

鉄筋継手部外観検査マニュアル (2013年)

溶接継手の外観検査

公益社団法人 日本鉄筋継手協会

5章 溶接継手の外観検査

5.1 溶接継手の種類と特徴

本マニュアルでは、鉄筋の溶接継手の中で、炭酸ガスシールドアーク半自動溶接によって鉄筋を軸方向に突き合わせて接合する方法で、(公社)日本鉄筋継手協会又は(一財)日本建築センターが「鉄筋の溶接継手性能判定基準」により性能を評価して認定(又は評定)した鉄筋の炭酸ガスシールドアーク半自動溶接継手工法を対象としている。

鉄筋の溶接工法には、写真5.1に示すように、ガスシールドの方法及び裏当て材の有無や材種等の相違によって種々の工法が開発され、実用化されている。その主なものは、表5.1に示すようなものである。また、各溶接工法による溶接継手の外観の例を表5.2に示す。



(a) 治具内シールド方式

(b) トーチシールド方式

写真5.1 炭酸ガスシールドアーク半自動溶接法

各種鉄筋溶接法の特徴は、以下に示すとおりである。

- (1) 鉄筋溶接法のほとんどが、I形開先(ルート間隔は約10mm)の狭開先溶接法である。
- (2) 鉄筋溶接法のほとんどが、シールドガスには炭酸ガス(CO₂ガス)を用い、また、鉄筋の材質に応じてYGW18から780 N/mm²級までの高張力鋼用溶接ワイヤ(径:φ1.2mm)が使用される。
- (3) 各溶接工法の相違点は、主としてガスシールド方式と裏当て材の材質と形状である。ガスシールド方式には治具内シールド方式とトーチシールド方式があり、裏当て材の材質には、鋼製、セラミックス製、グラスウール製、銅製等があり、それらの寸法形状は千差万別である。
- (4) セラミックス製、グラスウール製、銅製の裏当て材を用いた溶接は、溶接終了後にこれらの裏当て材が剥離され、裏波が形成される。したがって、裏波溶接とも称される。
- (5) 溶接姿勢には下向(水平)と横向(鉛直)があり、梁筋は下向で、柱筋は横向で溶接される。
- (6) 下向(水平)溶接の最終層は1パスで溶接され、溶接線の中央部にクレータが存在する。一方、横向(鉛直)溶接の最終層は多パスで溶接され、始端部とクレータは溶接端部に存在する。
- (7) すべての溶接法の最終層の表ビードには溶接速度に応じた波形のビード形状が形成されるが、裏波溶接の裏ビードは比較的平滑で光沢のある表面形状となる。

表 5.1 主な溶接継手工法

ガス	当て材	溶接継手工法	シールド方式図例	裏当て材図
治具内シールド	銅	A工法	<p>溶接トーチ 溶接用窓 コンタクトチップ シールドガス</p>	<p>コンタクトチップ シールドガス シールドガス導管 シールドガス 鉄筋 溶接ワイヤ 溶接金属 溶接治具本体 銅当て金 (鉛直継手には銅当て金)</p>
	セラミック	B工法	<p>鉄筋 溶接治具 裏当て材格納溝 裏当て材 (セラミックス)</p>	<p>溶接トーチ 揺動方向 コンタクトチップ シールドガス シールドキャップ 溶接治具 溶接ワイヤ 裏当て材 (セラミックス)</p>
トーチシールド	銅	C工法		<p>熱変色塗付 鋼裏当て断面</p>
		D工法	<p>溶接トーチ シールドガス 溶接ワイヤ 鉄筋 裏当て材</p>	<p>平面 側面</p>
	セラミック	E工法		<p>セラミック 裏当て断面図 ホルダー (裏当て固定治具)</p>

表 5.2 主な溶接継手の外観例 (下向(水平)溶接)






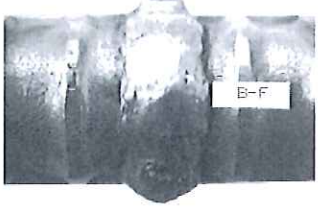


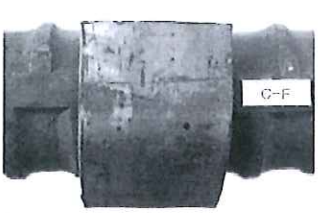
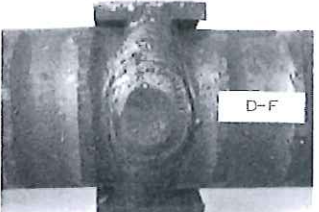



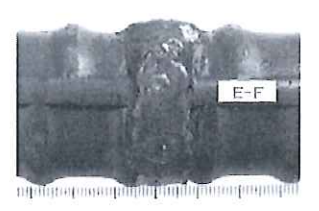










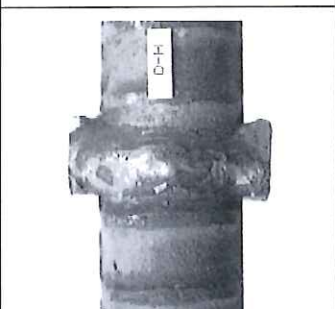
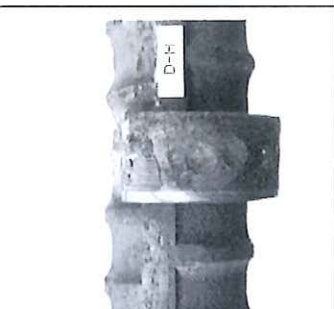

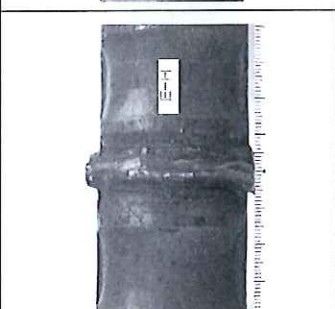
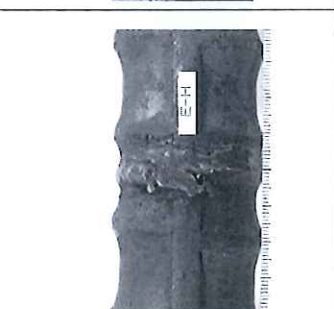

溶接工法	表面部	側面部	裏面部
A工法			
B工法			
C工法			
D工法			
E工法			

表 5.3 主な溶接継手の外観例 (横向(鉛直)溶接)

