

東電設計(株)	正員	○片山	幾夫	足立	正信
同	上	正員	嶋田	穰	都築 富雄
同	上		瀬下	雄一	

1. はじめに 近年、地中に埋設される土木構造物が増大し、これらの構造物の耐震性の検討が強く要望されている。筆者らは、地中埋設カルバートやトレンチといった構造物の横断面の耐震解析に、簡便で、かつ得られる解に信頼性がある解析手法を提案した⁽¹⁾。(今回「応答震度法」と称す。)

2. 従来の地中埋設構造物の耐震解析手法 図-1に示すような地中埋設構造物の地震時挙動は、一般に周辺地盤のせん断変位に支配されているということが知られている。このため、この種の構造物の耐震設計に際して、簡便的な解析手法として「応答変位法」が広く用いられている。しかしこの「応答変位法」は、その力学モデルの基本要素であるバネの設定法に一般性がなく、解析に考慮する荷重(変位、慣性力、せん断力等)に一貫性がない。即ち、図-2に示すような、2次元動的FEM解析の結果として得られる荷重状態を再現しうるようなバネを予め設定することは困難である。一方、二次元動的FEM解析は、この種の構造物の解析にとって、設計者が任意に定めなければならない力学的前提条件が少くない解析手法であると言える。しかしこの手法は一回の解析費用が高く、不確定さを伴う地盤を取扱うことになるこの種の解析に必要なパラメトリックスタディーには向いていない。

3. 応答震度法 この解析手法は、例えば「FLUSH」で地盤・構造物を含む系を解析する場合と全く同じモデルを作成し、自然地盤の一次元波動応答解析から得られる同時刻加速度分布を物体力として、二次元モデルに作用させるものである。以下にその解析手法について詳細に説明する。

- (1) 図-1に示すような地中埋設トレンチを二次元有限要素にモデル化する(図-3参照)。
- (2) 自由地盤の一次元波動応答解析を行う。この際、等価線形化法により、地盤の収束剛性値を得ると共に、地盤各層での変位・加速度時刻歴データを求める。
- (3) 地盤の変位時刻歴データを用い、トレンチ頂・底版に相当する位置間(図-3で8層と10層)の相対変位が最大となる時刻を求める。次に地盤の加速度時刻歴データから、前記の時刻における加速度分布を求め、これを各層ごとの震度分布に換算する。
- (4) 二次元FEMモデルにおいて、(2)で得られた収束剛性値を地盤の剛性値とし、(3)で得られた震度をこのFEMモデルに物体力として持込むことによって、地中埋設トレンチの地震時最大断面力や地盤の応力が得られる。

4. 応答震度法の適用性について 応答震度法の適用性を調べるために、表層の厚さ・トレンチの埋設レベル・トレンチの設置状況(岩着、非岩着)・入力地震動、といったものをパラメーターにして解析を行った。ここでは、「FLUSH」による解析結果を基準にとり、これと応答変位法および応答震度法による解析結果を比較した。その結果、ここで設定した全てのケースについて、応答震度法による解は、「FLUSH」による最大断面力と数%以内で一致することが知られた⁽¹⁾。

図-3のモデルで、入力地震動としてTaftの地震波(GL-80m, 2E=300gal)を用いた解析結果を図-4(上図)に示す。また図-1の左図のような場合についての同様な解析結果を図-4(下図)に示す。以上の結果から、いずれも応答震度法は「FLUSH」による解にほぼ等しい解を与えるのに対し、応答変位法は、トレンチの設置状況によって基準解との差が大きく異なる。すなわち、トレンチが岩着の場合には過大な断面力を示し、一方非岩着の場合には、やや過少な値を示す。

応答震度法は、その適用に際して、構造物にも地盤と同様な震度を載荷する。この仮定が実際にどの程度の問題を含むかどうかを知るために、図-3のモデルでの「FLUSH」解析から、構造物と

同レベルの自由地盤 (N0.8) と構造物 (N0.193) の加速度応答スペクトルを求めたが、両者は実用上十分に一致した。

5. まとめ 以上のことより、応答震度法の特徴をまとめると、

- (1) 解析入力条件に根拠の不明確な条件を用いないで、一般性のある最少量の条件を用いるため、解析結果が一義的に得られる。
- (2) 地盤を二次元有限要素でモデル化しているため、力の配分に二次元的な効果を期待でき、この種の構造物に有為な震度を作用させるので、動的解析と同等な解析結果が得られる。
- (3) 解析が簡便なため、解析費用は同様なモデルでの「FLUSH」解析の約15分の1以下であり、同じ費用で多くのパラメトリック・スタディーを実施しうる。

本報告での解析適用範囲は、地盤が水平成層な場合であり、また塔状構造物のような物については未検討であり、これらは今後の研究課題として残されている。

【参考文献】1) 片山、足立、嶋田、都築：地中埋設構造物耐震設計のための実用的な解析手法について、第19回土質工学研究発表会
2) 土木学会：地盤の評価に関する研究（地盤の評価手法の標準化に関する研究）S59.3

