

溶接部外観検査装置の試作研究

機械技術部 岩本竜一，森田春美，仮屋一昭

Trial Production Research of a Inspection Machine for the Appearance of Weld Bead

Ryuichi IWAMOTO, Harumi MORITA and Kazuaki KARIYA

溶接を構造物や機械部品に適用する場合、「継ぎ手の信頼性が高い」「気密・水密が得られる」「他の方法に比べ軽量である」等の様々な利点があるが、溶接は溶接作業者の技術・技能によるところが多く、この意味での品質の安定性・均等性の維持が困難であるという欠点がある。

そこで、溶接部の品質判断基準の一つとして溶接ビードの外観検査に着目し、「溶接技能者資格認証のための評価試験における外観試験の合否判定指針」に基づいて客観的な判断が可能な溶接部外観検査装置を試作した。本装置は非接触レーザ変位センサにより、溶接ビードの幅や高さなどのビード形状が短時間で計測でき、目視による外観検査が難しいアンダカットの検出が可能となった。

Keyword：溶接，外観検査，ビード形状，非接触，溶接欠陥

1. 緒言

構造物や機械部品の溶接生産現場においては、手溶接あるいは半自動溶接に関わらず、溶接棒（ワイヤ）の運棒は人手で行う場合が多い。よって、溶接部の品質は作業者の技能の影響を受けるために、この意味での品質の安定性・均等性に乏しい。

溶接部の品質を判断する方法として、曲げ試験，硬さ試験，X線透過試験などが用いられているが、目視による外観検査は一番容易な方法であり、割れ，アンダカット，のど厚不足などの各種欠陥を検出できる。しかし、目視による外観検査では、検査担当者によるバラツキ（個人誤差）が発生することは避けられない。この目視による外観検査を、検査装置による客観的な外観検査に置き換えられれば各種溶接欠陥の正確な判断が可能となり、県内溶接技術者の技能レベル向上に役立つと考えられる。また、本検査装置の欠陥判定基準を溶接技能者評価試験における外観試験の合否判定指針^{1)~3)}と同等とすれば、溶接技能者評価試験の合格率向上にも寄与できる。

そこで、溶接技能者資格認証のための評価試験における外観試験の合否判定指針に基づいて、非接触レーザ変位センサにより溶接部のビード形状を計測できる溶接部外観検査装置を試作した。

2. 試作機の概要

試作した溶接部外観検査装置の概略を図1に示す。図中のレーザスキャン式2次元変位センサにより、溶接ビードの任意位置の断面形状を1ライン計測すると、図2に示す

ような計測結果が得られる。この1ライン計測をテーブルを移動させながら繰り返すことにより、ビード形状を連続的に計測できる。このようにして得られた溶接ビードの三次元形状計測結果の一例を図3に示す。なお、図に示した例は、溶接ビードの幅および高さを連続的に変化させたものである。実際の計測状況を図4に、2次元変位センサと移動テーブルの仕様を表1，2に示す。

