

## 「屋外貯蔵タンクの津波・水害による流出等防止に関する調査検討報告書」の概要

### 危険物保安室

#### 1 はじめに

平成23年に発生した東日本大震災では、小規模な屋外貯蔵タンクが津波により滑動・転倒する事故が発生しました。また、近年、激甚化・頻発化する風水害においては、洪水等に伴う浸水により屋外貯蔵タンクの浮揚・滑動等による事故も発生しています。

一方、近年の技術開発により、PC工法による津波対策を施工した屋外貯蔵タンクが新たに建設されるとともに、消防庁の「消防防災科学技術研究推進制度」（競争的資金）を活用した小規模屋外貯蔵タンク向けの津波対策工法に関する研究開発が進められるなど、新たな知見が得られつつありました。

このような状況を勘案し、消防庁では令和2年度から2ヶ年にわたり「屋外貯蔵タンクの津波・水害による流出等防止に関する調査検討会」を開催し、小規模屋外貯蔵タンクを対象として、競争的資金で研究開発がなされた2つの対策工法について調査検討を行い、その結果を報告書にとりまとめ、小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害対策工法に係るガイドラインを策定しましたので紹介します。

#### 2 調査検討対象とした屋外貯蔵タンク

国内の屋外タンク貯蔵所総設置数のうち、80%以上を占める容量が500kL未満の小規模な屋外貯蔵タンクを対象としました。また、設置形式として多く採用されていると考えられる縦置き円筒型タンクで、かつ底板を地盤面に接して設置されているものについて検討を行いました。

#### 3 対策工法の詳細

##### 1. 対策工法1

タンク側板下部から基礎コンクリート立ち上がり部にかけて、炭素繊維強化プラスチック（以下「CFRP」と

いう。）を現場施工し、タンク本体を基礎部へ固定する工法です（図1参照）。この工法は、タンク本体を“面”で固定することにより、波力を受けた際のタンク隅角部への応力集中を軽減することに加え、シート状のCFRPを隙間なく施工することによりタンク底板下への浸水による浮力を発生させないこと等が主な特徴です。

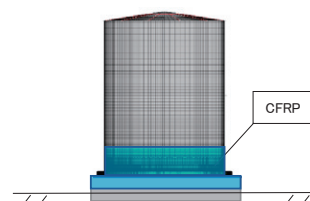


図1 対策工法1

##### 2. 対策工法2

プレートにワイヤーを接続する接続孔（以下「アイ」という。）を取り付けたアイプレートをCFRPにてタンク側板中間段に設置し、防油堤内に設けられたアンカーとアイを緊結固定する工法です（図2参照）。

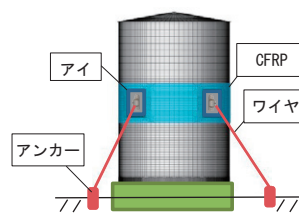


図2 対策工法2

この工法は、対策工法1が施工できないタンク（特殊な形状の基礎を有するタンク等）へも施工することが可能です。

#### 4 調査検討内容及び結果

##### 1. 令和2年度の調査検討内容及び結果

令和2年度は、対策工法の有効性を検討するため、タンク容量、内容液位等の条件が異なる20のケースについて有限要素法による数値解析（以下「FEM解析」という。）を行いました（図3及び図4参照（20ケースのうちの一部抜粋））。FEM解析結果からそれぞれのタンク容量、内容液位で無対策タンクより対策工法1では平均約2.1倍、対策工法2では平均約1.8倍限界津波水位が高くなることが確認されました。

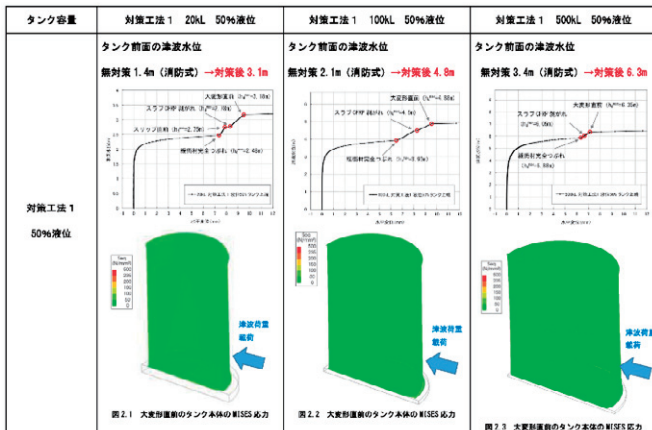


図3 対策工法1 50%液位 タンク容量別のFEM解析結果

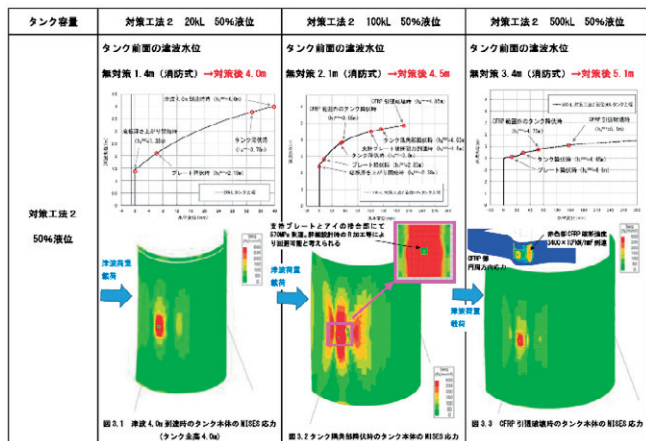


図4 対策工法2 50%液位 タンク容量別のFEM解析結果

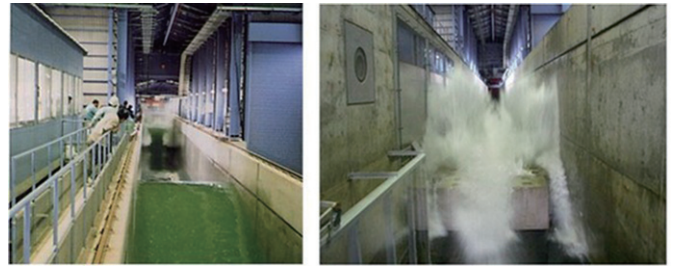


図5 大規模波動地盤総合水路 ((国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所HPより引用)

