

## 中小地震記録の群遅延時間を利用した強震動予測手法の検証 -K-NET鹿児島地点への適用-

（独）港湾空港技術研究所 学生会員 野津 厚  
（株）ニュージェック 正会員 山田雅行  
国土技術政策総合研究所 正会員 長尾 毅

### 1. はじめに

統計的グリーン関数法(釜江他,1991)により強震動評価を行う場合,対象地点近傍の地下構造の影響(サイト特性)を考慮することが重要である.サイト特性には地震動の振幅への影響と位相への影響があるが,このうち位相への影響を評価するため,古和田他(1998)は中小地震記録の群遅延時間を利用する方法を提案している.ここではこの方法を用いて1997年3月26日鹿児島県北西部地震(M6.5)によるK-NET鹿児島地点の揺れを計算し,観測波と比較することにより当該手法の適用性を検討した.

### 2. 古和田他(1998)の方法

一般に地震動の振幅は震源特性・伝播経路特性・サイト特性の積で与えられる.すなわち

$$|A_o(f)|=|A_s(f)||A_p(f)||A_G(f)| \quad (1)$$

である.一方,地震動の群遅延時間は震源特性・伝播経路特性・サイト特性の和で与えられる(澤田他,1998).

$$t_{gro}(f)=t_{grS}(f)+t_{grP}(f)+t_{grG}(f) \quad (2)$$

古和田他(1998)は,規模と震源距離の十分に小さな地震が対象サイトで観測されている場合,その記録の群遅延時間は,時間軸上での平行移動の分を除けば,ほぼ式(2)の右辺第三項すなわちサイト特性を表現していると考え,このことを利用した強震動予測手法を考案している.すなわち,まず,想定地震による地震基盤での波形を統計的グリーン関数法により計算し,これにサイト特性を加味して地表での地震動を求める.具体的には,地震基盤での地震動をいったんフーリエ変換し,振幅を $|AG(f)|$ 倍し,さらに,上記の条件を満足する記録を周波数領域で振幅1に調整して乗じ,フーリエ逆変換する.

以上の方法で地震動を評価する場合,あらかじめ経験的サイト増幅特性 $|AG(f)|$ を評価しておく必要がある.経験的サイト増幅特性を求めるにあたって主に二つの考え方がある.一つは観測された地震動から何らかの方法で「S波部分」を抜き出し,その増幅特性を求める考え方である(例えば岩田・入倉,1986).もう一つは,S波だけでなく表面波も解析対象として,波形後半まで含めたフーリエスペクトルの増幅特性を求める考え方である(例えば鶴来他,1997).いずれの立場をとるかは目的にもよるが,S波のみならず表面波の寄与も考慮して強震動予測を行う場合には後者の立場をとる必要がある.特に,古和田他(1998)の方法を用いることを前提に考えると,現地で取得された中小地震記録の群遅延時間にはS波の寄与と表面波の寄与が渾然一体となっていることから,振幅についても両者の寄与を考慮することが必要となる.

### 3. K-NET鹿児島地点への適用

上記の手法を適用して1997年3月26日鹿児島県北西部地震(M6.5)によるKGS012(K-NET鹿児島)の揺れを計算し,観測波と比較することにより当該手法の適用性を検討した.この地震の震源モデルは三宅他(1999)により提案されている.それによると走向 $98^\circ$ ,傾斜 $90^\circ$ ,アスペリティは $7\text{km} \times 6\text{km}$ と $2.8\text{km} \times 3.6\text{km}$ の二箇所,ライズタイムは $0.5\text{s}$ である.三宅他(1999)のモデルは経験的グリーン関数法のためのモデルであるため各アスペリティに割り当てられたモーメントの絶対値は明らかでないが,三宅他(1999)が重ね合わせに用いた小地震の地震モーメントが加藤(2001)により評価されているので,ここではその値

キーワード 群遅延時間,位相,サイト特性,統計的グリーン関数法,強震動予測

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 (独)港湾空港技術研究所 TEL046-844-5058

を用い、アスペリティのモーメントを  $1.14 \times 10^{25}$  dyne-cm および  $9.40 \times 10^{23}$  dyne-cm と評価した。伝播経路の Q 値は当該地域の地殻浅部に関する値  $Q=104f^{0.63}$  (加藤, 2001) を用いた。サイト増幅特性  $|AG(f)|$  はスペクトルインバージョンにより求められた値 (山田他, 2004) を用いた (図-1)。図-1のサイト増幅特性は表面波の影響も含むように求められたものであるが、0.8Hz 付近で岩盤サイトに対して 50 倍程度とかなり大きな増幅を示す。サイト周辺の地下構造の位相への影響を評価するためには、1997 年 3 月 26 日 17:39 の余震 (M4.7, 震央距離 47km) の記録を用いた。地震動のエネルギーが水平方向の二成分に分散する効果を示す係数 PRITIN は 0.87 (EW 成分) および 0.50 (NS 成分) とした。

