

○超音波探傷法における連続板厚測定の基準及びデータ整理方法に関して

1. はじめに

タンク底部の板厚測定では、従来、超音波厚さ計を用いた定点測定により実施されてきたが、1990年代後半頃から位置情報管理、データ処理、測定素子などの技術が大きく進展し、コーティング上からの板厚測定を連続的に効率よく行うことができる機器が開発された。

こうした背景を受け、平成10年度及び11年度の危険物技術委員会で、コーティング上から板厚を連続的に測定できる検査方法等について調査・検討がなされ、平成12年に当該検査方法に関する運用指針がとりまとめられた。

今回、超音波探傷法による連続板厚測定に関する基準、連続板厚測定の実施手順、報告書の作成等について述べる。最近では、保安検査における連続板厚測定の適用が増えてきているが、報告書を作成する過程でいくつかのケアレスミスも見つかっていることから、本稿の内容を確認することで適切なタンク底部の板厚評価に役立てていただきたい。

2. 連続板厚測定に関する基準

2.1 関係通知

内部点検等の際に、連続板厚測定装置を使用し底部板厚を測定する場合については、通知「特定屋外貯蔵タンクの内部点検等の検査方法に関する運用について」（平成12年8月24日消防危第93号）が発出され運用が開始されたが、その後2度にわたり、通知の改正が

行われている。改正内容等を含め、通知の概要を述べる。

(1) 平成12年8月24日消防危第93号(以下「93号通知」という。)について

93号通知では、連続板厚測定とは、コーティング上からタンク底部の板厚を広範囲にわたり連続的に測定することと規定されており、また、連続板厚測定の標準的な測定要領や試験結果の評価等に関する総括的事項が示されている。

連続板厚測定装置として使用し得る測定装置は、超音波探傷法によるものと電磁気的な探傷法によるものが示されている。

① 超音波探傷法を用いた連続板厚測定装置

(原理) 試験部材に超音波を伝えたときに、試験部材が示す音響的性質を利用して、試験部材内部の腐食を検出する。

② 低周波渦流探傷法を用いた連続板厚測定装置

③ 漏洩磁束探傷法を用いた連続板厚測定装置

④ 磁気飽和渦流探傷法を用いた連続板厚測定装置

電磁気的な探傷法

(2) 平成14年1月22日消防危第17号(以下「17号通知」という。)について

17号通知では、93号通知で示された連続板厚測定装置の4つの原理のうち、超音波探傷法による連続板厚測定に関して、運用の細部の見直しが行われた。

超音波探傷法による連続板厚測定方法を用いる場合の装置の性能確認要領が詳細に

示され、測定者の技能等についても詳細に規定された。さらに、93号通知に示された板厚測定結果の評価が改正された。

しかしながら、17号通知は、次の(3)により廃止されている。

(3) 平成15年3月28日消防危第27号(以下「27号通知」という。)について

27号通知は、17号通知で細部が規定された超音波探傷法による連続板厚測定方法のほか、電磁気法による連続板厚測定方法として、低周波渦流探傷法、漏えい磁束探傷法又は磁気飽和渦流探傷法を用いた連続板厚測定方法についての運用が詳細に規定された。ここでは主に超音波探傷法による連続板厚測定について、27号通知の概要を述べる。

ア 超音波探傷法による連続板厚測定

(ア) 測定準備

- ① タンク底部の板厚、コーティングの厚さ等を設計図書から把握し、連続板厚測定装置の性能が対象タンクに適用できるかどうかを事前に確認する必要がある。
- ② 板厚測定開始前に、位置検出精度試験、腐食部検出精度試験を実施し、装置の性能確認を行う。なお、休憩等のため電源を一時切った後、板厚測定作業を再開する場合についても、始業時と同様の性能確認を行う。
- ③ 対象タンク底部の状況や装置の移動性能に基づき、測定実施範囲を設定する。

(イ) 測定

- ① 測定値は30mmピッチ以下の間隔で行う。この場合において、告示第4条の17に規定された最小厚さ(旧法タンクは設計板厚)に対し80%以下である測定値が得られた箇所につ

