

屋外貯蔵タンクの解析の進め方（案）

1 昨年度の検討結果に関する課題

昨年度の検討会において、南海トラフ地震の想定地震動（短周期成分）に対する屋外タンクの浮き上がりを 1 質点モデルで解析したところ、最大で 104.3cm の浮き上がり変位となるタンク（旧法、30,000kl、直径 45.1m）があった。

これは、1 質点系モデルによる解析条件を単純化して安全側で検討した結果ではあるが、この結果を元に、FEM 解析により同タンクの隅角部のひずみを解析したところ、全ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon$ が約 35% となり、一般的な低サイクル疲労の疲労損傷度評価手法（飯田の最適疲労曲線）では評価できない範囲となった。

また、FEM 解析により側板の弾性応力解析を行ったところ、本モデル作成において、沈み込み側下部の圧縮に着目した評価を行うためタンクモデルの形状を単純化してウインドガーダー等を含めていないことから、浮き上がり側の側板上部に大きな変形が生じた。

2 今年度の解析の流れ

今年度は、浮き上がり変位をより精緻に検討し、その結果をもって再度タンク隅角部のひずみ等について解析する。

(1) タンク隅角部浮き上がり変位の再解析

① 1質点系モデルによる浮き上がり変位の解析

昨年度は、解析条件を単純化して安全側で検討するため、図1の弾塑性復元力特性を有する1質点系モデルを用いて浮き上がり変位を解析した。このモデルにおける Q_y までの初期剛性（第1剛性） K_1 は液体と側板の連成振動であるバルジング振動の剛性 K_b とし、 Q_y 以上における第2剛性 K_2 は0とした。（図2）

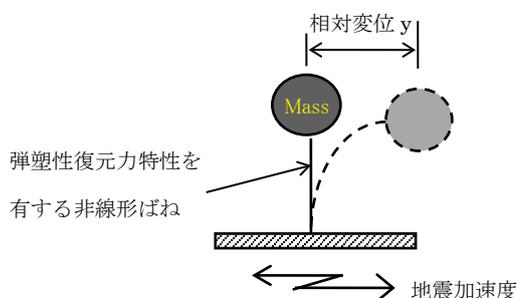


図1 1質点系モデル

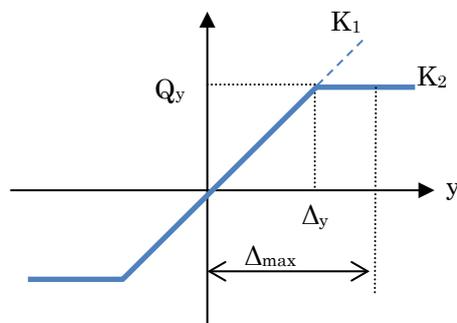
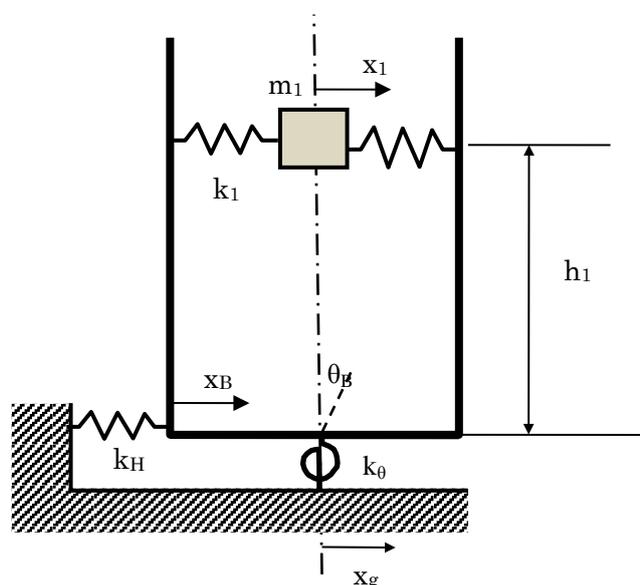


図2 S字非ループ型復元力線図

Q_y :	第1塑性関節発生時の水平耐力
Δ_y :	バルジング振動の剛性で復元力が Q_y となる時の降伏変位
Δ_{max} :	最大弾塑性水平相対変位
K_1 :	第1剛性 (バルジング振動の剛性を使用)
K_2 :	第2剛性

今年度は、より精緻に解析するため、動液圧等の条件を加え、復元力線図をより詳細に検討する。

今年度検討する 1 質点系モデルの例



m_1 : バルジング振動有効液質量 (kg)

h_1 : バルジング有効液質量高さ (mm)

k_1 : バルジング振動ばね定数(N/mm)

k_H : タンク基部のスウェイばね定数(N/mm)

k_θ : タンク基部のロッキングばね定数(N.mm/rad)

