

# LNG貯槽基地における2001年芸予地震における挙動分析と設計地震動との対比

広島ガス 今田 直登  
大林組 正会員 松田 隆、 境 恭宏

## 1. 目的

2001年芸予地震において広島ガス廿日市工場内の地震計によって、設計地震動に匹敵する地震動が計測された。このとき、基地内の85,000kℓピットイン式LNGタンクを含む構造物には損傷がなく、耐震設計法の妥当性が検証された。ただし、本来の耐震性照査である地震時断面力と耐力との関係で与えられる耐震安全余裕度に関しては、計測がなされていないため数値解析による分析が必要になる。この報告は、観測された地震動の分析結果と、地震応答解析によるLNGタンクの地震時挙動に関する検討結果を述べるものである。

## 2. 観測対象と観測地震動

観測システムは、地表面SUF(GL±0m)とタンク基礎版BASE(GL-41.5m)の2個所に水平2方向の地震計が設置されている。SUFはタンクから約85m、護岸からは約100m離れている。図1に観測位置と検討対象LNGタンクの断面を示す。当基地からの震央距離は42kmである。

図2に観測波形（最大加速度：表1参照）、フーリエスペクトル及び地表面の基礎版に対する伝達関数を示す。主要動は11秒から24秒までの約13秒間続く。基礎版から地表面への増幅はほぼ2倍である。主要振動数成分は1～12Hzにある。地表面SUFでは、2Hz、4Hz前後に大きな成分がみられる。地表面の基礎版に対する増幅率でEW方向とNS方向で一致するピークは、周辺地盤の共振振動数と考えられ0.95, 1.85, 3.3, 4.0Hzがそれにあたる。製造設備等耐震設計指針でのレベル1地震動は180Gal、レベル2地震動は420Galであり、観測値の355.5Galはその間にあることがわかる。

図3に地表面観測波の加速度応答スペクトルを指針での設計基準地震動と比較して示す。0.08から0.3秒で観測波のスペクトル強度は設計基準スペクトルより大きい。0.3秒以上は観測波の方が小さい。これらのこと

表 1 最大加速度

	Base(NS)	SUF(NS)	BASE(EW)	SUF(EW)
(Gal)	151.0	355.5	150.5	272.5

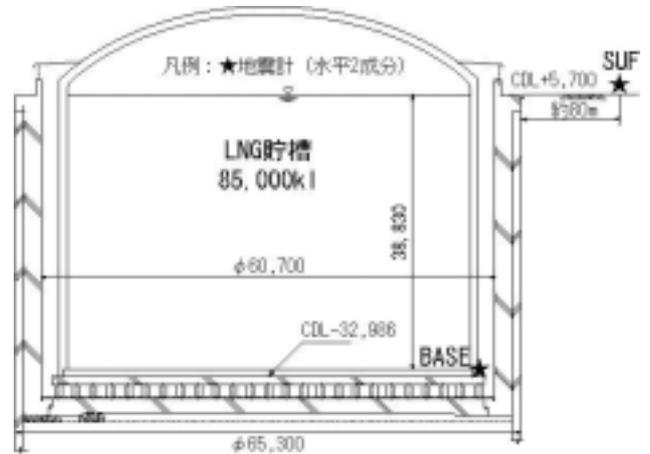
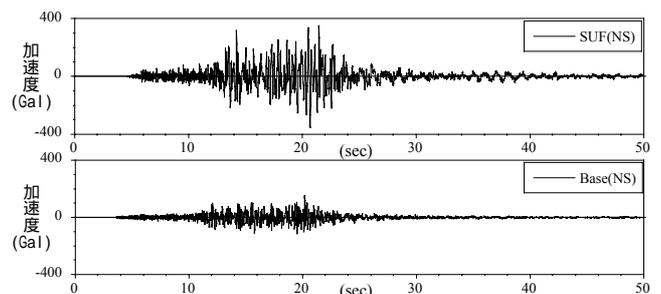
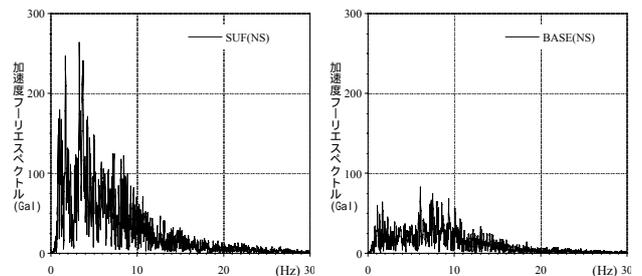