いては、当該箇所を中心に半径60mmの範囲における測定板厚の平均値を求める。

- ② 測定する速度は、性能確認がなされている速度で行う。

(ウ) 測定データ確認

- ① 連続板厚測定の結果が、「不表示」となった箇所については、連続板厚測定装置による再測定又は定点測定による板厚測定を実施する。
- ② 連続板厚測定の結果が、「異常表示」となった箇所については、連続板厚測定装置の性能確認等を行ったうえ、連続板厚測定装置による再測定又は定点測定による板厚測定を実施する。

(エ) 終業時性能確認

- ① 板厚測定終了時、位置検出精度試験、腐食部検出精度試験を実施し、装置の性能確認を行う。

イ 連続板厚測定装置により測定ができない箇所の板厚測定方法

加熱コイル、ルーフサポート、受け払い配管、当板等があることにより連続板厚測定装置を用いた板厚測定ができない箇所は、定点測定法による板厚測定を実施する。

この場合において、測定値が最小厚さ(旧法タンクにあっては設計板厚)に対し90%以下の箇所については、当該箇所を中心に半径300mmの範囲について30mmピッチ以下の測定間隔で測定を行い、測定板厚の平均値を求める。

ウ 測定者の技能

連続板厚測定装置を用いて測定作業を行う者は、次の条件を満足していることが必要である。

- ① 一般社団法人日本非破壊検査協会が

認定する非破壊検査レベル2技術者が有する知識及び技能と同等の技量を有していること。

- ② 定点測定法による板厚測定に関する必要な知識及び技能を有していること。
- ③ タンク構造、腐食発生実態、コーティング等に関する知識を有していること。

2. 2 連続板厚測定を行った場合の板厚評価

連続板厚測定を行った場合の板厚評価方法について整理すると、板厚評価基準は17号通知の内容、測定板厚平均値の算出方法は27号通知の内容となる。以下に板厚評価基準を示す。ただし、通知の解釈によっては、板厚評価基準が以下に示す評価基準と異なる運用もあるので、連続板厚測定に際しては、事前に所轄消防本部に確認しておく必要がある。

(1) 旧法タンクの場合

ア アニュラ板

連続板厚測定方法による測定板厚の最小値が3.2mm以上（新基準に適合する旧法タンクは併せて保有水平耐力の規定を満たす厚さ以上）であることが必要である。ただし、設計板厚の80%以下である箇所を中心に半径60mmの範囲における測定板厚平均値が設計板厚の80%以下となる場合又は測定板厚最小値が過去の腐食率から次期開放時までには板厚が、4.5mm未満になる場合には、補修が望ましいとされている。

イ 底板

連続板厚測定法による測定板厚の最小値は、3.2mm以上であること。

(2) 新法タンクの場合

ア アニュラ板及び底板

連続板厚測定方法による測定板厚の最小値が、告示第4条の17に規定された最

小厚さ以上であることが必要である。ただし、最小厚さを満足していない場合であっても次の条件のすべてに適合する場合にあっては、政令第23条の規定を適用し、補修を行わなくても差し支えないとされている。

- ① 最小厚さからの板厚減少量が3.0mmを超えていないこと。
- ② 最小厚さの80%以下である箇所を中心に半径60mmの範囲における測定板厚平均値が最小厚さの80%以上であること。
- ③ 保有水平耐力の規定を満たす厚さ以上であること。（ただし、アニュラ板のみに適用）

3. 連続板厚測定の実施手順

27号通知別図-1に測定方法のフローが示されている。このフローにより、次の手順に従って測定前の準備からデータまとめまでを行う。

(1) 測定前の準備

検査対象タンクのタンク底部について次のことを確認する。

- ① タンク底板図、寸法、板割、板番号の確認
- ② タンク底板配列図、設計板厚、材質、設置年、使用年数、過去の補修履歴など
- ③ コーティングの種類と厚さ、測定面の状況 著しい凸凹、塗装面の粗さなど
- ④ 所轄消防等の連続板厚測定基準等の有無

