

清水建設㈱ 正会員 ○ 渡 辺 弘 之
 東京瓦斯㈱ 小 山 和 夫
 清水建設㈱ 正会員 石 井 清

○はじめに

近年、石油、高圧液化ガス等のエネルギー資源貯蔵を目的とした大型のタンク基地が多く建設されつつある。この種の構造物は公害、地震災害、火災、貯蔵能力等の諸問題をかかえている。このような中で、従来の地上タンクは大型化するとともに地下タンクに移向する傾向も見られる。地下タンクについては環境、火災、流出といった問題に対して多くの利点が上げられるが、地震時の安全性の確認についてはまだ多くの問題が残されているのが現状である。

地下タンクは周辺が土でおおわれているため、地震時の挙動も当然地盤の動きに大きく支配されると考えられる。したがって地震時の地下タンクの挙動を知るためには、地盤の地震時における挙動を明確にとらえるとともにタンク本体との相互作用の問題を検討する必要がある。本報告は地震時のこれらの挙動を解明するべく実際に東京ガス㈱袖ヶ浦工場 LNG 地下タンク (B6 TL) について地震観測を行なった。その内から特に地盤の地震時における挙動に焦点を当て、結果をまとめたものである。

○敷地・観測概要

地震観測に先立ち、当工場 LNG 地下タンク (B6 TL) 周辺の状況、地盤の土質性状を調査した。現時点では B6 TL タンクはタンク群の南西端に面し、そしてこのタンクから数百メートル西側へは自由地盤が拡がり海となっている。それ故地震観測をするにあたっては地盤、タンクともに周囲のタンク群からの相互作用による影響が小さいと考えられる。図-1 に地盤の地震観測点における土質柱状図、N 値 (N)、S 波速度 (S)、単位体積重量 (γ) の調査結果を示した。また図-2 に地盤、タンク本体に設置した地震計の位置を示す。地盤の測定方向は GL-1m、-42m が X、Y、Z の三成分、GL-18m が X、Y の 2 成分である。なお地震動の検出については固有振動数 3Hz、減衰定数 15 の動線輪型加速度計を使用した。

○観測結果

地震観測は昭和 51 年 10 月より開始し現在に至っている。この間に観測された地震記録より、GL-1m に対する GL-42m および GL-18m に対する GL-42m のフーリエスペクトルの比を平均して表わしたものが図-4、5 の太線である (ここでは X 方向だけ示す)。この結果を見ると、1.808Hz、3.810Hz、6.302Hz、8.50Hz に顕著にピークが認められる。この傾向は Y 方向についても同様であるが、幾分 X 方向のピークが顕著である

○解析結果との対応

図-3 は地盤の解析モデルである。ここでモデル化は実地盤の GL-45m までを 10 層に分割した。そして質点系、重複反射理論の二方法で解析した。質点解析ではまず固有値解析を行い

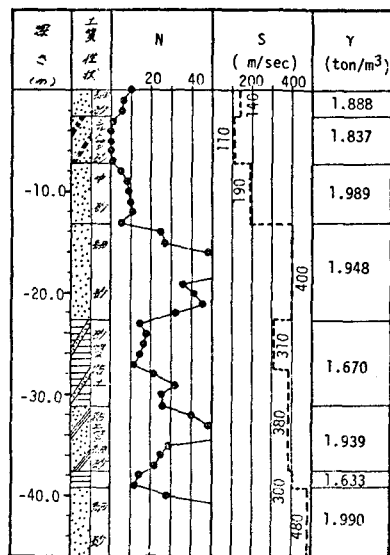


図-1 地盤の土質性状

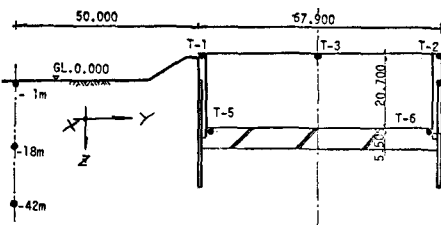


図-2 地震観測概要

各次固有値を観測結果に合わせるとともに、刺激係数を求めた。一方観測結果より得られた伝達関数より各ピーク値を求め、刺激係数を用いてモーダルダンピングを推定した。表-1に観測結果と解析結果との対応を示した。このようにして求めた伝達関数を観測結果(X方向)と重ねて図-4,5に示した。ここで図の細線は質点系、点線は重複反射理論による解析結果を示す。以上の解析結果より地盤の減衰は高次減少型を呈していることが明らかである。次に地動のフーリエスペクトルと重複反射理論による周波数応答特性を比較してみる。スペクトルには周波数帯域が広い(特に低域)伊豆大島地震を用いた。地盤のモデル化については、図-3に示すようにGL-3000mを想定し14層モデルとした。ここで地中のGL-45m以深の部分については、近くで実施した120mのボーリング柱状図を参考に、さらに深い部分については文献(1),(2)を参考にした。減衰については、10層までを1HZで0.065, 10HZで0.02を結ぶ直線とし、11層は0.02, 12層は0.01とした。図-6,7に解析、観測結果を重ねて示した。

