

## 付録-3 詳細調査要領

## 目 次

1	超音波厚さ計による板厚調査の実施手順 <sup>1)</sup> .....	1
2	き裂探傷試験の実施手順 <sup>2)</sup> .....	8
	(1) 過流探傷試験	
	(2) 磁粉探傷試験	
3	限界板厚の一覧及び算出例 <sup>3)</sup> .....	10
4	合マークの施工 <sup>4)</sup> .....	39

## 1 超音波厚さ計による板厚調査の実施手順<sup>1)</sup>

### 1.1 調査に使用する機器

道路照明柱のような薄肉中空断面を有する部材の板厚を測定する場合、部材の片側の面から測定が可能である非破壊検査が有効である。したがって、板厚調査では、超音波パルス反射法を利用した機器（超音波厚さ計、超音波探傷器）を用いた非破壊検査を基本とする。

板厚調査の対象は、塗膜厚を含まない鋼母材厚である。超音波パルス反射法を利用した機器には、塗膜厚を含まない鋼母材厚を検出する機能を有するものと、そうでないものがある。後者の機器を用いた場合は、別途、塗膜厚を調査して測定値から差し引く必要がある。塗膜厚は、工場製作時の値を用いるか、膜厚計により測定するのがよい。



図-1.1 超音波厚さ計の一例

### 1.2 調査の方法

標準的な板厚調査の流れを、図-2に示す。なお、本付録に示す板厚調査の方法は、「超音波パルス反射法による厚さ測定方法（JIS Z 2355）」に準拠している。

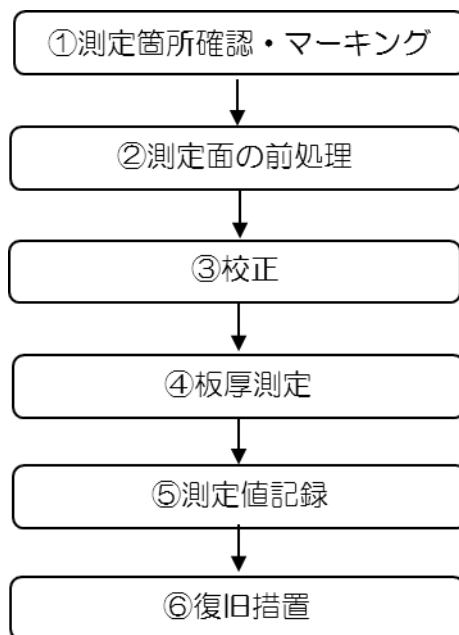


図-1.2 板厚調査の流れ

### ①測定箇所の確認・マーキング

調査項目に該当する箇所を確認し、油性マジックなどでマーキングを行う。

### ②測定面の前処理

板厚測定には、測定面の使用状況や腐食状況等に応じて、適切と考えられる前処理を施すこととする。

前処理が必要な場合としては、調査箇所の塗膜に異常が見られる場合、張り紙防止対策が施されている場合、また、路面境界部がアスファルトやインターロッキングブロック等で覆われており、調査箇所が露出していない場合などが挙げられる。

測定面の塗装が健全で、表面が十分に平滑であり、測定精度に大きな影響を及ぼさないと考えられる場合には、必ずしも前処理を施す必要はない。

張り紙防止対策としては、張り紙防止塗装、張り紙防止シートが挙げられる。

張り紙防止塗装は、一般の塗装の場合と同様に、表面が十分に平滑であれば、前処理を実施する必要はない。

また、張り紙防止シートが施工されている場合で、鋼材に腐食が生じていないことが外観より明らかな場合には、板厚測定する必要がないので前処理を実施する必要はない。表-1.1に前処理が必要な例を示す。

表-1.1 前処理が必要な例

事 例	前 処 理 の 概 要
測定面に腐食による錆、浮いたスケール、異物の付着があり、凹凸がある場合	探触子を接触させる面は、平滑でないと測定精度が確保できない。よって、左記の場合、ワイヤーブラシ等により、黒皮又は鋼材表面が現われるまで除去し、サンドペーパー等で表面を平滑に処理する。なお、ブラシ等で除去できない場合は、電動グラインダーにより除去し、探触子が設置できる面を確保する。
塗膜にふくれが見られる場合など、板厚測定にその影響が無視できない場合	塗膜剥離剤で塗膜を除去する。あるいはグラインダーで塗膜のみを除去する。
塗膜の劣化や発錆が生じていると窺える箇所に、張り紙防止シートが施工されている場合	測定箇所のシートを撤去する。ただし、開口部の裏面から板厚測定が可能な場合には、シートを撤去せずそれによってもよい。
路面境界部がアスファルトやインターロッキングブロック、土砂などで覆われ、点検箇所が露出していない場合	ブレーカーやスコップなどで点検箇所を露出させる。この場合、ブレーカー等で支柱に傷をつけないよう十分留意すること。

### ③校正

測定機器については、調査において許容される誤差が $\pm 0.1\text{mm}$ 以内となるように予め校正を行うとともに、測定中においても適時校正値のチェックを実施し、所定の要求精度の確保に留意しなければならない。測定精度を $\pm 0.1\text{mm}$ としたのは、一般的な道路照明柱基部の板厚は、 $4.0\sim 4.5\text{mm}$ と規定されており、その精度が $0.1\text{mm}$ 単位で管理されていることを考慮したためである。また、校正値のチェックは、測定中少なくとも1時間ごと、及び測定終了直後に行い、校正値が前回の校正値よりも所定の許容値を超えている場合は、その間の測定を再実施するものとする。ここで、所定の許容値とは、測定に要求されている性能を鑑み、 $0.1\text{mm}$ とする。また、次の場合には必ず校正を行う。

- 装置の作動に異常があると思われる場合
- 装置の全部又は一部を交換した場合
- 作業者が交替した場合

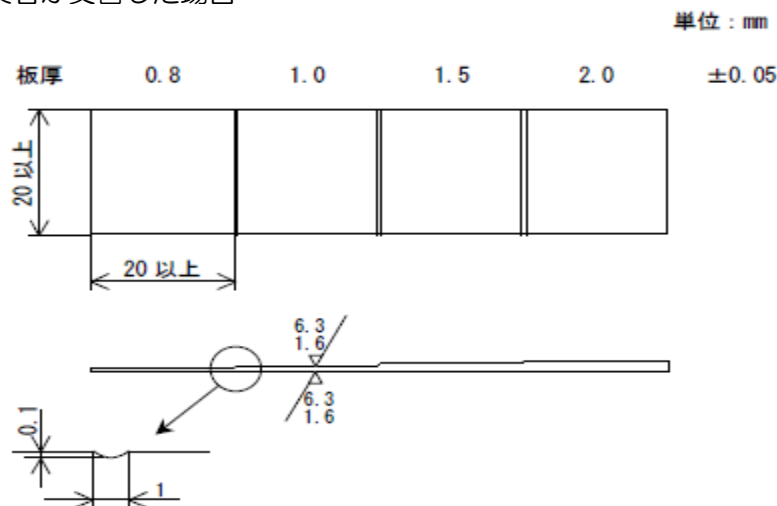


図-1.3 超音波厚さ計用の試験片の一例

### ④板厚測定

超音波厚さ計を用いて、対象物の板厚を測定する。また、測定に用いる接触媒質については、グリセリン、ソニコート、グリース等の中から、状況に応じて最も適切と考えられるものを選定する。

鋼管の板厚は、内側から測定しようとする、対象が曲面であることから探触子と鋼材の間に隙間ができるため正確な測定ができないので、原則として外側から測定するものとする。

また、二振動子垂直探触子によって測定する場合、同一の測定点において音響隔離面の向きを $90^\circ$ 変えて各1回測定し、表示値の小さい方を測定値とする。一振動子垂直探触子を採用する場合においても、2回測定を実施し、表示値の小さい方を測定値とする。

⑤測定値の補正

測定値に塗膜厚（0.3mm 未満）の影響が含まれている場合、次式によって鋼母材厚を求めてよい。

$$D = D_m \left( \frac{D_c \times C}{C_c} \right)$$

ここに、D：鋼母材厚（mm）

D<sub>m</sub>：超音波厚さ計の表示値（mm）

D<sub>c</sub>：塗膜厚（mm）

C：鋼の音速（m/s）

C<sub>c</sub>：塗膜の音速（m/s）

} 表-2の参考値を参照のこと

表-1.2 種々の物質の音速の参考値（縦波） 単位（m/s）

アルミニウム	6260	テフロン	1400
鋼	5870~5900	アクリル樹脂	2720
SUS304	5790	エポキシ樹脂	2500~2800
亜鉛	4170	塩化ビニール	2300
鋳鉄	3500~5600	ポリエチレン	1900

⑥測定値記録

板厚計に表示される測定値を記録する。ただし、裏面の腐食等が原因で表示値が推定した厚さと大きく異なる場合、表示値がばらつく場合、表示値が得られない場合などは、測定点を若干移動させ再度測定を行うこととする。なお、エコー波形が画面に表示される機器を用いれば、板厚分布を連続的に調査できるので、測定値がばらつく対象物の現状把握に役立つ。

⑦復旧措置

測定面に前処理を施した場合は、測定箇所耐久性を損なわないように、測定後速やかに原状と同等以上の復旧措置を行うこととする。

なお、復旧措置が不適切な場合には、腐食をより進行させる恐れがあるため、復旧方法の選定には十分留意する。

以下に、復旧措置の例を挙げる。

- 塗装を除去した箇所は、鋼材表面の水分を除去し、ジンクリッチペイントや常温亜鉛めっき塗料などの、ある程度長期間の防食効果が期待できる塗料で再塗装を行うことを基本とする。全面的な塗り替えを行う場合には、塗装仕様の選定に留意する。

- 塗り重ねを行う場合には、塗料の組み合わせが適切でないと、塗膜間の圧着が不良になったり、下層塗膜が膨潤してしわになることがあるので、塗料の適切な組み合わせを選定しなければならない。
- 張り紙防止シートを調査のために撤去した箇所については、同様の効果を有する塗装を速やかに実施する。
- 路面境界部の埋め戻しを行う場合には、タールエポキシ塗装などの重防食塗装を行うことが望ましい。

### 1.3 調査項目

過去の知見から腐食の発生事例が多く、かつ腐食による板厚減少が耐久性に重大な影響を及ぼす箇所を点検部位に規定した。

表-1.3 板厚調査該当箇所概念図

点検部位	形式		調査箇所		概念図
			位置	点数	
柱・基礎境界部	基礎が露出している場合	コンクリート基礎	基礎コンクリート上端から60mm以内	4	
		アンカーボルト基礎	ベースプレート上から60mm以内	4	
路面境界部	基礎が露出していない場合	コンクリート基礎	路面(地表面)から下へ40mm付近	4	
		アンカーボルト基礎	路面(地表面)から下へ40mm付近	4	

