

下水処理施設の免震・免波構造における免波効果の解析について

弘前大学 学生会員 ○佐藤 優乃
弘前大学 非会員 加藤 恵佑
弘前大学 フェロー会員 有賀 義明

1. まえがき

沿岸域に位置する下水処理施設に関しては、強震動に対する安全性とともに、津波の波力に対する安全性の確認と確保が必要になる。このような必要性から、強震動に対する免震効果と津波の波力に対する免波効果を併せ持つ、免震・免波構造に関して、ここでは、津波の波力に対する免波効果に着目し、三次元解析によりその解析法について基礎的な検討を行った。免震・免波構造の概念は図-1 に示すとおりである。

2. 三次元解析による検討

2.1 概要

2011 年東北地方太平洋沖地震での下水処理施設の地震被害事例を参考にしながら、地上2階・地下2階の半地下構造物を検討対象とした。津波の波力は、SPH 法による解析結果に基づいて設定し、構造物の壁面に分布荷重として作用させ、津波の波力が作用した場合の構造物の変位と応力の解析法について検討した。

2.2 解析モデル

三次元解析モデルの全景を図-2 に示す。解析モデルは、図-3 に示したように、無対策モデルを1ケース、免震・免波構造モデルを2ケース（免震材充填モデルと開放モデル）の計3ケースを設定した。構造物の寸法は、高さ28.4m、幅20.0m、奥行き14.0mとした。基礎地盤は、水平の二層構造を仮定し、深さ30m、幅76m、奥行き70mの範囲をモデル化した。構造物、基礎地盤ともにソリッド要素でモデル化した。免震材充填モデルと開放モデルでは、図-4 に示したように、接触面の剥離・滑動（回転・並進）を評価することが可能なように、構造物と免震材の接触面、および、構造物と免震ゴムの接触面にジョイント要素を配置した。解析は線形解析とし、解析プログラムはISCEFを使用した。

2.3 解析用物性値

構造物と免震材の物性値を表-1 に、地盤の物性値を表-2 に示す。また、ジョイント要素の物性値を表-3 に示す。

2.4 津波の波力

津波の波力は、SPH 法の解析結果¹⁾を基に表-4 に示したように、無対策モデルでは400kPa、免震材充填モデルでは350kPa、開放モデルでは260kPaとした。

