

矢板式基礎の耐震設計法の比較検討

建設省工研研究所 正会員 〇光家康夫 塩井幸武 田原美知夫

1 概要

矢板式基礎は、矢板を円形あるいは、半形の井筒形状に打設し、矢板間の継手の結合効果と頭部フーチングの拘束効果によって、トンネルに近い挙動を期待しうる新しい基礎形式である。筆者らはこの基礎形式の構造特性を評価しうる新しい設計計算法について検討を重ねてきたが、震度法を用いた静的設計計算法については一応の成果を得ることができた。(1)

そこで本検討において矢板式基礎の時刻歴応答計算を行うことのできる動的計算プログラムを作成し、矢板式基礎の動的応答特性について検討を加えた。さらに静的解析と動的解析の応答値の比較を行い、静的解析法の妥当性について検討を加えた。

2. 動的計算プログラム

動的プログラムの作成にあたっては、静的プログラム作成における仮定をほとんどそのまま用いた。ただし今回は動的解析であることから、矢板間継手や地盤反力の非線形性は、繁雑さを避けるために考慮していない。

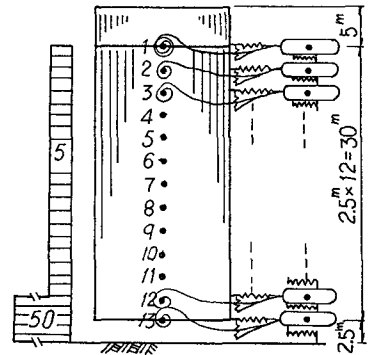
基礎のモデルに於いては、矢板式基礎を深さ方向に輪切りにした要素を考え、要素の断面変形は、はいもの仮定し、継手のずれ変形は考慮できるものとした。図1に示すように基礎は水平地盤反力による水平ばね、垂直方向の摩擦による鉛直ばねおよび回転ばね、底面地盤反力による鉛直ばねおよび回転ばねによって地盤の要素と結合されている。

地震入力は基礎より地盤要素を通じて基礎に入力され、時刻歴応答計算により、変位、加速度、モーメント、軸力等の応答値を得ることが出来る。

3. 動的プログラムによる応答計算

井筒径D15mの円形一重矢板式基礎をモデルに応答計算を実施した。矢板は径1000mm、肉厚15mmの鋼管杭を、継手は径165mm、肉厚11mmの鋼管とした。根入れ長は60m、30m、20mの3種類とし、それそれぞれ先端25mがN値50の支持層に根入れされており、それ以外はN値5の一様地盤とする。根入れ比D/Lの小さいものをA、B、Cとした。

静的プログラムによる一連の検討により、応答に影響を及ぼすものとして、継手の剛度G_J、および杭-地盤間の摩擦ばね定数K_fと水平ばね定数K_Hとの比K_f/K_Hが抽出されている。そこで本検討にあたって表1に示すG_J/G₀とK_f/K_Hの組み合わせによって計算を行った。



基礎モデルB (D/L=0.50)

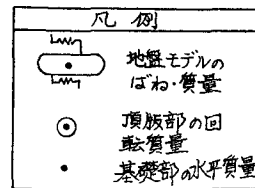


図-1 振動モデルの例

表1 計算実施ケース

	A				B				C			
D/L	15/60=0.25				15/30=0.50				15/20=0.75			
$\frac{G_J}{G_0}$	0.	0.1	0.5	1.0	0.	0.1	0.5	1.0	0.	0.1	0.5	1.0
$\frac{K_f}{K_H}$	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

ここで G_J とは実験により得られた継手剛度であり120,000 kg/cm^2 である。

水平ばね定数 K_H や底面ばね定数 K_V 等の算定は、「天板式基礎の設計と施工指針（SJI 天板式基礎研究委員会）」による。

井筒の内部に囲まれる地盤の取扱いについては、100% 付加質量として考慮することとした。

入力地震波としては、振動系の周波数特性が応答に大きく影響しないように、できるだけ平坦な周波数特性を持つ人工地震波を作成し、その最大加速度を100galとして0.02秒刻みで入力した（図2参照）。

