

第 VI 部門

山岳トンネルの事前調査を用いたコスト変動リスク評価に関する研究

1. はじめに

トンネルや地下空洞等に代表されるような構造物建設プロジェクトにおいては、事前調査の段階で弾性波探査やボーリング調査等が実施され、地盤状況を予測することで建設コストを積算するのが一般的である。しかし、事前調査に割り当てられる予算制約のために、プロジェクト施工前の設計段階において、地下の地盤状況を全て把握することは困難であり、これによって推定された建設コストの変動が大きくなることが考えられる。

本研究では地下構造物の中でも、山岳トンネルを取り上げ、地盤の不確実性に起因する建設コスト変動リスクの評価手法を確立する事を主目的とする。具体的には、地盤統計学手法の一つである外生ドリフト・クリギング手法¹⁾を用い、地山の弾性波速度分布を推定し、コア評価点法により地山区分を決定し、建設コストを推定する。

2. 建設コスト変動リスク評価手法の構築

2.1 地盤状況の推定方法

山岳トンネル掘削において、屈折法弾性波探査や比抵抗電気探査やボーリング調査などの事前調査が実施されており、これらのデータを用いて地盤状況を推定する。本研究では、地盤統計学手法の一つである外生ドリフト・クリギング手法を用いて地盤の状況を推定する。

地盤状況を推定するにあたって、事前調査で得られている屈折法弾性波探査結果と、ボーリングコアで実施された速度検層結果とを用いて外生ドリフト・クリギング手法を適用し、地山の弾性波速度分布を推定する。図-1に示したものは、事前調査で得られた弾性波速度結果を、そのまま地山の弾性波速度分布であると仮定しものであり、phase1 と名付ける。また、図-2に示したものは、事前調査で得られた弾性波速度結果と、ボーリングコアで実施された速度検層結果を用いて、

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○吉見 晋平
京都大学大学院工学研究科 正会員 大津 宏康

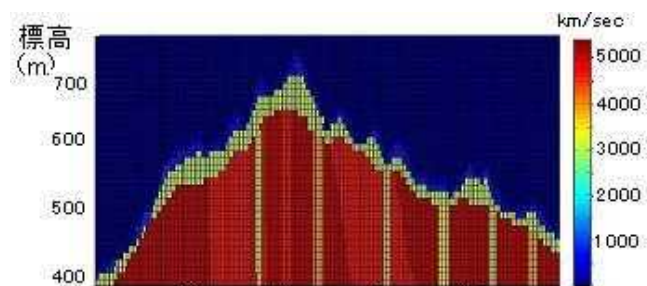


図-1 弾性波速度分布(phase1)

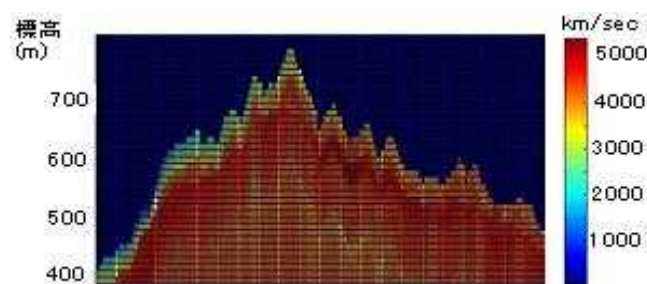


図-2 弾性波速度分布(phase2)

外生ドリフト・クリギング手法を行い弾性波速度分布を推定したものであり、phase2 と名付ける。

2.2 建設コストの推定方法

事前調査で得られた弾性波速度分布、及び比抵抗値分布を用いて、トンネル掘削深度における地山区分を決定し、それぞれの地山区分に対応した支保パターンを決定しコストを算定する。

ここで、得られた弾性波速度分布、及び比抵抗値分布から地山区分を決定する方法として、コア評価点法²⁾を採用する。コア評価点は、図-3に示すように、ボーリングコアで行われた速度検層結果、及び電気検層結果と、切羽評価点法³⁾に基づいて算出されたコア評価点に見られる相関性に関して、最小二乗法を用いた近似式によって算出する。ただし、 x は弾性波速度 (km/sec) を表し、 y はコア評価点とする。

得られたコア評価点に対応する地山区分を元に、それぞれに対応する支保パターンを決定し、建設コストを推定する。その際、表-1のような、楽観、最尤、悲観シナリオという3つのシナリオを設定する。

