

SOM を活用した斜面地盤経時変化の把握に関する研究

楠見 晴重*

1. はじめに

近年では、老朽化斜面の健全度を評価するために、様々な物理探査が注目されている。しかし、単独の物理探査による物理的情報では地山状態を解釈するのに限界があり、複数の物理探査を用いて評価をすることが望ましい。そこで本研究では、弾性波探査、表面波探査、電気探査を用いて、斜面地盤の評価を行った。評価手法として、自己組織化マップによる手法と得られたデータを間隙率などの指標に変換する手法を適用することで、複数の物理探査結果を総合的に解釈し、老朽化斜面の健全性をより客観的に評価を行った。

2. 研究対象地点

本研究対象地点は、福井県小浜市における、のり長約 56m の種子吹き付け工が施された北向き切土のり面である。のり面表層は名田庄コンプレックス由来で緑色岩系の凝灰質千枚岩により全体的に褐色であるが、部分的な貫入・変質等により、超丹波帯由来の千枚岩質頁岩とみられる青色系の地質も混在する。研究対象のり面においてはボーリング調査が行われており、岩種区分などの実データが得られているほか、ボーリング孔を利用して地下水位を計測している。なお、地下水位は降雨によって激しく変動しており、乾湿繰り返しなどによるのり面劣化の大きな要因となっていることが推定される。

3. 解析手法

3.1 自己組織化マップ

自己組織化マップ(SOM)は、ヘルシンキ大学のコホネンによって 1979 年に発表された教師なしニューラルネットワークの一種である。SOM の特徴は、類似した特徴を持つデータは近くに、異なった特徴を持つデータは遠くに配置されたマップを作成することで、物理量の異なる高次元データ間の非線形な統計学的関係を簡単な幾何学的関係に変換することができることである。作成したマップ上の初期クラスター候補群に対してクラスター分類を行い、各クラスターの特徴を定性的に読み取ることで複合的な評価を行う。なお、SOM によって得られるマップを客観的にクラスターリングするために、非階層型クラスターリング手法である k-means 法を適用させた。k-means 法は非階層型クラスターリング手法の 1 つであり、マップ上に形成された各クラスター候補群の重心が最適値になるように、クラスを分割することができる。

3.2 変換解析

ここでは、P 波速度と間隙率・水の飽和度との関係式を表した Wyllie の式と、比抵抗値と間隙率・水の飽和度との関係式を表した Archie らの式を連立させ、得られた物性値を間隙率・飽和度に変換する手法(以下、変換解析)を用いた。斜面地盤を要素に分割し、一つの要素において P 波速度・比抵抗値から工学的な指標である間隙率・飽和度を求めていく。変換解析を実行するにあたって、地盤や岩盤ごとに決められたパラメータが必要となる。パラメータの設定は、物理探査測定地点の岩石コアから求めるのが望ましいが、本研究における測定地点のコアからはパラメータを求めることが困難であったため、「変換解析パラメータデータベース」と呼ばれる様々な岩種を用いて行った既存の室内試験結果に基づくデータベースにより、対応する岩種のパラメータを用いた。本研究においては、測定地点・地質的に最も類似度が高いと思われる「宮津粘板岩」のデータを用いた。宮津粘板岩は、舞鶴層群に分布する夜久野第三岩群に属するものである。

*関西大学・環境都市工学部・教授

4. 解析結果

弾性波探査, 表面波探査, 電気探査の結果を SOM・k-means 法によって 1 枚の画像として表し, 斜面に適用させた結果を図-1 に示した. また, 弾性波探査, 電気探査の結果を変換解析によって間隙率に変換した結果を図-2 に示した.

図-1 より各クラスターの特徴を見ることができる. クラス 1 は P 波速度・S 波速度ともに速く, 比抵抗値が低いことから, 比較的硬質で高含水率な岩盤であると思われる. クラス 2 はクラス 1 には劣るものの P 波速度・S 波速度が速く, 比抵抗値が低いことから, やや硬質で高含水率な地質であると推定される. クラス 3 は比抵抗値が非常に高く, P 波速度・S 波速度が低いことから, 地盤内に空隙が多く, 風化の影響により劣化しているものと思われる. 表層部に分布するクラス 4 は, P 波速度・S 波速度ともに低く, 地盤が軟弱であることを示しており, クラス 3 と同様に劣化しているものと考えられる.