(2) 装置の組立、始業点検

装置を組み立て、目視点検を行う。更に、装置の校正等の作業を行う。

- ① 探傷装置の校正(キャリブレーション)
- ② 電磁膜厚計の校正(キャリブレーション)
- ③ 探傷感度の調整

また、始業時、中間時、終業時に性能確認試験片を使用して測定装置の性能を確認する。性能確認結果は、報告書に添付する。

(3) 測定範囲の設定、測定面の前処理

ア 測定範囲の設定

タンク底部の板厚測定に先立ち、連続板厚測定装置の仕様書又は性能評価書の内容を基に、連続測定を行う範囲を設定する。

イ 測定面の前処理

測定面の状況を目視で確認し、必要に応じて前処理を行う。

測定面に塗装の膨れ、油分等が存在し、測定に支障がある場合は、ジェットクリーニング等により除去する。コーティング施工の無い場合には、測定に支障のないように表面の仕上げを行う。

(4) 測定

測定においては、測定開始点を決め、各板ごとに広い範囲を連続測定する。そして4時間計測するごとに装置の校正状況を確認する。また、装置に作動異常が生じた時や、測定者が交代する時そして測定作業中に部品交換を行った時には校正状態の確認が必要となる。

(5) 不表示又は異常表示

ア 不表示又は異常表示の確認と処置

(ア) 不表示

不表示とは、連続板厚測定装置で、板厚の測定値が得られない測定不能の状態であり、この時は連続板厚測定装置による再測定又は定点測定法による板厚測定を行うことになる。

(イ) 異常表示

板厚測定において、腐食、コーティング等の影響により過大な測定値を示す状態、又は表示値が安定しない状態

であり、連続板厚測定装置の性能確認、連続板厚測定装置による再測定又は定点測定法による板厚測定を行う必要がある。

イ 詳細測定

測定の際に不表示又は異常表示があると、定点測定を行う必要がある。その結果、次のような場合には詳細測定を行うことになる。

(ア) 定点測定部の詳細測定

① 定点測定値が設計板厚の80%以下となった箇所について、連続測定の測定値から半径60mm範囲の平均値を計算する。

② 定点測定において設計板厚の90%以下の測定値が確認された場合、当該箇所を中心に半径300mmの範囲を30mmピッチで測定し、平均値を求めらる。

半径300mmの範囲内に連続測定実施範囲が含まれる場合には、その測定値を使用する。(表3-1 詳細測定の実施例参照)

(イ) 連続測定による詳細測定記録例

定点測定を実施後、設計板厚の90%以下の箇所について連続測定で半径300mm範囲を測定した場合の記録例を示す。

ウ 超音波板厚測定を阻害する要因

タンク底板にきず痕、残液、付着物、コーティングの膨れ、内面腐食等があると、測定装置の構造上から板厚を測定できない場合がある。このような箇所については、その場所や状況を検査記録に残しておく。

また、コーティングに異物が混在していたり底板と剥離している場合や底板に割れ、鋼板内の介在物の存在、孔食やピ

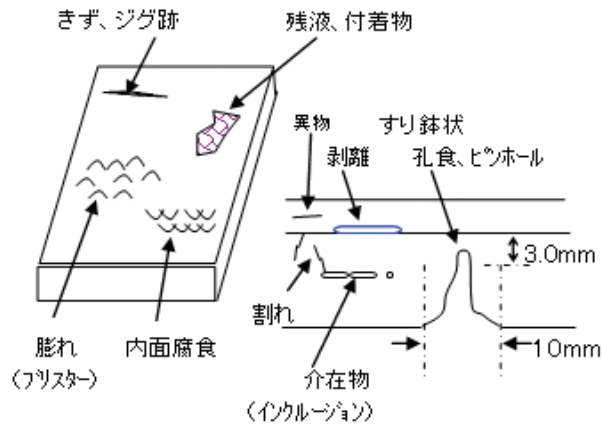


図 3-1 超音波板厚測定を阻害する要因

ンホールがある場合は、連続板厚測定で板厚の測定が困難となる。このような測定箇所については、当該装置とは別の方法で詳細な検査を実施する必要がある。

(6) 終業点検

測定終了後に装置の性能確認を行う。
校正点検結果に異常がある場合は、影響の認められた範囲について装置を校正した後で、測定を再度実施する。

4. 報告書等の作成

板厚の測定が終了すると、報告書及び検査記録書を作成する。検査記録書は、報告書の内容確認等の際に使用する資料として報告書に添付する。

(1) 報告書に記載する項目

- ① タンクの仕様
(型式、タンク内径、設計板厚、材質、コーティング材質と厚さなど)
- ② タンクの履歴 (設置年、使用年数、過去の補修履歴など)
- ③ タンク底板図、寸法、板割、板番号など
- ④ 適用する基準
- ⑤ 検査日時と検査員の氏名
- ⑥ 検査機器の始業、終業点検記録など

