

I-B 418 地中構造物横断面のレベル2地震動に対する応答変位法

大成建設（株） 正員 福嶋 研一 正員 立石 章

1. はじめに

阪神・淡路大震災において地中構造物が受けた被害の特徴の一つとして、大開駅のように横断面方向に大きな地震力を受けて部材が曲げまたはせん断により損傷したことが挙げられるが、このようなレベル2地震動¹⁾に対する耐震計算法の規定は皆無というのが現状である。ここでは、地中構造物横断面方向の耐震設計法として従来より広く行われてきた応答変位法を、地盤および構造物の非線形性を取り入れてレベル2地震動対応に拡張しその適用性を検討したので、報告する。

2. 検討内容

検討は、(1)非線形動的解析法と非線形応答変位法の結果を比較して、非線形応答変位法の適用性を検討する、(2)地盤および構造物の非線形性が結果にどの程度影響するか検討する、の2項目である。

検討モデルは、図1のように、構造物はRC製の2連のボックスカルバートとし、地盤は3層地盤を想定した。検討用地震動は大開駅の復旧設計³⁾にならって兵庫県南部地震におけるポートアイランドGL-83mでの観測波のNS成分とした。ただし鉛直動は本検討では考慮しなかった。

動的解析法としては、地盤は予めレベル2地震動対応としてせん断剛性を一律1/4に低下させ減衰は20%とし³⁾、地中構造物周囲はジョイント要素によりすべり・剥離を考慮し、構造物は常時軸力下での $M \sim \phi$ 関係をダイグレーディングトリリニアモデルにより表した。なお、部材の鉄筋量は地下駐車場の指針⁴⁾に基づいてレベル1地震動対応の耐震設計を行い決めた。

応答変位法としては、図2に示したように、すべり・剥離を表すばねと地盤を表すばねの二重のばねを構造物周囲に取り付け、周囲せん断力は二重ばねの中間節点に作用させ、地盤ばね端に変位を作用させた。これにより変位と周囲せん断力の接触面の力に対しすべり・剥離が検討できることとなる。地盤ばねは等価せん断剛性を用いて道路橋示方書より求め、周囲のすべり・剥離、構造物の $M \sim \phi$ 関係は動的解析法と同じモデル化した。地盤ばねに対し受働抵抗土圧の極限を設定しようとしたが、本検討モデルは土被りが比較的大きく問題とならなかったで考慮しなかった。地盤変位は検討用地震動の速度応答スペクトル（図3）と自由地盤モデルの固有値解析結果より求め、周囲せん断力は変位と等価せん断剛性より地盤せん断応力を求めて設定し、さらに慣性力算定用の震度は地盤せん断応力を再現する等価震度より求めた。検討ケースを表1に示す。

3. 検討結果

検討結果として構造物の側壁および隔壁の断面力を比較して図4、図5に示し、以下に考察する。

- ① 曲げモーメント、せん断力とも、非線形動的解析Case-Dと非線形応答変位法Case-S1の結果は良く一致しており、速度応答スペクトルによる地盤応答と地盤および構造物の非線形性を考慮した応答変位法は非線形動的解析法の結果を模擬できる可能性がある。
- ② 周囲のすべり・剥離を考慮していないCase-S2は考慮しているCase-S1の1.1倍程度の曲げモーメント、せん断力になっているのに対し、構造物の非線形性を考慮していないCase-S3は考慮しているCase-S1の1.1～1.8倍の断面力となっていて、周囲のすべり・剥離に比べて構造物の非線形性の影響は無視しえない。
- ③ 等価剛性による地盤ばねを用いただけの線形応答変位法Case-S4は非線形応答変位法Case-S1の1.5～4.0倍の曲げモーメント、せん断力となっており、原子力発電所重要土木構造物の耐震設計法⁵⁾にならって構造物の剛性を1/2に低下させた線形応答変位法Case-S5でも非線形応答変位法Case-S1の1.3～3.0倍の断面力となっており、過度に安全側の結果となっている。

