



特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根の点検について

タンク審査部

1. はじめに

屋外貯蔵タンクの 1 つの構造形式である浮き屋根式タンクは、側板と底板で構成された円筒形のタンクに危険物を貯蔵し、当該危険物の液面上に円盤形の屋根を浮かせる構造となっており（図-1）、主に揮発性の高い危険物を貯蔵するタンクや、危険物を大量に貯蔵する大型のタンクに採用されています。

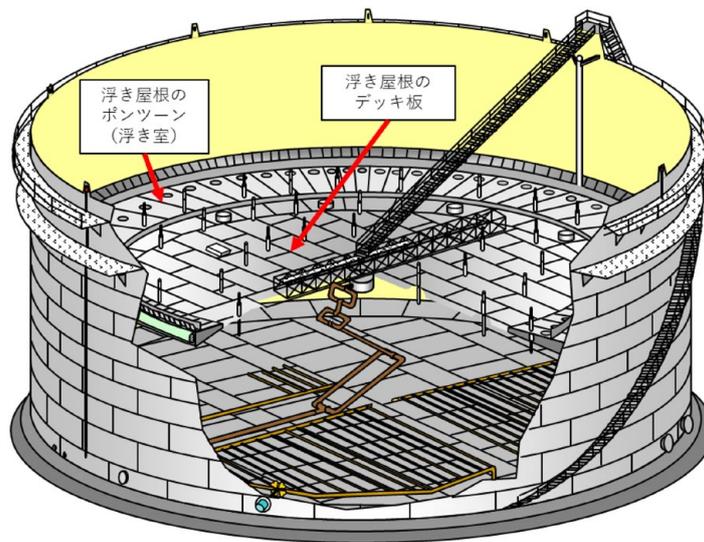


図-1 浮き屋根式タンク

大型の屋外貯蔵タンクは、その多くが高度経済成長期以前に建設されており、タンクが設置されてから 50 年以上経過したものが多くの割合を占めています。こうした状況の中、タンクの経年劣化に起因する危険物の流出事故は高止まりの状況が続いており、タンクの適切な維持管理は重要な課題となっているところです。

浮き屋根については、ポンツーン（浮き室）内部への漏えい事故が相次いだことを契機として、消防庁において平成 29 年度に全国調査が行われるとともに、平成 30 年度から「危険物施設の長期使用に係る調査検討会」の下に「屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループ」が開催され、浮き屋根の事故防止対策や、事故が発生した際の適切な対応方法について検討が行われました。検討の結果取りまとめられた「浮き屋根の事故防止に関するガイドライン」（以下、「ガイドライン」という。）において、浮き屋根式タンクの所有者がタンク開放時に実施する浮き屋根の点検内容が示されたほか、浮き屋根上への漏えい事故が浮き屋根の沈没まで至らないための評価項目として、ポンツーンの仕切り板の健全性確認や、過去の補修状況を踏まえた浮き屋根の浮力性能確認についても示されました。

当協会では、浮き屋根式タンクの所有者がガイドラインに沿った点検を適切に実施しているかどうかを第三者機関として評価する技術援助業務を行っており、本稿においてガイドラインの概要及び点検時に留意するポイントを解説します。

2 主な浮き屋根の事故事例

浮き屋根式タンクは、浮いている屋根により、危険物の液面が外部に露出しない構造となっています。また、このことを前提に、浮き屋根式タンクの消火装置は浮き屋根外周部のシーリング材の箇所から発生する局所的な火災（リング火災）に対応することを主眼として設置されており、何らかの影響で浮き屋根が沈没し、貯蔵している危険物の液面が全て暴露さ

れた状態で火災となるケース（全面火災）に対応するものとなっていません。すなわち、浮き屋根式タンクの安全を確保する上で、浮き屋根の沈没による危険物の露出は絶対に避けなければならない事態です。

