Osaka University Knowledge Archive

Title	空中電磁法探査による高速道路斜面の地盤性状把握と予防保全管理への適用性の研究
Author(s)	牧浦, 信一
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85415
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　牧　浦　信　一　）	
論文題名	空中電磁法探査による高速道路斜面の地盤性状把握と予防保全管理への適用性の研究

論文内容の要旨

高速道路は日本の経済活動を支える重要な社会基盤施設であるが，経年劣化，車両の大型化，および自然災害の激甚化などにより，過酷な使用環境にある。維持管理費が限られる中で高速道路の安全性を担保するためには，従来の事後保全からアセットマネジメントによる予防保全への転換が待たれる。例えば，斜面を対象とした予防保全管理においては，斜面の地盤性状を効率的に把握し，斜面の不安定要因である「土石流・山腹崩壊」,「岩盤崩壊」,「地すべり」,「不安定土砂」, および「断層破砕帯」などを検出し，変状予防対策を実施する必要がある。しかし，これらの不安定要因を効率的に検出し，予防保全対策の詳細検討が必要となる箇所を抽出する方法は未だ確立されていない。本研究では，高速道路斜面の予防保全管理手法に資する技術向上を図るべく，斜面の地盤性状把握法として新たに空中電磁法探査を用いた手法を提案するとともに，斜面の不安定箇所の検出に効果的な探査結果表示法の検討，および対策検討箇所のスクリーニング手法として地盤性状区分チャートの提案を行った。本論文は以下の 8 章から構成されている。

第 1 章では，上記の観点より，本研究の背景と目的を示した。

第 2 章では，高速道路の保全管理の現況と課題を示した。間断なく自動車交通を提供するには，老朽化や自然災害による通行止めを回避，最小化する必要がある。そのため，現在の事後保全管理から，アセットマネジメントにより適切な時期に修繕を行う予防保全管理への転換が必要であることを事例分析に基づいて明らかにした。また，性能規定として保証雨量基準を区間の重要度に応じて設定する「新たな予防保全管理」手法を提案し，課題解決策の方向性を示した。一方で，広域に渡る高速道路の特性に応じた効率的な地盤性状把握法を確立することの重要性を示した。

第 3 章では，斜面の地盤性状把握法の現況を調査し，高速道路の保全管理に適する手法を選定した。予防保全の観点からは，地盤性状に基づいて，崩壊発生の機構，その際の土塊の動きおよび被害範囲を予測し，緊急性の高い箇所より順に対策を講じる必要がある。地盤性状を把握する手法には，地表から行う調査ボーリングや物理探査，空中から実施する物理探査があるが，各手法の詳細な比較を行い，高速道路斜面のような線状で広域につながる構造物の状況を効率的に把握する手法として，空中電磁法探査の適用性が高いことを示した。

第 4 章では，空中電磁法探査の原理と成果として捉えられる物理量の意味づけを整理し，崩壊の危険性が高い斜面のスクリーニングに適した結果の表示方法を検討した。その結果，グリッド間の比抵抗データの変化量が把握できる,「比抵抗強調値表示法」,「対数比抵抗強調値表示法」,「対数比抵抗強調値（閾値）表示法」が適切であることを示した。

第 5 章では，実際の高速道路斜面で実施した実証試験に基づいて，空中電磁法探査の高速道路斜面の予防保全への適用性を検証した。空中電磁法探査は地表物理探査と異なり金属製埋設物の影響を受けにくいこと，必要な分解能を確保できる測定高度と測線間隔が 50 m 程度以下であることを明らかにした。

第 6 章では，空中電磁法探査結果に基づいて，崩壊危険性の高い斜面の抽出を実際の斜面を対象に試行した結果を示した。開発した比抵抗強調値表示法，対数比抵抗強調値表示法，対数比抵抗強調値（閾値）表示法を併用することにより，風化部や新鮮部の境界，破砕帯や地下水状況を捉えられることを，現地踏査や既往の地質調査資料で得られた地盤情報と比較することにより確認した。これにより，高速道路斜面の安定に対して不安定要因である「土石流・山腹崩壊」,「岩盤崩壊」,「地すべり」,「不安定土砂」, および「断層破砕帯」の検出が可能となることを明らかにした。

高速道路の資産量は膨大であり，すべての箇所で詳細調査・検討を実施することは，困難であるため，検討を進める箇所の選定や優先順位をつけるなどするためのスクリーニング手法が必要となる。そこで第 7 章では，空中電磁法探査結果に基づいて高速道路斜面の不安定要因を有する地盤の性状区分チャートを 2 種類提案し，スクリーニング手法への適用性を議論した。その結果，今後の精度向上は必要なものの，比抵抗絶対値（高精度）と対数比抵抗強調値（閾値）に基づいたチャートにより崩壊危険斜面の区分が可能であることを示した。さらに，予防保全管理で必要な高速道路斜面の地盤性状を空中電磁法探査で把握し，斜面の不安定箇所のスクリーニングに提案した地盤性状区分チャートを用いることにより，危険箇所の効率的な抽出が可能となることを示した。

