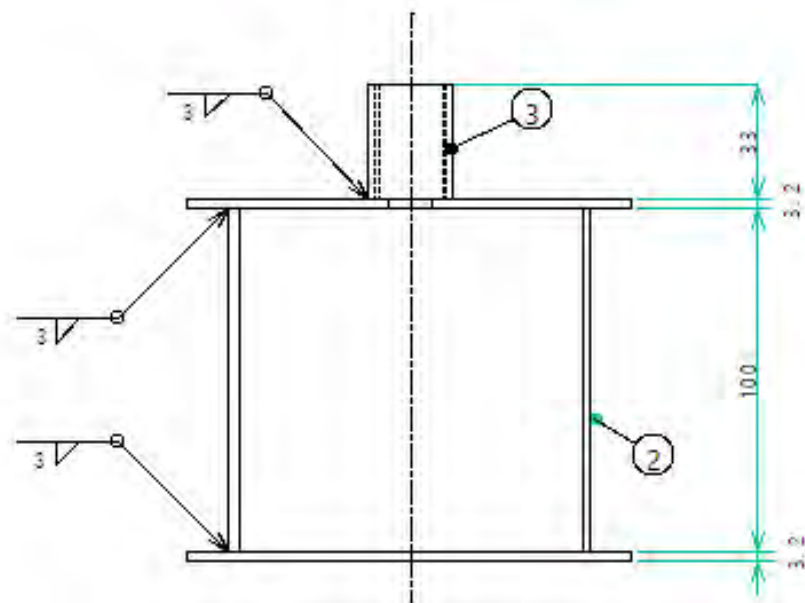
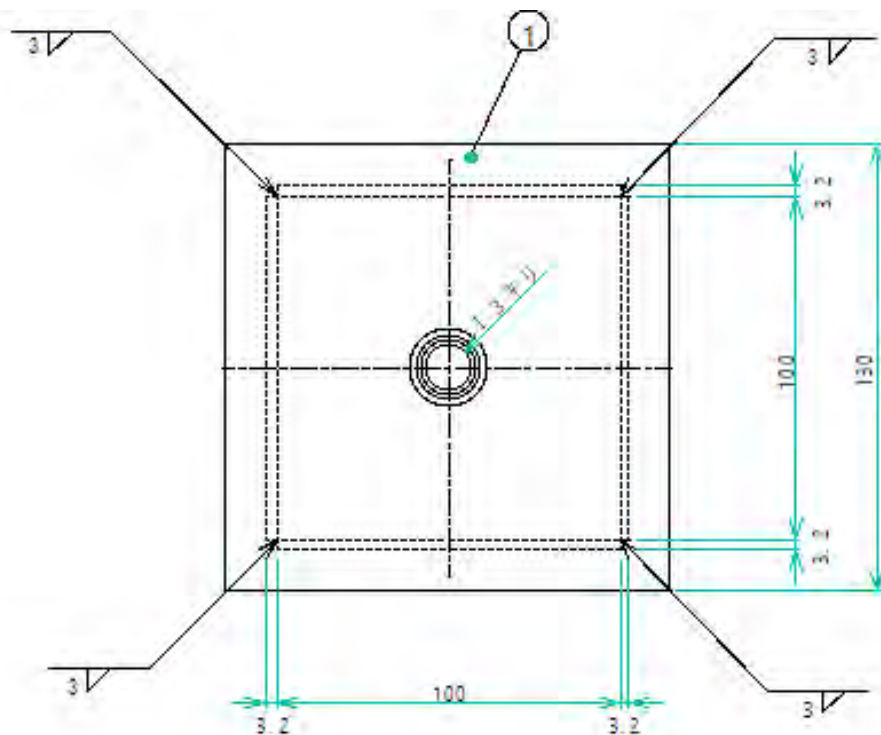