ここでは、地震や台風の影響等により浮き屋根が沈没した近年の主な事例について紹介します。

(1) 平成 15 年十勝沖地震による火災事故

平成 15 年 9 月 26 日に発生した十勝沖地震において、震央から約 250km 離れた苫小牧市の石油コンビナート地区の浮き屋根式タンクで 2 件の火災が発生しました。1 件目は地震発生直後に発生した浮き屋根式原油タンクのリング火災であり、消火まで 7 時間を要しました。2 件目は地震発生の翌日に浮き屋根式ナフサタンクで発生した火災であり、浮き屋根の沈没に伴い全面火災となり、消火まで 44 時間を要する大変深刻な事態となりました(写真-1)。原因は、長周期地震動にタンクの液面が共振してスロッシングが生じたことに伴い、浮き屋根が損傷したことによるものです。なお、このときスロッシングの最大波高は 3m 近くに達したものと推定されています。

この被害事例を受け、平成 17 年 4 月から浮き屋根式タンクの耐震基準が新たに施行されることとなりました。



写真-1 浮き屋根式タンクの全面火災

(2) 平成 24 年沖縄県での浮き屋根沈没事故

平成 24 年 11 月 7 日、沖縄県うるま市の石油コンビナート地区の浮き屋根式タンクで、浮き屋根上への危険物漏えいが確認されました。その後、浮き屋根が座屈、傾斜して沈没し、貯蔵危険物が完全に暴露される状態となりました(写真-2)。

事故発生後の対応では、沈没した浮き屋根の状態把握が難しく、実施された危険物抜き取り作業は困難を極めました。大容量泡放射システム資機材を警戒配備し、不活性ガスの投入等を行う等可能な限りの安全対策を実施した上でタンクから危険物の抜き取りを行った結果、最終的に危険物の抜き取りが完了するまで約 2 ヶ月間を要し、さらに清掃が完了するまでもう 2 ヶ月間を要しました。

事故の原因として、当該地区は強力な台風に見舞われることが多く、台風によりポンツーンに亀裂が発生、進展しポンツーン内へ危険物が徐々に滞留して浮力が低下したことに加え、大雨の影響により浮き屋根の沈下傾斜が進行したことが挙げられています。さらに、当該浮き屋根のポンツーンの仕切り板は上部が断続溶接となっており、隣接するポンツーンと液密構造になっていなかったため、ポンツーンへの危険物滞留が隣接するポンツーンへと連鎖していき、最終的に沈没したものと推定されています。



写真-2 浮き屋根沈没により液面が露出したタンク

紹介した2事例とも、災害対応は困難を極めており、浮き屋根の沈没は、一歩間違えると周辺を巻き込んだ大災害へと繋がるおそれがあることが分かります。浮き屋根の経年劣化に加え、巨大地震の切迫性が指摘されていること、更には特に近年では風水害の規模が大きくなってきていることから、浮き屋根の適切な維持管理は重要なテーマとなっています。

3. ガイドラインの概要

ガイドラインでは、浮き屋根の事故防止のため、次の3点を明示しています。

- ① タンク開放時における浮き屋根の詳細点検
- ② ポンツーン内の仕切り板の健全性確認
- ③ 補修履歴を踏まえた浮き屋根の浮力確認

タンク開放時における浮き屋根の詳細点検としては、デッキ板及びポンツーン内部の目視検査、ポンツーンの加圧漏れ試験及びポンツーン底板の板厚測定の実施が求められています。

仕切り板の健全性確認としては、仕切り板が全周連続隅肉溶接であることを図面及び目視で確認するほか、仕切り板上部が断続隅肉溶接となっており隣接するポンツーンと液密構造になっていない場合には、法令で規定されたポンツーンの破損状態における浮き屋根の沈下傾斜時においても最終喫水線が仕切り板上端を超えないことを確認する必要があるとされました(図-2)。

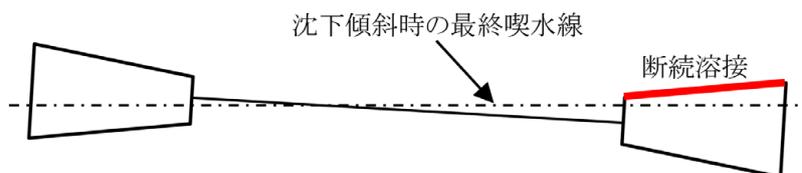


図-2 仕切り板上部が断続溶接の健全性確認

補修履歴を踏まえた浮力確認としては、過去において実施された浮き屋根の当板補修等による重量増加を反映したうえで必要な浮力が確保されているか確認する必要があるとされました。

