

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

(令和2年度 第1回)【議事要旨】

1 開催日時

令和2年8月5日(水) 10:00~12:00

2 開催場所

WEB会議

3 出席者(敬称略 五十音順)

岩本、小川、岸、久保内、佐々木、サッパシー、田島、田山、辻、西、畑山、
細瀬、松島、宮内(以上 委員)

4 配布資料

資料1-1 検討会員名簿

資料1-2 開催要綱

資料1-3 検討の背景と現在の津波対策等について

資料1-4 地震・津波対策工法を用いた屋外タンクについて

資料1-5 平成27年9月関東・東北豪雨 危険物施設の被災記録

資料1-6 危険物屋外貯蔵タンクの津波・水害による滑動等対策工法の確立

資料1-7 検討スケジュール(案)

参考資料1-1 平成24年1月31日消防危第28号「東日本大震災を踏まえた危険物
施設の地震・津波対策の推進について」

参考資料1-2 平成24年8月21日消防危第197号「危険物施設の地震・津波対策に
係る予防規程の策定について」

参考資料1-3 都道府県別屋外タンク貯蔵所数

参考資料1-4 危険物屋外貯蔵タンクの津波・水害による滑動等対策工法の確立

5 議事

議事概要については以下のとおり。

(1) 委員の互選により、辻委員が座長に選出された。

(2) 議事1 検討の背景と現在の津波対策等について

資料1－3により事務局から説明が行われた。

質疑の概要は以下のとおり。

【座長】少量危険物屋外タンクについては、市町村条例等で、ハザードマップで崖崩れが起きやすい地域や洪水で浸水する地域等への設置について規制しているのか。

【事務局】市町村条例等による少量危険物施設の立地規制的なものはないと承知している。消防庁では「危険物施設の風水害対策ガイドライン」の中でハザードマップを参照して、応急対策が適切に講じられるようにということでガイドライン一般編というのをまとめている。国土交通省所管の都市計画法においても、立地規制はない。

【委員】沿岸部については、防油堤がある程度効果があるのではないかと。防油堤のような周辺の構造物も含めた対策というのは今回の検討の視野に入るのか。

【事務局】防油堤に関しては、被害軽減そのものの効果は恐らくあったであろうが、データとして把握はしていない。検討事項としては入れていきたいが、来年度以降と考えている。

【委員】配管への津波・水害被害については、これまでどのような検討がされてきたのか。

【事務局】東日本大震災後の検討会において、緊急遮断弁が有効であるという結論に至っている。

【委員】防油堤が津波で倒壊等しなければ、防油堤によって津波の波力が低減されるということは、水利模型実験からも確かめられている。平成18年度から20年度の消防庁の検討会では、防油堤による被害軽減対策について検討が行われたが、防油堤を津波に負けないようにするためには、かなり大きな構造物というものになってしまい、なかなか現実的には難しいのではないかとという基調で報告書がまとめられた。防油堤についてこの検討

会で再度検討するというのであれば、当時の報告書をレビューしたほうがよい。

(3) 議事2 津波対策工法の実例について

資料1-4により気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部から説明が行われた。

(4) 議事3 水害による被害実例について

資料1-5により常総地方広域市町村圏事務組合消防本部から説明が行われた。
議事2および3の質疑概要は以下のとおり。

【委員】被害を受けたタンクと受けなかったタンクは、貯蔵量などで何か違いがあったか。

【委員】被害を受けたタンクについては、災害時の貯蔵量が少なかった。

【委員】プレストレストコンクリート（以下PC）により防護された屋外貯蔵タンクは浮き上がりや滑動以外に、漂流物の衝突による被害の軽減という設計思想も含まれているのか。今回の検討会においては、漂流物等の衝突に対する対策も検討されるのか。また、タンクが滑動した場合、漏えい検知管からの漏えいを止める術はあるのか。

もう1点、ポンプや緊急遮断弁が水没した実例を踏まえ、タンク本体以外の附属設備に関しても検討する必要があるように思えるが、いかがか。

【委員】漂流物に対する強度についても設計されている。漏えい検知管についてはタンクと直接つながっているわけではなくて、屋外タンクの側板とPCの間に溜まった油や水を排出するのが目的なので、折損によりここから漏えいが発生するものではない。