⑦ 測定箇所と測定方法 (連続測定又は定点測定)

(2) 検査記録書に記載する項目

① 測定結果一覧表

連続板厚測定部の板毎の板厚測定データ (最小値、最大値、側板から500mm範囲の厚さ平均値等) の一覧表

② 底部全面、及び、板毎の板厚分布図 (連続板厚測定画像データ)

③ 板毎の板厚詳細データ (最小値箇所、設計板厚の80%以下を示すマーク)

④ 定点測定部の板厚測定データ (連続板厚測定が不可となる部位)

⑤ 検査装置の始業、終業点検記録など (性能確認試験結果)

⑥ 連続板厚測定装置の性能評価書等の写し

⑦ 検査技術者資格証等の写し

(3) 連続板厚測定データの整理

保安検査を受ける時に提出する資料には、以下のものがある。

① 測定結果一覧表

② 板毎の板厚分布図 (色分け表示したもの)

③ 板毎の板厚詳細データ (数値データ)

④ 定点測定データ

表 4-1 超音波連続板厚測定結果の例（アニュラ板）

超音波連続板厚測定結果（アニュラ板）

設計板厚： 12.0mm

単位：mm

板番号	連続板厚測定		定点測定	平均値	側板から500mm範囲の平均値	設計板厚の80%以下の分布率	半径60mm範囲平均値の最小値	設置年度
	最小値	最大値	最小値					
A-1	7.3	12.5	11.2	12.0	11.7	1.5%	9.8	1965
A-2	5.4	12.3	7.5	11.9	11.7	2.2%	10.4	1965
A-3	7.1	12.4	9.9	12.0	11.8	0.2%	11.3	1965
A-4	7.9	12.6	9.2	12.3	12.3	0.1%未満	11.1	1994
A-5	7.2	12.1	8.8	11.8	11.8	0.1%未満	11.3	1965

設置年度	1965	1994
設計板厚	12.0	12.0
設計板厚の80%	9.6	9.6
最小値	5.4	7.9
半径60mm範囲の最小平均値	9.8	11.1
板全体の平均値	12.0	12.4
側板から500mm範囲の平均値	11.9	12.4

↑
所轄消防基準で平均値計算範囲が異なる

表 4-2 超音波連続板厚測定結果例（底板）

超音波連続板厚測定結果（底板）

設計板厚： 9.0mm

単位：mm

板番号	連続板厚測定		定点測定	平均値	設計板厚の80%以下の分布率	半径60mm範囲平均値の最小値	設置年度
	最小値	最大値	最小値				
1	9.2	9.6	-	9.5	0.0%	-	1994
2	8.9	9.5	-	9.3	0.0%	-	1994
3	9.0	9.5	-	9.4	0.0%	-	1994
4	5.0	8.6	-	8.3	1.1%	7.4	1965
5	9.0	9.5	-	9.3	0.0%	-	1986

