

- 正弦波加振模型実験におけるタンクのヒズミについて -

フジタ工業技術本部 正会員 中 村 正 博

同 上 正会員 斎 藤 悦 郎

同 上 正会員 後 藤 哲 雄

§ - 1 は じ め に

円筒型地下タンクの耐震設計においては、どのような地震荷重がタンクに作用するかを把握することが必要となる。本研究は、地盤にゼラチンゲルを用いた振動台による実験^{※1}、実地盤上に構築したRC製地下タンクの起振機実験と^{※2}、FEM解析を比較し、正弦波加振時の周辺地盤の相対変位によりタンクに生ずるヒズミについて報告するものである。

§ - 2 実験概要および結果

- 1) 振動台による実験 地盤 ($\ell 60 \times w 30 \times h 15$ cmのゼラチンゲル) 上の標点とタンク ($\phi 6 \times h 3 \times t 0.3$ cmのゴム) 側壁のヒズミゲージにより、周辺地盤の相対変位とタンクに生ずるヒズミを測定した結果を図-1に示す。図-1で地盤の相対変位が中央部から側端に近づくにつれ小さくなるのは実験槽の影響であり、このためにタンクはだ円形に変形し、各対角側壁で同符号のヒズミを生ずる。
- 2) 起振機による実験 タンク ($\phi 6 \times h 3 \times t 0.15$ mのRC造) 中心から放射状に8測線を取り、NS方向に起振したときの地盤 ($\varphi = 1.6$ 度, $G = 500$ 度, $\nu = 0.48$) の相対変位を常時微動計で、タンクのヒズミを高感度のヒズミ計により測定した結果を図-2に示す。図-2のタンクのヒズミ分布が図-1と異なるのは、①距離減衰のため地盤の相対変位はタンクから離れるほど減少すること、②振動台実験では増幅された地盤の相対変位分布がタンクのヒズミを決定するが、逆に起振機実験では静止した地盤にタンクの振動が伝わり、地盤の反力がタンクを変形させること、によるものと考えられる。

§ - 3 有限要素法解析による検討

- 1) 3次元振動解析によるタンクの変形 振動台実験の実験槽の影響は、図-3に示した地盤の固有振動形解析結果から把握できる。また、図-4(A)に示した有限要素分割を用いて、図-4(B)の地盤中央にタンクの有る場合、図-4(C)の実験槽を除去し地盤側端部では上下方向の自由度のみ固定とした場合、および両ケースの地盤のみの場合の計4ケースについて振動形を求めた。この結果、タンクの有無にかかわらず地盤の振動形に変化はみられず、固有振動数も(B)で2%、(C)では0.2%と、タンクの有る場合がわずかに高くなる程度である。図-4(B)および(C)のタンク頂部の表面変形を図-5の(a)、(b)に示す。図-5(a)で $AA' = BB'$ となるのはFEMで連続体モデルを仮定しているため、地盤がタンクを引張ることによるが、実際には $AA' > BB'$ となり振動台実験結果と同様にほぼだ円形になるものと考えられる。
- 2) 軸対称非対称荷重静的解析によるタンクのヒズミ 図-5(b)に示したタンクの変形はフーリエ展開項数 $N = 1$ で表わされ、タンクに作用する地震荷重は、その形状が図-6(I)に示す強制変位分布を、変位量が A (0° 断面) $= B$ (180° 断面) $= 1$ の単位量として与えた。また、図-5(a)では N を40項までとり強制変位は図-7(I)に示すように $A = 1$ 、 $B = -1$ の単位量を与えた。その解析結果としてタンクの 0° 断面における ε_θ 、 ε_z を、図-6および図-7の(I)、(II)にそれぞれ示す。図-6では 0° および 180° 断面でヒズミの符号が逆となるが、図7では同符号となり、実験結果の(II)と(I)にそれぞれ対応する。図-8は強制変位量を $A = 1$ とし、 B を1から-1まで変化させたときの ε_θ 、 ε_z の解析結果を示し $B = -1$ のときが $B = 1$ より ε_θ で1.5倍、 ε_z で1.4倍大きくなる。

§ - 4 結 論

円筒型地下タンクの正弦波加振模型実験とFEM解析より、タンクのヒズミは周辺地盤の相対変位で決定されることがわかった。したがって、耐震設計においてはタンク建設地点の地盤の振動挙動を把握し、タンクに作用する地震荷重は地盤の相対変位を強制変位として用いることが妥当であると考えられる。

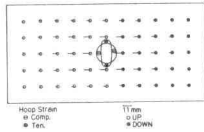


図-1 振動台実験による
地盤の相対変位とタンクのヒズミ

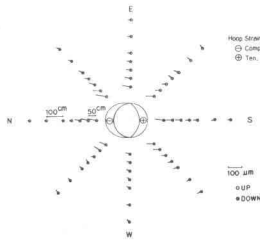


図-2 起振機実験による
地盤の相対変位とタンクのヒズミ

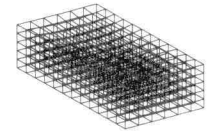
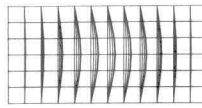


図-3 振動台実験におけ
る地盤の1次固有振動形

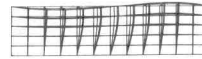


図-5 タンク頂部の表面変形

- (a) 実験槽有 $A \dot{A} = B \dot{B} > C \dot{C} = D \dot{D}$
(b) 実験槽無 $A \dot{A} = B \dot{B} = C \dot{C} = D \dot{D}$

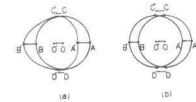
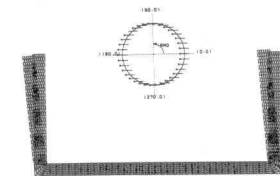
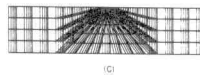
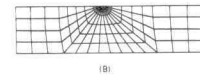
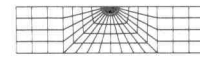


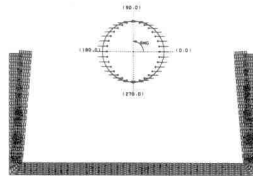
図-4 (A) 有限要素モデル (平面図)

(B) 振動台実験の振動形

(C) 実験槽のない場合の振動形



(イ) 強制変位分布および
タンクの変形 (N=1)



(イ) 強制変位分布および
タンクの変形 (N=40)

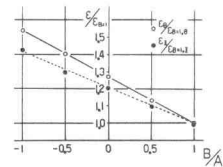
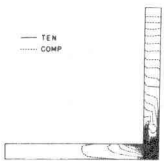
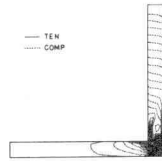


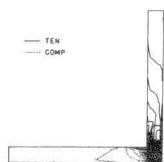
図-8 地盤の振動形 (B/A) と
タンクに生ずるヒズミの関係



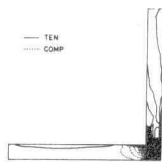
(ロ) ϵ_θ の分布 (0°断面)



(ロ) ϵ_θ の分布 (0°断面)



(ハ) ϵ_z の分布 (0°断面)



(ハ) ϵ_z の分布 (0°断面)

図-6 実験槽の無い場合

図-7 実験槽の有る場合

*** 参考文献 ***

- (1) 斎藤・後藤・中村 土木学会第32回概要集
円筒型地下タンクの動的挙動 (No. 1)
- 地盤にゼラチンゲルを用いた模型実験 -
- (2) 斎藤・中村・後藤 土木学会第33回概要集
円筒型地下タンクの動的挙動 (No. 2)
- 大型モデル実験における基本的振動性状 -