

はじめに

戦後のわが国の鉄鋼産業の躍進とともに、鉄鋼製品の防食の重要性が強く叫ばれるようになり、溶融亜鉛めっきはこの面で非常にすぐれた特性をもっていることが、広く認められるようになりました。

製鉄製鋼の生産技術の進歩とあいまって、溶融亜鉛めっき製品の用途も年とともに拡がり、製品の形状、材質などさまざまなものがふえつつあります。

このガイドブックは溶融亜鉛めっきの特長をまとめ、鉄鋼構造物などの材質及び形状がめっき製品の仕上りに影響を及ぼすいくつかの例について説明を加えました。

ユーザー各位におかれましては、製品設計の面でご利用下さいましたら幸いと存じます。

目次

溶融亜鉛めっきの特長	2
溶融亜鉛めっき加工作業工程	3
溶融亜鉛めっき皮膜の組織	4
溶融亜鉛めっきの耐食性の特長	5
溶融亜鉛めっきの環境別耐用年数	6
溶融亜鉛めっきの経済性	8
溶融亜鉛めっきにおける歪の防止	11
溶融亜鉛めっきに適さない素材	12
溶融亜鉛めっきに対する化学成分の影響	13
鉄鋼製品の形状と溶融亜鉛めっきの品質との関係	15
密閉構造単材の場合	16
密閉構造フランジ付の場合	17
密閉構造加工品の場合	18
正しい孔あけ位置	19
スカラップの取り方	20
コーナー部のスカラップ	21
コーナー部以外のスカラップ	22
タンク構造の場合	23
ボックス構造及びダイヤフラムがある場合	24
内面にカエリがある場合	25
はり合わせの場合	26
ボルト・ナットのクリアランス	27
溶接法と歪の発生例	28
熱交換器などの外面めっきの場合	29

溶融亜鉛めっきの特長

1. 溶融亜鉛めっきは、耐食性が非常にすぐれています。

溶融亜鉛めっきは、その表面に形成される薄い緻密な保護皮膜と、亜鉛特有の電気化学防食作用によって大気中、淡水中、海水中、土壌中など各種の使用環境のもとで耐食性が非常にすぐれています。

例えば、田園山間地帯では70～100年、都市工業地帯でも30～50年は十分効果を発揮します。このため、世界各地で鋼管、大型構造物、電力通信関係、土木建築関係、農業畜産関係、鉄道運輸関係、船舶関係、冷凍暖房関係など、広範囲に利用されています。

2. 溶融亜鉛めっきは、経済的に最も有利な防錆方法です。

溶融亜鉛めっきは、長期間にわたって防錆効果があり、他の防錆法と比較してイニシャルコストも低く、メンテナンスフリーでありますので最も経済的に長期防錆ができます。

3. 溶融亜鉛めっきは、密着性がすぐれています。

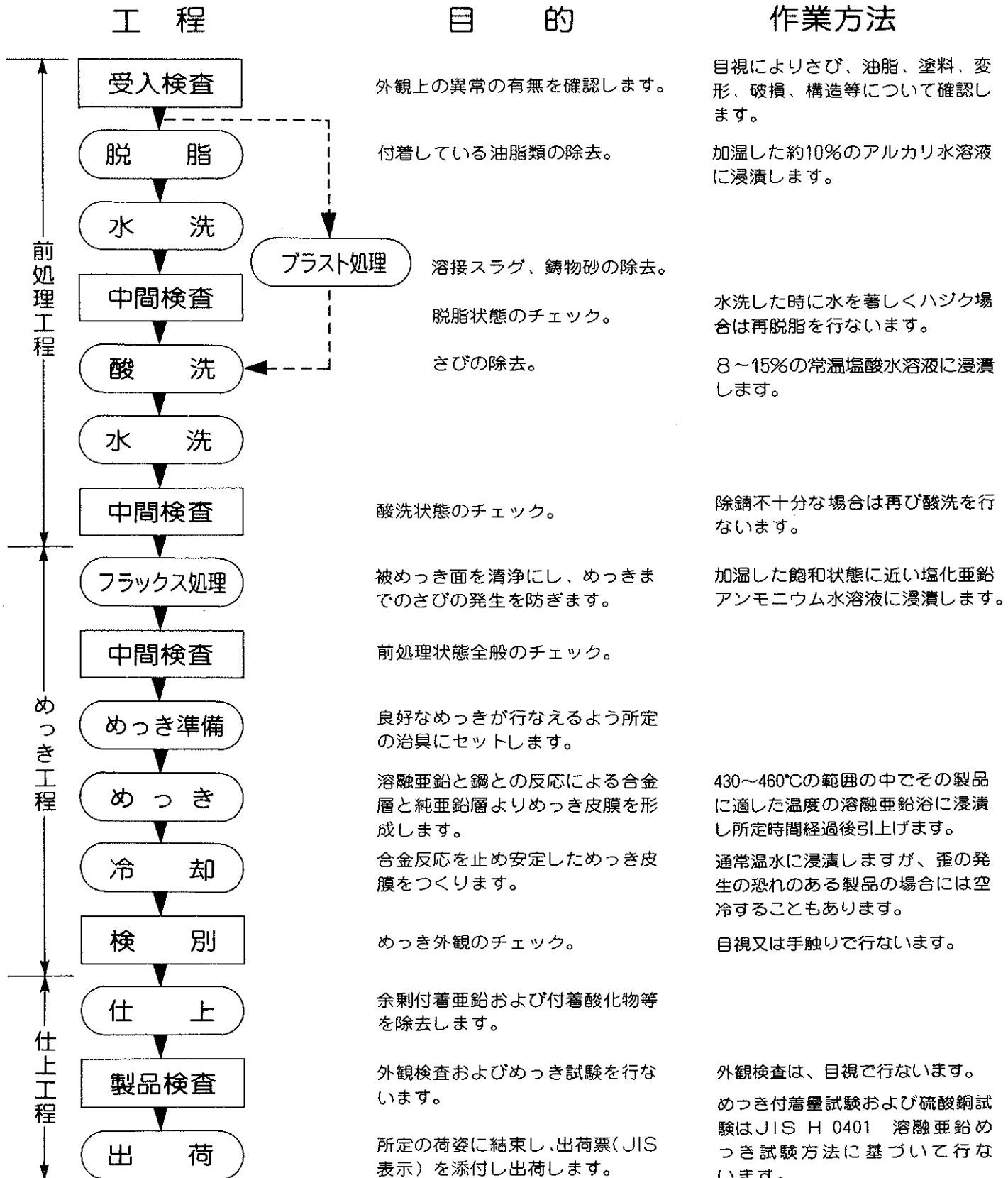
溶融亜鉛めっきは、鉄と亜鉛の合金反応によって強固に密着しており、衝撃や摩擦によって剥離することがありません。

4. 溶融亜鉛めっきでは、隅から隅まで均一にめっきができます。

溶融亜鉛めっきでは、中空体の内面などの目に見えない部分や手の届かない部分でも均一にめっきができます。

溶融亜鉛めっき加工作業工程

作業方法は、JIS H 9124 溶融亜鉛めっき作業指針にしたがっています。



熔融亜鉛めっき皮膜の組織

熔融亜鉛めっき皮膜の断面を顕微鏡で見ると、鉄と亜鉛の反応で形成された金属間化合物の合金層と合金層の上に付着する亜鉛層の二つの層から成っています。

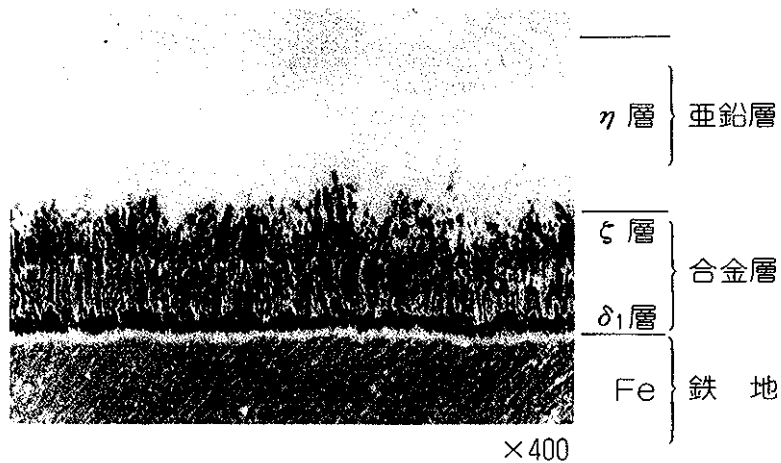


写真1. 熔融亜鉛めっき皮膜断面顕微鏡組織

通常めっき条件で見られる熔融亜鉛めっき組織は、鉄地に近い方から δ_1 (デルタワン)合金層、次に ζ (ツェータ)合金層とその上に浴組成と同じ η (イータ)亜鉛層の三層から成っております。

δ_1 (デルタワン)層：通常鉄地に接して存在する層で緻密な組織を示し、複雑な六方晶系の構造で、靱性、延性に富んでいるのが特長です。FeZn₇という化合物と考えられ、鉄含有量は7～11%であります。

ζ (ツェータ)層：最も顕著なもので単斜晶系に属し柱状組織を示します。FeZn₁₃という化合物と考えられ、鉄含有量は6%程であります。

η (イータ)層：最上部の亜鉛層で稠密六方晶系に属し、軟かく展延性に富み変形加工を受けても破れることはありません。亜鉛純度98.5%以上であります。この他、鉄地に接近した部分で Γ (ガンマ)層が生成されることもありますが、非常に薄い層なので通常認められません。

溶融亜鉛めっきの耐食性の特長

溶融亜鉛めっきは大気中、水中、および土壌中で耐食性がすぐれているということから鉄鋼の防食手段として広く利用されています。

溶融亜鉛めっきがすぐれた耐食性を示すのは、主に次の二つの大きな特長があるからです。

(1) 緻密な保護皮膜作用

亜鉛めっき表面に緻密なさびの薄膜が形成され、この緻密なさびの薄膜が強力な保護皮膜となって、その後の腐食の進行を防ぎます。

この現象を鉄素地の場合と比較すると図1のようになります。

一般に腐食速度は使用環境、使用期間によって異なりますが、亜鉛は鉄の10～25倍の耐食性をもっています。

たとえば、条件の厳しい海岸地帯での亜鉛と鉄の腐食速度を比較すると図2のようになります。

(2) 犠牲的防食作用

亜鉛めっき皮膜になんらかの理由でキズが生じた場合、周囲の亜鉛が陽イオンとなって電気化学的に保護する犠牲的防食作用により、鉄の腐食を抑制します。

この鉄に対する犠牲的防食作用は、亜鉛特有のものであります。

この現象を塗装で赤さびが発生する場合と比較すると図3のようになります。


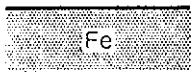
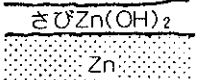
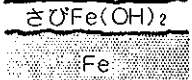
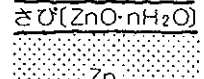
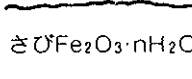
	亜鉛の場合	鉄の場合
素地		
さびが生成	 さび $Zn(OH)_2$ Zn (緻密なさびの薄膜が生成。)	 さび $Fe(OH)_2$ Fe (粗なさびが生成)
さびが生成	 さび $[ZnO \cdot nH_2O]$ Zn (緻密なさびの薄膜が強力な保護皮膜となっています。)	 さび $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ Fe (鉄のさびは多孔質であり保護能力は少ないので酸化がどんどん進行します。)

図1. 亜鉛と鉄のさびの相違

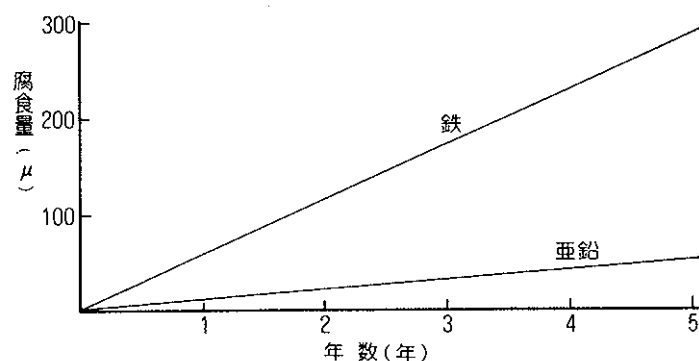


図2. 海岸地帯における亜鉛と鉄の腐食速度

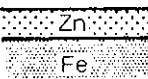
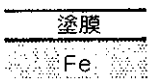

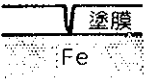


	溶融亜鉛めっき	塗装
素地		
キズが生じた状態		
腐食状態	 (亜鉛の犠牲的防食作用により鉄は腐食されません。)	 さび 塗膜 Fe (粗い鉄さびにより塗膜が大きく破れ更に腐食が進行します。)

