

# レーザー変位センサを用いた溶接部 アンダーカットの精密測定のプロ案

## PROPOSAL OF PRECISION MEASUREMENT ON UNDERCUT OF WELD ZONE BY LASER DISPLACEMENT SENSORS

小林光博<sup>1)</sup>  
Mitsuhiro Kobayashi

平成 12 年の改正建築基準法の施行に関連し建設省告示 1464 号（以降告示と称す）が告示され、鉄骨造の溶接継手に対し、溶接部のアンダーカットおよび柱と梁仕口の食い違い・ずれの許容値が具体的に示された。告示におけるアンダーカット深さの許容値は 1/10mm 単位で示されており、またその断面形状により許容値が変わるのに対し、実際の検査はコストの問題から、目視による一次検査を行い、判別できない場合にアンダーカットゲージ等を用いた精密検査を行うことが主流になっている。目視検査は検査員の個人的感覚に頼るところが大きく、社内検査員と受入検査員の感覚差に起因するトラブルも多い。これらの問題を解決するために、レーザー変位センサを用いたアンダーカット計測を提案する。本稿ではレーザー変位センサの仕組と測定の流れ、また併せて、その機能を用いた食い違い・ずれ量の測定方法を紹介する。

**キーワード：建設省告示 1464 号, アンダーカット, 食い違い・ずれ, レーザー変位センサ, 精密測定**

### 1. まえがき

建設省告示 1464 号で規定されたアンダーカットの許容値は「0.3mm を超えるアンダーカットは存在してはならない。ただし、アンダーカット部分の総和が溶接部分全体の長さの 10% 以下であり、かつ、その断面が鋭角的でない場合にあつては、アンダーカットの深さを 1mm 以下とすることができる」となっている。

アンダーカットの検査は、社内検査完了後、受入検査を行う流れになるが、社内検査員による目視で合格と判断したものを、受入検査で不合格とされる場合がある。また、従来使用しているアンダーカットゲージでは断面が鋭角的であるかの測定はできないため、検査員の目視による判断となる。したがって、社内検査と受入検査で齟齬が生じる場合があり、疑わしいものはとりあえず補修するという対応を取らざるを得なくなり、溶接外観の補修工数増による生産性低下の問題を生じさせている。

これらの問題を解決する一つの方策として、レーザー変位センサを用いたアンダーカットの精密測定を提案する。レーザー変位センサの選定にあたり、アンダーカット深さを小数点第 2 位まで計測できることと、アンダーカット底の形状が鋭角的か判別できるものを条件とした。

### 2. レーザー変位センサの概要

図-1 にレーザー変位センサ測定器の構成を示す。また、告示の判定には、アンダーカットの長さも関わってくるので、写真-1 に示すようにカウンター式目盛付のスライダーにセンサをセットしてアンダーカット長さも測定できるよう工夫した。

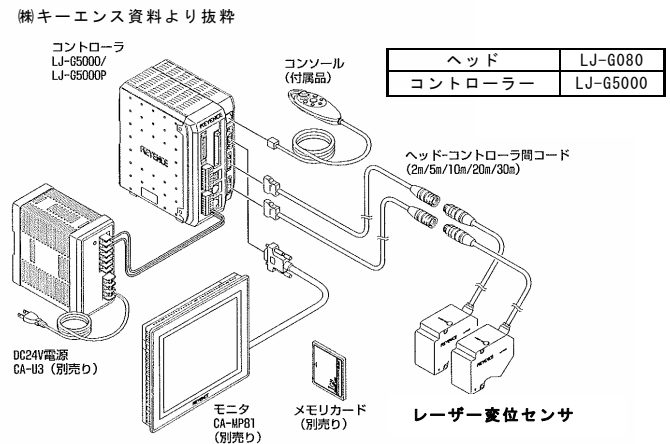


図-1 レーザー変位センサ測定器の構成

レーザー変位センサの仕組を図-2 に示す。レーザー変位センサは三角距離方式により測定対象物までの距離を検知している。

1) 製造本部 富津工場 技術部



写真-1 レーザー変位センサとスライダー

図-2 に示すように、対象物に半導体レーザーからレーザー光を照射、対象物から反射した光は、受光レンズで集光され受光素子へと結像される。対象物までの

距離が変動すると、集光される反射光の角度が変わり、それに伴って受光素子上に結像される位置が変化する。この受光素子上の結像位置の変化が対象物の移動量と比例することから、結像位置の変化を読み取り、対象物の移動量として計測している。

