

破砕性に富む粗粒材料の応力ひずみ曲線の予測について

—— ニューラルネットワークの応用 ——

徳島大学工学部	正 会 員	山 上 拓 男
(株) 大 林 組	正 会 員	時 谷 正 憲
(株) 西 電 機 コ ン サ ル タ ン ト	正 会 員	斎 藤 和
徳島大学大学院	学生会員	○北川 聡美

1.はじめに 著者らの研究目的は、相似粒度、せん頭粒度の概念に基づいて原位置の強度特性や変形特性を推定することである。本報告では、階層型ニューラルネットワークを応用し、基本粒度の応力～ひずみ曲線の推定を行う。なお、使用したデータは、破砕性に富む粗粒材料を相似粒度に調整し、三軸試験を実施して得られたものである。

2.三軸試験の概要 試料は香川県大川郡白鳥町にて採取した「まさ土」を用いる。これを最大粒径 $D_{max}=22.4\text{mm}$ (①), 19.1mm (②), 13.2mm (③), 9.52mm (④)の相似粒度となるように人為的に配合した。それらの粒径加積曲線を図-1に示す。本報告では、 $D_{max}=22.4\text{mm}$ の粒度分布 (①) を基本粒度と考える。①～④に対する供試体は、供試体の直径 d と最大粒径 D_{max} の比を約5.3に統一している。また、供試体の初期密度は、有効間隙比 $e_0=0.60$ に設定する。有効拘束圧 σ_3 は、0.5, 1.0, 1.5, 2.0および3.0 kgf/cm^2 とする。試験条件は飽和圧密排水で、せん断速度は0.1%/minである。なお、三軸試験の詳細については、参考文献に述べている¹⁾。

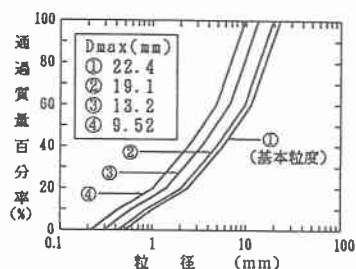


図-1 粒径加積曲線

3.階層型ニューラルネットワーク 本研究ではニューラルネットワークパラダイムのうち、バックプロパケーション則²⁾を用いて階層型ニューラルネットワークを構築させる。ニューラルネットワークの立場からみた応力～ひずみ関係の一つの特徴として、現在の状態は次の状態に対してなんらかの影響を及ぼしていることが挙げられる。この関係をネットワークの構築に取り入れるべきであるが、一般のバックプロパケーション則では1つの入力データに対して1つの目標データを出力させるように学習が進められる。つまり、学習の過程で入力データ間に関連性が存在しない。そ

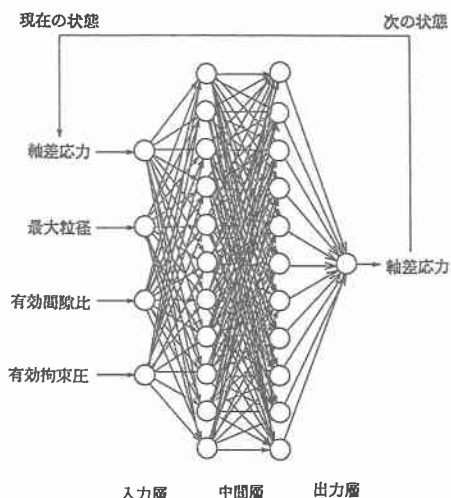


図-2 連続ネットワーク

こで、前後の状態に関連性を持たせるために図-2に示すようなフィードバックを有する4層のネットワークを用いる。図-2のネットワークは、入力層に、ある状態の軸差応力と、試験条件として最大粒径、有効間隙比および有効拘束圧を与えている。また、出力層では、その次の状態の軸差応力を得ている。このようなフィードバックを有するネットワークは、しばしば連続ネットワーク (The sequential network) と呼ばれ、1986年にJordanによって提案されている³⁾。

4.ニューラルネットワークによる応力～ひずみ曲線の外挿 まず、表-1に示す試験条件での軸ひずみと軸差応力の関係を学習データとし、ネットワークを構築させる。このネットワークを使用して学習データの挙動を確かめた結果の一例が図-3である。図中、○は実験値を、●はニューラルネットワークによる出力値を表

