

III-297

個別要素法による動的応答解析についての検討

清水建設大崎研究室 正員 吉田 順

1. はじめに

個別要素法(DEM)はCundall¹⁾により提案された手法で、不連続体の挙動特にすべり・剥離などの大変形問題を取り扱うには有力なものである。動的問題への個別要素法の適用に関してはいくつかの研究²⁾が報告されており、筆者らも1要素のロッキング挙動に関しては前回³⁾報告している。今回は、不連続体のより一般的な動的応答について検討するために、盛土形に積み上げたDEMモデルの応答解析を行い、その結果に対する検討を行うとともに、その適用性について考察するものである。

2. 解析条件および方法

解析対象としたモデルは、図-1に示したような三角形要素を台形に積み上げたもので、下部の長方形要素を固定境界としている。モデルの大きさは上幅が12m、下幅が20m、高さ6mであり、要素数65個である。用いた材料定数は表-1に示すとおりである。まず、事前解析として自重解析を行って要素間の初期接触力を求め、それを初期状態として加速度入力による動的解析を行った。入力は水平方向のみとし、図-2に示すような加速度(周期約1秒、最大加速度628.3gal)を下の固定要素に与えた。時間増分は収束性を考慮して、 $\Delta t = 5 \times 10^{-4}$ secとし、20000stepすなわち継続時間10秒の解析とした。

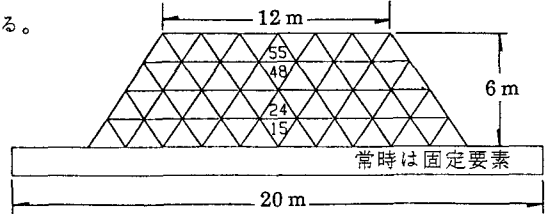


図-1 解析モデル

表-1 解析条件

単位体積重量	γ	2.0	t/m ³
垂直バネ定数	k_n	10^5	kN/m
せん断バネ定数	k_s	10^5	kN/m
比例減衰係数	β	5×10^{-4}	sec
摩擦係数	μ	0.577 (摩擦角 $\phi = 30^\circ$)	

3. 解析結果および考察

図-3にモデル中央部の4要素(要素番号15, 24, 48, 55)の加速度波形(入力加速度を差し引いた相対加速度)、図-4に変位波形(相対変位)を示す。図-3では各波形ともかなりの高振動成分を示しており、要素間の接触点における一時的な分離あるいはすべりが

入力にはない成分を励起していると考えられる。最大加速度はどの波形でも7秒過ぎに見られるが、これは図-5に示すようにモデル右側で転倒・すべりを含む大変形が生じたため、その衝撃荷重が応答に影響を与えたものと考えられる。微小なすべり・剥離により生じる加速度と大変形の影響とではかなり大きな差が出ているが、基本的にこのような挙動が入力に含まれない成分を発生させるものと推測される。

図-4では、入力最大の5秒前後で全体にずれが生じていることがわかる。この変形はモデル全体が剛体すべりをしたような形であるため、加速度波形を見ると変位が大きいにもかかわらず、さほど大きな乱れになっていない。すなわち、今回の結果では全体的な変形よりも局所的な変形の方が加速度応答に与える影響は大きくなっている。垂直方向の分布をみると加速度は一定の傾向を示してないが、変位分布は上に行くほど大きくなるような傾向を示している。これは、加速度応答が不連続面の影響で複雑な形を示しているのに対して、水平方向の変位はすべり量の蓄積で表され、同一方向に生じたためと考えられる。

今回の解析ではモデルの右側1列だけに大変形が見られたが、その影響は全体の加速度応答に現れている。従来、斜面問題においては応答解析にFEM解析(連続体)を用いてその結果に対してすべり面を考えているが、

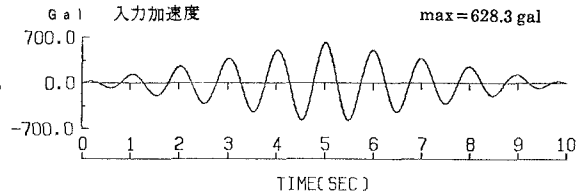


図-2 入力加速度

前述のような影響が不連続性挙動にあるならば、この不連続性の影響を考慮した解析が必要となる。また、計算時間、容量などの関係から、今回のモデルは要素数が少なく、すべり面は形成されなかったが、大きなモデルの簡単な解析ではすべり面を形成するような傾向が見られ、今後一般的なモデルでの検討が必要である。

4. おわりに

個別要素法は仮定の大きい解析であり、実問題へ適用する際の課題は多いが、手法の改良を進めるとともに解析結果の解釈を考えることにより、不連続性を考慮すべき問題において重要な知見を与えるものと考えられ、今後様々な問題への適用が望まれる。

