

## V-128 ニューラルネットワークを利用した超硬練りコンクリートの練混ぜ品質管理手法の実プラントへの適用

|                |     |      |
|----------------|-----|------|
| 東電設計(株)耐震技術部   | 正会員 | 中川貴之 |
| 東電設計(株)耐震技術部   | 正会員 | 松島 学 |
| 東京電力(株)電力技術研究所 | 正会員 | 堤 知明 |
| (株)間組技術研究所     | 正会員 | 村上祐治 |

### 1. はじめに

近年、ダム用コンクリートは、その経済性ならびに施工性などの優位性から、RCD (Roller Compacted Dam)用コンクリートと呼ばれる超硬練りコンクリートが用いられることが多い。超硬練りコンクリートは単位水量が少なく、水分量の変化が品質（コンシステンシー）に敏感に影響を及ぼすため、配合時の水分量管理が極めて重要である。しかし、品質変動を直接測定する VC 試験は、通常 1 時間に 1 回程度を目安に行う抜き取り試験であり、練混ぜ後の事後管理である。筆者らは、今までにも室内試験や実プラントでの試験的な適用を通してニューラルネットワークを利用した VC 値のリアルタイムの予測システムの有効性を検証してきた<sup>1)2)</sup>。本研究は、実プラントでの超硬練りコンクリートの製造に基づき、配合条件、練混ぜ時の消費電力などを入力項目にしてニューラルネットワークを構築し、実施工でのリアルタイムの VC 値の予測システムの可能性を検証したものである。

### 2. ニューラルネットワーク・システムの構築

本ニューラルネットワークは、練混ぜ前ならびに練混ぜ時に得られるデータを入力項目とし、練混ぜ後に得られる VC 値を出力項目とした。入力項目は図-1 に示す全 18 項目とした。入力項目のうち粗骨材(G1,G2)は、表面水率の変動が少ないため、1 日 1 回程度の計測による配合補正のみを考慮して、表面に付着した水量も含む重量としている。しかし、粗骨材(G3,G4)および細骨材の表面水率は変動が大きく、VC 値への影響が大きいことから、実測されたデータを独立の入力項目とした。骨材の吸水率を入力値にした理由は、ダムサイトの骨材採取場所により岩石の種類が変化し、その結果が VC 値に影響することを考慮するためである。さらに、骨材の比重は吸水率に強い相関があることから、VC 値に直接影響する骨材の吸水率に代表させた。コンクリートのコンシステンシーにはこの他に、練上り温度の影響も大きいことが知られており、ミキサ内での練混ぜ時のコンクリート温度も入力項目とした。使用したセメントは、中庸熱ポルトランドセメントを、混和剤は AE 減水剤を使用した。

本研究では、図-1 に示す教師付きの学習法である階層型ニューラルネットワークを採用した。中間層は一般的な 1 層を採用しており、素子数を決定する一般的な考え方はないが、経験的に入力層の 1.0 ～ 2.0 倍の範囲が適切とされている。本研究で採用した中間層の素子数は、入力層の 1.5 倍の 27 個で

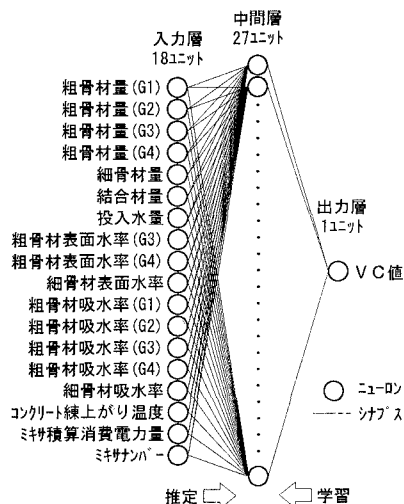


図-1 ニューラルネットワークの構造

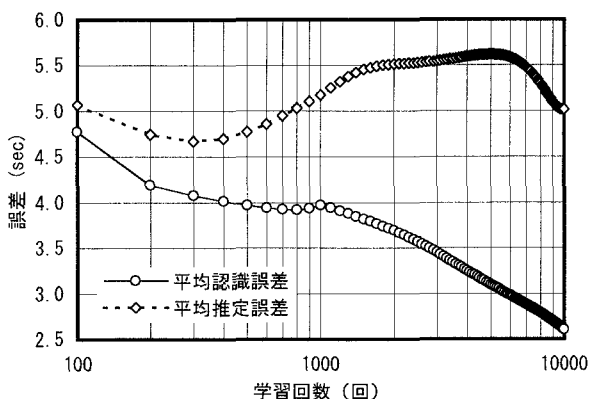


図-2 誤差の推移

あり、事前のケーススタディで最も学習効率の高いことが明らかとなっている。また、シグモイド関数の温度  $T$  は、0.2～2.0 の範囲が適切とされ、本研究では温度を 1.0 とした。