設置年度	1965	1994
設計板厚	9.0	9.0
設計板厚の80%	7.2	7.2
最小値	5.0	8.9
半径60mm範囲の最小平均値	7.4	-

ア 測定結果一覧表

次の(ア)及び(イ)の事項について一覧表を作成する。

(ア) 板1枚毎の板厚の最小値、最大値の一覧表を作成する。アニュラ板については、側板内面から500mm幅の平均値

を記載する。

(イ) 板の取替等の履歴がある場合には、その旨備考欄に記載する。

イ 板毎の板厚分布図（色分け表示したもの）

底板の配列に従い、各板毎に厚さと対

板ごとに色表示されたデータの例

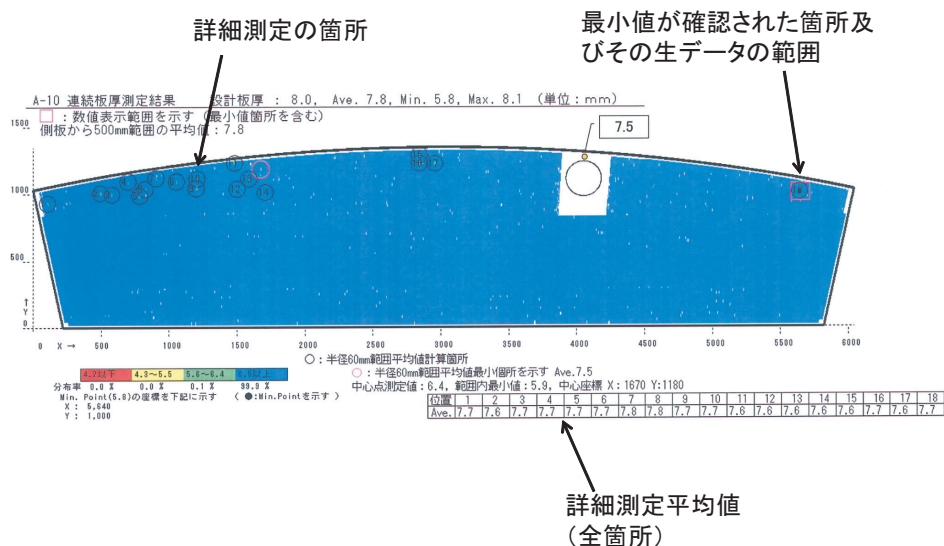


図 4-1 板厚分布 (色分け表示) 例

応じた色表示をする。色の表示は、設計板厚等に対する測定板厚の割合を示すものとする。また、次の(ア)及び(イ)については、詳細測定の範囲を示し、詳細測定平均値を表示する。

(ア) 最小値が確認された箇所とその部分の測定値

(イ) 測定値が最小厚さ (旧法タンクは設計板厚) の80%以下の箇所

ウ 板毎の板厚詳細データ (数値データ)
 板毎に最小値を測定した箇所の板厚測定値を次の(ア)又は(イ)により記載する。

(ア) 最小値が、最小厚さ (旧法タンクは設計板厚) の80%を超える場合は、次のデータを表示する。

- ① 最小値が確認された箇所を含む板厚測定値
- ② 最小値の測定箇所が複数ある場合は、そのうちの任意の1箇所
- ③ 表示する範囲は、50mm×50mm

程度

(イ) 最小値が最小厚さ (旧法タンクは設計板厚) の80%以下の場合は、次のデータを表示する。

- ① 最小値が確認された箇所を含む板厚測定値
- ② 最小値箇所が複数ある場合は、詳細測定部の平均値が最小の箇所1箇所
- ③ 表示する範囲は、120×120mm程度 (またはφ120)

エ 定点測定データ

27号通知では、連続板厚測定装置で測定できない加熱コイル、ルーフサポート、受け払い配管、当て板等が設けられている測定箇所については、定点測定法による板厚測定を実施する必要があると規定されている。

したがって、報告書にも定点測定を実施した位置とその板厚測定データを記載

する必要がある。連続板厚測定装置により未測定となる定点測定データの取扱いについては、5.(2)で述べる。

(6) 記録書の作成

以下の事項を記載して記録書を作成する。

- ① 測定タンクを特定する事項
- ② 測定者及び測定年月日
- ③ 対比試験片による測定性能の確認データ（始業、終業点検記録）
- ④ 連続板厚測定装置名及び製造者
- ⑤ 測定装置及び探触子の型式番号
- ⑥ 測定範囲、測定条件及び感度調整等の測定装置の設定条件
- ⑦ 始業点検、測定中及び測定後に実施した測定装置の性能確認データ
- ⑧ 連続板厚測定の結果
 - i 連続板厚測定の画像データ
 - ii 連続測定装置の板厚記録

