

FF二重殻タンクの安全性向上に関する検討
報告書

平成30年3月

危険物保安技術協会

目 次

第1章 検討の目的等	1
1. 1 検討の目的.....	1
1. 2 検討の項目.....	1
1. 3 検討手順.....	1
1. 4 検討体制.....	2
1. 5 検討会の開催経過.....	2
第2章 問題点の整理と解決策について	3
2. 1 シミュレーションに基づく設計について.....	3
2. 2 材料試験について.....	6
2. 3 気泡の基準とチェック方法について.....	10
2. 4 タンク出荷前のチェックについて.....	10
2. 5 全数検査について.....	10
2. 6 埋設施工時におけるチェックについて.....	11
第3章 強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン	15
3. 1 策定主旨.....	15
3. 2 強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン.....	16
第4章 今後の課題とまとめ	39
4. 1 今後の課題について.....	39
4. 2 まとめ.....	39
参考資料1 FF二重殻タンクの破損要因に関する検討報告書(抜粋).....	41
参考資料2 タンク製造業者の現況調査.....	45
参考資料3 材料試験に関する検討.....	49
参考資料4 荷重変位曲線上における変化の確認.....	55
参考資料5 試験方法の検討(曲げ試験).....	71
参考資料6 試験片形状の検討(引張試験).....	81
参考資料7 試験片寸法の検討.....	97
参考資料8 検知層を固定しない試験片の状況等確認.....	113
参考資料9 ばらつきの確認.....	129
参考資料10 材料試験報告書(曲げ試験).....	135
参考資料11 材料試験報告書(引張試験).....	141
参考資料12 地下貯蔵タンクの埋設施工に係る教育のあり方の検討.....	155
参考資料13 地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法の一部改正通知.....	161

第1章 検討の目的等

1. 1 検討の目的

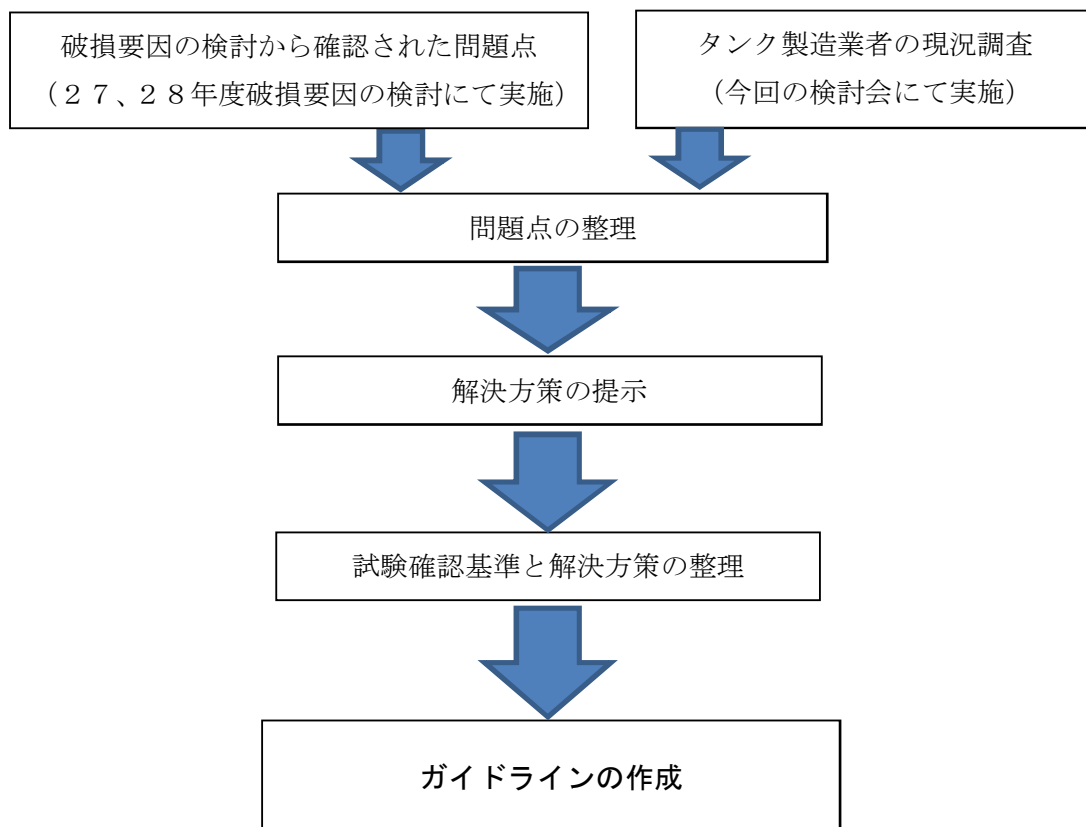
平成27、28年度に実施した自主研究「FF二重殻タンクの破損要因に関する検討」（以下「破損要因の検討」という。）において、強化プラスチック製二重殻タンク（以下「FF二重殻タンク」という。）に関する問題点が確認された。これらの問題点とタンク製造業者の現況を踏まえて問題点の整理と解決方を提示する。

解決方と現行における危険物保安技術協会の強化プラスチック製二重殻タンク本体等に係る試験確認基準（以下「試験確認基準」という。）の整理を行い、ガイドラインを策定することによりFF二重殻タンクの安全性向上を図る。

1. 2 検討の項目

- (1) タンク製造業者の現況調査
- (2) 問題点の整理と解決方の提示
- (3) ガイドラインの作成

1. 3 検討手順



1. 4 検討体制

本検討を進めるにあたり、協会内に検討委員会（名称：FF二重殻タンクの安全性向上に関する検討委員会）を設置して、各種の検討を実施した。当該検討委員会の構成は以下のとおり（順不同、敬称略）。

委員長	影山和郎	東京大学大学院 工学系研究科	教授
委員	久保内昌敏	東京工業大学物質理工学院	応用化学系 教授
〃	山田 實	元横浜国立大学	リスク共生社会創造センター 客員教授 (危険物保安技術協会 事故防止調査研修センター 総括調査役)
〃	西 晴樹	消防庁	消防研究センター火災災害調査部長
〃	浅野 均	一般社団法人強化プラスチック協会	
〃	澤田良穂	日本タンク装備株式会社	
〃	望月広道	東海容器化工株式会社	
〃	藤木正治	危険物保安技術協会	業務部長
〃	八木高志	危険物保安技術協会	土木審査部長
〃	杉山 章	危険物保安技術協会	企画部企画課長
事務局	和田正彦	危険物保安技術協会	企画部
〃	相澤淳一	危険物保安技術協会	企画部
〃	松坂竜男	危険物保安技術協会	業務部
〃	工藤 守	危険物保安技術協会	業務部
〃	石井直也	危険物保安技術協会	業務部

1. 5 検討会の開催経過

前節の検討委員会の開催経過は、次のとおりである。

第1回	平成29年	7月18日
第2回	平成30年	1月23日
第3回	平成30年	2月26日

第2章 問題点の整理と解決策について

破損要因の検討及びタンク製造業者の現況から確認された問題点を整理し、解決策を以下に示す。

2. 1 シミュレーションに基づく設計について

(1) 問題点

ア 破損要因の検討から確認された問題点

破損したタンクは構造設計上、構造不連続部分の応力集中については考慮されておらず、タンクの変形する大きさや形状によっては、構造不連続部分において応力集中により破損する可能性がある。(参考資料1、「5. 2 応力集中に関する問題」参照)

イ タンク製造業者の現況調査から確認された問題点

タンク製造業者に対して設計に関する事項を確認(応力集中に関する事項の確認)したところ、埋設状態におけるタンクは上載荷重、地盤土圧等が及ぼす影響が不明であった。(参考資料2、「1 応力集中に関する事項について」参照)

(2) 解決策

タンク製造業者は以下のア及びイのシミュレーションに基づく設計を実施する。

ア 埋設状態を想定した荷重条件に対するシミュレーションについて

① モデルタンクの設定

- ・ 材料強度は成形された状態を想定した試験方法(後述2. 2、(2)、ア、⑦参照)で実施した値を用いる等、材料試験結果と解析条件を整合させる。
- ・ モデルタンクの設定は内殻の内径ごとに最大容量のサイズを用いる。
- ・ シミュレーションに用いるソフトウェアは内殻、外殻及び検知層が一体となった構造(以下「一体構造」という。)や複合した材料の要素をモデルタンクとして再現し、応力が集中する部分を評価できるものを用いる。

② 荷重条件について

タンク製造業者がタンクの埋設条件を設定し、モデルタンクに対して発生する荷重を確認する。例として「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について」(平成8年10月18日付け消防危第127号)中の「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針」(以下「指針」という。)に示された砕石基礎による施工方法を用いて埋設する場合の荷重条件を図2. 1. 1に示す。

1 標準設計条件

指針のとおりに埋設施工されたFF二重殻タンクについてFEMによるシミュレーションを実施し、安全性を確認する。具体的には、図1及び表1に示す数値を使用して、タンク上面に均等に一応に荷重がかかり、埋設深さに応じた水平土圧を受けた状態で十分な強度を有することを確認する（荷重条件については、図2参照）。この際、施工時の一時の荷重（ふた）を考慮し、短期的な荷重での安全性と長期にわたり継続して発生する荷重を考慮する。安全性の判断基準は、発生応力が許容応力以下であることとする。

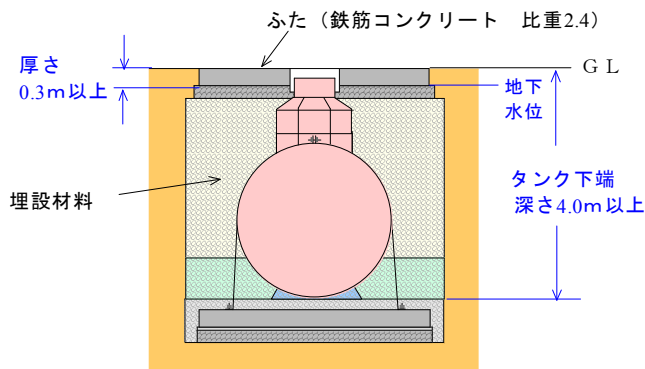


図1 標準設計条件

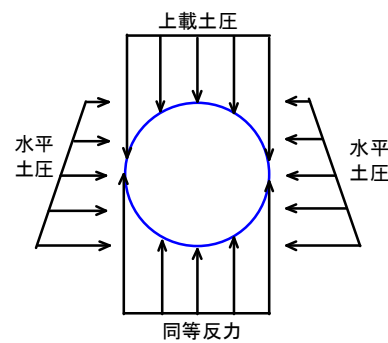


図2 荷重条件

表1 埋設材料の比重量等

設計水平震度	0.3	水平土圧係数	0.5
埋設材料の単位体積重量	17.64kN/m ³	埋設材料の水中単位体積重量	9.80kN/m ³
水の単位体積重量	9.80kN/m ³	埋設材料の飽和単位体積重量	19.60kN/m ³

