

Temp. No. ⑩ : JIS Z 3122(2013)「突合せ溶接継手の曲げ試験方法」の引用

1. 現状

(1) 型曲げ試験での試験片及び試験の方法

試験片は、JIS Z 3122(1990)「突合せ溶接継手の曲げ試験方法」の「4. 試験片」の側曲げ試験片、裏曲げ試験片、縦表曲げ試験片及び縦裏曲げ試験片を引用し、試験片の厚さは 10 mm を基本とし、側曲げ試験での幅が 50 mm を超え試験ができない場合は、試験片の分割は同一断面において薄のこぎりでこれを所要の厚さに分割することができるとの条件が付されている。

試験の方法は、JIS Z 3122(1990)の「5.1 型曲げ試験方法」を引用し、曲げ半径は、20 mm を基本とし、母材の区分により別途規定（例、アルミニウムは、試験片厚さの 33/4 倍）されている。

(2) ローラ曲げ試験での試験片及び試験の方法

試験片は、JIS Z 3122(1990)「突合せ溶接継手の曲げ試験方法」の「4. 試験片」の側曲げ試験片、裏曲げ試験片、縦表曲げ試験片及び縦裏曲げ試験片を引用し、試験片の厚さは 10 mm を基本とし、側曲げ試験での幅が 50 mm を超え試験ができない場合は、試験片の分割は同一断面において薄のこぎりでこれを所要の厚さに分割することができるとの条件が付されている。

試験の方法は、JIS Z 3122(1990)の「5.2 ローラ曲げ試験方法」を引用し、曲げ半径は、試験片の厚さの 2 倍を基本として 180° 曲げることとし、母材の区分により別途規定（例、アルミニウムは、試験片厚さの 33/4 倍）されている。

2. 目的

JIS Z 3122(1990)は、ISO 5173(2009)「Destructive tests on welds in metallic materials — Bend tests」を基にして国内の現場に則して 2013 年に改正されている。このため、検討を行い、JIS Z 3122(2013)「突合せ溶接継手の曲げ試験方法」の必要な Section を引用する。

3. 検討

JIS Z 3122(2013)の主な改正内容の概要を表⑩-1 に、詳細を添付⑩に示す。試験片の切断方法を詳細化し、全厚試験での板厚の分割による試験片の位置を追加する等されており、詳細化又は追加された内容により品質のパラツキは縮小すると判断する。

そのため、試験片について「5 試験片の作製」を、試験の方法については「6 試験方法」を引用することは技術的に妥当なものと判断する。各 Section 引用にあたっての技術的妥当性検討結果を次に示す。

表⑩-1 JIS Z 3122(2013)の主な改正内容の概要

No.	主な改正	備考
1	試験片への表示の追加	
2	試験片等の熱処理及び時効への考慮を追加	
3	試験片の切断方法の詳細化	
4	30 mm までの試験材厚さでの曲げを許容	
5	試験片の機械加工の許容差を追加	
6	全厚試験での板厚の分割による試験片の位置を追加	
7	クラッドの突合せ溶接の表曲げ及び側曲げの試験片を追加	
8	寸法許容差を追加し詳細化	
9	試験片のりょうの丸みへの考慮を追加	
10	表面仕上げの追加	
11	試験温度を追加	
12	エッチングの許容を追加	
13	巻付け曲げ試験を追加	
14	母材の伸びが 20%未満の場合の曲げ半径を追加	
15	試験終了の規定を追加	
16	曲げ伸びを計測する際の原標点距離の規定を追加	

3.1 JIS Z 3122(2013)「5 試験片の作製」引用にあたっての技術的妥当性検討結果

(1) 採取位置

採取位置について 1990 年版と内容には変更はないため、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

(2) 表示

表示について 1990 年版より詳細に規定されており、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

(3) 熱処理及び時効

実機で溶接後熱処理（以下、PWHT という）を必要とする場合は、試験材に対して PWHT を実施することが可能な規定となっているため、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

アルミニウム合金など、自然時効を考慮しなければならないものは、溶接と試験の間の時間を記録する要求があるため、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

(4) 採取

材質及び厚さにより試験片の切断方法が詳細に規定されており、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

