

I - B157 盆地内のやや長周期地震動の簡便な推定方法の提案

清水建設 正員 片岡俊一

東京工業大学 正員 大町達夫

1. はじめに やや長周期帯域においては、主として計算機的能力向上により、実大規模の盆地を対象に、想定地震による地震動を計算することが可能となってきた（現状の例としては文献¹⁾）。しかしながら、高性能な電子計算機をもってしても、計算時間は日単位であり、実用の域には達しているとはいえない。また、そのような計算をせずに、盆地内のやや長周期地震動を概略評価したい場合も考えられる。盆地内の地震動は、震源から到来する波動と盆地生成表面波で構成されることができよう²⁾。実体波が盆地に入射することにより励起される盆地生成表面波は、震源から到来する表面波に比べて早く到来し、実体波の直後に優勢な振幅を持って現れることが多い。このために、主要動の継続時間を延長させる効果を有する。本報告では、盆地生成表面波を推定する方法を提案し、この結果と別に計算した震源から直接到来する地震動を加え合わせることで、盆地内の地震動が推定できることを述べる。

2. 盆地生成表面波の推定方法の概要 ここでは、エネルギー流量（運動エネルギーとエネルギー輸送速度の積）保存則を用いて、盆地境界に入射する実体波によって生成される盆地生成表面波を評価する。盆地境界におけるエネルギー流量の保存は、盆地内の波動が全て表面波の重ね合わせで示されるとすれば、入射エネルギー流量を V_I 、反射エネルギー流量を V_R 、Rayleigh波が分担するエネルギー流量を $V_{Rayleigh}$ 、Love波が分担するエネルギー流量を V_{Love} として、(1)式のようになる。但し、エネルギー流量保存則は、言うなれば必要条件であり、それだけでは盆地内の地震動を求めることはできないので、さらに盆地に入射するエネルギーは、全て特定のモードの表面波に変換する、と仮定する。例えば、Love波の基本モードに変換すると考えると、(2)式のように変形される。(2)式中、 I_1^L は表面波の深さ方向の振幅分布（地表面の振幅を1に基準化）による運動エネルギーを示し、上付のLはLove波を、下付の0は基本モードを示している。このように表すと E 以外は既知であるので、振幅を決定する E は(3)式のように定めることができる。

$$V_I = V_R + V_{Rayleigh} + V_{Love} \quad (1)$$

$$V_I = V_{Love_0} = E^2 U_0^L I_1^L \quad (2)$$

$$E = \frac{V_I}{U_0^L I_1^L} \quad (3)$$

表-1 地盤モデルの物性値

No.	Vs [km/s]	Vp [km/s]	ρ [t/m ³]	Thickness[m]
1	1.0	2.5	2.1	1.56
2	3.2	5.4	2.7	infinite

表-2 震源の位置のケース

ケース	水平位置	深さ [km]
1	盆地外側 (0.6km)	2
2	盆地外側 (0.6km)	10
3	盆地境界	2

さらに、次のような仮定を置く。

- 1) 運動エネルギーの深さ方向の分布は、入射波については堆積層厚さ分だけ、表面波では無限下方までを考慮する。
- 2) 盆地生成表面波は表面波の位相速度で、二次元的に伝播する²⁾。
- 3) 対象とする周期領域は、エアリー相付近のみとする。

3. 計算モデルと計算方法 図-1に示す単純な盆地モデルの点

Pにおける地震動を計算する。地盤の物性値は、表-1にまとめてある。震源は点震源であり、走向はx方向、傾斜は90度、レーキは-165度の右横ずれ、震源時間関数はライズタイム1秒のramp関数として、震源位置は3とおりに変化した（表-2参照）。

ここでは、上述した方法に基づき盆地生成表面波を算出し、これとは別に盆地の構造が震源直上まで続いているとした平行成層モデルに対して、波数積分法³⁾により地震動を算出し、両者を加え合わせて盆地内の地震動とする。対

盆地生成表面波，エネルギー流量，二次元表面波

連絡先：江東区越中島3-4-17, Tel:03-3820-5532, Fax:03-3820-5959, E-mail:kataoka@sit.shimizu.co.jp

象とする盆地生成表面波は、基本モードLove波とする。比較対象は、三次元境界要素法（以下、BEM）を用いて算出した地震動である。

盆地生成表面波の生成位置は、Love波のエアリー相における位相速度と基盤のS波の位相速度からスネルの法則を基に算出した。また、この位置における入射波は、全無限体の変位波形を2倍したものを用いている。

