

動的解析において質量と剛性に着目した構造モデルの提案(その2)

(株)エーバイシー	正会員	○青山	祐士
(株)エーバイシー	正会員	本多	顕治郎
(株)エーバイシー		折見	和彦

1. はじめに

近年の耐震設計には、地下構造物にも動的解析が取り入れられ、地盤と構造物の動的相互作用を評価することも少なくない。この時、地盤の非線形性は勿論のこと液状化現象の評価に特化した専用の解析コードが用いられることもある。これらの解析コードは2次元解析であり、地盤をモデル化する平面ひずみ要素の他に、構造物をモデル化する目的で梁要素が用意されている。この梁要素は、非線形履歴モデルにトリリニア型の骨格曲線を持つ武田モデルなどである。しかし、実際に耐震設計の対象となる構造物には、ボックスカルバートのような純ラーメン構造は少なく、大抵の場合耐震壁が配置されており、動的解析で重視されるべき質量や剛性の評価を困難にしている。

この点について、本論のその1では水道施設における配水池のような箱形の構造物に対して、質量と剛性が3次元モデルのそれに近い“フレーム重積モデル”を提案した。このモデルによれば、2次元解析でありながら、3次元モデルに極めて近い応力を再現可能である。本論では、フレーム重積モデルが適用出来ない複雑な形状を有する構造物に対して、2次元解析で3次元効果が得られる構造モデルを提案する。

2. 質量と剛性に着目した構造モデルの提案

構造物の動的解析で最も重要な要素は、たとえ低層の建物であっても質量と剛性である。質量や剛性を正しく評価する解析手法は、3次元解析が望ましい。しかしながら、実務レベルでの地盤と構造物の3次元動的解析は時間や費用の点で現実的とは言えない。このため、2次元解析において3次元効果を得るための構造モデルとして、図-1に示すようなモデルを提案する。

①多質点系モデル(いわゆる串だんごモデル)

②壁の重積モデル

ここで、多質点系モデルは、以前から建築の分野で用いられている動的解析モデルである。壁の重積モデルとは、剛性の大きい耐震壁やフレームを抽出し、節点同一変位でそれぞれのフレームの変位を同一にしたモデルである。

このようなモデル化では応力の評価は出来ないが、大規模な構造物に対して、始めに多質点系モデルや壁の重積モデルで動的解析を行い、加速度やせん断力等の応答値を求め、次に3次元モデルを作成し、得られた応答値でプッシュオーバー解析を行って応力を評価することは、現実的な対応と考えている。

図-1の多質点系モデルにおける質量と剛性については、建築一貫構造計算プログラムの保有水平耐力の計算機能から、等価せん断型剛性¹⁾として求めることができる。また、地下部分がある場合は、地下壁に作用する地震時土圧が取込まれないと適切に解析できたとはいえないが、地下部分に対して構造物と地盤を剛パネ要素でつなぎ地震時土圧が評価できる構造モデルとなっている。

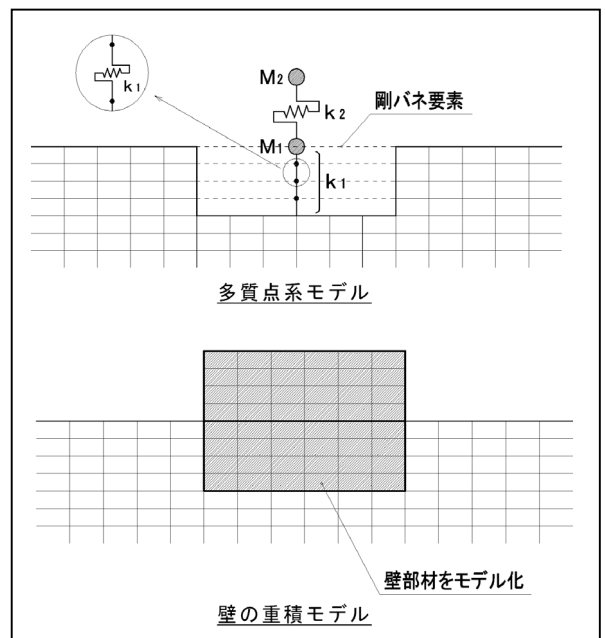


図-1 3次元効果を得るための構造モデル

キーワード 耐震設計, 動的解析, 地盤と構造物の動的相互作用, フレーム重積モデル, 3次元効果

連絡先 〒530-0043 大阪市北区天満 1-19-4 センチュリーパーク東天満ビル 6F (株)エーバイシー設計部 TEL06-6352-5663

3. 提案する構造モデルによる解析例

1) 解析目的

図-2 の水道施設におけるポンプ場に対して、図-1 で示した多質点系モデルと壁の重積モデルの両者を解析し、構造モデルの違いによる応答値の差異を確認する。

2) 解析条件等

レベル 2 地震時の検討に用いる入力波形は、「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版」にて紹介されている、1995 年兵庫県南部地震における J R 鷹取駅構内で測定された N S 記録波とする。

2 次元の時刻歴応答解析は、汎用動的解析プログラム TDAPⅢを使用した。また、多質点系モデルは質量と剛性を質点とせん断剛性(バネ)で評価し、壁の重積モデルは梁要素と平面応力要素にてモデル化している。

