



渦電流探傷試験の導入について

消防庁危険物保安室

1 はじめに

従来、特定屋外貯蔵タンク底部の溶接部検査は、磁粉探傷試験又は浸透探傷試験(以下「磁粉探傷試験等」という。)により行うことと定められており、磁粉探傷試験等の検査を実施するには前処理としてコーティングの剥離、検査実施後にコーティングの再塗装を行う必要がありました。一方、渦電流探傷試験(ECT)はコーティング上から試験を行うことが可能であることから、特定屋外貯蔵タンク底部の溶接部検査への活用について、関係団体から望まれていたところです。

このことを踏まえて、令和6年度に消防庁では、新技術を活用した屋外貯蔵タンクの効果的な予防保全に関する調査検討会(以下「検討会」という。)を開催し、検討を進めました。その結果、渦電流探傷試験が特定屋外貯蔵タンクの保全手法として有効であることが確認できたことから、令和7年12月23日に「危険物の規制に関する規則の一部を改正する省令」を公布し、さらに同日、渦電流探傷試験の具体的な取扱いや運用方法を示すため、「危険物の規制に関する規則の一部改正に伴う屋外貯蔵タンクにおける渦電流探傷試験に関する運用について」(以下「消防危第257号」という。)を発出したところです。これらにより渦電流探傷試験を特定屋外貯蔵タンク底部の溶接部検査へ適用することが可能となりましたので、紹介します。

2 渦電流探傷試験を適用できる法定検査等について

新設並びに取替補修、重ね補修及び溶接部補修により新たに施工された底部の溶接継手については、従来の磁粉探傷試験等により、危険物の規制に関する規則(昭和34年総理府令第55号。以下「規則」という。)第20条の8第2項又は第3項の合格の基準に適合させる必要があります。そのため、消防法(昭和23年法律第186号。以下「法」という。)第11条の2に基づく完成検査前検査、法第14条の3に基づく保安検査、法第14条の3の2に基づく内部点検において、渦電流探傷試験の適用の可否は表1の通りとなります。

	渦電流探傷試験の適用可否
完成検査前検査	適用不可
保安検査	既存の溶接継手に対しては適用可能
内部点検	適用可能

表1 渦電流探傷試験の法定検査等への適用について

3 保安検査等において渦電流探傷試験を適用できる底部溶接継手について

特定屋外貯蔵タンクの側板とアニュラ板(アニュラ板を設けないものにあつては底板)、アニュラ板とアニュラ板、アニュラ板と底板及び底板と底板との溶接継手(溶接止端部から板厚の1/2までの熱影響部を含む。)について渦電流探傷試験を適用できるものとなりました。また、コーティングを有する底部溶接継手については、コーティングを剥離する必要がなく、コーティング上から渦電流探傷試験を適用できることが利点となります。なお、タンクの試験面にコーティングを有するものにあつては、当該コーティングが非磁性かつ非導電性であり、膨れ、割れ、剥離、傷又は異物の混入がないことがコーティング上から渦電流探傷試験を適用できる条件となっております。

4 渦電流探傷試験の合格の基準

渦電流探傷試験に関する合格の基準は規則第20条の8第4項に規定され、「試験の対象となる溶接継手を走査したときに生ずる電圧又は電流の値（電氣的信号に変換したものを含む。以下この項において同じ。）が、当該溶接継手を模した試験片に製作した基準となる傷（長さが4.0mm、深さが1.5mmである傷とする。）を走査したときに生ずる電圧又は電流の値を超えないこととする。」とされました。なお、判定の際は、試験の対象となる底部の溶接継手を走査した際に幾何学的効果から生じる検出信号、ノイズ信号等の疑似指示については可否の判定対象としないこととされています。