4. 応答計算結果

応答の一例として、 $K_H/K_H = 0.5$ とした場合の深さ方向応力分布図を図3に示す。これは振動方向の最大応力を生ずる杭について算定したものである。

杭頭付近に非常に大きな応力が生ずることがわかる。静的解析においても同様のことが確認されているが、動的解析においては、杭頭付近での応力の増減が非常に急激であることが特徴的である。杭頭付近の応力は主に杭頭モーメントに起因しているが、継手剛度 G_J の増大に従って杭頭モーメントが減少することにより応力が減少している。このような G_J の効果は、静的解析によってもまったく同様に確認されている。

G_J の効果を変位、加速度、断面力等について検討したのが図4である。

変位を除いては、加速度、軸力、および曲げモーメントの杭頭での応答値が、 G_J の増加により減少しているのがわかる。またその減少は、 $G_J/G_{J0} = 0.1$ の段階でかなり大きいことがわかり、設計において G_J の効果も算定することの重要性が確認できた。

また G_J の増加に伴い

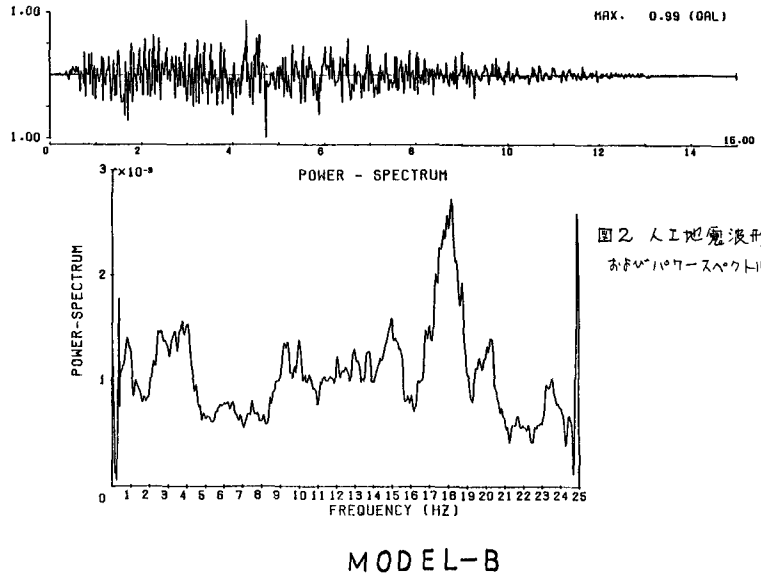


図2 人工地震波形およびパワースペクトル

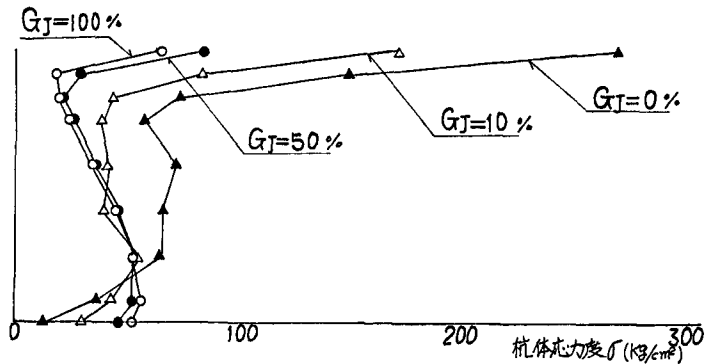
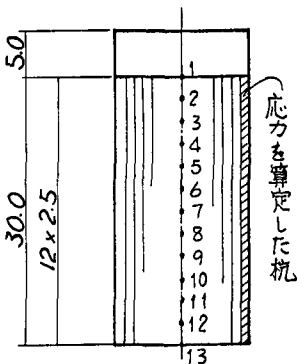


図-3 最大杭体抗力度の深さ方向分布図 ($K_H/K_H = 0.5, W = 100\%$)

杭先端軸力が増加していることは、継手の効果により、天板式基礎が杭基礎的挙動から一時的挙動へと変化していることを示しており、 G_T を考慮しない場合は危険側の設計となることがわかる。

