

氏名	野村 英雄		
授与学位	博士(工学)		
学位記番号	理工博乙第131号		
学位授与年月日	平成26年9月3日		
学位授与の要件	学位規則第4条2項		
研究科, 専攻の名称	理工学研究科(博士後期課程) システム設計工学系		
学位論文題目	目視観察と簡易動的コーン貫入試験を用いた既設道路盛土の簡易点検手法の研究		
論文審査委員	主査	山口大学 准教授	鈴木 素之
		山口大学 教授	兵動 正幸
		山口大学 教授	松田 博
		山口大学 教授	中田 幸男
		山口大学 助教	吉本 憲正

【学位論文内容の要旨】

近年、梅雨前線や台風がもたらす豪雨によって地盤災害が多発している。人工斜面である道路盛土の崩壊に着目すると、平成17年9月に山口県岩国市甘木地区で発生した山陽自動車道の盛土崩壊が記憶に新しいが、近年の既設盛土崩壊事例を鑑みると、次のことが言える。一般に、道路構造物の排水設備の設計では降雨確率年を定め、既存の観測結果から得られた確率降雨強度式から降雨強度を設定して雨水流出量を算定する。ところが近年、降雨強度の増加と共に、局所的な集中豪雨が多発する傾向にあり、既設の盛土は設計時に想定した雨量を上回る降雨外力を受ける可能性が高くなっている。一方、盛土の品質は主に基礎地盤処理、盛土材料、締固め工、排水設備等によって決まる。そのうち、盛土材料の力学特性は締固めによって飛躍的に向上し、締固め度の高い盛土は地震や降雨に対して強いことが実験的・経験的に明らかにされている。したがって、新設の盛土構造物に対しては、設計・施工管理における締固め基準の高度化とその適切な施工によって将来の豪雨や大地震に対して備えることが可能である。また、既設盛土に対しては、その品質や状態、排水設備の機能の点検を行って、不良箇所があれば部分的な改良で対応するのが現実的である。しかしながら、既設盛土の場合には、その多くにおいて設計図書や施工記録が残っていることは少ないことから、外観上の点検により対応せざるを得ないのが現状である。しかも盛土の箇所数は膨大である。既設盛土の防災面での安全性を向上させるには、簡便な方法により盛土の健全度を判定することが重要である。そこで、地域特有の盛土の形状や問題点、土質特性を考慮することで、従来より精度の高い、目視観察を中心とした1次点検の開発を行った。次に、1次点検で抽出された要注意盛土の内部状態を簡易に評価できる方法として、低コストかつ汎用的なサウンディングである簡易動的コーン貫入試験に着目して、これを用いた2次点検の開発を行った。対象とする盛土材は中国地方で使用頻度が高く、水に弱い特性を有すまさ土とした。なお、この方法においてまさ土特有の強度特性やそれに及ぼす浸水の影響を考慮することにより、結果の適合性が向上すると考えた。

論文では山口県の既設盛土を対象として、その形状や土質、潜在的な問題点を調べた上で、盛土の不安定化に与える影響因子を解析的に調べ、目視観察による1次点検手法として、盛土内水位を想定することで相対的な安全性を評価する手法を提案した。また、抽出された危険度が高い盛土の内部状態の評価方法として簡易動的コーン貫入試験に着目し、締固めエネルギーの異なる条件で造成されたまさ土盛土を原位置で評価するため、室内大型土槽を用いて密度管理した土層を作成してコーン貫入試験を行い、各締固めエネルギー下で締固め曲線上の相異なる状態点において造成された供試土層に対して実施した貫入試験結果を示すとともに、貫入抵

抗とそのときの土上載圧、締固め度の三者の関係を検討した結果を示した。次いで、これら試験結果に基づいて、ある深度で得られた貫入抵抗値と、想定される締固めエネルギーと締固め度から盛土内部状態を推定する方法について検討した。さらに地下水位が高くなった盛土の強度特性を明らかにするために検討した供試土層の浸水に伴う貫入抵抗の変化を検討した。これらの結果を基に、実際の既設盛土に対して簡易動的コーン貫入試験を行った結果、盛土内部の弱部を抽出することができ、提案する2次点検手法が有効であることが分かった。

