

第Ⅲ部門

遠心模型実験による水分量の異なる不飽和道路盛土の振動台実験

京都大学大学院 学生会員 ○土井達也  
 京都大学大学院 正会員 肥後陽介  
 京都大学大学院 フェロー 岡二三生  
 京都大学大学院 正会員 木村 亮  
 京都大学大学院 正会員 木元小百合  
 京都大学大学院 学生会員 李 忠元

1. はじめに

2007年能登半島地震や、2004年新潟県中越地震では山岳道路盛土に多大な被害が生じた。これらの地震では降雨後に地震が発生し、また被害を受けた盛土の多くが集水地形を埋め立てて造られたものであったため、水分の浸透によって盛土の崩壊が生じた可能性が指摘されている<sup>1)2)</sup>。しかし、不飽和盛土内の水分量の変化が地震時安定性に与える影響については、国内外で研究例は少ないのが現状である。本研究では、盛土および盛土基礎地盤内の水分量の増加が盛土の地震時安定性に与える影響を検証するため、初期含水比の異なる不飽和盛土および浸透を考慮した不飽和盛土について動的遠心模型実験を行った。

2. 実験概要

実験は含水比、浸透の有無をパラメータとして、50gの遠心場で6ケース実施した。実験条件を表-1に、模型断面および計測器の配置を図-1にそれぞれ示す。盛土および盛土基礎地盤は、一部道路として供用されている淀川堤防砂(D<sub>50</sub>=0.29mm, ρ<sub>s</sub>=2.661g/cm<sup>3</sup>, w<sub>opt</sub>=13.7%, 締めめ試験によるρ<sub>dmax</sub>=1.861g/cm<sup>3</sup>)を突き固めて作製し、D<sub>c</sub>=90%とした。Case 1では最適含水比以下、Case 2では最適含水比付近の不飽和盛土を想定しており、Case 3, Case 4では最適含水比を超える含水比の不飽和盛土を想定している。これらは降雨などで盛土内の水分量が増加した場合を単純化して模擬したものである。Case 5では地下水水位の上昇を想定して底面からの浸透を1g場で、Case 6では地山からの浸透を想定して側面からの浸透を50g場で行った。浸透流体としては水の粘性の50倍のメトロース水溶液を使用した。図-2に底面からの浸透、側面からの浸透の機構を示す。図-3にCase 5, 6における加振直前の水位を間隙水圧値から推定したものを示す。加振波形としては、プロトタイプ換算で周波数1Hz、振幅150mmのテーパー付正弦波を用いた。

3. 実験結果

実験結果はすべてプロトタイプ値で示した。表-2にCase 1, Case 3, Case 4, Case 5, Case 6における天端の沈下量を示す。含水比の高いケースや、水分の浸透のあるケースでは天端の沈下量が大きい結果となった。これは、盛土内の水分が多いほど、サクションが弱くなり、盛土の強度および剛性が低下するためであると考えられる。

表-1 実験条件

| ケース    | 含水比   | 浸透           |
|--------|-------|--------------|
| Case 1 | 12.6% | なし           |
| Case 2 | 13.7% |              |
| Case 3 | 17.5% |              |
| Case 4 | 18.0% |              |
| Case 5 | 15.0% | 1g場, 底面から浸透  |
| Case 6 |       | 50g場, 側面から浸透 |

