

V-309 粒度分布が高流動コンクリートのフレッシュ性状に及ぼす影響

東京大学大学院 学生員 相良 健一

東京大学大学院 学生員 牧 剛史

東京大学大学生産技術研究所 フェロー会員 魚本 健人

三井建設 正会員 井波 良太

1. はじめに

自己充填性を有する高流動コンクリートの配合は、構成材料の特性、使用量などに大きく影響を受ける。例えば、同じセメントでも、A社製のセメントであれば高流動コンクリートが製造可能であるが、B社製のセメントを用いた場合は不可能であるというようなことがある。このように高流動コンクリートは、いまだ普通コンクリートのような配合設計手法が確立されていないのが現状である。

高流動コンクリートは、大きく分けて、粉体系、増粘剤系、併用系の3種類があるが、そのフレッシュ性状は、骨材や粉体などの微粒分に影響を受ける。つまり、従来のようにセメント、混和材、細骨材、粗骨材という分類では高流動コンクリートのフレッシュ性状を説明することが困難であり、粉体あるいは骨材の粒度分布をもとにその粒径に着目する必要がある。

そこで本研究では、高流動コンクリートの構成材料の粒度分布が性能評価試験の一つであるスランプフロー試験に与える影響を、ニューラルネットワークの学習によって得られた重みを用いた感度解析により定量的に評価した。

2. 解析手法

2.1 粒度分布

図1に、セメント、高炉スラグ微粉末、細骨材および粗骨材の粒度分布を示す。ここでは、この粒度分布を用いて、その粒径により、0.001~0.016mm（粒径1）、0.016~0.064mm（粒径2）、0.064~0.15mm（粒径3）、0.15~5mm（粒径4）、5~20mm（粒径5）の5水準に分類した。なお、それぞれの構成材料が占める割合は、表1に示すとおりである。

2.2 ニューラルネットワーク¹⁾

ニューラルネットワークとは、脳の神経回路（ニューロン）の働きとその結合をモデル化したもので、多数のユニットが結合しあったネットワークを構成している。繰り返し情報を与えることで、正しい答えがでるように学習を行うという特徴があり、パターン識別問題、数式化や定式化が困難な問題の解決を得意とし、土木分野においても、コンクリートの練り混ぜ品質管理などへの適用が行われている。

今回用いたニューラルネットワークモデルは、入力層6、中間層14、出力層1の3層階層型であり、入力因子は、前述の5水準の分類の実際使用量および水量、出力因子はスランプフローとした。（図2）

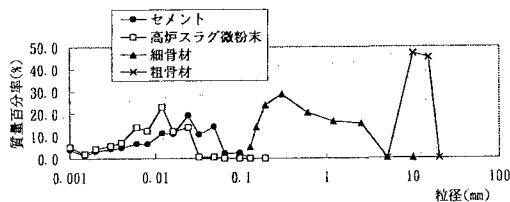
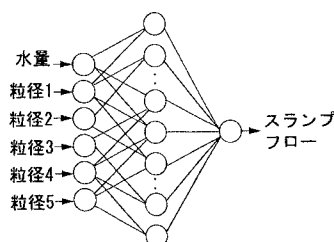


図1 粒度分布

表1 粒径による分類

	粒径(mm)	セメント(%)	スラグ(%)	細骨材(%)	粗骨材(%)
粒径1	0.001~0.016	51.6	85.05		
粒径2	0.016~0.064	46.15	14.95		
粒径3	0.064~0.15	2.25		5	
粒径4	0.15~5			95	
粒径5	0.15~20				100



入力層：6 中間層：14 出力層：1

図2 ネットワークモデル

2.3 感度解析²⁾

感度解析とは、あるパラメータの変動に対して解の受ける影響度の大きさを算定することであり、解に対する影響の大きい（小さい）パラメータの抽出、パラメータの変動に伴う解の変動などを求めることができる。

3. 解析結果

ニューラルネットワークを用いた 100 万回学習後のスランプフローの収束状況を図 3 に示す。図 3 に見られるように、学習の収束状況は良好で、推定値と教示値の相関係数は 0.99 であった。

次に、ニューラルネットワークにより得られた重みを用いて、感度解析を行った結果を図 4～8 に示す。それぞれ、縦軸はスランプフロー（cm）、横軸は各粒径ごとの使用量（kg）を表している。水準ごとに見ると、スランプフローは、粒径 1 および粒径 2 では使用量の増加につれ減少しており、粒径 3、粒径 4 および粒径 5 では、使用量の増加につれ増加していることがわかる。つまり、粒径が 0.064mm 以下の粒子では、その使用量の減少に伴い、一方、0.064mm より大きい粒子では、その使用量の増加に伴い、スランプフローが増大する傾向が見られる。

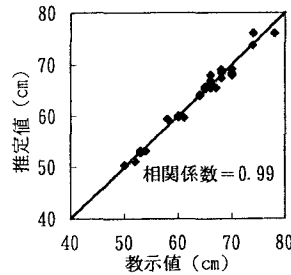


図3 収束状況

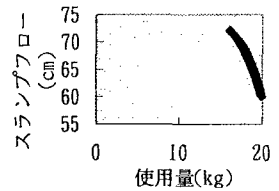


図4 粒径1の使用量とスランプフローの関係

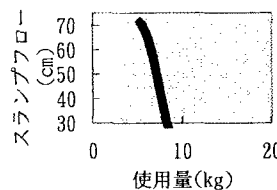


図5 粒径2の使用量とスランプフローの関係

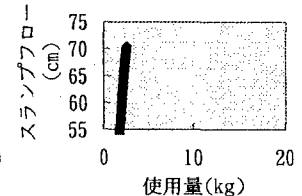


図6 粒径3の使用量とスランプフローの関係

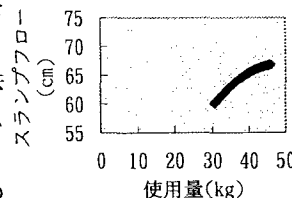


図7 粒径4の使用量とスランプフローの関係

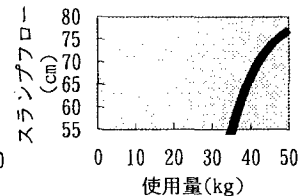


図8 粒径5の使用量とスランプフローの関係

4. まとめ

高流動コンクリートの構成材料の粒度分布が、スランプフローに与える影響について得られた知見を以下にまとめる。

(1) ニューラルネットワークおよび感度解析手法を用いることで、各粒径ごとの使用量増減によるスランプフローの変化を推定することができた。

(2) 粒径 0.064mm を境に、それより小さい粒径の使用量の減少、またはそれより大きい粒径の使用量の増加により、スランプフローが大きくなる傾向が見られた。

謝辞：本研究を行うに当たり、東京大学生産技術研究所加藤佳孝助手に多大なる協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大矢・魚本・堤：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 No.514/V-27、9-18、1995.5
- 2) 大矢：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の提案、東京大学修士論文、1994.3