

V-70

季節変動を考慮したコンクリートの品質管理システム

東京大学大学院 学生会員 加藤佳孝

東京大学大学院 学生会員 大住道生

東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

東京電力（株）技術開発本部技術研究所 正会員 堤 知明

1. はじめに

コンクリートの製造時には、骨材の表面水率をはじめ不確定な要因が多数存在し、それらはコンクリートの品質に大きく影響を及ぼす。これに対しコンクリートの品質を推定する手法として、ニューラルネットワーク（以下NN）を用いたシステムが提案された¹⁾。さらに、それを用いて要求される品質を満足するコンクリートを製造するための品質管理システムの構築がなされた²⁾。しかし、現システムでは夏場のデータを基準としてNNの構築を行っているため、年間を通じての適用性は確認されていない。そこで本研究では、冬場のデータを用いて現システムの汎化性の向上を目指した。

2. データの採取

実験は、表-1に示す配合について合計18バッチ行った。なお、使用した材料、試験場、測定方法および測定条件は既報¹⁾と同様である。測定項目および回数は、表面水率・消費電力・計量値については各々1回、スランプ・空気量・圧縮強度については各々15回とした。

3. 解析結果および考察

現システムは2段階構成のモデルであり、骨材の表面水量を正確に推定し真の配合を推定した後に、コンクリートの物性を推定させるものである（図-1参照）。図-1中の消費電力は、全材料投入後から排出までにおける電力の総和を示す積算電力量と、最終的にほぼ変動が無くなったときの電力値を示す収束値と、練り混ぜ中の電力の最大値の3つの項目から成り立っている。

既存のNN^{1) 2)}に冬場のデータを適用した結果、推定精度は低く現システムの年間を通じての適用性は低いことが明らかになった。冬場の実験データが既に構築されたNNの学習範囲内に入っているにも関わらず、推定精度が低くなったのは図-1に示した現システムの入力項目だけでは、実現象との因果関係を的確に表現していないと考えられる。

まずはじめに、NNの特徴を活かし既存のNNを用いて冬場のデータを追加学習させることにより、再びNNを構築した。これを用いて推定させた結果の一部を図-2（□で示す点）に示す。全ての推定結果において、追加学習する以前と比較すると推定精度は向上した。つまり、実現象の因果関係を明確にしなくても、追加学習を行えばある程度の精度は得られるのである。しかし、推定精度が低くなる度ごとに追加学習を必要とするようなシステムでは実用性が無い。そこで、システムをより汎化性を持ったものにするためには、季節変動に直接的に関係する入力項目を新たにNNに組み込む必要がある。

ここで、ほぼ等しい配合の夏場と冬場のデータを比較して見ると、電力の収束値および最大の値が冬場のデータの方が小さいということがわかった。しかし、現システムではこのような違いを表現するような入力項目は採用していない。そこで、このような現象を表現しうる入力項目として、コンクリートの練り上がり温度を考えた。冬場のように温度が低い場合には、それに伴って水の粘性が低下しセメントの反応速度も遅くなるため、コンクリート全体として粘性が低下し、消費電力量は夏場と比べ低下することから練り上がり温度を入力項目として採用するのは妥当であると思われる。

表-1 配合表

	配合条件		単位量(kg/m ³)				
	W / C+F	S/a	水	C	F	S	G
1	55.0	41.0	150	219	54	755	1128
2	55.0	41.0	155	226	56	746	1115
3	55.0	41.0	145	212	52	704	1141

* 表中のW.C.F.S.Gはそれぞれ水・セメント・ワイド川砂・川砂利を示す。

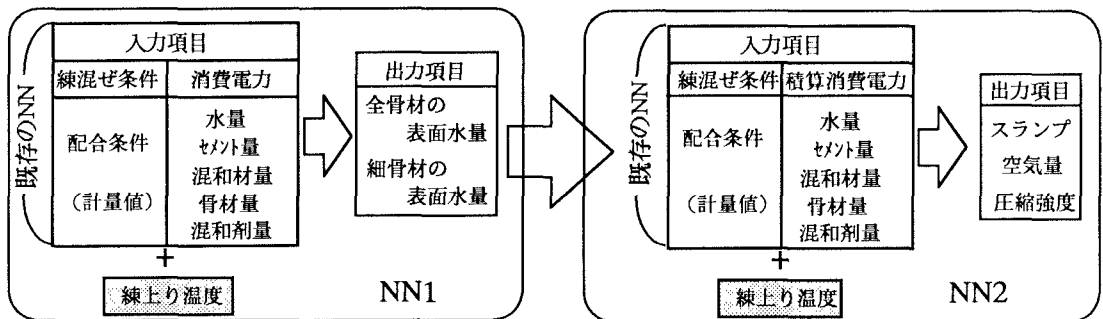


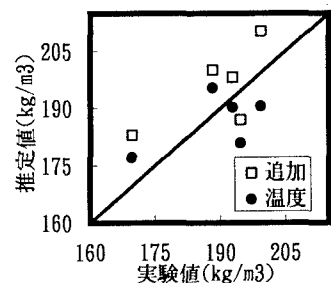
図-1 新たなニューラルネットワークモデル

そこで練り上がり温度を入力項目に追加して、NNの再構築を行った（図-1参照）。これを用いて推定させた結果の一部を図-2（●で示す点）に示す。推定精度は追加学習に比べ若干向上したにとどまった。これによって、練り上がり温度を入力項目として採用しなくても、消費電力量の大ききで季節変動を表現することが可能であるように思える。しかし、消費電力量は材料などの影響を受けるためばらつきが大きいために、コンクリートの品質の季節変動を直接的に表現することができない点や、コンクリートの品質管理を行うに当たって扱いにくい項目であることから、現システムの汎化性の向上にとってコンクリートの練り上がり温度は、重要な入力項目であることがわかる。このように、温度項を入力項目に採用することによって、実現象の因果関係を的確に表現することのできるNNとすることが可能である。

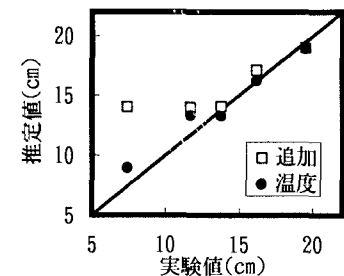
4. まとめ

年間を通じての適用性が、必ずしも十分でなかった既存のNNの入力項目に、新たにコンクリートの練り上がり温度を採用し、新たなNNを構築した。推定精度には未だ問題は残っているが、実現象の因果関係をよりの確に表現することのできるNNが構築できたことにより、より汎化性のあるシステムを構築することができた。

今後、より広範囲な条件での推定精度の向上を目指すためには、年間を通じたデータおよび種々の配合に基づいたデータの収集を行うことが必要となる。



(1) 全骨材の表面水量



(2) スランプ

図-2 未学習データの推定結果

（謝辞）本実験を実施するにあたり多くの方々にお手伝い頂きました。また、解析にあたり東京大学生産技術研究所 浦 環教授にご指導を頂きました。この場を借りて深く感謝致します。

- （参考文献）1) 大矢孝・魚本健人・堤知明：ニューラルネットワークによるコンクリート製造時の品質推定、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16, No. 1, 1994 pp1273-pp1276
2) 大矢孝・魚本健人・堤知明：ニューラルネットワークを用いたコンクリート製造管理システムに関する研究、土木学会論文集、5月号