降雨の影響を受けた傾斜地盤上の盛土の振動台実験

- (その2) 盛土崩壊機構の解明-

| 鉄道総合技術研究所 | 正会員 | ○松丸 | 貴樹 | 須賀 | 基晃 |
|-----------|-----|-----|----|----|----|
| 徳島大学      | 正会員 | 渦岡  | 良介 |    |    |

10

[kPa]

10<sup>2</sup>

10

10

10

土中米のポーンシャー

蒸気圧法

加圧法

吸引法

## 1. はじめに

近年多発する地震災害では、山間部に位置する盛土に被害が生じる事例が多くあるが、2004年新潟県中越地震での盛土の被災事例<sup>1)</sup>のように、地震直前の降雨が被災要因となっている可能性が指摘されている。本研究では、透水性の異なる傾斜地盤上に模型盛土を構築し、降雨散水を与えた後に加振を行う実験を行った。本稿では、加振直前の飽和度分布や水位線の形成状況と変位や間隙水圧の経時変化に基づいた盛土の破壊機構を示す。

## 2. 実験条件

実験条件は,文献 2)に詳しく記載しており,詳細は割愛し,以下要点のみ示す。 盛土の構築には稲城砂を用いた。盛土構築時の密度(ρ<sub>d</sub>=1.11g/cm<sup>3</sup>)で飽和透水係 数を室内透水試験(定水位法)によって求めたところ,1.86×10<sup>4</sup>m/s であった。また, 脱水過程での水分特性曲線を把握した。その結果を図1に示す。さらに,繰返し非 排水三軸試験を実施したところ,繰返し回数20回で両振幅軸ひずみが5%となる応 力比は *R*<sub>120</sub>=0.119 となった。

盛土の形状・計測機器の配置は図2に示す通りである。この中で、間隙水圧計に

ついてはセラミックフィルターを取り付けてお り,不飽和土の領域においても間隙水圧の変動 を計測できるようにしている。

実験は支持地盤の透水性を変えて 2 ケース行 い, Case1 は透水性地盤, Case2 では不透水性地 盤としている。降雨散水後, 5Hz の正弦波(20 波)を用いて加速度振幅を段階的に上昇させ, 盛土が崩壊に至るまで加振を行った。

## 3. 実験結果および考察

(1)加振直前の盛土の含水状況 加振直前における飽和度の分 布と,間隙水圧計の値から想定された盛土内の水位線位置を図 3に示す。盛土作成時の飽和度は24%程度であり,盛土全体 で飽和度が上昇し,特に支持地盤との境界面で高い飽和度とな っている。一方,間隙水圧については,図2中のPW07・09に おいて,散水開始前には負圧を示していたが,散水とともに間 隙水圧は上昇し加振直前には正の値となり,例えばPW09では 8kPaを越える値を示していた。このことからCase2では図3(b) に示すように加振前にのり先付近で水位線が形成され,静水圧 以上の間隙水圧が発生しているものと考えられる。一方,Case1



図2 構築した盛土形状と計測機器の配置



図3 加振直前の飽和度分布と想定される水位線位置

では間隙水圧の上昇は見られるものの,正圧を示すものはなく,水位線は形成されていないと考えられる。 (2)変位・間隙水圧・加速度の経時変化 Casel・2 それぞれ 400gal 加振時に着目し,加速度応答,盛土内の間隙水 圧,盛土のり肩での変位の時刻歴を図4に示す。出力した計測機器位置は図2の配置に示す通りである。なお,間 隙水圧は加振前に不飽和状態にあり,加振中に間隙水圧の変動が見られた箇所の経時変化を示しており,両ケース

キーワード 盛土,傾斜地盤,降雨,振動台実験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

で出力位置が異なることに 注意されたい。また,変位 の時刻歴は画像解析に基づ く天端近傍の標点の経時変 化を示している。Case2 で は加振中に標点の追跡がで きなくなったため,のり面 付近に位置する標点の変位 も併せて示している。

全体的な傾向として,文 献2)に示すようにケース間 で加速度応答や変位量に違 いが見られる。変位の経時 変化に着目すると,Casel では加振終了後速やかに変



位の進行が停止するのに対して、Case2では加振終了後もしばらくの間変位が増加し続けている。(1)で示した水位 線の形成の有無が大きく影響していると考えられ、Case2では土が局所的に流動化している可能性が想定される。

一方,間隙水圧の増分の経時変化には大きな違いは見られない。両ケースともに,不飽和領域において間隙水圧 が増加しており,有効応力の減少が生じているものと想定される。ただし,著しく大きな正圧は発生しいていない。 間隙水圧は加振後直ちにではなくしばらくしてから増加を開始している。別途画像解析によりせん断ひずみの発達 過程を確認したところ,両ケースともに0.2~0.3秒付近で大きなせん断ひずみが発生していた。このことから,入力 動による慣性力の影響を受け,盛土に変形が生じるとともに,間隙水圧が増加したものと考えられる。

また,間隙水圧がCase1では加振開始後約0.8秒付近で,Case2では約1.2秒付近でその上昇が頭打ちとなっているこ とがわかる。これまでに実施した浸透水や降雨散水を与えた水平地盤上の盛土の加振実験<sup>3),4)</sup>では,加振中に間隙水 圧が継続的に増加しており,このような挙動は見られなかった。Case1では間隙水圧の増加が停止した後も,盛土の 天端を中心に加速度応答が増加する挙動を示していることから,盛土内で液状化が発生するようなことはなく,加 振中に土要素がせん断破壊に至ったものと考えられる。一方,Case2では間隙水圧の増加が停止した時点を境として, A04・05の加速度応答が増幅から減衰挙動に移行している。加振開始以降で間隙水圧は上昇したものの負圧を示し ていることから,これらの間隙水圧計位置で液状化に至ったとは考えにくい。図中には水位線以下のPW07の間隙水 圧についても示しているが,加振前から正圧を示しており,その値は静水圧を越えていることから,加振前に既に 極めて液状化に近い状態にあったものと想定される。のり先付近で液状化が発生することで,不飽和領域では水平 方向の拘束が緩くなり間隙水圧の上昇が頭打ちとなった可能性が考えられる。これらの破壊メカニズムの解明は, 解析的検討も含めて,今後より詳細検討が必要となると考えられる。

## 4. まとめ

傾斜地盤上に位置する盛土に降雨散水を与え加振を行ったところ,支持地盤の透水性の違いによって飽和度分布 には大きな違いはなかったものの水位線の形成状況が変わり,加振による盛土の破壊形態が大きく異なるものとな った。各計測機器の経時変化を見ると,盛土の変形とともに間隙水圧が上昇する過程は両ケースで同様であったが, その後の挙動が大きく変わることが示唆された。今後は解析的な検討も含めた挙動の解明を進める予定である。

**参考文献** 1)社団法人地盤工学会:道路・鉄道土工構造物および造成盛土,新潟県中越地震災害調査委員会報告書,pp.143-293, 2007. 2)須賀基晃,松丸貴樹,渦岡良介:降雨の影響を受けた傾斜地盤上の盛土の振動台実験-(その1)実験条件と盛土の破壊 形態,加速度応答-,第67回土木学会年次学術講演会講演概要集,2012.(投稿中) 3)T. Matsumaru, K. Kojima, M. Tateyama, K. Watanabe and H. Watanabe: Calculation method for residual displacement during earthquake for embankment affected by seepage water, Proceedings of 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2009. 4)礒野純治,松丸貴樹,小島謙-, 舘山勝:第63回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2008.