【事務局】今回のテーマは低コストかつ既存のタンクにも適用可能な工法というのを挙げており、漂流物に対する防護までを考えるとコスト的に合わないと考えている。気仙沼市の対応は非常に有効なものだとは思いますが、かなりのコストがかけられたとも伺っているので、この検討会の中であまり詳細に入っていくのは難しいかと考えている。ポンプの水没についても同様。

【事務局】本検討会は最終的にガイドラインを成果物として考えているものの、どちらかというと技術カタログ的な性格になる。津波対策、浸水対策として技術的に有効な方法は何なのかというのを事業者に見ていただいて、適宜導入していただけるようにできたらと

考えており、本命としては転倒とか浮き上がりとかそういった面だが、それ以外のハザードについても、もし有効に機能するものがあるのであれば、それはそれで御紹介はしているといいと考えている。あと、ポンプについては皆さんの御意見を伺いながらスコープも考えたいと思うが、少なくとも配管本体から大量流出というのを避けたいというのが本命なので、その意味では緊急遮断弁に関しては、浸水により作動不良を起こさないよう浸水防護みたいなものは必要かと思うが、それ以外の部分については必ずしも検討はしないと考えている。

【委員】被害があったタンクから堤防決壊場所までの距離はどのくらいか。

【委員】堤防の決壊場所からこの油槽所まで大体の距離は、約10キロとなる。

【委員】東日本大震災の際には浸水深3メートル以下は全く被害がなかったが、豪雨による水害においては浸水深2.5メートルでも被害があったのでなぜだろうか。もしかすると堤防が決壊した所に近くて急に洪水が発生して、流速が結構速いもので被害があったのかと思われるが、流れについてもこの検討会で検討する必要があるのではないか。

【委員】推測ではあるが、ある程度の流れが当然あったと思う。北側から南側にかけて水の流れが多少あったのではないかと考えている。

【委員】LPGとかLNGの分野ではPCの壁を防油堤とみなすような考え方があるが、気仙沼のPCタンクは防油堤とみなしているのか。

水害による被害を受けたタンクについて、アンカーボルトによる固定の有無はいかがか。

【委員】PC壁は屋外タンクの附属の構造物とみなしたので、防油堤とはみなしていない。

【委員】滑動したタンク2基はアンカーボルトによる固定はなかった。浮揚のみがみられたタンクはアンカーボルトによる固定があった。

(5) 議事4 これまでの津波対策の検討結果と今後の展望

資料1-6により東電設計株式会社から説明が行われた。

質疑の概要は以下のとおり。

【委員】施工方法に対する耐候性の確認をどのように行うのか。太陽光による紫外線暴露

や、沿岸部における塩害等については本検討会において検討していくのか。

【事務局】耐候性について、CFRP自体は橋梁の橋脚等に対しての施工ということがなされており、実際世の中には20年程度の実績がある。そしてメーカーやCFRP協会によると、実際の耐候性としては30年から50年を考えているという。

実際のメンテナンスとしてはCFRPを打設した後、エポキシ樹脂の上から一般的な塗料を塗装し、エポキシ樹脂が太陽にさらされない、塩にさらされないという形で防護していく。日々のメンテナンスとして何年かに1回、塗料がはげてきたらまた塗ってあげる、また塗料がはげたときにエポキシが痩せているなというものであればエポキシ樹脂をもう一度塗ってあげて、その上から塗装してあげるということを推奨している。塩害に対しての暴露試験をどうするかというのは、またメーカー等に確認するようにする。

【委員】GFRPによる施工ではどうか。もちろん強度が違うので積層回数等々は違うが、一方で導電性の問題等からいくと隙間腐食には強いはずなので、そういったものは検討しないのか。もう1点、特にワイヤーの場合、洪水の流れ方向の予測による取り付け位置の検討という部分はスキームに入っているのか。

