

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3年度 第1回)【議事要旨】

1 開催日時

令和3年7月26日(月) 10:00~12:00

2 開催場所

WEB会議

3 出席者(敬称略 五十音順)

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

4 配布資料

資料1-1 昨年度までの検討と今年度の検討について

資料1-2 水害対策工法の検討について

資料1-3 水理模型実験について

資料1-4 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
報告書(骨子案)

資料1-5 検討スケジュール(案)

参考資料1-1 水害対策に係る常総市現地調査の結果について

参考資料1-2 (一部抜粋)洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)

参考資料1-3 常総市洪水ハザードマップ 鬼怒川版

5 議事

議事概要については以下のとおり。

(1) 議事1 昨年度までの検討と今年度の検討について

資料1-1により事務局から説明が行われた。

(2) 議事2 水害対策工法の検討について

資料1-2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。

【委員】先ほどの資料でN給油所の調査があったが、流体力によりガソリンの計量器が傾斜しているという話があって、一方で防火塀近くの灯油の計量器のほうには傾斜がなかったのかという点について質問したい。

【委員】N給油所については、防火塀の損傷はあったが、灯油の計量器のほうには傾き等はなかったと認識している。

【委員】承知した。灯油の計量器のほうがどちらかというところ、決壊箇所に近いほうなので勢いが強かったのかなと推察したが、そうではなくて、ガソリンの計量器のほうに傾斜があったということで理解した。

【委員】ハザードマップとの対比で流体力を考慮するかどうかという話だったが、今回のN給油所とS石油油槽所の立地をハザードマップと照らすと、N給油所が流体力の考慮が必要な所で、S石油油槽所は倒壊の心配がないというような立地になっていたのか。

【事務局】(参考資料1-3を提示し説明) N給油所はハザードマップにおける家屋倒壊等氾濫想定区域となり、S石油油槽所は洪水浸水想定区域となる。

【委員】承知した。ハザードマップを作成する上では、決壊箇所の想定が一番最悪のケースとなるので、それも踏まえて、今回だけS石油油槽所は大丈夫だったというのではなくて、氾濫箇所が違ってS石油油槽所は大丈夫だという認識でよろしいか。

【事務局】その通りである。

【委員】承知した。

【委員】1つ目は前回気仙沼で行った津波被害の調査結果と今回の常総市の洪水の調査結果について、今回調査した洪水被害ならではの特徴でもし目立ったことがあれば教えていただきたい。2つ目は津波対策を簡易化した浸水対策ということで、具体的な考え方をもう少し詳しく教えていただきたい。

【事務局】1つ目、大きな特徴としては、今回の洪水のS石油油槽所の場合は、静々と水深が上がってタンクが浮き上がったり、少し傾いたりずれたりというのが津波と違う特徴になる。

2つ目、津波対策を簡易化した浸水対策は、横の荷重がかからないということであれば、強力なCFRPを用いるのではなく、より安価なガラス繊維のFRPを用いることができないかという検討や、既存のアンカーボルトが対策となり得るかということを検討していきたい。

【委員】津波と違って、浮力により浮いてしまうということが洪水の特徴であり、津波と違うところとなる。そうすると、後ほど説明があると思うが、水理模型実験での浸水想定の際の耐力等が今後の検討事項になるのではないかと理解した。この点よろしいか。

【事務局】そのとおりである。

【委員】承知した。

【委員】氾濫と決壊の定義はされているか。

【事務局】言葉の定義は確認して説明させていただく。

【委員】タンク基礎のコンクリート面より下に水が流れて、その部分がなくなって傾斜したとか、あるいはタンクが浮き上がったとかというようなことが起きているのか。

【事務局】タンク底板の外張り出しの部分に施される雨水浸入防止措置として、S石油油槽所のタンクはゴム系のもので保護されていたわけではなく、化粧モルタルが施工されていた状況だった。その化粧モルタルがかなりひび割れて、外張り出しの部分がむき出しになっているタンクも見受けられたので、タンク基礎のコンクリート面より下に水が流れたというよりは、タンクの底板下に水が入っていったのではないかと考えている。

