

広島大学工学部 正員 ○佐藤 誠

広島大学工学部 学生員 田村 吉広

1. まえがき 実地盤の地震時の挙動は弾性地盤として解析すると、最大振幅およびそれを生じる振動数が実際の応答と大きく異なる場合があり、特に臨界角を越えるような角度でのSV波の入射に対してその違いが大きく、実地盤に即した粘弾性地盤として解析する必要があることが示された¹⁾。また粘弾性平行多層地盤に対する調和SV波の伝播においては一般に非均質波が存在し、均質波としての波動伝播とは異なる伝播特性を持つことも多層モデル地盤に対して示された²⁾。しかし非均質波の特徴である入射角と減衰パラメータ Q^{-1} が従属関係にあることの影響については明らかにされていない。

ここでは調和SV波に対して減衰パラメータ Q^{-1} と入射角が振動数応答関数に及ぼす影響を検討するために、多層地盤モデルとこれらの影響を評価し易い表層と基盤のみの2層地盤モデルを対象にし、主として入射角と卓越応答の関係に注目する。

2. 解析地盤モデル 解析の対象とした地盤は、第4種地盤に属する多層地盤L16)¹⁾の層定数に、弾性横波速度 C_T から推定した²⁾横波に対する Q_s^{-1} を加えた地盤モデルM0と、表-1に示す層定数を持つ2層地盤モデルM1~M4である。モデルM1はM0の基盤上の全層を平均化し、2層化した地盤モデルである。

表-1 地盤モデルと層定数

地盤モデル	M0	M1	M2	M3	M4
C_T (m/s)	表層 117	117	100	100	100
	基盤 620	620	500	500	500
Q_s^{-1}	表層 0.24	0.24	0.10	0.30	0.50
	基盤 0.05	0.05	0.10	0.10	0.10

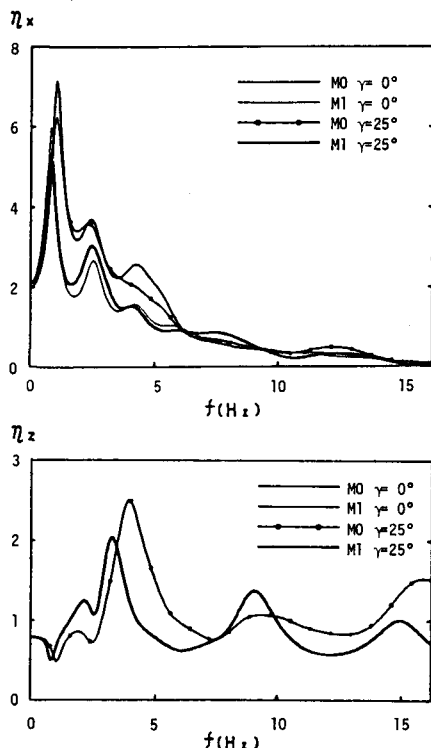
注: アンダーラインは基盤上の全層を平均化した値

ここで対象にする振動数 f は0~20Hzであり、この振動数範囲では Q^{-1} が振動数に依存せず一定とし、横波の Q^{-1} の範囲も $0 \leq Q_s^{-1} \leq 0.5$ とした。また縦波の Q^{-1} は $Q_p^{-1} = 0.4 Q_s^{-1}$ と仮定した。なおポアソン比は表層と基盤をそれぞれ0.45および0.40とし、 Q^{-1} は全て均質波 (a)

3. 振動数応答関数 図-1(a), (b)に地盤モデルM0, M1の垂直入射と25°入射の場合の振動数応答関数 η_x (水平動), η_z (上下動)を示す。それぞれの地盤モデルの基盤の弾性波に対する臨界角 γ はともに24.1°である。

M0とM1の弾性解析による結果は、垂直入射時でも両者の卓越振動数および最大応答 η_{MAX} が著しく異なることが示されている¹⁾。しかし粘弾性解析では両者の卓越振動数はほぼ等しく、水平動の最大応答 η_{xMAX} は共に (b)

このことは弾性地盤では多層地盤の重複反射に対応した応答が素直に現れるのに対して、粘弾性地盤では

図-1 M0, 1の振動数応答関数($\gamma=0^\circ, 25^\circ$)

減衰効果により基盤上の層全体としての応答が平均化されて現れることを示している。

4. 入射角と最大応答 図-2(a), (b)はM0, M1についてSV波の入射角 γ が $0^\circ \leq \gamma \leq 90^\circ$ の範囲に対する $0 \leq f \leq 15\text{Hz}$ における最大応答(η')を示す。ここに縦軸 η' は粘弾性地盤の最大応答と、それぞれの弾性地盤に対する垂直入射時の第1次固有振動数での水平動の応答値 η_{10} の比 $\eta' = \eta_{\text{MAX}}/\eta_{10}$ を示す。ただしM0とM1に対する η_{10} はそれぞれ17.8と14.2である。

