

管路横断面に作用する周面せん断力の影響評価

神戸大学工学部 710-会員 高田 至郎  
 神戸大学大学院 学生員 上田 智宏  
 (株)シビルソフト開発 岡田 健司

1.はじめに

「下水道施設の耐震対策指針と解説 - 1997年版 -」<sup>1)</sup>によって、下水道管路施設の耐震設計には、応答変位法の考え方が導入されたのが大きな特徴である。しかし、より合理的な耐震設計法の確立を前提として、構造物と地盤との相互作用の解明や構造解析上の最適なモデル化など、工学的見地からは解明しなければならない課題も多い<sup>1)</sup>。とくに、現行の耐震計算法では、円管横断面の応答変位法には周面せん断力は作用させておらず、地盤に埋設されている管路周囲には地盤内応力が作用していることから、本研究では、その周面せん断力の影響について解析的検討をおこなった。その手法として、応答変位法との比較のため、準動的FEM解析手法である応答震度法<sup>2)</sup>を用いた。さらに、管路と地盤には強震時において、滑り・剥離が生じる可能性が考えられることから、滑り・剥離といった地盤・構造物系の動的相互作用を考慮できるジョイント要素の導入によって、非線形応答震度法の静的耐震計算手法を開発し、より現実的な耐震計算をおこない、周面せん断力の影響評価をおこなった。

2.解析手法

応答変位法・応答震度法の解析手法の流れは図-1に示すとおりである。応答変位法は、地震水平力のみと地震水平力と周面せん断力ともに作用させた2タイプの耐震計算をおこなった。一方、応答震度法は、応答変位法の地震水平力と周面せん断力作用時の管路の応答レベルになるような荷重レベルに設定し耐震計算をおこない、さらに、その荷重レベルにおいて、図-2に示すようなジョイント要素を図-3に示す構成関係<sup>3)</sup>によって配列した非線形応答震度法の解析をおこない、より現実的なモデル化による耐震計算をおこなった。解析ケースは表-1に示すとおりである。

キーワード：円管横断面、周面せん断力、耐震設計、応答変位法、応答震度法  
 連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 神戸大学工学部 TEL 078-881-1212 FAX 078-803-6069

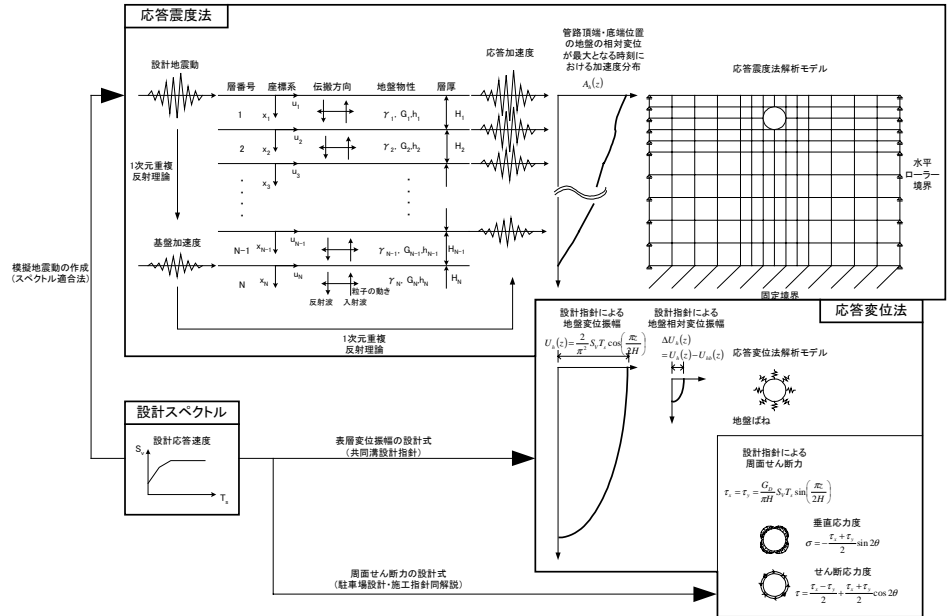


図-1 解析手法

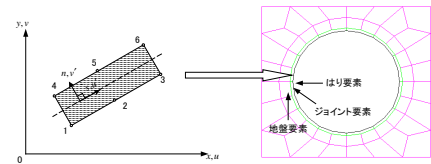


図-2 ジョイント要素

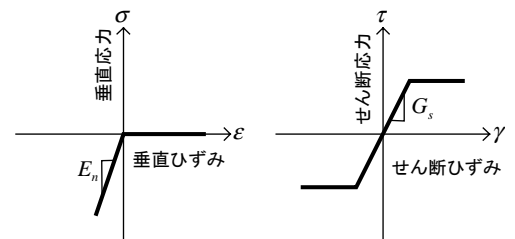


図-3 ジョイント要素の構成関係<sup>3)</sup>

表-1 解析ケース

ケース	解析手法	荷重条件
1	応答変位法	地震水平力
2	応答震度法	地震水平力+周面せん断力
3	応答震度法	滑り・剥離考慮しない
4	応答震度法	滑り・剥離考慮する

### 3.解析モデル

対象地中管路は、推進用ヒューム管（種管）で口径は 200～2000mm で、地盤条件は層厚 24.7m の単層地盤(平均 N 値 1～10)とし、管中心土被り 12.1m とした。ジョイント要素のせん断ばね係数・垂直ばね係数として  $1.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$  を採用した。耐震計算に用いた解析モデルおよび作用荷重について応答変位法・応答震度法、それぞれ図 - 4、5 に示す。なお、滑り・剥離を考慮した非線形応答震度法は荷重増分法を用い、分割ステップは 50 分割とした。