(5) 試験片の形状及び寸法

① 試験片の厚さ

表曲げ試験片及び裏曲げ試験片では、最大厚さ 30 mm までは溶接継手に隣接する母材の厚さに等しくするが、試験材厚さが 10 mm より大きい場合、試験片厚さは 10 ± 0.5 mm まで試験面の反対側から機械加工又は同等の手法で加工してもよいとされており、1990 年版の一律に試験片厚さを 10 mm とする規定より、対象とする溶接部断面が増えること及び加工公差が規定されていることから、試験材厚さが 10 mm より大きい場合については、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。試験材厚さが 10 mm 未満の場合、試験片厚さは試験材厚さとするとしてされており、1990 年版と同様の規定であり、試験材厚さが 10 mm 未満の場合については、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

加えて、押しジグ先端の直径 d 、機械加工後の溶接金属の最大幅 L_s 及び試験片の厚さ t_s については、(1 式) を満足する条件が付されている。これは、 L_s が大きい場合に t_s を厚くするように求めているものであるが、 d が 40 mm、 t_s が 10 mm の場合の L_s は 38 mm まで許容されるため、一般の溶接における機械加工後の溶接金属の最大幅は満足することになる。

$$d \geq 1.3L_s - t_s \quad \dots \dots \dots (1 \text{ 式})$$

ここで、 d : 押しジグ先端の直径 (mm)

L_s : 機械加工後の溶接金属の最大幅 (mm)

t_s : 試験片の厚さ (mm)

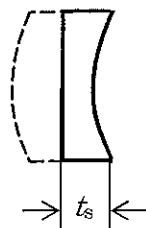
なお、試験材に管材を用いた場合の試験片の厚さ t_s は、JIS Z 3122(2013) では明確に図示されていない。現場の混乱を防止するため、試験片の厚さ t_s は図①-1 又は図①-2 によることと条件を付し、明確化する。この厚さの取り方は、JIS Z 3122(1990) と同じものであり、ASME B&PV Code Sec. IX と同様である。

また、実機の機械試験の方法と判定基準が規定されている別表第 31 では、曲げ試験として側曲げ試験、裏曲げ試験、縦表曲げ試験及び縦裏曲げ試験のみが対象となっている。縦表曲げ試験及び縦裏曲げ試験は、LNG 地上貯槽を対象としており、管を試験材にした曲げ試験はない。このため、管を試験材にした曲げ試験としては、側曲げ試験及び裏曲げ試験のみであり、厚さを定義する必要のあるのは、裏曲げ試験のみということになる。しかし、溶接施工法確認試験方法と判定基準を規定している別表第 11 において、表曲げ試験は別表第 31 の裏曲げ試験に準ずることとしている。このため、裏曲げ試験と

表曲げ試験を対象とした試験片厚さ t_s を定義する必要がある。上述のことを勘案し、別表第 31 では裏曲げ試験や表曲げ試験という言葉は出さず、内面切削や外面切削という言葉を用いて、それぞれの厚さを定義する。



図⑪-1 内面切削の場合



図⑪-2 外面切削の場合

② 全厚試験

継手の厚さが 40 mm を超えるとき、側曲げ試験片を分割することが許されるが、板厚を分割して複数の試験片を作製する必要がある場合は、別断面から試験片を採取するように詳細に規定された。現行の火技解釈では、同一断面において薄のこぎりでこれを所要の厚さに分割することができるとの条件が付されているが、別断面から試験片を採取することにより、切り代分を試験対象とすることから、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。なお、この引用により、現行の火技解釈で付されている条件の必要はなくなる。

③ クラッドの表曲げ試験片及び側曲げ試験片

クラッドの表曲げ試験片及び側曲げ試験片が追加されたが、これらの試験片は、火技解釈では対象となっていないため、影響するものではない。

④ 試験片の幅

表曲げ試験片及び裏曲げ試験片では、板の場合は試験材の厚さの 4 倍以上となり、1990 年版の 40 mm との相違はない。このため、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

管の場合は、外径と試験材の厚さにより幅が決まるが、これらの値から対象値が一義的にもとまる規定となっており、1990 年版の規定（例、管の外径

が、60.5～114.3 mm のもの幅は 19 mm) のように管外径の範囲で一律に幅が規定されるものに比べて、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

縦曲げ試験片の幅は、機械加工後の溶接金属の最大幅に 30 mm を加えた幅となったが、1990 年版の一律 40 mm としていたものに比べて、確実に熱影響部を含んで溶接部の曲げ試験を行うことが出来るため、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

