

タイトフレームを溶接する

(株)日本金属屋根協会 技術委員会

1. はじめに

折板構法で使用するタイトフレームは、建物躯体と屋根材である折板をつなぐ重要な部材です。このタイトフレームの不具合による様々な問題が過去に生じております。例えば形状の悪い製品を使用すると、傾いて取付けられなかったり、通り芯が出しにくくなります。また、板厚の薄いものや独立タイプのタイトフレームなどは、工事中の衝撃で傾きや変形を起こしやすく、後工程や全体品質に悪影響を与えることになります。

当然のことながらタイトフレーム自体の強度が不足した製品の使用や無理な設計（梁間の飛ばしすぎ）は、風や雪等の外的要因によってタイトフレームの変形だけでなく屋根材のゆがみやねじれ等につながります。これらは、最終的には屋根の飛散や座屈を引き起こすことがあります。

このため、折板JIS規格（JIS A6514：金属製折板屋根構成材）では、タイトフレームの強度についての基準を設けています。JIS規格による許容荷重は、引張荷重が試験による最大荷重（破壊荷重）の1/3、圧縮荷重が同じく1/2.5と定められています。このため、それ以下の設計強度で使用することがまず、基本となります。

タイトフレーム自体の強度と併せてタイトフレームの取付強度も重要です。タイトフレームの取付は、ほとんどの場合、溶接で行われますが、取付溶接部の強度不足（溶接不良、溶接の欠陥等）により、屋根材の飛散等の被害が発生することが多々あります。

そこで今回は、タイトフレームの許容強度については折板JISを参考にして頂くこととして、今回はタイトフレームの溶接について説明します。

2. 下地の確認

タイトフレームを溶接する受梁の仕上がり状態の良否は、折板屋根の性能確保に非常に大きな役割を占めています。そこで施工（溶接）に先立ち、下地受梁の実地確

認を行い、不具合を処置しておくことが大切です。

(1) 受梁サイズ

- ①幅：タイトフレームの幅にタイトフレームの厚さの2倍を加えた幅以上
- ②厚さ：タイトフレームの厚さ以上（厚さが2.3mmの下地材が多いので注意のこと）

(2) 障害物、受梁の中断

梁の接合（ボルト接合）部にC-100×50をそのまま通して使用するとレベル調整のための切断や高力ボルトの欠き込み及びボルト近辺での溶接となるため、CTを加工して用いる。

(3) 勾配

梁天端が水平で屋根勾配との差が大きい場合は、タイトフレームで勾配をつける。

3. 溶接に際しての一般的な注意事項

(1) タイトフレームの取付

タイトフレームは基準の墨に合わせ、通り良く、母屋または梁に接合します。

①接合方法

接合は原則としてアーク溶接によります。溶接方法は隅肉溶接です。隅肉溶接のサイズは、タイトフレー



軒先部のタイトフレームの脱落
(風と金属屋根より)

ムの板厚と同じとします。

②溶接棒

溶接棒は、JIS Z3211（軟鋼板用被覆アーク溶接棒）に規定されるものの中から、最も適したものを用います。溶接棒の径（心線の径）は、タイトフレームの板厚に近いものを使用し、溶接棒は常に乾燥状態にしておきます。

③検査

溶接後は、溶接長さ、溶接部分の割れ、スラグ巻き込み、融合不良、アンダーカットなどの有害な欠陥を検査します。

④後処理

溶接後はスラグを除去し、溶接部分及びその周辺に有効な防錆処理を行います。

下地材の裏面の防錆塗装が黒ずむ（焼け焦げ）ことがあるので、この後処理方法について、事前に工事管理者と協議しておく必要があります。

⑤溶接作業者の資格

溶接作業者は、①アーク溶接特別教育を受けた者②アーク溶接技能資格を持つ者が行います。

(2) 溶接の一般的な注意事項

① 溶接準備

溶接作業の中で、溶接準備はもっとも大切な工程の一つです。以下にチェックポイントを示します。

- (a) 母材 ミルシートなどにより母材の材質を確認します。
- (b) 溶接棒 板厚、溶接姿勢に適したもの。また、適切に保管され、乾燥していることを確認します。
- (c) 溶接機 アースを正常にとる。キャブタイヤ及びホルダーに破損がないこと。
- (d) 溶接姿勢 下向き姿勢が信頼性、作業能率の点で他の姿勢より優れています。
- (e) 溶接部の清掃 溶接部に付着している錆、ペイント、油脂、水分等は除去します。

