

1. はじめに

模型地盤を用いた波動伝播実験は震源や構造が明らかであるため波動の対応付けが容易であり、その結果は数値解析手法の検証や各種波動の性質を理解する上で大いに役立つ。これまで第2層が剛であるような成層地盤あるいは傾斜地盤の波動伝播実験を行ってきた^{1), 2)}がより現実的な地盤を想定して第2層が剛でない模型地盤で実験を行ってみた。ここではこの結果を紹介し、若干の考察をする。

2. 模型実験

実験は図1のようにアクリルアミドを媒質とする長さ 180 cm、深さが第1層で3.9cm、第2層で15.7cmであるような模型地盤を用いて行なった。地盤は硬いプレートの上ののっているため正確には第3層が剛である3層地盤であるが第2層が第1層に比べてかなり厚い（約4倍）ので近似的に下層が剛でない2層地盤とみなすことができる。実験では模型地盤上の左端から80cmの点（図中▽）をtransverse方向に単発加振し、発生した波動を5 cm間隔に置かれた測点で観測した。図2は加振点及び5つの観測点で測定された加速度波形である。観測点①、②では直達波が、観測点④、⑤では屈折波が初動として現れているので図のような走時曲線を引き第1層、第2層のS波速度をそれぞれ2.1m/s、4.5m/sと決めた。加振点は自由表面に設けたためラブ波が励起されやすいことが予想されるが第1層と第2層のS波速度の比が2.1とコントラストが小さいためか、あるいは観測点が加振点に近い場合ラブ波が十分に成長していないためか、一見顕著な分散性が見られない。しかしながら測点④、⑤のヘッドウェーブのあとには周期が0.05秒程度の振幅の大きい位相が認められる。そこでこの2点での波形のフーリエスペクトルをとると図3のようになる。実線は測点④、破線は測点⑤での波形のスペクトルである。0.05~0.06秒付近にピークがあり、波形で認められた位相に対応するものと思われる。

3. 測定波形の卓越周期とエアリー相

ところでこの0.05~0.06秒付近のピークはこの地盤の構造に関係しているものなのだろうか。第1層のS波速度から

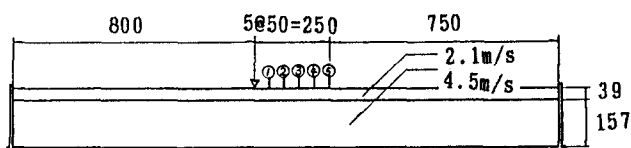


図1 2層模型地盤 (単位: mm)

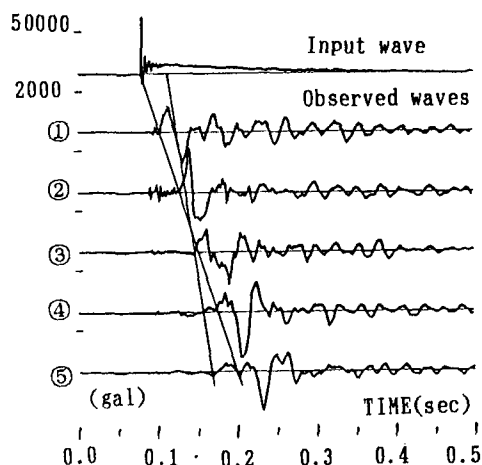


図2 加振点および観測点での波形

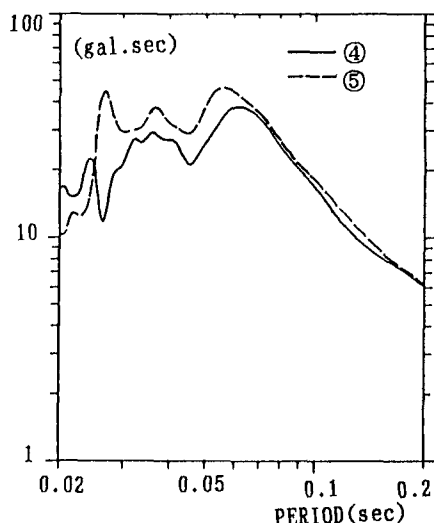


図3 フーリエスペクトル（加速度）

1/4波長則によって周期を求めてみると

$$T_{1/4} = 4H_1/V_{S1} = 0.072s$$

となりピーク周期よりも長い。また更に深い構造まで考えるとすれば周期はより長くなる。従って深い構造を反映した周期でもないことがわかる。

図4はこの模型地盤の構造から求めたラブ波の群速度の分散曲線である。実線は剛な第3層を考慮した構造から、破線は第3層を無視（第2層を半無限弾性体）した構造からそれぞれ求めている。これを見ると周期0.08秒程度以下では第3層の影響はほとんど無いことがわかる。また群速度が極小となる周期が約0.06秒と先のスペクトルのピーク周期とほぼ一致している。従って測定された波形の卓越周期はエアリー相に相当するものであることが推測される。

