

PC グラウトのフレッシュ性状推定に関するニューラルネットワークの適用性

芝浦工業大学大学院 学生員 宮川 洋一  
 芝浦工業大学 正会員 矢島 哲司  
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. はじめに

PC 構造物の耐久性に大きな影響を及ぼす PC グラウトは性質上、流動性と材料分離抵抗性という相反する性能を併せ持つ必要がある。そのため、配合選定が難しいという問題がある。一方、1996 年の PC グラウト施工マニュアルの改訂によりノンブリーディングタイプの混和剤へと移行している。しかし、PC グラウトは水セメント比や混和剤添加率の配合条件が流動性、ブリーディング等のフレッシュ性状にどのように影響を与えるか完全に解明されていないのが現状である。

本研究では、PC グラウトが流体であることからレオロジー特性を把握するとともに、減水剤系の混和剤をも含めた PC グラウトの配合選定の一手法としてニューラルネットワークの適用性について検討することを目的として行った。

2. 実験及び解析概要

本実験では、表 - 1 に示す配合条件に従い、約 200 の配合について、流動性試験(J<sub>14</sub> 漏斗流下時間)、ブリーディング率・膨張率試験を行い、このうち約 60 の配合において、さらにレオロジー試験も行い、レオロジー特性(降伏値、塑性粘度)とフレッシュ性状の関連性を検討した。また解析においては、配合条件である水セメント比(W/C)、3 種類の混和剤添加率、温度を入力項目、J<sub>14</sub> 漏斗流下時間、ブリーディング率、降伏値、塑性粘度を出力項目としてニューラルネットワークを構築し、フレッシュ性状の推定を行った。

表 - 1 配合条件

項目	混和剤		
	SP	G	GS
混和剤添加率 (%)	0~2.0の7水準	0~3.0の4水準	0~1.0の4水準
W/C (%)	30~50の5水準	30~60の7水準 (G, GS)	
温度 (°C)	10, 20, 30		
SP:ポリカルボン酸系高性能AE減水剤			
G:ナフタリン系高性能減水剤			
GS:セルロース系ノンブリーディング混和剤			

3. 実験結果と解析結果

本解析では、入力層、中間層、出力層からなる 3 層階層型のニューラルネットワークを構築し、PC グラウトの性状推定を行った。図 - 1 にニューラルネットワークによる推定結果と実験結果の一例を示す。また表 - 2 に学習精度を示すが、いずれの項目においても比較的高い精度を示す結果となった。なお本研究ではレオロジー定数が測定時のせん断速度に依存することから、「測定で用いたせん断速度による値」の意で「見掛けの」としている。

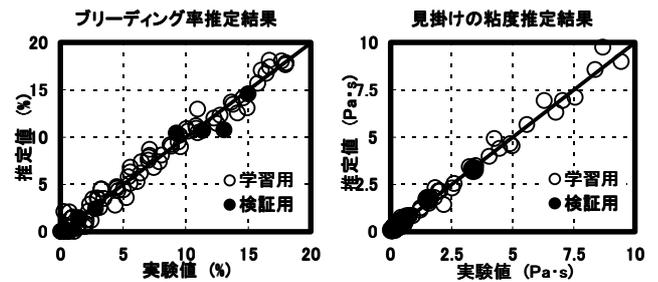


図 - 1 ネットワークの検討結果の一例

表 - 2 ネットワークの学習精度

項目	平均二乗誤差		相関係数	
	学習用	検証用	学習用	検証用
流下時間(s)	0.6184	4.6104	0.9558	0.7501
ブリーディング率(%)	0.563	0.5004	0.9815	0.9826
膨張率(%)	1.0721	0.9145	0.9459	0.8481
見掛けの塑性粘度(Pa·s)	0.0735	0.0083	0.9886	0.9953
見掛けの降伏値(Pa)	15.9799	12.4841	0.9927	0.9953

平均二乗誤差: 出力値と実験値の差の二乗平均

上記の精度で構築されたネットワークに、さらに未知混和剤 X を添加した場合の仮定データ(表 - 3 参照)を付加させ、再度学習を行い、PC グラウトのフレッシュ性状の推定を行った結果を図 - 2 に示す。なお本解析では PC グラウトの練上り温度を変化させたものについても検討を行ったが、ここでは温度 20 に関する推定結果を記述し、図中には土木学会規準を満たす領域を適正範囲として示した。ここで未知混和剤を添加し

キーワード: PC グラウト, レオロジー特性, ニューラルネットワーク

芝浦工業大学: 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 Tel 03-5476-3054 Fax03-5476-3166

表 - 3 未知混和剤 X の仮定データ

W/C (%)	混和剤X (%)	温度 (°C)	J <sub>14</sub> 漏斗流下時間 (s)	ブリーディング率 (%)	見掛けの降伏値 (Pa)	見掛けの塑性粘度 (Pa·s)
30	1.0	23	30.0	15.0	20.0	0.8
40	1.0	24	3.0	8.0	8.0	0.5
45	1.0	21	5.0	5.0	3.0	0.3
50	1.0	20	7.0	3.0	1.0	0.1

