

V-482

各種急結剤を用いた吹付けコンクリートの品質推定に関する基礎的研究

東京大学大学院 学生会員 西村 薊果

東京大学国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

吹付けコンクリートの硬化後の品質は、配合条件だけでなく、吹付け施工条件や吹付け作業を行うノズルマンの技術や勘といった人的要因など、様々な因子の影響を受けるためその品質管理は非常に困難なものとなっている。そのため、数式化や定式化が困難な問題の解決に適しているニューラルネットワークを用いて、吹付けコンクリートの品質推定をする研究が行われている。そこで本研究では、ニューラルネットワークによる品質推定モデルの構築において重要となる、入力因子の選定についての検討を行った。

2. ニューラルネットワークのモデル構築

2.1 急結剤の種類による影響

近年の開発により急結剤の種類は多様化しており、品質推定をする場合に急結剤の添加率だけでは入力因子として不十分と考えられる。そこで、本研究では5種類の急結剤を使用した実験データを用いて、急結剤の種類の影響を考慮した品質推定モデルの構築を検討した。

各急結剤の性質を表す指標としては、土木学会基準（JSCE-D102-1986）に準ずる急結剤の試験成績値である、凝結始発時間、凝結終結時間、24時間圧縮強度、28日無混入との強度比の4項目を用いた。

2.1.1 主成分分析による前処理

急結剤に関する情報がニューラルネットワークの入力因子として有意なものにするために、急結剤試験値と実添加率について前処理を行い、適切な品質推定を行うモデルの選定を検討した。

前処理には、情報の縮約を行う統計的手法で

表1 主成分分析の結果

主成分	主成分分析A				主成分分析B			
	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
寄与率(%)	48.47	42.97	6.15	0.41	25.49	25.47	25.11	23.93
累積寄与率(%)	48.47	91.44	99.59	100.00	25.49	50.95	76.07	100.00
入力項目	・凝結始発時間 ・凝結終結時間 ・24時間圧縮強度 ・28日無混入との強度比				・主成分分析Aの第1主成分 ・主成分分析Aの第2主成分 ・主成分分析Aの第3主成分 ・急結剤添加率			

ある主成分分析を用いた。その結果を表1に示す。急結剤試験値の4項目を入力した主成分分析Aでは、寄与率が8.15%の第3主成分までを主成分得点として採用することとした。主成分分析Bでは、Aの結果得られた3成分と急結剤の実添加率の4項目を入力し、その結果寄与率23.93%である第4主成分までを主成分得点として採用することとした。

2.1.2 ニューラルネットワークの入力項目

前述の前処理を行った急結剤に関する項目と、配合条件、フレッシュ性状、吹付け条件に関する項目をニューラルネットワークに入力して、その推定モデルの精度を比較した。各モデルの入力因子を表2に示す。モデル1は急結剤の性質に関する指標を入力せず、急結剤の種類の影響を考慮していないものとした。モデル2は急結剤の試験成績値及び添加率を前処理せず

表2 各モデルにおける入力因子

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4
急結剤に関する項目	・添加率	・凝結始発時間 ・凝結終結時間 ・24時間圧縮強度 ・28日無混入との強度比 ・添加率	・主成分分析Aの3成分 ・添加率	・主成分分析Bの4成分
その他の項目	・セメント単位量 ・実吐出量 ・水セメント比 ・目視評価 ・繊維率 ・練り上がり温度 ・空気量			

キーワード：ニューラルネットワーク、吹付けコンクリート、急結剤、主成分分析

連絡先：〒106 港区六本木7-22-1 東京大学生産技術研究所 第5部魚本研究室 Tel 03-3402-6231(ex.2543)