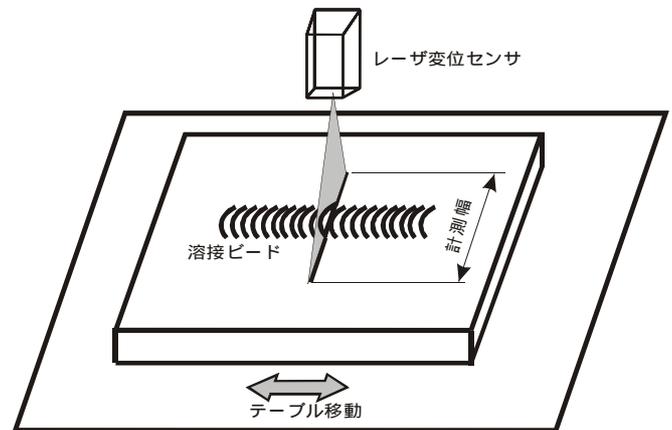


図1 溶接部外観検査装置の概略

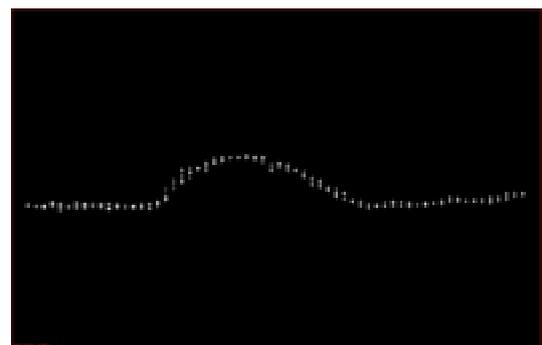


図2 1ライン計測結果

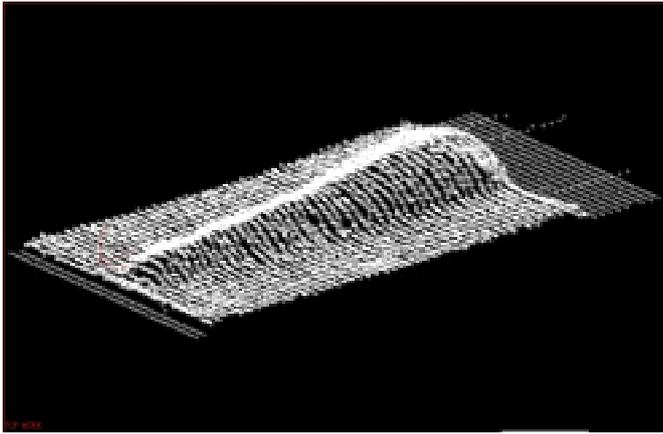


図3 溶接ビードの三次元形状計測結果

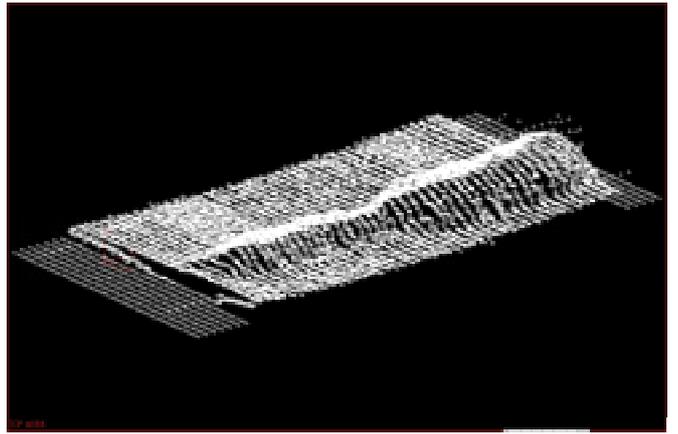


図5 ビード幅および高さの不整



図4 計測状況

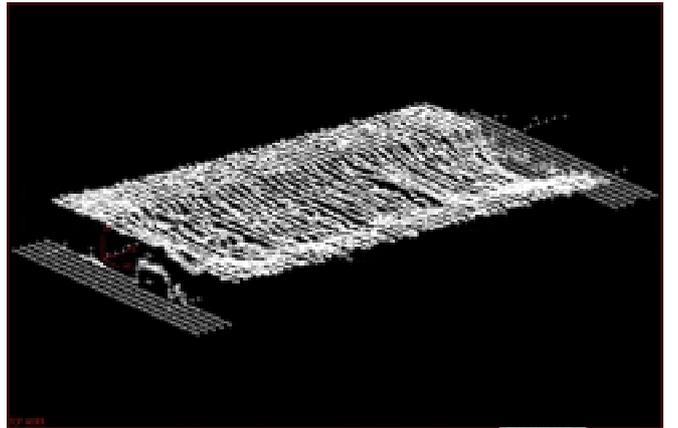


図6 余盛り不足

表1 2次元変位センサ仕様

型式	(株)キーエンス LJ-080 レーザスキャン式	
波長	685nm	
測定範囲	幅 30mm 高さ ±15mm	
指示精度	幅 ±0.3%(フルスケール) 高さ ±0.25%(フルスケール)	
分解能	幅 ±0.03mm 高さ ±0.01mm	

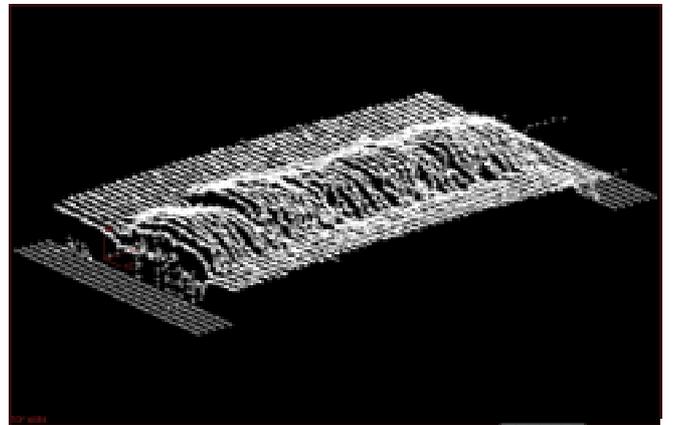


図7 ビードの蛇行

表2 移動テーブル仕様

型式	THK(株) 精密位置決めテーブルAX3030 コントローラTWINKLER200	
	規格値	実測値
繰返し位置決め精度	±0.003mm	±0.0002mm
位置決め精度	0.04mm	0.0073mm
バックラッシュ	0.005mm	0.001mm
上下真直度	0.025mm	0.004mm
左右真直度	0.025mm	0.0035mm

