

強化プラスチック製二重殻タンク本体等の評価等に関するガイドライン

平成31年3月6日

第1 策定の主旨

本ガイドラインは、「強化プラスチック製二重殻タンク本体等の評価等に係る業務規程」（平成31年3月6日 危保規程第1号）（以下「業務規程」という。）により強化プラスチック製二重殻タンク本体（以下「FF二重殻タンク本体」という。）等を評価することを目的に、「FF二重殻タンクの安全性向上に関する検討報告書（危険物保安技術協会 平成30年3月）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」に準拠し、横置円筒型鏡板形状のFF二重殻タンク本体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を確保すること、FF二重殻タンク本体の構造・設備、材料、製造方法、品質管理及び埋設状況確認に関することについて定めたものである。

第2 用語の意味

業務規程第2条で規定する用語の意味の他、本ガイドラインで用いる用語の意味は、次による。

(1) 材料試験

FF二重殻タンク本体の設計に必要となる材料の、次に示す物性値を求めるために実施する試験

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

(2) 設計値

FF二重殻タンク本体の構造計算に使用する物性値

(3) 一体構造

FF二重殻タンク本体の内殻、外殻及び検知層が一体となった構造であり、地盤土圧等による外圧及び貯蔵液圧等による内圧に対して外殻及び内殻の双方で荷重を分担するもの

第3 FF二重殻タンク本体の評価

FF二重殻タンク本体の評価は、型式ごとに、次に示す試験、計算及びシミュレーションによって当該FF二重殻タンク本体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、品質管理に必要な変形量の許容値が設定されていること。

なお、当該型式に機種を追加を想定している場合は、あらかじめ、型式に含む予定の機種 F F 二重殻タンク本体の構造安全性の評価を受けること。

(1) 内圧試験及び外圧試験

ア 材料試験

(ア) 試験片

試験片は、製造した F F 二重殻タンク本体の一部から切り出したものを用いること。

(イ) 試験方法

a 通則

- (a) 材料試験において引張強さ及び曲げ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（引張試験、曲げ試験）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) F F 二重殻タンク本体が一体構造の場合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）によって行うこと。

なお、曲げ強さについては、平均値及び標準偏差を求めること。

(ウ) 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

(ア) 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、FF二重殻タンク本体を設置する基礎と同じ構造の基礎に設計した条件で固定し、FF二重殻タンク本体に水を注入して加圧し、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、部材の接合部分、アンカーで固定される部分、補強措置の部分等を重点に200箇所以上とすること。

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、内外面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 変形の測定は 2 方向以上し、最小目盛 $1 / 50 \text{ mm}$ 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_{xo} 、 ε_{yo} : 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、 σ 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

F F 二重殻タンク本体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 F F 二重殻タンク本体を設計した条件で固定し、当該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、F F 二重殻タンク本体の最上部の外殻の外表面から 500 mm 以上の高さとし、F F 二重殻タンク本体の最下部の外殻の外表面から最高水位までを 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、部材の接合部分、アンカーで固定される部分、補強措置の部分等を重点に 200 箇所以上とすること。

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、試験圧力時において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。

構造計算の方法は、以下の文献に準じるものとする。

- ・「二重殻を有する地下タンク貯蔵所の大型化に伴う安全性に関する調査検討報告書」
（自治省消防庁 平成10年3月）
- ・「HPIS-G-108-1989 FRP製円筒形地下タンク設計製作技術指針」
（社団法人 日本高圧力技術協会 平成元年3月31日）
- ・「JIS K 7012:1992 ガラス繊維強化プラスチック製耐食貯槽」
（日本工業規格）