⑤ 試験片のりょうの丸み

りょうの丸み半径 r は $0.2t_b$ を超えず、最大 3 mm とされ、厳密な円弧である必要はなく、適切な多角形で近似させてもよいとされた。試験片の厚さ 10 mm では r は 2 mm 未満となり、一律に 1.5 mm 以下としていた 1990 年版とは異なるが、試験片の厚さの最大厚さ 30 mm まで許容したことによるものであり、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

なお、1990 年版では、「角」と表現されていた試験片のかどについて、「りょう (稜)」と表現が変わったため、現行の火技解釈の判定基準では「縁角」と表記されている箇所について、「試験片のりょう (稜)」に編集上の修正を行う。

⑥ 表面仕上げ

表面仕上げについて詳細に規定されており、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

⑦ P-23 の試験片の厚さと幅への考慮

現行の火技解釈では、P-23 (アルミニウムマグネシウム珪素合金であって、マグネシウムの含有量が 0.45% 以上 1.4% 未満で、かつ珪素の含有量が 0.2% 以上 0.8% 以下のもの) の型曲げ試験での試験片の厚さは 3.2 mm とすることとされている。この場合の裏曲げ試験片の幅は、JIS Z 3122(1990)により板の場合は 40 mm に管の外径が 114.3 mm を超える場合も 40 mm にすることとされている。試験材として管を用いる場合も外径 114.3 mm を超えるものしか想定されないため、裏曲げ試験片の幅は 40 mm とする。現行の P-23 のローラ曲げ試験での試験片の厚さは溶接部の厚さとされており、これは、試験材の厚さが 3.2 mm 未満の場合に対応するものである。これらは、2013 年版では考慮されていないため現行通り条件を付すこととする。なお、これらは、ASME B&PV Code Sec. IX 「Welding, Brazing, and Fusing Qualifications」を基に現行の火技解釈で条件が付されているものである。

3.3 JIS Z 3122(2013)「6 試験方法」引用にあたっての技術的妥当性検査結果

(1) 試験温度

試験温度は、10～35℃の範囲とし、特に温度管理が必要な場合は $23 \pm 5^\circ\text{C}$ とすると規定されている。1990年版より詳細に規定されており、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

その他の試験方法は、JIS Z 2248「金属材料曲げ試験方法」によることとされており、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。なお、JIS Z 3122(2013)が間接引用する JIS Z 2248 は最新年版によることとされており、JIS 規格の引用体系に従っている。JIS Z 2248 の最新年版は 2014 年版であるが、JIS Z 2248(2014)が引用する JIS 規格も最新年版による引用体系に従っている。このように、間接引用する JIS Z 2248 の年版を指定するためには、間接引用する全ての JIS 規格について年版を指定する必要があるため、現実的ではない。このため、JIS Z 3122(2013)が間接引用している JIS Z 2248 等の年版は指定せず、JIS 規格の引用体系を尊重することとする。また、火技解釈では、直接引用する JIS 規格については年版を指定しているが、この JIS 規格が引用（間接引用）する JIS 規格についての年版指定はしていない。

(2) エッチング

溶融領域の形及び位置、又は溶融線を確認するために、試験片表面を軽くエッチングしてもよいこととされており、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

(3) 試験

① ローラ曲げ試験ジグの寸法

押しジグ先端の直径 d と受けローラのうちのり間隔 l 以外の規定が削除され、受けローラのうちのり間隔の最大値が追加された。ローラ曲げ試験で試験結果に影響を与える重要な寸法はこの両者であり、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

② 型曲げ試験ジグの寸法

押しジグ先端の直径 d と U 型ジグの底の半径 m 以外の規定が削除された。型曲げ試験で試験結果に影響を与える重要な寸法はこの両者であり、引用により品質のバラツキは変更ないと判断する。

③ 巻付け曲げ試験の追加

アルミニウム合金及びその他の合金で、溶接金属又は継手を形成する一方の材料が、他の材料に比べて、降伏点又は強さが低いなどの理由で適切に曲

げ試験ができない場合の代替の試験方法として巻付け曲げ試験が追加された。巻付け曲げ試験の適用実績はなく、アルミニウム合金等についても曲げ半径を変更することで対応してきているため、現行通り、巻付け曲げ試験は引用せず、現行の曲げ半径での型曲げ試験又はローラ曲げ試験を実施することは妥当と判断する。なお、別表第 30 における曲げ試験の種類は、型曲げ試験又はローラ曲げ試験の両者しか許容されていないため、ここで特別に条件を付す必要はない。