4. 計算結果と考察 紙面の都合上、ケース3の場合の点Pにおける地震動を図-2に示す。図では、提案手法とBEMによる地震動を比較してあり、波形においては、盆地生成表面波と平行成層モデルの地震動も併せて示してある。波形の

比較では、提案手法とBEMの結果はよく一致している。スペクトルで比較すると、盆地生成表面波を考慮した周期5〜6秒付近はほぼ対応しているが、周期2秒はBEMの方が大きい。これは、実際には一次高調モードLove波が励起されたにもかかわらず、その成分を無視しているためである。

4. おわりに 本報告では、盆地生成表面波をエネルギー流量の保存則を用いて推定する手法を提案し、これを用いて盆地内の地震動を推定した。推定結果を、3次元境界要素法と比較したが、対象とした周期領域では良好な一致をみた。ここで、提案した盆地生成表面波の推定計算では、FFTができることだけが必須条件であり、簡便な手法である。今後の課題としては、複雑な地盤構造の場合の適用性の調査と高調モードの導入が挙げられる。

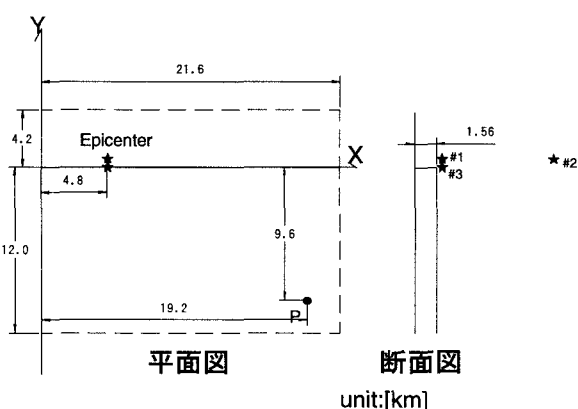


図-1 数値検討用の盆地モデル

参考文献 1)Irikura K., Kudo K., Okada H., and Sasatani T.(ed.):Proceedings of the ESG, Balkema, 1999. 2)片岡, 大町: 直下地震による盆地内のやや長周期地震動の分解と合成に関する基礎的検討, 日本地震工学シンポジウム, 725-730, 1998. 3)Hisada, Y., An efficient method for computing Green's function for a layered half-space with sources and receivers at close depths (Part 2), BSSA, 85, 1080-1093, 1995.

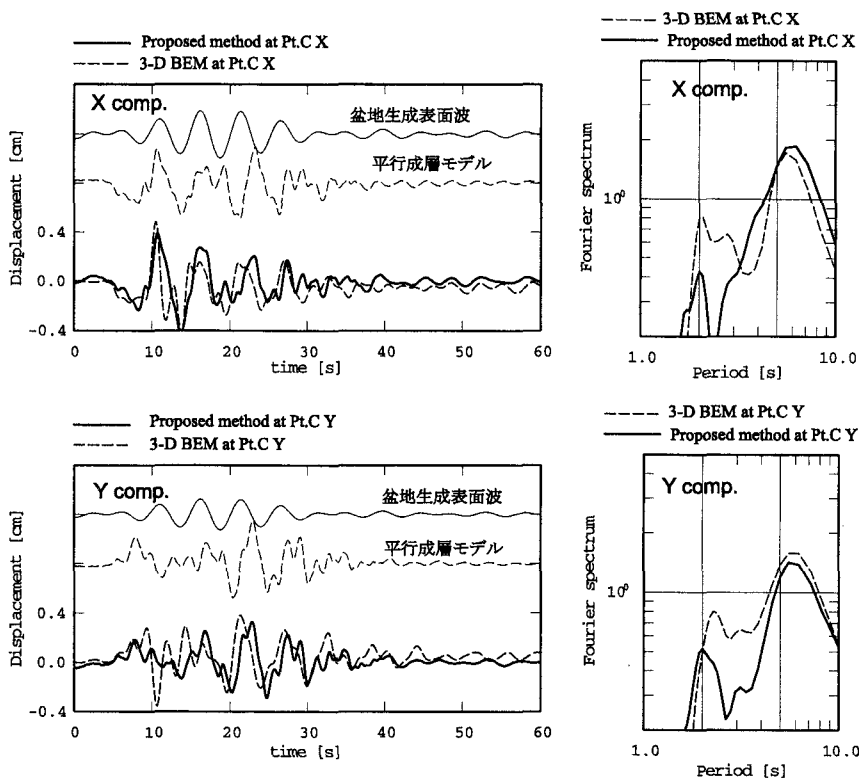


図-2 簡便な推定方法（太実線）と三次元境界要素法（太破線）における地震動との比較