関西地区高校生溶接技術コンテスト課題  
〈圧力容器で競う〉参考手順書

# 課題図面



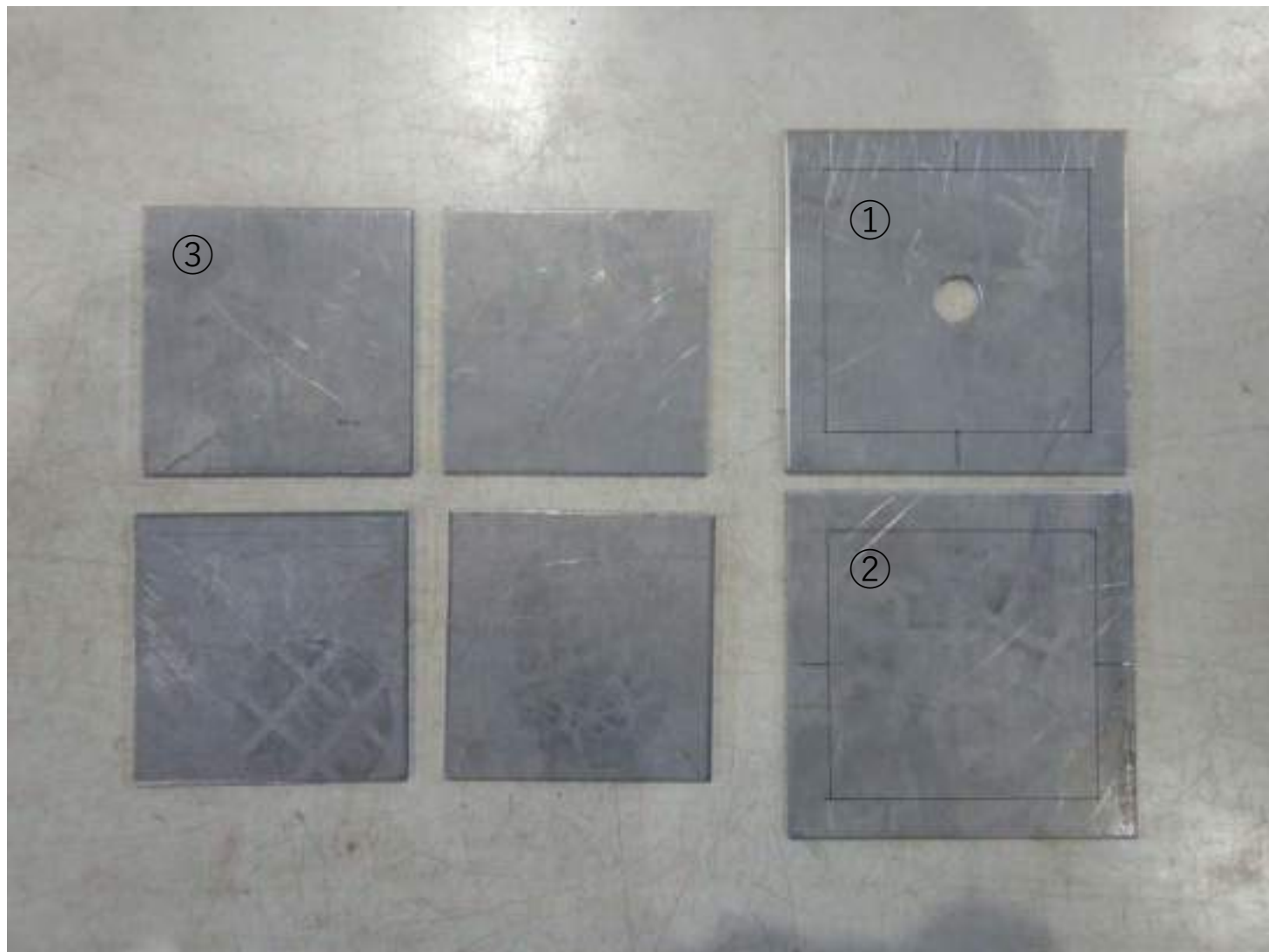
## 圧力容器課題

No	名称	個数	材質・寸法
1	天板/底板	2	SS400 t3.2×130×130
2	側板	4	SS400 t3.2×100×100
3	リセクト	1	G 1/2
備考	溶接は特選アーク溶接のみ 各継手部の溶接は密着・肉厚は仕番として 1パス仕上げとする すみみ溶接の継ぎ手は3以上とする		

- 競技時間 30分
- 審査内容
  - ①外観審査
  - ②耐圧審査
  - ③不安全および違反行為 (減点)

# 製作の手順

# 使用材料



## 1) 鋼材 (SS400材を使用)

- ①天板 t 3.2×130×130 1枚  
※Φ16キリ穴加工済み  
100×100位置ケガキ済み
- ②底板 t 3.2×130×130 1枚  
※100×100位置ケガキ済み
- ③側板 t 3.2×100×100 4枚

## 2) 溶接棒

E4303 (ライムチタニア系) Φ3.2  
神戸製鋼所 Z-44  
日鉄溶接工業 NS-03Hi

※写真は酸洗板を使用していますが、本番は黒皮です。

# 各溶接棒の特性

FAMILIARC™

## ZERODE-44

薄～中板用、代表銘柄の一つ

JIS Z 3211 E4303 AWS A5.1 E6013 相当

### 用途

車両、軽量鉄骨、建築などの一般構造物の溶接

### 使用特性

同系棒に比べ、ヒューム量を約30%低減させています。

再アーク性、スラグはく離性に優れ、断続溶接、すみ肉溶接、タック溶接に適します。

手で曲げて使用でき、棒径3.2mm以下は立向下進溶接も可能です。

難吸湿なので通常の保管状態では乾燥を省略できます。

### 作業の要点

- ①過大電流は、X線性能を低下させ、作業性劣化の原因となるので、適正電流範囲をご使用ください。
- ②過度に吸湿すると、作業性劣化のほか、ビットが発生することがあります。70～100℃で30～60分の乾燥を行ってください。
- ③過度の乾燥（長時間または高温）は、見掛け上は変質がなくても、溶込みが減少したり、X線性能低下・棒焼けの原因となります。

### 溶着金属の化学成分例(%)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.14	0.34	0.014	0.009

### 溶着金属の機械的性質例

耐力 MPa	引張強さ MPa	伸び %	吸収エネルギー (0℃)J
410	460	28	95

### 主要径および推奨電流 AC、DC(±)

棒径 mm	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0	6.0	
棒長 mm	300	350	350	450	450	450	
電流範囲 A	下向	30～60	60～100	100～140	140～190	190～250	250～330
	立向上	25～55	50～90	90～130	120～170	140～210	—

棒端色/銀灰色 二次着色/青白色  
船級認定/NK, ABS, LR, DNV, BV



## NS-03Hi

JIS Z 3211 E4303-U  
AWS A5.1 E6013 該当

一般構造物溶接用 ライムチタニヤ系 棒端色…青

### 特長

溶接ヒュームの発生量を低減し、難吸湿タイプのライムチタニヤ系溶接棒で、安定したシャープなアークは心地よく溶接できます。さらに、再アーク性、ビード伸び、スラグはく離性が抜群でスパッタの飛散も少ないので溶接作業の能率が向上します。

### 用途

車両、建築、その他一般構造物に用いられる軟鋼（SS400, SM400など）の薄中板の溶接。

### 溶接施工の要点

- ①被覆剤が過度に吸湿した場合ヒューム発生量が増加し、アークとスラグ状態が不安定になり、スパッタが増加すると共に、アンダカットやフローホールが発生しやすくなるので、70～120℃で約60分乾燥してください。
- ②過大電流や大きなウィービングによる溶接は、X線性能を低下させるので、適正電流を使用し、ウィービングを行う時は、棒径の2.5倍以内にとどめるようにしてください。

