

例

ここで、円筒曲げに対する厳密解と古典理論解とを数値例を用いて比較する。計算には次のような単層材の物性値を用いる。

$$\frac{E_L}{E_T} = 25$$

$$\frac{\mu_{LT}}{E_T} = 0.5$$

$$\nu_{LT} = \nu_{TT} = 0.25$$

$$\frac{\mu_{TT}}{E_T} = 0.2$$

ここで、添字 L と T は繊維の長手方向（繊維方向）と垂直方向を示している。これらのデータを用いて、 Q を計算することができる。規格化した垂直応力と変位は次のように与えられる。

$$\bar{\sigma}_{xx} = \frac{\sigma_{xx}(l/2, z)}{q_0}$$

$$\bar{u}_0 = \frac{E_T u_0(0, z)}{h q_0}$$

対称な3層クロスプライ積層板の場合における応力 σ_{xx} と変位 u_0 を図 5.1 および 5.2 に示す。ただし、 L 方向は外側の層の x 方向と一致しており、 T 方向は内側の層の y 方向と平行である。この例では $l/h = 4$ である。したがって、負荷の波長は、板の厚さの8倍である。古典理論では、この波長における解は不適切であることがわかる。 $l/h = 10$ のとき、最大曲げ応力の誤差は約 14% である。 l/h が増加するほど、誤差は連続的に減少する。図 5.1 から、界面の物性値の不連続性によって曲げ応力の不連続性が生じていることが確認でき、また図 5.2 からは、反りが非常に大きいということがわかる。次に示す通り、これらの効果は単層板よりも、積層板においてはるかに顕著である。

古典解に比べて
弾性解
では

図 5.3 は、再び $l/h = 4$ の場合において、 x 方向に繊維が配向した単層板の結果を示してい

(ワーベング*)

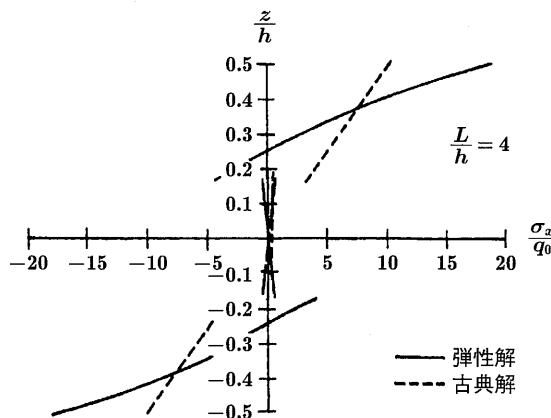


図 5.1 三層積層板の応力分布

* ワーベングについては「弾性力学」小林・近藤著を参考の24

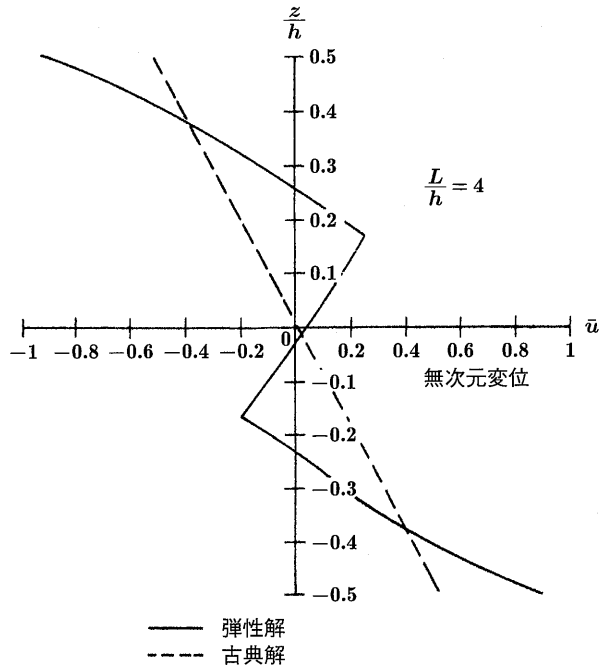


図 5.2 三層積層板の面内変位

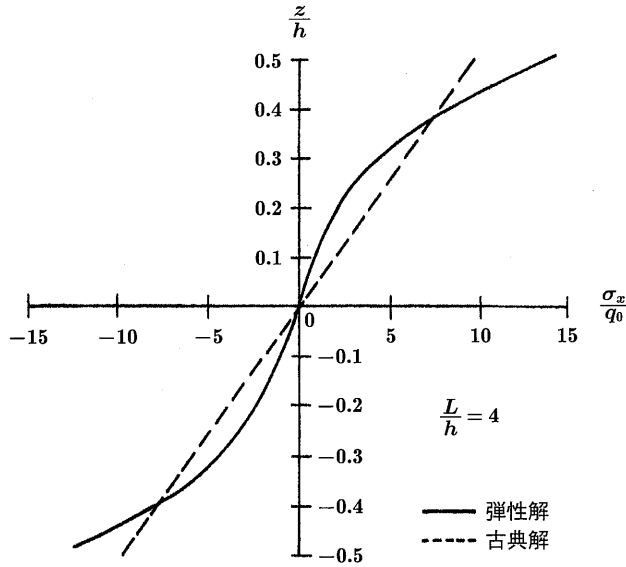


図 5.3 均質板の応力分布

る。均質板に対する古典理論を用いたこの検討結果から、積層板の例と比べてその差はそれほど大きくないことがわかる。言い換えれば、任意の波長の負荷において、古典理論を用いたモデル化を行うと、積層板の場合には単層板に比べてうまくモデル化することができないということがわかる。しかし、これらの結果は3層積層板の特別な例の場合であることに注意が必要である。配向パターンを変え、負荷の波長と積層板の厚さの比を一定にした場合、層の数が増えるにつれて、古典理論によってよい予測が得られるようになる。

弾性解と