

## 平面波入射による弾性層境界の応答特性

広島大学工学部 正 員 佐藤 誠  
 広島大学工学部 学生員 ○岩田 直樹

### 1. まえがき

平行多層地盤の応答解析を行なうとき、構成層中に層定数を特定し難いほど軟弱（音響インピーダンス  $\rho C$  が小さい）で薄い層がある場合には、その層を滑動境界に置換して解析を行なうことが考えられる。しかし、実地盤の解析において滑動境界に置換した場合としない場合とは応答に相当差があることが分かっている<sup>1)</sup>。

ここでは、薄い軟弱層が存在する場合に滑動境界として解析を行なうことの妥当性を、平面SV波が入射する場合の層境界の条件または層定数と応答特性の関係から検討する。

### 2. 解析地盤モデル

ここでは、波動応答特性を簡明に把握できるように、図-1に示すように滑動境界を有する2層モデルと中間に軟弱層を挟む3層モデルを解析対象とする。表層と基盤は同一の媒体であり、密度  $\rho_1 = \rho_2 = 2.1 \text{ t/m}^3$ 、弾性横波速度  $C_{T1} = C_{T2} = 500 \text{ m/s}$ 、ポアソン比  $\nu_1 = \nu_2 = 0.45$  とし、表層厚は25mとする。また、3層モデル地盤における軟弱層の  $\rho C$  とそれを挟む両層の  $\rho C$  の比を1/100、層厚は表層厚の1/1000とする。

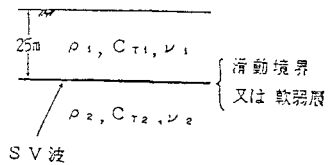


図-1 解析モデル

### 3. 解析結果

図-2 a, bは、それぞれ実地盤例として薄い粘土層(0.5m)を含む地盤H 2 4<sup>2)</sup>と、この粘土層の代わりに滑動境界を設定したときの地表の水平動の振動数応答関数である。滑動境界を設定した場合は、除かれた層による振動数のずれはあるものの、元の地盤の固有振動数に対応する応答は現われている。しかし、固有振動数付近の狭い振動数範囲でのみ鋭く現われ、その他の振動数ではほとんど応答は現われない。

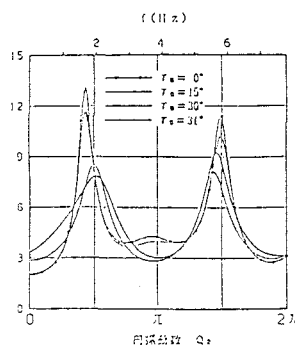


図-2 a 地盤H 2 4の振動数応答関数

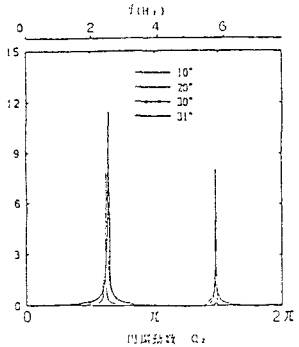


図-2 b 滑動境界を設定した地盤H 2 4の振動数応答関数

図-3 a, bは、3層モデルの表層を半無限体とし、平面SV波が入射したときのP, SV波のポテンシャルの反射係数 ( $R_{SP}$ ,  $R_{SS}$ ) および透過係数 ( $T_{SP}$ ,  $T_{SS}$ ) であり、基盤における反射P波の臨界角は  $\gamma_c = 17.5^\circ$  である。ただし、3層モデルの反射、透過係数は振動数に依存するから、図-4に示す3層モデルにSV波が垂直入射した場合 ( $\gamma = 0.0^\circ$ ) の第1次(1.07Hz)、2次(10.16Hz)固有振動数を選んだ。第1次固有振動数では臨

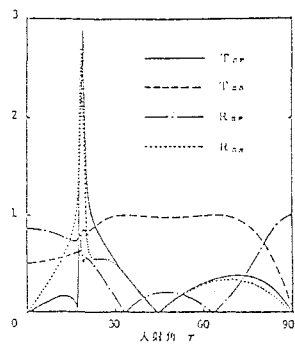


図-3 a 第1次固有振動数における3層モデルの透過、反射係数

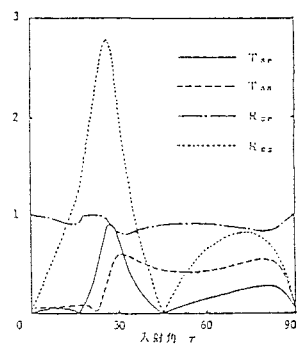


図-3 b 第2次固有振動数における3層モデルの透過、反射係数

界面角をわずかに越えた入射角で $T_{SP}$ ,  $R_{SP}$ が急激に変化する。第2次固有振動数における $T_{SS}$ ,  $T_{SP}$ は第1次固有振動数のそれより小さい。特に臨界面角より小さい入射角では非常に小さく、ほとんど波は透過しない。図-3cは滑動境界モデルの反射、透過係数である。このとき反射、透過係数は振動数に独立であり、 $T_{SP}$ と $R_{SP}$ は一致する。また、臨界面角による影響はほとんどない。