### 溶接姿勢



### 溶着金属の化学成分一例(%)

C	Si	Mn	P	S
0.07	0.17	0.39	0.015	0.009

### 溶着金属の機械的性質一例

耐力 MPa	引張強さ MPa	伸び %	吸収エネルギー (0℃)J
435	490	28	100

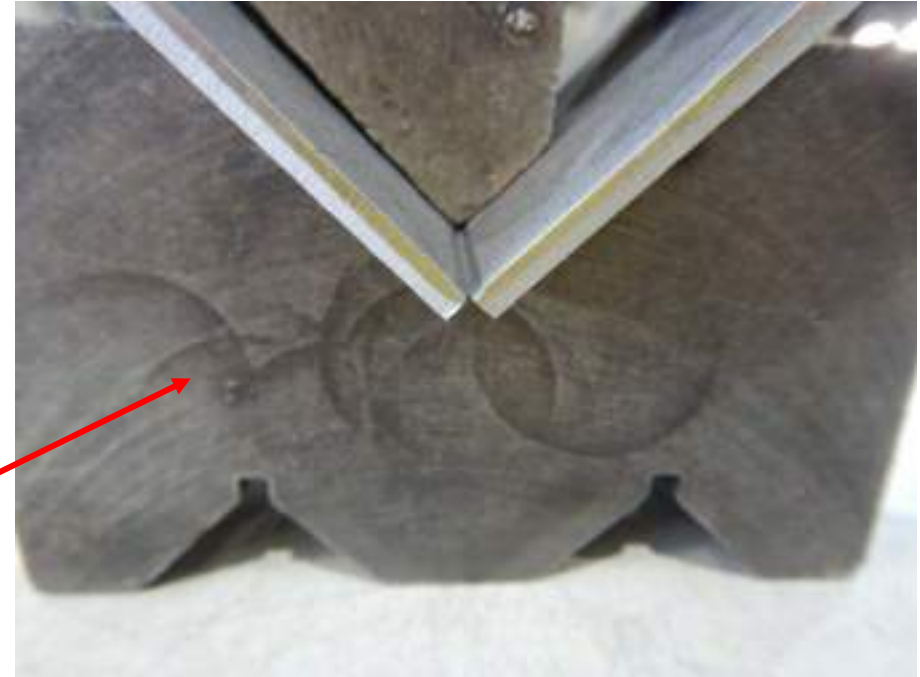
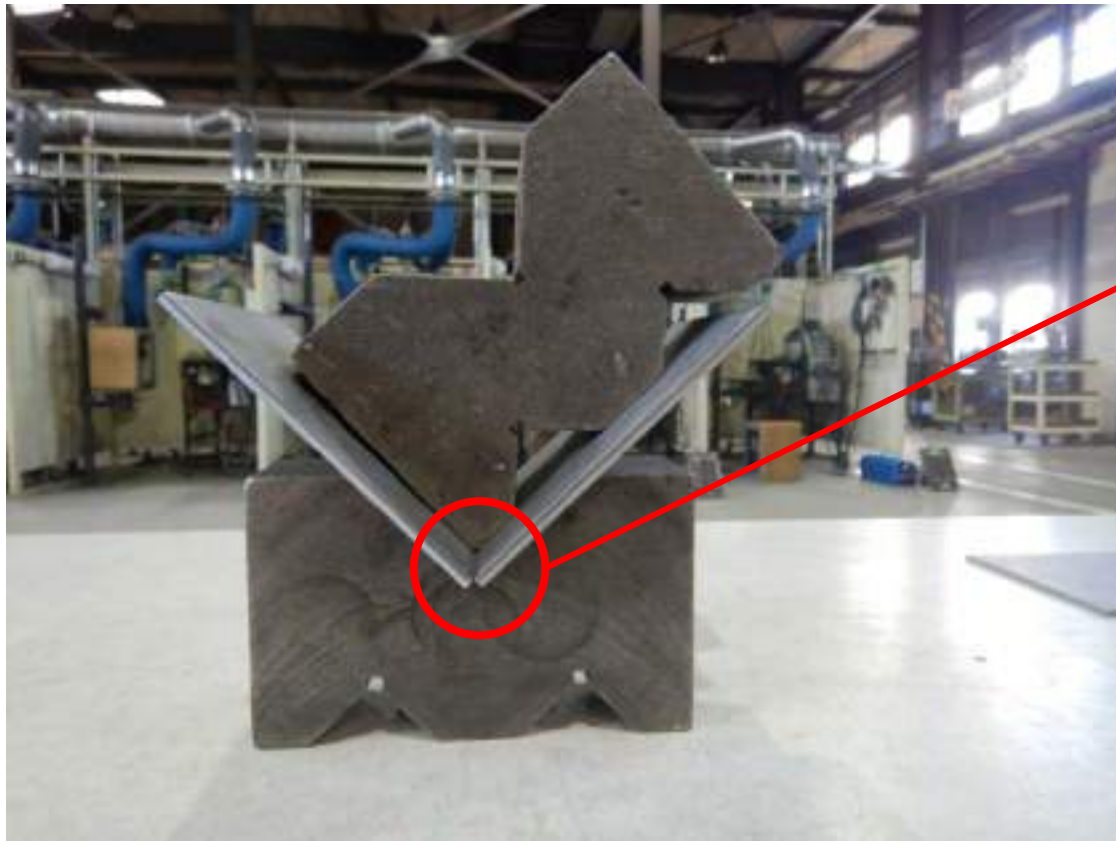
### 製造寸法及び電流範囲 (AC又はDC(±))

