

超音波

Ultrasonic
Technology

TECHNO

2018
11
12
VOL.30
No.6

特集: ①超音波技術の継承 ②超音波計測技術
③レーザー超音波の革新性

SAFETY & CLEAN

人と地球の
環境のために

高機能炭化水素系洗浄剤

NSクリーン®

レーザー超音波可視化探傷で検査の効率化を促進

つくばテクノロジー㈱ 高坪 純治・王 波・劉 小軍・鈴木 修一・齊藤 典生

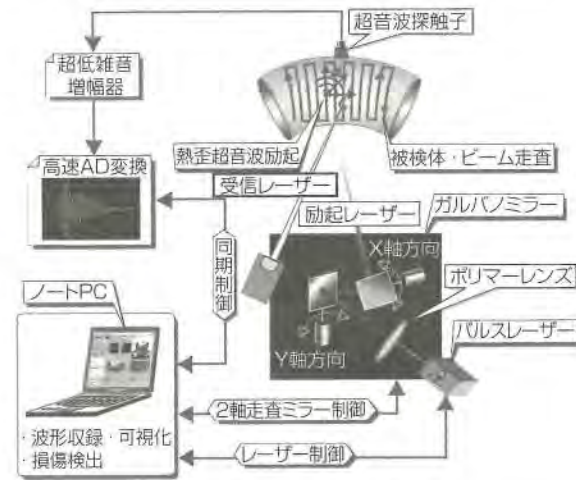
1. はじめに

レーザー超音波可視化探傷^{(1)~(6)}とは、検査体表面を伝わる超音波をその場で動画映像として可視化し、映像に現れる波の乱れから欠陥や異常の有無を検出・判定する検査方法である。超音波が伝わる様子を自分の目で確かめながら検査することができるので、傷エコーの見逃しや誤認が減り、また、レーザーを非接触で走査するので複雑形状部位や広い検査領域を効率的に検査できるという特長を有している。パルスエコー法に代表される従来の超音波探傷法が深さ方向の局所検査に優位性を発揮するのに対して、本探傷法は面方向の広範囲検査に優位性を発揮する。本稿では、「効率的検査」をキーワードとしてレーザー超音波可視化探傷による検査事例を紹介する。

2. 可視化方法

当社が開発したレーザー超音波可視化検査装置LUVI (Laser Ultrasonic Visualizing Inspector) は、受信側のレーザーではなく、発振側のレーザーを走査して超音波伝搬映像を計測するという点に特徴がある。発振側のレーザーには入射角や焦点距離に殆ど制限がないので、どのような複雑形状物体でも高速で超音波伝搬映像を計測できる。この逆転の発想により、現場でのその場計測が可能になった。

可視化システムの構成図とレーザー超音波可視化検査装置LUVIをそれぞれ第1図および第2図に示す。パルスレーザーから周期的に発振されたレーザー光を検査体表面で高速走査させる。各走査点では急峻な熱ひずみの発生によって超音波が発生し、その伝搬波形を固定点に取り付けた超音波探触子で検



第1図 可視化システムの構成図



第2図 レーザー超音波可視化検査装置 (LUVI)

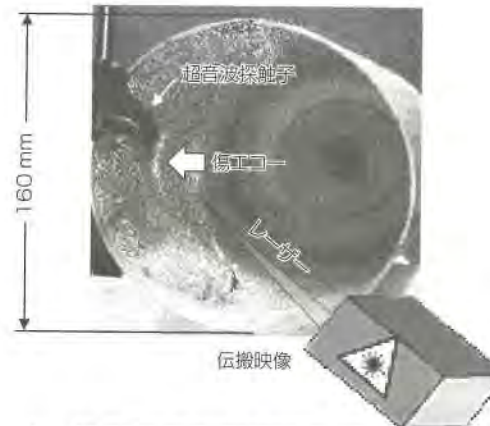
出する。非接触受信のときは超音波探触子の代わりにレーザープローブ (レーザードップラー振動計) を用いる。検出波形はA/D変換されてパソコンに収録される。収録された波形列を再構成して固定点の超音波探触子から発振された超音波の伝搬映像を

