

## 津波遡上時に地上配管設備に発生する反力・応力の算定

JFE エンジニアリング (株) 正会員 ○田中 俊哉  
 JFE エンジニアリング (株) 真弓 敏行  
 東京ガス (株) 濱中 亮

### 1. 概要

東日本大震災以来、沿岸地帯に位置する各種インフラに関し、耐震対策のみならず、耐津波対策について多くの議論がなされ、新たに既存設備の安全性評価や新規設計時の外力算定手法の提案がなされている。その多くは建屋や橋梁・橋脚・沿岸土木構造物を対象とするが、屋外配管について記載したものは少ない。本稿では、屋外の設置された配管類に発生する反力・応力の算定事例について報告する。

### 2. 津波外力簡易算定方法

一般に提案されている比較的簡易な荷重算定方法としては、図-1 のように構造物設置地点の浸水深に「水深係数」と称する割増し係数を加味した水頭に等しい静水圧をもって構造物に作用する流体力とする方法<sup>1) 2)</sup>がある。浸水深が既知となれば荷重算定が容易にできることから、実務上標準的な手法となっている。

基本的には、配管類に働く津波外力も他構造物に働く外力と同様に取り扱って問題ないと思われるものの、配管の場合は、流水が即座に配管の背後に流体が廻り込んで、静水圧はバランスしてしまうため、図-1 のような荷重状態の仮定は、やや過剰かも知れないという疑念をいだかせる。

そこで、今回、簡易な配管モデルに対してシミュレーションを行ってモデルに生じる反力・応力を算定し、擬似静水圧近似の外力算定を元にした場合との比較を試みた。

### 3. シミュレーション概要およびモデル

図-2 にシミュレーションの概念を示す。津波による水流は、構造物(配管)に対して 30 度程度の角度で入射するものと仮定し、構造物に到達後、鉛直方向にせり上がると同時に水平方向に回り込む過程で構造物に大きな抗力を与えるが、最終的には定常流れにおいて生じる抗力に落ち着く。

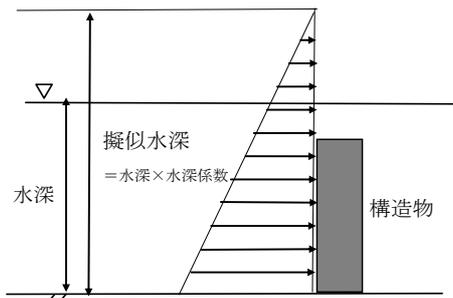


図-1 擬似静水圧による津波外力算定

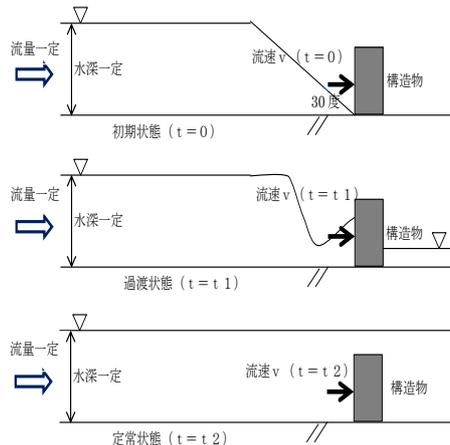


図-2 津波シミュレーション概念

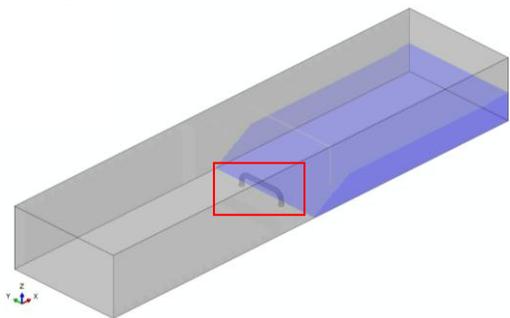


図-3 津波シミュレーションモデル

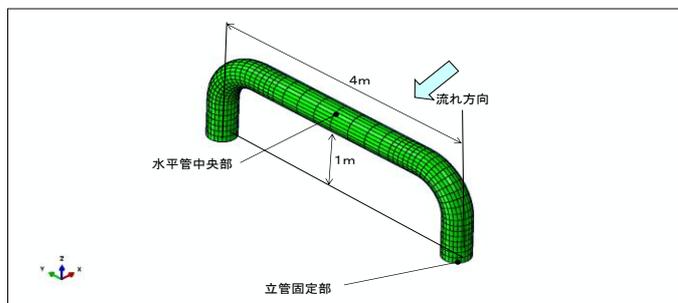


図-4 シミュレーションモデルの配管部詳細

キーワード 津波, ガス導管, 配管, 外力, 設計

連絡先(〒230-8611 横浜市鶴見区末広町 2-1 JFE エンジニアリング(株) 2 号館 7F 電話 045-505-7689 FAX 045-505-7621)