溶接工法	表面部	側面部	裏面部
A工法			
B工法			
C工法			
D工法			
E工法			

5.2 外観検査項目

溶接終了後に行う鉄筋溶接継手の外観検査における検査項目及び合否判定基準は、表 5.4 に示すとおりである。各検査項目の概要を以下に示す。

表 5.4 溶接継手の外観検査項目及び合否判定基準²⁾

外観検査項目	合否判定基準
溶接部の割れ	無いこと
裏面の溶込み不良（裏当て材が残らない工法を対象）	
裏面の溶落ち（裏当て材が残る工法を対象）	
ピット	
ビードの不整	ビード表面の凹凸が 2.5mm 以下 隣接するビード幅の差が 5.0mm 以下
クレータのへこみ	周辺との差が 1.0mm 以下
余盛高さ h	$0 < h \leq 0.2 d$
アンダーカット	0.5mm 以下
偏心量 a	$a \leq 0.1 d$
折れ曲がり α	$\alpha \leq 3^\circ$

(1) 溶接部の割れ

溶接部の割れは、主としてクレータ割れ（写真 5.2）であり、割れが検出された場合は、欠陥寸法に関わらず不合格とする。

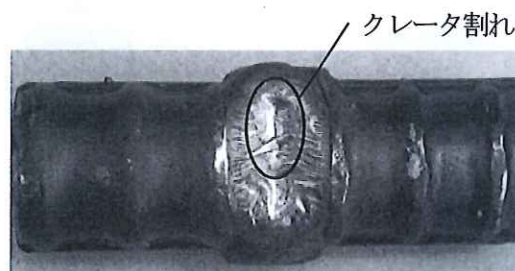
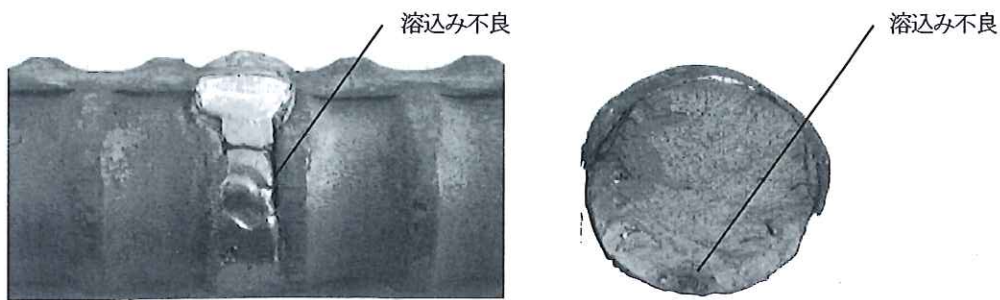


写真 5.2 溶接部の割れ（クレータ割れ）

(2) 裏面の溶込み不良

裏面の溶込み不良（写真 5.3）とは、裏当て材が残らない工法の初層溶接（裏波溶接）において、母材への溶込み量が十分でないために開先面が残存している状態や裏波の形成が不完全の場合であり、不合格とする。

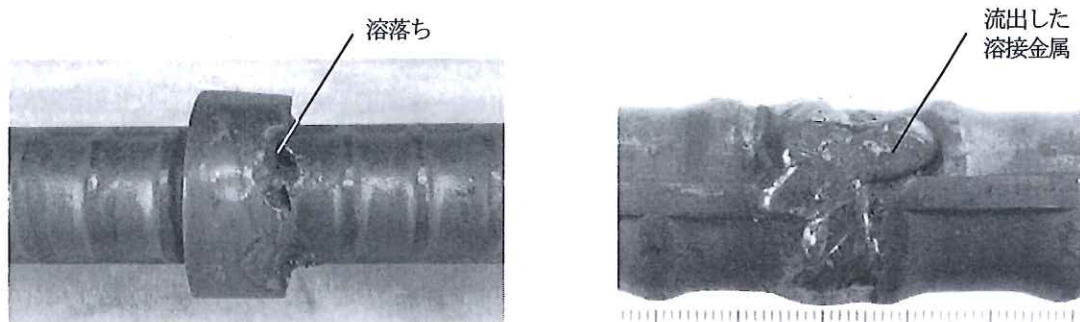


(a) 初層部に開先面が残存している状態 (b) 溶込み不良がある継手の引張破断面

写真 5.3 裏面の溶込み不良

(3) 裏面の溶落ち

裏面の溶落ち (写真 5.4) とは、裏当て材が残る工法において、溶接金属が流出して形成された穴の深さが裏当て材の厚さ以上である場合を外観上の欠陥であり、溶落ちが検出された場合は、不合格とする。ただし、溶接金属が流出するケースは、裏当て材が残らない工法でも発生する場合があるが、この不具合はビード不整 (ビード幅の不整) として取り扱う。



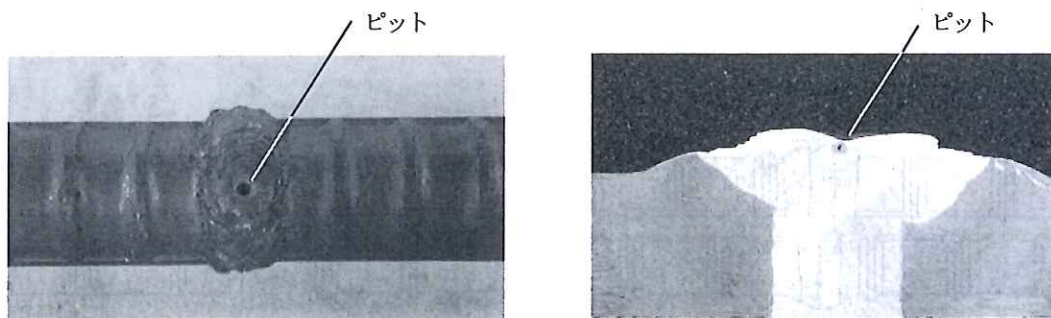
(a) 裏面の溶落ち

(b) 溶接金属の流出 (ビード不整に分類)

写真 5.4 裏面の溶落ちと溶接金属の流出

(4) ピット

ピット (写真 5.5) とは、溶接部のビード表面に開口した気孔をいい、直径 0.5 mm 以上のものを対象とする。ピットが検出された場合は不合格とする。



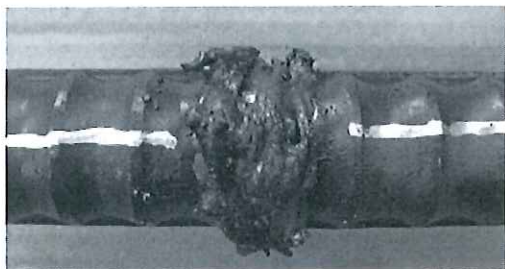
(a) ピット

(b) 断面形状

写真 5.5 ピット

(5) ビード不整

ビード不整は、ビード表面に著しい凹凸があるもの（写真 5.6 (a) (b)）とビード幅に著しい変化があるもの（写真 5.6 (c)）に大別される。2.5 mm を超えるビード表面の凹凸が検出された場合は不合格とする。5.0 mm を超えるビード幅の凹凸が検出された場合は不合格とする。



