

(株)大林組 技術研究所 正員 ○野村敏雄

同 正員 大 内 一

同 武 田 寿 一

1. はじめに

(その2)で報告した軸対称FEM解析では、通常運転時を対象に非定常温度荷重に対するLNG地下貯槽の挙動をクリープ、ひびわれなどを考慮した解析により求めた。その際、材料定数は常温時のそれを用いて解析した。しかし、LNG貯槽の場合には側壁の内側で極低温にさらされることが予想される。特にコンクリートの諸物性の場合、常温時(0℃以上)から低温時では大きく変化することが知られており、本報告ではこれらの物性の变化を考慮した解析を行なった。すなわち、物性の温度依存性を考慮したクリープ、ひびわれ解析により、当構造物の長期間にわたる挙動を長期実荷重の影響をも考慮して明らかにし、さらに温度応力を検討することとした。

温度荷重
 $q_g = 18.642 \text{ kg/cm}^2$

2. LNG地下貯槽の温度応力解析

2.1 荷重条件

作用荷重は通常運転時を想定し、温度荷重及び長期実荷重を考慮する。解析上の取扱いとして長期実荷重は先行荷重として温度荷重が作用する前にすでに働いており、非定常温度荷重作用後も一定に働き続けるものと仮定する。図-1, 2に長期実荷重、定常時における断面内温度分布を示す。

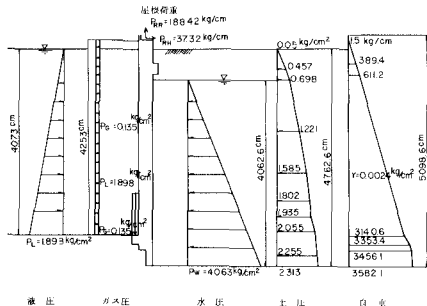


圖-1 長期実荷重

2.2 材料定数

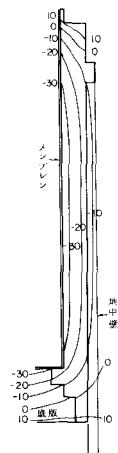
コンクリートに対してのみ物性（引張強度，弾性係数）の温度依存性を考慮することとし，今回は文献 2）によりその変化を仮定した。

2.3 解析モデル

LNG地下貯槽側壁を対象とし、地中壁根入れ部の効果を下端弾性バネ、すなわち、鉛直方向では杭基礎として計算した等価鉛直バネに、水平方向では地盤反力と側壁下端のリング効果を考慮した等価半径方向バネに置換した。

2.4 解析結果

解析は表-1に示す様な4ケースについて行なった。CASE1は(その2)との比較の意味で側壁底部をローラ支承とした場合で作用荷重は温度荷重のみとした。CASE2,3は地中壁の影響を考慮し、側壁下端に鉛直バネ、水平バネを導入した場合で作用荷重はそれぞれ温度荷重のみ、温度荷重及び長期実荷重とする。なお、比較の基準となる弾性解析をCASE4とする。



1) ひびわれ 図-4 は定常時におけるひびわれ状況を示したものである。なお定 図-2 断面内温度分布
表 1 解析結果 (定常時)

表一 1 解析ケース

解析ケース		1	2	3	4
荷重条件	実電			○	
	温度荷重	○	○	○	○
支持条件	ローラー	○			
	連壁バネ		○	○	○

備考：CASE1～CASE3：クランク・クリーブ解析
CASE4：弾性解析

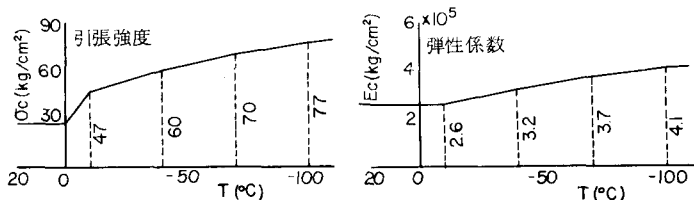


図-3 材料定数の温度依存性

常とは温度荷重用後36ヶ月における状態を言うものとする。図から明らかな様に物性の温度依存性を考慮しない(その2)の結果に比較してCASE 1, 2はひびわれの発生が減少する結果を与え, 上部ほどその傾向は著しい。支持条件の異なるCASE 1, 2はほぼ同様のひびわれパターンを示すが, 底部ではその相違の影響によりそのパターンが異なっている。これらに対してCASE 3の場合には先行応力として長期実荷重による圧縮応力が作用しているためにひびわれはほとんど発生しない。

