

東京大学工学部

学 〇岩下 和義

東京大学地震研究所

正 伯野 元彦

1. 序

現在、地盤・構造物系の地震動に対する数値解析の手法として最も多く用いられているのは、有限要素法である。その際、有限要素法はいわゆる領域法であり、無限もしくは半無限領域を解析の対象とする際に領域の周囲に人為的な境界を設定する必要がある。ところが、この境界により領域の外、無限遠方に伝わり、ていくはずの波動が反射され領域内にとどまり、しばしば解析結果を無意味なものにしてしまう。解決方法はいくつかあるが Cundall¹⁾の提案した無反射境界が秀れていると思われる。鈴木・伯野²⁾は、この方法を三次元弾性波動問題に適用し、その実用化を行った。本稿では、この方法を用い、有限要素法により今まで困難だったケーソンの三次元的動的解析を、時間領域において行なった。そしてケーソンの根入れ深さや、地上高、周囲の地盤条件などがケーソンの振動特性にどのような影響を与えるかについて考察した。

2. 解析方法ならびに解析モデル

解析は、無反射境界を持つ有限要素法により行なった。ケーソンならびに地盤を $5 \times 5 \times 5 (m^3)$ の立方体要素に分割して解析モデルを作製した。この際、対称性を考え半分の領域をモデル化した。ケーソンの断面は、 $10 \times 2.0 (m)$ とし、根入れ深さは 0, 5, 15 m、地上高は 0, 5, 15 m と変化させ、地盤条件としてはケーソンと同じ硬さの水平層がケーソン下面に接している、少し離れてある、ない場合の3通りを設定した。媒質は、ケーソンのせん断波速度 V_s を 200 m/s、ポアソン比 ν を 0.3 とし、周囲の軟弱地盤の V_s を 100 m/s、 ν を 0.4 とする。媒質はすべて線形弾性体とし、内部減衰は考えない。Fig. 1 に根入れ 15 m、地上高 15 m、硬い水平層はない場合の解析モデルを示す。入力は、ケーソンの短辺方向に水平方向の 2.0 Hz 正弦波一波とし、入力点はケーソン頂上部の各節点とし、観測点はケーソン全体の振動状態を調べるためにケーソンの対称軸上の節点とした各節点変位を求めた。解析にはルンゲクッタ法を用い、 $\Delta t = 0.01$ 秒として 600 ステップつまり 6 秒分解析した。

3. 解析結果

Fig. 2 に根入れ 15 m、地上高 5 m、硬い層なしの場合のケーソンモデルの概略図と入力波形、各節点の水平方向（加振方向）変位を示す。加振後波動は下方に伝わり地盤に逸散し、無反射境界により消されていることがわかる。地上高を 5 m としたこのケースでも加振

後にケーソンが振動を続けることはなかった。

Fig. 3 に地上高を 15 m とした場合の一例を示す。

加振後にケーソンは減衰を示しながら自由振動している。特に地上の節点 A~C は大きく揺れている。地上高 15 m では他の条件を変えても同じように振動した。Fig. 4 に地上高を 15 m、深さを 0, 5, 15 m の3通りとしたときのケーソン頂部の節点 A の変位のピーク値とその時刻の関係を片対数で示す。この図は減衰状態を表わし、傾きが大きいほど減衰が大きくなる。この系に働いている減衰は、いわゆる逸散減衰だけであり

Fig. 4 で点が一直線上に並ぶことより逸散減衰

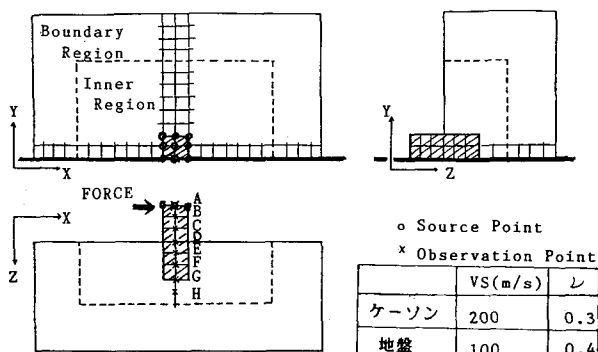


Fig. 1 解析モデルの1例と媒質

(根入れ 15 m、地上高 15 m、硬い層なしの場合、

図中の斜線部をケーソン、太線を対称面とする)

は粘性減衰に似た対数的な減衰であることがわかる。これらの図より系を1質点系とみなして等価減衰定数 h を求め、Table. 1に示す。この表より、ケーソンの根入れが深いほど逸散減衰は小さくなり、下方に硬い層がある場合はない場合に較べて減衰が小さくなり、また構造物の地上の大きさにより振動特性が大きく異なると思われる。以上より、無反射境界を用いることにより、逸散減衰を正當に取り入れた地盤・構造物系の数値解析が行なえると思われる。

[謝辞] 解析には、N.T.T.の鈴木崇伸氏の作製したプログラムを用いた。深く感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) Cundall P. A., et al., 1978, Solution of infinite dynamic problems by finite modeling in the time domain, Proc. 2nd Int. Conf. Appl. Num. Modelling, Madrid
- 2) 鈴木崇伸・伯野元彦, 1984, 消波境界を持った有限要素法による波動伝播解析, 第39回 土木学会年講 I-413, pp. 825-826, 京都

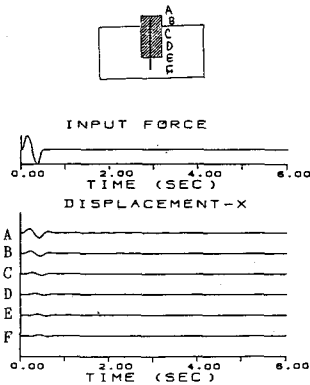


Fig. 2 応答変位例と入力波形
(ケーソンの根入れ15m, 地上高5m
硬い層なしの場合)

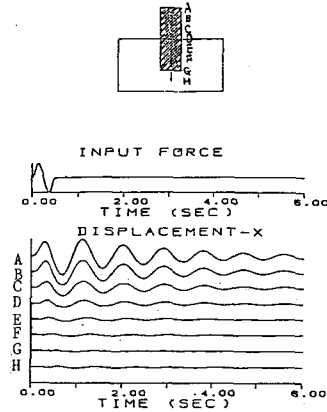


Fig. 3 応答変位例と入力波形
(ケーソンの根入れ15m, 地上高15m
硬い層なしの場合)

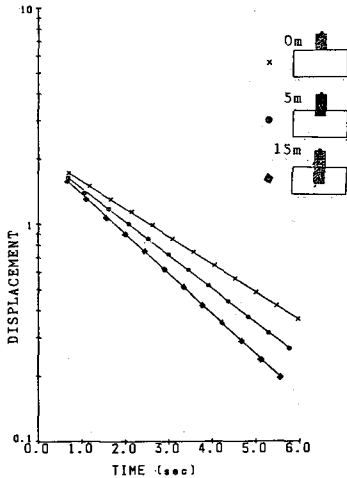


Fig. 4 根入れ深さと逸散減衰の関係
(ケーソン頂上の節点Aの変位のピーク値
とその時刻の片対数図, ケーソンの地上高は15m)

Table. 1 各モデルの卓越周期と減衰定数 h
(ケーソンの地上高15mの場合。図の斜線部は硬い
媒質を示す。 h の大きさ順にならべた)

モデル	卓越周期 (SEC)	減衰定数 h
	0.89	0.060
	0.92	0.052
	0.95	0.045
	0.87	0.022
	0.90	0.019
	1.25	0.018
	0.67	0.014