

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2回)【議事要旨】

1 開催日時

令和2年12月4日(金) 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、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2-1 現在の津波対策工法の調査について

資料2-2 津波対策工法の検討についての中間報告

資料2-3 検討スケジュール(案)

5 議事

議事概要については以下のとおり。

(1) 議事1 現在の津波対策工法の調査について

資料2-1により事務局から説明が行われた。

質疑の概要は以下のとおり。

【委員】先ほどの御説明の中で、沈降の後、また上がって困っているということだったが、これはどういうことか？

【事務局】岸壁の高さである。漁船から荷物を下ろしたり、揚げたりする際に、今まで腰ぐらいの高さで揚げていたものが肩ぐらいの高さになって困っているというお話があった。

【委員】今年、内閣府のほうで日本海溝と千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討があり、

新たな津波想定が公開された。この件について現地の方は意識しているか。

【事務局】 現地の方々とのお話の中では、そういった話が出なかった。

【委員】 気仙沼のシミュレーションの結果は大震災のときの再現で間違いないか。

【事務局】 そのとおり。

【委員】 今後、南海トラフのようにもっと詳細なマップが出ると思うので、現地の方にも提供いただければと思う。もし前より高い場合は、また再検討なり、妥当な対策・検討ができるのではないかとと思われる。

【事務局】 情報提供等、適宜対応していきたい。

【委員】 8ページ目の写真について、側板の下側に雨仕舞いが入り込んでいるように見える。雨仕舞いを外そうと思ったら、側板の上を全部外さないと駄目ということか。

【事務局】 側板からプレートを張り出す形にしてあって、その下に雨仕舞いを差し込んでボルトで留めているので、このボルトを外せば、手前に引き抜くような形で外すことができる構造となっている。

【委員】 色が違って見えているのは、塗装あるいはゴム系のコーティング剤がかかっているのか。

【事務局】 塗装というよりは、ステンレスのような金属的なものであった。

【委員】 PC壁の雨仕舞いの上部はステンレスの鋼板で造られている。白く塗装されている側板の鋼板の部分と白光大りしているステンレスのPCの雨仕舞いの部分は、コーキングをしてPCを防触するというような形になっている。

【委員】 側板は白いペイントが入っているということか。

【事務局】 側板は防食の塗装が施されている。

【委員】 14ページに四角いタンクがあって、ワイヤーがかけられていた。このワイヤーは、塩対策の特殊なステンレスなのか。アイボルトのほうは大分腐食しているように見える。

【事務局】 SUS304を使っているので、塩対策は特にはされていないと思われる。

【委員】 アイボルトのほうは、スチール鋼なのか。

【事務局】 現地の方はステンレスと言っていたが、一般鋼に見えた。

(2) 議事2 津波対策工法の検討についての中間報告

資料2-2により事務局から説明が行われた。

議事2の質疑概要は以下のとおり。

【委員】津波の外力の与え方はどのようにされていたのか。

【事務局】対策工2の場合は、揚圧力、底面も波力として作用させている。対策工1のほうは、底面には浸透しないということで、波力は作用させていない。前面だけでなく、周囲と背面にも作用はしている。

【委員】水平波力は水深に応じて全ての側面に作用するので、円周方向に分布した力が水平方向に作用するという理解でよろしいか。

【事務局】そのとおり。

【委員】対策工1については、底面からの鉛直上向きの圧力は与えずに、対策工2は鉛直上向きの圧力を最初から与えているということよろしいか。

【事務局】そのとおり。

【委員】対策工2について、今回、500KLタンクの液位20%の場合は、おそらく、転倒しないようにワイヤーが引っ張ろうとして角の部分に負担がかかるというようになっていると推測する、13ページの20KLタンクの液位20%の場合は、今回解析が実施されていないが、恐らく、タンクの高さが小さくなるので、負担がかからないと思われる。もし結果が分かれば、今後教えていただきたい。

津波の方向とワイヤーの位置については、検討しなくてもよいのか。

【事務局】ワイヤーの方向と津波の方向については、ワイヤーの直方向、ワイヤーを0度方向にした場合の解析というのも必要だと感じており、今後の解析の一つ、サンプルで入れさせてもらおうというふうに考えている。

【委員】地震発止時において、液状化による地盤沈下が発生した際には、基礎部含むタンク本体と、グラウンドアンカー部が同じ量で沈下すれば問題はないということよろしいか。