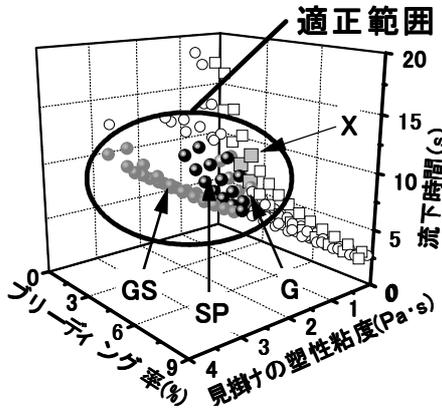


図 - 2 PC グラウトの性状予測の一例

表 - 4 適正配合選定の一例

混和剤の種類	添加率 (%)	水セメント比 W/C (%)													
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45			
SP	0.25	○	○	○	○	○	○	○							
	0.5	○	○	○	○										
	0.75	○													
G	0.5				○	○	○	○	○						
	1.0				○	○	○								
GS	0.5								○	○	○	○	○	○	
	0.75									○	○	○	○	○	
	1.0										○	○	○	○	
X	0.5				○	○									
	1.0	○													

た際の仮定データを付加させて学習を行った理由としては、本研究においてはポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤、ナフタリン系高性能減水剤及びセルロース系ノンブリーディングタイプ混和剤を用いて学習を行ったが、ニューラルネットワークを現場に適用するにあたって、新しい混和剤の使用が考えられる。そこで、例えば新しい混和剤を使用したPCグラウトのフレッシュ性状を加え、学習を行うことにより、ネットワークがどれだけ汎化性を持つかという、ネットワークの実用性を調べることが必要と考えたからである。図 - 2 の推定結果から、ニューラルネットワークを用いることにより、本研究の範囲内においてPCグラウトの配合から、フレッシュ性状を推定できる可能性が示された。表 - 4 は図 - 2 における適正範囲内にある配合を示したものである。表 - 4 より、SP や G のように減水効果のある混和剤は添加率を増やす場合には W/C を小さくする必要があり、逆に GS のように増粘効果を持つ混和剤では

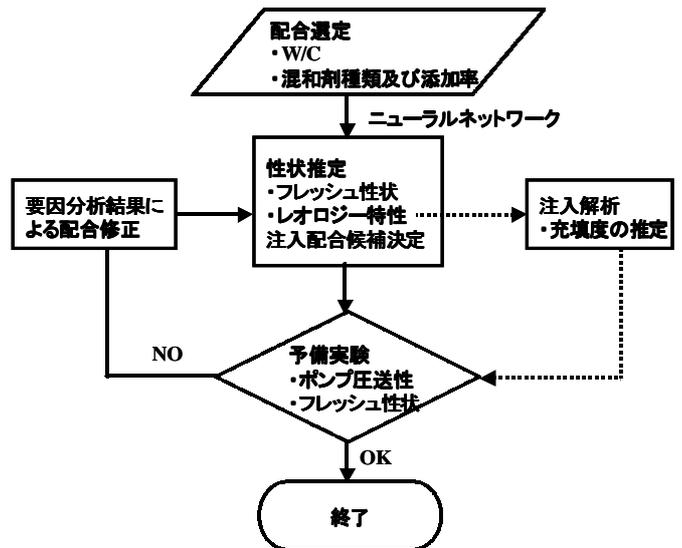


図 - 3 適正配合選定の流れ

添加率の増加に従い、W/C を大きくする必要がある傾向がつかめる。レオロジー特性においては、適正範囲を満たすものとして、まず見掛けの降伏値ではポリカルボン酸系とナフタリン系で 10Pa 以下、セルロース系で 30Pa 以下という推定結果になった。また見掛けの塑性粘度の場合、0.25 ~ 3Pa·s 以内という結果となった。レオロジー特性推定は、今後 PC グラウトのシース管内での挙動予測に非常に有用と考えられる。しかし、この際にポンプによる圧送性の問題が生じると考えられるので、今後の検討項目としてレオロジー特性を考慮しつつ、この点を補っていく必要がある。

以上のことから、図 - 3 に適正配合選定までの流れを示す。まずニューラルネットワークにより適正範囲内にある配合を決定し、予備実験を行い、フレッシュ性状及びポンプ圧送性を確認する。ここで所定の品質を満足しなければ、要因分析結果により配合修正を行う。PC グラウトの配合決定の一手法として、このような流れが提案できると考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲内において、ニューラルネットワークにより PC グラウトの配合から、そのフレッシュ性状の推定が可能であること確認された。さらにレオロジー特性を考慮することにより、実用的な PC グラウトの最適配合が推定できる可能性が示された。

参考文献

大西 竜太: PC グラウト品質管理におけるニューラルネットワークの適用性について、第 55 回年次学術講演会、V - 535、2000 . 9