棒径(mm)	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0	6.0	
棒長(mm)	300	350	350	450	450	450	
電流範囲 (A)	下向	30～60	60～100	100～150	140～200	190～260	250～330
	上向	30～60	50～90	80～130	100～170	140～210	—
	立向上進	30～60	50～90	80～130	100～170	140～210	—

船級認定：NK, ABS, LR, DNV



# 組立溶接 1 L形の組み立て



Vブロックを2個使用して、左の様に側板をセットします。  
その際、板と板の突合は「両引き」になるようにセットします。



両引き



片引き

## 組立溶接 1 L形の組み立て（タック溶接）



重石のVブロックを乗せた状態で  
内側2ヵ所にタック溶接を行い、L形に  
組み立てます。

使用溶接棒 Z-44  $\phi 3.2$   
溶接電流 140A（短絡）程度

高めの電流でアーク長を短く保って  
タックビードが団子にならないように  
します。

同じ要領でもう一つのL形材を作ります。

# 組立溶接 1

## L形の組み立て（直角の確認）



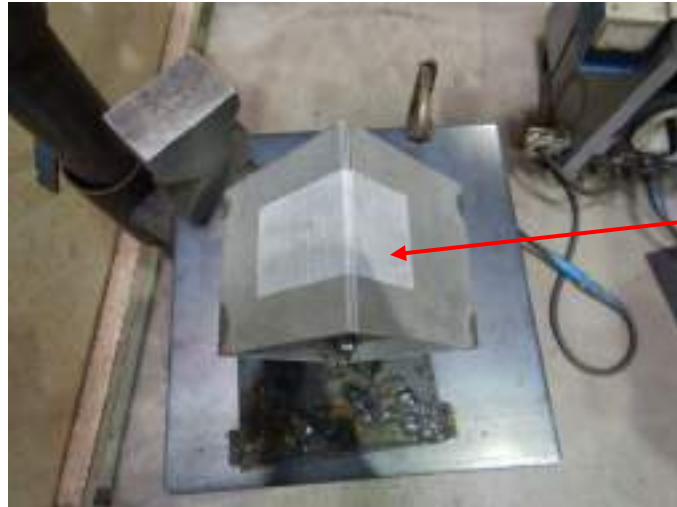
タック溶接をしたL形はスコヤ等を用いて直角を確認します。

狂っている場合は、軽く叩いて直角に修正します。

※この作業をいい加減にすると角柱にする時に上手くいかないので必ず確認します。



## 組立溶接2 角柱の組み立て（タック溶接）



養生テープで固定

L形を2個組み合わせた角柱の状態にVブロックに両引きでセットします。  
その際に、上側を養生テープ等で固定すると上手くいきます。

内側2ヵ所にタック溶接を行い、角柱に組み立てます。



高めの電流でアーク長を短く保って  
タックビードが団子にならないようにします。

養生テープを外し、上下回転させて同じ要領  
でタック溶接します。

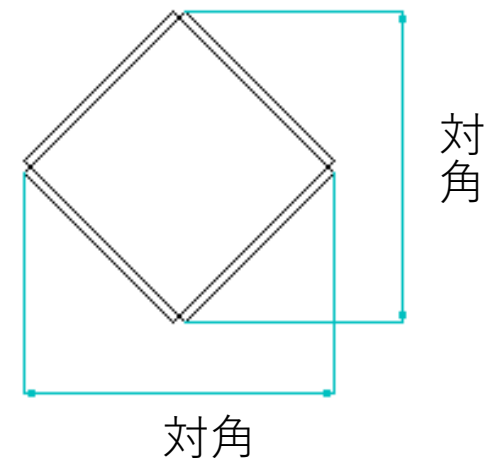
## 組立溶接2 角柱の組み立て（直角の確認）



タック溶接をした角柱はスコヤ等で直角を確認します。

（対角寸法をスケールで測っても良い。）

狂っている場合は、ハンマー等で軽く叩いて直角に修正します。



## 組立溶接3

### 天板へのソケットの取付け（タック溶接）



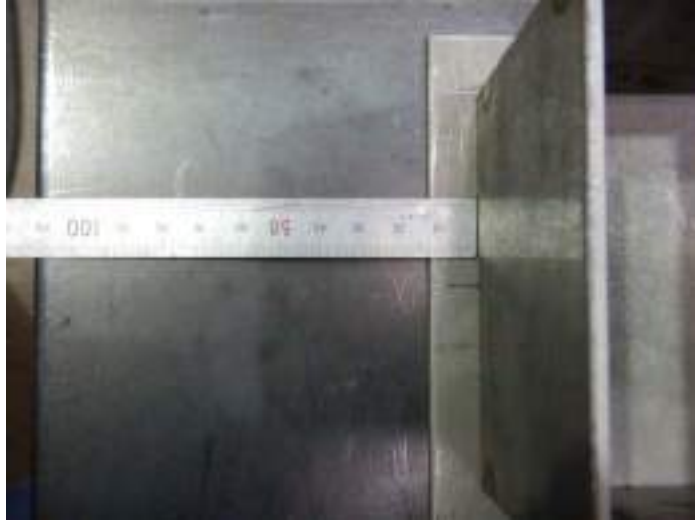
天板の穴に合わせて、ソケットをCクランプ等を用いてセットします。  
天板の角や端面から均等な位置にします。

