

格子モデルによる地震応答解析

京都大学工学部 正員 丹羽 義次
 " " 小林 昭一
 " " ○田村 武

1. はじめに

近年、土木建築構造物の大型化に伴いその安全性および経済性の検討がとみに重要となってきた。耐震設計には従来その簡便さから震度法がしばしば用いられてきたが、局所的な構造解析には何ら情報を提供しない。よって動的応答解析が必要となるが一般には、かなり単純化したモデルが使われている。そこでビルディングのような骨組構造が卓越していると思われるものに対しては、直接そのまま格子構造をあきかえて解析するのが妥当と思われる。さらに、基礎のような連続体もあえて格子構造にモデル化することが可能ではないかという観点にたち他の解と比較検討した。また、三次元構造へも適用が容易であり、二、三の場合について解析した。

2. 格子構造とその運動方程式

図-1のように格子構造の要素を考え部材力として軸力、せん断力およびモーメントをとり、その要素について運動方程式を作ると

$$m \ddot{u} = P(u_{m+1,n} - 2u_{m,n} + u_{m-1,n}) + Q(u_{m,n+1} - 2u_{m,n} + u_{m,n-1}) + R(\phi_{m,n+1} - \phi_{m,n-1})$$

$$m \ddot{v} = P(v_{m,n+1} - 2v_{m,n} + v_{m,n-1}) + Q(v_{m+1,n} - 2v_{m,n} + v_{m-1,n}) - R(\phi_{m+1,n} - \phi_{m-1,n})$$

$$J \ddot{\phi} = R(-u_{m,n+1} + u_{m,n-1} + v_{m+1,n} - v_{m-1,n}) - T(\phi_{m,n+1} + \phi_{m,n-1} + \phi_{m+1,n} + \phi_{m-1,n} + 8\phi_{m,n})$$

となる。これらの左辺を適当な時間差分で近似することによって原理的に解くことができる。

3. 数値計算例

図-2のような弾性基礎を考え、これに下方から一周期正弦せん断波を入力したものに對し格子モデルに有限要素法で求めた表面での応答が図-3に示されている。これからわかるように前者の解は後者に比べ安定的で、また振動形状は第1層と第2,3層よりなる第2モードが卓越していたが後者では第2モードより第1モードへの移行がみられた。図-4は格子モデルのなかからモーメント効果を小さくしたものであるが、やや振動が大きく周期が短くなる。したがってモーメント効果は周期を短くするという直観に相反することがわかる。図-5に示す2構造物に前と

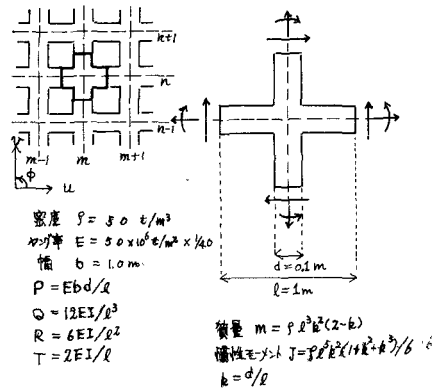


図-1 格子モデルとその要素

図-2 弾性基礎

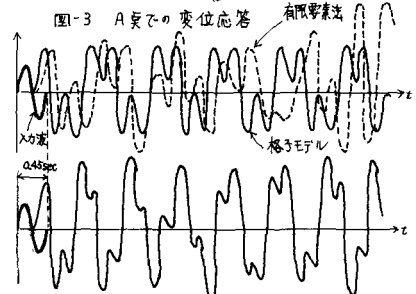
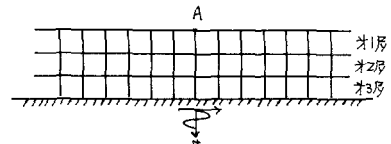


図-4 モーメントの小さい格子モデルによる解

同じ波を入力すると図-6のような応答を得た。なお図-7は上部構造に直接入力したものである。先の結果に比べて下部構造が格子モデルにおきかえられた場合、しだいに上部-下部構造が共振するような傾向をもつものに対し、下部を有限要素法で計算したものは比較的安定である。その相違は面構造の境界面の挙動で著じる(1)。

