

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4回)【議事要旨】

1 開催日時

令和4年3月7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(代理 藤井)、岩本、久保内、佐々木、サッパシー、田島、田山、辻、西、畑山、
宮内、村上(以上 委員)

4 配布資料

資料4-1 対策工法の寸法・強度仕様(第3回検討会資料3-1修正)

資料4-2 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(案)

5 議事

議事概要については以下のとおり。

(1) 議事1 対策工法の寸法・強度仕様の修正について

資料4-1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。

【座長】前回までの御意見を基に修正を加えているということで、これはこれから御説明
いただく報告書には反映されているということでよろしいか。

【事務局】反映している。

【座長】特に御意見ありませんので、この修正は確認済みということにさせていただきます。

(2) 議事 2 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(案)
について

資料 4-2 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】別添 2 対策工法 2 に関する設計・施工要領 2 (1) オ (144 ページ) 「施工前に既設アンカーボルトを撤去することを推奨する。」という書きぶりについて、撤去を推奨する理由を書かれたほうが理解しやすいと思うがいかがか。

【事務局】承知した。前回検討会後に、アンカーボルトと対策工法 2 を施工したタンクに対する津波載荷を FEM 解析により行っている。この結果を踏まえ、撤去を推奨する理由というのを記載させていただく。

【委員】104 ページからの部分、「対策工法 1 の計測値と解析結果の対比」について、実験 2 回目と実験 3 回目はどちらも基礎が動いてしまっているが、実験 3 回目のほうは参考扱い、実験 2 回目のほうは「FEM 解析結果と実験計測値は大きく乖離していないことが確認できた」という結論を書かれている。実験 2 回目と実験 3 回目、両方とも基礎が動いてしまっているのだから、両方とも参考にしたほうがいいのではないかと思うがどうか。すなわち、実験 2 回目のほうは、FEM 解析結果と実験計測値が合っていたのでポジティブな結論とする、実験 3 回目のほうは FEM 解析結果と実験計測値が合わなかったので参考扱いとするというのは、非常に都合のいい論理展開に思えるということ。あるいは、実験 2 回目のほうは基礎の移動量が大きくないため、それなりの比較ができているという判断なのか。

【事務局】そのとおりである。実験 2 回目は変位計による計測値では動いていることが確認できるがそれほど大きくない、実験 3 回目については目視でも分かるぐらいにタンクが大きく傾いてしまったというところ。かつ実験 2 回目については FEM 解析結果と実験計測値がそこまで乖離していないということが分かったので、ポジティブな結論を書かせていただいた。

【委員】自分が、例えば事業者として対策工法を使おうかと考えるときに、3.6 各ケースの FEM 解析結果 (44 ページ) の表 3-7 は分かりやすく、参考になる。この表とデータが対応している、別記 小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害による滑動等対策工法に係るガ

イドライン 3 その他 図 (137ページ) では50%と20%だけが載せられているので、ここに80%の場合も載せることはいかがか。

【事務局】内容液位が80%の場合については、津波シミュレーションツールやFEM解析の結果から、内容液位が低いものに比べて流されづらいということがある程度分かっている。また、20kLの80%液位については、解析未実施のケースであるので、図3、図4のように図を示すことは難しい。内容液位が高いので50%よりは流されづらいということで御理解いただきたい。

【委員】承知した。対策効果の詳細については報告書の本文を確認してもらうという理解をした。

【委員】解析等々で出てくる表現で「 σ_x 」と「 σ_y 」が使われている。周方向「 σ_x 」は統一されているが、軸方向、縦方向を「 σ_y 」としている場合とR方向を「 σ_y 」としている場合があり、分かりにくくなっている印象がある。「 σ_r 」、「t」、「z」で書き直すことはできないか。

【事務局】タンク高さ方向については「 σ_y 」、底板の半径方向については「 σ_y 」で統一している。

【委員】統一されているが、円形平面のR方向ではYを、ほかのところでは軸方向でYを使っている。日本語が併記されているとは思いますが、「 σ_x 」、「 σ_y 」で書かれると分かりにくいという印象である。