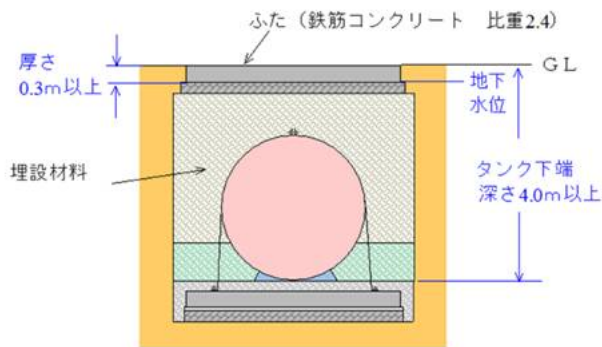


図1 標準設計条件

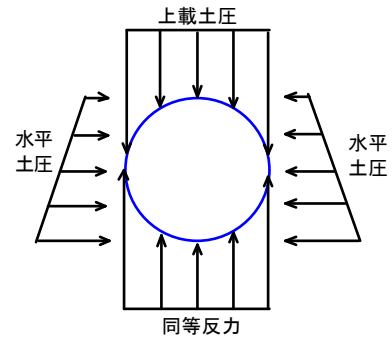


図2 荷重条件

表1 埋設材料の単位体積重量等

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FF二重殻タンク本体に上載荷重、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FF二重殻タンク本体の出荷の可否を決定する変形量の許容値を定めるため、型式ごとのシミュレーションを行うこと。

なお、当該型式に機種を追加を想定している場合は、当該型式に含む予定の機種のFF二重殻タンク本体についても、同様のシミュレーションを行う必要があること。

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、最大容量のサイズとする。
- b モデルタンクの設定値は前(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

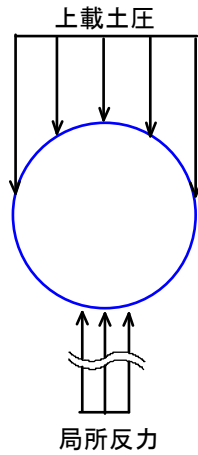


図3 荷重条件

(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)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、設計どおりに製造する F F 二重殻タンク本体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 F F 二重殻タンク本体の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) F F 二重殻タンク本体を満水状態とした荷重条件とし、隣接する補強措置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、設計どおりに製造する F F 二重殻タンク本体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

吊り上げ継手に空の F F 二重殻タンク本体の重量の 2 倍の荷重を 1 秒間加えて、吊り上げ継手、F F 二重殻タンク本体又は付属品に損傷がないこと。

(5) 中仕切板の強度試験

F F 二重殻タンク本体に中仕切板を設置する場合には、別記「中仕切板の強度評価基準」に基づき中仕切板の構造安全性について確認されていること。

第4 検知層

検知層は、次によること。

- (1) 検知層は、地盤土圧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。なお、FF二重殻タンク本体が一体構造の場合は、地盤土圧等による影響で検知層自体に損傷が生じないものであること。
- (2) 検知層は、20 kPa以上の空気圧を加える圧力試験を実施すること。ここで、圧力保持時間は10分間とし、圧力降下がないこと。

第5 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、危険物が漏れ出した場合に当該センサーが作動し警報を発する構造
- (2) FF二重殻タンク本体の上部に設置され、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

第6 FF二重殻タンク本体の材料

FF二重殻タンク本体の製造に使用する材料は、次に掲げる樹脂及び強化材とし、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。）以外のものにあつては、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

FF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を用いること。

第7 F F二重殻タンク本体の製造方法

(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のいずれか又はこれらを組み合わせた成形法とし、設計上の厚さが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

材料の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の種類に関わらず、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。また、F F二重殻タンク本体の品質管理における自主検査等において、検査を阻害しないものであること。なお、この場合において、貯蔵し、又は取り扱う危険物と接する部分については、あらかじめ耐薬品性を有することが確認されていること。

第8 F F二重殻タンク本体の品質管理

(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。また、F F二重殻タンク本体ごとに、第7、(1)から(4)について確認するとともに、記録を10年以上保管すること。

(2) 材料受入れ検査体制

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

受入れ検査は、材料メーカーが作成する物性試験記録を用いることとし、受入れ試験結果は10年以上保管すること。

(3) 製造製品の品質管理体制

ア 自主検査

製造製品の全数について、次の自主検査が実施される体制にあること。なお、当該自主検査結果の記録は、10年以上保管すること。

(ア) 強化プラスチックに含有されるガラス繊維等は、均等に分布し、表面に露出していないこと。

(イ) 内殻及び外殻の表面には、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、含侵不良、鋭い突起等がなく、かつ、その表面に著し