2 過酷条件

締め固めが不十分でタンク底部のみで上載土圧を支えている場合等の安全性についてをシミュレーションで確認する（荷重条件については、図3参照）。局所反力の範囲はFF二重殻タンクと砕石床の接する面とする。

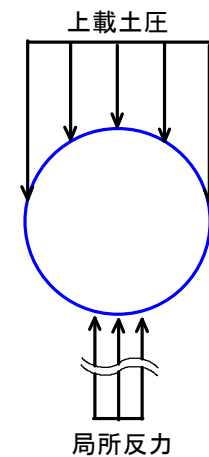


図3 荷重条件

図2. 1. 1 砕石基礎による施工方法を用いて埋設する場合の荷重条件

- ③ シミュレーション結果の確認について
- ・ シミュレーションの結果から、応力が集中する部分の発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、シミュレーション結果から得られるタンク変形量を基に、実機タンク変形量の許容値を決定する。
 - ・ 応力が集中する部分を評価する場合、材料強度は局所応力の発生を想定した試験方法（後述「2. 2、(2)、ア、⑦参照）」で実施した値を用いる。
- ④ 実機タンクによる検証について
- シミュレーション結果に対して、実機タンクにより検証を実施し、シミュレーションとの相関や解析精度のチェックを行う。
- ⑤ 結果の運用等について
- ・ 危険物保安技術協会はタンク本体とタンク製造業者が設定した埋設条件を合わせて評価する。
 - ・ タンク製造業者はシミュレーションに基づく設計の結果を用いて埋設施工後におけるタンク変形量の許容値を設定する。その値をタンク本体に対するチェック（後述2. 6、(2)、ウ、①参照）」の中で運用する。
- なお、タンク製造業者は設定した埋設条件で製造したタンクが埋設されていることを確認する。（2. 6、(2)、ウ、②参照）」

イ タンク出荷前を想定した荷重条件に対するシミュレーションについて

- ① モデルタンクの設定
- 前ア①と同様とする。
- ② 荷重条件について
- タンク内部を満水状態（出荷前における工場検査を想定）にした荷重条件とし、変形量を確認する（図2. 1. 2参照）。この場合、支持条件等を実際の試験状況と整合させること。

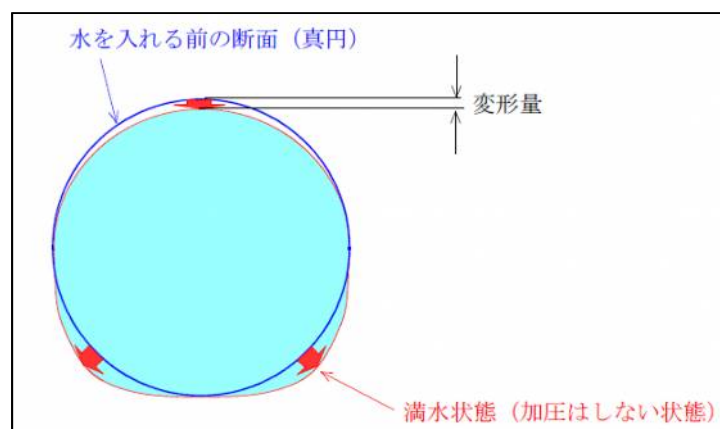


図2. 1. 2 荷重条件のイメージ図

- ③ 実機タンクによる検証について
シミュレーション結果に対して、実機タンクにより検証を実施し、シミュレーションとの相関や解析精度のチェックを行う。
- ④ 結果の運用について
タンク出荷前の検査（タンク内部を満水状態）における変形量の許容値を設定し、品質管理の中で運用する。

2. 2 材料試験について

(1) 問題点

ア 破損要因の検討から確認された問題点

破損要因の検討において実施した材料試験（3点曲げ法（A法））の結果からは、荷重変位曲線が荷重最大値に達する前に荷重の変化（荷重の落ち込み、傾きの変化）が確認された。また、材料強度はばらつきのある結果であった。これらの状況を踏まえて、試験結果の処理等について見直す必要がある。（参考資料1、「5. 3 材料試験結果から確認された問題」参照）

イ タンク製造業者の現況調査から確認された問題点

タンク製造業者に対して材料試験の試験条件等を確認したところ、以下の問題点を確認された。（参考資料2、「2. (1) 試験片、試験条件等」参照）

- ①構造設計や定期調査で実施している材料試験に用いている試験片は成型方法及び形状が製造しているタンクとは異なっており、製造しているタンクから切り出した試験片は曲率がある。試験片の形状等の違いによる材料試験時の影響が不明である。
- ②タンク製造業者が材料試験に用いている試験片は一体構造を用いており、試験を実施する際に検知層の一部を樹脂により固定していることが確認された。一体構造の試験片を固定することによる影響が不明である。
- ③タンク製造業者が材料試験に用いている試験片の寸法はJISに基づくものと異なっており、寸法の変更による影響が不明である。
- ④曲げ試験における試験方法（3点曲げ法（A法）、4点曲げ法（B法））及び引張試験における形状（短冊状、ダンベル状）がタンク製造業者ごとで異なっており、試験方法や試験片形状による影響が不明である。

(2) 解決方策

ア 共通事項

- ①材料試験において曲げ強さ及び引張強さを算出する場合、荷重変位曲線における初期のピークを用いる。

- ②構造設計において、10個の試験片から得られた値から信頼区間95%（平均値から標準偏差 2σ を差し引いた値）を基準として、設計値を設定する。
- ③品質管理において試験結果のチェックについては、10個の試験片から得られた結果の最小値と設計値を確認する。
- ④材料試験に用いる試験片は製造したタンクの一部からの切り出しとする。
- ⑤材料試験（曲げ試験、引張試験）時には各JISの規定に準じた寸法を基準とし、試験に適する寸法とする。ただし、JISに規定される寸法を変更する場合には、定量的な検討・比較を実施し、同等の方法であることを示すこと。
- ⑥曲率のある試験片等の形状による特性を考慮し、目的とは異なった破壊モード*が発生しないように治具の調整等をする。

※曲げ試験における層間せん断のみの破壊や引張試験における掴み具部分との曲げによる破壊等

- ⑦成形された状態等の実際に使用される状態を考慮し、一体構造の試験片検知層の端部に樹脂等を用いて固定する等の調整をしてもよい。この場合、荷重点に樹脂を充填する等、試験に支障がないように調整すること（図2.2.1参照）。ただし、応力が集中する部分に対する評価を実施する場合は、樹脂による固定をしない等の局所的な応力の発生を想定した材料試験を実施すること（図2.2.2参照）。

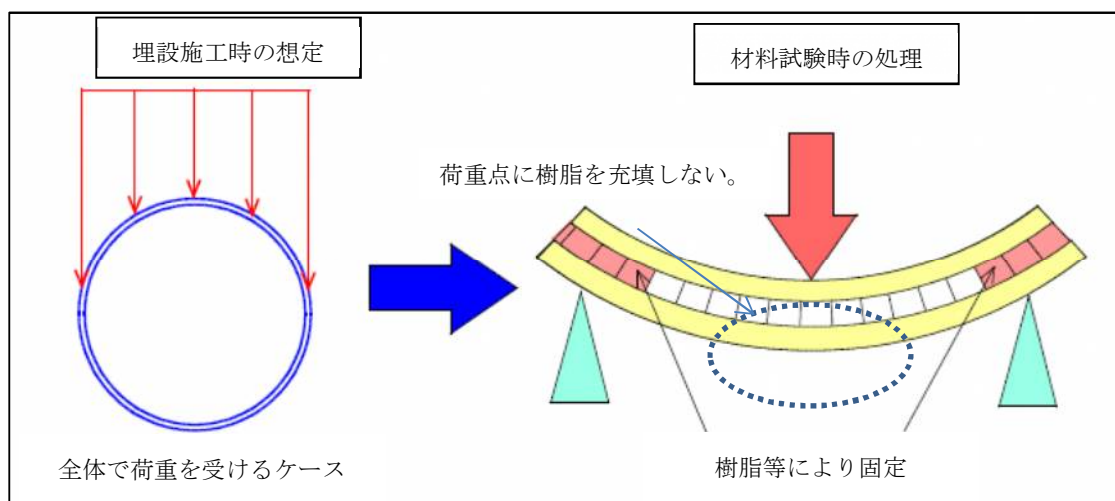


図2.2.1 材料試験時の試験片処理イメージ（成形品想定）

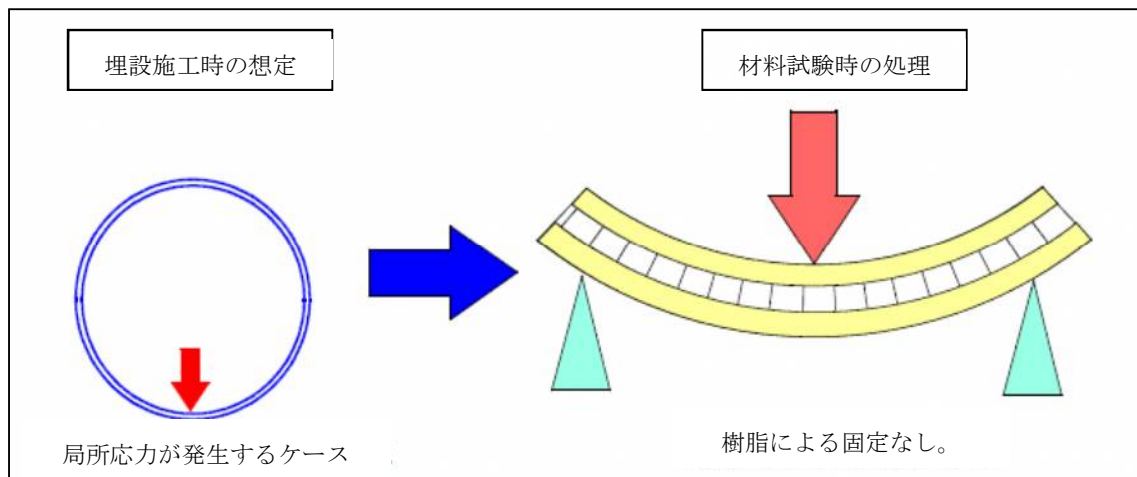


図 2. 2. 2 材料試験時の試験片処理イメージ (局所応力想定)

イ 曲げ試験について

曲げ強さ及び曲げ弾性率を算出する場合、曲げ試験方法は JIS K 7017 に規定する 3 点曲げ法 (A 法) を原則とする。

ウ 引張試験について

- ① 引張強さ、引張弾性率及びポアソン比を算出する場合、試験片の形状は JIS K 7164 に示すタイプ 2 またはタイプ 3 に準ずる試験片 (短冊状の試験片) とする。
- ② 引張弾性率及びポアソン比を算出する場合は、ひずみゲージ等を用いて内殻及び外殻を計測し、応力-ひずみ曲線図等を詳細に確認して採用するひずみの範囲を決定すること。(図 2. 2. 3 参照)

