

地盤慣性力に基づく応答変位法による地下構造物横断方向の耐震設計法 - レベルⅡ地震動に対する適用性の検証 -

九州大学 学生員 ○松尾 浩二 フェロー 大塚 久哲
(株) オリエンタルコンサルタンツ フェロー 田中 努 正員 橋 義規

1. はじめに.

現在、地中構造物の耐震設計には、応答変位法が用いられている。本研究は、簡便で実務的なFEMを用いた応答変位法を提案するとともに、動的解析と比較し、大規模地震時における解析法の妥当性を検証する。

2. 解析方法

現行の指針¹⁾では、表層地盤を固有周期が等価な均一地盤に置換する方法を採用しているが、現実には多層地盤であることが多く、変形モードが余弦関数とは異なるとともに、固有周期の近似が悪くなる場合があることが指摘されている。また、耐震計算上支配的である地盤バネの算定方法に不確定要素が多く、構造物の剛性が低い場合、地盤以上の変形が生じるなどの矛盾もある。このような問題を解決するために、多層地盤の固有値を理論解にて求めるとともに、地盤バネの算定を回避できるFEMを用いた応答変位法が提案されている。²⁾

本解析法は、FEMモデルに慣性力を静的に作用させる手法である。慣性力としては、1次モードのみ考慮することとし、多層地盤の固有値(固有周期・モード形・刺激係数)をもとに、設計地震動の加速度応答スペクトルに応じて、以下の式により算定する。

$$F(z) = \gamma_1(z) / g \cdot A(z)$$

$$A(z) = \phi(z) \cdot \beta \cdot S_a$$

ここで、 z ；深さ、 $F(z)$ ；慣性力、 $\gamma_1(z)$ ；地盤の単位体積重量、 g ；重力加速度、 $A(z)$ ；地盤の絶対加速度、 $\phi(z)$ ；地盤の1次モード振幅、 β ；地盤の1次の刺激係数、 S_a ；地盤の1次固有周期に対する絶対加速度応答スペクトル値である。本手法を、以後「地盤慣性力に基づく応答変位法」と称する。

また、動的解析は地盤と躯体の非線形性を同時に考慮するために、Newmarkの β 法($\beta=1/4$)による逐次非線形解析を行った。

3. 解析条件

3.1 地盤および構造物のモデル化

図-1のように地下構造物断面をはり要素で表し、耐震計算上の基盤面より上の表層地盤をFEMのソリッド要素で表す。また、地盤の非線形特性としてRamberg-Osgoodモデル、構造部材の非線形特性として武田モデルを用いた。

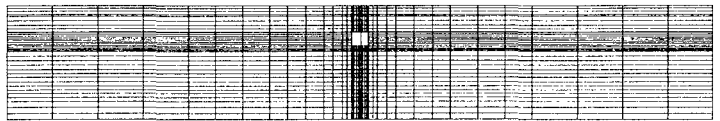


図-1 解析モデル

R-Oモデルのパラメータは、地盤の $G-\gamma$ 曲線より求めた。

3.2 入力地震動

道路橋示方書(V 耐震設計編)に規定されているI種地盤のType1およびType2の地震動の振幅を1/2にした波を上昇波とし、SHAKEにより地盤の応答解析を行って設計基盤面における地震動を求めた。

図-2、図-3に、求めた耐震計算上の基盤面における入力地震動を示す。

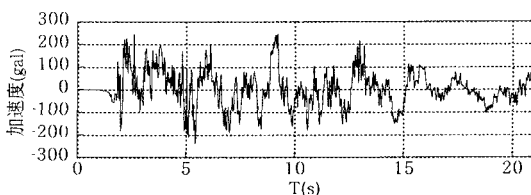


図-2 入力地震波 (TYPE1)

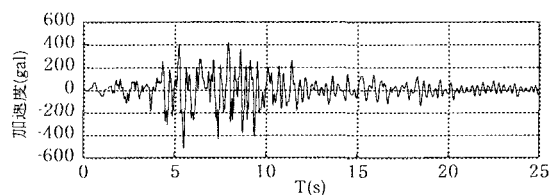


図-3 入力地震波 (TYPE2)