$x_1, \dot{x}_1, \ddot{x}_1$: 質点の変位(mm) 、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

$x_B, \dot{x}_B, \ddot{x}_B$: タンク基部のスウェイ変位(mm) 、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

$\theta_B, \dot{\theta}_B, \ddot{\theta}_B$: タンク基部のロッキング角変位(rad)、角速度(rad/s)、及び角加速度(rad/s²)

$x_g, \dot{x}_g, \ddot{x}_g$: タンク基礎の変位(mm)、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

$u_1 = x_1 + x_B + h_1\theta_B$ とおくと、

$$m_1\ddot{u}_1 + k_e u_1 = -m_1\ddot{x}_g$$

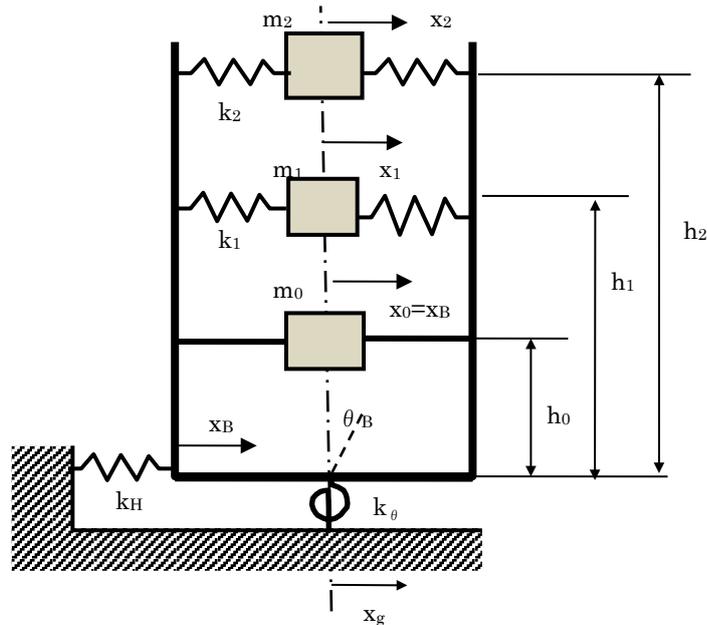
ただし、

$$\frac{1}{k_e} = \left[\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_H} + \frac{h_1^2}{k_\theta} \right]$$

②多質点系モデルによる浮き上がり変位の解析

また、1質点系モデルによる解析結果を裏打ちするため、多質点系モデルによる浮き上がり変位の解析も行う。

今年度検討する多質点系モデルの例



m_0 : バルジング振動有効固定液質量 (kg)

m_1 : バルジング振動有効液質量 (kg)

m_2 : スロッシング振動有効液質量 (kg)

h_0 : バルジング有効固定液質量高さ (mm)

h_1 : バルジング有効液質量高さ (mm)

h_2 : スロッシング有効液質量高さ (mm)

k_1 : バルジング振動ばね定数(N/mm)

k_2 : スロッシング振動ばね定数(N/mm)

k_H : タンク基部のスウェイばね定数(N/mm)

k_θ : タンク基部のロッキングばね定数(N.mm/rad)

$x_1, \dot{x}_1, \ddot{x}_1$: バルジング質点の変位(mm)、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

$x_2, \dot{x}_2, \ddot{x}_2$: スロッシング質点の変位(mm)、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

$x_B, \dot{x}_B, \ddot{x}_B$: タンク基部のスウェイ変位(mm)、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

$\theta_B, \dot{\theta}_B, \ddot{\theta}_B$: タンク基部のロッキング角変位(rad)、角速度(rad/s)、及び角加速度(rad/s²)

$x_g, \dot{x}_g, \ddot{x}_g$: タンク基礎の変位(mm)、速度(mm/s)、及び加速度(mm/s²)

(2) タンク隅角部の疲労損傷度の再解析等

昨年度は、タンクの浮き上がり側のみに着目し、2次元軸対称モデルにより、側板を鉛直方向に引張る条件で解析を行った。

(1) で再検討した浮き上がり変位等を元に、昨年度と同様の2次元軸対称モデルによる解析を行うとともに、必要に応じて別の手法を検討する。

また、(1)、(2) の検討状況等を踏まえ、必要があれば再検討した浮き上がり変位及びウインドガーダーのモデル化等を条件に加え、昨年度と同様に3次元シェルモデルによる底板浮き上がり時の側板の座屈強度評価解析を行い、浮き上がり側の側板の座屈評価を行うことも検討する。