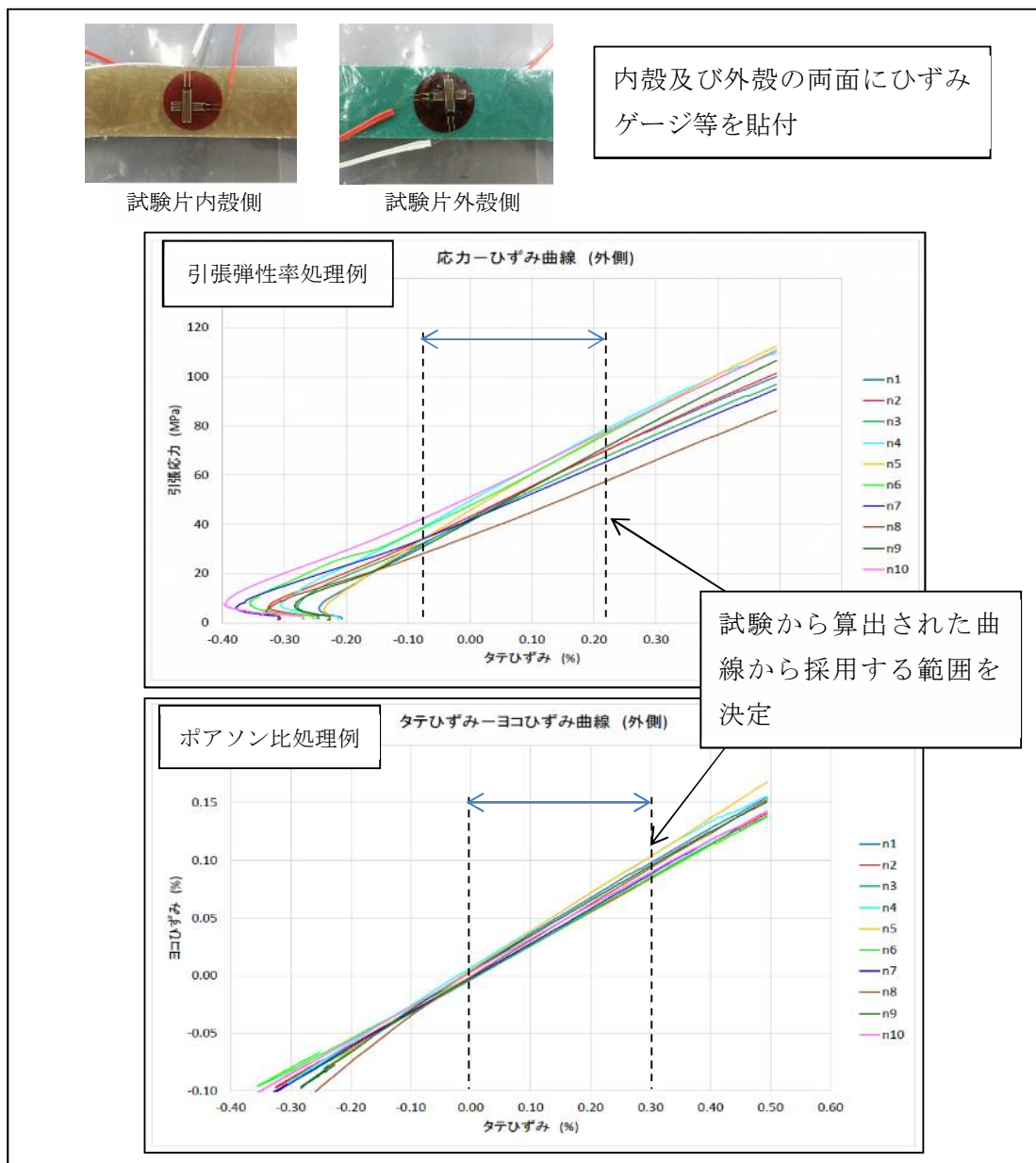


図2. 2. 3 引張弾性率及びポアソン比処理例

③引張弾性率及びポアソン比の算出にあたっては内殻と外殻の平均とする。

2. 3 気泡の基準とチェック方法について

(1) タンク製造業者の現況調査から確認された問題点

試験確認基準では内殻または外殻に気泡の巻き込みがないことが規定されている。タンク製造業者の現況調査において、気泡等に関する項目を確認したところ、製造されているタンクは気泡が発生しており、気泡に関するチェック基準及びチェック方法が設定されていない。(参考資料2、「2、(9) その他」参照)

(2) 解決方策

製造されているタンクのFRP層に気泡が発生することがやむを得ない場合には、気泡の影響について検討を実施し、気泡に関する基準を設けること。また、気泡に関する基準とあわせて、品質管理における気泡のチェック方法を定めること。

2. 4 タンク出荷前のチェックについて

(1) タンク製造業者の現況調査から確認された問題点

タンク製造業者の現況調査において、内圧試験等の活用方法（材料試験結果等の活用）を確認したところ、出荷前のタンクに対するチェック（構造安全性）は消防機関が実施している完成検査前検査（水圧試験における漏れの確認）のみであった。設計のとおり完成しているかについての確認（許容変形量を用いた定量的なチェック等）を行っていない。(参考資料2、「2、(5)材料試験結果の活用」参照)

(2) 解決方策

タンク出荷前において、内部を満水にした状態における変形量を測定し、前2. 1、(2)、イに示すシミュレーション等の結果から安全性が確認された許容値以下であることを確認する。

2. 5 全数検査について

(1) 破損要因の検討から確認された問題点

破損タンクが製造された時期は、試験確認基準において、材料試験を抜取検査で可能としていたが、破損タンクに材料試験を実施した結果、材料強度が設計値未満のものが確認された。(参考資料1、「5. 3 材料試験結果から確認された問題」参照)

また、タンク製造業者の協力により材料試験を全数検査で実施していたが、現行の製造タンクについても個体内及び個体間で材料強度のばらつきが確認された(参考資料9参照)。以上のことから、品質を確認する観点から抜取検査については見直す必要がある。

(2) 解決方策

- ア 従前のチェック項目に加えて、材料試験、気泡のチェック及びタンク出荷前のチェックは全数検査とする。
- イ 材料試験及び気泡のチェックは各強度部材（鏡部、胴部、スティフナー等の補強部材）の組み立て前に実施する。

2. 6 埋設施工時におけるチェックについて

(1) 問題点

ア 破損要因の検討から確認された問題点

破損要因の検討から以下に示す問題点が確認された（参考資料 1、「5. 1 砕石基礎による工法に関する問題」参照）。

- ①破損要因の検討において、タンクが大きく変形、特に底部が偏平したことから、内殻とスティフナー連通孔の構造不連続部分で応力が集中し、局所的な応力が内殻に発生したことにより破損に至ったものと考えられた。
- ②破損要因の検討において破損タンクの砕石基礎が指針どおりに施工されていないことが、破損タンク等が変形した要因の一つと考えられた。

イ 埋設施工に係る教育のあり方に関する検討から確認された問題点

効果的な教育のあり方を検討するため、危険物保安技術協会が F F 二重殻タンクの埋設施工に関する調査を実施した結果、F F 二重殻タンクの埋設施工にはタンク製造業者、計量機製造業者及び埋設施工業者など複数の業者（以下「関係業者」という。）が関わっていることが分かった。

埋設施工に関しては関係業者の各業務や管理を行う範囲は契約内容によって現場ごとにケースバイケースであり、関係業者の中から必ず施工管理者となる者を特定することは困難であることが確認された（参考資料 12、「3 埋設施工に関する調査」参照）。

(2) 解決方策

危険物保安技術協会が行った調査によると、関係業者の中にも様々な業者がいるうち、危険物保安技術協会が試験確認を行った全ての F F 二重殻タンクの設置に関与しているのはタンク製造業者（現状では 2 社）のみであった調査結果に加え、指針に基づかない埋設施工が原因で F F 二重殻タンクの破損が発生している案件があることが確認された。

タンク製造業者はタンクを引き渡す相手に対し、指針どおりの施工方法で F F 二重殻タンクを埋設しなければならない旨の説明を行う必要があると考えられる。

以上のことから、埋設施工について、タンク製造業者は以下の項目を実施する。

ア タンク製造業者は設定した埋設条件で製造したタンクが埋設されていることを確認する。

タンク製造業者はウに示す「埋設施工時におけるチェック方法」を構築し、計量機製造業者や埋設施工業者と協議の上で「埋設施工時におけるチェック方法」に基づいた施工管理、タンク本体に対するチェック、施工管理記録及び記録の保存を実施する者を決定すること。

イ タンク製造業者は出荷したタンクと埋設した現場が整合するように埋設施工時におけるチェック方法に基づく記録を保存すること。

ウ 埋設施工時におけるチェック方法

① タンク本体に対するチェックについて

埋設後におけるタンクに対して変形量を詳細に測定し、タンクの形状が偏平していないか、変形量が設計段階で設定した許容値を超えていないか確認して記録する。タンク変形量に関する記録表の例を図2.6.1に示す。

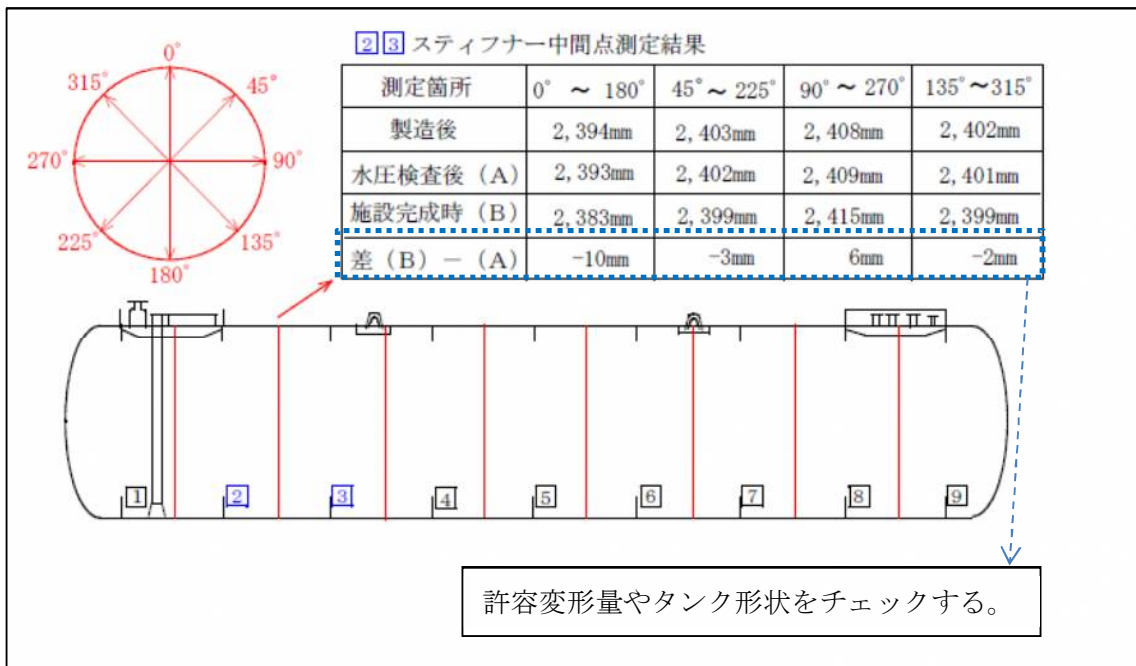


図2.6.1 タンク変形量測定表例

② 施工管理記録の作成について

タンク製造業者が設定した埋設条件による施工方法が実施されているか確認するため、施工管理記録を作成する。砕石基礎による施工方法による埋設を例とした施工管理記録の内容を表2.6.1に示す。