【事務局】同じ沈下量であれば問題はない。かつ、タンク自体の基礎に杭が打ってない場合には、タンク側のみが沈降して、緩む方向なので問題はないだろう。

【事務局】この辺り自体は沈降域となるので、杭に関係なく、地盤と一緒にタンク自体も基礎も全部沈下するので、相対的な位置関係というのは変わらないということで問題はない

【委員】結局、このセットを造るときに、液状化なり地震のときにずれないようにちゃんと造っておけば、問題ないだろう。

【委員】対策工2のほうの話で、アイプレートの後ろ側は、鋼材タンクに対しては接着剤でついているのか。

【事務局】接着剤でついている。

【委員】解析結果を見ると、要するに、アイプレートの裏側が鋼材の母体を引っ張っているという結果になっている。ここの剥離強度は、どのぐらいまで担保されているのか。

【事務局】鋼材とCFRPの接着強度はメーカー保証値の 15 N/mm^2 を入力しており、近隣の剥離は当然しているが、遠くのほうは剥離の現象は出ていない。剥離が出て、かつプレートのエッジが当たっているところが破断し始めるという結果になっている。

【委員】その破断は、CFRPの破断だろう、そこではなく、鋼材であるアイプレートと鋼材である本体の間の接着と、CFRPと本体との接着は違うのではないか。

【事務局】タンク母体には大きな応力は発生していない。エッジでの応力集中というのは、大きくは見られなかった。タンクとアイプレートは一体で変形しているようなイメージになる。

【委員】ここが赤くなっているというのは一体で変形してくれているからの解析結果だと当然思うが、アイプレートの裏側のタンク本体との接着が剥がれたときは大分違う感じになりそうだと思う。逆に言うと、アイプレートとタンク鋼材の接着が十分強い、あるいはもつのかどうかというところだと思う。

【事務局】当然、接着剤でアイプレートとタンク本体はくっつくのですが、その上にCFRPを巻く形になっているので、そこの接着面が剥がれたとしても、上側からCFRPが押さえているので……。

【委員】でも、そうなるとアイプレートの裏側の本体の鋼材がこんなに赤くならないだろう。

【事務局】実際はかなりつままれて、そこが局部変形をしている状態。

【委員】アイプレートの内側が剥がれないことが前提の解析となっているからだろう。

【事務局】アイプレートの裏側を接着しない場合の解析を一つ入れれば比較となり得るか。

【委員】その解析結果が1個あったほうが良いと思う。もちろん、剥がれないように適切な施工をするのが大前提になる。CFRPの施工に長けている業者が行うことになるのだろうか。

【事務局】そのとおり。

【委員】接着剤は、必ずしも同じエポキシを使うことにこだわらなくても、鋼材と鋼材をつける接着剤とCFRPをつける接着剤は違ってもいいのではないか。

もう一つは、ワイヤー本数を増やしても結果はあまり変わらなかったというところで、さっき0度をやるという話をしていたが、非対称になっているときが一番怖い。今回解析した+45度・-45度も、0度・90度もいわゆる対称での解析となる。これに対して非対称のほうが怖いと思うが、8本やって大丈夫だから、少しずれても大したことないというところなのか。

【事務局】一応、まず基本ケースを押さえた上でというのがあったので、まだ非対称のところまでは至っていない。

【委員】もしやれることがあるようだったら、非対称があるといいと思う。

【事務局】承知した。

【委員】もう一つは、対策工1と2、両方やりますというのがあった。1は下の隅角部というか、その部分の近くが保護されていて、そのずれをかなり強くホールドするのが対策工1という理解でよろしいか。

【事務局】そのとおり。

【委員】そうすると、対策工2を補助的にやるとして、水平にずらす方向の応力よりも、垂直に引っ張ってくれたほうが良いような気がする。要は、今、ベルトの位置を50%でやって、50%で良いという話になっていたが、両方やるなら高い位置のほうが効果はあるのではないか。そして、むしろ後ろ側の、要するに爪先立ちになるという表現をされていたが、対策工1でそういうふうになった状態を対策工2のほうの後ろ側が下へ引っ張ってくれるほうが効果的なのではないか。そうでなく、手前側を引っ張るのがすごく重要となるのか。

