

土木施工管理における物理探査の応用に関する研究

Study on Application of Geophysical Exploration Method in Civil Engineering Construction



Masashi NAKAYA 中谷匡志 *1

要 旨

物理探査は、広範囲の地質状況を評価しイメージングすることが可能であるため、土木事業における地質調査手法として利用されている。このような地質調査では、地表踏査や調査ボーリングなど他の調査手法を併せて実施することで、総合的な解釈により地山深部の地質性状が推定される。しかしながら、一般的には、限られた予算の制約や技術的な限界から、地質情報を完全に明らかにすることは困難であると考えられる。このため、施工段階においては、掘削面における地山性状の評価を行うことにより、設計の妥当性を確認しながら施工を進めていく。このような施工基面における地山評価は、事業全体の地質リスクに対するマネジメントとして特に重要であると考えられる。しかしながら、施工時における地質評価ツールとして、物理探査技術が日常的に用いられることは稀であり、手法は確立されていないのが現状である。これは、従来の物理探査手法が、大掛かりなシステムを要し、複雑な信号処理による解析が必要となるなど、日々の管理を行う土木技術者には扱いにくく、施工管理の中で実施することが困難であるためと考えられる。このような状況において、本研究では、土木事業の合理的な施工管理を目的とした支援ツールとして、物理探査技術の応用について検討した。

本論の第1章では、緒論として本研究の背景および目的について述べ、既往の研究や現在利用されている物理探査手法との関連について述べた。

第2章では、山岳トンネル事業における施工サイクルの中で実施可能な弾性波探査法として、掘削発破を起振源とする手法を提案した。これにより、トンネル全線における定量的な地山評価とともに、反射法による切羽前方探査が可能になることを示した。切羽前方探査については、従来手法との比較により本手法の計測特性を評価し、トンネル施工管理において必要とされる精度で地山評価が可能であることを示した。

第3章では、簡便な計測方法により岩盤内部を伝搬する弾性波を取得する、三成分反射法弾性波探査システムについて提案した。検証実験により、岩盤深部で計測する従来手法との比較を行い、得られたデータについてホドグラム曲線の目視観察と時間一周波数領域表現によるP波検出を行い、本手法の計測特性を明らかにした。また、実施で確認された地質境界を反射面と想定し、本手法と従来手法により得られた反射波について考察を行った。さらに、施工サイクルの中で実施可能な三成分反射法弾性波探査のトンネル坑内における計測配置と解析手法を提案した。

第4章では、大規模土工におけるのり面動態観測として、電波を用いた手法を提案した。大規模切土工事における長期間の適用を行った結果から、従来の計測技術であるGNSS変位計測システムと同程度の変位検知精度を有することを明らかにし、本手法を適用することによる効果と現状の課題について述べた。さらに、本手法を用いた山岳トンネルにおける切羽監視システムを提案した。

第5章では、結論として本研究で得られた知見と成果について述べるとともに、土木事業の合理的な施工管理ツールとして、物理探査技術を応用することによる効果について考察した。

本研究で提案する物理探査手法は、施工サイクルの中で実施可能であり、連続的な切羽前方の地山性状予測や、リアルタイムでの性状評価が可能となる。また、土木技術者であれば取り扱いが可能であるため、物理探査や地質技術の専門家による運用や評価は不要になることが期待できる。このように日常的な運用により、日々の施工で地質状況の変化を確認することができるため、追加調査や対策の検討を速やかに実施することができ、合理的な施工管理が可能になるものと考えられる。

キーワード：物理探査、弾性波探査、GB-SAR、三次元計測、山岳トンネル、大規模土工

Summary:

In this research, we examined the application of geophysical exploration technology as a support tool for the construction management of civil engineering projects.

In the first chapter of this thesis, I explained the background and purpose of this research in the introduction and described the relation with the past research and the currently used geophysical exploration method.

In Chapter 2, I proposed a method that uses excavation blasting as a method of elastic wave exploration that can be implemented in the construction of mountain tunnel projects. This method showed that it is possible to perform exploration ahead of the tunnel face by the reflective method. The measurement characteristics of this method were evaluated by comparison with the conventional method, and it was shown that geological evaluation can be performed with the accuracy required for tunnel construction management.

In Chapter 3, I proposed a three component reflection method that acquires elastic wave propagation inside the rock by a simple measurement method. By verification tests, comparison with the conventional method to measure in the deeper part of the bedrock, visual observation of a Hodogram on the obtained data and P wave detection by time - frequency domain expression were performed, and the measurement characteristics of this method were clarified. We also considered the reflected waves obtained by this method and the conventional method, assuming that the geological boundary confirmed by actual construction is a reflecting surface. In addition, I proposed a measurement arrangement and analytical method on the tunnel wall of the triple component reflection method.

In Chapter 4, I proposed a method using electromagnetic waves as a monitoring method for slopes in cutting work. The results of long-term application clarified that the displacement detection accuracy is comparable to that of the conventional GNSS displacement measurement system. Discussions on the effect of applying this method and the current problem are in progress. In addition, I propose a face monitoring system on mountain tunnels using this method.

In Chapter 5, I presented the findings and results obtained in this research as a conclusion. In addition, as a rational construction management tool for civil engineering projects, the effect of applying geophysical exploration technology was considered.

These methods proposed in this research can be carried out during construction work, and it is possible to evaluate continuous geological conditions. In addition, since it is possible for civil engineers to use these methods, operation and evaluation by experts is unnecessary. With this method, as changes in geological conditions can be confirmed during daily construction, it is possible to promptly examine additional investigations and countermeasures to enable rational construction management.