

I-105 一様な圧縮応力を受ける逆対称アングル・クロスプライ積層板の自由振動特性

北海道大学 工学部 学生員 朴 勝振
 北海道大学 工学部 正 員 三上 隆
 北海道大学 工学部 正 員 芳村 仁

1. はじめに 積層板は軽量化が必須な宇宙構造物等の構造要素としてその使用は増々増加している。積層板は、強い異方性を示すとともに薄板の場合でも面内・面外剛性に対して面外せん断剛性が極めて小さいのが特徴であり、その力学的特性を明らかにすることが重要な課題となっている。しかしながら、構造物に対する荷重条件が次第に厳しくなる今日では、構造物の安定性を検討する基礎的資料として、初期応力の作用するときの振動特性の変化を把握しておく必要があるが、積層板に対する研究は周辺単純支持の逆対称クロス・プライ板を扱った Yang らの論文¹⁾が見受けられる程度であり極めて少ないのが実状である。このような観点から、本論文では単純支持された相対する2辺上に一様な初期応力が作用する場合の逆対称クロス・プライおよび逆対称アングル・プライ積層板を対象にし、初期応力の固有振動数特性に及ぼす影響を明らかにする。

2. 解析モデルおよび解析手法 積層板は $x=0, x=a$ で単純支持され、図-1 に示すように単位長さ当り一様な初期圧縮応力 σ_x^0 (圧縮力 $N_x^0 = h\sigma_x^0$) を受けるものとし、積層板理論には1次せん断変形理論 (YNS理論)²⁾を採用する。

積層板の固有振動数の把握には数多くのパラメトリックな計算が要求されるので、初期応力下の固有振動数の算定には、無負荷時の固有振動数のみの結果で解が得られる次の算定式³⁾を用いる。

$$\Omega_{mn}^2 = \bar{\Omega}_{mn}^2 - \lambda \bar{\Omega}_{m*1}^2 m^2 / m_*^2 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 m, n = 振動モードにおける x, y 方向の半波数、 Ω_{mn} = 初期応力下の無次元化固有振動数。

$\bar{\Omega}_{mn}$ = 非負荷状態で無次元化固有振動数、 $\lambda (= \sigma_x^0 / \sigma_{cr}^0)$ = 作用応力と圧屈応力の比。

$m_*, \bar{\Omega}_{m*1}$ = $\text{Min}[\bar{\Omega}_{j1}^2 / (\pi^2 j^2)]$ (ただし $j=1, 2, \dots$) を満たす j と $\bar{\Omega}_{j1}$ 。

なお、無負荷時の固有振動数の計算には選点法⁴⁾を用いた。

3. 数値計算例 数値計算に用いた積層板は、非載荷辺が自由の正方形板とし、各ラミナは特に断わりのない限りグラファイト・エポキシの特性 $E_1/E_2=40, G_{12}=G_{13}=0.6E_2, G_{23}=0.5E_2, \nu_{12}=0.25$ を有するものとする。なお、以下で N は積層数を表す。

図-2 および図-3 は、それぞれ逆対称アングル・プライおよび逆対称クロス・プライ積層板について、初期応力状態を $\lambda = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ と変化させた際の最低次固有振動数 Ω^* に与える縦弾性係数比 E_1/E_2 の影響を見たものである。これらの図より、初期応力の作用による固有振動数の低下は、パラメータ E_1/E_2 によらず一定であり、 $\lambda=0$ のときの固有振動数と比較して $\lambda=0.25, 0.5, 0.75$ では最大で 10, 30, 50% (逆対称アングル・プライの場合)、10, 25, 40% (逆対称クロス・プライの場合) の低下であり、この低下率は積層数にほとんど依存しない。

なお、他のパラメータや他の境界条件については当日発表の予定。

参考文献

- 1) Yang, I.H. and Shieh, V.A. : Vibrations of initially stressed thick, rectangular orthotropic plates, *J. Sound Vib.*, Vol.119, p.545, 1987.
- 2) Yang, P.C., Norris, C.H. and Stavsky, T. : Elastic wave propagation in heterogeneous plates, *Int. J. Solids Struct.*, Vol.2, p.665, 1965.
- 3) 三上隆・佐伯昇 : 一様な圧縮応力下の矩形板の固有振動数算定式, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集, 第I部門, 1992
- 4) 芳村仁・三上隆・朴勝振 : 逆対称アングル・プライ積層板の自由振動, 構造工学論文集 Vol.37A, p.911, 1991.

