

Title	道路盛土の耐震性能の評価法および向上技術に関する研究
Author(s)	三好, 忠和
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61709
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (三好忠和)

論文題名 道路盛土の耐震性能の評価法および向上技術に関する研究

論文内容の要旨

近年発生した大規模地震による高速道路盛土の被災を契機に、道路盛土の耐震性の確保が必須とされ、早急な道路盛土の耐震性能の評価と効果的な対策の実施が望まれている。また、高速道路では、今後、大規模更新・大規模修繕が予定されているが、盛土も対象であり、その実務的な耐震性能の評価および対策が必要とされている。ここで、道路盛土の耐震性能は、従来の安全率による評価でなく、地震時の残留変位量で評価されるが、土構造物の重要度により許容変位量は異なる。そのため、残留変位量の予測では高い精度が求められる。一方、安定性向上対策の一つである排水パイプは実績が多いにもかかわらず、その設計法は確立されておらず、経験的手法に頼っているのが実状である。そのため、対策効果の予測や確認をすることなく計画された排水パイプにおいては、対策効果の信頼性が高いとは言い難い。そこで、本研究では、道路盛土の残留変位量の予測法であるNewmark法の精度と信頼性の向上、耐震性能の向上技術である排水パイプの設計法の確立と対策効果の検証、およびこれらの成果に基づき、机上調査段階における残留変位量の簡易評価手法の開発を行い、道路盛土の合理的かつ実務的な耐震性向上に資するものである。本論文は以下の5章から構成されている。

第1章では、研究の背景と現状の課題について整理するとともに、既往の研究に対する本研究の位置づけと本研究の目的を示した。

第2章では、地震時における道路盛土の耐震性能評価法の精度向上を目的として、盛土の地震時応答特性を考慮して提示されている改良0型Newmark法の実務的な適用性と優位性を検証するとともに、道路盛土の残留変位に及ぼす地震動の影響について検討した。その際、既往の経験地震における盛土の変状の履歴から土質定数を設定することにより、後にその盛土が被災した別の地震における変状の再現を行った。その結果、破壊形態および残留変位量は実被害に近い結果となり、改良0型Newmark法の実務的な適用性を明らかにした。また、NEXCO西日本管内の5箇所の実盛土を対象に、改良0型Newmark法とNEXCO型Newmark法による解析結果を比較し、改良0型Newmark法により算定された残留変位量が、すべての対象盛土においてNEXCO型Newmark法より大きい値となること、かつその差はわずかで過剰設計ではない合理性を示すとともに、すべり面の位置を一意的に決定できることを明らかにした。さらに、レベル2地震における従来の設計法ではタイプII地震動を用いると安全側の評価となるとされていることに対し、タイプIとタイプIIの地震動による残留変位量の大小関係が許容変位量に近い値で逆転することを明らかにし、タイプIの地震動による耐震性能評価の必要性を示した。また、得られた降伏震度と残留変位量の関係から、レベル2地震動における残留変位量の簡易推定法を提案し、机上調査段階において、耐震性が低い道路盛土を抽出する概略検討に有効であることを示した。

第3章では、道路盛土の耐震性能向上のための盛土内の地下水排除工法である排水パイプの設計法の確立を目的に、排水効果の解析手法として擬似三次元化手法を提案した。排水パイプの設計法の確立は、耐震性能の向上技術に必要なだけでなく、排水パイプの効果を予測することは第2章で示した耐震性能の評価法の信頼性向上にも不可欠である。まず、室内での土槽実験を行い、対象盛土の透水係数に対する擬似三次元モデルで排水パイプをモデル化した透水層の透水係数の比を、排水パイプの打設間隔と敷設長から簡易に算出できる等高線図を提示した。次に、実盛土を対象に擬似三次元化手法を適用することにより、常時・降雨時の排水パイプの効果を定量的に評価できることを検証した。加えて、従来の経験的手法では示すことのできなかった排水パイプの効果的な配置計画について解析例を示

した。さらに、概略検討での排水パイプの排水効果や任意方向に複数の井戸を設置した場合にも対応できる簡易計算手法を提案し、その適用性を明らかにした。

第4章では、第2章で耐震性能評価を行った実道路盛土の中から、対策が必要とされ、かつ対策により地震時の安定性が確保できる1箇所の盛土を対象として、排水パイプの試験施工を行い、第3章で提案した排水パイプの擬似三次元化手法による排水効果の評価を行った。現場実証実験では、降雨期および非降雨期において電気比抵抗探査を実施し、両者の計測結果の比較から盛土の含水状態の変化の把握を試みた。その結果、排水パイプの対策区間と非対策区間の断面における比抵抗分布の差から、排水パイプの効果を確認するとともに電気比抵抗探査が盛土内の含水状態を把握する手法として適用できる可能性について示した。また、対象盛土に対する擬似三次元モデルを設定し、この擬似三次元モデルを用いて、2015年9月の台風18号の通過前後の降雨条件における非定常浸透流解析を行い、擬似三次元化手法による排水パイプの排水効果の評価を行った。その結果、実盛土におけるのり尻の地下水位やパイプからの排水流量などの台風通過後の状態の再現性を把握し、擬似三次元化手法が排水パイプの効果予測に有効であることを示した。また、降雨期と非降雨期に実施した電気比抵抗探査結果との比較では、盛土の飽和度分布に相違が見られ、実盛土の不均質性を考慮したモデル化および擬似三次元モデルの初期境界条件の適正な設定の必要性を示した。

第5章では、本研究で得られた成果と課題をまとめ、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (三 好 忠 和)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	常 田 賢一
	副 査	教 授	鎌 田 敏郎
	副 査	教 授	奈 良 敬

