

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

(令和元年度第1回)【議事要旨】

1 開催日時

令和元年5月30日(木) 10:00～12:00

2 開催場所

東京都港区虎ノ門四丁目3番13号 ヒューリック神谷町ビル1階

危険物保安技術協会 大会議室

3 出席者(敬称略 五十音順)

秋吉、小川(代理三原)、谷内、辻、中井、中本、西、美藤(以上 委員)

4 配布資料

資料WG 1-1	WGの進め方
資料WG 1-2	タンク開放時の浮き屋根の点検方法について
資料WG 1-3	浮き屋根式タンクのポンツーン内部漏洩の推定原因と対策について
資料WG 1-4	油漏洩時のフローチャート
資料WG 1-5	浮き屋根の応急措置に係る疲労試験仕様(案)
資料WG 1-6	浮き屋根の安全対策に関するWG スケジュール(案)
参考資料WG 1-1	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(平成30年度第2回)議事要旨
参考資料WG 1-2	浮き屋根の応急措置方法の例(カタログ等)
参考資料WG 1-3	屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関する調査検討業務報告書

5 議事

議事概要については以下のとおり。

(1) 議事1 ワーキンググループの進め方について

資料1-1により事務局から説明が行われた。

質疑の概要は以下の通り。

【委員】 応急措置後のタンク使用継続可能な期間で、状況に合わせた判断は、誰が

行うのか。

【事務局】 基本的には事業所と消防本部による協議の上で判断が下されると思う。現時点でも行われているが、消防本部ごとに様々な考え方があると思うので、考え方や考慮すべき要素を示したい。

【委員】 今回のワーキングの目的は、状況に合わせた判断をするために、消防本部と事業所で考慮すべき要素を示すということでよいのか。

【座長】 そもそも目的は、応急措置や仮補修が漏洩に対して厳格に言えば全く認められないところを、事業所と消防本部の協議の上で補修されていれば、しばらくの期間、点検しながら使っていけないかと、そういうことを探ろうということだと思う。

【事務局】 資料1-1は、全体としてこのワーキングの報告書の骨子とか流れに近いものになると考えていて、ここの部分だけがこのワーキングとしてのアウトプットということでもなく、漏洩事故の発生防止も考慮していただきたい。

【委員】 承知した。

【事務局】 過去の類似研究など文献調査を参考に、漏洩箇所が著しく拡大する可能性について、シミュレーション等で応力が集中しそうな箇所とか、亀裂が進展しそうな箇所等、部位ごとの特性を整理した上で、一定の目安をつけたいと考えていたが、構造が複雑であり、溶接施工方法も様々であり、なかなか定量的な評価が難しい。過去の類似研究の中で、実際のタンクほど複雑ではないが、一定の応力解析をされている例も見られるので、これらの研究を参考におおよその傾向を示したいと考えている。今後も文献調査は事務局としてやっていくが、このほかにもいい論文等ありましたら、ご紹介いただければ、応急措置の可否の要件などを考えるときの参考とさせていただきたい。

【座長】 重ね補修等で重量が増加した場合の浮力計算の実施とあるが、その重ね補修で増加した重量というのは、計算だけで出すのか。それとも、ロードセルを挟んで実測したりするものか。

【委員】 板の単位面積あたりの重量に補修した面積を掛けて、算出している。

【座長】 新設のときも重量というのは、同様に計算で算出するのか。

【委員】 そのとおり。補修後はその重量に対して加算する形で計算している。

【座長】 承知した。

【委員】 今回頂戴した幾つかの課題について、補修工事の施工管理方法の件と過度に応力集中が発生する構造の見直しの件、この2点についての考え方を本日はご提案させ

ていただきたい。他の３点について、腐食の危険性については、点検でカバーされているかと思うが、それ以外の２件について、今回新たにご提示いただいたので、持ち帰って提案申し上げる。浮力については確かにまさにこのとおりかと思うので、このエマージェンシードレンからの逆流の危険性についてどのように担保しているかについて、次回、ご報告させていただきたいと思います。

（２）議事２ 浮き屋根の点検方法について

資料１－２により危険物保安技術協会（以下「ＫＨＫ」。）から、資料１－３により石油連盟から説明が行われた。

質疑の概要は以下の通り。

【委員】 石油連盟から加圧漏れ試験は、全室やらなくてもいいのではないかという提案もあったが、今までの事故事例、あるいは点検方法のアンケート結果の実態を見ると、目視検査とかで確認しているにもかかわらず、事故が起きている。また実際に、全室に加圧試験をやられている事業所は結構ある。このことを考慮しての提案なので、それを後退させるような話にはならないと思う。溶接部のＭＴとかＰＴとなると過度な負担になると思い、前回よりは緩めた提案をさせていただいている。