(a) 表面の凹凸 (表面ビード)



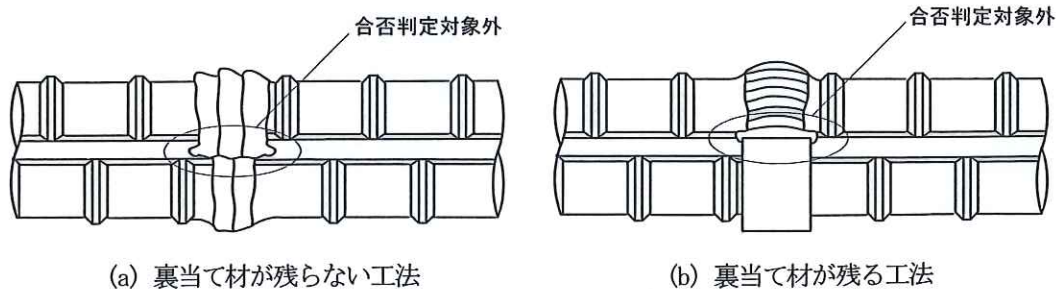
(b) 表面の凹凸 (裏面ビード)



(c) 幅の凹凸

写真 5.6 ビード不整

なお、工法によっては表面ビードの成形方法が異なる場合がある。裏当て材が残らない工法において、表面ビードを節から節まで充填させた場合、必然的に表側溶接と裏側溶接の境界部分のビード幅に段差が生じる。(図 5.1(a)) したがって、この境界部分は工法の特徴として、ビード不整の判定対象外とする。また、裏当て材が残る工法 (図 5.1(b)) において、表側溶接と裏側溶接の境界部分で局部的にビード幅が大きくなる場合があるが、これも工法の特徴としてビード不整の判定対象外とする。ただし、この合否判定対象外の範囲は、ビード幅の不整に対して設定されたもので、その他の外観検査項目には該当しないことに注意する。



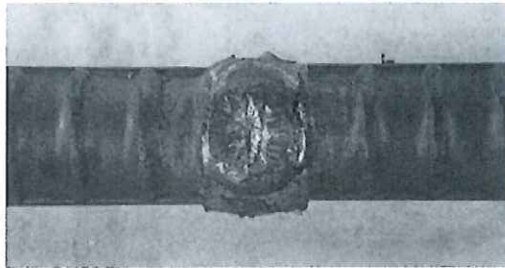
(a) 裏当て材が残らない工法

(b) 裏当て材が残る工法

図 5.1 ビード不整における合否判定対象外の範囲

(6) クレータのへこみ

クレータ(写真5.7)とは、ビードの終端溶着金属の凝固収縮でできるくぼみのことである。周辺との差が1.0mmを超えるクレータのへこみが検出された場合は、不合格とする。主として下向で溶接される鉄筋継手に見られる欠陥で、溶接終了時にアークが消滅すると急冷されて、窪んだ状態で凝固してできる。



(a)外観形状



(b)拡大写真

写真5.7 クレータのへこみ

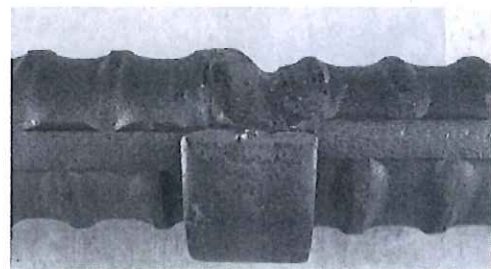
(7) 余盛高さ

余盛とは、溶融金属が必要寸法以上に表面から盛り上がっている部分をいい、余盛の最も低い部分が溶接止端部の鉄筋母材側の高さを超え、かつ、鉄筋のリブ、節の表面からの高さを基準としたときの余盛の最も高い部分が、母材の公称直径(d)の0.2倍以下になるようにする必要がある。余盛高さの計測値(h)が、 $0 < h \leq 0.2d$ の範囲を超える場合を不合格とする。

写真5.8に示すように、余盛高さが所要寸法に満たない場合を「余盛不足」といい、写真5.9に示すように、余盛高さが所要寸法を超える場合を「余盛過大」という。なお、写真5.10に示すように、溶接の始末端である側面部や最終層の表面側で母材への溶込み量が十分でないために開先面が残存している場合は溶込み不良と判断しがちであるが、鉄筋溶接継手では余盛不足と判定する。



(a)外観形状

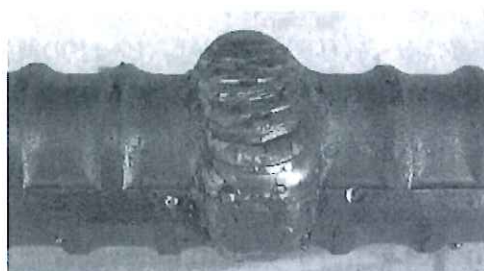


(b)拡大写真

写真5.8 余盛不足

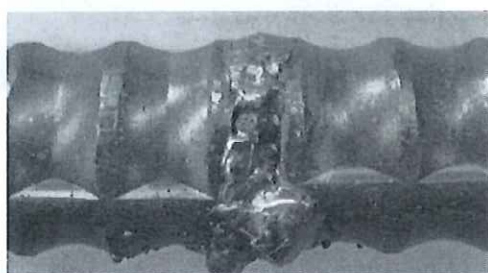


(a) 外観形状

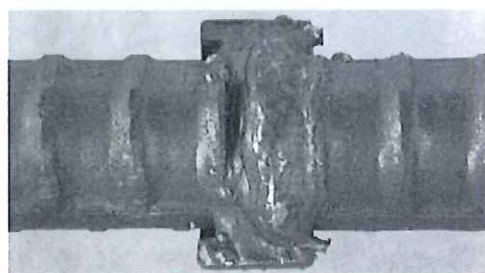


(b) 拡大写真

写真 5.9 余盛過大



(a) 側面部の余盛不足

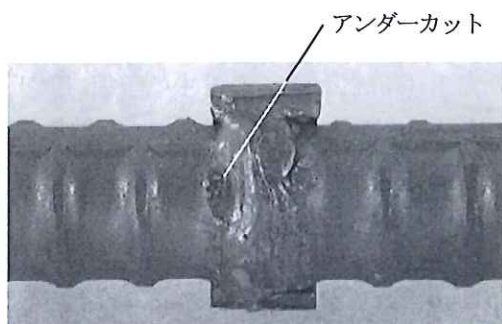


(b) 表面側の余盛不足

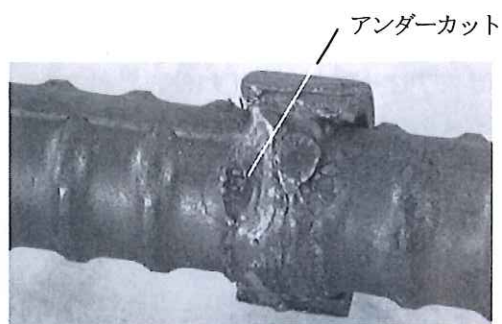
写真 5.10 側面部及び表面側の余盛不足

(8) アンダーカット

アンダーカット (写真 5.11) とは、溶接の止端に沿って溶接金属が満たされないで溝となって残っている部分のことである。アンダーカットの深さが、0.5 mm を超える場合を不合格とする。