点検部位	形式	調査箇所		概念図
		位置	点数	
電気設備用開口部	独立型	開口部枠下50mm以内	4	
		開口部(箱)の下部側面※	2	
	共架型	開口部上の直線部50mmの範囲	4	
		開口部(箱)の下部側面※	2	
支柱本体	独立型 共架型	塗膜の劣化や発錆が著しい箇所	4	
バンド部	共架型	塗膜の劣化や発錆が著しい箇所	8	

### ①柱脚部

柱・基礎境界部、柱・ベースプレート溶接部、路面境界部は、過去の知見から最も腐食している可能性が高い箇所である。

これら柱脚部が、アスファルト、インターロッキングブロックや土砂などの場合で、点検部位が覆われている場合には、点検部位を露出させてから調査する必要がある。

ア 基礎が露出している場合

a) コンクリート基礎

基礎コンクリート上端から60mm以内で、測定可能な最も低い箇所の円周上4点を測定する。

b) アンカーボルト基礎

ベースプレート上面から60mm以内で、円周上4点を測定する。



イ 基礎が露出していない場合

a) コンクリート基礎

路面（地表面）から下へ40mm付近で、円周上4点を測定する。

b) アンカーボルト基礎

路面（地表面）から下へ40mm付近で、円周上4点を測定する。

②電気設備用開口部

雨水の浸入により腐食している事例が多い箇所である。

ア 独立型

開口部枠下50mm以内で、円周上4点を測定する。また、開口部が曲面形状ではなく、箱形状となっている場合には、開口部（箱）の下部側面についても2点測定すること。

イ 共架型

開口部上の直線部50mmの範囲で、円周上4点を測定する。また、開口部が曲面形状ではなく、箱形状となっている場合には、開口部（箱）の下部側面についても2点測定すること。

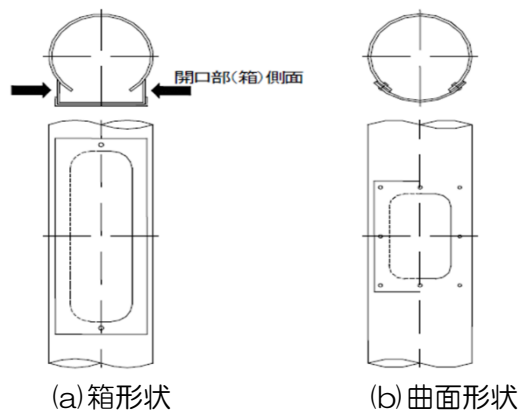


図-1.4 電気設備用開口部の形状

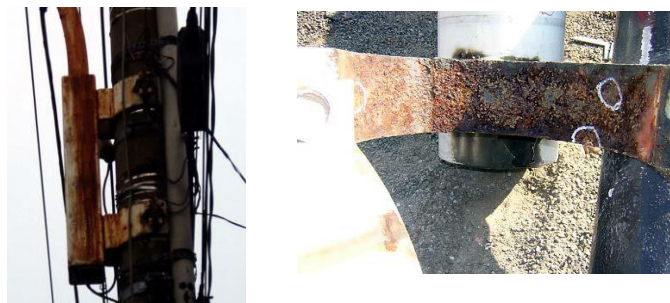
③支柱本体

塗膜の劣化や発錆が著しい箇所や、板厚減少が生じている疑いのある箇所について、円周上4点を測定する。

④バンド部

塗膜の劣化や発錆がある箇所や、板厚減少が生じている疑いのある箇所について、上下バンドとも4箇所ずつ、計8箇所を測定する。なお、バンド部の測定についても、超音波パルス反射法を利用した機器を用いることを基本とする。

なお、ノギスを用いた方が簡便に測定できる場合には、これを用いてもよい。



(a) 外面

(b) 内面

図-1.5 共架型バンド部における塗膜の劣化例

## 2 き裂探傷試験の実施手順<sup>2)</sup>

### 2.1 過流探傷試験

過流探傷試験の試験方法は、JIS G 0568「鋼製品の貫通コイル法による過流探傷試験方法」により実施するものとする。

過流探傷試験は、導電帯の表面に傷があったり、表面の電氣的、磁氣的な性質が変化していると、表面に発生している渦電流が変化する。この現象を利用して、傷の試験や材料の選別など、試験体を破壊しないで試験する方法である。

目視により、亀裂損傷が明らかにわかる場合は、過流探傷試験を省略し、磁粉探傷試験を実施する。

ここでは、参考までに非破壊試験の実施手順を示す。

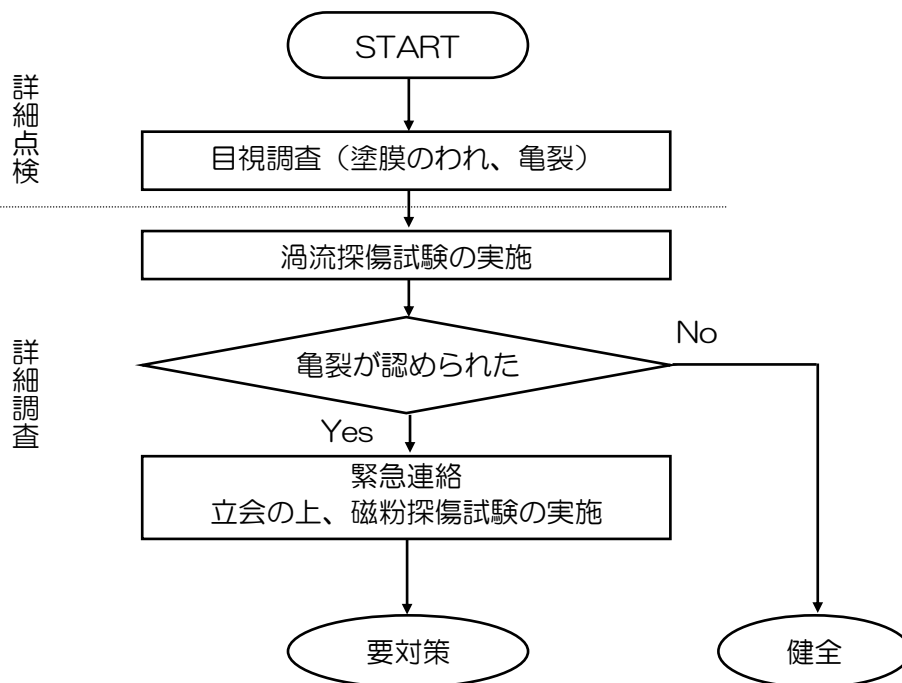


図-2.1 調査のフロー

## 2.2 磁粉探傷試験

磁粉探傷試験の試験方法は、JIS G 0565「鉄鋼材料の磁粉探傷試験方法及び欠陥磁粉模様の等級分類」により実施するものとする。

磁粉探傷試験には、湿式法、乾式法及び磁化方法によっても種々の方法があるので、現場においては、き裂の検出に際して適当と思われる方法にて実施するものとする。

なお、近年の鋼製橋脚の疲労き裂調査結果の例からは、精度がよい方法として湿式蛍光磁粉探傷を採用するのが望ましい。

ここでは、参考までに簡単に実施手順を述べる。

### ①使用資器材

- 磁粉探傷器
- 磁粉散布器
- 磁粉
- 塗膜剥離材
- 清浄液
- 布、ペーパータオル、ブラシ

### ②実施手順

#### a. 前処理

試験箇所表面に付着している汚れ、油、塗膜などの除去を行う。汚れ、油の除去は、清浄液により布、ペーパータオルを使用して拭き取りを行う。また、塗膜の除去は、塗膜剥離材を使用し、き裂をつぶさないように行うものとする。

- 前処理範囲は、試験範囲より母材側に20mm以上広く行うことを原則とする。
- 乾式用磁粉を用いる時は、表面をよく乾燥しておかなければならない。
- 焼損を防ぎ、通電を良くするために、試験箇所の電極の接触部分をきれいに磨いておかなければならない。

#### b. 磁化

- 試験箇所に適量の磁粉を静かに吹き付けるか散布する。
- 磁粉探傷器を使用して、予測される欠陥の方向に対して直角になるように、磁化を行う。

#### c. 磁粉模様の観察

- 磁粉模様の観察は、原則として磁粉模様が形成した直後に行う。
- 確認された磁粉模様が欠陥によるものであると判定しにくい時は、脱磁を行い必要に応じて表面状態を変更して再試験を行う。

#### d. 後処理

- 試験が終了したら、磁粉を除去し、塗装を行う。

### 3 限界板厚の一覧及び計算例<sup>3)</sup>

#### 3.1 限界板厚について

本要領（案）では、板厚調査による損傷度判定において、測定結果による残存板厚と、管理板厚又は限界板厚とを比較して判定を行うものとしている。

ここで、限界板厚とは設計荷重に対して許容応力度を超過しない板厚のことであり、対象となる道路附属物の形状寸法、材料等により固有の値をとるものである。

ただし、これには風振動等による疲労損傷を考慮していないので、疲労の影響を考慮すべきと判断される部位においては、適用してはならない。

設置されている道路附属物は多種多様であり、各道路附属物の標準図集、設計基準等に記載されているもの（以下「標準タイプ」という。）以外のものも多く存在し、全ての道路附属物について限界板厚を提示することは容易ではない。そこで、本資料では、各道路附属物の標準タイプとされるものについて限界板厚を算出し、提示した。

したがって、これら標準タイプによりがたい道路附属物の限界板厚は、設計図書や後述する限界板厚算出例等を参考に、別途算出されたい。

#### 3.2 標識柱の限界板厚

標識柱の限界板厚は、(社)日本道路協会「道路標識設置基準・同解説昭和62年1月」に従って算出するものとする。表-3.1 に示す計算条件に基づいて計算した標識柱の限界板厚一覧を、表-3.2 に示す。表-3.1 計算条件に該当しない標識柱の限界板厚については、別途算出されたい。

なお、F型、逆L字型及びT型標識柱の限界板厚については、断面力の大きい柱下端において算出している。門型標識柱については、柱上下端の限界板厚をそれぞれ算出し、大きい方を採用している。

標識柱の構造寸法は、街路条件や標識の種類により多種多様であるため、全ての標識柱に対して限界板厚を提示することは容易ではない。そこで、本資料では、限界板厚の算定において支配的となる支柱径、梁径、標識板面積、支柱高さ、梁長さ等を、各地方整備局の標準図集等に記載されている構造寸法を基にパラメータ表示し、限界板厚を整理した。

ここで、表-3.2 に示す限界板厚最大値とは、各パラメータの範囲内で構造寸法が最大値をとる場合、つまり限界板厚の算定にあたって最も厳しい荷重状態となる構造寸法を想定した場合の限界板厚である。また、限界板厚最小値とは、各パラメータの範囲内で構造寸法が最小値をとる場合、つまり最も小さい荷重状態となる構造寸法を想定した場合の限界板厚である。

したがって、表-3.2 に示す限界板厚は、各パラメータに当てはまる標識柱の限界板厚の上限値と下限値を示したものであり、板厚調査による損傷度判定を行う場合には、上限値である限界板厚最大値を用いることが、最も安全側の評価となる。