第 8 章では，本研究で得られた成果をまとめた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　牧浦　信一　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	乾　徹
	副 査	教　授	鎌田 敏郎
	副 査	准教授	廣畑 幹人
	副 査	教　授	小田 和広（大阪産業大学工学部）

論文審査の結果の要旨

高速道路は日本の経済活動を支える重要な社会基盤施設である。維持管理費が限られる中で高速道路の安全性を担保し，自然災害や老朽化による通行止め期間ならびに区間を最小化するためには，従来の事後保全からアセットマネジメントによる予防保全への転換が待たれる。通行止めの主な原因である斜面崩壊を対象とする予防保全管理においては，斜面の地盤性状を効率的に把握し，斜面の不安定要因である「土石流・山腹崩壊」,「岩盤崩壊」,「地すべり」,「不安定土砂」，および「断層破砕帯」などのリスクを適切に検出し，変状予防対策を実施する必要がある。しかし，広域に繋がる線状構造物である高速道路周辺に存在する多数の斜面に対し，それら斜面がもつ不安定要因を効率的に検出し，対策の必要性を詳細に検討すべき箇所やその優先度を決定する方法は未だ確立されていない。本研究においては，この課題を解決すべく，高速道路とその周辺域の斜面の地盤性状を効率的に把握する手法として空中電磁法探査の適用性を検証するとともに，斜面の不安定箇所の検出に効果的な探査結果の表示法，および対策検討を行うべき箇所のスクリーニングに資する地盤性状区分チャートの提案を行っている。本論文は以下の 8 章から構成されている。

第 1 章では，上記の観点より，本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では，高速道路の保全管理の現況と課題を示している。老朽化や自然災害による通行止めを回避または最小化するためには，現在の事後保全管理からアセットマネジメントにより適切な時期に修繕を行う予防保全管理への転換が必要であることを事例分析に基づいて明らかにしている。その一方で，予防保全管理を優先的に実施すべき箇所の抽出にあたっては，広域に渡る高速道路の特性に応じた効率的な地盤性状把握法の確立が重要な課題であることを示している。

第 3 章では，斜面の地盤性状把握法の現況を調査し，高速道路の予防保全管理に適する手法を選定している。斜面の地盤性状を把握する手法としては，地表から行う調査ボーリングやサウンディング，地表や空中から実施する物理探査がある。そこで，各手法の詳細な比較を行い，線状で広域に繋がる高速道路における斜面の状況を効率的に把握する手法として，空中電磁法探査の適用性が高いことを明らかにしている。

第 4 章では，空中電磁法探査の原理と成果として捉えられる物理量の意味づけを整理している。そして，崩壊の危険性が高い斜面のスクリーニングにあたって，地盤の体積含水率や細粒分含有率が高い危険箇所の見落としを極力回避しうる探査結果の表示方法を検討している。その結果，グリッド間の比抵抗データの変化量が把握できる,「比抵抗強調値表示法」,「対数比抵抗強調値表示法」,「対数比抵抗強調値（閾値）表示法」が表示方法として適切であることを示している。

第 5 章では，空中電磁法探査の高速道路斜面に対する予防保全への適用性を検証することを目的として，実際の高速道路斜面で実施した実証試験結果を考察している。その結果，空中電磁法探査は地表物理探査と異なり金属製埋設物の影響を受けにくいこと，必要十分な分解能や地盤情報を得ることができる測定高度および測線間隔として，それぞれ 30～50 m 程度，25 m であることを明らかにしている。

第 6 章では，「土石流・山腹崩壊」，「岩盤崩壊」，「地すべり」，「不安定土砂」，および「断層破砕帯」といった異なる不安定要因を有する斜面を対象に実施した空中電磁法探査によって取得した比抵抗情報の解析結果を示している。第 4 章で開発した比抵抗値の表示法を適用することにより，風化部や新鮮部の境界，破砕帯といった地盤構造や地下水状況を捉えられることを現地踏査や既往の地質調査資料，施工記録から得られた地盤情報と比較することにより確認し，開発した表示法の有用性を明らかにしている。

第 7 章では，空中電磁法探査結果に基づいて高速道路斜面の不安定要因を有する地盤の性状区分チャートを 2 種類提案し，崩壊の危険性を有する斜面のスクリーニング手法としての適用性を検証している。その結果，今後の精度向上や情報の蓄積が必要なものの，比抵抗の絶対値および提案した対数比抵抗強調値（閾値）に基づいたチャートにより崩壊危険斜面の区分が可能であることを示している。

第 8 章では，以上の内容を総括して本論文の結論をまとめている。

以上のように，本論文の成果は，線状で広域に繋がる高速道路周辺斜面の地盤性状を空中電磁法探査で広域的に把握し，斜面の不安定箇所を抽出する探査結果の表示方法，および探査結果に基づく地盤性状区分チャートの提案を行うことにより，予防保全対策の検討を進める箇所の選定やその優先順位をつけることを可能とする一連の手法の確立に貢献するものである。さらには，提案手法の有用性を現地踏査や既往の地質調査資料，施工記録といった豊富な地盤情報に基づいて検証をしている点においても，今後の土木工学の発展に寄与するところ大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。