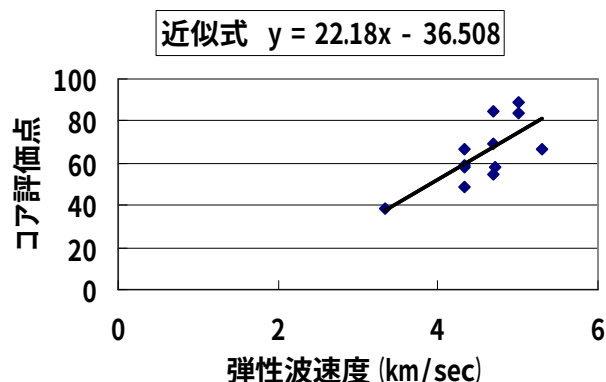


図-3. 弾性波速度とコア評価点との相関

表-1. コア評価点と地山区分の関係

コア評価点 (楽観)	地山 区分	コア評価点 (最尤)	地山 区分	コア評価点 (悲観)	地山 区分
80~100	B	83~100	B	85~100	B
65~80	C1	70~83	C1	75~85	C1
40~65	C2	45~70	C2	50~75	C2
0~40	D1	0~45	D1	0~50	D1

また、事後評価の観点から、得られた推定建設コストに関して、実施工後の建設コストと比較を行う。この際、実施工コストと推定建設コストとの乖離率を乖離率という指標を用いて評価する。

なお、乖離率とは乖離量を百分率で表現したものであり、式(1)によって示される。

$$D^*_i = \frac{C_A - C_i}{C_A} \quad (1)$$

ここで、 D^*_i は乖離率を表し、 C_A は実際の建設コストおよび C_i は推定建設コストを表す。

2.3 建設コストの変動リスク評価

前節の乖離率という指標を用いて、実施工におけるコストと、推定された建設コストを比較したものを図-4に示す。図-4は事例検証としてRトンネルというトンネルに対して、屈折法弾性波探査結果を用いて評価したものである。図-4の結果より、phase1においては、楽観シナリオで約10%、悲観シナリオで約6%程度の乖離が見られたのに対し、外生ドリ

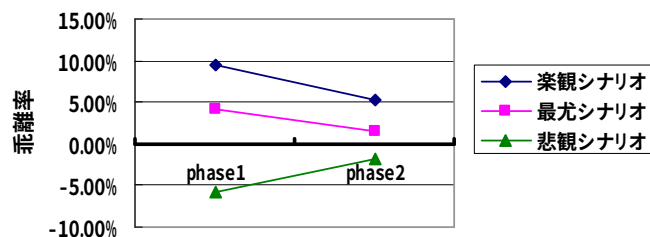


図-4. 弾性波探査による推定建設コストの乖離率

フト・クリギング手法を用いた phase2 に関しては、楽観シナリオで約5%、悲観シナリオで約2%程度の乖離となり、外生ドリフト・クリギング手法を用いることにより、乖離率が改善されるという結果となった。ただし、外生ドリフト・クリギング手法を用いるにあたり、事前調査において、ボーリング調査を行う必要があることに留意されたい。

3. まとめ

本研究では、地盤統計学手法の1つである、外生ドリフト・クリギング手法を用いて、弾性波速度分布を算出した。また、図-3に示す弾性波速度とコア評価点の相関関係に基づきコア評価点を算定し、地山区分を決定し建設コストを推定した。そして、事後評価の観点から、実施工におけるコストと推定された建設コストを乖離率という指標を用いて評価することにより、建設コストの変動リスクを定量的に評価することが出来た。これによって、事業者や出資者に対して、地盤の不確実性に起因する建設コストの変動リスクの提示を行うことができるものと考えられる。

参考文献

- 1) Hans Wackernagel (原著) / 地球統計学研究委員会 (訳編): 地球統計学, 森北出版株式会社, 2003.
- 2) 坂井一雄: 地下構造物建設プロジェクトにおけるコスト変動リスク評価手法に関する研究, 京都大学修士論文, 2007.
- 3) 城間博通・伊藤哲男・赤城 渉: トンネル支保選定支援システムの構築, EXTEC, No.68, pp.21-25, 2004.