表-1 学習に用いた試験条件

最大粒径(mm)	19.1	13.2	9.52
有効間隙比	0.60		
有効拘束圧 (kgf/cm ²)	0.5, 1.0, 1.5 2.0, 2.5	0.5, 1.0, 1.5 2.0, 2.5	0.5, 1.0, 1.5 2.0, 2.5

表-2 予測に用いた試験条件

最大粒径(mm)	22.4
有効間隙比	0.60
有効拘束圧 (kgf/cm ²)	0.5, 1.0, 1.5 2.0, 2.5

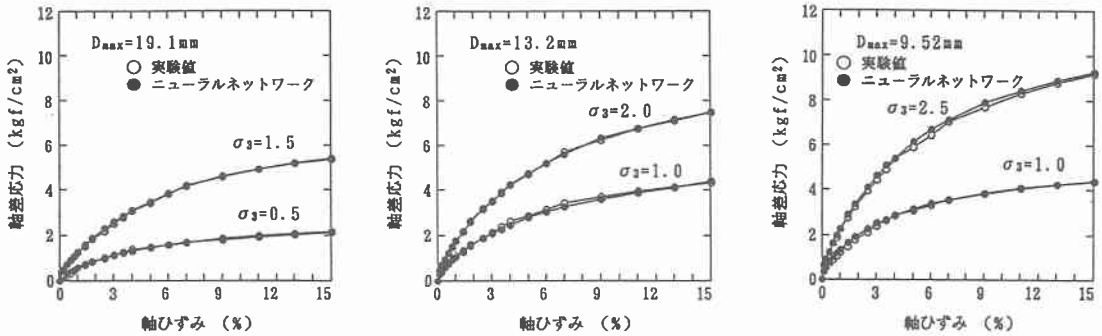


図-3 ニューラルネットワークによる学習データの確認

している。いずれの条件でも両者は一致していることから、実験値はよく学習されているといえる。つぎに、構築されたネットワークによって表-2に示された試験条件における基本粒度 ($D_{max}=22.4\text{mm}$) の応力～ひずみ曲線を予測した。その結果を図-4に表す。実験値とニューラルネットワークによる予測値は、全体的に一致しているといえる。

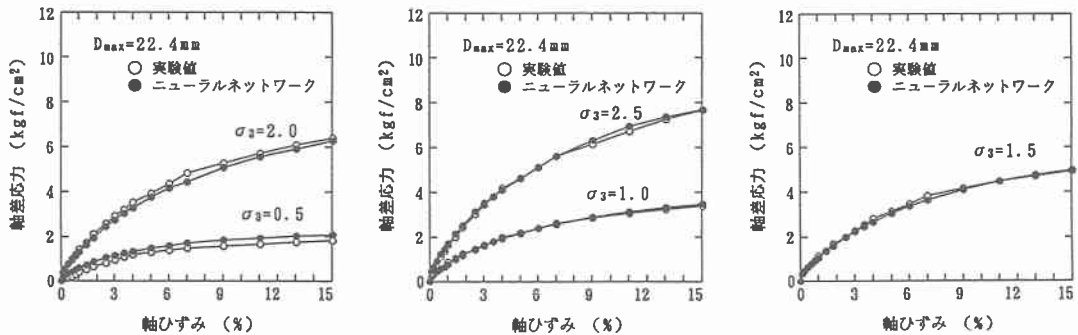


図-4 ニューラルネットワークによる応力～ひずみ曲線の予測

5. おわりに 本報告では、階層型ニューラルネットワークを用いて、破碎性に富む粗粒材料の基本粒度の応力～ひずみ曲線が推定できることを示した。しかし、本報告では、試験データの最大粒径の幅が狭く、原位置の応力～ひずみ関係の推定を行うには不十分である。今後、さらに最大粒径のより大きな部分の試験データを蓄積していく必要がある。

【参考文献】1) 斎藤他：破碎性が異なる粗粒材料の強度・変形特性の比較，土木学会四国支部平成8年度研究発表会講演概要集 2) 中野編(1989)：ニューロコンピューター，技術評論社 3) G.W.Ellis, C.Yao, R.Zhao, and D.Penumadu：Stress-Strain Modeling of Sands Using Artificial Neural Networks, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, pp429-435, May 1995.