④ 押しジグ先端の直径

母材の伸び $A \geq 20\%$ においては、押しジグ先端の直径 d は、 $4t_s$ 以下と規定されている。これは、現行の規定と同様である。母材伸び $A < 20\%$ においては、押しジグ先端の直径 d は (2 式) のとおりとされている。

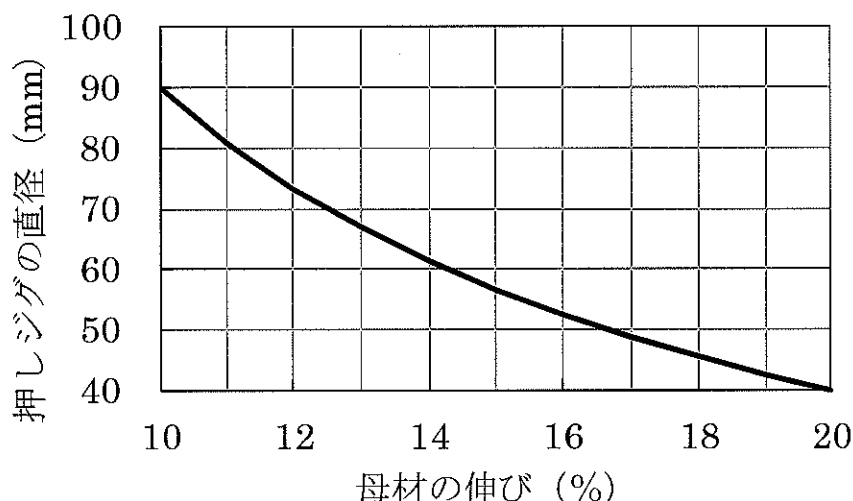
$$d \leq 100 \times t_s / A - t_s \quad \dots \dots \dots (2 \text{ 式})$$

ここで、 d : 押しジグ先端の直径 (mm)

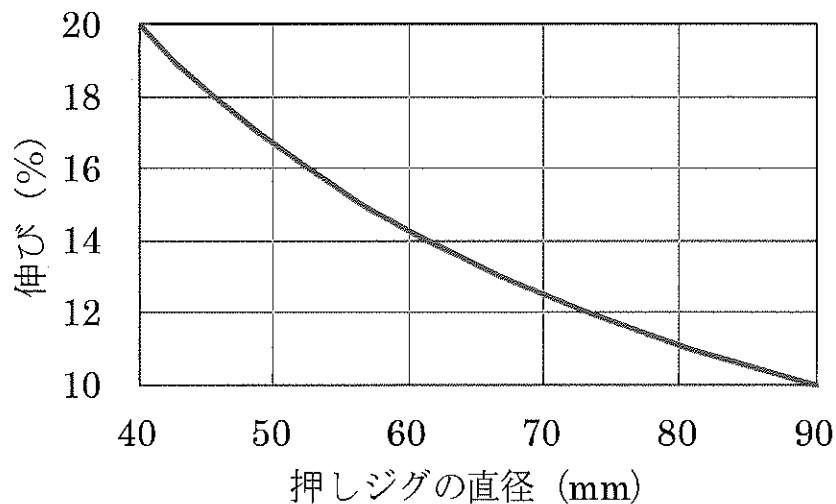
t_s : 試験片の厚さ (mm)

A : 母材の伸び (%)

(2 式) による母材の伸びと押しジグ先端の直径の関係を図①-3 に、押しジグ先端の直径による溶接部の伸びを図①-4 に示す。母材の伸びに相当する溶接部の伸びを付与する押しジグ先端の直径を与えるものであり、合理的であり、母材の伸びを基準としている。