レベル2地震動対応としては、地中構造物の簡便な部材非線形性の評価法、地盤応答の簡便な評価法など、多くの課題が残されており、今後研究を進めていく予定である。

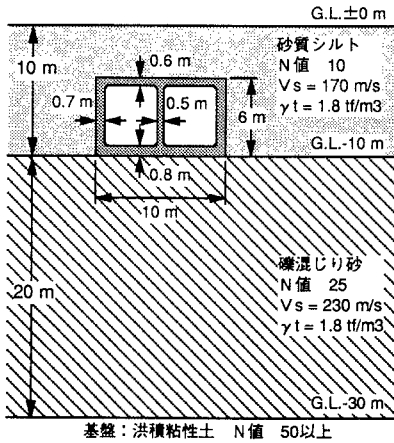


図1 地中構造物と地盤の検討モデル

表1 検討ケース

ケース名	解析法	構造物	地盤との接触面
Case-D	動的解析法	D-Tri モデル	すべり・剥離考慮
Case-S1	応答変位法	D-Tri モデル	すべり・剥離考慮
Case-S2		D-Tri モデル	剛結
Case-S3		初期剛性	すべり・剥離考慮
Case-S4		初期剛性	剛結
Case-S5		等価剛性(低下率1/2)	剛結

※D-Tri モデルとはダグレイディング・トリリニア・モデルの意味

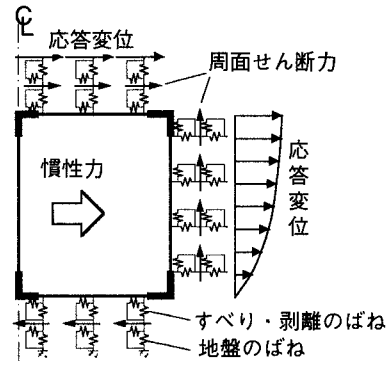


図2 非線形形応答変位法の解析モデル（半断面）

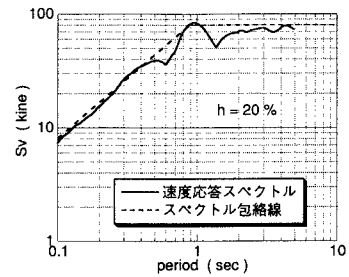


図3 兵庫県南部地震ポートアイランドGL-83m 観測波N S成分の速度応答スペクトル

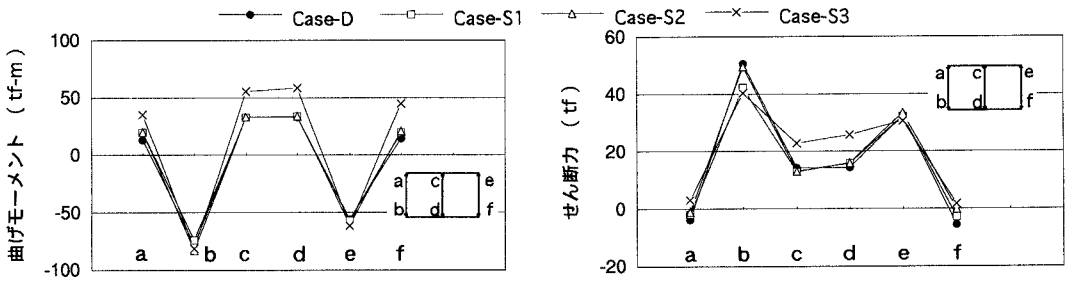


図4 地震時断面力の比較（非線形動的解析と非線形形応答変位法）

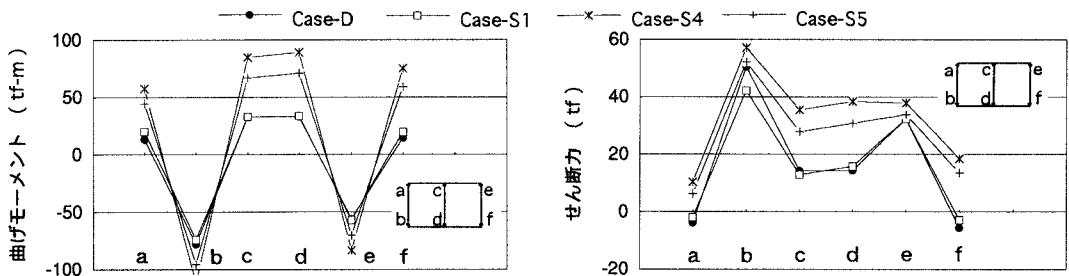


図5 地震時断面力の比較（非線形動的解析と線形形応答変位法）

参考文献

- 1) (社) 土木学会：土木構造物の耐震基準等に関する第二次提言、平成8年1月。
- 2) 廣戸、飯田、青木、小向、山原、横山：神戸高速鉄道・大開駅復旧工事の設計と施工、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp.467-474、1996年1月。
- 3) (社) 土木学会耐震工学委員会：基礎・地盤・構造物系の動的相互作用、平成4年9月。
- 4) (社) 日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説、平成4年11月。
- 5) (社) 土木学会原子力土木委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル、1992年9月。