なお、限界板厚は、形状寸法、計算条件が明らかとなれば一義的に決まるものであるため、各パラメータに当てはまる標識柱であっても、板厚調査で残存板厚が限界板厚最大値を下回った場合には、更新・補強等の対策の前に、正確な形状寸法及び計算条件のもと、後述する限界板厚算出例を参考に限界板厚を算出することが望ましい。

ただし、計算を省略する場合は、安全側である限界板厚最大値を用いるものとする。

表-3.1 計算条件

計算条件		
計算風速	50m/s (片持ち式・両持ち式・門型式)	
風力係数	標識板、照明器具	1.2
	柱(丸形断面の場合)	0.7
照明器具受圧面積	0.19m <sup>2</sup> /灯	
固定荷重	標識板	196.1N/m <sup>2</sup>
	照明器具	686.5N/灯
材質	STK400	
計算方式	道路標識設置基準・同解説	
その他	標識板の取付方法は、固定構造とする。	

表-3.2 (a) 標識柱の限界板厚 (F型、外照無し)

種別	支柱径 φmm	梁径 φmm	標識板面積 Am <sup>2</sup>	支柱高さ Hm	梁長さ Lm	限界板厚 (t, mm)	
						最小値	最大値
F型 (外照無し)	216.3	101.6	3.00<A≤3.30	H≤6.80	3.00<L≤3.20	5.1	5.6
		139.8	3.00<A≤3.30	H≤6.80	4.50<L≤4.70	5.8	6.3
		114.3	3.30<A≤3.60	H≤6.80	3.20<L≤3.40	5.7	6.1
		139.8	3.30<A≤3.60	H≤6.80	4.70<L≤4.90	6.3	6.9
		114.3	3.60<A≤3.90	H≤6.80	3.40<L≤3.60	6.1	6.6
		139.8	3.60<A≤3.90	H≤6.80	4.90<L≤5.10	6.9	7.4
		114.3	3.90<A≤4.20	H≤6.80	3.60<L≤3.80	6.6	7.1
	267.4	114.3	4.00<A≤4.40	6.80<H≤7.20	3.00<L≤3.20	6.7	7.8
		165.2	3.90<A≤4.20	H≤6.80	5.10<L≤5.30	4.8	5.1
		165.2	4.00<A≤4.40	6.80<H≤7.20	4.50<L≤4.70	4.9	5.5
		139.8	4.40<A≤4.80	6.80<H≤7.20	3.20<L≤3.40	4.8	5.4
		165.2	4.40<A≤4.80	6.80<H≤7.20	4.70<L≤4.90	5.3	6.0
		139.8	4.80<A≤5.20	6.80<H≤7.20	3.40<L≤3.60	5.2	5.8
		165.2	4.80<A≤5.20	6.80<H≤7.20	4.90<L≤5.10	5.7	6.4
		139.8	5.20<A≤5.60	6.80<H≤7.20	3.60<L≤3.80	5.6	6.3
		165.2	5.20<A≤5.60	6.80<H≤7.20	5.10<L≤5.30	6.2	6.9
		139.8	5.60<A≤6.00	6.80<H≤7.20	3.80<L≤4.00	6.0	6.7
		190.7	5.60<A≤6.00	6.80<H≤7.20	5.30<L≤5.50	6.7	7.5
		165.2	6.00<A≤6.60	6.80<H≤7.20	4.00<L≤4.30	6.4	7.4
		190.7	6.00<A≤6.60	6.80<H≤7.20	5.50<L≤5.80	7.2	8.2
		165.2	6.60<A≤7.00	6.80<H≤7.20	4.30<L≤4.50	7.1	7.9
		190.7	6.60<A≤7.00	6.80<H≤7.20	5.80<L≤6.00	7.9	8.8
		165.2	7.00<A≤7.40	6.80<H≤7.20	4.50<L≤4.70	7.5	8.4
		190.7	7.00<A≤7.40	6.80<H≤7.20	6.00<L≤6.20	8.4	9.3
		139.8	4.84<A≤5.50	7.20<H≤7.45	3.20<L≤3.50	5.4	6.3
		165.2	4.84<A≤5.50	7.20<H≤7.45	4.70<L≤5.00	6	6.9
		139.8	5.50<A≤6.16	7.20<H≤7.45	3.50<L≤3.80	6.2	7
		190.7	5.50<A≤6.16	7.20<H≤7.45	5.00<L≤5.30	6.9	7.8
	165.2	6.00<A≤6.72	7.45<H≤7.55	3.50<L≤3.80	6.9	7.8	
	190.7	6.00<A≤6.72	7.45<H≤7.55	5.00<L≤5.30	7.6	8.6	
	165.2	6.50<A≤7.28	7.55<H≤7.80	3.50<L≤3.80	7.5	8.6	
	318.5	190.7	6.50<A≤7.28	7.55<H≤7.80	5.00<L≤5.30	5.7	6.5
		165.2	7.29<A≤8.10	7.80<H≤7.85	3.70<L≤4.00	5.9	6.6
		190.7	7.29<A≤8.10	7.80<H≤7.85	5.20<L≤5.50	6.5	7.2
		165.2	8.10<A≤8.91	7.80<H≤7.85	4.00<L≤4.30	6.6	7.3
		216.3	8.10<A≤8.91	7.80<H≤7.85	5.50<L≤5.80	7.2	8
		190.7	8.91<A≤9.45	7.80<H≤7.85	4.30<L≤4.50	7.3	7.8
		216.3	8.91<A≤9.45	7.80<H≤7.85	5.80<L≤6.00	7.9	8.5
		190.7	9.45<A≤9.99	7.80<H≤7.85	4.50<L≤4.70	7.7	8.2
		216.3	9.45<A≤9.99	7.80<H≤7.85	6.00<L≤6.20	8.4	9
		165.2	7.28<A≤7.84	7.85<H≤7.90	3.60<L≤3.80	6	6.5
		190.7	7.28<A≤7.84	7.85<H≤7.90	5.10<L≤5.30	6.5	7
		165.2	7.84<A≤8.40	7.85<H≤7.90	3.80<L≤4.00	6.4	6.9
		190.7	7.84<A≤8.40	7.85<H≤7.90	5.30<L≤5.50	7	7.5
		165.2	8.10<A≤9.00	7.90<H≤8.00	3.70<L≤4.00	6.7	7.5
		216.3	8.10<A≤9.00	7.90<H≤8.00	5.20<L≤5.50	7.3	8.2
		190.7	9.00<A≤9.90	7.90<H≤8.00	4.00<L≤4.30	7.4	8.3
		216.3	9.00<A≤9.90	7.90<H≤8.00	5.50<L≤5.80	8.1	9
190.7		9.90<A≤11.40	7.90<H≤8.00	4.30<L≤4.80	8.2	9.6	

		190.7	$9.28 < A \leq 10.24$	$8.00 < H \leq 8.25$	$3.90 < L \leq 4.20$	7.7	8.7
		216.3	$9.28 < A \leq 10.24$	$8.00 < H \leq 8.25$	$5.40 < L \leq 5.70$	8.4	9.5
		190.7	$9.90 < A \leq 10.89$	$8.25 < H \leq 8.30$	$4.00 < L \leq 4.30$	8.4	9.3
		216.3	$9.90 < A \leq 10.89$	$8.25 < H \leq 8.30$	$3.50 < L \leq 5.80$	9.1	10.1
	355.6	216.3	$9.90 < A \leq 11.40$	$7.90 < H \leq 8.00$	$5.80 < L \leq 6.30$	7.1	8.2
		216.3	$10.24 < A \leq 12.16$	$8.00 < H \leq 8.25$	$4.20 < L \leq 4.80$	6.8	8.2
		216.3	$10.24 < A \leq 12.16$	$8.00 < H \leq 8.25$	$5.70 < L \leq 6.30$	7.4	8.9
		216.3	$11.20 < A \leq 13.30$	$8.25 < H \leq 8.40$	$4.20 < L \leq 4.80$	7.5	9.2
		216.3	$11.20 < A \leq 13.30$	$8.25 < H \leq 8.40$	$5.70 < L \leq 6.30$	8.1	9.9
		216.3	$10.80 < A \leq 13.20$	$8.40 < H \leq 8.80$	$3.70 < L \leq 4.30$	7.4	9.4
		216.3	$10.80 < A \leq 13.20$	$8.40 < H \leq 8.80$	$5.20 < L \leq 5.80$	8	10.1
		406.4	216.3	$13.20 < A \leq 16.00$	$8.40 < H \leq 8.80$	$4.30 < L \leq 5.00$	6.8
	267.4		$13.20 < A \leq 16.00$	$8.40 < H \leq 8.80$	$5.80 < L \leq 6.50$	7.4	9.3
	216.3		$14.70 < A \leq 17.64$	$8.80 < H \leq 9.00$	$4.50 < L \leq 5.20$	7.9	9.7
	267.4		$14.70 < A \leq 17.64$	$8.80 < H \leq 9.00$	$6.00 < L \leq 6.70$	8.5	10.4

表-3.2 (b) 標識柱の限界板厚 (F型、外照有り)

