

きるように行う必要がある。また、支材やストロングバック等の異材を母材に溶接することはできるだけ避け、やむを得ず溶接を行って母材をきずつけた場合には、表-18.4.8により補修する必要がある。

18.4.4 溶接施工法

(1) 溶接の施工は、所定の溶接品質を確保できる方法で行わなければならない。

(2) 1)から6)までの規定による場合においては、(1)を満たすものとみなす。

1) 溶接作業者の資格

i) 組立溶接及び本溶接に従事する溶接作業者は、次に示す資格を有していなければならない。

a) 溶接作業者は、JIS Z-3801（手溶接技術検定における試験方法及び判定基準）に定められた試験の種類のうち、その作業に該当する試験（又は、これと同等以上の検定試験）に合格したものでなければならない。ただし、半自動溶接を行う場合には、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）に定められた試験の種類のうち、その作業に該当する試験（又は、これと同等以上の検定試験）に合格したものでなければならない。

b) 工場溶接に従事する溶接作業者は、6ヶ月以上溶接工事に従事し、かつ工事前2ヶ月以上引き続きその工場において溶接工事に従事した者でなければならない。

c) 現場溶接に従事する溶接作業者は、6ヶ月以上溶接工事に従事し、かつ適用する溶接施工方法の経験がある者又は十分な訓練を受けた者でなければならない。

2) 溶接施工試験

i) 下記事項のいずれかに該当する場合には、溶接施工試験を行う。

a) SM570, SMA570W, SM520 及び SMA490W において、1パスの入熱量が 7,000J/mm を超える場合

b) SM490 及び SM490Y において、1パスの入熱量が 10,000J/mm を超える場合

c) 被覆アーク溶接法（手溶接のみ）、ガスシールドアーク溶接法（CO₂

ガス又は Ar と CO₂ の混合ガス)、サブマージアーク溶接法以外の溶接を行う場合

- d) 鋼橋製作の実績がない場合
- e) 使用実績のないところから材料供給を受ける場合
- f) 採用する溶接方法の施工実績がない場合

なお、過去に同等又はそれ以上の条件で溶接施工試験を行い、かつ施工経験をもつ工場では、その時の試験報告書によって判断し、溶接施工試験を省略できる。

- ii) 溶接施工試験は、表-18.4.4 に示す試験項目から該当する項目を選んで行うのを標準とし、供試鋼材の選定、溶接条件の選定その他は、下記によるのを原則とする。

表-18.4.4 溶接施工試験

試験の種類	試験項目	溶接方法	試験片の形状	試験片の個数	試験方法	判定基準
開先溶接試験	引張試験	図-18.4.1による	JIS Z 3121 1号	2	JIS Z 2241	引張強さが母材の規格値以上
	型曲げ試験 (19mm未満裏曲げ) (19mm以上側曲げ)		JIS Z 3122	2	JIS Z 3122	原則として、亀裂が生じてはならない
	衝撃試験		JIS Z 2242 Vノッチ	各部位につき3 (試験片採取位置は 図-18.4.2による)	JIS Z 2242	溶接金属及び溶接熱影響部で母材の要求値以上(それぞれの3個の平均値)
	マクロ試験		-	1	JIS G 0553 に準じる	欠陥があってはならない
	非破壊試験		-	試験片 継手全長	18.4.6及び18.4.7の規定による	
すみ肉溶接試験	マクロ試験	図-18.4.3による	図-18.4.3による	1	JIS G 0553 に準じる	欠陥があってはならない
スタッド溶接試験	引張試験	JIS B 1198	JIS B 1198	3	JIS Z 2241	降伏点は 235N/mm ² 以上、引張強さは 400~550N/mm ² 、伸びは 20% 以上とする。ただし溶接で切れてはいけない
	曲げ試験	JIS Z 3145	JIS Z 3145	3	JIS Z 3145	溶接部に亀裂が生じてはならない

- a) 供試鋼板には、同じような溶接条件で取扱う鋼板のうち最も条件の悪いものを用いる。

- b) 溶接は実際の施工で用いる溶接条件で行い、溶接姿勢は実際に行

う姿勢のうち最も不利なもので行う。

- c) 異種の鋼材の開先溶接試験は、実際の施工と同等の組合せの鋼材で行う。同鋼種で板厚が異なる継手については、板厚の薄い方の鋼材で試験を行ってもよい。
- d) 再試験は最初の個数の2倍とする。

