

穿孔データに基づく地山評価手法へのニューラルネットワーク適用に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○金本 岳人
 京都大学大学院工学研究科 正会員 大西 有三
 京都大学大学院工学研究科 正会員 西山 哲
 西松建設(株) 正会員 木村 哲
 西松建設(株) 正会員 山下 雅之

1. はじめに

近年、山岳トンネルの施工においては、作業の安全性の確保や工程・支保選定などを効率的に行うために切羽前方の地山状況を正確に把握する必要がある。そのため、直接的に地山状況を探查する穿孔探查法を最も有効な探查法の一つと考え地山評価を行っている¹⁾。通常、地山評価は穿孔データと地山性状の実績に基づく基準値と目視情報を考慮して、最終的には経験者が総合的に地山の良否を判定している。しかし、穿孔探查法は新たな手法であるため得られるデータからの定量的な地山評価が行われていないのが現状である¹⁾。そこで、穿孔探查法にニューラルネットワークを適用することで、穿孔データと経験者が行った地山の良否判定との関係を学習パターンとして認識し、得られる大量のデータから地山評価を迅速に、また客観的・自動的に判定することが可能になると考えられる。また、ニューラルネットワークを地山評価手法に組み入れることは、今後起こりうる経験を持った技術者の不足や新たなパラメータの開発に対応するためにも必要である。本論では、ニューラルネットワークによる支保選定と実施支保パターンとの比較を行うことで、ニューラルネットワークによる支保選定システムの実用化に関する研究を行った。

2. 穿孔探查法

穿孔探查法は、図-1に示すように地山を穿孔破壊することで直接的に物性を把握しようとする手法である。穿孔探查法では、回転圧、穿孔速度、穿孔エネルギー、ダンピング圧が主な穿孔データとして得られる。通常、脆弱層では穿孔速度は大きくなり、穿孔エネルギーおよびダンピング圧は小さくなる¹⁾。

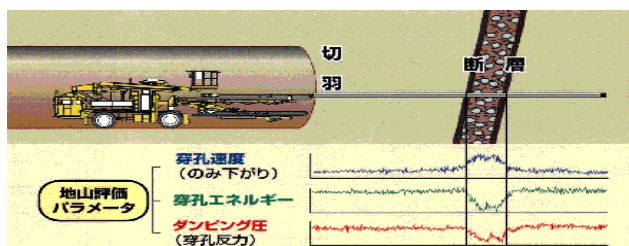


図-1 穿孔探查法の概要図

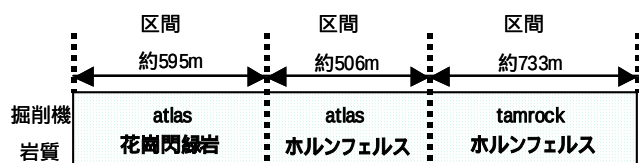


図-2 タニイソトンネルの分類

3. ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークは人間が経験から学習するといった、人間の脳における神経の結合をコンピュータ上でモデル化し、再現するものである。本論では、フィードフォワード型の階層型ニューラルネットワーク構造で、教師あり学習の代表的なアルゴリズムである誤差逆伝播法を用いた。ニューラルネットワークの特徴として、教師データより学習することでパターンマッチングをして出力することが挙げられる。

4. 穿孔データに基づく支保パターン選定への試み

本論では、タニイソトンネル施工時の1mおきのデータを用いて実施支保パターンとニューラルネットワークによる支保選定との比較を行った。はじめに、図-2のようにタニイソトンネルを掘削機と岩質で3区間に分類した。表-1の各区間での切羽評価点に基づき作成した教師データは、各パラメータが地盤に対応した挙動を示している。次に、感度解析と

キーワード 穿孔探查法，ニューラルネットワーク，地山評価，実施支保パターン

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町工学部5号館 ジオフロント環境工学講座 075-753-5129

