

動的境界要素法における半無限要素の適用

山口大学工学部 正会員 三浦房紀
山口大学工学部 学生員 王 均
山口大学工学部 学生員 ○久成 竜

1. まえがき

地震波入力をうける表層地盤の応答を求める問題は、耐震工学上非常に重要である。最近このような問題に対して、半無限領域を扱うのに有効な境界要素法が数多く用いられている。このような半無限地盤を扱うには、ある有限境界を仮定しその範囲内で解析を行うという方法や対象地盤の有限境界を取り払って地盤側面を自由地盤として解析を行う方法¹⁾が用いられている。しかし、これらの方法によると前者では側面に境界要素を多数用い、後者では対象地盤範囲を広大にしなければ正確な応答値が得られないなど、必ずしも効率的な解析とは言えない面もある。

そこでこれらの点を改良するために、本研究では図-1に示すように表層地盤の上下面の両端に半無限要素を導入する方法を提案した。半無限要素とは、その要素自体が半無限に広がる範囲を代表するもので、これにより少ない要素数で精度の高い応答を求めようとするものである。しかし、半無限要素は動的解析に対してこれまで適用されていない。本研究ではまず半無限要素を面外問題に適用する手法を提案し、そしてその適用性について考察を加えた。半無限要素の有効性はその形状関数に大きく依存するので、本研究では形状関数を決定するパラメーターを幾通りか変化させて、その最適な値に対して考察を加えた。

2. 半無限要素

全体座標系と半無限要素の局所座標系の関係を図-2のように示す。両座標系の変換にはパラメーターAを用いる。このAを変化させて解析することにより、最適な半無限要素を与えるAを探すのが本研究の目標である。図-2に示す半無限要素は地表上右端に施すものであり、この要素の座標変換は次式で表される。

$$x = x_2 + \frac{1-\xi}{1+\xi} A$$

$$dx = 2A \frac{1}{(1+\xi)^2} d\xi$$

次に形状関数はxが無限に近づくと変位および表面力に対する半無限要素の影響が0に近づくように次のように与える。

$$u = g(\xi) u_0$$

$$t = g(\xi)^2 t_0$$

ここに、 u_0 、 t_0 は端要素節点の変位および表面力であり、 $g(\xi)$ は次式で与えられる。

$$g(\xi) = \left| \frac{x_1 - x_2}{x - x_2} \right| = \frac{1+\xi}{1-\xi}$$

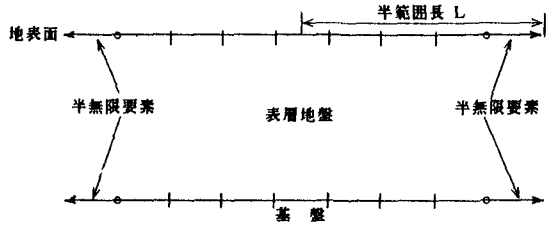


図-1. 半無限要素を用いた地盤モデル

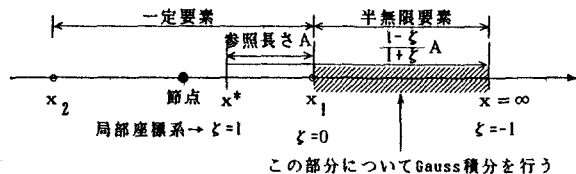


図-2. 半無限要素の座標系

表-1. 地盤条件

せん断波速度(m/s)	700
減衰定数	0.10
ポアッソン比	0.22
密度(t/m ³)	2.80

3. 解析例

解析の対象とする表層地盤の諸定数を表-1に示す。

対象地盤の層厚は400m(固有振動数0.498)であり、側方に半無限に広がっている。基盤は剛体とし、加速度10galの正弦波が地盤鉛直下方より表層地盤に入射すると仮定する。