種別	支柱径 $\phi$ mm	梁径 $\phi$ mm	標識板面積 $A$ m <sup>2</sup>	支柱高さ $H$ m	梁長さ $L$ m	限界板厚 (t,mm)	
						最小値	最大値
F型 (外照有り)	267.4	114.3	$3.00 < A \leq 3.30$	$H \leq 6.80$	$3.00 < L \leq 3.20$	3.8	4.1
		139.8	$3.00 < A \leq 3.30$	$H \leq 6.80$	$4.50 < L \leq 4.70$	4.2	4.5
		114.3	$3.30 < A \leq 3.60$	$H \leq 6.80$	$3.20 < L \leq 3.40$	4.1	4.4
		165.2	$3.30 < A \leq 3.60$	$H \leq 6.80$	$4.70 < L \leq 4.90$	4.6	5.0
		139.8	$3.60 < A \leq 3.90$	$H \leq 6.80$	$3.40 < L \leq 3.60$	4.4	4.7
		165.2	$3.60 < A \leq 3.90$	$H \leq 6.80$	$4.90 < L \leq 5.10$	5.0	5.3
		139.8	$3.90 < A \leq 4.20$	$H \leq 6.80$	$3.60 < L \leq 3.80$	4.7	5.0
		165.2	$3.90 < A \leq 4.20$	$H \leq 6.80$	$5.10 < L \leq 5.30$	5.3	5.6
		139.8	$4.00 < A \leq 4.40$	$6.80 < H \leq 7.20$	$3.00 < L \leq 3.20$	4.8	5.4
		165.2	$4.00 < A \leq 4.40$	$6.80 < H \leq 7.20$	$4.50 < L \leq 4.70$	5.3	6.0
		139.8	$4.40 < A \leq 4.80$	$6.80 < H \leq 7.20$	$3.20 < L \leq 3.40$	5.2	5.8
		165.2	$4.40 < A \leq 4.80$	$6.80 < H \leq 7.20$	$4.70 < L \leq 4.90$	5.8	6.5
		139.8	$4.80 < A \leq 5.20$	$6.80 < H \leq 7.20$	$3.40 < L \leq 3.60$	5.6	6.3
		165.2	$4.80 < A \leq 5.20$	$6.80 < H \leq 7.20$	$4.90 < L \leq 5.10$	6.2	7.0
		139.8	$5.20 < A \leq 5.60$	$6.80 < H \leq 7.20$	$3.60 < L \leq 3.80$	6.0	6.7
		165.2	$5.60 < A \leq 6.00$	$6.80 < H \leq 7.20$	$3.80 < L \leq 4.00$	6.4	7.2
		165.2	$6.00 < A \leq 6.60$	$6.80 < H \leq 7.20$	$4.00 < L \leq 4.30$	6.9	7.9
		139.8	$5.06 < A \leq 5.50$	$7.20 < H \leq 7.45$	$3.30 < L \leq 3.50$	6.1	6.7
	165.2	$5.50 < A \leq 6.16$	$7.20 < H \leq 7.45$	$3.50 < L \leq 3.80$	6.6	7.5	
	165.2	$6.24 < A \leq 6.72$	$7.45 < H \leq 7.55$	$3.60 < L \leq 3.80$	7.6	8.3	
	318.5	190.7	$5.20 < A \leq 5.60$	$6.80 < H \leq 7.20$	$5.10 < L \leq 5.30$	4.7	5.2
		190.7	$5.60 < A \leq 6.00$	$6.80 < H \leq 7.20$	$5.30 < L \leq 5.50$	5.0	5.5
		190.7	$6.00 < A \leq 6.60$	$6.80 < H \leq 7.20$	$5.50 < L \leq 5.80$	5.3	6.0
		165.2	$6.60 < A \leq 7.00$	$6.80 < H \leq 7.20$	$4.30 < L \leq 4.50$	5.2	5.8
		190.7	$6.60 < A \leq 7.00$	$6.80 < H \leq 7.20$	$5.80 < L \leq 6.00$	5.8	6.4
		165.2	$7.00 < A \leq 7.40$	$6.80 < H \leq 7.20$	$4.50 < L \leq 4.70$	5.7	6.2
		216.3	$7.00 < A \leq 7.40$	$6.80 < H \leq 7.20$	$6.00 < L \leq 6.20$	6.3	6.9
		165.2	$5.06 < A \leq 5.50$	$7.20 < H \leq 7.45$	$4.80 < L \leq 5.00$	4.7	5.1
		190.7	$5.50 < A \leq 6.16$	$7.20 < H \leq 7.45$	$5.00 < L \leq 5.30$	5.1	5.7
		190.7	$6.24 < A \leq 6.72$	$7.45 < H \leq 7.55$	$5.10 < L \leq 5.30$	5.8	6.3
		165.2	$6.76 < A \leq 7.28$	$7.55 < H \leq 7.80$	$3.60 < L \leq 3.80$	5.7	6.2
		190.7	$6.76 < A \leq 7.28$	$7.55 < H \leq 7.80$	$5.10 < L \leq 5.30$	6.3	6.8
		165.2	$7.29 < A \leq 8.10$	$7.80 < H \leq 7.85$	$3.70 < L \leq 4.00$	6.2	6.9

		216.3	$7.29 < A \leq 8.10$	$7.80 < H \leq 7.85$	$5.20 < L \leq 5.50$	6.9	7.6
		190.7	$8.10 < A \leq 8.91$	$7.80 < H \leq 7.85$	$4.00 < L \leq 4.30$	6.9	7.6
		216.3	$8.10 < A \leq 8.91$	$7.80 < H \leq 7.85$	$5.50 < L \leq 5.80$	7.6	8.4
		190.7	$8.91 < A \leq 9.45$	$7.80 < H \leq 7.85$	$4.30 < L \leq 4.50$	7.6	8.1
		216.3	$8.91 < A \leq 9.45$	$7.80 < H \leq 7.85$	$5.80 < L \leq 6.00$	8.3	8.9
		190.7	$9.45 < A \leq 9.99$	$7.80 < H \leq 7.85$	$4.50 < L \leq 4.70$	8.2	8.7
		165.2	$7.28 < A \leq 7.84$	$7.85 < H \leq 7.90$	$3.60 < L \leq 3.80$	6.3	6.8
		190.7	$7.28 < A \leq 7.84$	$7.85 < H \leq 7.90$	$5.10 < L \leq 5.30$	6.9	7.4
		165.2	$7.84 < A \leq 8.40$	$7.85 < H \leq 7.90$	$3.80 < L \leq 4.00$	6.7	7.2
		216.3	$7.84 < A \leq 8.40$	$7.85 < H \leq 7.90$	$5.30 < L \leq 5.50$	7.4	7.9
		165.2	$8.10 < A \leq 9.00$	$7.90 < H \leq 8.00$	$3.70 < L \leq 4.00$	7.0	7.8
		216.3	$8.10 < A \leq 9.00$	$7.90 < H \leq 8.00$	$5.20 < L \leq 5.50$	7.7	8.6
		190.7	$9.00 < A \leq 9.90$	$7.90 < H \leq 8.00$	$4.00 < L \leq 4.30$	7.7	8.6
		190.7	$9.60 < A \leq 10.24$	$8.00 < H \leq 8.25$	$4.00 < L \leq 4.20$	8.3	9.1
	190.7	$10.23 < A \leq 10.89$	$8.25 < H \leq 8.30$	$4.10 < L \leq 4.30$	9.0	9.7	
	355.6	216.3	$9.45 < A \leq 9.99$	$7.80 < H \leq 7.85$	$6.00 < L \leq 6.20$	7.1	7.5
		216.3	$9.00 < A \leq 9.90$	$7.85 < H \leq 8.00$	$5.50 < L \leq 5.80$	6.6	7.4
		216.3	$9.90 < A \leq 11.40$	$7.85 < H \leq 8.00$	$4.30 < L \leq 4.80$	6.8	8.0
		216.3	$9.90 < A \leq 11.40$	$7.85 < H \leq 8.00$	$5.80 < L \leq 6.30$	7.5	8.7
		216.3	$9.60 < A \leq 10.24$	$8.00 < H \leq 8.25$	$5.50 < L \leq 5.70$	7.2	7.8
		216.3	$10.24 < A \leq 12.16$	$8.00 < H \leq 8.25$	$4.20 < L \leq 4.80$	7.2	8.6
		216.3	$10.24 < A \leq 12.16$	$8.00 < H \leq 8.25$	$5.70 < L \leq 6.30$	7.8	9.4
		216.3	$10.23 < A \leq 10.89$	$8.25 < H \leq 8.30$	$5.60 < L \leq 5.80$	7.7	8.3
		216.3	$12.25 < A \leq 13.30$	$8.30 < H \leq 8.40$	$4.50 < L \leq 4.80$	8.7	9.6
		216.3	$12.00 < A \leq 13.20$	$8.40 < H \leq 8.80$	$4.00 < L \leq 4.30$	8.5	9.7
	406.3	216.3	$12.00 < A \leq 13.20$	$8.40 < H \leq 8.80$	$5.50 < L \leq 5.80$	9.1	10.4
		216.3	$12.25 < A \leq 13.30$	$8.30 < H \leq 8.40$	$6.00 < L \leq 6.30$	7.1	7.8
		216.3	$15.20 < A \leq 16.00$	$8.40 < H \leq 8.80$	$4.80 < L \leq 5.00$	8.2	9.0
		267.4	$15.20 < A \leq 16.00$	$8.40 < H \leq 8.80$	$6.30 < L \leq 6.50$	8.9	9.7
		216.3	$16.80 < A \leq 17.64$	$8.80 < H \leq 9.00$	$5.00 < L \leq 5.20$	9.4	10.0
		267.4	$16.80 < A \leq 17.64$	$8.80 < H \leq 9.00$	$6.50 < L \leq 6.70$	10.2	10.8

表-3.2 (c) 標識柱の限界板厚 (逆L型)

種別	支柱径 φmm	梁径 φmm	標識板面積 Am <sup>2</sup>	支柱高さ Hm	梁長さ Lm	限界板厚 (t,mm)	
						最小値	最大値
逆L型 (外照無し)	139.8	101.6	0.60<A≤0.96	H≤5.60	2.00<L≤2.60	2.7	3.8
	165.2	114.3	0.60<A≤0.96	H≤5.60	3.50<L≤4.10	2.2	3.1
			0.80<A≤1.03	5.60<H≤5.69	2.02<L≤2.32	2.4	3
			1.03<A≤1.50	5.60<H≤5.69	2.32<L≤2.92	2.9	4.1
			1.40<A≤1.50	5.69<H≤5.80	2.40<L≤2.50	3.8	4.2
	190.7	139.8	0.80<A≤1.03	5.60<H≤5.69	3.52<L≤3.82	2.1	2.6
			1.03<A≤1.50	5.60<H≤5.69	3.82<L≤4.42	2.5	3.4
			1.40<A≤1.50	5.69<H≤5.80	3.90<L≤4.00	3.2	3.5
			1.50<A≤1.60	5.69<H≤5.80	2.50<L≤2.60	3.1	3.3
			1.50<A≤1.60	5.69<H≤5.80	4.00<L≤4.10	3.4	3.7
			1.60<A≤1.80	5.69<H≤5.80	2.60<L≤2.80	3.3	3.7
			1.60<A≤1.80	5.69<H≤5.80	4.10<L≤4.30	3.6	4.1
			1.80<A≤1.90	5.69<H≤5.80	2.80<L≤2.90	3.6	3.9
			1.80<A≤1.90	5.69<H≤5.80	4.30<L≤4.40	4	4.3
			1.96<A≤2.10	5.80<H≤6.00	2.40<L≤2.50	3.9	4.4
	2.10<A≤2.24	5.80<H≤6.00	2.50<L≤2.60	4.2	4.6		
	216.3	165.2	1.96<A≤2.10	5.80<H≤6.00	2.40<L≤4.00	3.4	3.8
			2.10<A≤2.24	5.80<H≤6.00	4.00<L≤4.10	3.6	4
			2.24<A≤2.52	5.80<H≤6.00	2.60<L≤2.80	3.5	4
			2.52<A≤2.66	5.80<H≤6.00	2.80<L≤2.90	3.9	4.2
267.4	190.7	2.24<A≤2.52	5.80<H≤6.00	4.10<L≤4.30	2.6	2.9	
		2.52<A≤2.66	5.80<H≤6.00	4.30<L≤4.40	2.8	3.1	

表-3.2 (d) 標識柱の限界板厚 (T型)

