

道路橋における

鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領



平成24年3月

一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会

# 目 次

1. 適 用 .....	1
2. JASPPジョイントの特長 .....	2
3. JASPPジョイントの構造・形状・寸法 .....	3
4. 溶接方法および溶接材料 .....	4
4.1 半自動溶接 .....	4
(1) セルフシールドアーク溶接 .....	4
(2) ガスシールドアーク溶接 .....	5
4.2 手溶接 .....	5
4.3 自動溶接 .....	6
5. 施 工 .....	7
5.1 溶接工 .....	7
5.2 環境整備 .....	9
(1) 風 .....	9
(2) 雨・雪 .....	9
(3) 気温 .....	9
(4) 足場の確保 .....	9
5.3 溶接準備 .....	9
(1) 溶接機器の点検 .....	9
(2) 溶接材料の保管 .....	9
(3) 開先の清掃 .....	9
(4) 開先の現場加工 .....	10
5.4 現場円周溶接部の形成 .....	10
(1) 裏当てリング の取付け .....	10
(2) ルート間隔の確保 .....	12
(3) たれ止め .....	13
(4) 目違い .....	15
5.5 溶接 .....	16
(1) 溶接条件 .....	16
(2) 溶接作業 .....	16
(3) 溶接完了後の打込み .....	20
5.6 留意事項 .....	20
5.7 溶接施工記録 .....	21

<b>6. 検 査</b> .....	23
6.1 現場円周溶接部の検査 .....	23
(1) 外部きず検査 .....	23
(2) 内部きず検査 .....	23
6.2 溶接不良の現象と対策 .....	23
<b>7. 参考資料</b> .....	25
7.1 溶接確性試験 .....	25
(1) 供試材 .....	25
(2) 溶接機器および溶接材料 .....	25
(3) 溶接工 .....	25
(4) 溶接施工性の試験結果 .....	25
(5) 溶接部品質の試験結果 .....	26
7.2 JIS Z3104におけるきずの像の分類と引張強度について .....	29
(1) 分類の規定 .....	29
(2) 判定の基準 .....	29
(3) 構造物ときずの分類による判定基準の関係 .....	29
(4) きずの分類（等級）と引張強さの関係 .....	30
7.3 鋼管杭の施工時における繰返し荷重について .....	31
(1) 目的 .....	31
(2) 検討内容 .....	31
(3) まとめ .....	34
(4) 参考 .....	35
7.4 鋼管矢板基礎の現場溶接位置について .....	36

## 1. 適 用

本要領は、道路橋における鋼管杭・鋼管矢板の現場円周溶接継手（縦継ぎ溶接）を対象とする。

従来より、鋼管杭、鋼管矢板の現場溶接施工において信頼性、迅速性、経済性から半自動溶接が盛んに用いられている。但し、半自動溶接の現場継手には、当初各社各様の形式があり、その施工法もそれぞれ異なっていたので、需要家側から継手の標準化が要望されていた。

そこで、当協会として、日本鋼構造協会での研究（昭和46～47年）を受けて昭和51年に鋼管杭協会半自動溶接現場継手（JASPPジョイント）として標準化した。標準化して以来、広く普及し現在では、JIS A 5525（鋼管ぐい）、JIS A 5530（鋼管矢板）にその形状寸法が代表例として記載されている。

今回、道路橋示方書の改定にあわせて、更に継手部の健全な品質が得られることを期待し、道路橋を対象としてJASPPジョイントを用いた鋼管杭・鋼管矢板の現場縦継ぎ溶接の作業要領としての整備を行った。

## 2. JASPPジョイントの特長

JASPPジョイントの特長を以下に示す。

① 標準化された継手構造

JIS A 5525（鋼管ぐい）、JIS A 5530（鋼管矢板）にも標準構造として紹介されている汎用性の高い現場溶接継手構造である。

② 品質の安定性

継手溶接部の品質安定性に優れ、多くの施工者に利用されている。

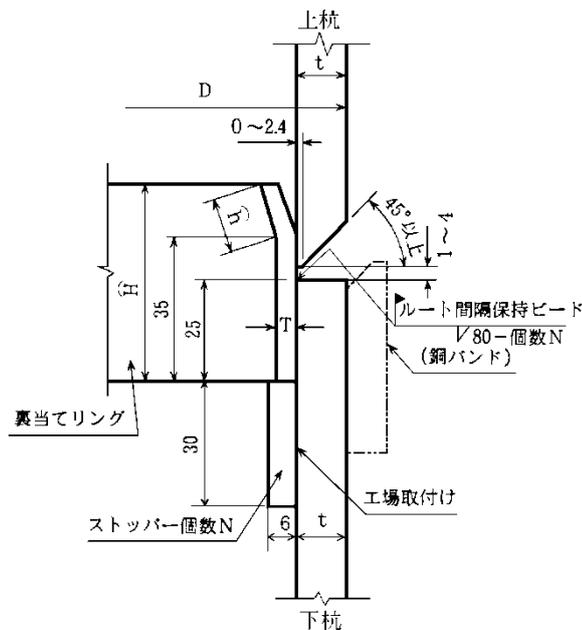
③ 現場での施工性と溶接部の品質に配慮した構造

- ・裏当てリングは、現場にて取り付ける構造のため、溶接直前まで鋼管本体と別管理することで、汚れや損傷の恐れがない。
- ・裏当てリングには切込部（斜めスリット）が設けられており、鋼管内への確実な装着ができる。
- ・ルート間隔保持ビードあるいはスペーサー等を置くことにより、所定のルート間隔が保持できる。



### 3. JASPPジョイントの構造・形状・寸法

JASPPジョイントの構造・形状・寸法は図-3. 1、図-3. 2、および表-3. 1、表3. 2に示すとおりである。なお、ストッパーの幅は特に規定されていないが、12mm程度の幅のものが用いられることが多い。



注) ルート間隔保持ビードに替えて、スペーサーを用いてもよい。

図-3.1 JASPPジョイントの構造

表-3.1 ストッパー及びルート間隔保持ビード個数

外径 D mm	個数 N
609.6以下	4
609.6を超え1,016以下	6
1,016を超えるもの	8

表-3.2 裏当てリングの厚さ及び高さ

単位: mm			
外径 D	T	$\hat{H}$	$\hat{h}$
1,016以下	4.5	50	$\hat{H}=50$ の場合 15
1,016を超えるもの	6.0	70, 50(*)	$\hat{H}=70$ の場合 35

注(\*) 中掘り工法を適用の場合は、50 mmとする。

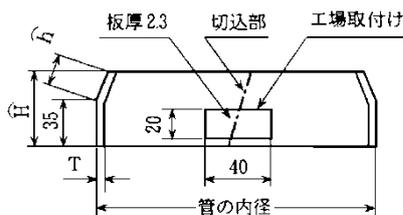


図-3.2 裏当てリングの形状

## 4. 溶接方法および溶接材料

一般に、鋼管杭の現場円周溶接は、半自動溶接で行われることが多い。このほかに、溶接方法としては手溶接、自動溶接もあるので、これらについても述べる。

### 4.1 半自動溶接

#### (1) セルフシールドアーク溶接

広く用いられている溶接方法である。鋼管杭の現場円周溶接では、半自動溶接のうち、セルフシールドアーク溶接が用いられることが多く、フラックス入りワイヤを使用する。特長としては、以下が挙げられる。

- ① 溶接速度が大きく、高能率である
- ② アーク電圧（アーク長さ）の変動による気孔（ブローホール）の発生が少ない
- ③ スラッグの剥離性が良好であり、狭開先でもスラッグ除去が比較的簡単にできる
- ④ 溶融池が見やすいので、溶接操作がやり易い
- ⑤ スラッグのかぶりが良好であり、ビード外観が美しい

セルフシールドアーク溶接用ワイヤは、JIS Z 3313（軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ）の規定に適合するもので、鋼管杭の現場円周溶接に適したものをを用いる。該当するワイヤの代表的な種類の記号は、T43XTX-XNA-XXX、T49XTX-XNA-XXX、T49JXTX-XNA-XXX などである。

溶接材料が吸湿すると溶接欠陥が発生しやすくなることから、雨濡れ、結露、吸湿等に対する配慮が必要である。溶接ワイヤは通気がよく湿気の少ない場所に保管するようにし、吸湿した場合には吸湿した部分を廃棄するか、乾燥装置等により乾燥させる。

スプール巻きワイヤは原則として強制再乾燥は行わない。コイル巻きの場合も加熱乾燥に伴ってワイヤの変形が生じ、ワイヤ送給に支障を来す場合もあるので注意が必要である。強制乾燥については、溶接材料メーカーが推奨する条件を参考にするのが良い。

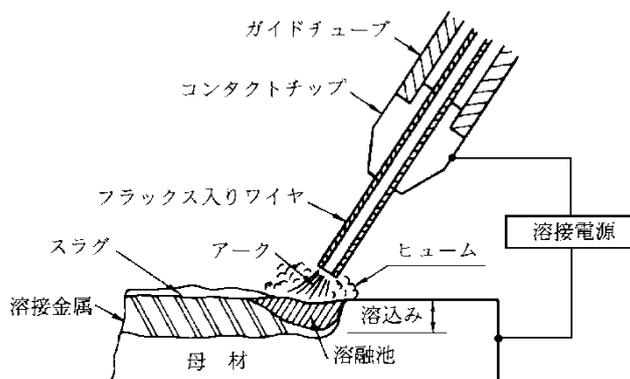


図-4.1 セルフシールドアーク溶接の概念図

(2) ガスシールドアーク溶接

半自動溶接のうち、一部に用いられることがあるガスシールドアーク溶接で使用されるフラックス入りワイヤ、ソリッドワイヤ及びシールドガスを以下に示す。

1) フラックス入りワイヤ

JIS Z 3313（軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ）の規定に適合するもので、鋼管杭の現場円周溶接に適したものをを用いる。代表的な種類の記号は、T43XTX-XCX-XXX、T49XTX-XCX-XXX、T49JXTX-XCX-XXX、T43XTX-XXM-XXX、T49XTX-XXM-XXX、T49JXTX-XXM-XXX である。

溶接ワイヤの吸湿に対する配慮については、前項に述べたとおりである。

2) ソリッドワイヤ

JIS Z 3312（軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用のマグ溶接及びミグ溶接ソリッドワイヤ）の規定に適合するもので、鋼管杭の現場円周溶接に適したものをを用いる。代表的な種類の記号は、YGW11～17である。

ソリッドワイヤはフラックスを含んでいないため吸湿はしにくいだが、結露や濡れには注意が必要である。

3) シールドガス

ガスシールドアーク溶接では、シールドガスとして炭酸ガス（CO<sub>2</sub>溶接）か混合ガス（MAG溶接）が使用されている。シールドガスには、JIS Z 3253（溶接及び熱切断用シールドガス）に規定されているC1（炭酸ガス100%）、あるいはM21（炭酸ガスの体積分率が15%超～25%以下、残部がアルゴンの混合ガス）に適合するものを一般的には使用する。