図3. キズが生じた場合の亜鉛めっき皮膜と塗装皮膜の腐食状態

溶融亜鉛めっきの環境別耐用年数

溶融亜鉛めっきの腐食速度は使用環境条件によって異なり、同一使用環境における耐用年数は亜鉛付着量に比例します。

(1) 大 気 中

大気中の耐用年数を予測する場合、使用環境によるめっきの腐食速度と亜鉛付着量から次式のように計算できます。

$$\text{耐用年数(年)} = \frac{\text{亜鉛付着量 (g/m}^2\text{)}}{\text{平均腐食速度 (g/m}^2\text{・年)}} \times 0.9^*$$

*耐用年数は、めっき皮膜の90%が消耗するまでの期間として計算。

(JIS H 8641 溶融亜鉛めっき 解説)

日本における使用環境別の溶融亜鉛めっきの腐食速度についての各種試験報告書をまとめると表1のようになります。

表1 使用環境別の溶融亜鉛めっき腐食速度

暴露試験地域	平均腐食速度 (g/m ² ・年)
都市工業地帯	8.0
田園地帯	4.4
海岸地帯	19.6

備考 1 上記の数値は、社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会による10年間(1992~2002年)の大気暴露試験結果から算出した。

2 暴露地
 都市工業地帯：横浜市鶴見区
 田園地帯：奈良県桜井市桜町倉橋
 海岸地帯：沖縄県中頭郡中城村

表1は図4のように表わすことができます。

たとえば、亜鉛付着量550 g/m²で都市工業地帯の場合は、耐用年数 = $\frac{550}{8.0} \times 0.9 = 62$ (年)となります。橋梁などの大型構造物は、部材の厚みが9~30mmと厚く亜鉛付着量も800~2,000 g/m²程度が見込まれ、その耐用年数は半永久的なものとなります。また屋内では、同じ地域の屋外に比べると5倍以上の耐用年数が期待できます。

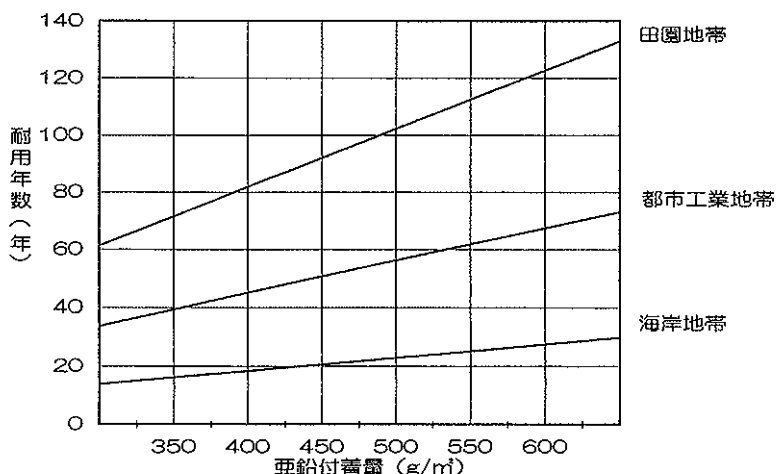


図4 溶融亜鉛めっきの付着量と耐用年数の関係

(2) 水中

熔融亜鉛めっきは、水中でもめっき表面に保護皮膜が形成され、すぐれた耐食性を示します。

水中の耐食性はpHと温度が主な影響を与えます。図5に示すように、亜鉛めっきが有効な耐食性を示すのはpH 6～12であります。水温は50℃以下であります。50℃を越えると腐食速度はかなり増大する傾向にあります。

含有塩類も多少の影響があります。軟水中よりもカルシウム塩類を含有する硬水中の方が耐食性は良好です。その他水中に溶存しているO₂およびCO₂の影響などもあります。

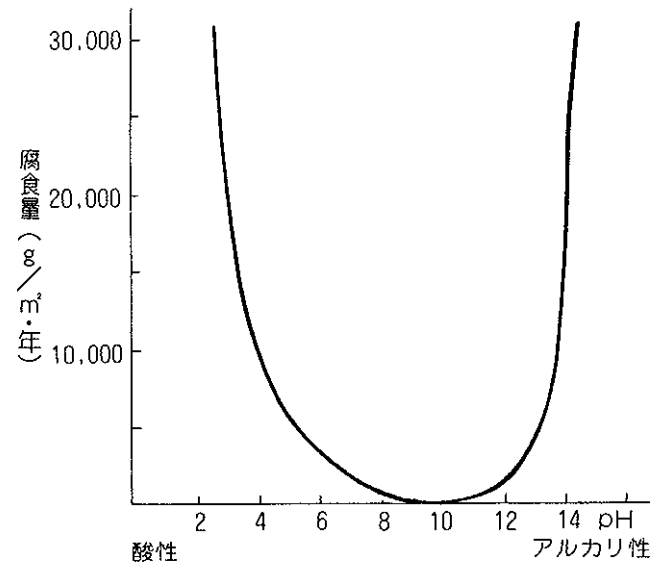


図5. 水溶液pHと亜鉛の腐食

(3) 海水中

海水中への浸漬試験では表2. に示すように浸漬期間が長くなるにつれて腐食速度は小さくなります。これは海水中のマグネシウム塩類が腐食抑制作用をもつからだと報告されています。

表2. 海水中の耐食性 (ASTMによる試験結果)

皮膜の種類	浸漬期間 (年)	腐食速度	
		mm/年	g/m ² ・年
熔融亜鉛めっき (1,129g/m ²)	0.5	0.048	345
〃 (1,159g/m ²)	1	0.023	162
〃 (1,312g/m ²)	3.5	0.015	107
〃 (1,373g/m ²)	5	0.013	92

注) 表中の数値は、305g/m²=1 oz/ft²
1mm/年=39.37 mpyとして換算した値であります。

(4) 土壌中

土壌中で腐食速度を支配する主な要因は、通気性、含水量、溶存物質の種類と量、電気伝導度、pHなどです。

土壌中の腐食速度は土壌の性質により広い範囲でバラツキますが、一例として表3. のようなものがあります。

表3. 米国の各種土壌中の高純度亜鉛の腐食
(12.7年埋設試験による腐食速度)

土 壌 の 種 類	g/m ² ・年	
無機質酸化性 酸性土壌	粘土ローム	52
	ローム	29
	粘土	39
無機質酸化性 アルカリ性土壌	沈泥ローム	43
	砂利質ローム	130
無機質還元性酸性土壌	粘土	46
無機質還元性 アルカリ性土壌	粘土	46
	粘土	210
有機質還元性 酸性土壌	堆肥	110
	沼池	96
	堆肥	180

溶融亜鉛めっきの経済性

鋼構造物をさびから守るために用いられる防錆法のなかで、溶融亜鉛めっきは最も経済的であるといわれております。そこで防錆法のなかで広く使われている塗装と溶融亜鉛めっきについて、その経済性を比較してみました。

一般に防錆の経済性について考える場合、次の二つの要素をあわせて考える必要があります。

- (1) 初期費用……初めにどれくらいの費用がかかるか。
- (2) 維持費用……保守にどれくらいの費用がかかるか。

(1) 初期費用の比較

以前は「溶融亜鉛めっきは保守には費用が殆どかからないが、初期費用が高い」というのが一般的な通念でありましたが、最近では、その差が平均的には殆どなくなっています。製品の肉厚が比較的薄い場合には、むしろ溶融亜鉛めっきの方が安価になっています。この主な原因は人件費が年々上昇していることにあります。溶融亜鉛めっきは工場で加工されるために加工費用の中で人件費の占める割合が塗装に比べて少ないのであります。従って溶融亜鉛めっき加工費用の上昇が比較的緩やかであります。塗装費用の上昇が大きくなっています。

(2) 維持費用の比較

塗装は通常数年の周期で塗り替えを必要とするのに対して、溶融亜鉛めっきは防食寿命が続く限りの長期間、維持費用を必要としないので、溶融亜鉛めっきの方が経済的に有利であることは疑う余地がありません。

(3) 総費用の比較

溶融亜鉛めっき加工費用と塗装費用について、初期費用と塗り替え費用の例を表4に表しています。これを基にして、30年間における合計直接費用の推移を図6に示しました。

表4 溶融亜鉛めっきと塗装の直接経費の比較（期間：30年）

項 目		溶融亜鉛めっき ¹⁾			塗 装 ²⁾	
		A鋼材	B鋼材	C鋼材	例 1	例 2
初 期 費 用 (円/㎡)		1,218	2,440	4,670	2,470	3,275
塗 り 替 え	費 用 (円/㎡ /回)	0	0	0	1,923	2,325
	周 期	—	—	—	5年	10年
	回 数 (回)	0	0	0	5回	2回
	小 計 (円/㎡)	0	0	0	9,615	4,650
合 計 費 用 (円/㎡)		1,218	2,440	4,670	12,085	7,925
防食能力残存評価額 (円/㎡) ³⁾		- 203	- 407	-1,751	0	0
差 引 実 質 経 費 (円/㎡)		1,015	2,033	2,919	12,085	7,925

備考：溶融亜鉛めっきおよび塗装の費用は「建設物価平成2年4月号No.745」に基づき
溶融亜鉛めっきは工場への運送費、塗装は現場管理費および一般管理費を含めて
算出しています。

溶融亜鉛めっき加工費用は、鉄骨溶接体、施工規模200 t、めっき規格HD Z55
(めっき付着量550 g/㎡以上)の場合を選出しました。即ち下記の通りであります。

	最高地区	最低地区	平 均	運送費加算
めっき加工費 (円/ t)	75,000	67,000	71,000	77,600

注：1) 溶融亜鉛めっきはA鋼材、B鋼材、C鋼材の肉厚をそれぞれ、4mm、8mm、15mmとし、めっき
層寿命を58年、58年、77年を見込んでいます。

めっき層寿命は、めっき付着量をAおよびB鋼材が600 g/㎡、C鋼材が800 g/㎡とし、都市地
帯（めっき層腐食速度9.3 g/㎡/年）の使用環境で、めっき付着量の90%が腐食された時点をめ
っき層寿命として、次の計算式から算出しています。

$$(\text{めっき層寿命}) = (\text{めっき付着量 } g/㎡) \times 0.9 \div (\text{めっき層腐食速度 } g/㎡/年)$$

注：2) 初期塗装仕様は

例1. 下地調整：C種（ディスクサンダー）

下 塗 り：鉛系さび止め塗料1回

中 塗 り：合成樹脂調合ペイント1回

上 塗 り： 〃 1回

例2. 下地調整：C種（ディスクサンダー）

下 塗 り：—

中 塗 り：— エポキシ樹脂塗り3回

上 塗 り：— (プライマー含む)

塗り替えは夫々同一塗装仕様とし、塗り替え面積を塗装面積の半分、下地調整をケレン3種C
に変更および足場費を含むとして費用を算出しています。

注：3) 防食能力残存評価額は次の計算式から求めています。

$$\text{溶融亜鉛めっきの場合：めっき費用(円/㎡)} \times \frac{\text{耐用寿命(年)} - \text{使用期間(年)}}{\text{耐用寿命(年)}}$$