3) 解析結果

解析結果の応答値(変位・速度・加速度)を図-3 に示す。前述したように、両者の質量と剛性の評価法は異なるが、応答値に目立って大きな差は見られない。この結果は、今後の地盤と構造物の動的解析の道筋を付けるものと期待出来る。すなわち、モデル化に要する労力は、圧倒的に多質点モデルの方が少なく、従来、地上の高層建築物の動的解析で適用されているモデルが、地下部分に対しても適用出来る意味は大きい。

次に、地震時土圧の分布を図-4 に示す。両モデルで土圧合力の差は 1 割程度と小さいが、分布形状は異なる。これは、地盤の要素が取り付く、構造モデルの剛性の差によるものと考えられる。すなわち、多質点系モデルはせん断剛性(バネ)部分に取り付き、重積モデルは梁及び平面応力要素に部分的に取り付くという剛性の差が顕著に現われたものと考えられる。

4. おわりに

本ポンプ場の解析は、実際には 3 次元のプッシュオーバー解析を実施し、発生応力の検証も行っている。その結果、構造物の地震時の安全性が確かめられている。今後、各部材の損傷レベルなどについてまとめ、機会を得て発表したい。

参考文献

- 1) 日本建築構造技術者協会：耐震構造設計ハンドブック，pp.94-95，(株)オーム社，2010 年

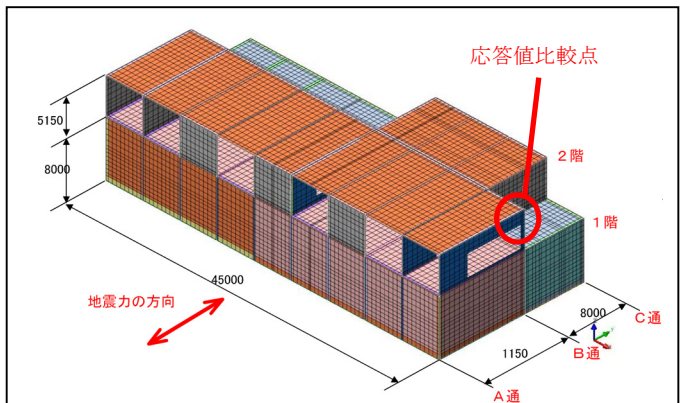


図-2 ポンプ場の概要図

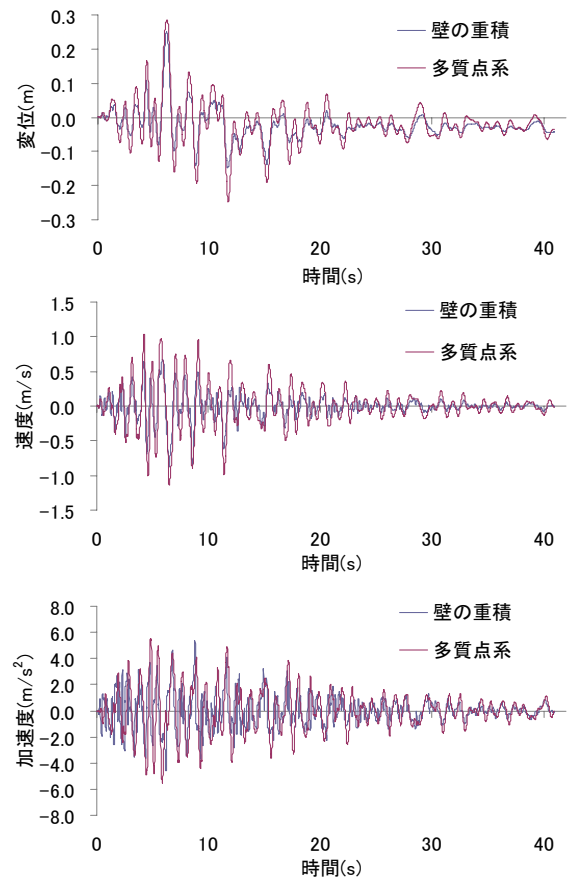


図-3 変位・速度・加速度の履歴図

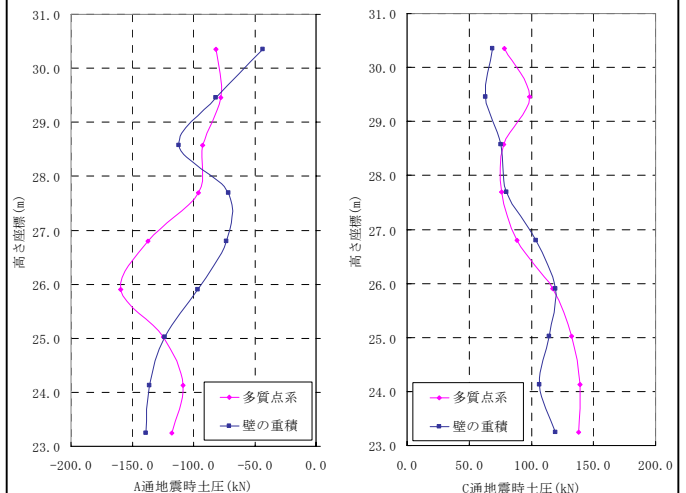


図-4 地下部分の土圧分布(各節点の最大値)