

ニューラルネットワークに基づく Ma12 の圧縮特性の支配因子と地域性

大阪大学大学院 学生員 ○鈴木 迪彦
 大阪大学大学院 正会員 小田 和広
 大阪大学大学院 正会員 常田 賢一
 大阪大学大学院 学生員 池田 智史

1. はじめに

近年の研究¹⁾によると、大阪湾地盤の洪積粘土 (Ma12)の圧密特性は、大阪地域、神戸地域および泉南地域において大きく異なっていることが分かっている。この圧密特性の違いは堆積環境の違いに起因するものと考えられているが、現在もなお未解明な点が多い。ところで、AI 技術の一種であるニューラルネットワーク (以下 NN) は、データマイニング、すなわち隠れた法則を見つけ出す有用な方法として様々な分野で活用されている。筆者らは、NN を使用して地盤の物理、力学特性の相関性やそれらの推定法に関する研究を行ってきた²⁾。そして、大阪湾粘土の圧縮挙動を NN によって高精度で予測できることを明らかにしている³⁾。本研究では、Ma12 の圧縮特性に影響を及ぼしている因子について考察するとともに、大阪地域、神戸地域および泉南地域の3地域における Ma12 の圧縮特性における地域性についても考察する。

2. ニューラルネットワーク

NN とは脳にある神経細胞 (ニューロン) の情報伝達のしくみを数理的にモデル化した情報処理機構である。図-1 は NN の構造を示している。NN は入力層、中間層および出力層という階層状の構造を成している。このうち、予測項目が出力、その予測項目に対する影響因子が入力となる。モデルの構築にあたっては、入力値と出力値が既知である学習用データを NN に与え、予測値と学習値の誤差が小さくなるように層間の重みを変化させる。すなわちこの過程が“学習”に相当し、この学習を繰り返すことにより最適なモデルが構築される。

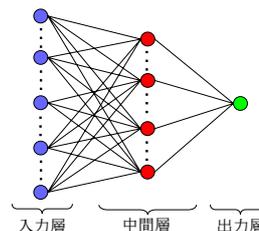


図-1 NN の構造

3. 解析手順

本研究において、使用したデータは大阪湾の大阪地域、神戸地域および泉南地域において過去に行われた地盤調査の結果である(図-2)。解析には、表-1 に示すような4種類のデータを用意した。個別の地域に分割したケース data-1~3 だけでなく、Ma12 について大阪湾の全データを統合したケース(data-4)についても分析を行った。各データの標準圧密試験サンプルデータ数は表-1 に示す通りである。解析手順は以下の通りである。なお、解析には SPSS 社『Clementine Graduate Pack 7.1』を使用した。

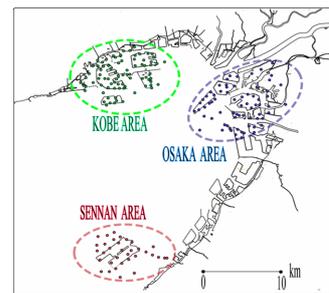


図-2 ボーリング位置

手順 1: 各々のデータに NN を適用させ予測モデルを構築する。入力は、表-2 に示す7項目とし、出力は1項目で標準圧密試験時の各載荷段階における間隙比とする。

NN の形状は中間層1つのニューロ数4とした。作成されたモデルの優劣を真値と予測値の絶対平均誤差と相関係数で評価した。

手順 2: 入力項目の重要度に対する評価を行う。すなわち、入力に使用した項目のうち一つの項目を入力項目から除外し、残りの項目で再度予測を行う。これを繰り返し行い、予測精度の推移を調べる(表-3)。

表-2 入力項目

1. 圧密圧力	[kg/cm ²]
2. 自然含水比	[%]
3. 液性限界	[%]
4. 塑性限界	[%]
5. 土粒子密度	[g/cm ³]
6. 粒度組成(粘土)	[%]
7. 粒度組成(シルト)	[%]

表-3 入力項目の推移

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
圧密圧力	○	○	○	○	○	○	○
自然含水比	○	○	○	○	○	○	×
液性限界	○	○	○	○	○	×	×
塑性限界	○	○	○	○	×	×	×
土粒子密度	○	○	○	×	×	×	×
粒度組成(粘土)	○	○	×	×	×	×	×
粒度組成(シルト)	○	×	×	×	×	×	×

表-1 標準圧密試験サンプルデータ数

	対象地域	地層の種類	試験個数
data-1	大阪地域	洪積粘土層 (Ma12)	173
data-2	神戸地域	洪積粘土層 (Ma12)	286
data-3	泉南地域	洪積粘土層 (Ma12)	254
data-4	大阪・神戸・泉南地域	洪積粘土層 (Ma12)	713