種別	支柱径 φmm	梁径 φmm	標識板面積 Am <sup>2</sup>	支柱高さ Hm	梁長さ Lm	限界板厚 (t,mm)	
						最小値	最大値
T型 (外照無し)	318.5	165.2	5.76<A≤6.30	H≤7.10	5.20<L≤5.50	4.5	4.93.1
			6.30<A≤6.84	H≤7.10	5.50<L≤5.80	4.9	5.2
			6.84<A≤10.08	7.10<H≤7.30	5.80<L≤6.80	5.2	7.7
			10.08<A≤10.50	7.10<H≤7.30	6.80<L≤7.00	7.5	8.0
T型 (外照有り)	318.5	165.2	5.76<A≤6.30	H≤7.10	5.20<L≤5.50	4.9	5.3
			6.30<A≤6.84	H≤7.10	5.50<L≤5.80	5.3	5.6
			6.84<A≤10.08	7.10<H≤7.30	5.80<L≤6.80	5.6	8.1
			10.08<A≤10.50	7.10<H≤7.30	6.80<L≤7.00	7.9	8.4



表-3.2 (e) 標識柱の限界板厚（門型）

種別	支柱径 φmm	梁径 Φmm	支柱間隔 Bmm	標識板面積 Am <sup>2</sup>	支柱高さ Hm	梁長さ Lm	限界板厚 (t,mm)		
							最小値	最大値	
門型 (TYPE I) (外照無し)	139.8	60.5	800≤B <1,000	9.00<A≤10.98	H≤7.00	10.0<L≤11.10	3.9	4.6	
		76.3		10.98<A≤21.42	H≤7.00	11.10<L≤16.90	2.0	3.4	
	216.3	101.6		21.42<A≤30.60	H≤7.00	16.90<L≤22.00	3.4	4.7	
		139.8		30.60<A≤41.76	H≤7.00	22.00<L≤28.20	3.1	4.1	
	267.4	139.8		41.76<A≤48.06	H≤7.00	28.20<L≤31.70	4.1	4.7	
		165.2		48.06<A≤56.16	H≤7.00	31.70<L≤36.20	4.7	5.4	
	139.8	60.5	1,000 ≤B	10.50<A≤10.71	7.00<H≤7.25	10.00<L≤10.10	4.5	4.7	
		76.3		10.71<A≤23.94	7.00<H≤7.25	10.10<L≤16.40	1.9	3.8	
		216.3		101.6	23.94<A≤36.12	7.00<H≤7.25	16.40<L≤22.20	3.8	4.6
				139.8	36.12<A≤50.19	7.00<H≤7.25	22.20<L≤28.90	3.6	5.0
		267.4		139.8	50.19<A≤58.38	7.00<H≤7.25	28.90<L≤32.80	4.9	5.8
				318.5	165.2	58.38<A≤68.67	7.00<H≤7.25	32.80<L≤37.70	3.9
門型 (TYPE II) (外照無し)	139.8	60.5	800≤B <1,000	5.40<A≤6.12	H≤7.00	10.00<L≤10.40	2.8	3.1	
		76.3		6.12<A≤20.88	H≤7.00	10.40<L≤18.60	1.4	3.4	
	216.3	101.6		20.88<A≤28.80	H≤7.00	18.60<L≤24.00	3.4	4.6	
		139.8		28.80<A≤37.26	H≤7.00	24.00<L≤28.70	4.7	5.9	
	267.4	139.8	1,000 ≤B	37.26<A≤45.18	H≤7.00	28.70<L≤35.10	3.8	4.6	
	139.8	60.5		6.30<A≤7.35	7.00<H≤7.25	10.00<L≤10.50	3.1	3.6	
		76.3		7.35<A≤23.31	7.00<H≤7.25	10.50<L≤18.10	1.5	3.8	
	216.3	101.6		23.31<A≤34.65	7.00<H≤7.25	18.10<L≤24.50	3.8	5.6	
		139.8		34.65<A≤49.14	7.00<H≤7.25	24.50<L≤31.40	3.6	5.0	
	267.4	139.8		49.14<A≤55.44	7.00<H≤7.25	31.40<L≤36.40	4.9	5.7	
	門型 (TYPE III) (外照無し)	114.3	60.5	800≤B <1,000	2.70<A≤2.97	H≤7.00	10.00<L≤10.30	3.0	3.1
			165.2		76.3	2.97<A≤13.14	H≤7.00	10.30<L≤22.60	1.6
216.3		101.6	13.14<A≤18.45		H≤7.00	22.60<L≤28.50	2.7	3.6	
		139.8	18.45<A≤22.23		H≤7.00	28.50<L≤34.70	3.8	4.6	
114.3		60.5	1,000 ≤B	3.15<A≤3.68	7.00<H≤7.25	10.00<L≤10.50	3.2	3.7	
		165.2		76.3	3.68<A≤15.23	7.00<H≤7.25	10.50<L≤21.50	1.8	5.2
		216.3		101.6	15.23<A≤22.05	7.00<H≤7.25	21.50<L≤29.00	3.0	4.2
				139.8	22.05<A≤29.30	7.00<H≤7.25	29.00<L≤37.90	4.3	5.9

※支柱間隔は、狭いほうが限界板厚に対して安全側の評価となるため、最小値を用いて限界板厚最大値を算出している。その他のパラメータは、最大値を用いて限界板厚最大値を算出している。