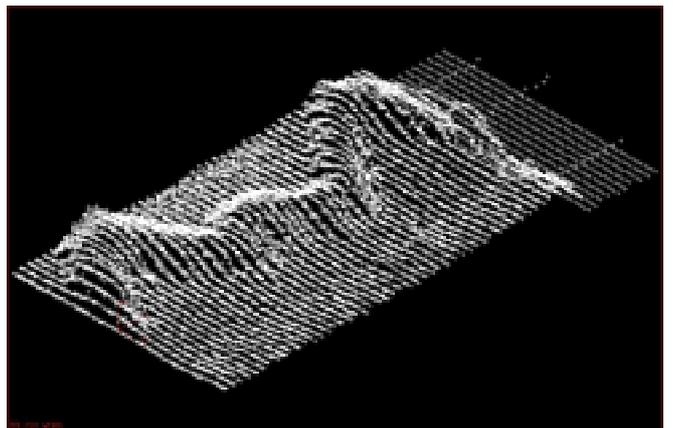


図8 アンダカット

3. 計測結果例

あらかじめ、移動テーブル上でブロックゲージを用いて幅および高さ方向の計測精度を確認した結果、そのバラツキは幅方向では0.1mm以下であり、高さ方向では0.03mm以下であった。この値は、表2で示した分解能のおおよそ3倍程度に相当するが、溶接ビードの計測精度としては十分であると判断した。

試作した外観検査装置の性能評価のために4種類の計測用サンプルを用意した。これらの計測用サンプルは、半自動溶接により、あらかじめ各種溶接欠陥が存在するような溶接ビードが置かれている。計測結果を図5～8に示す。計測は0.5mm間隔で1ライン計測を繰り返し、約10万点のデータを約30秒間で取得した。なお、これらの図は、表示する計測点数を約1/100程度に減らし、さらにビードの長手方向の寸法（約200mm）のみを1/5に縮小してある。

図5～8に示した計測用サンプルは、それぞれビード幅および高さの不整、余盛り不足、ビードの蛇行、アングカッタという溶接欠陥を含む。図5～7までの溶接欠陥は、溶接ビードの幅および高さの計測結果のみから判断することが可能だが、図8のアングカッタは母材および溶接ビードの形状から判断されねばならない。アングカッタは目視による外観検査でも最も認識しにくい欠陥である。よって、本試作機では計算処理によりアングカッタ部分を抽出する方法について検討した。

4. アングカッタ部分の抽出

図8の計測結果に含まれる高さデータのみを白黒256階調にデータ変換した結果を図9に示す。図中の水色線部分の断面形状を図上部に青線で示している。この青線の中央付近は急激な凹形状となっているが、実際の計測用サンプルのビードには凹形状は存在せず計測結果と異なっている。この原因は、溶接ワイヤに含まれるフラックスなどの影響により表面輝度が異なる部位等において、レーザスキャン方式の2次元変位センサが計測エラーを起こしたことによる。そこで、アングカッタ部分の抽出を行う前に、このような計測エラーが発生した箇所を計測不能点として、赤線で示すように直線で補完した。

アングカッタは、溶接ビードの両止端部において母材が掘られて溝となって残っている部分であるが、母材形状は溶接作業に伴う熱影響により変形することが珍しくない。したがって、アングカッタ部分を抽出するためには、母材の変形を考慮した方法を採用する必要がある。図10に抽出方法を示す。溶接ビード両サイドの母材部分の断面形状を最小自乗近似し平均線を算出する。次に、この平均線（または）よりも低い部分を赤線（水色線の一部）で示すようにアングカッタ部分として抽出した。

