

2016

試験・検査・評価・診断・寿命予測の専門誌

11

20th
おかげさまで
創刊20周年

検査技術

Inspection Engineering

Vol.21 No.11

特集: 最新の成分分析技術

製品ガイド: 超音波探傷器・システム

発行: 日本工業出版
<http://www.nikko-pb.co.jp/>

伝統と革新のゴラシド

RIDGID



無料デモ 受付中

日本エマソン株式会社
リッジ事業部
TEL: 03-5403-2951

設備の保守・点検に
管内検査カメラシステム(シーズネイク)
& 埋設管路探知器(シークテック)

EMERSON

We
Build
Reputations™

RIDGID

検査機器

レーザー超音波可視化技術による溶接部き裂の可視化

Visualization of Weld Cracks by Laser Ultrasonic Visualizing Technology

レーザー超音波可視化検査装置の溶接部検査への応用

つくばテクノロジー(株) 齊藤 典生・高坪 純治・王 波
劉 小軍・鈴木 修一

1. はじめに

産業インフラや社会インフラにおける検査のニーズは、ますます高まるばかりだが、現在の検査技術はそのすべてのニーズを満たすことは難しく、なかでも溶接部の検査は特に難しい検査と言える。

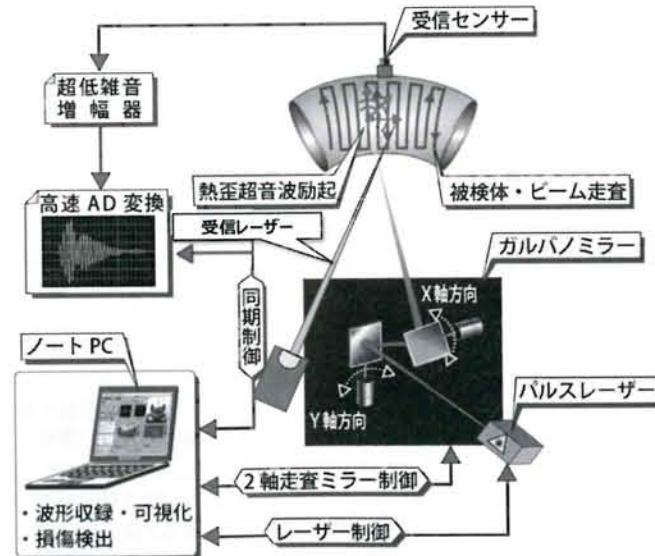
当社は、産業技術総合研究所の技術移転ベンチャーとして、新しい検査技術を研究開発、商品化するため独自に研究・開発を進めている。

ここでは、一般的なレーザー超音波法に対し

て、我々はレーザー光を対象物に高速スキャンし、そこから発生する超音波を画像化し、欠陥部を可視化して検査できる、世界初のレーザー超音波可視化技術を溶接部き裂に応用した新たな事例を紹介する。

2. レーザー超音波可視化検査装置 (LUVI)

レーザー超音波可視化技術を実現する「レーザー超音波可視化検査装置 (LUVI: Laser



第1図 レーザー超音波可視化検査装置 (LUVI) の構成図

Ultrasonic Visualizing Inspector)」の構成を第1図に示す。装置はパルスレーザー光源とそのレーザー光をスキャンするガルバノミラーと受信センサ、信号増幅器、ノートPCから成る。レーザーとガルバノミラーでパルスレーザー(最大出力2mJ、パルス幅: 2ns)を検査体表面に格子状に高速スキャン(最速2kHz)させる。すると、そこから熱ひずみによる微弱な超音波が発生する。その超音波信号を検査体に取り付けた受信センサ(あるいは非接触で受信する場合にはレーザープローブ)を用いて検出し、増幅器、A/D変換器を通して、パソコンに格納する。そして、これらのレーザー励起点から受信センサに向かう複数の超音波伝搬信号を超音波の相反定理より再構成することで、受信センサ部から発振される超音波の動画映像として画像化できる。ここで、我々のレーザー超音波可視化技術のポイントは、励起側のレーザーを走

査するため、レーザーの照射角度や焦点距離を一定に保持する必要がなく、三次元任意形状物体を伝わる超音波の伝搬映像を短時間で計測できることである。

3. レーザー超音波可視化検査装置の種類

レーザー超音波可視化検査装置 (LUVI) には受信センサを接触させる接触型製品(写真1)と、受信センサを接触させない非接触型製品(写真2)がある。

接触型と非接触型の違いは、接触型は受信センサを接触させてるので信号が大きくなるが、非接触型は受信センサを接触させることが難しい場合、例えば対象物が高温や高電圧の場合に効果を発揮する。

