

I-473 地下に低速度層が介在する地盤の地震動伝播特性

電源開発（株）正員 有賀 義明

【1】まえがき 最近、ウォーターフロントという言葉が良く使われるようになってきているが、臨海域の高密度土地利用は、再開発も含め、将来ますます進展することが予想される。我が国の臨海域平野部の表層地盤は、概ね第四紀沖積層、あるいは、埋戻地盤等の、いわゆる軟弱地盤により構成されていることが多い。そのため、臨海域平野部において建設される構造物は、杭基礎により、あるいは、地盤改良工法等を用いて補強処理した地盤に建設される例が多い。

ところで、臨海域平野部の地盤を模式的にモデル化して考えて見ると、硬い基礎地盤—軟質地盤の2層構造としてとらえることができる。更に、図-1に示したように、地表面を比較的硬質な人工地盤で覆った場合を想定して考えてみると、硬い地盤—軟い地盤—硬い地盤の3層構造としてとらえることができる（図-2参照）。このような、地下下方にその上部に位置する地盤よりも軟質な地盤が介在する地盤においては、波動インピーダンスの大小関係が地下において逆転することになるため、地震動の伝播特性は、地下に行くにつれて波動インピーダンスが漸増する通常的地盤とは異なった特性を示すものと予想される。そこで、本報告では、地下に低速度層（低波動インピーダンス帯）が介在する地盤の地震動伝播特性について、数値解析により検討した結果の一例を紹介する。

【2】解析条件 解析用地盤モデルとしては、表層地盤の層厚を3種類（2m、5m、10m）想定し、図-3、図-4、図-5に示した一次元的地盤モデルを3ケース設定した。各層の解析用地盤物性値は、表-1に示した値を使用した。入力地震動は、軽水炉改良標準化耐震設計小委員会が提示した7波の水平標準地震動の中から、図-6（低地震地帯用、直下地震：以下、標準地震動Aと記す）と図-7（高地震地帯用、遠距離地震：以下、標準地震動Bと記す）に示した2波を使用し、それぞれ最大加速度を100（gal）に標準化した後、下方基盤から入力した。なお、解析には、解析コード“SHAKE”を使用し、解析は線形解析とした。

【3】解析結果 短周期成分が比較的卓越する標準地震動Aを用いた時の、地盤内部における最大加速度および最大変位の分布を図-8、図-9に示す。また、長周期成分が比較的卓越する標準地震動Bを用いた時の、地盤内部における最大加速度および最大変位の分布を図-10、図-11に示す。今回の解析対象とした「硬=軟=硬」の3層構造地盤に関しては、最大加速度は、硬い下層から軟らかい中間層に伝播するときは増幅傾向を示すが、軟らかい中間層から硬い上層に伝播するときは減衰傾向を示した。そして、中間層から上層へ伝播するときの減衰傾向は、上層の層厚が厚いほど減衰の度が高くなった。また、最大変位については、短周期成分が比較的卓越する標準地震動Aの場合は、地盤内部における増幅傾向はほとんど見られず、

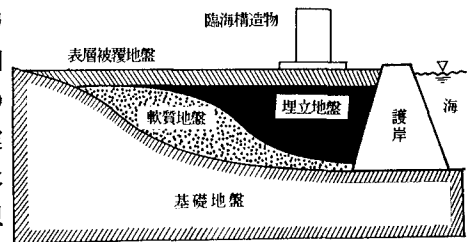


図-1 臨海域平野部の地盤構成の例

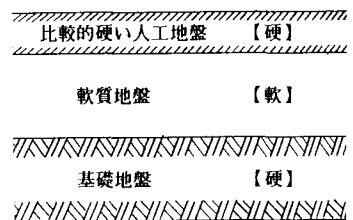


図-2 3層構造地盤の模式化

表-1 解析用地盤物性値

層番号	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	Vs (m/s)	h (%)
I	H	2.0	1000	5
II	2.0	1.6	100	10
III	2.0	2.0	1000	5

注) H: 2m, 5m, 10mの3通り設定

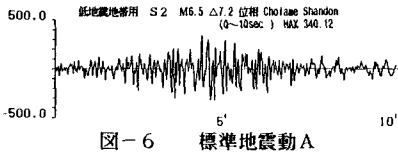


図-6 標準地震動A

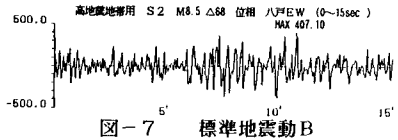


図-7 標準地震動B

上層の層厚による影響も顕著ではないが、長周期成分が比較的卓越する標準地震動Bの場合は、中間層から地表面に向かうにつれて増幅傾向が顕著になり、上層の層厚が厚くなるほど増幅の度合いが高くなる結果となった。