4. 解析結果および考察

表-4 は各地域におけるモデルの予測精度を示している。いずれのモデルにおいても Case1 の相関係数は 0.967 以上であるから NN によって妥当なモデルが構築できたとと言える。表-4 において自然含水比を除く Case6 から Case7 の過程で予測精度の低下が顕著である。このことから自然含水比は液性限界、塑性限界、土粒子密度、粒度組成(粘土、シルト)といった物理指標と比べ、土の圧密特性との関係が深いと考えられる。これは、含水比が粘土の構造の高低を直接的に表しているものであると考えられる。

Ma12 の圧縮曲線を予測するモデルにおいて、大阪地域、神戸地域および泉南地域の各地域のそれらを単独で予測するモデル (data-1, 2, 3) の予測精度と、大阪湾全体のそれらを統一的に予測するモデル (data-4) の予測精度に差はほとんど見られなかった。もし、表-2 に示す入力項目以外に圧密特性の地域性に影響を及ぼす因子が存在するならば、data-4 の絶対平均誤差は増加し、相関係数は低下するはずである。すなわち、Ma12 の圧密特性には、表-2 に示す項目が支配的な因子であることが示唆さ

キーワード ニューラルネットワーク、データベース、標準圧密試験、洪積粘土、圧縮特性

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL06-6829-7626

れる。また、3地域それぞれのモデルの絶対平均誤差と相関係数が大阪湾全域の全データを使用して構築したモデルのそれとほとんど変わらないことから、構築したそれぞれ4つのモデルが同一の特性を有していることも考えられる。

そこで、作成したモデルの特性について検討する図-3及び図-4は、それぞれ大阪地域および神戸地域および泉南地域における代表的な段階載荷圧密試験の結果と、それを予測モデルによって推定した圧縮曲線の比較を示している。ここで、予測モデルとしては、3種類、すなわち大阪地域、神戸地域および泉南地域におけるものである。図-3において、泉南地域のモデルによる予測圧縮曲線は、大阪地域のそれとほぼ一致している。一方、神戸地域のモデルによる予測は深度-48.2mから採取された粘土に対しては、大阪地域および泉南地域のそれぞれのモデルによるそれとほぼ一致しているが、深度-36.33mおよび-42.4mから採取された粘土に対しては、それぞれのモデルによるそれらよりも低位になっている。神戸地域の間隙比は、大阪地域のそれに比して全般的に低めであり、Ma12においては、深度-36.33mや-42.4mで観察されたような高い間隙比を有する粘土はほとんど存在しない。したがって、神戸地域のモデルにとっては未学習の特性に基づき予測を行おうとしたため、上記のような結果になったものと考えられる。

図-4において粘土の採取深度に関わらず、それぞれ大阪地域および泉南地域のモデルによる予測圧縮曲線は神戸地域のモデルによるそれとほぼ一致している。NNでは、学習したデータの範疇しか高い精度での予測ができないと考えられることから図-4に示すような結果となったのは、大阪地域および泉南地域のモデル構築の際に使用したデータ群の中に、神戸地域の地盤特性と同様なデータが存在していたことを示唆している。つまり、物理特性等の比較から、大阪地域および泉南地域のMa12下部の粘土の圧縮特性は神戸地域のMa12のそれとほぼ等しいことが示唆される。このことは、大阪湾粘土の圧縮特性に対する統一解釈の可能性を示唆している。

図-4において粘土の採取深度に関わらず、それぞれ大阪地域および泉南地域のモデルによる予測圧縮曲線は神戸地域のモデルによるそれとほぼ一致している。NNでは、学習したデータの範疇しか高い精度での予測ができないと考えられることから図-4に示すような結果となったのは、大阪地域および泉南地域のモデル構築の際に使用したデータ群の中に、神戸地域の地盤特性と同様なデータが存在していたことを示唆している。つまり、物理特性等の比較から、大阪地域および泉南地域のMa12下部の粘土の圧縮特性は神戸地域のMa12のそれとほぼ等しいことが示唆される。このことは、大阪湾粘土の圧縮特性に対する統一解釈の可能性を示唆している。

