

Evaluation of seismic motion on a subsurface level from the ground motion at a free surface position without plane-wave incidence assumption

*Hiroshi Takenaka¹, Masanao Komatsu¹, Tomotsugu Watanabe¹, Mitsutaka Oshima², Takeshi Nakamura³

1. Department of Earth Sciences, Okayama University, 2. Shimizu Corporation, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震動による基礎地盤や施設の安定性評価などにおいて、解析地盤モデルの下端（基盤面）に入力する地震動を作成する際に、地表1点の地震動（以下「基準地震動」と呼ぶ）から地中のある深さにおける地震動（入射波）の分布を算定する必要がある（図1(a)）。従来、基準地震動を平面波の鉛直入射を仮定して1次元の多重反射理論に基づいて地中に戻し、鉛直入射平面波として解析モデル下端に入力することがしばしば行われている。しかし、このような鉛直入射平面波を仮定する設定では、入力地震動の水平動成分はS波として扱われる一方、上下動成分はP波として扱われる。その結果、主要動であっても、モデルでは上下動はP波として伝播することになり、自然現象を模擬（シミュレート）しているとはいえない。また、鉛直ではなく斜め入射の平面波を仮定する場合においても、一般に地震動には様々な水平スローネスを持つ波線の波が含まれており、それをひとつの水平スローネスの平面波を仮定して地中に戻すことは、特に多成分の継続時間の長い地震動を扱う場合には、やはり理論的な矛盾を生じてしまう。本研究では、平面波入射の仮定に基づかない、ひとつのシンプルな方法を提案する。

その方法とは、震源を含む地下構造モデル（図1(b)）を用意し、時間関数がインパルス（デルタ関数）の食い違い震源を仮定して、地表の基準地震動の観測点と入力地震動が必要な地中位置（例えば、2次元解析モデルでは水平な直線状に分布）における地震動（理論波形）を計算し、地表位置の理論波形に対する地中位置の理論波形の伝達関数を基準地震動に作用して得られる波形を入力地震動に用いるというものである。この伝達関数は地中位置各点の理論波形を地表の理論波形でデコンヴォリューション（周波数領域で割り算）して得られるが、実際には以下のようにすれば直接伝達関数を計算する必要はない（地中の点の数だけデコンヴォリューションを実施する必要はない）。実際には、基準地震動を地表の理論波形でデコンヴォリューションして得られる波形（一種の「実効的な震源時間関数」）を地中の理論波形にコンヴォリューション（周波数領域で掛け算）するだけで（基準地震動に対応した）地中地震動が得られる。「実効的な震源時間関数」は一度計算すれば、それを地中の任意の点（今の場合は、入力地震動が必要な地中の全ての点）で共通に適用できる。理論波形の計算には、震源を含む地下構造モデルとして水平成層構造を採用すれば、reflectivity法（離散化波数法や波数積分法など）などの準解析的な手法で十分短周期まで計算可能である。また、地中の点の地震動を上昇波と下降波（いずれもエバネッセント波を含む）に分解することが可能なので、地中の理論波形に上昇波成分だけを用いることにより、入射波を算定することができる。

この方法だと、平面波入射を仮定することなく、解析モデルの下端全体の入力地震動を設定することができる。本発表では、地表における基準地震動から地中における入力地震動（入射波）を算定する具体的な手順を式と計算例によって示す。

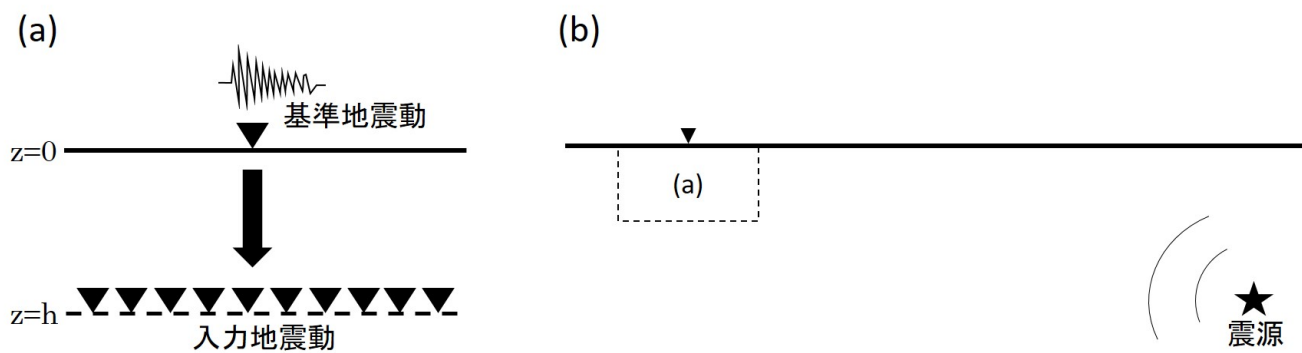


図1:(a)解析地盤モデル. (b)震源を含む地下構造モデル.