長周期地震動計算のための地震波伝播経路のQ値の検討
Appropriate Q value model in the Kanto region for simulating long-period ground motion

*前田 宜浩[1]、森川 信之[1]、岩城 麻子[1]、藤原 広行[1]
*Takahiro Maeda[1], Nobuyuki Morikawa[1], Asako Iwaki[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

本研究では、関東地域の浅部・深部統合地盤モデルに基づく計算用地下構造モデル（深部地盤モデル）を用いて、地震動シミュレーションと観測記録との比較により、S波速度が350m/s程度の解放工学的基盤上での地震動評価に用いる地震波伝播経路のQ値について検討する。

我々は、不連続格子による空間4次・時間2次精度の3次元差分法を用いた地震動シミュレータ（GMS）(青井・他、2004, 物理探査)を用いている。GMSではGraves (1996, BSSA)により提案された時間領域で簡易に非弾性減衰効果を導入する方法が採用されている。Gravesの方法では、変位と応力が時間ステップ間隔Δt毎に更新される際に、S波に対する減衰係数　$a(x,y,z)=\exp(-\pi f_0\Delta t/Q_S(x,y,z))$を掛けることで非弾性減衰の効果を導入している。ここで、Q_SはS波に対するQ値、f_0は参照周波数である。Gravesの手法は広く用いられていることから、本検討ではGravesの方法を適用する場合に適したQ値の設定について検討する。

関東地域を対象に構築された浅部・深部統合地盤モデルは、中規模地震を対象とした差分法による地震動シミュレーションによる検証が行われている（前田・他、2015、SSJ）。この検証では、地下構造に起因した地震動の周期特性の再現性を重視し、観測記録と計算記録のフーリエスペクトル比を指標値として周波数領域（周期領域）において合致度の評価を行っている。合致度の評価では、SCEC広帯域地震動評価検証（Goulet et al., 2015, SRL; Dreger et al., 2015, SRL）の基準を参考に、スペクトル比が1/1.4倍～1.4倍の範囲内である場合に合致度が高く、1/2以下、もしくは2倍以上の場合に合致度が低いと判定している。5地震197地点（K-NET、KiK-net観測点）の全ての観測記録と計算記録から算出したスペクトル比の平均値、および観測点毎に算出した複数地震によるスペクトル比の平均値は、周期2秒から10秒で概ね1/1.4倍～1.4倍の範囲に収まっており、観測記録の説明性の高いモデルであることが確認されている。しかしながら、短周期側ほど計算スペクトルの振幅が大きくなる周期依存性が認められ、Q値の設定を変えることにより合致度が改善される可能性が示唆された。そこで、複数のQ値モデルを設定して合致度が改善されるかどうか検討した。

既往研究では、$Q_0(=Q_S)$は$Q_0=\alpha V_S$ (V_Sの単位はm/s）としてS波速度に比例させたモデル化がなされる場合があり、例えば全国1次地下構造モデル（Koketsu et al., 2008, WCEE; 地震調査委員会、2012）では$\alpha=0.2$とされている。そこで、本検討では、S波速度に比例するQ値モデルを仮定し、$\alpha=0.1$、0.2、0.5、1.0、参照周期（$T_0=1/f_0$）を3秒とした。このうち、$\alpha=0.2$としたものが上記の検証と同一の設定である。定性的には、αが小さいほどQ値による減衰の効果が大きくなるため、計算スペクトルの振幅は減少する。αの違いによる全てのデータによるスペクトル比の平均値の変化を調べたところ、短周期側ほどαの影響を大きく受けており、$\alpha=0.1$とすることで観測スペクトルの説明性が向上することが確認された。また、観測点毎のスペクトル比の平均値も、$\alpha=0.1$とした場合に1に近くなる傾向が見られた。さらに、以上の周波数領域での検討に加え、継続時間に着目した時間領域での検討も行った。観測記録と計算記録の速度波形のエンベロープ形状を比較したところ、本検討で設定したQ値モデルにより観測記録の経時特性を概ね説明することができていた。ただし、観測記録のデータ長が限られているため、時間領域における適切なαの検討は今後の課題である。

謝辞　本研究は、長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業の一環として行った。

キーワード：Q値、浅部深部統合地盤モデル、長周期地震動、GMS
Keywords: Q model, shallow-deep integrated velocity structure model, long-period ground motion, GMS