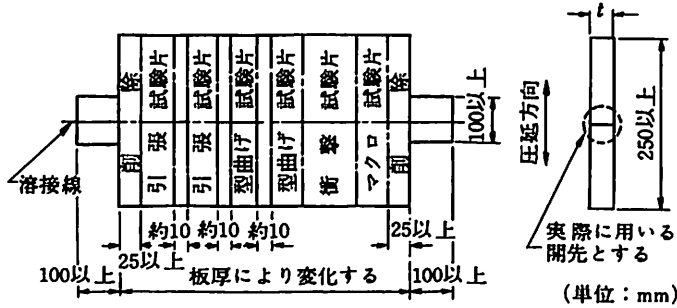


図-18.4.1 開先溶接試験溶接方法

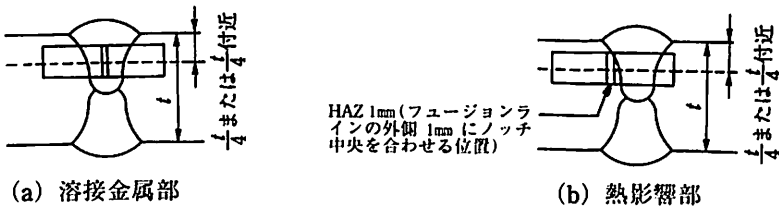


図-18.4.2 衝撃試験片（開先溶接試験片の採取位置）

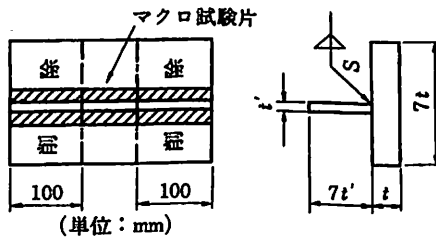


図-18.4.3 すみ肉溶接試験（マクロ試験）
溶接方法及び試験片の形状

3) 組立溶接

- i) 組立溶接は、本溶接の場合と同様に管理して施工しなければならない。
- ii) 組立溶接のすみ肉（又は換算）脚長は4mm以上とし、長さは80mm以

上とする。ただし、厚い方の板厚が 12mm 以下の場合、又は次の式により計算した鋼材の溶接割れ感受性組成 P_{CM} が 0.22% 以下の場合には 50mm 以上とすることができる。

$$P_{CM} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Si}{30} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + \frac{Cu}{20} + 5B \quad (\%)$$

iii) 組立溶接は、組立終了時まではスラグを除去するものとし、溶接部表面に割れがないことを確認しなければならない。割れが発見された場合には、その原因を究明し、適当な対策を講じなければならない。

4) 予熱

鋼種、板厚及び溶接方法に応じて、溶接線の両側 100mm 及びアークの前方 100mm 範囲の母材を表-18.4.5 により予熱することを標準とする。

表-18.4.5 予熱温度の標準

鋼種	溶接方法	予熱温度(℃)			
		板厚区分(mm)			
		25 以下	25 を超え 40 以下	40 を超え 50 以下	50 を超え 100 以下
SM400	低水素系以外の溶接棒による被覆アーク溶接	予熱なし	50	-	-
	低水素系の溶接棒による被覆アーク溶接	予熱なし	予熱なし	50	50
	サブマージアーク溶接 ガスシールドアーク溶接	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし
SMA400W	低水素系の溶接棒による被覆アーク溶接	予熱なし	予熱なし	50	50
	サブマージアーク溶接 ガスシールドアーク溶接	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし
SM490 SM490Y	低水素系の溶接棒による被覆アーク溶接	予熱なし	50	80	80
	サブマージアーク溶接 ガスシールドアーク溶接	予熱なし	予熱なし	50	50
SM520 SM570	低水素系の溶接棒による被覆アーク溶接	予熱なし	80	80	100
	サブマージアーク溶接 ガスシールドアーク溶接	予熱なし	50	50	80
SMA490W SMA570W	低水素系の溶接棒による被覆アーク溶接	予熱なし	80	80	100
	サブマージアーク溶接 ガスシールドアーク溶接	予熱なし	50	50	80

注：“予熱なし”については、気温（室内の場合は室温）が 5℃ 以下の場合には、20℃ 程度に加熱する。

5) 入熱制限

i) SM570, SMA570W, SM520 及び SMA490W の場合には、1 パスの入熱量を 7,000J/mm 以下に、SM490 及び SM490Y の場合には、入熱量を 10,000J/mm