【委員】 承知した。

【委員】 ＫＨＫからの提案の中で、軽油を用いた油浸透試験は、どのようなやり方でやるのか。

【委員】 ＪＩＳに規定してあり、軽油を少しまいて、２４時間ぐらい経過した後、裏側に出てこないか否かを確認するもの。

【委員】 それは圧力というか、ただ単に、要は液面を立てるとか、そういうわけではないのか。

【委員】 毛細管現象ではないが、同様の形で亀裂が入っていれば下に出ていくと思われる、それを見ているのかと思う。

【委員】 浸透液で、裏から例えば現像液をかけるとか、貫通の見方は他にもあるのではないか。

【委員】 もちろん、より安全で有効な方法があれば、ご提案していただきたい。

【委員】 承知した。

【委員】 油浸透試験で軽油を選ぶ理由というのは、傷の中に油が入っていった浸透

性がいいからとか、そういった理由で選ばれているのか。用いる危険物によっては、傷の中で固まったりはしないか。穴をふさいでしまい、貫通箇所を浸透液が抜けていかないようになってしまうものとか。

【委員】 恣意的に選んでいるわけではなく、J I Sから引用している部分なので、技術が進み、もっと有効な方法があれば、そちらで実施すればいいと思う。

【委員】 浸透していく構造が複雑かと思う。ポンツーンの底板だと重ねてあったり、ダブリングしている構造だと浸透液が貫通部を抜けていくのにどれぐらい時間がかかるのか見当もつかないが、観察するのは24時間後とか、目安はあるのか。

【委員】 基本は加圧漏れ試験で石鹼水を用いて行い、それができないところは浸透試験を実施するということで、全部に対して浸透試験を実施するわけではない。

【委員】 どちらかと言えば、不要設備の撤去や過度に応力が集中する構造の確認といった対応に重きを置いたほうが、個人的にはいいと思う。

【委員】 我々としてもそのほうがいいと思うが、どこに応力集中が過度になっているのか、合理的に示すというのは難しい。例えば、明らかに間仕切り部分が溶接されていない等の目視で確認できるところは指摘できるが、それ以外は難しい。

【委員】 承知した。

【委員】 加圧漏れ試験の実施が困難な箇所に関しては、真空試験とか軽油等を用いた油浸透試験、この2つに限定せず、技術的に代替ができるものも認めていただきたい。その旨を追記していただきたい。

【委員】 これは案ですので、これ以外に有効性がある方法であれば、当然利用すべきだと思いますので、ご提案いただきたい。文言は追記します。

【事務局】 点検方法に関して6月末までに情報提供とか、ご提案いただければ、追加の実験などで検証できるかと思っています。

【座長】 何か現行でできる、考えられる方法を事務局に提案いただければ、年度内で検証して有効であれば漏れ試験、加圧漏れ試験の一方法として加える。ただ、先ほど事業者側からご意見がありましたが、今後の技術の進歩も考慮し、代替の方法も認められるような文言は加えていただきたい。

【委員】 この点検案の超音波板厚測定ですが、ポンツーン底板に対して実施するとあるが、底板に限って書いてあるのは何か理由があるのか。

【委員】 厳しいことを言えば、側の部分の接液部も全部測るべきだと思うが、事業

所側負担も考え、少なくとも底板の板厚ぐらい測定すべきではという意味で書いている。

【委員】 この目視検査により板の厚さが3.2ミリ未満となった箇所というのは、例えば腐食の減肉の深さをデブスゲージで測定し、その下に残っている推定の残肉厚を出すという、そういう検査のやり方を言っていますか。

【委員】 直接厚さがわかるということではなく、目視で腐食が激しいと判断される箇所については、何らかの方法を使って測定することが望ましいのではという提案です。

【委員】 承知した。

【事務局】 デッキ部分に関して以前からご指摘があったので、事務局内部で議論をしていたが、浮き屋根の設計思想として風力自体は、ポンツーン自体が健全であれば問題ない。前提としているのが、デッキ自体が部分的に孔食しても一定の板厚が確保できていれば、シミュレーションをかけてもあまり影響が出る結果にならないということが暗にあって、無理してまでシミュレーションを実施しないという結論に至った。ただ、報告書をまとめるときに、コンセンサスとして得る必要があると今のお話を伺っていると感じた。