【事務局】まだそこが分かっていない。

【委員】両方、下を引っ張る必要はないと思う。

【事務局】検討する。

【委員】 もう一つ、さっきのアイプレートのところを戻すと、CFRPの幅はアイプレートの上下10センチ、両側にのり代があるような形か。

【事務局】 はい。

【委員】 基本的には円周方向が主だから、上下方向ののり代はあまりなくても大丈夫という判断でそうなっているのだと思うが、劣化したときを考えると、特に上側から雨水が入ったりして劣化の進行が速いのではないか。そうなってくると、ここののり代はもう少し大きいほうがいいのではないか。パッチ当てだと200ミリ確保するという話があったが、そのぐらい要るだろうと思っている。

【事務局】 承知した。200ミリと言っているのは、強度的に担保ができるのが200ミリというのが業界の言い方で、一応、それを基準とした。

【委員】 200ミリとか、160ミリとかいう数字はパッチ当てのときによく言われる数字で、それを考えると、200ミリ取っておけばパッチ当てと同じだけ取っているから大丈夫というイメージはあると思う。しかし100ミリは少し小さいと思っている。

【事務局】 将来的な施工法をまとめていく際にその辺りも記載ができたらと思う。メーカーにも、水抜きの話についても、もう一度、ヒアリングをかけてみる。

【委員】 アンカーボルトは抜いたほうが良いという話があったが、アンカーボルトは、風とか地震の転倒・滑りを計算して、アウトになった場合にアンカーボルトを付けて基準に適合させているという場合がある。言ってみればアンカーボルトがあることによって許可が下りているというタンクがあるので、技術的な意味でこういったFRPを施工したときにアンカーボルトがよろしくないということであれば、基準との整合性というのが少し問題になるので、技術的な点、許可の手続のところで確認が必要かと思う。

【事務局】 技術的な点では、アンカーボルト以上にCFRPが固定できる、風荷重に対して有効であるというものを示さないと、外していいのかという議論にはならないと思うので、まず、その辺りを一つ整理するようにする。その後、基準との適合について進めていきたい。

【委員】 前提の部分の話で、今回のFEM解析の信頼性ということについて最初のほうで話があり、今回の解析は円筒タンクなので、円筒タンクの実験がFEM解析でどの程度再現できているのかというところが重要と思うが、荷重が小さいときは説明ができていて、

荷重が大きくなってくると解析と実験結果が少しずれて、それが課題だとあった。実験と解析が合わないにしても、解析結果のほうが安全側のほうの結果になっていれば、今回やっている計算というのは、受け入れられるものだと思うが、その点いかがか。

【事務局】 今回の要素実験の中では、変形が小さい範囲では応答がおおむね合っている。実規模のFEM解析をするときには、対策工1においてはコンクリートへの付着強度をこの実験よりも大幅に落としているので、CFRPのひずみの領域としてはかなり小さいところでベリッと剥がされていってしまっている。この点で安全側の結果となっていると考えている。

【委員】 それはどの図を見ればいいのか。実験に比べて解析のほうが小さな変位で駄目になっているという計算結果が得られているということか。

【事務局】 10ページの図3.3、右の列のグラフで、50ミリまで行くと乖離が大きくなっているが、0ミリから20ミリぐらいまでの間であれば解析自体は追従できていると考えており、実際、実機モデルのほうの解析ではそこまで大きな変形が入らずに剥がれていっている。11ページ、12ページを見ると、水平の変位としては、10ミリ前後で剥がれてタンクが移動してしまっているという状態にあるので、この辺の結果を見るとFEMとしての適合はできていると考えている。

【委員】 結局、実験だともう少しもっているということか。

【事務局】 はい。かなり強力にくっついていて、コンクリートとCFRPの付着強度が、実機モデルに入れている 1.5 N/mm^2 に対して、実験では 15 N/mm^2 入れているので、鋼材と全く同じ強度を持っている。実験では、コンクリートに対する付着が強過ぎたというところがあると考えている。それによって、実機モデルのほうではあっさりCFRPがコンクリートから剥がれて漂流してしまうというものになっていると考えている。

【委員】 承知した。

【座長】 今、マージンがかなり設けられているというのは、剥離という現象に対して設けられおり、引っ張り強度に関しては、メーカーの値がそのまま使われているということだよろしいか。

【事務局】 はい。実際には、メーカーの実験値は、規格化されている保証値に比べて高い位置にある。当然、鋼材も同じで、降伏応力は幾つで、引っ張り応力は幾つですというふうになっているが、それよりもメーカーは包含する値で物ができている。結果として、そ