以下に管理することを原則とする。

ii) i)の入熱量を超える場合には、溶接施工試験を実施して溶接部に所定の品質が確保できることを確認する必要がある。

6) 溶接施工上の注意

i) 溶接前の部材清掃と乾燥

a) 溶接を行う部分には、溶接に有害な黒皮、さび、塗料、油等があつてはならない。

b) 溶接を行う場合には、溶接線近傍を十分に乾燥させなければならない。

ii) エンドタブ

a) 開先溶接及び主桁のフランジと腹板のすみ肉溶接等の施工に際しては、原則として部材と同等な開先を有するエンドタブを取付け、溶接の始端及び終端が溶接する部材上に入らないようにしなければならない。

b) エンドタブは、部材の溶接端部において所定の溶接品質を確保できる寸法形状の材片を使用する。

c) エンドタブは、溶接終了後ガス切断法によって除去し、その跡をグラインダー仕上げする。

iii) 裏はつり

完全溶込み開先溶接においては、原則として裏はつりを行う。

iv) 部分溶込み開先溶接の施工

部分溶込み開先溶接の施工において、連続した溶接線を2種の溶接法で施工する場合には、前のビードの端部をはつり、欠陥のないことを確認してから次の溶接を行う。ただし、手溶接又は半自動溶接で、クレータの処理を行う場合にはこの限りでない。

v) 開先形状が変化する継手の施工

完全溶込み開先溶接からすみ肉溶接に変化する場合など、溶接線内で開先形状が変化する場合には、開先形状の遷移区間を設けなければならない。

vi) すみ肉溶接及び部分溶込み開先溶接の施工

- a) 材片の隅角部で終わるすみ肉溶接は、原則として隅角部をまわして連続的に施工する。
 - b) サブマージーク溶接法又はその他の自動溶接法を使用する場合には、継手の途中でアークを切らないのがよい。
- vii) 吊金具、架設用治具等の取付け及び除去
- a) 運搬、架設等に使用する吊金具、治具等を取付ける場合の溶接は、原則として工場内で行うものとし、その条件は工場溶接と同等以上のものでなければならない。やむを得ず、現場で取付ける場合には、十分な管理のもとで、慎重に施工しなければならない。
 - b) 吊金具、治具等の除去は母材に有害なきずを残さないよう入念に行わなければならないほか、部位等に応じて適切な施工が行われる必要がある。鋼床版の上面では、舗装に対する影響について配慮した除去跡の処理を行わなければならない。

(2) 1) 溶接作業者

溶接の品質は溶接作業者の技量によるところが大きいので、定められた認定試験に合格した有資格者をあてることが溶接構造では常識になっている。本編では、JIS Z 3801（手溶接技術検定における試験方法及び判定基準）を採用しているが、この規格は、溶接姿勢（下向 F、立向 V、横向 H、上向 O）、溶接作業（薄板 1、中板 2、厚板 3）、溶接方法（被覆アーク溶接裏当金付き A、被覆アーク溶接裏当金なし N、ガス溶接 G）の組合せで、非常に多くの試験種類を包含している。これは、多岐にわたる現在の溶接継手の全てに対応するように立案されたもので、各溶接作業者が全試験に合格する必要はない。

鋼橋の溶接では、アーク溶接が用いられ、裏当て材を用いない片面の裏波溶接を要求される場合はほとんどないため、溶接方法としては被覆アーク溶接裏当金付きを対象とし、また、薄板や厚板の突合せ継手を溶接で施工することはまれであるため、溶接作業区分としては中板を対象とすればよく、結局、A-2F、A-2V、A-2O に合格していれば十分である。ただし、厚板の橋脚柱を現場突合せ溶接する場合等は、A-3H の有資格者をあてる必要がある。サブマージーク溶接については、現在、技術検定の国家規格はないが、手溶接は溶接の基本であるから、オペレータは少なくとも A-2F の試験に合格していることが望ましい。

この条文に示す半自動溶接とは、ワイヤを自動的にトーチのノズルから供給し、溶接作業者の手の操作によって溶接する溶接法のことであって、一般に CO₂ ガス又は CO₂ と Ar の混合気体でアークをシールドするもので、いわゆるグラビティ溶接

は含まない。

半自動溶接の資格については、手溶接の資格の考え方と同様に実際の作業で採用する溶接姿勢により 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）の SA-2F, SA-2V, SA-3H, SA-2O の中から試験種目を選ぶものとしている。

現場突合せ溶接では、一般的に半自動溶接に加えて、CO₂自動溶接やサブマージアーク溶接が用いられている。そのため、溶接作業には、適用する箇所の溶接方法、溶接作業区分、溶接姿勢に応じた有資格者をあてるだけでなく、溶接施工方法についての施工実績がある者又は自動機の操作等を含めて十分な訓練を受けた者としている。

2) 溶接施工試験

- i) 溶接施工試験の目的は、使用鋼材の溶接性や溶接方法の適性を知ることにあるので、適用範囲としては、現状で使用実績が少ない又は施工上特別な注意を要する鋼材、溶接材料及び溶接方法を対象としている。