シールドガスに水分が含まれているとワイヤの吸湿と同様に溶接欠陥の原因となるため、適正なものを使用する必要がある。

なお、炭酸ガスシールド溶接のシールドガスは、JIS K1106（液化二酸化炭素（液化炭酸ガス））の規定のものでもよく、この場合は水分の少ない3種を使用する。

4.2 手溶接

溶接速度は遅いものの、段取り時間が少ない等のメリットがあり、小径管の溶接のように溶接量が少ない場合に用いられる。

溶接材料として、低水素系、イルミナイト系、ライムチタニア系の溶接材料が一般的に用いられるが、初層に低水素系溶接棒を用いることで、一層良い品質が得られる。

手溶接用の溶接棒としては、JIS Z 3211（軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用被覆アーク溶接棒）の規定に適合するもので、鋼管杭の現場円周溶接に適したものをを用いる。

代表的な種類の記号は、E4303（ライムチタニア系）、E4311（高セルロース系）、E4313（高酸化チタン

系)、E4316, E4916, E4916U (低水素系)、E4319 (イリチウム系) などである。但し、厚さ25mm以上、又は490N/mm<sup>2</sup>級以上の鋼材を溶接する場合は低水素系のものとする。

溶接棒の被覆剤は、アークの安定および良好な溶着金属を得るためのものであり、被覆剤が吸湿すると種々の有害な欠陥を生ずる原因となることから、十分乾燥した溶接棒を使用するよう注意が必要である。被覆溶接棒を強制乾燥させる場合の代表的な条件例を表-4.1に示す。

表-4.1 被覆アーク溶接棒の乾燥の条件例(手溶接)

被覆材の系統	規格	溶接棒の状態	乾燥温度(°C)	乾燥時間(分)
イリチウム系 ライムチタニア系	JIS Z 3211	乾燥(開封)後12時間以上経過したとき、 又は溶接棒が吸湿したおそれのあるとき	70~100	30~60
低水素系		乾燥(開封)後4時間以上経過したとき、 又は溶接棒が吸湿したおそれのあるとき	300~400	30~60

#### 4.3 自動溶接

半自動溶接の運棒を自動走行に置き換えた方法である。

自動化により、品質・外観とも非常に均一で安定した溶接ビードが得られる等の特長を有するが、段取り時間を要するため、比較的厚肉の大径杭で使われることがある程度である。

## 5. 施 工

### 5.1 溶接工

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接部の品質は、その溶接工の技量によって左右されるといっても過言ではない。したがって、溶接工は各々の溶接方法に見合った所定の資格を有する者で、溶接条件、溶接環境、溶接方法等について十分な判断能力を有すると認められた者が従事することが大切である。

技量資格の試験の種類を表-5. 1、表-5. 2、表-5. 3に示す。「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」においては、「溶接工は、JIS Z 3801 及び JIS Z 3841 に定められた試験のうち杭の現場溶接に必要な試験、又はこれと同等以上の検定試験に合格したもののうち、6か月以上溶接工事に従事した者とする。」と規定されている。また、「同等以上の検定試験」として WES8106 等があることが解説されている。

表-5. 1 JIS Z 3801(手溶接技術検定における試験方法及び判定基準)

継手の種類	試験材料の厚さ区分mm	開先形状	裏当て金の有無*	溶接姿勢	溶接方法及び記号			
					被覆アーク溶接	ティグ溶接	組合せ溶接	ガス溶接
板の突合せ溶接	薄板 (板厚3.2)	I形又はV形	N	下向(F)	N-1F	T-1F		G-1F
				立向(V)	N-1V	T-1V		G-1V
				横向(H)	N-1H	T-1H		G-1H
				上向(O)	N-10	T-10		G-10
	中板 (板厚9.0)	V形	A	下向(F)	A-2F			
				立向(V)	A-2V			
				横向(H)	A-2H			
				上向(O)	A-20			
			N	下向(F)	N-2F		C-2F	
				立向(V)	N-2V		C-2V	
				横向(H)	N-2H		C-2H	
				上向(O)	N-20		C-20	
厚板 (板厚19.0)	V形	A	下向(F)	A-3F				
			立向(V)	A-3V				
			横向(H)	A-3H				
			上向(O)	A-30				
		N	下向(F)	N-3F		C-3F		
			立向(V)	N-3V		C-3V		
			横向(H)	N-3H		C-3H		
			上向(O)	N-30		C-30		
管の突合せ溶接	薄肉管 (肉厚4.9)	I形又はV形	N	水平及び鉛直固定(P)	N-1P	T-1P		G-1P
				A	水平及び鉛直固定(P)	A-2P		
	中肉管 (肉厚11.0)	V形	N	水平及び鉛直固定(P)	N-2P		C-2F	
				A	水平及び鉛直固定(P)	A-3P		
	厚肉管 (肉厚20以上)	V形	N	水平及び鉛直固定(P)	N-3P		C-3P	
				A	水平及び鉛直固定(P)	A-3P		

\* A：裏当て金を用いる。N：裏当て金を用いない。

表-5.2 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)

継手の種類	試験材料の厚さ区分mm	開先形状	裏当て金の有無*	溶接姿勢	溶接方法及び記号		
					マグ溶接	組合せ溶接	セルフシールドアーク溶接
板の突合せ溶接	薄板 (板厚3.2)	I形又はV形	N	下向(F)	SN-1F		
				立向(V)	SN-1V		
				横向(H)	SN-1H		
				上向(O)	SN-1O		
	中板 (板厚9.0)	V形	A	下向(F)	SA-2F		SS-2F
				立向(V)	SA-2V		SS-2V
				横向(H)	SA-2H		SS-2H
				上向(O)	SA-2O		SS-2O
			N	下向(F)	SN-2F	SC-2F	
				立向(V)	SN-2V	SC-2V	
				横向(H)	SN-2H	SC-2H	
				上向(O)	SN-2O	SC-2O	
厚板 (板厚19.0)	V形	A	下向(F)	SA-3F		SS-3F	
			立向(V)	SA-3V		SS-3V	
			横向(H)	SA-3H		SS-3H	
			上向(O)	SA-3O		SS-3O	
		N	下向(F)	SN-3F	SC-3F		
			立向(V)	SN-3V	SC-3V		
			横向(H)	SN-3H	SC-3H		
			上向(O)	SN-3O	SC-3O		
管の突合せ溶接	薄肉管 (肉厚4.9)	I形又はV形	N	水平及び鉛直固定(P)	SN-1P		
			A	水平及び鉛直固定(P)	SA-2P		SS-2P
	中肉管 (肉厚11.0)	V形	N	水平及び鉛直固定(P)	SN-2P	SC-2P	
			A	水平及び鉛直固定(P)	SA-3P		SS-3P
	厚肉管 (肉厚20以上)	V形	N	水平及び鉛直固定(P)	SN-3P	SC-3P	
			A	水平及び鉛直固定(P)	SA-3P		SS-3P

\* A：裏当て金を用いる。N：裏当て金を用いない。

なお、技術検定試験区分と溶接作業ができる範囲の関係については、JIS Z3841-1997の解説に、「試験材料の厚さの1/2から2倍までとしているものが多く、板と管の区分は、管の外径が400mmまでのものを管として扱い、それ以上の外径のものは板とみなすのが一般的である」と述べられている。

表-5.3 WES 8106(基礎杭溶接技能者の資格認証基準)

資格の種類	記号	溶接方法	溶接姿勢・継手の種類	参考:溶接作業の区分
基礎杭溶接資格 <sup>1)</sup> (被覆アーク溶接)	FP-A-2P	被覆アーク溶接	鉛直固定管の レ形突合せ溶接。 裏当てリングあり。	管の肉厚5~25mm、 管の外径300mm以上 の鉛直固定管の溶接
基礎杭溶接資格 <sup>2)</sup> (マグ溶接)	FP-SA-2P	マグ溶接		
基礎杭溶接資格 <sup>3)</sup> (セルフシールドアーク溶接)	FP-SS-2P	セルフシールドアーク溶接		

(受験資格 1) は JIS Z 3801、2) 3) は JIS Z 3841に基づくいずれかの資格所有者)

## 5.2 環境整備

### (1) 風

風によってシールドが乱れることにより溶接品質に悪影響を及ぼすので、風が強い場合には風に対する遮へい装置が必要である。セルフシールドアーク溶接の場合には10m/sec以内、ガスシールドアーク溶接の場合には2m/sec以内とする必要がある。

### (2) 雨・雪

降雨・降雪の中で溶接を行うと、溶接面やその隣接面の水濡れや水蒸気の発生により、溶着金属への水素侵入を助長して欠陥を生じやすいばかりでなく、感電の危険も生じるので溶接作業は中止すべきである。但し、溶接部及び溶接工が天候の影響を受けないように適切な養生などの処置を行う場合は、この限りではない。

### (3) 気温

気温が+5℃以下の場合には、溶接作業を行ってはならない。ただし、気温が-10℃～+5℃の場合で、溶接部から100mm以内の部分が全て+36℃以上に予熱されている場合にはこの限りではない。なお、+36℃は体温にほぼ等しく、触れることによって容易に確認可能な値として示したものである。

### (4) 足場の確保

確実な溶接継手を得るため、溶接工が作業しやすい足場の確保が必要である。陸上作業の場合には、良好な作業姿勢を確保できる高さに杭を打止めることが必要である。また、河川や海上の作業では、溶接線から70～120cm程度下に堅固で安全な足場を設ける必要がある。

なお、鋼管矢板基礎の場合には、鋼管矢板の閉合施工に伴って現場縦継ぎ溶接を行う高さが逐次変化する場合があるので注意が必要である（参考資料7.4参照）。

## 5.3 溶接準備

### (1) 溶接機器の点検

溶接機器は、ワイヤ送給機能、コンタクトチップの損耗、アース線を含めた結線の接触不良などを常に点検し、安全かつ確実な溶接が行えるよう確認する必要がある。

### (2) 溶接材料の保管

溶接材料は、湿気が少なく通気の良い場所に保管する必要がある。使用後の溶接ワイヤは、防錆紙、ビニール等で吸湿しないよう再包装し、段ボール箱などに保管しなければならない。現場で長期間保管あるいは梅雨期に使用したワイヤなどは、使用に先立って十分に確認し、吸湿している場合には強制乾燥を行う必要がある。

### (3) 開先の清掃

溶接部に付着した水分、錆、泥土、油脂、ごみ、スケールなどがあると健全な溶接ができないので、ワイヤブラシ、グラインダー、バーナーなどでこれらを完全に除去しておく必要がある。この有害物の除去清掃は、その開先隣接部も行っておかなければなら

ない。

(4) 開先の現場加工

杭の継手部が、運搬、取扱い、打込み等により変形を生じた場合には、溶接前にジャッキ、グラインダー、その他で修正する必要がある。溶接開先を現場で加工する場合には、設計に従い正しい寸法に加工しなければならない。

5.4 現場円周溶接部の形成

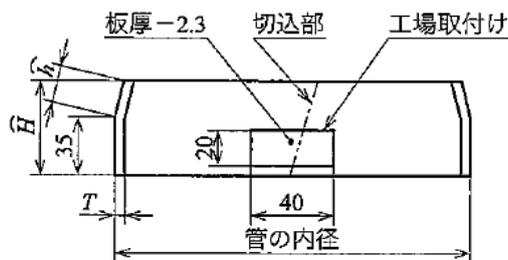
(1) 裏当てリングの取付け

裏当てリングの形状寸法は、JIS A 5525 附属書 B に示されている。JASPP ジョイントに使用する裏当てリングの形状・寸法を図-5.1 に示す。板厚は、杭外径により 4.5mm、6.0mm の 2 種類、高さは、杭外径又は施工法により 50mm、70mm の 2 種類としている。

