

ニューラルネットワークにおける大阪湾粘土の圧縮曲線の類似性

大阪大学大学院 学生員 ○鈴木迪彦, 池田智史

大阪大学大学院 正会員 小田和広, 常田賢一

1. はじめに

近年の研究¹⁾では、大阪湾の沖積粘土(Ma13)および洪積粘土(Ma12)の圧密特性は、地域毎に大きく異なっていることが明らかにされている。この圧密特性の違いは地域毎の堆積環境の違いに起因するものと考えられているが、その原因については現在も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、NNを使えば自然含水比から地層および地域の異なる粘土の圧縮曲線を予測することができることを明らかにした³⁾。そこで、本研究では、データベース化された大阪地域、神戸地域および泉南地域の圧密試験結果によって構築したNNから予測される圧縮曲線について、その類似性について考察を行う。

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。

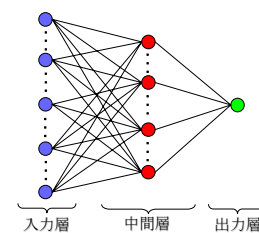


図-1 NNの構造

3. 解析概要

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P地区、神戸R地区および泉南地域において過去に行われた地盤調査結果である(図-2)。表-1は解析に用いた圧密試験のデータ数を示している。層序および地域別に8種類のデータを用意した。なお、本研究では、Ma13層のデータについては、非常に軟弱な粘土に対する試験結果である地層上面深度より2mのそれを除外している。

解析にはSPSS社『Clementine Desktop 10.1』を使用した。解析手順は以下の通りである。

手順1: 学習用データにNNを適用させ、個々のデータに対応する予測モデルを構築する。これまでの研究を踏まえ、入力項目は、自然含水比および圧密試験の各载荷段階における圧密圧力とする。出力項目は各载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6とする。

手順2: 手順2で構築した各地域のNNに、任意の自然含水比および圧密圧力を与えて予測圧縮曲線を作成する。図-3および図-4は、それぞれMa13およびMa12において、学習用データにおける自然含水比の頻度分布を示している。

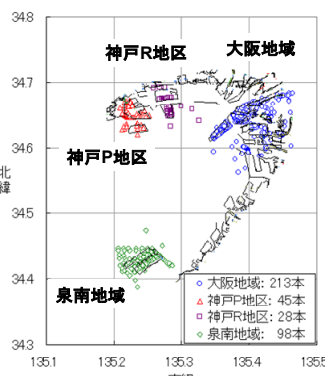


図-2 ボーリング位置

表-1 段階载荷圧密試験のサンプルデータ数

データ名	対象地域	地層の種類	試験回数	学習用	検証用
data-1	大阪	沖積粘土(Ma13)	1336	1069	267
data-2	神戸(P地区)	沖積粘土(Ma13)	356	285	71
data-3	神戸(R地区)	沖積粘土(Ma13)	211	168	43
data-4	泉南	沖積粘土(Ma13)	640	512	128
data-5	大阪	洪積粘土(Ma12)	172	137	35
data-6	神戸(P地区)	洪積粘土(Ma12)	143	114	29
data-7	神戸(R地区)	洪積粘土(Ma12)	68	55	13
data-8	泉南	洪積粘土(Ma12)	254	204	50

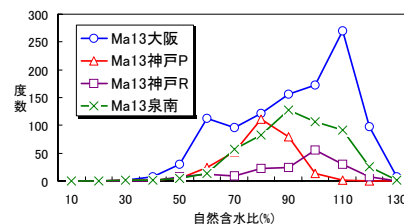


図-3 自然含水比の頻度分布 (Ma13)

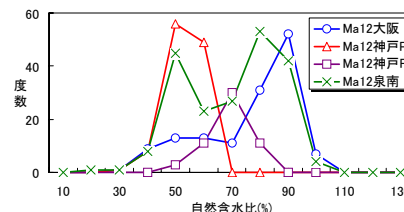


図-4 自然含水比の頻度分布 (Ma12)

Ma13について、神戸P地区では、自然含水比が70~80%であるものが最も多く、それが100%を超えるものはない。他の地域では比較的類似しており、自然含水比が100%を超えるものも存在している。

一方Ma12では、地域における最頻出自然含水比は神戸P地区が40~50%、神戸R地区が60~70%、大阪地域が80~90%、泉南地域が70~80%である。また、泉南地域は、40~50%の自然含水比を持つ粘土も多数存在す

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、大阪湾粘土、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

るという非常に特殊な特性を有している。Ma13 と Ma12 では粘土が有する自然含水比の分布が異なるため、Ma13 では自然含水比が 60%、80%および 100%の圧縮曲線を、Ma12 では自然含水比が 50%、60%、70%および 80%の圧縮曲線を予測した。