### (i) 浸水実験の結果

実験水路に設置した固定床の上に対策工法1、対策工法2及び無対策タンクをそれぞれ設置し、水位が約2cm/分で上昇するよう給水し、浮上の有無を確認しました。

実験の結果、無対策タンクが浮上した一方で、対策工法1または対策工法2を施工したタンクは浮上しないことを確認しました(図6から図8参照)。



図6 無対策タンク 浸水実験

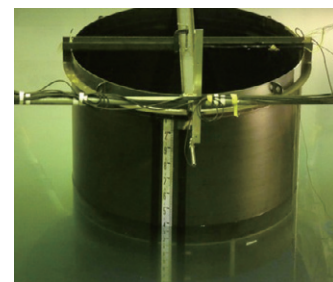


図7 対策工法1 浸水実験

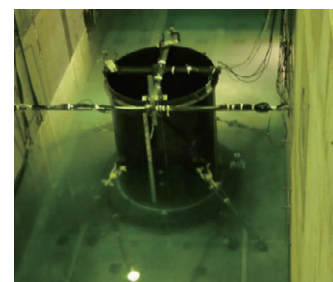


図8 対策工法2 浸水実験

## 2. 令和3年度の調査検討内容及び結果

令和3年度は、FEM解析の妥当性を確認するために、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 大規模波動地盤総合水路(図5参照、以下「実験水路」という。)において、対策工法を施工した容量3.45kLの模型タンク及び無対策の模型タンクに対して、津波を模擬した波を当てる実験(以下「津波実験」という。)と水害を想定し、タンクを浸水させる実験(以下「浸水実験」という。)を行いました。

津波実験の際には、模型タンクに圧力計、ひずみゲージ等の各種測定機器を設置し、測定点におけるひずみ、応力の数値を測定しました。

また、模型タンクと同じモデルに対してFEM解析を行い、実験で得られた数値とFEM解析結果を対比し、FEM解析の妥当性について検討しました。

## (ii) 津波実験の結果

実験水路に設置した固定床の上に対策工法1、対策工法2及び無対策タンクをそれぞれ設置して津波を積荷させ、「タンクが保持できるのか」、「CFRPが剥離しないか」を確認しました（図9から図11参照）。

対策工法1及び対策工法2では、対策工法によりタンクが保持されること、CFRPに対策工法を逸するような剥離が生じないことを確認しました。

一方で、無対策タンクは津波を模擬した波の積荷により移動することを確認しました。

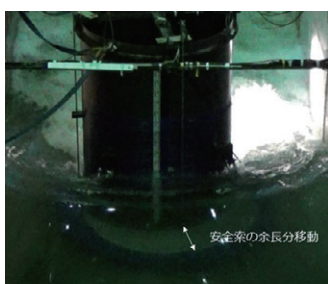


図9 無対策タンク 津波実験

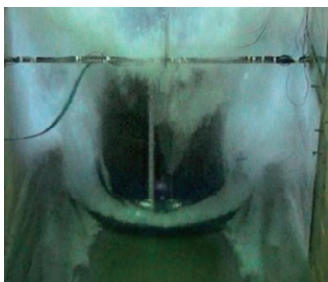


図10 対策工法1 津波実験

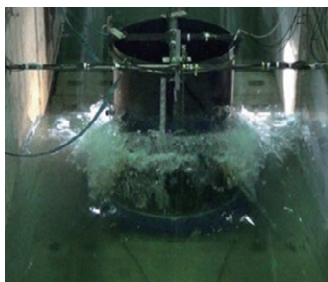


図11 対策工法2 津波実験

## (iii) 実験測定値とFEM解析結果の対比

模型タンクと同じモデルに対するFEM解析結果と津波実験の際に測定した計測値を対比してみると、実験で得られた測定点におけるひずみ、応力の数値とFEM解析結果が大きく乖離していないことから、FEM解析の妥当性が確認されました。

## 5 ガイドラインの策定

調査検討結果から対策工法1及び対策工法2の有効性並びにFEM解析の妥当性が確認されたことから、タンク所有者等が自主保安を推進するために参考となる指針として、小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害対策工法に係るガイドラインを策定し、小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害対策について（令和4年3月30日付消防危第63号）により発出しました。

## 6 その他

「屋外貯蔵タンクの津波・水害による流出等防止に関する調査検討報告書」及び「小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害対策工法に係るガイドライン」については、消防庁ホームページから閲覧できます。「消防庁トップページ」→「審議会・検討会等」→「検討会等」→「令和3年度開催の検討会等」→「屋外貯蔵タンクの津波・水害による流出等防止に関する調査検討会」（[https://www.fdma.go.jp/singi\\_kento/kento/post-97.html](https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/post-97.html)）

問い合わせ先

消防庁危険物保安室  
TEL: 03-5253-7524