### 4.解析結果

曲げモーメントに関しては、口径 200～800mm の小口径では応答震度法（滑り・剥離考慮する）が滑りによる断面力の低下で応答変位法（地震水平力）による値まで減少している。しかし、口径 1400～2000mm のような大口径になるにつれて応答震度法（滑り・剥離考慮する）と応答変位法（地震水平力+周面せん断力）による計算値がほぼ同じ値で、滑りによる断面力の減少（低下）が見られない。つまり、周面せん断力を考慮する必要があると思われる。また、曲げモーメント外側と内側の最大はほとんど変わらない応答となった。せん断力は口径 200～1000mm くらいまでは応答震度法（滑り・剥離考慮する）が滑りによる断面力の低下で応答変位法（地震水平力）の 80～90% に減少している。そして、口径 1000～2000mm は、応答変位法（地震水平力）と応答変位法（地震水平力+周面せん断力）の中間的な値となりほぼ一定値をたどる。少なくとも、地震水平力のみを外力では不十分であると思われる。

#### 【参考文献】

- 1) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説，日本下水道協会，1997.10.
- 2) 片山幾夫，足立正信，嶋田穰，都築富雄，瀬下雄一：地下埋設構造物の実用的な準動的解析手法「応答震度法」の提案，第 40 回土木学会年次学術講演会講演概要集，第 1 部，pp.737-738，1985.
- 3) 土木学会：動的解析と耐震設計 第 2 巻動的解析の方法，技報堂出版，pp.123-126，1989.7.

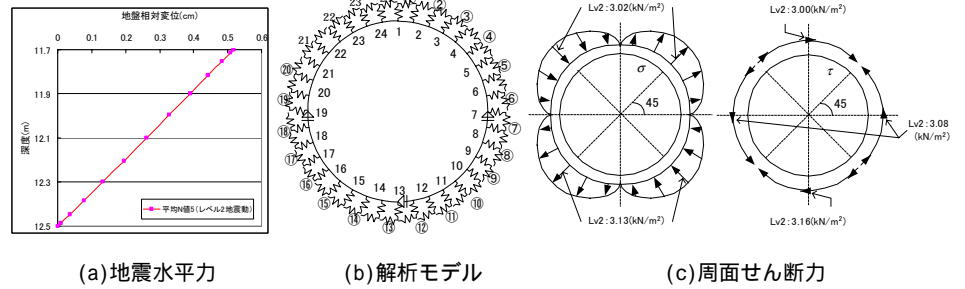


図 - 4 応答変位法の作用荷重と解析モデル（口径 800mm の場合）

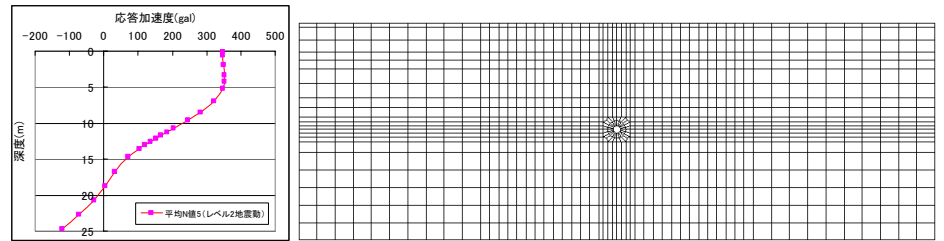


図 - 5 応答震度法の作用荷重と解析モデル（口径 800mm の場合）

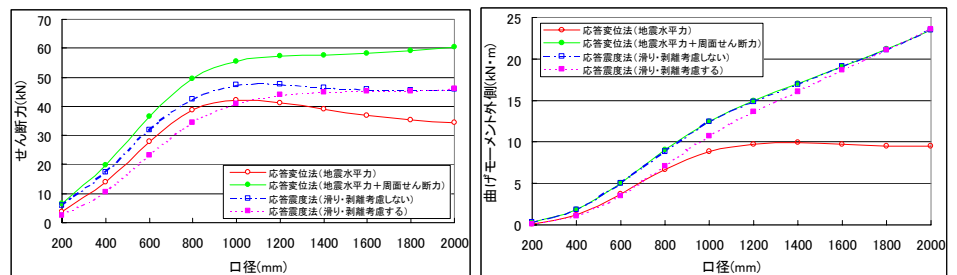


図 - 6 各口径におけるせん断力と曲げモーメント（平均 N 値 5）

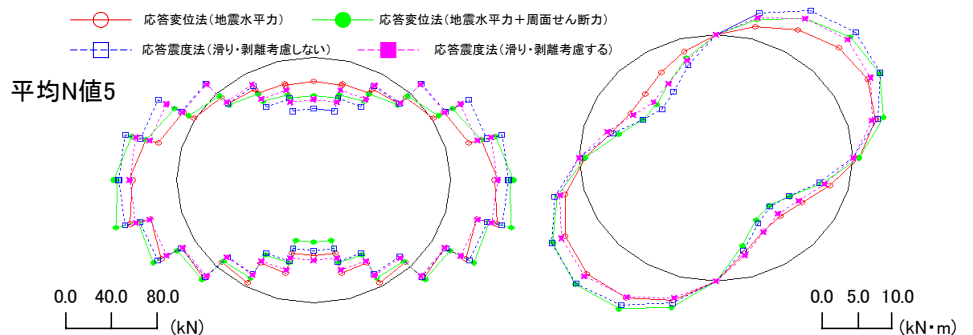


図 - 7 せん断力と曲げモーメントの分布図（口径 800mm の場合）