また、リングの上端部は、上杭を挿入しやすいように折り曲げてある。

裏当てリングは、下杭に取り付けたストッパーにより位置を保持するようになっており、図-5.2 に示す要領でたたき込むようにして取り付ける。ここで、図-5.3 に示すように裏当てリングの円筒部（直線部）が開先の裏当てとなるよう下杭の内面に密着していることを確認した後、止め金具と裏当てリングを溶接する。たたき込みでは下杭内面に裏当てリングが密着しない場合は、現場において切込み部を切断、又は拡幅し、密着させる必要がある。

裏当てリングの取付け状況を写真-5.1 に示す。



裏当てリングの厚さ及び高さ

外径 $D$	$T$	$\widehat{H}$	$\widehat{h}$
1016 以下	4.5	50	$\widehat{H} = \widehat{50}$ の場合 15
1016 を超えるもの	6.0	70, 50	$\widehat{H} = \widehat{70}$ の場合 35
中掘り工法を適用の場合、 $\widehat{H}$ は 50 mm とする。			

図-5.1 裏当てリングの形状・寸法

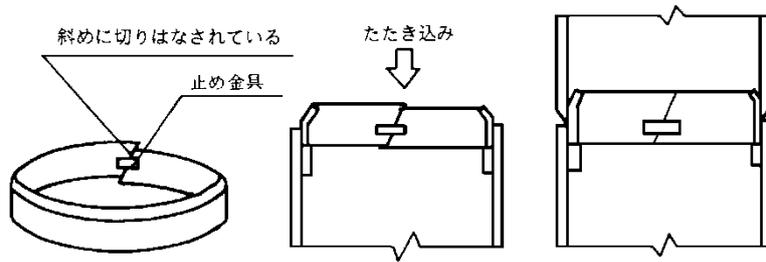
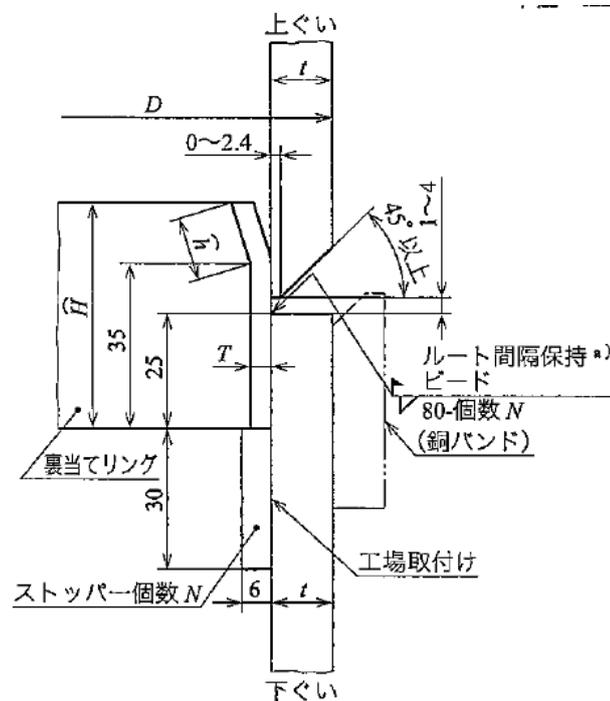


図-5.2 裏当てリングの取付け要領



注<sup>\*)</sup> ルート間隔保持ビードに替えて、スペーサを用いてもよい。

ストッパーの個数

外径 $D$ mm	個数 $N$
609.6 以下	4
609.6 を超え 1 016 以下	6
1 016 を超えるもの	8

図-5.3 開先断面と裏当てリング

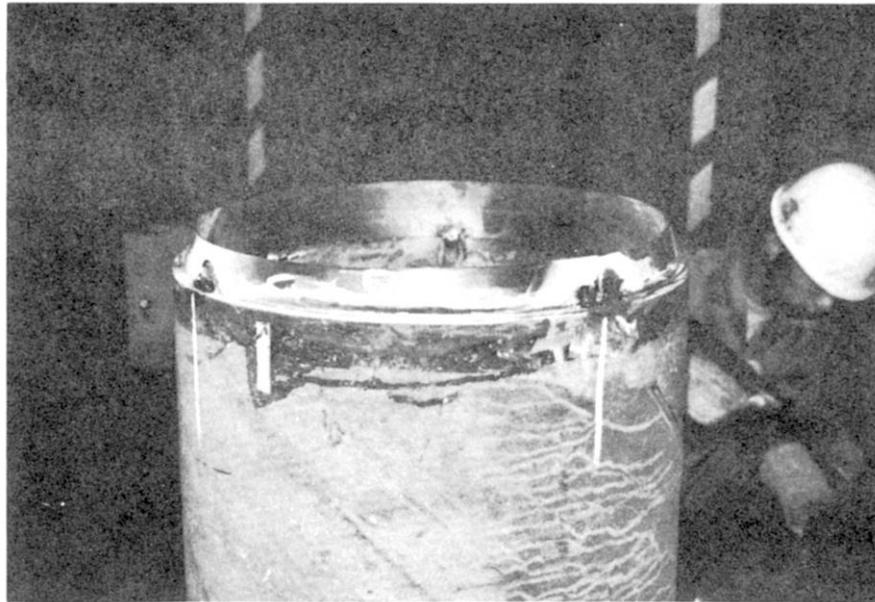


写真-5.1 裏当てリングの取付け状況

(2) ルート間隔の確保

溶接のルート間隔（1～4mm）を確保するため、裏当てリングを装着した後、図-5.4に示す要領で裏当てリングを仮付けするとともに、ルート間隔保持ビード（杭建込みによる潰れを考慮して2～5mm高さを狙うのが良い）を形成する。ルート間隔保持ビードは所定のビード寸法が得られるように比較的低目の電流で早めの運棒を行うとよい。ビード長およびビード数を表-5.4に示す。ルート間隔保持ビードの円周上の位置はほぼ等間隔とする。

なお、ルート間隔保持ビードの代わりにスペーサーでルート間隔を確保してもよい。

また、斜杭の場合には、継手部の周方向の最も低い側にルート間隔保持ビードまたはスペーサーを設けるようにすると、杭の建込みや目合わせ等の作業が容易となる。

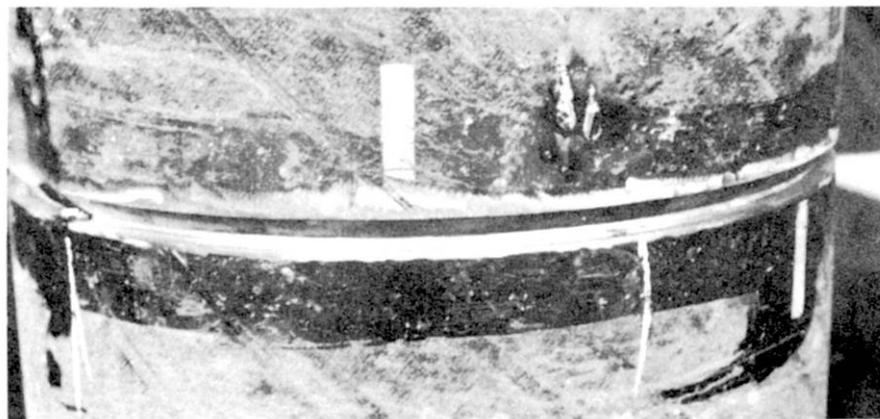


写真-5.2 ルート間隔を保持した状態

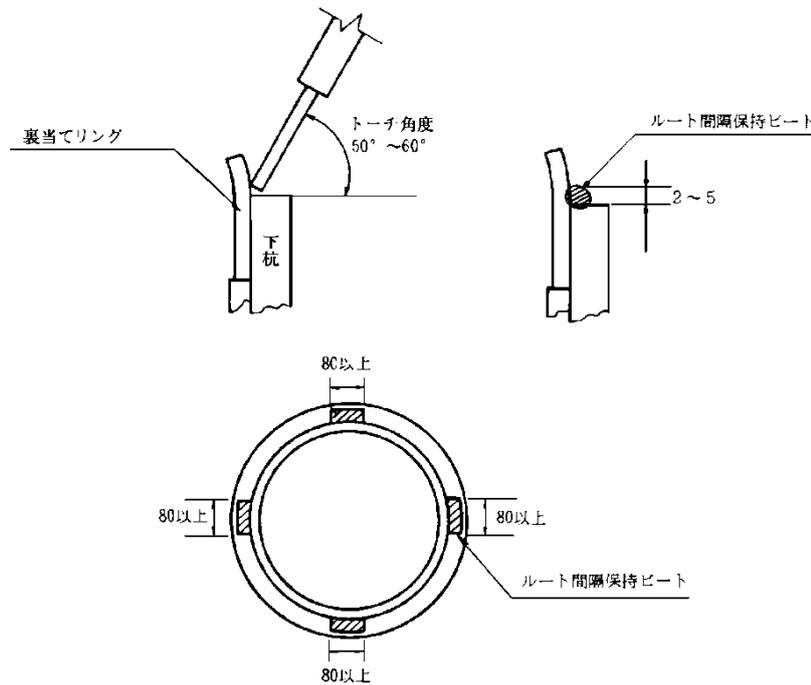


図-5.4 ルート間隔保持ビード施工要領

表-5.4 ルート間隔保持ビード数とビード長

外径(mm)	ビード長(mm)	ビード数
609.6以下	80以上	4以上
609.6超え1,016以下		6以上
1,016超え		8以上

(3) たれ止め

溶着金属のたれ落ちが懸念される場合には、必要に応じて銅バンドを使用する。銅バンドの寸法および取付け要領を、表-5.5、図-5.5および図-5.6に示す。

なお、斜杭の場合には、継手部の周方向の最も高い側に銅バンドのちょうつがいの部分を位置させると作業が容易である。

表-5.5 銅バンドの寸法の例

外径(mm)	厚さ T(mm)	幅 H(mm)
609.6以下	10	50
609.6超え1,016以下	12	50
1,016超え	12	75

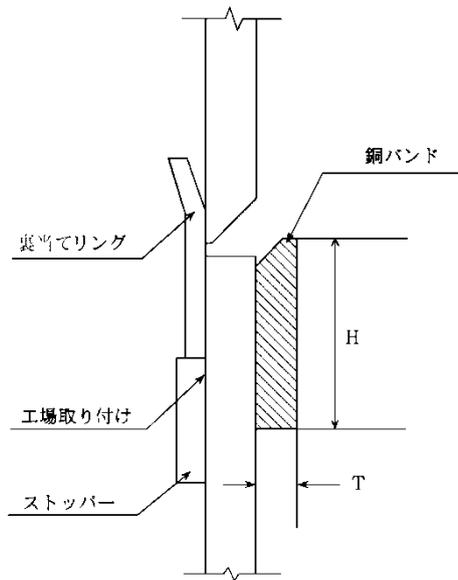
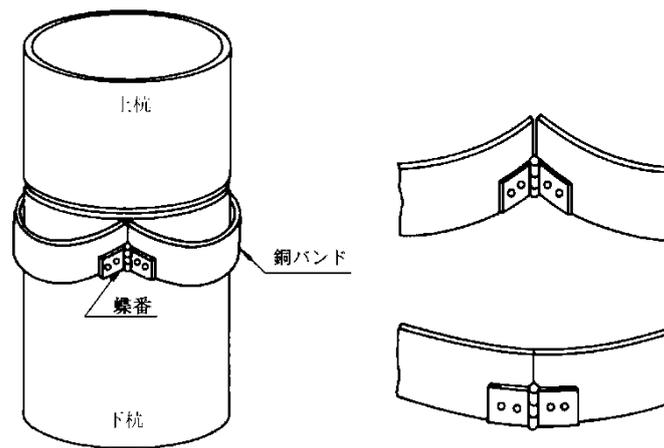
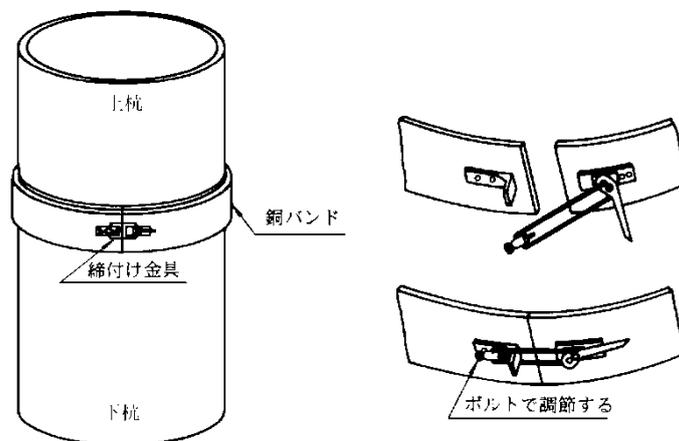