5. 連続板厚測定を行った場合の板厚未測定となる箇所の取扱い

27号通知には、加熱コイルや受け払い配管、当板等が設置されていることにより連続板厚測定装置を用いた板厚測定ができない箇所や不表示・異常表示部（再度、連続板厚測定を行わなかった場合）については、定点測定法による板厚測定を実施することとされている。

ここでは、超音波探傷法による連続板厚測定装置を用いた場合における、板厚未測定となる箇所の取扱いについて解説する。

(1) 未測定となる箇所

連続板厚測定装置により、板厚未測定となる箇所は、以下のものが考えられる。

- ア 付属物（加熱コイル、受け払い配管、ミキサー、ドレンノズル等）により、装置が入らない箇所
- イ 溶接線の近傍

- ウ 当板及び保護板の上面
- エ 不表示または異常表示部

(2) 未測定となる箇所の取扱い

ア 定点測定の要否

上記(1)で示した板厚未測定となる箇所については、定点測定法による板厚測定を実施することとされているが、未測定となる部位や面積により板厚測定は不要として取り扱っている箇所がある。定点測定の要否の取扱いについて以下に示す。

(ア) 定点測定が必要な箇所

【アニュラ板】

- ① 側板×アニュラ板溶接線近傍において、幅20mm以上で連続的に未測定となる箇所
- ② 加熱コイル、受け払い配管、ドレンノズル等の付属物により、連続板厚測定装置が入らないため未測定となる箇所（面積に関わらず全ての箇所測定）

【底板】

- ① 加熱コイル、ルーフドレン等の付属物により、連続板厚測定装置が入らないため、板1枚当たり1/3以上の面積をもって未測定となる箇所

【その他】

- ① 当板の上面（ただし、連続板厚測定をしていない場合）
 - ② 不表示または異常表示部において、60mm×60mm以上の面積を有する箇所
 - ③ 腐食が認められる箇所
- #### (イ) 定点測定を必要としない箇所

【アニュラ板】

- ① 側板×アニュラ板溶接線近傍において、幅20mm未満で連続的に未測定となる箇所

- ② アニュラ板×アニュラ板、アニュラ板×底板の溶接線近傍

【底板】

- ① 底板×底板の溶接線近傍
- ② 加熱コイル、ルーフトレン等の付属物により、連続板厚測定装置が入らないため、板1枚当たり1/3未満の面積で未測定となる箇所

【その他】

- ① 保護板の上
- ② 当板、保護板の溶接線近傍
- ③ 不表示または異常表示部において、60mm×60mm未満の面積の箇所

以上のことをまとめると、図5-1のとおりとなる。

イ 定点測定の方法

27号通知では、定点測定法は、昭和52年3月30日消防危第56号による方法とさ

れているが、昭和54年12月25日消防危第169号による方法でも差し支えない。

ウ 定点測定結果の評価

ここでは、5. (2)ア(ア)に示した定点測定が必要な箇所の板厚測定結果の評価方法について述べる。

定点測定した結果は、部位によって17号通知による連続測定の評価（以下「連続評価」という。）と、平成11年6月15日消防危第58号による定点測定の評価（以下「定点評価」という。）と区別するものとし、連続評価をする箇所と定点評価する箇所を、以下のとおりとする。

