

せん断波入射による骨組構造の波動応答

広島大学工学部 正員 佐藤 誠
広島市役所 “ 石井 昭

1. はじめに

地盤-構造物系の波動挙動を有限要素法を用いて解析する場合に、一般に両者を同じ節点自由度を持つ要素で構成されたモデルを対象とする場合には、解析領域の大きさについての考慮を問題にしないならば、通常の方法が困難なく適用することができる。しかるに考えている構造物が骨組構造系であるような場合には、たとえばこれを平面問題として一称を平面構造モデルとして要素分割することが適当でない場合が生ずる。一方この構造物を本来の骨組構造として忠実にモデル化するためには計算機容量の点からも無理がある場合も生ずる。

こゝでは以上の観点から地盤-骨組構造系の波動応答モデルとして、地盤内に地表に平行な柱を運動を行なうせん断波を入力し、2, 3の簡単な骨組構造モデルに対する有限要素法による応答解析の例を示す。

2. 地盤-骨組構造系のモデル化

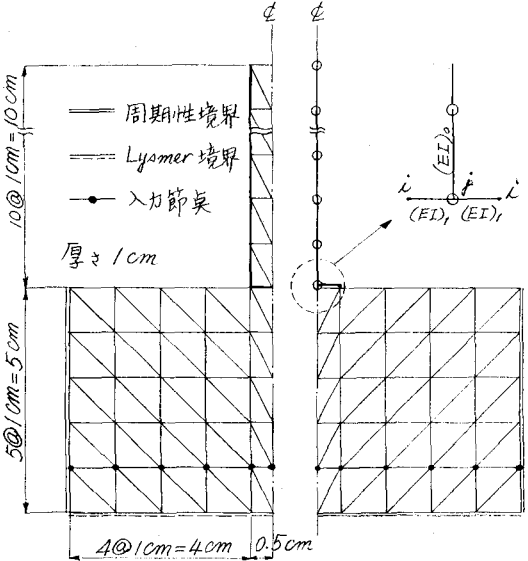
たとえば耐震設計における骨組構造物は多くの場合、変位、変位速度又は加速度を入力する基盤上の集中質量モデルで置き換えられ、通常入力端は単に構造物の下端であり、基盤の状態には依存しない。ところが入力源が地盤内にあり、地盤との連成挙動を考慮する場合には地盤表面と骨組構造物との接続の状態に対応したモデル化を行なう必要がある。

いま最も簡単な場合として図-1のモデルAで示すような柱-地盤系があり、地盤内の図中に示した奥に水平方向の入力と平面せん断波として与える場合を考へる。このとき合理的な有限領域解析のために、モデルの両境界には同一節点番号を与えて周期的な系の一部とし、下端は *Lysmer* 境界としておく。

柱が地盤面上に接続されている状態に対しては、これを集中質量モデルで表現するときは、地盤との接続に回転に伴って挿入するモデル化もあるが、こゝではモデルBに示したように柱底面の巾をも考慮にきくように逆丁型の接地部分を持った集中質量モデルを用いた。ただしモデルBの拡大図に示した i 節点は地盤の節点と共有しているが、 j 節点に対応する地盤要素の節点と同一座標ではあるが異なる節点番号とする。

なおモデルAと比較するためにモデルBは、モデルAの同一高さの節点に有する質量の合計と等しい集中質量を持つように10個の等間隔の要素で構成した。またモデルの材料定数は表-1に示すものを選んだ。

ところで、軸力 H 、せん断力 V 、曲げモーメント M に対するはり要素の節点自由度はつゞであり、一対三角形平板要素のそれは2であるから、このまゝでは地盤と骨組構造系の接続点の自由度が整合しない。



モデルA モデルB

図-1. 異価モデル

	弾性係数 kg/cm^2	密度 $\text{kg/sec}^2/\text{cm}^3$	ポアソン比
地盤部	20,000	0.255×10^{-5}	0.3
構造物部	210,000	0.23×10^{-5}	0.167

表-1 モデルの材料定数

これを整合させる方法の1つは、たとえば支持節点のようにはり要素の節点と三角形要素の節点とが共有される節点に対して、 $M_i = \theta_i = 0$ と置いたはりの剛性行列を用いることである。このときの物理的意味は、同一の曲げ剛性EIを極めた剛にした場合に相当し、この部分のサについては床を剛とする通常の骨組構造のモデル化に対応する。