5 対比試験片について

底部の溶接継手を模擬し、判定の基準となる長さ4.0mm、深さ1.5mm、幅0.5mm以下の矩形スリット（以下「基準きず」という。）を作製した試験片を対比試験片といい、渦電流探傷試験を行ううえで最も重要なものとなります。渦電流探傷試験は一般的に、試験体（鋼材）の炭素含有量、合金含有量による金属結晶の違いにより検出信号に違いがあることがわかっています。そのため、対比試験片の材質は試験の対象となる特定屋外貯蔵タンクの鋼材と同じ鋼材とする必要があります。ただし、令和6年度の検討会を通して特定屋外貯蔵タンクに多く用いられている日本産業規格（以下「JIS」という。）G 3101「一般構造用圧延材（SS400）」、JIS G 3106「溶接構造用圧延鋼材（SM400A）」、JIS G 3115「压力容器用鋼板（SPV490Q）」の低炭素鋼については検出信号に影響が少ないことがわかりました。そこで対比試験片の材質は、特定屋外貯蔵タンクの材質とSM400等の一定の品質が保証された鋼板を比較して、基準きずの検出性に影響がない場合は、特定屋外貯蔵タンクの材質によらず、代表的な鋼板により代替してよいものとされています。

また、渦電流探傷試験は溶接継手の表面形状によりきずからの検出信号とノイズ信号の識別が不可能になると試験を正確に行えなくなります。そのため、対比試験片は試験の対象となる溶接継手の表面形状を模擬して作製し、対比試験片を用いて基準きずからの検出信号とノイズ信号が識別可能であることを確認する必要があります。溶接継手の表面形状の模擬については、今後、渦電流探傷試験が広く普及し、データが集まることにより機械加工等により溶接継手の表面形状を模擬することも可能と考えられます。

コーティングを有する特定屋外貯蔵タンクについては対比試験片にもコーティング厚さを調査し、模擬することとされました。これは、コーティングによるリフトオフ（試験面とプローブとの間隔が広がること。）効果のため渦電流探傷試験の検出信号が低下することから、対比試験片においてもコーティング厚さを試験面と同等以上とすることが求められるためです。また、エポキシ樹脂やビニルエステル樹脂等の非磁性かつ非導電性コーティングについては、非磁性かつ非導電性のテープ等により代替してもよいものとなっております。

6 渦電流探傷試験実施時の留意事項

渦電流探傷試験は図1のようにプローブと試験面に隙間が生じると、リフトオフ効果により検出信号が減少します。このことを防止するためには、試験時に試験面とプローブに間隔を生じないように走査することが重要となります。また、きずを検出した場合、図2に示すように、プローブの走査方向ときずが角度をなす場合（角度感度特性）やプローブの走査方向ときずの位置（オフセット感度特性）により検出信号が減少することがわかっているため、検出信号が最大となるようにプローブを走査し、きずを評価することや、きずからの検出信号を過少評価しないために、対比試験片（性能が確認された試験面）とタンクの試験面が図3の関係にあることが重要となります。図3の関係については渦電流探傷試験が普及し、データが集まることにより代表的な対比試験片により多くの特定屋外貯蔵タンクの試験面が網羅されることが期待されます。

特定屋外貯蔵タンクの試験面（溶接継手）の表面形状が荒く、ノイズ信号ときず信号の識別ができない場合は、渦電流探傷試験を適用するために、特定屋外貯蔵タンクの試験面（溶接継手）の表面形状をグラインダー等で研削することが想定されます。グラインダー等により研削を行う場合は、必要以上に重ね継手の研削を行わないことが重要となります。これは過去に図4に示すように、必要以上に研削を行った結果、のど厚不足となり、溶接継手の破断に繋がった事例があるためです。

消防危第257号では「渦電流探傷試験を実施時に渦電流探傷試験の適用が困難な場合又は検出信号の評価若しくは判定に疑義が生じる場合は、磁粉探傷試験等により試験を行うこと。」とされています。この適用が困難な場合は、溶接継手

の表面形状によりきずからの検出信号が検知できない場合や、きずからの検出信号とノイズ信号の識別が不可能な場合等が想定されます。検討会では、きず検出信号とノイズ信号が識別できる定義として、「SN比6dB以上、又は位相角10°以上である探傷器とプローブ」と示しています。これは探傷器とプローブの性能の向上により変化するものであり、あくまで一つの目安となります。

