

## 表層地盤増幅が距離減衰式の回帰に及ぼす影響評価

東電設計(株) 正会員 ○栗田 哲史

### 1. はじめに

経験的な地震動強さ推定法として、距離減衰式が用いられてきている。多くの距離減衰式は地表で観測された記録を用いている。一方、土木構造物の設計用入力地震動は  $V_s \geq 300\text{m/s}$  以上の工学的基盤上<sup>1)</sup>で設定されることが多い。そこで本研究では、表層地盤の増幅特性を取り除いた工学的基盤波を用いて回帰した距離減衰式と地表における観測波から得られる距離減衰式との比較を行い、表層地盤増幅特性が距離減衰式の回帰に及ぼす影響について分析した。

### 2. 距離減衰式

Joyner and Boor(1981)<sup>2)</sup>を参考に、加速度応答スペクトルの距離減衰式として、次式を考えた。

$$\log Sa(T) = -\log\{r + D(T)\} - B(T) \cdot r + C(T) \pm \sigma(T) \quad (1)$$

式(1)で、 $Sa(T)$  : 加速度応答スペクトル ( $\text{cm/s}^2$ )、 $r$  : 断層最短距離 (km)、 $T$  : 周期 (s)、 $B(T)$ 、 $C(T)$ 、 $D(T)$  : 回帰係数、 $\sigma(T)$  : 対数標準偏差である。距離減衰式の各項は、 $\log\{r + D(T)\}$  : 幾何減衰項、 $D(T)$  : 震源近傍の頭打ち項、 $B(T) \cdot r$  : 内部減衰項、である。本研究では個別の地震毎に回帰分析を行うため、マグニチュードの項は設けていない。

### 3. 回帰分析

回帰分析に使用した地震は、2016年熊本地震の前震と本震である。断層最短距離を算定するための断層モデルには、Asano and Iwata(2016)<sup>3)</sup>を用いた。使用した観測記録はK-NET及びKiK-netのデータのうち、断層最短距離が200km以内のものである。また、工学的基盤波は公開されている地盤モデルを用いて1次元波動伝播理論で算定した。なお、地表最大加速度が $200\text{cm/s}^2$ 以上の記録については、等価線形解析を適用した。

図-1に回帰係数の比較を示す。地表記録を用いた場合の回帰結果は、係数 $B$ 及び $C$ が短周期側で大きくなる傾向にある。頭打ち項 $D$ と対数標準偏差は、 $0.03\text{Hz}$ 以下と $0.1 \sim 1\text{Hz}$ の周波数帯で工学的基盤の方が大きい。地表波と工学的基波との回帰係数の比率を図-2に示す。図より、表層地盤の増幅特性が回帰式に及ぼす影響としては、頭打ち項に顕著(数十%以上)に表れることが分かる。一方、内部減衰項と定数項の係数には、短周期側で最大15%程度の差異が生じている。

### 4. まとめ

本研究は、2016年熊本地震の観測記録を用いて、表層地盤増幅が距離減衰式の回帰に及ぼす影響について評価した。その結果、回帰係数のうち、頭打ち項に顕著な影響を及ぼすことが分かった。

### 謝辞

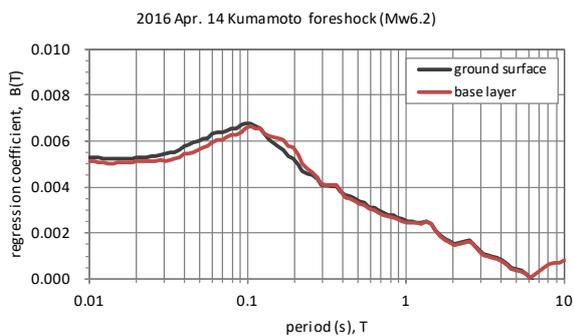
本研究では、地震動記録及び地盤情報として防災科学技術研究所の強震観測網(K-NET, KiK-net)、doi:10.17598/NIED.0004のデータを使用させて頂きました。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

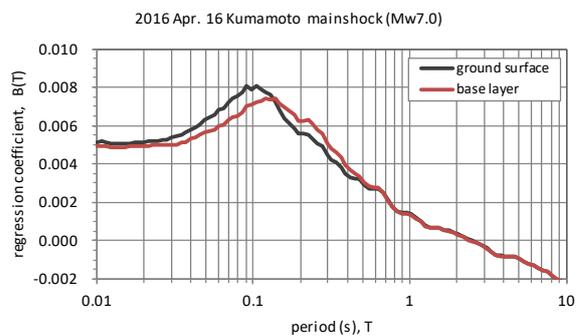
1) 土木学会地震工学委員会レベル2地震動研究小委員会：レベル2地震動研究小委員会の活動成果報告書、3.3.2 基準面、p.18、2000。2) Joyner, W. B. and Boore D. M. : Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 imperial valley, California, earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 71, No. 6, pp.2011-2038, 1981。3) Asano, K. and Iwata, T. : Source rupture process of the foreshock and mainshock in the 2016 Kumamoto earthquake sequence estimated from the kinematic waveform inversion of strong motion data, Earth, Planets and Space, 68: 147, 2016..

