

京都大学工学部 学生会員 ○坪倉辰雄  
 京都大学大学院 正会員 大津宏康  
 京都大学大学院 正会員 大西有三

## 1 はじめに

建設プロジェクトには建設コストに影響を与える様々な不確実要因が混在しており、このことに起因して、コストオーバーラン（損益）の発生する可能性が他業種と比較しても高い。本研究では種々の不確実要因の中で、予見できない地盤状況に着目した。これは発生頻度が比較的高く定量化の可能と考えたためである。そして、金融工学理論および地盤統計学の一手法であるクリギング手法を用いて、建設コスト変動について定量的に評価する手法を提案した。さらに、この手法の適用性を検討するため、実際のプロジェクト事例を用いて予測される建設コストの期待値と期待値まわりの変動量との2つのファクターから、具体的な建設コストの変動と地盤調査の妥当性の検討を試みた。

## 2 リスクの定義とその評価手法

金融工学分野において、リスクとは期待値まわりのばらつきを表しており、これを建設プロジェクトにおいて適用させると、予測される建設コストの期待値まわりの外れ量と定義される。即ち、予測される建設コストが正規分布に近似できると仮定すれば、この標準偏差（分散）をリスクと表現できる。また、このリスクは前述の不確実要因によって引き起こされるため、この不確実要因はリスク要因と表される。更に、リスク要因の一つである予見できない地盤条件を地盤リスク要因と呼び、それに起因するリスクを地盤リスクと呼ぶことにする。

この定義のもと、以下にリスク評価手法を示す。まず、図1に横軸に建設コストの期待値、縦軸にリスクをとったリスクー期待値平面を表す。様々なリスク要因によって生じる建設コストの期待値とリスクはこの模式図上に表現される。事例を示すと、図中にA工法・B工法と表しているものを、例えばシールド工法とNATM工法とする。シールド工法を適用した場合には、期待値はNATMに比較して大きい但其のリスクは小さく、逆にNATMを適用した場合には、期待値は小さいが、地山条件が想定したより悪い場合には多大な補助工法によって金額増となるため、その想定されるリ

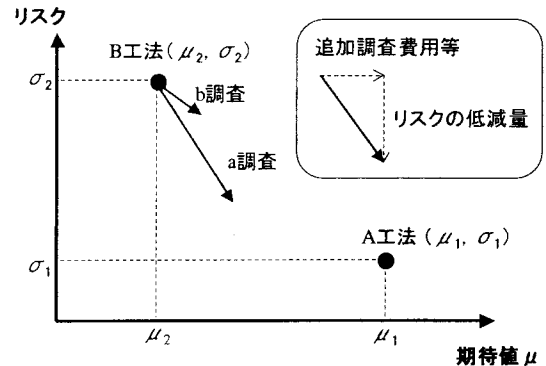


図1 リスクー期待値平面

スクは大きくなる事を表している。また、B工法から伸びる二つの矢印は追加調査を表しており、追加調査を行うことによってリスクを低減することが可能であり、また追加調査の種類によってリスクの低減の仕方が変化する。

建設コストが正規分布と仮定すれば、この模式図中の期待値とリスクの和が一つの指標になると考える事ができ、これは矢印の傾きにおいて表される。

また、建設コストの期待値やリスクを算出する手法として地盤統計学の一手法であるクリギング手法を用いている。

## 3 地盤リスク評価事例

以上の考察を実際のプロジェクトにおいて適用させることを試みた。ある河川沿いに地下高速道路を築造するプロジェクトにおいて、図2のように一段面ごとに三本のボーリングが200mピッチで掘られている状況を考える。このボーリングから様々な情報を入手することが可能であるが、幾何学的情報と力学的情報の二つに大別できる。ここでは、粘土層深度という幾何学的情報に着目して、この値を高速道路建設断面に沿ってクリギングによって算出した。200mピッチで存在するボーリングの本数を徐々に削減して、200m・400m・600m・800m・1200m・1600m・2400mピッチの計7パターンにおいて算出した。本来は広いボーリングピッチから必要に応じて本数を増加させていくが、本研究では事後評価としてボーリング本数を削減したものである。この内、200mと800mピッチに