パソコン画面上に動画表示する。動画映像の他にも最大振幅画像やBスコープ画像など様々な解析画像を表示することができる。ガルバノミラーと高速デジタル走査を利用した同期システムにより、レーザー走査速度は最大8000照射点/秒を達成している。例えば、標準的な200×200走査点の計測を走査速度4000照射点/秒で行えば、わずか10秒のレーザー走査で動画映像を取得できる。

3. 可視化検査例

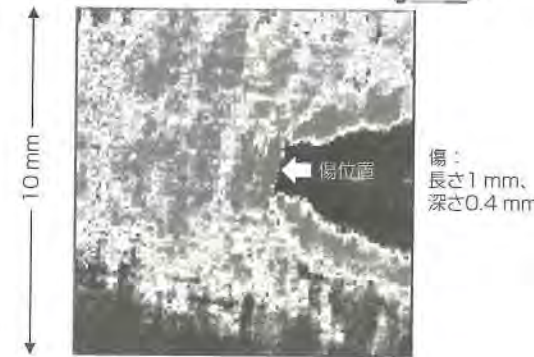
3-1 曲面部の検査

圧力容器内壁を伝搬する超音波を可視化した例を第3図に示す。シリンダ内壁のような円筒内面を従来の方法で検査しようとすると同様な時間が掛かることが予想されるが、LUVIを利用すればレーザーを斜めから入射して検査できるので、わずか数10秒のレーザー走査で第3図の測定結果 (超音波最大振幅図) が得られる。最大振幅図に示す傷位置で超音波の振幅に大きな変化が現れていることが分かる。



傷部詳細 (最大振幅図)

第3図 圧力容器内壁の検査



傷：
長さ1 mm、
深さ0.4 mm

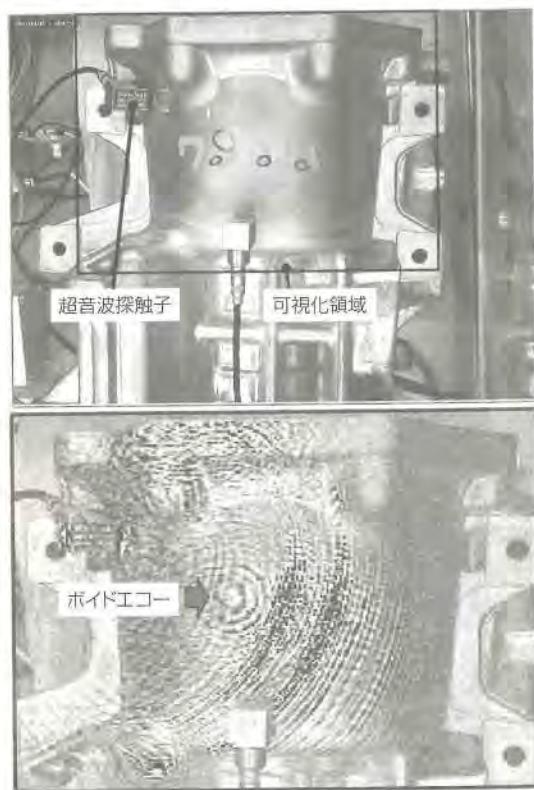


第4図 スクリューの微視亀裂

スクリュー付け根部の超音波伝搬映像を第4図に示す。目視ではき裂を観察することができないが超音波伝搬映像では、小さな放射円状のき裂エコーがたくさん観察されている。このような複雑曲面形状部でも容易に検査ができる。

自動車トランスミッションケース (アルミ鋳造品) の超音波伝搬映像を第5図に示す。ミッションケース左上に斜角探触子を取り付け、表面をレーザー走査すれば探触子から発振された超音波の伝搬動画映像を測定することができる。内部にボイドがあれば、そこから、まるで水面から泉が湧き出るような波紋が観察されるので、ボイドを容易に検出できる。

第6図に、ベアリング玉を伝わる超音波の伝搬映像を示す。超音波センサ表面に水滴を垂らし、その上にベアリング玉を載せて側面からレーザー走査するだけで超音波の伝搬映像を取得できる。LUVIで



第5図 自動車トランスミッションケースのボイド検査例



第6図 ベアリング玉の検査

はこのような剛球の検査も可能である。

3-2 溶接部の検査

溶接部は欠陥エコーだけでなく多くの擬似エコーが発生するが、超音波伝搬映像を見ながら検査すれば擬似エコーと欠陥エコーを識別し易くなり、欠陥の見逃しや誤認を少なくすることができる。