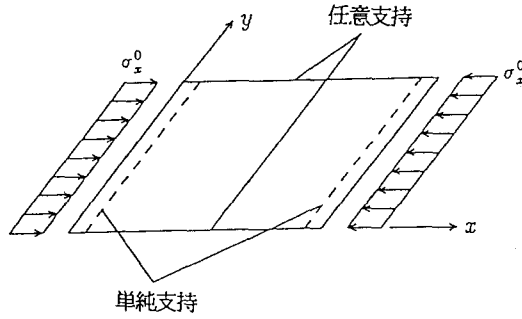


図-1 一様な初期圧縮応力を受ける積層板

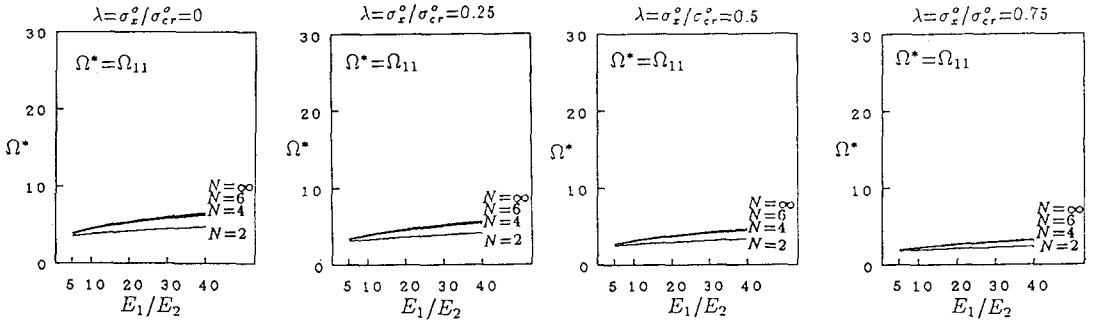


図-2 初期応力 ($\lambda = \sigma_x^0 / \sigma_{cr}^0$) の基本固有振動数 Ω^* に与える影響
(逆対称アングル・プライ積層板, $\theta = 45^\circ, a/h = 10$)

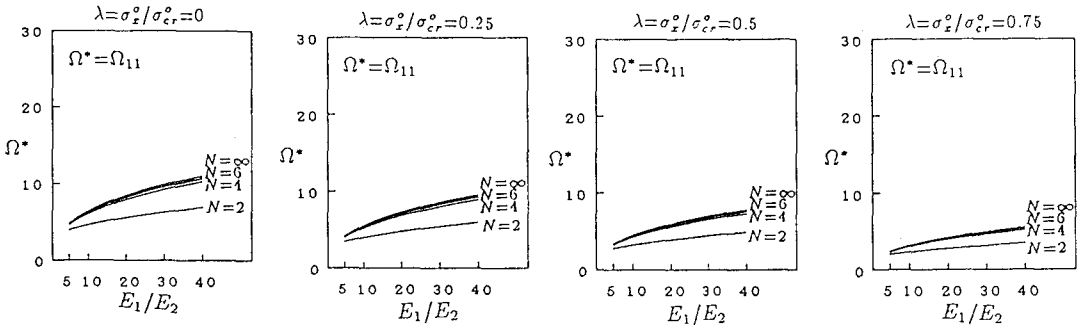


図-3 初期応力 ($\lambda = \sigma_x^0 / \sigma_{cr}^0$) の基本固有振動数 Ω^* に与える影響
(逆対称クロス・プライ積層板, $a/h = 10$)