連続板厚測定装置による板厚未測定となった箇所のうち、広い面積をもって未測定となった箇所は、定点評価を行うことが基本となる。

(ア) 連続評価をする箇所

【アニュラ板】

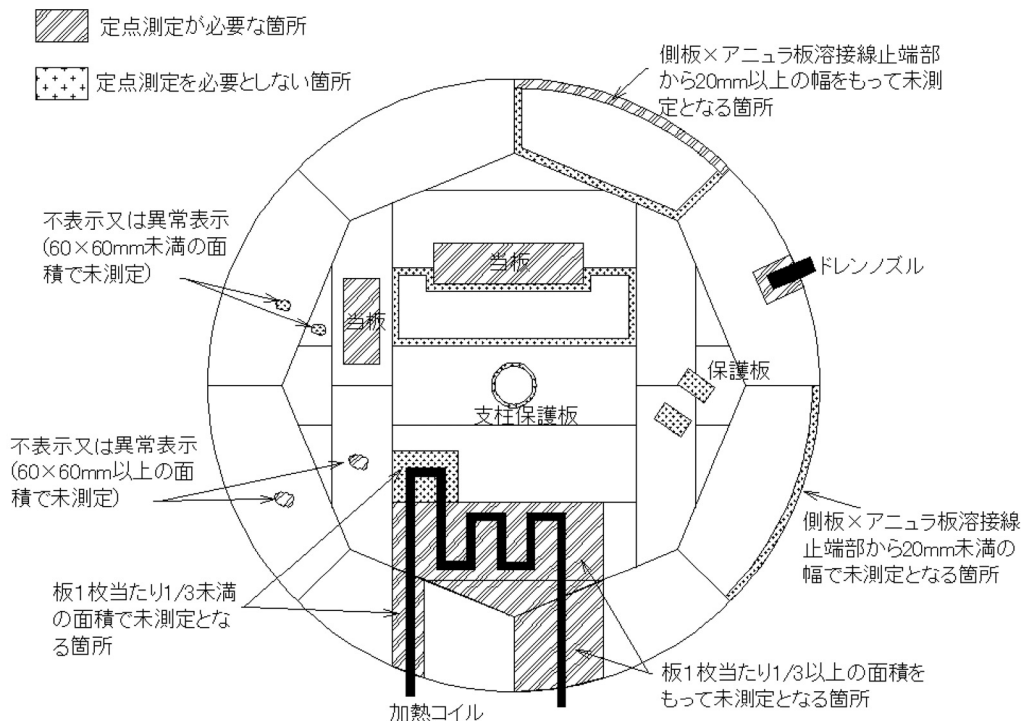


図5-1 定点測定が必要な箇所と必要としない箇所の区分

- ① 側板×アニュラ板溶接線近傍において、幅20mm以上で連続的に未測定となる箇所
- ② 加熱コイル、受け払い配管、ドレンノズル等の付属物により、連続板厚測定装置が入らないため未測定となる箇所（ただし、未測定範囲が板1枚当たり1/3未満の場合）

【その他】

- ① 不表示または異常表示部において、60mm×60mm以上の面積を有する箇所
- (イ) 定点評価をする箇所

【アニュラ板】

- ① 加熱コイル、受け払い配管、ドレンノズル等の付属物により、連続板厚測定装置が入らないため未測定となる箇所（ただし、未測定範囲が板

1枚当たり1/3以上の場合）

【底板】

- ① 加熱コイル、ルーフドレン等の付属物により、連続板厚測定装置が入らないため、板1枚当たり1/3以上の面積をもって未測定となる箇所

【その他】

- ① 当板の上面（ただし、連続板厚測定をしていない場合）

その他、定点測定が必要な「腐食が認められる箇所」については、その部位に応じて、評価方法を判断するものとする。また、5. (2)ア(イ)に示す定点測定を必要としない箇所を事業所の判断で定点測定している場合は、その結果を連続評価として扱うものとする。

