

建設省工本研究所 ○ 正員 柴田弘雄

建設省工本研究所 正員 川島一孝

建設省工本研究所 正員 栗林栄一

1 ま え が き

沈埋トンネルの地震応答解析においては、表層地盤を離散型せん断振動モデルによってバネ-マス系に置換する場合が多い。沈埋トンネルのような地中構造物の地震時応力を求めるためには、表層地盤を離散型モデルで表示した場合の個々の質点の応答変位ではなく、任意の2点間の応答変位の差（ひずみ）を正しく計算することが必要とされる。ここでは、表層地盤を簡単な形状に理想化し、その地震時応答（変位）をバネ-マス系モデルによって解析した場合の精度に関して検討を加えたので、その結果を報告する。

2 計算モデル及び入力地震動

対象とした表層地盤は、図-1に示すようにそれぞれ300mの長さをもつ水平部(I)、斜路部、水平部(II)から成る合計900m区間で、水平部(I)の厚さは40mに保ち、水平部(II)の厚さを50mおよび70mの2種類とした。地盤のせん断弾性波速度 V_s 、および単位体積重量 γ_s はそれぞれ、100 m/sec, 2 t/m³とし、表層地盤を通じて一様とした。

このような表層地盤モデルを図-2に示すように質点数を変化させ、それぞれ13、7、3個の質点から成るバネ-マス系モデルによって表示した。ここで、質点の質量 M 、質点と基盤を結ぶばね定数 K_3 、質点どうしを結ぶばね定数 K_2 はそれぞれ以下のように選んでいる。

$$M = (8/\pi^2) \cdot (\gamma_s/g) H L, \quad K_3 = 2 G L / H, \quad K_2 = 8 E H / \pi^2 L \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 H 、 L 、 G 、 E はそれぞれ表層地盤の厚さ、質点間の距離、表層地盤のせん断弾性係数および弾性係数である。解析は図-2に示す質点の軸方向とし、入力地震動としては根室半島沖地震（1973年6月）による静内橋地下40m（砂礫層）で記録された地震動を使用した。

3 計算結果

バネ-マス系モデルを用いて表層地盤の応答を計算し、これを厳密解と比較した結果の一例を図-3に示す。ここで厳密解とは計算の精度上充分と考えられる自由度(135)の平面ひずみ状態を仮定した有限要素法による解を用いることとした。また、計算結果は個々の質点の基盤に対する相対変位 u_i （ $i=1 \sim$ 質点数）と次式で定義する地点間相対変位 Δu_{i1} （ $i=2 \sim$ 質点数）の2つに着目して整理している。 $\Delta u_{i1} = u_i - u_1$ ----- (2)

この結果によれば、13質点系モデルで計算した相対変位 u_i および地点間相対変位 Δu_{i1} は、周期特性、振幅特性ともにおおむね厳密解と一致していると考えられる。

このようなバネ-マス系モデルによる応答と厳密解との比較を、40m～50mモデルおよび40m～70mモデルに対して相対変位に着目してまとめたものを図-4に示す。また、13質点系を基準とした場合で質点数を変化させた場合の収束度（13質点系の結果と7質点系もしくは3質点系の結果との差）を図-5に示す。これによれば、地点間相対変位 Δu_{i1} は、質点数を少なくすることにより著しく精度が下がる傾向にあることがわかる。

4 結 論

(1) 質点の質量、基盤と質点を結ぶばねの剛性および質点間相互を連結するばねの剛性を(1)式のように選定すれば、離散型せん断振動モデルは比較的精度良く表層地盤の振動応答を近似できる。

(2) 地点間相対変位応答 Δu_{i1} の解析精度は一般に相対変位 u_i よりも一段下がり、また、質点の個数の影響を受けやすい。

(3) 質点間相互の距離は、表層地盤の剛性や厚さが著しく変化しない限りは大きくとも良いと考えられる。

本計算例では、質点間距離 L および表層地盤の一方の厚さ H_1 の比 L/H_1 を7.5、表層地盤の勾配を10程度にとった場合でもある程度精度の良い解が得られた。

