

I-568

LNG地下式貯槽の地震時挙動について

— 1987年千葉県東方沖の地震観測記録 —

清水建設(株)土木本部

正会員

河野 泰直

東京ガス(株)工務技術センター

正会員

小山 和夫

東京ガス(株)工場建設グループ

渡辺 修

清水建設(株)土木本部

中島 隆

1. はじめに

東京ガス(株)袖ヶ浦工場では、1983年1月よりLNG地下式貯槽と周辺地盤を対象として地震観測が行われている。1987年12月までに52地震の記録が得られており、既に観測記録の中から代表的な4波を解析し、主に貯槽・地盤の伝達特性について報告している¹⁾。

1987年12月17日に発生した千葉県東方沖の地震(震源:北緯35°21',東経140°29',深さ58km、マグニチュード6.7)では、各地で震度5(強震)を記録し、震央距離47kmの当観測地点においても地表最大加速度186galという当地震観測で最大の記録が得られた。本報は、同観測記録に対する検討の第一段階として、主に記録の最大値、波形等に考察を加えて報告するものである。

2. 地震観測の概要

観測対象の貯槽は、内径64m、最大液位40.5m、容量13万KLの地下式貯槽である。周辺地盤は図-1に示すようにDL-10m程度までがせん断波速度 $V_s=200\text{m/s}$ 以下の比較的軟弱な砂層、DL-50m程度までが $V_s=300\sim400\text{m/s}$ の砂層およびシルト層の互層であり、DL-50m以深は $V_s=400\text{m/s}$ 以上となっている。

地盤内の加速度計は貯槽の0°, 90°, 270°側に設置されており、各々の深さ方向に地表とDL-95.5m地点(「基盤」と呼ぶ)を含めた2~4点の測点が設けられている。また、側壁頂部には加速度計が4点と鉄筋ひずみ計が5ヶ所(内側、外側で計10点)に設置されている。

3. 観測記録および考察

図-2、図-3に最大加速度分布および側壁の最大鉄筋ひずみ分布を示す。最大加速度の水平成分としては、地表面で186gal、基盤で71gal、側壁頂部では110galが記録された。基盤最大加速度は設計レベル(基盤100~150gal相当)の約1/2に相当する大きさである。また、側壁頂部の最大周方向鉄筋ひずみは 22.6×10^{-6} であり、鉄筋応力に換算すると約50kg/cm²である。最大値で見ると、基盤加速度に対する鉄筋ひずみの大きさは、これまで得られた小規模地震の記録と大差ない。

図-4に加速度波形および鉄筋ひずみ波形を示す。主要動(S波)の継続時間は5秒程度である。側壁頂部(T-1)の加速度波形では、0~9secにP波に対応すると考えられる高振動数の波が見られるが、側壁の鉄筋ひずみ波形には鉛直方向(S-12)、周方向(S-1)ともに現れていない。これは、P波が高振動数であるため貯槽の変形量としては小さいことに起因するものと考えられる。

図-5に千葉県東方沖の地震と小規模地震(地表最大加速度24gal)の基盤に対する地表面の伝達関数を示す。千葉県東方沖の地震(実線)の1次ピークはほぼ1Hzであり、小規模地震(破線)との間に特に大きな差

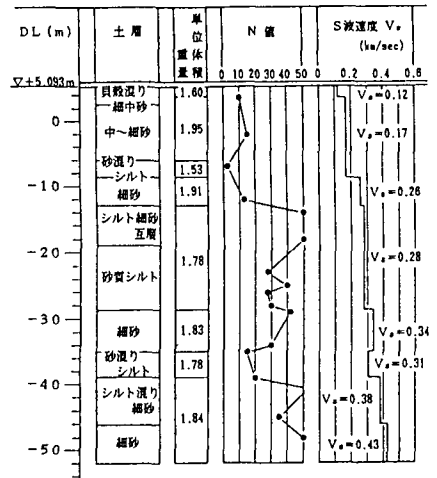


図-1 土質柱状図

は見られない。しかしながら、2次、3次ピークはX成分が $2.1H_z$ 、 $3.5H_z$ 、Y成分が $2.0H_z$ 、 $3.3H_z$ であり、小規模地震に比べて若干低振動数側へずれる傾向が見られる。伝達関数に関しては、今後、地盤の非線形性を含めて検討する必要があると考える。