(a) 外観形状



(b) 拡大写真

写真 5.11 アンダーカット

(9) 偏心量

偏心は、接合される鉄筋相互の中心軸のずれ（写真5.12）のことであり、偏心量（ a ）が $0.1d$ を超える場合を不合格とする。

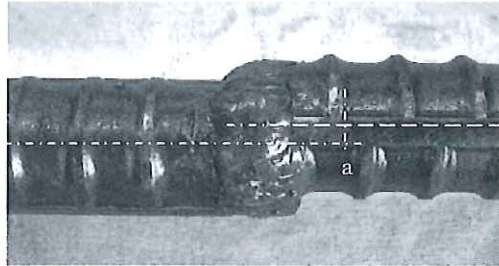


写真5.12 偏心量

(10) 折れ曲がり

折れ曲がり（写真5.13）は、接合される鉄筋相互の角度をいう。折れ角（ α ）が 3° を超える場合を不合格とする。

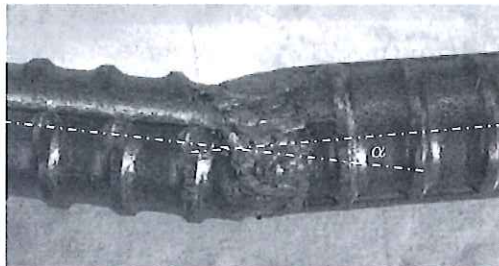


写真5.13 折れ曲がり

5.3 外観検査方法

外観検査を実施する場合の基本的な心得と注意点は、以下に示すとおりである。

- ・ 外観検査は施工の良否を判定する基本的な検査であり、主として目視（肉眼）によって行い、目視での判定が困難なものに対しては低倍率の拡大鏡やライト等とともに、ノギス、スケール、溶接ゲージ等を用いて寸法測定を行い、その測定結果に基づいて最終判断を行う。
- ・ 溶接継手部の外観検査を行う場合の基本寸法は公称直径とし、また、鉄筋径の異なる溶接継手部の基本寸法は細い方の鉄筋の公称直径とする。
- ・ 写真 5.14 に示すように、溶接終了直後の溶接ビード上にはスラグが付着し、また溶接近傍の母材上にはスパッタやヒュームかすが付着しているのが一般的である。この状況では外観検査における不具合を適正に識別・評価することは困難である。このため、外観検査を行う前には必ずスラグ、スパッタやヒュームかす等をスクレーパーやワイヤブラシで除去する。

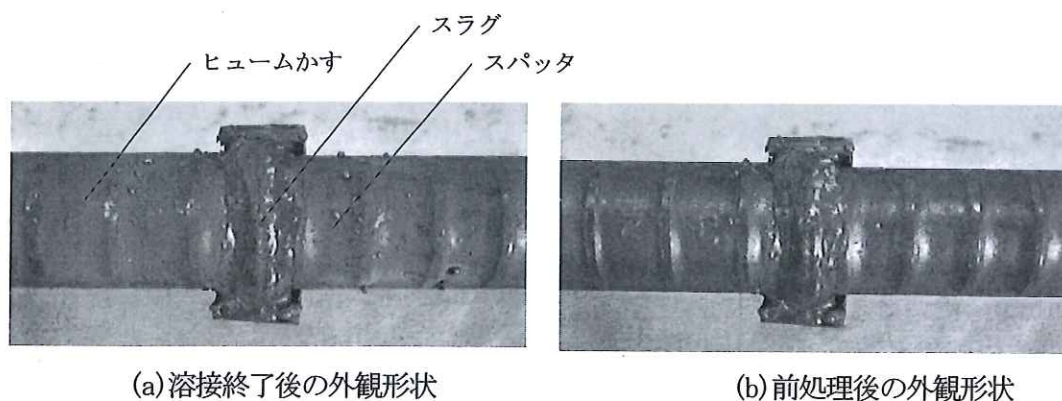


写真 5.14 外観検査前の前処理

溶接終了後に行う外観検査の具体的な検査方法を以下に示す。

(1) 溶接部の割れ

鉄筋継手の溶接部の割れは、目視によって検査する。クレータやビードの中央部を注視し、開口した割れ（細い線状のスジ）を識別する。クレータ割れは、狭域な部位や照度の低い作業環境等で肉眼での判断が困難な場合があるので、ビード表面に付着するスラグ等を完全に除去した後で、低倍率の拡大鏡やライトを用いるとよい。

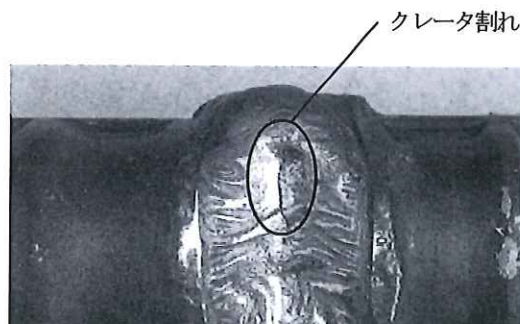


写真 5.15 クレータ割れ（拡大写真）

(2) 裏面の溶込み不良

裏面の溶込み不良は、写真 5.16 に示すように、母材への溶込み量が十分でないために開先面が残存している状態であり、これを目視で確認する。目視での判断が困難な場合は、割れと同様に低倍率の拡大鏡やライトを用いて確認する。