塗装の場合：類似計算式で求められますが、上記の例では共に0です。

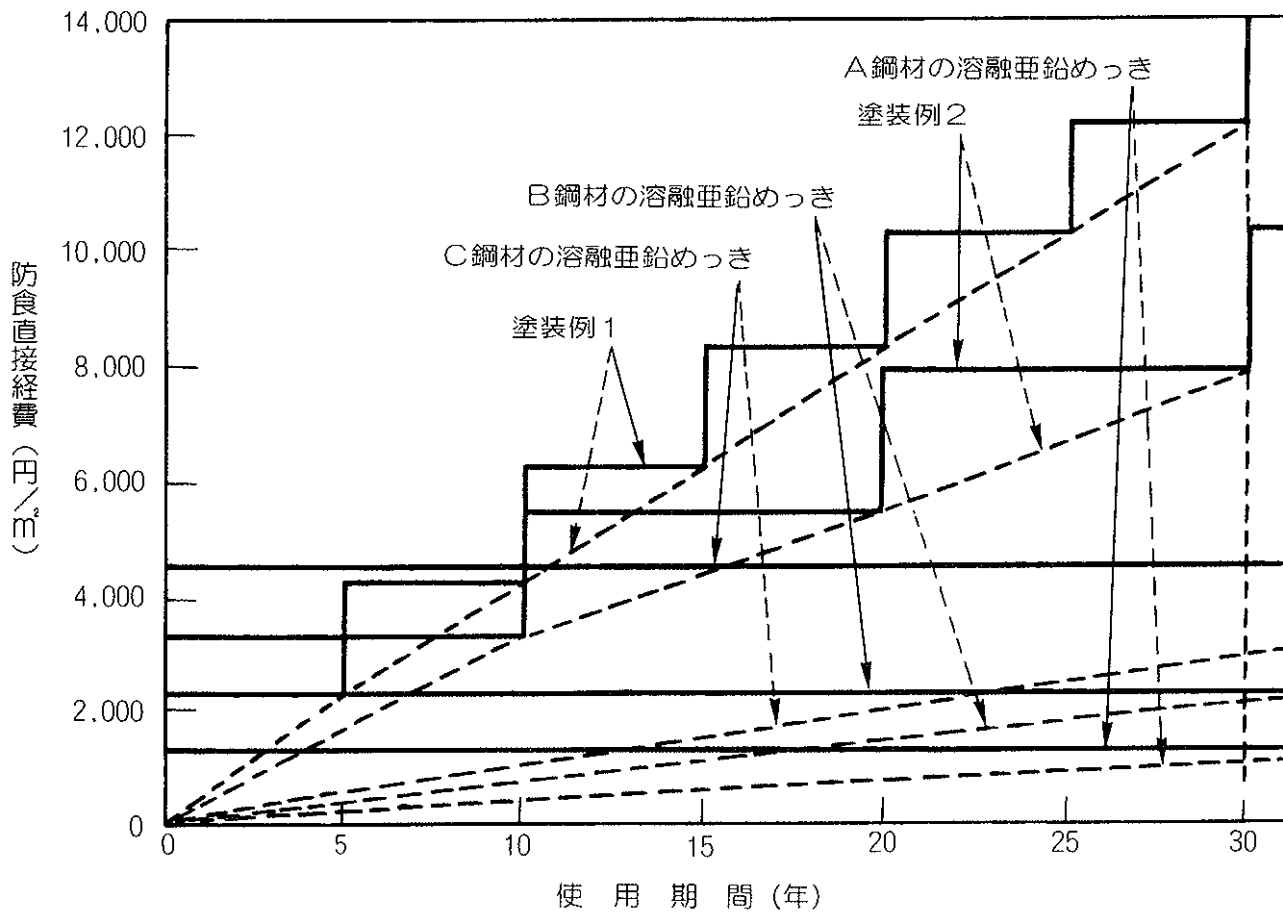


図6 溶融亜鉛めっきと塗装との直接経費の比較（一般鉄鋼製品）
（点線は防食能力残存評価額を考慮した実質経費です）

工事施工上の利点

さらに、溶融亜鉛めっきには工事施工の面で大きな利点があります。すなわち、溶融亜鉛めっき製品は風雨などに関係なくめっき加工され、天候不順の時にも工事計画に狂いを生じません。

優れた経済性

このように、溶融亜鉛めっきは直接的にも間接的にも経済性に優れた防錆法であることが御理解いただけたと思います。

（亜鉛めっき鋼構造物研究会）
パンフレットNo.27より。）

溶融亜鉛めっきにおける歪の防止

溶融亜鉛めっきすることによって鉄鋼製品に歪が発生することがあります。その歪量が実用上無視できるか、許容限度内か、歪矯正を必要とするか等は製品により異なります。歪の発生仕方、大きさに関する要因は、製品の肉厚、形状、構造、寸法、溶接方法、めっき条件等数多くのものであります。従って、事前にしかも定量的に歪量を予測することは困難であります。

しかし、一般的な歪発生の傾向として次のようなことがいえます。

- (1) 同一形状の場合、鋼材の肉厚の薄いもの、長さの長いもの程歪は大きくなります。
- (2) 同一肉厚、長さの場合、H形鋼より溝形鋼、山形鋼、平鋼板の順に歪は大きくなります。
- (3) 管状物の場合、径が大きくなると管長に対する歪は小さくなりますが、真円度が悪くなります。

歪発生の原因と防止対策

溶融亜鉛めっき鉄鋼製品の歪は、めっき時通常430～460℃の亜鉛浴へ浸漬し、引続いて水冷される過程で受ける急激な熱変化のために生ずるものですが、その原因は、製品の製作過程における素材の残留応力に影響されることが多いのです。歪発生原因と防止対策例を表5に示しました。

表5. 歪発生原因と防止対策例

歪発生原因	防止対策
めっき浸漬、引上げおよび冷却時の部分的な温度差	めっき方法および条件の改善
被めっき製品の自重によるたわみ	めっきセット方法の改善・補強材の利用
冷間加工による鋼材の残留応力	補強材の利用・焼鈍
溶接による引張りおよび圧縮応力	溶接方法の改善・焼鈍
肉厚の著しく異なる部材の組み立て品	部材別にめっき
空気抜きの困難な構造	孔あけ・構造の変更

溶融亜鉛めっきに適さない素材

表6の項目にあてはまる素材および構造物の場合は、完全な溶融亜鉛めっきを施すことは困難であります。従ってこのような場合は、事前にその処置方法についてご相談させて頂く必要があります。

表6. めっきに適さない素材

分類	現象
表面状態	<ol style="list-style-type: none">1. 材料きず、はなはだしい腐食があるもの。2. 素材表面にさび、汚れ、付着物(油、塗料)などがあり、前処理工程で脱脂、酸化物の除去処理を行っても除去できないもの。3. 極端な赤さび、異常酸化層などによって地肌が平滑でないもの。4. 鋳物の砂かみ、巣、溶接部のブローホールなどのあるもの。
構造	<ol style="list-style-type: none">1. 作業中破損又は変形のおそれのある構造のもの。2. 空気を密閉した中空体の構造のもの。3. 亜鉛が容易に流入、流出できない構造のもの。4. 亜鉛浴中に浸漬しても空気の一部が逃げない構造のもの。
材料	<ol style="list-style-type: none">1. 素材の厚みに極端な差のある組み合わせ。2. 異種金属の組み合わせ(アルミ、銅、真鍮、ステンレス、ろう付等)。3. 軟鋼(SS材)、高張力鋼、鋳鋼等の組み合わせは望ましくない。

JIS H 9124 (溶融亜鉛めっき作業指針) による。

溶融亜鉛めっきに対する鋼材の化学成分の影響

鋼中に含まれる化学成分C、Si、P、Mn、Al等いずれもその含有量が増加するとFe-Zn合金反応を促進するとともに、「やけ」(グレイコーティング)や亜鉛の異常付着を生じることがあります。「やけ」とはFe-Zn合金層が異常に発達し、めっき層表面にまで達していることをいいます。このような現象に最も大きな影響を及ぼすのはSi量であります。「やけ」および亜鉛付着量に及ぼすSi量の影響を図7および図8に示しました。

(a) けい素(Si)の影響

(1) 鋼中のSi量の増加と共に、めっきやけおよび亜鉛付着量は増大し、0.07% Si付近で極大となります。

(2) 更に増加し、0.16~0.23% Si範囲では、Fe-Znの相互拡散は抑制され、めっきやけの程度および亜鉛付着量は減少します。

(3) 0.24% Si量以上になると再びめっきやけの程度および亜鉛付着量は増大する傾向にあります。

(4) Si量の高い鋼材のめっきやけ防止対策としてはめっき温度を低く抑えると共に、めっき引上げ速度を速くし、空冷時間を短縮することが最良のめっき方法です。

しかし、需要家よりご要望の品質を満足し得るめっき温度は、一般に440℃から460℃までの範囲であります。この温度範囲のめっき温度でめっきやけを生じない鋼中のSi量はおよそ0.02%以下であります。

評点 0 : 良好 2~3 : 灰白色やけ
0~1 : 白やけ気味 3~4 : 灰色やけ
1~2 : 白やけ 4~5 : 黒灰色やけ

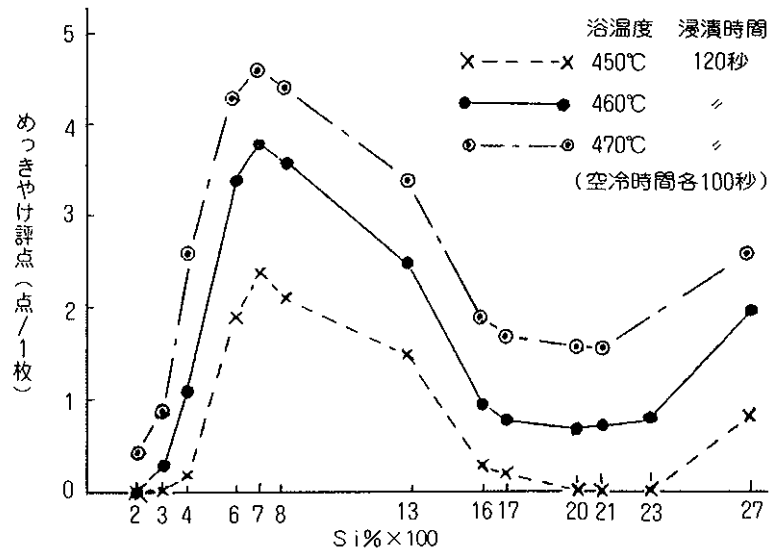


図7. めっきやけ評点とSi量の関係

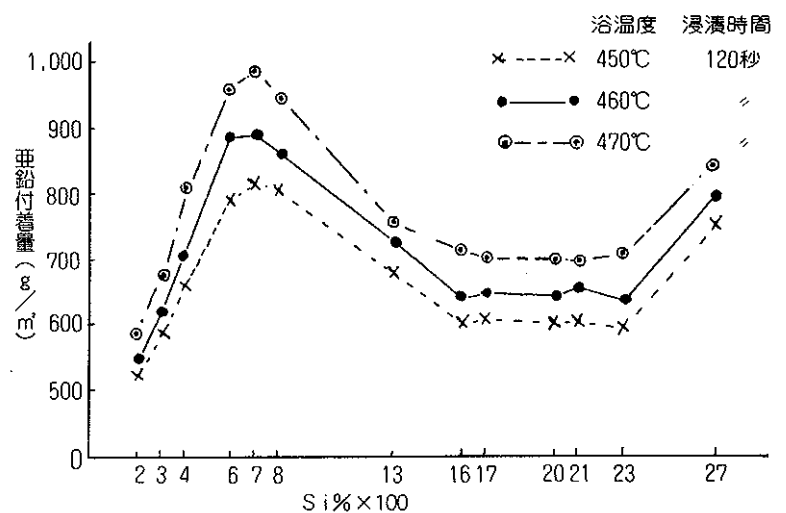


図8. 亜鉛付着量とSi量の関係

(b) リン (P) の影響

亜鉛めっき膜厚とP量との関係を図9に、 $Si + 2.5 \times P$ 量との関係を図10に示します。

(1) リンは、含有量が増加すると合金反応が活発になる傾向を示します。激しい場合はめっき層に剥離を生じることがあります。

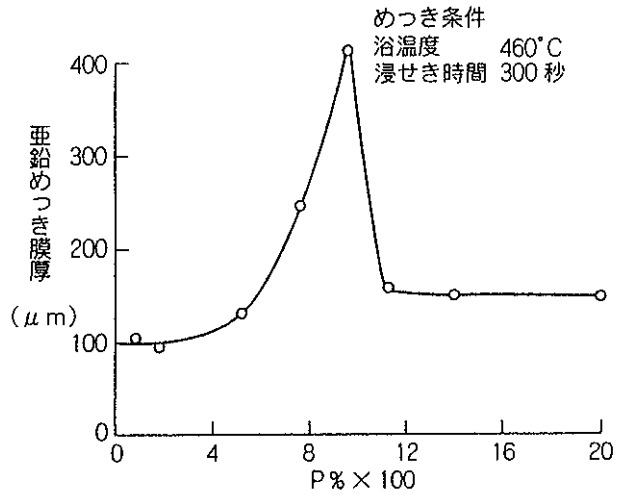


図9. 亜鉛めっき膜厚とP量との関係

(2) Si含有量が0.025%程度でP含有量が0.02~0.03%の領域に達すると、デルタ層の部分的崩壊が現れ、ツェータ層とイータ層の混晶の生成に代わり、合金層が活発化します。

