

(I-16) 不整形な表層地盤の地震動解析

東京都立大学工学部 学 須山泰宏
同 学 萩原智寿
同 正 国井隆弘

1. はじめに

構造物への地震動入力あるいは地中埋設管の問題を検討するためには、表層地盤の不整形性を考慮する事が不可欠であると考ええる。このため1989年12月に「表層地質シンポ(略称)」¹⁾が開催されている。不整形な表層地盤の定義は定着していない様だが、ここでは水平な地表面と平行でない表層形態あるいは基盤形状を考える。かつての浅い地震、最近の 1974.7.16地震での 15mでの被害は不整形表層地盤に集中している。

本報告は都市部のマイクロゾーニングを念頭に置き、中規模河川が形成した沖積平地を対象に、その表層地盤の形態が地震動に及ぼす影響を明かにするものである。不整形な表層地盤では従来利用されてきた地震動の重複反射理論は適用しにくい。このため各種の解析手法が精力的に検討されているが²⁾、本報告ではおもに設計等で基礎構造物の地盤との相互作用に利用されているFEMプログラム「FLUSH」を用いる。その特徴は演算時間が短縮できる事、また等価線形解析ながら地盤に生ずる歪レベルを考慮した非線形挙動を考慮できる事にある。

2. 方法

FLUSH の特徴は平面的に広がる半無限地盤にある(本解析ではこれをFFと呼ぶ)。表1 地盤の定数
この中に異質な構造物がある場合の解析に適しているわけであるが、ここでは構造物の代わりに任意な形状を有する軟弱な表層地盤を設定する。図1、表1にFLUSHの疑似3次元的な考え方を示した。モデルの側面での伝達境界のみならず図1での1-2面で適合・釣合条件を満たす。基盤IIIへ平面S波(A-A方向振幅)の鉛直下方からの入力を設定する。図2に本解析で扱うモデルの形状を示す。

	V_s m/s	ρ t/m ³	ν
I	150	2.00	0.490
II	300	2.40	0.485
III	1000	2.50	0.465

FLUSH に限らずFEM によるこの種の解析には各種の問題がある。ここで注目するのは、不整形に対するメッシュの設定の方法である。本来ならばより現実に近いメッシュの設定が理想と思われるが、2次元の波動の伝播を十分に処理出来るメッシュをより有効に設定するための手法は必ずしも明確にされていない。

本報告は波動論的に議論し易い長方形メッシュを取り扱う。すなわち3角形メッシュを用いないで、前述した各種の表層地盤形状をすみやかに処理出来る実用的な手法の検討を考える。また図3に示した歪レベルに関連する特性を持つ(減衰も考慮する)メッシュの力学的特性を配慮する。

長方形メッシュにおいては2次元のメッシュ寸法と地震動の波長との関係が重要な課題の1つとなる。できるだけ大きな寸法のメッシュ(粗い設定)が演算時間上望まれるが、解析精度およびFEMプログラムにおける発散等のトラブルが問題となる。そこで本解析は2種類のメッシュの解析結果を示し検討する。

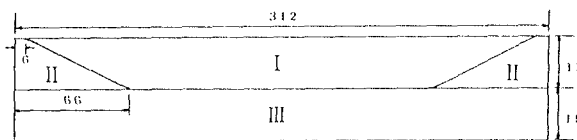


図2 解析の対象とした地盤モデル(単位m)

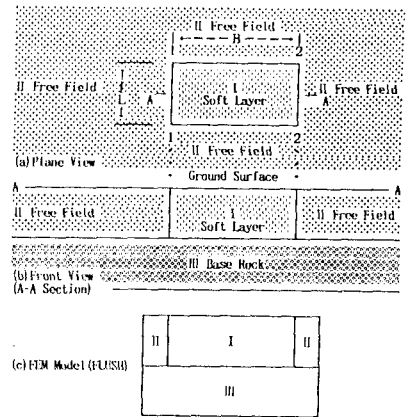


図1 FLUSH モデルの概念図

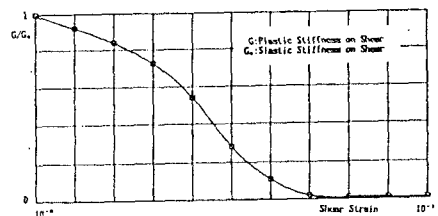


図3 歪レベルと剛性の低下(せん断歪)

