

多相材料の破壊シミュレーション

京都大学工学部 正員 丹羽義次 京都大学工学部 正員 福井亨雄
同 正員 小林昭一 同 学生員 〇五味一幸

1. はじめに

多相材料の特性を考える場合、均質な要素の幾つかのグループを考え、それらが入り混って、全体として多相材料としての挙動を示すということが有効である。本研究では、材料要素の強度の分布が、系全体の材料強度にどのように影響するかを求める目的で、一軸圧縮条件下における正方形板を実験モデルとし、有限要素法を用いて、弾塑性解析を試みた。手法としては、分割した材料要素に降伏強度を与え、数値解析を行ない、系全体として材料の見かけ上の応力-歪曲線により、材料強度の評価を行うものである。

2. 数値解析

解析に際して用いた手順および条件を列挙すると以下の通りである。

要素強度：正規乱数を用いて、全体として平均値 σ_m 、偏差値 σ をもつように与えた。ここに $\sigma_m = 24.75 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma = 0.495, 0.99, 1.485$ とした。同一の σ_m, σ をもつサンプルでも、その要素の配列が異なれば、異なる挙動を示すから、サンプリングを十分に行なって定量化する必要がある。

弾性定数、ポアソン比：全要素について一定値 $E = 6,000 \text{ kg/mm}^2$, $\nu = 0.35$ とした。

荷重増分：各ステップごとに、弾性域にある全要素の中で、最も降伏条件に近い要素が降伏するように荷重を増加させた。ただし、塑性進行速度のパラメーターを設けて、実際には、1つのステップで、複数の要素を同時に降伏させ、計算時間を短縮させた。

降伏条件：簡単のために、von-Mises の条件に従うものとした。

非線形解析：増分法を用いた。

3. 解析結果および考察

得られた応力-歪曲線を示すと、図2の通りである。図2の破線内を拡大したものが図3で、偏差値 σ ごとに

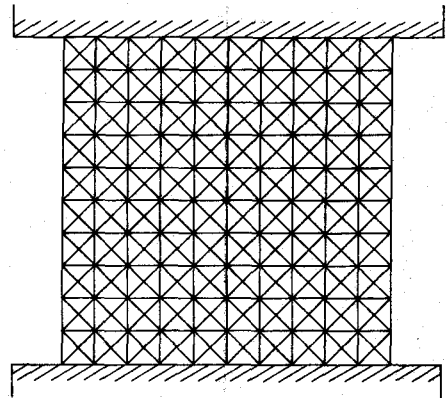


図1 実験モデルの要素分割図

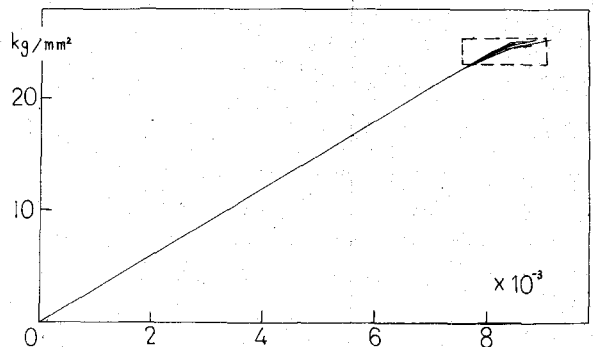


図2 応力-歪曲線

示した。図より、偏差値の大きくなるほど、サンプルごとの応力-歪曲線のバラツキが顕著になっていること、また、より低い応力で降伏していることがわかる。図中の破線は、要素強度の平均値を表す。さて、応力-歪曲線の勾配が急に小さくなる応力度は、材料の見かけ上の比例限界応力度 σ_p である。横軸に偏差値 ρ 、縦軸に要素強度および σ_p をとって示すと図4の通りとなる。図中、要素強度は分布曲線で、 σ_p は太い実線で示した。また破線内に σ_p は分布すると考えられる。

実験結果より、次のことが推論され得る。

(a) 材料の見かけ上の比例限界応力度の分布は、材料要素の降伏強度分布に比べ、その偏差が小である。

(b) 材料要素の降伏強度分布の平均値が一定のとき、その偏差が大きいほど、材料の見かけ上の比例限界の下限は低下する。

4. おわりに

以上の簡単なモデル解析から多相材料の見かけ上の強度は、その構成要素のなかの比較的低位強度の要素に支配されることがわかった。

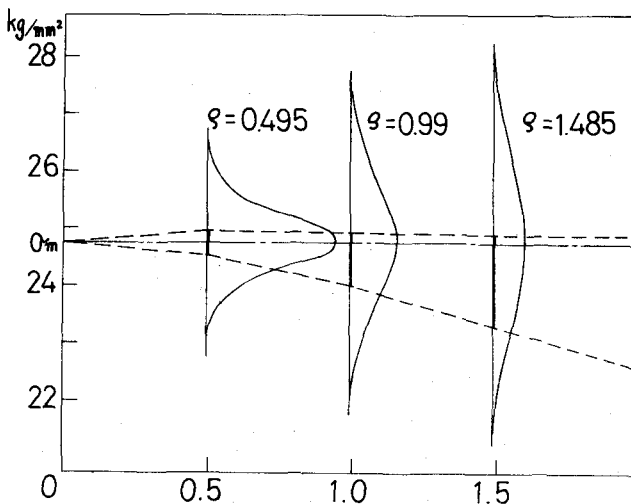


図4 偏差値に対する要素強度および比例限界の分布

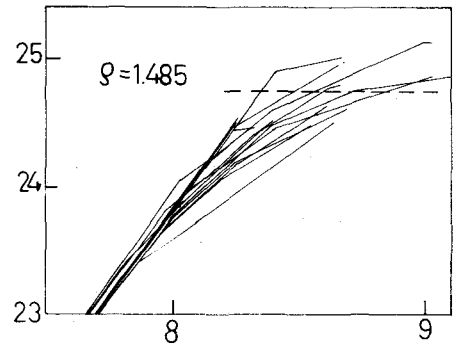
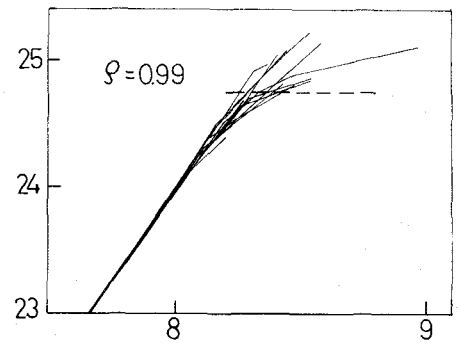
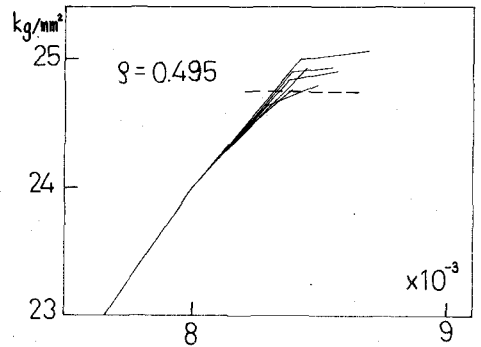


図3 応力-歪曲系集(拡大図)

実際の多相材料においては、条件はさらに複雑であるが、以上の推論から、系全体の材料強度は、比較的弱い要素によって左右されると考えてよい。このことは、材料強度を向上させる上で、十分検討されるべきであろう。