

I - B179

横等方性無限板の衝撃応答解析

日本道路公団 正 会 員 ○米田 幸司
 大阪市立大学工学部 正 会 員 小林 治俊
 大阪市立大学工学部 フ ェ ロ ー 園田恵一郎

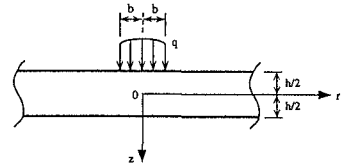
1. はじめに

近年、複合材料の分野が大いに進展しており、その材料特性に応じて種々な工学目的に使用されつつある。複合材料は巨視的に異方性体としての取り扱いが可能である。そこで、筆者[1,2]らは先に横等方性材料から成る円板および平面ひずみ状態の板の弾性衝撃解析を行い、材料異方性が応答に与える影響を示した。本文は、支持面からの応力波の影響を受けない軸対称無限板・無限帯板を対象に衝撃解析を行ったものである。解析方法としては、3次元動弾性論に基づく固有関数展開法を用いた。

2. 解析

図-1は軸対称無限板の座標系であり、 z 軸が異方軸とする。 (u, w) を (r, z) 方向の変位、 C_{ij} を材料定数、 ρ を物体の密度とすれば、運動方程式は次式で与えられる[1]。

$$\begin{aligned} C_{11} \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru) \right] + C_{44} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + (C_{13} + C_{44}) \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial z} &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ (C_{13} + C_{44}) \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru) \right] + C_{44} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \frac{\partial w}{\partial r} \right] + C_{33} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} &= \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned}$$



無限板上下面の境界条件は、 $\sigma_z = -q_0$ ($|r| \leq b$)、 $\tau_{rz} = 0$ であり、荷重をハンケル積分形で与え、 z 座標に固有関数展開して運動方程式の解を求めるやり方は円板同様に行う。平面ひずみ状態の無限帯板の場合は、運動方程式の形式は違うが[2]、荷重をフーリエ積分形で表して解析を行えばよい。

図-1 無限板の座標系

3. 数値計算例

Graphite-epoxy, E glass-epoxy 材料を対象に、荷重幅/板厚比を $b=h/2$ とし、時間に関してはステップ状の荷重として数値計算を行った。無限板・無限帯板の双方の応答解に含まれる無限積分には、シンプソン 1/3 則を用いた。図-2は無限板の中央点($r=z=0$)での応力 σ_z と上下面中央点($r=0, z=\pm h/2$)での σ_r の応答を示しており、図-3はこれに対応する無限帯板の応力 σ_z 、 σ_x の応答である。無次元時間は無限板・無限帯板ともに等方面内の縦波速度を基準に採り、 $\tau = (C_{11}/\rho)^{1/2} t/h$ を用いている。

無限板の σ_r の応答には、表面波(レイレー波)の影響と見られる鋭い応答が現れているが、無限帯板ではこれが現れない。

参考文献

1. 小林・米田・石丸・園田：異方性円板の弾性衝撃応答解析，構造工学論文集，Vol.42A，p.1287，1996.
2. 米田・小林・園田：異方性板の衝撃応答解析，第3回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，p.35，1996.

キーワード：平板，横等方性，波動解析，固有関数展開法，表面波

連絡先：小林治俊 〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138 Tel/Fax(06)605-2723