② 仮付け

- (a) 溶接棒は本溶接よりやや細めのものを使用する。
- (b) 仮付け位置は本溶接を行う隅肉溶接を避けることが望ましい。避けられない場合は本溶接と同じ扱いとします。

③ 本溶接

本溶接に際しても板厚、溶接姿勢に応じて溶接棒を選定する必要があります。電流の強弱も溶接結果に重大な影響を及ぼします（表2）。アークの長さは、一般的には溶接棒の心線径とほぼ同じくするのがよく、アークの長さが長い場合には、表3のような欠陥が生じやすいので注意します。

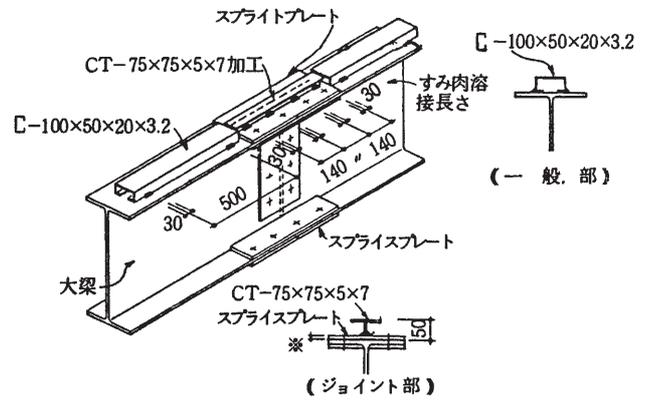


図1 タイトフレームの大梁への取付方法の例

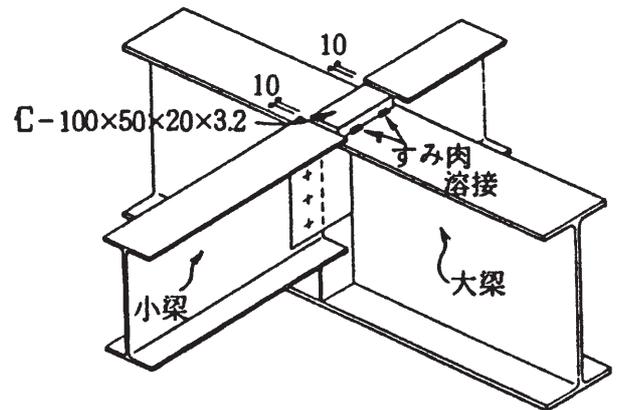


図2 タイトフレームの小梁への取付方法の例

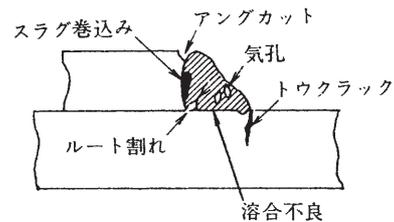


図3 溶接の欠陥

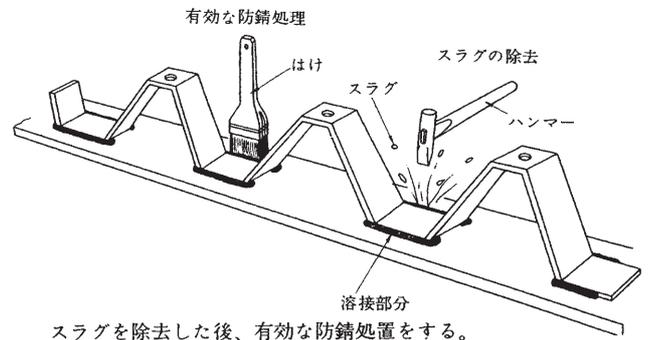


図4 後処理

表1 タイトフレームの溶接に適する溶接棒

溶接棒の種類	被覆材の系統	溶接姿勢	電流の種類	溶接棒の棒径	JIS規格
D4301	イルミナイト系	F, V, O, H	ACまたはDC (-)	1.6 2.0 2.6	Z 3211
D4311	高セルローズ系	F, V, O, H	ACまたはDC (±)	3.2 4.0 4.5	
D4313	高酸化チタン系	F, V, O, H	ACまたはDC (-)	5.0 5.5 6.0	
D4316	低水素系	F, V, O, H	ACまたはDC (+)		