図-4は3層モデルの地表での振動数応答関数である。水平動成分の応答倍率 $\eta_x$ は、入射角が臨界面角付近の $\gamma=17.0^\circ$ ,  $18.0^\circ$ については、第2次固有振動数以降でわずかにずれるがほぼ一致している。しかし水平動に参与するS波の透過係数 $T_{SS}$ が非常に小さいため応答は固有振動数付近でのみ鋭く存在する。 $\gamma=30.0^\circ$ では $T_{SS}$ が臨界面角付近に比べ大きいため低振動域の広い範囲で大きな応答を示している。上下動成分の応答倍率 $\eta_z$ は $\gamma=17.0^\circ$ ,  $18.0^\circ$ では上下動に参与するP波の透過係数 $T_{SP}$ が極めて小さくなるため第1, 2次固有振動数付近で鋭い応答しか現れない。

図-5は滑動境界モデルの地表での振動数応答関数である。 $\eta_x$ は $\gamma=17.0^\circ$ において3層モデルでの第1, 2次固有振動数に対応する応答が消滅し、第3次に対応する応答が鋭く現れる。 $\gamma=18.0^\circ$ も同様に第3次に対応する応答のみが現れるが、応答の大きさはかなり小さい。また $\gamma=30.0^\circ$ では $T_{SS}$ が大きいため、臨界面角付近に比べると応答そのものの大きさ、形が全く異なる。 $\eta_z$ は、臨界面角付近の入射角においてモデルの第1次固有振動数に対応する応答が消滅し、第2次に対応する応答のみが小さく現れる。また、 $\gamma=30.0^\circ$ では臨界面角付近より大きな応答を示しているが、3層モデル地盤と比べると応答そのものの大きさ、形が全く異なる。

4. まとめ

以上のことより、上下動、水平動の応答はそれぞれ $T_{SP}$ ,  $T_{SS}$ が非常に小さいとき鋭く現れるが、軟弱層を滑動境界として解析を行なうと水平動の応答は低次の固有振動数で応答が消滅する。また、 $T_{SP}$ ,  $T_{SS}$ が大きい場合でも滑動境界とすると応答そのものの形と大きさが異なる。これらのことから、非常に薄い軟弱層がある場合においても滑動境界とし解析を行なうことは適当でないと考えられる。

- 参考文献 1) 佐藤 誠：平行多層地盤に対する調和S波の伝播解析，土木学会論文報告集第328号，P.57~68，1982  
2) 上部 達生 他：港湾技研資料，No.285，運輸省港湾技術研究所，1978

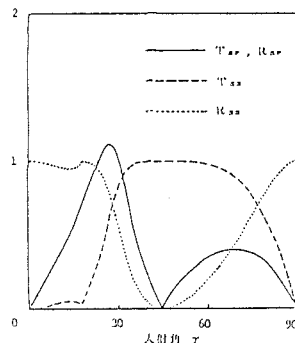


図-3. c 滑動境界モデルの透過、反射係数

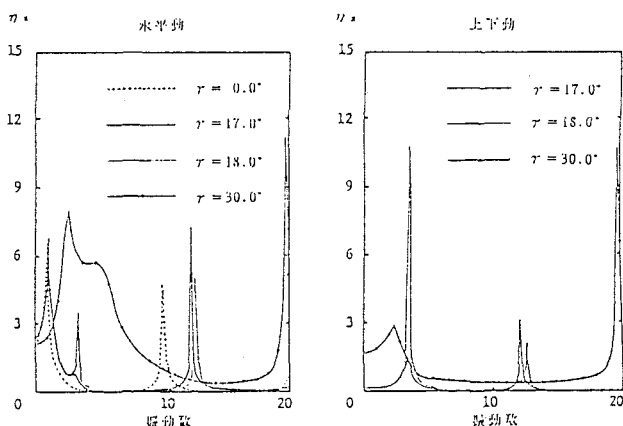


図-4 3層モデルの振動数応答関数

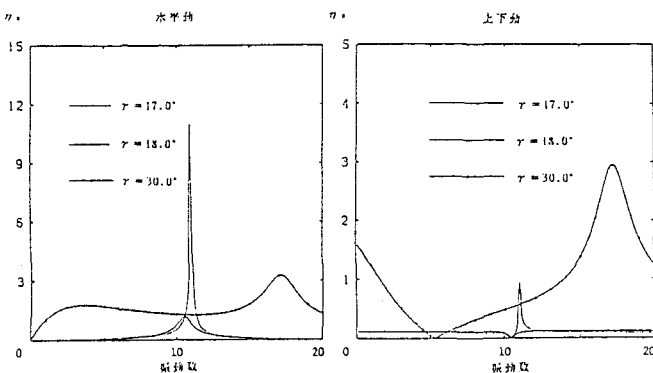


図-5 滑動境界モデルの振動数応答関数