【委員】こういうコンクリートあるいはアスファルト面の下に水が流れてきて、その下の土砂が流れ去ってしまうと、タンクの傾斜や移動だとか、あるいはコンクリート面の亀裂のようなものが起きやすい状況ができるのかなというのがイメージされた。決壊からすぐということであればその部分の土砂はそんなに流れてないと推察されるが、その点データがあればと思い聞いたところである。

【事務局】タンク底板下への浸水により本体が浮き上がったと思われるナンバー3のタンク以外は、その周りの基礎、コンクリートのたたきの部分については大きなクラックやタンクの傾き等は見られないというのは確認した。この点から基礎コンクリートより下の土砂が持っていかれるという事象は発生していないものと推定される。

【委員】N給油所でも同じ状況だったのか。

【事務局】N給油所については、被災後、施設が撤去されているので、現地調査はできていない。当時の状況を聴取した報告のみである。

【座長】事務局から、スライドの3ページ目のとおりタンクの立地条件に応じた対策という提案がされている。本検討会ではここで提案されているような対策をこれから検討していくということによろしいか。(異議なし) それでは、確認したということにさせていただきます。

(3) 議事3 水理模型実験について

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。

【委員】実験の設定について、今回、津波想定時の高さはこれまでのFEMの解析から1.4メートルあるいは浸水深が80センチになっているが、浸水想定時の浸水深の設計はどのようなになるか。

【事務局】タンクの重量と内容物の重さに対する浮力を求め、その浮力を包含できる浸水の深さを載荷しようと考えている。

【委員】逆算して、どれぐらい対応できるかという深さとなるよう水を流していくということによろしいか。

【事務局】流れを発生させないように水を張って行って浮上しないということを確認したい。

【委員】静水ということによろしいか。

【事務局】そのとおりである。

【委員】承知した。

【委員】タンクに当てる津波について、1波ではなくて何回か津波を当ててみるということが議論されているとのことだったが、事務局内での結論はどうなったのか。

【事務局】孤立波1波になる。造波としては、孤立波、押し波1波という形にする。

【委員】それは、実験場の仕様・性能からして1回しか当てられないということか。

【事務局】そのとおりである。

【委員】承知した。

【委員】実験の目的の一つとして、タンク本体に生じるひずみが弾性範囲内であることを確認することが掲げられていることについてお尋ねする。実験に使用するのは実物よりも小さなタンクで、構造的に実物よりも堅いタンクになっている。そのような堅いタンクを使ってひずみが弾性範囲内でないであることを確認する意義についてはいかがか。

【事務局】タンクの板厚については4.5ミリを考えていて、タンクの構造からすると非常に堅い構造であることはおっしゃるとおり。板厚は4.5ミリではなく、もっと薄いものを使ったほうが良いというコメントになるか。

【委員】このような実験において、板厚を薄くしようにも難しいという話を聞く。ともかく実際よりも堅いタンクで弾性範囲内にあることを確認したところで、実際のタンクに置き換えたときに大丈夫であるということの証明になるのかどうかという点を心配している。

【事務局】事務局側は、実際のタンクに使用される板厚としては一般的に4.5ミリが最も薄いと考え、実験タンクを用意しようとしている。皆様から知見をいただけると助かる。

【委員】津波の実験はないが、小規模なこのような模型タンクを造って実験は多々やっている。恐らく完全溶接のタンクが前提となるだろうが、タンクの製造業者も4.5ミリより薄い板厚で溶接はなかなかしてくれないというように推察する。実際3.2ミリの鋼板もJIS規格として調達できなくはないだろうが、非常に施工が難しいので、恐らくは4.5ミリが最低の板厚となると思われる。

