

大規模切土工事におけるノンコア削孔スライムと地球統計学を用いた 重金属の3次元分布評価の試み

大林組 正会員 ○奥澤康一, 中戸敬明
京都大学 非会員 久保大樹, 小池克明

1. はじめに

大規模切土工事において自然由来重金属等のリスクがある場合, 事前に土砂搬出計画を立てるには, 地表面からオールコアボーリングを行って重金属等の評価をすることが一般的であるが, 工期やコストがかかることが課題である. 筆者らはこれまで山岳トンネルにおいて, 水平ノンコアボーリングのスライムを用いたヒ素溶出量の評価方法の検討を行ってきたが^{1),2)}, 鉛直ノンコアボーリングでも同様の評価ができるか, またヒ素以外の元素に適用できるかを本研究で検討した. また, 大規模切土工事では調査ボーリングの数が多いため, 重金属の3次元分布が視覚的に分かりにくいという課題もある. そこで, 地球統計学を用いて重金属データを補間することにより, 重金属リスクの高い場所を3次的に可視化する試みも行った.

2. ノンコア削孔スライムのヒ素溶出量

2.1 試料採取と分析方法

本研究では, 60×120mのエリアを対象に, 30m四方を1区画として各区画で1本ずつ計8本のノンコアボーリングを実施し, スライムを採取した. 各ボーリングの長さは19~25mである. 元の地表面から10mまでの区間については風化が進んでいるため試料を採取せず, 10m以深の区間から試料を採取した. 削孔に使用したマシンは鉦研工業(株)製 RPD-160C であり, 孔壁の崩壊の恐れがあったため, 2重管掘削方式を採用した. 排泥には削孔水および圧縮空気を使用し, 1 ロッド(1.5m)ごとに出てきたスライムを土のう袋で回収し, その場で水切りをした後, コア箱に格納した.

検討区間ではスライムを1mごとに5点混合法で採取した. 筆者らはスライムに含まれる2mm以上の粒子のみで評価することを提案しており^{1),2)}, 風乾後2mmの篩で篩い分けを行い, 2mm以上の粒子を2mm以下に粉碎した後, 5試料を均等に混ぜ合わせ, 環告18号法により分析した. また, 検討対象範囲内で2本のオールコアボーリングが行われ, 重金属分析も実施済みであり, それらとスライムの溶出試験結果を比較した. 本稿では, ヒ素, セレン, ホウ素の結果について報告する.

2.2 分析結果

採取地点が最も近いボーリングコアとスライムの各元素の溶出量の深度変化を見ると, 濃度の深度変化パターンは類似しているが, ピークの深度に2m程度のずれが認められた. そこで, 2mずらした深度同士で各溶出量を比較したところ, 総じてコアよりもスライムの方がやや高い傾向を示した(表-1). これは, 筆者らがこれまで行ってきた現場実験^{1),2)}とは逆の傾向である. コアとスライムを採取した地点がやや離れていること(約7m), 断層が多く不均質な地山で, 地層の連続性も確認できないため, 全く異なる地層から試料を採取している可能性もあることから, コアとスライムの各元素の溶出量の関係についてはさらに検討が必要である.

表-1 スライムとボーリングコアのヒ素, セレン, ホウ素溶出量比

	ヒ素	セレン	ホウ素
スライム/ボーリングコア比 (深度修正後、平均値)	2.17	1.48	1.41

3. 地球統計学を用いた3次元可視化

3.1 ordinary kriging (OK)

重金属分布を3次的に可視化するため, 8本のボーリングで得られたスライムのヒ素, セレン, ホウ素の各溶

キーワード 自然由来重金属, ノンコア削孔, スライム, 地球統計学

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640

(株)大林組 技術研究所 地盤技術研究部 TEL 042-495-1015

出量分布に地球統計学を適用してデータの補間を試みた。まず始めに, ordinary kriging (OK)を適用した。OKの計算グリッドは1 m×1m×1 mの3次元モデルとした。解析範囲は, 水平方向は50×100m, 鉛直方向は25mとし, 地形面は考慮に入れていない。各溶出量データには空間的相関性が認められ, バリオグラムは球モデルで近似可能であるが, レンジは元素ごとに異なる。ヒ素は水平, 鉛直方向のレンジがそれぞれ50, 14mであり, 解析には異方性モデルを使用した。一方, セレンとホウ素は水平方向のばらつきが大きいので, 等方性モデルを採用した。セレンのレンジは20m, ホウ素は14mであった。OKによるヒ素溶出量の推定結果は, 各ボーリングの中間で溶出量が急変するという不自然な結果となっている(図-1)。他の元素も同様な結果であり, これは水平方向のデータ密度が鉛直方向よりも極端に少ないことに起因すると考えられ, 改善のためには水平方向のデータ数を増やすといった対応が必要である。