の部分が安全仕様になっていくというふうに考えている。

【座長】ほとんどの現象は剥離なので、それに対してかなりマージンが設けられていると、そういう理解でよろしいか。

【事務局】 そのように考えている。

【委員】 2点、教えていただきたい。1点目、石油タンクのハザードは、地震と風と内部圧力の上昇、大きくこの三つぐらいがあるのかなと思われるが、いわゆる石油タンクを考慮するときの、単純に、津波以外の地震とか、津波以外の風とか、内部圧力が上昇したときに天板が最初に飛ぶとかいったモードを阻害するような内容にはなっていないのか。

2点目は、ワイヤーロープで結束するという発想だと思うが、解析上は、ワイヤーロープのテンションは、初期はどういうふうに設定されているのか。

【事務局】 まず、津波以外のハザードについては、3年前に、この前段の競争的資金での研究中に、地震慣性力に対する評価を行った。特に、対策工1というものはタンクの足元を押さえてしまうので、本当に大丈夫なのかということで懸念をし、解析を行った。0.3Gまで慣性力を入れていき解析を行った結果、実際には、対策工1の初期のものでは、隅角部に応力集中を発生させてしまうという問題が発生した。それに対して対策工1は、直接、タンクにCFRPを貼るのではなくて、隅角部の部分に、地震慣性力を受けてタンクが暴れることに対して遊びを設けようということで、緩衝材というものを入れることにした。その遊びの部分でタンクが揺れることによって隅角部に対して悪さをさせないという対策工になっている。対策工2については、地震慣性力に対しての影響は少ないだろうというふうに考え、そのまま用いている。

【事務局】 風については、先ほどのアンカーボルトの話のとおり、クリアしていきたいと考えている。

【委員】 先ほどアンカーボルトを抜く・抜かないの議論があったが、これはもしかしたら放爆構造のところでは影響するかなと思い、発言した。

【事務局】 内圧に対しては屋根の話になるので、今回の対策工が悪さをするという事はないと考えている。

もう一つ、解析中にワイヤーのテンションはどうやって考えたのかという話だが、張らず緩まずという状態を考えており、ワイヤーに対して少しテンションをかけた状態で解析を行っている。あまり引っ張ってしまうとタンクに悪さをしてしまうだろうということが

あるので、自重に対して張力を10%増した状態でワイヤーを張った状態で解析を開始している。

【委員】実際の施工はターンバックルか何かで調整しながらという感じだろうか。

【事務局】そのとおり。最終的には、ターンバックルで張った状態にちょっとプラスしてという形になっていくと思う。

【事務局】内圧に対しての悪さ加減は、他の委員はいかがか。

【委員】放爆ということになるとタンクの上のほうの肩部のところが座屈をして内圧を放出するという形になるのが一般的だと思うので、それよりも下のところの拘束というのはあまり影響しないのかなと感じている。

【委員】タンクの放爆構造について、一応、評価の方法は幾つかあるかと思うが、一般的にされているのは、内圧が上昇したときにタンクの肩の部分が座屈してしまうタンクの内圧と底部が浮き上がる時のタンクの内圧を比べて、底部が浮き上がるよりも早く肩の部分が座屈をするということで放爆構造を評価するというのが一般的な方法と承知していて、今回のこの方法については、底部の浮き上がりを抑える方向の作用をするということで、内圧の評価については特段の影響がないというふうに考えている。

【座長】スライドの20枚目に今後の解析の計画ということが載せられているが、例えば、津波の当たる角度を変えたらどうだとか、非対称になる場合はとか、そういう話もあったし、対策工2でワイヤーの取付けの高さとか角度をとというお話や、あと、アイプレートの接着がなくなった場合の強度的なことはどうなのかとか、今日、いろいろ追加の検討課題がありますが、スライド20の下半分に挙げられている今後の方針につきまして、何か御意見はあるだろうか。

特にならぬなら、ひとまず、この部分についてはこの方針で進めていただくということで、承認いただいたということにさせていただきます。

資料2-2の御説明につきましては、一通り確認していただいたと。あと、事務局から、詳細な解析条件については、前回の参考資料1-4に記載しているとのことか。

【事務局】第1回目の検討会の際に参考資料1-4として「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」という、競争的資金を用いた研究結果を添付していて、そちらの第6項のほうに、解析条件、外力のかけ方等を詳細に記述している。消防庁のホ

ームページにも掲載されているので、そちらのほうを御確認いただきたい。

(3) 議事3 その他

資料2-3により事務局から説明が行われた。

以上