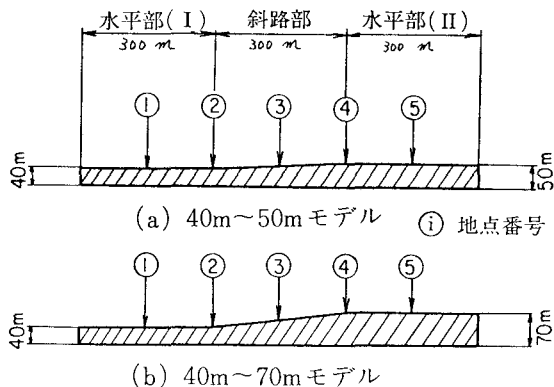


図-1 表層地盤モデル

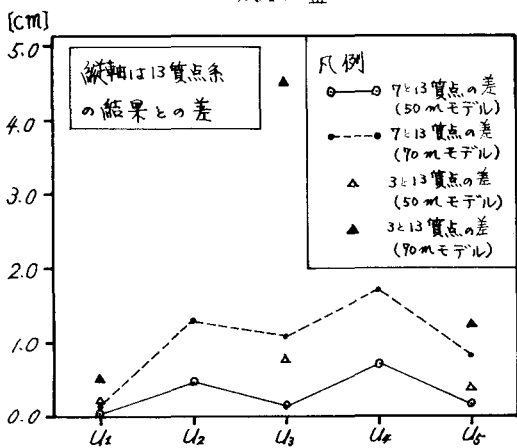


図-3 質点数を变化させたときの収斂度
(13質点系の相対変位を基準とした場合)

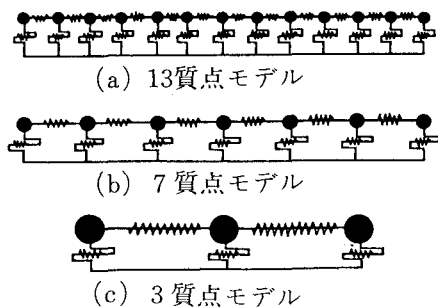


図-2 計算モデル

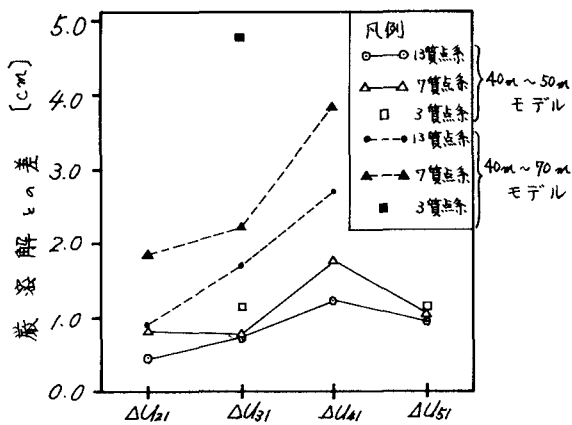


図-4 厳密解と質点系モデルによる解の比較
(地点解相対変位についてまとめたもの)

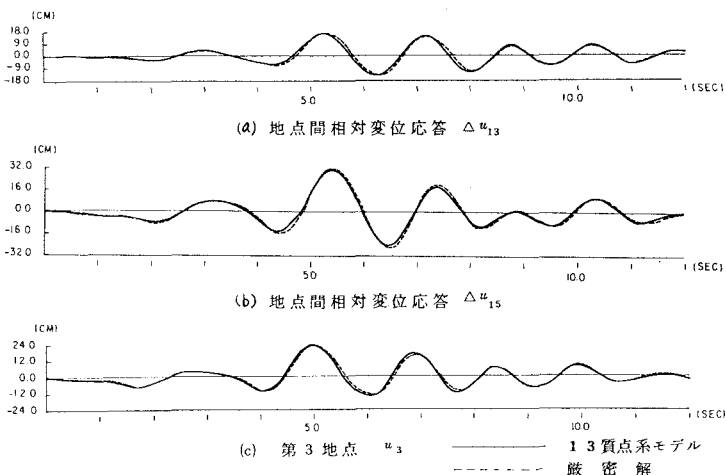


図-5 地点間相対変位および相対変位応答〔40m~70mモデル〕

【参考文献】

- (1) 栗林、川島、柴田：沈埋トンネルの軸線上の断面力および変位の地震応答解析に関する研究、土木研究所資料1193号、建設省土木研究所 昭和52年3月。
- (2) 浜田、泉：沈埋トンネルの地震応答計算、第26回土木学会年講、昭和56年10月。