

京都大学大学院 学生員 五味一幸

京都大学工学部 正 員 丹羽義次

京都大学工学部 正 員 小林昭一

はじめに

一般に、巨視的に均質であると取り扱われている材料の性質も、微視的には非均質性を示す。ところが材料の力学特性としては、実測値から得られた最確値(多くの場合平均値)が与えられ、その値をもって計算される。このように考えると、材料の力学特性は統計的にシミュレートされるものと考えられる。さて、多相材料の特性を考える場合、均質な要素の幾つかの集合を考え、それらが入り混って、系全体が、多相材料としての挙動を示すとするのが有効である。本研究の目的は、材料強度の分布が強度にどのように影響するかを、系全体の応力-歪曲線により評価しようとするものである。

数値解析

実験モデルとしては、簡単のため、一軸圧縮条件下における正方形板を選び、圧縮面端面については、摩擦はないものと仮定し、他面については自由端面とした。図1に示すように正方形板を400個の要素に分割した。弾性定数ポアソン比については系全体について一定値 $E = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ $\nu = 0.25$ と与えた。要素強度についてはランダムなものと考え、正規分布に従い、系全体として平均値 σ_m 、偏差値 ρ となるように乱数を用いて与えた。ここに $\sigma_m = 24.75 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ $\rho = 0.495, 0.99, 1.485$ とした。ただし、同一の σ_m, ρ をもつものでも、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行なって定量化する必要がある。

解析に際しては、平面応力問題として扱い、有限要素法を用いて、弾塑性解析を行なった。降伏、塑性流動については、簡単のため、Von Mises の条件によった。また非線形解析には増分法を用いた。

解析手順としては、まずダミーの荷重を与え、応力計算を行なって、弾性域にある要素の中で、最も降伏条件に近い要素が降伏するように荷重を増分する。以後繰り返し計算を行ない、塑性化した要素が降伏状態になれば計算をそこで打ち切る。

計算結果および考察

一軸圧縮を加えた両端面の平均応力、平均歪をもって、系全体の見かけ上の応力、歪とし、応力-歪曲線を得た。これを図2に偏差値 ρ ごとに示した。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大きくなること、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わす。

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度 σ_p である。横軸に要素強度の

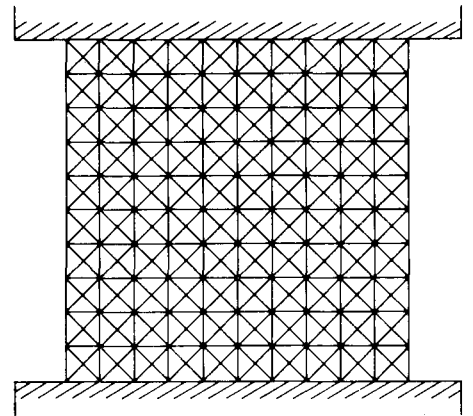


図-1 実験モデルの要素分割図

偏差値 ρ 、縦軸に要素強度および σ_p をとって示すと、図3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 ρ の各値に対して、 σ_p は破壊域内に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度は、材料要素の降伏強度に比べて、その分布の偏差が小さい。
- (b) 材料要素の降伏強度分布の平均値が一定のとき、その偏差が小さいほど、材料の見かけ上の比例限度の分布の下限は低下する。

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強度の要素に支配されることが分かった。

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。

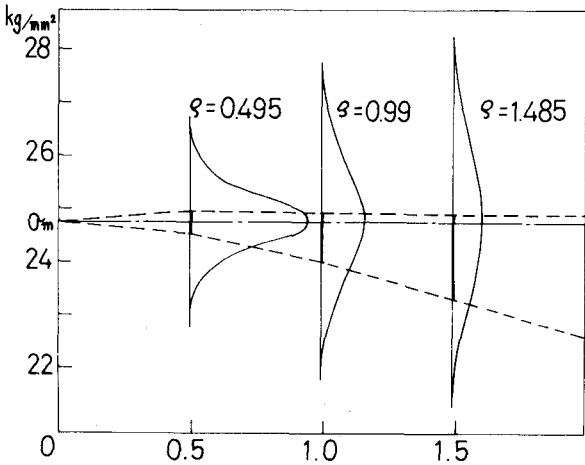


図-3 偏差値に対する要素強度および比例限度の分布

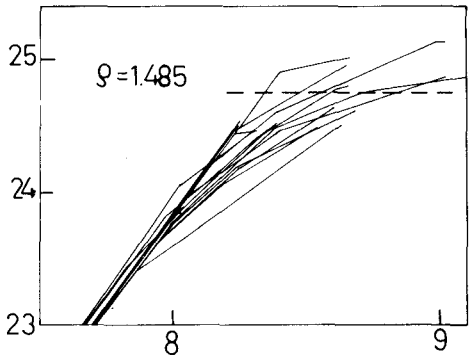
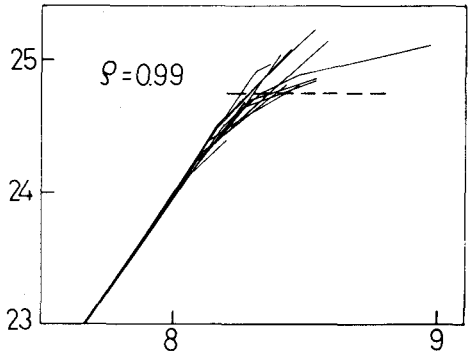
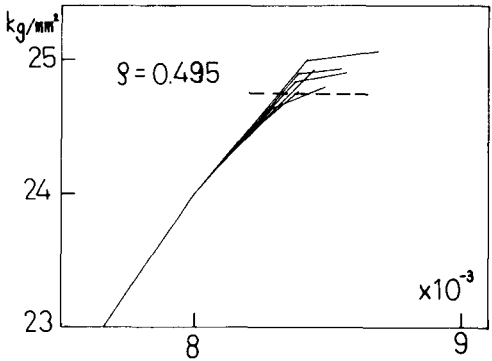


図-2 応力-歪 曲線

(参考文献)

伊藤孝 「構造設計における安全性の観望」
土木学会誌 1975年8月号
川本鉄男 「材料特性のランダム性を考慮した有限要素解析」
J.R. Benjamin 「石炭字鋼を用いた構造力学シリーズ」