【4】まとめ 「硬い地盤－軟い地盤－硬い地盤」の3層構造より成る地盤におけるセン断波の伝播特性について、数値解析により検討してみたところ、セン断波の加速度はセン断波が中間に位置する軟い地盤を通過して表層の硬い地盤に伝播して行く際に、増幅傾向ではなく、減衰傾向を示す結果となった。こうした結果が、主として、上部に位置する地盤と下部に位置する地盤の波動インピーダンスの大小関係に支配されることは言を待たないが、このような現象は、中間の軟い地盤が天然のダンパーとして働いた結果であると解釈することができ、上手に活用すれば、自然地盤の免震構造として利用することが可能であることを示唆するものと考えることができよう。すなわち、臨海域平野部の軟弱地盤に関しては、表層を比較的硬い地盤（下層に位置する地盤よりも弾性波速度が高い地盤材料）で被覆することにより、地表面および地盤内部における地震動の加速度を低減することが可能ではないかと考察される。

【5】あとがき 軟弱地盤の表層部分を人工的に比較的弾性波速度の高い地盤材料で被覆することによって、自然地盤を利用した免震構造を実現し得る可能性について言及した。地下の低速度層帯が免震効果を有するか否かは、地盤構成・層厚、地盤物性（密度、弾性波速度、減衰定数）等により支配されると思われるが、こうした考え方を、実際の施工に応用して行くためには、まだまだ未解明の課題が多く、実際の地盤で期待できる免震効果の程度、長周期地震動に対する応答、地盤の長期変形・不等沈下等について、今後、十分な検討を積み重ねる必要があると考えられる。

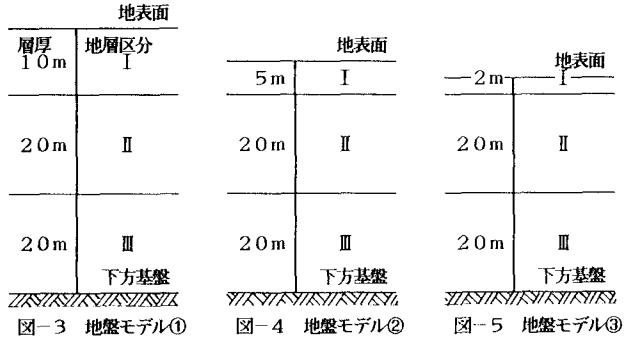


図-3 地盤モデル①

図-4 地盤モデル②

図-5 地盤モデル③

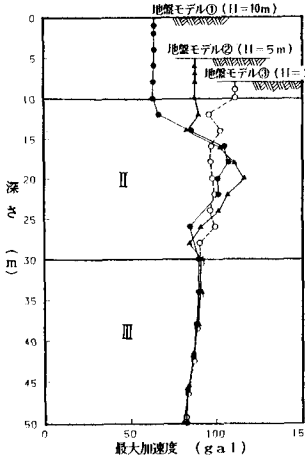


図-8 最大加速度分布（標準地震動A）

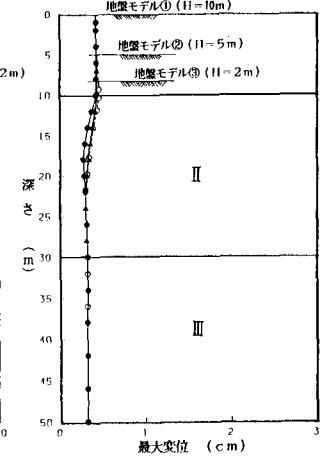


図-9 最大変位分布（標準地震動A）

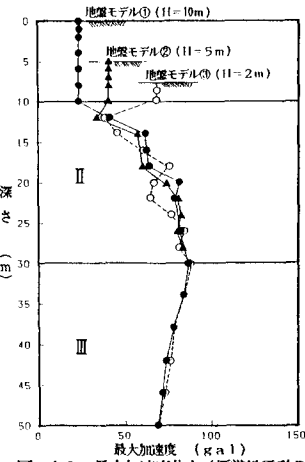


図-10 最大加速度分布（標準地震動B）

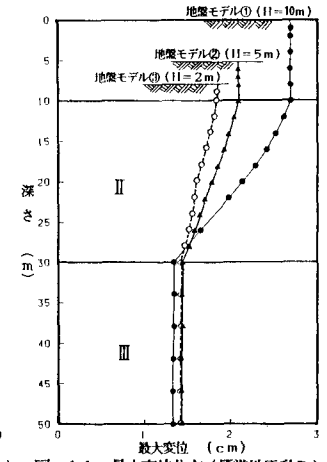


図-11 最大変位分布（標準地震動B）