連続板厚測定装置により未測定となる箇所を定点測定した場合の評価をとりま

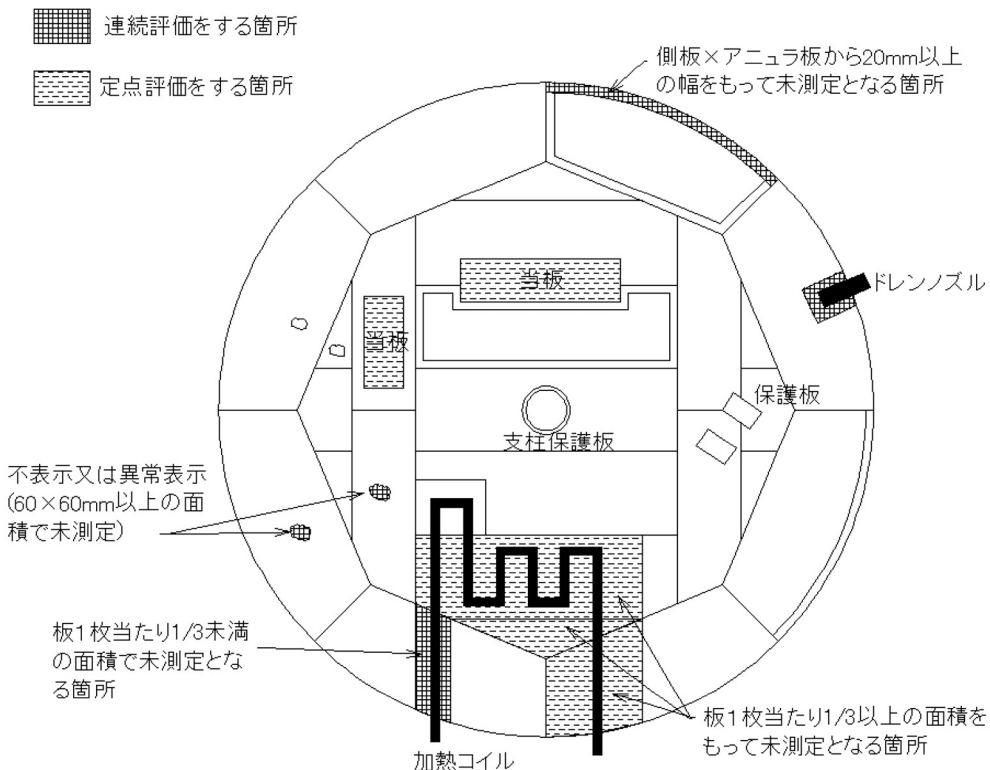


図5-2 定点測定が必要な箇所の評価方法

表5-1 連続板厚測定による未測定箇所を定点測定した場合の評価

部位		定点測定 の要(○)・不要(×)	評価方法
ア ニ ユ ラ 板	側板×アニユラ板溶接線近傍(幅20mm以上で未測定)	○	連続
	側板×アニユラ板溶接線近傍(幅20mm未満で未測定)	×	—
	アニユラ×アニユラの溶接線近傍	×	—
	アニユラ板×底板の溶接線近傍	×	—
	ドレンノズル、加熱コイル等付属物により装置が入らない箇所(板1枚当たり1/3以上の面積で未測定となる箇所)	○	定点
	ドレンノズル、加熱コイル等付属物により装置が入らない箇所(板1枚当たり1/3未満の面積で未測定となる箇所)	○	連続
底 板	底板×底板溶接線近傍	×	—
	ルーフドレン、加熱コイル等付属物により装置が入らない箇所(板1枚当たり1/3以上の面積で未測定となる箇所)	○	定点
	ルーフドレン、加熱コイル等付属物により装置が入らない箇所(板1枚当たり1/3未満の面積で未測定となる箇所)	×	—
そ の 他	当板または保護板溶接線近傍	×	—
	当板上部(ただし、連続板厚測定をしていない場合)	○	定点
	保護板上部	×	—
	不表示・異常表示部(面積が60mm×60mm以上)	○	連続
	不表示・異常表示部(面積が60mm×60mm未満)	×	—
	腐食が認められる箇所	○	部位に応じる

とめると、図5-2と表5-1のとおりとなる。

(ウ) 測定板厚平均値の算出

連続板厚測定装置により未測定となり定点測定した箇所においても、測定板厚平均値の算出が必要となる。測定板厚平均値の算出方法について述べる。

① 連続評価となる定点測定箇所

定点測定の結果、最小厚さ(旧法タンクにあつては設計板厚)に対し80%以下である測定値が得られた箇所については、当該箇所を中心に半径60mmの範囲における測定板厚の平均値を求める。

② 定点評価となる定点測定箇所

定点測定の結果、最小厚さ(旧法タンクにあつては設計板厚)に対し90%以下である測定値が得られた箇所については、当該箇所を中心に半径300mmの範囲における測定板厚の平均値を求める。

6. おわりに

日頃の現地審査にあたりましては、所轄の消防機関及び事業所の方々の多大なご協力に深く感謝し、ここで御礼を申し上げます。引き続きご協力をよろしくお願い申し上げます。本稿を特定屋外タンクの連続板厚測定のための資料としてご活用頂ければ幸いです。