

CS-11

ニューラルネットワークによるコンクリートのメゾスケール特性の推定

九州大学 学生員 ○小橋 保仁

九州大学 正 員 John Bolander Jr.

九州大学 正 員 彦坂 熙

日本鋼管 正 員 海老原 俊広

1. 緒言

コンクリート中の骨材とセメントマトリックス界面の付着強度は、ひびわれ伸展や引張破壊挙動を支配するコンクリートのメゾスケール (mesoscale) 特性の1つであるが、その値を定量化することはかなり困難である。骨材とマトリックスの強度がそれぞれ一定でも、界面の付着強度が変わればコンクリートの引張破壊性状は変化する。そこで本研究では、コンクリートの引張破壊のパターンを入力データとし、階層型ニューラルネットワークを利用して界面の付着強度を推定することを試みた。本論ではコンクリートCT試験体の破壊の数値シミュレーション結果を入力データとしたが、本法の応用として、例えばAEのような非破壊試験のデータを入力とするコンクリートのメゾスケール特性の推定が可能と考えられる。

2. ネットワークによる推定手法

まず図-1に示すコンクリートCT供試体の破壊部に格子モデルを用いた破壊シミュレーションにより、順問題の数値解析を行う¹⁾。格子モデルでは、図-2のようにコンクリートの骨材 (a)、マトリックス (m) および骨材-マトリックス界面 (i) をはり要素に置換する。各はり要素は何回かの破壊イベント (状態変化) を経て完全な破壊に至るので¹⁾、要素ごとにそのイベント数をカウントする。骨材とマトリックスの初期破壊強度 $\sigma_a = 10\text{MPa}$, $\sigma_m = 5\text{MPa}$ はそれぞれ一定とし、界面要素の付着強度 σ_i のみを変えた4種類 ($\sigma_i / \sigma_m = 1/4, 1/2, 3/4, 1$) のモデルについて破壊シミュレーションを行った。 σ_i が大きいほど破壊時の消費エネルギーが大きくかつ狭い領域に分布している (図-3)。また、普通コンクリートに近いと考えられる $\sigma_i / \sigma_m = 1/4$ の場合の破壊イベント数分布は、AE試験結果²⁾ に良く対応している (図-4)。

次に、図-5の階層型ニューラルネットワークにより逆問題を解析する。CT供試体の破壊領域中央部を $M \times N$ のボックスに分割し、各ボックス内に生じた破壊イベントの2元度数分布 (図-6) を入力データ、その供試体の付着強度 σ_i を出力データとする学習をネットワークに行わせる。学習終了後、未学習の供試体のイベント度数分布をネットワークに入力して、出力結果から付着強度を推定する。

