

京都大学	博士（工学）	氏名	Hamidreza SADEGHI
論文題目	Dynamic Analysis of River Embankments during Earthquakes based on Finite Deformation Theory Considering Liquefaction (液状化を考慮した有限変形理論に基づく地震時の河川堤防の動的解析)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、近年重要性が指摘されている地震時の地盤の液状化に伴う土構造物の安定性評価に関連し、有限変形理論に基づく動的解析法を用いて河川堤防の地震時挙動について論じたものであって、序論、結論を含め6章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景となる堤防盛土の地震時の変形-破壊形態について、過去の被災事例を挙げて述べるとともに、本研究の目的および各章の概要を示している。</p> <p>第2章では、動的解析で用いる砂質土の繰返し弾粘塑性構成式および、粘性土の繰返し弾塑性構成式を導いている。また導入した構成式を沖積粘土および細粒分を含む砂質土の非排水繰返し試験結果に適用しその有効性を確認している。</p> <p>第3章では、多相混合材料の有限変形理論に基づく動的解析手法について述べている。不飽和土を取扱うため空気-水-土連成解析手法を用いており、支配方程式は三相の運動量保存則、質量保存則のほか土骨格の構成式および不飽和土の水分特性曲線を用いる。以上の支配方程式を導くとともに、有限要素解析法について離散化方程式を得ている。地震時の大変形を取扱うため、有限変形解析法として updated Lagrangian 法を採用し、2次元平面ひずみ解析プログラム COMVI2D-DY013 および 3次元解析プログラム COMVI3D-DY011 を開発している。</p> <p>第4章では、第3章で開発した解析法を用いて、河川堤防盛土の動的変形問題の解析を行っている。特に、堤体直下の基礎地盤が粘性土の場合と砂質土の場合、堤体内部の地下水面が高く飽和した砂質土層がある場合等の地層構成が異なるケースについて解析を行い、液状化を伴う堤防盛土の動的挙動とその破壊形態について詳細に比較している。入力地震動は、プレート境界型地震として2011年東北地方太平洋沖地震の観測波、内陸直下型地震として1995年兵庫県南部地震の観測波をそれぞれ用いている。解析の結果以下のような結論を得ている。</p> <p>基礎地盤が粘性土で液状化層がない場合、兵庫県南部地震の地震動では堤体天端の沈下量や法尻の水平変位は東北地方太平洋沖地震動の場合よりも大きく生じたが、いずれの場合も堤体全体の大きな変形は生じなかった。</p> <p>基礎地盤が粘性土で、軟弱地盤内に堤防盛土が沈み込むことにより堤体下部に堤体の沈み込みによる砂層がある場合は、兵庫県南部地震の地震動では砂層に大きな液状化は生じなかったが、堤体深部に変形の局所化が生じるとともに側方変位が発生した。東北地方太平洋沖地震の地震動では、堤体内部を含む砂質土飽和領域が液状化することにより、堤体内部に局所変形を生じるとともに堤体全体が大きい変状を生じた。この破壊形態は2011年東北地方太平洋沖地震で報告された破壊形態を再現するものである。</p> <p>第5章では、微小変形理論に基づく解析法による結果と比較することにより、有限変形理論に基づく解析手法の妥当性について明らかにしている。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、近年重要性が指摘されている地震時の地盤の液状化に伴う土構造物の安定性評価に関連し、有限変形理論に基づく動的解析法を用いて河川堤防の地震時挙動についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 動的解析で用いる砂質土の繰返し弾粘塑性構成式および、粘性土の繰返し弾塑性構成式を導いている。また導入した構成式を沖積粘土および細粒分を含む砂質土の非排水繰返し試験結果に適用しその有効性を確認している。
2. 多相混合材料の有限変形理論に基づく空気 - 水 - 土連成解析手法を導いている。支配方程式は準静的な問題と異なり全応力で定式化した運動方程式を用いている。また土骨格の構成式に加えて不飽和土の水分特性曲線を用いている。以上の支配方程式を導くとともに、有限変形解析法として updated Lagrangian 法を採用し、有限要素解析法について離散化方程式を得ている。
3. 開発した解析法を用いて、平面ひずみ条件下において河川堤防盛土の動的変形問題の解析を行っている。特に、堤体直下の基礎地盤が粘性土の場合と砂質土の場合、堤体内部の地下水面が高く飽和した砂質土層がある場合等の地層構成が異なるケースについて解析を行い、液状化を伴う堤防盛土の動的挙動とその破壊形態について詳細に比較している。
4. 以上の解析の結果以下のような結論を得ている。基礎地盤が粘性土で液状化層がない場合、兵庫県南部地震の地震動では堤体天端の沈下量や法尻の水平変位は東北地方太平洋沖地震動の場合よりも大きく生じたが、いずれの場合も堤体全体の大きな変形は生じなかった。
5. 基礎地盤が粘性土で、軟弱地盤内に堤防盛土が沈み込むことにより堤体下部に堤体の沈み込みによる砂層がある場合は、兵庫県南部地震の地震動では砂層に大きな液状化は生じなかったが、堤体深部に変形の局所化が生じるとともに側方変位が発生した。東北地方太平洋沖地震の地震動では、堤体内部を含む砂質土飽和領域が液状化することにより、堤体内部に局所変形を生じるとともに堤体全体が大きい変状を生じた。この変形-破壊形態は 2011 年東北地方太平洋沖地震で報告された変形-破壊形態を再現するものであり、通常考えられている円弧すべり型の破壊モードとは異なる。
6. 微小変形理論に基づく解析手法と有限変形理論に基づく解析手法の結果を比較し、有限変形理論に基づく解析手法の妥当性について明らかにしている。

以上より、本論文は、地震時の地盤の液状化に伴う土構造物の安定性評価に関し、地盤工学の進展に多大に貢献する研究であり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 26 年 2 月 24 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた