

I-206 円筒型地下タンクの動的挙動 (No. 4)

— RC製大型模型タンクの地震観測について —

フジタ工業 技術研究所 正員 中村 正博
 同 上 正員 斎藤 悦郎
 同 上 正員 後藤 哲雄

§-1 はじめに

筆者らは、堅型円筒形地下式タンク（以下、地下タンクという）の耐震設計資料を得るため、6万 kl 地下タンクの縮尺1/10モデルとして内径6 m 、深さ3 m 、壁厚0.15 m のRC製大型模型タンクを実地盤上に構築し、各種の振動実験を行なった結果について既に報告している。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾同模型タンクでは引続き地震観測を実施しており、数ヶの地震記録が得られたので以下に報告する。

§-2 地震観測概要

観測では、地震計3成分をタンク底版、北側の側壁頂部およびタンクから2 m 離れた地盤上の3ヶ所に設置し、変位波形として記録した。また、タンク側壁の円周方向ヒズミを測定するため、側壁上部の東西南北4ヶ所にヒズミ計を設置した。（図-1）

模型タンクの建設地点である横浜で観測された地震記録（表-1）は、いずれも小さな地震ではあるが次の点に着目した。

① タンクが地盤に与える影響を知るため、地盤の卓越振動数のタンク建設前後での比較。（図-2、3）

② 地震時におけるタンクと地盤の揺れの関係を知るため、地盤・タンクの変位波形及びタンクのヒズミ波形のフーリエスペクトルの比較。（図-4、5、6）

③ 地震時におけるタンクの変形を知るため、ヒズミ波形の同時刻での比較。（図-7）

④ タンクに近づくにしたがい、地盤の変位が拘束されると考えられるので、その度合を把握。

§-3 地震観測結果および考察

① 地盤上測定GNにおける常時微動測定をタンクの建設前後で実施し、そのフーリエスペクトルの卓越振動数を比較する

と、いずれも1.4 Hz にピークをもち、タンクを建設したことによる顕著な影響はみられない。（図-2）

また、地震No. 4～7の地盤GNにおけるフーリエスペクトルにおいても、そのピークは1.3～1.6 Hz にあり、常時微動測定結果と

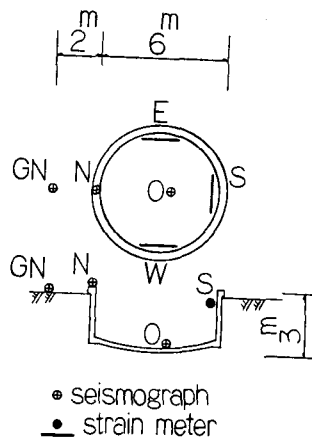


図-1 地震観測計器の設置位置

表-1 観測された地震

№	年月日	震 源	マグニチュード M	深 さ Km	震 度 横浜 東京
1	1978. 8. 13	東京湾北部 35°38'N, 140°03'E	4.7	80	Ⅲ Ⅲ
2	1978.12. 3	伊豆大島近海 34°53'N, 139°11'E	5.4	20	Ⅲ Ⅲ
3	1978.12. 6	クナシリ付近 44°44'N, 146°58'E	7.7	100	I Ⅱ
4	1979. 1. 3	茨城県南西部 35°56'N, 140°05'E	4.7	70	無感 Ⅱ
5	1979. 3. 6	茨城県南西部 35°57'N, 140°07'E	4.2	70	無感 I
6	1979. 3. 8	茨城県鹿島灘 36°23'N, 140°37'E	4.5	50	無感 I
7	1979. 3. 11	福島県沖 37°17'N, 141°43'E	5.5	40	I I

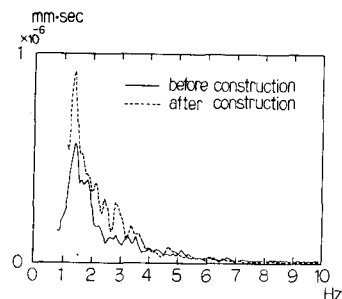


図-2 常時微動測定より得たタンク建設前後の地盤GNにおける変位波形のフーリエスペクトル

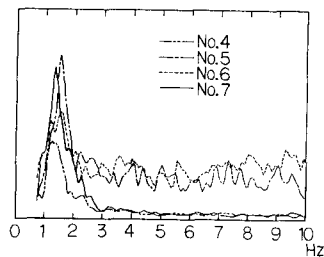


図-3 地震No. 4～7の地盤GNにおける変位波形のフーリエスペクトル

ほぼ一致している。したがって、本模型タンク⁽³⁾のように軟弱地盤上に構築される地下タンクの場合、地震時におけるタンク周辺地盤のフーリエスペクトルはタンク建設前の常時微動測定を実施することで推察できる。(図-3)

