

LNG地下タンクの耐震性能評価

1. LNG
2. LNG地下タンク
3. LNG地下タンクの耐震性能評価事例
4. おわりに



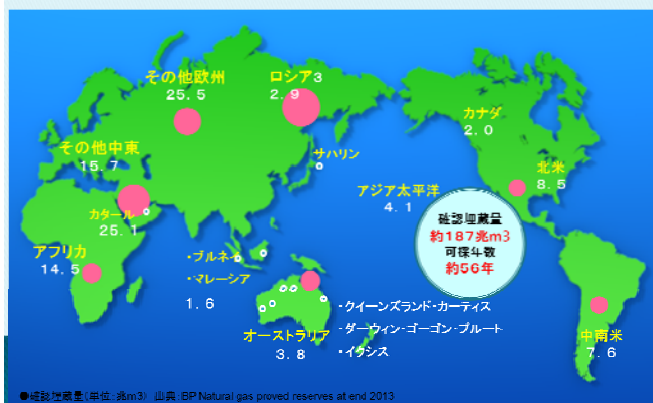
東京ガス株式会社
川村 佳則

LNG地下タンクの耐震性能評価

1. LNG
2. LNG地下タンク
3. LNG地下タンクの耐震性能評価事例
4. おわりに

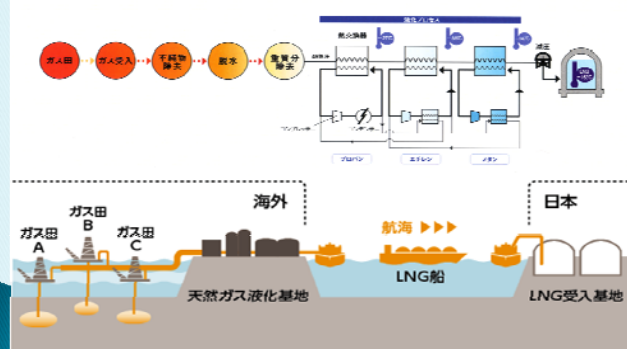


LNG 長期的かつ安定的に確保できるエネルギー

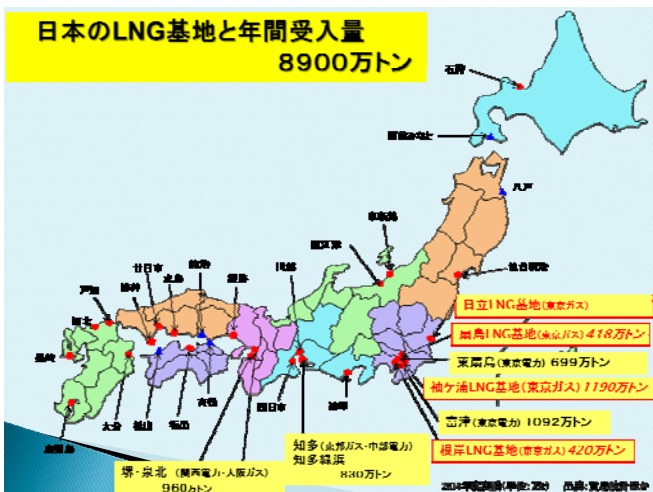


天然ガスの流れ

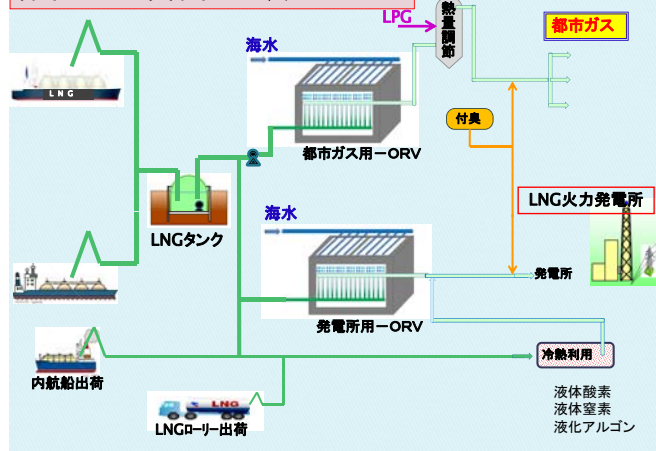
天然ガス処理・液化フロー (多元冷媒カスケード方式)