【委員】 KHKは、過度に応力が集中するような場所は構造の変更などが望ましいとされている一方で、石油連盟は追記案で、検査で検出できるもの、できないものに分けて、できるものに関しては応力集中のところで、割れが進展していくまでの経過時間が長いということから、通常の溶接補修なりをして構造変更までは不要ではないかという意味合いですか。応力集中のところだから必ずしも構造変更するというわけではなくて、その部位ごとによって変更するもの、変更しないものというのを少し濃淡つけましょうという意味合いですか。

【委員】 「過度に応力集中」というものの考え方を提案した。

【座長】 現実として、こういう複数の部材が溶接されているところは、どういう拘束状態か解析でも難しいと思いますし、現実問題で溶接部の形状もそれぞれで、過度なところがきれいに直角になっていたら応力集中係数は無限大になり、形状だけでも判断は難しいと思うが、実際に実物のタンクにひずみゲージを張り、測定した例とかあるのか。

【委員】 ひずみゲージは使っていません。

【座長】 防爆の問題があったり、そういう何か実際に測定したりと。

【委員】 ひずみゲージを張れるような非常に大きな部材で測定することは可能かと思うが、溶接の止端部、応力集中部でひずみを測定することは難しいと思う。

【座長】 デッキにかかる応力をひずみゲージで測定した事例はあるのか。

【委 員】 ひずみゲージで測定したことはありません。例えば、浮き屋根がスロッシングを発生したときの発生応力は、シミュレーションで解析したことはあります。

【座 長】 それが大体一様にかかっているとして、腐食の穴があったらどうなるかと、その程度であれば比較的簡単にいけるのではないかと。

【委 員】 資料WG 1－3は事例集として、非常に参考になる資料だと思っていたが、対応案を追記される意味合いは何か。

【委 員】 溶接線の応力集中による割れの事例に対して、点検で防ぐことができるかということを記載しており、そこに追記として点検でカバーできないものは構造変更も考えなければいけないという意味で記載した。

【委 員】 各事業者に対して、知見として知らせるためのものと考えていいか。

【委 員】 あくまでも参考資料として、主文の後につく補足説明するようなイメージになる。

【委 員】 承知した。

【座 長】 石油連盟の資料の追記案で、応力集中部における延性割れということで、ポンツーン室の密封されているところで、昼夜の温度差で加圧か負圧の繰り返しで割れたということか。単に延性割れというと、何か欠陥があり、1回の負荷で割れるイメージに捉えられてしまう。低サイクル疲労である程度亀裂が進んで、残りの断面積が少なくなっている部分、リガメントが一気に延性割れした。高サイクル疲労、最後はリガメント、一気に割れますので、それを延性割れとは言わないとは思う。できれば、少し正確に書いていただきたい。

【委 員】 承知した。本来の趣旨の、まずは点検でカバーできないようなものということで書き直させていただきたいと思う。指摘どおり修正します。

【座 長】 ここに対する負荷の説明がありましたが、やはりそういうのはシミュレーションを一々するわけにはいかない。事故が起きた後はシミュレーションでいろいろメカニズムを考えるのでしょうけれども。

【事務局】 事務局でシミュレーションに関して議論していく中で、定量的な評価ができるような想定が難しく、様々な形状の浮き屋根に対して、色々な外力について全てのパターンを網羅的にやることは、現実的ではなく断念した。

あと、先ほどお話しがあったひずみゲージと関連して、新技術としてNEDO事業でインフラの維持管理の技術開発が行われている。その中で橋梁向けとして、亀裂進展を観察

するフィルム状になったセンサーも開発されている。実際、検証事業の中で、結果としては良好な様子。もともとかなり低電力らしく、橋で防爆を気にする必要がないので、バッテリーと小さい太陽光パネルで外部から電力を供給しなくても一定の信号を定期的を送ることができるものが既に開発をされている。防爆のものはないが、ニーズがあるということは開発者側にもお知らせした。将来展望みたいところで、報告書をまとめるときには、これらの新技術もご紹介はしたいと思う。

【座 長】 タンク開放時に実施する浮き屋根の点検方法で、目視検査、加圧漏れ試験、超音波についてはポンツーン底板について実施するということですが、事業者側としてよろしいですか。