い傷がないこと。

- (ウ) 内殻及び外殻の内部に内在する異物の巻き込み及び気泡の影響に関する検討が行われ、補修方法等を含めた品質管理のための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。
- (エ) 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、漏れ又は許容値以上の変形がないこと。
- (オ) 内殻及び外殻の厚さは、それぞれ100箇所（鏡部及び胴部の合算とし、偏りなく設定）以上測定し、全ての測定値が設定値以上であること。ただし、成形方法が管理された工場で製造される成形シートを用いた成形シート貼り法、その他、技術的な資料等によって強化プラスチックの厚さ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。
- (カ) 検知層に20kPa以上の空気圧を加え、10分間圧力保持し、圧力降下がないこと。

イ 材料試験

第3、(1)アに示す材料試験は、原則として、評価を受けたFF二重殻タンク本体の型式の累積製造数が100基以下ごとに1回実施すること。ただし、当該試験は、1年に1回は実施することとし、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とともに、記録を10年以上保管すること。

なお、FF二重殻タンク本体の胴部については製造ごと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こととし、処理記録等を10年以上保管すること。

ウ 出荷前検査

出荷前のFF二重殻タンク本体を満水状態とし、隣接する補強措置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こと。

変形量が、第3、(3)イ(イ)において設定した許容値を超えた場合には当該FF二重殻タンク本体を製品として使用してはならないこととし、処理記録等を10年以上保管すること。

エ 製造製品の補修再利用措置

FF二重殻タンク本体の自主検査における不合格品の補修・再利用を行う場合の補修要領が規定され、適正に補修・再利用が実施される体制にあること。

また、補修・再利用した場合は、その内容を確認するとともに、記録を10年以上保管すること。

オ 苦情処理体制

苦情処理体制が確立されていること。

カ 製品等保管体制

材料、製造途中の部材、出荷前のFF二重殻タンク本体の保管方法が、それぞれ規

定され、適正に保管される体制にあること。

キ 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。

(4) その他

F F 二重殻タンク本体に、運搬・埋設時の注意事項について表示すること。

第9 埋設状況確認

第3の評価を受ける者は、以下の(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、埋設場所ごと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、危険物保安技術協会が主催する「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すること。

(1) F F 二重殻タンク本体に対する変形量の確認について

第3の評価を受けた者又は施工管理者は、埋設後におけるF F 二重殻タンク本体に対して変形量を詳細に測定し、F F 二重殻タンク本体の形状が偏平していないか、変形量が第3、(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すること。

(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、第3の評価を受けた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、施工管理記録簿を作成すること。

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、記録すること。

(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し、記録すること。

(ウ) F F 二重殻タンク本体固定バンド用アンカーが、仕様書どおりの数量、仕様書どおりの場所に設置されていることを確認し、記録すること。

(エ) 第3の評価を受けた者が設定した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記録すること。

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、記録すること。

(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し、記録すること。

(ウ) 第3の評価を受けた者が設定した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記録すること。

ウ F F 二重殻タンク本体の据え付け、固定

- (ア) タンク検査済証の書類と銘板は一致しているか確認し、記録すること。
 - (イ) F F 二重殻タンク本体の据え付け位置は申請書どおりか確認し、記録すること。
 - (ウ) F F 二重殻タンク本体が水平に据え付けられているか確認し、記録すること。
 - (エ) F F 二重殻タンク本体の固定バンドと砕石床との角度は適正か、測定して確認し、記録すること。
 - (オ) 第3の評価を受けた者が設定した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記録すること。
- エ F F 二重殻タンク本体の強度部材以外の埋め戻し
- (ア) 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し、記録すること。
 - (イ) 第3の評価を受けた者が設定した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記録すること。
- オ F F 二重殻タンク本体のふたの設置
- (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、記録すること。
 - (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し、記録すること。
 - (ウ) 第3の評価を受けた者が設定した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記録すること。
- (3) 第3の評価を受けた者が行わなければならない施工管理記録簿等の確認及び記録等の保存について
- ア (1)及び(2)について記録したものを確認し、適切に埋設施工が完了していることを確認する。
- イ 出荷したF F 二重殻タンク本体と埋設した現場が整合できる状態で、(1)及び(2)の記録を10年以上保管すること。