位置が決まったら対象位置に2ヵ所タック溶接をします。

高めの電流でアーク長を短く保ってタックビードが団子にならないようにします。

※写真は施設設備の関係で雄ネジになっています。本番の場合は短いソケットなのでVブロック等の重石でも可能です。

# 組立溶接4 底板の組み立て（タック溶接）



底板のケガキ位置に合わせて、角柱をセットします。底板の端面から均等な位置（約12mm）になるようにセットします。

位置が決まったら重石にVブロックを置きます。

外側の中央2ヶ所の対面にタック溶接します。

高めの電流でアーク長を短く保ってタックビードが団子にならないようにします。



タック溶接

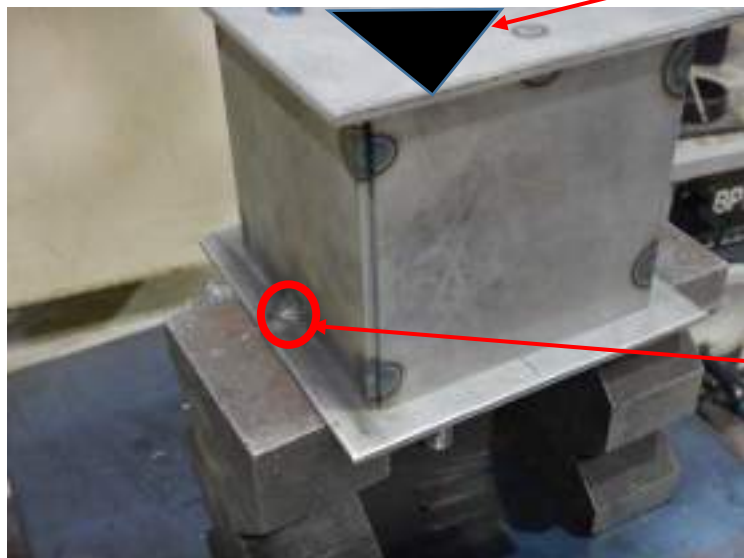
重石にVブロックを置く



# 組立溶接5 天板の組み立て（タック溶接）



重石になるもの  
があれば  
置くと振れ止め  
になる。



タック溶接

天板のケガキ位置に合わせて、角柱をセットします。

底板の端面から均等な位置（約12mm）になるようにセットします

ソケットが干渉するのでVブロック等の上に置きます。（溝形鋼でも可）

振れ止めの重石になるものがある場合は底板の上に置いても良い。

外側の2ヶ所を対面にタック溶接します。

高めの電流でアーク長を短く保ってタックビードが団子にならないようにします。

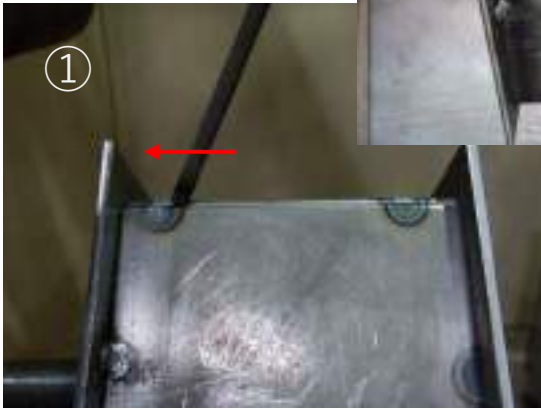


## スラグ・スパッタの除去



組み立て溶接が終了したら  
タックビードに付着したスラグや  
スパッタ類を確認し、ワイヤーブ  
ラシとチップングハンマー等で完  
全に除去して下さい。

# 本溶接1 角溶接1 (溶接のポイント)



Vブロック2個を使用して溶接部が水平になるようにセットします。

下向き姿勢（後進法）のストリング運棒で溶接します。

使用溶接棒 Z-44  $\phi 3.2$

溶接電流 110 A（短絡）以上

①始端部はやや内からアークスタートして、後戻り運棒にて始端部を溶かします。  
(後戻り後は止めないで直ぐに後進に入ること。)

②溶融池の状態に注意してルートの中央を走ります。

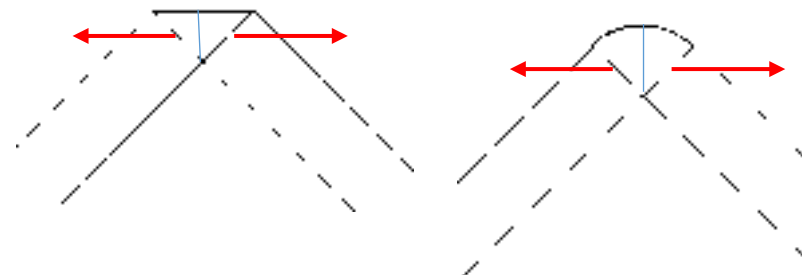
③終端部に近づくと底板のフランジ部が干渉するため溶接棒を立てて終端まで溶接し、クレータ処理をしないでアークを切ります。

始末端部のビード高を高くすると後のすみ肉溶接がやりにくいため、盛り上げない方が良い。

# 本溶接1 角溶接2 (角溶接部のビード形状)



ビード不整による割れ



凹、平ビードは加圧時の引張りに弱い

凸ビードは加圧時の引張りに耐えられる

## 角溶接のポイント

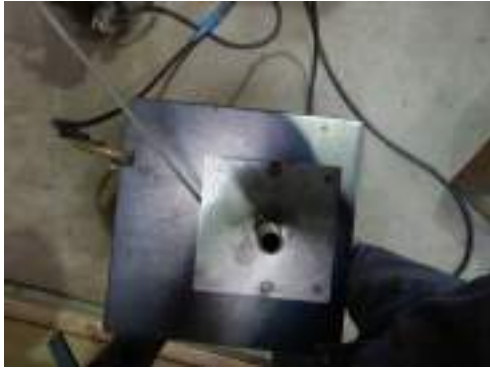
両引きの角継手のため溶接は簡単だが、ビードの形状によっては加圧時の変形で割れが出やすくビード高さや形状が重要になります。

