



CFRPを用いた津波対策工法1の 90kLガソリントankへの実装

日米レジン株式会社
日米ユナイテッド株式会社
東電設計株式会社

1. はじめに

2011年の東日本大震災において、157基の屋外タンク貯蔵所が津波による被害を受けた。2015年関東・東北豪雨による鬼怒川の洪水においてもタンクの浮上、移動が確認された。

これを踏まえ、消防庁「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」にて、津波対策工法の検証がなされ、2022年3月にガイドライン化された。ガイドラインでは、500kL未満の小規模な底板を地盤面に接して設置される縦置き円筒型タンクを対象に、安価で短期間な施工で、大規模な津波や水害には対応できないものの、一定の津波、水害に対して有効な2つの工法が示された。

全国規模に燃料油を販売し、油槽所を有する日米ユナイテッド(株)*は、南海トラフ地震による津波が懸念されている種子島油槽所のNo.5ガソリントank (90kL 図.1参照) に対して、ガイドラインに示された津波対策工法1を2023年8月に実施した。なお、施工はCFRPの施工資格となる連続繊維施工管理士および連続繊維施工士を有する日米レジン(株)が実施した。また、タンクの変更許可申請と対策工法の仕様決定に当たり、検討会にて設計、施工手法を導出した東電設計(株)が助勢を行った。ここではその計画から申請、施工について報告する。

*: 写真中に「日米礦油」の表記があるが2023年7月15日より日米礦油株式会社は日米ユナイテッド株式会社に社名変更した。



図.1 施工前のタンクの状況 90kL ガソリントank

2. ガイドラインに示された津波対策工法の概要

小型の縦置き円筒型タンクはアンカーボルトもしくは直接基礎(直置き)により設置されている。直接基礎のタンクは底板下への浸水による浮力により浮上し移動が懸念され、また、アンカーボルトにて固定されたタンクは、そのアンカーボルト周りでは「点での支持」となり、タンクの側板や隅角部の損傷が懸念された。それに対して「CFRPを用いた面での支持」となる2つの津波対策工法が検討会にて検討され、以下に示す対策工法1, 対策工法2がガイドラインにて示された。

2-1 CFRPとは

シート状にした炭素繊維に含浸接着樹脂を含浸・硬化させてCFRP (Carbon fiber reinforced plastics) 化したものである。これにより、繊維の引張性能と被補強構造物との接着性能をもって補強効果を発揮する。1995年の兵庫県南部地震以降、高速道路や鉄道のRC橋脚の補強用として普及し、現在、複数の国内メーカーにて販売する一般的な材料である。CFRPには材料の方向性があり、繊維長手方向で優れた特性を示す。このため、繊維方向に注意して用いる必要がある。ガイドラインでは繊維目付量は200g/m²の高強度型のCFRPを用いることとされている。

2-2 対策工法1の概要

対策工法1はタンクの下部より底板張出部およびタンク基礎までCFRPを隙間なく施工し、「基礎の重量にてタンクを拘束する」、「タンク底板下に浸水させず、底面浮力を発生させない」、「CFRPによる面的拘束により、応力集中させない」メリットがある。CFRPを構成する炭素繊維には方向性があるため、効果的な方向に貼付けが必要である。図.2に対策工法1の施工イメージと炭素繊維の貼付け方向例を示す。方向を変えて2層以上の施工が有効である。

ガイドラインでは既存のタンクにアンカーボルトが設置されている場合には、アンカーボルトは撤去することが推奨されている。既設のアンカーボルトを撤去する場合にはCFRPにより法令上必要な耐震・耐風性能が確保されていることを事前に確認する必要がある。対策工法1は基礎スラブを有するタンクへの施工を前提としている。基礎の高さ方向へのCFRPの施工が非常に効果を発揮する。そのため、基礎の高さが200mm以上無い場合には後述の対策工法2での施工となる。今回は基礎の状況から対策工法1の施工条件を満たす状況のため、対策工法1を採用した。