表 2. 6. 1 施工管理記録内容 (碎石基礎による施工方法)

項目	確認内容
基礎スラブ	<ul style="list-style-type: none"> • 基礎スラブが仕様書どおりの寸法、配筋間隔であることを測定し、確認すること。 • 基礎スラブに使用される鉄筋、コンクリートが仕様書どおりであることを材料証明書、納品書によって確認すること。 • 固定バンド用アンカーは仕様書どおりの数を、仕様書どおりの場所に設置されていることを確認すること。 • 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。
強度部材	<ul style="list-style-type: none"> • 碎石床等の施工範囲、厚さが仕様書どおりであるか測定し、確認すること。 • 6号碎石等が使用されているか材料証明書、納品書によって確認すること。 • 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。
タンク据付・固定	<ul style="list-style-type: none"> • タンク検査済証の(正)書類と(副)銘板は一致しているか確認すること。 • タンクの据え付け位置は申請書どおりか確認すること。 • タンクが水平に据え付けられているか確認すること。 • 固定バンドと碎石床との角度は適正か、測定して確認すること。 • 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。
強度部材以外の埋め戻し	<ul style="list-style-type: none"> • 埋め戻しに使用する材料は均質であるか材料証明書等によって確認すること。 • 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。
ふたの設置	<ul style="list-style-type: none"> • ふたが仕様書どおりの寸法、配筋間隔であることを測定し、確認すること。 • ふたに使用される鉄筋、コンクリートが仕様書どおりであることを材料証明書、納品書によって確認すること。 • 埋設条件示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。

③ 施工管理記録等のチェック・保存について

- ・ 前①及び②について記録したものをチェックし、設計に基づいた埋設施工が完了しているかについて確認する。
- ・ タンク変形量及び施工管理に関する記録を保存する。

第3章 強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン

3. 1 策定主旨

FF二重殻タンクの技術基準は、平成7年2月の政令・省令改正により公布され、同年4月から施行された。施行に先立って同年3月に「強化プラスチック製二重殻タンクに係る規定の運用について」（平成7年3月28日付け消防危第28号。以下「28号通知」という。）が消防庁から発出され、FF二重殻タンクの技術基準の例示並びにFF二重殻タンクの製造、運搬、移動、設置時及び消防機関の事務処理時の留意事項が示された。

危険物保安技術協会では、改正された政令・省令及び28号通知に基づき試験確認基準を制定して、同基準にしたがって試験確認を実施してきた。

FF二重殻タンクの試験確認基準が制定された当初は、内殻と外殻は検知層によって決して接することのない構造となっていたが、平成17年には一体構造を有するものが出現し、現在では国内に設置されているFF二重殻タンクの大部分を占めている。

近年、FF二重殻タンクの一体構造が応力の集中により破損し、漏えい検知装置が作動する事例が確認されるようになってきた。

第2章において示したように、FF二重殻タンクの破損を防止するためには、

- ① 構造に応じた材料試験を実施すること。
- ② 構造に応じた応力集中の評価を実施すること。
- ③ 構造・材料特性に応じた品質管理を実施すること。
- ④ 基礎と一体で安全性を確認すること。

が掲げられる。

このようなことから、上記①から④を踏まえてFF二重殻タンクの構造安全性については、基礎も含めて全体的に評価（性能評価）することにより、一層の安全に寄与することができると考えられる。

FF二重殻タンクの構造安全性を性能評価により確認することとした場合、FF二重殻タンクの構造安全性のよりどころとなるガイドライン（例示）が存在すれば、申請する側、評価する側、双方の齟齬もなくなり合理的であると考えられる。

横置円筒型のFF二重殻タンクの構造安全性の確保を目的として、構造・設備、材料、製造方法、品質管理及び埋設状況確認に関する事項について定めた「強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン」を次節に示す。

このガイドラインは本検討で確認されたFF二重殻タンクの破損防止対策及び試験確認基準を参照して策定しているものであるが、あくまでも例示であることから同等以上の安全性が確保できる方法等が申請者から提案され、検討会において確認された場合に

はガイドラインで示した方法等によらなくても差し支えないものである。

3. 2 強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン

「強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン」を下記に示す。

強化プラスチック製二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン

第1 目的

本ガイドラインは、横置円筒型の強化プラスチック製二重殻タンクをタンク製造業者が設定した埋設条件にしたがって設置する場合における構造安全性の確保を目的として、強化プラスチック製二重殻タンクの構造・設備、材料、製造方法、品質管理及び埋設状況確認に関する事項について定めたものである。

第2 用語の定義

(1) 強化プラスチック製二重殻タンク

強化プラスチック製の地下貯蔵タンク（以下「内殻」という。）に強化プラスチックを間げきを有するように被覆するとともに、危険物の漏れを検知することができる措置を講じたもの

(2) 外殻

内殻を被覆している強化プラスチック

(3) 検知層

強化プラスチック製二重殻タンクに設けられた内殻と外殻との間げき

(4) 材料試験

強化プラスチック製二重殻タンク的设计に必要な材料の次に示す物性値を求めるための試験

- ・引張強さ
- ・引張弾性率
- ・ポアソン比
- ・曲げ強さ
- ・曲げ弾性率

(5) 設計値

構造計算に使用する物性値

(6) 一体構造

内殻、外殻及び検知層が一体となった構造

第3 強化プラスチック製二重殻タンクの構造・設備

1 構造安全性の確認

強化プラスチック製二重殻タンクは、内殻の内径ごとに、次に示す試験、計算及びシミュレーションによって当該強化プラスチック製二重殻タンクに作用する荷重に対しての安全性等が確認されており、かつ、品質管理に必要となる変形量の許容値が設定されていること。

(1) 内圧試験及び外圧試験

ア 材料試験

(7) 試験片

試験片は、製造した強化プラスチック製二重殻タンクの一部から切り出したものを用いること。

(4) 試験方法

a 通則

- (a) 材料試験において曲げ強さ及び引張強さを算出する場合、荷重変位曲線における初期のピークを用いること。
- (b) 試験結果を整理する場合には、最小値をチェックするなど、平均する前の結果を反映させること。
- (c) 材料試験（曲げ試験、引張試験）時には日本工業規格（以下「JIS」という。）の規定に準じた寸法を基準とし、試験に適する寸法とすること。
- (d) 曲率のある試験片等の形状による特性を考慮し、目的とは異なった破壊モードが発生しないように治具の調整等を行うこと。
- (e) 一体構造の試験片は実際に使用される状態を考慮し、試験に支障がない範囲で検知層の固定等の調整を行うことができる。ただし、応力が集中する部分に対する評価に用いる局所的な材料強度を確認する場合は除く。
- (f) 本ガイドラインに示す材料試験と異なる方法により材料試験を行う場合には、定量的な検討・比較を実施し同等の方法であることを示すこと。

b 引張試験

- (a) 引張強さ及び引張弾性率をそれぞれ 10 個の試験片について、JIS K7164「プラスチック—引張特性の試験方法—第4部：等方性及び直行異方性繊維強化プラスチックの試験条件」によって行い、試験片はタイプ2又は3（短冊状の試験片）とすること。
なお、引張強さについては平均値及び標準偏差を求めること。
- (b) 引張弾性率及びポアソン比を算出する場合は、ひずみゲージ等を用いて内殻及び外殻を計測し、応力ひずみ線図等を詳細に確認して採用するひずみの範囲を決定すること。
- (c) 引張弾性率及びポアソン比の算出にあたっては内殻及び外殻の平均を用い

るものとする。

c 曲げ試験

曲げ試験は、曲げ強さ及び曲げ弾性率をそれぞれ 10 個の試験片について、JIS K7017「繊維強化プラスチックの曲げ特性の求め方」に規定する 3 点曲げ法（A 法）よって行い、平均値を求めること。

なお、曲げ強さについては、標準偏差を求めること。

(7) 試験結果の整理

許容応力は、次の式により算出されていること。

$$f_t = \frac{(X_t - 2 \cdot S_t)}{S}$$

$$f_b = \frac{(X_b - 2 \cdot S_b)}{S}$$

ここに、 f_t : 引張りの許容応力

f_b : 曲げの許容応力

S : 安全率（4 以上）

X_t : 引張強さの平均値

X_b : 曲げ強さの平均値

S_t : 引張強さの標準偏差

S_b : 曲げ強さの標準偏差

イ 内圧試験及び外圧試験

(7) 内圧試験

内圧試験において、ひずみ及び変形を測定し、測定後に目視によって測定箇所以外の変形等の異常がないこと。

a 試験圧力

試験圧力は、70kPa 以上の水圧とすること。ただし、圧力タンクにあっては、最大常用圧力の 1.5 倍以上とすること。

b 試験方法

内殻及び外殻に大きな応力が発生すると予想される箇所の内外面に 2 軸ひずみゲージを張り、強化プラスチック製二重殻タンク本体を設置する基礎と同じ構造の基礎に固定し、強化プラスチック製二重殻タンク本体に水を注入して加

