S042-012　　会場：C309　　時間：5月27日　16:03-16:15

Spectral 確率境界要素法による波動伝播解析

Wave Propagation Analysis by Spectral Stochastic BEM

本田　利器[1]
Riki Honda[1]

[1] 京大・防災研
[1] DPRI, Kyoto Univ.

地震波の伝播媒体である地盤は，非常に複雑な構成をしており，また，その構成に関する完全な情報を得ることは不可能である．したがって，その情報の不確定性を認識した検討を行うことが必要である．地盤の不均質性として扱われる材料としての不確定性については種々の検討がなされてきている．一方，地盤構成の不確定性も強震動予測などにおいては非常に重要な問題であるが，これについては，まだ十分な検討がなされているとは言いがたい．一方，確率有限要素法は幾何条件の不確定性を扱うために必ずしも合理的ではない．

本検討では，そのような地盤構成の不確定性を定量的かつ効率的に取り扱う手法として，Spectral Stochastic Boundary Element Method （スペクトル確率境界要素法，以下，SSBEM）を提案し，その有効性について数値解析に基づいて検討する．

SSBEM は，基本的には筆者により既報の Spectral 確率有限要素法（SSFEM）と同様の考え方に基づくものである．すなわち，対象とする不確定場を Karhunen Loeve（KL）展開し，それに対応する不確定性を有する解を多項式汎関数カオス（PC）展開された形で算出するものである．これは，解を多項式汎関数カオスの張る空間での最良近似により評価することに相当する．

SSBEM の定式化について簡単に述べる．SSBEM では，境界の幾何形状の期待値からの乖離を不確定性を有するパラメータを用いて扱う．このパラメータが変化することにより，境界上の点の間の関係が変化する．言うまでもなく，境界上の点の間の関係は境界の幾何形状の線形関数ではなく，したがって，境界要素法のマトリクスも，幾何形状の変化を表わすパラメータの非線形関数として与えられる．ここでは，境界要素法のマトリクスを，これらのパラメータで Taylor 展開することにより定式化した．なお，上述したようにこの関数は非線形関数となることを考慮し，Taylor 展開においては高次の項までを考慮することも可能である．Taylor 展開において用いる微分係数の算出においては，基本解を Lagrange 微分したものを用いた定式化が必要になる．これは KL 展開の基底関数を用いて差分により効率的に評価することができる．Taylor 展開において高次まで考慮することにより，対象とする問題の非線形性はある程度までは評価されることになると期待される．ただし，これにより，SSBEM の定式化は幾何形状を表わすパラメータらの高次の項を含むものになるため，複雑になり計算量も増大する．

数値計算例として，2 次元 P-SV 場において，幾何形状が不確定性を有する円孔がある場合の波動の伝播について，SSBEM とモンテカルロシミュレーション（MCS）により算出し，両者の結果の比較を行った．MCS においては 500 回以上のシミュレーションを行った．SSFEM については，Taylor 展開の展開次数の影響を検討するため，1 次の項までを用いた場合と 2 次の項まで用いた場合について比較する．3 次以上の項を考慮する場合については検討しない．

解析の結果を比較することで，SSBEM は，MCS の結果（期待値，分散，確率密度関数等）を比較的良く評価できていることが示された．また，ここで考慮した問題においては，SSBEM の展開次数の影響はあまり大きくなく，一次までの展開で十分良好な結果が得られた．ただし，問題がより複雑化した場合についてはより詳細な検討が必要であると考えられる．

計算効率についても検討するため，計算時間についても比較した．1 回の検討に，乱数発生を含む数値シミュレーション数百回を要する MCS に対し，SSBEM は 1 回の計算で回を算出できるためはるかに効率的であることは明らかである．ただし，SSBEM のマトリクスは，比較的性質が悪く，複素共役勾配法により解を算出する場合には，単純な問題を対象とした解析においても十分な（対角項のみを考慮する程度の単純なものではなく）前処理をすることが必要であった．また，これまでの検討では，収束性も悪く，確定的な BEM と比較して数 10 倍の回数の反復計算を要するという結果となっている．この問題については今後の課題として検討していく予定である．