なお、既に同じ材質、同レベルの炭素当量(C_{eq})、溶接割れ感受性組成(P_{CM})、特殊成分、同じ施工方法、同じ溶接技術で、試験対象の板厚以上の条件による溶接施工試験を実施している場合で、かつ施工経験をもつ場合には、資料の提出、検討によって溶接施工試験を省略できるものとしている。

- a) 現在の鋼橋に使用している鋼材は、通常の場合、板厚が厚くなっても溶接割れ感受性組成(P_{CM})が低く管理されているので材質・板厚による施工試験の実施は省略することとしている。しかし、調質鋼の溶接ビード近傍は、熱サイクルによって焼入れ焼もどし効果が失われ、軟化やぜい化を起ししやすい。

したがって、

$$\text{入熱量 } Q(\text{J/mm}) = \frac{\text{電流}(\text{A}) \times \text{電圧}(\text{V}) \times 60}{\text{溶接速度}(\text{mm/min})}$$

が大きいと、変質の程度と範囲も大きくなって継手の性能が低下する。SM570, SMA570W, SM520及びSMA490Wの場合、ほぼ7,000J/mm以下の入熱量では、継手性能の低下は見られないことが多くの実験から確認されており、また通常の鋼橋の施工で使用されるサブマージアーク溶接方法もこの入熱量以下で十分溶接施工が可能なので、7,000J/mmを一般的な施工の上限値としている。厚板の開先溶接で特に大電流を使用するかタンドム工法を使用する等により、その時の入熱量が7,000J/mmを超える場合には、施工試験でその適性を調べるものとしている。

- b) SM490, SM490Yの場合、溶接入熱量が10,000J/mmを超える場合には、継手性能が低下する可能性があるため施工試験で確認することとしている。

- c) 被覆アーク溶接棒による手溶接、サブマージアーク溶接法及びガスシールドアーク溶接法(CO₂ガス又はArとCO₂の混合ガス)を一般扱いとし、その他

の溶接法を施工試験の対象としている。鋼構造の溶接方法としては、現在、ミグ溶接、セルフシールドアーク溶接、エレクトロスラグ溶接及びエレクトロロガスアーク溶接、グラビディ溶接等が用いられている。これらの溶接方法は、能率上、手溶接よりまさっているが、現状では、溶接作業者の訓練や適性条件の管理の面で、無制限に採用できるほど一般化されていなく、また適用する継手によっては、特有な問題点も発生することがあるので、施工試験によってそれらを確認することとしている。

- d) 過去に鋼橋製作の実績がない場合には、(必要に応じて、実物大の試験体による) 施工試験を行い、溶接部の品質及び出来形形状に問題がないことを確認する必要がある。
 - e) 過去に使用実績のないところから材料供給を受ける場合には、信頼性のある試験データの蓄積が得られるまでの間、溶接施工試験を行うこととしている。
 - f) 現場溶接は、気象条件、溶接姿勢、開先精度等種々の面で工場施工より不利な条件にあるのが普通であり、また、鋼床版の片面溶接や橋脚の横向き溶接又は既設橋の補強などの現場溶接は、継手そのものも施工方法も一般の工場溶接とは著しく異なっていることが多い。こういったことから従来は、現場溶接に対しては現場の条件を加味した施工試験を行うことを原則としていたが、施工実績も多くなってきたため、品質が確保できる場合には必ずしも溶接施工試験を行わなくてもよいこととしている。しかし、過去に実績がない施工方法を用いる場合には施工試験による確認を行う必要がある。
- ii) 表-18.4.4には、開先溶接試験、すみ肉溶接試験、スタッド溶接試験の3種類の試験があげられている。しかし、溶接施工試験といえば、つねにこの全部を実施するものと解釈する必要はない。例えば、板厚が標準的な値を超えるような場合には、鋼材の特性を問題とするのではほぼ全種類となる(スタッドが用いられないときはスタッド溶接を除く)が、a)又はb)のみに該当する場合には、開先溶接試験のみでよい。

また、ここに規定される試験内容には、技術検定的な色彩の強いもの(例えば、放射線透過試験、スタッド溶接試験)も含んでいるが、これらによって施工者の品質管理体制をチェックすることもできるので、施工試験の意味を広く解釈してこれらの試験も含めることとしている。

開先溶接試験の型曲げ試験において亀裂が生じた場合であっても、その発生原因がブローホール又はスラグ巻き込みであることが確認され、かつ、亀裂の長さが3mm程度までの場合には許容できるものと考えられる。

なお、「JIS Z 3801(手溶接技術検定における試験方法及び判定基準)の13.合格判定基準」,「ASW D1.1/D1.1M(2010), 4.9.3.3 Acceptance Criteria for Bend