4. 解析結果

図-4～図-7に、それぞれの地震動に対し両手法による各部材の断面力を比較した。曲げモーメントに関しては、A端およびD端で差が生じている。せん断力に関してはA端B2,D端で差が生じている。この差は、Type2地震動の方が大きい。図-9、図-10に、F2におけるそれぞれの地震動に対するM- ϕ 曲線を描く。これより、両地震動において、構造部材が非線形領域に入っていることを確認できる。なお、曲げモーメントおよびせん断力については正負の値を取るが、図は絶対値で示している。図-8に比較した構造部材の位置を示す。

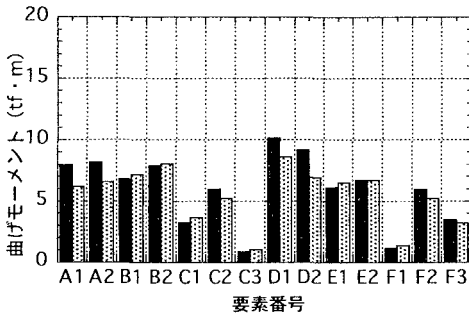


図-4 曲げモーメントの比較 (TYPE1)

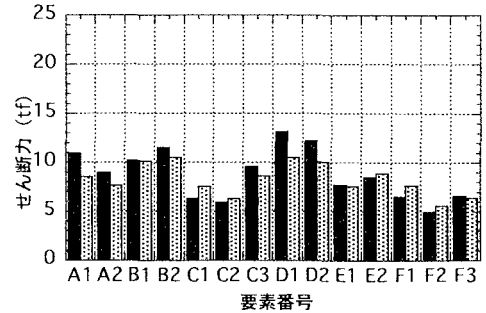


図-6 せん断力の比較 (TYPE1)

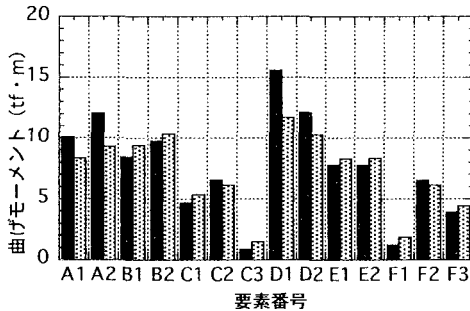


図-5 曲げモーメントの比較 (TYPE2)

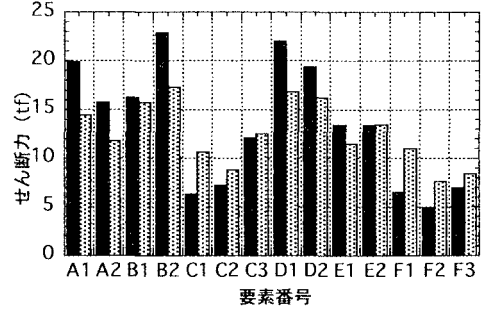


図-7 せん断力の比較 (TYPE2)

■ 地盤慣性力に基づく応答変位法 ▨ 動的解析

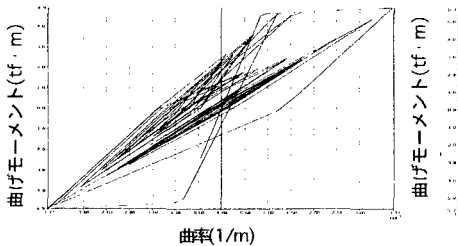


図-9 履歴曲線 (TYPE1)

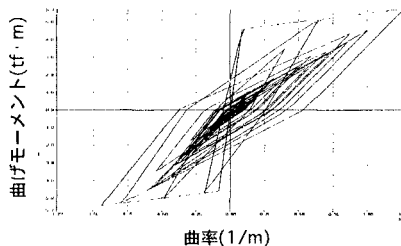


図-10 履歴曲線 (TYPE2)

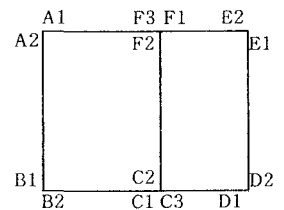


図-8 比較した構造部材の位置

5. まとめ

本研究により、地盤慣性力に基づく応答変位法は、大規模地震に対しても適用性を有していることが確認できた。

参考文献 1) 駐車場設計・施工指針・同解説, (社) 日本道路協会, pp.155～186, 平成4年11月 2) 田中・橋, 地盤慣性力に基づく応答変位法による地下構造物横断方向の耐震設計法, 土木学会第52回年次学術研究発表会, pp.906～907, 平成9年9月