

CS-129

LNG 地下タンクの構造性能照査システムの構築

エネルギー土木委員会

LNG 地下タンク設計合理化小委員会

分科会3 主査 東京電力 フェロー 宮本幸始

幹事 電力中央研究所 会員 金津 努

幹事 東京電力 会員 赤石沢総光

1. はじめに

現在、土木学会エネルギー土木委員会 LNG 地下タンク設計合理化小委員会（委員長；岡村甫東大教授）では、主に、次の3点について活動を進めている。(1) 具体的な構造物である LNG 地下タンクを対象として、性能照査型設計の体系を基本として、最新の技術的知見を反映させた設計合理化システムを作る (2) 性能照査型の設計体系では、構造物の挙動をより精度よく評価できる解析手法を用いることが一層の設計合理化につながる。地下タンクの場合、地盤と構造物の地震時の相互作用の扱いにかなりの検討の余地が残されているので、現状で最新の知識を採り入れた実用的な解析技術の開発を行う (3) 性能照査型に対応する照査用地震動の設定方法を提案する 等である。

本報告は、上記委員会活動として検討中の「LNG 地下タンク構造性能照査指針（案）」（以下「照査指針」）の概要を紹介するものである。

2. 照査指針の概要

本照査指針の構成と設計のフローにおける位置づけを図-1 に示す。地下タンクを設置する地盤の条件に関しては、本照査指針に入る前に別途諸検討を行うものとして、性能設定は、躯体の構造性能に関係する項目を採り上げた。

2.1 地下タンクの性能設定

本照査指針では、要求性能を階層的に考慮し、以下に示すように設定している。

(1)第1階層（要求性能）；一般的表現による性能設定

地下タンクの性能を、一般に容易に理解できる表現で設定した。考慮事項は、社会通念および設備所有者の意図である。社会通念としては、対人影響（例えば、人身、人命に対する影響なし）を、設備所有者の意図として、構造物の目的・用途（安全な貯液性能）、設備維持の程度（例えば、損傷の状態、補修・補強の要否）、作業安全性のレベルを設定した。

(2)第2階層（目標性能）；上記性能を満足するための、技術的表現による性能

耐力性能、止水性能、気密性能、液密性能の4つを目標性能として設定し、これらを総称して構造性能と定義した。

(3)第3階層（性能照査項目と限界値）；工学的表現による性能設定

耐力、止水、機密、液密の性能に関して、現状の解析手法で評価できる、地下タンクの状態を表す力学的な指標として、鉄筋応力、断面耐力、変形（靱性、残留変形等）を設定した。

性能は、常時（通常時）と地震時に分けて設定している。地震時は、耐震性能1, 2, 3（現行のコンクリート標準示方書耐震設計編に基本的に同じ）を設定している。

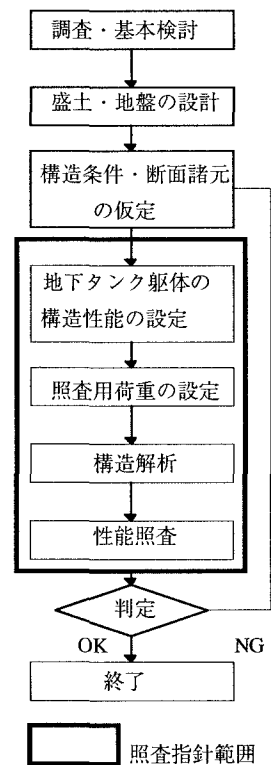


図-1 地下タンクの設計フロー

キーワード：液化天然ガス、地下タンク、性能照査、鉄筋コンクリート

連絡先：270-1194 我孫子市我孫子 1646 TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-2962 E-mail kanazu@criepi.denken.or.jp

2.2 照査用荷重

表-1 各動的解析手法の特徴

照査用の荷重は、通常運用時と地震時に分けている。地震時は、多段階の地震動設定（レベル1，レベル2L，2H）を可能にしている。レベル1に対して耐震性能1，レベル2L，2Hに対して耐震性能2，3を対応させることを基本とする。

種類	解析手法		地 盤				構 造		
	準動的	動的連成	等価線形	非線形	全応力	有効応力	線形	等価線形	非線形
手法1	○		○		○		○		
手法2	○		○		○			○	
手法3		○		○	○				○
手法4		○		○		○			○

手法1、2；従来解析 手法3；標準解析（提案） 手法4；近い将来の解析法

また本活動では、地震動設定の基本的な考え方の取り組みも行っている。

2.3 解析手法の概要

地下タンクの通常運用時、地震時の挙動を評価する方法として、解析のレベルを区分して提示している。表-1には、動的解析手法の特徴（線形、非線形など）をとりまとめた。本活動では、新しい手法（手法3，手法4）の開発検討を進めているが、照査指針で用いる解析手法は、性能、精度の確認された手法で、設計の意図に応じて適切なものを選んで適用することを基本としている。各解析手法には解析できる能力の限界があるため、第3階層で設定した性能照査項目は、使用する解析手法との対応で設定することが必要である。

手法3の適用例を耐荷性能に関して示すと表-2の通りである。手法3は、地盤と構造の非線形性を考慮した3次元動的連成解析であり、耐震性能2あるいは耐震性能3を照査するために用いる。塑性域までの変形を考慮できる合理的な照査項目について現在検討中である。

その他、手法1，手法2に関しても、耐荷，止水，気密，液密の4つの性能に関する目標性能を満足させるための照査項目を、耐震性能1，2，3に分けて設定した。

表-2 手法3に対応する耐荷性能の照査項目とその限界値の例

解析手法	目標性能	照査項目		
		耐震性能1	耐震性能2	耐震性能3
手法3	耐荷性能	鉄筋応力度が降伏値以下。 （一般には、耐震性能1の照査には手法3は用いない。）	・ 躯体のある領域の曲げ塑性率がある安全率 ^{*1} を持って靱性率以下となる。 ・ せん断破壊が生じない。	・ 躯体のある領域の曲げ塑性率がある安全率 ^{*1} を持って靱性率以下となる。 ・ せん断破壊が生じない。

*1；手法3では、解析上、耐震性能2と3の区別を表現できないため、照査項目の表現を同じにしている。

2.4 照査

2.3までに説明したように、「性能照査は、目標性能を満足させる適切な照査項目とその限界値を設定し、想定される荷重に対して計算される構造物の応答値が、設定した限界値に到達しないことを確認する事によって行う」としている。限界値の設定と安全係数の扱いに関しては、現在検討中である。

また、通常運用時の耐荷性能の照査において、せん断耐力評価におけるコンクリートの寄与分の寸法依存性に関して、円盤部材による既往の実験結果や実タンクの計測結果に基づき、評価式を提案した。

3. まとめ

以上、現在検討を進めている「LNG地下タンク構造性能照査指針（案）」の概要を解説した。本活動については、公開して広く意見を求めることを予定している。

本活動にご協力いただいた、土木学会 エネルギー土木委員会 LNG地下タンク設計合理化小委員会の委員各位に感謝する次第である。