日本のLNG基地と年間受入量 8900万トン



都市ガス工場都市ガス製造プロセス

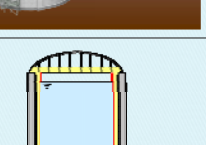
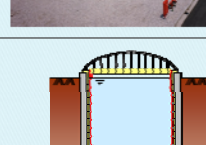


LNG地下タンクの耐震性能評価

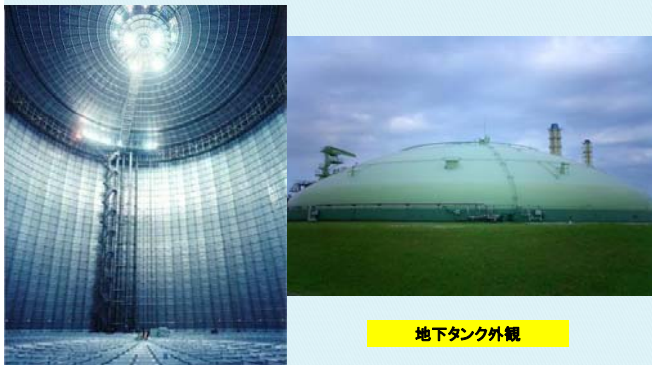
1. LNG
2. LNG地下タンク
3. LNG地下タンクの耐震性能評価事例
4. おわりに



LNGタンクの種類

地上タンク 	地下タンク 
	

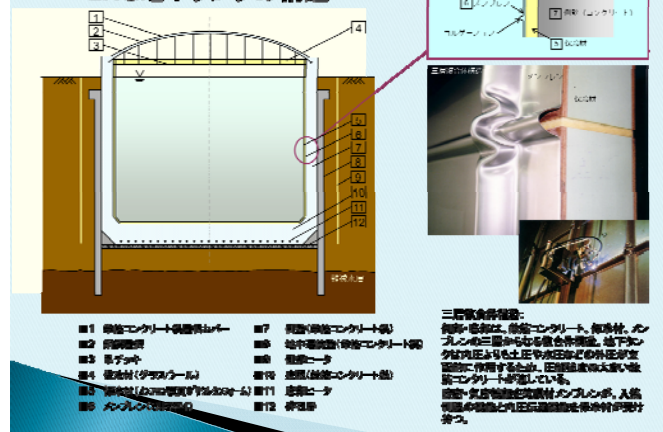
LNG地下タンク



地下タンク外観

タンク内部の様子

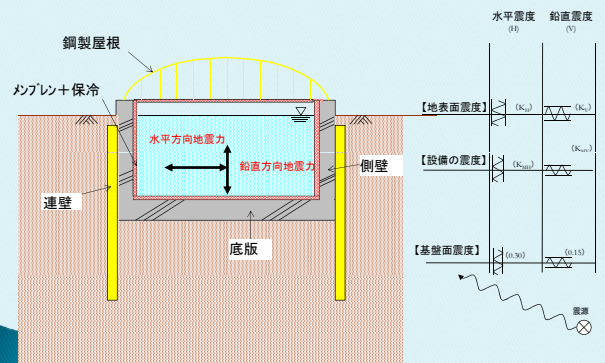
LNG地下タンクの構造



LNG地下タンク 鉄筋コンクリート製躯体の設計

- 日本ガス協会「LNG地下式貯槽指針」に基づき設計
1983年初版発行、2001年改訂、2012年改訂
- 通常運転時、レベル1地震時及びレベル2地震時
- 2001年改訂以降、性能照査型設計体系
2001年以前は許容応力度設計体系
- レベル1地震時解析：線形又は等価線形、
静的解析又は準動的（応答変位法）
- レベル2地震時解析：等価線形又は非線形、
準動的（応答変位法）又は時刻歴
応答解析法

