

不整形地盤における波動伝播特性に関する実験的考察

京都大学工学部 正会員 丹羽 義次
 京都大学工学部 正会員 廣瀬 壮一
 京都大学工学部 学生員 中谷 昌一

1. はじめに

近年、丘陵地あるいは崖地といった様々な不整形地盤において、土木構造物の建設が試みられている。しかし、各種土木構造物の耐震性を評価する場合、不整形な地盤における地震動特性が不確定要因の一つとなっている。本研究は、この地震動特性を解明するための実験を主体にした基礎的な研究を行なうものである。実験では、モデル地盤を作製しAE計測装置を用いて波形の検出を行ない、これを周波数領域に変換することにより地表面上における変位の周波数応答を求め、また理論的にも積分方程式法を用いて数値解析を行ない、両解析結果の比較検討を試みることにする。

2. 実験概要

本実験では、厚さ5mmのアクリル樹脂の平板(PMMA; 商品名アクリライト)および真鍮棒によりモデル供試体を作製した。Fig.1に示す通りモデル供試体の右側斜面が、不整形な地盤の地表面に相当する。真鍮棒左端に設置した変換子から

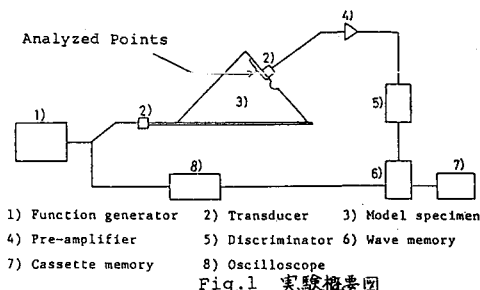


Fig.1 実験概要図

ファンクションジェネレータにより方形波電圧を入力し、波動を発生させる。このとき、右側斜面の傾斜角度を 45° とすることにより、平板内を伝播してくるP波の波面は右側斜面と平行になる。つまり不整形地盤に鉛直下方から平面P波が入射した場合を取り扱った。供試体内を伝播してきた波動は、右側斜面に設置した変換子により電気信号に変換される波形として検出される。使用した変換子はいずれもAEセンサー905Jである。

3. 実験的解析および理論的解析の関連性

入カシステム、モデル供試体、計測システムを線形システムと考え、それぞれ伝達関数を $W_1(\omega)$, $W_2(\omega)$, $W_3(\omega)$ とすれば2つの異なるモデル供試体に対しFig.2のように表わせる。従って入力、出力のフーリエ像関数 $F(\omega)$, $G(\omega)$ の関係は次の2式

$$G^I(\omega) = W_1^I(\omega) \cdot W_2^I(\omega) \cdot W_3^I(\omega) \cdot F(\omega) \quad (1)$$

$$G^II(\omega) = W_1^{II}(\omega) \cdot W_2^{II}(\omega) \cdot W_3^{II}(\omega) \cdot F(\omega) \quad (2)$$

として表わせる。本実験では、入カシステム、計測システムに関しては同一のものを使用し、モデル供試体Iを半無限地盤としモデル供試体IIを不整形な境界を有した半無限地盤とし、式(1)と式(2)との比

