

超音波探傷試験における新しい傷深さ測定手法（SPOD 法）を開発

【従来の超音波探傷技術】

超音波探傷試験により、配管外面から内面の傷の深さを正確に測定（深さサイジング）する場合、これまでは、斜角探触子（センサ）により超音波を入射し、傷の端部からの回折波を利用する「端部エコー法」や、1970年代後半に考案された「TOFD法^{注1}」が一般的に用いられてきた。

「端部エコー法」では、傷に超音波を入射し、傷の端部からの回折波と開口部からの反射波によるエコーがそれぞれ最大となる探触子の位置を探し（図1）、回折波および反射波のビーム路程を求め、深さサイジングが行われる。回折波は微弱であるため、他のノイズと識別しながら、正確に回折波によるエコーが最大となるときのビーム路程を求めるにはかなりの経験と技量が必要とされる。

一方、「TOFD法」では傷が中心となるように探触子を配置し（図2）、探触子接触面の表面を伝搬する表面波と傷の端部からの回折波のビーム路程から深さサイジングをすることができる。この手法では、「端部エコー法」のような、探触子を動かす作業は不要である。しかしながら、沸騰水型軽水炉原子力発電プラントの再循環系配管のような厚肉のステンレス鋼製配管に適用した場合、回折波の検出が困難である。

【新しいSPOD法】

「端部エコー法」および「TOFD法」が発明されて以降、既に約30年が経過しているが、現在に至っても上記の課題は解決されていない。そこで、当研究所では、新しい傷深さサイジング手法である「短経路回折波法（Short Path of Diffraction＝SPOD法）」を開発した。この手法の特徴は、斜角探触子により傷に超音波を入射し、傷からの回折波を傷直上に配置した垂直探触子で受信することである（図3）。受信されるエコーは、直接傷上方に伝搬する成分（図3の①）と、底面で反射されて上方に伝搬する成分（図3の②）によるエコーであり、これらのエコーの時間差から容易に深さサイジングを行うことができる。また、TOFD法の適用できない厚肉のステンレス鋼製配管のためにも適用することが可能である。

【SPOD法の特徴】

当研究所が新しく開発した「SPOD法」については、現時点までに当研究所における「ステンレス配管溶接部の超音波探傷試験を対象とした基礎実験」により、以下の特徴が確認されている。

- 微弱な回折波をより短いビーム路程で受信できるため、原理的に「端部エコー法」および「TOFD法」より傷検出感度は高い。
- 「端部エコー法」および「TOFD法」に比べて極めて簡単な計算式で傷の深さを求めることができる。
- 深さサイジングは「端部エコー法」に比べて簡便であるため、短時間に傷深さを求めることが可能である。（5分から1分へ）^{注2}。
- 「TOFD法」が適用できないステンレス鋼製などの厚肉構造物に適用が可能である。
- 測定時間が短く、端部エコー法の設備が流用できることから、測定コストとしては「端部エコー法」および「TOFD法」に比べて低廉になる。

本手法は当該配管に限らず、火力発電プラントや石油プラントの配管、さらには各種機器、橋梁などの大型鋼構造物の超音波探傷試験にも十分適用することができる。

【今後の予定】

今後の予定は以下の通りである。

- 当研究所が既に開発している超音波伝搬シミュレーションにより、「SPOD法」の測定条件を最適化し、更なる探傷精度（SN比）の向上を図る。
- 板や直管以外の「TOFD法」が適用できない部位（配管の曲がり部）などへの適用性を明らかにする。
- 実機で発生が確認されている応力腐食割れ（SCC）などの傷に対する適用性を明らかにする。

以 上

注1) 一番古くからある「端部エコー法」の起源は定かではないが、傷の深さサイジングに端部エコーをより積極的に活用する「TOFD法」は、1970年代後半に英国にて研究開発が開始され、1993年には英国において規格化された。

注2) 「端部エコー法」では、回折波と反射波によるエコーがそれぞれ最大となる位置を探し、その時間差を求めるという煩雑さがあるのに対し、「SPOD法」では、2つのエコーの時間差のみを測定すればよい。

※以下 参考情報

1. その他の超音波探傷技術～「フェーズドアレイ法」

超音波探傷技術としては、上記に加え、検査対象物内部の任意の点に超音波ビームを集中させることができる特殊な探触子（フェーズドアレイ探触子）を用いて測定する「フェーズドアレイ法」がある。この方法による探傷では傷の「位置」については正確に測定できるものの、正確な「深さ」の測定には経験が必要である。

