

V - 289

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りまぜ品質管理手法の検討

東電設計（株） 正会員 ○恒国光義
東京電力技術研究所 正会員 安田 登
東京電力技術研究所 正会員 堤 知明
（株）間組技術研究所 正会員 村上祐治

1.概要

超硬練りコンクリートはVC値を用いてその品質管理が行われている。現場施工では、骨材の表面水率の測定誤差に起因する配合の誤差などから、目標とするVC値のコンクリートが得られないことが予想される。したがって、1時間に1回程度の割合で行われるVC試験による品質管理に加えて、練りまぜのパッチ毎のVC値を明らかにすることは品質管理上重要な意味をもつと考えられる。本検討は、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リアルタイムの練りまぜ品質管理システムの構築を目指すものである。従来のコンクリートについてミキサの積算消費電力量がコンクリートの品質に及ぼす影響について検討が行なわれている¹⁾。本検討でも、試験室において超硬練りコンクリートの練りまぜ実験を行い、練りまぜに要するミキサの積算消費電力量と配合などを学習データとしてVC値を判定するニューラルネットワークシステムを構築する。その結果より、現場施工において練りまぜを行っているコンクリートの品質をリアルタイムに評価する管理システムの実用性について検討した。

2.練りまぜ実験の概要

2.1 練りまぜ方法

練りまぜ実験に使用した材料を表-1に示す。練りまぜには容量が200リットルの2軸強制練りミキサを使用し、コンクリート1回の練りまぜ量は140リットルに統一した。また、練りまぜでは、ミキサ内への材料の投入場所や投入順序による品質への影響を無視できるように、ミキサ停止状態のもとで水と混和剤以外の材料を層状に2回に分けて投入し、最後に水と混和剤を一括して投入した。その後ミキサを起動させ、所定時間コンクリートを一括に練りまぜた。

表-1 使用材料

	仕 様
セメント	中庸熱ポルトランドセメント,比重=3.20
フライアッシュ	フライアッシュ,比重=2.02
細骨材	大井川産川砂,比重=2.62
粗骨材	20～5mm 秩父産碎石,比重=2.69,吸水率=0.76%
	40～20mm 秩父産碎石,比重=2.73,吸水率=0.35%
	80～40mm 秩父産碎石,比重=2.74,吸水率=0.27%
混和剤	A E減水剤

表-2 実験体の概要

		単 位 水 量 (kg/m ³)															
		()内は対応すると予想されるVC値(sec)															
		80 (100)	82 (50)	83 (40)	84 (30)	85 (25)	86 (23)	87 (22)	88 (21)	89 (20)	90 (17)	91 (15)	92 (13)	93 (11)	94 (10)	97 (5)	
練りまぜ 時間(sec)	60																
	75																
	90	○	○	○	○	○	○	○	○	○						○	○
	105										○						
	120		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○

表-3 実験体の配合 (VC値:20sec)

練り まぜ 時間 (sec)	粗骨 材 最 大 寸 法 Gmax (mm)	フライ ア ッシュ F/ C+F (%)	セメント 比 W/C+F (%)	細骨 材 率 S/a (%)	単 位 水 量 (kg/m ³)								粗骨材			混和剤 No. 8 (%)
					水	セメント	フライ ア ッシュ F	細骨材	S	G1 80～ 40mm	G2 40～ 20mm	G3 20～ 5mm				
					W	C	F	S								
90	80	30	74.2	33	89	84	36	738		518	518	518				0.25

2.2 実験体の配合

練りまぜ実験は、コンクリート中の水量とコンクリートの練りまぜ時間を実験パラメータとして行った。

実験体の概要を表-2に示し、20(sec)のVC値を示すと予想される実験体の配合を表-3に示す。

3.ニューラルネットワークシステムの構築

3.1 使用データの吟味

システムの精度を高いものとするために、練りまぜ実験でのVC値の測定誤差が大きいと判断される結果については学習データからの棄却を行なった。実験で得られた単位水量とVC値の対数の関係を直線で回帰し、実験結果に対する実験結果と回帰結果との差が大きいものから5つのデータを棄却した。練りまぜ時間が90秒の実験体を例として、棄却の様子を図-1に示す。棄却したデータは●印で示している。

