

3次元直接境界要素法による震源断層—不整形地盤系の応答解析

宮崎大学大学院 学生員 黒田拓士 宮崎大学工学部 正員 原田隆典 日本工営 大角恒雄

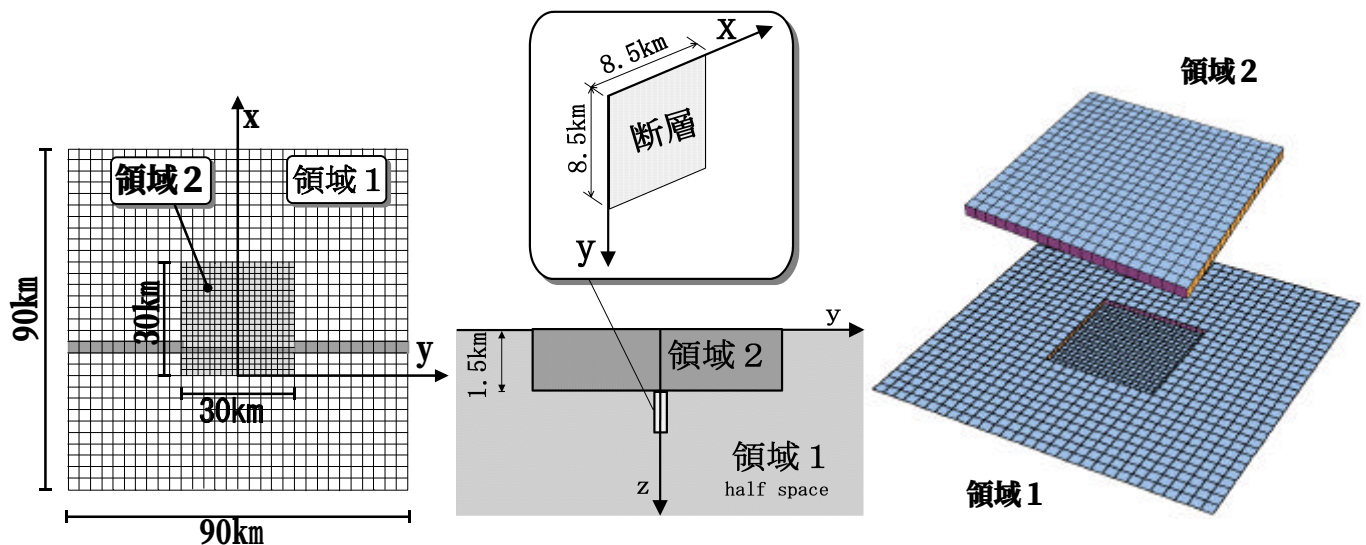
1. まえがき 構造物の耐震設計用入力地震動の選定においては、従来のように観測記録に基づく経験的方法に加えて、震源断層—不整形地盤系を考慮した理論的方法を援用して、地震動特性への理解を深めておかなければならない。しかし、理論的方法に基づく地震動が工学分野で十分活用されているわけではない。その理由の多くは、理論的方法への理解の不十分さに起因する不確定性から、求められた地震動特性への適切な評価が難しいことにある。そこで、本研究では、運動学的断層モデルから放射される地震波と3次元直接境界要素法を組み合わせ、震源断層—不整形地盤系の応答解析法を開発し、その解析例を通して地震動特性の適切な評価方法を探ることを目的とした。その研究の一部をここに報告する。

2. 解析方法と解析モデルの概要 図—1に示すように半無限地盤中に鉛直横ずれ断層があり、その上に矩形の谷地盤が存在するような震源断層—不整形地盤モデルを用いて、解析方法の手順を説明する。

まず、運動学的断層モデルから放射される地震波の振動数—波数領域における解析解(原田ら,1999)を波数領域でフーリエ変換し、各地点毎の地震波の複素変位フーリエスペクトルを求める。この複素変位フーリエスペクトルが、振動数領域の3次元直接境界要素法に基づき一定要素によって離散化した不整形地盤への入射変位波となる。

次に、この入射変位波を半無限地盤である領域1の各要素に入射させ、矩形谷である領域2との変位と応力の適合条件並びに、領域1と2の地表面条件(応力が零)から各境界要素の未知変位と未知応力を求める。本研究では、地表面の不整形性等が取り扱い易い全無限媒質に対するグリーン関数を用いているので、地表面の応力が零という地表面条件が必要となる。

最後に、地表面変位の複素フーリエスペクトルを振動数に関してフーリエ変換して、地表面各地点の変位時刻歴波形を求める。



図—1 横ずれ断層—矩形谷モデル

3. 解析に用いた3次元直接境界要素法の検証

図-2に示すような半円形谷に単位振幅のSH調和平面波が30度の角度で入射するときの地表面の変位応答倍率を計算し、既往の研究結果 (Sanchez-Sesma,1989) と比較したものを図-3に示す。