溶接姿勢の記号 Fは下向き、Vは立ち向き、hは横向き、Oは上向きに適することを示す

表2 電流の影響

強すぎる場合	弱すぎる場合
①アンダーカットがしやすい	①オーバーラップがしやすい
②溶け込みが過大になる	②溶け込み不足となる
③スパッタが多くなる	③スラグ巻き込みを生じやすい
④スラグのかぶりが悪くなり、ビード外観が荒れる	④ビード幅が狭くなり盛り上がる
⑤溶接棒が赤熱する	⑤溶接棒の溶融速度が遅い
⑥溶接棒の溶融速度が速くなる	
⑦溶接部が過熱され、もろくなる	
⑧割れ、ブローホールが発生しやすい	
⑨溶接中フラックスの脱落が起こる	

表3 アークの影響

アークが不安定な場合	アークを安定させるには
①アークが長いと集中せず、短すぎるとショートしやすい	①アーク長さを正しく一定に保つ
②アンダーカットやオーバーラップを生じやすい	②電流調整を行い、適正にする
③溶け込みが不揃いになる	③導線各部の接続を完全にを行い、回路の抵抗を少なくする
④スラグ巻き込みを生じる	④溶接部を清掃する
⑤ビード幅、高さとも不揃い	⑤溶接棒を乾燥する
⑥空気中の酸素、窒素が浸入し溶着金属がもろくなる	

表4 溶接の欠陥とその原因

原因	欠 陥						
	気孔 ブローホール、パイプ	アンダーカット	融合不良	ルート割れ	スラグ巻き込み	割れクラック	トウクラック
電 流	電流が強すぎる		○				
	電流が弱すぎる			○		○	
溶接棒	心線の径が大きすぎる		○				
	溶接棒が湿っている						
作 業	溶接棒の被覆が剥がれている	○					
	開先に油や酸化物がある	○					
	アークに強い風が吹き付ける	○					
	下層のバスの清掃が不十分					○	
	ビード同士が溶け合わない			○			
母 材	溶接中の運棒が速すぎる			○			
	溶着金属を急冷する					○	
	母材に硫黄分が多い	○					
	溶接中の熱で母材が変質する						○

4. 溶接強度の確認

(1) タイトフレーム1本当りでの溶接強度

一般的に隅肉溶接の強度は、溶接長さ（有効長さ）と有効のど厚及びタイトフレームの形により決まります。タイトフレーム1本当りでの溶接許容荷重（Na）は、下記の①式で表わされます。

$$Na = n \times L' \times a \times fs \dots \dots \textcircled{1}$$

ここで、Na: 溶接許容荷重 (N/本)

n: 有効溶接箇所

L': 有効溶接長さ (cm/箇所)

a: 有効のど厚 (cm)

fs: 溶接許容せん断応力度 (9000N/cm²)

有効溶接箇所 (n) は、タイトフレームの形状によって変わります。逆V型 (図5) では、4箇所有効となり、逆レ型 (図6) では、2箇所となります。

有効溶接長さ (L') は、溶接全長から両側のタイトフレームの板厚分の長さを除いた部分が接合強度に有効な部位となり②式で表わされます。

$$L' = L - (2 \times t) \dots \dots \textcircled{2}$$

ここで、L': 有効溶接長さ (cm/箇所)

L: 溶接全長 (cm)

t: タイトフレームの板厚 (cm)

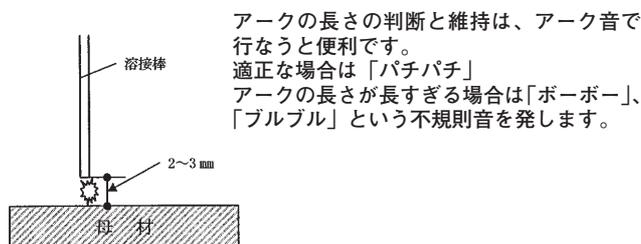


図5 アークの長さ

有効のど厚 (a) は、図7のa寸法で、③式で表わされず。

$$a = 0.7 \times t \dots \dots \textcircled{3}$$

ここで、a: 有効nのど厚 (cm)

t: タイトフレームの板厚 (cm)