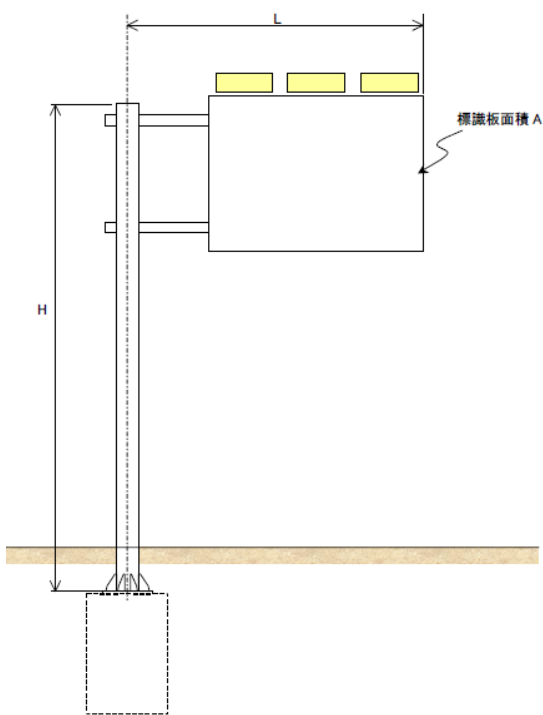


図-3.1 F型標識柱の寸法図

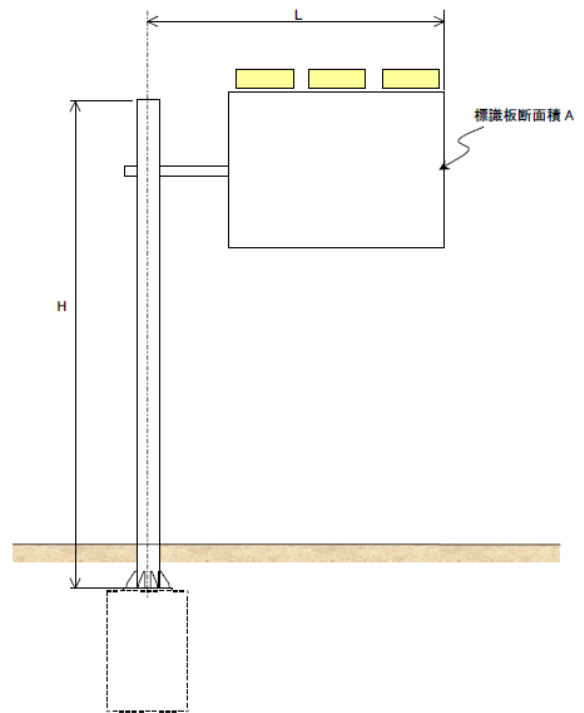


図-3.2 逆L型標識柱の寸法図

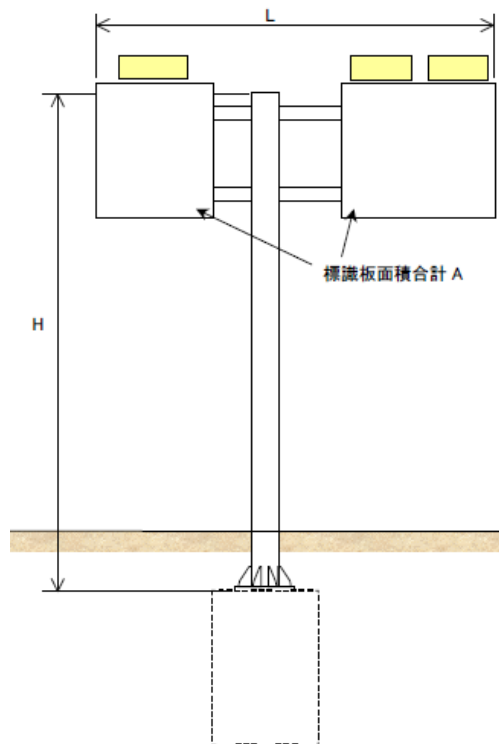


図-3.3 T型標識柱の寸法図

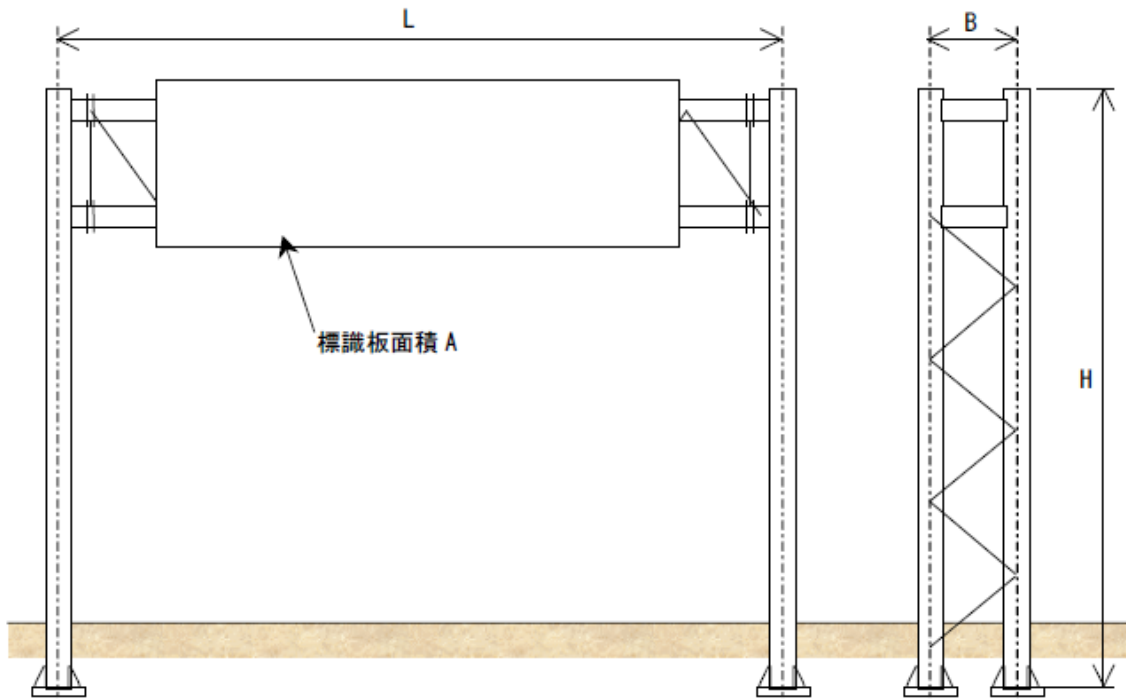


図-3.4 門型標識柱 (TYPE I) の寸法図

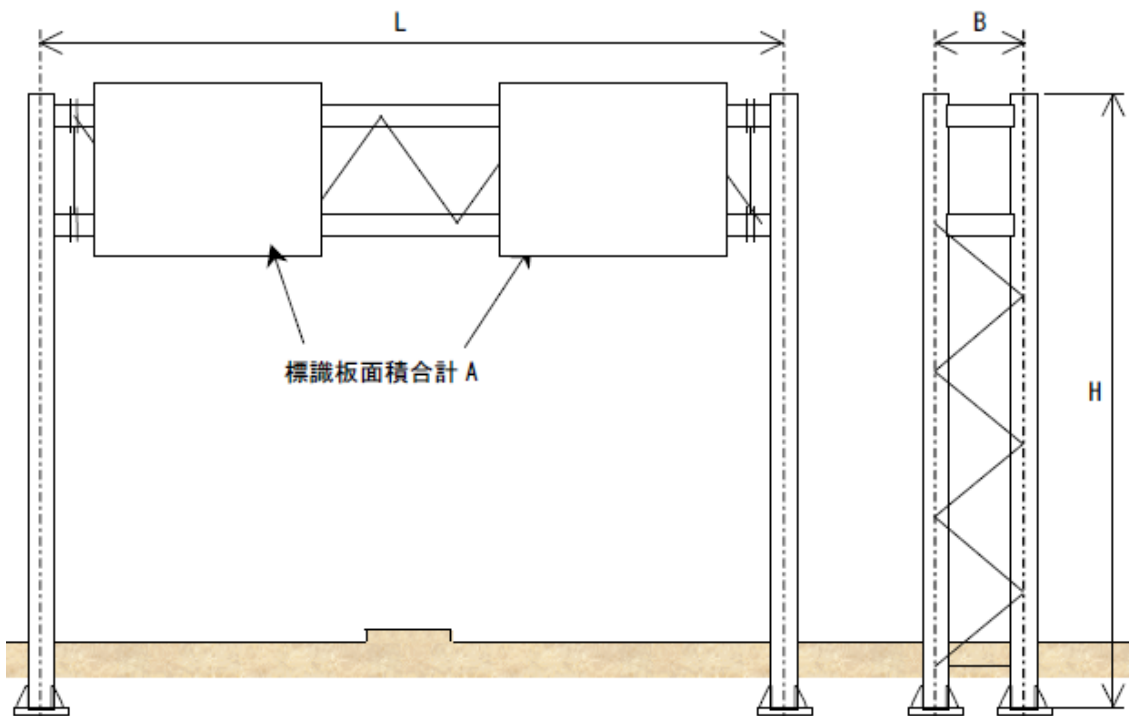


図-3.5 門型標識柱 (TYPE II) の寸法図

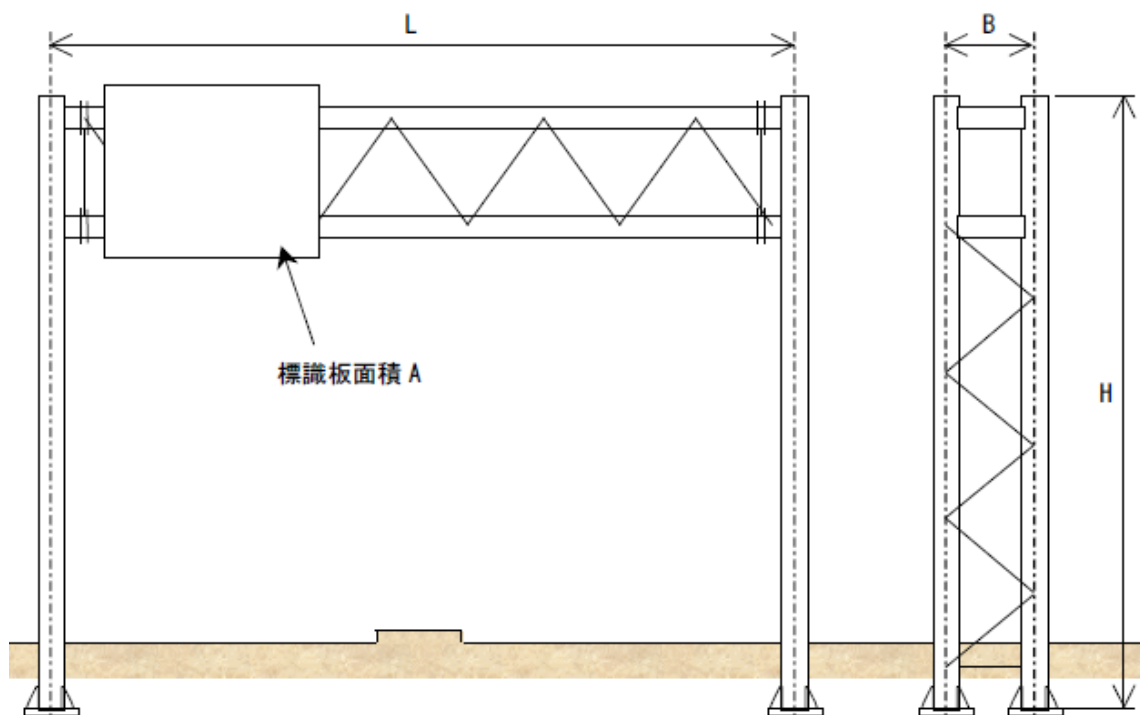


図-3.6 門型標識柱（TYPEⅢ）の寸法図

(3) F型標識柱の限界板厚算出例

①設計条件

F型標識柱の限界板厚は、(社)日本道路協会「道路標識設置基準・同解説 昭和62年1月」に従って算出する。

ア) 荷重

道路標識の設計に用いる設計外力としては、固定荷重と風荷重を考慮する。

a) 固定荷重

(i) 標示板単位面積当り重量(片持式、門型式、複柱式、歩道橋添架式)

アルミ板を基盤とし、取付金具を含む . . . . . 196.1N/m<sup>2</sup>

(ii) その他は、それぞれの重量による。

b) 風荷重

$$P_0 = \frac{1}{16} \cdot V^2 \cdot C_D \cdot 9.80665$$

ここに、

P<sub>0</sub> : 有効投影面積当り風荷重 (N/m<sup>2</sup>)

V : 設計風速 路側式、複柱式 . . . . . 40m/sec

片持式、門型式、歩道橋添架式 . . . . . 50m/sec

C<sub>D</sub> : 抗力係数 支柱(丸形断面の場合) . . . . . 0.7

標示板 . . . . . 1.2

以上から、単位面積当りの風荷重は次のようになる。

表-3.3 風荷重の大きさ

対象 \ 形式 (設計風速)	路側式 複柱式 (40m/sec)	*片持式 門型式 歩道橋添架式 (50m/sec)	摘要
	支柱	686 N/m <sup>2</sup>	
標示板	1177 N/m <sup>2</sup>	1839 N/m <sup>2</sup>	ピン構造の吊下げ 式は別途考慮する

\*両持式(T型式)標識も含む。

②許容応力度

鋼材の許容応力度は、次のとおりである。

表-3.4 鋼材の許容応力度

材質	板厚 (mm)	長期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )				短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
		引張	圧縮*	曲げ	せん断	
SS400 STK400	40mm以下	156.7	156.7	156.7	90.5	長期許容応力度の1.5倍
	40mmを超え 100mm以下	143.3	143.3	143.3	82.8	

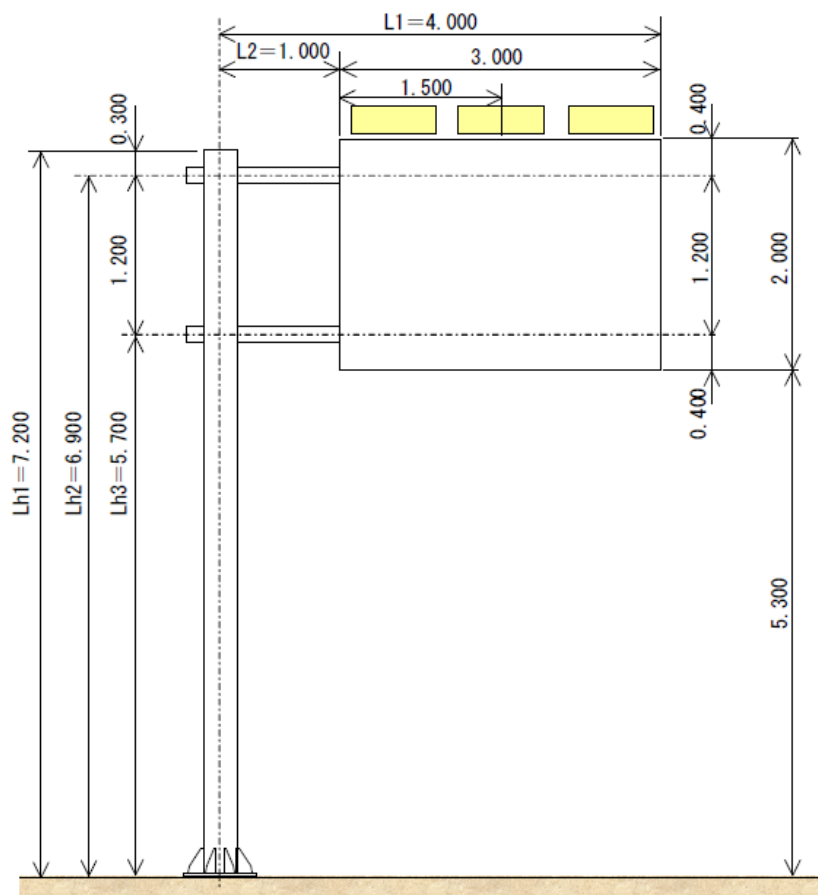
\*細長比による低減を考慮すること(表-4 参照)

