

流体 - 弾性体結合モデルに対する 2.5 次元解析

東京工業大学 学生員 ○ 檜山仁志

東京工業大学 正会員 廣瀬壮一

1 . 序論

土木分野における代表的な複合材料として、鉄筋コンクリートを挙げることができる。また、近年では繊維強化材料などの新しい複合材料も建設材料として用いられている。これらの複合材料の内部の評価にはしばしば超音波が用いられるが、複合材料がゆえに、材料内部において多重散乱や減衰が発生し、波動場は複雑な挙動を示す。

本研究では、解析と実験との比較が容易で複合材料と類似する簡易なモデルとして流体-弾性体結合モデルを考え、境界要素法による数値解析を行う。対象とするモデルの波動場は3次元波動場であるが、本研究では従来の解析手法よりも短時間で3次元波動場の計算を行うことができる解析手法として、2.5次元境界要素法解析を用いることとする¹⁾²⁾。

2 . 解析モデル

解析に用いるモデルは図1に示すような無限流体(水)内に無限に長い円柱状の弾性体が介在するもので、弾性体上部に位置する点波源から球面波が入射しているものとする。弾性体の長手方向に x_3 軸を取ると、 x_3 軸に垂直な断面形状は一様となっている。また、実際に解析を行うモデルの x_1-x_2 断面を図2(a)(b)に示す。すなわち、図2のモデル断面図に示すようにモデルの幾何形状は2次元であるが、波動場は3次元的な分布を示す。解析に用いた水と弾性体の物性を表1に示す。

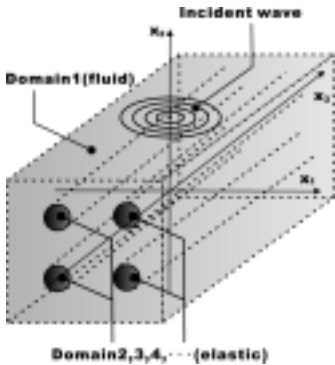


図1 解析モデル

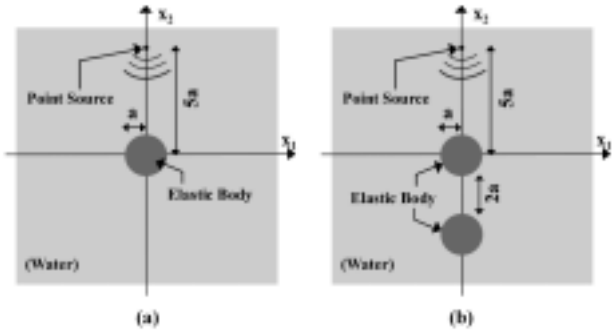


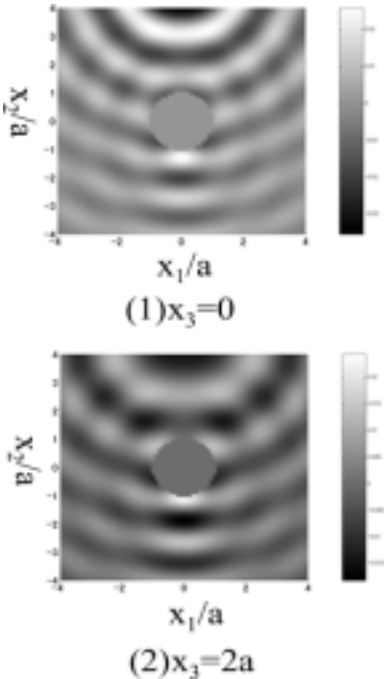
図2 解析モデル断面

表1 水、弾性体の物性値

	密度 ($\text{kg/m}^3 \times 10^3$)	縦波速度 ($\text{m/s} \times 10^3$)	横波速度 ($\text{m/s} \times 10^3$)
水	1.00	$c_f: 1.48$	-
弾性体	7.69	$c_L: 5.90$	$c_T: 3.20$