第10 その他

第3の評価を受ける者は、第3、(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、F F 二重殻タンク本体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本ガイドラインに準じて評価を受けるとともに、第9、(1)及び(2)に準じた記録の作成及び保管を行うこと。

別記

中仕切板の強度評価基準

1 適用範囲

この基準は、「強化プラスチック製二重殻タンク本体等の評価に係る業務規程」(平成31年 月 日危保規程第 号)に基づくFF二重殻タンク本体の中仕切板の埋設時鉛直土荷重に対する構造強度に関する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荷重に対する構造強度に関する安全性評価は、FF二重殻タンク本体の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、この両方の結果から総合的に安全性を評価する。

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(中仕切板のないFF二重殻タンク本体)において設計計算式により埋設時鉛直土荷重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。

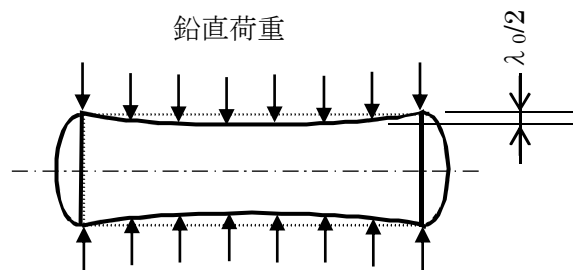


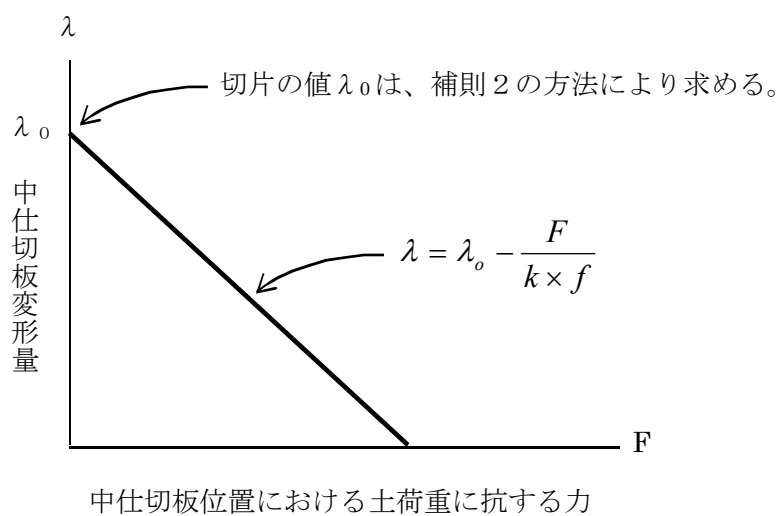
図1 埋設時鉛直土荷重下の円筒胴の偏平変形量

(2) 有限要素法 (FEM) による解析等により、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、偏平載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。

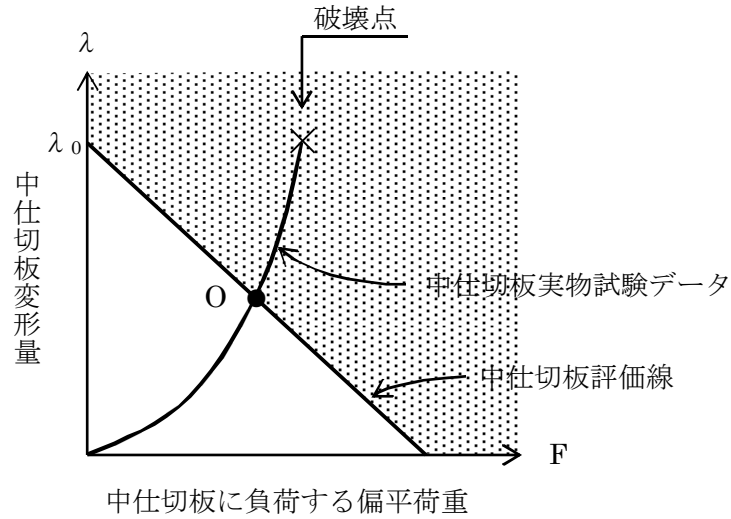
見かけのバネ定数kを求めるための有限要素法 (FEM) 計算方法は、補則2による。変形量 λ とバネ定数k及び安全率fを用いて、中仕切板の評価線をグラフ化する。