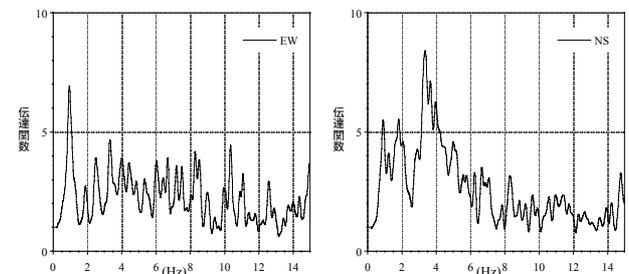
図 1 観測対象タンクと地震計位置



(a) 時刻歴波形(上段：SUF、下段：BASE)



(b) フーリエスペクトル(左:SUF、右:BASE)



(c) 基礎版に対する地表面の増幅率(同上)

図 2 観測波形(SUF:地表面、BASE:基礎版)

キーワード ピットイン式LNGタンク、2001年芸予地震、地震観測、レベル2地震動  
連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所 TEL 0424-95-0954

から、観測地震動はレベル2地震動に近く、弾性範囲を目標とするレベル1地震動の強度を超えていたと考えられる。

**3. 地震応答解析: 観測地震動とレベル2地震動に対する耐震性照査**

地震応答解析は、等価線形化軸対称FEM<sup>1)</sup>モデルを用いた(図4)。入力地震波は、BASE観測波をSHAKEで基盤に戻したL1相当地震動(基盤Amax=129Gal)とL2相当地震動(基盤Amax=221Gal)とした。

図5にL2に対する最大変位分布を示す。自由地盤では14.2cmの変位に対して側壁天端は7.8cmの変位になり、側壁が周辺地盤の地震時変形を抑制していることがわかる。図6にSUFに対する側壁天端の応答に関する伝達関数を示す。縦軸が1以下の場合、自由地盤の応答より側壁が小さな応答を示すことになる。L1では解析対象の振動数領域で1より小さくなっており、特に制振効果が現れている。

図7に代表的な位置における側壁と基礎版の断面力照査結果を示す。L1及びL2入力において、いずれの位置においても発生断面力は耐力曲線<sup>2)</sup>の内側にある。このことから、L2地震動における耐震安全性が確保できることがわかった。このとき、L1地震動に対しては、部材応力はその耐震目標である弾性範囲内であった。

**4. おわりに**

2001年芸予地震においてLNGタンクの設計地震動に匹敵する地震動が作用した。構造物が無被害であったことと地震応答解析結果の総合的な分析からLNGタンクに対する耐震設計法の妥当性と、地下円筒構造物の制振効果が示された。

**参考文献**

- 1) 松田ら：大規模群杭基礎の地震応答特性の解析、大林組技研報No48、平成6年2月
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書、平成8年

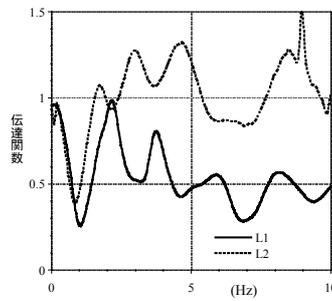


図6 伝達関数(側壁/SUF)