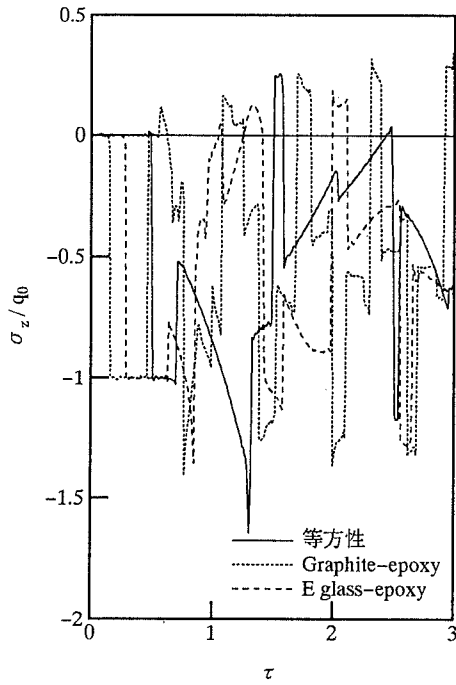


図-2 (a) 無限板の $\sigma_z(r=z=0)$ の応答

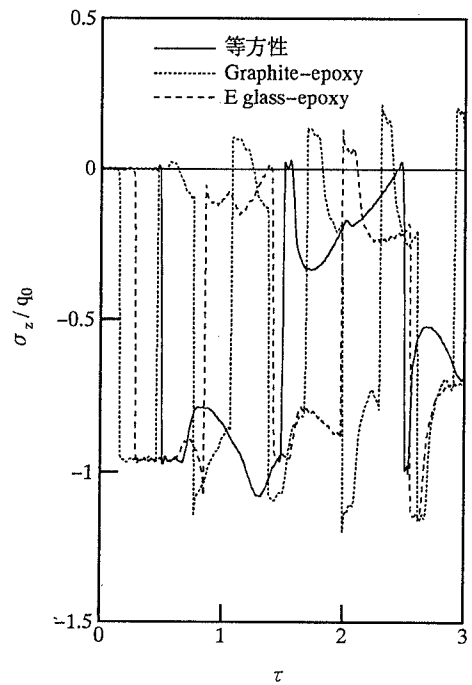


図-3 (a) 無限帯板の $\sigma_z(x=z=0)$ の応答

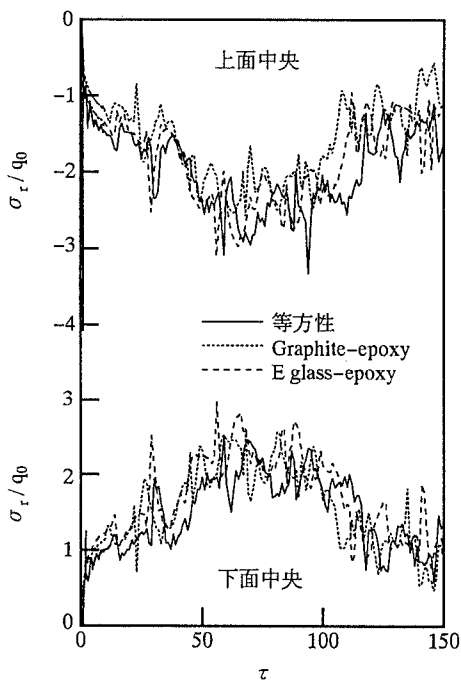


図-2 (b) 無限板の $\sigma_r(r=0, z=\pm h/2)$ の応答

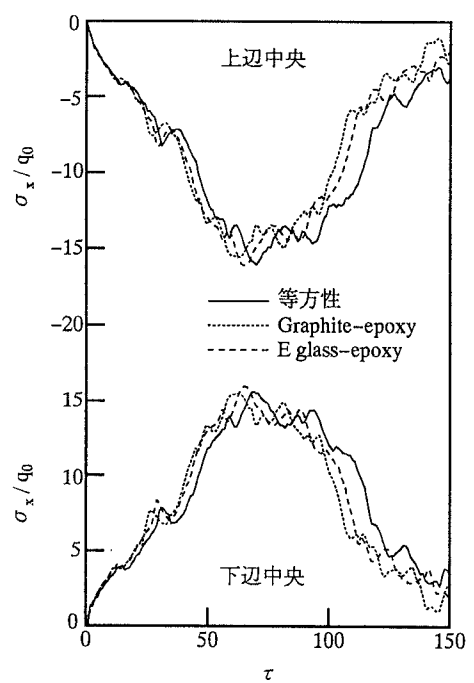


図-3 (b) 無限帯板の $\sigma_x(x=0, z=\pm h/2)$ の応答