#### 4. 結果と考察

合成波を観測波と比較して図-2に示す。ここでは速度波形同士を比較しているが、後続位相を含む観測波の特徴が一定の精度で再現されることがわかる。他の手法、例えばハイブリッドグリーン関数法による場合、この程度の一致を見ることは、地下構造情報の豊富な一部の地域を除けば、非常に困難であると考えられる。図-2に示された波形のどの部分が S 波でありどの部分が表面波であるかを知ることは必ずしも容易ではない。しかし、本手法による場合にはそのような知識を前提としないですむことになる。

今後、より多くの地震に対して本手法の適用性を吟味したいと考えている。

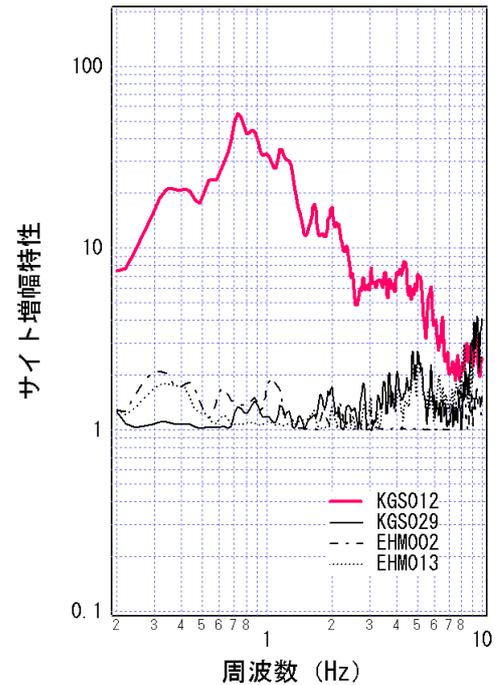


図-1 KGS012におけるサイト増幅特性

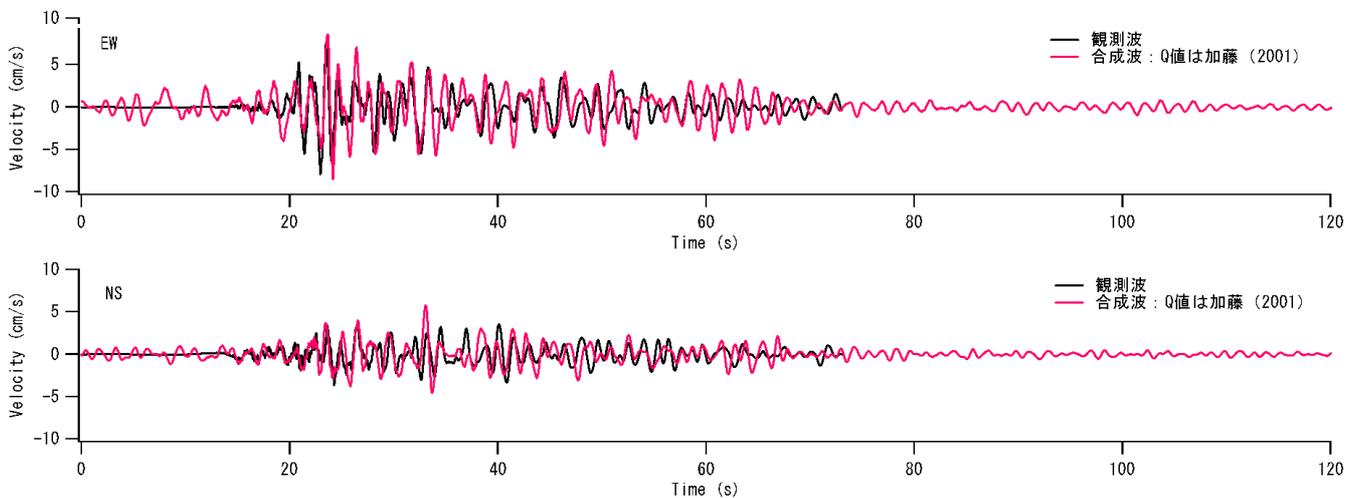


図-2 古和田他 (1998) の方法による合成結果と観測波との比較

#### 謝辞

本研究では K-NET の記録を使わせていただいております。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 岩田知孝・入倉孝次郎 (1986): 地震 2, 39, pp.579-593.
- 加藤研一 (2001): 日本建築学会構造系論文集, 第 543 号, pp.61-68.
- 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長 (1991): 日本建築学会構造系論文報告集, 第 430 号, pp.1-9.
- 古和田明・田居優・入倉孝次郎 (1998): 日本建築学会構造系論文集, 第 514 号, pp.97-104.
- 澤田純男・盛川仁・土岐憲三・横山圭樹 (1998): 第 10 回日本地震工学シンポジウム, pp.915-920.
- 鶴来雅人・田居優・入倉孝次郎, 古和田明 (1997): 地震 2, 50, pp.215-227.
- 三宅弘恵・岩田知孝・入倉孝次郎 (1999): 地震 2, 第 51 巻, pp.431-442.
- 山田雅行・野津厚・長尾毅 (2004): 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会予稿集 (CD-ROM).