3.2 システムの構築

超硬練りコンクリートのVC値に影響を及ぼすと考えられる項目として、コンクリートの練りまぜ時間、配合

（単位量）および練りまぜに要したコンクリート単位容積当たりの積算消費電力量を選定し、それらをニューラルネットワークの入力項目とした。入力項目とその内容を表-4に示す。ただし、配合要因の単位水量については、VC値への影響が最も大きいにも関わらず、現場施工では骨材の表面水率の測定誤差に起因する配合の誤差が含まれると予想されることから入力項目から外した。システムは階層型ニューラルネットワークとした。入力層のセルは入力項目に対応した8個とし、VC値に対応する1個のセルを出力層とした。中間層のセル数と階層数は、バックプロパゲーションを用いるシステムでは現在のところ最適な数を決定する確立された方法がないこと、および階層数とセル数の増加に伴って学習に要する時間が増大することを考慮して、階層数を2層および各層のセル数を10個とした。また、学習回数は10000回とした。

3.2 学習結果

横軸と縦軸にそれぞれ実験結果と学習結果のVC値をとった散布図を、練りまぜ時間が90秒の実験体を例として図-2に示した。両者の相関係数は0.9995であり、10000回の学習回数でも学習の収束の状況は極めて良好であった。

3.3 認識結果

構築したシステムを検証するために、3.1節において棄却したデータをシステムに判定させた。棄却したデータをニューラルネットワークが判定した結果に置き換え、練りまぜ時間が90秒の実験体を例として図-3に示す。図-3に示す単位水量とVC値の関係では、回帰直線からの差が実験結果（図-1）と比較して小さくなっていることが確認できる。このことは、実験範囲内での練りまぜについては正しいVC値をシステムが判定していることを示すものであり、現場施工においても実用上信頼のあるVC値の評価を評価するシステムの構築が可能であることを示している。

4. 結論

試験室における超硬練りコンクリートの練りまぜ実験で得られた結果として、配合、練りまぜに要するミキサの積算消費電力量、VC値などを学習データとして、練りまぜのパッチ毎のVC値を判定する階層型ニューラルネットワークシステムを構築した。その結果、以下のような結論が得られた。

- (1) ニューラルネットワークの学習結果は、10000回の学習で実験結果のVC値と学習結果のVC値との相関係数が0.9995となり、良好な収束状況を示した。
- (2) 学習に含まれないデータを用いて構築したシステムの検証を行なった結果、実験結果と比較しても妥当なVC値を判定することが可能であった。このことから、学習データに含まれていなくても実験範囲の練りまぜについてはそのコンクリートの品質の判定にも構築したシステムの適用が可能であることを示している。今後は、実験範囲に含まれない配合のコンクリートに対して、ニューラルネットワークシステムがどのような判定を行なうかを、システムの入力項目の感度解析を行なうことにより確認する計画である。

（参考文献）1) 魚本健人, 西村次男, 渡部 正, 田中恭一: 配合条件とミキサ消費電力量がコンクリートの品質に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.442/V-16, pp.109-118, 1992.2.

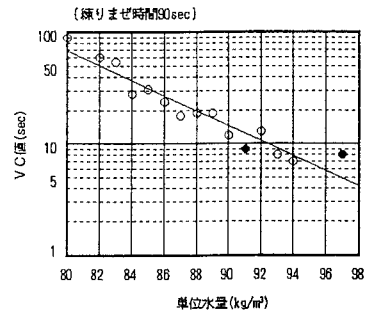


図-1 棄却データ

表-4 入力項目

データ項目	データ内容
①練りまぜ時間	60~120(sec)
②配合	セメント 84(kg/m³)
③	フライアッシュ 36(kg/m³)
④	細骨材 731~754(kg/m³)
⑤	粗骨材(G2) 513~522(kg/m³)
⑥	粗骨材(G3) 513~522(kg/m³)
⑦	粗骨材(G4) 513~522(kg/m³)
⑧積算消費電力量	0.2790~0.5821(Wh/l)

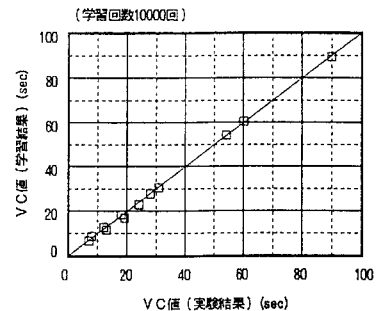


図-2 学習結果

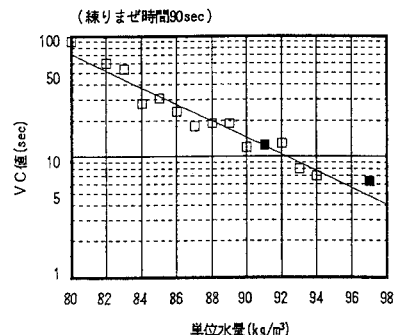


図-3 認識結果