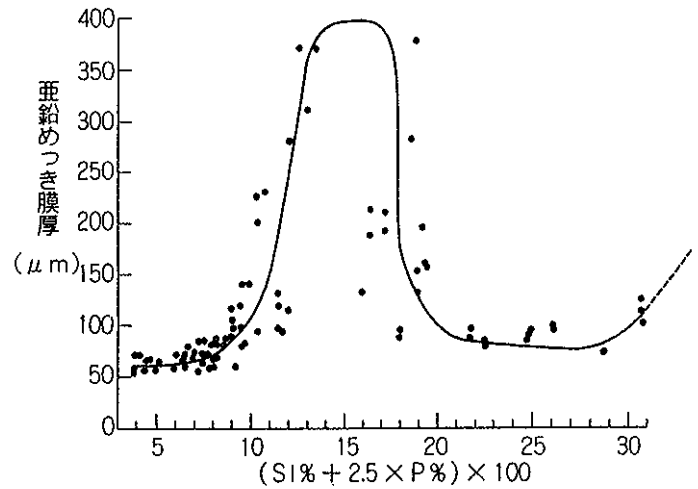


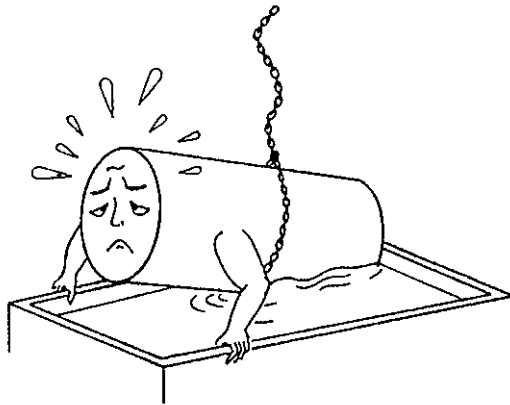
図10. 亜鉛めっき膜厚と $Si + 2.5 \times P$ 量との関係

(3) PはSiとの複合作用が大きく、460°Cでめっき層の形成を保證する基準としては $Si \% < 0.04\%$
 $Si \% + 2.5 \times P \% < 0.09\%$ と考えられています。

鉄鋼製品の形状と溶融亜鉛めっきの品質との関係

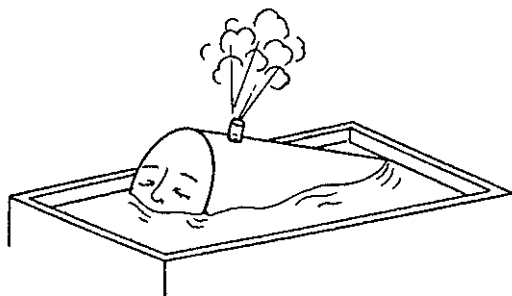
めっきされる鉄鋼製品は形状によって、めっき外観、加工コスト等に大きく影響することがあります。密閉構造の製品では、作業の安全上の問題で溶融亜鉛めっきができないという問題もあります。よく似た形状の鉄鋼製品でも溶融亜鉛が流れやすいかどうかによって、めっき外観に著しい差が生じます。

ここでは良い品質の溶融亜鉛めっきを施すために、代表的な形状を例にあげて次頁以下で説明します。設計および製作の段階において御参考にしていただければ幸いです。



密閉構造では浸漬できません。

溶融亜鉛の比重は約 6.6であるため、密閉構造のものや内部に空気のたまる部分があると浮力が働いて亜鉛浴に浸漬することが困難となります。

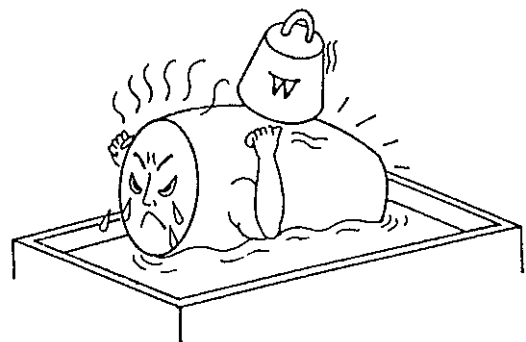


浸漬には開口部が必要です。

適切な位置に、空気がでるため、亜鉛が流入するため、そして亜鉛が流出するための、孔や開口部がいます。

爆発する恐れがあります。

密閉構造のものや、密閉部分のあるものを無理に亜鉛浴中に浸漬すると、万一溶接不良などで内面にめっきの前処理液など水分が浸入していた場合には爆発をおこす危険性があります。



密閉構造単材の場合

(注)図中のマークは◎良、△多少問題あり、×不可を表わします。

パイプ径と孔の径の標準

パイプ径	15A	20A	25A	32A	40A	50A	65A	80A	90A	100A
標準孔径	12mm	14mm	16mm	18mm	20mm	25mm	35mm	50mm	75mm	90mm

図1のような密閉構造の状態では浮力のために亜鉛浴中への浸漬ができません。図2のように空気孔も両端部にあけてください。この孔は亜鉛の流入、流出口をかねることになります。

丸パイプ

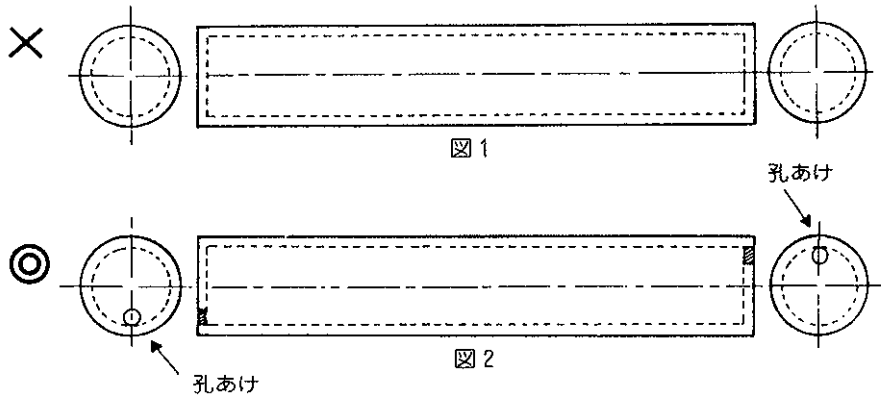
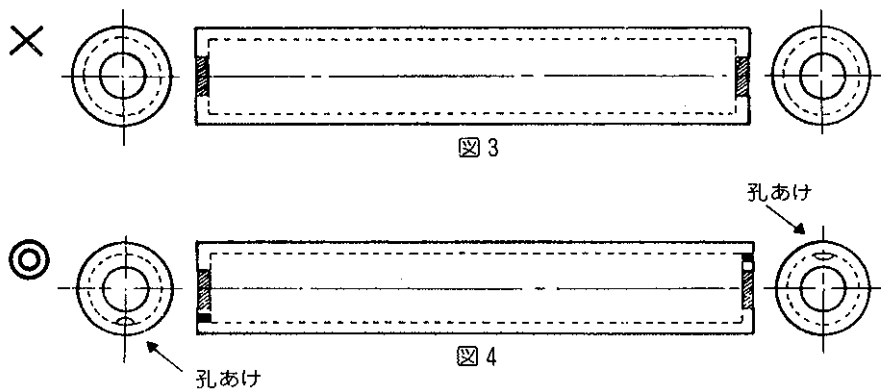


図3、図5のように、中心部に開口部分がある場合は、浸漬や亜鉛の流入、流出はできますが、どうしても空気だまりや、亜鉛だまりが発生しますので図4、図6のような位置に孔をあけてください。

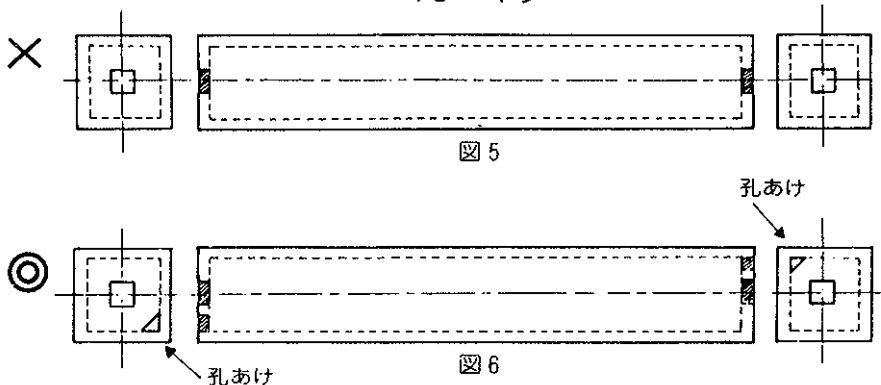
丸パイプ



孔は各図にあるように対角線上の位置にあけてください。

孔あけ径は管の径が基準となります。上の表を参考にしてください。

角パイプ



密閉構造フランジ付の場合

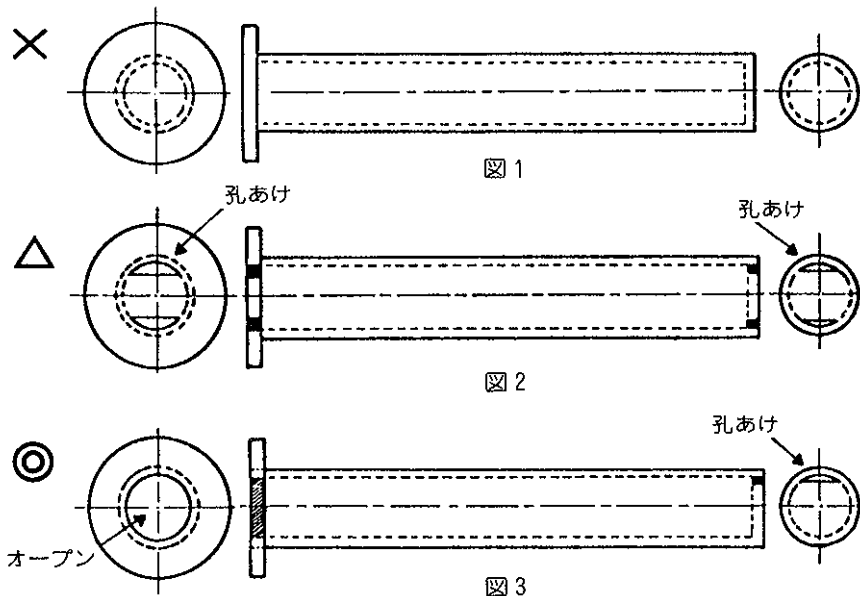
フランジ付の場合でも、前項と同様です。図1、図4のように密閉のままでは、めっきが困難です。

図2、図5のような位置に品物の内径にみあうような、孔またはスカラップが必要です。

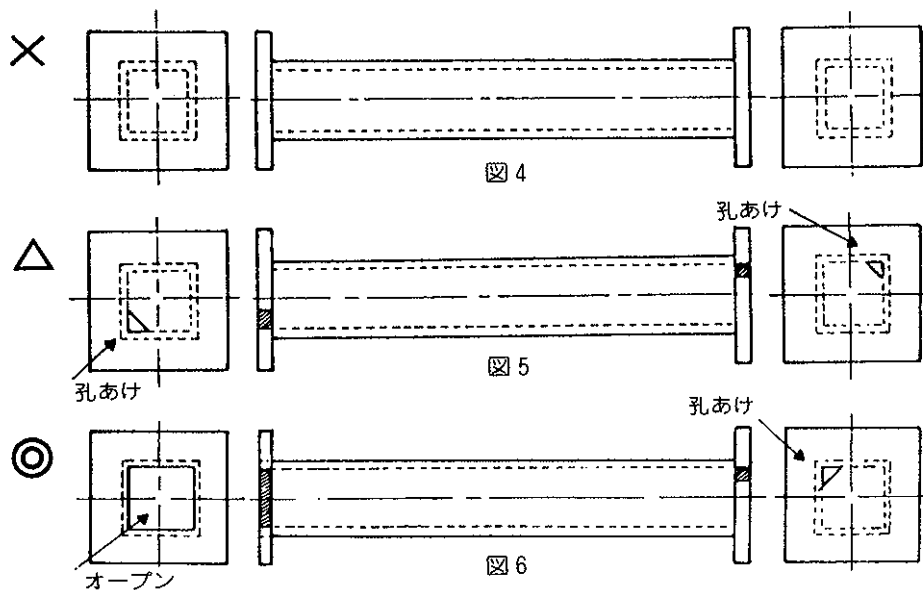
それでも空気だまりができたり、残留亜鉛の流出が不十分になったりしますので、図3、図6のように全面をオープンにするのが最もよい方法です。

これらの図はメクラフランジの場合を示していますが、中心に開口部がある場合も同様です。フランジがカエリになって空気が亜鉛の流通を阻害しますので、図2、図5と同じように加工してください。