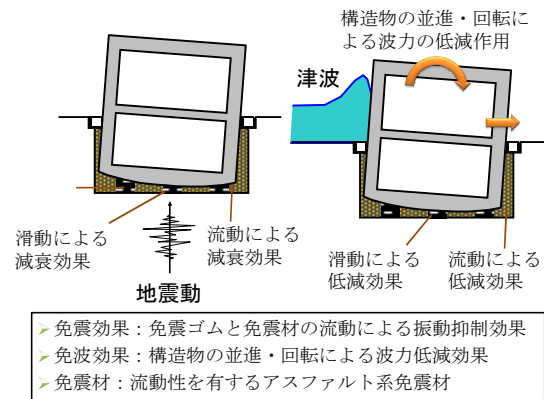


図-1 免震・免波構造の概念

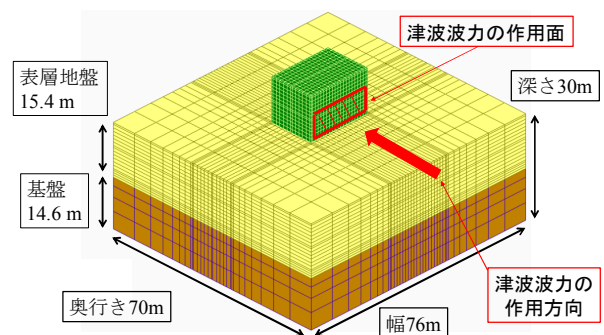


図-2 三次元解析モデルの全景

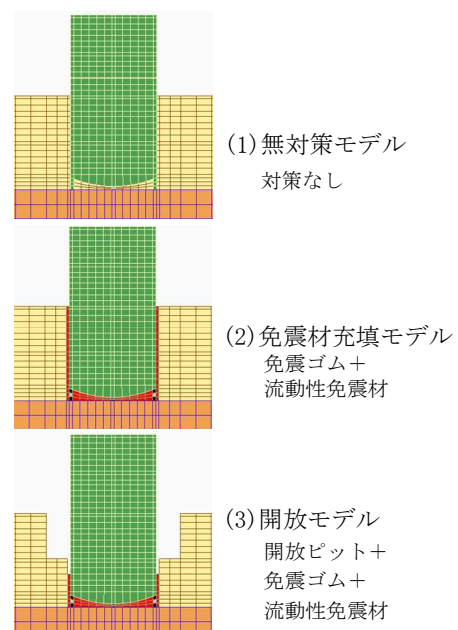


図-3 解析ケース

キーワード：水循環施設、地震対策、免震、免波、津波波力、三次元解析

連絡先：〒036-8561 弘前市文京町3、弘前大学大学院理工学研究科地球環境学コース Tel・Fax 0172-39-3608

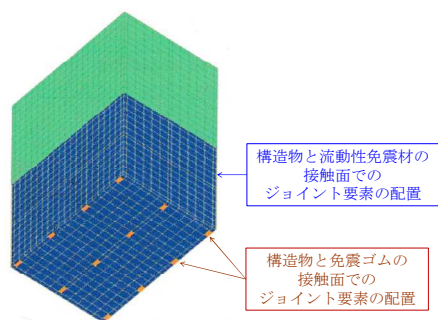


図-4 ジョイント要素の配置

津波波力の作用方向は、図-1 に示したように、構造物の短軸方向とし、地表面から高さ 6.5m、幅 20m の矩形のエリアに分布荷重として作用させた。

2.5 解析結果

(1) 変位

津波の波力が作用した時の変位状況を図-5に示す。無対策モデルでは、構造物の半分が地中に埋設されているため、津波の波力が作用した構造物の正面で変位が発生していることが分かる。免震材充填モデルと開放モデルでは、構造物全体が回転したことを示す結果が得られた。なお、免震材充填モデルよりも開放モデルの方が変位量が大きい結果となった。

(2) 応力

解析結果の一例として、津波の波力が作用した場合の構造物の壁面での応力分布を図-6に示す。引張応力の最大値は、無対策モデルでは 4.49 N/mm^2 、免震材充填モデルでは 3.67 N/mm^2 と開放モデルでは 2.78 N/mm^2 となった。

(3) まとめ

津波の波力を作用させた場合、無対策モデルでは構造物が固定されているため津波波力の作用面に大きな変形と応力が発生した。一方、免震材充填モデルと開放モデルでは、構造物の底面と免震材の接触面で剥離が発生し、構造物全体が回転したことにより構造物壁面の応力が緩和されたものと考察される。

3. あとがき

津波に対する免波効果を解析するために、ジョイント要素を用いて構造物の剥離・滑動（回転・並進）を考慮し得る解析法について基礎的な検討を行ったところ、ある程度、模擬することが可能であることを示す結果を得ることができた。今後の課題としては、解析用物性値の設定法、津波波力の分布形、津波波力の作用方法（静的、動的）等の検討があると考えている。

参考文献

1)竹内幹雄, 有賀義明, 渡辺高志, 川口昇平, 西本安志, 堀宗朗, 有川太郎: 流動性を有するアスファルト系免震材を用いた免震・消波構造に関する基礎的考察, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学), Vol.71, No.4, I_235-I_245, 2015

表-1 構造物と免震材の物性値

項目	せん断剛性 ² N/mm^2	密度 ³ t/m^3	ポアソン比
構造物	14600	2.40	0.20
免震ゴム(硬質ゴム)	5000	0.96	0.49
免震ゴム(軟質ゴム)	5	0.96	0.49
流動性免震材	0.24	1.00	0.49

表-2 地盤の物性値

項目	層厚 M	せん断剛性 ² N/mm^2	密度 ³ t/m^3	ポアソン比
第一層	15.4	16	2.0	0.40
第二層	14.6	240	2.2	0.35

表-3 ジョイント要素の物性値

項目	法線方向剛性 ² N/mm^2	引張物強度 ² N/mm^2	せん断強度 ² N/mm^2
ジョイント要素	35040	0.96	0.49

表-4 解析ケース

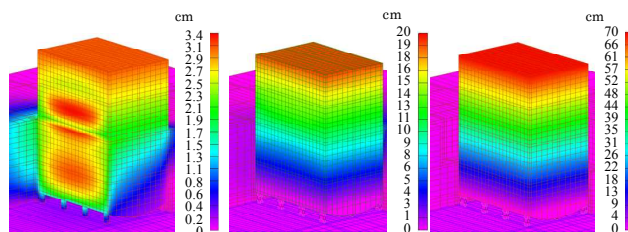
No	解析モデル名	津波の波圧 kPa	作用方向
1	無対策モデル	400	構造物の短軸方向
2	免震材充填モデル	350	
3	開放モデル	260	

無対策モデル

- ・構造物壁面に変形が発生

免震材充填モデル, 開放モデル

- ・構造物壁面の変形はみられない
- ・構造物全体が変位



➡ 免震材充填モデルと開放モデルでは構造物が回転変位

図-5 津波の波力による変位状況

無対策モデル

最大引張応力
 4.49 N/mm^2

免震材充填モデル

最大引張応力
 3.67 N/mm^2

開放モデル

最大引張応力
 2.78 N/mm^2

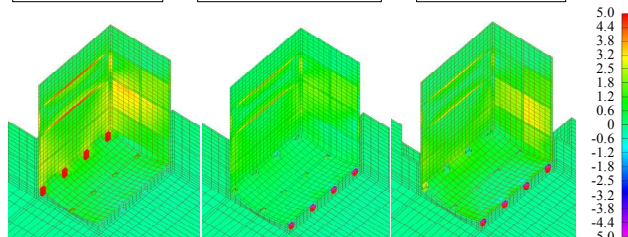


図-6 津波の波力による応力分布