

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正員 ○岡田 進
建設省土木研究所 正員 谷口 栄一

1. はじめに

最近、地表面を伝播する振動が地震時のみならずあらゆる振動時の振動伝播特性を知る上で重要であることが指摘されてきた。特に、振動公害問題が具体化されるようになってからは、表面波の振動特性(レーレー波に代表される)を把握するための研究が要求されてきている。¹⁾²⁾

以上の観点から、有限要素法を用いることによって地盤条件、構造条件等の変化にともなう鉛直振動の伝播特性について調査したので以下に報告する。

2. 地盤モデルと解析方法

図-1に解析に使用した地盤モデルを示す。応答計算には、表面振動等の外部荷重の入力を可能にした地震応答解析プログラム(LUSH)を用いた。解析は2次元であり、外部荷重として地盤モデル上の1点に正弦波を適用した。各々の解析内容を下記に示す。

A: H. Lamb による理論解とFEMによる解析解との比較を行う。

B: 地盤改良部の剛性率の違いによる振動軽減効果について調べる。

C: 地盤改良範囲の違いによる振動軽減効果について調べる。

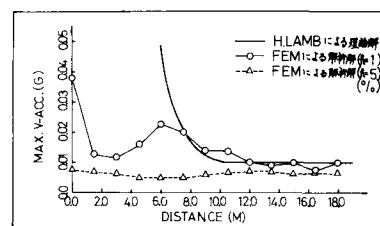
D: 盛土による振動軽減効果と伝播様式について調べる。

3. 解析結果

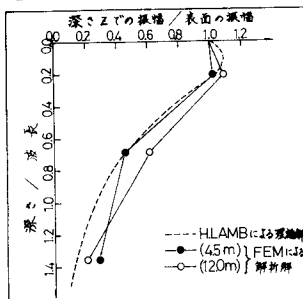
図-2は、H. Lambによる理論解とFEMによる解析解との比較図である。H. Lambは、半無限弾性体表面の1点に鉛直振動力が加えられた場合の振動特性を弾性論より導いた。レーレー波の特性としておもに次の3点があげられる。

- レーレー波で伝わる波の振幅は、距離に対して変化しない。
- 深さが大きくなるにつれて波の振幅は急速に減少する。
- 地表付近では半時計回りのだ円軌跡を描く。

(1)図より距離が12.0m以上離れると最大加速度振幅はほぼ一定となり、レーレー波に強く影響されていることがわかる。(1)~(3)図において理論解と解析解は非常によく合っており、まさにLUSHが表面波の応答解析に適用できることを示すものである。



(1) 最大鉛直加速度の距離減衰



(2) 加速度振幅比の深度分布

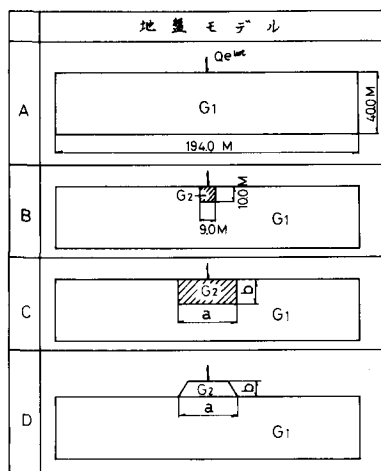
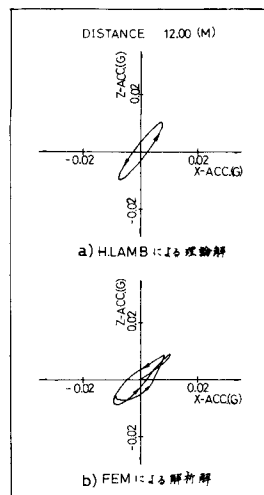


図-1 地盤モデル



(3) 地表面における運動軌跡

図-2 H. Lambによる理論解とFEMによる解析解との比較

図-3は、地盤改良部の剛性率の違いによる最大鉛直加速度の距離減衰について示したものである。これによると改良部の剛性率が增大するにつれて地表面の最大鉛直加速度は減少する。その割合は振源近傍において大きく、振源から遠くなるに従ってほぼ一定の値に落ち着いてくる。たとえば振源から10.0m 離れたると1.5 倍の剛性率増加に対して12 %、2.0 倍の剛性率増加に対して22 %の減少になっている。

