

貝殻の載荷実験と有限要素法解析

佐賀大学大学院 学生員○藤木 剛
佐賀大学理工学部 正 員 古賀 勝喜

佐賀大学理工学部 学生員 松浦 啓太
佐賀大学理工学部 正 員 佐々木広光

1. まえがき

筆者らは、最適形状問題の観点から貝殻の力学的特性を検討しようと試みている。前回は貝殻の3次元形状計測の手法についての検討をし、非脱灰標本法を提案した。そこで今回は、その形状計測結果を用いて有限要素法による弾性解析を行い、貝殻形状の力学的特性の一部でも探ることができる事を期待して検討をした。一方、実際の貝殻を用いた破壊実験を行い、解析値と実験値との比較検討を行った。

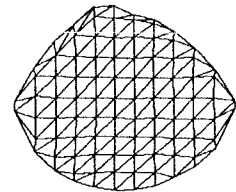


図1 形状測定結果

2. FINASによる弾塑性解析

今回解析に用いたFINASは、動力炉・核燃料開発事業団が開発した有限要素法による汎用非線形構造解析プログラムである。貝殻解析モデルの材料として、ハマグリ(Metatrix lusoria)の新鮮で最大幅が約5cmのものを揃え、その形状測定は前回紹介した非脱灰研磨標本法で行った。形状測定結果を図1に示す。貝殻解析モデルは、要素を平面シェル要素とし、境界条件は荷重増分による変化を見やすくするため、拘束を最低限度にとどめた。材料特性については、今回用いたハマグリについては未知のものであるので、既知のものの中から白蝶貝(Pinctada maxima)の材料特性値(弾性率 $5.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, 曲げ強さ $2.0 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$)を代用した。解析結果から得られる主応力分布図を図3から図6に示す。さらに今回は、貝殻解析モデルを比較検討するために、図2に示すような完全半球体モデルをつくり、解析を行った。半球体モデルの境界条件や材料特性は貝殻解析モデルと同様にした。解析結果から得られる主応力分布図を図7から図10に示す。

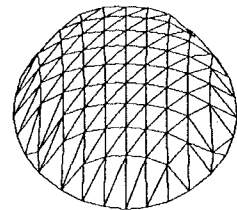
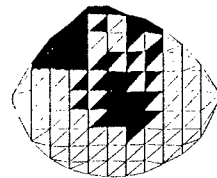


図2 半球体モデル



貝殻曲面の頂点にZ方向-10kgの集中荷重を載荷した場合の主応力分布図 (白:引張り, 黒:圧縮)

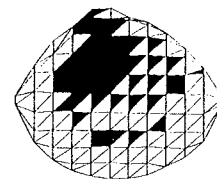
図3 下面



図4 上面

3. 貝殻の載荷実験

貝殻解析モデルが実際の貝殻の挙動をどの程度表現できるのかを知る目的で、解析と平行して実際に貝殻の載荷実験を行った。実験方法は、図11のように裏側に3軸歪ゲージを貼った貝殻の曲面の頂点部に、油圧式載荷装置で極めてゆっくりと荷重を加えて、ゲージの歪を測定する方法を採った。実験結果のグラフ(図12)を示す。



面に垂直な 1 kg/cm^2 の等分布荷重を貝殻全面に載荷した場合の主応力分布図 (白:引張り, 黒:圧縮)

図5 下面

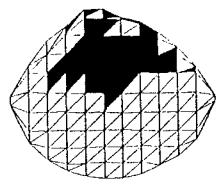


図6 上面

4. 考察

図3、図4は荷重載荷が実験とほぼ同じ場合におけ

る応力分布図であるが、荷重載荷部分と貝殻の蝶番部分の両脇において強い曲げが働くことが分かる。実験において貝殻を破壊させたとき、やはりこの解析結果の強い曲げが働いている部分が破断していた。このことは貝殻形状の1つの特徴といえるであろう。

図5、図6と図9、図10は面に垂直に等分布荷重を載荷した場合における応力分布図である。この載荷状態において半球モデルの応力の最大値は貝殻モデルのその半分以下になった。このことは貝殻モデルの蝶番部付近でも言えることだが、形状のアーチ効果で応力をうまく分散していると考えられる。しかし、図を見て分かるが、半球モデルは貝殻モデルに比べて曲げが働く部分が多くなっている。このことは、モデルのメッシュの問題も関係することが考えられるが、貝殻はこの載荷状態においては曲げを引き起こしにくい形状をしていると考えて良い。

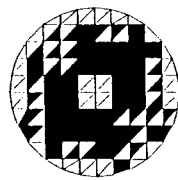
歪について解析値と実験値の比較を行った。実験値は解析値の約0.1倍から5倍の値を示した。実験のゲージ1の位置の歪のX方向の値は解析値の約30倍にもなった。荷重載荷点に近い場所の歪の値ほどその誤差が大きくなった。今回のこの解析値と実験値との相違の原因について考えられるのは、1) 荷重載荷状態について、解析では1節点への集中荷重を考えているにも関わらず、実験では載荷面積は小さいが載荷装置による分布荷重であるという違い、2) モデルの材料特性値に白蝶貝のものを代用したが、ハマグリとの間の大きな差が予想される事、3) モデル化の限界、などが挙げられる。

5. まとめ

実験値との比較検討からすると今回の解析モデルでは正確なシミュレートはできなかったが、いくつかの載荷状態において貝殻内部で起こる応力の大きな変化はとらえることができた。今後の研究課題としては、より厳密な実験をし、ハマグリのような小さな材料であると高い技術が要求されるが、材料特性試験を行い、その物性値を用いた解析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 藤木, 荒牧他: 貝殻の3次元形状計測手法の開発(1994)
- 2) 鷺津久他: 有限要素法ハンドブック 培風館
- 3) 動力炉・核燃料開発事業団: FINAS VERSION 11.0 使用説明書



半球体の頂点にZ方向10 kgの集中荷重を載荷した場合の主応力分布図 (白: 引張り, 黒: 圧縮)

図7 下面

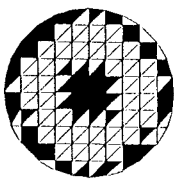
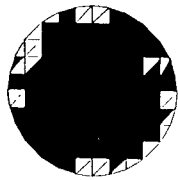


図8 上面



面に垂直な1 kg/cm²の等分布荷重を半球体全面に載荷した場合の主応力分布図 (白: 引張り, 黒: 圧縮)

図9 下面



図10 上面

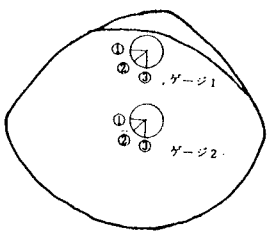


図11 歪ゲージの位置

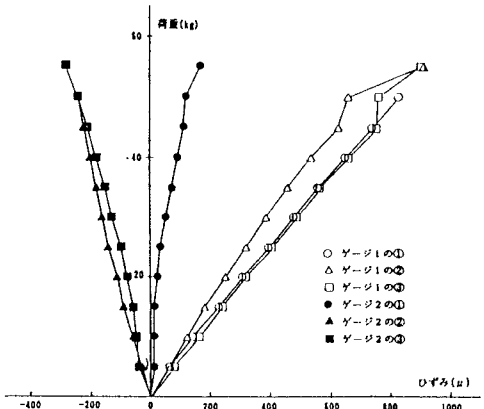


図12 実験結果