しかし、特により厳密に傷の位置特定をする必要がある場合には、「TOFD法」と併用して、「フェーズドアレイ法」を用いることが好ましい。

このため、当所では、これまで別個に実施されていた「TOFD法」と「フェーズドアレイ法」を同時に実施可能な「高性能多機能超音波探傷装置」を既に開発し、現場における非破壊検査作業の一層の高精度化・短時間化を目指してきた。（添付資料参照「電中研ニュース404号」）

2. 非破壊検査に関わる社会的状況について

沸騰水型軽水炉原子力発電所の再循環系配管内面から発生する溶接熱影響部の応力腐食割れ（SCC）に対する配管外面からの超音波探傷試験では、2003年より（社）日本機械学会「発電用原子力設備規格・維持規格」を適用するために、SCCの深さサイジングが義務づけられるようになった。

これまで、超音波探傷試験を含む種々の検査員の技量認証は「JIS Z 2305」に準拠して（社）日本非破壊検査協会により実施されてきた。しかしながら、SCCの深さサイジングには検査員に相当の経験と技量が要求され、それにより結果が左右されてしまうなど、上記の技量認証では不十分であった。このことから、維持規格が正しく適用されるためには、検査装置、手順書、検査員の3つが適切に揃って十分な性能を発揮することを実証する仕組みが導入されることとなった。

このため現在、この3つをまとめて認証するため、「PD認証制度」(PD：性能実証 **Performance Demonstration**の略) が2005年中を目途に民間主体で構築される見通しである。

なお、制度構築にあたっては、中立性、透明性およびPD関係機関の独立性が保たれることが前提となるが、日本非破壊検査協会規格「超音波探傷システムの性能実証における技術者の資格及び認証」が制定され、認証機関には(社)日本非破壊検査協会、資格試験機関および試験センターには(財)電力中央研究所、研修センターには、(財)発電設備技術検査協会が、候補にあがっている。

当研究所は、今後ともこうした「PD認証制度」構築に積極的に関与していくとともに、上記のような新しい探傷手法についても、鋭意研究開発に取り組んでいく予定である。

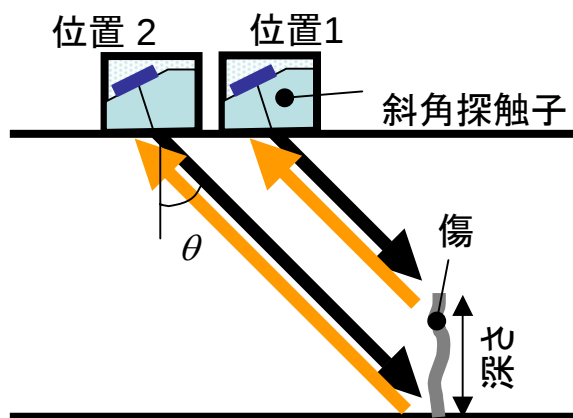


図1 端部エコー法による傷高さ測定

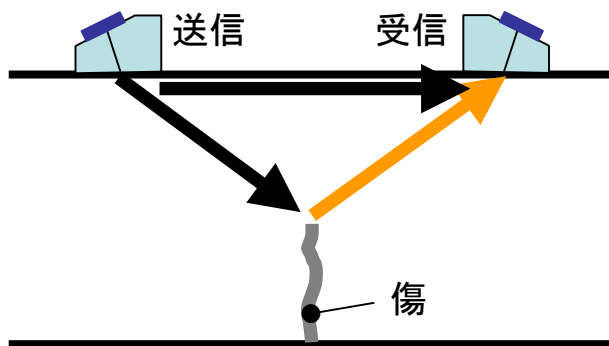


図2 TOFD法による傷高さ測定

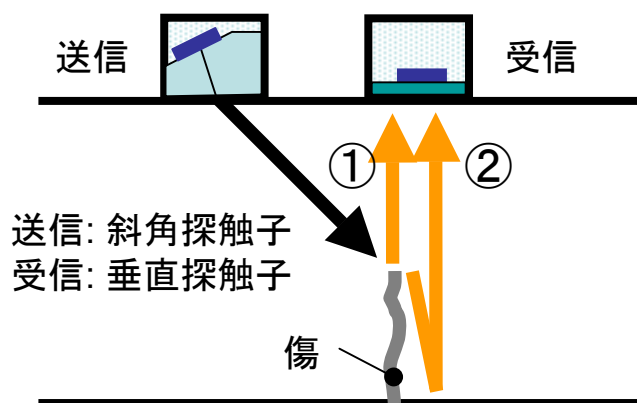


図3 SPOD法による傷高さ測定