なお、対策工法1は「底板張出部上にスペーサーを設置する」ことが必要である。これにより、タンクに津波波力が載荷した際に、タンク隅角部に応力集中が生じ難い構造とできる(特許第6990604号他)。

2-3 対策工法2の概要

対策工法2はワイヤーと防油堤内に設置するアンカーにてタンクを拘束する工法である(図.3参照)。タンク側板へのワイヤー取付けを“点”にて接続すると、波力載荷時に側板部に応力集中を生じることとなる。そのため、ワイヤーを接続するための接続孔(以下「アイ」という)を厚板プレートに溶接で取り付けたアイプレートを用い、それを周方向のCFRP1層にてタンク側板に設置する。CFRPの周方向の終端は200mm以上の重ね貼りが必要である。対策工法2でもガイドラインでは既存のタンクにアンカーボルトが設置されている場合には、アンカーボルトは撤去することが推奨されている。既設のアンカーボルトを撤去する場合には、CFRPにより法令上必要な耐震・耐風性能が確保されていることを事前に確認する必要がある(特許第7131925号)。

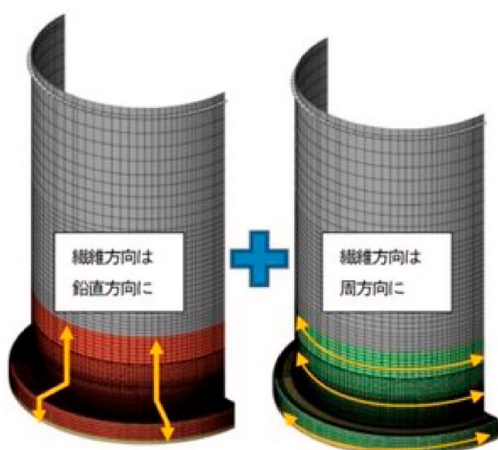


図.2 対策工法1 イメージ

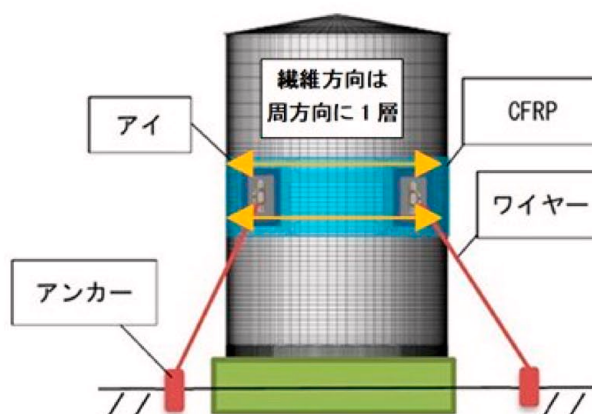


図.3 対策工法2 イメージ

3. 屋外タンク貯蔵所の変更許可申請

対策工法1を実施するにあたり、所轄の鹿児島県熊毛地区消防組合南種子分遣所に以下の工事内容を説明し、アンカーボルトを撤去するため、危規則第5条関係の該当書類及び計算書、CFRPの施工・技術管理に関する資格証を添付し、変更許可申請を実施した。