図-2 より, 斜面における間隙率分布がわかる. 斜面表層では間隙率が高く, 間隙率が 35%以上の部分が目立った結果となっている. 特に, 小段周辺や第 1 小段では間隙率が非常に高く, 間隙率が 50%を超えるような非常に劣化した部分も見受けられる. これは, 降雨と地下水位の上下の影響により乾湿繰り返しを受け, 斜面地盤が劣化した結果であると考えられる.

また, 研究対象のり面上にて実施されたボーリング調査結果との比較では, 岩種区分における強風化粘板岩や風化粘板岩部が, 図-1 にて劣化と推定されたクラス 3・4 部分, 図-2 における間隙率 35%以上の部分と比較的一致しており, 複数の物理探査結果と SOM・k-means 法によって表された斜面分類図には一定の整合性が認められたといえる.

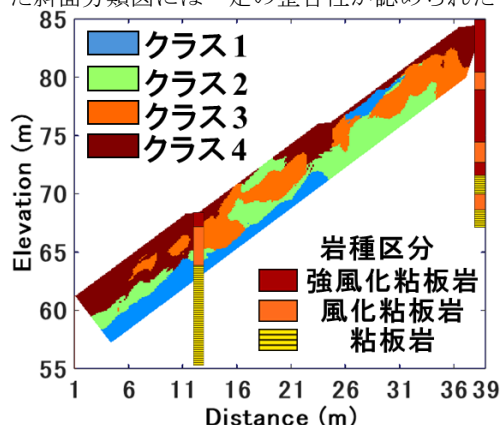


図-1 SOMにより表した斜面分類図

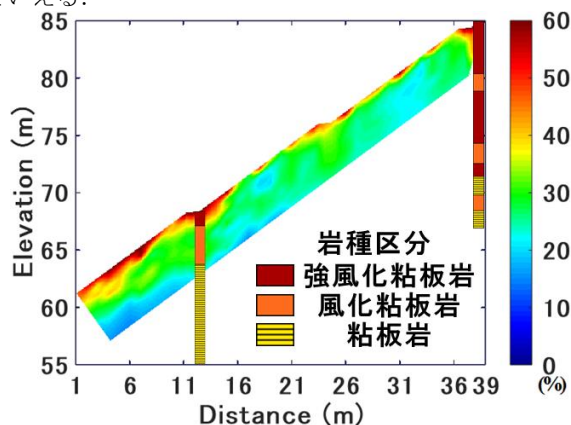


図-2 変換解析により表した斜面間隙率分布

5. まとめ

本研究では, 複数の物理探査の結果を総合的に解釈するため, 情報処理工学の分野で幅広く使われている自己組織化マップに着目し, 物理探査で得られた物理量のデータを 4 つのクラスターに特徴付けて分類を行った. また, 物理探査結果から工学的指標に変換する手法を用いて, 斜面地盤を定量的な数値で評価した. その結果, ボーリング調査で得られた岩種区分, 推定される地層構造とも概ね整合的な結果が得られ, 複数の物理探査を用いた継続的な測定においても有用であると思われる.

参考文献

- 1) Kohonen, T.: Simultaneous order in nervous nets from a functional standpoint, *Biological Cybernetics*, Vol. 50, pp. 35-41, 1982.
- 2) Kohonen, T.: Self-Organization and Associative Memory, Heidelberg: Springer, 1984.
- 3) 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 山川烈: 自己組織化マップ応用事例集 SOM による可視化情報処理, 海文堂, 2002.
- 4) 宮本定明: クラスタ分析入門 ファジィクラスタリングの理論と応用, 森北出版株式会社, 1999.
- 5) 中村真, 楠見晴重, 奥田善之: 岩石供試体の P, S 波速度および比抵抗同時測定装置の開発とその適用性, 土木学会論文集, No.722/III-61, pp.381-386, 2002.