LNG地下タンクの耐震設計

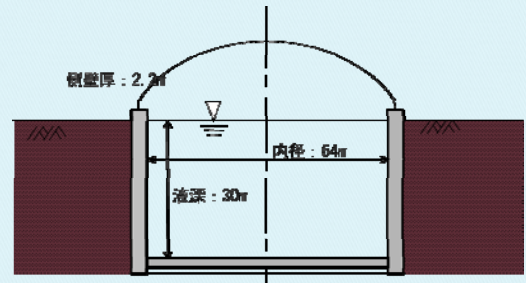


LNG地下タンクの耐震性能評価

1. LNG
2. LNG地下タンク
3. LNG地下タンクの耐震性能評価事例
4. おわりに



3. 1 解析対象 LNG地下タンク



3. 2 解析方法の概要

①解析方法

- ・解析は、汎用解析プログラム「COM3」を使用
- ・貯槽地盤連成系モデルを用いた3次元時刻歴応答解析
- ・躯体コンクリートは、ひび割れ、鉄筋降伏等の材料非線形特性を考慮
- ・コンクリートの低温強度を考慮
- ・地震時における地盤の剛性低下を考慮.
- ・凍土の剛性を考慮

3. 2 解析方法の概要

②躯体の確保すべき機能

「LNG地下式貯槽指針」レベル2耐震性能評価

- ・地下タンクの耐震性能
『基地外的人身と設備の安全を損なわない』
- ・躯体が確保すべき性能
『変形が残留しても、屋根及びメンブレンの目標性能を損なわない(耐荷性能)』
『地震後に周辺地下水が躯体内に浸透しても、メンブレン及び保冷の目標性能を損なわない(止水性能)』

3. 2 解析方法の概要

②躯体の確保すべき機能

「LNG地下式貯槽指針」レベル2耐震性能評価
断面破壊の評価

照査項目	許容値
コンクリート部材の圧縮ひずみ	コンクリートの圧縮強度に対するひずみ ε'_{peak} の2倍のひずみ
コンクリート部材の引張ひずみ	鉄筋の平均降伏ひずみの2倍のひずみ
面外せん断	面外せん断耐力

3. 2 解析方法の概要

③躯体の評価項目

LNG地下式貯槽指針L2耐震性能規定 厳しい耐荷性能を確保していることの確認項目及び許容値

- ・耐荷性能(地震後に躯体構造全体は崩壊しない状態)
コンクリート部材の最大圧縮ひずみ:
終局変位時のコンクリートの圧縮ひずみ
コンクリート部材の最大引張ひずみ:
終局変位時のコンクリートの引張ひずみ
面外せん断:
面外せん断破壊が生じない

3.2 解析方法の概要

③躯体の評価項目

止水性能を確保していることの確認項目及び許容値

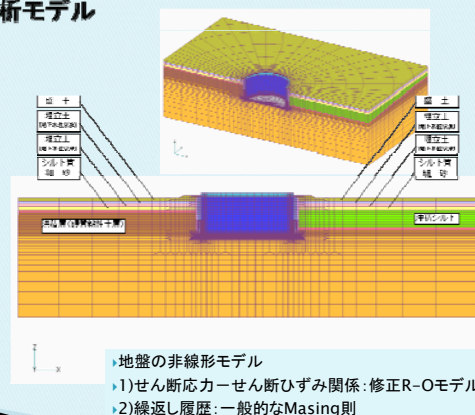
・止水性能

地震後に躯体内部に地下水が浸入しない状態

コンクリート部材の残留ひずみ:

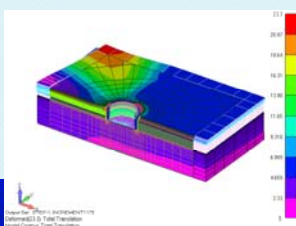
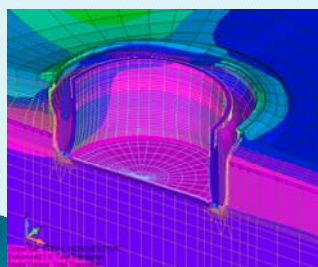
躯体内部に地下水が浸入しないひび割れ幅
以下となるひずみ