このほか、ガイドラインにおいては、浮き屋根の事故時における対応についても示されています。浮き屋根上に危険物が漏えいした場合には、原則として速やかにタンクを空にして清掃した後に、漏えい箇所を特定し当該箇所を溶接補修する必要がありますが、上記①～③について適切に実施されており、かつ、危険物の漏えいが軽微な場合にあっては、これまで消防本部において認められていなかった仮補修によるタンクの継続使用が可能である旨がガイドラインにおいて示されています。これらの要件の確認については、タンクについて高度な知見を有する第三者機関を適宜活用することが望ましいとされています。

4. 浮き屋根の詳細点検のポイント

ガイドラインで規定された浮き屋根の詳細点検について、これまで当協会の技術援助業務を通じて得られた知見を基に、適切に点検を実施するうえでのポイントをまとめました。

(1) 目視検査

ガイドラインでは、デッキ板及びポンツーン内の溶接線及び板の腐食状況について目視検査を実施することとされています。目視検査の実施にあたり、塗装を剥離する必要はありません。

デッキ板の目視検査では、デッキ板上の汚れをできるだけ取り除いた状態で実施することが望ましいです（写真－3）。特に塵が常に滞留する箇所は、当該箇所が低くなっている場合が多く、雨水等も溜まりやすいため腐食が発生・進行しやすい場所でもあるため、目視による丁寧な確認が必要です。また、塗装の破損が認められる箇所についても、当該箇所の溶接線や板に腐食が発生していないか確認する必要があります。塗装破損部から雨水が浸入しているケースがこれまでも多く認められていることに留意する必要があります。



写真－3 デッキ板の目視検査の様子

ポンツーン内の目視検査では、溶接線や板の腐食状況の確認に加え、溶接施工の健全性を確認します。ポンツーン内部は狭隘部であり、かつ、上向き溶接が多用されることから、溶接施工の難易度が比較的高く、重大な溶接欠陥が存在する蓋然性が高いためです（写真－4）。また、ポンツーンの大きさによっては内部にラフターやトラス等の骨材を配置されているものも多く存在します（写真－5）。こうした板と骨材との取り合い部は応力が集中する箇所でもあり、過去に発生したポンツーン内への危険物漏えい事故においても破損の起点となっているケースが存在することに留意する必要があります。

なお、ダブルデッキ型の浮き屋根については、全ての区画をポンツーンとして捉え、目視検査の対象としています。



写真－4 ポンツーン内部の溶接施工不良の例



写真-5 ポンツーン内部に配置された骨材の例

(2) 加圧漏れ試験

ポンツーンの加圧漏れ試験は空気を使用した漏れ試験となります。漏れ試験方法の種類を規定した日本産業規格 JIS Z2330「非破壊試験－漏れ試験方法の種類及びその選択」では、空気などの気体を使用する漏れ試験の種類として「液没試験」、「発泡漏れ試験」、「圧力変化による漏れ試験」および「流量測定による漏れ試験」を規定していますが、このうちポンツーンに適用される漏れ試験は発泡漏れ試験又は圧力変化による漏れ試験となります。試験圧力について、石油タンクの日本産業規格 JIS B8501「鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」では、屋根板の厚さ（4.5mm）の重量に見合う圧力（353Pa）を最低試験圧力としており、ガイドラインもこれに従って試験圧力を定めています。

当協会が実施する浮き屋根の点検に係る技術援助では、原則として圧力変化による漏れ試験による確認を実施しています（写真-6）。その実施要領は、日本産業規格 JIS Z2332「圧力変化による漏れ試験方法」や石油学会が制定した規格 JPI-8R-14-2018「耐圧・気密試験」を参考として次の手順としています。