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 円筒胴の鉛直土荷重Wが作用した場合の扁平変形量 λ_0 を求める方法

この計算においては、FF二重殻タンク本体に中仕切板が無いストレートタンクとする。

扁平変形量 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。

土中埋設管の鉛直土荷重Wと扁平変形量 λ_0 の関係は、スパングレーの式¹⁾により補1(1)式のように表される。

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

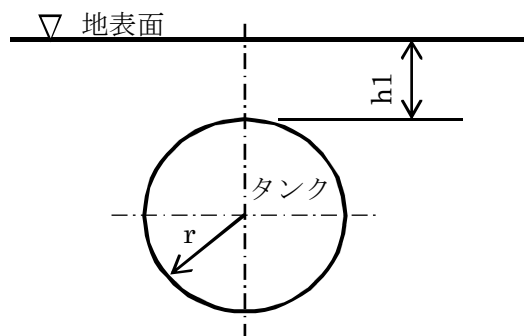
ここで、W：鉛直土荷重で次式により求める。

$$W = \gamma \times h_1$$

ここで、 γ ：土の単位体積重量

h_1 ：FF二重殻タンク本体の埋設深さ（補1図1参照）

r：FF二重殻タンク本体の半径



補1図1 FF二重殻タンク本体の埋設深さ

E：FF二重殻タンク本体の胴部材の曲げ弾性率

I：FF二重殻タンク本体の胴部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 有限要素法 (FEM) 計算方法

中仕切板部分の土荷重に抗する力 F と偏平変形量 ε の関係を計算し、見かけのバネ定数 k を求める有限要素法 (FEM) 計算方法

1 解析モデル

(1) 全体構造モデル

補強措置、胴板及び鏡板を含むFF二重殻タンク本体の全体をモデル化する。

ただし、対称性を考慮して分割モデルとしてもよい。

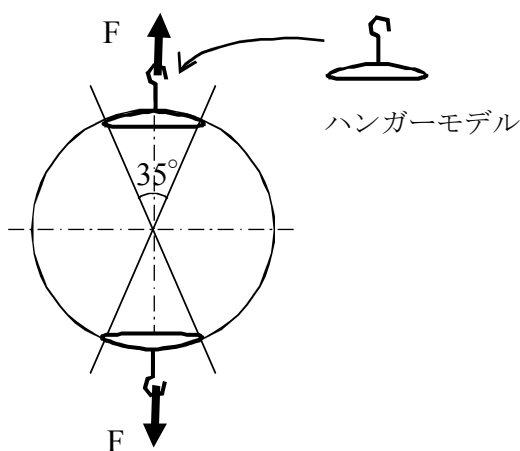
マンホール、ノズル及びサンプなどの付帯設備はモデル化に含まなくてもよい。

FF二重殻タンク本体の内径、胴板及び鏡板の厚さ、補強措置形状、物性値が同じFF二重殻タンク本体の群がある場合は、最大容量のFF二重殻タンク本体を代表としてモデル化してもよい。

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偏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。