して各区間のパラメータの全組み合わせに対して、教師データを学習させ支保パターン選定としてのニューラル判定を出力した。図-3のようにニューラル判定と実施支保には、ニューラル判定5=実施支保C、といった対応関係がある。本研究では、中間層ユニット数などのニューラルネットワークの構造条件を変えることで最適なものを求めた。結果として、3つ以上のパラメータを組み合わせた場合は、2つ以下のパラメータを組み合わせた場合よりも整合率と精度が高いことがわかった。ここで、整合率とはニューラル判定と実施支保パターンの一致率を表すものである。以下、3つ以上のパラメータを組み合わせた区間の結果を比較する。表-2よりパラメータとして穿孔エネルギーを含まない組み合わせは含む組み合わせに比べて整合率の低下が見られる。また、区間の実施支保パターンを示した図-3と穿孔エネルギーをパラメータとして含む組み合わせを示した図-4(a),(b),(d),(e)とを比較すると、実施支保パターンの変化を比較的再現できていることが確認できる。一方、図-3と穿孔エネルギーをパラメータに含まない組み合わせを示した図-4(c)とを比較すると、実施支保パターンの変化を再現できていないことが確認できる。したがって、考慮したパラメータのうち穿孔エネルギーは最も感度の高いパラメータといえる。また、図-3と図-4(a),(b),(d),(e)との比較において、ニューラル判定と実施支保パターンとが一致していない箇所がある。この原因としてはニューラルネットワークによる判定が切羽一点による穿孔データに基づくのに対して、実施支保パターンは切羽全面を総合的に判断して評価したことによるものと考えられる。

5. まとめ

ニューラルネットワークを穿孔探査法にシステムとして組み込むために、感度の高いパラメータとしての穿孔エネルギーを含み、パラメータ数を多くすることが最も重要なことである。これらを考慮することで、得られる大量のデータから地山評価を迅速に、客観的・自動的に判定するシステムの構築が可能となる。

表-1 区間の教師データ

ニューラル判定	回転圧 (kg/cm ²)	穿孔速度 (cm/s)	穿孔エネルギー (J/cm ³)	ダンピング圧 (kg/cm ²)	実施支保
5	62	0.9	465	46.5	C
3	65	1.1	320	44.5	D
1	70	2.1	180	42.5	D

表-2 区間のパラメータの組み合わせと整合率

No	パラメータ	整合率
1	回転圧・穿孔速度・穿孔エネルギー・ダンピング圧	0.70
2	回転圧・穿孔速度・穿孔エネルギー	0.64
3	回転圧・穿孔速度・ダンピング圧	0.38
4	回転圧・穿孔エネルギー・ダンピング圧	0.59
5	穿孔速度・穿孔エネルギー・ダンピング圧	0.68

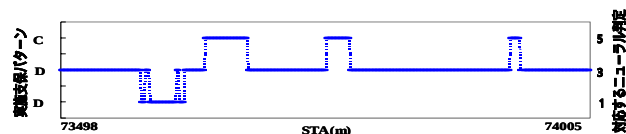
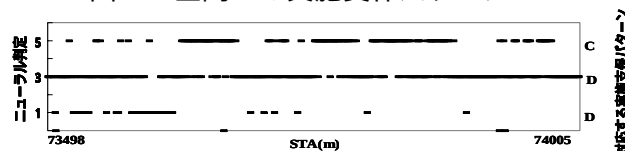
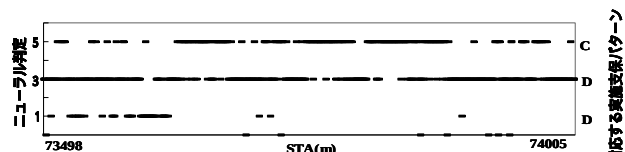


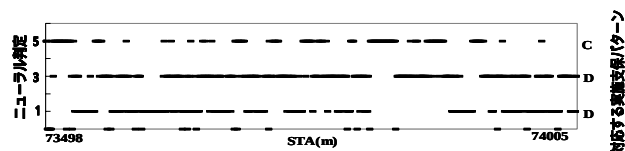
図-3 区間の実施支保パターン



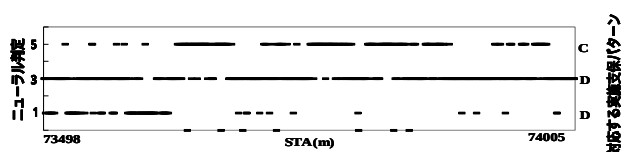
(a) 表-2のNo.1のニューラル判定



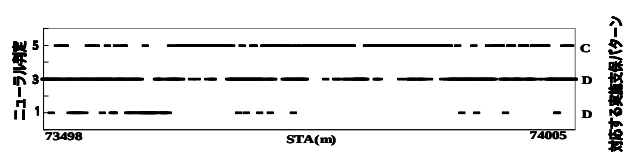
(b) 表-2のNo.2のニューラル判定



(c) 表-2のNo.3のニューラル判定



(d) 表-2のNo.4のニューラル判定



(e) 表-2のNo.5のニューラル判定

図-4 区間のニューラル判定

参考文献

- 1) 木村哲，トンネルの情報化施工における切羽前方地質評価システムの構築に関する研究，京都大学工学研究科都市環境工学専攻博士論文，2005