図-5.5 銅バンド取り付け位置



銅バンドの取付け



銅バンドの締付け

図-5.6 銅バンドの取付け要領例

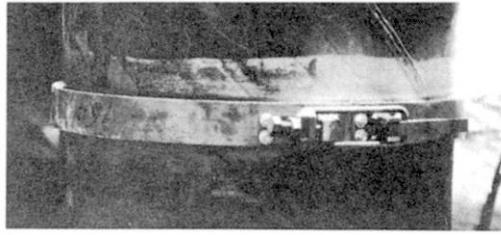


写真-5.3 銅バンドを取付けた状態

(4) 目違い

上下の杭の目違いが大きくなると最終層の溶接が困難となり、また、溶接部の強度が低下するおそれがある。表-5.6に示すように鋼管杭の製品の目違いはゼロではない。したがって、裏当てリングをガイドとして目違いが前後左右で均等となるように上杭を設置する。それでも目違いが大きき箇所がある場合には、図-5.7に示すような方法でこれを矯正するのがよい。

表-5.6 製品の現場円周溶接部の目違いの許容値(JIS A 5525)

外径(mm)	許容値(mm)
700未満	2以下
700以上1,016以下	3以下
1,016を超え2,000以下	4以下

注記：目違いとは、現場円周溶接を行う2本の単管の管端外径（周長換算値）の差をいう。

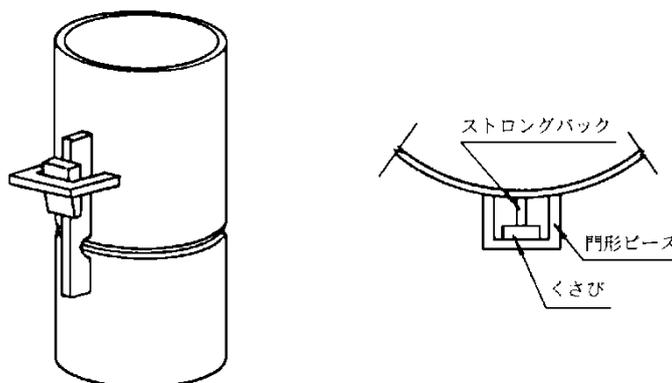


図-5.7 目違い矯正方法の例

## 5.5 溶接

一般的に用いられている半自動セルフシールドアーク溶接を例に示す。

## (1) 溶接条件

板厚 9mm～25mm の場合について  $\phi 3.2\text{mm}$  ワイヤを使用した場合の溶接条件例を表-5.7 に示す。

表-5.7 溶接条件例

厚さ	パス数	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)
9mm	1～2	300～450	24～30	25～35
12mm	2～3			
16mm	4～5			
19mm	5～7			
22mm	8～10			
25mm	10～13			

上記の溶接条件は、市販されているワイヤの電流の推奨値と安定した溶接施工を行うために用いられる標準的な速度を示したものである。これらの溶接条件による溶接継ぎ手の品質については、溶接確性試験により確認されている（参考資料 7.1）。

なお、これらの溶接条件では、1パス当たりの入熱量は、最大でも  $Q=3,500\text{J/mm}$  以下であり、「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編」の溶接施工法の項で溶接施工試験での溶接部品質の確認が求められている1パスの入熱量  $10,000\text{J/mm}$  (SM490、SM490Y 材) と比べると、鋼管杭の現場縦継ぎ溶接は入熱量が小さい溶接といえる。

## (2) 溶接作業

## 〈2層盛の場合〉

## 1) 1層目の溶接

1層目の溶接は、溶込みを深くするために、所定電流において、アーク電圧は極力低目とする。ワイヤのねらいは、図-5.8に示す位置にする。溶接はルート保持ビードの中央からスタートする。なお、図中の銅バンドは、溶融金属のたれ落ちを防止するために必要に応じて設置するもので、下向きに近い姿勢で溶接ができる。

この場合の注意事項を要約し、以下に示す。

- ① 1層目は母材を十分に溶かす。
- ② トーチは溶接進行方向の反対側に傾けないこと。これを誤ると、スラグ巻き込み、融合不良、ブローホール等の欠陥が生じやすくなる。
- ③ ワイヤ突出し長さは  $30\sim 50\text{mm}$  とする。突出し長さを短くしすぎると、気孔が発生しやすくなる。これはセルフシールドアーク溶接において最も注意すべき事

項の一つである。

- ④ ビード継ぎの際は、前ビードの終端部でアークを発生させ、約 20mm バックステップする。

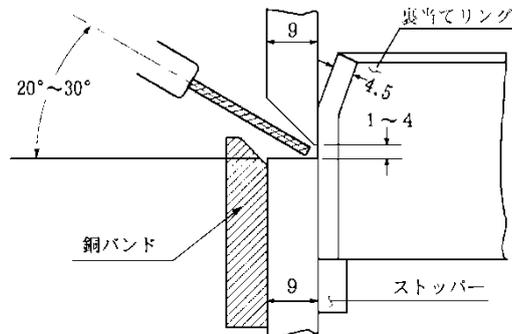


図-5.8 1層目におけるワイヤのねらい位置

2) 2層目の溶接

2層目の溶接は特に仕上がりをよくするため、全周アークを切らずに行うのが望ましい。やむをえずアークを切った場合は、1層目と同じ要領でビード継ぎを行う。

トーチ角度は図-5.9に示すように  $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$  で、ワイヤのねらい位置は、1層目ビードと、上杭の開先面で形成される凹所とする。この場合、アンダーカットを防ぐため、アークは上杭面から発生させてはならない。

写真-5.4に溶接ビードの外観の例を示す。

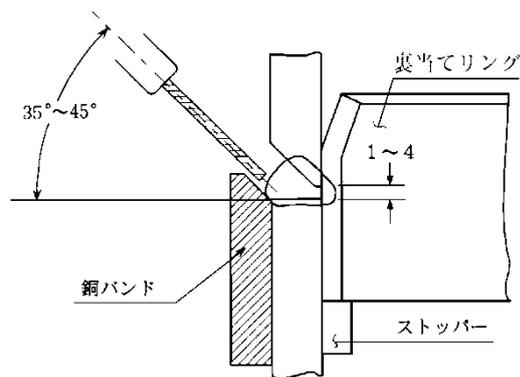
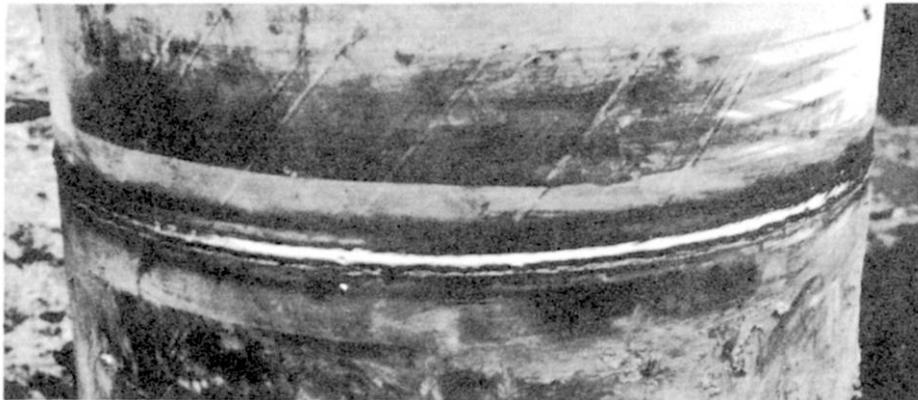


図-5.9 2層目におけるワイヤねらい位置およびトーチ角度



1 層目



2 層目 (仕上げ)

#### 写真-5.4 ビード外観の例

##### 〈3 層盛以上の溶接〉

1～2 層目は、2 層盛の場合とほぼ同じ要領で溶接する。しかし溶接速度は、2 層盛仕上げの場合より早めとし、開先内部でのスラグおよびメタルの先ばしりをなくし、スラグ巻込み、融合不良等の欠陥を防止する。

最終層の溶接は、板厚 9mm の 2 層盛りの仕上げ層と同様とする。すなわちワイヤを  $35^{\circ}$ ～ $45^{\circ}$  に立て、上面からアークを発生させないようにする。3 層盛の場合を例にとり、1～3 層目までのワイヤねらい位置およびトーチ角度を図-5. 10 に示す。

仕上げ層の電流は、400A 以下とすることが望ましい。

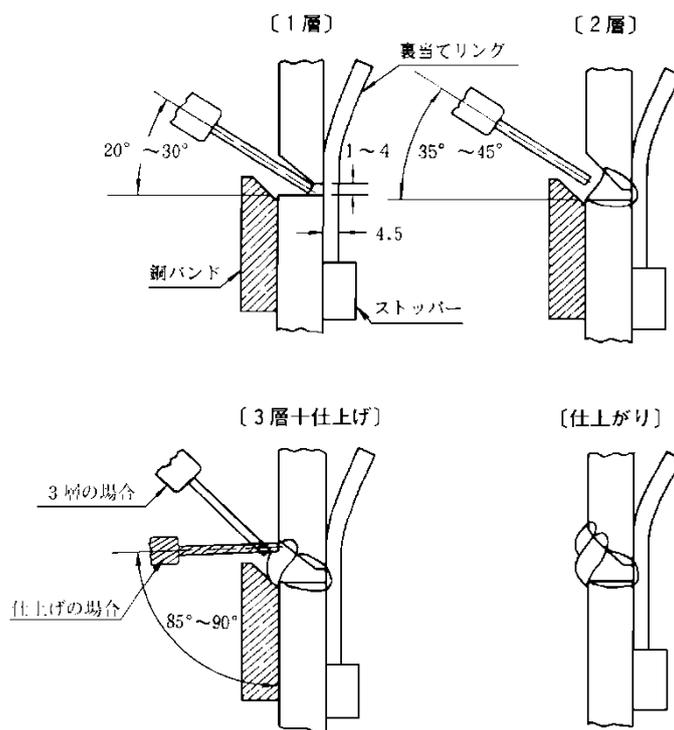


図-5.10 3層盛りの場合のワイヤねらい位置およびトーチ角度

なお、斜杭の場合には、溶け込み不良を防止する観点から、1~2層は、周方向の最も低い側に設けたルート間隔保持ビードの中央部をアークスタートとし、上進溶接するとよい(図-5.11)。

