

## (VI-8) 下水道施設における耐震計算システムの開発

(株) 解析技術サービス 正会員 湯浅 明  
 日本工営(株) 中央研究所 正会員 大角恒雄  
 日本下水道事業団 山本賢一  
 東海大学 正会員 川上哲太郎

### 1. はじめに

1999年トルコにおけるコジャエリ地震、台湾における集集大地震など世界各地でM7クラスの直下型地震が発生し都市機能に多大な被害を与えた。これにより日本では土木構造物の耐震設計において直下型地震の考慮の必要性が再確認されている。

筆者らはレベル2地震動に対する下水道施設の耐震性能照査の手法として非線形応答震度法の適用を検討してきた<sup>1)~4)</sup>。その結果、動的非線形応答を考慮した震度、地盤・構造物の非線形特性を考慮した静的モデルを用いることで、応答震度法により実用的な耐震計算が可能であることを明らかにした。

一方、一般的な設計者が上記の方法により下水道施設の耐震計算を行う場合、計算に必要な機能を有した計算プログラムが整備されていないのが現状である。そこで、簡易的に対話型で非線形応答震度による耐震計算が可能なシステムを開発し、ここに報告する。

### 2. システム概要

当システムは PC-EDRESS-Sefac<sup>5)</sup> 上に構築したシステムである。図-1 にシステムフローを示す。システムへの入力、地盤の地層区分及び物性特性と強度特性、構造物の2次元断面及び物性特性と強度特性、地震動簡易策定システム<sup>6)</sup> による入力地震動(2E波)の3情報である。これらの情報よりシステム内で要素分割、境界条件の設定を行った後、図-2 に示す手順で応答震度法解析を実施する。出力は、解析結果として構造物の断面力分布、応答塑性率と計算過程で算出・算定された諸条件である。

### 3. 耐震計算法

図-2 に非線形応答震度法の解析フローを示す。解析フローのブロックは大きく分けて8つに分けられる。

①の初期応力は荷重増分法による自重解析により計算する。荷重増分法とは応答震度法に用いる FEM モデルに構造物、地盤の細分化された自重を徐々に載荷することにより応力状態を再現する方法である。

②は道路橋示方書に示す方法<sup>7)</sup> により構造物の降伏モーメント  $M_y$ 、降伏曲率  $\phi_y$  を算定する。

③の1次元動的解析から地盤の加速度  $\alpha_g$  と応答スペクトルを作成するため構造物底版レベルでの加速度応答時刻歴を保存する。ここで、考慮される地盤の構

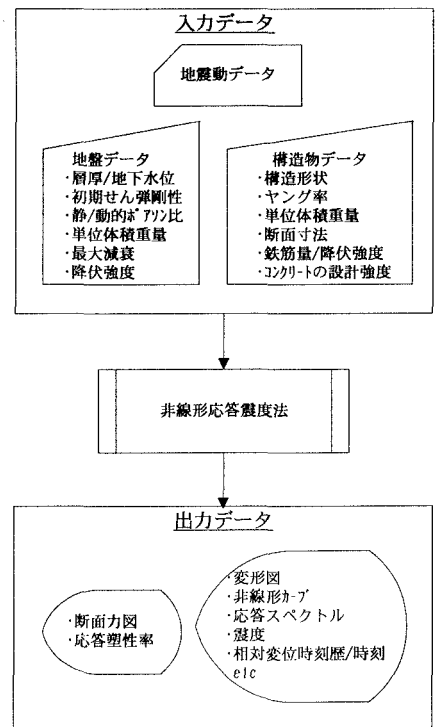


図-1 システムフロー

**Key word** : 下水道処理場、レベル2地震動、非線形特性、応答震度法、計算システム

**連絡先** : 〒104-0051 東京都中央区佃 3-2-10 オークビル3F TEL 03-5548-5713 FAX 03-5548-5714

成則は Ramberg-Osgood モデル<sup>8)</sup>で、Masing 則を適用した履歴モデルを用いている。

④では構造物だけのモデルでせん断変形モードの第1固有周期を初期剛性で求める。

⑤では③で求めた加速度応答時刻歴から減衰定数5%の応答スペクトルを作成する。

⑥では地盤と構造物の震度の計算を行う。地盤の震度は③で求めた  $\alpha_g$  を用い  $K_{hg} = \alpha_g/g$  ( $g$ : 重力加速度) より求める。構造物の震度は、最上端の震度を⑤で作成した応答スペクトルより④で求めた固有周期の加速度  $\alpha_s$  を読み取り  $K_{hs} = \alpha_s/g$  より算出する。最下端の震度は同じレベルの地盤の震度とし、その間は線形補完した震度を用いる。

⑦では地盤に Ramberg-Osgood モデル、構造物にバイリニア (折れ曲がり点は  $M_y$ ) を適用し荷重増分法により静的非線形解析を行う。

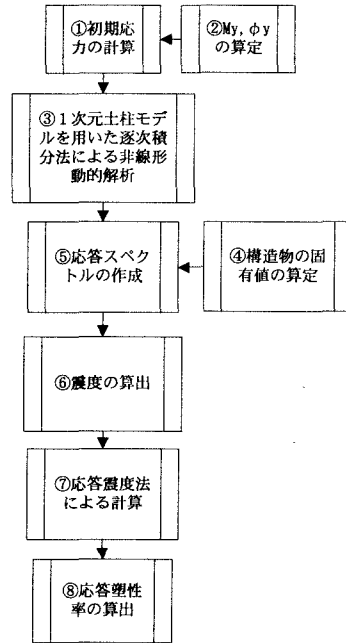
⑧では構造物の応答塑性率  $\delta$  を  $\delta = \phi_{max}/\phi_y$  ( $\phi_{max}$ : 応答震度法による応答曲率) より求める。

#### 4. まとめ

本システムは、著者らが提案する非線形応答震度法により下水道施設の耐震計算を行うために必要な計算機能を装備し、さらに簡易な対話型としたものである。これより、本システムが下水道施設の耐震計算用に活用できるものと考えられる。また、本システムは、「下水道施設における地震リスクマネジメントに関する研究」の一環として開発したもので、今後は、地震災害に対し、下水道施設にリスクマネジメントの概念を導入し、社会基盤システムの災害時の機能分析に基づいた災害軽減対策を検討する予定である。

#### [参考文献]

- 1) 大角ら、半地下構造物における非線形応答震度法の適用に関する一考察、第26回土木学会関東支部技術研究発表会、平成11年3月
- 2) 湯浅ら、下水道施設の半地下構造物における非線形応答震度法の適用に関する一考察、第25回地震工学研究発表会、平成11年7月
- 3) 大角ら、下水道施設の半地下構造物における非線形応答震度法の適用に関する一考察、第54回土木学会年次学術講演会、平成11年9月
- 4) 湯浅ら、下水道施設に適用する非線形応答震度法の解析手法について、構造工学論文集 Vol.46A、2000年3月 (投稿中)
- 5) 水谷ら、地震災害早期支援システム (EDRess) の基本構想、地域安全学会論文集、pp.83~90、1999年11月
- 6) 大角恒雄、山本賢一：断層モデルを考慮した地震動簡易策定システムの開発、第33回地盤工学研究発表会、pp.1131~1132、1998。
- 7) 道路橋示方書・同解説書Ⅲコンクリート橋編、pp.116-126、平成8年12月、社団法人日本道路協会
- 8) 岩崎敏男、龍岡文夫、高木義和：地盤の動的変形特性に関する実験的研究 (II) 土木研究所報告 第153号 1980。



図一2 非線形応答震度法の解析フロー