これらの傾向は、静的解析によっても確認できた。

図4は $G_T=0.1G_{T0}$ に固定し、摩擦ばね K_f を水平ばね K_H の0.0, 0.2, 0.5, 1.0倍と変化させてその影響を調べたものである。

天板式基礎は、杭として施工されることから、全支持力に占める固面摩擦力の割合は非常に大きいものと考えられる。このケースにおいても、杭基礎の固面摩擦力の算定法から試算した結果 $K_f=0.5K_H$ は十分り得る値であると確認することができた。

K_f が大きくなることにより、杭頭の変位、加速度、軸力は減少するが曲げモーメントは増加の傾向にあった。 K_f の考慮により、杭先端の軸力が低減することは、設計上非常に有利な傾向である。

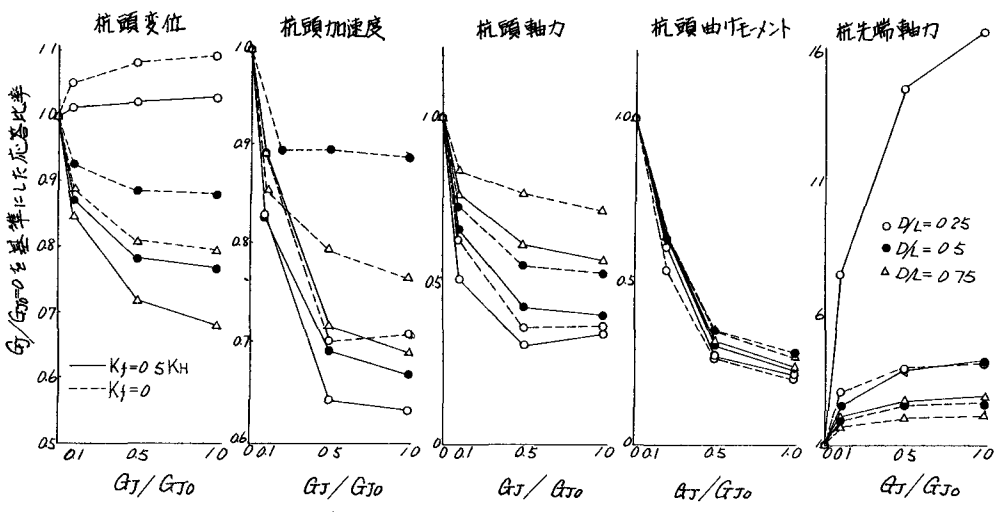


図4 継手管せん断剛性による効果 (K_f 0.5KH および 0, 内部土重量 100%)

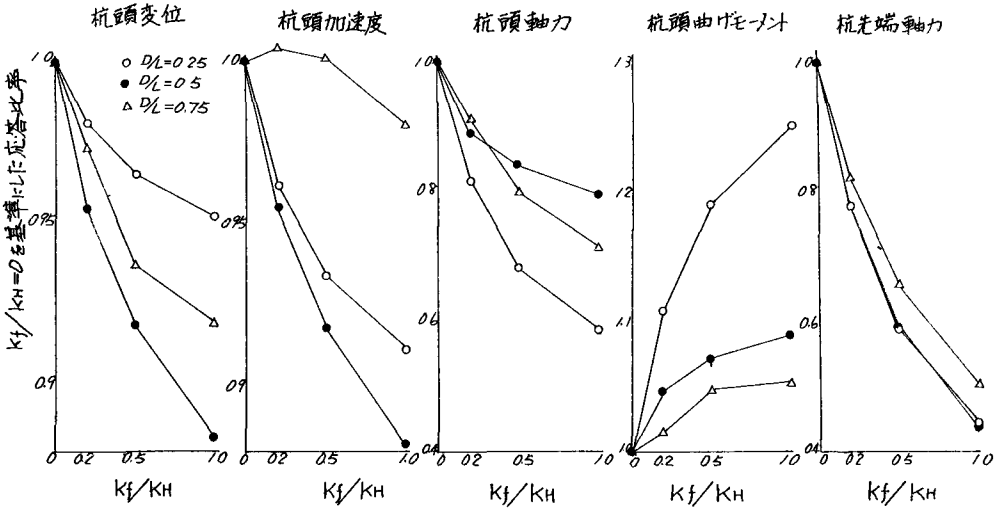


図5 摩擦ばね導入による効果 ($G_T=12.000\%$, 内部土重量 100%)