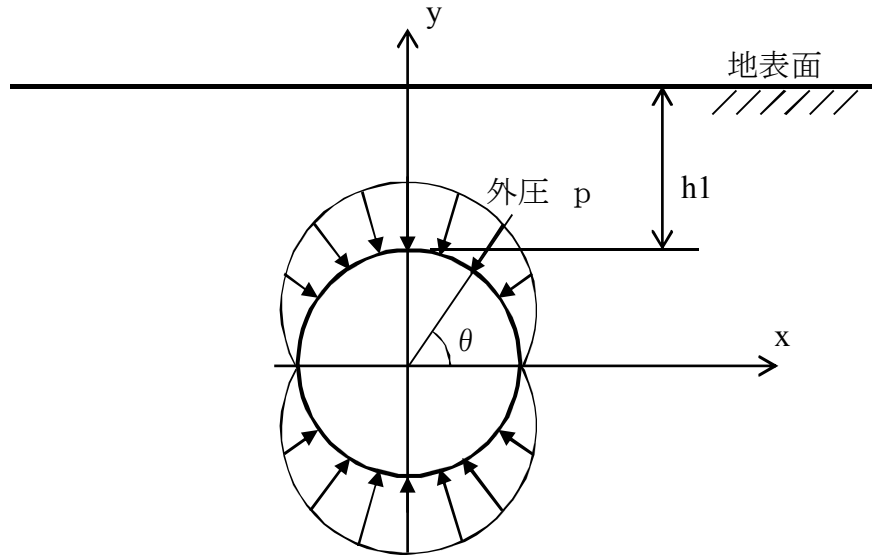
ハンガーモデルの取り付け位置は、FF二重殻タンク本体の長手方向の中央とする。

(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、FF二重殻タンク本体の頂部にかかる鉛直土荷重を最大とし、FF二重殻タンク本体のセンターでゼロとする。(補2図2参照)

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 : FF二重殻タンク本体にかかる外圧力

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)

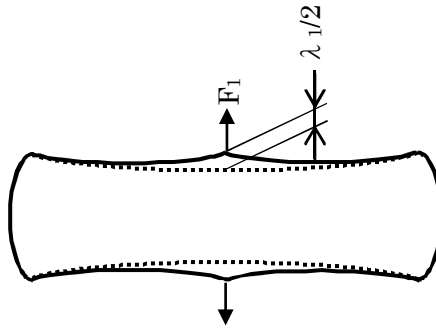
3 解析手順

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有限要素法 (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有限要素法 (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 の有限要素法 (FEM) 計算値を求める。



補2図3 土荷重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。

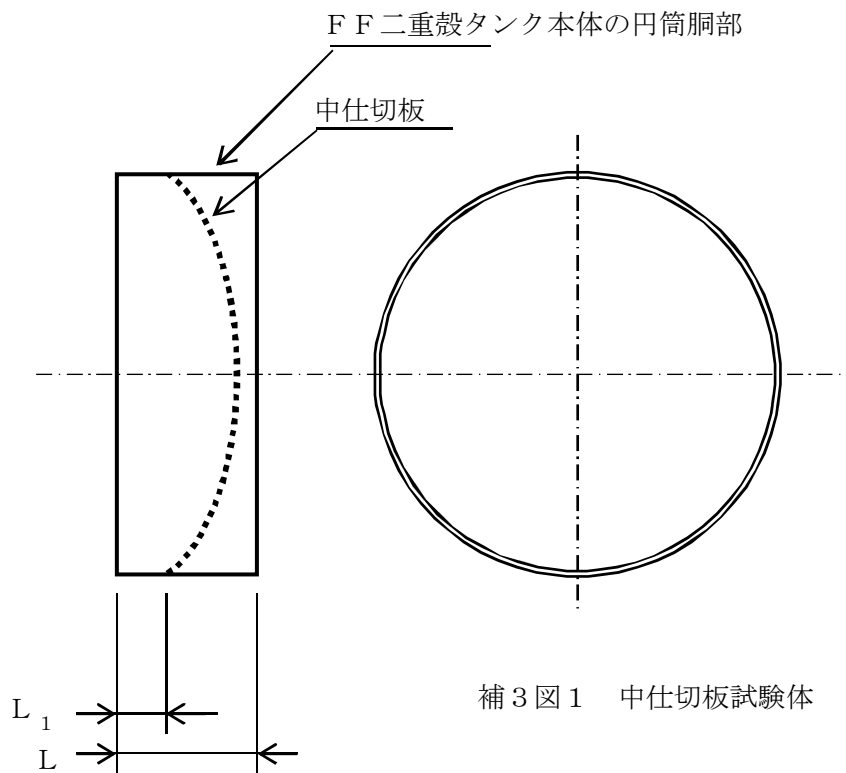
1 試験体

中仕切板を含むF F 二重殻タンク本体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500 mm以上とする。