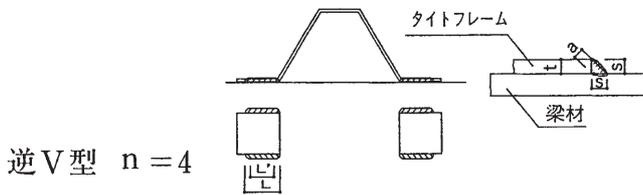


図6 逆V型

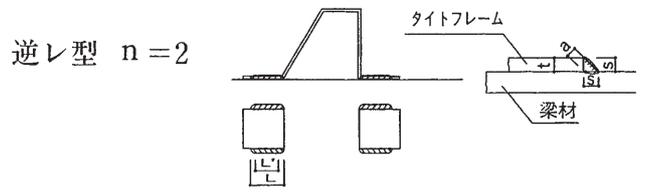
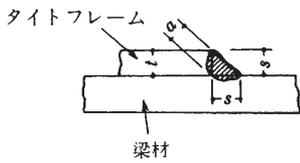


図7 逆レ型



t : タイトフレームの板厚
 s : 隅肉のサイズ
 a : のど厚 $=0.7s$

図8 有効のど厚

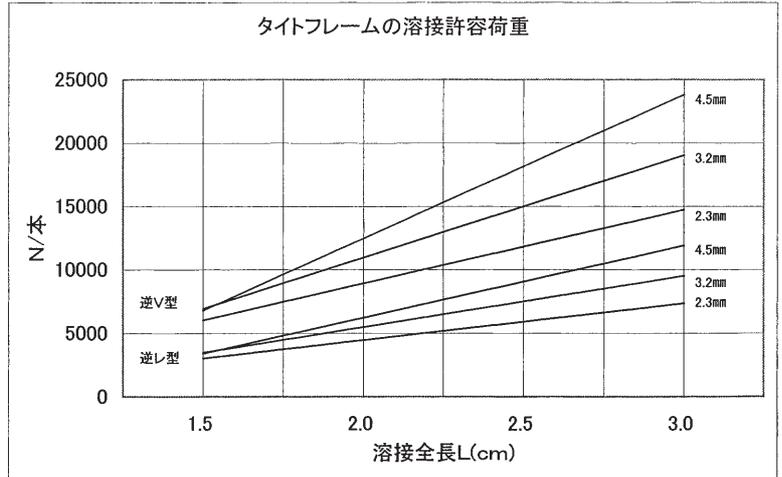


表6 タイトフレーム1本当たりの溶接許容荷重

逆V型 $Na = 25200 \times t \times (L - 2t)$

逆レ型 $Na = 12600 \times t \times (L - 2t)$

溶接全長	板厚 2.3 mm		板厚 3.2 mm		板厚 4.5 mm	
	逆V型	逆レ型	逆V型	逆レ型	逆V型	逆レ型
1.5cm	6000	3000	6900	3400	6800	3400
2.0 cm	8900	4400	10900	5400	12400	6200
2.5 cm	11800	5900	14900	7400	18100	9000
3.0 cm	14700	7300	19000	9500	23800	11900

(注) 計算値の下2ケタを切捨てています 単位: N/本

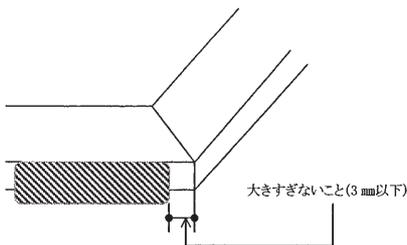


図9 溶接位置の例

例えば、板厚3.2mm (0.32cm) の逆V型タイトフレームに全長3cmの溶接を行った際の溶接許容荷重は、以下のようになります。

$$4 \times (3 - 2 \times 0.32) \times (0.7 \times 0.32) \times 9000 = 19028 \text{ N/本}$$

これを、表とグラフに表わすと次のようになります。

(2) 1m²当たりの溶接強度

次に屋根1m²当たりの溶接強度を考えると、④式で表わされます。

$$Wy = \frac{Na}{\ell b} \dots \dots \textcircled{4}$$

ここで、 Wy : タイトフレームの溶接強度 (N/m^2)

Na : タイトフレームの溶接許容荷重 ($N/本$)

ℓ : 梁間 (m)

b : 折板の働き幅 (ピッチ) (m)

この④式に①式を代入すると、タイトフレームの1m²当たりの溶接強度は以下のように表わされます。

5. 溶接位置

4. 項で解説した溶接強度は、正常に溶接が行われた場合の許容荷重です。溶接そのものに欠陥があったり、タイトフレーム自身の強度不足による変形や溶接位置の不正常により、溶接部に過大な力が加わったりすると、相当強度が低下すると考えられます。