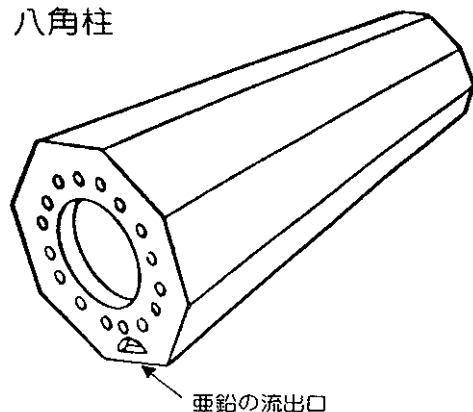
丸パイプ



角パイプ



八角柱



大部分の亜鉛は、開口部から流出しますが、残留亜鉛は、図のような位置に孔あけをした方が、きれいに流出します。

密閉構造加工品の場合

パイプ手すりのような加工品の場合は孔あけも複雑になります。

図1、図3、図5のような孔のないものは、亜鉛浴に浸漬できません。

図2、図4、図6のような位置に空気と亜鉛の共通の流通口をあけてください。

横棧部の両端

コーナー部の内側

立棧部の上下の対角線上の端

などが孔あけの必要な場所となります。特に脚部底面や、下部両端に孔をあけるか、オープンにするかを忘れないようにしてください。

パイプ手摺

×

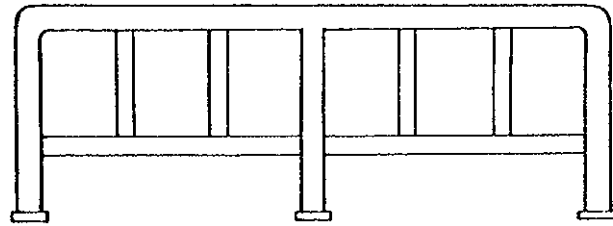


図1

◎

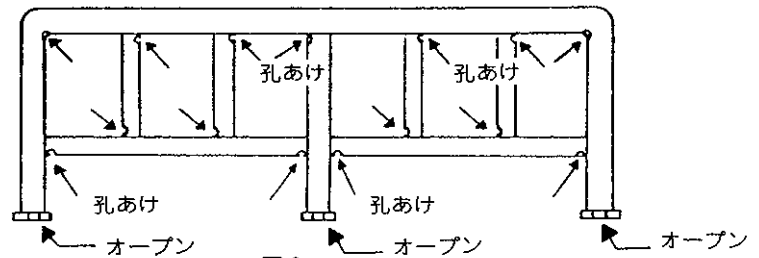


図2

×

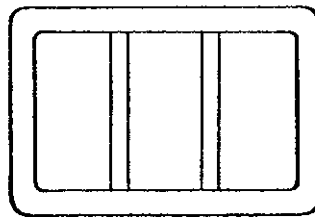


図3

◎

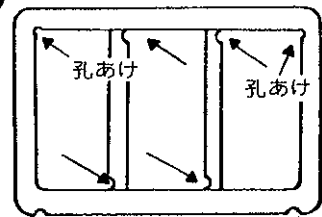


図4

×

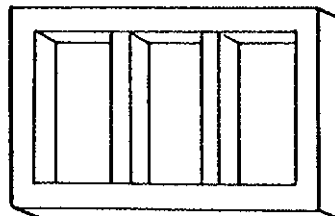


図5

◎

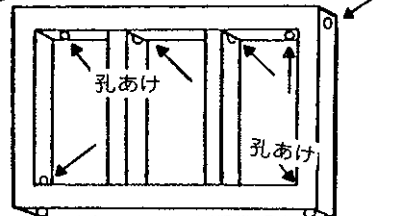


図6

×

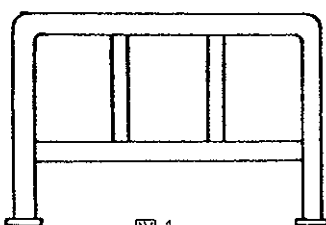


図1

パイプ手摺

◎

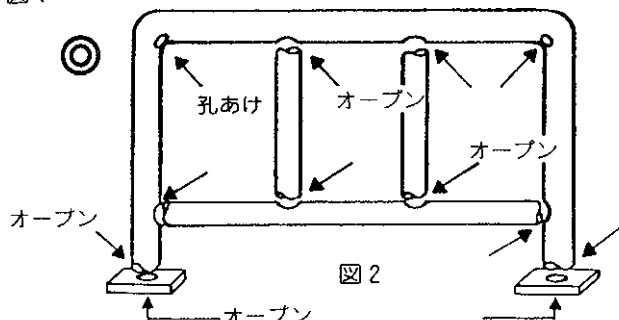


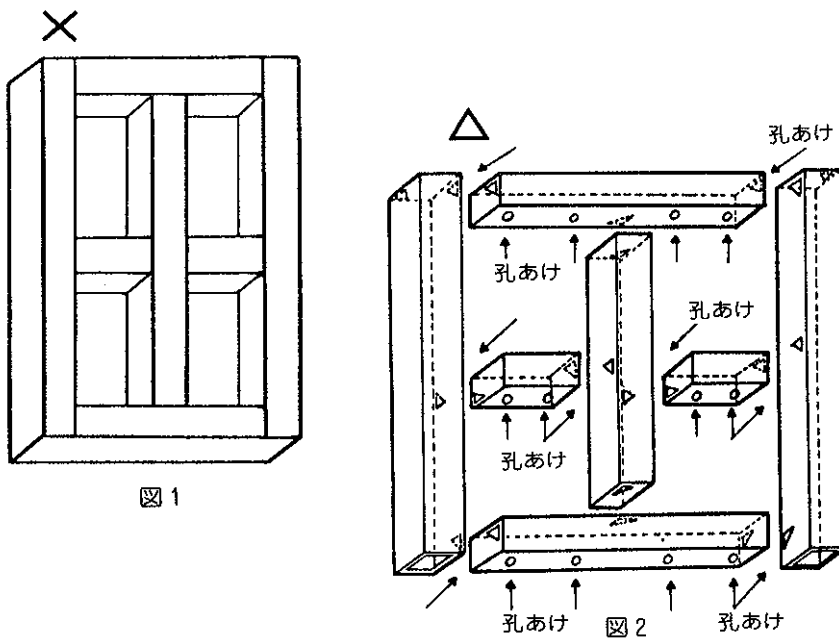
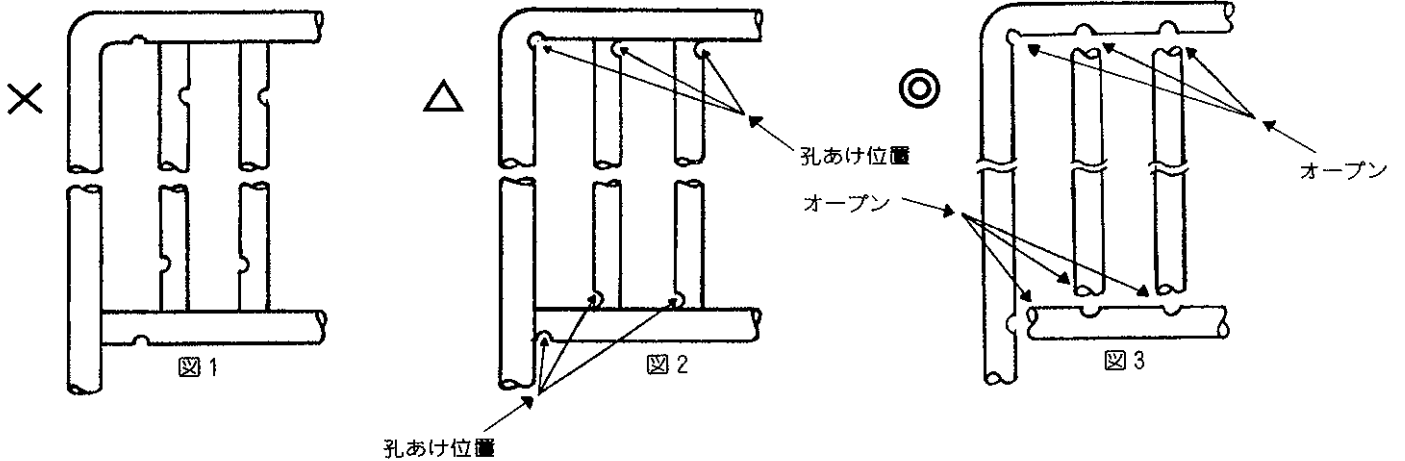
図2

外観上、外部から孔をあけると都合のわるい場合などには、左図のように各接合部をオープンにしてください。

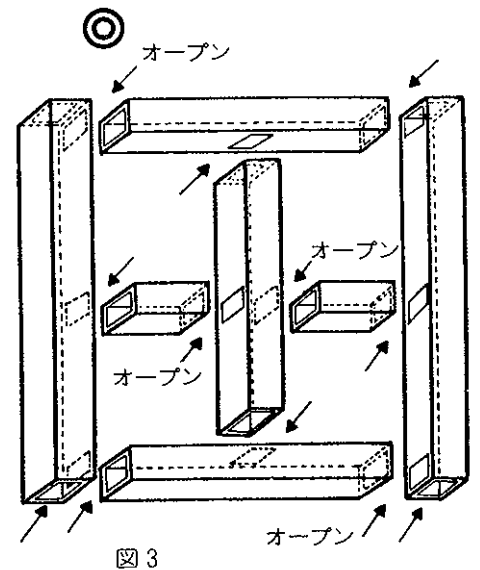
ただしこの内部孔は組立後は確認できませんので、加工時に十分チェックする必要があります。

正しい孔あけ位置

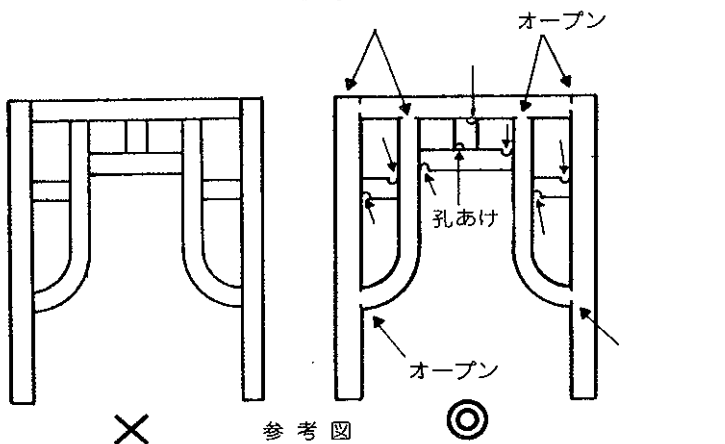
図1のような位置に孔をあけてしまうと、垂鉛だまりが発生します。図2のように各端末部やコーナー部に正しくあけるか、図3のようにオープンにしてください。



左図は角パイプ加工の例ですが、図2のような孔あけでもめっきは可能ですが孔の位置や大きさによっては空気だまりが生じたり、垂鉛の流出が不完全になる恐れがあります。図3のように各接合部をオープンにした方が望ましいことになります。いずれの場合でも、上下対角の位置に、空気や垂鉛の流通に十分な孔をあけてください。

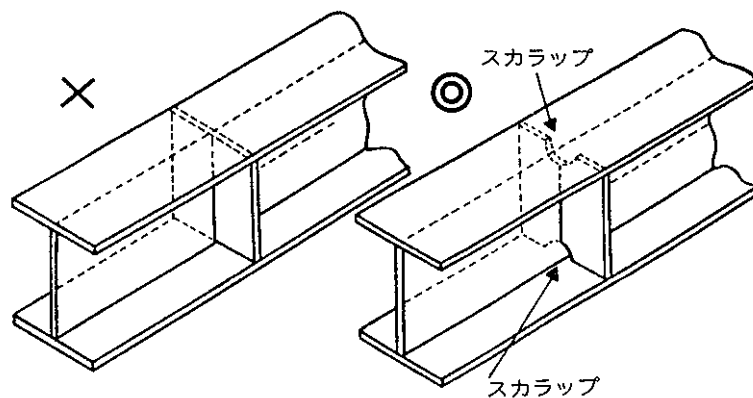


外部孔あけと内部孔あけ（オープン）の併用の場合

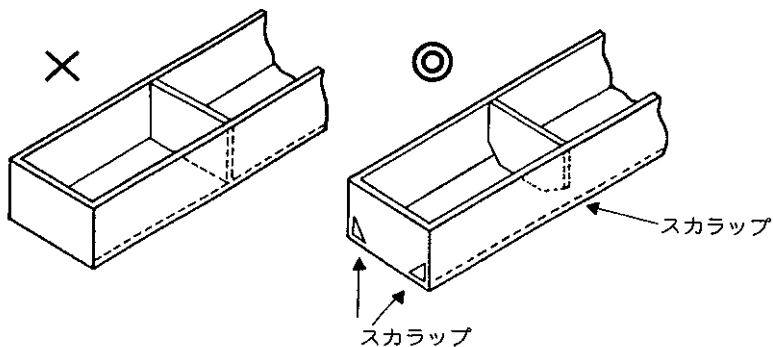


スカラップの取り方

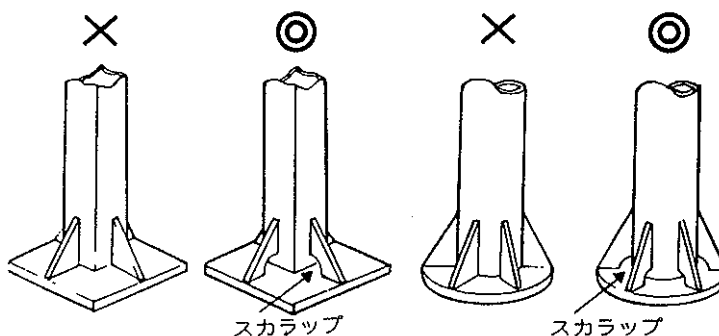
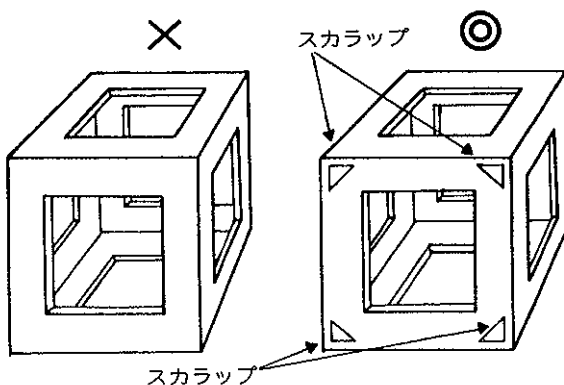
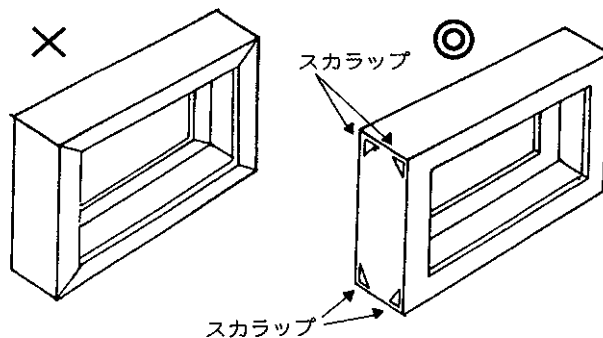
形鋼による加工品の場合などにはその組み合わせや、補強材の位置等の関係で部分的に袋状になったり箱状になったりする箇所が生じます。