表-4 各モデルの予測精度

	大阪地域 (data-1)		神戸地域 (data-2)		泉南地域 (data-3)		大阪・神戸・泉南地域 (data-4)	
	絶対平均誤差	相関係数	絶対平均誤差	相関係数	絶対平均誤差	相関係数	絶対平均誤差	相関係数
Case 1	0.085	0.977	0.060	0.967	0.082	0.975	0.090	0.969
Case 2	0.084	0.976	0.060	0.967	0.080	0.977	0.091	0.969
Case 3	0.084	0.976	0.062	0.965	0.083	0.975	0.091	0.968
Case 4	0.087	0.974	0.063	0.963	0.084	0.975	0.092	0.968
Case 5	0.086	0.974	0.064	0.961	0.084	0.975	0.094	0.967
Case 6	0.089	0.972	0.067	0.959	0.085	0.974	0.094	0.966
Case 7	0.284	0.731	0.143	0.774	0.278	0.734	0.288	0.685

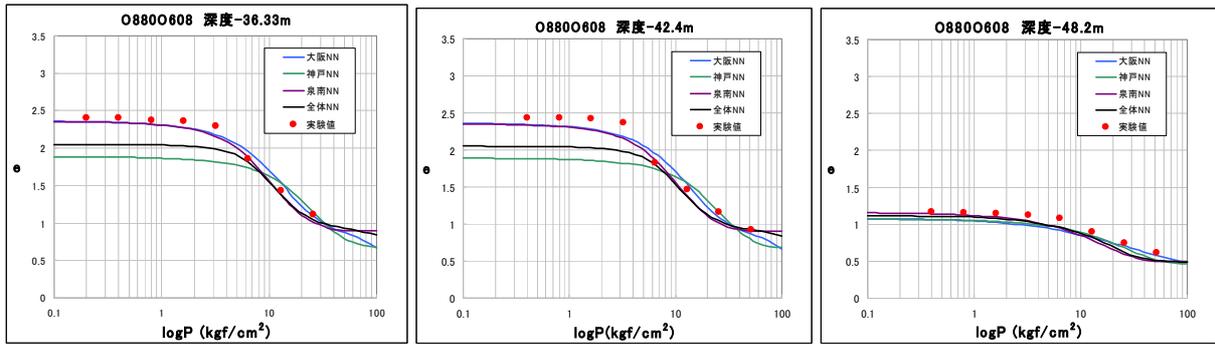


図-3 大阪地域の代表的な圧密試験結果と予測モデルによる圧縮曲線の比較

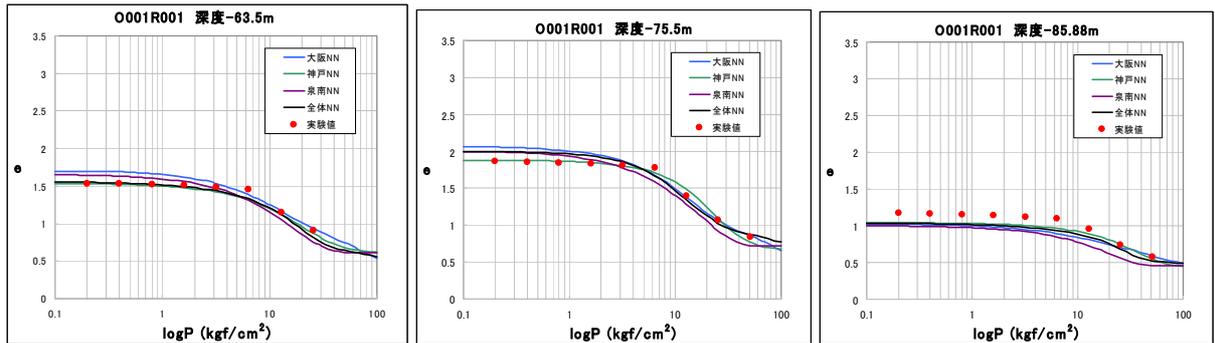


図-4 神戸地域の代表的な圧密試験結果と予測モデルによる圧縮曲線の比較

5. まとめ

本研究における主な結論は以下の通りである。1) 大阪湾洪積粘土の圧縮曲線を精度良く予測するモデルを NN によって構築することができる。2) 大阪湾洪積粘土の圧縮曲線の予測にとって自然含水比は最も重要なパラメータである。3) NN によって、大阪地域および泉南地域の Ma12 下部の粘土の圧縮特性は神戸地域の Ma12 のそれとほぼ等しいことが示唆される。

参考文献

1) 大阪湾地盤情報の研究協議会：ベイエリアの地盤と建設, 2002 2) 鈴木迪彦・小田和広・常田賢一：大阪市およびその周辺地域における沖積粘土の圧縮特性に対する NN の適用性, 第 61 回土木学会年次学術講演概要集 pp679-680, 2006.9 3) 鈴木迪彦・小田和広・常田賢一・池田智史：NN を用いた大阪湾粘土の圧縮特性における地域性に関する一考察, 平成 19 年度土木学会関西支部年次学術講演会論文概要集 (投稿中)