表-3.5 許容圧縮応力度 $f_c$  ( $F$ 値=235N/mm<sup>2</sup>) \*

$\lambda$	$f_c$	$\lambda$	$f_c$	$\lambda$	$f_c$	$\lambda$	$f_c$	$\lambda$	$f_c$
1	156	51	134	101	85.1	151	40.9	201	23.1
2	156	52	133	102	84.1	152	40.4	202	22.8
3	156	53	132	103	83.0	153	39.9	203	22.6
4	156	54	132	104	81.9	154	39.3	204	22.4
5	156	55	131	105	80.8	155	38.8	205	22.2
6	156	56	130	106	79.8	156	38.3	206	22.0
7	156	57	129	107	78.7	157	37.8	207	21.7
8	156	58	128	108	77.6	158	37.4	208	21.5
9	155	59	127	109	76.5	159	36.9	209	21.3
10	155	60	126	110	75.5	160	36.4	210	21.1
11	155	61	125	111	74.4	161	36.0	211	20.9
12	155	62	124	112	73.3	162	35.5	212	20.7
13	155	63	124	113	72.3	163	35.1	213	20.5
14	154	64	123	114	71.2	164	34.7	214	20.3
15	154	65	122	115	70.1	165	34.3	215	20.2
16	154	66	121	116	69.1	166	33.8	216	20.0
17	154	67	120	117	68.0	167	33.4	217	19.8
18	153	68	119	118	66.9	168	33.0	218	19.6
19	153	69	118	119	65.9	169	32.7	219	19.4
20	153	70	117	120	64.8	170	32.3	220	19.2
21	152	71	116	121	63.7	171	31.9	221	19.1
22	152	72	115	122	62.7	172	31.5	222	18.9
23	151	73	114	123	61.7	173	31.2	223	18.7
24	151	74	113	124	60.7	174	30.8	224	18.6
25	151	75	112	125	59.7	175	30.5	225	18.4
26	150	76	111	126	58.8	176	30.1	226	18.2
27	150	77	110	127	57.9	177	29.8	227	18.1
28	149	78	109	128	57.0	178	29.4	228	17.9
29	149	79	108	129	56.1	179	29.1	229	17.8
30	148	80	107	130	55.2	180	28.8	230	17.6
31	148	81	106	131	54.4	181	28.5	231	17.5
32	147	82	105	132	53.6	182	28.1	232	17.3
33	146	83	104	133	52.8	183	27.8	233	17.2
34	146	84	103	134	52.0	184	27.5	234	17.0
35	145	85	102	135	51.2	185	27.2	235	16.9
36	145	86	101	136	50.5	186	26.9	236	16.7
37	144	87	100	137	49.7	187	26.7	237	16.6
38	143	88	99.0	138	49.0	188	26.4	238	16.4
39	143	89	98.0	139	48.3	189	26.1	239	16.3
40	142	90	96.9	140	47.6	190	25.8	240	16.2
41	141	91	95.9	141	46.9	191	25.6	241	16.0
42	141	92	94.8	142	46.3	192	25.3	242	15.9
43	140	93	93.7	143	45.6	193	25.0	243	15.8
44	139	94	92.7	144	45.0	194	24.8	244	15.6
45	139	95	91.5	145	44.4	195	24.5	245	15.5
46	138	96	90.5	146	43.8	196	24.3	246	15.4
47	137	97	89.4	147	43.2	197	24.0	247	15.3
48	136	98	88.4	148	42.6	198	23.8	248	15.1
49	136	99	87.3	149	42.0	199	23.5	249	15.0
50	135	100	86.2	150	41.5	200	23.3	250	14.9

※「SI 単位版 鋼構造設計規準 2002 年2 月 日本建築学会」より

### ③形状寸法



標識板 : 大きさ $2.000\text{m} \times 3.000\text{m}$ 、単位体積重量 $196.1\text{N}/\text{m}^3$

外照灯具 : 受圧面積 $0.190\text{m}^2/\text{灯}$ 、単位体積重量 $686.5\text{N}$

梁主材 : 外径 $\phi = 165.2\text{mm}$ 、板厚 $t = 4.5\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_1 = 174.9\text{N}/\text{m}$ 、鋼種STK400

梁つなぎ材 : 外径 $\phi = 89.1\text{mm}$ 、板厚 $t = 3.2\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_0 = 66.5\text{N}/\text{m}$ 、鋼種STK400

柱主材 : 外径 $\phi = 267.4\text{mm}$ 、板厚 $t = 9.3\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_3 = 580.5\text{N}/\text{m}$ 、鋼種STK400

#### ④荷重の算定

##### ア) 梁に作用する荷重

###### a) 固定荷重 (フランジ部は無視する)

標識板  $W_1 = 2.000\text{m} \times 3.000\text{m} \times 196.1\text{N/m}^2 = 1176.8\text{N}$

外照灯具  $W_2 = 686.5\text{N/灯} \times 2\text{灯} = 1372.9\text{N}$

つなぎ材  $W_3 = \omega_0 \times 2\text{本} \times 1.200\text{m} = 66.5\text{N/m} \times 2\text{本} \times 1.200\text{m} = 159.5\text{N}$

合計  $W_4 = 2709.3\text{N}$

梁材  $\omega_1 = 174.9\text{N/m}$

###### b) 風荷重 (フランジ部は無視する)

標識板  $P_1 = 2.000\text{m} \times 3.000\text{m} \times 1839\text{N/m}^2 = 11034\text{N}$

外照灯具  $P_2 = 0.190\text{m/灯} \times 2\text{灯} \times 1839\text{N/m}^2 = 698.8\text{N}$

合計  $P_3 = 11732.8\text{N}$

梁材  $\omega_2 = 0.1652\text{m} \times 1073\text{N/m}^2 = 177.3\text{N/m}$

###### c) 梁付根部に発生する断面力

つなぎ材を無視して、単一材による片持ち梁として計算する。

また、荷重は上梁、下梁に等分布として計算する。

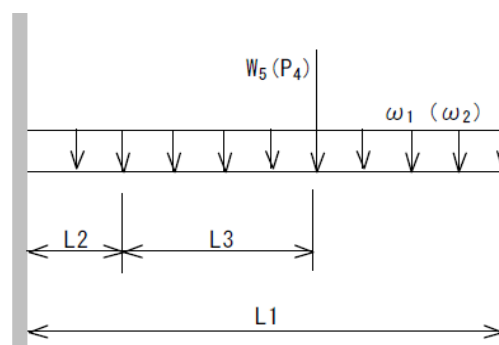


図-3.7 梁の荷重作用図

###### (i) 鉛直荷重

$$W_5 = \frac{W_4}{2} = \frac{2709.3\text{N}}{2} = 1354.6\text{N}$$

$$\omega_1 = 174.9\text{N/m}$$

###### (ii) 水平荷重

$$P_4 = \frac{P_3}{2} = \frac{11732.8\text{N}}{2} = 5866.4\text{N}$$

$$\omega_2 = 177.3\text{N/m}$$



(iii) 梁付根部に発生する断面力

固定時反力

$$R_{y1} = W_5 + \omega_1 \times L1 = 1354.6\text{N} + 174.9\text{N/m} \times 4.000\text{m} = 2054.2\text{N}$$

固定時曲げモーメント

$$\begin{aligned} M_{y1} &= W_5 \times (L2 + L3) + \frac{\omega_1 \times L1^2}{2} \\ &= 1354.6\text{N} \times (1.000\text{m} + 1.500\text{m}) + \frac{174.9\text{N/m} \times 4.000^2 \text{m}}{2} \\ &= 4785.7\text{N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

風時反力

$$R_{x1} = P_4 + \omega_2 \times L2 = 5866.4\text{N} + 177.3\text{N/m} \times 1.000\text{m} = 6043.7\text{N}$$

風時曲げモーメント

$$\begin{aligned} M_{x1} &= P_4 \times (L2 + L3) + \frac{\omega_2 \times L2^2}{2} \\ &= 5866.4\text{N} \times (1.000\text{m} + 1.500\text{m}) + \frac{177.3\text{N/m} \times 1.000^2 \text{m}}{2} \\ &= 14754.7\text{N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

イ) 柱に作用する荷重

a) 固定荷重

$$\text{梁反力} \quad R_{y1} = R_{y2} = 2054.2\text{N}$$

$$\text{梁曲げモーメント} \quad M_{y1} = M_{y2} = 4785.7\text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{柱材} \quad \omega_3 = 580.5\text{N/m}$$

b) 風荷重

$$\text{梁反力} \quad R_{x1} = R_{x2} = 6043.7\text{N}$$

$$\text{梁曲げモーメント} \quad M_{x1} = M_{x2} = 14754.7\text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{柱材} \quad \omega_4 = 0.2674\text{m} \times 1073\text{N/m}^2 = 286.9\text{N/m}$$

c) 柱下端に発生する断面力

集中荷重及び等分布荷重により柱下端の断面力を算出する。

$$\begin{aligned} \text{鉛直力} \quad N_1 &= R_{y1} + R_{y2} + \omega_3 \times L_{h1} \\ &= 2054.2\text{N} + 2054.2\text{N} + 580.5\text{N/m} \times 7.200\text{m} = 8288.1\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平力} \quad H_1 &= R_{x1} + R_{x2} + \omega_4 \times L_{h1} \\ &= 6043.7\text{N} + 6043.7\text{N} + 286.9\text{N/m} \times 7.200\text{m} = 14153.2\text{N} \end{aligned}$$

固定時曲げモーメント  $M_{y3} = M_{y1} + M_{y2}$

$$= 4785.7\text{N}\cdot\text{m} + 4785.7\text{N}\cdot\text{m} = 9571.5\text{N}\cdot\text{m}$$

風時曲げモーメント  $M_{x3} = R_{x1} (L_{h2} + L_{h3}) + \frac{\omega_4 \times L_{h1}^2}{2}$

$$= 6043.7\text{N} \times (6.900\text{m} + 5.700\text{m}) + \frac{286.9\text{N/m} \times 7.200^2\text{m}}{2}$$

$$= 83587.2\text{N}\cdot\text{m}$$

風時回転モーメント  $M_{t1} = M_{x1} + M_{x2} = 14754.7\text{N}\cdot\text{m} + 14754.7\text{N}\cdot\text{m}$

$$= 29509.3\text{N}\cdot\text{m}$$

合成曲げモーメント  $M_1 = \sqrt{M_{y3}^2 + M_{x3}^2} = \sqrt{9571.5^2\text{N}\cdot\text{m} + 83587.2^2\text{N}\cdot\text{m}}$

$$= 84133.4\text{N}\cdot\text{m}$$

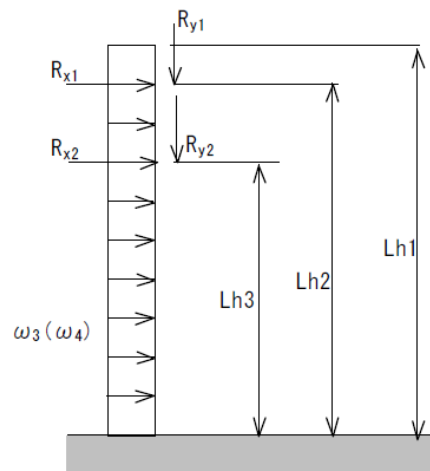


図-3.8 柱の荷重作用図

### ⑤限界板厚の算定

組合せ応力度による限界板厚，最大せん断応力度による限界板厚，及び最大合成応力度による限界板厚のうち，最も大きいものを当該標識柱の限界板厚とする。

#### ア) 組合せ応力度による限界板厚

次に示す照査式の左項が1.00 となる板厚 $t$ を算出する。

$$\text{照査式：} \left( \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5} \leq 1.00$$