そのままでは、空気だまりを生じて不めっきになったり、また垂鉛の出口がないため垂鉛だまりが生じたりします。



このようなことを防ぎ、良好なめっき外観を得るためには、右図にあるような位置にスカラップや、適当なすき間をとることが必要です。

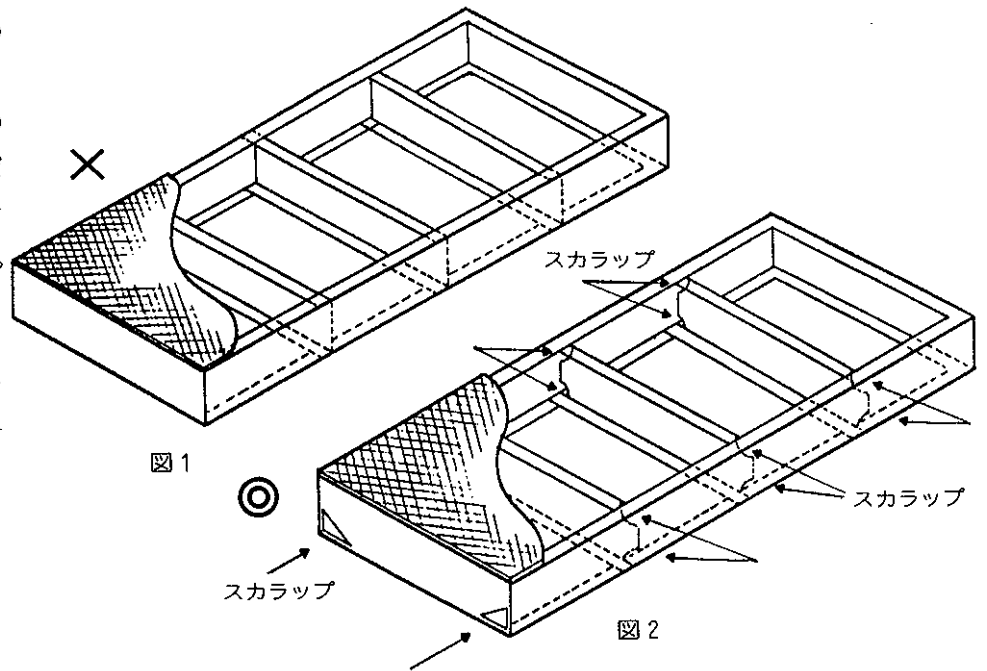


コーナー部のスカラップ

右図1は板枠構造の例を示したものです。

このような場合は、部分的に箱状の部屋を形づくっているため、空気だまりや、垂鉛だまりを生じて良好なめっきをすることは困難になります。

このままでは、めっき工程だけでなく、その前処理の各工程でも不都合を生じることになります。



これを防ぐためには図2のような位置に、スカラップをとって各部屋が共通になるような、構造にすることが必要です。

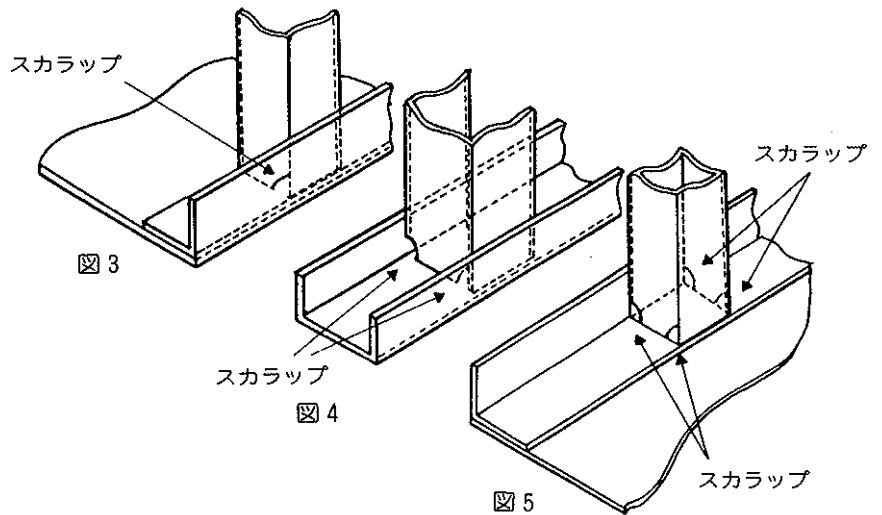
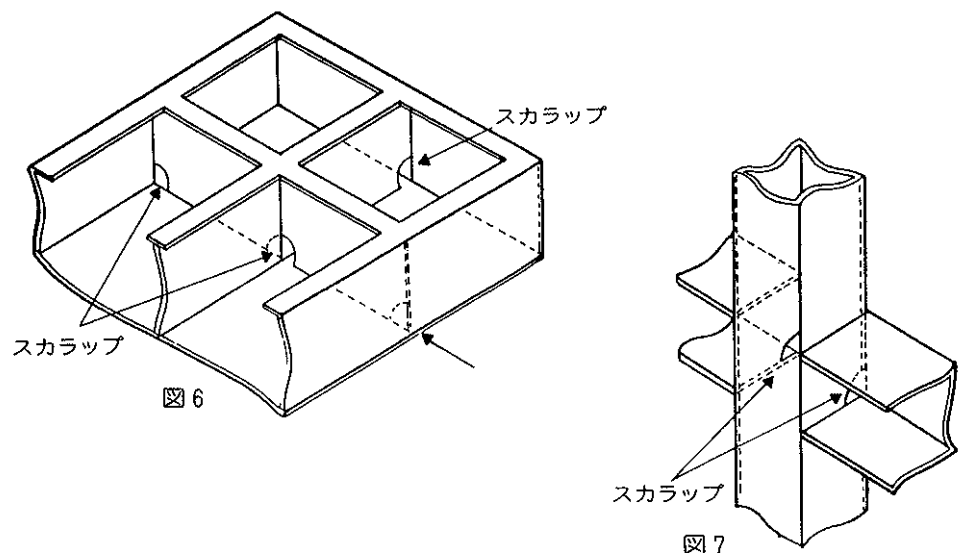
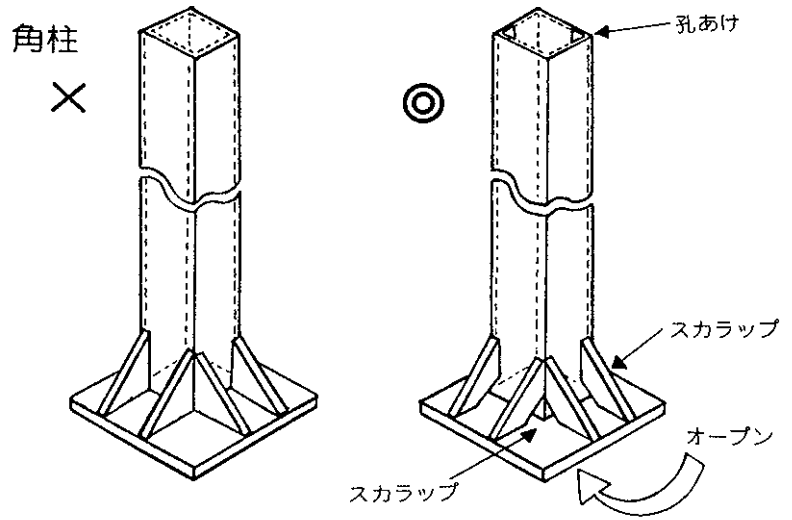


図3～図7は、それぞれ接合部や、袋状部についてのスカラップのとり方の例を表わしたものです。

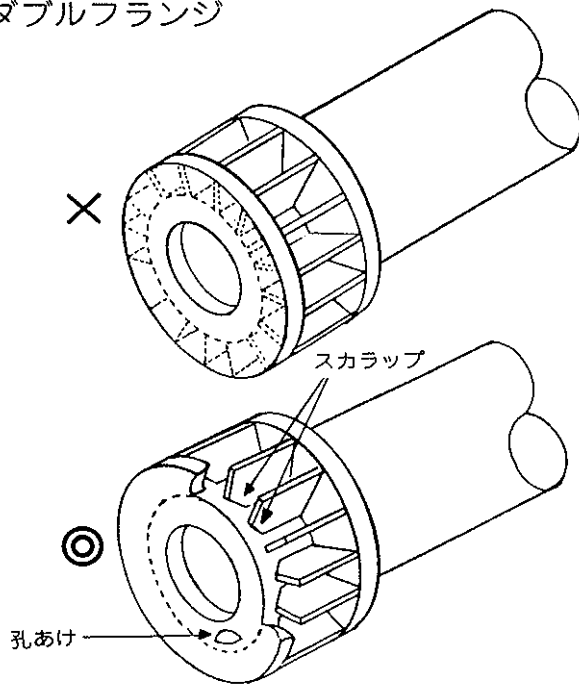


コーナー部以外のスカラップ

右図は角柱の例を表わしていますが、このような場合はスカラップをとるのはもとより、孔あけ、オープンなど総合的な配慮をすることが必要となります。

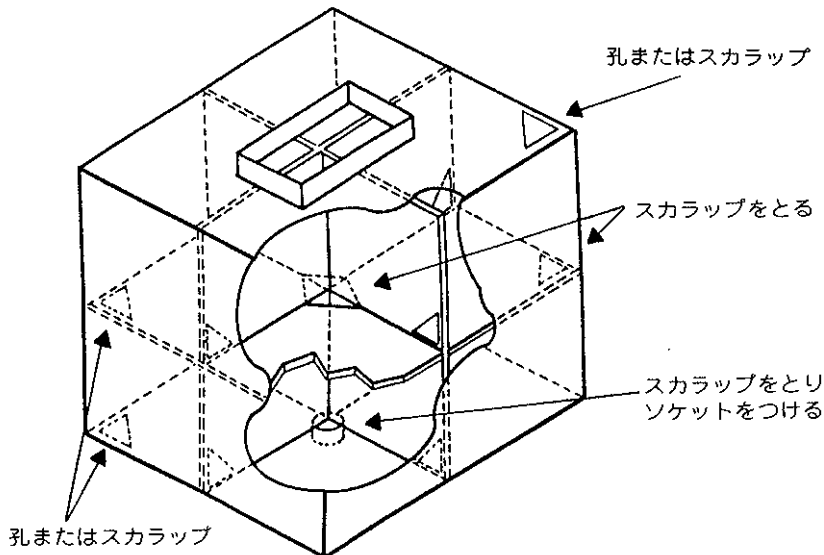


ダブルフランジ



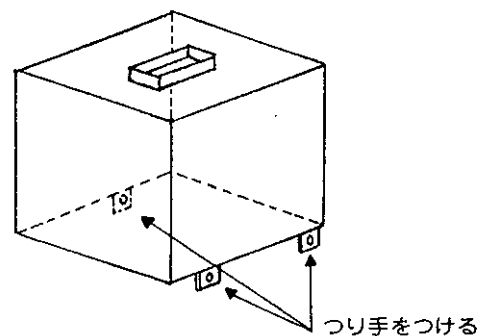
左図は一般的なダブルフランジ構造の例ですが、スカラップのほかに底部フランジが管内面に対して、カエリとなり垂鉛の流出を妨げ、垂鉛の残留が生じますので、図の位置に孔あけが必要となります。