裏面の溶込み不良の検査では、初層（裏面）側の約半周の溶接線を注視し、未溶融な開先面が残存しているか否かを見極めることが重要である。

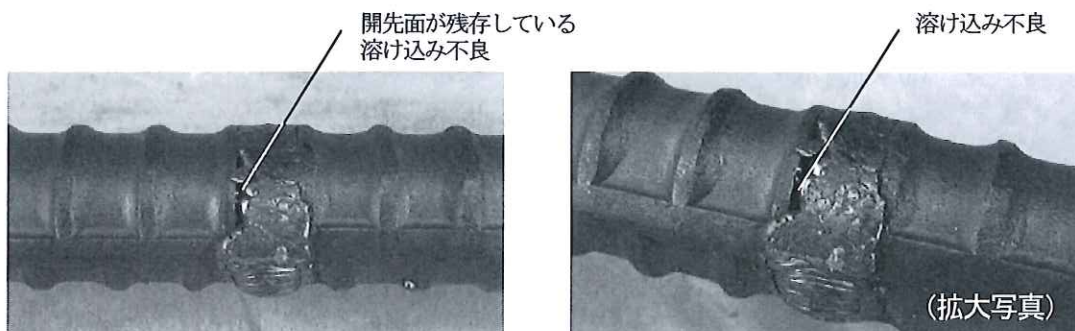


写真 5.16 裏面の溶込み不良

また、写真 5.17 に示すように、スラグの除去等が不十分な場合は、スラグの痕跡を残存する開先面と誤判定することもあるので、スラグ及びヒュームかす等の除去を十分に行うことが重要である。

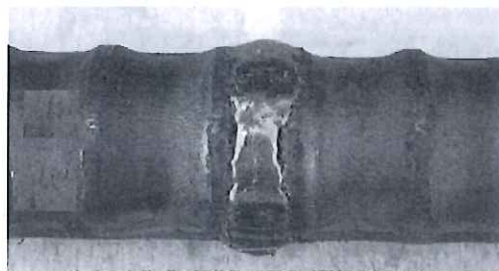


写真 5.17 裏面の溶込み不良と誤判定する可能性のあるビード形状

(3) 裏面の溶落ち

写真 5.18 に示す裏面の溶落ちの検査では、初層側の裏当て材部分の約半周を注視する。この場合、溶接金属が流出して穴が形成され、その穴が母材表面よりも深い場合や穴の深さが裏当て材の厚さ以上である場合を外観上の欠陥と判定し、それ以外は欠陥としては取扱わない。したがって、写真 5.18 (b) に示すように、裏当て材が溶融しているが、穴が開いてない場合や穴の深さが裏当て材の厚さを超えていない場合は、外観上の不具合はないものと判定する。当然、これほどの裏当て材の溶落ちがあれば内部欠陥の発生が予想されるが、その評価は超音波探傷試験に委ねる。

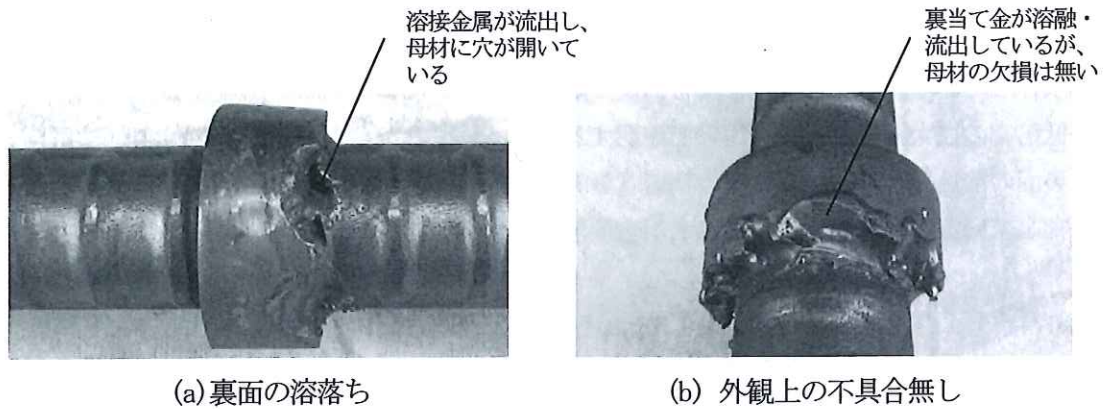


写真 5.18 裏面の溶落ち

[溶落ちの深さの測定手順] (写真 5.19 参照)

- ① 溶接ゲージ本体が鉄筋軸に平行になるように設置する。
- ② 溶接ゲージの測針を母材表面に押し当て、この時の目盛を読み取り、 d_0 とする。
- ③ 溶接ゲージの測針を溶落ちの穴に差し込み、この時の目盛を読み取り、 d_1 とする。
- ④ $|d_1 - d_0|$ を算出し、溶落ちの深さとする。
- ⑤ 溶落ちの深さが母材表面よりも深い場合は、溶落ちと識別し、不合格と最終判定する。
- ⑥ なお、ノギスを用いる場合は写真 5.20 に示す測定例による。

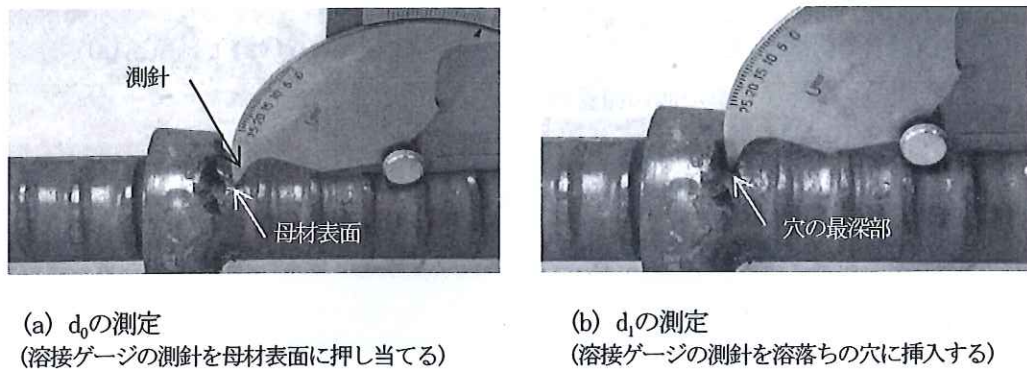


写真 5.19 溶落ちの測定例(1)

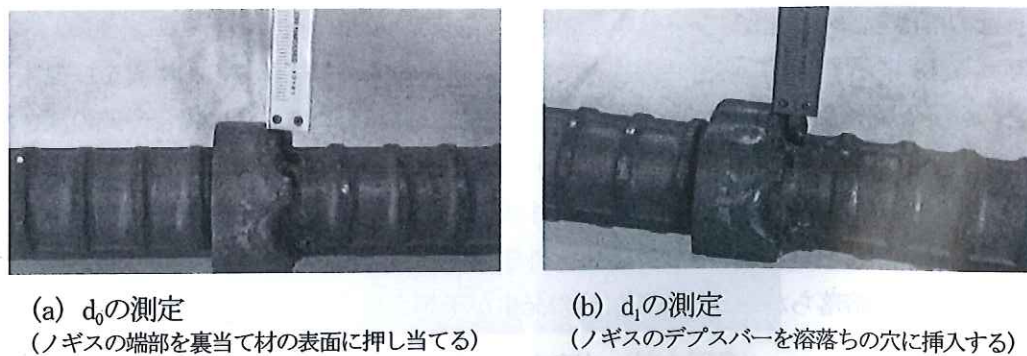


写真 5.20 溶落ちの測定例(2)