4. まとめ

今回の結果をまとめると以下の通りである。

- ① 千葉県東方沖の地震では地表最大加速度186 galの大きな記録が得られたが、発生した側壁の鉄筋応力増分は高々 50kg/cm^2 であった。
- ② 側壁頂部の加速度波形にはP波と考えられる高振動数の波が見られたが、この波が側壁の鉄筋ひずみに与える影響は極めて小さい。
- ③ 基盤に対する地表面の加速度伝達関数を他の小規模地震と比較した場合、2次、3次ピークが若干低振動数側へずれる傾向が見られる。

今後も、同観測記録に対して詳細な分析・解析を実施し、同地震時における貯槽および周辺地盤の挙動について検討する予定である。

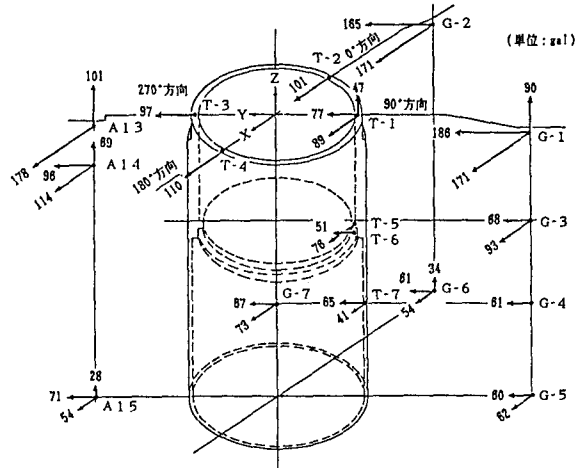


図-2 最大加速度分布

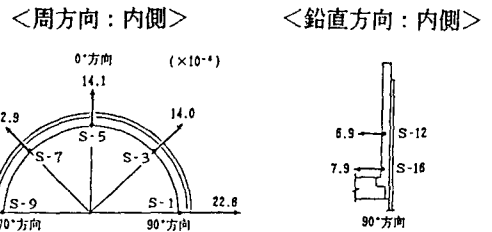


図-3 最大鉄筋ひずみ分布

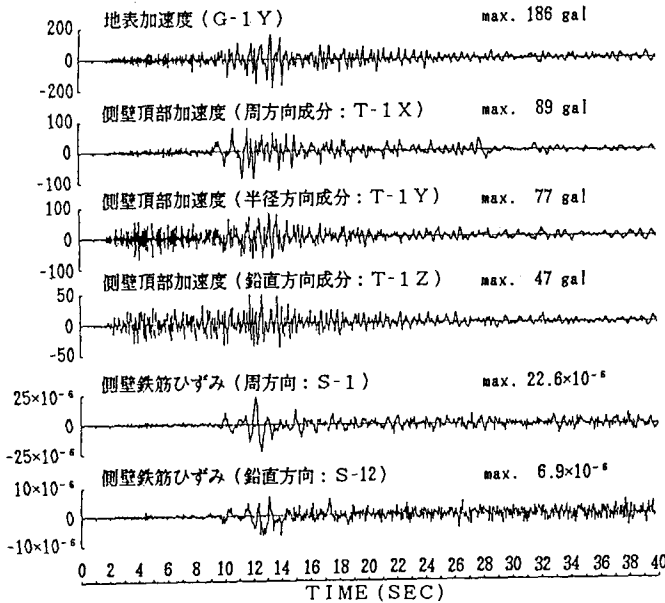


図-4 観測波形

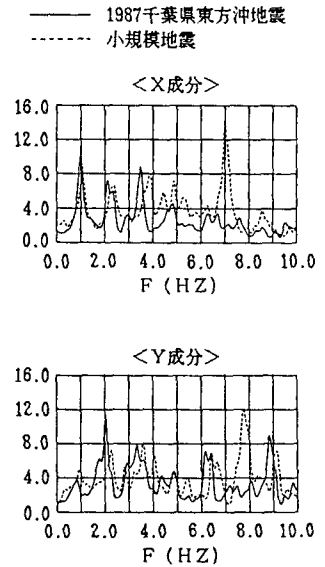


図-5 伝達関数（地表面／基盤）

<参考文献> 1) 小山,他:「大容量LNG地下式貯槽における地震観測とタンク・地盤の伝達特性」,第20回土質工学研究発表会,1985年