4. 3次元格子構造とその運動方程式

図-8に示すように3次元空間に格子要素を考えると、2.と同じようにして格子点の変位、回転を未知変数として6個の運動方程式を得る。代表的にx方向とz軸まわりのものを書くと

$$\begin{aligned}
 & P(U_{m,n,l} - 2U_{m,n,l} + U_{m,n-1,l}) \\
 & + Q(U_{m,n+1,l} + U_{m,n-1,l} + U_{m,n,l+1} + U_{m,n,l-1} - 4U_{m,n,l}) \\
 & + R(\phi_{m,n+1,l} - \phi_{m,n-1,l} - \theta_{m,n,l+1} + \theta_{m,n,l-1}) = m\ddot{u} \\
 & R(V_{m,n,l} - V_{m,n-1,l} - U_{m,n+1,l} + U_{m,n-1,l}) \\
 & - T(\phi_{m+1,n,l} + \phi_{m-1,n,l} + \phi_{m,n+1,l} + \phi_{m,n-1,l} + 8\phi_{m,n,l}) \\
 & + S(\phi_{m,n,l+1} - 2\phi_{m,n,l} + \phi_{m,n,l-1}) = J\ddot{\phi}
 \end{aligned}$$

となつてこれを数値積分すればよい。

5. 数値計算

図-9に示されたL字型3層の骨組構造に対角線方向から前と同じ正弦波を入力した。図-10は最大軸力をうけるはりBC₃の応答、図-11は比較的自由振動と思われる時間での柱A₁A₄の変位状態が半周期について示されている。

なお、震度法との比較その他について検討中であり当日、結果を詳述する予定である。

図-9 3次元骨組構造物

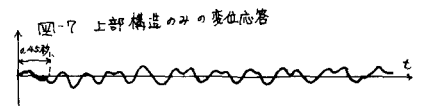
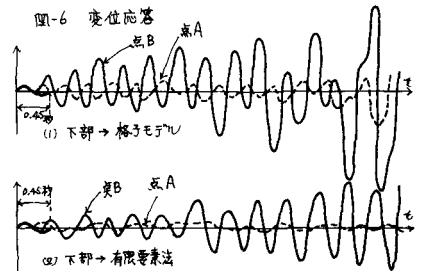
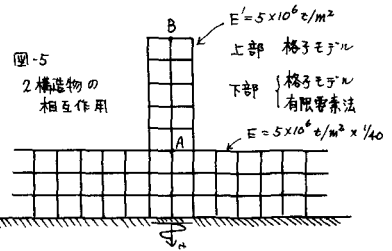
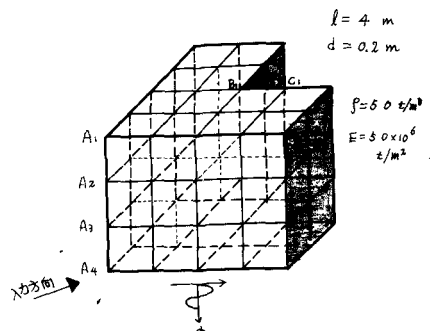


図-8 3次元格子要素

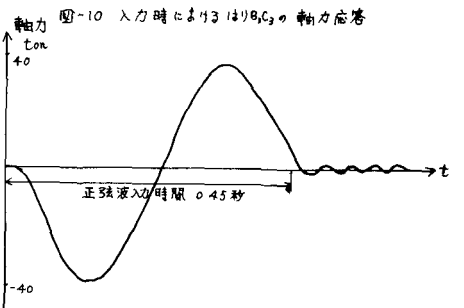
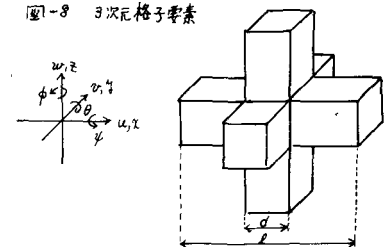


図-11 定常時における柱A₁A₄の変位状態