(4) ピット

ピットは目視で確認し、直径0.5 mm以上を不合格とする。目視により判断が困難な場合は、ゲージ等で測定する。

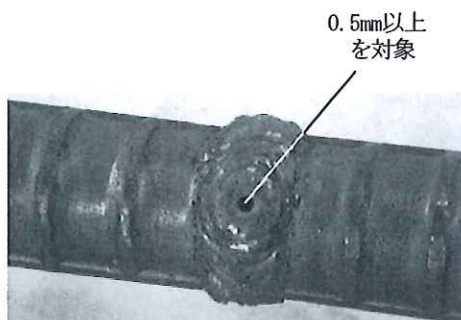
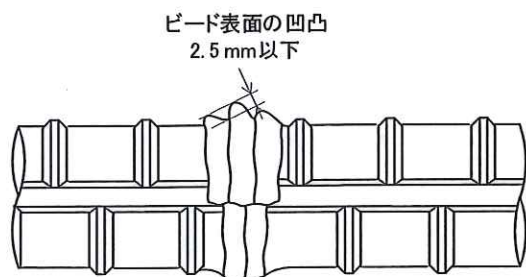


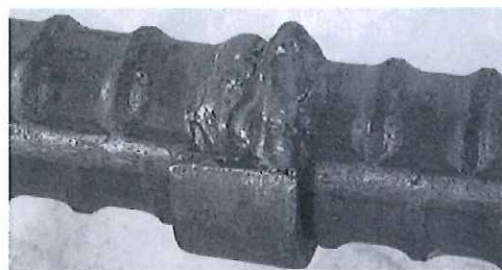
写真 5.21 ピット (拡大写真)

(5) ビード不整

ビード不整は、写真 5.22 及び写真 5.23 に示すように、ビード表面に著しい凹凸があるもの(表面の凹凸)とビード幅に著しい変化があるもの(幅の凹凸)を対象として検査を行う。目視での判断が困難な場合は、溶接ゲージやノギス等を用いて、以下に示す測定手順に基づいた計測を行う。

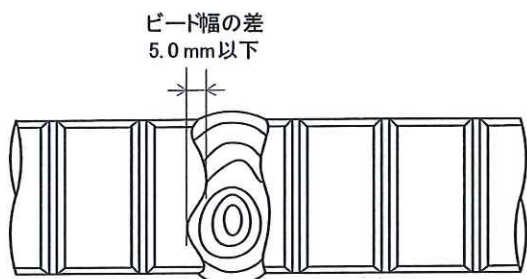


(a) 表面の凹凸



(b) 拡大写真

写真 5.22 ビード不整 (表面の凹凸)



(a) 幅の凹凸

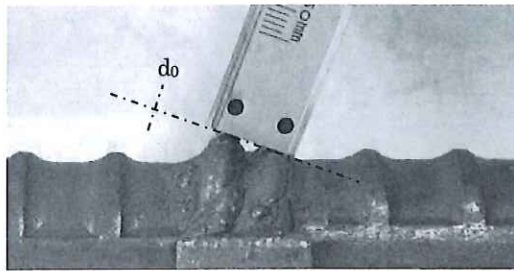


(b) 拡大写真

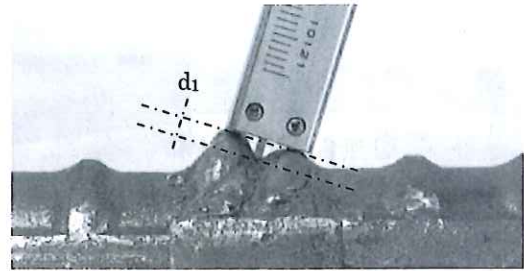
写真 5.23 ビード不整 (幅の凹凸)

[ビード不整 (表面の凹凸) の測定手順] (写真 5.24 参照)

- ① ノギス (又は溶接ゲージ) 等を準備する。
- ② ノギスの本尺の端部 (又は溶接ゲージ) が鉄筋軸に平行になるように設置する。
- ③ ノギスのデプスバーの先端 (又は溶接ゲージの測針) を相隣り合うビードの谷間に差し込み、この時の目盛の読値を谷間の深さとする。



(a) d_0 の測定
(ノギスの端部を相隣るビード表面に押し当てる)

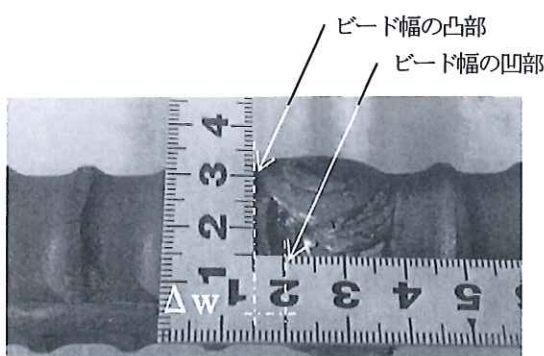


(b) d_1 の測定
(ノギスのデプスバーを相隣るビードの谷に挿入する)

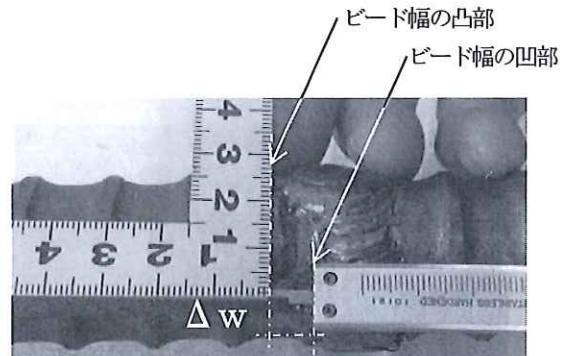
写真 5.24 ビード不整の測定例(1)

[ビード不整 (幅の凹凸) の測定手順] (写真 5.25 参照)

- ① 直角定規のみを用いる場合は、写真 5.25 (a) に示すように、直角定規の B 部を鉄筋軸に平行にした後、直角定規の A 部をビード幅の凸部に一致させる。
- ② 次に、ビード幅の凹部に合致する直角定規の B 部の目盛を読み取り、ビード幅の凹凸の値、即ち、ビード幅の差 (Δw) とする。
- ③ また、直角定規とノギスを用いる場合は、写真 5.25 (b) に示すように、直角定規の A 部をビード幅の凸部に一致させる。
- ④ 次に、ビード幅の凹部に合致するようにノギスの端部を一致させた後、デプスバーによって直角定規の A 部までの距離を測定し、この距離をビード幅の差 (Δw) とする。



