

I-408

地盤のQ値が地表地震動強度に及ぼす影響について

徳島大学工学部 正員 ○沢田 勉

徳島大学工業短期大学部 正員 平尾 潔

総合技術コンサルタント

大塚 円

1. まえがき 地表で観測される地震動は、震源特性、伝播経路、地盤条件等の影響を受けて複雑に変化する。このうち地盤条件の影響は特に複雑であり、近接する2地点でも地盤条件が異なれば地表地震動の特性にかなりの差異が生じることが指摘されている。地盤のS波速度が地表地震動の特性にどのような影響を及ぼすかについては、従来よりいくつかの研究がなされ、有用な情報が得られてきた。^{(1)~(4)} しかし、地盤のQ値が地表地震動に及ぼす影響については、これまであまり検討されていない。本報告では、地盤のQ値が地表地震動の強度にどのような影響を及ぼすかを、S波速度の影響と対比させることにより検討し、若干の考察を加えた。

2. 影響度係数の定義

地盤を構成する各層の地盤パラメータ (S波速度およびQ値) が地表地震動強度に及ぼす影響を定量的に評価する指標として、以下に述べる影響度係数を定義する。⁽⁴⁾ いま、

Fig. 1 に示すような水平な几層からなる成層地盤において、第m層のS波速度およびQ値をそれぞれ V_m , Q_m とし、基盤入射波としては鉛直下方から基盤に入射する有帯域ホワイトノイズ⁽³⁾からなるSH波を考える。このとき、Fig. 1の成層地盤の地盤伝達関数 $U(\omega)$ は重複反射法⁽³⁾を適用することにより得られる。基盤に入射する有帯域ホワイトノイズの上・下限振動数を ω_u , ω_l とすると、地表加速度波のフーリエスペクトルは $\omega_l \sim \omega_u$ において地盤伝達関数と相似形になるから、地表地震動の加速度・速度・変位のパワースペクトル $G_a(\omega)$, $G_v(\omega)$, $G_d(\omega)$ は次式のようになる。

$$G_a(\omega) = k^2 U^2(\omega), \quad G_v(\omega) = k^2 U^2(\omega)/\omega^2, \quad G_d(\omega) = k^2 U^2(\omega)/\omega^4, \quad \omega_l \leq \omega \leq \omega_u \quad (1)$$

ここで、 k = 係数、 ω = 角振動数、である。これらのパワースペクトルを用いると、加速度・速度・変位のrms振幅値 A_{rms} , V_{rms} , d_{rms} が得られるが、以下では、加速度のrms値 A_{rms} について述べる。 A_{rms} は次式より得られる。

$$A_{rms} = \left\{ \int_{\omega_l}^{\omega_u} G_a(\omega) d\omega / 2\pi \right\}^{1/2} \quad (2) \quad \text{次に、地盤パラメータ } (V_m \text{ および } Q_m)$$

が A_{rms} に及ぼす影響について考える。第m層のQ値 Q_m が微小量 $\Delta Q_m = \varepsilon Q_m$ (ε : 微小な正值) だけ変化した場合の A_{rms} の変化量 ΔA_{rms} は次式より得られる。

$$\Delta A_{rms} = \partial A_{rms} / \partial Q_m \cdot \varepsilon Q_m \quad (3)$$

最後に、式(2)および(3)より A_{rms} の変化率 $\Delta A_{rms} / A_{rms}$ を求め、これを ε により規準化すると、次式に示す影響度係数 Y_{aQm} が定義できる。

$$Y_{aQm} = \Delta A_{rms} / \varepsilon A_{rms} \quad (4)$$

上式の Y_{aQm} は、 Q_m がもとの値に対して ε だけ変化したときの A_{rms} の変化を示す係数であり、 Q_m が A_{rms} に及ぼす影響を定量的に評価する指標となる。 A_{rms} に対する V_m の影響度係数 Y_{aVm} , および V_{rms} , d_{rms} に対する Q_m , V_m の影響度係数 Y_{vQm} , Y_{vVm} , Y_{dQm} , Y_{dVm} も上と同様な方法により得られる。

3. 数値計算例および考察

前節で定義した影響度係数を用いて、地盤のQ値の構造 (Q_m) が地表地震動強度のrms値にどのような影響を及ぼすかを検討するとともに、それらをS波速度 (V_m) の影響度係数と比較することにより若干の考察を加える。解析に用いた地盤モデルのQ値およびS波速度の構造をFigs. 2~5の図(d)に示す。これらのモデルのうち、Model A は文献(2)で用いられた地盤であり、各層の層厚はすべて等しく10mである。また、Model HA, KU および AO は文献(5)で用いられた実地盤(八戸、釧路、青森の地盤)である。Figs. 2~5の(a)~(c)には、地表加速度・速度・変位のQ値に対する影響度係数 Y_{aQm} , Y_{vQm} , Y_{dQm}