先ほどの意見はもっともで、弾性範囲に入っていたからといって、実際にこのタンクが相似的に20キロリットルあるいは500キロリットルのタンクになったときに塑性範囲に入らないかどうかというところの評価というのは非常に難しい。今回の実機タンクである3.5キロのタンクのFEM解析ができればこの点解決されるかとは思いますが、それができないということであれば、何らかの相似則的な評価を、別途机上の計算でも構わないのですべきなのかなと思う。

【事務局】おっしゃるように、実際施工性と材料の調達性から4.5ミリということで決定した。現時点では時間の都合上、FEM解析を行うのが難しいということがあるので、これまでのFEMで出てきたひずみの状況から同様であるかという推定をするため、ひずみゲージを貼るということを提案したものになる。

【座長】タンクが堅い、柔らかいで流体の作用というのは変わるのか。

【事務局】流体の作用については、タンクの変形の影響はないと考える。

【座長】そうすると板厚もしくはタンクの堅さの問題は、弾性域にとどまるか、とどまらないかという構造のほうの話ということになる。そうであれば、今回は板厚4.5ミリでFEM解析を行って同じような結果が出れば、板厚を変えた場合、もしくはタンクが大きくなって剛性が変わった場合にも同じように推定できるのではないかと思われるが、いかがか。

【事務局】FEM解析を実施できる時間が取れるかどうかを再度検討して回答する。

【事務局】ただ、あくまでも本実験はタンク本体への影響よりも、施工したCFRPの有効性を確認するということが第1の目的となるので、そのためにひずみを把握するというのは非常に重要なことだと考えている。

【委員】ひずみゲージで応力やひずみを測定する計画というように理解した。これは何点かポイントを設定するのか。加えて、時刻歴でデータが取れるのか。

【事務局】ポイントについては、対策工法1ではタンクの一番の弱点である隅角部近傍にひずみゲージを設けたいと考えている。また、ひずみについては時刻歴で履歴が残せるように、現在実験施設と調整している。

【委員】承知した。これは周方向に何点か設定すると理解してよろしいか。

【事務局】波を載荷する正面側にひずみゲージを設けたいと考えている。実際には波圧計との問題があるが、できない場合もあるかと思うので、施設側と調整させていただく。

【委員】承知した。

【委員】津波は戻り波、引き波のほうが流速が速くなるといったこともある。今回、対策1、2ともシンメトリックな施工となり、ワイヤーも4方向、CFRPも全面的に巻かれるので、押し波、引き波と波の方向に対しては同様な効果があると思われるが、ただ海に戻るときに最初に来た津波よりもかなり流速が速いということも、実験しながら現場で確認いただきたいと思う。

【事務局】承知した。ただ、予想では、実験施設のタンク背面は距離があり、消波ブロックもあるので、引き波の浸水位としては小さくなるのではと想定している。よって、それほど大きな流体力は引き波としてはかからないのではないかというのが現状での想定である。ただ、やってみないと分からないので、その辺も気をつけて注視していきたいと思う。

【委員】承知した。

【委員】数波の波を当てるのはできないということだったが、一波一波で段階的に波高を上げるというのは可能か。

【事務局】今のところその想定している。

【委員】承知した。

【事務局】ただし、1波目で壊したくないので、少しずつ波高を上げていこうと考えている。そこは通過波検定をやってみて、どういう波が作れるかを考えたいと思う。

【委員】先ほどタンクの板厚について議論されていたが、FRPの厚さについてはいかがか。

【事務局】今回のタンクは、3.45キロリットルと非常に小さいが、水路に入る最大のものを設け、本物のタンクと本物のCFRPという1分の1スケールで実験をしたいということで行う。CFRPにつきましては、対策工法1では方向を変えた1層ずつの2層、対策工法2につきましては周方向に1層巻くということで施工する計画をしている。