第7図に原子力発電配管切断試験片の溶接部を伝わる超音波の可視化映像を示す。配管内面の溶接部近傍に応力腐食割れ (SCC) が発生している。溶接部界面からも超音波エコーが発生するので、従来のパルスエコー法による受信波形からはSCCエコーを



第7図 鋼橋溶接部の疲労亀裂検査

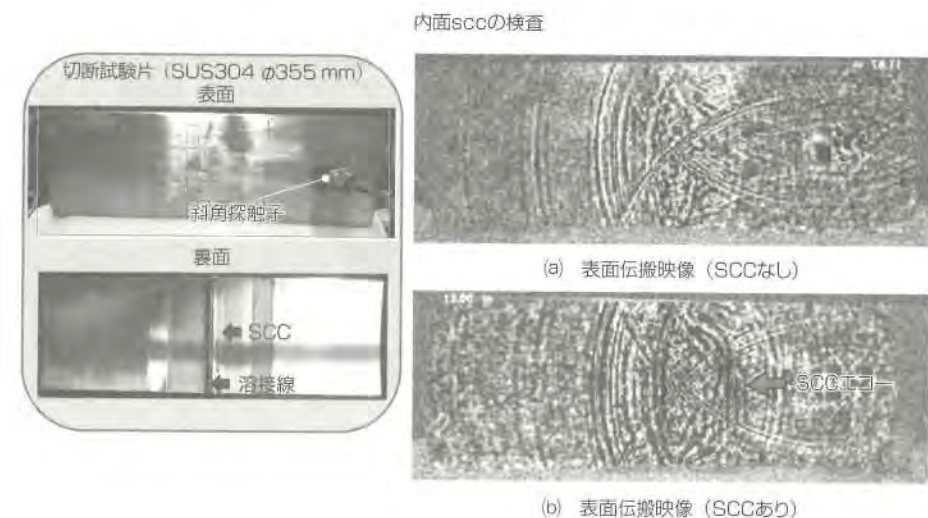
確認するのに時間を要するが、LUVIで測定した超音波伝搬映像で見れば短時間でSCCエコーを確認することができる。

第8図は、鋼橋の補剛材溶接部の疲労き裂エコーを検出した例である。通常は、塗装を剥がして磁粉探傷で検査しているが、LUVIを使用すれば塗装を剥がさずに検査できる。検査結果 (き裂の位置と長さ) は両手法で良く一致した。

3-3 接着接合面の検査

特に最近、検査ニーズが急増しているのが、接着・接合面の検査である。通常のLUVI試験では、超音波を面方向に伝搬させて、反射エコーの有無で欠陥を見つけ出すが、接着・接合面の検査では、検査体の裏面から表面に向けて超音波を伝搬させ、超音波伝搬強度の分布状態を見て接着・接合不良を検出する。

第9図は、鋼材を挟んでCFRP板を上下に接着したCFRP接着鋼板である。鋼板とCFRPの界面、およびCFRPの層間にはく離を模擬して6枚の四角なテフロンシートが埋め込まれている。超音波透過波の最大振幅画像にそれら6箇所のはく離部が観察されている。図には、レーザー走査21秒の結果とレーザー走査3秒の結果を比較して示しているが、わずか3秒のレーザー走査でも、はく離箇所が検出できている。



第8図 原子力発電配管のSCC (応力腐食割れ) エコー



第9図 工具ろう付け部の接着不良検査

また、第10図はダイヤモンド工具ロウ付け部の接着状態を検査した例である。超音波センサの上に検査体を載せ、接着界面を下から上に伝わる超音波を可視化した。接着不良があると、超音波は上に伝わって行かないので、接着界面を通過した後の超音波振幅分布を見れば、接着の良否を判定できる。ロウ付け部は直径1.5mmの非常に細い円柱になっているが、LUVIでは、このような細い物体でも検査可能である。