押し、4段階以上の荷重で主軸方向のひずみ及び変形を測定すること。

測定箇所は、大きな応力が発生すると予想される鏡部分、接合部分、アンカーで固定される部分、補強措置（スティフナー）部分等を重点に 200 ポイント以上とすること。

ただし、有限要素法（FEM）による解析等により、大きな応力が発生する箇所が予測されている場合は、測定箇所を減少することができる。

- ① 主軸方向を x 、 y とし、内外の同じ位置のものを 1 組として 1 箇所とすること。
- ② 主軸方向が不明の場合は、3 軸ゲージによって主ひずみを求めること。
- ③ 変形は、2 方向以上計測し、最大目盛 1/50 mm 以下の変位計を用いて各荷重段階において計測すること。
- ④ 温度差による誤差が生じないように管理を行うか、又は補正等を考慮すること。
- ⑤ 荷重段階は、試験圧力を 4 以上に等分して行うこと。
- ⑥ 圧力保持時間は、試験圧力時において 1 時間以上とすること。

c 試験結果の整理

(a) ひずみの算出

x 、 y 方向の引張ひずみと曲げひずみは、測定された主ひずみを用い、次の式により算出されていること。

$$\varepsilon_{tx} = \frac{(\varepsilon_{xi} + \varepsilon_{xo})}{2}$$

$$\varepsilon_{ty} = \frac{(\varepsilon_{yi} + \varepsilon_{yo})}{2}$$

$$\varepsilon_{bx} = \frac{(\varepsilon_{xi} - \varepsilon_{xo})}{2}$$

$$\varepsilon_{by} = \frac{(\varepsilon_{yi} - \varepsilon_{yo})}{2}$$

ここに、 ε_{tx} 、 ε_{ty} : x 、 y 方向の引張ひずみ

ε_{bx} 、 ε_{by} : x 、 y 方向の曲げひずみ

ε_{xi} 、 ε_{yi} : 測定点における内表面の主ひずみ

ε_{x_0} 、 ε_{y_0} : 測定点における外表面の主ひずみ

(b) 応力の算出

引張応力と曲げ応力は、アの材料試験の結果における平均弾性率及びポアソン比を用い、次の式により算出されていること。

$$\sigma_{tx} = \frac{E_t (\varepsilon_{tx} + \varepsilon_{ty} \cdot \nu)}{(1 - \nu^2)}$$

$$\sigma_{ty} = \frac{E_t (\varepsilon_{ty} + \varepsilon_{tx} \cdot \nu)}{(1 - \nu^2)}$$

$$\sigma_{bx} = \frac{E_b (\varepsilon_{bx} + \varepsilon_{by} \cdot \nu)}{(1 - \nu^2)}$$

$$\sigma_{by} = \frac{E_b (\varepsilon_{by} + \varepsilon_{bx} \cdot \nu)}{(1 - \nu^2)}$$

ここに、 σ_{tx} 、 σ_{ty} : x、y 方向の引張応力

σ_{bx} 、 σ_{by} : x、y 方向の曲げ応力

E_t 、 E_b : 材料試験によって求めた引張弾性率及び曲げ弾性率

ν : 使用材料のポアソン比

(イ) 外圧試験

外圧試験において、ひずみ及び変形を測定し、測定後に目視によって測定箇所以外の変形等の異常がないこと。

a 試験方法

タンクを設置する基礎と同じ構造の基礎を水槽に設け、当該基礎に強化プラスチック製二重殻タンク本体を固定し、水槽内に水を注入し、4段階以上の荷重で主軸方向のひずみ及び変形を測定すること。

最高水位は、強化プラスチック製二重殻タンク本体の最上部の外殻の外側から50 cm以上の高さとし、強化プラスチック製二重殻タンク本体底部から最高水位までをほぼ4以上に等分した高さの水位ごとに測定すること。

測定箇所は、大きな応力が発生すると予想される鏡部分、接合部分、アンカーで固定される部分、補強措置（スティフナー）部分等を重点に200ポイント以上とすること。

ただし、有限要素法（FEM）による解析等により、大きな応力が発生する箇所が予測されている場合は、測定箇所を減少することができる。

また、水位保持時間は、最高水位時において1時間以上とすること。

なお、この試験における留意点は、前(ア) b ①から④までと同様であること。

b 試験結果の整理

ひずみ及び応力の算出は、前(ア) c の例によること。

ウ 変形量及び応力度比の確認

内圧試験及び外圧試験において算出された発生応力（ σ_{tx} 、 σ_{ty} 、 σ_{bx} 、 σ_{by} ）及び許容応力（ f_t 、 f_b ）がすべての測定点について、次の式をいずれも満たすこと。

$$\left| \frac{\sigma_{tx}}{f_t} \right| + \left| \frac{\sigma_{bx}}{f_b} \right| \leq 1.0$$

$$\left| \frac{\sigma_{ty}}{f_t} \right| + \left| \frac{\sigma_{by}}{f_b} \right| \leq 1.0$$

(2) 構造計算

前(1)アで得られた物性値から設計値を定め、当該設計値を用いて、図1に示す標準設計条件（埋設材料の単位体積重量等は表1を、荷重条件は図2を、それぞれ参照。）における構造計算を行い、安全性が確認されていること。

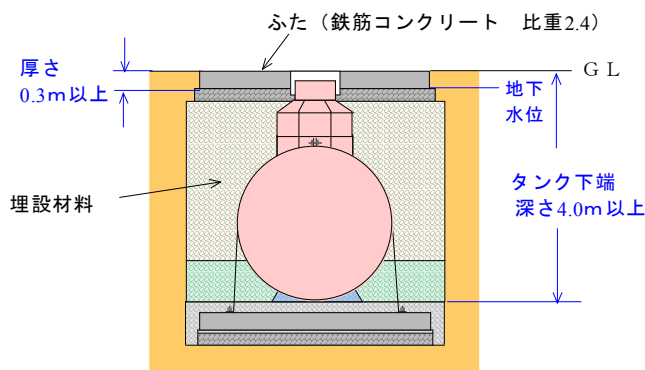


図1 標準設計条件

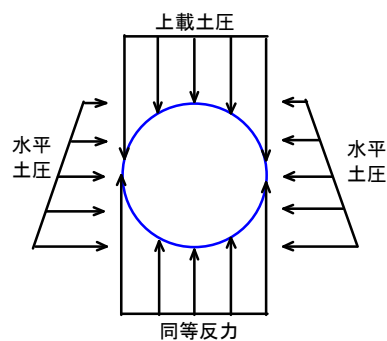


図2 荷重条件

表 1 埋設材料の比重量等

設計水平震度	0.3	水平土圧係数	0.5
埋設材料の単位体積重量	17.64kN/m ³	埋設材料の水中単位体積重量	9.80kN/m ³
水の単位体積重量	9.80kN/m ³	埋設材料の飽和単位体積重量	19.60kN/m ³

(3) シミュレーション

埋設状態における F F 二重殻タンクに上載荷重、地盤土圧等が及ぼす影響を確認するためのシミュレーション及びタンク出荷の可否を決定する変形量の許容値を定めるためのシミュレーションを行うこと。

ア 埋設状態を想定した荷重条件に対するシミュレーション

(ア) モデルタンクの設定

- a モデルタンクの設定は、内殻の内径ごとに最大容量のサイズとする。
- b モデルタンクの設計値は前(2)で定めた設計値とすること。
- c シミュレーションに用いるソフトウェアは一体構造や複合した材料の要素をモデルタンクとして再現し、応力が集中する部分を評価できるものを用いること。

(イ) 荷重条件

- a 前(2)に示す標準設計条件
- b 図3に示す標準設計条件の同等反力を局所反力とした荷重条件

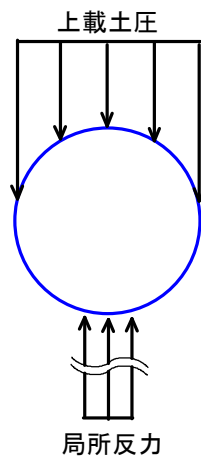


図 3 荷重条件

(ウ) 安全性の確認及び変形量の許容値の設定

- a 前(イ) a 及び b において発生応力が許容応力以下であること。
 応力が集中する部分の許容応力については、第3、1(1)ア(イ) a (e)ただし書きを適用すること。

- b 前(イ) a 及び b における変形量を求めるとともに、実機タンクにおける変形量の測定方法を定め、当該測定方法による変形量を勘案して、埋設後の変形量の許容値を定めること。

イ タンク出荷前を想定した荷重条件に対するシミュレーション

- (ア) モデルタンクの設定は、前ア (ア) によるものとする。
- (イ) タンクを満水状態とした荷重条件とし、隣接する強め輪の中間位置等の最も変形が大きい箇所における変形量を求めるとともに、実機タンクにおける変形量の測定方法を定め、当該測定方法による変形量を勘案して、変形量の許容値を定めること。

(4) 吊り上げ継手強度試験

吊手に空の強化プラスチック製二重殻タンク本体の重量の2倍の荷重を1秒間加えて、吊手、強化プラスチック製二重殻タンク本体又は付属品に損傷がないこと。

(5) 中仕切りの強度試験

強化プラスチック製二重殻タンクが中仕切りを有する場合には、別記「中仕切りの強度評価基準」に基づき中仕切りの構造安全性について確認されていること。

2 検知層

検知層は、次によること。

- (1) 検知層は、土圧等による内殻と外殻の接触等により検知機能が影響を受けないものであること。
- (2) 検知層に 20kPa の空気圧を加え、圧力を 10 分間測定し、圧力降下がないこと。

3 漏えい検知設備

漏えい検知設備の構造は、次のいずれかの構造とすること。

- (1) 検知層に接続した検知管内に漏れた危険物を検知するためのセンサーを設け、危険物が漏れいたした場合に当該センサーが作動し警報を発する構造
- (2) F F 二重殻タンクの上部に設置され、検知層に接続されたリザーブタンク内の検知液（内殻及び外殻の樹脂に影響を及ぼさないものに限る。）の液面レベルが一定の範囲を超えて変化した場合に警報を発する構造

4 材料

使用材料は、次の各号に掲げる樹脂及び強化材で造られたものとし、貯蔵し、又は取り扱う危険物が「自動車ガソリン」（JIS K 2202「自動車ガソリン」に規定するものをいう。）、灯油、軽油又は重油（JIS K 2205「重油」に規定するものうち一種に限る。）（以下「自動車ガソリン等」という。）以外のもにあっては、当該危険物を試験液として JIS K 7070「繊維強化プラスチックの耐薬品性 試験方法」に示す方法により試

験を行い、JIS K 7012「ガラス繊維強化プラスチック製 耐食貯槽」5. 4に示す耐薬品性に適合することがあらかじめ確認されていること。

(1) 樹脂の種類

強化プラスチック製二重殻タンク本体に使用する樹脂は、JIS K 6919「繊維強化プラスチック用液状不飽和ポリエステル樹脂」に適合する樹脂又はこれと同等以上の品質を有するビニルエステル樹脂を用いていること。

ただし、樹脂が危険物と接する部分については、JIS K 6919「繊維強化プラスチック用液状不飽和ポリエステル樹脂」(UP-CM、UP-CE 又は UP-CEE に係る規格に限る。)に適合する樹脂又はこれと同等以上の耐薬品性を有するビニルエステル樹脂を用いていること。

(2) 強化材の種類

強化材は、JIS R 3411「ガラスチョップドストランドマット」、JIS R 3412「ガラスロービング」、JIS R 3413「ガラス糸」、JIS R 3415「ガラステープ」、JIS R 3416「処理ガラスクロス」又は JIS R 3417「ガラスロービングクロス」に適合するガラス繊維のいずれか又はこれらが組合わせて使用されているとともに、若しくはこれと同等以上の品質を有する強化材であること。