② 地震No. 1～3の地盤GNとタンクO, Nにおける変位波形のフーリエスペクトルをみると、No. 1では1.6 Hz, No. 2で1.3 Hzと1.8 Hz, No. 3で1.3 Hzと1.6 Hzにピークをもち、いずれの場合もGN, O, Nが同じ形状を示している。したがって、タンクは地盤と同様に振動していると考えられる。(図-4, 5, 6)

また、ヒズミ波形のフーリエスペクトルをみると、地震No. 2, 3では地盤・タンクの変位波形の卓越振動数に比べて、若干高いようではあるが、地震No. 1では1.6 Hzとなり、よい一致を示している。①と②を考え合わせると、地下タンクの地震時における変位およびヒズミは、地盤の変位に支配されるものと考えられる。したがって、建設予定地点の地盤柱状図等をもとに、予めタンク周辺地盤の応答解析を行ない、深さ方向とともに平面的広がりについても変位分布を求めておくことは有意義であろう。

③ 地震No. 1のヒズミ波形S, Eについて同時刻(図-7の丸印)をみると、タンク側壁上部の南側Sで+3.1 μ , 東側Eで-3.2 μ と生じたヒズミの大きさはほぼ同じであるが、その符号が逆である。同タンクにおいて既に実施した発振振動実験においても、東西南北で隣合う測点で異符号、相対する測点で同符号(例えば、N+, S+, E-, W-)と、同様なヒズミ分布を得ている。したがって、タンクはだ円形に変形しているものと考えられる。

④ 地震No. 1の変位波形で地盤GNとタンクNの最大値に着目し、NS, EW, 上下各成分ごと、および3成分から合成したベクトルの絶対値で地盤GNに対するタンクNの比を求めるといずれも0.7～0.8程度であった。したがって、地表付近においてタンク本体の変位は地盤に比較して小さくなることがわかった。

また、地表からの深さ方向の変位分布についても、タンクと地盤の剛性の相違から、地盤の変位はタンク本体に近づくにつれ減少するものと推察される。

§-4 おわりに

以上の地震観測結果より、本模型タンクのように軟弱地盤中に浮いているような状態で構築される地下タンクの場合、周辺地盤の卓越振動数はタンク建設前後で顕著な変化がなく、地震時におけるタンクの変位及びヒズミは地盤の変位に支配され、タンクはだ円形に変形することがわかった。

参考文献

- (1) 斎藤・中村・後藤 円筒型地下タンクの動的挙動(※2) 土木学会第33回
- (2) 中村・斎藤・後藤 同上 (※3) 土木学会第33回
- (3) 中村・斎藤・後藤・和泉 型型円筒形地下式タンクのRC製大型模型振動実験 第5回日本地震工学シンポジウム

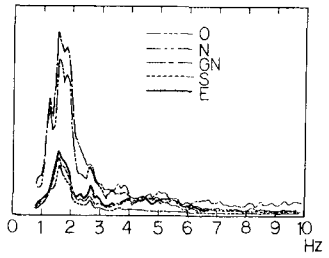


図-4 地震No.1の変位(O, N, GN)およびヒズミ(S, E)波形のフーリエスペクトル

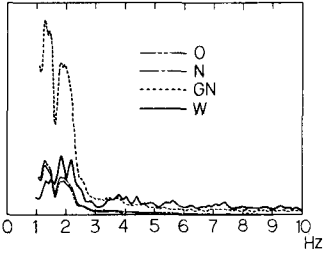


図-5 地震No.2の変位(O, N, GN)およびヒズミ(W)波形のフーリエスペクトル

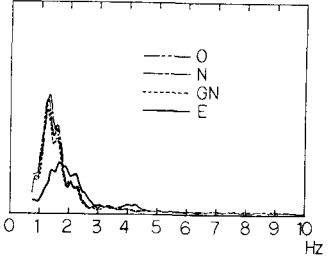


図-6 地震No.3の変位(O, N, GN)およびヒズミ(E)波形のフーリエスペクトル

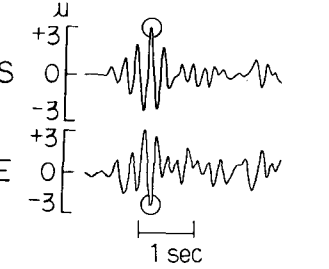


図-7 地震No.1のヒズミ波形(S, E)