本シミュレーション<sup>3)</sup>はこうした津波荷重の流体-構造連成解析を効率的に計算するもので、AbaqusCEL 解法により、砕波に伴う抗力・揚力等の動的影響を考慮している。

配管系は基本的に水平管と立管の組合せのため、図-3、図-4のように単純化した高さ 1m 幅 4m の門型配管 (φ400×t11.9mm) モデルを考え、正面から津波を作用させる。

4 シミュレーション結果

浸水深 2.2m とした場合のシミュレーション結果を図-5、図-6に示す。図-5は、配管支持部における反力の動的変化である。一方、図-6は配管の各部に生じた発生応力の変化である。津波が配管に到達した後 1.5 秒後に反力、発生応力とも最大値に達し、その後減少に転じた後、ある程度再度上昇するというサイクルを描いている。サイクルを描く理由としては、津波前縁の水塊の衝突に伴う減衰振動が考えられる。当然、反力の変動と各部の応力変動のサイクルは一致している。

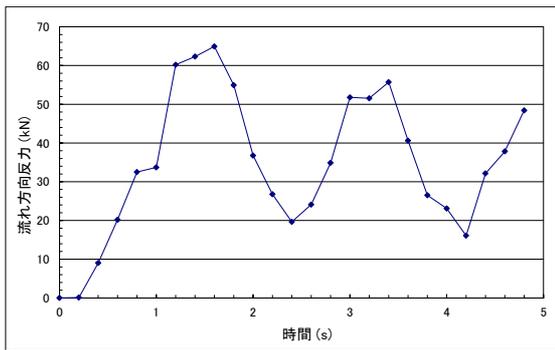


図-5 配管支持部反力の時系列変化

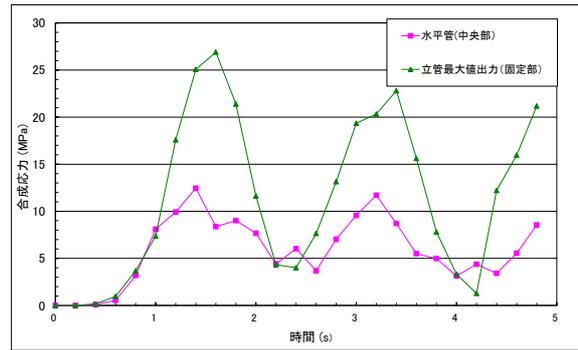


図-6 配管各部発生応力の時系列変化

5 擬似静水圧近似の簡易外力算定による場合とシミュレーションによる場合の比較

擬似静水圧近似の簡易式 (水深係数は a=2.0) で算定した波力を基に配管系応力解析ソフト AutoPipe で配管応力と支持部反力を計算した値と、同条件下のシミュレーションにより波力と配管反力・応力を一括して解析した場合の比較結果は図-7、表-1 のとおりである。いずれも、擬似静水圧近似の簡易式による外力から AutoPipe で計算した方が、やや安全サイドの評価となっていることが確認された。反力はシミュレーション値の 130%程度、配管発生応力はシミュレーション値の 100%~110%となっている。

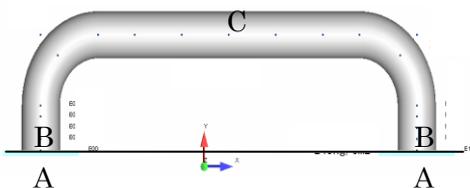


図-7 応力・反力算定位置

表-1 擬似静水圧近似簡易計算とシミュレーションの比較

	①シミュレーション値	②簡易算定値	②/①の割合(%)
A 立管固定部反力合計	65kN	82kN	126%
B 立管固定部合成応力	27.0N/mm <sup>2</sup>	27.4N/mm <sup>2</sup>	101%
C 水平管中央部合成応力	12.5N/mm <sup>2</sup>	13.7N/mm <sup>2</sup>	110%

6 まとめ

浸水深 2.2m の津波に対し、擬似静水圧近似簡易算定式及び AutoPipe で配管に発生する反力・応力を求めた値は、シミュレーションで直接求めた値と比較して、反力で 130%程度、応力で 100%~110%と、さほど過大とはならなかったことから、同方法の配管系への適用の可能性が期待できる。今後、パラメータ・スタディ等で適用性を確認してゆきたい。

参考文献

- (1) 平成 23 年国土交通省告示 1318 号
- (2) 津波対策ガイドライン 日本ガス協会
- (3) 長谷川・小野・北濱：津波対策型橋梁の CEL 法および SPH 法による強度検討，土木学会第 67 回年次学術講演会概要集、2012