

フジタ工業技術本部 正会員 斎藤悦郎

同 上 正会員 中村正博

同 上 正会員 後藤哲雄

§ - 1 はじめに

6万KL円筒型地下LNGタンクの $\frac{1}{10}$ モデルを作成し、総合実験を行ない、その一部として振動実験を行った。振動実験は、常時微動測定、起振機実験、発破実験を行ない、現在同モデルタンクにおいて、地震観測を継続中である。本報告は、地下に構築されることによるタンクの動的挙動の変化を、起振機実験より明らかにし、集中系等価モデルに置換した解析との比較を行ったものである。

§ - 2 実験方法

起振機(最大起振力3t、周波数範囲0.02~20.0Hz)は、タンク底版に設置し、起振方向はN-S方向とした。図-1に示すように、地上タンク、半地下タンク、地下タンクを想定し、step1, step2, step3, と底版から610mm, 1780mm, 2950mm, まで土を埋め戻し、各ステップ段階において起振機実験を行った。埋戻し土は、各ステップ段階において一週間放置し、表-1にその材料定数を示した。地震計位置及び方向は、図-1の下図に示した。

§ - 3 実験結果

図-2は、タンク構築前に測定した水平成分の常時微動結果で、1.6, 2.09, 1.39Hzにピークがあらわれた。図3.1~図3.5は、実測データの共振曲線で、図4.1~図4.3は、step1~step3の実測データから重心点のスウェイ量、ロッキング量及びロッキング中心を分離した図である。step1~step3へと土を埋め戻すことにより、1ton当りの変位、及び回転量とも急激に小さくなり、共振曲線に顕著なピークがあらわれなくなる。step1の共振曲線は、一次で5.3Hz、二次で12.0Hz付近で、一次のロッキング中心は、タンク重心より低い位置にあり、二次のロッキング中心は、タンク重心より高い位置となる。step2では、一次の共振点が6.5Hz付近で、ロッキング中心の変化はstep1と同様であるが、ロッキング中心位置が他のステップに比べ高くなる。step3では、共振曲線に顕著なピークはあらわれずロッキング中心は、タンク重心より高い位置となる。

§ - 4 集中系等価モデルによる解析

等価モデルは、図-5に示すように、タンク重心位置のスウェイ、ロッキングによる2自由度系とした。^{*}1ばね定数は、半無限弾性体の地表面に振動荷重が作用した場合の変位量より求めた田治見の解を用いた。タンク底版シェル部分に対しては、図-5に示す①・②の2通により、ばね定数を決定した。特に②のばね定数の決定には、田治見の解を用い、等価な地盤反力係数を求め、シェル部分の表面し、接線方向と直角方向に水平変位、回転変位を分解し、水平復元力及び復元力モーメントを求めた。解析結果の固有周期及びスウェイとロッキングに対する共振曲線を図-6・表-4に示した。

§ - 5 まとめ

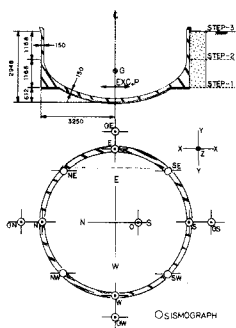
1) 地上式、半地下式、地下式タンクへと変化するに従いがい、共振曲線に顕著なピークがあらわれなくなり応答変位も小さくなる。このことより、地下式タンクの基本振動性状は、地盤の卓越周期及び応答変位などの振動性状と等しいと考えられる。^{*}2 2) 半地下式タンクは、側壁に作用する動土圧合力位置がタンクの重心位置と同レベルに近いことで、地上式、地下式タンクに比べロッキング量が小さくなる。3) タンクを等価な2自由度系モデルに置換した解析は、一次の固有周期に対し良く一致し、共振曲線において定性的には実験結果と同様な傾向を示した。

*参考文献 1 金井, 田治見, 大沢, 小林 地震工学

彰国社

2 斎藤, 後藤, 中村

円筒型地下タンクの動的挙動 (No 1) 3 2回土木学会概要集



$G \text{ t/m}^2$	$\rho \text{ t/m}^3$	γ
500	1.6	0.48

表 - 1 埋戻し土の材料定数

$m \text{ ts}^2/m$	$I_G \text{ ts}^2$
3.97	18.55

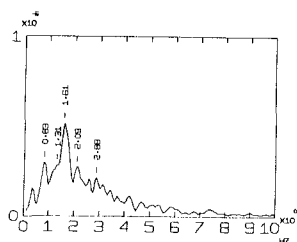


図 - 2 常時微動

図-1 標準断面図及び地震計位置 表-2 タンク質量及び慣性モーメント

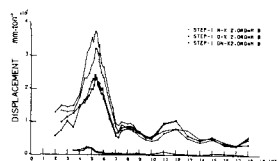
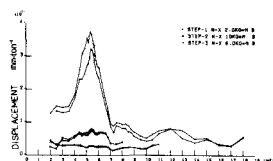
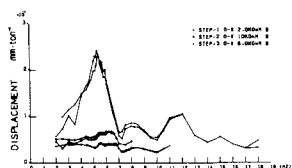
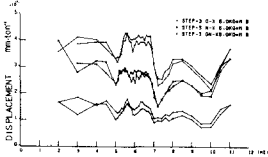
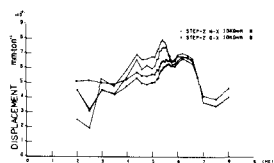


図 3.1 共振曲線（タンク底版）

図 3.2 共振曲線(タンク側壁頂部)

図 3.3 共振曲線 (step1)



☒ 3.4 共振曲線 (step2)

☒ 3.5 共振曲線 (step3)

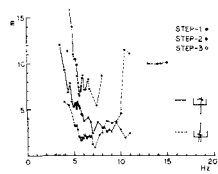
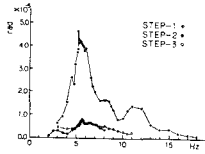
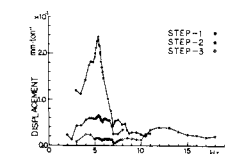


図 4.1 重心からのスウェイ量

図 4.2 重心回りのロッキング量

図 4.3 ロッキング中心

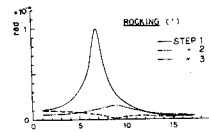
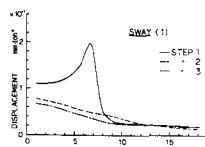
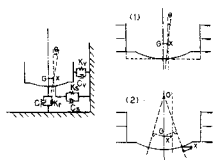


図 - 5 質点系モデル

圖 6.1 共振曲線（解析結果）

圖 6.2 共振曲線（解析結果）

nt \ sp	1	2	3
(1)	1 6.18	8.91	8.69
	2 10.5	9.18	10.2
(2)	1 5.31	6.34	7.22
	2 7.28	8.75	9.16

SP:STEP
nt:NATURAL FREQUENCY

表 - 4 固有周期 (解析結果)

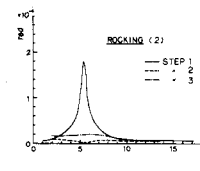
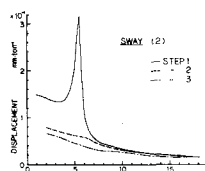


図 6.3 共振曲線（解析結果）

圖 6.4 共振曲線（解析結果）