第4 製造方法

(1) 成形法

ハンドレイアップ成形法、スプレイアップ成形法、成型シート貼り法、フィラメントワインディング法等のいずれか又はこれらを組み合わせた成形法とし、均一に施工されていること。

(2) 配合割合

樹脂、強化材、硬化剤、促進剤、充填材等の種類、割合及び計量方法が定められていること。

(3) 樹脂硬化時の条件等

ポットライフ及び硬化時の条件(温度、時間等)が定められていること。

(4) 着色剤、安定剤等

貯蔵し、又は取り扱う危険物が自動車ガソリン等であり、着色剤、安定剤、可塑剤等を用いる場合は、樹脂及び強化材の品質に悪影響を与えないものであること。

第5 品質管理

1 製造工程等

製造場所、製造工程及び製造方法が明記され、製造設備が適切に維持管理される体制が確立されていること。

2 原料受入れ検査体制

樹脂、強化材、硬化剤、促進剤、充填材、着色剤等の原材料の受入れについて、ロットごとに検査体制が確立されていること。

原材料の試験結果は10年以上記録・保管されることとなっていること。

3 製造製品の品質管理体制

(1) 自主検査

製造製品の全数について、次の自主試験が実施される体制にあること。

ア 内殻及び外殻は、外観の目視により、強化プラスチックの歪み、ふくれ、亀裂、あな、異物の巻き込み等がないこと。

イ 気泡の影響に関する検討が行われ、気泡に関する基準及びチェック方法が設定されており、当該方法によって安全性が確認されていること。

ウ 試験圧力70kPa以上の水圧（圧力タンクにあっては、最大常用圧力の1.5倍以上の水圧）により、漏れ又は変形がないこと。

エ 内殻及び外殻の厚さは、それぞれ100箇所以上の測定により、設定値以上であること。ただし、成形方法によって板厚が均一であると認められる場合は、測定箇所を減ずることができる。

オ 検出層に20kPaの空気圧を加え、圧力を10分間測定し、圧力降下がないこと。

(2) 材料試験

第3、1(1)アに示す材料試験を6ヶ月に1回以上実施し、物性値が品質管理を考慮した管理値の範囲内であることを確認すること。

ただし、胴部については製造毎に成形後の胴部から試験片を切り出し、当該試験片について材料試験を行うこと。胴部から切り出した材料試験の結果が、不適合であった場合には当該胴部を製品として使用してはならない。

(3) 出荷前検査

出荷前の強化プラスチック製二重殻タンクを満水状態とし、隣接する強め輪の中間位置等の最も変形が大きい箇所における変形量を測定する。

変形量が、第3、1(3)イ(イ)において設定した許容値を超えた場合には当該強化プラスチック製二重殻タンクを使用してはならない。

(4) クレーム処理体制

社内のクレーム処理体制が確立されていること。

(5) 製品保管体制

倉庫等において、製品が適正に保管される体制にあること。

(6) 品質管理責任者等

品質管理責任者が選任され、当該品質管理責任者の任務が明確にされていること。

第6 埋設状況確認

タンク製造業者は、第3、1(3)ア(イ)bの荷重条件において、発生応力が許容応力を超

えた場合には、強化プラスチック製二重殻タンクの安全性を補完するための基礎の材料、寸法、施工方法等の埋設条件を示しておかなければならない。

1 埋設状況確認

タンク製造者は(1)から(3)の項目（以下「埋設状況確認方法」という。）を履行できる体制を構築し、埋設場所毎に埋設状況確認方法に基づく施工管理、施工管理記録簿の作成及び施工管理記録簿の保存を実施する施工管理者（以下「施工管理者」という。）を、「地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する施工管理者研修会」を受講した者の中から指名しなければならない。

(1) タンク本体に対する変形量の確認について

埋設後におけるタンクに対して変形量を詳細に測定し、タンクの形状が扁平していないか、変形量が第3、1(3)ア(ウ) bで設定した許容値を超えていないかについて確認して記録する。

(2) 施工管理及び施工管理記録簿の作成について

施工管理者は、タンク製造業者が設定した埋設条件による施工を実施するため、施工の初期の段階で作業者等に教育、指示を行うとともに、施工管理記録を作成する。

以下に砕石基礎を例にとり施工管理記録簿の内容を示す。

ア 基礎スラブ

(ア) 基礎スラブが仕様書どおりの寸法、配筋間隔であることを測定し、確認すること。

(イ) 基礎スラブに使用される鉄筋、コンクリートが仕様書どおりであることを材料証明書、納品書によって確認すること。

(ウ) 固定バンド用アンカーは仕様書どおりの数を、仕様書どおりの場所に設置されていることを確認すること。

(エ) 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。

イ 強度部材

(ア) 砕石床等の施工範囲、厚さが仕様書どおりであるか測定し、確認すること。

(イ) 6号砕石等が使用されているか材料証明書、納品書によって確認すること。

(ウ) 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。

ウ タンク据え付け、固定

(ア) タンク検査済証の(正)書類と(副)銘板は一致しているか確認すること。

(イ) タンクの据え付け位置は申請書どおりか確認すること。

(ウ) タンクが水平に据え付けられているか確認すること。

(エ) 固定バンドと砕石床との角度は適正か、測定して確認すること。

(オ) 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認す

ること。

エ 強度部材以外の埋め戻し

- (1) 埋め戻しに使用する材料は均質であるか材料証明書等によって確認すること。
- (2) 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。

オ ふたの設置

- (ア) ふたが仕様書どおりの寸法、配筋間隔であることを測定し、確認すること。
- (イ) ふたに使用される鉄筋、コンクリートが仕様書どおりであることを材料証明書、納品書によって確認すること。
- (ウ) 埋設条件に示されているとおりに施工されているか現場写真等によって確認すること。

(3) 施工管理記録簿のチェック・保存について

ア (1)及び(2)について記録したものをチェックし、設計に基づいた埋設施工が完了しているかについて確認する。

イ タンク変形量に関する記録及び施工管理記録簿を保存する。

2 出荷タンクと埋設した現場の整合

タンク製造業者は、出荷したタンクと埋設した現場が整合できるようにタンク変形量に関する記録及び施工管理記録簿を保存すること。

別記

中仕切りの強度評価基準

1 適用範囲

この基準は、協会が強化プラスチック製二重殻タンク本体の中仕切りの埋設時鉛直土圧に対する構造安全性を評価するための方法を規定する。

2 評価方法

中仕切板の埋設時鉛直土圧に対する構造強度に関する安全性評価は、埋設状態における荷重状態については設計計算で求め、中仕切板の変形能については実物試験データを用い、この両方の結果を合わせて安全性を評価する。

具体的な評価手順を以下に規定する。

- (1) ストレートタンク（中仕切りのないタンク）において設計計算式により埋設時鉛直土圧下の円筒胴の偏平変形量 λ_0 を求める。
偏平変形量 λ_0 は、図1に示す値である。
偏平変形量 λ_0 の計算方法は、補則1による。

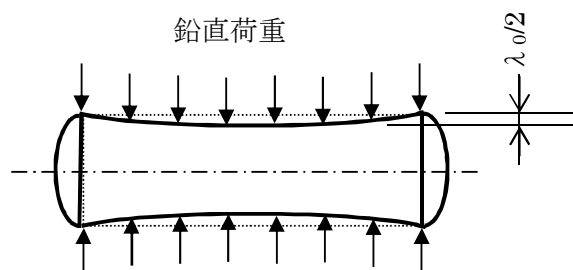


図1 埋設時鉛直土荷重下のタンク偏平変形量

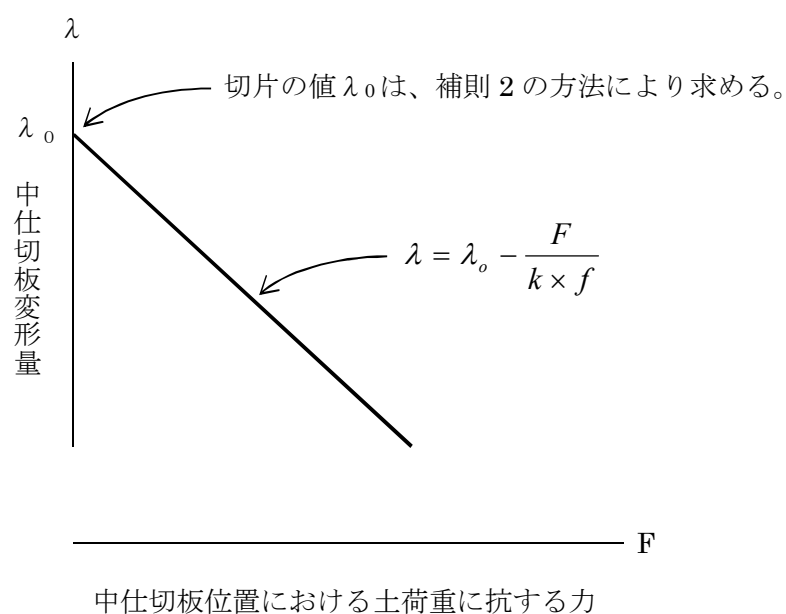
(2) FEM (有限要素法) により、中仕切板部分の土荷重に抗する力 F とその時の偏平変形量 λ を計算し、見かけのバネ定数 k を求める。

見かけのバネ定数 k とは、偏平戴荷重と偏平変位量が比例関係にある時の比例定数である。

見かけのバネ定数 k を求めるための FEM 計算方法は、補則 2 による。

変形量 λ とバネ定数 k および安全率 f を用いて、中仕切板の評価線をグラフ化する。

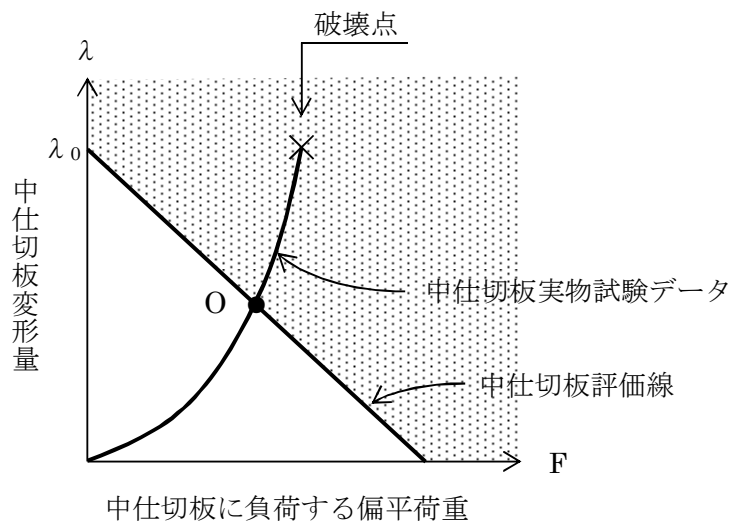
安全率 f は、4 とする。



グラフ 1 中仕切板の評価線

(3) 中仕切板の実物偏平試験により採取した偏平荷重と偏平変形量のデータをグラフ 1 のようにプロットし、強度評価グラフ (グラフ 2) を得る。

中仕切板の実物偏平試験の方法は、補則 3 による。



グラフ 2 中仕切板強度評価グラフ

中仕切板の評価基準は、次のとおりとする。

実物試験データの破壊点が評価線との交点 (O 点) よりも右上側 (グラフ 2 の網掛け部分) にあれば、中仕切板の埋設時鉛直土荷重に対する構造強度は十分であると評価する。

