動の振動数の変化は、斜面の累積変位量に影響を与えることがわかった。
2. 本解析では、最終的な斜面の累積変位量と入力地震動に対する加速度応答倍率の間に明確な対応はみられなかった。

入力地震動が斜面の崩壊に及ぼす影響についてより詳細に調べるためには、今後の課題として、入力加速度波形の振幅の値を変化させて解析を行うことや解析の事例を増やすことが挙げられる。また、本研究では明らかにすることができなかった入力地震動に対する加速度応答倍率と斜面の累積変位量の関係についても検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 大津仁志, 曾良岡宏, 北爪貴史, 佐藤正行, 中瀬仁, 伊藤浩二: 地盤材料の異なる斜面の地震時崩壊機構と変位量評価の適用性に関する相違, 降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム, 2009.
- 2) 小野祐輔, 西田真悟, 清野純史: SPH 法による土構造物の弾塑性解析, 応用力学論文集, Vol.9, pp.717-723, 2006.
- 3) 小野祐輔: SPH 法による斜面の地震応答と崩壊挙動の解析, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.9, pp.I_650-I_660, 2013.
- 4) 小野祐輔: 地震時の進行型斜面崩壊を対象とした SPH 解析, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.75, pp.I_770-I_777, 2019.
- 5) 地盤工学会: 地盤工学における数値解析入門, 社団法人地盤工学会, pp129-137, 2000.