ですから、欠陥のない溶接を行うことと、適切な溶接位置を守ることが重要です。溶接位置の例を図9に示します。

また、溶接部は、防錆処理 (めっき等) がなくなり錆びやすくなっているため、後処理も重要です。錆が進行し、“溶接ハズレ”となり、事故につながった例もあります。

以下にタイトフレームの耐風強度と溶接強度の計算書を添付します。コピーなどにご利用ください。

6. タイトフレーム耐風強度計算書 ((社)日本金属屋根協会様式)

【計算式】

$$W_t \leq \frac{Pa}{1.25 \times l \times b}$$

ここで	
W t	タイトフレームの許容荷重 N/m ² 等分布荷重
Pa	タイトフレームの許容荷重(許容耐力) N/本
l	支持間隔
b	折板の働き幅 (ピッチ) (m)

【計算条件】

折板形式			
材質		板厚	mm
支持間隔	一般部	l =	m
	局部	l =	m
折板の働き幅 (ピッチ)		b =	m

使用タイトフレーム		型
板厚		mm
性能表	負圧許容荷重 Pa	
	N/本	

【計算】

$$W_t \leq \frac{Pa}{1.25 \times l \times b} = \frac{(\quad)}{1.25 \times (\quad) \times (\quad)} = (\quad) N/m^2$$

【結果】

	風圧力 W	判定	タイトフレーム強度 W
一般部	N/m ²		N/m ²
準局部	N/m ²		N/m ²
局部	N/m ²		N/m ²
超局部	N/m ²		N/m ²

* 折板JISでは、タイトフレームの負圧許容荷重(Pa)を、対応する折板の最大荷重の3倍としています。

7. タイトフレーム溶接強度計算書 ((社)日本金属屋根協会様式)

【計算式】

$$Na = n \times L' \times a \times fs$$

$$W_y \leq \frac{Na}{\ell \times b}$$

$$W_y \leq \frac{25200 \times L' \times t}{\ell \times b} \quad \text{逆V型} \quad n=4$$

$$W_y \leq \frac{12600 \times L' \times t}{\ell \times b} \quad \text{逆レ型} \quad n=2$$

ここで	
Na	溶接許容荷重(N/本)
n	有効溶接箇所
L'	有効溶接長さ (cm/箇所)
L	溶接全長 (cm/箇所)
t	タイトフレーム板厚 (cm)
a	有効のど厚 0.7 × t (cm)
fs	溶接継ぎ目の許容せん断応力度 (9000 N/cm ²)
Wy	タイトフレーム溶接強度 (N/m ²)

【計算条件】

折板形式			
材質		板厚	mm
支持間隔	一般部	ℓ =	m
	局部	ℓ =	m
折板の働き幅(ピッチ)	b =	m	

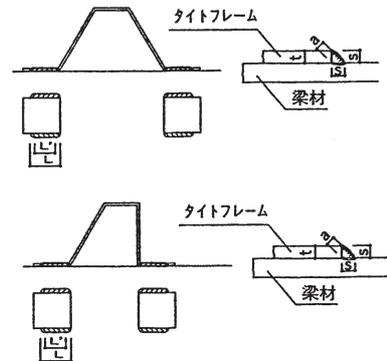
使用タイトフレーム	型
板厚 t	mm
溶接全長 L	
	cm

【計算】

有効のど厚 a	cm
a = 0.7 × t	
有効溶接長さ L'	cm
L' = L - (2 × t)	

逆V型 n = 4

逆レ型 n = 2



① 逆V型 $W_y \leq \frac{25200 \times L' \times t}{\ell \times b} = \frac{25200 \times (\quad) \times (\quad)}{(\quad) \times (\quad)} = (\quad) \text{ N/m}^2$

② 逆レ型 $W_y \leq \frac{12600 \times L' \times t}{\ell \times b} = \frac{12600 \times (\quad) \times (\quad)}{(\quad) \times (\quad)} = (\quad) \text{ N/m}^2$

【結果】

	風圧力 W	判定	タイトフレーム溶接強度 Wy
一般部	N/m ²		N/m ²
準局部	N/m ²		N/m ²
局部	N/m ²		N/m ²
超局部	N/m ²		N/m ²