3.2 Sequential Gaussian Simulation (SGS)

OKによる推定結果は本現場では実際の溶出量分布と合わない可能性が高いため, 次に Sequential Gaussian Simulation (SGS)を適用した。SGSは乱数を用いた確率シミュレーションであり, 解析結果は乱数発生ごとに異なることから, 10回リアライゼーションを行い, その平均値を最終結果とした。計算グリッド, 解析範囲, バリオグラムはOKと同じである。SGSによるヒ素溶出量3次元分布の結果を図-2に示す。ヒ素溶出量の空間的な変化はOKの結果よりも漸移的で, より実際の3次元分布に近い結果になっていると考えられる。セレン, ホウ素もヒ素と同様に漸移的な空間変化を示す(図-3, 4)。各元素共に解析範囲中央部で帯状に溶出量の高い領域が認められ, ヒ素溶出量は深部ほど高い傾向が認められた。

4. まとめ

本報告では, 鉛直ノンコアボーリングのスライムを用いた重金属評価, および地球統計学を用いて重金属溶出量分布を3次元的に可視化する技術を検討し, その適用性を確認した。鉛直ボーリングでもスライム採取は問題無く可能であり, 本現場ではSGSによってヒ素, セレン, ホウ素の溶出量の3次元分布を推定できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 奥澤ほか：ノンコア削孔スライムを用いた切羽前方重金属予測技術に関する考察, 土木学会第70回年次学術講演会, 第III部門 III-066, pp. 131-132, 2015.
- 2) 奥澤ほか：ノンコア削孔スライムを用いた切羽前方重金属予測技術に関する考察(その2), 土木学会第71回年次学術講演会, 第III部門 III-432, pp. 863-864, 2016.

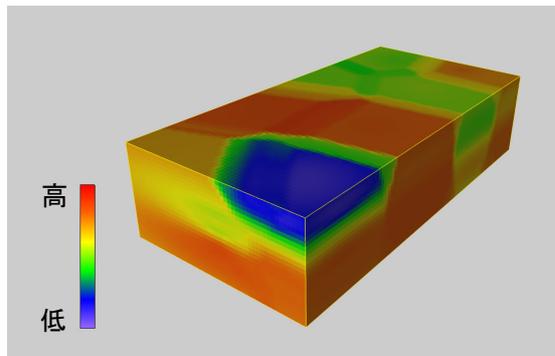


図-1 OKによるヒ素溶出量3次元分布解析結果

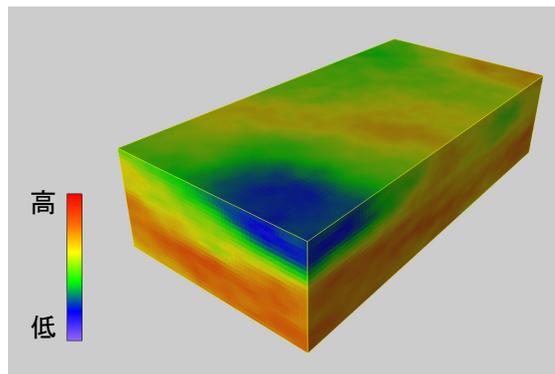


図-2 SGSによるヒ素溶出量3次元分布解析結果

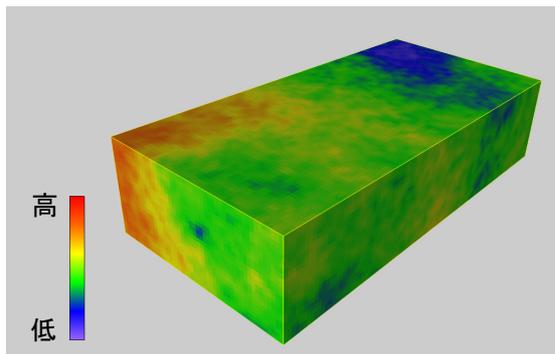


図-3 SGSによるセレン溶出量3次元分布解析結果

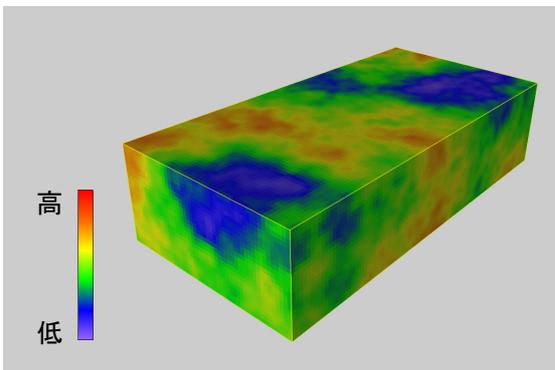


図-4 SGSによるホウ素溶出量3次元分布解析結果