以下にLUVIの要点を示す。



写真1 接触型LUVI製品



写真2 非接触型LUVI製品

- ① 動画映像で見るので専門家でなくても分かりやすい。
- ② 非接触検査なので複雑形状物体（曲面、凹凸）でも検査が容易。
- ③ ミラーによる高速走査なので広い範囲を迅速に検査可能。
- ④ 検査体の形状が測定画像に記録され、欠陥位置の特定が容易。
- ⑤ 非接触検査なので、危険箇所（放射能、高温、高所）の検査に特に有効。

LUVIは、原子力発電用配管、自動車ミッションケース、LSIパッケージ、高電圧碍子、自動車ホイール、ロケット燃焼器、CFRP/GFRP部材、鉄道車軸、リチウムイオン電池など様々な対象物の欠陥検査へ応用が進んでいる。

4. 溶接線に平行なき裂と垂直なき裂の検出

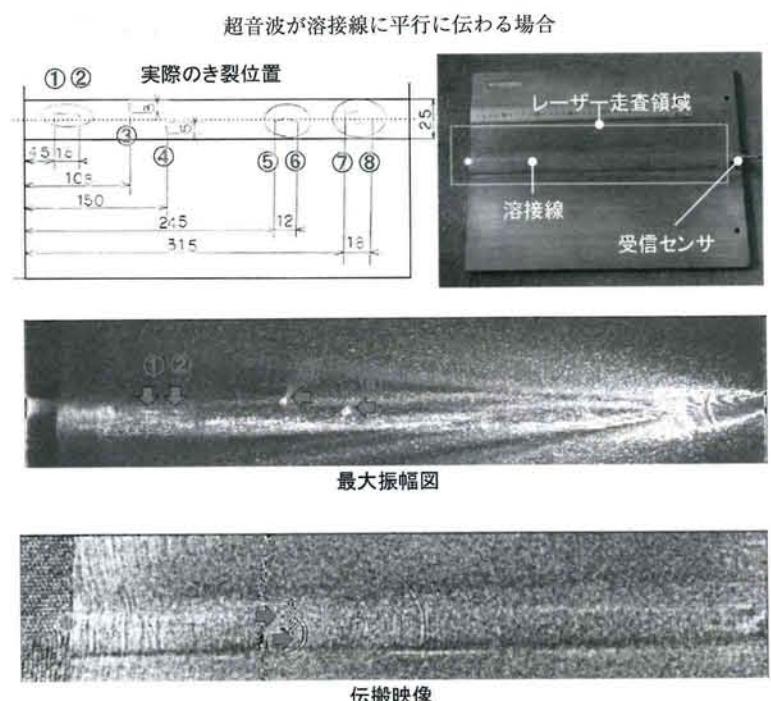
次に、レーザー超音波可視化技術の溶接部き

裂への応用事例として、溶接線に超音波を平行に伝わらせた場合と垂直に伝わらせた場合のき裂検出性能の違いを調べた。

第2図の上部に示す溶接試験片（400mm×300mm、板厚9mm）には溶接線に平行方向と垂直方向に①～⑧の8つの疲労き裂が入っている。

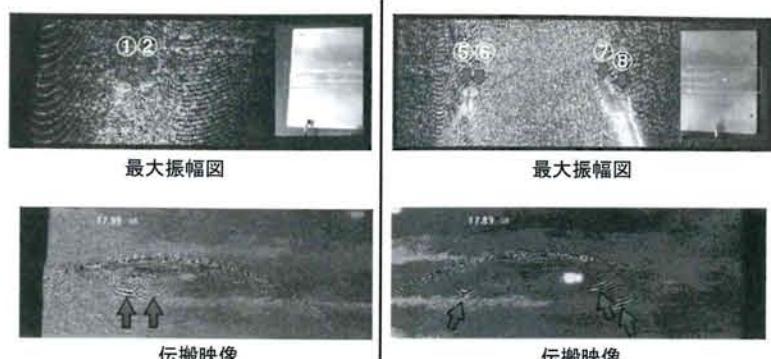
まず、溶接線に平行に超音波が伝わった場合の結果を第2図下部に示す。③④の垂直き裂に対しては、き裂エコーをはっきりととらえているが、他の水平き裂に対しては、き裂エコーがはっきりととらえられておらず、検出感度はあまり良くない結果となった。これは、超音波の進行方向とき裂の方向が同じ場合には、き裂からのエコーは、き裂先端部の微小面積からしか反射されないため、小さなエコーしか発生しないからである。

一方、溶接線に垂直な方向に超音波が伝わる場合は、第3図のように、①②⑤⑥⑦⑧の平行き裂はくっきりと検出されているが、③④のき裂は殆ど検出できていない。これらの結果より、