1	V = 140	$\gamma = 1.888$	d = 2.6	0.0
2	V = 110	$\gamma = 1.837$	d = 4.6	2.6
3	V = 190	$\gamma = 1.989$	d = 6.6	7.2
4	-----	-----	-----	13.8
5	V = 400	$\gamma = 1.948$	d = 9.2	18.4
6	V = 310	$\gamma = 1.670$	d = 4.4	23.0
7	V = 380	$\gamma = 1.670$	d = 4.0	27.4
8	V = 380	$\gamma = 1.939$	d = 6.3	31.4
9	V = 300	$\gamma = 1.633$	d = 1.6	37.7
10	-----	-----	d = 5.7	39.3
	V = 480	$\gamma = 1.990$	d = 40.7	45.0
11	V = 550	$\gamma = 2.000$	d = 30.0	80.0
12	V = 650	$\gamma = 2.000$	d = 750.0	110.0
13	V = 1500	$\gamma = 2.000$	d = 2140	860.0
14	V = 3000	$\gamma = 2.100$		3000.0

図-3 地盤のモデル化

		1 st.	2 nd.	3 rd.	4 th.
観測結果	X	F 1.808	3.810	6.302	8.500
	T	0.553	0.262	0.159	0.118
解析結果	F	1.808	3.713	5.862	8.256
	T	0.553	0.269	0.171	0.121
質点系	F	1.876	3.754	6.469	8.727
	T	0.533	0.266	0.155	0.115
	h	0.067	0.052	0.016	0.005
重複反射	F	1.900	3.900	7.150	9.550
	T	0.526	0.256	0.140	0.105
	h	0.065(1 Hz) - 0.02(10 Hz)			

表-1

F : 振幅 (1/2)
T : 周期 (sec)
h : 減衰係数

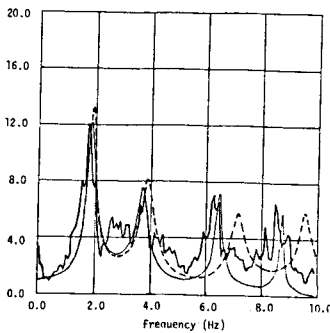


図-4 伝達関数
(-1m/-42m)

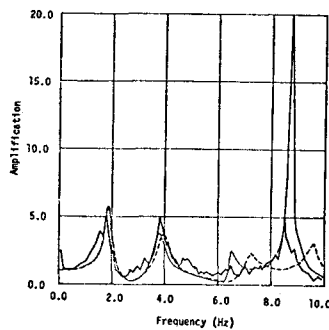


図-5 伝達関数
(-18m/-42m)

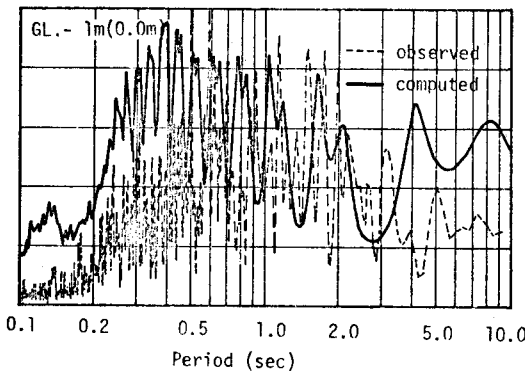


図-6 スペクトルの比較(-1m)

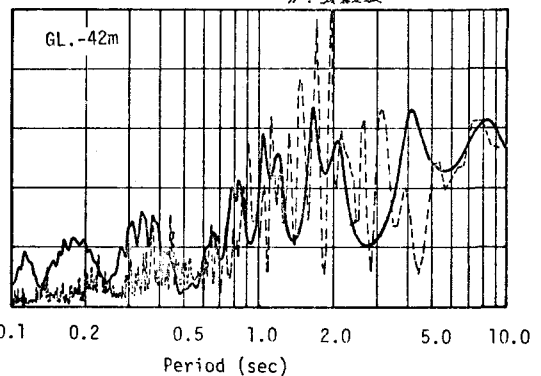


図-7 スペクトルの比較(-42m)

参考文献 (1) 嶋・柳沢・工藤・瀬尾・山崎「東京の基盤構造その2」地震研究報, vol. 51 (1976)

(2) 地震動シンポジウム資料集「地盤種別と地震動」vol.5, 日本建築学会, 振動分科会, 構造標準委員会, 地震動小委員会, 1977, 2