【論文審査結果の要旨】

豪雨による斜面崩壊は毎年のように発生しているが、人工斜面である道路盛土も崩落する事例がある。近年は、降雨強度の増加と共に局所的な集中豪雨が多発する傾向にあり、既設盛土は設計時に想定した雨量を上回る降雨外力を受ける可能性が高くなっている。既設盛土は無数に存在するため、その防災手法は点検によって危険箇所を抽出して補修・補強することが主体となる。しかしながら、現在の点検手法としては全国的に同一の基準を用いた目視による外観観察が主体であり、地域特有の土質特性や盛土内部状態の評価はなされていない。また、点検結果に基づく対策実施や経過観察等の措置は盛土の管理者の判断で決められている。申請者は、このような現状を鑑み、地域特有の盛土の設置箇所、外形的特徴、盛土材料の土質特性等を考慮し、安定計算図表と組み合わせることにより、目視観察による点検の精度を向上させた客観的な判定方法（1次点検手法）を構築できると考えた。また、その手法で抽出された要注意盛土に対して盛土の内部状態を評価する方法（2次点検手法）として、低コストかつ汎用のサウンディングの一つである簡易動的コーン貫入試験を利用することを着眼した。そこで、申請者は、山口県から取得した既設盛土の点検結果を整理し、本地域に多い盛土形状や盛土材料、更には潜在的な問題点を調べ、地域の盛土が抱える問題点を抽出した。その上で、盛土の不安定化に与える影響因子を解析的に調べ、盛土の形状と地下水位によって安全率を判定する安定図表を作成して、盛土内水位を推定することにより、相対的な安全性を評価する仕組みを1次点検手法に反映させた。また、簡易動的コーン貫入試験によって抽出した危険度の高い盛土の内部状態を評価するため、室内大型土槽を用いて、締固めエネルギーと締固め度の異なる供試土層を作成し、供試土層の表面に作用させる土上載圧、供試土層の含水比および飽和度を変えて簡易動的コーン貫入試験を実施した。土試料は県内の一般的な盛土材料として用いられるまさ土とした。また、実際の既設道路盛土の盛土各部において簡易動的コーン貫入試験を数回実施し、提案方法の適用性を検討した。主要な結果として、締め固めたまさ土のコーン貫入抵抗には締固め度、飽和度、土上載圧が影響し、それぞれの要因が貫入抵抗値に与える影響の度合いは締固めエネルギーによって異なることが明らかにされた。また、室内で締め固めた土のコーン貫入試験と、現場における簡易動的コーン貫入試験を組み合わせることで、既設盛土の内部状態を評価できることが明らかにされた。学位論文では上記の内容が以下の6章としてまとめられた。

第1章では、本研究の背景、目的および本論文の内容と構成が述べられた。

第2章では、既往の点検手法と研究成果を整理要約し、本研究の新規性が示された。

第3章では、山口県の主要な盛土に対する点検結果を整理し、盛土が抱える問題点の傾向、主要な構成土質、形状的な特徴が示された。

第4章では、浸透流解析と安定解析によって豪雨時の盛土の安定性に関する要因の影響度合いが分析され、山口県の盛土の特徴と不安定化要因を考慮した、目視観察による地下水位推定と安定計算図表を組み合わせた既設盛土の1次点検手法が提案された。

第5章では、室内土槽で締め固めたまさ土に対するコーン貫入試験結果と実際の既設盛土におけるコーン貫入試験結果を検討し、以下の知見が示された。1) 締固めエネルギーが110~220 kJ/m³程度の低いエネルギーで締め固めたまさ土において、コーン貫入抵抗は飽和度の影響を強く受ける。2) 低い締固めエネルギーによって締め固めたまさ土において、盛土築造後に盛土内部に地下水が供給されると、ある飽和度を境として急激な強度低下が生じる。3) 締固めエネルギーが1200および2400 kJ/m³で各々締め固めたまさ土においては締固め度が100%付近の狭い領域において強度が急激に増減する。また、その変化の度合いは乾燥側と湿潤側で著しく異なり、強度は乾燥側で急増し、湿潤側では急減する。4) 室内で事前に締め固めた土の貫入抵抗特性を調べた上で、既設盛土に対する簡易動的コーン貫入試験を行うことによって、盛土の内部状態を評価して危険箇所を推定できることが明らかとなり、これを上記の1次点検で抽出された要注意盛土に対する2次点検手法として提案した。

第6章では、本研究で判明した山口県の盛土の特徴と締め固めたまさ土のコーン貫入抵抗特性が総括されるとともに、本研究で提案した既設盛土に対する点検手法の実用性ならびに有効性が示された。

既設盛土の点検は全国一律の基準のもと目視による外観観察が行われているが、申請者の提案する手法は地域特有の問題点や土質特性を考慮し、盛土内部状態の評価を加えている。この点に独創性が認められる。また、室内と現場におけるコーン貫入試験において実験条件による結果のバラツキの幅と再現性を検証している点に信頼性が認められる。さらに、広範囲の締め固めエネルギーにおける締め固め土のコーン貫入試験結果から、貫入抵抗に影響する諸要因の寄与度合が締め固めエネルギーによって異なることを示し、高いエネルギーで締め固めた土の最大乾燥密度付近の急激な強度変化を明らかにした点に新規性が認められる。その他、提案する点検法を実際の既設盛土に対して実施して、その有効性を確認していることから、本論文は工学的に有効性と実用性を有していると認められる。

公聴会においては、審査委員ならびに参加者から、1) 貫入ロッド引き上げ時の状態による内部評価の可能性、2) 地下水位の変動に伴う貫入抵抗の変化の理由、3) 粘性土に対する提案手法の適用可能性などに関して質疑がなされ、いずれの質問に対しても的確な答弁がなされた。

以上より、本研究は独創性、信頼性、新規性、有効性、実用性ともに優れ、博士(工学)の論文に十分に値するものと判断した。