

## 「屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討報告書」の公表

消防庁では、シミュレーションや非破壊検査の活用により屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化を図り、もって工事等の際の検査方法の合理化を進めることを目的として、「屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討会」を開催し、調査・検討を行いました。

この度、検討会報告書がとりまとめられましたので、公表します。

## 1 経緯

石油等を大量に貯蔵する屋外貯蔵タンクは、過去の流出事故等の教訓を踏まえ、補修工事や定期的な点検等の際に各種検査を行い、安全性を確認することとされています。現在の検査項目の中には、多くの時間や費用がかかるものもあり、安全を確保しつつ、合理化を進めることが求められています。

近年、シミュレーションや非破壊検査の技術が進展していることを踏まえ、屋外貯蔵タンクの検査に活用できる可能性のあるものについて調査・検討を行いました。

## 2 主な結果(水張検査の合理化)

従来行っている水張検査は、補修工事後においてタンクに実際に水を張って漏れ及び変形のないことを確認する検査ですが、溶接線の部分的な補修工事については、次の点をチェックして漏れ及び変形のおそれがないことを確認することで代替することができると考えられます。

- ① 補修に用いる溶接の方法、補修した箇所の亀裂や漏れの有無 等
- ② タンクの本体及び基礎の有害な変形の有無(一定以上の鋼板の変位、底部の不等沈下 等)
- ③ タンクを危険物で満たした場合の応力の影響(シミュレーションによる評価)

\* このほか、コーティング上からの溶接部検査について、新技術による非破壊検査手法の調査・検討を行い、原理的に溶接欠陥を検出できることを確認するとともに、実運用に供するに当たっての技術的な課題を整理しました。

## [別添資料]

「[屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討報告書](#)」の概要は、別添のとおりです。

また、報告書全文は、消防庁ホームページ(<https://www.fdma.go.jp/>)に掲載します。



## &lt;問い合わせ先&gt;

消防庁危険物保安室 担当：内藤、清野、門前

TEL 03-5253-7524 (直通) / FAX 03-5253-7534

## 検討会の概要

石油等を大量に貯蔵する屋外貯蔵タンクは、過去の流出事故等の教訓を踏まえ、補修工事や定期的な点検等の際に各種検査を行い、タンクの気密性や強度、溶接部等を確認することとされています。現在の検査項目の中には、多くの時間や費用がかかるものもあり、安全を確保しつつ、合理化を進めることが求められています。

近年、シミュレーションや非破壊検査の技術が進展しており、屋外貯蔵タンクの検査に活用できる可能性のあるものも見られるところであり、消防庁では有識者等から構成される屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討会を開催して、タンク底部の溶接部補修に係る水張検査の合理化等について調査検討を行いました。

## 検討会委員

- ※（ ）内は前任者
- 座長  
亀井 浅道 元横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター 特任教授
  - 委員  
小川 晶 川崎市消防局 予防部 危険物課長  
(菅野 浩一)  
三枝 浩也 横浜市消防局 予防部 保安課長  
(加賀谷 敦己)  
(土橋 正彦)  
佐川 平 電気事業連合会 工務部副部長  
(今木 圭)  
座間 信作 横浜国立大学 リスク共生社会創造センター 客員教授  
高橋 弘幸 一般社団法人 日本非破壊検査工業会  
竹原 昌彦 石油連盟 設備管理専門委員会  
(岸川 有一)  
千葉 真 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 資源備蓄本部  
(塩見 晃也)  
中本 敦也 危険物保安技術協会 タンク審査部長  
(寒川 慎也)  
西 晴樹 消防庁消防研究センター 火災災害調査部長  
西上 真人 石油化学工業協会  
野本 敏治 東京大学名誉教授  
三原 毅 東北大学大学院工学研究科 材料システム工学専攻 教授  
八木 高志 危険物保安技術協会 土木審査部長  
山内 芳彦 危険物保安技術協会 技術アドバイザー  
山田 實 元横浜国立大学 リスク共生社会創造センター 客員教授  
山中 宏之 一般財団法人 エンジニアリング協会

## 検討経過

- 平成28年度  
第1回検討会 H28. 9. 12  
第2回検討会 H28. 12. 9  
第3回検討会 H29. 1. 16  
第4回検討会 H29. 3. 22
- 平成29年度  
第1回検討会 H29. 7. 19  
第2回検討会 H30. 2. 1  
第3回検討会 H30. 3. 13
- 平成30年度  
第1回検討会 H30. 6. 27  
第2回検討会 H30. 12. 18  
第3回検討会 H31. 2. 28



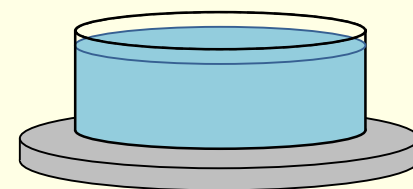
## 趣旨

水張検査は、消防法第11条の2に基づく完成検査前検査の一環として、工事後のタンクに水を張ることにより、応力を加えて漏れ及び変形の有無を確認するとともに、基礎・地盤の不等沈下を確認するものであり、実際の使用環境を模してタンクの健全性を包括的に評価するものです。

しかしながら、水張検査は、大量の水の使用、試験後の水処理、タンク清掃、検査期間の長期化等、事業者側の負担が大きいことから、検査水準を確保した上で合理化を図ることが期待されています。