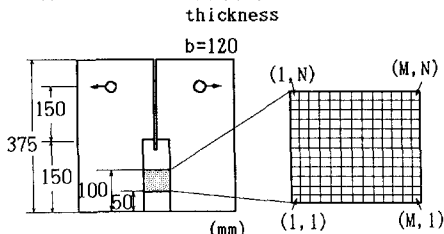


図-1 コンクリートCT供試体

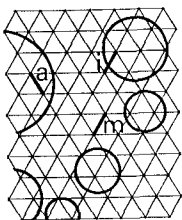


図-2 Lattice mesh and material disorder

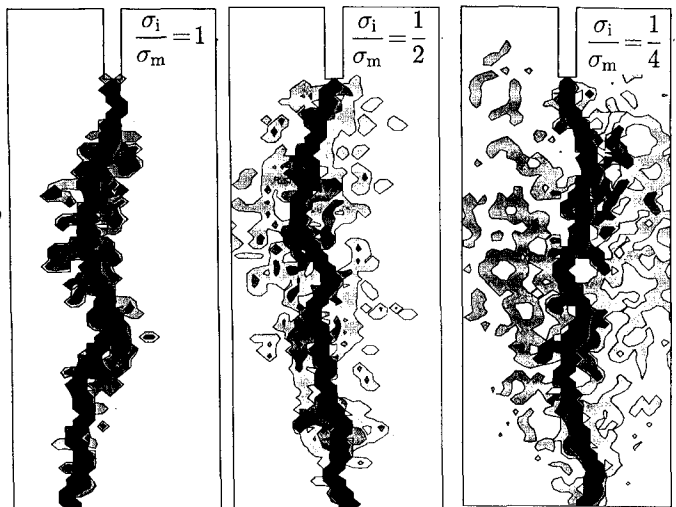


図-3 エネルギー分布

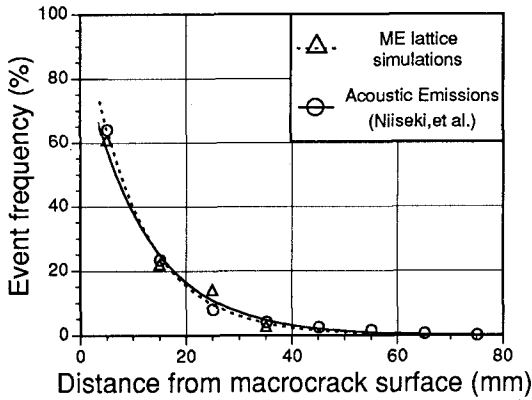


図-4 主びわれ面からの距離に対するイベント分布

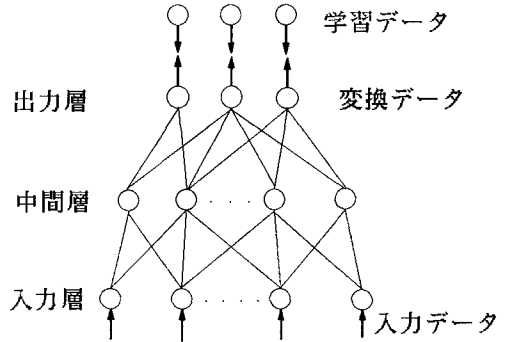


図-5 階層型ニューラルネットワークの構造

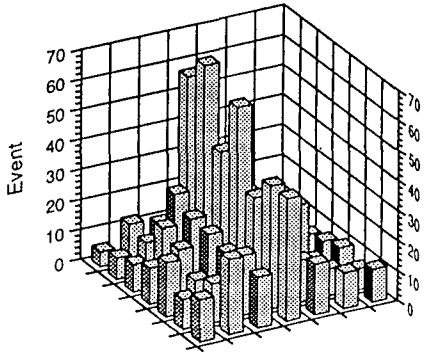


図-6 2次元イベント度数分布 ($\sigma_i/\sigma_m = 1/4$)

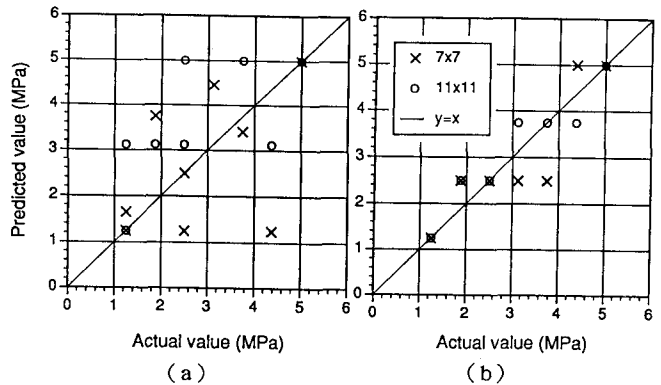


図-7 未学習の供試体に対する推定結果 ($\sigma_i/\sigma_m = 1/4; 3/8; 1/2; 5/8; 3/4; 7/8; 1$)

3. 解析結果

図-7 (a) に2次元イベント度数分布を用いた未学習の供試体に対する推定結果を示す。横軸が付着強度の正解値、縦軸がその推定値である。全般的に推定値にかなりばらつきがでたが、学習パターン数が非常に少なかったと思われる。また、主びわれ方向にイベントを累計した1次元イベント度数分布を入力データとして用いた推定結果（図-7 (b)）は、2-D分布を用いた推定値に比べばらつきが少なく、推定精度が高いという結果が得られた。これは入力データとなるイベント分布が2-D分布の場合ばらつきがあるが、主びわれ方向にイベントを累計する1-D分布ではばらつきが平均化されるためと考えられる。このように数値解析により、試験を精度良くシミュレートできれば、解析結果をネットワークの入力情報として可能となるであろう。今後、付着強度のみに留まらず他の物性値についても推定が行えるようなネットワークの構築について研究を続けることにより、コンクリート評価法の確立が期待される。

【参考文献】

- 1) Bolander, J., Hikosaka, H. & Shiraisi, T., Effects of strain gradient on concrete tensile fracture. Memoirs Faculty Engng., 53(3), Kyushu Univ., Fukuoka, Japan, 1993, pp. 103-119.
- 2) Niiseki, S., Mihashi, H., & Nomura, N., in Progress in Acoustic Emission VI, eds. Kishi, T., Takahashi, K., Ohtsu, M., The Japan Society for NDI, 1992, pp. 463-470