

海が地震動に及ぼす影響 一数値実験による評価一

○畑山 健（消防研）・岩田知孝（京大防災研）・竹中博士（九大理学研究院）・大島光貴（九大理学府）

1. はじめに

地震動被害の予測を目的として近年盛んに行われている地震動シミュレーションでは、計算対象となる空間領域に海が存在していても、それを考慮しないことが殆ど全てと言ってよい。この背景には、地震波動場の計算に最もよく用いられている差分法では、地下構造モデル中に流体が存在すると数値的不安定が生じる恐れがあり、それを懸念するあまり、海が地震動に及ぼす影響の度合いが調べられてこなかったということがある。2003 年十勝沖地震のように、日本近海のプレート境界付近で繰り返し発生する巨大地震の震源域は深さ数百 m の海域に位置している。一方、大都市は内海や湾といった深さ数十 m の浅い海沿いに発達している。このような海が地震波伝播に及ぼす影響を評価することは、地震動予測において重要な課題である。

本研究ではまず、現実的で複雑な地下構造モデルには不向きではあるが、解が安定的に得られることが期待できる境界要素法を用いて、海を考慮した単純な地下構造モデルとそうでないモデルに対して地震動を計算し、それらと比較することにより、海が地震動に及ぼす影響を定量的に評価した。次に、現実的な地下構造モデルへの適用が容易ではあるが、海を考慮した場合の解の安定性が懸念される差分法について、それにより計算した地震動を境界要素法によるものと比較することにより解の精度を調べ、海を考慮した地震動シミュレーションへの適用可能性を検討した。

2. 海が地震動に及ぼす影響の定量的評価

図に海を考慮した地下構造モデルの一例を示す。このようなモデルに対する 2 次元面内問題の波動場を、直接境界要素法により周波数領域において計算した。海水は完全流体と仮定した。震源は一点に作用する外力であるとし、その周波数応答に Ricker 波をたたみこんで、速度波形を得た。以上の手続きで計算した波形と海を考慮しないモデルから得た波形を比較した結果、

深さ 50m から 800m の海が地震動に及ぼす影響について以下のことがわかった。

- (1) 海水の存在は特に Rayleigh 波部分に大きな影響を及ぼす。
- (2) 海が浅くなるとともに、海水の影響を受ける周波数範囲の下限が高周波数側に移動する。例えば、岩盤 ($V_s=3\text{km/s}$) の上に深さ 50m の浅い海がある場合、海水の影響範囲の下限は周波数 5Hz 程度である。
- (3) 海を堆積層に置き換えてしまうことは多くの地震動シミュレーションで行われているが、その悪影響は特に上下動成分に大きく現れる恐れがある。海の部分を堆積層としてしまうくらいならば、何も置かないほうがよい。

以上は、地震動シミュレーションにおける海考慮の必要性を強く示唆しているが、なお 3 次元地下構造における波動場の検討が必要である。

3. 海を考慮した地震動計算への差分法の適用

図に示すような地下構造モデルに対して境界要素法で計算した波形と差分法で計算した波形を比較した。差分法は、速度—応力型のスタッガード格子と時間 2 次精度、空間 4 次精度の有限差分近似で定式化されたものを用いた。比較の結果、海の部分については S 波速度を 0 とするだけで、解が安定的に求められることがわかった。差分法により、海を考慮した地震動シミュレーションが実行可能であると言える。

謝辞

本研究成果は、京都大学防災研究所一般共同研究「海の考慮による強震動予測の高精度化に関する研究」(15G-11) によるものです。

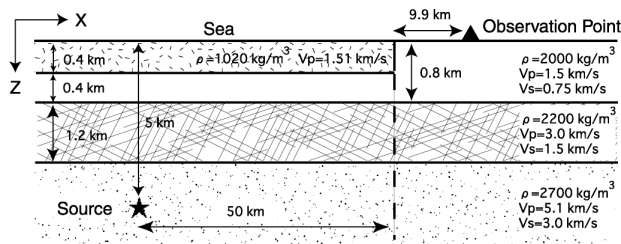


図 海を考慮した地下構造モデルの一例。