【委 員】 これにつきましては、6月いっぱい意見収集させていただきたい。

【座 長】 おおむねこれに沿って進めていただいて、持ち帰り検討いただいて、ご意見をいただくということで進めたいと思います。

(3) 議事3 浮き屋根の補修方法について

資料1－4により石油連盟から説明が行われた。

質疑の概要は以下の通り。

【委 員】 ポンツーンのほうは「漏洩量等により」となっているが、浮き屋根のほうは「漏洩原因／箇所／漏洩量等により」と複合的な判断になっている理由は何か。

【委 員】 網羅的に書くとあれだったのですが、例えば非常排水設備からの溢流とか、ポンツーンに起こっている事象とは全く違う事象でも浮き屋根の場合起き得ます。他にも、支柱のピン穴からの漏洩とか、デッキマンホールからの漏洩とか別の要因もありますので、そういう意味でここに記載した。

【委 員】 漏洩量により仮補修の有効性を判断の部分で、増加傾向を見なければいけない理由は何か。現状の漏れ量でも問題ないと思う。仮補修すれば、漏れはとめられるが、わざわざ増加傾向を見るというのは、どうやって何時間で見るとか、何か逆に難しくなってくると思う。

【委 員】 単純に例えば割れ等で、漏洩量が増えている状況で仮補修を実施した場合に、例えば躊躇し、時間を置いたがために逆に状況を悪化させることがないようにということを意味している。長い極端な事例を指しているので、補修をわざわざ待って、その時間を計測することまでは考えていない。

【委 員】 そのときの状況、例えば割れ形状でも進展しそうな場合とかであれば、判断できそうな気もする。今言われたような事例であれば、この増加傾向というのは不要と思われる。

【委 員】 承知した。修正します。

【委 員】 ポンツーン内への漏洩を確認したが、腐食部、あるいは亀裂部、開口部の穴の大きさを推定するために、一旦油を抜き、漏洩速度を見ると思っていた。

【委 員】 増加傾向を見ようとするとなん回か拭き取り、漏洩速度の変化を見なければいけないと捉えかねない。一体何を想定しているのか確認したい。

【委 員】 指摘のとおり状況を見て判断する。その割れは進展性があるか、否かを状況で判断するということを意図しておりました。

【委 員】 承知した。

【委 員】 仮補修可能、各事業者が状況に応じて判断とあるが、事業者と消防機関で協議してという形に変えてもらいたい。

【委 員】 承知した。

【座 長】 例えば少し漏れていると、一度消防機関に確認いただいて、それから当面の作業をするということになるのか。

【委 員】 最近はそういうことが多いです。

【座 長】 先にあいている穴に仮に詰めてしまうとか、そのぐらいの措置はしておくべきではないか。

【委 員】 全体を通じた仮補修の可否の判断ではなくて、漏洩量に対して、選定された仮補修材でとめられるかという技術的な確認になります。

【委 員】 承知した。消防機関に連絡の上、とりあえず応急措置ということであれば、問題ないと思う。

【事務局】 漏洩をとめられるのであれば、即座に現場でとめることが最優先だと思う。そこと違うフェーズの部分の話があるので、最終的に報告書をまとめるときに誤解が生じないようにしたいと思う。

【委 員】 承知した。

【事務局】 1点、ご意見を賜りたい。ポンツーン内に喫水線を超える危険物の漏洩が見られた場合、原則として停止、開放するとあるが、「超える」ということは異常であると先ほどご説明いただいたと思うが、そもそも喫水線まで油がたまってしまったという状況が

いいのか悪いのか、この場で皆さんのご意見を伺いたい。基本そういう漏洩があった場合は恒久的に直してくださいというのが消防庁のスタンスではある。

【委員】 前回のワーキンググループの中で、このような喫水線を超えるような場合には直ちに開放ということが質疑されたので、それに対応して記載させていただいた。喫水線を超えたらとめるのはよいとして、そうでない場合に、決して仮補修でずっと次の定期開放まで供用するという意味ではない。

【事務局】 漏洩速度による判断基準はどのように考えているのか。

【委員】 漏洩速度という部分を、割れの状況、腐食の状況、穿孔の状況、漏洩状況によって判断に変更させていただきたい。

【座長】 単に拭き取れる程度というのに加えて、その周囲の状況も見えて判断する必要があると思う。そういった要素も少し加えて判断いただくのがよろしいかと思う。

【委員】 承知した。

【座長】 缶工法は無理かと思うがバルーン工法は、例えば浮き屋根の沈没を避けるために、応急措置として使えるのか。

【委員】 実際に、実施したことはありません。今後、これを検討対象としてよいものかどうかを含めてご相談させていただきたかった次第です。

【事務局】 この通知は平成25年に出されているが、当時震災の影響、南海トラフ関係について議論されていた中で、浮き屋根の耐震基準適合前で、安全性が確保されていない浮き屋根については、地震が起きる前に未然にやっておくと有効だという思想です。この通知の中でも、仮にバルーン工法を入れたとしても、にじみ等が発生した場合には原則としては開放して補修することと記載されている。緊急時の危険回避的な措置として引き続き有効ではあると思うが、継続使用を前提としているものではない。