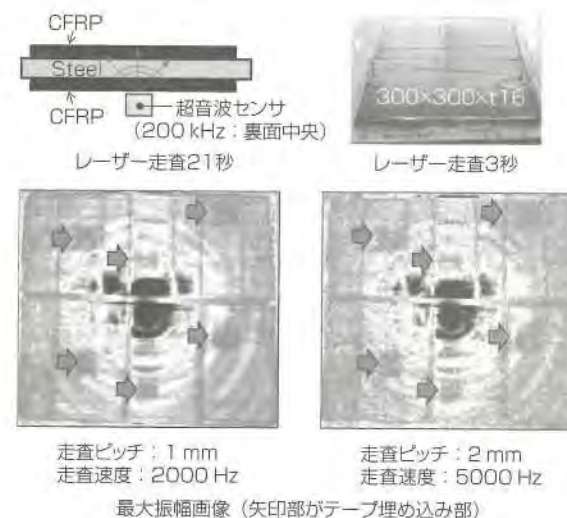


図10図 CFRP接着鋼板の超音波透過画像

4. おわりに

社会の安全・安心に対する意識の向上に伴い、非破壊検査の重要性が認識されるようになってきた。しかし、検査には時間と費用が掛かるため、多くの場合、抜き取り検査、あるいは重要な部位だけを検査しているというのが現状である。レーザー超音波可視化検査装置LUVIは広域検査を得意とし、また、これまで検査が難しかった、曲面複雑形状部や狭い部も効率的に検査できる。本装置を使って迅速にスクリーニング検査をし、異常箇所だけを時間を掛けて精密検査するという手法をとれば、より多くの部位を検査できるようになり、予期せぬ場所からの事故の発生や損壊を減らすことができる。LUVIが、社会の安全・安心を支える縁の下の力持ちとして世の中に貢献できることを願って、これからも研究開発を続けて行く所存である。

<参考文献>

- (1) 高坪純治：励起用パルスレーザー走査法による三次元物体表面を伝わる超音波の可視化、非破壊検査、57-4、pp.162-168 (2008)
- (2) 高坪純治：レーザー超音波可視化探傷技術の開発、非破壊検査、62-1、pp.35-39 (2013)
- (3) 齊藤典生・高坪純治・王波・劉小軍・鈴木修一・王曉東：レーザー超音波可視化検査技術による溶接部欠陥エコーの可視化、検査技術、20-10、pp.67-69 (2015)
- (4) 齊藤典生・高坪純治・王波・劉小軍・鈴木修一：レーザー超音波可視化技術による溶接部き裂の可視化、検査技術、Vol.21、No.11、pp.62-65 (2016)
- (5) 齊藤典生・高坪純治・王波・劉小軍・鈴木修一：レーザー超音波可視化検査装置の原理と適用事例、検査技術、Vol.22、No.2、pp.16-20 (2017)
- (6) 齊藤典生・高坪純治・王波・劉小軍・鈴木修一：レーザー超音波可視化検査装置の開発、超音波テクノ、Vol.29、No.4、pp.81-85 (2017)

【筆者紹介】

高坪 純治

つくばテクノロジー(株) 取締役

王 波

つくばテクノロジー(株) 代表取締役社長

劉 小軍

つくばテクノロジー(株) 取締役CFO

鈴木 修一

つくばテクノロジー(株) 常務取締役

齊藤 典生

つくばテクノロジー(株) 取締役

40年ぶりの改訂

新版 バルブ便覧

新版 バルブ便覧

社団法人 日本バルブ工業会

「バルブ便覧」は(社)日本バルブ工業会の編集により、1965年に初版が発行され、1969年の第4版以降、改定作業は行われず、長らく品切れとなっておりましたが、今日の最新の技術動向について幅広くとりあげた、本分野随一の内容を持つ書籍として40年ぶりに発行することとなりました。プラント関係企業、配管関係企業、管材関係企業、水道関係企業、空調関係企業等の技術者、及び、バルブを取り扱う商社、大学、その他公的機関の皆様にごぜひお勧めいたします。

フリーコール **0120-974-250**

編集：(社)日本バルブ工業会
B5判 888頁 定価10,000円+税

日本工業出版(株) 販売課

〒113-8610 東京都文京区本駒込6-3-26 TEL.0120-974-250 FAX.03-3944-0389
sale@nikko-pb.co.jp <http://www.nikko-pb.co.jp/>