2) 温度曲げモーメント 図-5は一般部における温度変化と断面中心回りの曲げモーメントの関係を示したものである。CASE 1, 2の場合には温度荷重用後1ヶ月程度でひびわれが発生するので, クリープの影響も含めて曲げモーメントは緩和され定常時においてそれぞれ弾性解析の77%程度となる。一方, CASE 3の場合はひびわれは発生せず曲げモーメントはクリープの影響のみによって緩和され定常時において弾性解析の80%程度になる。なお弾性解析においても勾配が変化するのは温度分布形状の変化によるものである。これらの結果は物性の温度依存性を考慮することにより, 一方で弾性係数の増加が考えられるものの, 引張強度の増加の影響が著しくひびわれ発生が押えられるためと考えられる。

3. あとがき

LNG地下貯槽の側壁を対象に, 地中壁の影響及び物性の温度依存性を考慮してクリープ, ひびわれ解析した結果を以下に示す。

1) 物性の温度依存性を考慮しない場合には内面付近の温度低下が10~20℃(約1ヶ月後)でひびわれは発生し, 3ヶ月程度で進展しなくなる。これは3ヶ月以後では温度勾配の増加が少ないことによる。それに対して温度依存性を考慮した場合には1ヶ月程度でひびわれは発生するものの, 前述の様に引張強度の増加の影響が大きく, それ以後は進展しない。

2) 温度曲げモーメントを一般部を対象に評価すると, 物性の温度依存性を考慮しない場合には常温物性を用いた弾性解析値の50~60%程度となり, 結果的に従来の設計で用いられる値とはほぼ等しい結果を与えた。これに対して本報告のように物性の温度依存性を考慮した場合には, モーメントの応力緩和は比較的少なく, 定常時において弾性解析値の75~85%程度になった。しかし, 鉄筋応力度は高々200~300 kg/cm²であり, コンクリート圧縮応力度も含めて安全側の値を与えている。

- 参考文献 1) 野村, 他: LNG貯槽の温度応力解析—その2; 鉄筋コンクリート製LNG地下貯槽の非線形温度応力解析—, 第37回土木学会年講 P419~P420
2) 岡田, 他: 低温下におけるコンクリート部材の曲げ特性, コンクリート工学No.46(1977.11) P9~20
3) 日本瓦斯協会: LNG地下貯槽指針, (1979, 2)

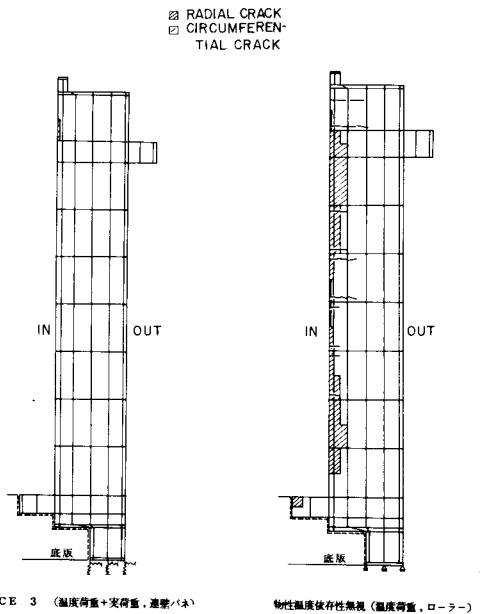
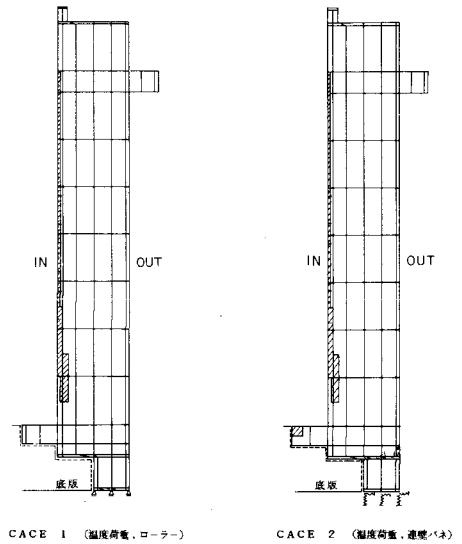


図-4 定常時ひびわれ状況

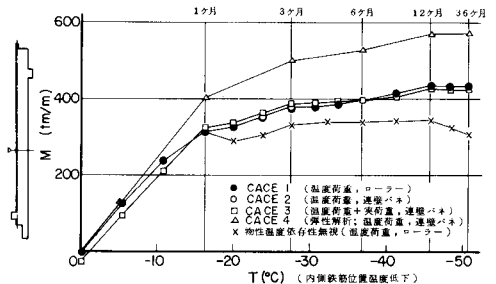


図-5 温度変化—曲げモーメント