

V-321

ニューラルネットワークによるコンクリート凍害劣化予測モデルの提案

神戸市立高専 正会員 高科 豊
山口大学 正会員 宮本文穂

1. はじめに

凍害は、水分の供給、外気温、融氷剤の使用を受ける頻度の違い等により、場所的品質の隔たりを生ずる現象である。また、その評価は、強度、空隙分布量等の品質を確かめるとともに、凍害の範囲や凍害深さ等の空間的な品質状況を知ることやその経時変化を予測することが重要である。

一方、凍害が自然風化作用による不確実かつ複雑な機構に依存することから、その評価の主体は、実構造物の点検及び試験体の実験から得られるデータを有機的に結びつけ、各結果からの逆問題的扱いを重視することが現実的であると考ええる。

本研究は、簡単な数値計算例を展開し、凍害に関するニューラルネットワークによる劣化の予測モデルの基礎的な考え方及び考察を述べるものである。

2. 一次元空間の数値計算例

2.1 評価の対象と目的

実構造物レベルのある時点での点検により一次元空間の品質分布〔グレードは0（悪）～1（良）の値で定義〕が図-1の太線〔△印：各調査点〕のように獲得できたとする。以下、同点検空間における品質分布の経時変化予測を知ること考える。

2.2 ニューラルネットワークの予測モデルへの適用

入力ユニットは、空間情報、時間情報、各種条件情報である。出力ユニットは品質値〔例えば、強度等〕である。各ユニット値はすべて0～1で表す。また、空間・時間の定義付けはユニット値への対応関係から、2種類行い、組合せネットワーク（今回：4通り）による推論値平均を目的品質値と考える。学習アルゴリズムは誤差逆伝播法に限定する。

中間層の構造及び学習条件は、各獲得情報を最も的確に表現できる場合〔学習値と推論値の差が各空間位置に一様的に分散する場合〕を条件として、試行錯誤的に得ることが最適であると考ええる。〔学習値と推論値平均（目的品質値）の各相関を検討〕

なお、モデルによる予測は、学習後の時間ユニット値の変化による感度分析に基づく。

(1) 点検結果からのみ予測する場合

供用開始時（時間0）の同分布（図-1：太線〔□印〕）がすべて1（良）であるとすると、点検時（時間0.5）の分布を含めた学習パターンを構成し、学習を終えたネットワークの時間ユニットの変化から、経時品質変化を推論することができる。凍害の外的作用条件等が、時間に対して常に一樣と考えるなら、その結果は十分に妥当性を

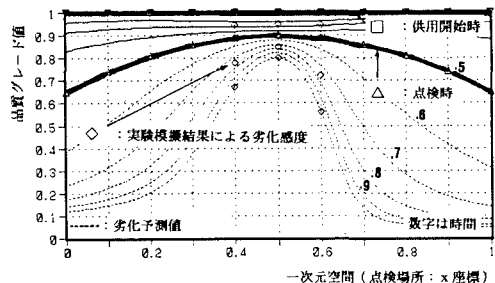


図-1 点検結果による品質分布の推論

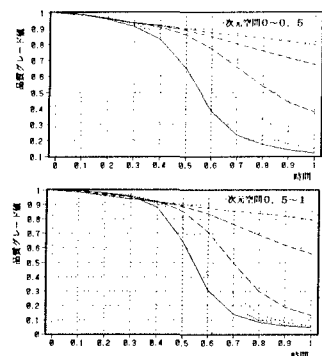


図-2 劣化曲線の推論結果

キーワード：劣化予測、凍害、ニューラルネットワーク

連絡先：〒651-21 神戸市西区学園東町8-3 TEL 078-795-3272 FAX 078-795-3314

持つものと判断できる。その根拠は、両分布の空間感度、時間感度をもつ学習値及び定義付けられた各ユニットの意味尺度を説明するネットワーク構造の存在そのものにある。

(2)点検結果及び実験結果から予測する場合

(1)の場合に加えて、空間の任意点に関して、試験体レベルの凍結融解実験における現場調査点の模擬的扱い〔各種作用条件、試験体条件と品質値の対応関係に基づく〕をすることができ、劣化曲線が獲得できた場合を考える。