図-3 にレーザー変位センサを用いて計測できる項目を示す。測定可能項目のうち、高さの測定を食い違い・ずれの測定に、段差の測定をアンダーカット深さの測定に、交点・角度の測定をアンダーカット底の角度の確認に使用している。

図-4 にレーザー変位センサの測定可能範囲（レーザー変位センサ：LJ-G080 の測定可能範囲）を示す。測定部分がこの測定可能範囲に入るよう、センサを配置する必要がある。

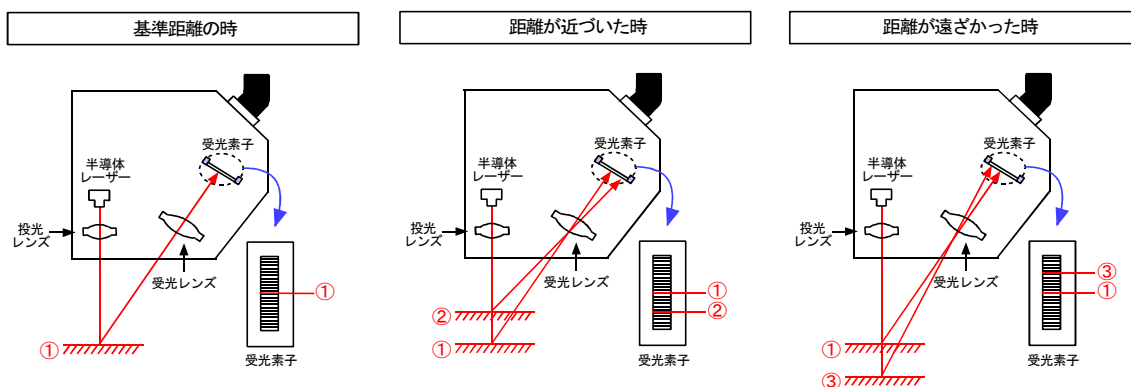
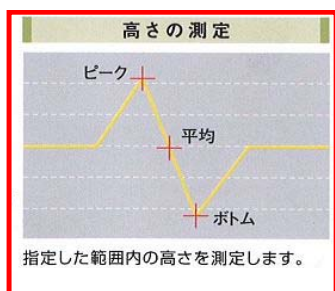
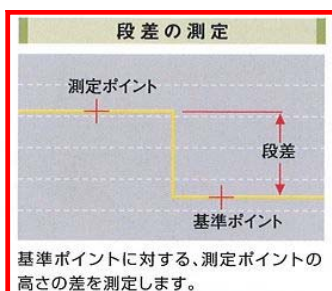


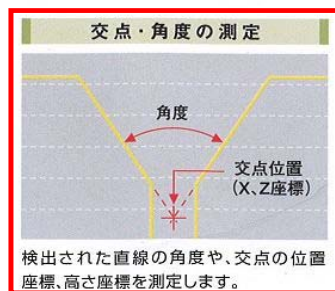
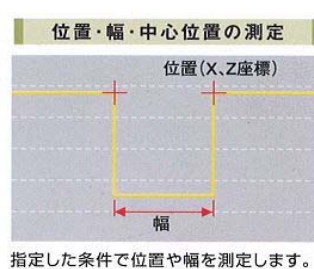
図-2 レーザー変位センサの仕組み