図①-3 母材の伸び $A < 20\%$ と押しジグ先端の直径の関係



図⑪-4 押しジグ先端の直径と溶接部の伸び

⑤ 試験の終了

ローラ曲げ試験は試験片がジグの底から排出された時点で、型曲げ試験は試験片とジグの底の間に 3 mm のワイヤが入らなくなった時点で終了するとされた。

ローラ曲げ試験については、現行の火技解釈では、180° 曲げることとされており試験片がジグの底から排出された時点と比較して変更ないと判断する。

型曲げ試験については、試験片とジグの底の間に 3 mm のワイヤが入らなくなった時点で終了するとされたため、引用により品質のバラツキは縮小すると判断する。

⑥ P-11A 等の押しジグ先端の直径への配慮

現行の P-11A (ニッケル鋼であって、ニッケル標準合金成分が 3.50% を超え 9.0% 以下のもの及び合金鋼であって、規格による最小引張強さが 660 N/mm² 以上 730 N/mm² 未満のもの(グループ番号 1 に掲げるものを除く。))、P-11B (合金鋼であって、規格による最小引張強さが 730 N/mm² 以上のもの) 又は P-25 (アルミニウムマグネシウム合金であって、マグネシウムの含有量が 3.9% を超え 5.6% 以下のもの) にあっては、曲げ半径は試験片厚さの 10/3 倍とされており、これらは、2013 年版では考慮されていないため現行通り条件を付し 2013 年版の表記のように、これを押しジグ先端の直径に表記を変更する。なお、これらは、ASME B&PV Code Sec. IX を基に現行の火技解釈で条件が付されているものである。

加えて、現行の火技解釈では、ジグ先端の半径で寸法が与えられているものを、2013 年版の表記のように、これを押しジグ先端の直径に表記を変更する。このため、P-23 (アルミニウムマグネシウム珪素合金であって、マグネシ

ウムの含有量が 0.45%以上 1.4%未満で、かつ珪素の含有量が 0.2%以上 0.8%以下のもの) にあっては 33/4 倍に、P-51 (チタンであって、規格による最小引張強さが 340 N/mm²以下のもの) にあっては 4 倍に、P-52 (チタンであって、規格による最小引張強さが 340 N/mm²を超えるもの) にあっては 5 倍とされており、これを押しジグ先端の直径に表記を変更する。

⑦ P-23 の押しジグと U 型ジグ又は受けローラのすき間への配慮

P-23 (アルミニウムマグネシウム珪素合金であって、マグネシウムの含有量が 0.45%以上 1.4%未満で、かつ珪素の含有量が 0.2%以上 0.8%以下のもの) にあっては、現行の型曲げジグのとおり押しジグと U 型ジグ又は受けローラのすき間は 0.8 mm とする。

4. 要請

試験片については日本工業規格 JIS Z 3122(2013)「突合溶接継手の曲げ試験方法」の「5 試験片の作製」を、試験の方法については「6 試験方法」の型曲げ試験又はローラ曲げ試験によることとする。

なお、試験材に管材を用いた場合の試験片の厚さ t_0 は、JIS Z 3122(2013)では明確に図示されていない。現場の混乱を防止するため、試験片の厚さ t_0 を図示することにより明確化する。

ただし、上述の「P-23 の試験片の厚さと幅への考慮」「P-11A 等の押しジグ先端の直径への配慮」「P-23 の押しジグと U 型ジグ又は受けローラのすき間への配慮」の検討結果に基づき、これらのものについては、現行の規定通りとし、条件を付す。

なお、曲げ試験の種類は、別表第 30「機械試験」において指定されている(例、型曲げ試験は、厚さが 19 mm 以上の場合にあっては、側曲げ試験、厚さが 19 mm 未満の場合にあっては、裏曲げ試験とする)ため、この別表第 31 については、指定せずとも、JIS Z 3122(2013)の必要な条項等を特定でき、型曲げ試験やローラ曲げ試験のような試験の種類及び側曲げ試験、裏曲げ試験及び縦曲げ試験のような試験方法の別での記載は必要なくなったため、曲げ試験の試験片と試験方法のみの規定とする。

ジグ寸法の B (押しジグの厚さ) と R (U 型ジグの底部の半径) については、曲げ試験に影響を与えない寸法であるため、JIS Z 3122(2013)では参考として与えられている。このため、これらの値は削除する。

また、判定基準の「縁角」については、2013 年版の用語である「りょう」を用いて、「縁角」から「試験片のりょう (稜)」に編集上の修正を行う。

5. 条項等

別表第 31 継手引張試験、型曲げ試験、ローラ曲げ試験及び衝撃試験 (改正案の箇所に Temp. No.の⑩を記載)