- ① 基礎は円形で分割されていない、高さは200mm以上有するため対策工法1を採用する
- ② CFRPに用いる炭素繊維シートはガイドライン記載の200g/m²の高強度型を用いる
- ③ CFRPに用いる炭素繊維シートと樹脂は国内製の同一メーカー製を用いる。製品は使用季節と使用期限を確認し使用する
- ④ CFRPの施工範囲(図.4参照)
 - ア) 側板部はタンク高さの30%以上となる1900mm
 - イ) 基礎部は200mm以上のため、200mm施工
- ⑤ CFRPの貼付け方向はタンク高さ方向1層(隙間無く)と周方向1層(タンク側板部と基礎の側面)
- ⑥ タンクの隅角部(側板と底板の溶接部近傍)にはガイドラインに従い、スペーサーを設置する
- ⑦ CFRP施工にあたり、内容液を抜き、清掃後に安全を確保した上で実施
- ⑧ CFRP貼付け前にタンク鋼材部にはガイドラインに記載の2種ケレンを実施。基礎部も既存のグラウトと劣化層をケレン除去
- ⑨ CFRP貼付け前にアンカーボルトを撤去する(ガイドラインにて推奨。危規則第5条関係の該当書類及び計算書(風と地震に対する滑動、転倒の検討)を添付)
- ⑩ 湿度を管理し、ガイドライン既定の下記条件にて施工する。
 - ア) 空気中の湿度:85%
 - イ) コンクリート表面含水率8%以下
 - ウ) 雨天でないこと、CFRP硬化中に雨天の恐れのないこと。雨天の恐れのある場合には養生を実施する
- ⑪ CFRP切欠部はガイドライン中の手法で補強する
- ⑫ ガイドライン記載のCFRP施工後に上塗り塗装し、CFRPを保護する。施工後も永年的に塗装とCFRPの状態を監視し、適宜タッチアップ補修し、健全な状態を維持するよう、管理する

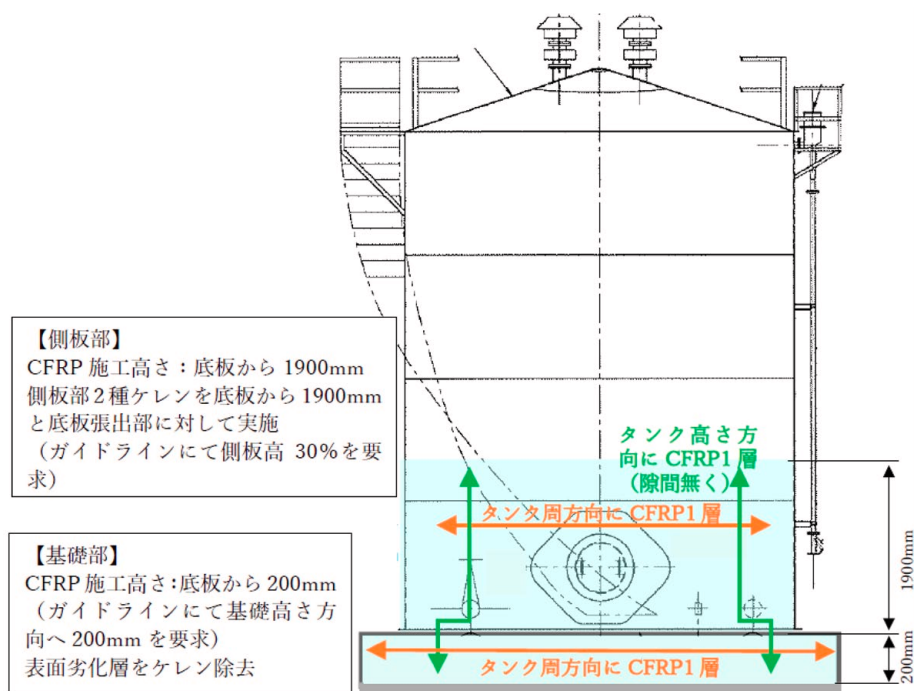


図.4 対策工法1 寸法とCFRP施工イメージ

4. 対策工法1の施工

鹿児島県熊毛地区消防組合南種子分遣所からの変更許可を受け、図.5に示すフローにより施工した。フローに示す代表的な施工状況を図.6～図.15に示す。施工期間は台風の影響を受けたため30日を要したが、実質10～14日にて施工が可能と考えられる（施工環境による）。施工のステップ毎にガイドラインとの適合を南種子分遣所と確認し施工を進めた。