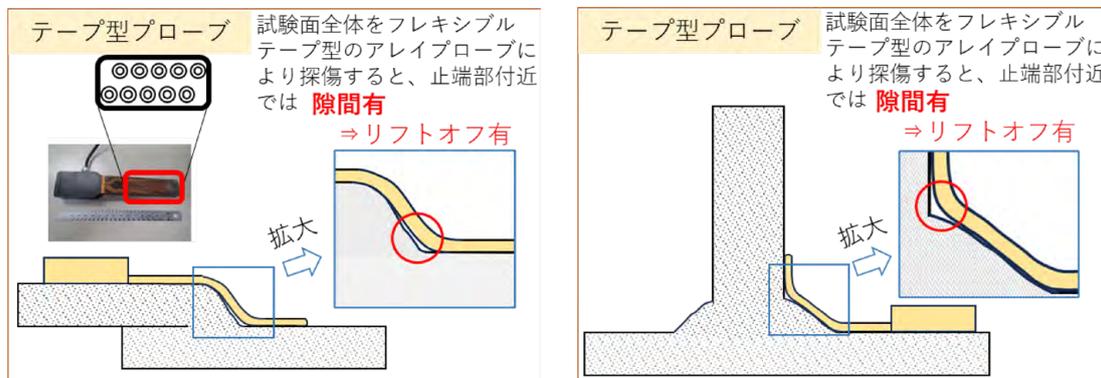


図1 テープ型プローブのオフセットの例

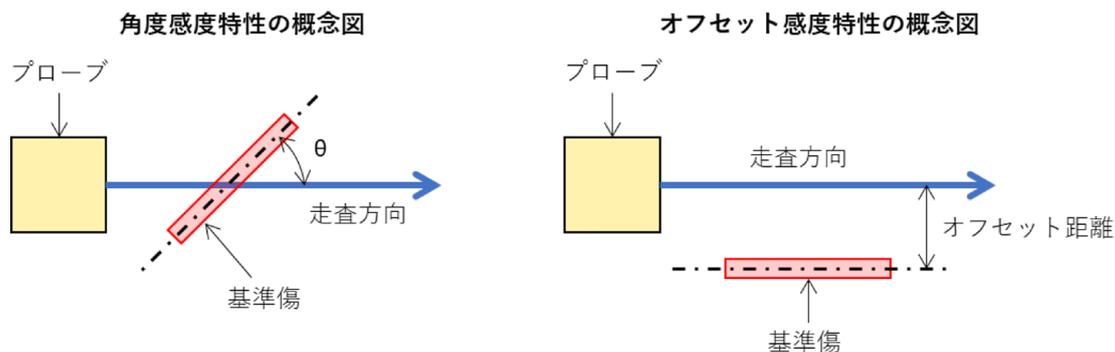


図2 プローブときずの位置関係

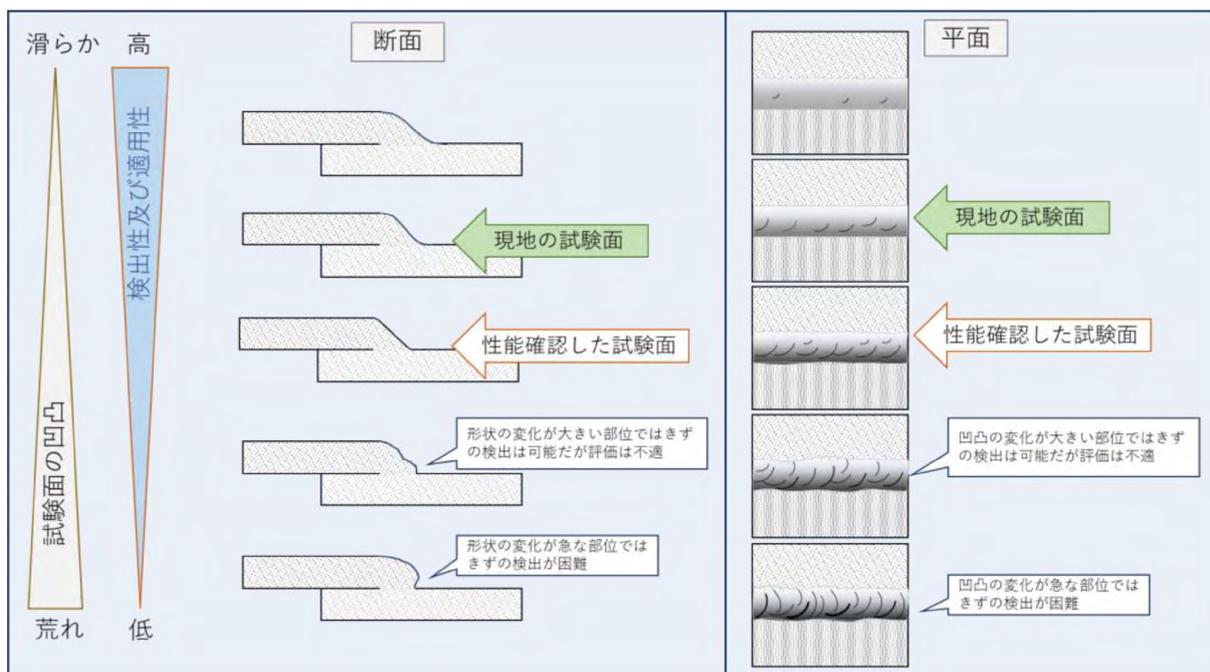


図3 重ね継手の形状による対試験片との概念図

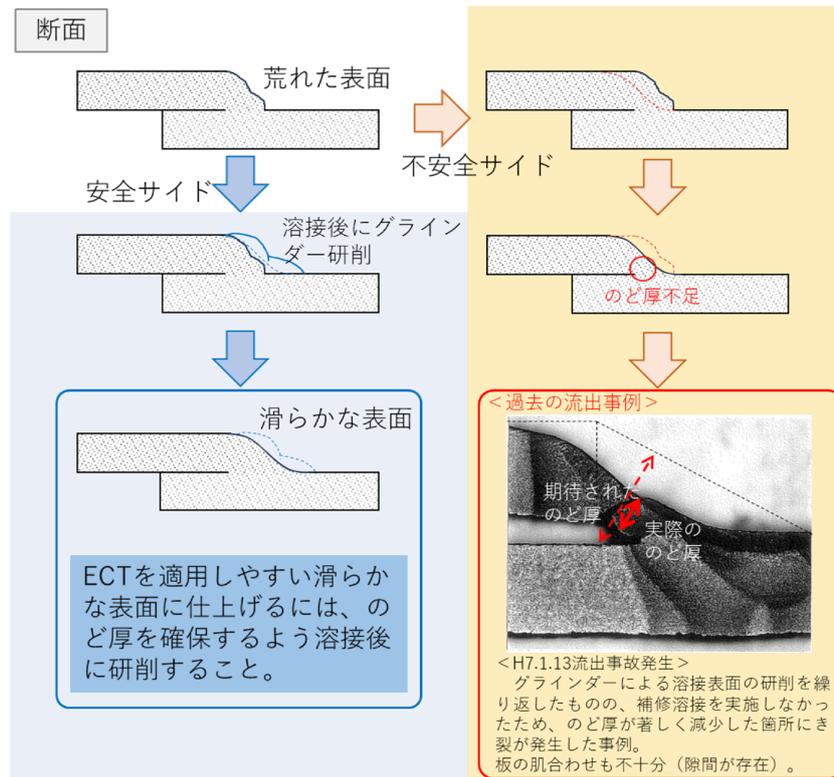


図4 溶接継手の表面の概念図

7 渦電流探傷試験の課題と展望

アルミニウム合金又はステンレス鋼製の特定屋外貯蔵タンクの場合、条件の違いにより検出信号へどのような影響があるかは現時点では明確になっておりません。アルミニウム合金又はステンレス鋼製の特定屋外貯蔵タンクへ渦電流探傷試験を適用する場合は、基準きずの幅、角度感度特性、オフセット感度特性、リフトオフ感度特性、溶接継手の表面形状に対する影響等をそれぞれ確認し、渦電流探傷試験を適用する条件を検討する必要があります。また、コーティングが伝導性、磁性体である場合の影響についても現時点では明確になっておりません。そのようなコーティングを有する特定屋外貯蔵タンクに渦電流探傷試験を適用する場合においても、渦電流探傷試験を適用する条件を検討する必要があります。

渦電流探傷試験は磁粉探傷試験等と異なり、デジタルアーカイブが可能です。渦電流探傷試験が広く普及し、大量のデータが集まり、それらを解析することにより、判定業務の自動化(AI化)や、試験の自動化等の省人化について検討が進められていくと考えられます。