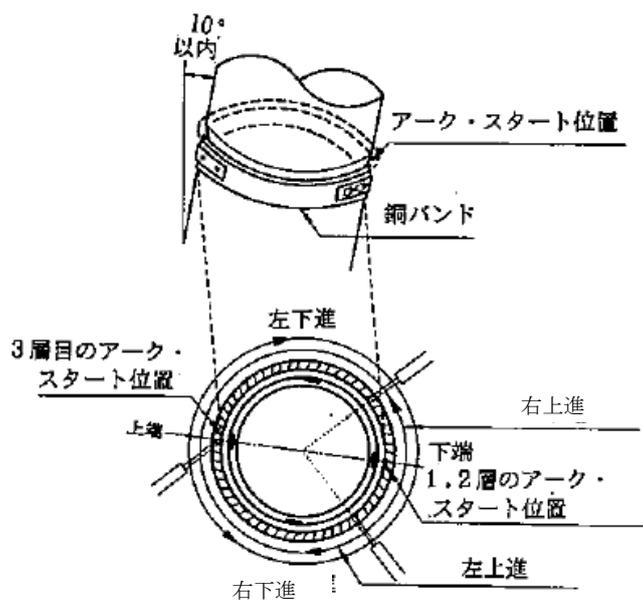


図-5.11 傾斜10度程度以内の斜杭における溶接要領

(3) 溶接完了後の打込み

溶接完了後の打込みに当たっては、溶着金属の急冷を避け、少なくとも200℃程度まで自然放熱させた後行う。溶接部の温度は、図-5.12に示すように1分程度で200～250℃程度となる。

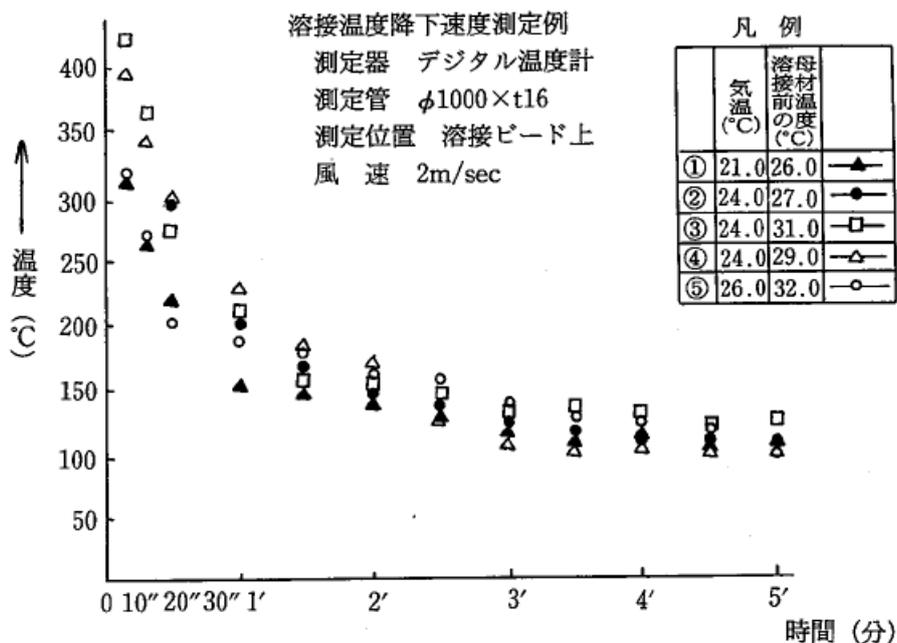


図-5.12 溶接温度下降速度の測定事例

5.6 留意事項

ワイヤ突出し長さ	セルフシールドアーク溶接の場合、ワイヤ突出し長さを正確に保つことは非常に重要である。たとえば、これを短くした場合には、溶接ビードにピットが多発したり、チップが損傷されやすくなるので、注意しなければならない。一方、長い場合にはアークは乱れ、スパッタが多くなる。そこで、適正長さ30～50mmに保つ必要がある。
アーク電圧	アーク電圧とアーク長とは比例的な関係にあるので、アーク電圧を極度に高くすることは、アークが不当に長くなり、大気の影響を受けやすくなるため、気孔発生の原因となる。そこで、それぞれの溶接電流に合致した適正アーク電圧にて溶接する必要がある。
溶接速度	各ビードの厚さは5mm以下となる溶接速度で多パス溶接を行うことが望ましい。

<p>アーク長の変動</p>	<p>溶接中アークの長さが著しく変動する場合は、つぎの原因によるものと考えられる。なお、コンジットチューブの清掃はワイヤ100kgごとに行うのがよい。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. チップの磨耗</li> <li>2. チップ先端にスパッタの付着</li> <li>3. コンジットチューブのつまり</li> <li>4. 屈曲したコンジットチューブ</li> <li>5. 送給ギアの締付け具合</li> <li>6. 送給ギアの磨耗</li> <li>7. アース線を含めた結線の接触不良</li> </ol>
<p>アーク電圧記録装置</p>	<p>アーク電圧記録装置があるとアーク電圧（アーク長）管理が容易となり、あわせて溶接工の技量の向上も期待できる。</p>

#### 5.7 溶接施工記録

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接の施工に際しては、溶接条件、溶接作業、検査結果等の記録が必要であり、例に示すような項目についての溶接施工記録を作成して管理することが望ましい。

「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」においては、知識経験のある溶接施工管理技術者を常置させることが求められており、溶接施工管理技術者が溶接工の選定並びに溶接の管理、指導、検査及び記録を行うものとされている。

なお、溶接施工管理技術者の資格要件の代表例としては、日本溶接協会の規格 WES 7601（基礎杭打設時における溶接作業標準）に定められた溶接管理技術者（日本溶接協会が指定する基礎杭溶接管理技術者講習・修了試験の合格者、またはWES 8103に基づいて認証される溶接技術者）が該当する。

道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領

溶接施工記録表(例)

記録者氏名:

工事名						
施工会社名						
鋼管杭(鋼管矢板)寸法 (規格 外径×厚さ×長さ)		SKK / SKY / 400 / 490 φ × t × L= m、本継				
番号(基礎、杭、継手)						
施 工 条 件	気 象 条 件	日 時				
		天 候				
		気 温	℃	℃	℃	℃
		風 速	m/s以下	m/s以下	m/s以下	m/s以下
	継 手 条 件	開先の目違い	mm	mm	mm	mm
		ルート間隔	mm	mm	mm	mm
	溶 接 条 件	溶接方法	セルフシールドアーク溶接、 その他( )			
		溶接機				
		溶接棒またはワイヤの 種類・品名・径				
		電流・電圧	A、 V	A、 V	A、 V	A、 V
		溶接部温度(予熱時)	℃	℃	℃	℃
		溶接部清掃状況	良好 / 不良	良好 / 不良	良好 / 不良	良好 / 不良
		溶接パス数	パス	パス	パス	パス
溶 接 作 業	溶接技能者氏名					
	資格の種類・記号					
	溶接時間	分	分	分	分	
検 査 結 果	外 観 検 査	われ	有、無	有、無	有、無	有、無
		アンダーカット 0.5mm以下は許容	有、無	有、無	有、無	有、無
		オーバーラップ	有、無	有、無	有、無	有、無
		ピット	有、無	有、無	有、無	有、無
		備 考				
	非 破 壊 検 査	浸透探傷検査(PT)	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格
		超音波探傷検査(UT)	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格
		放射線透過検査(MT)	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格	無、合格、不合格
備 考						
補修記録						

## 6. 検 査

### 6. 1 現場円周溶接部の検査

#### (1) 外部きず検査

外部きず検査は、溶接部表面に開口している有害な欠陥（割れ、ピット、サイズ不足、アンダーカット、オーバーラップ、溶け落ち等）を検出するものであり、特殊な試験装置を必要とせず比較的簡単に実施できる検査である。

その検査方法は、目視による外観検査、及びJIS Z 2343（非破壊試験—浸透探傷試験—）に準拠した浸透探傷試験による。外部きず検査は、全ての溶接部について行う。

#### (2) 内部きず検査

内部きず検査は、以下に示す超音波探傷試験、または放射線透過試験による。

「5. 施工」による溶接施工プロセス管理によって品質が確保されていることを確認するため、内部きず検査を行うのがよい（現状では、各事業者で一定頻度行われている）。なお、検査箇所は、施工開始直後や設計断面力が大きな部位を優先的に選定するのがよい。

また、鋼管杭は疲労荷重を考慮する必要がないことや、溶接の欠陥率と引張強度の関係を調査した既往の試験結果より、判定基準としては3類以上の品質であることを推奨する（参考資料 7.2 参照）。

なお、鋼管杭打設時に現場縦継ぎ溶接部に作用する繰返し荷重の影響については、通常の施工の範囲では疲労破壊に至るほどのものではない（参考資料 7.3 参照）。

#### 1) 放射線透過試験

放射線源を管外に配置して継手の状態を撮影し、溶接の良否を判断するものであり、JIS Z 3104（鋼溶接継手の放射線透過試験方法）に準拠して行われる。

#### 2) 超音波探傷試験

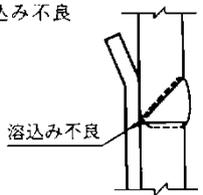
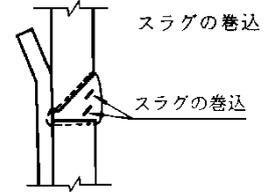
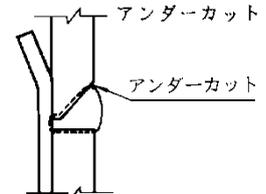
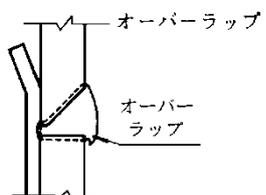
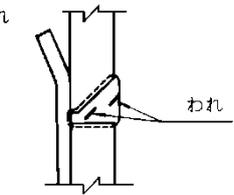
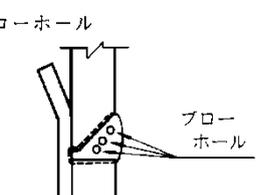
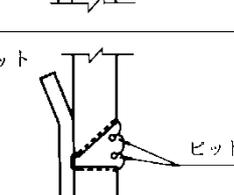
可聴範囲を超える周波数の高い音波を使用して、母材・溶接部の内部の欠陥を試験するものであり、JIS Z 3060（鋼溶接部の超音波探傷試験方法）に準拠して行われる。