(a) 直角定規による測定

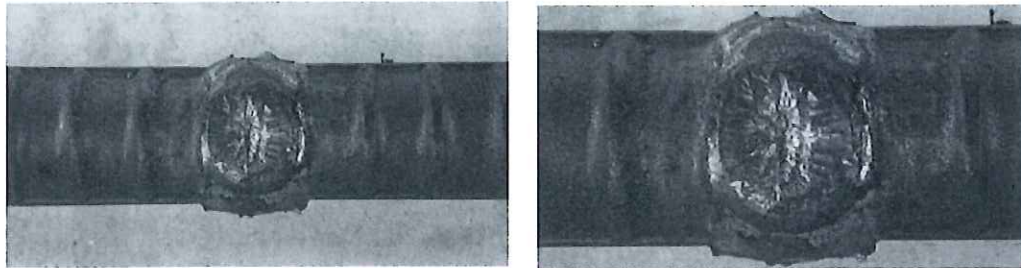


(b) 直角定規とノギスによる測定

写真 5.25 ビード不整の測定例(2)

(6) クレータのへこみ

写真 5.26 に示すようなクレータのへこみは、目視によって検査する。肉眼での判断が困難な場合は、溶接ゲージやノギス等を用いて、以下に示す測定手順に基づいた計測を行う。



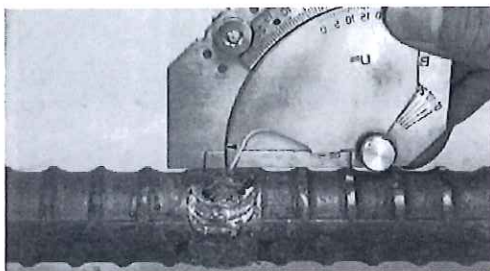
(a) 外観形状

(b) 拡大写真

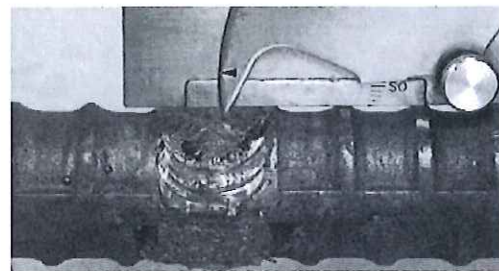
写真 5.26 クレータのへこみ

[クレータのへこみの測定手順] (写真 5.27 参照)

- ① 溶接ゲージの測針を平板上に置き、この時の目盛を読み取り、 d_0 とする。
- ② 溶接ゲージ本体を最深部上のクレータの稜線上に設置した後、溶接ゲージの測針をクレータのへこみの最深部に差し込み、この時の目盛を読み取り、 d_1 とする。
- ③ $|d_1 - d_0|$ を算出し、クレータのへこみの深さとする。



(a) d_0 の測定
(溶接ゲージをクレータの稜線に押し当てる)



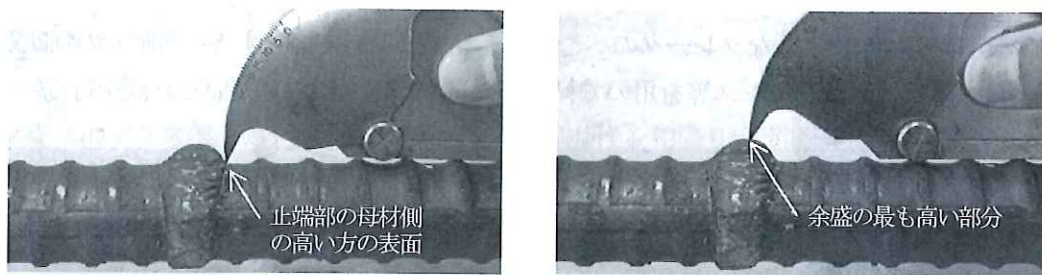
(b) d_1 の測定
(溶接ゲージの測針をクレータの最深部に挿入する)

写真 5.27 クレータのへこみの測定例

(7) 余盛高さ余盛高さの不具合には、余盛高さが所要寸法を超える場合の「余盛過大」と、余盛高さが所要寸法に満たない場合の「余盛不足」がある。目視での判断が困難な場合は、溶接ゲージやノギス等を用いて以下に示す測定手順に基づいた計測を行う。余盛高さの規定値は表 5.4 参照。

[余盛過大の測定手順] (写真 5.28 参照)

- ① 溶接ゲージ本体が鉄筋軸に平行になるように設置する。
- ② 溶接ゲージの測針を母材の節又はリブ上に押し当てる。この時の溶接ゲージの目盛を読み取り、 d_0 とする。
- ③ 溶接ゲージの測針を余盛の最も高い部分に押し当てる。この時の目盛を読み取り、 d_1 とする。
- ④ $|d_1 - d_0|$ を算出し、余盛高さとする。



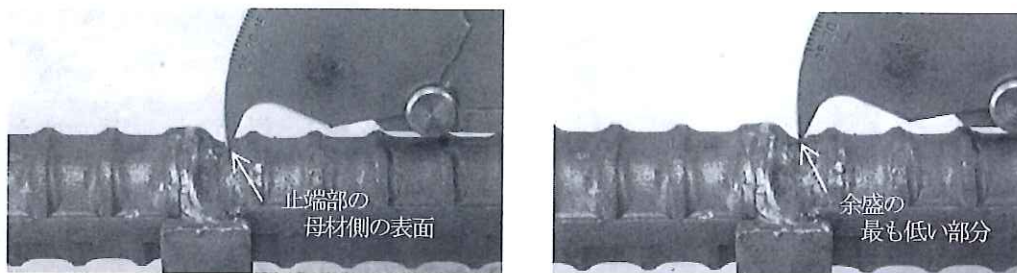
(a) d_0 の測定
(溶接ゲージの測針を止端部の母材側の高い方の表面に押し当てる)

(b) d_1 の測定
(溶接ゲージの測針を余盛の最も高い部分に押し当てる)

写真 5.28 余盛過大の測定例

[余盛不足の測定手順] (写真 5.29 参照)

- ① 溶接ゲージ本体が鉄筋軸に平行になるように設置する。
- ② 溶接ゲージの測針を溶接止端部の母材側の表面に押し当てる。この時の溶接ゲージの目盛を読み取り、 d_0 とする。
- ③ 溶接ゲージの測針を余盛の最も低い部分に押し当てる。この時の目盛を読み取り、 d_1 とする。
- ④ $|d_1 - d_0|$ を算出し、余盛高さとする。



(a) d_0 の測定
(溶接ゲージの測針を止端部の母材側の表面に押し当てる)

(b) d_1 の測定
(溶接ゲージの測針を余盛の最も低い部分に押し当てる)