食い違い・ずれ測定に適用



アンダーカット深さの測定に適用



アンダーカット底の角度確認に適用

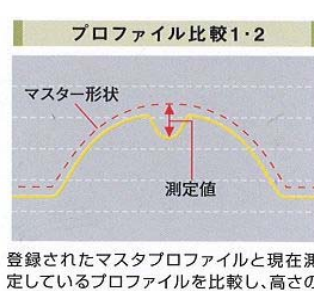
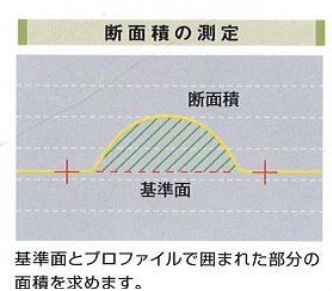


図-3 レーザー変位センサで計測できる項目

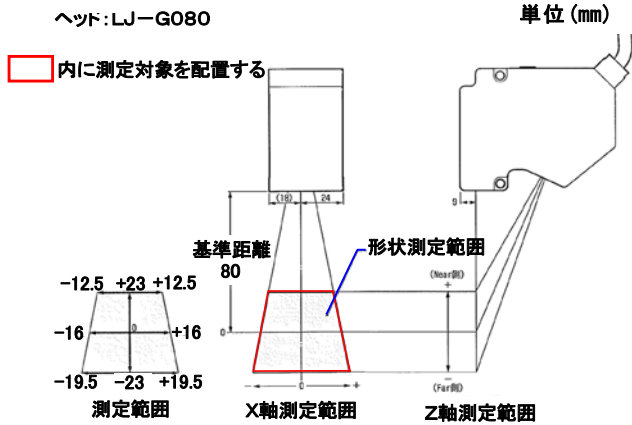


図-4 レーザー変位センサ測定可能範囲

3. レーザー変位センサによるアンダーカット測定

図-5 にレーザー変位センサによるアンダーカット測定までの流れを示す。①レーザー変位センサの設置、②マスタ登録、③OUT設定、④エリア設定の順に作業を行う。

測定までの流れ

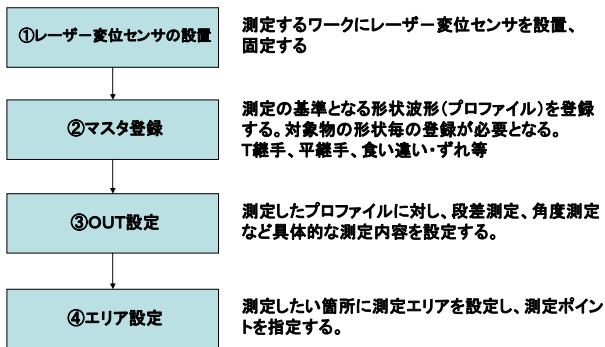
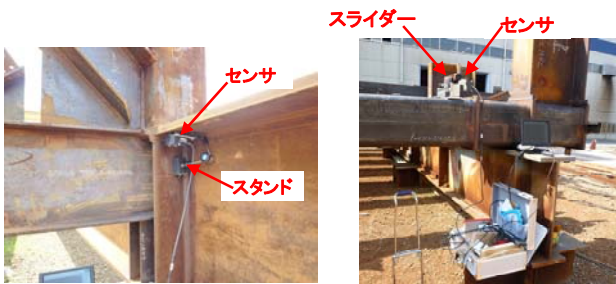


図-5 測定までの流れ



鉛直リブ溶接部 角形鋼管-通しダイヤ溶接部

写真-2: ワークへのレーザー変位センサ設置状況

①レーザー変位センサの設置

計測部位、内容に合わせた治具を用いて、センサをワークにセットする(写真-2)。

②マスタ登録

マスタ登録とは測定対象の形状を把握させることである。図-6 にマスタ登録の手順を示す。

手順①

設定画面(画面1)にてマスタ登録を選択

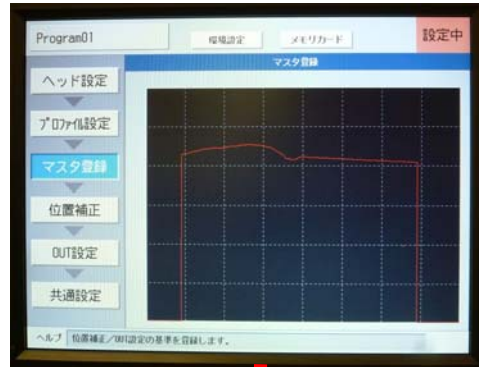
手順②

画面2が現れたらコンソールの[TRG/HOLD]ボタンを押すと画面上に黄色のプロファイルが得られる。(画面2)