第2図 溶接線に平行に伝わる超音波が検出したき裂エコー

超音波が溶接線に垂直に伝わる場合

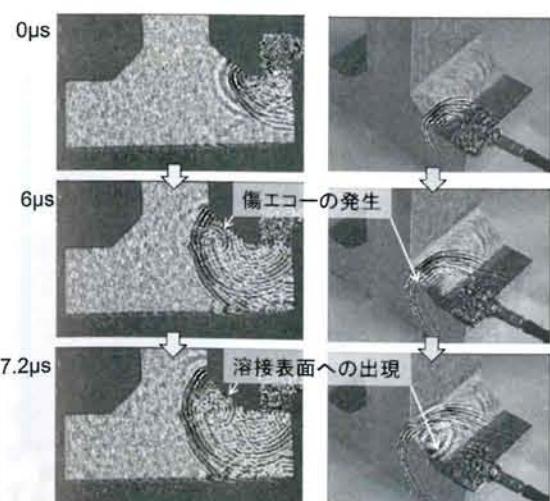


第3図 溶接線に垂直に伝わる超音波が検出した疲労き裂エコー

き裂の方向が不明の場合には、溶接線に沿って垂直、平行の2方向に伝わるような受信センサの配置とし、2チャンネルで計測する必要があることが確認された。

5. 溶接部き裂の可視化

次のレーザー超音波可視化技術の溶接部き裂への応用事例として、隅角溶接部に発生する疲労き裂の検出を目的として、隅角部の内部傷エコーがどのような伝搬経路を辿って表面に出現



第4図 隅角溶接部の傷エコー伝搬映像例

するのかを調べた。隅角溶接部に円筒状の人工欠陥を有する試験片を用いて、溶接断面を超音波がどのように伝わるかを映像化した例を第4図に示す。

これらの図より、超音波が溶接部内部に侵入した後、傷からのエコーが溶接面に上がって行く伝搬挙動を理解することができる。このような溶接部傷エコーを検出するための計測条件を種々変えてみた結果、周波数1MHzの斜角70°センサを500kHzのハイパスフィルタを利用して計測するのが、受信感度、計測の迅速性の点でベストな結果であることがわかった。

6. おわりに

本稿では、溶接部き裂の検査について、レーザー超音波可視化技術の新たな応用事例を示した。溶接部の検査は、溶接部全体が大きな欠陥と考えられ、その大きな欠陥の中にある微小欠陥を見つけ出すという難しさがある。ここで紹介した当社のレーザー超音波可視化技術は、一般的な超音波探傷法に比べ、広い面積や凹凸部、継ぎ合わせ部での欠陥の検査能力や検査の迅速性で優れていると考える。

また、現在金属の溶接部検査以外にCFRPなどの複合材の各種検査への応用が大きく期待され

ていて、現在各種のサンプル試験を試みている。

<参考文献>

- (1) 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)

- (2) 齊藤典生・高坪純治・王波・劉小軍・鈴木修一・王晓東：“レーザー超音波可視化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)

【筆者紹介】

齊藤 典生

つくばテクノロジー(株)

研究開発部 X線事業課

課長

<主なる業務歴および資格>

1985年山形大学大学院修士修了、国立公害研究所でレーザーレーダーの研究後、日本電気で高出力YAGレーザーの開発に従事。2012年より産総研技術移転ベンチャーのつくばテクノロジーでレーザーおよびX線装置の研究開発に従事。X線作業主任者。



高坪 純治

つくばテクノロジー(株) 取締役CTO

王 波

つくばテクノロジー(株) 代表取締役

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) 執行役員 製造部 部長

<会社の主な事業内容>

レーザー超音波可視化検査装置の開発、製造、販売。小型X線検査装置の開発、製造、販売。個人線量計の開発、製造、販売。医療診断装置の開発、製造、販売。その他非破壊検査装置の開発、製造、販売。

医療機器製造業登録。

ターボポンプ 新改訂版

ターボポンプの研究・開発、設計あるいは計画、運転、保守等の技術者や学生にとり、良き技術書、教科書として初版以来15年以上活用されています。

■主な内容

- ポンプの分類と形式選定
- ターボポンプの理論
- CFD技術とその応用
- 不釣り合い流体力、キャビテーション、不安定現象等の対策
- 省エネ技術、運転管理技術 他



日本工業出版(株) 0120-974-250
<http://www.nikko-pb.co.jp/> netsale@nikko-pb.co.jp

■(一社)ターボ機械協会 編
■体裁 : B5判180頁
■定価 : 3,500円+税