補則1 円筒胴の鉛直荷重 W が作用した場合の偏平変形量 λ_0 を求める方法

この計算においては、タンク胴に中仕切板が無いストレートタンクとする。

偏平変形量 λ_0 は、埋設管の挙動と同等とみて以下のように計算する。

土中埋設管の鉛直荷重 W と偏平変形量 λ_0 の関係は、スパングラの式¹により補1(1)式のように表される。

$$\lambda_0 = \frac{2 \times K_x \times W \times r^4}{EI + 0.061 \times E' \times r^3} \quad \dots\dots \text{補1(1)}$$

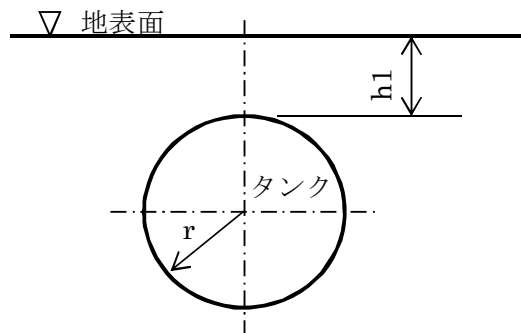
ここで、 W : 鉛直土荷重で次式により求める。

$$W = \gamma \times h_1$$

ここで、 γ : 土の単位体積重量

h_1 : タンク埋設深さ (補1図1参照)

r : タンク胴半径



補1図1 タンク埋設深さ

E : タンク胴部材の曲げ弾性率

I : タンク胴の強め輪を含めた単位長さ当りの断面2次モーメント

E' : 土の反力係数

¹ 「水道施設設計指針・解説」(日本水道協会 1991年) p397

補則2 FEM 計算方法

中仕切板部分の土荷重に抗する力 F と扁平変形量 ε の関係を計算し、見かけのバネ定数 k を求める FEM 計算方法

1 解析モデル

(1) 全体構造モデル

強め輪、胴板および鏡板を含むタンク全体をモデル化する。

ただし、対象性を考慮して分割モデルとしてもよい。

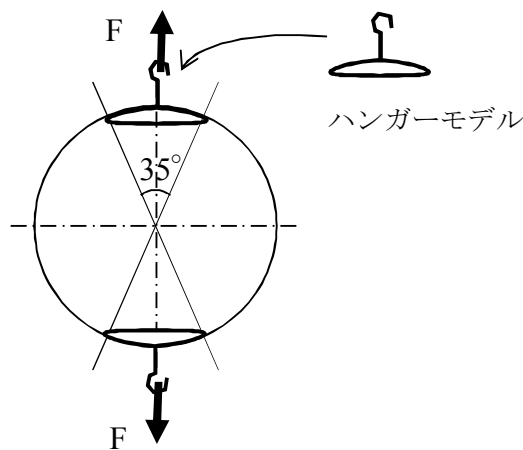
マンホール、ノズルおよびサンプなどの付帯設備はモデル化に含まなくてもよい。

タンク径、胴および鏡肉厚、強め輪形状、物性値が同じタンク群がある場合は、最大容量のタンクを代表としてモデル化する。

モデルは、中仕切板のないストレートタンクとする。

(2) ハンガーモデル

中仕切板にかかる荷重と扁平変形量を計算によって求めるため、補2図1のようなハンガー形状の仮想部材をモデル化する。



補2図1 ハンガーモデル

モデル化するハンガーの弾性率は、鋼と同等 ($E = 211\text{GPa}$)とする。

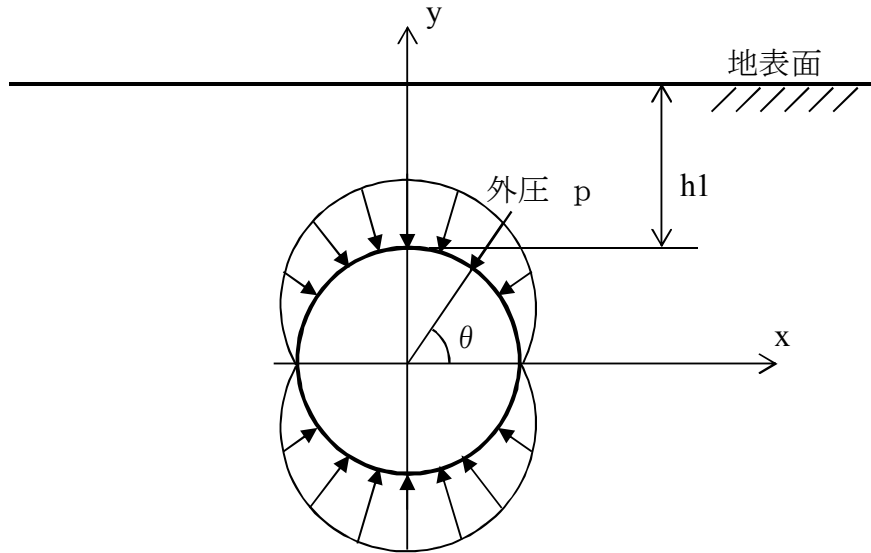
ハンガーモデルの取り付け位置は、タンク長手方向の中央とする。

(3) 物性値

主要構造部材の物性値は、構造計算書で使用している値とする。

2 荷重条件

鉛直土荷重を補2図2のようにモデル化する。



補2図2 鉛直土荷重のモデル

外圧 p は、タンク頂部にかかる鉛直土圧を最大とし、タンクセンターでゼロとする。
円周各位置の外圧 p は、補2(1)式で示される通りとする。

$$p = (\gamma' + \gamma_w) \times h_1 \times |\sin \theta| \quad \dots\dots \text{補2(1)}$$

ここで、 p : タンク胴にかかる外圧力

γ' : 土の水中単位体積重量

γ_w : 水の単位体積重量

h_1 : 埋設深さ

θ : 角度 (補2図2参照)

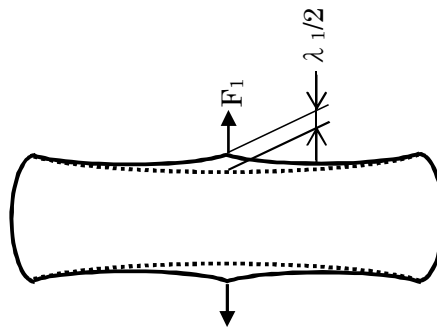
3 解析手順

中仕切板部分の土荷重に抗する力 F と偏平変形量 λ の関係を計算し、見かけのバネ定数 k を求めるために次の手順で FEM 計算を行う。

(1) 中仕切板のないストレートタンクのモデルで、前 2 荷重条件に示す鉛直土荷重を負荷して FEM 計算を行う。この時の変形量 λ_1 を初期状態とする。

この時点では、ハンガーモデルに引張荷重は作用していない。

(2) 次にハンガーモデルに、初期状態からの戻り変形量が、前(1)の λ_1 程度の値になる上下方向引張力 F_1 を与え、ハンガー位置での偏平変形量 λ_1 の FEM 計算値を求める。



補 2 図 3 土圧に抗する力と戻り変形量

4 見かけのバネ定数 k を次の補 2(2)式により求める。

$$F_1 = k \times \lambda_1 \quad \dots\dots \text{補 2(2)}$$

以上により、中仕切板の評価に必要な見掛けのバネ定数 k の値が求められる。

補則3 中仕切板の偏平試験方法

中仕切板の荷重－変位性能のデータを得るための実物試験の方法は、以下による。

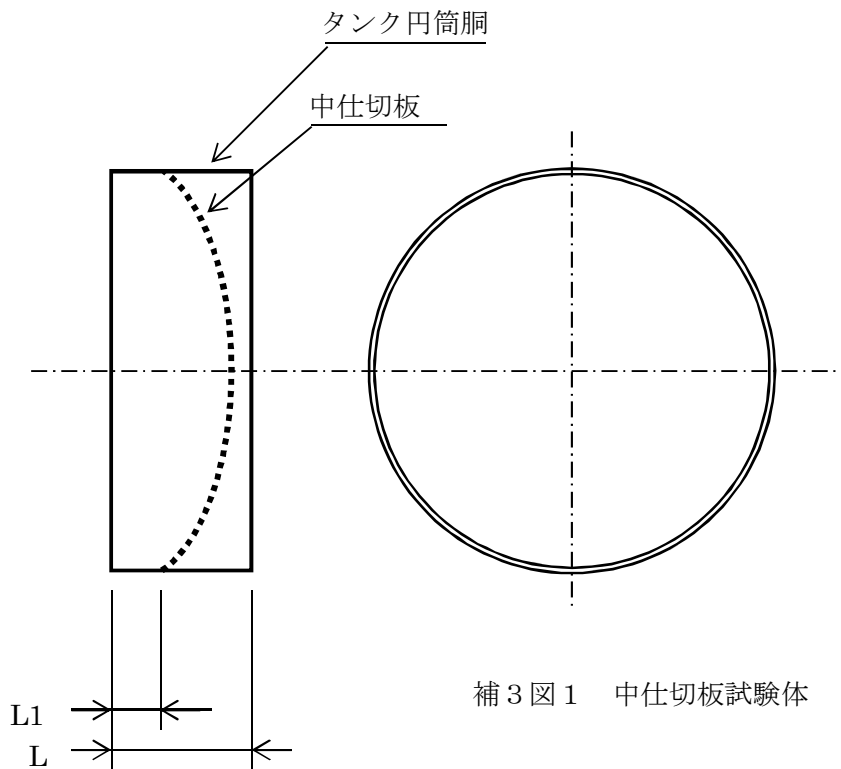
1 試験体

中仕切板を含むタンク胴の一部分を試験体とする。(補3図1参照)