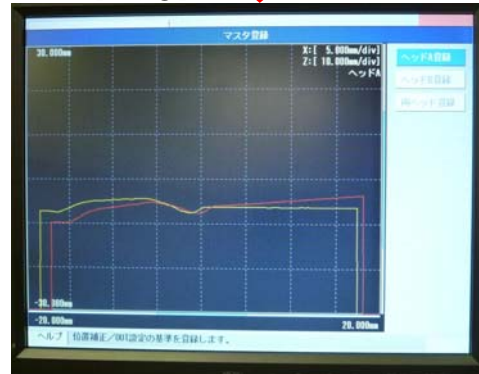
手順③

[ヘッドA登録]ボタンを選択すると黄色のプロファイルが赤色に変わる。画面3のように「マスタ登録が完了しました」ウィンドウが出ればマスタ登録は完了となる。

画面1【手順①】



画面2【手順②】



画面3【手順③】

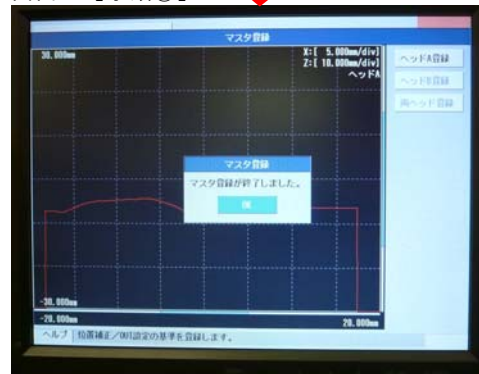


図-6 マスタ登録の手順

③OUT設定

OUT設定とは具体的な測定内容を決定することである。図-7 にOUT設定の手順を示す。

④エリア設定

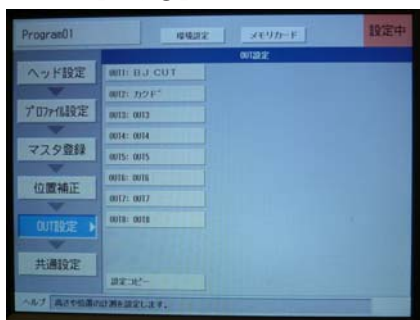
エリア設定とは、測定ポイントを指定することである。エリア設定の手順を図-8 に示す。



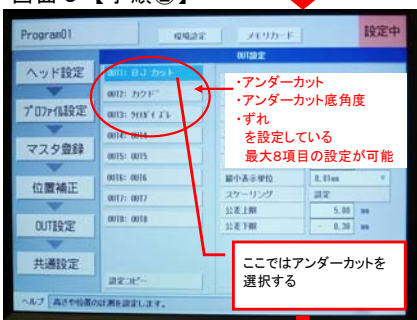
登録したプロフィールに対し、「段差測定」、「角度測定等」具体的な測定内容を設定する。

- 手順① 設定画面（画面4）にて[OUT設定]を選択する。
- 手順② 設定を行う[OUT]を選択する（画面5）。
- 手順③ 測定モードを選択すると画面6に切り替わる。
- 手順④ 測定モードを選択するとプルダウンメニューが開くのでその中から測定したい内容を選択する。（ここではアンダーカットの深さをを選択）
- 手順⑤ 測定モードに応じたエリア設定へ移行する（画面7）。