【委員】承知した。もう一点、最初浮力の実験をやって、その後、波の高さが低いところから順次高いところへ実験していくと承知しているが、FRPの場合、どうしても小さな応力でほんの僅か、中のファイバーが切れる、もしくはファイバーの剥離が少しだけ起きるといようなことが起きると思う。どこまでのダメージだったらよしとして次へ行くかという判断が難しい。そこについてはいかがか。

【事務局】おっしゃるとおり、こちらも懸念している。もっとたくさんの波を当てることのできないのかという話もあるが、だんだん剥離していくというのがあるので、たくさんの波を載荷できない。2～3ケースと言っているのは、実際にどれぐらい載荷したら、どれだけダメージが進んでということがある。本当にかけるべき波のときにダメージがかなり進行していて、そこに耐えられないというのは意味のないことになってしまうというのは承知しているので、加減を踏まえた上で実験をしたい。施設のほうで波の設定をしつつ、どこまで行うのかというのを最終決定していきたいと考えている。

【委員】もし可能であれば、例えば超音波テストをして、剥離が起きていないかどうかを評価するということではできないか。

【座長】それは、超音波でタンクの内側から見るといことか。

【委員】タンクの内側からやる方法もあるが、一般的には外側からテストをする。アイボルトをつけるためのプレートとの間、プレートとその外側等が最も剥離の可能性が高そうな気がするので、その辺りだけでも剥離が進展していないことをチェックした上で、最後の一番高い波をやるということをしないと、厳しそうな気がしている。

【事務局】超音波テスト等については想定していなかった。

【座長】御社内でUTの資格者はいないのか。

【事務局】いない。

【座長】承知した。

【事務局】超音波試験をするとすると、検査会社に頼まなければいけないということになるが、今年度になってから実験を計画しており、予算上の絡みもあってなかなか難しいという部分もある。事務局で検討したい。

【委員】少ない回数で最大限の効果を出すような実験になるかと思うので、検討いただきたい。

【事務局】承知した。

【委員】港湾空港技術研究所の水槽の幅が3.5メートル、長さが184メートルという資料で、この幅3.5メートルの影響が波力に出ない、タンクに対して3.5メートルの影響がないということでタンクの直径1.5メートルを設定されたということでのよろしいか。

【事務局】既往の実験等を参考にし、タンクの最大の大きさを選定いたしました。実際にはタンクの影響が出てしまって波は若干大きくなる方向にはなるが、それは安全側の評価ということで実施したいと考えている。

【委員】承知した。対策工法2はCFRPを真ん中に巻いて、そこからワイヤーで固定するような格好になって、このワイヤーを何本かつけると思うが、このワイヤーも水路の中に取り付けが可能という理解でよろしいか。

【事務局】現在実験施設と調整中で、ワイヤーの仕様等を決定していく工程になっている。

【委員】承知した。先ほどひずみゲージをどの方向に取り付けるかという議論が少しあったが、この波圧計を高さ方向に4点ほど設置される予定のようだが、この波圧計の方向も、波に対して正面のところの1方向に設定されるということか。

【事務局】そのとおりである。

【委員】それが一番妥当だということと理解した。本日の議論で感じたところとしては、

やはり実機実験で3.5キロリットル程度のもので実験するというので、なかなかこれが一般的に大きなタンクでどうかというところを整理すると、これは難しいということが何となく理解はできた。何らかの方法でそうしたところを少しでも提示できるような工夫をしていただけたらと思うので、できる範囲で検討いただけたらと思う。

【座長】実験目的で、対策工法1ではタンク本体に生じるひずみが弾性域内ということを確認する、一方、対策工法2では塑性ひずみが生じてもいいと言っているが、判断基準が2つあるような形になっている。要は、片方は弾性域内、片方は塑性変形も認めているということについて説明が必要かと思う、いかがか。

【事務局】対策工法1については、今までのFEM解析で塑性ひずみは生じていないので、それと同様の効果があるかということを確認したい。対策工法2については、CFRPの範囲内での塑性というのは認めようということなので今まで実施してきた経緯があるので、CFRP内で塑性がFEM同様に発生するのということを見たいというものになっている。塑性を決して許容するというものではなく、同様の傾向があるかということを確認したく、今回ひずみゲージを活用したいと考えている。