### 6. 2 溶接不良の現象と対策

溶接部には表-6.1 に示すような各種の不良が発生する場合があるので、各々の原因、検査方法および発生を防ぐための対策について十分理解しておく必要がある。

溶接中および溶接終了後の検査で重大な欠陥が発見されたときは、その箇所をグラインダーまたはガウジングなどで完全にはつとり、再溶接して手直しをする必要がある。

表-6.1 溶接不良の原因と対策

現 象	原 因	対 策	検 査 方 法			
			外 観	浸透探傷	放射線透過	超音波探傷
 <p>溶込み不良</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ルート間隔がせまい</li> <li>2. 溶接速度が速すぎるまたは遅すぎる</li> <li>3. 溶接電流が低い</li> <li>4. トーチ角度およびねらい位置が不適当</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ルート間隔1～4mmを確保する</li> <li>2. 溶接速度を適正にし、スラグが先行しないようにする</li> <li>3. 400A以上が望ましい</li> <li>4. トーチ角度を20°～30°に保ち、裏当てリングを充分溶かしうるねらい位置とする</li> </ol>	×	×	○	○
 <p>スラグの巻込</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. スラグ除去が不完全</li> <li>2. 運棒速度が遅すぎる</li> <li>3. トーチを前進法で溶接した</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 前層のスラグは完全に除去する</li> <li>2. スラグが先行しない速度にする</li> <li>3. トーチを後退法(0～45°)で溶接する</li> </ol>	×	×	○	○
 <p>アンダーカット</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接電流が高すぎる</li> <li>2. トーチ角度およびねらい位置が不適当</li> <li>3. 溶接速度が速すぎる</li> <li>4. アーク電圧が高すぎる</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 最終層の電流を350A～400Aの範囲に下げる</li> <li>2. トーチ角度を0～15°に保ち、ねらいは上杭開先面からアークを発生させないようにする</li> <li>3. 溶接量が不足しないよう速度を遅くする</li> <li>4. アーク電圧を26～28Vを下げる</li> </ol>	○	○	○	×
 <p>オーバーラップ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接電流が低すぎる</li> <li>2. 運棒速度が遅すぎる</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接電流を上げて、運棒速度を速くする</li> <li>2. 溶接速度を速くする</li> </ol>	○	×	×	×
 <p>われ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 継手部に水分、不純物が混入した</li> <li>2. 熱影響部が硬化ぜい化した</li> <li>3. 溶接ワイヤが吸湿している</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接前に開先部の清掃を十分に行い水分、泥土、油脂、ごみ、錆などを完全に除去する</li> <li>2. 予熱を行う</li> <li>3. 溶接ワイヤの保管を完全に行い使用の際再乾燥する</li> </ol>	表面 ○	表面 ○	○	○
 <p>ブローホール</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. アーク電圧が高すぎる</li> <li>2. 継手部に水分、不純物が混入した</li> <li>3. 溶接ワイヤが吸湿している</li> <li>4. ワイヤ突出長さが短い</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 適正なアーク電圧26～30Vを使用する</li> <li>2. 溶接前に開先部の清掃を充分に行い水分、泥土、油脂、ごみ、錆などを完全に除去する</li> <li>3. 溶接ワイヤの保管を完全に行い、使用の際、再乾燥する</li> <li>4. ワイヤ突出長さを30～50mmの適正長さにする</li> </ol>	×	×	○	○
 <p>ビット</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接ワイヤが吸湿している</li> <li>2. 継手部に水分、不純物が混入した</li> <li>3. 電流・電圧が不適当</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接ワイヤの保管を完全に行い使用の際再乾燥する</li> <li>2. 溶接前に開先部の清掃を充分に行い水分、泥土、油脂、ごみ、錆などを完全に除去する</li> <li>3. 標準溶接条件の範囲で行う</li> </ol>	○	○	○	○

○：確認できる ×：確認できない

## 7. 参考資料

### 7.1 溶接確性試験

半自動溶接による鋼管杭の現場円周溶接方法の一例として、溶接施工性の試験および溶接部品質の試験を実施し、JASPPジョイントの性能を確認した。

#### (1) 供試材

鋼管 : SKK400  $\phi$  600mm $\times$ 9mmおよび $\phi$  600mm $\times$ 12mm 各1セット

継手構造 : JASPPジョイント

#### (2) 溶接機器および溶接材料

溶接機器 : セルフシールドアーク溶接機

溶接電源 : 汎用500A交流溶接機

溶接ワイヤ : フラックス入りワイヤ $\phi$  3.2mm

上記の機器および材料は、いずれも市販のものを使用。

#### (3) 溶接工

半自動溶接法の技術を習熟した溶接工

#### (4) 溶接施工性の試験結果

##### 1) 現場円周溶接部寸法

現場円周溶接部の実測寸法を表-7.1.1に示す。

表-7.1.1 現場円周溶接部寸法

項目	供試材	
	$\phi$ 600mm $\times$ 9mm	$\phi$ 600mm $\times$ 12mm
ルート間隔	2.3mm $\sim$ 4.0mm	2.6mm $\sim$ 4.0mm
目違い	Max 2mm	Max 2mm

##### 2) 溶接条件

溶接条件は表-7.1.2のとおりである。

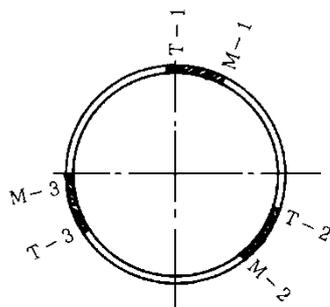
表-7.1.2 溶接条件

項目	供試材		$\phi$ 600mm $\times$ 12mm		
	$\phi$ 600mm $\times$ 9mm		1	2	3
層数	1	2	1	2	3
電流 (A)	400 $\sim$ 460	350 $\sim$ 460	430 $\sim$ 450	430 $\sim$ 450	350 $\sim$ 400
電圧 (V)	26 $\sim$ 29	27 $\sim$ 29	26 $\sim$ 29	27 $\sim$ 30	26 $\sim$ 28
トーチ 角度	直角	25 $\sim$ 30°	25 $\sim$ 30°	25 $\sim$ 30°	25 $\sim$ 30°
	水平	25 $\sim$ 30°	10 $\sim$ 15°	20 $\sim$ 30°	20 $\sim$ 30°
速度 (cm/min)	26	35	23	24	34
ワイヤ使用量 (参考)	1.3kg		2.8kg		

(5) 溶接部品質の試験結果

1) 試験片採取位置

試験片採取位置は、**図-7.1.1**に示す。



T : 引張試験片  
M : マクロ試験片

**図-7.1.1** 試験片採取位置

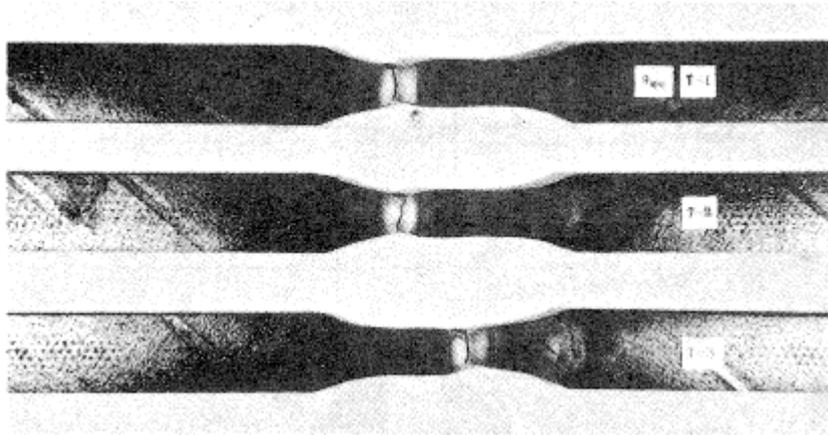
2) 引張試験

引張試験片はJIS Z 3121 (突合せ溶接継手の引張試験方法) 4号とし、試験はJIS Z 2241 (金属材料引張試験方法) により行った。

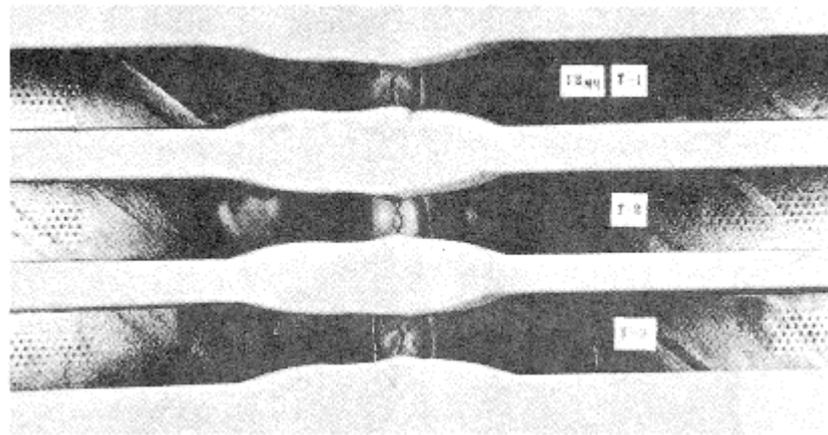
引張試験結果を**表-7.1.3**及び**写真-7.1.1**に示す。

**表-7.1.3** 引張試験結果

供試材	項目	記号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	最高荷重 (N)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
φ 600mm×9mm		T-1	157.1	75,000	477
		T-2	147.0	74,150	504
		T-3	145.5	69,600	478
φ 600mm×12mm		T-1	209.0	103,550	495
		T-2	199.5	100,200	502
		T-3	204.8	102,000	498



( $\phi$  600mm $\times$ 9mm)

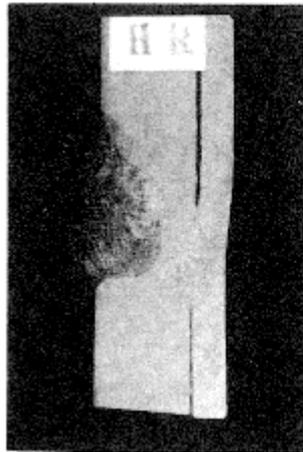


( $\phi$  600mm $\times$ 12mm)

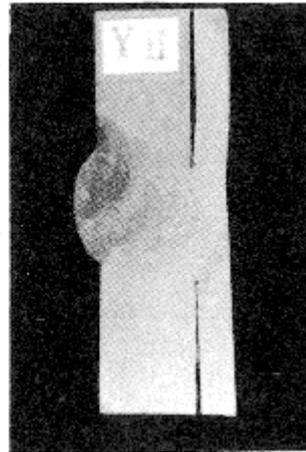
写真-7.1.1 引張試験結果

3) マクロ試験

継手部断面のマクロ試験結果を写真-7.1.2 に示す。溶込みは充分であり、有害な溶接欠陥は認められない。



(φ 600mm×9mm)

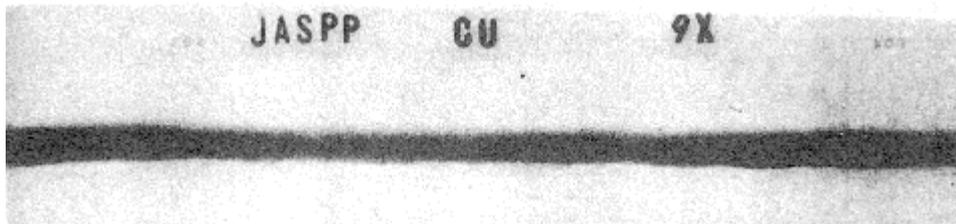


(φ 600mm×12mm)