3.3 解析モデル



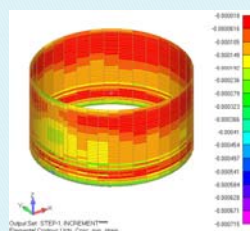
3.4 解析結果

躯体の水平変形が最大
となるT=11.59secにおける変形状況

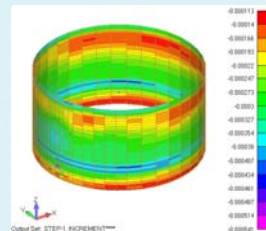


3.4 解析結果

コンクリート部材の最大圧縮ひずみ:
内側、外側共に終局変位時のコンクリート圧縮ひずみ以下



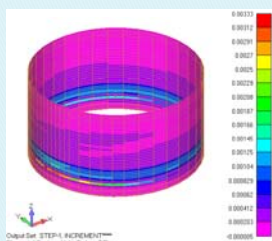
内側



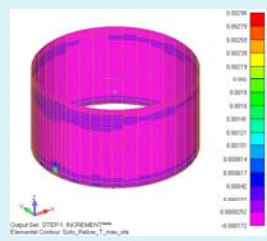
外側

3.4 解析結果

コンクリート部材の最大引張ひずみ:
内側、外側共に終局変位時のコンクリート引張ひずみ以下



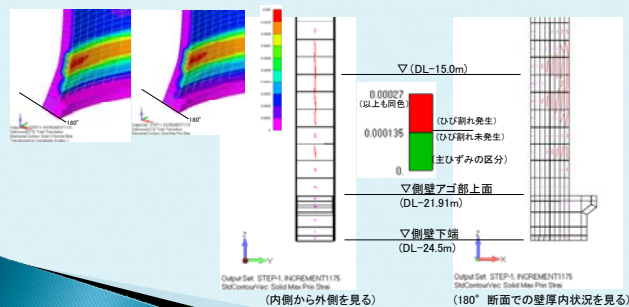
内側



外側

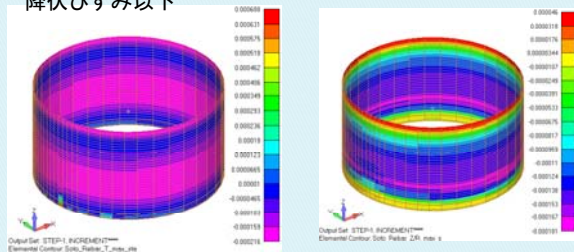
3.4 解析結果

面外せん断: 面外せん断破壊は生じていない
曲げひびわれ状態、面外せん断クラックは生じていない



3. 4 解析結果

残留ひずみ: 地下水はタンク内部へ浸入しない
残留ひずみが引張側の部位は地上部及び側壁あご部のみで、
降伏ひずみ以下



外側円周

外側鉛直

3. 5 解析結果まとめ

確保すべき躯体の耐震性能

- ①耐荷性能(地震後に構造全体系は崩壊しない状態)
 - ・地震中の最大圧縮ひずみ、最大引張ひずみ共に、終局変位時のひずみに達していない状態
 - ・地震中に面外せん断破壊が生じていない
 - 構造体として躯体構造全体系が崩壊しない
- ②止水性能(地震後に内部に地下水が浸入しない状態)
 - ・地震後の躯体外側の残留ひずみが引張状態の部位は、地下水が内部に侵入しない箇所
 - 躯体内部に地下水が浸入しない



地下タンク躯体は安全性を確保している

LNG地下タンクの耐震性能評価

1. LNG
2. LNG地下タンク
3. LNG地下タンクの耐震性能評価事例
4. おわりに



4 おわりに

設計以上の高レベル地震動に対して、既設LNG地下タンクの耐震性能評価を行うに当たり、下記項目を考慮することにより合理的な評価を実施出来る。

- ・対象地下タンクの設置環境、実強度に基づく材料特性等を考慮
- ・地下タンクとともに、周辺地盤の地震時応答を直接的に連成評価
- ・RC構造物のひび割れや鉄筋降伏現象を再現
- ・対象地震動に応じた地下タンクの耐震性能の設定及び具体的な評価項目、評価指標の設定