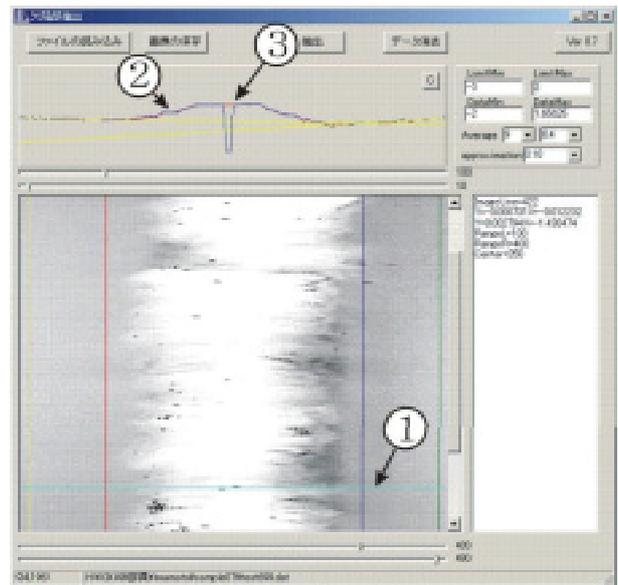


図9 計測不能点のデータ補完

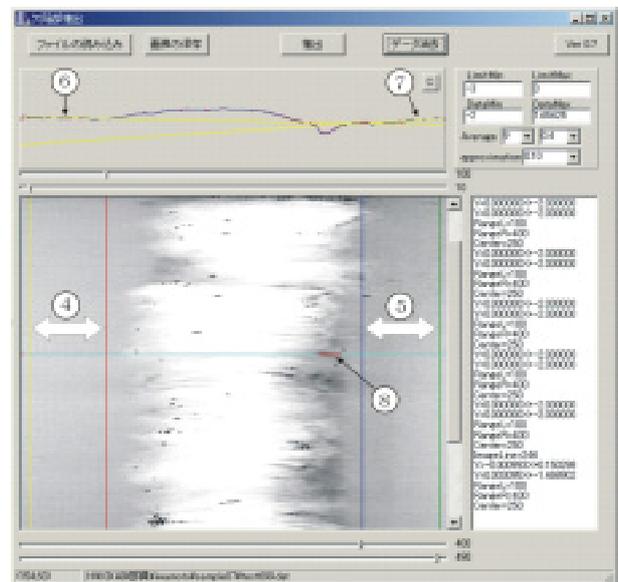


図10 アングカッタ部分の抽出（1ライン）

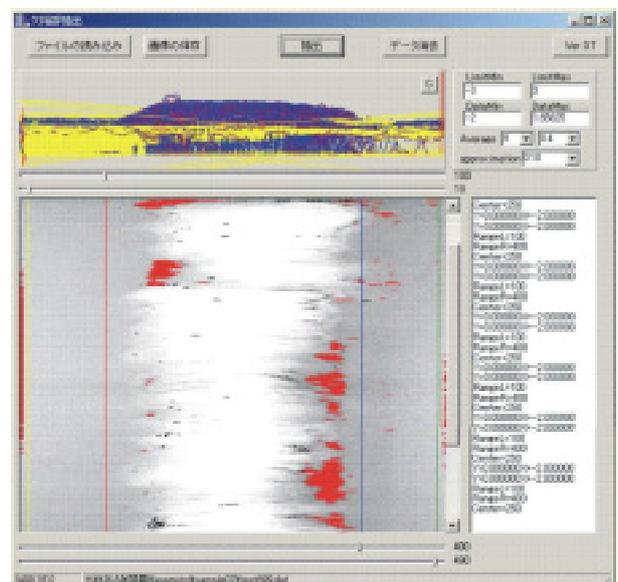


図11 アングカッタ部分の抽出（連続処理）

このように、計測した1ライン毎に計算処理を行うため、母材の変形の影響を受けずにアングカット部分の抽出を行うことが可能である。

さらに、上述の処理を逐次連続して行った結果を図11に示す。溶接ビード両止端部のアングカットを、溶接ビード全長に渡って明瞭に認識できる。

5. 結 言

本試作機により、溶接ビードの形状を計測することが可能となった。同時に、溶接ワイヤに含まれるフラックスなどの影響により表面輝度が異なる部位では、計測不能となる場合が生じるという問題点も明らかとなった。溶接部の外観検査装置としては、溶接ビードの表面輝度の影響を受けないことが必要である。この対策として、計測不能点を計算処理により補正する手法を採用した。また、母材の変形の影響を受けないアングカット部分の抽出方法を検討し、これが可能となった。

本試作機の実用化に当たっては、計算処理により補正している計測不能点を可能な限り減らすことが必要である。例えば、1ライン計測時のライン幅を太く変更すること等の方法により、計測不能点を減らすことは可能であるが、ライン幅を太くすれば、必然的に溶接ビード長さ方向の計測精度が落ちることとなり、計測不能点の減少と計測精度の両立が実用化への課題となる。

参 考 文 献

- 1) 日本溶接協会溶接技能者認証委員会："溶接技能者資格認証のための評価試験における外観試験の合否判定指針", 産報出版 (1998)p.8-p.22
- 2) JIS Z 3801 手溶接技術検定における試験方法及び判定基準に基づく試験
- 3) JIS Z 3841 半自動溶接技術検定における試験方法及び判定基準に基づく試験