キーワード 距離減衰式, 表層地盤増幅, 地表波, 工学的基盤波, 頭打ち項

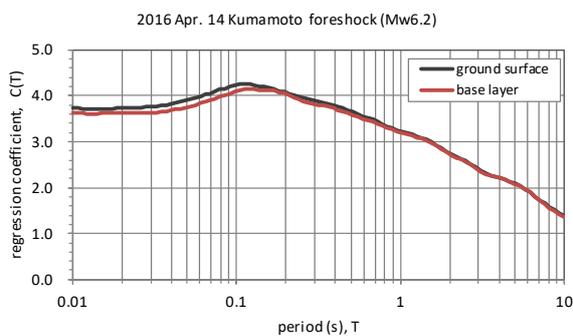
連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲ガラススクエア 9F 東電設計(株)技術開発部 TEL 03-6372-5111



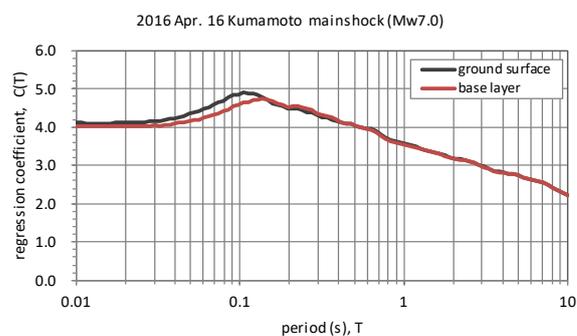
(1) 前震, 回帰係数 : B(T)



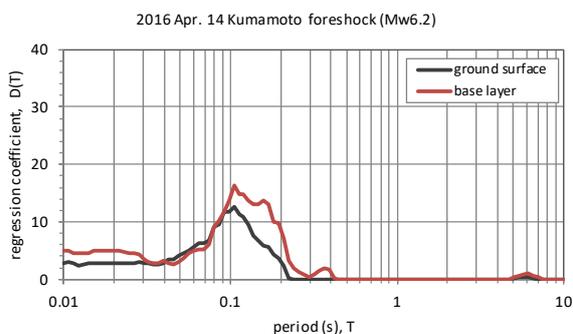
(5) 本震, 回帰係数 : B(T)



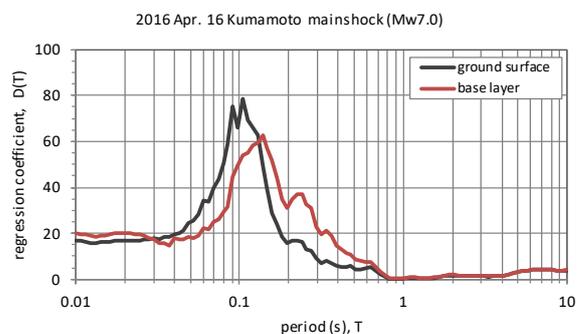
(2) 前震, 回帰係数 : C(T)



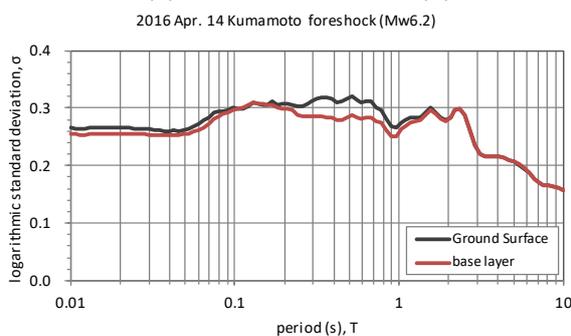
(6) 本震, 回帰係数 : C(T)



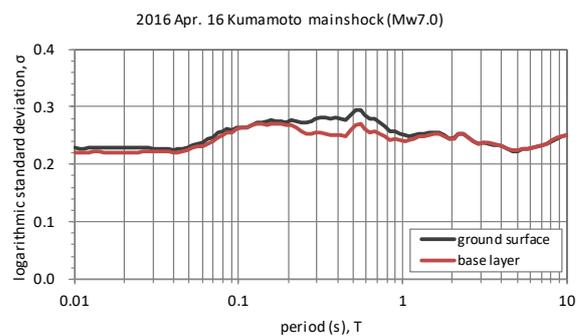
(3) 前震, 回帰係数 : D(T)



(7) 本震, 回帰係数 : D(T)

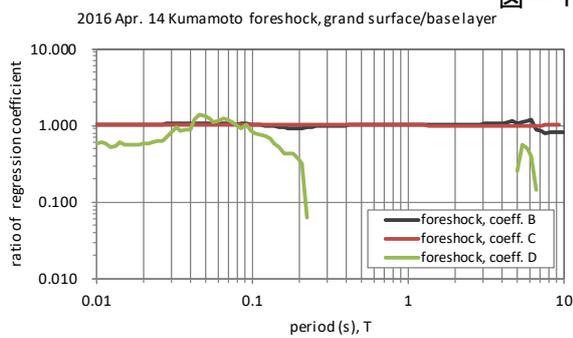


(4) 前震, 対数標準偏差

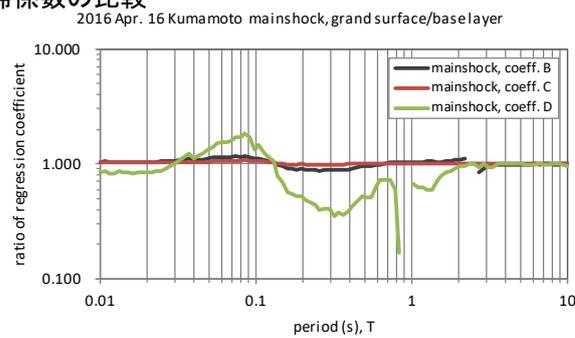


(8) 本震, 対数標準偏差

図-1 回帰係数の比較



(1) 前震



(2) 本震

図-2 地表波と工学的基盤波との回帰係数の比率