凹形や平らなビードにすると引張荷重を受ける面積が小さく、塑性変形により割れが発生しやすい。

そのためビードはしっかりと溶融させたうえで、やや凸形状に仕上げの方が良い。

# 本溶接 2

## 水平すみ肉溶接 1 (溶接のポイント)



すみ肉溶接のポイント

始末端は角柱の中央として2分割で2パス溶接します。  
溶接棒の角度は $45^\circ$  (引き角 $70^\circ$ 程度)を保持して  
コンタクト運棒で立ち姿勢で溶接します。

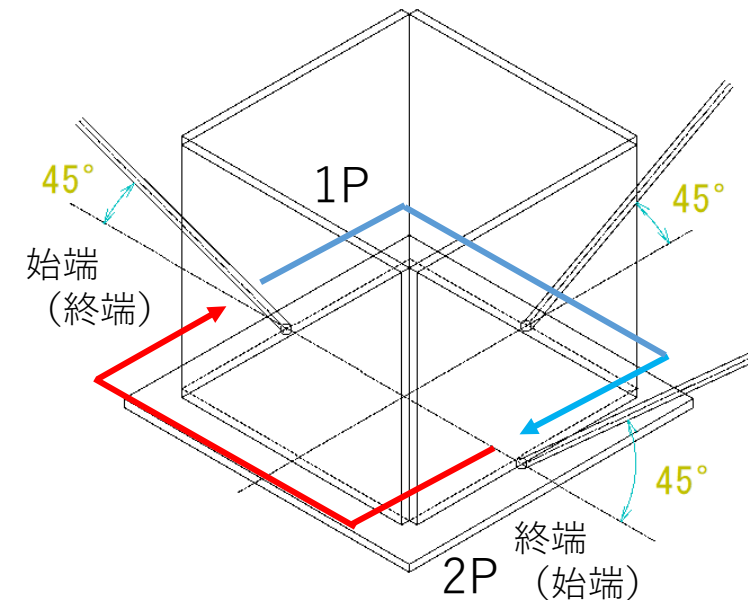
使用溶接棒 Z-44  $\phi 3.2$   
溶接電流 140A (短絡) 以上

指定脚長が3mmなので、溶接速度に注意します。

コーナー入口では溶接速度を変えずに小さく周り、  
逆にコーナーの出口は速くなりがちなので少し速度を遅くすると良い。

タックビード部は溶接棒を少し浮かして走るように  
します。

1パスの終端はクレータ処理をしないでアークを切ります。





## 本溶接 2 水平すみ肉溶接2（天板の溶接）



ソケットが干渉するのでVブロックの上に置きます。

始末端部はタックビードのない面に取ります。

天板、底板ともに溶接時には被り面を使用して、立ち姿勢で左手で材料を押さえて溶接しても良い。



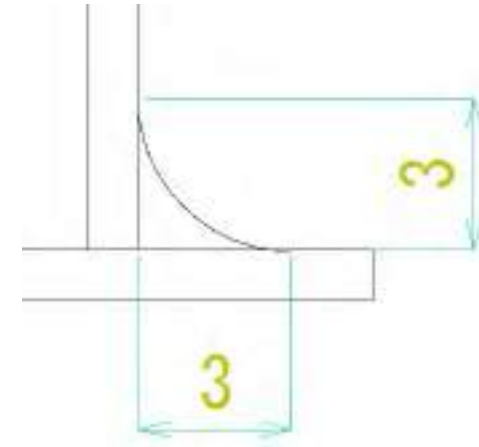
## 本溶接 2

### 水平すみ肉溶接3 (すみ肉溶接部のビード形状)



#### ※始末端部

1パス目の始末端部が高くならないようにして、2パスの始末端のビードをラップさせた時にビード高さが揃う様にします。

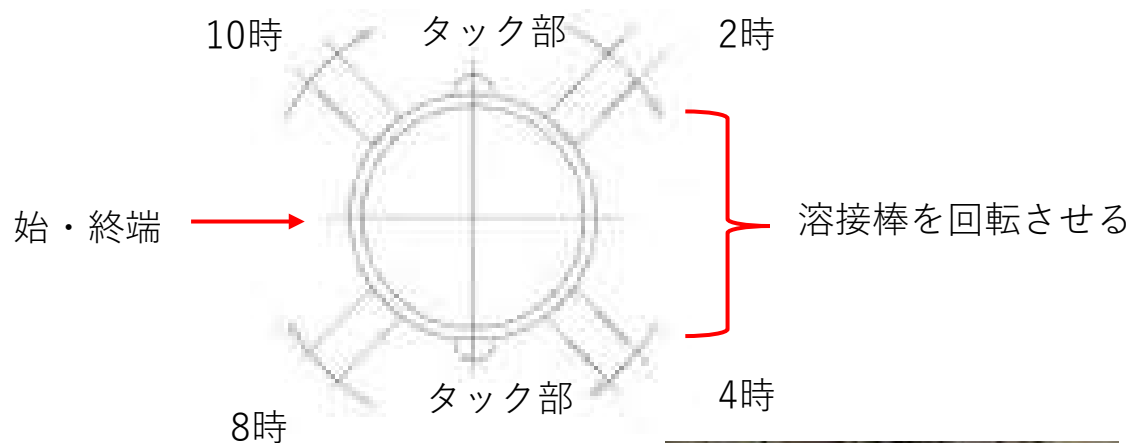
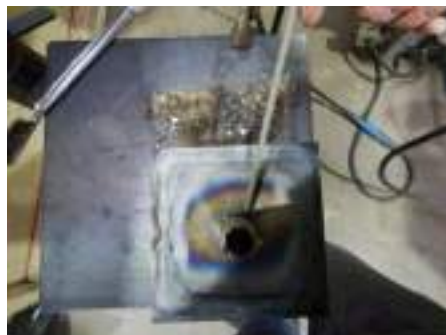