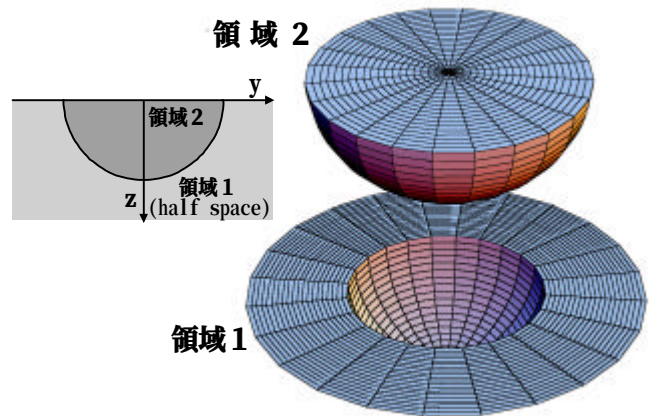


図-2 SH調和波が入射する半円形谷モデル

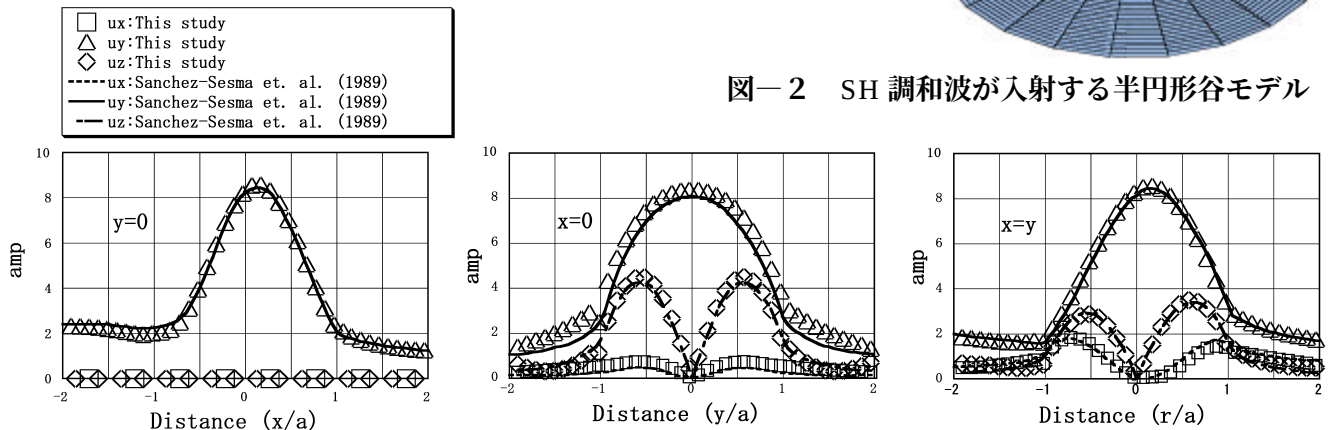


図-3 既往の研究結果(Sanchez-Sesma,1989)との比較 ($\eta=0.5$)

4. 震源断層—矩形谷系の解析例 図-1に示す震源断層—矩形谷モデルの応答計算例を示す。このモデルの諸定数としては、原田らの論文(1999)中のパークフィールド地震のモデルと同じものを用いた。図-4は、3つの振動数0、0.5、1.0 (rad/s)毎の地表面変位に関するフーリエスペクトル振幅が場所 (図-1の黒帯で示した場所) 毎に変わる様子を示したものである。従って、横軸は断層からの距離を表す。この図によると、矩形谷(横軸が-1.5km から 1.5km)ではフーリエスペクトル振幅が急に大きくなっており、地震波が矩形谷によって増幅されている様子がよくわかる。

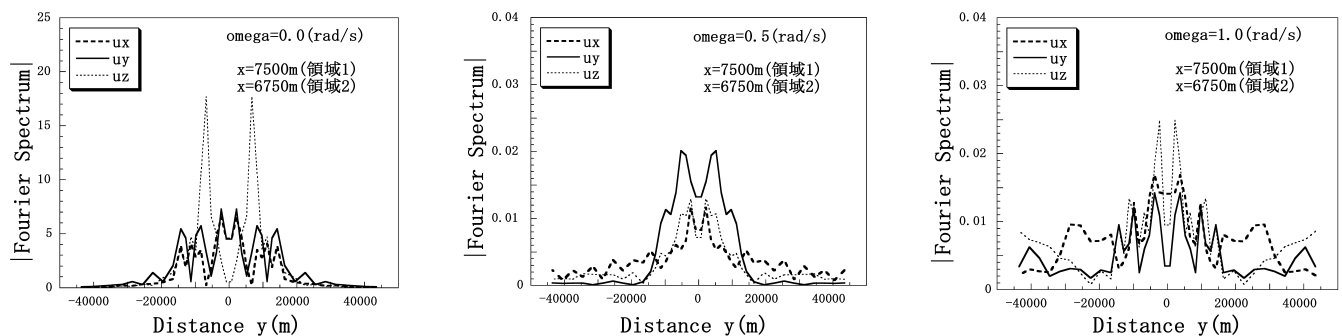


図-4 振動数毎の地表面変位に関するフーリエスペクトル振幅の場所的 (図-1の黒帯) 変化

5. まとめ 現段階では、震源断層—不整形地盤系の特性をまとめるまでに至っていないが、運動学的断層モデルと3次元境界要素法を結合した解析法は、震源からの地震波の放射特性と不整形地盤内での地震波の伝播特性を別々に考察できるので、地震動への各要因の影響を分析できる特長を有する。

参考文献

Sanchez-Sesma, et al. (1989): Diffraction of elastic waves by three dimensional surface irregularities, part II, BSSA, Vol.79, pp.101-112.

原田隆典ら(1999): 3次元直交座標系における波動場の解析解とその地震動波形作成への応用、土木学会論文 集 No.612/I-46, pp.99-108.