論文審査の結果の要旨

近年発生した大規模地震による高速道路盛土の被災を契機に、道路盛土の耐震性の確保が必須とされ、早急な道路盛土の耐震性能の評価と効果的な対策の実施が望まれている。また、高速道路では、今後、大規模更新・大規模修繕が予定されているが、盛土も対象であり、その実務的な耐震性能の評価および対策が必要とされている。ここで、道路盛土の耐震性能は、従来の安全率による評価でなく、地震時の残留変位量で評価されるが、土構造物の重要度により許容変位量は異なる。そのため、残留変位量の予測では高い精度が求められる。一方、安定性向上対策の一つである排水パイプは実績が多いにもかかわらず、その設計法は確立されておらず、経験的手法に頼っているのが実状である。そのため、対策効果の予測や確認をすることなく計画された排水パイプにおいては、対策効果の信頼性が高いとは言い難い。

本研究は、道路盛土の残留変位量の予測法であるNewmark法の精度と信頼性の向上、耐震性能の向上技術である排水パイプの設計法の確立と対策効果の検証、およびこれらの成果に基づき、机上調査段階における残留変位量の簡易評価手法の開発を行い、道路盛土の合理的かつ実務的な耐震性向上に資するものである。本論文は以下の5章から構成されている。

第 1 章は、研究の背景と現状の課題を整理するとともに、既往の研究に対する本研究の位置づけと本研究の目的を示している。

第 2 章は、地震時における道路盛土の耐震性能評価法の精度向上を目的として、盛土の地震時応答特性を考慮して提示されている改良 0 型 Newmark 法の実務的な適用性と優位性を検証するとともに、道路盛土の残留変位に及ぼす地震動の影響を検討している。その際、既往の経験地震における盛土の変状の履歴から土質定数を設定することにより、当該盛土がその後に被災した地震による変状の再現を行っている。その結果、破壊形態および残留変位量は実被害に近い結果となり、改良 0 型 Newmark 法の実務的な適用性を明らかにしている。また、NEXCO 西日本管内の 5 箇所の実盛土を対象に、改良 0 型 Newmark 法と NEXCO 型 Newmark 法による解析結果を比較し、改良 0 型 Newmark 法により算定された残留変位量が、すべての対象盛土において NEXCO 型 Newmark 法より大きい値となること、かつその差は過剰設計ではない合理性があること、さらにすべり面の位置を一意的に決定できることを明らかにしている。さらに、レベル 2 地震における従来の設計法では、タイプ II 地震動を用いると安全側の評価となるとされていることに対し、タイプ I とタイプ II の地震動による残留変位量の大小関係が許容変位量に近い値で逆転することを明らかにし、タイプ I の地震動による耐震性能評価の必要性を示している。また、得られた降伏震度と残留変位量の関係から、レベル 2 地震動における残留変位量の簡易推定法を提案し、机上調査段階において、耐震性が低い道路盛土を抽出する概略検討に有効であることを示している。

第 3 章は、道路盛土の耐震性能向上のための盛土内の地下水排除工法である排水パイプの設計法の確立を目的に、排水効果の解析手法として擬似三次元化手法を提案している。ここで、排水パイプの設計法の確立は、耐震性能の向上技術に必要であるだけでなく、排水パイプの効果を予測することは第 2 章で示した耐震性能の評価法の信頼性向上

にも不可欠である。まず、室内での土槽実験を行い、対象盛土の透水係数に対する擬似三次元モデルで排水パイプをモデル化した透水層の透水係数の比を、排水パイプの打設間隔と敷設長から簡易に算出できる等高線図を提示している。次に、実盛土を対象に擬似三次元化手法を適用することにより、常時・降雨時の排水パイプの効果を定量的に評価できることを検証している。加えて、従来の経験的手法では示すことのできなかった排水パイプの効果的な配置計画に関する解析例を示している。さらに、概略検討での排水パイプの排水効果や任意方向に複数の井戸を設置した場合にも対応できる簡易計算手法を提案し、その適用性を明らかにしている。

第4章は、第2章で耐震性能評価を行った実道路盛土の中から、対策が必要とされ、かつ対策により地震時の安定性が確保できる1箇所の盛土を対象として、排水パイプの試験施工を行い、第3章で提案した排水パイプの擬似三次元化手法による排水効果の評価を行っている。現場実証実験では、降雨期および非降雨期において電気比抵抗探査を実施し、両者の計測結果の比較から盛土の含水状態の変化の把握を試みている。その結果、排水パイプの対策区間と非対策区間の断面における比抵抗分布の差から、排水パイプの効果を確認するとともに、電気比抵抗探査が盛土内の含水状態を把握する手法として適用できる可能性を示している。また、対象盛土に対する擬似三次元モデルを設定し、2015年9月の台風18号の通過前後の降雨条件における非定常浸透流解析を行い、擬似三次元化手法による排水パイプの排水効果の評価を行っている。その結果、実盛土におけるのり尻の地下水位や排水パイプからの排水流量などから、台風通過後の状態の再現性を把握し、擬似三次元化手法が排水パイプの効果予測に有効であることを示している。また、降雨期と非降雨期に実施した電気比抵抗探査結果との比較では、盛土の飽和度分布に相違が見られ、実盛土の不均質性を考慮したモデル化および擬似三次元モデルの初期境界条件の適正な設定の必要性を示している。

第5章は、本研究で得られた成果と課題をまとめ、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は道路盛土の残留変位量の予測法の精度と信頼性の向上、排水パイプの設計法の確立と対策効果の検証、および残留変位量の簡易評価手法の開発を行っており、今後の道路盛土の合理的かつ実務的な耐震性向上に資するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。