#### ※コーナー部

周るときに溶接速度を変えないようにして小さく周り、コーナーを出た所が速くなりがちなので、速度を落としてビード外觀が変わらないようにします。

脚長が3mm以下にならないようにし、ビード全体が均一な高さになるようにします。

# 本溶接3 水平すみ肉溶接1 (ソケットの周溶接)



## 周溶接のポイント

始・終端はソケットのタック部を避けて1パス溶接（周溶接）をします。

溶接棒の角度は45°を保持し、短いアーク長でストリングア運棒する。（コンタクトしない）  
※後進角は立ち気味になる。

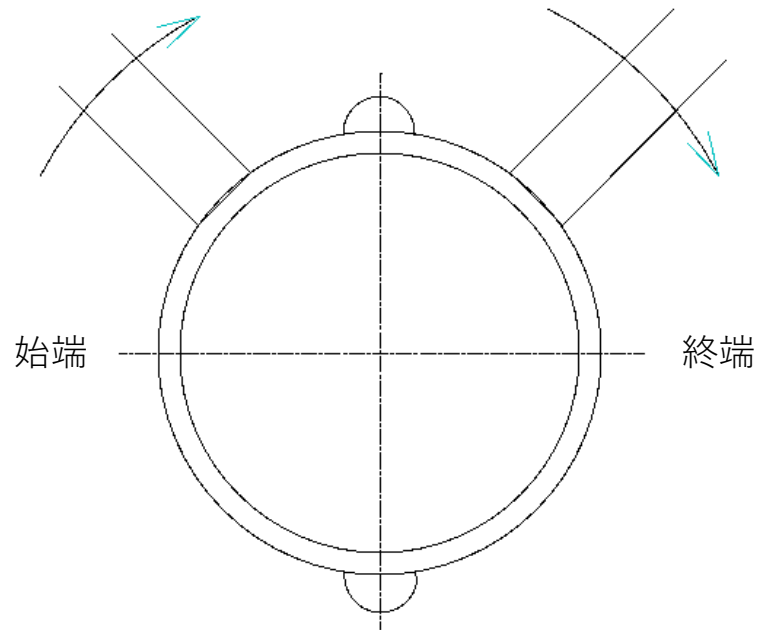
使用溶接棒 Z-44  $\Phi 3.2$   
溶接電流 130（短絡）程度

※右利きの場合  
9時で点弧して、時計周りに溶接をし、2時～4時位の間溶接棒を左に回して（自転）後進溶接を維持出来るようにします。

終端は後戻りのクレータ処理をしてアークを切ります。

## 本溶接3

### 水平すみ肉溶接2（ソケットの周溶接のポイント）



1パス溶接後、  
180° 回転させる。

#### 周溶接のポイント2

溶接棒は使用中の少し短い棒を使用すると  
運棒が楽になります。

※溶接ができる長さ +  $\alpha$  が有れば良い。

溶接棒のホルダーの握み角度は45° が  
溶接しやすい場合もあります。

溶接ホルダーのキャプタイヤが溶接中に  
邪魔にならないように事前に配置しておき  
ます。

1パスでの周溶接に自信がない場合、180° で  
分割して2パスで溶接しても問題ありません。  
1パス目溶接後、材料を180° 回転させて2パ  
ス目を行う。

## 仕上

- ①本溶接終了後は、溶接個所と周辺にワイヤーブラシをかけてスパッタ等はチップングハンマーで完全に除去します。
- ②溶接部を目視検査し融合不良部があれば補修溶接を行います。  
(溶接長さ20mm以内の補修とする)

