

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19710156
 研究課題名(和文) 大地震時における液状化地盤の変形メカニズムと変形量予測に関する研究
 研究課題名(英文) Study on deformation mechanism of liquefied ground

研究代表者
 飛田哲男(TOBITA TETSUO)
 京都大学・防災研究所・助教
 研究者番号：00346058

研究成果の概要：

本研究で実施した遠心模型実験より、盛土底部の拘束圧の高い領域では周辺地盤が液状化しても、間隙水圧比が小さく完全に液状化しないことがわかった。地盤内に不均質な領域が形成されていることを、ポイリングによる簡易実験により確認した。今回実施した実験的研究により、地盤内に形成された不均質性が盛土等の地盤構造物の変形挙動に大きな影響を与える可能性があることがわかった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	330,000	2,730,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学

キーワード：地盤災害

1. 研究開始当初の背景

近年、土木構造物の設計においては、目標性能を明示する設計(性能設計)が一般的になりつつある。この設計手法は、目標性能を満たすことが保証される限りどのような設計を行っても良いというものであり、設計における自由度が大きいことが利点である。また、従来の応力に基づく設計法などと比較すると経済的な設計となる場合が多く、今後わが国のみならず世界的にも土木構造物の設

計法の標準になりつつある。一般の土木構造物における上部構造物については、この設計手法がいち早く取り入れられている(ISO3010, 2001)。

しかし、大地震時に地盤と構造物が相互作用する地中構造物、非線形性の大きな土構造物については現象が複雑であるため現段階では性能の照査が難しく、その適用が遅れている(ISO23469, 2005)。性能設計法において最も重要な点である設計の照査法につい

ては、構造物の重要度に応じて、主として経験的な手法による「簡易法」(例えば、風間ら、1996; 安田ら、1999)や有限要素法などによる「詳細法」が適用される(例えば、Iai et al 1992)。本研究で対象とする盛土構造物に関しては、多くの被災事例や模型実験などから経験的に求めた沈下量の簡易推定式が提案されている(例えば、Finn 2000)。また、有限要素法による詳細解析法の妥当性を検証するための研究も精力的に行われてきている。しかし、実務では依然として力の釣り合いによる安全率に基づき設計がなされているのが実状である。

2. 研究の目的

本研究は、液状化地盤の変形メカニズムに基づいた精度のよい簡易な変形量予測法を提案すると同時に、わが国主導で国際標準化に取り組んでいる上記設計法に資する成果を得ることを目的とする

3. 研究の方法

京都大学防災研究所現有の遠心力載荷装置を用いた模型振動実験

遠心力載荷装置とは、縮小模型に対し高い遠心力を与えることで実物に近い地盤内応力状態を作り出すことが可能な大型実験施設である。実験対象とする土構造物は盛土構造物の横断面とし、その縮尺を50分の1とする。したがって用いる遠心加速度、すなわち模型に加わる重力加速度は50Gとする。液状化地盤上に実際に盛土模型を構築することにより、下部地盤に上載荷重を加えるものとする。遠心力載荷装置による模型実験は、地盤内応力分布を詳しく検討しようとする本研究においては不可欠である。

模型作成に使用する砂は珪砂とし、液状化過程を縮小模型で再現するために、粘性を水の50倍に高めた流体(メトロース)を使用する。

大地震時を模擬するため、模型を設置する土槽を遠心力載荷装置のプラットフォームに取り付けられた振動台に載せ、正弦波および地震波で横断面と平行方向に加振する。実験ケースは、上載荷重を3段階に変化させ、それぞれに対し正弦波の入力加速度の最大値を3段階に変化させた場合(計9ケース)と、地震波を模擬する非定常波の入力加速度の最大値を2段階に変化させた場合(計6ケース)の合計15ケース行うものとする。

本研究を遂行する上での工夫としては、振動中に発生する過剰間隙水圧を計測するための超小型水圧計(SSK社製P306型間隙水圧計)を上載荷重直下の地盤及び自由地盤部に密に配置し(12点)、くさび状の非液状化領域(過剰間隙水圧の低い領域)が、液状化地盤(過剰間隙水圧の高い領域)に貫入する様

子を間接的に捉える。さらに、過剰間隙水圧の計測値から室内実験により非液状化および液状化地盤の剛性を推定する。

液状化および非液状化地盤のせん断剛性を評価するための圧密非排水三軸試験

遠心模型実験により得られる、非液状化領域及び液状化領域の過剰間隙水圧の値と対象とする地盤深さに応じた拘束圧による圧密非排水三軸試験を行い、せん断剛性およびせん断強度を求める。試料は遠心模型実験で用いたもの同一の珪砂とする。