内部が区切られている場合



このように補剛などのために、内部が区切られた構造の場合には各室を独立した状態にしたままでは、各接合面や交差部あるいはコーナー部に空気だまりや垂鉛だまりができて、めっきが困難となりますので、図のように孔あけや、スカラップをとることが必要です。

また場合によって、斜めにしたり反転したりしますので、つり手が必要となります。



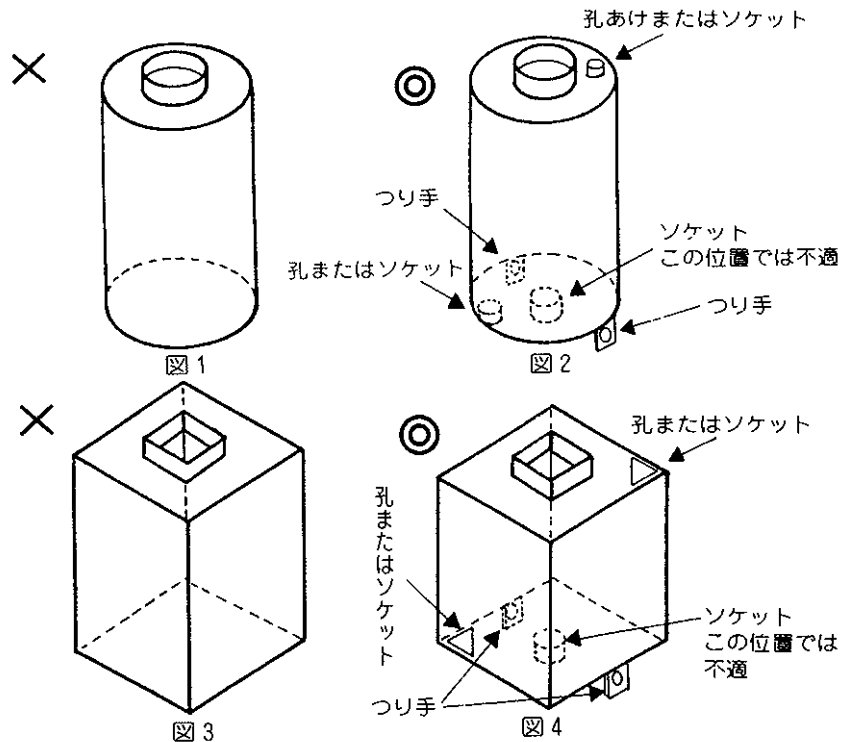
タンク構造の場合

丸タンクや角タンクの例を表わしていますが、図1、図3のように底部に全く開口部がない場合はめっきは困難となります。

またあっても、その位置が不適当なときには空気や垂鉛の流出が阻害されて、めっき不良や垂鉛の残留ができることになります。

図2、図4で表わしているように対角線方向のコーナー部に開口部をもうけるようにしてください。

また、斜めにしたり、反転したりしますのでつり手が必要です。

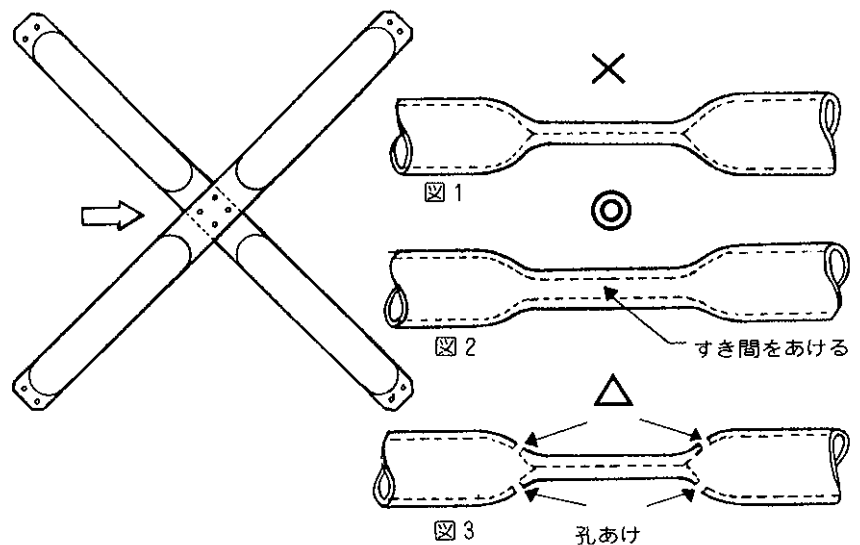


パイプ加工のブレースなどにみられるように、管材を圧着して接合部としている構造のものがありますが、このような場合右の図1のように内面が密着した状態のままでは、めっきが困難です。

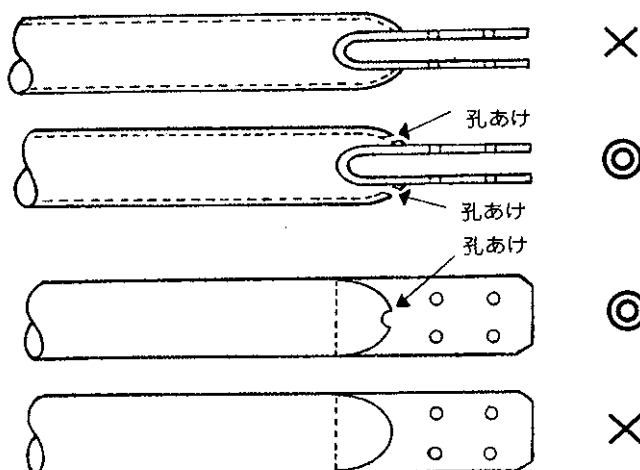
図2のようにすき間をあけるようにしてください。すき間は素材の管の径によりますが、10mm程度以上の間隔は必要です。

やむを得ない場合は、図3のように孔あけをしてください。

ブレースの例

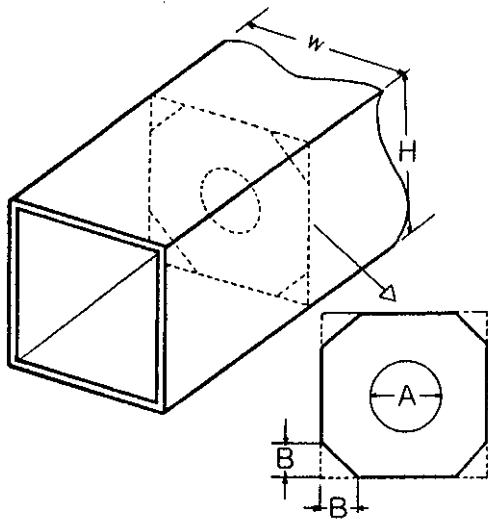


管末端の処理



左図は、同じブレースについての端末の部分を示します。丸印の位置に孔をあけることが必要です。

ボックス構造及びダイヤフラムがある場合



参考

中央孔やコーナー切欠き部の大きさは断面積により異なる。

表 1

ボックスサイズ (H+W)mm	中央孔と切欠き の大きさ %
610以上	25以上
400~610未満	30以上
200~400未満	40以上

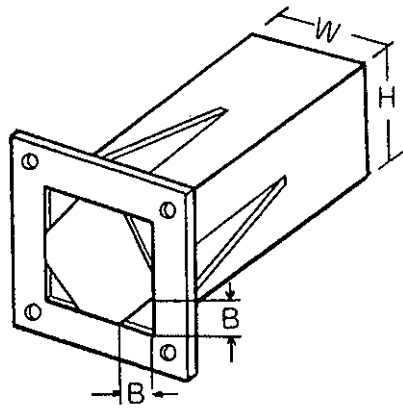
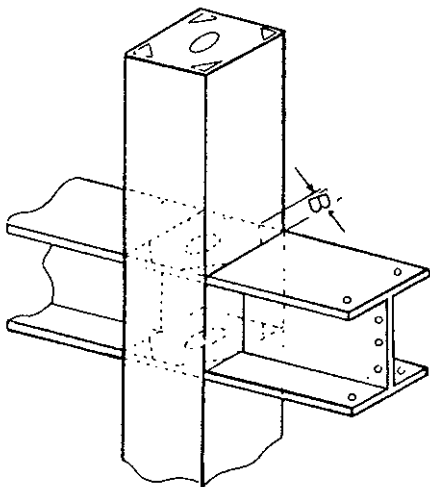


表 2

ボックスサイズ (W+H)mm	中央孔直径 A mm	コーナー部切欠き B mm
1200	200	150
900	150	130
800	150	100
700	150	75
600	130	75
500	100	75
400	100	50
300	75	50



内面にカエリがある場合

図1のような角タンクの場合には開口部内側に、カエリ部分があるため空気や亜鉛の流出が不完全となります。

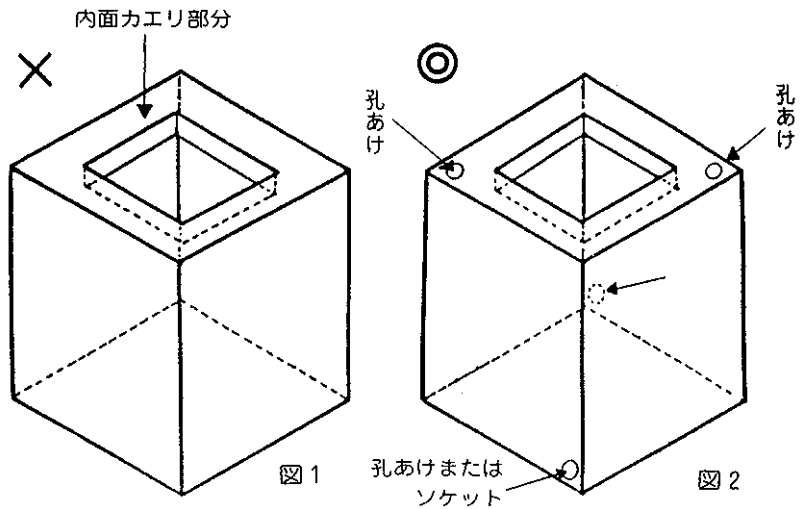


図2のような位置に孔あけが必要となります。

図3のように内部にカエリがあると亜鉛が抜けないばかりでなく、浮力のため亜鉛浴に浸漬できません。

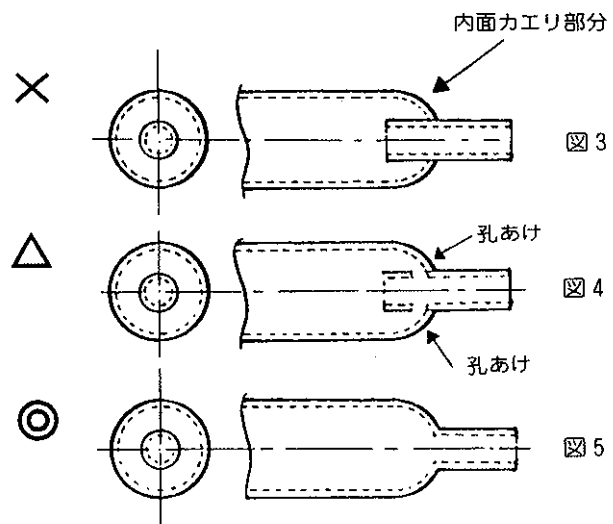
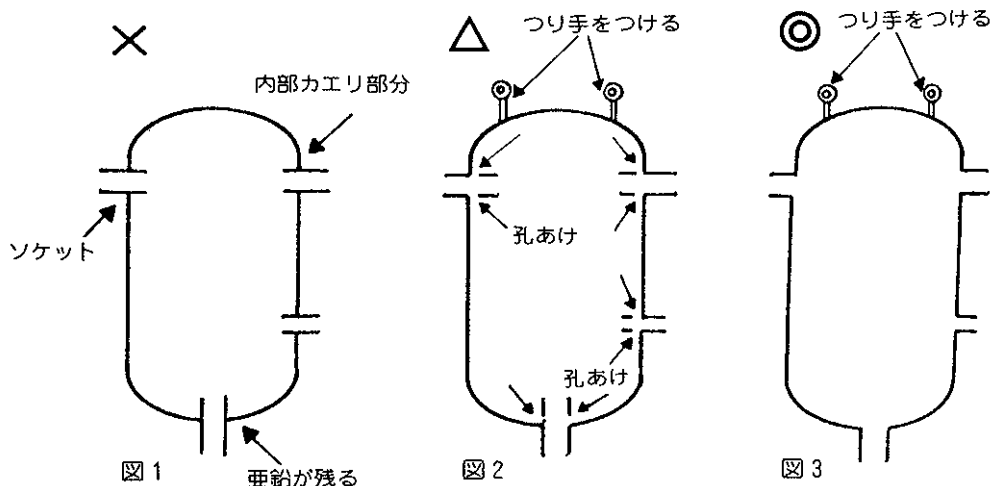