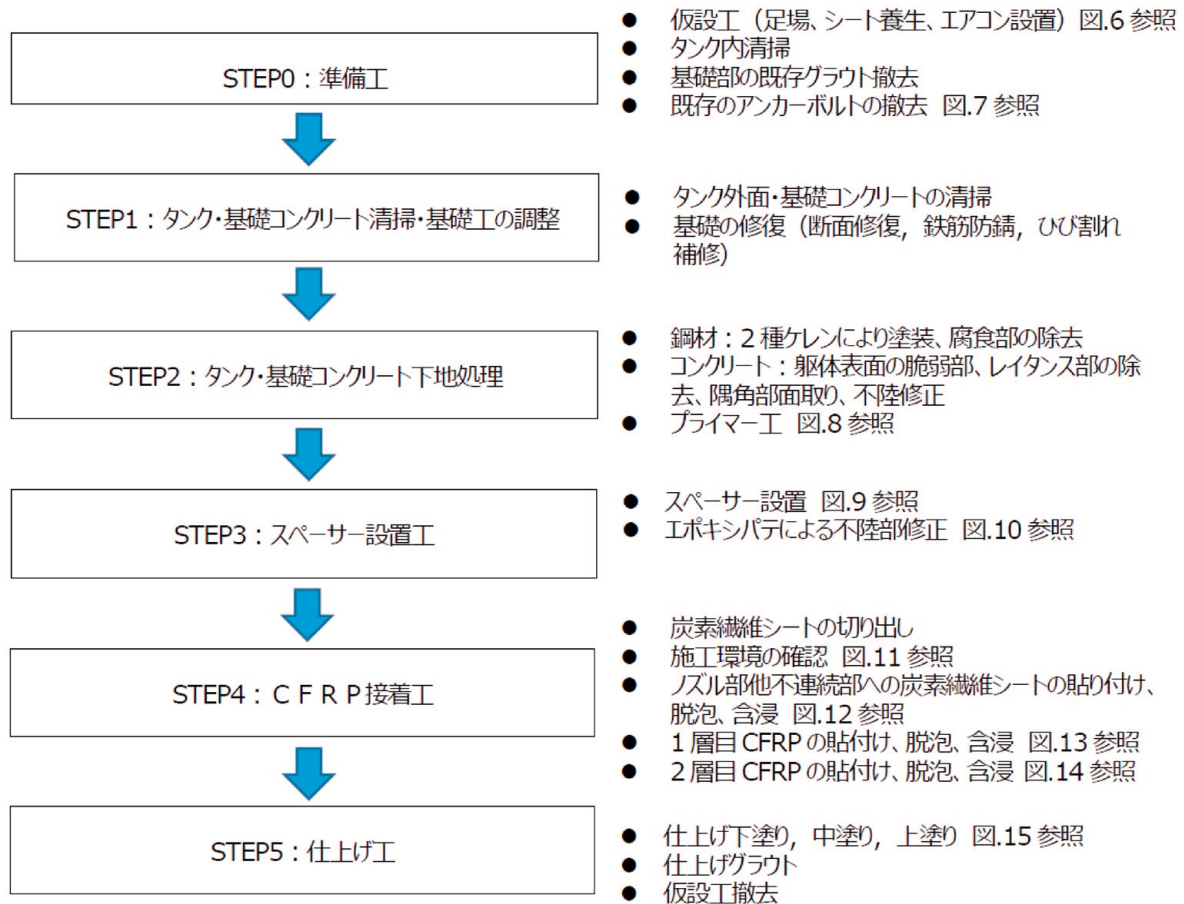


図.5 施工フロー



図.6 タンクの養生とエアコン設置



図.7 既存アンカーボルトの撤去



図.8 ケレン後にプライマーを塗布



図.9 隅角部へのスペーサーの設置

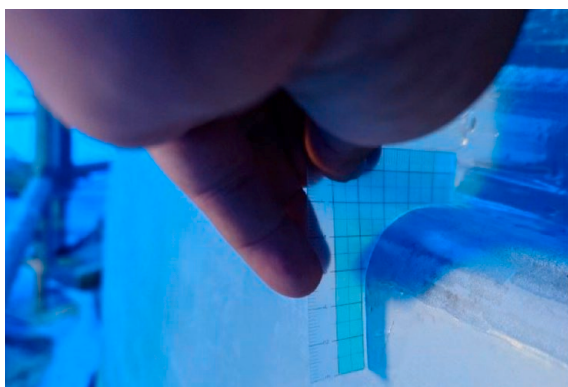


図.10 不陸修正と基礎コーナ部の整形



図.12 ノズル部等不連続部へのCFRP貼付け



図.11 施工環境の確認

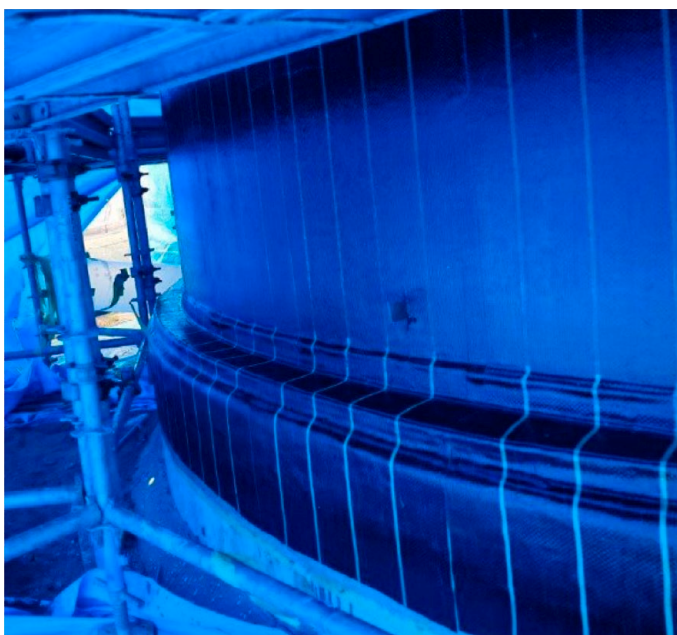


図.13 1層目CFRPの貼付け（高さ方向に貼付）

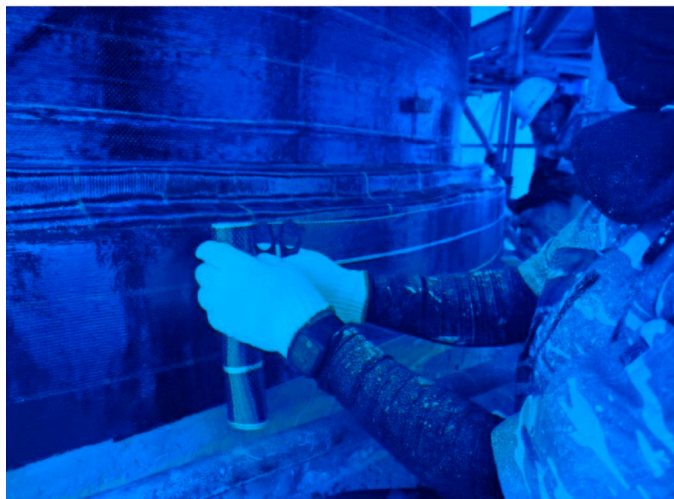


図.14 2層目CFRPの貼付け（周方向に貼付）



図.15 CFRP貼付け部に仕上げ
塗装（灰色部：下塗り）



図.16 施工後の状況（右図手前が対策工法1施工タンク，奥は未施工）

注）2023年7月15日より日米石油株式会社は日米ユナイテッド株式会社に社名変更しております

5. おわりに

ガイドラインに示された津波対策工法1の施工は天候に左右されながらも、問題無く施工が完了できた（図.16 参照）。万一の際の安全と燃料の安定供給、事業継続のため、日米ユナイテッド(株)では水平展開を行いたいと考えている。また、ガイドラインに示された津波対策工法が全国の危険物タンクに実装され、津波に対して少しでも安全で強靱な社会となることを期待する。

最後に、ご協力いただきました鹿児島県熊毛地区消防組合消防本部及び南種子分遣所の皆様に感謝の意を表します。