以上のような空間の任意点の結果は、空間的かつ量的に限定されたとしても、評価する分布

全体に、その影響を反映させることができる。図-1の点線部分は、実験模擬による結果（◇印）を含めた一次元空間全体の推論予測値である。但し、模擬位置は空間的に近傍化しない方が分布全体の評価に適切と考えるが、今回はその効果を考察する意味で、近傍に集中させた（3ヶ所）。図-2は、図-1の左右部の曲線を、劣化曲線として示したものである。これより、図-1中の左右部で実験上の模擬感度の影響が異なることが明確に表れる。また、図-3は、この計算例の中間層の構造を検討した一部である。学習パターン構成が複雑になればなる程、ネットワーク構造も同様に複雑になるが、学習値と推論値の各差を、評価対象となる品質分布上に関して、一様的に最も小さくするという条件からの構造の同定はできるものと考ええる。

3. 二次元空間の数値計算例

図-4は、上述と同様の手法を適用した進展期における断面周囲の点検の結果からの品質分布経時変化の推論結果を示す。ネットワークの時間ユニットによる感度解析に基づく劣化予測モデルが、二次元、三次元空間の任意の形状に容易に展開できることがわかる。

4. モデルの拡張的利用

上述のモデルは、各種条件情報ユニットの多様な表現展開によって、詳細に劣化現象を追跡できるところに特徴があると考ええる。

また、不確実なデータを含む場合も確信度等の利用によって、全体の品質分布を評価することも期待でき、今後実施する予定である。

5. まとめ

不確実かつ複雑な劣化の機構に依存する凍害の進行予測について、ニューラルネットワークモデルを構築することは、非常に有意義な事と考える。本モデルは、現場の点検結果（品質分布全体の位置づけ）と実験結果（劣化曲線：部分的詳細な知見）の結合を表現できる可能性があると考える。今後の課題として、現場模擬表現における実験の因子等の整理、扱うデータの統計学的な検討、実際の劣化調査への適用性等を検討する。

参考文献

- 1) 武田均、丸屋剛：ニューラルネットワークを用いたコンクリート構造物中の鉄筋の腐食進行予測、コンクリート工学論文集第9巻第1号、pp.133~142,1998年1月。

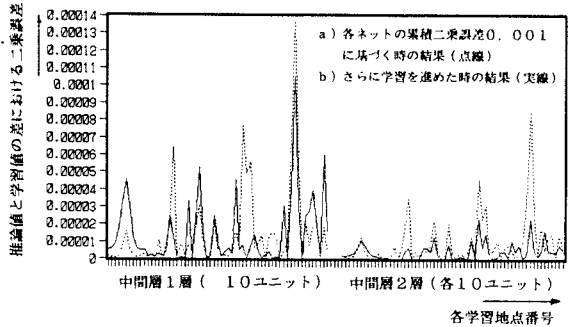


図-3 ネットワーク構造と学習状況

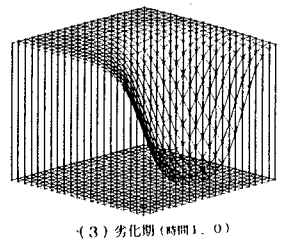
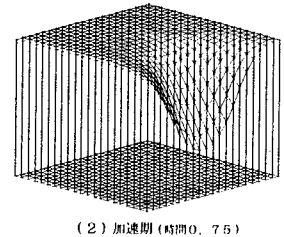
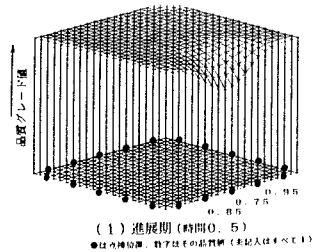


図-4 進展期からの劣化の進行