L_1 の長さは、150 mm以上とする。

試験体数量は、3体とする。



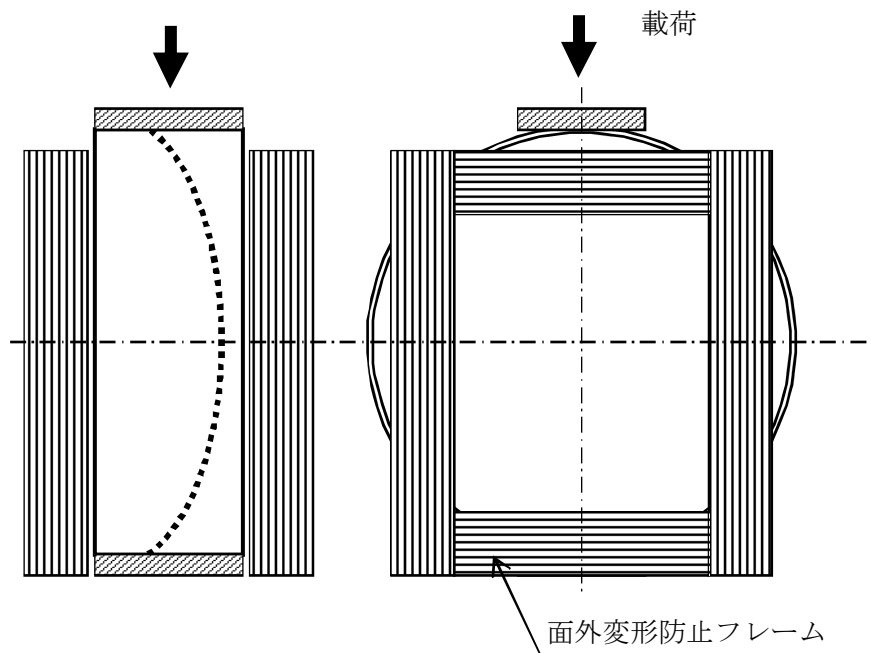
補3図1 中仕切板試験体

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）管一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5.0%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

F F 二重殻タンク本体の中仕切板は、ひとつのF F 二重殻タンク本体に複数の危険物の種類を貯蔵する際に、当該危険物を区分するためにF F 二重殻タンク本体の内部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、F F 二重殻タンク本体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。

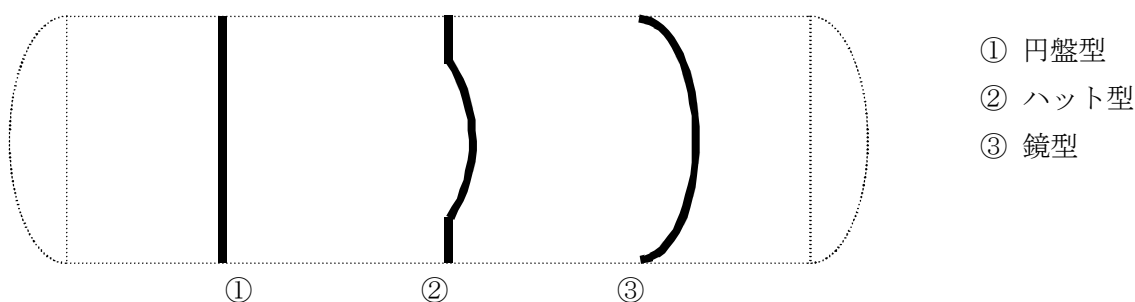
中仕切板に負荷される外力は、①タンク内貯蔵液体の静圧、②タンク外の土圧、地下水圧である。

このうち埋設されたF F 二重殻タンク本体に負荷される外荷重（土荷重及び地下水圧）は、F F 二重殻タンク本体の円周方向各位置において均等でなく、F F 二重殻タンク本体を偏平化するモードを生じる。

この評価基準では、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、解説図1のように円盤型、ハット型、鏡型などの形状で、その円周端部をF F 二重殻タンク本体の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。

