

I-545

群杭基礎を有するLNG地上式貯槽の地震観測結果

大阪瓦斯株式会社 正員 直井 彰 秀
 大阪瓦斯株式会社 ○正員 柳 父 行 二
 大林組技術研究所 正員 後 藤 洋 三

1. まえがき

LNG地上式貯槽の耐震設計法合理化の一助として、大阪府高石市に建設された実際の貯槽について地震観測を行なった。本報告は観測の概要と、これまでの観測結果、および杭の歪と貯槽のバルジング振動について解析した結果を述べる。

2. 貯槽と観測装置ならびに観測状況の概要

貯槽本体は内径57.6m、側板高さ28.8m、板厚 8~27mmの9%Ni鋼製ドーム付円筒体で、その最大容量は75,000KL、LNG重量は35,600tonとなる。基礎は径60cm、長さ30mの鋼管杭 546本からなり、二重スラブ形式のフーチングを介して貯液と貯槽の荷重を受ける。杭本数は地震荷重により決っている。

図-1は観測計器配置図である。加速度計は貯槽本体とフーチングならびに周辺地盤にアレー配置されている。中心部1本と端部2本の杭には計18点の高感度歪計が取り付けられ、杭頭部の軸歪と曲げ歪が検出できるようになっている。総測定成分は67チャンネルで、16bit A-D変換のMT収録装置に記録される。

観測は1983年8月より開始され、1985年1月までに震度I以上の地震が8回記録された。表-1に代表的な地震波の諸元と、地震発生時の液深を示す。

3. 周辺地盤の応答特性

表-1に示した5回の地震における3ヶ所の地表(-3m)測点の水平2成分、計30波のフーリエスペクトルを求め単純平均した。一方、地下-65mの記録10波についてもスペクトルを求め単純平均した。これらの平均スペクトルの割り算を行なって地盤の伝達関数を求めたものが図-2である。同図には、計器埋設時に実施したPS検層の結果にもとづいて重複反射理論(SHAKE)により計算した伝達関数を合せて示している。低次の卓越振動数はよく一致しており、この表層地盤の応答特性はSH波の重複反射で説明できる。

4. 杭頭の歪

3本の杭の杭頭曲げ歪波形を平均しフーリエスペクトルを求めたものが図-3a~bである。同図には端杭と中心杭の軸歪の差を取り、群杭全体のロッキングによる軸歪を求めてスペクトルを取ったものも示している。図-4a~bには地表3ヶ所の平均加速度のフーリエスペクトルを、図-5a~bには貯槽側壁中間高さの加速度のスペクトルを示している。表層の応答がSH波の重複反射によるとすれば、地表の加速度は表層のSH波の1/4波長内において鉛直面内せん断歪と関連することになるので、図-3と図-4の相似性から杭頭の曲げ歪は表層のせん断歪と関係があることになる。一方、図-3と図-5の相似性からロッキングによる軸歪成分は貯槽部の慣性力による転倒モーメントと関係があることが示される。

5. バルジング振動

図-6は液深が大きい場合の記録(No.5)について、貯槽側壁頂部と基礎スラブのフーリエスペクトルの比を取って伝達関数を求めたものであり、2.7 Hz付近に明瞭なピークが認められる。一方、図-7は液体と貯槽を連成させたモデルについてFEM¹⁾により1次のバルジング振動数と液深の関係を求めたものである。

2.7 Hzは計算によるバルジング一次とほぼ一致する。

6. まとめ

観測結果から、杭頭の曲げモーメントは地盤表層の歪と関係があること、バルジングが発生していることが明らかになった。しかし、観測された地震波が比較的小さく定量的な検討は今後の課題である。なお、本記録の解析には大林組の菊地敏男氏の協力があつたことを記し謝辞にかえたい。

表-1 代表的な地震記録の諸元

	記 年月日	震源位置	M	LNG 液深 (m)	地表面最大 水平加速度 (gal)
1	84. 2. 11	奈良県南部	5.5	18.6	10.3
2	84. 5. 30	兵庫県山崎町	5.8	8.1	16.8
3	84. 8. 7	宮城県日向灘沖	7.1	4.8	5.6
4	84. 9. 4	長野県王滝村	6.9	24.7	6.1
5	85. 1. 6	奈良和歌山県境	5.9	26.3	10.7