このため、屋外貯蔵タンクの補修状況や水張検査における不具合事例、シミュレーションによる評価手法等について調査・検討を行い、水張検査の代替となる確認方法をまとめました。

## 水張検査イメージ



(工事後に水を張り、漏れ・変形を確認)

## 調査・検討の概要

### 1. 屋外貯蔵タンクの補修状況、水張検査における不具合事例の調査

- ・補修の主な内容は、タンク底部の溶接線（鋼板相互のつなぎ目）の部分的な溶接補修。
- ・補修の主な理由は、点検時の非破壊検査で溶接線に微小な欠陥（表面の細かいひび等）が見つかったことによるもの。
- ・工事後の水張検査において、底板相互の溶接線が破断した事例が2件あり、いずれも重ね継手（右下の図）によるもの。

### 2. シミュレーションによる評価手法の検討

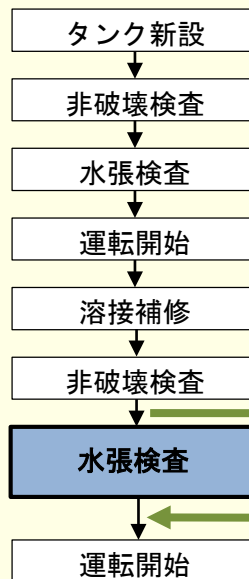
工事後のタンクに危険物を満たした場合、応力によって漏れや変形が生ずる主な原因として、溶接部の欠陥があると考えられます。

本検討会では、溶接部の欠陥が応力の影響により進展していくかどうか評価する手法として、低温液化ガス貯槽や船舶等で実績のある日本溶接協会規格WES2805に基づくシミュレーションが活用できるか検討しました。

シミュレーション結果と鋼板を用いた疲労試験データとの比較、タンクの規模や材質を変化させた場合のシミュレーション結果の傾向把握を行い、タンクに適した計算条件を設定することができたことから、評価手法として本シミュレーションを活用可能であることが確認できました。

## まとめ：水張検査の代替要件

溶接線の部分的な補修については、下記（緑枠内）をチェックして漏れ及び変形のおそれがないことを確認することで水張検査を代替することができると考えられます。



### 確認内容

#### 【補修溶接の要件】

- ・補修に用いる溶接の方法（下図）を確認
- ・補修した箇所の亀裂や漏れの有無等を確認

#### 【タンクの要件】

- ・タンクの本体及び基礎の有害な変形の有無を確認（一定以上の鋼板の変位、底部の不等沈下 等）

- #### 【タンクを危険物で満たした場合の応力の影響】
- ・シミュレーション（日本溶接協会規格WES2805）による評価



T型継手

突合せ継手

重ね継手

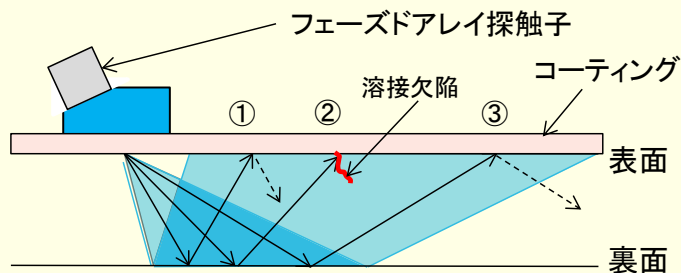
## 趣旨

定期点検におけるタンク底部の溶接部検査は、既往の非破壊検査手法（磁粉探傷試験等）では鋼材を露出させて行う必要がありますが、鋼板に防食用のコーティングが施されている場合でも、その上から超音波を用いて検査を行う方式の装置が新たに開発されたことから、当該装置の性能確認や活用方策の検討を行いました。

## 新たな装置（PA試作機）の概要

### <検出原理>

超音波を発射し、その反射波を解析して溶接欠陥を検出（下図）。今回の装置（PA試作機）では、超音波を発射する振動子を複数組み込んだ探触子を用いて、個々の振動子が超音波を送受信する位相配列（Phased Array）を制御し、合成された超音波波面の入射方向や焦点距離を自由に変えて、検出の精度や効率を向上させるもの。



超音波伝搬例



PA試作機の外観

## PA試作機の性能確認

### <試験片を用いた確認>

溶接欠陥を有する試験片を作成して試験を行ったところ、コーティング上から概ね良好に欠陥を検出することができました。



試験片による欠陥検出時の映像

### <実タンクにおける確認>

むつ小川原国家石油備蓄基地と福井国家石油備蓄基地のタンク（各1基）において試験を行ったところ、PA試作機において欠陥と判断される信号が複数検出されました。

しかしながら、当該箇所について、コーティングをはがして確認した結果、溶接線表面に欠陥は認められませんでした。溶接線内部の微少な空隙等からの反射波を捉えたこと等によるものと考えられます。

## 主な結果と課題

PA試作機は、原理的に、コーティング上から溶接欠陥を検出できるものであることが確認できました。また、PA試作機を用いる場合の手順等として、標準的な試験要領をまとめました。

一方、実運用に供するに当たっては、①実タンクにおける検証データの不足、②底板に裏面腐食がある場合の検出性能の検討、③傾きのある欠陥の検出性能の検討、④実用機の製作とその客観的な性能確認、⑤検査実施者の技能確保等の課題があると考えられます。

今後、これらの課題をクリアし、実運用に供していくことが期待されます。