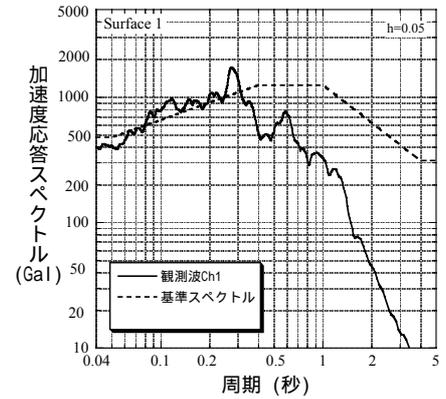


図3 地表面波の応答スペクトル

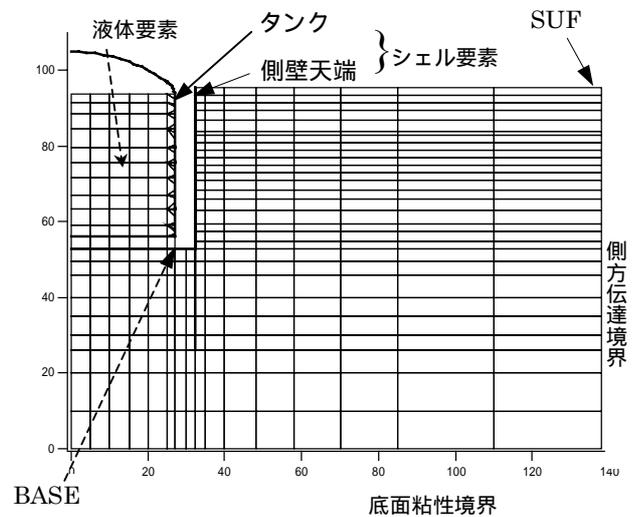
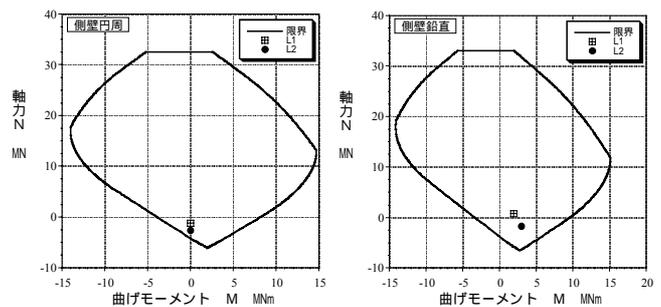
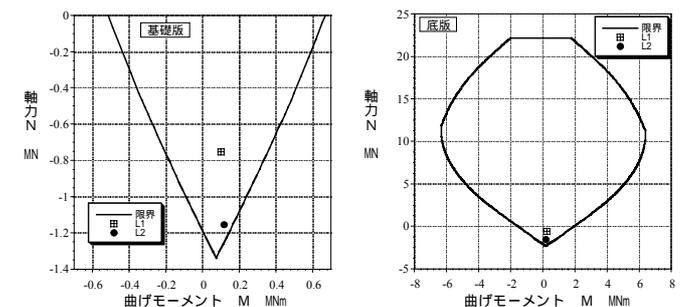


図4 解析モデル



(a) 側壁(右：円周方向、左：鉛直方向)



(b) 基礎版

(c) 底版

図7 断面力照査結果(耐力曲線)

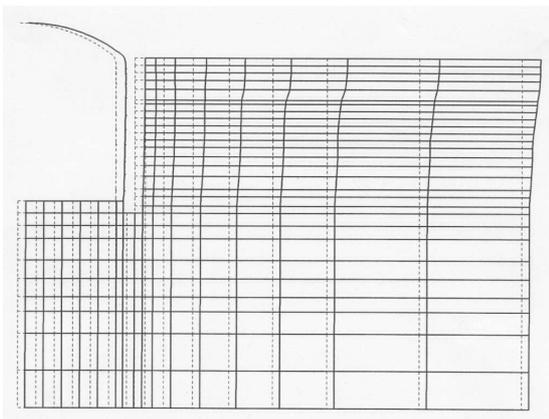


図5 L2入力時の変位分布