

清水建設大崎研究室	正員	○ 吉田 順
京都大学工学部	正員	大西有三

1. はじめに

個別要素法(DEM)はCundall¹⁾により提案された手法で、要素を剛体と仮定し、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。従来岩盤斜面の崩壊解析などに用いられてきたこの手法を、動的問題に適用する試み²⁾がなされるようになったが、物性あるいは入力などの取り扱いに多くの問題を残している。本研究では、簡単なモデルを用いてDEMにおける剛体の動的挙動に対する基本的検討を行い、その問題点を明らかにするとともに大規模モデルへの適用について考察する。

2. 解析条件および方法

図-1に示す2要素のモデルを用いて解析を行った。下の要素は、常時には固定条件であり、動的入力のみに対応して動くものとした。上の要素は自由に動けるものとするが、下の要素と接触している間はその接触点をバネ・ダッシュポット(〜スライダ)系でモデル化する。物性は表-1に示すもので摩擦係数はすべりを生じないように大きめにさだめ、減衰もできるだけ大きくとり高振動数成分が生じないようにした。入力は図-2に示すような加速度波形(周期約1秒, 最大加速度628.3gal)を下の固定要素に与え、方向は水平方向のみのもの(ケース1)と上下水平同時入力(ケース2)の2タイプとし、上下成分は水平と同じ波形で1/2の振幅とした。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の動的解析を行った。時間増分は精度と収束性を考慮して、 $\Delta t=10^{-4}$ secとし、 10^5 stepすなわち継続時間10秒の解析とした。

3. 解析結果および考察

図-3にケース1の応答波形(相対加速度, 相対変位)を示す。入力加速度が大きくなる4.5秒以前は2つの要素がほとんど同じ動きを示しているため、x, y, θ の全ての成分がほとんど現れておらず、それ以降にロッキングが生じ、非常に大きな応答となっているのと好対象である。加速度はロッキングの影響で衝撃力が働くため、非常に大きな値(y方向で20000gal程度)となっている。また、ロッキングは入力が小さくなり、時間が進むにつれて小さくなっていくことがわかる。

ケース2の結果(図-4)と比較すると、応答はx方向でケース1の方が小さいが、y方向で逆になっている。量的に見ると大きい差であるが、上下動を加えたための有意な差とは言いがたい。ロッキングの開始時間は図-4の方が1秒程度早く始まっているが、最初に小さな動きが生じ、その後最大の揺れが見られて、徐々に減衰していくという傾向は同じである。今回の結果では水平入力の場合と上下水平同時入力の場合ではある程度の差は見られるものの、上下動の影響は比較的小さいと言えるだろう。

4. DEMの動的問題への適用における課題

1) 接触点の取り扱いに関する問題

図-3, 4の10秒の時点では、応答がほとんど収束しているにもかかわらず、最終状態に少しずれが生じている。これは接触点において辺側にのみ変形を考えるため、弾性体上に剛体を置いた形となって解析がうまくバランスしていないためと考えられる。この問題を解決するには接触点の仮定を修正する必要がある。また、今回の解析は2要素モデルであり、接触点も2点しかないので接触の判定は容易であった。しかし、多要素モデルとなった時に、接触の判定は煩雑となり、またその回数も非常に多くなると予想されるので、より簡単な判定方法が接触点の仮定の修正とともに必要である。

2) 入力と応答の時間的ずれ

DEMにおいては力の伝達を隣り合った要素に対してのみ行うため、モデル全体に力が伝わるためには要素数分のステップ数が必要となる。つまり、従来の振動解析のようにモデル全体に同時に慣性力を与える形にならないため、伝達速度を考慮して入力と応答の間の時間的なずれを考慮しなければならない。

5. おわりに

今回の検討では、不連続体の動的応答の一例として特徴的なロッキング振動のみを取り上げたが、他にすべり応答も重要であり、4.に示した課題を考慮したさらに詳細な検討を進めていく予定である。

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

2) 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

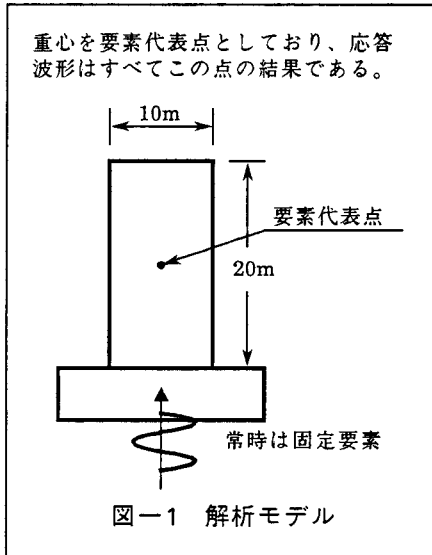


表-1 解析条件			
単位体積重量	γ	2.0	t/m ³
垂直バネ定数	k_n	10^7	kN/m
せん断バネ定数	k_s	10^7	kN/m
比例減衰係数	β	10^{-2}	sec
摩擦係数	μ	1.0	(摩擦角 $\phi = 45^\circ$)

