

I - B 303

液状化を考慮した基礎の簡易動的解析法の検討

鉄道総合技術研究所 正会員 澤田 亮
同 上 正会員 西村昭彦

1. はじめに

鉄道基礎構造物の耐震設計において、地盤の液状化を考慮する場合には液状化前後の地盤条件で設計を実施する2段階の耐震設計法を提案している¹⁾が十分に検証されてはいない。

本研究では、上述の内容を踏まえて実施した模型振動実験²⁾の検証解析を簡易な解析モデルを提案して実施し、液状化の進行に伴う基礎構造物の固有振動数の変動について考察し、さらに提案した解析モデルの妥当性について検討した。

2. 簡易動的解析法

2.1 解析モデル

動的解析モデルは、地盤および杭をばねで表現する1質点系モデルによる時間領域における逐次非線形解析とした。ここで、1質点系モデルは図1に示すように、杭のみによるばねと地盤のみによるばねを並列で表現したモデルとした。これは、液状化のように地盤の状態が劇的に変化するような現象を考えた場合、地盤の非線形性を単独で考慮の方が現象を容易にとらえることができると考えたからである。

この場合、杭と地盤は独立に考慮することになるので相互作用の観点からは適切かどうか疑問があるが、それぞれの非線形特性を単独に考慮するため、複雑な非線形特性も比較的容易に考慮することができる。

並列型モデルは耐震壁など複雑な非線形特性

を持つと考えられる部材の履歴性状をモデル化するために建築の分野で提案³⁾されているが、ここでは、地盤と杭の非線形特性に着目してこれらを組合せたことが新しい試みである。この場合、運動方程式は式1のように表せる。ここで、減衰は速度に比例した減衰定数と履歴による減衰を考慮した。

$$\ddot{x} + 2h(\omega_{str} + \omega_{soil})\dot{x} + (\omega_{str}^2 + \omega_{soil}^2)x = -\ddot{z} \quad \text{式1}$$

ここに、 ω_{str} ：杭の円固有振動数、 ω_{soil} ：地盤の円固有振動数、 h ：減衰定数である。

2.2 質量項の設定

質量項については、模型振動実験結果より過剰間隙水圧比が一定値以上を維持している場合、液状化地盤が流体的な性質で近似できると考えた。その場合、周囲の液状化層（流体塊）の振動による付加慣性力効果が期待される。そこで、質量項に付加質量を加え、付加慣性力効果を考慮することとした。ここで、付加質量を考慮する範囲は、基礎中心から杭間隔を半径とする断面で杭頭から1/3の範囲において曲げ振動が卓越

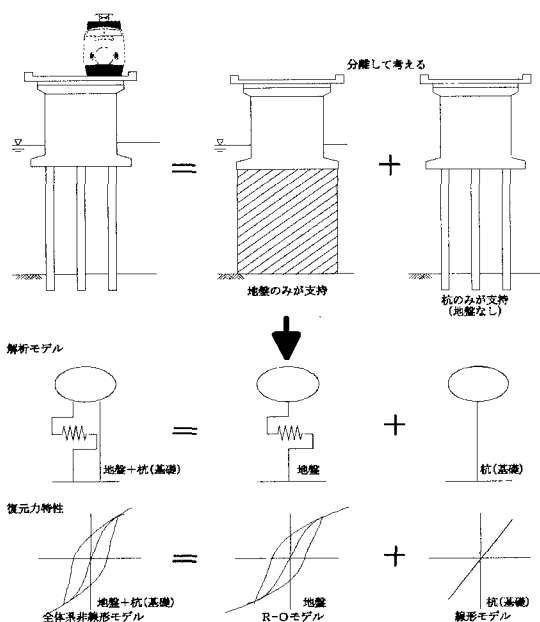


図1 解析モデル

キーワード 液状化, 基礎構造物, 動的解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 tel 042-573-7262 fax 042-573-7248