解析の領域を広くとると(図-1における半範囲長 L を長くすると)、解析結果は正解に近づくことが期待できる。図-3は半範囲長と絶対応答加速度との関係を示したものである。半範囲長を伸ばすに従って応答値が一定値に収束していることが分かる。そこでパラメーター A を変えてそれぞれの周波数における収束半範囲長を求めた結果が図-4および図-5である。図-4は $A=200$ 、図-5は $A=350$ に対するものである。図中の○印が半無限要素を用いない場合の収束半範囲長であり、▲印および■印が半無限要素を用いたものである。両者の開きが半無限要素の効果である。

A が小さいとき($A=200$)は図-4に示すようにあまり半無限要素の効果が見られていないことが分かる。しかし、図-5に示すように A を大きくすると2Hz付近を除いて効果が見られている。しかし、 A を大きくするとまた半無限要素の効果が見えなくなった。これはモデル全体としての要素長のバランスが悪くなり、マトリックス表示したときに成分どうしのオーダーバランスが悪化するためと考えられる。このモデル(層厚400m)では $A=350$ 前後が最適のパラメーターであることが分かった。

次に、層厚を100mに変えて(固有振動数1.75Hz)同様な解析を行った。その結果、最適な A は約100であることが分かった。この場合の収束半範囲長の比較を図-6に示す。

以上より、パラメーター A は固有振動数に依存していることが分かる。

しかし、両図からも分かるように両者の関係はまだ十分明らかではない。今後さらに効果的な半無限要素を見出すために形状関数に用いるパラメーターをいろいろ変化させて考察を進めていく予定である。

参考文献 1) Kobayashi, S.: Some Problems of the Boundary Integral Equation Method in Elastodynamics, Brebbia, C. A., Putagami, T. and Tanaka, M. (eds.): Boundary Elements, Springer, 1983.

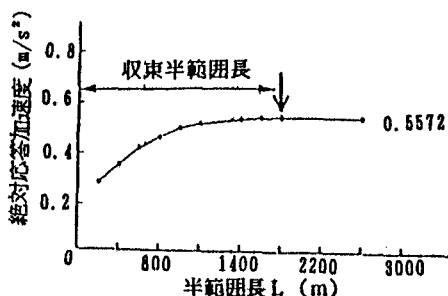


図-3. 半範囲長 L と絶対応答加速度との関係

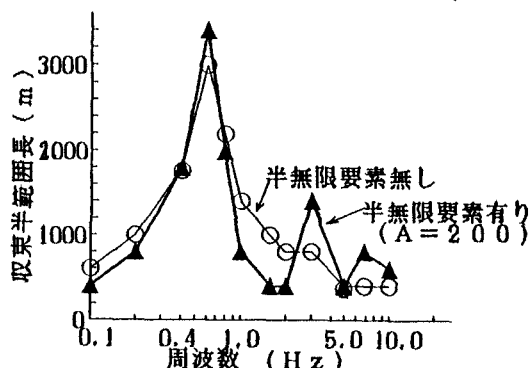


図-4. 周波数と収束半範囲長との関係

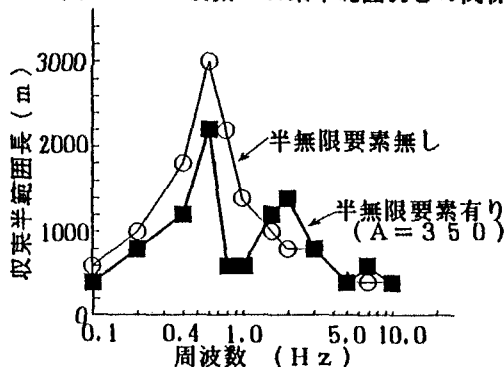


図-5. 周波数と収束半範囲長との関係

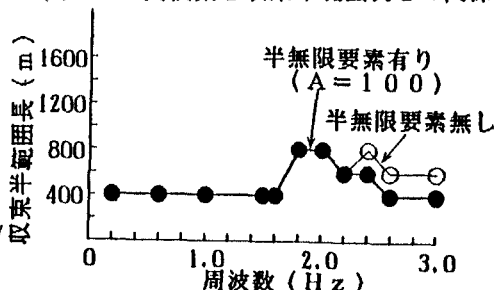


図-6. 周波数と収束半範囲長との関係