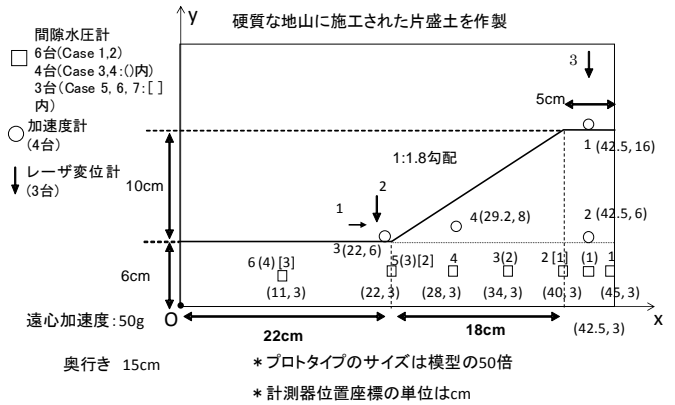


図-1 模型断面および計測器の配置

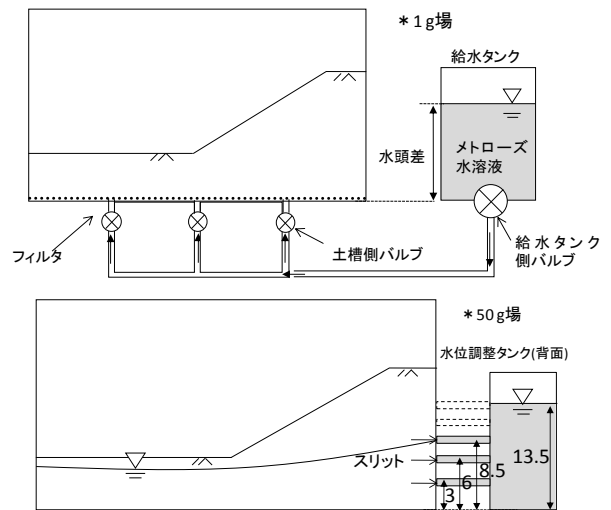


図-2 底面からの浸透、側面からの浸透の機構

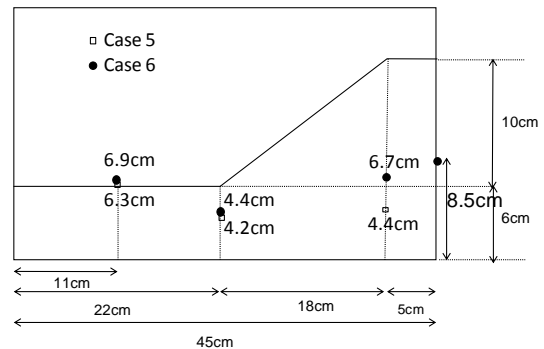


図-3 Case 5, 6における加振直前の水位(模型における値)

表-2 Case 1, 3, 4, 5, 6における天端の沈下量

| ケース             | 天端の沈下量(mm) |
|-----------------|------------|
| Case 1(w=12.6%) | 3.2        |
| Case 3(w=17.5%) | 105.3      |
| Case 4(w=18.0%) | 750.0      |
| Case 5(底面から浸透)  | 7.9        |
| Case 6(側面から浸透)  | 14.0       |

図-4に Case 3, Case 4, 浸透ケース(Case 5, 6)における変形モードを示す。なお、破線が加振後の盛土の形状である。Case 3に比べて含水比の大きい Case 4ではより大規模な変形が生じていることが分かる。また、浸透ケースでは盛土全体が沈下する挙動を示した。

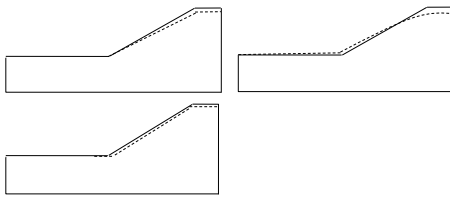


図-4 変形モード(左上 Case 3, 右上 Case 4, 左下 浸透ケース) 破線が加振後の盛土の形状

図-5は Case 2, Case 3, Case 5の天端における加速度応答スペクトル伝達関数を示したものである。含水比が高いケースや浸透を行ったケースでは、剛性の低下に伴って固有周期がより大きくなっていることがわかる。また、入力加速度が天端で増幅されていることがわかる。

図-6は Case 2, Case 3, Case 6の天端下における間隙圧の計測結果である。ただし空気圧と水圧の平均的な間隙圧であり、加振時の間隙圧を 0kPa としている。Case 2では間隙圧の発生が少ないが、Case 3, Case 6では加振に伴って間隙圧が上昇した。これは Case 3, Case 6の方がより基礎地盤内が飽和に近いためであると考えられる。

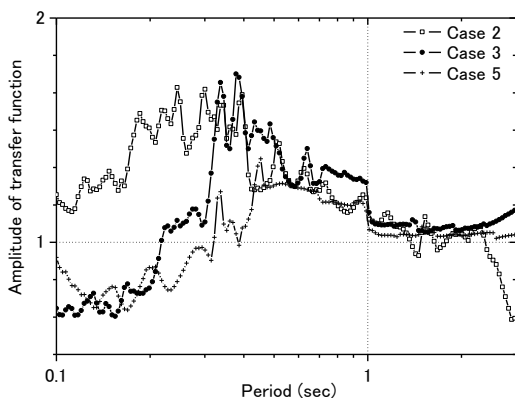


図-5 Case 2, Case 3, Case 5の天端における加速度応答スペクトル伝達関数

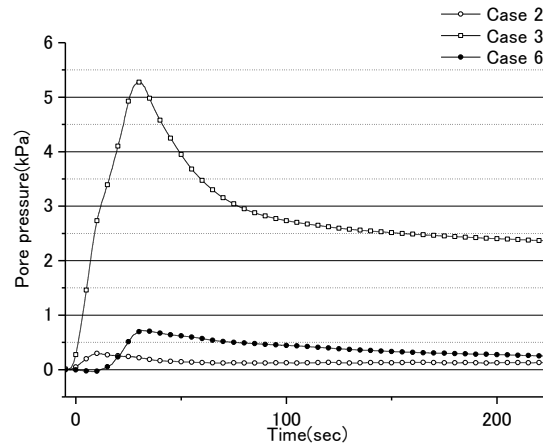


図-6 Case 2, Case 3, Case 6の天端下における間隙圧の計測結果

#### 4. まとめ

初期含水比の異なる不飽和盛土および、浸透を行った不飽和盛土に対して動的遠心模型実験を行った。その結果、盛土の含水比が最適含水比を超える場合や、盛土への浸透がある場合は、地震時の変形量が大きくなり、基礎地盤内で間隙圧が発生することを確認した。

今後は、盛土への浸透後、水位が低下した場合について動的遠心模型実験を実施する必要がある。

#### 謝辞

本研究は、「平成 21 年度国土交通省道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の一部として実施された。記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人土木研究所, 独立行政法人建築研究所:平成19年(2007年)能登半島地震被害調査報告, pp. 102-183, 2007.
- 2) 国土交通省 国土技術政策総合研究所, 独立行政法人土木研究所:平成16年(2004年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告, pp. 157-236, 2004.