【事務局】図の出力の関係で「 σ_y 」と「 σ_r 」が両方一緒に書かれているようなコンター図にせざるを得ないというところ。日本語では併記するようにしているので御容赦いただきたい。

【委員】この対策工法は既設タンクへの対策で、新設タンクへの対策との対比や関係についてはどこかで述べられているか。

【事務局】新設タンクと既設タンクの区別は報告書の中ではしていない。

【委員】この報告書の対策工法の対象となる範囲は既設タンクのみか、それとも新設も含めるか。

【事務局】新設も含めてと考えている。

【委員】そうであれば、新設の場合はアイプレートを溶接でつけることもできるという理

解でよろしいか。

【事務局】アイプレートを溶接で取付けた場合には、溶接の線の状態での応力集中というのが出る。あくまで面としてどう保持するかというところを狙っているので、新設タンクへの適用も同様の工法でよいと認識している。

【委員】承知した。既設タンクであることが大前提だと思われかねないことから、どこかに新設タンクについても適用できるということが書いてあったほうが良い。

【事務局】承知した。

【委員】別記 小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害による滑動等対策工法に係るガイドライン 3 その他（1）について、「原則として変更許可を要する」とあり、その後のなお書きで、「この場合タンクを開放して施工することが必要である」と記載がある。「この場合」というのが、1文目の「対策工法1、対策工法2を既設タンクに施工する場合」に係るのか、それとも「変更許可があった場合」に係るのかが分かりづらい。変更許可を要さない場合にはタンクを開放しなくても良いという理解となるのか。

【事務局】手続きにつきましては、ガイドラインを発出する通知に具体的に書かせていただく。今、委員から質問のあったところ、消防庁としては前段の「対策工法1、対策工法2を既設タンクに施工する場合」に係ると考えている。対策工法を施工する場合グラインダーでかなり火花が散る、グラインダーが防爆仕様の機器ではないというところがあり、危険物の規制に関する政令第24条第13号「火花を発生する機械器具等は使用しないこと」の基準により、対策工法を施工する場合は工事の手續に関わらずタンクを開放することが必要であると考えている。

【委員】通知発出の際に明確にするということで承知した。

【委員】4. 2 今後の課題（1）（133ページ）について、「500kL以上のタンクへの適用が課題」とまとめられていて、ここの書きぶりとして「現状では実験できる施設が国内に存在しない」と記載がある。本検討会の目的としては小規模タンクが対象で、水理模型実験は3.45kL、一方で解析は20kL、100kL、500kLと展開をしていると理解している。現状の書きぶりだと、3.45kLの実験で500kLの解析まで担保できると解されるがこの点少々疑問を感じる。おっしゃるように今後、500kL以上のタンクへの適用が検討されてほしいと思うので、何かいい書きぶりがないかと、いかがか。

【事務局】消防法令において、特定、準特定、その他とタンクスケールのくくりがされているところで、本検討会はその他のくくりを対象とした中での実験である。御指摘はあるが、我々のほうで書けるのは、「3.45kLの実験で500kLの解析まで担保できる」という意図の表現になると考えている。

【委員】3.10.2 津波実験 表3-26 (87ページ) に、フルード数を含めた実験条件の記載がある。フルード数を記載しているのは、無次元化し、模型との流れの相似を意識しているという意図があるのか。

【事務局】フルード数については、消防庁津波シミュレーションツールでフルード数が条件入力されるので、今回のFEM解析でもそこを整合をとるため、どの程度フルード数が出るかというところで計測し記載をしている。

【委員】流体の話で言うと、実験との相似はなかなか取りにくいと思う。フルード数だと表面の慣性力を無次元化しようというところで、一般的には流れの位置を考えようとするとレイノルズ数でそろえるという手法もあるが、そうするとフルード数とは全く逆の関係になってしまう。自由表面を持ったものの流れの相似を厳密に作ることは非常に難しく、個人的にはなかなか実験の結果を大きな解析のものまで適用するのは難しいという理解をしている。それでこういう書きぶりになっているのだろうとは思いますが、これを読むと、500kLまでの解析は、3.45kLの実験結果で担保すると逆に読めてしまうと懸念している。良い書きぶりがあればと思う、検討いただきたい。