に入力した。モデル 3 は主成分分析 A で得られた第 3 主成分までの 3 項目と主成分分析で入力していなかった添加率を入力した。モデル 4 は主成分分析 B で得られた第 4 主成分までの 4 項目を入力した。全モデルにおいて出力因子は 24 時間ブルアウト強度と 28 日圧縮強度の 2 因子とした。ニューラルネットワークは、入力層、中間層、出力層の 3 層階層型を用いた。学習には 31 データ用い、学習データの収束条件は平均誤差が 3% 以下となったときとした。モデルの精度の検証には、未知の 3 データにより推定を行いその教示値との誤差を比較した。

2.1.3 品質推定の結果

各モデルによる推定の結果を図 1 に示す。急結剤の指標を入力していないモデル 1 は、平均誤差が 26.01%であり、ネットワークによる品質推定が適切に行われていないことがわかる。また急結剤の試験成績値を前処理せずに入力したモデル 2 では、28 日強度は平均誤差 13.01%とモデル 1 より精度よく推定しているが、24 時間強度については適切に推定できていないことがわかる。急結剤の試験成績値を前処理してから入力したモデルについては、急結剤の試験成績値を主成分分析したモデル 3 が、平均誤差 6.83%と最も精度よく推定できた。一方、同じく前処理を行ったモデル 4 では、平均誤差 12.60%であるが、誤差の最大が 54.70%であり、適切に推定できていないといえる。

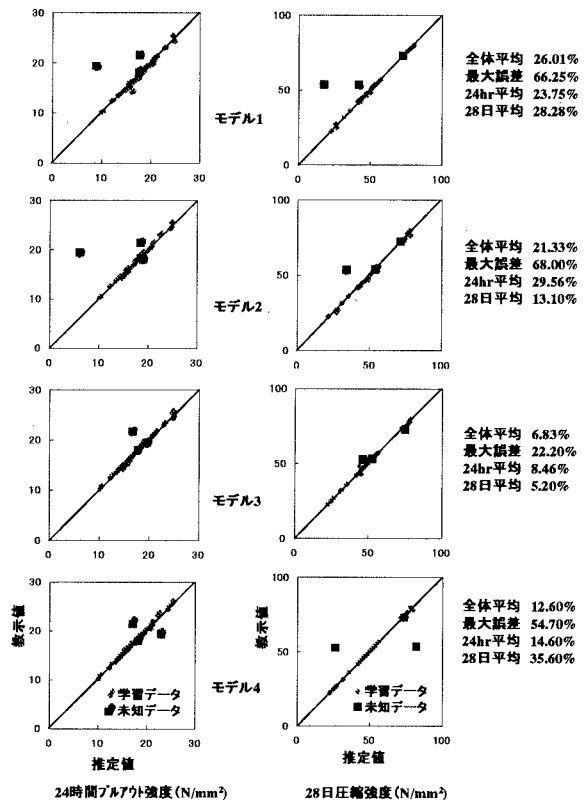


図 1 各モデルによる推定結果

3. まとめ

様々な種類の急結剤を使用した実験データについても、急結剤の性質を表す指標をニューラルネットワークの入力因子に加えることで、適切に推定できることが明らかとなった。ニューラルネットワークの前処理として主成分分析による情報の縮約を行ったところ、主成分分析の入力項目の組み合わせによって、推定の精度に影響を及ぼすことが明らかとなった。本研究では、急結剤の試験成績値を主成分分析し、そこで得られた寄与率の高い主成分と急結剤の添加率を入力することによって、吹付けコンクリートの初期強度の品質推定モデルを確立することができた。

今後は急結剤だけでなく、吹付け前のコンクリートのフレッシュ性状や吹付け条件など、段階ごとの情報を縮約してニューラルネットワークの入力項目とする必要がある。従って、これらのデータを使用して吹付けコンクリートの施工全般にわたるモデルを構築することが課題であると考ええる。

[謝辞] 本研究費の一部は日本道路公団からの受託研究費であることを付記する。

[参考文献] 植松 敬治ほか、ニューラルネットワークを用いた吹付けコンクリートの品質推定、日本コンクリート工学協会年次論文集、Vol.20, No.2, 1998