$$G^{II}(\omega) / G^I(\omega) = W_2^{II}(\omega) / W_2^I(\omega) \quad (3)$$

によって不整形な境界による影響をとらえることにする。また、積分方程式により理論的

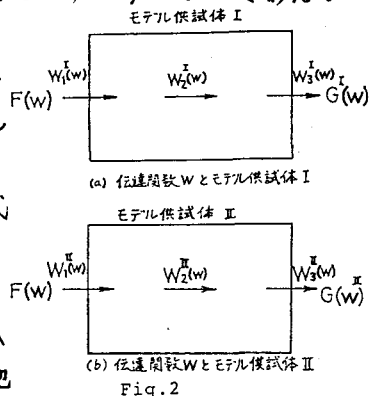


Fig.2

に求めた応答倍率 $g(\omega)$ は、実験における伝達関数 $W_2(\omega)$ と等しいことから式(3)より次式

$$g^H(\omega) / g^I(\omega) = G^H(\omega) / G^I(\omega) \quad (4)$$

を得る。式(4)は両解析の関連性を示すものである。

4. 結果と考察

まず波の伝播状況を Fig. 3, Fig. 4 でみることにする。各国には解析地点 1 から 7 において検出された波形を並べたものが示されており、(a) 図にはモデル供試体と解析地点番号、(b) 図には P, S_v , R_p , R_s , P' , S'_v なる 6 種類の波の到達の様子が併記されている。Fig. 3 (b) から、まず入射 P 波が同時に各解析地点に到達し、次に入射 S_v 波が 7 地点から 1 地点へと順々に到達していることがわかる。これは、P 波、 S_v 波がそれぞれ平面波をなして伝播していることを示している。また R_p 波、 R_s 波はそれぞれ P 波、 S_v 波によるモデル供試体側面からの表面波および反射波と思われる。さらに Fig. 4 (b) をみれば、地盤モデルの不整形性による入射 P 波、 S_v 波の散乱波 P' , S'_v 波が、それぞれ 7 地点から 1 地点へと順々に伝播していることがわかる。さて次に、周波数領域における解析結果の一例として、Fig. 4 と同様に不整形形状として半円形(半径 $C = 1.0\text{cm}$)を考えたときの解析地点 6 における結果を Fig. 5 に示す。解析地点 6 は、Fig. 4 (a) に示すように不整形な境界の近辺で、半円の中心から半径 C の 2.5 倍の距離にある。Fig. 5 (a), (b) はそれぞれ数値解析結果、実験結果であり、(c) は (a) および (b) の比較を容易にするために、(a) を実線、(b) を破線で同一グラフ上に描いたものである。横軸には波数 k と半径 C の積である無次元量をとった。また、(a), (b) の縦軸には、それぞれ理論的に求められた応答倍率の比 $\cdot g^H(\omega) / g^I(\omega)$ と式(3)に示される比 $\cdot W_2^H(\omega) / W_2^I(\omega)$ がとられている。ただし、実験では変換子による絶対的増幅度が不明であり、従って実験結果の絶対的大きさに関しては意味がなく数値解析結果と比較する場合にはグラフの形状のみに着目する。(c) を見れば両解析結果がよく一致しており、本実験による解析が妥当であることがわかる。

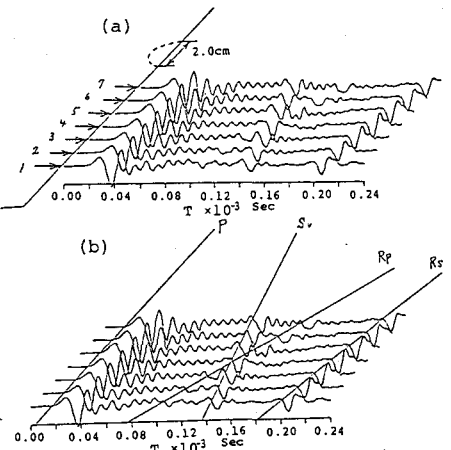


Fig. 3 半無限地盤モデル地表面上の波の伝播状況

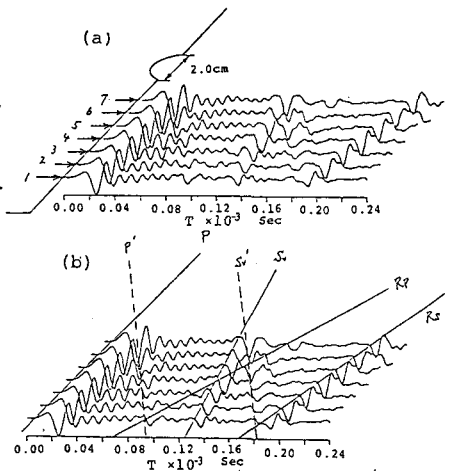


Fig. 4 半円形モデル地表面上の波の伝播状況

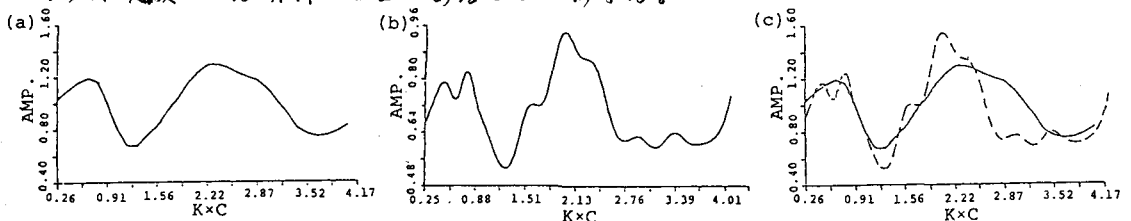


Fig. 5 理論的解析結果および実験的解析結果