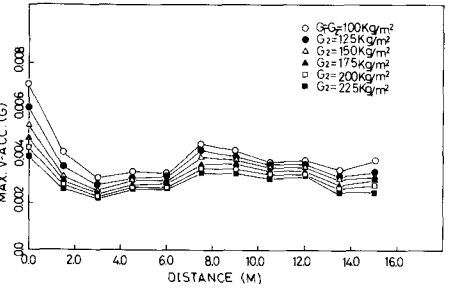


図-3 最大鉛直加速度の距離減衰

図-4に地盤改良範囲の影響について示す。側方方向の改良範囲を一定にし、深度方向の改良範囲を増加させた場合、改良深度が10.0 mまでは埋込に最大鉛直加速度は減少しているが、10.0 m以上ではほとんど変化はみられない。これはレーレー波の波動エネルギーが、加速度振幅比の深度分布(図-2(2))に示されるように、深さが大きくなるにつれて減少するにためである。なおここには示さなかったが、側方方向の改良については改良範囲の程度による差は少ないことがわかった。これらのことから改良範囲については、側方方向よりむしろ深度方向の影響による効果が大きいものと思われる。

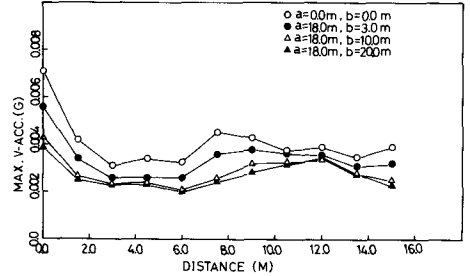


図-4 最大鉛直加速度の距離減衰

図-5は、盛土による最大鉛直加速度の距離減衰について示したものである。これによると、盛土高が大きくなっても振源地での最大鉛直加速度にはあまり変化がみられない。しかしながら距離減衰は盛土高に比例して大きくなる傾向にある。さらに盛土により最大鉛直加速度は、のり底付近で減少し、のり底から約10 ~ 15 m 離れたところで多少増加していることがわかる。そこで盛土および地盤内に生ずる最大鉛直加速度の分布を示したのが図-6である。この図より波の伝播様相がうかがえる。

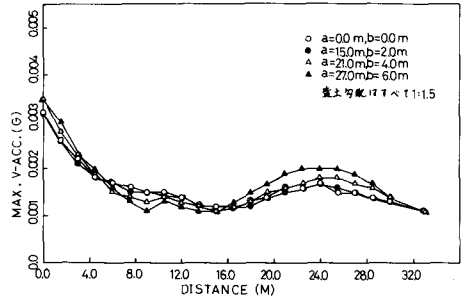


図-5 最大鉛直加速度の距離減衰

4. まとめ

- (1) 外部荷重の入力を可能にした地震応答プログラム(LUSH)は、交通振動等の表面波の応答計算にも適用できる。
- (2) 振源地の地盤改良を行なうことによって、振源から離れた場所における振動が軽減される。
- (3) 地盤の改良範囲については、側方方向よりむしろ深度方向の改良に注目することによって振動軽減効果が期待できる。

5. あとがき

本文では、有限要素法を用いた応答計算によって地盤改良、盛土等の変化にともなう表面波の影響について調べた。しかしながら特異現象の存在などなお多くの解明すべき点が残されている。今後はこれらの問題点を解消し、実験および実測にもとづいた解析を行ない、さらに細かく分析してゆくつもりである。

6. 参考文献

- 1) 建設省道路局企画課建設省土木研究所：道路交通振動の対策に関する研究，昭和52年8月
- 2) 建設省土木研究所動土質研究室：改良地盤における地盤振動調査，土木研究所資料第1302号，昭和53年3月

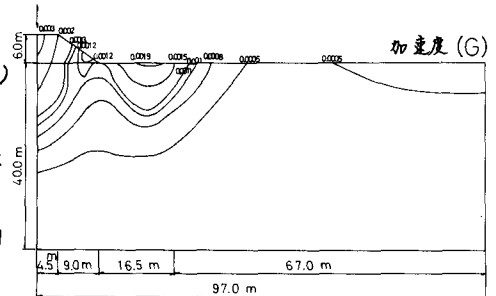


図-6 最大鉛直加速度分布