もう1つは一端ヒンジ、他端剛接点のはりの剛性行列を用いる方法であり、この剛性行列は要素長さ、断面積A、曲げ剛性EIの3要素（節点と節点の間にヒンジ）に対して(1)となる。なお本研究では(1)の曲げ剛性EIをせん断変形を考慮して、柱のEIを $EI = EI' / \{1 + \alpha (H/L)^2\}$ として計算した。この後者の方法は抗-基礎系のような、地盤内に埋込部分があるような場合に対して適用される。

$$\begin{Bmatrix} H_i \\ V_i \\ H_j \\ V_j \\ M_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & -EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 3EI/L^3 & 0 & -3EI/L^3 & 3EI/L^2 \\ -EA/L & 0 & EA/L & 0 & 0 \\ 0 & -3EI/L^3 & 0 & 3EI/L^3 & -3EI/L^2 \\ 0 & 3EI/L^2 & 0 & -3EI/L^2 & 3EI/L \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{Bmatrix} \quad (1)$$

図-2にこの適用例を示す。モデルA'およびCはそれぞれモデルA、Bに対応し、地盤内に埋込部分を有する場合、モデルCの下端がヒンジ端である。

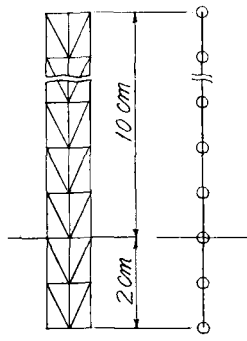
3. 解析結果と考察

いま各モデルの入力節点に継続時間50μsecのhalf-sine形のせん断応力波を与えた場合のモデルA、B、A'、Cに対する柱部のみの変形状態の時間変化を図-3、4に示す。

図-3には前述したようにモデルBの接地節点で $\theta = 0$ と $\theta \neq 0$ の場合の両結果を示している。柱に対する三角形要素分割数が十分にないため、モデルAあるいはA'の結果が正しい保証はないが、モデルA、Bの両結果は $\theta = 0$ の場合の接地部を深めてかなり良く一致している。

図-4の埋込部を持つ場合には変位の振巾は比較的一致しているが、位相のずれが大きい。これは主として入射せん断波が地盤表面に反射する二々に原因して、地盤内部への柱の軸の曲率が違うためと考えられる。さらにこれはモデルCの埋込部の置換の方法に問題があるためと推定される。

この合理的な処理法およびより実際の骨組構造物を対象とした解析結果については講演で述べる。



モデルA' モデルC

図-2

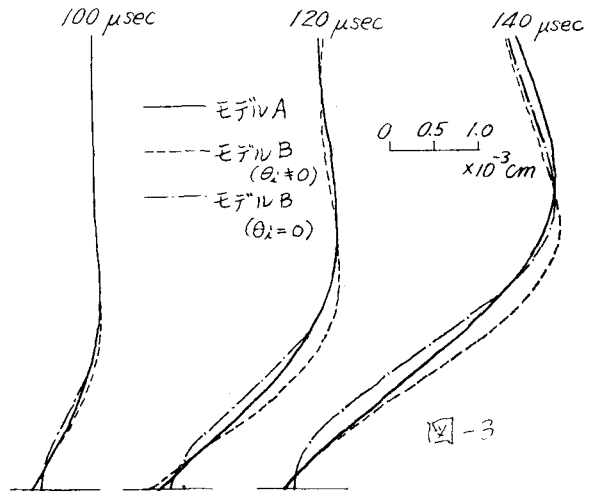


図-3

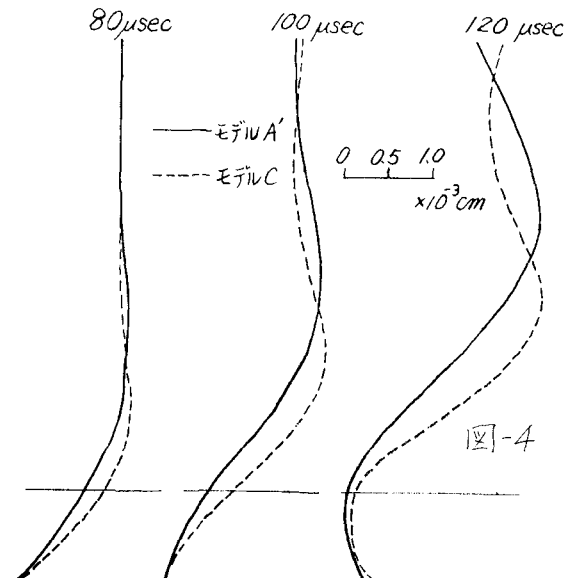


図-4