エアリー相に対応する周期付近の地震動の振幅が大きくなるのは周知の事実であるがそれではこのエアリー相は剛性比によってどのように変わるのであろうか。図5は剛性比（第2層のせん断剛性率/第1層のせん断剛性率）が64, 16, 4のときのラブ波の群速度（ U_L ）の分散曲線である（実験で用いた地盤の剛性比は約4.6）。縦軸、横軸は第1層のS波速度 V_{S1} や層厚 H_1 を用いて無次元化してある。図から明らかなように剛性比が小さくなるに従ってエアリー相に相当する周期は1/4波長則から求められる周期 $T_{1/4}$ よりも短くなる。このことは2層地盤の表面に単位衝撃を与えたときの地盤応答の卓越周期が剛性比が小さくなるにしたがって $T_{1/4}$ よりも短くなるという解析結果³⁾と符合する。

4. むすび

第2層を十分に厚くして近似的に2層地盤とみなせる模型地盤を用いて波動伝播実験を行なった。その結果、測定された波の卓越周期は表層から決められる周期 $T_{1/4}$ よりも短いことがわかった。本来1/4波長則は1次元波動論から導かれたものであり、表面波のように水平方向に伝わる波を考慮する場合には卓越周期は $T_{1/4}$ よりも短くなり（2層地盤の場合）またそのずれの量は剛性比が小さくなるほど大きくなる。このようなことは、“ラブ波伝播の場合でも1/4波長則が成立する下層が剛な2層模型地盤の波動実験”では気づかぬ事であった。

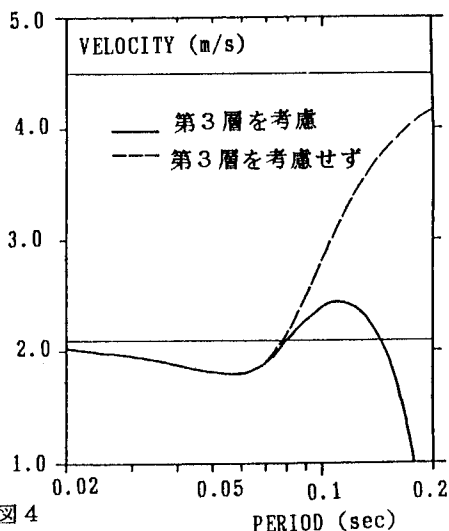


図4 模型地盤の構造から求めたラブ波の分散曲線

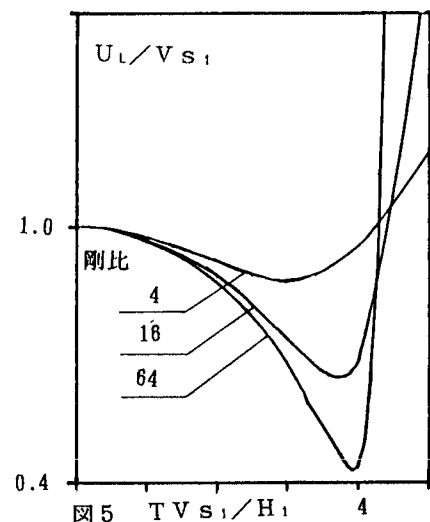


図5 剛性が64, 16, 4のときのラブ波の分散曲線

参考文献

- 1) Morichi, S., Ohmachi, T. and Toshinawa, T., "Vibration Modes Characterized by Love Waves in an Elastic Layer Overlying a Rigid Basement," Proc. of JSCE Vol. 2, No. 1, pp. 227-236, 1985.
- 2) 遠見有敏, 大町達夫, 年縄巧, 傾斜地盤の波動・振動特性, 第19回地震工学研究発表会講演概要, pp. 117-120, 1987.
- 3) 大町達夫, 森地重暉, 年縄巧, 粘弾性地盤を伝播するラブ波と等価せん断減衰振動について, 構造工学論文集Vol. 32A, pp. 661-668, 1986.