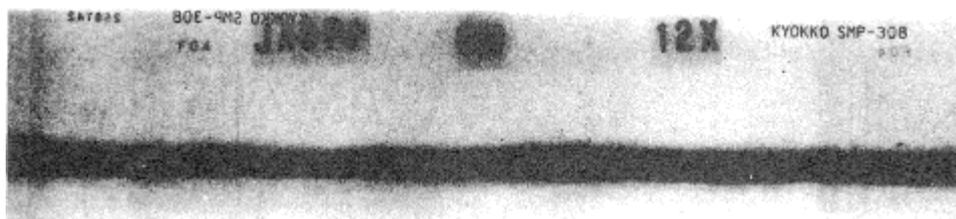
写真-7.1.2 継手部断面のマクロ試験結果

4) 放射線透過試験

溶接部全周の放射線透過試験を行った。その一例を写真-7.1.3に示す。ブローホール、ピットなどの有害な欠陥はなく、良好な溶接部であることを示している。



(φ 600mm×9mm)



(φ 600mm×12mm)

写真-7.1.3 放射線透過試験結果

7.2 JIS Z3104におけるきずの像の分類と引張強度について

(1)分類の規定

鋼溶接継手の放射線透過試験で得られた写真については、JIS Z3104(鋼溶接継手の放射線透過試験方法) 附属書4：透過写真によるきずの像の分類方法において、きずの種類、寸法、個数、これらから算出されるきず点数等により1類～4類に分類して判定に用いることが示されている。

(2)判定の基準

鋼管杭・鋼管矢板の現場溶接継手に求める判定基準を明確に規定した基準類はないが、従来からきず分類で3類以上の溶接品質を確保することで運用してきており、十分な実績を有している。

3類以上を合格基準とする背景として、①鋼管杭・鋼管矢板が用いられる通常の状況では、疲労破壊や脆性破壊に対する安全性を主たる性能として考慮する必要がないこと、②一般にブローホールやスラグ巻き込みなどの溶接欠陥が継手の静的な強度に及ぼす影響は小さく、これらの鋭敏でない欠陥については面積率で10%程度までは静的な引張強さの低下がみられないという過去の研究成果があり、3類以上の溶接品質であれば継手の静的強度を確保できること<sup>1)、2)、3)</sup>、があげられる。

(3)構造物ときずの分類による判定基準の関係

表-7.2.1は溶接継手に求める特性と、きずの像の分類を対応させたものである。

なお、「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編」では、鋼上部工の引張応力を受ける溶接部に対しては2類以上を、圧縮応力を受ける溶接部に対しては3類以上を判定基準としているが、「JIS Z3104の1～4類のきずの像の分類が疲労に対する検討からのものではないこともあり、超音波探傷検査の判定基準とは必ずしも整合しないが、従来の判定基準との整合等にも考慮して板厚25mm以下は上述の判定基準によってもよいこととした」、ことが解説されており、疲労を考慮して判定基準を定めたものであることが示されている。

表-7.2.1 きず分類の合否判定への適用の例と想定する内部欠陥率

分類	内容 <sup>4)</sup>	対象例	欠陥率 <sup>5)</sup>
1類	繰返し荷重を受けて疲れ強さを特に考慮しなければならない、または破壊によって重大な災害が起こる恐れのあるもの	原子力用容器、航空機部材など	≤1%
2類	疲労破壊および脆性破壊を考慮するようなもの、疲労破壊は考慮しないが、脆性破壊防止の目的で衝撃エネルギー吸収値を規定しているようなもの	鋼上部工(引張応力を受ける部位)、石油・ガス配管、圧力容器など	≤3%
3類	疲労破壊および脆性破壊を考慮しない一般の構造物の溶接継手	鋼上部工(圧縮応力を受ける部位)、鋼管杭・鋼管矢板、水道管など	≤6%
4類	上記以外のもの		>6%

(4)きずの分類（等級）と引張強さの関係

古くから溶接欠陥と継手の強度の関係について種々の調査が行われてきたが、継手の静的強度については概ね同様な結果が得られており、以下に一例を示す。

図-7.2.1に第1種欠陥(ブローホール)と引張強度比の関係を、図-7.2.2に各種欠陥と引張強度の関係を示す。

欠陥率6%程度以下(3類相当)では、引張強さの低下は極めて小さい結果となっている。

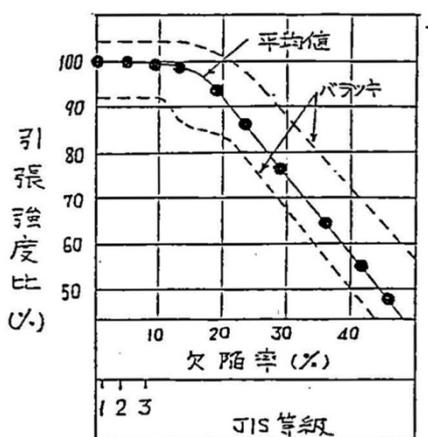


図-7.2.1 第1種欠陥が引張強度に及ぼす影響<sup>1)</sup>

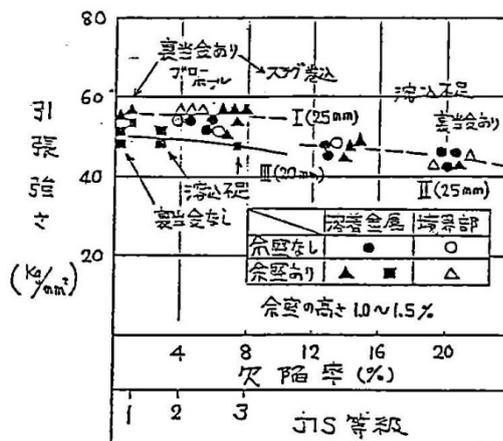


図-7.2.2 各種欠陥が引張強度に及ぼす影響<sup>1)</sup>

なお、参考までに記述すると、継手疲労の検討結果では、軟鋼の場合には3類の欠陥レベルでは10%程度の疲労強度低下で留まることが報告されている<sup>例えば3), 6)</sup>。

- 
- 1) : 石井勇五郎：非破壊検査工学、産報出版
  - 2) : 渡辺正紀・蒲地一義：溶接欠陥と継手強度の関係、溶接学会誌 第30巻第6号
  - 3) : 溶接欠陥の非破壊検査による判定基準と溶接強度との関連性に関する研究(第2報)、日本造船研究協会報告第21号、1958
  - 4) : JWES 接合・溶接技術 Q&A1000、(社)日本溶接協会
  - 5) : 鋼構造物の疲労設計指針・同解説、(社)日本鋼構造協会
  - 6) : 西村昭他：溶接欠陥を有する各種鋼材継手の疲労強度について、溶接学会全国大会講演概要、1978

7.3 鋼管杭の施工時における繰返し荷重について

(1) 目的

鋼管杭は上部工とは異なり、供用時において繰返し荷重による疲労を考慮する必要がない。

一方、打設時においてパイプロハンマ工法と打撃工法を適用した場合には、鋼管杭に繰返し荷重が作用する。

ここでは、両工法で打設した時に現場円周溶接部の疲労が問題にならないことを確認する。

(2) 検討内容

パイプロハンマ工法と打撃工法での施工における鋼管に作用する応力と繰返し数を把握し、作用応力と疲労設計曲線から判読した疲労強度を対比する。

1) 継手の等級

表-7.3.1に「鋼構造の疲労設計指針・同解説」<sup>1)</sup>に記載の突合わせ溶接継手の強度等級を示す。JASPP ジョイントによる鋼管杭の現場縦継ぎ溶接は、裏当てリングを用いた管外面片面からの完全溶込み溶接であり、表のF等級の継手に該当する。

表-7.3.1 継手の強度等級分類(横突き合わせ溶接)<sup>1)</sup>

継手の種類	強度等級 ( $\Delta\sigma_f$ )	備考	
1. 余盛削除した継手	B (155)	<p>※ 完全溶込み溶接で、溶接部が健全であることを前提とする。                  ※ 継手部にテーパが付く場合には、その勾配を1/5以下とする。                  ※ 深さ0.5mm以上のアンダーカットは除去する。                  ※ (1., 2.)仕上げはアンダーカットが残らないように行う。仕上げの方向は応力の方向と平行とする。</p>	
2. 止端仕上げした継手	C (125)		
3. 非仕上げ継手	(1) 両面溶接		D (100)
	(2) 良好な形状の裏波を有する片面溶接		D (100)
	(3) 裏当て金付き片面溶接	F (65)	
	(4) 裏面の形状を確かめることのできない片面溶接	F (65)	

2) 作用応力と繰返し数

①パイプロハンマ工法

通常の使用範囲において作用応力が大きくなる下記の2仕様を例として検討した。

- (a) 鋼管径φ600mm、板厚9mm
- (b) 鋼管径φ800mm、板厚9mm

表-7.3.2に一般的に使用されるパイプロハンマの仕様<sup>2)</sup>を示す。ここでは、疲労強度に対して厳しい条件設定を考え、通常用いられているパイプロハンマより1ランク大き

いものを考慮することとし、φ 600mm の施工にはモータ定格出力 180 (kW)、φ 800mm の施工には 240 (kW) を使用するものとして以降の検討を行う。

作用応力は、起振力/鋼管断面積×2(両振幅)から

(a) φ 600mm, t9mm, 起振力 1116 (kN) ⇒ 作用応力 134 (N/mm<sup>2</sup>)

(b) φ 800mm, t9mm, 起振力 1944 (kN) ⇒ 作用応力 174 (N/mm<sup>2</sup>) となる。

また、施工時間は「鋼管杭・鋼矢板パイプロハンマ工法」<sup>3)</sup>に、打込み長の 2 倍(打込み長さ×2 分)以内かつ最長 60 分以内を目安とすると示されており、ここでは最長の 60 分と設定する。

作用応力の繰返し数は、時間×振動周波数から

(a) 60(分)×60×13.3(Hz)=47,880(回)

(b) 60(分)×60×11.7(Hz)=42,120(回) となる。

表-7.3.2 鋼管杭・鋼管矢板専用パイプロハンマ(例)の仕様<sup>2)</sup>

製作会社	型式	モータ 定格出力 (kW)	偏心 モーメント (N・m)	振動 周波数 (Hz)	起振力 (kN)	空運 転時の 振幅 (mm)	寸法			本体 質量 (kg)	振動部 質量 (kg)	備考
							全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)			
調和工業	ZERO-200MR	180	0~1,569.6	13.3	0~1,116.2	0~9.8	6.88	2.65	1.69	19,800	16,300	鋼管チャック
	ZERO-320MR	240	0~3,531.6	11.7	0~1,943.5	0~13.5	8.21	3.50	1.76	31,300	26,600	鋼管チャック
	ZERO-400MR	180×2	0~3,139.2	13.3	0~2,232.4	0~9.2	8.10	3.71	1.69	42,960	34,800	鋼管チャック
	ZERO-640MR	240×2	0~7,063.2	11.7	0~3,887.1	0~15.2	9.56	4.48	1.76	62,300	47,400	鋼管チャック

②打撃工法

打撃工法は鋼管杭の許容応力度内に収まるように施工することから、作用応力は上限である許容応力度とする。

SKK490 の許容応力度[施工時] : 185×1.5=278 (N/mm<sup>2</sup>) ⇒作用応力 278 (N/mm<sup>2</sup>)