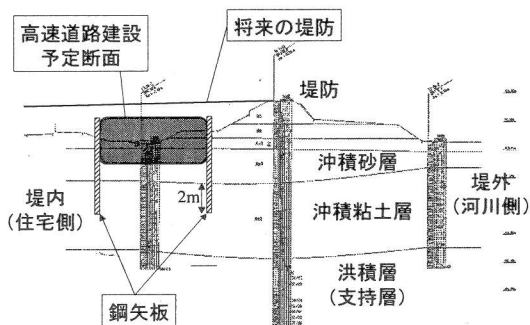


図2 河川堤防の調査状況

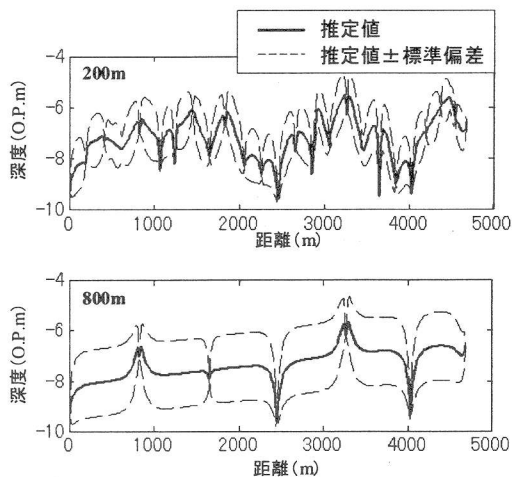


図3 クリギング結果

おけるクリギングによる算出結果を図3に表す。三本の線の交わっている点はボーリングの存在している点であり、標準偏差分が地盤リスク要因を表している。

このように推定された地盤に、高速道路建設における土留支保工として鋼矢板を打設するプロジェクトを考える。その際の仮定を以下に箇条書きで表す。

- ・ 鋼矢板の根入れ長は粘土層 2m (図4を参照)。
- ・ 1ブロックの長さは 20m (図4を参照)。
- ・ 1 m<sup>2</sup>あたりに必要となってくる鋼矢板の費用を 12,000 円。
- ・ 土質試験は行わず層分布のみを調べるボーリングにかかる費用を 1m あたり 60,000 円。
- ・ 堤体と堤内外ボーリングを 35m と 30m。

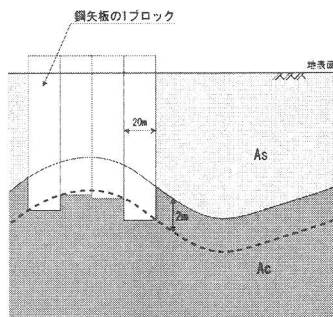


図4 鋼矢板の打設方法

この結果、粘土層深度のそれぞれの推定線により鋼矢板打設に必要なコストの期待値とリスクを共に貨幣価値で表現できるようになり、図1のようなリスク期待値平面上に表すことが可能となる。これを図5に表す。矢印は追加調査の様子を表し、2400mピッチと1600mピッチからそれぞれ倍倍にボーリングピッチを狭めた、二つのパターンを示す。

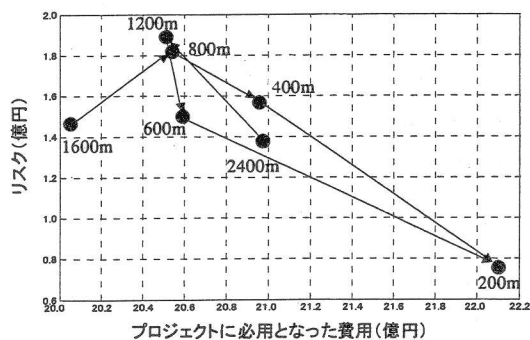


図5 実地盤のリスク期待値平面

この図より幾つかの考察を行う事ができる。

- ・ 一般的に追加調査によりリスクが低減し期待値が調査費の分上昇するが、概ねこの傾向にある。
- ・ 1600mや 2400mピッチでのリスクの上昇や期待値の減少が発生しているのは、データ数の不足、言い換えれば、調査不足が原因となっていると考えられ、これらの観測データ数ではリスクを考慮する事は困難である。
- ・ 200mピッチへの矢印は傾きが緩やかで、追加調査の費用対効果を考えると調査が過多ではなかったかと疑問が残る。また、400mピッチから 1200mピッチの間くらいに最適ボーリングピッチが存在したと考える。

#### 4 まとめ

建設プロジェクトにおいて、地盤リスク要因に着目して地盤リスクの定量的な評価を試みた後、リスク期待値平面という模式図上に抽出した。問題点として、これらの評価は全て事後評価のもとに成り立っており、今後データを蓄積することによる統計的な面からのアプローチが必要になると考える。

#### 参考文献

- 1) Matheron, G. and Armstrong, M. (eds.): Geostatistical Case Studies, D. Reidel, 1987.