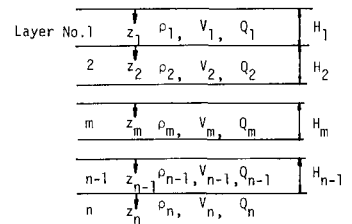


Fig.1 Soil Profile of Model Ground

を実線で、またS波速度に対する影響係数 r_{avm} , r_{vVm} , r_{dVm} を点線で示した。これらの図において、横軸は影響係数の値を、縦軸は深さ方向の各層の位置を層厚を無視して示したものである。

これらの図より以下のことがわかる。

- (1) Q値に対する影響係数は常に正である。すなわち、Q値が増大すると地表地震動強度は増加する。これは、Q値が大きくなると地盤の減衰が小さくなるからであり当然の結果である。
- (2) Q値に対する影響係数は、加速度、速度、変位の順に大きい。これは、Q値が短周期波の振幅に影響を及ぼすことを示している。
- (3) Model A のように、S波速度が深さ方向に単調に増加する地盤では、Q値に対する加速度の影響係数は最上層で大きく下層になるにつれて順次小さくなる。しかしながら、実地盤のようにQ値およびS波速度が深さ方向で複雑に変化する場合には、最上層のQ値が加速度に及ぼす影響は必ずしも大きくない。これは、最上層のS波速度が加速度に及ぼす影響が大きいのと対照的である。

(4) S波速度が小さくかつ層厚の大きい層（たとえば Model HA の第7層目、Model KU の第4層目）では、Q値が地表加速度に及ぼす影響は大きい。

(5) Q値に対する影響係数はS波速度のそれに比べて全体的に小さく、加速度では、 r_{aQ} は r_{av} の $1/2$ 程度（ただし、Model HA の第7層目は除く）、速度では、 r_{vQ} は r_{vV} の $1/5$ 程度、変位では、 r_{dQ} は r_{dV} の $1/10$ 以下である。このことより、地盤構造を何らかの方法で推定する場合、Q値の推定精度はS波速度のそれに比べて若干劣ってもよいといえる。

(6) 基盤のQ値 (Q_m) が地表地震動強度に及ぼす影響は無視できる程度に小さい。

4. おわりに Q値が地表地震動強度にどのような影響を及ぼすかを、S波速度の影響と比較させることにより検討し、Q値が短周期波の振幅に影響すること、S波速度に比べてQ値の影響が小さいことなどを示した。

参考文献 1) 島：予防時報，第99巻，1974。 2) 井上・伯野：土木学会論文集，第310号，1981。 3) 土岐・戸早：京大防災研，第26号，1983。 4) 沢田・平尾：構造論文集，Vol.32A，1986。 5) 神山：土木学会論文集，No.350，1984。

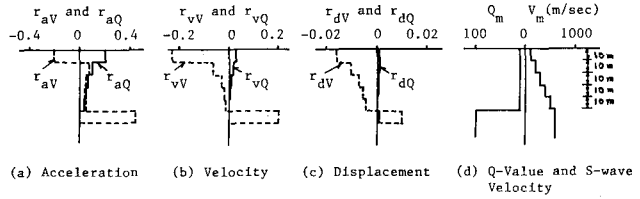


Fig. 2 Effective Coefficients for rms Intensities of Ground Motion respecting S-wave Velocity and Q-Value (Model A)

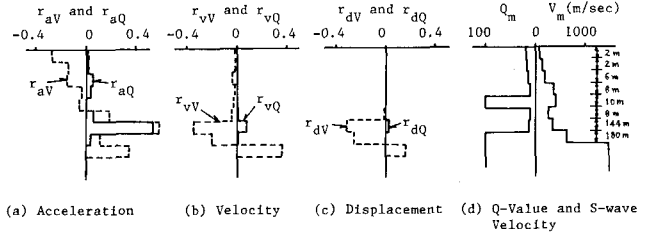


Fig. 3 Effective Coefficients of rms Intensities of Ground Motion respecting S-wave Velocity and Q-Value (Model HA)

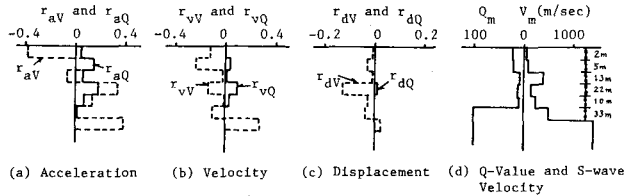


Fig. 4 Effective Coefficients for rms Intensities of Ground Motion respecting S-wave Velocity and Q-Value (Model KU)

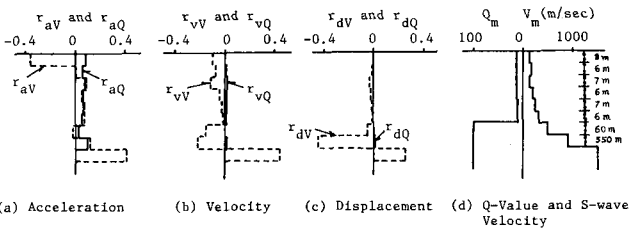


Fig. 5 Effective Coefficients for rms Intensities of Ground Motion respecting S-wave Velocity and Q-Value (Model A0)