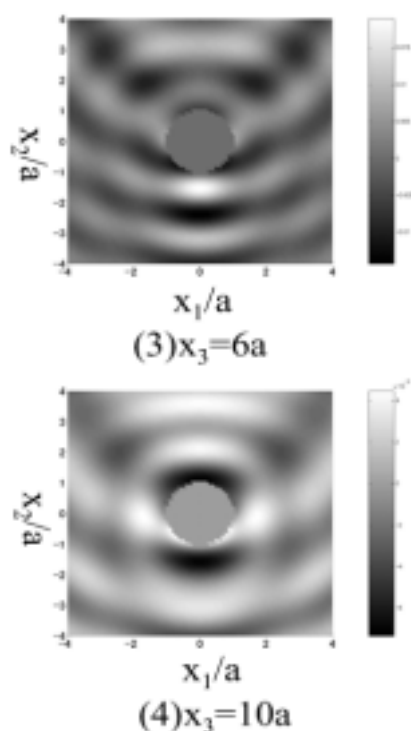
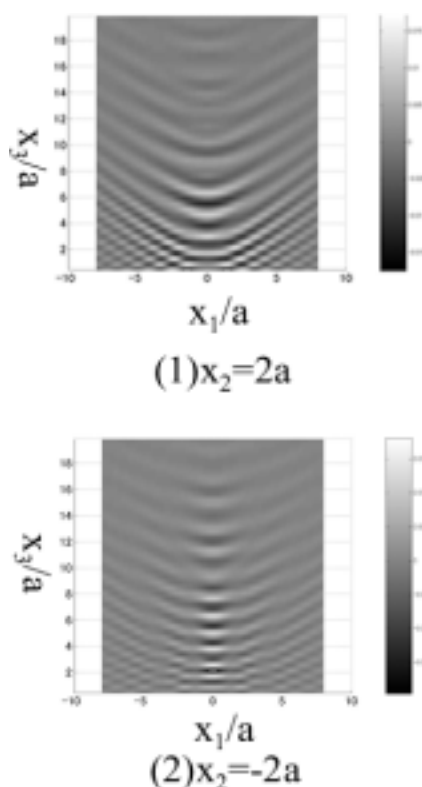
3 . 解析結果と考察

図3と図4はそれぞれ図2(a)の断面を持つモデルに対する解析を行ったときの x_1-x_2 、 x_1-x_3 のいくつかの断面における流体中の3次元周波数域の圧力場の実部を示したものである。波数は $k_f a = 4.6$ である。



キーワード 2.5次元, 境界要素法, 複合材料, 超音波

連絡先 〒 152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 西 8 号館 w301 T E L 03-5734-3587

図3 周波数域の圧力場(x_1 - x_2 断面)図4 周波数域の圧力場(x_1 - x_3 断面)

x_1 - x_2 平面, x_1 - x_3 平面ともに弾性体からの散乱波の様子を見ることができる。解析方法として, 2.5 次元解析を用いたことで 2 次元解析では得られない x_3 方向の散乱波の広がりや減衰を確認することができる。

次に, 図 2 (a)(b)のそれぞれの断面を持つモデルに対

して周波数を変化させて 2.5 次元解析と 2 次元解析を行い, 点(0,4a,0)における周波数と圧力の関係を求めた。図 2 (a)と(b)のモデルに対する解析結果をそれぞれ図 5 と図 6 にそれぞれ示す。

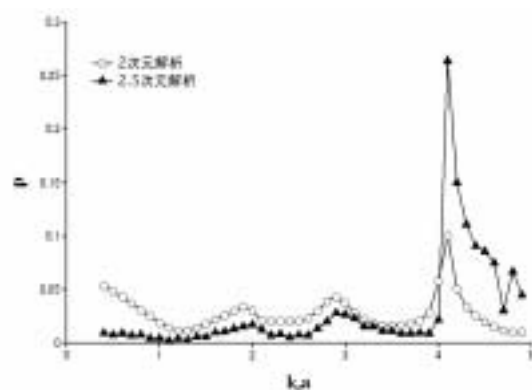


図5 周波数と圧力の関係（介在物: 単一）

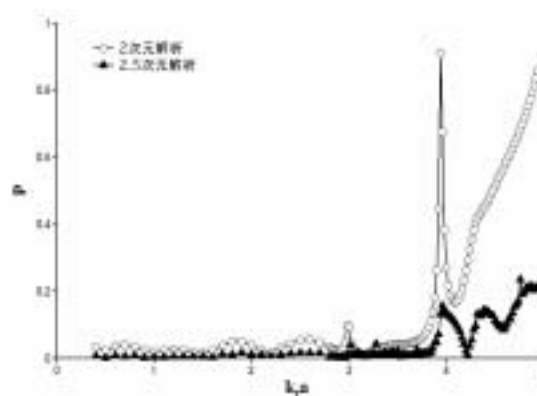


図6 周波数と圧力の関係（介在物: 2 本）

4. 結論

流体 - 弾性体結合モデルに対する定式化を行い, さらに 2.5 次元解析プログラムを作成することで, それらに対する 3 次元の圧力場を周波数域, 時間域のそれぞれで求めることができた。

さらに今後の課題として, 今回の解析に用いたものと同じような流体 - 弾性体モデルに対する実験を行い, それらの結果と数値解析の結果との比較をしていく予定である。

参考文献

- 1) D. Duhhamel :Efficient calculation of the three dimensional sound pressure field around a noise barieer, *Journal of Sound and Vibration*, pp.547-571, 1996.
- 2) 斉藤隆泰・土戸研一・廣瀬壮一：列車走行に伴う環境振動解析のための 2.5-D・3-D 高速多重極境界要素・結合解法の開発, 応用力学論文集 7, pp.255-262,2004.