【座長】承知した。

【委員】実験で測定する項目として、ひずみを挙げられていたが、当然浮上するか、しないかというところを測るために鉛直方向とか水平方向の変位計、あるいはタンクにかかる荷重をはかるようなロードセルのようなものも当然設置されて浮上の有無というのを測定されるという理解でよろしいか。

【事務局】変位計は、レーザー変位計を考えたが、データを取るのが非常に難しいということが分かりましたので、加速度計により変位を見ることを考えている。

ロードセルについては、今回の荷重が非常に大きく対応できないということで、今のところ取り付ける計画はない。ビデオを横から撮るので、基本的にはそちらのほうで見ていくことにはなる。

【委員】浸水時、じわじわと水深が増すときの浮力、浮上の力で生じる変位で生じる加速度というのは非常に小さいと思うが、加速度計で大丈夫か。

【事務局】そこは再度確認し、検討させていただく。

【委員】承知した。

【座長】いろいろと実験計画につきましてコメント、要望をいただいた。せっかくの実験なので有意義なデータが出せるように、いただいたコメントを基に計画を詰めていきたい。

(4) 議事4 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（骨子案）

資料1－4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。

【委員】報告書にも入るべきか、それともガイドラインだけにあればいいかは分からないが、維持管理あるいは寿命の決定についての視点がないと思われる。特にCFRPを使うことが大前提なので、鉄製のタンクでは考えていなかったような寿命あるいは維持管理が必要になってくるのが想定される。その部分について記載が必要に思うが、いかがか。

【事務局】維持管理、寿命というところも、報告書の中かガイドラインの中かは未定だが、盛り込むよう考えていきたい。

【委員】少なくともガイドラインのどこかにはないといけない、あるいは今後書き足すというようなイメージがないといけないと思う。

【事務局】承知した。

【座長】ひとまず報告書の第1次案ということで、これから調査を進めていく過程でまた多少変わってくるものとは思う。それでは、ひとまずこれで骨子案を確認いただいたということにさせていただく。

(5) 議事5 その他

資料1－5により事務局から説明が行われた。

その他の質疑の概要は以下のとおり。

【事務局】資料1－2の質疑の中で、委員から氾濫と決壊の定義について質問をいただいた。氾濫については、河川などの水がいっぱいになってあふれ出るということで、まさにその状態を表している。決壊については堤防が崩壊して川の水が堤防からあふれ流れ出るということである。氾濫と決壊の定義については事務局でこのように考えている。

【委員】そうすると、越水とはどう違うのか。上を越えただけだったら越水かと思ってい

たので、それだと氾濫との差がよく分からなくなる。

【事務局】氾濫の中には越水というものも含まれてくると考えている。

【委員】資料には、越水があつて警戒が出て、氾濫になって、それから決壊したと書いていた。だから別の用語として定義されているように考えたところ。

【事務局】国土交通省の洪水浸水想定区域図作成マニュアルというものでは破堤氾濫というものと溢水氾濫、それと越水氾濫というものがある。破堤氾濫というのは堤防の破堤、これは決壊と同義のようで、それによって生ずる氾濫を破堤氾濫と言うと。溢水氾濫というのは堤防がない区域で水があふれ出て起きる氾濫、これを溢水氾濫。越水氾濫というのは、堤防がある川で堤防を越えてしまつて水が流れ出てくるのを越水氾濫と言うとなっている。参考情報だが、国土交通省ではそのように定義づけられている。

【委員】承知した。本検討会もその定義だということによろしいか。

【事務局】そのとおりである。

【座長】では、次回の検討会で資料としてまとめていただければと思う。

【事務局】次回分かりやすい資料をつけさせていただく。

【座長】場合によっては報告書でもきちんと定義するという事で対応したいと思う。

以上