# 水圧試験と考察



# 水圧試験 1

## 水張検査



本溶接が終了した後は、水張検査を行い、漏水の有無を調べます。

ソケットから静かに水を入れた後、付着した水滴をエア等で十分に取り除きます。

その後、しばらく放置してから溶接部からの漏水の有無を確認します。

## 水圧試験2 試験の準備



ソケットとの接続部にシールテープを巻いて、水圧ポンプに接続します。





## 水圧試験3 試験圧力の加圧



試験圧力5MPaに達するまで加圧し、1分間保持します。

さらに9MPaまで加圧して30秒間保持します。この圧力をしきい値として漏水がなければ合格となり、この間に漏水があった場合、その圧力を記録します。

5MPaの時点でも容器は膨張しており、少し塑性変形しています。

## 水圧試験 4 破壊圧力の加圧



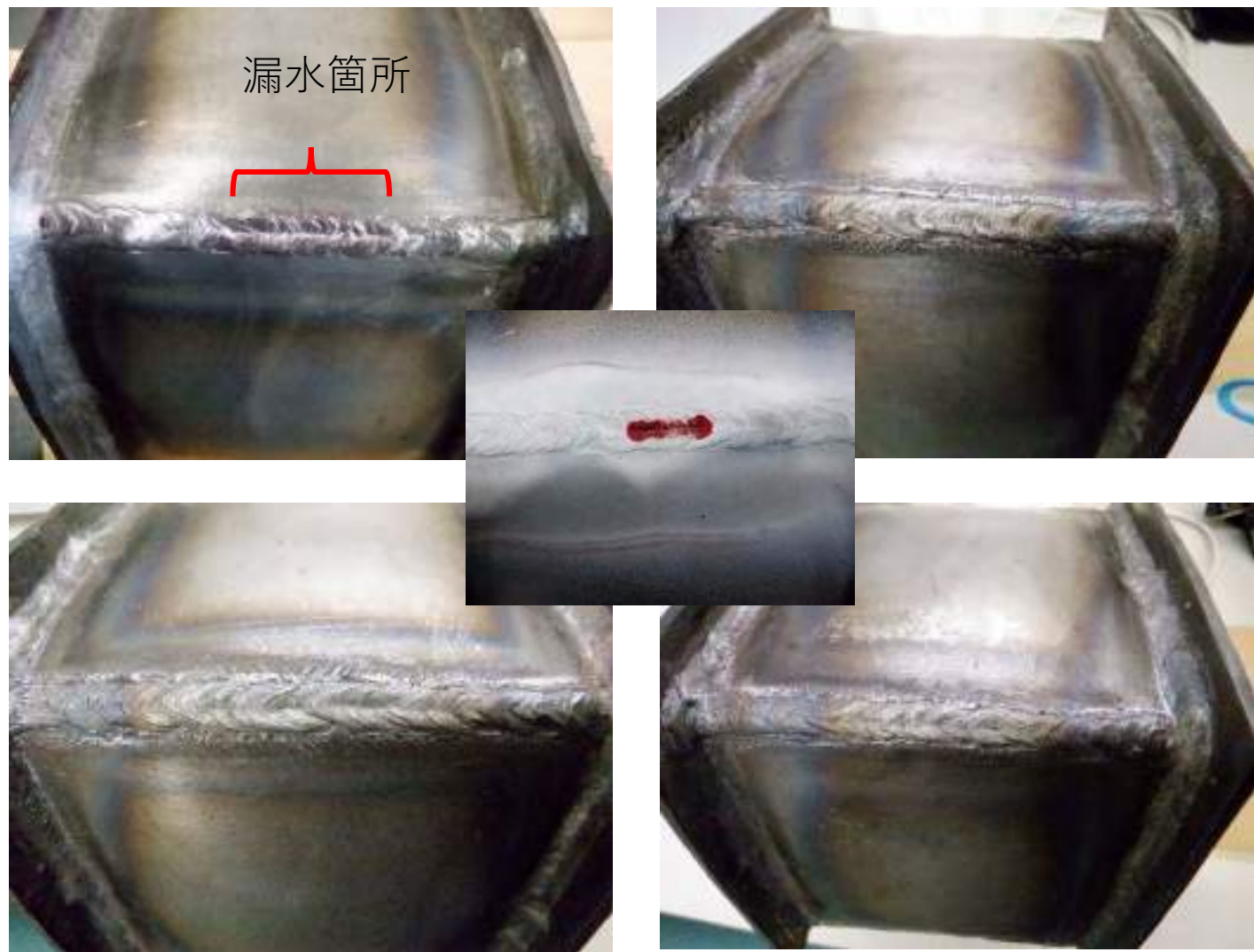
漏水（破裂）が発生するまで加圧します。  
漏水した圧力を最大圧力として記録します。

今回、写真を取り損ねましたが、 $10\text{MPa}$ を超えた所で漏水しました。

容器は膨張しており、大きく塑性変形しています。



# 考察



今回の漏水箇所は、角継手部でした。

目視でもビードが水圧による膨張で引っ張られて溝ができているのが分かります。他の角継手部のビードも引っ張られて中央が伸びています。

浸透探傷試験でも、溝の中央部に亀裂が確認されています。

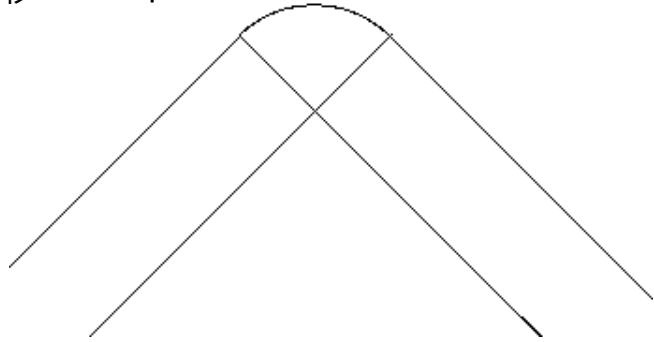
よって以下の事が推察されます。

- ①漏水は膨張による引張荷重が原因で、容器の中央部の変形が著しく角継手の中央部がその影響を大きく受けている。
- ②この部分が引っ張られても十分な厚みを残してあれば割れが発生しないので、溶接時の溶け込みビード形状が重要になる。

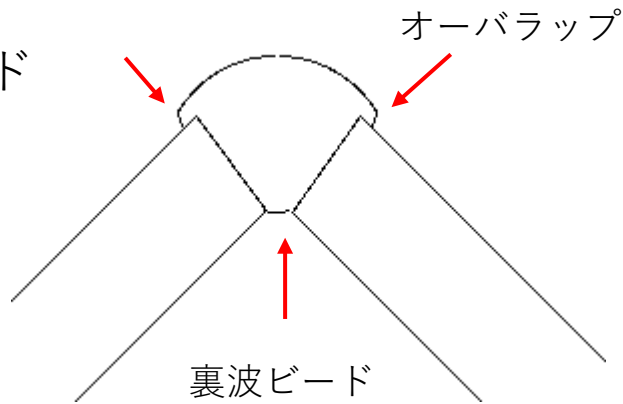


# 対応策

①凸形ビード



②凸形ビード  
裏波あり



## 溶接条件の変更

- ①のビード形状を及第点として考える。  
溶接電流110 A（短絡）で無理のない溶接速度で走るとこの形状になります。  
技量的に可能なら溶接電流を10~20 A程度上げて溶接することで溶け込みが深くなります。

- ②の様に裏波ビードを出すと、ビードの断面積が増加し、かつ内側角部の応力集中も避けられる。

溶接電流を上げて溶接するため、溶接中に穴があくリスクもあり、練習等で十分な条件出しが必要です。 溶接電流140 A～（短絡）  
また、溶着金属が増えるのでオーバーラップ気味のビード形状となり、外観評価にも影響します。