

遠心力場での振動実験による不飽和盛土の崩壊機構に関する研究

日本大学 学生会員 ○計良 知宏
日本大学 小林 宏光
日本大学 正会員 中村 晋

1. はじめに

近年発生している地震による河川堤防などの盛土被害の中には降雨が原因となる被害も認められており、雨の影響を考慮した場合の盛土の破壊機構を把握することが重要である。そこで、本研究は盛土などの土構造物が不飽和状態にあるときに震動が加わった場合、土構造物の飽和度が土構造物にどのような影響を与えるかを検討したものである。30G の遠心力場で複数のケースを対象に振動実験を行い、加速度、間隙水圧と崩壊形態との関係を検討したものである。

2. 実験方法

2.1 実験モデル

想定する実地盤モデルは、盛土、支持層、基盤層で構成されている。盛土は、高さ 6.0m、天端幅 3.0m、法面角度が 30° の台形形状である。支持層の厚さは 6.0m、5.1m (Case 5, 7 の場合) である。実験は、遠心加速度 30G 場で実施するので、模型モデルの寸法は図 1 に示すように実スケールの 1/30 となる。

2.2 実験条件および地盤材料

実験は支持地盤や盛土材料、地盤内の水位、盛土の飽和度の条件を変え、8 ケース行った。ケース 3, 4, 7, 8 は盛土内を不飽和状態とするため、対象位置まであらかじめ水にメトローズを混ぜた粘性流体 (粘度 38.5mPa) を張っておき、遠心加速度を上げながら水を抜くことにより作成した。地盤材料は、基盤層がセメント改良土 (7 号珪砂 + セメント)、支持層が砂 (4 号珪砂: ケース 1, 3, 7 号珪砂: ケース 5, 7) とセメント改良粘土 (粘土 + セメント: ケース 2, 4, 6, 8)、盛土部は砂 (8 号珪砂: ケース 1~4) と砂と粘土 (8 号珪砂 + 粘土: ケース 5~8) を混ぜ合わせたものを使用した。図 1 に作成したケース 5, 7 の模型断面図を示す。

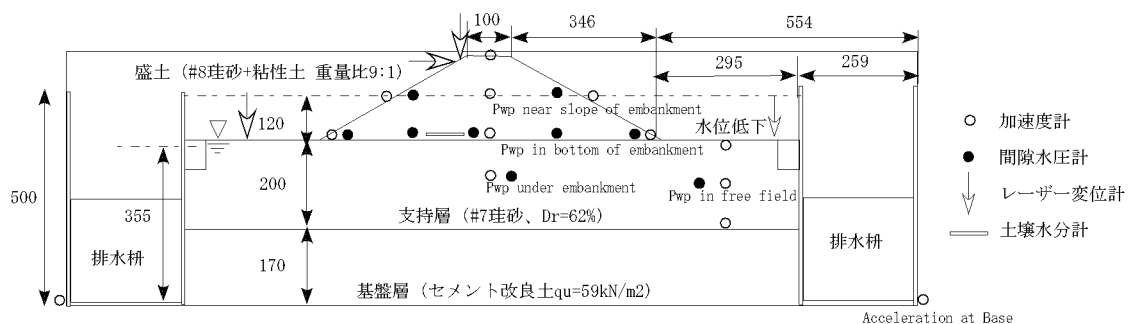


図 1 模型断面図 (ケース 5, 7)

2.3 加振条件および計測方法

加振は、実地震波を用い、その振幅を変化させながら段階的に実施した。実地震波による加振の前後には、ランダム波加振も合わせて実施した。加振に用いた実地震波は、2003 年に発生した宮城県北部地震の成瀬川河口付近で観測された記録の NS 成分である。盛土、支持地盤の応答を計測するため、地盤内に加速度計、間隙水圧計、盛土法肩部の水平・鉛直変位、支持地盤地表面の鉛直変