使用データは、練混ぜ容量 3,000 リットルの水平 2 軸強制練りミキサを備えたパッチャープラントにおいて超硬練りコンクリートを製造する際に得られた 170 データと、適用範囲を広げるために人為的に作られた 6 データの計 176 データを用いた。

### 3. 学習および検証結果

学習不足および過学習（学習データについての近似精度は向上するが、未学習データに対する精度が悪くなる現象）を回避するために、学習回数毎の誤差の推移を算定した。学習データの認識誤差と未学習データの推定誤差を図-2 に示す。学習回数 1,000 回時の学習結果ならびに学習が終了したシステムに未学習データを推定させた検証結果を、図-3 および図-4 に示す。それぞれ実測 VC 値に対する推定 VC 値の関係であり、学習ならびに検証が良好であることが読みとれる。目標とする VC 値が 20sec であることより、その周囲にデータが集中しているが、学習では 30sec 以上の VC 値に対しても妥当な精度で推定がなされている。学習誤差と推定誤差の標準偏差は、それぞれ  $\sigma_L=2.51\text{sec}$ ,  $\sigma_E=3.36\text{sec}$  となり、VC 値の管理目標である  $20\text{sec} \pm 10\text{sec}$  と比較して十分小さく、偏りもないことがわかる。

### 4. 実プラントへのシステムの適用

1 日の施工管理の経時変化の一例を図-5 に示す。測定された VC 値は、わずか 7 個（●印）であるが、推定 VC 値と整合性がある。また、投入水量と推定 VC 値には相関があり、実用的には適用できるシステムであることを裏付けている。

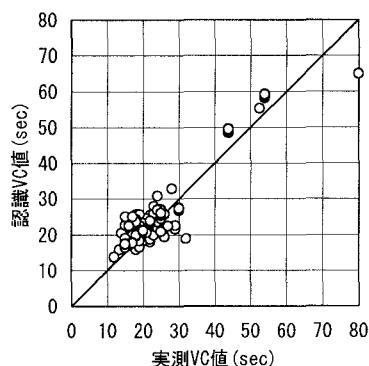


図-3 学習結果 (N=1,000 回)

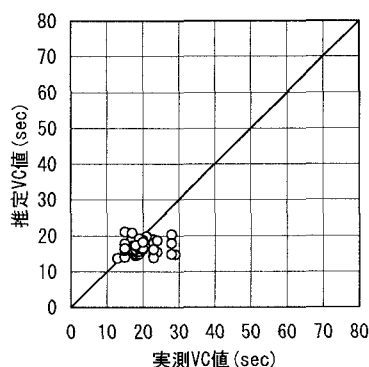


図-4 検証結果 (N=1,000 回)

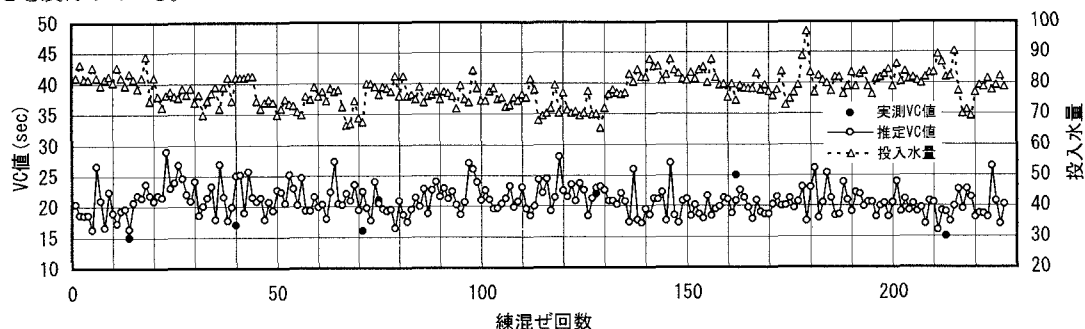


図-5 超硬練りコンクリートの現場品質管理結果

### 5. まとめ

入力項目に配合条件と消費電力量の他、実プラントに設置されている細骨材表面水率測定装置のデータを含めることで実プラントにおける VC 値の推定を、ニューラルネットワークを用いて精度良く実現することが出来る。また、その精度は、5sec 程度であり、従来試験員が実施する VC 試験の管理基準が  $20 \pm 10\text{sec}$  であることを考慮すると、十分な精度で推定することが可能である。

#### 【参考文献】

- 1) 恒国光義, 安田登, 堤知明, 村上祐治: ニューラルネットワークを利用した超硬練りコンクリートの練混ぜ品質管理手法の検討, 土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集第 5 部, pp.578-579
- 2) 恒国光義, 安田登, 堤知明, 村上祐治: ニューラルネットワークを利用した超硬練りコンクリートの VC 値の推定手法, 土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集第 5 部, pp.138-139