【座長】工法に限らず機械類の設計でも言えることで、解析による設計や単純な式による設計という方法、それからそういうのができない場合に実験による設計という考え方が世の中にはある。今回は解析による設計を目指していて、それをある条件について実験によって確認したということで、解析の妥当性が確認できたということだと私は考えている。

【委員】納得した。そうした解析による設計という部分をもう少し打ち出してもいいと思う。

【委員】対策工法の1と2の選定のところで、例えば津波の作用方向がひとつに定まらないような場合、あるいは漂流物がワイヤーに絡まってしまう場合といったようなことも、対策工の選定の際には検討項目に入っているところ。今回計算されていない別の観点でのリスクというものがある程度示されてあると分かりやすいと思うが、いかがか。

【事務局】検討会の中で、津波がどちらから作用するかといったことや、漂流物に対して

の対策工法の効果ということ自体も検討ができていないので、記載は難しい。

【委員】対策工法1のほうは、津波の方向に関係ないと理解しているが。

【事務局】対策工法2についても、対策工法1と同じように不利な方向がないと考えている。4方向にワイヤーを張ること、それから波の方向が零度方向と45度方向からの場合で対策効果に大きな差がないとことを昨年度確認している。

【委員】承知した。

【座長】本日、報告書の案について御意見頂戴した。この意見を反映して報告書の最終的な取りまとめを行います。修正後の内容確認は、座長へ一任いただくということでよろしいか。御異論ないようなので、私のほうで最終確認をさせていただきます。

(3) 議事3 その他について

事務局から説明が行われた。

概要は以下のとおり。

【事務局】前回検討会の御質問で、対策工法2のアンカーボルトの撤去について、外す場合の優位性を示したほうが良いという話があり解析を行った。この件補足をさせていただく。まず、アンカーボルトがない対策工法2、20kLタンク、50%液位の場合のミーゼス応力は、隅角部にて $236\text{N}/\text{m}^2$ の応力が働いている。対して、底板の張り出し部に4か所、90度ごとに打たれているアンカーボルトを残置した場合は、アンカーボルト周辺の隅角部に応力集中するという傾向が見られ、タンク前面のミーゼス応力でもアンカーボルト周辺の隅角部に応力が卓越し、相乗効果によって $304\text{N}/\text{m}^2$ と応力がやや高めに出ることを確認した。この結果からもアンカーボルトの撤去を推奨という形にさせていただきたい。ただし、全てのアンカーボルトがこのような形でなく、例えばアンカーチェアがついている場合等もあると思うので、一例として、底板の張り出し部へ施工されているアンカーボルトは撤去したほうが応力的には理想状態が出るという確認をした。

【委員】アンカーチェアがついている場合等は別の結果になるということは、撤去を推奨するアンカーボルトは、底板の張り出し部にダイレクトにアンカーボルトがつけられている

る場合ということか。

【事務局】そのとおりである。昨年度、小規模タンクを現地で見たとときに、底板の張り出し部に直接打たれているタイプとアンカーチェアのタイプ、2種類の施工があり、小型になればなるほど直接底板の張り出し部に打たれている傾向が強かったことから、今回、一例としてこの形で出しております。アンカーチェアも様々な施工があり、応力をうまく分散しているものもあれば、小さくて応力集中しそうなものも現地では見られた。このようところで、撤去を「推奨」という記載の仕方がよいのではないかと判断をした。

【委員】承知した。例えば書きぶりとしては、底板に直接アンカーが打ち込まれているものについては外すことを推奨するということもありだということか。実例としては少ないかもしれないが、アンカーチェアや側板から応力が集中しないような構造でアンカーが打ち込まれているものもある。良い施工をしているものまでも外す必要はないという観点からお伝えしている。

【事務局】より具体的な例をガイドラインの中に入れていくかどうかというのは、検討させていただきたい。

【委員】事務局へお任せする。

【座長】ちなみに、この解析結果は報告書には盛り込んでいただけなのか。先ほど撤去の優位性の根拠を示したほうが良いという話があったが。

【事務局】事務局で検討させていただく。未定だが、追加するとしても恐らく参考資料となる。

以上