①加圧

- ・試験体を所定の圧力まで加圧する。

②平衡

- ・加圧後、遮断弁を閉じて圧力の変動がなくなるまで待つ。

③検出

- ・検出開始の初期値として時刻、圧力、温度等を記録する。
- ・遮断弁を閉じ加圧された状態で10分間保持する。
- ・検出開始10分後の時刻、圧力、温度等を記録し、著しい圧力低下がないことを確認する。

なお、天候等の影響による圧力低下があった場合には、再度加圧から検出までの工程を実施します。

試験圧力が微圧であることから天候等の影響を受けやすいため、実際に試験を実施する際は可能な範囲で高い試験圧力を設定することが安定した結果に繋がります。また、例えば直射日光の影響で屋根の温度やポンツーン内の圧力が安定しない場合には、午前中の早い時間帯に試験を実施することで改善することもあります。

シングルデッキ型の浮き屋根については全てのポンツーンが加圧漏れ試験の対象となりますが、ダブルデッキ型の浮き屋根については浮力を担保するポンツーンについて加圧漏れ試験を実施することで構わないとされています。

仕切り板の上部が断続溶接である場合は加圧漏れ試験の実施が困難ですが、ポンツーンの加圧漏れ試験の実施にあたっては、仕切り板上部の断続溶接部についてコーキングを施工する等の措置を講じることで対応が可能であれば、技術的には構わないと考えています。



写真-6 マノメーターを用いた加圧漏れ試験の様子

(3) 板厚測定

ガイドラインでは、ポンツーン底板に対して超音波板厚測定を実施することとされています。具体的な測定箇所、測定数等は示されていませんが、当協会では、消防本部からの指導がない場合はポンツーン 1 室あたり少なくとも 3 箇所の板厚測定をお願いしているところです。

また、シングルデッキ型の浮き屋根のうち、容量が 20,000 キロリットル以上となるもの、または法令で定められた空間高さが 2m 以上となるものについては、別途浮き屋根の耐震強度を評価するのに必要な部位の板厚測定を実施する必要がありますので、これらを合わせて測定を計画されるとよいでしょう。

5. これまでの技術援助実施状況

当協会では、令和元年から浮き屋根の点検に係る技術援助業務を開始しており、これまでに 35 件の委託をいただいています。浮き屋根の形式別に見ると、シングルデッキ型、ダブルデッキ型共に着実に実績を積んでまいりました。タンクの容量別に見ると、容量が 100,000 kℓ以上の大規模なタンクの委託が多いようです。また、浮き屋根全体の更新やポンツーンの更新が行われたタンクについても技術援助を行っています。

表-1 年度別受託基数

年度	受託基数
令和元年	1
令和2年	9
令和3年	25
計	35

表-2 浮き屋根形式別受託基数

形式	受託基数
シングルデッキ型	24
ダブルデッキ型	11
計	35

表-3 容量別受託基数

容量(kℓ)	受託基数
1,000以上5,000未満	1
5,000以上10,000未満	2
10,000以上50,000未満	4
50,000以上100,000未満	6
100,000以上	22
計	35

技術援助の実施にあたっては、当協会がこれまで培ってきた浮き屋根の耐震評価や浮き屋根上への漏えい事故調査等の経験を最大限活かしてまいります。開放時にどのような点検を実施すればいいか、点検の記録はどのように取りまとめればいいのか等、ご不明な点があればお気軽にお問い合わせください。

6. おわりに

近年では、勢力が強いまま日本に上陸する台風が増えており、また、ゲリラ豪雨の頻度も増えている等、浮き屋根がさらされている環境は従前に比べ過酷さを増しているといえます。また、首都直下地震や南海トラフ地震発生の切迫性も叫ばれており、こうした状況の中で浮き屋根上への危険物漏えい事故を未然に防止するためには、タンク開放時に詳細な点検を実施することで浮き屋根の状況について適切に把握し、必要な補修工事を実施していくことが極めて重要です。

浮き屋根を適切に維持管理していく上で最も重要なポイントは、いかなる場合においても浮き屋根の浮力性能を確保することです。浮き屋根式タンクの所有者におかれては、ガイドラインを有効に活用していただき、引き続き屋外貯蔵タンクの安全性を確保されることをお願いいたします。また、浮き屋根の点検について、当協会の技術援助を活用していただければ幸いです。