【事務局】FRPによる施工を考えた当初はGFRPを狙っていた。ターゲットが漁業関係者であり、彼らが船を直す際にガラス繊維のFRPというのは非常に使い慣れている、彼らのお抱えの業者が使い慣れており、かつ廉価であるというのが理由である。実は基礎実験の中でもGFRPは物性試験を行っているが、実際にFEMで回す際に、GFRPではもたなかった。積層を幾ら重ねても繊維方向の強さ自体がかなり下がるのでもたないということで、研究の途中で落としてしまったという経緯がある。ただし、将来の浸水等を考えるとき、強度をそれほど求めない場合にはGFRPの採用というのも非常にありだと考えている。

また、ワイヤーの津波に対する方向性については、方向性の影響を受けないように一応4方向で検討を行い、ワイヤー自体の設計は1本でタンクを支持できるような意味合いにしている。今は45度方向に津波が当たるとして検討を行っているが、将来的にはその向きを変える等をしていく必要があると考えている。

【委員】対策工1のシールすることで浮力を防ぐことについて、例えば洪水のほうは浸水している時間も長いと思われるが、浮力を防ぐということがどれぐらい担保できるのか。

また、もし浮力が防げるのであれば、貯液率は関係なくなると思うがいかがか。

【事務局】確かに洪水のような長時間の浸水となりますと、止水効果というのは期待できなくなるかもしれないということは当然考えられる。その点については、今後の検討事項になると感じている。FEMのときは、対策工1に対する浮力は作用させていなかったの
で、浮力を作用させるようなことも検討として必要と思われる。

【事務局】貯液率については、確かに液量を多くすると浮力が発生しにくくなって移動しにくくというのがあるが、タンクの特長として、液位を上げていくと今度は耐震性能に対して非常に不利になっていくというのがあるので、津波のために液位を増やすというのは本末転倒になってしまう。それによらない対策方法というのを考えて対策工1、対策工2ということで提案している。

【委員】対策工1のFEM解析で緩衝材がない場合とある場合、ない場合は結構応力が高くなるという点について、恐らくタンク自体がアンカーボルト付きのタンクで解析していて、アンカーボルト直下のタンクの張り出し部はFRPで固定されていないのではないかと。その結果解析のようにアンカーボルトの近くで降伏応力を超えるようなことになったのではないだろうか。ということからすると、アンカーボルトがそもそもないタンクであれば、緩衝材がなくても均一に張り出し部を固定できるので、降伏応力を超えるようなことはないと考えられるがいかがか。

【事務局】最初は実験のときにアンカーチェアとアンカーボルトがあるものでやったので、解析自体はアンカーチェアとアンカーボルトがある状態で行いました。かつその周りにCFRPが施工されている状態だった。しかし、アンカーボルトがあってもなくても同じように爪先をかなり強く押さえる形になるので、隅角部近傍に線状に降伏が発生するというか、応力集中すると考えた。アンカーボルトがない条件での解析も評価は必要であると考ええる。

【委員】対策工が実用化した場合について、施工資格などの面でどのような施工管理をするのか、それとシートを巻く場合、施工時間はどれぐらいなのか。

もう1点、タンクの側板や底板の部分を点検や取替するといったときに容易に剥がせるようなものであって、あるいは剥がした後に工事してまた再びやり直すようなことが可能なものなのか。

【事務局】 施工管理については、FRP工法協会というのが施工業者にあり、ある程度管理されている。メーカーいわく、別に資格がなくても施工は誰でもできるようだが、下地の処理や、例えばコンクリートにつけるときのというのは、ちゃんとコンクリートの下地を出して性能を発揮できるようにしなければいけないという品質の担保をするために資格と、技能講習をやっているようだ。よって、ある程度資格を持った人間が施工するというのが前提になっている。施工時間については、実際に我々が貼った20キロのタンクであれば1日作業で貼ることができる。大きくなれば2日、3日かかるかと思われる。実際に塗った後、最後に塗装するというのを考えると、やはり数日の作業になるのではないかと。

もう一つ、点検時等の剥がしについては、エポキシがかなり強固にタンクにくっつくので、実際、我々も最後にこの実験設備を壊すときにかなり苦労した。側板の取替となると、サンダーでカーボンを切って剥がした後、側板を取り替える。その際溶接で周りが焼けてしまうので、その周囲を再びカーボンでタッチアップという形が考えられる。具体的な施工方法については今後検討される項目であると考えている。