参考文献 1) Cundall, P.A. : The Measurement and ..., Ph. D. Thesis, Univ. of London, 1971

2) 例えば、大町他: 個別要素法による動的解析のための基礎的考察, 第18回地震工学研究会, 1985

3) 吉田, 大西; 個別要素法の動的問題への適用に関する一考察, 第42回土木学会年講, 1987

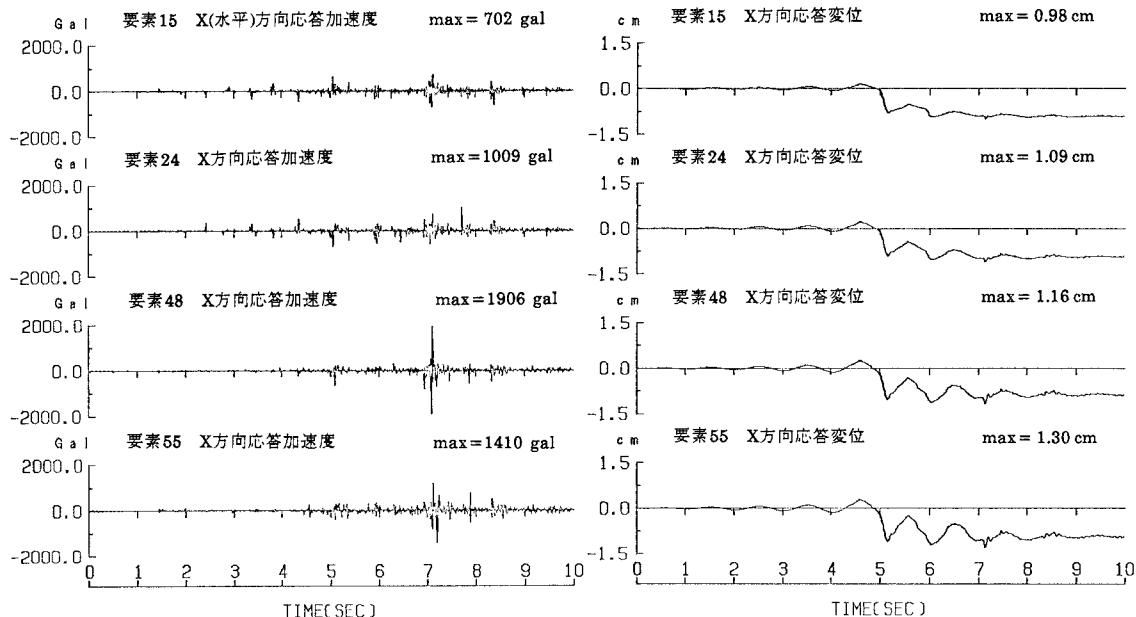


図-3 応答加速度波形

図-4 応答変位波形

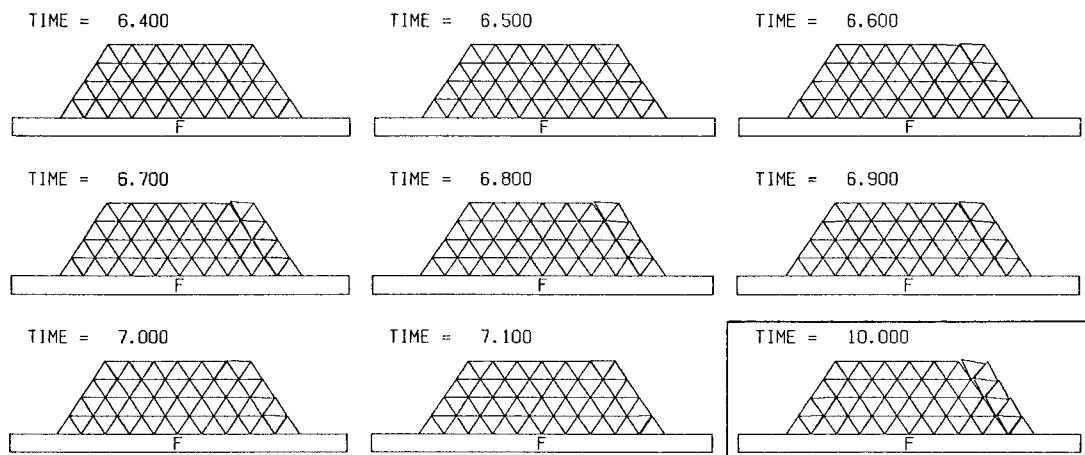


図-5 変形状態(6.4秒~7.0秒)および最終状態(10秒)