L の長さは、中仕切板が円筒胴内に収まる寸法で、かつ 500mm 以上とする。

L1 の長さは、150mm 以上 とする。

試験体数量は、3 体とする。



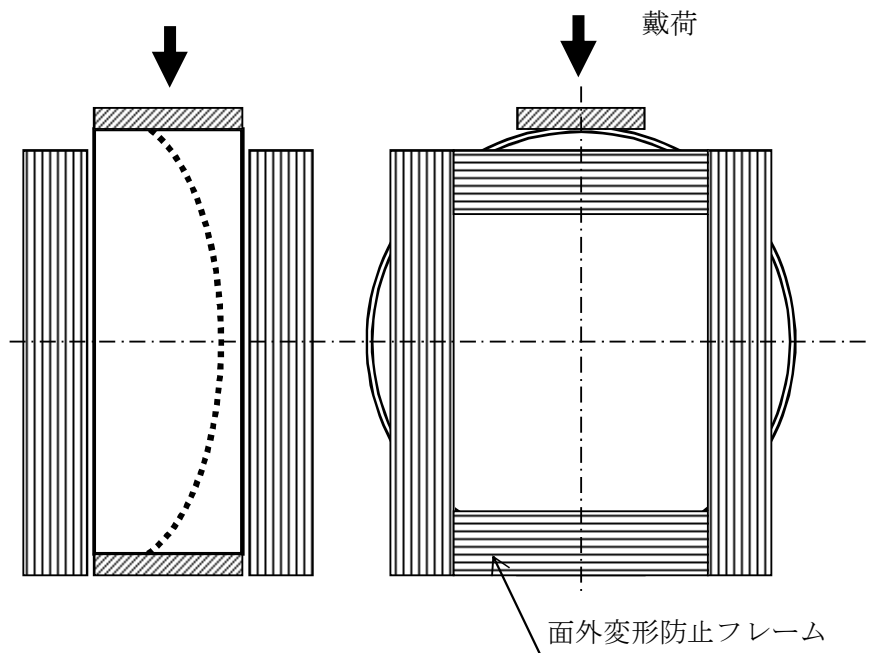
補3図1 中仕切板試験体

2 試験方法

中仕切板の偏平試験は、JIS K 7032「ガラス繊維強化熱硬化性プラスチック（GRP）管—管の初期剛性の求め方」に準じて行う。

ただし、載荷重によって試験体の端部が面外変形を生じる恐れのある場合は、試験体の円筒端部（両側）の平行度を維持するため、補3図2のような鋼材製などのガイドフレームを設ける。

試験は、3体の試験体について行う。



補3図2 面外変形防止フレーム

3 計測データ

中仕切板の偏平試験において、ゼロから試験体破壊まで順次載荷重を増加させ、適正な間隔で載荷重とその時の偏平変形量を記録する。

試験中に次の現象が発生した場合は、試験体の破壊とみなす。

- (1) 載荷中に異音が発生し、荷重値が5%以上急激に低下した場合
- (2) 試験体に明らかな貫通割れや貫通剥離が認められた場合
- (3) その他、明らかに破壊と認められる場合

試験中に中仕切板の評価線（グラフ2参照）を十分に上回る荷重、変位を示した場合は、試験を終了してもよい。

試験体3体の計測データのうち、最も破壊荷重が小さかったものを評価用データとする。

(解説)

・ 中仕切板の説明

強化プラスチック製二重殻タンクの中仕切板は、ひとつのタンクに複数の油種を貯蔵する際に、油種を区分するためにタンク内に設ける隔壁である。

・ 中仕切板に負荷される荷重

中仕切板は、タンクの運転中に負荷される荷重に対して十分な強度を持つものでなければならない。

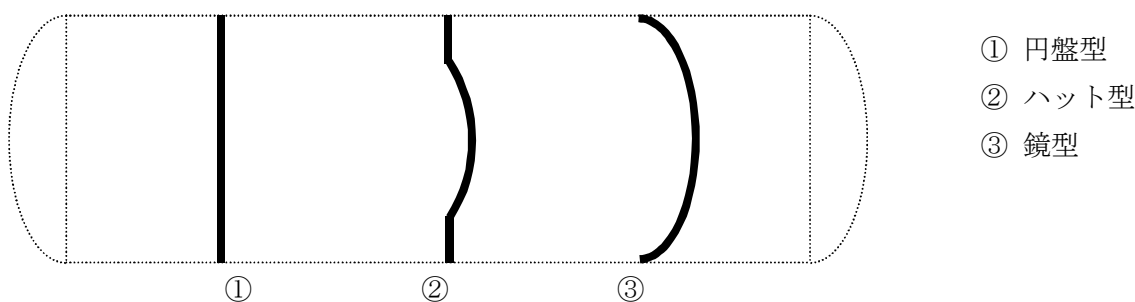
中仕切板に負荷される外力は、①タンク内貯蔵液体の静圧、②タンク外の土圧、地下水圧である。

このうち埋設されたタンクに負荷される外荷重（土荷重および地下水圧）は、タンクの円周方向各位置において均等でなく、タンクを偏平化するモードを生じる。

この基準では、中仕切板に最も厳しい条件となる埋設時鉛直土荷重についての強度評価の方法を取り扱っている。

・ 中仕切板の構造

中仕切板は、強化プラスチック製とし、円盤型、ハット型、鏡型などの形状で、その円周端部をタンク内殻に強化プラスチック材によりオーバーレイ接着された構造が代表的なものである。



解説図1 中仕切板の形状

・ 評価基準の考え方

中仕切板が、外圧によって破壊しないようにするためには、次の二つの対処法がある。

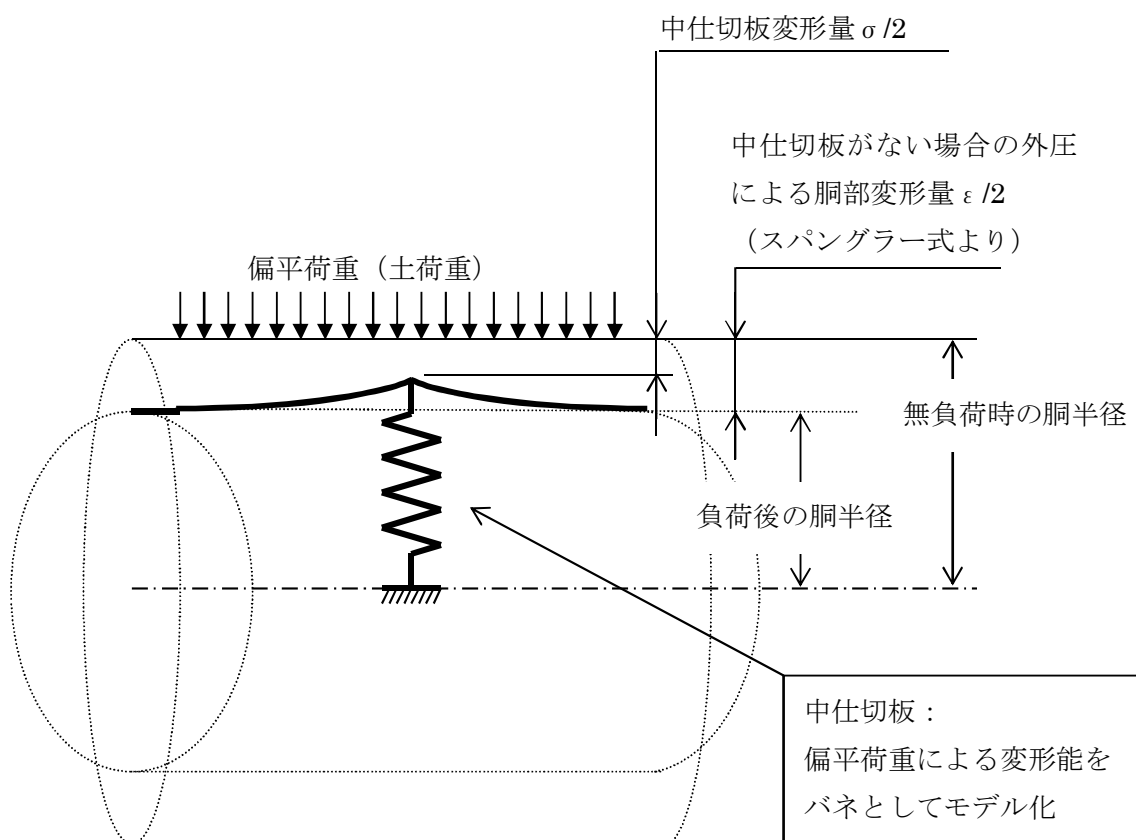
① 設計外圧による偏平荷重に対抗できる強度を持つ。

② 設計外圧によるタンク胴の変形に柔軟に追従する。

この評価基準では、上の二つの条件を共に考慮する。

中仕切板がないタンクの埋設状態における円筒胴の土荷重と変位の関係は、スパングレー式で求められるものとする。

中仕切板は、スパングレー式で求められたタンク胴の変形に抵抗する形となるため、中仕切板には偏平荷重が負荷され、その変形と負荷された荷重が釣り合う状態で安定する。この状況をモデル化して示すと解説図2のようになる。



第4章 今後の課題とまとめ

4. 1 今後の課題について

本検討結果を受けて、危険物保安技術協会が取り組むべき内容を以下に示す。

(1) F F 二重殻タンクの構造安全性の評価を行う体制の確立

F F 二重殻タンクの構造安全性は、基礎も含めて全体的に評価することとされたことから、「F F 二重殻タンクの構造安全性に関するガイドライン」を基軸として、F F 二重殻タンクの構造安全性の評価を行う体制を整えることが必要である。

このためには、F F 二重殻タンクの構造、材料、品質管理及び地下埋設構造物の施工等について知見を有する学識経験者、関係団体の職員、危険物保安技術協会の職員等で構成する評価委員会を設置しなければならない。

(2) F F 二重殻タンクの埋設施工に係る施工管理者に対する研修会の開催

埋設状況確認方法を履行できる体制を構築し、埋設場所毎に埋設状況確認方法に基づく施工管理、施工管理記録簿の作成及び施工管理記録簿の保存を実施する施工管理者を、「地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する施工管理者研修会」を受講した者の中から指名しなければならないとされたことから、施工管理者の責務を果たすのに必要となる知識及び技能を習得させるための研修会を開催することが必要である。

また、この研修会を受講した者が一定の知識及び技能を有すると認められる場合は、研修会を修了した証を交付する仕組みを構築することも必要である。

(3) 施主及び消防機関に対する情報提供等

F F 二重殻タンクの埋設施工に関する施工管理記録簿の活用方法に関する情報提供は、工事を発注する施主及び完成検査を実施する消防機関に対して必要である。

本年度、施主団体が発行する広報誌への施工管理記録に関する記事の掲載への取り組み及び消防機関に対する施工管理記録の確認方法等に関する研修会を危険物保安技術協会が実施した。今後も必要に応じて同様の情報提供に関する取り組みを実施していくべきである。

4. 2 まとめ

本検討会では、平成27、28年度に実施したF F 二重殻タンクの破損要因の検討から確認された問題点やタンク製造業者の現況を踏まえて、問題点の整理と解決方を提示するため、検討を重ねてきたところである。

第2章では、破損要因の検討から確認された問題点とタンク製造業者の現況から確認された問題点を設計、品質管理及び埋設施工の各項目において整理し、その問題点に対する解決方を提示した。

第3章では、前章で提示された解決方策と試験確認基準を整理し、ガイドラインを示した。

本報告書において取りまとめたガイドラインが、今後の危険物保安技術協会におけるFF二重殻タンクの更なる安全性評価において活用され、火災予防上の安全性の向上が図られることを期待する。