するものとして考慮した。

2.3 復元力項の設定

地盤のばね定数は、過剰間隙水圧の上昇程度に応じて骨格曲線および履歴曲線の変化させることで、有効応力の変化を考慮した。ここで、骨格曲線は修正 R-O モデルで表現し、履歴曲線は Masing 則に従うものとした。過剰間隙水圧の上昇による地盤剛性の低下程度は模型振動実験結果から得られた図2に示す関係により考慮した。なお、低減後のせん断耐力についてはモール・クロウンの破壊基準より算定し、内部摩擦角は図2の関係により低減した。また、杭体のばね定数は地盤のない状態における荷重～変位関係より設定した。

3. 解析結果

表1に解析条件を示す。ここで、実験モデルは杭上下端ともに固定条件であることから回転ばねは考慮していない。

表1 解析条件

構造物重量(kgf)	10.0
付加重量(kgf)	20.52
杭ばね定数(kg/cm)	2.02
地盤の単位体積重量(tf/m ³)	1.9
地盤の初期剛性(kgf/cm ²)	100.0
基準ひずみ	0.0010542
内部摩擦角(deg)	37.24
初期有効上載圧(kgf/cm ²)	0.054
減衰定数(杭)	0.02
最大履歴減衰定数(地盤)	0.3

なお、地盤のせん断耐力、初期有効上載圧および過剰間隙水圧については、液状化層下端（-60cm）における値を用いた。表1の条件における構造物の初期固有振動数は約15Hzで、実験値とほぼ一致している。

図3に応答加速度の時刻歴結果を比較したものを示す。解析値は、実験値よりも小さめの傾向にあり、液状化進行中はその影響が顕著である。図4にはランニングスペクトルを比較したものを示す。これによると、過剰間隙水圧が上昇し始めた20sec付近までは解析値で得られた構造物の固有周期は小さめの値であるが、水圧が急激に上昇し初めて液状化状態になってからは、解析値で得られた固有振動数と実験値の傾向は比較的一致している。しかし、加速度フーリエスペクトルは解析値が低い値となっている。液状化進行中において解析値が実験値よりも低めの傾向を示した原因は過剰間隙水圧が上昇し始めた付近における固有振動数がうまく説明できていないためと考えられる。

4. まとめ

非線形1質点系の並列型モデルを提案し、模型振動実験結果の解析を実施した。その結果、概ね実験結果を説明していると考えられ、並列型モデルによって液状化時の構造物の挙動を把握することが可能であると考えられる。提案した並列型モデルによれば今回の解析では線形とした杭体についても非線形特性を導入することで、容易に地盤、杭の非線形特性を考慮した液状化地盤における構造物の動的解析が実施できると考えられる。

参考文献 1)澤田,西村:液状化を考慮した基礎の限界状態設計法の一試案,基礎構造物の限界状態設計法に関するシンポジウム,平成7年5月 2)澤田,西村:液状化地盤中の基礎構造物の挙動に関する実験的研究,第24回地震工学研究発表会,平成9年7月 3)石丸:構造物の動的解析,建築技術,1983

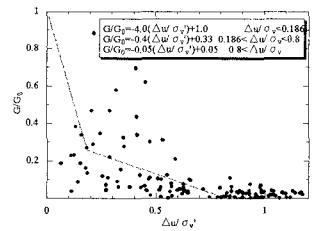


図2 $G/G_0 \sim \Delta u/\sigma'_v$ の関係

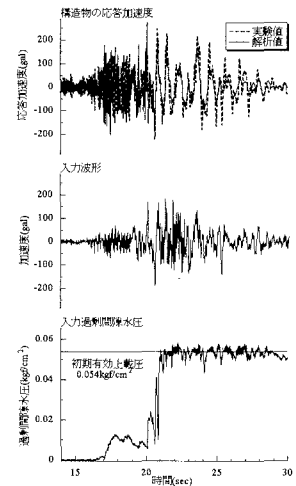


図3 応答加速度の時刻歴

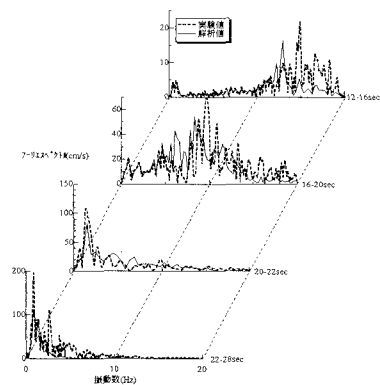


図4 ランニングスペクトル