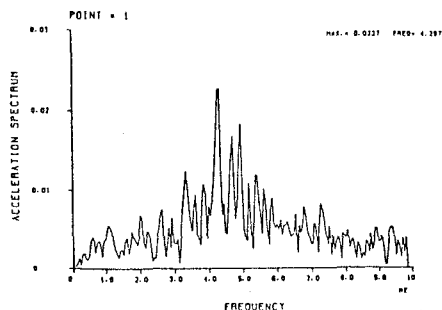


図4 FFのフーリエスペクトル

3. 解析結果

解析は図2の形のモデルと中央対称モデルとの検証を行なった成果をふまえて後者を用いる。入力は継続時間約20秒、最大加速度が約150galの模擬地震動であり、本報告に示した結果は全て線形解析結果である。非線形解析についての検討およびこの他の解析結果は当日発表したい。図4～6に地表面の応答の加速度振幅スペクトルを示す。

図4はFF（前述）の挙動を示したものである。すなわち図2において全ての表層地盤がIIである整形地盤の場合である。この中かなり柔らかい表層地盤が図2の様に入り込んだ場合の解析結果を示すのが図5と図6である。

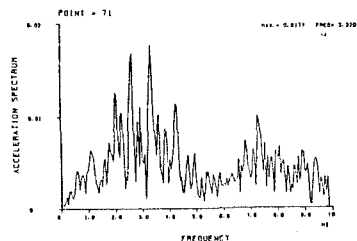
両図の最上部に2種類の長方形のメッシュによる地盤モデルの表示の方法を示した。図4も含め縦軸は全てフーリエ解析の振幅スペクトルであるが、その寸法尺度がやや異なる事に注意されたい。

これらの図から以下の事項が考察できる。

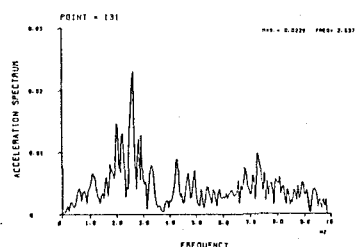
- a) 不整形地盤の有無が地盤表面の震動応答に及ぼす影響がある事は明かである。これらは図4と図5、6の全体的な形状の違いから認められる。
- b) 同じ不整形地盤モデルを表現する最適と考えられるメッシュの切り方でも、その方法が異なれば前述の応答に影響が少なくない。この事は図5と図6の(a)(b)の比較から明かである。
- c) 点Cすなわちモデル中央では不整形表層地盤の影響は少ないと一般には考えられるが、必ずしもそうではない結果が得られている。これは図5、6の(b)に見られる。そして意外にもモデル1においての方が現実的である。
- d) 点Qすなわち点Cと同じ深さの表層地盤を有し、かつ傾斜した境界に近い、もっとも不整形性を受け易いと思われる地点では両種モデルが示す応答に大きな差異がみられる。

以上については更に詳しい検討を加えたい。末筆ながら貴重なご意見等を頂いた当大学塩野氏、大林組技研菊地氏に感謝する。

1) 国井・萩原：不整形な表層地盤が地震動に及ぼす影響に関するパラメータ解析，日本学術会議主催「表層地質に関するシナポ」1989-12。

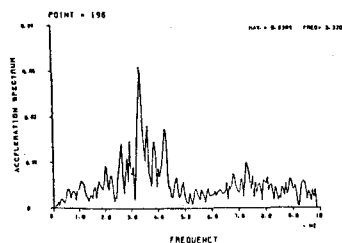
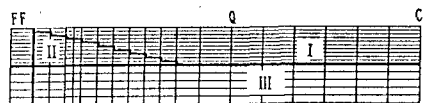


(a) 点Qのフーリエスペクトル

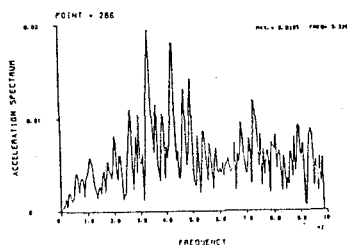


(b) 点Cのフーリエスペクトル

図5 モデル1の地表面の応答特性



(a) 点Qのフーリエスペクトル



(b) 点Cのフーリエスペクトル

図6 モデル2の地表面の応答特性