また、打撃回数は地盤と杭長によって差はあるが、「鋼管杭 その設計と施工 2009」<sup>4)</sup>に通常 3000 回以下で管理しており、許容応力度以下で打撃している時は 10,000 回を超えた事例もあると示されている。ここではより厳しい条件として 10,000 回とする。

前記で設定した施工時の作用応力と繰返し数をまとめて表-7.3.3 に示す。

表-7.3.3 各工法の作用応力・繰返し数

検討ケース		作用応力	繰返し数
パイプロ ハンマ工法	φ 600	134 (N/mm <sup>2</sup> )	47,880(回)
	φ 800	174 (N/mm <sup>2</sup> )	42,120(回)
打撃工法		278 (N/mm <sup>2</sup> )	10,000(回)

3) 疲労損傷の照査

「鋼構造の疲労設計指針・同解説」<sup>1)</sup>の直応力を受ける継手の疲労設計曲線（疲労限は別）は、次式で示される。これを用いて、表-7.3.3の鋼管杭打設時の疲労を照査する。

$$\Delta\sigma = \left( \frac{C_0}{N} \right)^{1/3}$$

$$C_0 = 2 \times 10^6 \times (\Delta\sigma_{2E6})^3$$

$\Delta\sigma_{2E6}$  : 200万回基準強度。継手等級で異なる

検討する継手はF等級であり、200万回基準強度は表-7.3.1より $\Delta\sigma_{2E6} = 65\text{MPa}$ である。

照査結果を表-7.3.4に示す。上段は照査作用応力に対して、許容繰返数を算出したもの、下段は照査繰返し数に対して許容作用応力を算出したものである。また、検討対象とした作用応力範囲と繰返し数を疲労設計曲線<sup>1)</sup>上に表記して図-7.3.1に示した。

いずれの施工ケースも、疲労に対して安全性が高いことを示している。

表-7.3.4 鋼管杭打設施工時の疲労照査結果

対象施工法	照査作用応力 $\Delta\sigma$ MPa	許容繰返数 N		作用回数 $N_L$
パイプロハンマ(a)	134	228,274	>	47,880
パイプロハンマ(b)	174	104,261	>	42,120
打撃	278	25,564	>	10,000

	照査繰返数 N	許容応力振幅範囲 $\Delta\sigma$ MPa		作用応力振幅範囲 $\Delta\sigma_L$ MPa
パイプロハンマ(a)	47,880	226	>	134
パイプロハンマ(b)	42,120	235	>	174
打撃	10,000	380	>	278

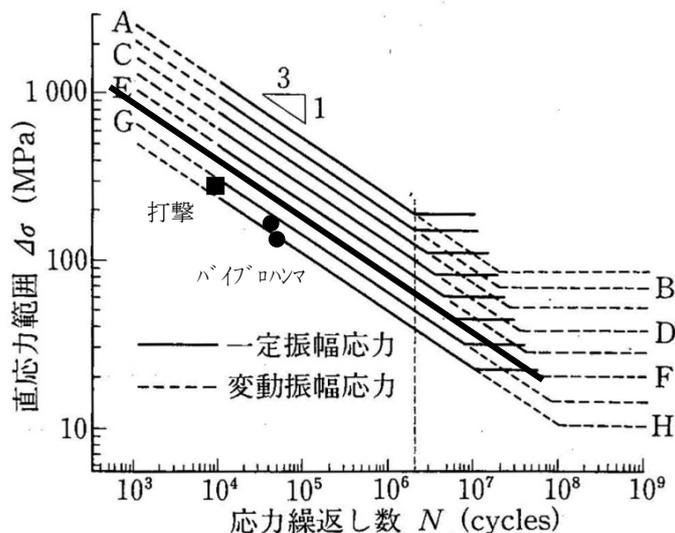


図-7.3.1 疲労設計曲線(直応力を受ける継手)<sup>1)</sup>

(3)まとめ

パイプロハンマ工法と打撃工法での打設時の現場溶接継手の疲労について検討した。両工法とも打設時に作用する疲労（作用応力、繰返し数）は継手の疲労強度より小さなものであり、鋼管杭の現場縦継ぎ溶接部は疲労に関して問題にならないことを確認した。

なお、ここでの検討は通常の施工状態で、パイプロハンマ打設時間あるいは打撃回数に適正な範囲で施工されることを前提としたものであり、これらの前提を超過する過度な繰返し作用力に対する安全性を担保するものではない。

また、疲労損傷度は蓄積（累積）してゆく性質のものであるため、段階施工する場合や施工修正する場合などは、トータルでの繰返し作用を考慮することが必要である。

- 
- 1) : 鋼構造物の疲労設計指針・同解説、(社)日本鋼構造協会
  - 2) : パイプロハンマ設計施工便覧 平成 22 年 1 月、パイプロハンマ工法技術研究会
  - 3) : 鋼管杭・鋼矢板パイプロハンマ工法、(一般社団法人)鋼管杭・鋼矢板技術協会
  - 4) : 鋼管杭 その設計と施工 2009、(一般社団法人)鋼管杭・鋼矢板技術協会

(4) 参考

(1) 鋼管杭 その設計と施工 2009、(一般社団法人)鋼管杭・鋼矢板技術協会

(c) 貫入量で判断するときの一般的な注意事項

一打当たりの貫入量 2~10mm という数字はハンマの容量が適正なときで、ハンマの過大過小のときはあてはまらない。とくにドロップハンマをウインチで巻き上げて杭打ちを行うときは、ハンマが自由落下していないおそれがあり、判定に注意が必要である。

総打撃回数は地盤と杭長によって差がある。目安として 3,000 回以下で管理している。しかし、鋼管杭は許容応力以下で打撃しているときは、1 万回を超えるような打撃でも破損したり、材質の変化をきたすものではなく、これまで 1 万回以上打撃した事例もある。

2) 鋼管杭・鋼矢板パイプロハンマ工法、(一般社団法人)鋼管杭・鋼矢板技術協会

<p>8. 打込み</p>	<p>①周辺への配慮</p> <p>②パイプロハンマの運転</p> <p>③杭の偏打</p> <p>④打込み時の貫入速度</p> <p>⑤杭の打込み精度</p> <p>⑥杭の打止め</p>	<p>①打込みにつれて地盤の締固めが進むことから、近接構造物や既設杭への影響に注意する。</p> <p>②パイプロハンマのモータ、起振機の異常発熱はないかを確認する。打込み中のモータ出力の確認には電流値を用い、モータの定格電流の60%~150%程度であることを確認する。また、パイプロハンマの長時間運転は、モータ焼損や杭周囲の地盤を乱す場合があるので運転状況に十分注意する。</p> <p>③杭、ベースマシン、パイプロハンマが横揺れしていないか、打込み後の杭断面の様子等をチェックする。</p> <p>④杭打止めまでに要する時間は、<math>\frac{\text{打込み長の2倍(打込み長} \times 2 \text{ (min))}}{\text{以内かつ最長60分以内を目安とする。}}</math></p> <p>⑤杭頭のずれ、傾斜は許容値以内であることを確認する。</p> <p>⑥打込み長、貫入速度、モータ出力、動的支持力等を確認する。貫入速度は 1 cm/sec以下を目安とし、モータ出力は電圧値が一定の場合、電流値で管理し、管理目標値は定格電流の100%~150%とする。また、施工記録と土質調査結果とを対比し、総合的に打止め判定を行う。</p>
---------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

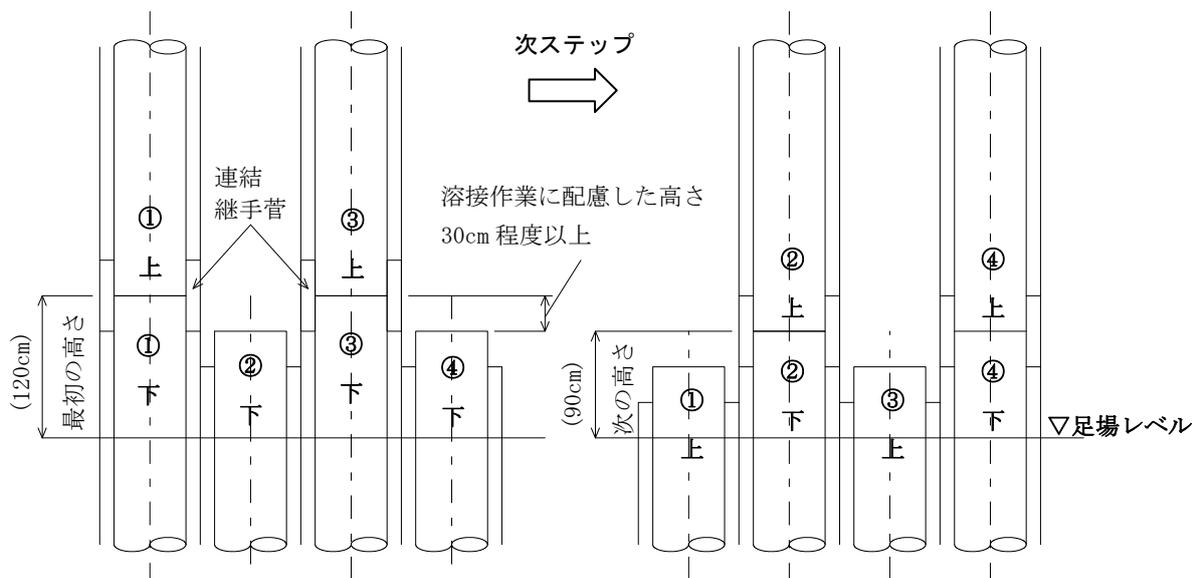
7.4 鋼管矢板基礎の現場溶接位置について

鋼管矢板の現場縦継ぎ溶接は基本的には鋼管杭の場合と同様であるが、鋼管矢板基礎において、打込み工法などで下鋼管矢板を井筒形状に先に閉合させ、その後に上鋼管矢板を縦継ぎして打設してゆく施工工程をとる場合、隣接する下側鋼管矢板を同じ高さに打ち止めた状態で縦継ぎしようとすると、連結継手管の溶接が困難な部位が生じてくる。

このことから、図-7.4.1に示すように、隣接する鋼管天端に30cm程度以上の差を付けておくことが必要となる。

2本継ぎ、3本継ぎと現場縦継ぎ箇所が増えると、縦継ぎ溶接の位置が順次下がって行くことになることから、鋼管矢板を何本継ぎするかを踏まえて、杭の施工および現場縦継ぎ溶接や検査の作業に支障が生じないように、作業構台や導枠、溶接足場、縦継ぎ時の打止め高さなどを総合的に計画する必要がある。

なお、中掘工法で施工する場合は、1本の鋼管矢板を現場縦継ぎ溶接でつなぎながら施工してしまうことが原則となるため、上記のような継ぎ位置の高さの変化を考慮した作業足場の検討は不要となる。



①上鋼管矢板、③上鋼管矢板建込み後、現場溶接実施。

①鋼管矢板、③鋼管矢板打設実施。

②上鋼管矢板、④上鋼管矢板建込み

図-7.4.1 鋼管矢板を井筒形状に先に閉合打設する場合の現場縦継ぎ位置

## 道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領（案）

---

平成24年 3月 初版発行

発行 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会  
〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10 鉄鋼会館6階  
☎ 03（3669）2437（代表）

URL <http://www.jaspp.com/>

---