【委員】 1点目はFEM解析について、設定条件がわかる資料等は公開されているか。

2点目はCFRPの不燃性、耐溶材性について。

3点目は、石油タンクは10年、20年、あるいはそれ以上の運用をしていくので、CFRPを側板に貼ったときのその後の検査の仕方について。

4点目は、弾性範囲で今回は判定されているが、大規模災害の場合の考え方で、内容物が漏れないということが担保できればある程度の塑性は考えていきたいと思いますという物の考え方もあるので、今後さらにそこに踏み込む余地があるのか。

【事務局】 1点目について、土木学会論文集で本研究は発表している。設定条件については、内容物の液密度は実液相当としている。接着強度については、参考資料1-4の8ページ目のおり、要素実験により剥離特性を把握して、それをFEM解析に入れた。実際、FEMに入れるときにラボベースの接着力で入れていいのかという議論もあったが、実際にはメーカーが保証する保証値があり、例えば接着強度であれば鋼材とCFRPの接着強度は15 N/mm²で、コンクリートとCFRPの接着強度は1.5 N/mm²として入力した。今回はコンクリートとCFRPの接着強度は鋼材の10分の1程度、メーカーの保証する値で解析を行い、解析自体はかなり安全側の評価にしている。

2点目のCFRPの不燃性、耐溶材性については検討事項であると考えている。不燃性

とは、今回のCFRPで樹脂を使う以上守れない。一応難燃性の樹脂というのが開発されつつあるという世の中の流れもあるので、検討していきたい。

3点目については、今後検討していった上で、ガイドライン中に含めていきたい。

4点目については、今回は一番安全側の数字である弾性範囲で仕切っている。

【事務局】1点目について補足すると、今回配布している参考資料1-4に、消防防災科学技術研究推進制度の報告書の全文を添付しているので、解析条件等については参照いただきたい。

3点目の点検との兼ね合いの話について、今回ターゲットにしている小規模なタンクは、現状は法的に開放点検等を義務づけていない。例えば特定タンク、1,000キロリットル以上で13年、万キロリットルで8年とあるが、そういったものがない。FRPによる対策工1については、恐らくある一定の防蝕効果というのも期待できるであろう。点検の容易性を条件にしてしまうと、施工するコストだけではなく、メンテナンスコストも跳ね上がっていくので、柔軟に対応していくべきと考えている。

【委員】1点目、対策工1では、先ほどの8ページのところでCFRPの剥離特性を実験等で求めて、それを用いられているということだったが、既存の基礎はコンクリートでも侵食しているもの等もあって、こういった実験で出された条件が出ないようなものもあるかと懸念している。そうしたところについて、どういう状況であればいいよだとか、何かそういう指標を検討する予定はあるか。

2点目、対策工2については今後の課題にもあるように、プレートの箇所や設置本数の違いによって効果を確認するとされているので、ぜひそうしたところをお願いしたい。

【事務局】2点目について、ワイヤーの本数を増すというのは我々も課題だと考えており、検討を進めていきたいと考えている。

1点目について、基礎の風化、風化したRCに対しての接着力の担保ということが非常に問題になり、要はしっかりはつって、ある程度傷んでいない部分に対して付着させることが必要になる。それでも実際はエポキシの接着強度というのは、エポキシ自体はくっついているが、コンクリートが剥がれてしまうから接着力は鋼材の10分の1の1.5 N/mm²しか取れない、とされている。その辺りの施工の品質を担保するためにも、ある程度技能の認定制度みたいなものが必要なのかなと思われる。今回の検討会でも、どれぐらいはつればその強度が出せるのかというのもメーカーに確認をしていって、施工事例等を見

せてもらえればと、そういう資料もそろえられればと思う。

(6) 議事5 今後のスケジュールについて

資料1-7により事務局から説明が行われた。

(7) 議事6 その他について

事務局からWEB会議での開催についての謝辞が述べられた。

以上