4. 解析結果および考察

表-2 は、各地域の学習用データで構築した NN を検証用データに通した時に得られた予測精度である。各モデルとも相関係数が 0.958 以上であり、いずれも高い予測精度となった。図-5 および図-6 はそれぞれ Ma13 および Ma12 の予測圧縮曲線を示している。図-5(a)~(c)は自然含水比がそれぞれ 60%、80%および 100%の場合の予測圧縮曲線を、図-6(a)~(d)は自然含水比がそれぞれ 50%、60%、70%および 80%の場合の予測圧縮曲線を示している。なお、図-3 および 4 から分かるように、神戸 P 地区において、Ma13 では、含水比が 100%の、Ma12 では、含水比が 60%、70%および 80%の粘土が自然状態では存在していない。同様に、神戸 R 地区において、Ma12 には、含水比が 80%粘土は存在しない。このため、図-5 および 6 にはこれらに対応する予測圧縮曲線は示していない。Ma13 では、図-5 から含水比が等しければ各地域の予測圧縮曲線はほぼ一致するものと考えられる。これは、沖積粘土である Ma13 の場合、自然含水比と液性限界がほぼ等しく、また、ほぼ正規圧密状態であることから、含水比が同一であれば粘土の骨格構造もほぼ等しいためであると考えられる。また、Ma12 では、自然含水比が 50%の場合は、その勾配が降伏後に急増し、載荷圧力の増大とともに減少する。この傾向は含水比が大きくなるほど顕著になっている。一方、各地域の予測圧縮曲線はほぼ一致している。自然含水比が 60%では、大阪地域、神戸 R 地区および泉南地域それぞれの予測圧縮曲線はほぼ一致しているように見えるが、その圧密降伏応力は、泉南地域、大阪地域、神戸 R 地区の順番で大きくなっているようである。自然含水比が 70%では、この傾向が顕著になっている。また、神戸 R 地区の予測圧縮曲線は、圧密降伏後に曲線の降伏が急増し、その後、それがゆるやかになるという典型的な擬似圧縮粘土の特徴が表れている。このように、Ma12 では自然含水比が同一であっても各地域の圧縮曲線が一致しないのは、それぞれの地域で堆積状況が異なっているためであると考えられる。すなわち、Ma13 とは異なり、洪積粘土である Ma12 は、たとえ自然含水比が同一であってもそれらの粘土の液性限界や、擬似圧密性が異なる。このため、骨格構造の発達度合いが異なっているためであると考えられる。なお、自然含水比が 80%では、泉南の方が、大阪よりも圧密降伏応力は小さいが、両者の圧縮曲線は典型的な擬似圧密粘土の特性を示している。

表-2 各モデルの予測精度

データ名	相関係数	絶対平均誤差
data-1(Ma13・大阪)	0.963	0.119
data-2(Ma13・神戸 P)	0.976	0.074
data-3(Ma13・神戸 R)	0.980	0.087
data-4(Ma13・泉南)	0.980	0.090
data-5(Ma12・大阪)	0.958	0.101
data-6(Ma12・神戸 P)	0.959	0.052
data-7(Ma12・神戸 R)	0.967	0.081
data-8(Ma12・泉南)	0.983	0.074

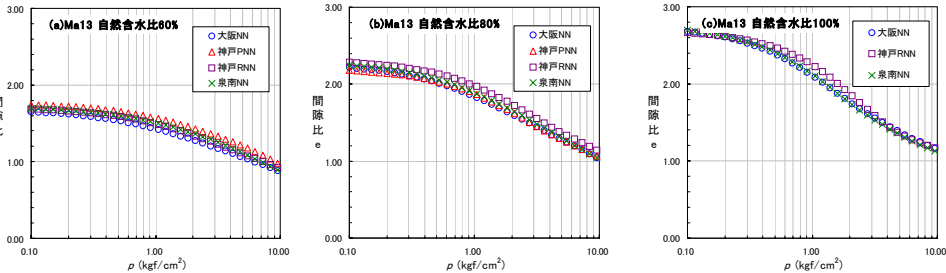


図-5 各地域の予測圧縮曲線の比較 (Ma13)

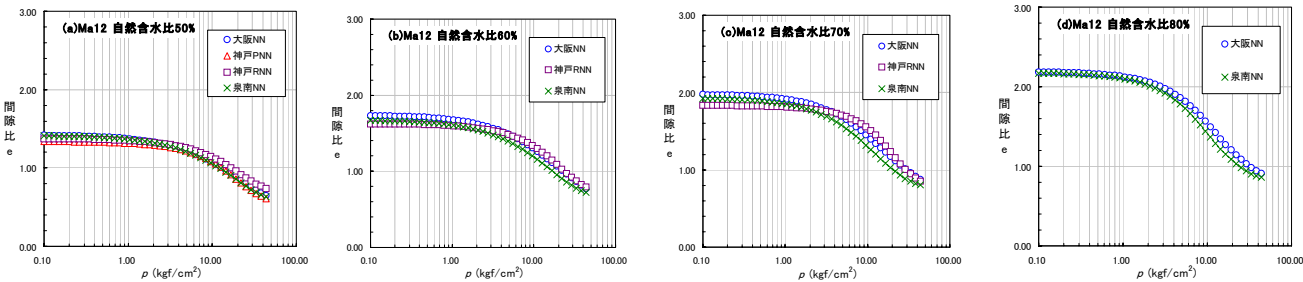


図-6 各地域の予測圧縮曲線の比較 (Ma12)

5. まとめ

ニューラルネットワークによって、大阪湾の地域・地層毎の代表的な圧縮曲線を推定した。それらの比較を通じ、①Ma13 では、含水比が同一であれば、各地域の圧縮曲線はほぼ一致する。②Ma12 では、各地域で擬似過圧密性が異なるため、含水比が同一であっても、圧縮曲線は一致しないことが分かった。

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、pp245-pp273,2002
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ニューラルネットワークの適用性、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：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、第 62 回土木学会年次学術講演概要集、pp269-270,2006.9