これらの図では水平動(η_x')、上下動(η_z')ともに入射角の増加に対して同じ傾向を持ち、粘弾性解析における多層地盤と平均化2層地盤の応答の弾性地盤に対する応答比の差も少ない。

水平動の η_x' は入射角の増加とともに緩やかに減少するが、基盤の弾性臨界角($\gamma_c = 24.1^\circ$)近傍で局部的なピークを示した後急激に減少する。しかし $\gamma = 35^\circ$ 付近から再び緩やかな減少を示す変化率の異なる曲線となる。一方上下動の η_z' は弾性臨界角前後の数度の範囲で急増する以外は、 0° と 90° で0となる比較的滑らかな上に凸の曲線である。

上記の η_x' の $\gamma = 35^\circ$ 付近の減少傾向が変化する原因を明らかにするため、図-3にM0, M1に対して入射角が 30° と 40° の場合の η_x を示す。

この図より入射角が 30° から 40° に増加するとき、水平動の第1次固有振動数でのピーク η_1 が急減しても、第2次固有振動数でのピーク η_2 はほとんど減少せず、 $\eta_1 \leq \eta_2$ となり、最大応答 η' が η_1 から η_2 に対応する値に変わることが分かる。

図-4(a), (b)は2層地盤M2, 3, 4($\eta_{10} = 10.0$)の表層の Q^{-1} による η' の変化を示す。これらはいずれも表層の Q^{-1} が増加すると共に η' は減少し、図-2の場合と同じ理由による変化を示している。

5. まとめ 本研究範囲において以下のことが推定される。①表層の Q^{-1} の増加とともに η' は減少し、 η_x' は垂直入射時が最大である。②与えられた地盤に固有の入射角を越えると $\eta_1 \leq \eta_2$ となり、それ以上の入射角では η_2 が卓越する。③ η_z' の最大値は臨界角 γ_c より大きな入射角で生じる。④弾性2層化地盤の η_{10} から粘弾性多層地盤の最大応答を推定できる場合がある。

参考文献 1) 佐藤 誠, 平行多層地盤に対する調和SV波の伝播解析, 土木学会論文報告集, 第328号, pp.57~68, 1982. 2) 佐藤 誠, 粘弾性多層地盤内の非均質波動応答, 第7回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.247~252, 1986.

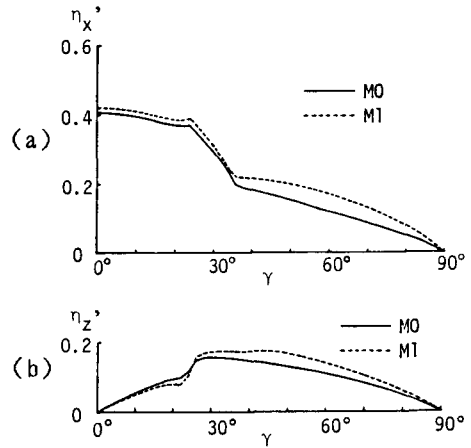


図-2 M0, M1の入射角と最大応答

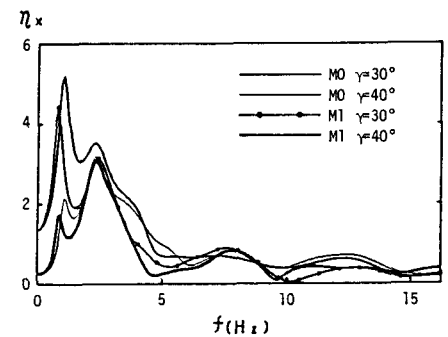


図-3 M0, 1の振動数応答関数($\gamma = 30^\circ, 40^\circ$)

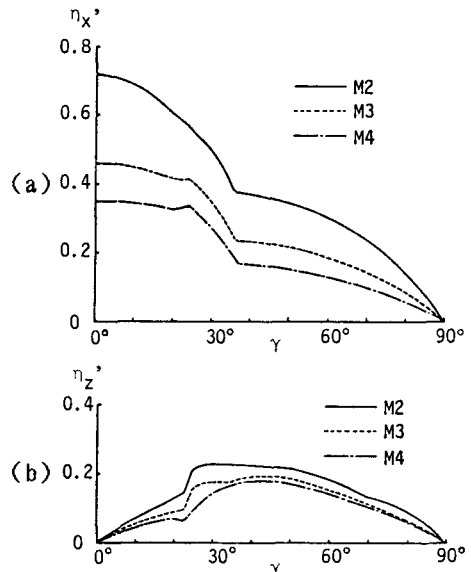


図-4 M2~4の入射角と最大応答