

VI-113 ニューラルネットワークによるトンネル地質予測システムについて

鴻池組 技術研究所 正員 村林 篤 柚木 孝治
和 田 節 正員 折田 利昭

1. まえがき

トンネル掘削管理においては、地山の地質状態が掘進にともない変化するため、切羽状態を観察し、施工へフィードバックすることが重要である。切羽の観察方法としてはスケッチや写真撮影が行われているが、定量的な分析が充分ではないため、施工へのフィードバックに生かされていないことが多い。本研究では、観察結果から有効な情報を取得するため、切羽面に存在する亀裂を切羽写真の画像処理により抽出し、その分布状態から岩盤の硬軟を判定することを試みた。さらに、その結果を利用してニューラルネットワークによる地質予測を行い、その有効性を検証した。

2. 画像解析による亀裂の抽出

写真-1は、実際に掘削中のトンネル切羽断面を撮影したものである。この写真を画像処理装置（画素数512×512ドット、RGB各256階調）に取り込み、画像補正、輝度変換処理、2値化などの処理を行うことにより、亀裂が線状に抽出される。この亀裂の総延長を測定することにより、地山の硬軟の判定を行った。画像処理装置においては、画像はすべてドット単位で表現されており、亀裂のドット数をもって亀裂の総延長とした。

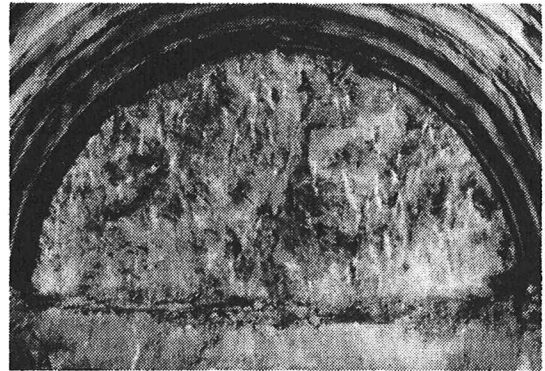


写真-1 切羽断面の写真

切羽内周部分は一定の芯抜きパターンで発破を行うことが多く、断面ごとのフィードバックの重要性が低いと考えられるので、切羽外周部分に関してのみ硬軟判定を行うことにした。硬軟の判定方法は、切羽外周から一定幅を取り出し、さらに中心角30°ごとの扇型に6分割する。各部分ごとに含まれる亀裂の総延長を求め、その平均値 M と標準偏差 σ を算出する。その後、 $M \pm \sigma$ の範囲内の部分を『普通』、それ以下を『硬い』、それ以上を『軟い』の3段階で硬軟を判定した。画像処理結果および判定結果の一例を図-1に示す。

このようにして得られた硬軟の判定結果は、目視等による硬軟の判定の結果とほぼ一致している。差異が生じる原因としては、もともとなる写真の状態や画像処理の方法の違い、さらには亀裂の多さのみを判定の基準としていることが考えられる。



図-1 画像処理および判定の結果

3. ニューラルネットワークを用いた予測

より効果的な施工管理を行うためには、次断面の地質状態予測が必要となる。そこで、前述の画像処理によって得られたデータを用いて、ニューラルネットワークにより次断面の硬軟を予測することを試みた。

画像処理により得られたデータには、前述のように写真の状態などによる差が含まれている。そこで、明らかに不適切と思われるデータには、目視等の結果を考慮して修正を加えた。図-2に示すように、6分割

のうち1箇所の後方5断面分の硬軟の状態から、次断面の同位置の硬軟状態を判定した。

予測に使用したニューラルネットワークは、図-3に示すように入力が5ユニット、出力が1ユニット、中間層が1層の、バックプロパゲーション型のニューラルネットワークを用いた。入出力は硬さの度合いを表すものとして、『硬い』『普通』『軟い』の3段階を扱った。実際のトンネルから30断面分のデータを採取し、前半15断面でニューラルネットワークの学習を行い、後半15断面の予測を行った。

表-1に、ニューラルネットワークによる予測の結果を示す。『普通』と判定された部分が多いため少し片寄った結果となったが、予測はかなり正しく行われていると判断できる。

また、ニューラルネットワーク構成の違いによる結果への影響を把握するため、中間層の有無や入力ユニット数を変化させ、出力結果を比較した。その結果、構成の違いにより出力値に多少の変化は認められたが、判定結果はほぼ同様になった。

次に、出力を3ユニットに増やし、各々に『硬い』『普通』『軟い』の3段階評価を割り当て、同様の検証を行った。その結果、出力が『普通』に集中し、満足な結果は得られなかった。学習データを変化させると『普通』への集中は避けられたが、正しい判定にはならなかった。

ネットワークの構成と判定結果の関係についてはまだ不明な点があり、今後も研究を続ける必要がある。なお、ニューラルネットワークの作成には、ブレインズ社の「網力太」を使用した。

以上のことから、適切なニューラルネットワークを選定すれば、地山の状態予測システムへの適用が有効であることが確認された。

4. あとがき

画像処理による切羽面の硬軟の判定は、写真撮影時の条件の違いや画像処理の違いにより、左右されることがある。一方、正確な硬軟情報を利用したニューラルネットワークによる切羽状態の予測は、かなり良好な結果が得られた。今後は、画像処理による硬軟の判定の精度を上げるための改良を行い、より高精度な予測を行えるように研究を進めて行く予定である。

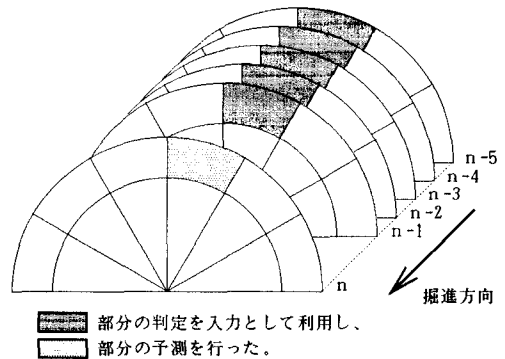


図-2 入力断面と予測断面の模式図

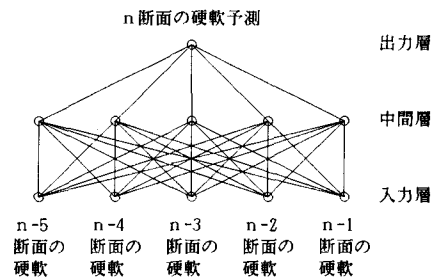


図-3 ニューラルネットワークの構造

表-1 予測の結果

実際	ニューラルネットワークによる予測			
	軟い	普通	硬い	正解率
軟い	5	3	0	62.5%
普通	3	44	1	91.7%
硬い	0	3	7	70.0%

《参考文献》

- 1) 柚木, 和田, 中澤, 山本, 村林; トンネル切羽情報に基づく地質予測手法の研究(その6), 第27回土質工学研究発表会, 1992(投稿中)
- 2) 麻生; ニューラルネットワーク情報処理, 産業図書, 1988