



高精度表面波探査を用いた地盤の安定性評価に関する研究

三浦, みなみ

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2017-03-25

(Date of Publication)

2018-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6915号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006915>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 三浦 みなみ

専 攻 市民工学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

高精度表面波探査を用いた地盤の

安定性評価に関する研究

指導教員 渡谷 啓

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

本論文は、多岐にわたる地盤工学問題の解決において、高精度表面波探査（以下、表面波探査と記す）から求めた地盤のせん断弾性波速度（S波速度）の二次元情報を活用した実事例をまとめたものである。表面波探査は表層 20 m 程度までの地盤内の面的な S 波速度分布を把握することが可能な物理探査の一種である。従来、調査対象地盤の工学的性状を把握する際には、標準貫入試験や簡易動的コーン貫入試験などのサウンディング試験が用いられてきた。しかし、これらの試験から得られる情報は一次元的なものであるため、平面的な地盤情報を把握するためには多大な労力、時間と膨大な費用を要する。さらに、これらの貫入式サウンディング試験では、土中構造物を損傷する恐れがある。そこで、本研究では対象地盤の二次元情報を迅速かつ地盤を損傷することなく得ることができる表面波探査に着目した。この探査方法は簡易であり、かつ測定データの解析に多くの時間を要さないことから、実務的にも有利であると考えられる。

本論文は、8つの章から構成されている。

第1章では、研究の背景および目的を述べている。

第2章では、表面波探査の測定原理と探査方法の詳細について述べるとともに、既往の研究をまとめている。

第3章では、既存盛土の切盛境界を推定した事例を示している。既存盛土における安定性評価のための極限つりあい解析では、切盛境界の推定が解析結果を左右する鍵となる。本事例では、三田市の地盤改変履歴が不明な土地において支持地盤となり得る層の分布状況を平面的に把握するため、表面波探査を実施した。この事例により、表面波探査の結果のみから安定解析の断面作成等に不可欠な地山境界を高い精度で推定できることが分った。

第4章では、表面波探査結果を用いることで地盤変状が生じた箇所周辺の弱部の範囲を特定し、さらに、探査結果から室内試験計画を立案することで、変状メカニズムの特定や対策工の提案へとつなげた3つの事例を取り扱っている。まず、兵庫県多可町の事例では、直近に施工された埋戻し工事によって地盤が緩み、工事箇所に隣接した家屋の門扉に傾きが生じた。そこで、弱部の広がりを確認するため表面波探査を実施したところ、埋戻し工事箇所周辺は S 波速度が若干小さくなっており、特に変状が生じた箇所は S 波速度が小さく、緩い状態であることが確認された。さらに、変状が生じた S 波速度が低い箇所と、異常が確認されていない箇所より採取した試料を用いて室内試験を実施した結果、変状箇所周辺で埋戻しに使用された材料は、水浸によって大きく圧縮することが分かった。つぎに、兵庫県家島町の事例では、施工履歴が不明な二段腹付け盛土において盛土擁壁に亀裂等の変状が生じており破壊が懸念されたため、表面波探査により盛土内の状況把握を試みた。探査結果より切盛土境界を特定することができたため、その結果をもとに地盤モデルを作成し、さらに砂置換法を実施することで得た原位置の密度や、室内一面せん断試験を実施して得た強度定数を用いて安定解析を実施した。上段盛土壁および下段盛土壁のそれぞれ

(氏名： 三浦 みなみ NO. 2)

に対して、地下水位が通常の場合の常時・地下水位が上昇した場合の常時・レベルⅠ地震時・レベルⅡ地震時の各パターンについて安全照査を行った。結果として、上段盛土壁における地下水が通常の場合の常時および上段盛土壁におけるレベルⅠ地震時を除くすべての状況において許容安全率を下回っていることが分かった。最後に兵庫県西宮市の事例では、造成中の宅地においてL型擁壁を築造していたところ、擁壁直下の地盤が圧縮沈下したことによって擁壁の一部が傾斜した。事後に原因を究明するため表面波探査を実施した。探査結果から弱層の空間的な広がりを把握し、効果的なサウンディング試験の位置を提案することで迅速かつ合理的な問題解決への糸口となった。さらに、表面波探査結果および旧地形図より、調査対象箇所は谷地形の沢部にあたり集水地形となっていることが分かった。