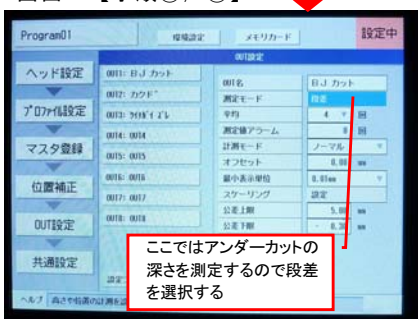
画面4【手順①】



画面5【手順②】



画面6【手順③, ④】



画面7【手順⑤】

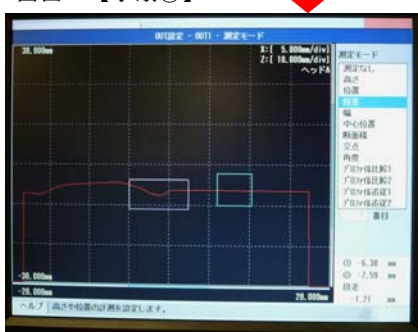


図-7 O U T 設定の手順

エリア設定の具体例を図-9 に示す. 段差測定において, 図中のポイント1で囲んだエリア内の平均のレベルとポイント2で囲んだエリア内の平均のレベルの断

測定したい箇所に測定エリアを設定し, 測定ポイントを指定する。

- 測定を行いたいポイントを指定し, エリアの調整を行う。
- 手順① 画面8にて[エリア1]を選択する。[エリア1]とは測定基準面の設定範囲である。
- 手順② 画面9にて[描画]を選択すると測定エリア左上にカーソルが出る。カーソルが出た状態でSCREEN及びENTERを操作して[エリア1]の拡大, 縮小移動, エッジ位置の指定を行う。
- 手順③ [エリア1]の配置変更が完了したら[ENTER]キーを押す。
- 手順④ 画面8に戻り[エリア2]を選択する。[エリア2]とは測定を行う対象範囲である。
- 手順⑤ 画面10にて[描画]を選択すると測定エリア左上にカーソルが出る。カーソルが出た状態でSCREENを操作して[エリア2]の拡大, 縮小移動, エッジ位置の指定を行う。これでエリア設定は完了する。

画面8【手順①】



画面9【手順②, ③】



画面8【手順④】



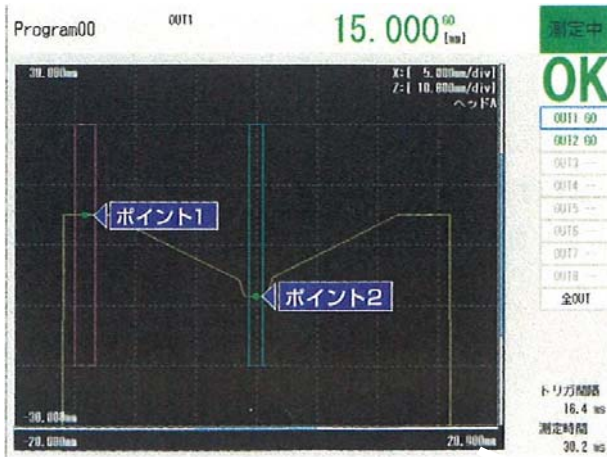
画面10【手順⑤】



図-8 エリア設定の手順

差を測定するようになっている。

以上に示した設定の他, 測定に必要な最小表示単位や公差下限値の設定も行う必要がある。



ポイント1とポイント2の段差を測定します。

図-9 エリア設定の具体例

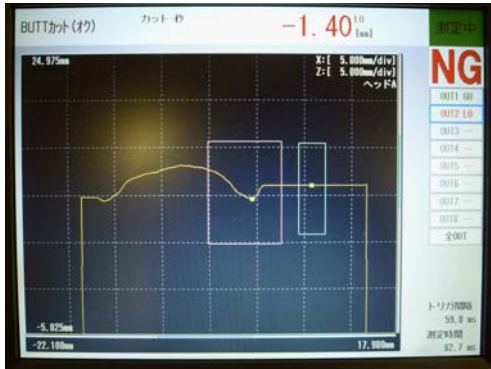


図-10 アンダーカット測定時の画面



図-11 アンダーカット底の角度測定

全ての設定を終えた後、アンダーカットの測定に移る。アンダーカットの測定時の画面を図-10に示す。測定した数値のほか、設定した許容値に対し合格か、不合格かが表示される。また画面上でもアンダーカット底が鋭角的か否かは判別できるが、図-11に示すように角度の計測もできる。

