# 杭基礎を有する高圧ガス設備の動的相互作用の検討

高圧ガス保安協会 フェロー会員 〇木全 宏之 小山田 賢治 大野 卓志 (株) 大崎総合研究所 正会員 藤田 豊

## 1. はじめに

高圧ガス設備である球形貯槽及び平底円筒形貯槽を対象に地震応答解析を実施し、上部構造及び基礎構造の耐震 性について検討した.高圧ガス設備等耐震設計基準(耐震告示)に準拠して設計された球形貯槽及び平底円筒形貯 槽の基礎構造(杭基礎)は、杭本数が大きく異なっており、杭ー地盤系の動的相互作用の影響が上部構造の応答に 影響を与えるものと予想される.そのため、貯槽-杭基礎-地盤連成系の3次元 FEM 非線形モデルと貯槽単体モ デル(基礎固定モデルに相当)の2種類を用いて地震応答解析を実施し、貯槽単体モデルによる貯槽の応答と杭基 礎-地盤系の動的相互作用を考慮した貯槽の応答とを比較して、杭ー地盤系の動的相互作用が貯槽の応答に与える 影響を把握する.なお、本検討は「平成29年度経済産業省委託 石油精製業保安対策事業 高圧ガス設備等耐震 設計基準の性能規定化に向けた調査研究」として実施されたものである.

#### 2. 解析モデルの概要

解析モデルは、貯槽-杭基礎-地盤連成系の3次元 FEM 非線形モデルと貯槽単体モデルとし、球形貯槽及び平 底円筒形貯槽の連成系モデルについて図・1に示す.ここで用いる地盤の概要と解析定数を表・1に示す.地盤は緩い 地盤と中密地盤の2種類とし、地表から砂、シルト、杭の支持層となる砂礫で、液状化を生じないものと設定して いる.砂及びシルトのせん断ひずみ依存性は、安田・山口の提案式をベースに設定した修正 R-O モデルを採用する. 連成系モデルの側面には繰返し境界を、連成系モデルの底面には半無限境界を模擬したダッシュポットを設けてい る.また、球形貯槽は直径 12.41mの鋼製貯槽(貯蔵容量 1,000m<sup>3</sup>)で、平底円筒形貯槽は直径 20m、高さ 22.8m の鋼製貯槽(貯蔵容量 7,000m<sup>3</sup>)としている.ここで、球形貯槽モデルは、球殻を線形弾性とし、タイロッドブレ ースの軸力ー軸方向変位関係にバイリニアの非線形特性を付与している。平底円筒形貯槽モデルは、貯槽側板及び 屋根板を線形弾性とし、アンカーストラップの軸力ー軸方向変位関係にバイリニアの非線形特性を付与している.

### 3. 入力地震動

入力地震動を図・2 に示す. 耐震告示によるレベル 2 の地表面震度と基準応答倍率を乗じて得られる加速度応答ス ペクトルを用いて, Jennings 型の包絡曲線及び乱数位相を考慮した地表面加速度波形(模擬地震動)を作成する。 この波形を用いて, SHAKE 等を用いた引戻し解析を行い,工学的基盤の加速度波形を作成する.ここで,球形貯 槽(重要度 I)と平底円筒形貯槽(重要度 Ia)では地表面震度や基準応答倍率が異なることから,工学的基盤にお ける地震波は4種類となる.

## 4. 連成系モデルによる動的相互作用

解析結果のうち,球形貯槽の連成系モデルによる応答相対変位及び杭の曲げモーメント M-曲率々関係を図-3 及 び図-4に、平底円筒形貯槽の連成系モデルによる同様の結果を図-5 及び図-6に示す.応答相対変位によれば、両貯 槽とも砂及びシルトで地盤変位が増加しており、砂及びシルトにおける非線形が進行している.杭の M-々関係に よれば、球形貯槽を支持する杭は弾性状態に収まり、平底円筒形貯槽を支持する杭は中密地盤で弾性状態に収まっ ているが、緩い地盤で塑性化が進行している.また、連成系モデルと貯槽単体モデルの貯槽重心位置の応答加速度 と比較したものを表-2 に示す.同表によれば、杭本数の少ない球形貯槽の連成系モデルと貯槽単体モデルで応答加 速度の差異が認められないが、杭本数の多い平底円筒形貯槽では、貯槽単体モデルに比べて連成系モデルの方が応 答加速度が低減している。このことは、杭本数が多いほど杭周辺からの波動逸散効果が大きくなり、貯槽の応答加 速度が低減したと考えられ、杭-地盤系の動的相互作用が貯槽の加速度に影響を与えることが確認された.

キーワード 3次元 FEM 動的非線形解析,球形貯槽,平底円筒形貯槽,動的相互作用

連絡先 〒105-8447 東京都港区虎ノ門 4-3-13 TEL 03-3436-6103

-681-





注:せん断波速度 Vs は道路橋示方書の式による.





(m)

-1.300e-001 1.170e-001 +1.040e-001 +9.100e-002 +7.800e-002 +6.500e-002 +5.200e-002

+3.900e-002 +2.600e-002 +1.300e-002 +0.000e+000

0.025

0.03

(m)

+3.500e-001 +3.150e-001

+2.800e-001

+2.450e-001

+2.100e-001 1 750e-001





表-2 貯槽重心位置における最大応答加速度の比較

		杭-地盤-貯槽	貯槽単体	
設備	地盤	連成系モデル	モデル	(A/B)
		(A) $(cm/s^2)$	(B) $(cm/s^2)$	
球形	中密地盤	1044	1061	0.98
貯槽	緩い地盤	977	957	1.02
平底円筒	中密地盤	847	1233	0.69
形貯槽	緩い地盤	893	1237	0.72