第5章では、大阪府和泉市の既存盛土において地中に投棄された埋設物の埋設範囲を特定した事例について述べている。調査対象地には、燃え殻やコンクリート殻、アスファルト殻等の産業廃棄物が地中に埋設されていた。これらの埋設範囲を特定するため、表面波探査および電磁探査を併用しておおよその埋設範囲を推定し、さらにトレンチ調査およびボーリング調査を行うことで埋設範囲を確定させた。これらの調査を組み合わせることによって、広範囲にわたる調査対象地であっても地中埋設物の分布を効率的に把握することができた。

第6章では、愛知県常滑市および兵庫県佐用町において発生した自然斜面の表層崩壊の崩壊メカニズムを推定した事例である。それぞれの事例において、表面波探査および簡易動的コーン貫入試験の結果から崩壊土層の分布状況を平面的に把握した。さらに、それらの結果から崩壊前の地形を復元して地盤モデルを作成することで斜面安定解析を行い、崩壊メカニズムを推定した。

第7章の事例では、神戸市において数種類の鉄鋼副産物を用いて改良固化を行った地盤に対して、時間変化による地盤改良効果の発現過程を評価した。高含水比である超軟弱粘性土盤において、鉄鋼副産物である水砕スラグ、アッシュストーン、高炉スラグをそれぞれ混合し、各ヤードにおいて1週後、2週後、3週後、4週後、1年後に表面波探査を実施することでS波速度の分布状況変化を観測し、改良効果を評価した。探査結果より、S波速度を用いて硬化の時間変化を定量的に評価することができた。

第8章は本論文の結論である。

氏名	三浦 みなみ		
論文題目	高精度表面波探査を用いた地盤の安定性評価に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	滋谷 啓
	副査	教授	森川 英典
	副査	教授	芥川 真一
要 旨			
<p>本論文は、多岐にわたる地盤工学問題の解決において、高精度表面波探査（以下、表面波探査と記す）から求めた地盤のせん断弾性波速度（S波速度）の二次元情報を活用した実事例をまとめたものである。表面波探査は表層20m程度までの地盤内の面的なS波速度分布を把握することが可能な物理探査の一種である。従来、調査対象地盤の工学的性状を把握する際には、標準貫入試験や簡易動的コーン貫入試験などのサウンディング試験が用いられてきた。しかし、これらの試験から得られる情報は一次的なものであるため、平面的な地盤情報を把握するためには多大な労力、時間と膨大な費用を要する。さらに、これらの貫入式サウンディング試験では、土中構造物を損傷する恐れがある。そこで、本研究では対象地盤の二次元情報を迅速かつ地盤を損傷することなく得ることができる表面波探査に着目している。この探査方法は簡易であり、結果の解析に多大な時間を要さないことから、実務的にも有利である。</p> <p>本論文は、8つの章から構成されている。</p> <p>第1章では、研究の背景および目的を述べている。</p> <p>第2章では、表面波探査の測定原理と探査方法の詳細について述べるとともに、既往の研究をまとめている。</p> <p>第3章では、既存盛土の切盛境界を推定した事例を示している。既存盛土の安定性評価のための極限つりあい解析では、切盛境界の推定が結果を左右する鍵となる。本事例では、地盤改変履歴が不明な宅地において、支持地盤となり得る層の分布状況を平面的に把握するため、表面波探査を実施した。この事例により、表面波探査の結果のみから安定解析断面作成等に不可欠な地山境界を高い精度で推定できることが分かった。</p> <p>第4章では、表面波探査結果を用いることで地盤変状が生じた箇所周辺の弱部の範囲を特定し、さらに、探査結果から室内試験計画を立案することで、変状メカニズムの特定や対策工の提案へとつなげた3つの事例について述べている。兵庫県多可町の事例では、直近に施工された埋戻し工事によって地盤が緩み、埋戻し箇所隣接した門扉に傾きが生じた。そこで、弱部の広がりを確認するため表面波探査を実施したところ、変状箇所周辺は、S波速度が若干小さくなっており、特に変状箇所はS波速度が小さく、緩い状態であることが確認された。さらに、変状が生じたS波速度が低い箇所と、異常が確認されていない箇所より採取した試料を用いて室内試験を実施した結果、変状箇所周辺で埋戻しに使用された材料は、水浸によって大きく圧縮することが分かった。</p> <p>一方、兵庫県家島町の事例では、施工履歴が不明な二段腹付け盛土において、盛土擁壁に亀裂等の変状が生じており、近い将来に破壊が懸念されたため、表面波探査により盛土内の状況把握を試みた。探査結果より切盛土境界を特定することができたため、その結果をもとに地盤モデルを作成し、さらに砂置換法を実施することで得た原位置の密度や、室内一面せん断試験を実施して得た強度定数を用いて安定解析を実施した。上段盛土壁および下段盛土壁のそれぞれに対して、地下水位が通常の場合の常時・地下水位が上昇した場合の常時・レベルⅠ地震時・レベルⅡ地震時の各パターンについて安全照査を行った。結果として、上段盛土壁における地下水が通常の場合の常時および上段盛土壁におけるレベルⅠ地震時を除くすべての状況において許容安全率を下回っていることが分かった。</p> <p>さらに兵庫県西宮市の事例では、造成中の宅地においてL型擁壁を築造していたところ、擁壁直下の地盤が圧縮沈下したことによって擁壁の一部が傾斜した。事後に原因を究明するため表面波探査を実施した。探査結果から弱層の空間的な広がりを把握し、効果的なサウンディング試験の位置を提案することで迅速かつ合理的な問題解決への糸口となった。さらに、表面波探査結果および旧地形図より、調査対象箇所は谷地形の沢部にあたり集水地形となっていることが分かった。</p>			