5 静的解析との比較検討

動的解析は、静的解析に比べれば実際現象をよりよく再現していると言えるが、設計の現端での利用を考慮すると静的解析が望ましい。本検討を行なった目的も、動的解析による結果と静的解析による結果を比較することにより静的解析法の妥当性を探ることにある。

しかし動的解析と静的解析を単純に比較することは困難である。というのは、現在用いられている基礎の静的な耐震設計法においては、耐震設計地盤面以下の構造物には震度は考慮しないものとしてされている。一方今回作成した動的プログラムでは、地盤および基礎体の振動を考慮している。そこで次のようにして比較することとした。

クーキング下面を耐震設計地盤面とし、動的解析によって得られた応答加速度を震度に換算して耐震設計地盤面より上のみに加え、地盤面以下は震度ゼロとして静的プログラムにより計算した。

このようにして得られる応答変位、抗頭曲げモーメントおよび抗先端曲げモーメントと、動的解析によって得られるこれらの値を比較したのが図6である。

抗頭変位については、動的解析の値は地盤との相対変位を用いているが、静的結果に比べて若干大きい値が出ている。しかし地盤ばねの推定における誤差を考慮すれば、十分は精度で合っていると考ええる。

抗頭曲げモーメントについては、非常によい一致を示した。

抗先端軸力についても、動的解析が少し大きいのが、大体よい一致を示している。

これらのことより、入力震度の推定をうまく行えば、震度法による静的解析法によっても、十分は精度で推定することが可能であると言えよう。

6 まとめ

天板式基礎の人工地震波入力による時刻歴応答解析を行なった結果、次の事項を確認できた。

- (1) 抗頭付近に大きな応力の集中が起ることを確認できた。
- (2) 天板間のせん断剛度 G_T が大きくほるに従い、抗頭諸量は伝減するが、抗先端軸力は増大する。
- (3) 摩擦ばね K_f が大きくほると抗頭曲げモーメントは増大するが、抗先端軸力は減少する。
- (4) 以上の結果は静的解析によって確認された結果とよく合致している。
- (5) 動的解析と静的解析との比較を行なった結果、入力震度の推定をうまく行えば、静的解析によっても、十分は精度で推定しうることがわかった。

参考文献(1) 光家康夫、岡原美知夫、塩井幸武；天板式基礎の構造解析，第25回構造工学シンポジウム（工学会会報），1979年2月

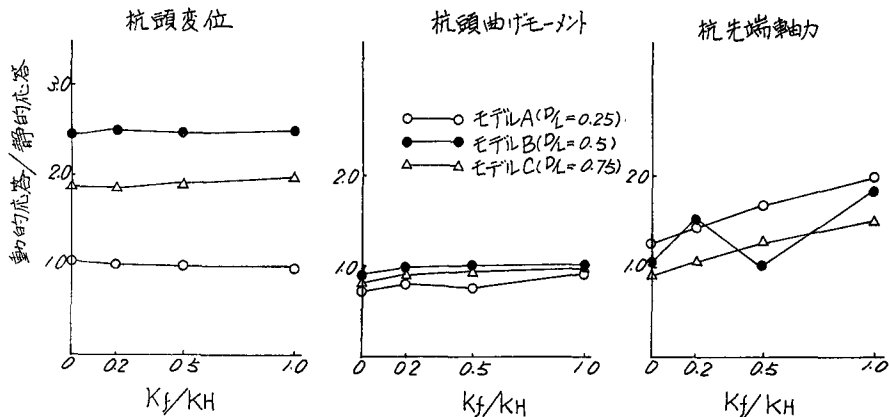


図6 動的解析と静的解析の応答比較 ($G_T/G_{T0} = 0.1$)