HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ベイズの推定を用いた屈折法地震探査と速度検層による岩盤弾性波速度の推定精度の向上［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	岡崎, 健治
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第12870号
Issue Date	2017-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67417
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kenji_Okazaki_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理学）　氏 名　岡 﨑　健 治

学 位 論 文 題 名

ベイズの推定を用いた屈折法地震探査と速度検層による岩盤弾性波速度の推定精度の向上

地質工学的課題を有する岩盤、とくに、熱水変質作用を受けた火山砕屑岩類等の岩盤に建設された土木構造物は、その完成後に押し出しや変形等の変状の発生した事例が多数報告されている。これらの変状は、岩盤の掘削に伴う応力解放、新たに空気や地下水との接触等の環境や状態の変化を受けて、経時的に地質性状に変化が生じることに起因している。また、このような変状は、中～長期的に岩盤の劣化が進行することで生じる場合がある。この変状の補修や対策は、地域社会や道路利用者の安全安心、利便性、経済性等の観点から、大きな課題となっている。このため、地質調査時や施工時に岩盤状態をより正確に把握するための評価方法を確立する必要がある。

ここで、地下に分布する岩盤の強度等の物理的性質を推定する方法として、物理探査法が用いられている。物理探査法は、地表からの物理量の測定結果に基づき、地下内部の岩盤における物理的性質を推定する。そのため、現地の地形や地表条件によって、測定できる場所が限られることがある。また、測定データには、自然に存在するノイズや人工的ノイズが含まれる。解析によるデータ処理においても、必ずしもすべてのノイズが除けるわけでなく、解析手法に含まれる一意性等、その精度には一定の限界があることが指摘されている。

しかし、このような問題を有しても、物理探査法による地下岩盤の評価法は、実用的に多く用いられている。とくに、屈折法地震探査によって得られるＰ波速度は、岩盤の強度特性と関係があり、トンネル、ダム、斜面および道路工事等における岩盤を対象とする作業を安全かつ経済的に進めるため、岩盤強度の事前評価法として使われている。

その信頼性は、上記のような問題があるため、疑問視されることも少なくない。このようなＰ波速度による評価法の精度を向上させるためには、実際に地下に分布する岩盤での測定結果と比較して検証していくことが必要である。また、そのような測定値を参照する補正法も必要である。

本研究では、はじめに、岩盤評価における現状と課題を整理するため、トンネルの地山分類における実態を分析するとともに、トンネルの完成後に発生した変状事例を収集して原因を分析した。また、実際に変状が生じたトンネルを対象として、その施工時の地質調査や計測データを変状の発生箇所と未発生箇所で比較した。あわせて、変状の補修対策時に採取した岩石について、経時的な変化を把握するため、一定の時間を空けた後、同じ試験を行うことで、岩石自体の変化や試験結果の違いについて分析した。

次に、新たにボーリング調査を行い、その岩石コアを長期観察し、乾燥過程における亀裂の発生状況、また、逆に岩石コアを浸水させて、その湿潤過程における亀裂の発生状況を調べることで、亀裂の発生予測式を求めた。なお、先進ボーリング調査とは、トンネルの掘削面から前方の地質を確認するために実施されている水平ボーリング調査で

あり、その孔内での速度検層による弾性波速度は、掘削直近のトンネル地山の岩盤状態を把握できる。

さらに、実際に、地下における岩盤の観察や直接測定が連続的に可能であるトンネルの掘削作業で得られるデータのうち、設計や施工時の地山分類の見直しに利用される指標であるＰ波速度に着目し、これまでの国道トンネルの建設で蓄積された屈折法地震探査とトンネル施工中に実施される先進ボーリング調査孔内での速度検層によるＰ波速度の関係を分析するとともに、現状のＰ波速度による評価方法の課題を抽出した。

そして、両手法によるＰ波速度を、測定方法と土被り厚さの違いごとに分類した。それをもとに、ベイズ推定による両方の速度値の統計的分析を行った。分析の結果、屈折法地震探査と速度検層のＰ波速度の差は、土被り厚さによって異なり、地山分類の評価に影響することを確認した。また、屈折法地震探査のＰ波速度を事前分布、速度検層のＰ波速度を尤度としたベイズ推定を行い、事後分布を求めることで、屈折法地震探査のＰ波速度を原位置におけるＰ波速度に補正するための方法を提案した。あわせて、この手法の適用性を検証するため、施工されたトンネルの測定データと照合した結果、掘削にともなうトンネルの変位量が増加する区間を本研究で提案した方法で事前に把握できることを確認した。

このようなベイズ推定による統計的扱いは、補正法として、これまで使われたことがなく、物理探査結果を参照した岩盤評価を改善させる画期的な方法と考えられる。また、この方法は、今後の地下岩盤のＰ波速度の推定精度を向上させるとともに、電磁気探査、重力探査、磁気探査法等の他の物理探査法による岩盤評価法に適用できる可能性を含むものである。

このため、断層の周辺や火山内部の岩盤の評価等、広く地球物理学に関連する分野への発展も期待できる。