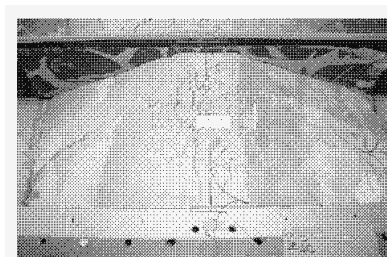


写真 Case5

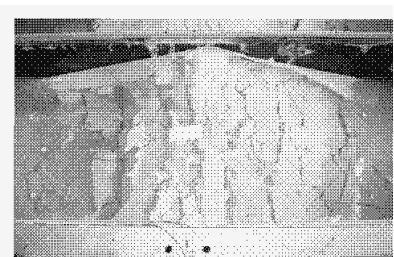


写真 Case7

位を測定するために変位計測レーザー変位計,盛土内の含水比の測定を行うために,図1に示すように土壌水分計を配置した。

3. 実験結果

3.1 盛土の破壊性状

砂地盤上の盛土の地震応答に及ぼす盛土内に含まれる水分の影響を比較するため,ケース5および7に着目し,加震後の破壊性状の比較を写真1,2,図2,3に示す。両ケースの破壊形態は異なり,支持地盤のみが飽和しているケース5では盛土の天端に亀裂が生じているものの全体が沈下し,盛土は加震前の形状を留めている。ケース7では加震中に盛土天端や法面に亀裂が生じ,すべり破壊が生じた。特に,右側の法面では加震後にゆっくりとした法面のすべり破壊が生じ,加震前の形状をほとんど留めていない。これは盛土内部の間隙水圧上昇による盛土の強度低下が原因であると考えられる。この破壊性状の差異は,盛土内に含まれる水分の有無の影響であると考えられる。

3.2 盛土および支持地盤の応答性状

図4にケース7の入力加速度(Acceleration at Base),盛土内部(Pwp near slope of embankment),底部(Pwp near bottom of embankment)及び支持層部(Pwp in free field)の過剰間隙水圧の波形を示す。また,図4より盛土内部の過剰間隙水圧は加震時に上昇し,加震終了後に減少している。しかし,約80秒から再度上昇している。この時刻は加震終了後に,盛土の右側の法面でゆっくりとしたすべり破壊が生じた時間と対応している。盛土底部では加震時に過剰間隙水圧が上昇し,僅かに減少した後,一定の値を保っている。盛土側方の支持層部では過剰間隙水圧の増加が観測された。これより,地震時に生じた過剰間隙水圧の土中内分布による動水勾配により,盛土内に間隙水が流入している可能性があるといえる。その結果,盛土内部の過剰間隙水圧が上昇し,盛土の強度が低下したものと考えることができる。図5はケース5,7の盛土側方の支持層内(Free field)及び盛土直下の支持層内(under embankment)の過剰間隙水圧の波形を示したものである。盛土側方の支持層内ではケース5,7共に同程度の過剰間隙水圧の上昇が観測された。しかし,盛土直下の支持層内の過剰間隙水圧はほとんど増加していない。これは上載圧が高いため過剰間隙水圧の上昇が抑えられたのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究により,盛土の崩壊には支持層部の過剰間隙水圧上昇による強度低下よりも,盛土部に含まれる間隙水の過剰間隙水圧上昇による盛土の強度低下が大きな影響を与えると考えられる。この結果より,盛土に含まれる水分量によっては小さな地震動でも崩壊に至る可能性があるといえる。このことから,降雨後に盛土が不飽和状態にある場合の地震の発生も想定し,河川堤防などの地震対策を講じることが重要である。なお,本研究は平成18年度京都大学防災研究所一般共同研究「降雨後の土構造物の地震時変形に起因する2次災害の定量的評価手法の構築」の補助を得たことを記して感謝の意を表します。

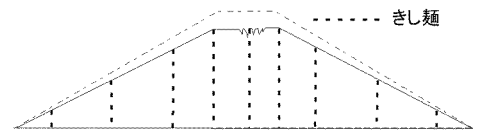


図2 ケース5の最終断面性状

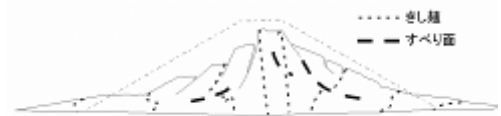


図3 ケース7の最終断面性状

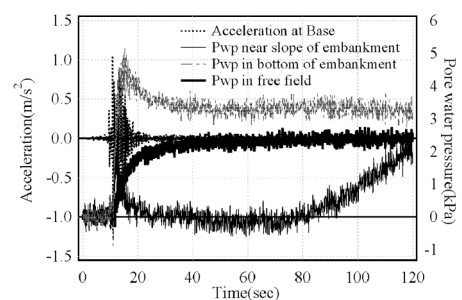


図4 ケース7における加震時の過剰間隙水圧波形

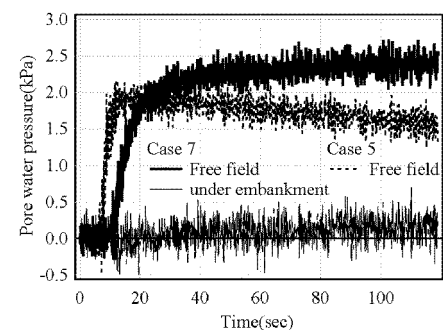


図5 ケース5,7における支持層・盛土直下の過剰間隙水圧波形