図4のように孔をあけるか、できるだけ図5のように、カエリ部分をなくすような構造にしてください。

図1のように、丸タンク等にソケットを取付けた場合に、内部にカエリ部分があると、空気や亜鉛が残るため、めっき不良や、亜鉛だまりが生じます。

図2のような孔をあけるか、図3のようなカエリのない構造にしてください。



はり合わせの場合

重ね合わされる鋼板や形鋼は、重ね合わせ部の油類及び水分を完全に除去するとともに全長又は、全周をピンホールなどのないように完全に溶接しておく必要があります。

(図1)

油類及び水分は、めっき温度でガス化して体積の急膨脹を起し、変形を生じたり素材の破損及び重大事故の原因となります。また、材厚が異なる場合、温度分布不均一から材厚の小さい方に変形を起したり、周辺の溶接に亀裂を生じることがあります。従って、重ね合わせ部の面積はおおむね20×20cmまでとして下さい。

重ね合わせ部の面積が20×20cmを超える場合には、変形・危険防止のために前もってガス抜き用の穴をあけるか、溶接を一部行わないなどの処置が必要です。

(図2、図3)

しかしこの場合、めっき中に亜鉛がその隙間に回り切れないためめっき及び酸の染み出しが発生し、腐食の原因となることがあります。これら染み出しなどを防止するためには、それぞれをめっきした後にボルト接合を行うか、溶接後にめっきする必要がある場合には20×20cmを超えるごとに1個所の栓溶接を行うことも一つの方法です。(図4)

あまり肉厚の異なる材料をはり合わせて加工すると、めっき時の熱によって、ひずみや、まがりが発生することがよくみられます。

材厚比が3対1を超える部材の組合せは避けてください。

やむを得ないときは、溶接方法についてよく考慮してください。

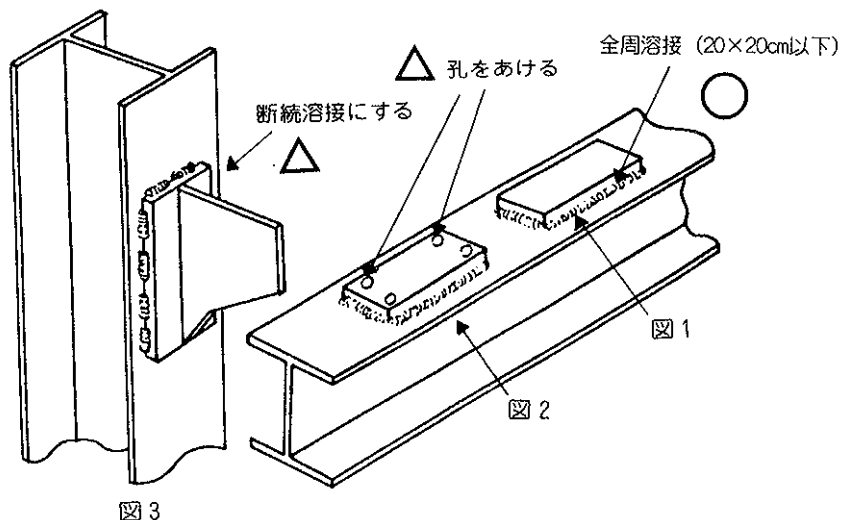


図3

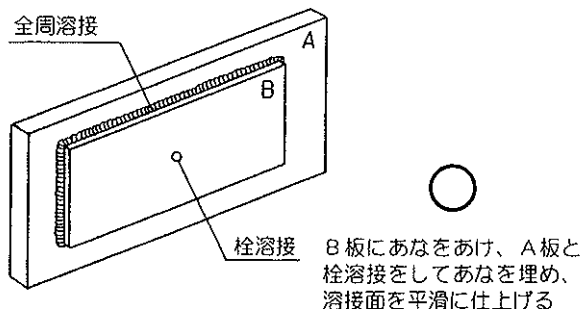
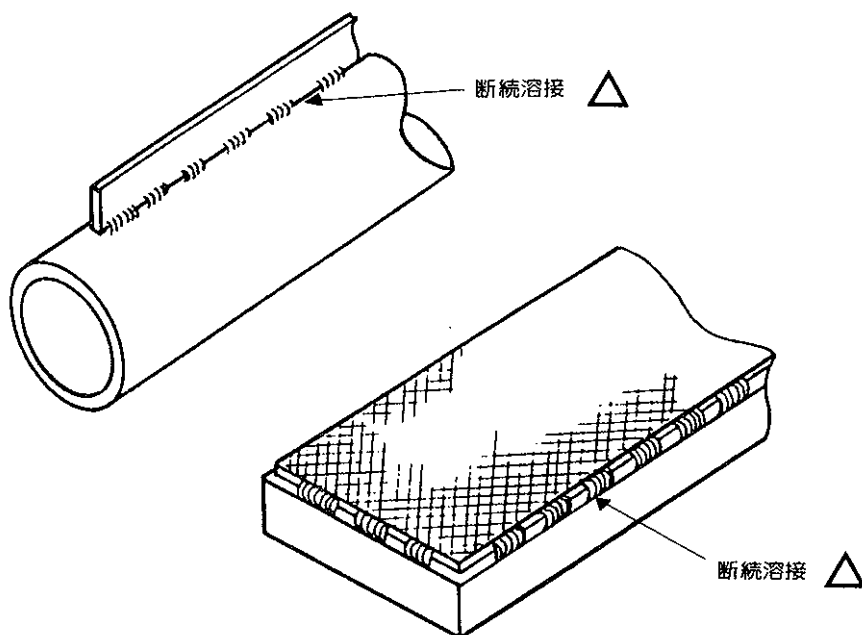
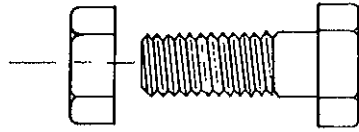


図4



ボルト・ナットのクリアランス



鉄塔用ボルト、ナット

現在M8以上、付着量HDZ35の場合は、ナットを下の表のようにオーバータップした後、めっきします。

ボルト	標準寸法
ナット	0.8mmオーバータップ（めっき前）

ただし、付着量HDZ55の場合は、めっき後ナットを0.4mmタップングします。

参考（日本電機工業会）

表の寸法によってオーバータップした後、めっきします。

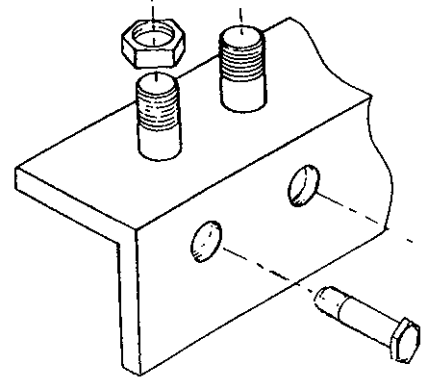
	A	B
ボルト	標準寸法	0.3mm・縮少
ナット	0.6mmオーバータップ	0.3mmオーバータップ

（注）めっき用ボルト、ナットのクリアランスは、用途によって多少異なります。

日本橋梁建設協会の標準クリアランス

溶融亜鉛めっき鋼板桁橋梁設計示方書（案）では、締付特性、ナット引張強さ、ねじ精度の管理面より、めっき後、ナットを0.4mmタップングするよう規定しています。

ボルト	標準寸法
ナット	0.4mmタップング（めっき後）



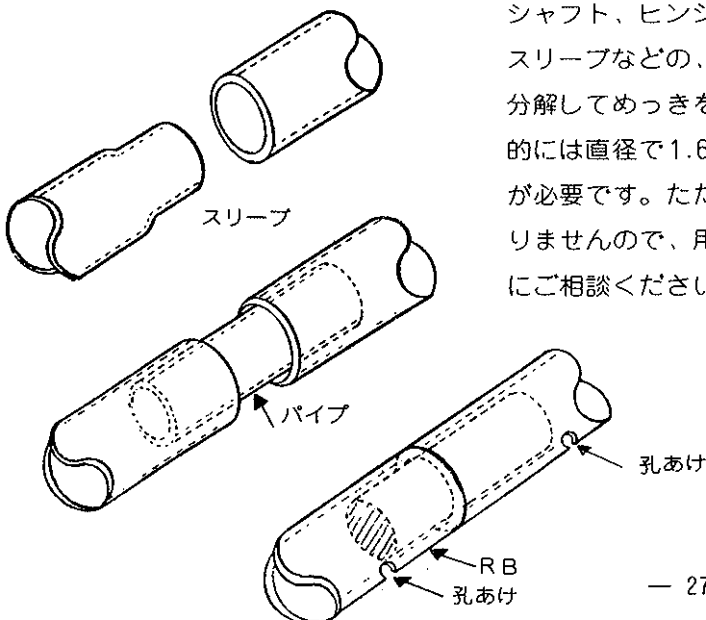
ボルト孔径のクリアランス

通常、黒素材のボルト穴のクリアランスは建設省告示によって、M20以下の場合、+1.0mm、M20以上で+1.5mmのクリアランスが定められています。しかし、溶融亜鉛めっきの場合これでは不十分であるため、標準寸法より0.4~0.6mm拡大する必要があります。

$d \leq 20$	$r \leq d + 1.4 \sim 1.6$ (mm)
$d > 20$	$r \leq d + 1.9 \sim 2.1$ (mm)

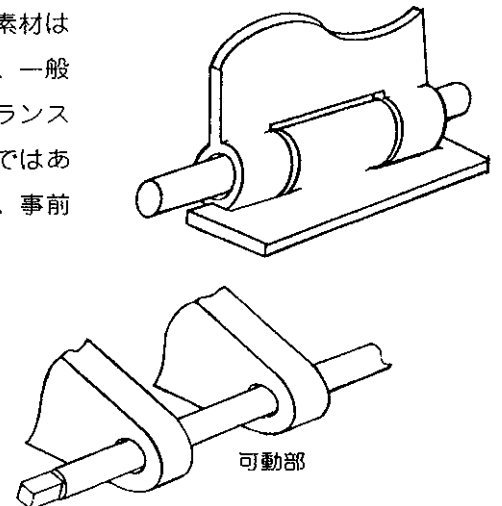
d：ボルト径 (mm) r：ボルト孔径 (mm)

適正なジョイント部



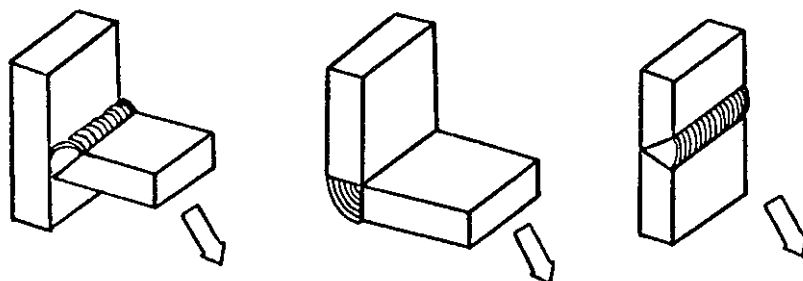
可動部、かん合部のクリアランス ヒンジ部

シャフト、ヒンジ等の可動部のあるもの、スリーブなどの、かん合部のある素材は分解してめっきをすることになり、一般的には直径で1.6mm以上のクリアランスが必要です。ただし、一定のものではありませんので、用途、精度により、事前にご相談ください。

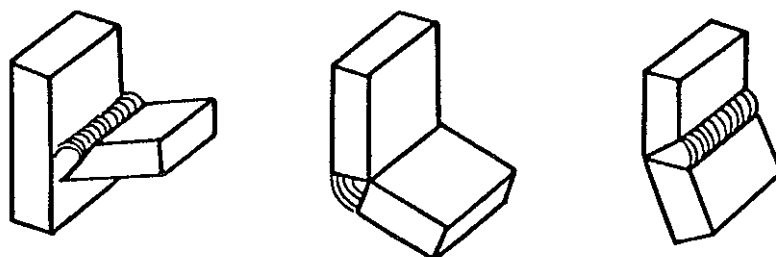


溶接法と歪の発生例

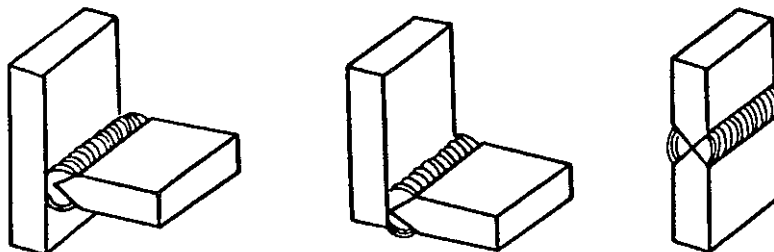
ひずみの発生しやすい溶接(めっき前)



ひずみの発生方向(めっき後)



ひずみの発生しにくい溶接(めっき前)



溶接スラグの除去

溶接スラグは、めっきに支障をきたします。裸溶接棒を使用するか、被覆溶接棒をつかった場合のスラグはめっき工場に搬入される前に、除去しておいてください。