写真 5.29 余盛不足の測定例

表5.4 余盛高さの規定値

呼び名	公称直径 (d) (mm)	h=0 (mm)	h=0.2 d (mm)	呼び名	公称直径 (d) (mm)	h=0 (mm)	h=0.2 d (mm)
D19	19.1	溶接止端部の鉄筋母材側の高さ	3.9	D35	34.9	溶接止端部の鉄筋母材側の高さ	7.0
D22	22.2		4.5	D38	38.1		7.7
D25	25.4		5.1	D41	41.3		8.3
D29	28.6		5.7	D51	50.8		10.2
D32	31.8		6.4				

(8) アンダーカット

アンダーカットは、溶接止端部に沿って熔融金属が満たされないで溝となって残存する部分で、目視での判断が困難な場合は、溶接ゲージ等を用いて、以下に示す測定手順に基づいた計測を行う。

[アンダーカットの測定手順] (写真 5.30 参照)

- ① 溶接ゲージ本体が鉄筋軸に平行になるように設置する。
- ② 溶接ゲージの測針を溶接止端部の母材側の表面に押し当てる。この時の溶接ゲージの目盛りを読み取り、 d_0 とする。
- ③ 溶接ゲージの測針をアンダーカットの最も低い部分に押し当てる。この時の目盛りを読み取り、 d_1 とする。
- ④ $|d_1 - d_0|$ を算出し、アンダーカットの深さとする。

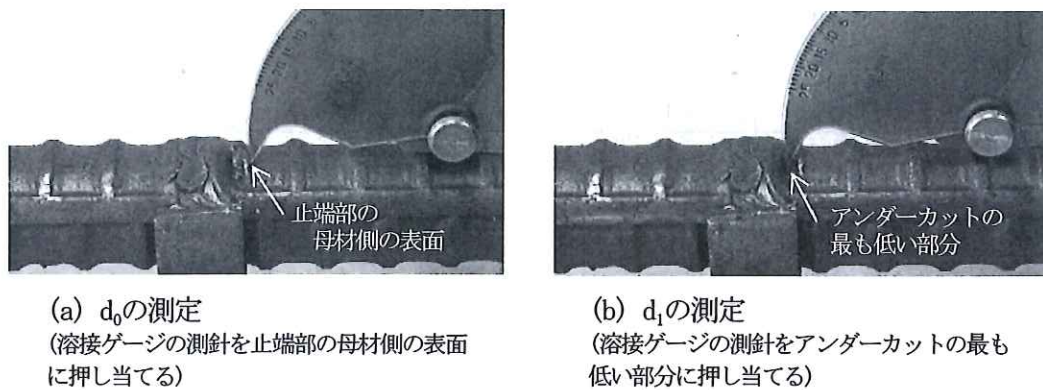


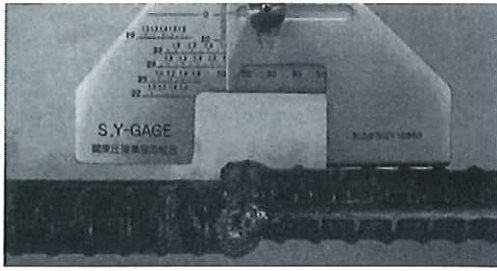
写真 5.30 アンダーカットの測定例

(9) 偏心量

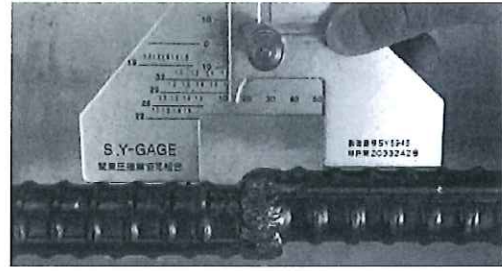
偏心量は、鉄筋の軸心のずれをいい、目視での判断が困難な場合は、SYゲージ等を用いて、以下に示す測定手順に基づいた計測を行う。

[偏心量の測定手順] (写真 5.31 参照)

- ① SYゲージを準備する。
- ② SYゲージを偏心量が最大となる位置で、溶接部を挟んで鉄筋に密着するように設置する。
- ③ この時のSYゲージの目盛りを読み取り、偏心量 (a) とする。
- ④ 偏心量が $0.1d$ (表 5.5 参照) を超える場合を不合格と判定する。



(a) d_0 の測定
(溶接部を挟んでSYゲージを鉄筋軸に平行に設置する)



(b) d_1 の測定
(SYゲージの底辺を鉄筋の表面に密着させる)

写真 5.31 偏心量の測定例

表5.5 偏心量の規定値

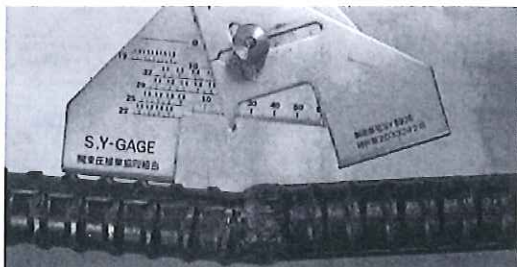
呼び名	公称直径 (d) (mm)	$a=0.1d$ (mm)	呼び名	公称直径 (d) (mm)	$a=0.1d$ (mm)
D19	19.1	2.0	D35	34.9	3.5
D22	22.2	2.3	D38	38.1	3.9
D25	25.4	2.6	D41	41.3	4.2
D29	28.6	2.9	D51	50.8	5.1
D32	31.8	3.2			

(10) 折れ曲がり

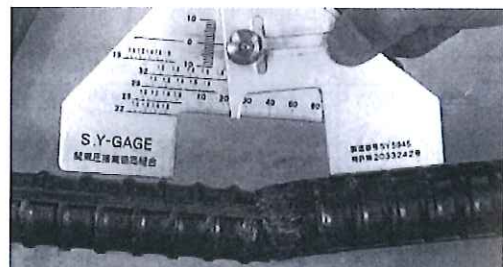
折れ曲がりとは、鉄筋の軸心のずれを溶接ゲージや金属製直尺等を用いて計測する。

[折れ曲がりの測定手順] 写真 5.32 参照

- ① SYゲージを鉄筋軸に平行になるように設置する。
- ② SYゲージを折れ曲がり最大となる位置で、溶接部を挟んで鉄筋に密着するように設置する。
- ③ この時のSYゲージの目盛を読み取り、折れ角 (α) とする。
- ④ 折れ角 (α) が 3° を超える場合を不合格とする。



(溶接部を挟んでSYゲージを鉄筋軸に平行に設置する)



(SYゲージの底辺を鉄筋の表面に密着させて、目盛を読み取る)

写真 5.32 折れ曲がりの測定例