氏名	三浦 みなみ
----	--------

第5章では、大阪府和泉市の既存盛土において地中に投棄された埋設物の埋設範囲を特定した事例について述べている。調査対象地には、燃え殻やコンクリート殻、アスファルト殻等の産業廃棄物が地中に埋設されていたが、表面波探査および電気探査を併用することでおよその埋設範囲を予測し、トレンチ調査で埋設範囲を確定させることで、広範囲にわたる地中埋設物の分布を効率的に把握することができた。

第6章では、愛知県常滑市および兵庫県佐用町において発生した自然斜面の表層崩壊の崩壊メカニズムを推定した事例である。それぞれの事例において、表面波探査および簡易動的コーン貫入試験結果から崩壊土層の分布状況を把握した。さらに、それらの結果から崩壊前の地形を復元して地盤モデルを作成することで斜面安定解析を行い、崩壊メカニズムを推定した。

第7の事例では、神戸市において数種類の鉄鋼副産物を用いて改良固化を行った地盤に対して、時間変化による地盤改良効果の発現過程を評価した。高含水比である超軟弱粘性土地盤において、鉄鋼副産物である水砕スラグ、アッシュストーン、高炉スラグをそれぞれ混合し、各ヤードにおいて1週後、2週後、3週後、4週後、1年後に表面波探査を実施することでS波速度の分布状況変化を観測し、改良効果を評価した。探査結果より、S波速度を用いて硬化の時間変化を定量的に評価することができた。

第8章は本論文の結論である。

本論文では、多岐にわたる地盤工学問題を題材として取り上げ、非破壊探査の一種である表面波探査をそれぞれの問題解決の突破口とする着想に新規性が認められる。さらに、表面波探査は、環境にやさしく非破壊かつ迅速に地盤情報を得ることができる点に特長があり、今後、環境・防災・減災対策等に関連した地盤調査計画の合理的な立案に寄与することが大いに期待できる。

以上に述べたように、提出された論文は工学研究科学位論文評価基準を満たしており、工学的価値が高いと判断される。よって、学位申請者の三浦 みなみは、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。