4. 食い違い・ずれの測定

スライダーとレーザー変位センサの段差測定機能を

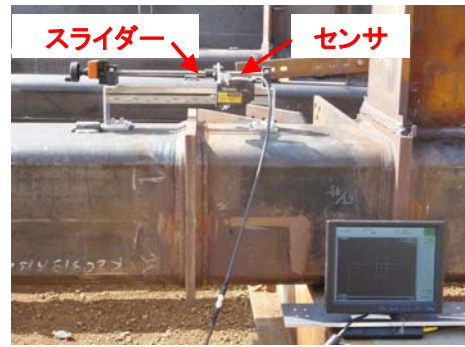


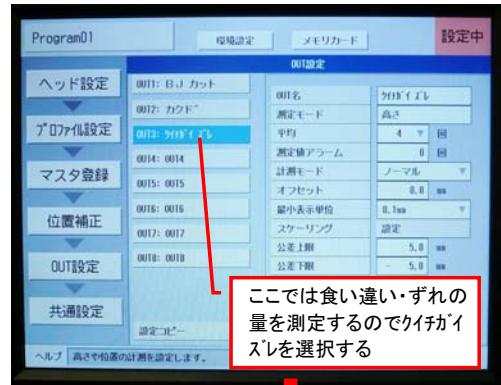
写真-3 食い違いの測定要領

利用して、部材の食い違い・ずれの測定も可能である(写真-3)。食い違い・ずれの測定手順を図-12および図-13に示す。食い違い・ずれは、対象部材の高さ測定値の相対差を計ることによって求められる。

【OUT設定】

- 手順①OUT設定にてクイチガイズレを選択する(画面11)
- 手順②画面11内の高さを選択し、エリア設定に移る(画面12)

画面11【手順①】



画面12【手順②】

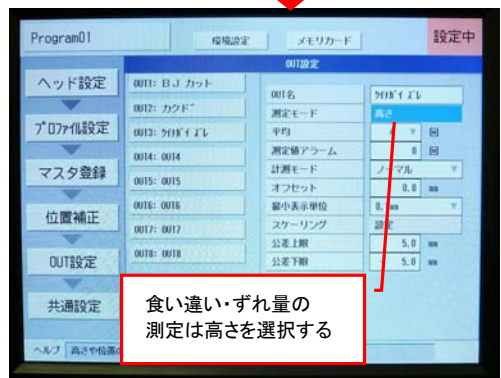


図-12 食い違い・ずれの測定手順 (OUT設定)

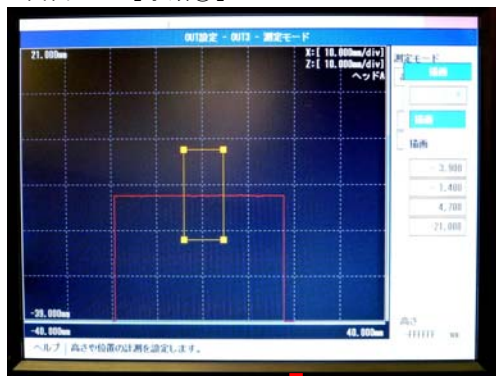
次にOUT設定を終えた後、エリア設定にて食い違い・ずれの基準面の「エリア」を設定し、0点設定する。スライダーを利用してセンサを測定対象面に移動し、基準面との高さの差「食い違い・ずれ量」を測定する(図-13)。なお測定する部材同士の間には鋼板がある「ずれ量」の測定は、レーザー変位測定範囲(レー



ザー照射位置から高さ方向 100mm 以内) を超えた場合は測定が出来ないので注意する。

【エリア設定】

- 手順① 食い違い・ずれ測定となる基準面の [エリア] を設定=0 設定する。(画面 1 3)
  - 手順② 測定対象面にセンサを移動して基準面との高さの差 (食い違い・ずれ量) を測定する (画面 1 4)
- 画面 1 3 【手順①】



画面 1 4 【手順②】



図-13 食い違い・ずれの測定手順 (エリア設定)