非液状化領域の大きさと地震力の大きさの関係を詳細に検討するための模型振動実験

遠心模型実験では、実物の盛土を50分の1に縮小した模型の挙動を調べることで、実物に近い挙動を調べることが出来る。しかし、遠心力載荷装置を用いて再試験をするためには多くの時間と費用を要し、また高い遠心加速度を与えるために模型が高速で回転しており、非液状化領域の形成などの観察は、ビデオカメラを通じた間接的なものになってしまう。これらの点を補い、さらに詳細な観察に基づく理論的な考察を行うために、小型模型を作成し室内模型振動実験を行う。作成する模型は、幅450mm、高さ300mm、奥行き150mm程度のアクリル製の土槽、地盤に適切な分布荷重を与えるための鉄製の板とする。ただし、土槽下部には注水口を設け、ボイリングによる液状化を発生させることが可能なものとする。

材料として用いる砂は、遠心模型実験で用いたもの同一の珪砂とするが、地盤の変形過程を観察する地盤ためにマーカーとして着色した砂を混入させる。実験そのものは比較的容易に実行できるため、特にケースは定めず必要に応じて適宜下記に示すとおり行う。

(a) ボイリングによる液状化の過程で非液状化領域の形成過程を観察する

(b) 土槽を振動させたときの非液状化領域の形成過程、液状化地盤への貫入過程と消散過程を観察する。

実験中は、高速度カメラで撮影し、流体解析ソフトウェアを用い変形量を定量化した。

4. 研究成果

まず、遠心模型実験で用いる砂質土に対する圧密非排水三軸試験を行い、せん断剛性およびせん断強度を求めた。これにより実験で使用する地盤の物理的性質を知ることができた。また、遠心模型実験を行い盛土下部地盤の液状化に伴う間隙水圧の変動状況と非液状化領域の観察を行った。実験に当たり間隙水圧の変動を詳細に観察するため、盛土下

部地盤と周辺に合計 12 個の間隙水圧計を取り付け、加振中の水圧変動を記録した。また、盛土底部の非液状化領域について 1G 場で簡易に観察するため、別途ボイリングにより液状化させた地盤模型を作成し、くさび領域の形成過程と範囲について調べた。まず、遠心実験より、盛土底部の拘束圧の高い領域では周辺地盤が液状化しても、間隙水圧比が小さく完全に液状化しないことがわかった。この領域がくさびを形成しているかどうかについては、高速度カメラ等により詳細な検討を要するが、ボイリングによる簡易実験から、液状化地盤内に不均質な領域が形成されそれがくさび状（逆三角形）であることが確認できた（図 1）。今回実施した実験的研究により、地盤内に形成された不均質性が盛土等の地盤構造物の変形挙動に大きな影響を与える可能性があることがわかった。

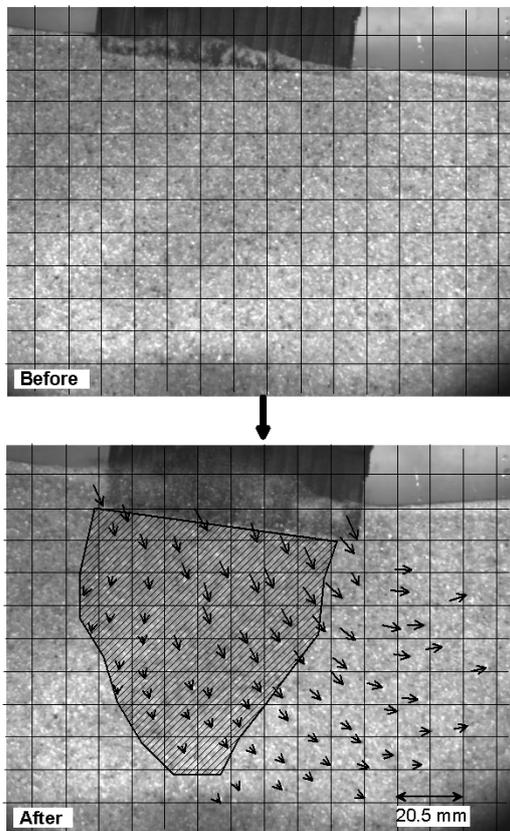


図 1 傾斜した液状化地盤内に生じたくさび領域：(a)液状化前，(b)液状化時

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 1 件)

Tobita, T., and Iai, S. (2007). "Failure mechanism of an embankment resting on liquefiable ground." 4th International Conference on Earthquake

Geotechnical Engineering, Thessaloniki, Greece, Paper No. 1362.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飛田哲男 (TETSUO TOBITA)

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号：00346058