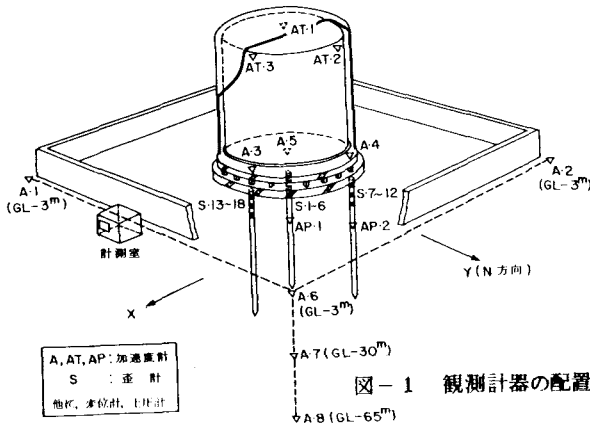


図-1 観測計器の配置

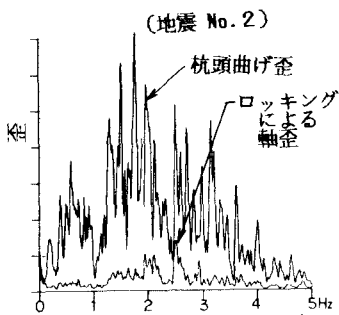


図-3a 杭頭歪のフーリエスペクトル

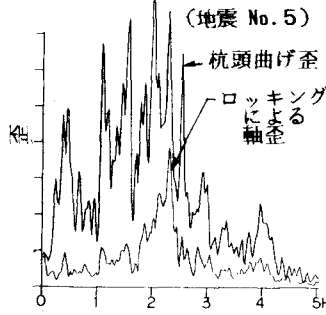


図-3b 杭頭歪のフーリエスペクトル

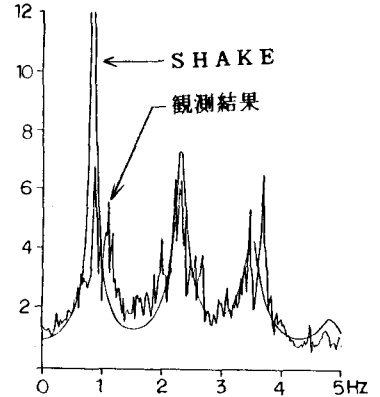


図-2 表層地盤の伝達関数

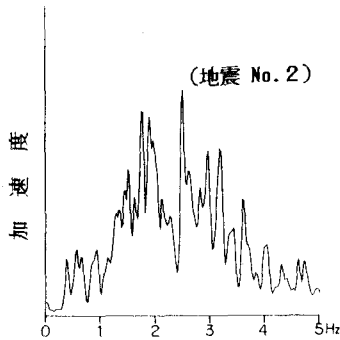


図-4a 地表速度フーリエ

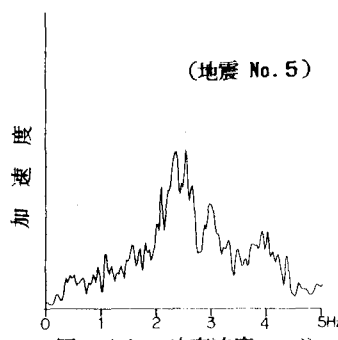


図-4b 地表速度フーリエ

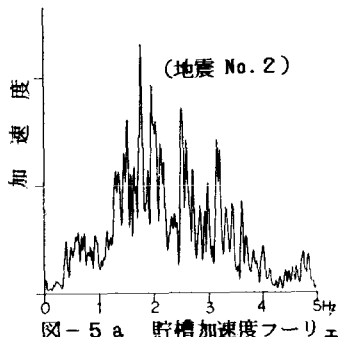


図-5a 貯槽加速度フーリエ

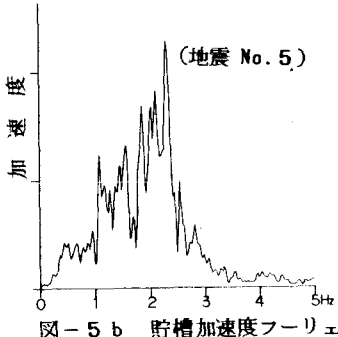


図-5b 貯槽加速度フーリエ

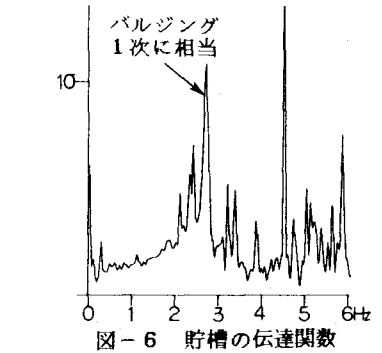


図-6 貯槽の伝達関数

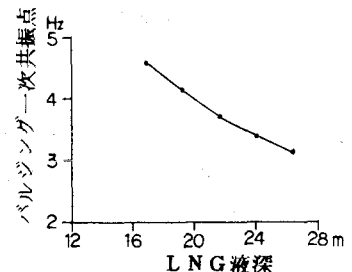


図-7 FEMによるバルジング解析

参考文献1)河村他：液体を考慮した構造物・地盤連成系の振動解析，土木学会第37回年次学術講演会講義集 第1部，pp537～538，昭和57年