5. レーザー変位センサの精度確認

レーザー変位センサの測定精度確認のため、アルミ板に人工的にアンダーカットを入れた試験片を用意し、その深さをダイヤルゲージとレーザー変位センサにより測定し、比較を行った。試験片には、アンダーカット深さ 4 種類 (0.20mm~0.35mm, 0.05mm 刻み) とアンダーカット底の角度 2 種類 (90 度, 120 度) を組み合わせ、表-1 に示す 6 体を用意した。アンダーカット測定位置は図-14 に示す測定点上とし、2 回測定した。またアンダーカット底の角度はレーザー変位センサによる測定を 1 回実施した。なお、ダイヤルゲージはアンダーカット深さを正確に測定するために、測定針の先端を尖らせて測定した。

測定結果を表-2 に示す。測定値の差は -0.033 ~ +0.018mm であり、レーザー変位センサによる測定値はダイヤルゲージによる測定値と差は僅かであり、実用上は問題ない精度であると考えられる。

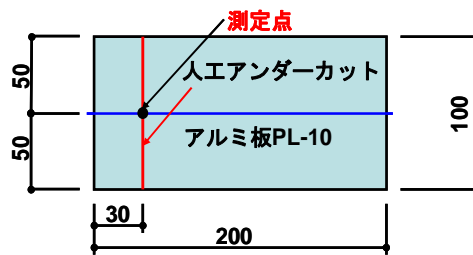


図-14 試験片形状とアンダーカット測定位置

表-1 精度確認試験片一覧

TP番号	アンダカット深さ(d) (mm)	アンダーカット角度(θ), (°)
No. 1	0.20	90
No. 2	0.25	90
No. 3	0.30	90
No. 4	0.30	120
No. 5	0.35	90
No. 6	0.35	120

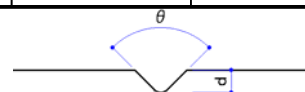


表-2 アンダーカット測定結果 (mm)

TP番号	機械加工寸法*1	測定回数	①		①-②
			ダイヤルゲージ*2	レーザー変位計	
No.1	θ=90°	1回目	—	測定不能	—
	d=0.20mm	1回目	0.186	0.175	0.011
	d=0.20mm	2回目	0.179	0.192	-0.013
No.2	θ=90°	1回目	—	測定不能	—
	d=0.25mm	1回目	0.230	0.256	-0.026
	d=0.25mm	2回目	0.222	0.236	-0.014
No.3	θ=90°	1回目	—	95°	95°
	d=0.30mm	1回目	0.294	0.323	-0.029
	d=0.30mm	2回目	0.282	0.315	-0.033
No.4	θ=120°	1回目	—	120°	120°
	d=0.30mm	1回目	0.320	0.332	-0.012
	d=0.30mm	2回目	0.310	0.336	-0.026
No.5	θ=90°	1回目	—	95°	95°
	d=0.35mm	1回目	0.351	0.333	0.018
	d=0.35mm	2回目	0.340	0.325	0.015
No.6	θ=120°	1回目	—	121°	121°
	d=0.35mm	1回目	0.375	0.363	0.012
	d=0.35mm	2回目	0.361	0.367	-0.006

\*1:加工機(ヤマザキマザック MAZATECH V-515)  
\*2:ダイヤルゲージ式アンダーカットゲージ(新潟精機製 FDW-1)

6. まとめ

レーザー変位センサの採用により、アンダーカット深さを精度良く計測できるだけでなく、告示 1464 号で規定されているアンダーカット深さ 0.3mm 以下と、アンダーカット底が鋭角的であるか否かの判定が可能になった。また食い違い・ずれも正確に測定できる。ただし、今回紹介したシステムは、設置に時間を要するため、全ての溶接部に適用することは現実的ではない。目視検査による一次検査を行い、判定が困難な場合の二次検査において適用することを考えている。光学的に測定しているので信頼性も高く、受入検査機関や顧客に対する定量的な品質証明手法としてアピールができると考えている。なお、補修費用の削減に向けて、一次検査となる目視検査の精度向上も重要である。