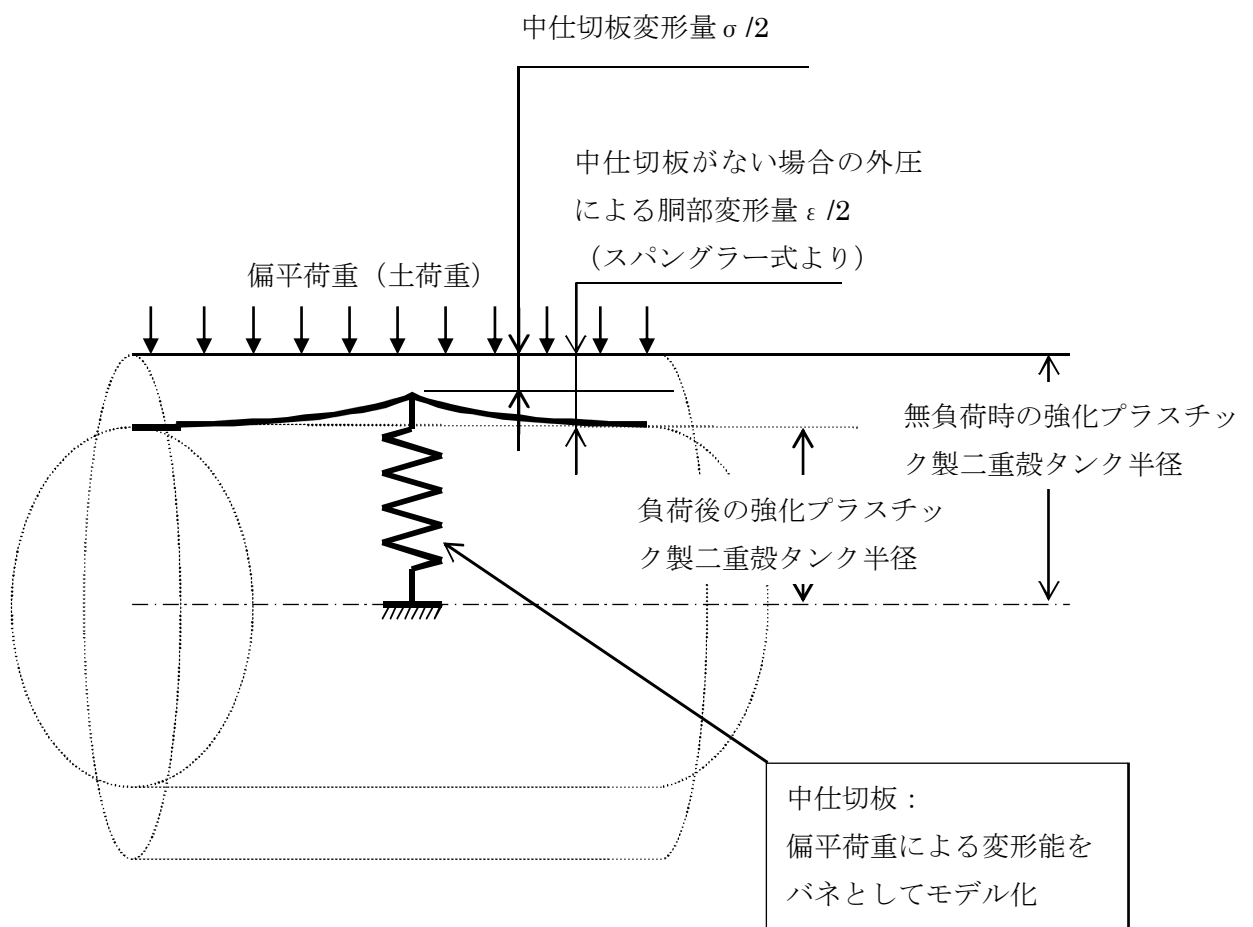
- ① 設計外圧による偏平荷重に対抗できる強度を持つ。
- ② 設計外圧によるF F 二重殻タンク本体の変形に柔軟に追従する。

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F F二重殻タンク本体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F F二重殻タンク本体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。



解説図2 土荷重による中仕切板変形