【委員】 承知した。この件に関しては、フローから削除します。

(4) 議事3 浮き屋根の応急措置に係る疲労試験仕様(案)について

資料1-5により事務局から説明が行われた。

質疑の概要は以下の通り。

【委員】 繰り返し回数で0.2%のひずみとあるが、どれぐらいの変形か。イメージとしては降伏点に達する前ということか。

【事務局】 材料が持ちこたえられる限界までを考えている。実際の浮き屋根の変位が

わかれば、その試験条件で実施するのが一番いいとは思っていたが、想定も難しく、一番厳しい条件で想定した。

【座 長】 上下に振る、曲げるというのは、プラス・マイナス0.2%か、プラス・マイナス0.1%か。

【事務局】 重ねがあるので、実際には上と下の両方にひずみゲージを張ります。もちろん0.2%はプラスもマイナスもだが、山側のときにはプラス側の、上側のひずみゲージで測ったプラス0.2%、下側に振ったときには、下側が引っ張りになると思うので、下に張ったひずみの0.2%、それぞれストロークは異なるが、ひずみは合わせる形を試験業者から提案いただいている。

【座 長】 プラス・マイナスだと、SS400なので、多分降伏してしまうと思う。

【事務局】 昨年度まで、検査の検査技術の高度化の検討会が行われており、その報告書が先般出されたところだが、その中で突き合わせ溶接継手の疲労試験をやっており、おむねこれと同じような試験条件で実施している。

【委 員】 メーカーにもヒアリングしたいと思うが、実際に起こり得るものよりも、あまり過度に厳しいものになると、結果が出てから議論になってしまう気もする。

【委 員】 0.2%のひずみという言葉は、2,000マイクロストレインなので応力に直すと大体42キロぐらいになる。そのため、破断してしまう。先ほど事務局が言っていたのは、降伏点まで行くということなので、0.2%耐力ということで、40キロを超えるような、そういった応力にはさせないということだと思う。

【事務局】 おっしゃるとおりです。

【委 員】 スロッシング時、どのぐらい変形するというようなシミュレーションをFEM解析でやったことはあるが、それだと議論になりますか。

【事務局】 浮き屋根全体の変位を試験片寸法の500ミリ範囲内における変位量について変換しようとする、現実的な方法が見いだせなかった。

【委 員】 場所によって、有効か、有効でないかが出てくると思う。補修する場合も実際にどこにでも補修が適用されるということでもないと思う。

【事務局】 実績のある措置方法の材質によって、どういう違いが出るのかというのを目的にしています。3ピースずつあるので、まず1ピースずつ試験してみて、ことごとく不合格であれば、やり方が過大過ぎると判断し修正していくことは考えている。

【委 員】 承知した。

【座 長】 応急措置の種類として7種類挙げているが、もちろん全ては網羅できていないが、代表的な種類、材質のものは網羅されていますか。もしくは明らかにだめなものを含めておくのも変かなとは思う。

【委 員】 これは過去の補修実績から拾われたのか。

【事務局】 昨年度行ったアンケート結果から、応急措置の事例数が多いものを選んでいる。

【委 員】 金属パテを入れるときは、クロスを入れるケースが多いと思う。

【事務局】 事例の中になかったわけではないが、クロスを挟んだという報告は多くなかった。

【委 員】 施工のやり方で多分、クロスまであえて書かずにデブコンだけ書いたケースもあると思う。クロスを入れるか入れないかで、強度が変わってくる。

【事務局】 厳しい条件で行い、単体でももてば、それに組み合わせるのであれば、なおさら大丈夫というよう方向に持っていき方ができていると考えている。

【委 員】 承知した。

【委 員】 応急措置の劣化度、その効果を見るほかに、試験片の亀裂そのものの変化も観察したら、いかがか。

【事務局】 観察するだけであれば可能だと思う。応急措置材の撤去が容易であればいいと思うが、埋め込むタイプだと取れなくなる可能性もあると思っている。場合によっては試験片の増加も踏まえて、その辺できるように考えたい。

【座 長】 幾つかご意見をいただきましたが、おおむねこの形で進めていただくということで、細かいところは実施状況を見ながら進めていくことになると思う。

以上