ここに、

$\sigma_c$ ：圧縮応力度  $c\sigma_b$ ：曲げ応力度  $f_c$ ：許容圧縮応力度  $f_b$ ：許容曲げ応力度

柱の板厚を  $t=7.04\text{mm}$ と仮定すると、柱の断面定数は以下のとおりとなる。

柱の径	$\phi = 267.4\text{mm}$
板厚	$t = 7.04\text{mm}$
断面積	$A = 5758.3\text{mm}^2$
断面係数	$Z = 365208.9\text{mm}^3$
断面極2次モーメント	$I_P = 97656856.5\text{mm}^4$
断面2次半径	$r = 92.1\text{mm}$
座屈長(上下梁の中心から柱下端までとする)	$L_k = 12600.0\text{mm}$
圧縮材の細長比	$\lambda = 137.0$

よって、表-3.4及び表-3.5より、許容曲げ応力度、許容圧縮応力度は次のとおりとなる。

許容圧縮応力度	$f_c = 49.7\text{N/mm}^2$ (長期)
許容曲げ応力度	$f_b = 156.7\text{N/mm}^2$ (長期)

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力度 } \sigma_c &= \frac{N_1}{A} = \frac{8288.1\text{N}}{5758.3\text{mm}^2} = 1.4\text{N/mm}^2 \\ \text{曲げ応力度 } c\sigma_b &= \frac{M_1}{Z} = \frac{84133430.5\text{N}}{365208.9\text{mm}^3} = 230.4\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{照査式：} & \left( \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5} \\ &= \left( \frac{1.4\text{N/mm}^2}{49.7\text{N/mm}^2} + \frac{230.4\text{N/mm}^2}{156.7\text{N/mm}^2} \right) \frac{1}{1.5} = 1.00 \end{aligned}$$

よって、組合せ応力度による限界板厚は、 $t_{L1}=7.04\text{mm}$  となる。

イ) 最大せん断応力度による限界板厚

次に示す照査式の左項が1.00となる板厚tを算出する。

$$\text{照査式: } \frac{\tau_{\max}}{f_s \times 1.5} \leq 1.00$$

ここに、

$\tau_{\max}$  : 最大せん断応力度

$f_s$  : 許容せん断応力度

柱の板厚を $t=6.32\text{mm}$ と仮定すると、柱の断面定数は以下のとおりとなる。

柱の径  $\phi = 267.4\text{mm}$

板厚  $t = 6.32\text{mm}$

断面積  $A = 5183.7\text{mm}^2$

断面係数  $Z = 330537.5\text{mm}^3$

断面極2次モーメント  $I_P = 88385737.0\text{mm}^4$

表-3.4より、許容せん断応力は次のとおりである。

許容せん断応力度  $f_s = 90.5\text{N/mm}^2$  (長期)

圧縮応力度  $\sigma_c = \frac{N_1}{A} = \frac{8288.1\text{N}}{5183.7\text{mm}^2} = 1.6\text{N/mm}^2$

曲げ応力度  $\sigma_b = \frac{M_1}{Z} = \frac{84133430.5\text{N}}{330537.5\text{mm}^3} = 254.5\text{N/mm}^2$

組合せ応力度  $\sigma = \sigma_c + \sigma_b = 1.6\text{N/mm}^2 + 254.5\text{N/mm}^2 = 256.1\text{N/mm}^2$

ねじれせん断応力度  $\tau = \frac{Mt_1}{I_P} \times \frac{\phi}{2} = \frac{29509309.6\text{N}\cdot\text{mm}}{88385737.0\text{mm}^4} \times \frac{267.4\text{N/mm}}{2}$   
 $= 44.6\text{N/mm}^2$

最大せん断応力度  $\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4 \times \tau^2}$   
 $= \frac{1}{2} \sqrt{256.1^2\text{N/mm}^2 + 4 \times 44.6^2\text{N/mm}^2} = 135.6\text{N/mm}^2$

照査式:  $\frac{\tau_{\max}}{f_s \times 1.5} = \frac{135.6\text{N/mm}^2}{90.5\text{N/mm}^2 \times 1.5} = 1.00$

よって、最大せん断応力度による限界板厚は、 $t_{L2} = 6.32\text{mm}$ となる。

ウ) 最大合成応力度による限界板厚

次に示す照査式の左項が1.00となる板厚  $t$  を算出する。

$$\text{照査式: } \frac{\sigma_{\max}}{f_b \times 1.5} \leq 1.00$$

ここに、

$\sigma_{\max}$  : 最大合成応力度       $f_b$  : 許容曲げ応力度

柱の板厚を  $t = 7.16\text{mm}$  と仮定すると、柱の断面定数は以下のとおりとなる。

柱の径	$\phi = 267.4\text{mm}$
板厚	$t = 7.16\text{mm}$
断面積	$A = 5853.8\text{mm}^2$
断面係数	$Z = 370930.3\text{mm}^3$
断面極2次モーメント	$I_p = 99186753.9\text{mm}^4$

表-3.4より、許容曲げ応力度は次のとおりである。

許容曲げ応力度       $f_b = 156.7\text{N/mm}^2$  (長期)

$$\text{圧縮応力度 } \sigma_c = \frac{N_1}{A} = \frac{8288.1\text{N}}{5853.8\text{mm}^2} = 1.4\text{N/mm}^2$$

$$\text{曲げ応力度 } \sigma_b = \frac{M_1}{Z} = \frac{84133430.5\text{N}}{370930.3\text{mm}^3} = 226.8\text{N/mm}^2$$

$$\text{組合せ応力度 } \sigma = \sigma_c + \sigma_b = 1.4\text{N/mm}^2 + 226.8\text{N/mm}^2 = 228.2\text{N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{ねじれせん断応力度 } \tau &= \frac{Mt_1}{I_p} \times \frac{\phi}{2} = \frac{29509309.6\text{N} \cdot \text{mm}}{99186753.9\text{mm}^4} \times \frac{267.4\text{N/mm}}{2} \\ &= 39.8\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{最大せん断応力度 } \tau_{\max} &= \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4 \times \tau^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{228.2^2\text{N/mm}^2 + 4 \times 39.8^2\text{N/mm}^2} = 120.9\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{最大合成応力度 } \sigma_{\max} &= \frac{\sigma}{2} + \tau_{\max} \\ &= \frac{228.2\text{N/mm}^2}{2} + 120.9\text{N/mm}^2 = 235.0\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{照査式: } \frac{\sigma_{\max}}{f_b \times 1.5} = \frac{235\text{N/mm}^2}{156.7\text{N/mm}^2 \times 1.5} = 1.00$$

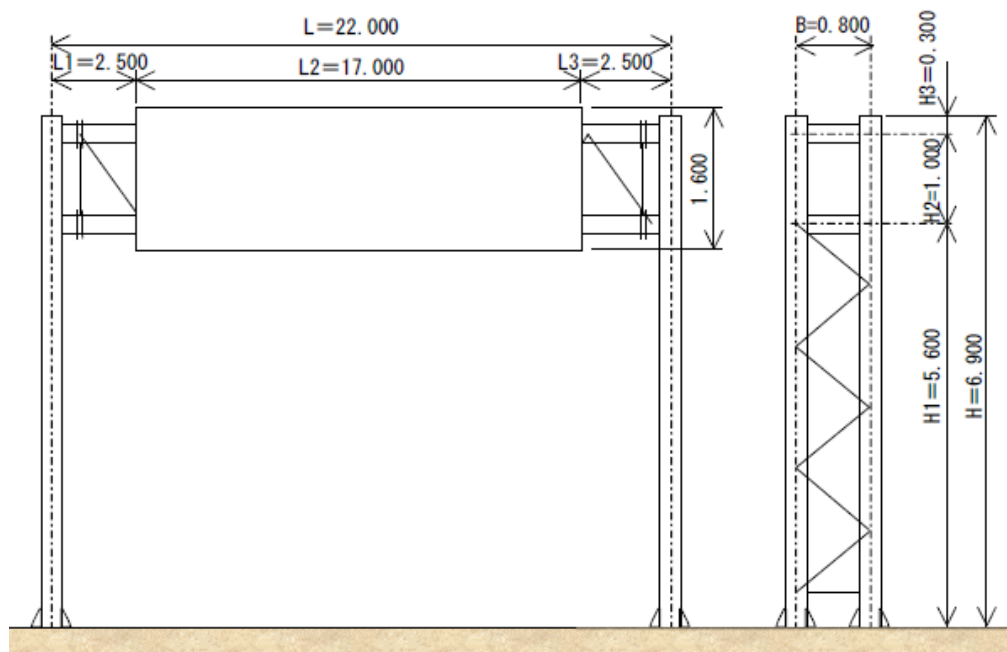
よって、最大合成応力度による限界板厚  $t_{L3}$  は、 $t_{L3} = 7.16\text{mm}$  となる。

$t_{L3} > t_{L1} > t_{L2}$  より、本標識柱の限界板厚  $t_L$  は、

$t_L = t_{L3} = 7.16\text{mm} \doteq 7.2\text{mm}$  (小数第2位を繰り上げ) となる。

(6) 門型標識柱の限界板厚算出例

①形状寸法



標識板 : 大きさ $1.600\text{m} \times 17.000\text{m}$ , 単位体積重量 $= 196.1\text{N/m}^2$

梁主材 : 外径 $\phi = 89.1\text{mm}$ 、板厚 $t = 4.2\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_1 = 86.2\text{N/m}$ 、鋼種STK400

梁側面材 : 外径 $\phi = 34.0\text{mm}$ 、板厚 $t = 2.3\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_{1s} = 17.6\text{N/m}$ 、鋼種STK400

梁上下面材 : 外径 $\phi = 34.0\text{mm}$ 、板厚 $t = 2.3\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_{1u} = 17.6\text{N/m}$ 、鋼種STK400

柱主材 : 外径 $\phi = 216.3\text{mm}$ 、板厚 $t = 5.8\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_2 = 295.3\text{N/m}$ 、鋼種STK400

柱材 : 外径 $\phi = 42.7\text{mm}$ 、板厚 $t = 2.3\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_{2'} = 22.5\text{N/m}$ 、鋼種STK400

②荷重の算定

ア) 梁に作用する荷重

a) 固定荷重

標識板  $\omega_{z1} = H4 \times 196.1\text{N}/\text{m}^2 = 1.600\text{m} \times 196.1\text{N}/\text{m}^2 = 313.8\text{N}/\text{m}$

梁材  $\omega_{z2} = \text{梁主材} + \text{側面ラチ材} + \text{上下面ラチ材}$   
 $= 345.0\text{N}/\text{m} + 70.5\text{N}/\text{m} + 60.3\text{N}/\text{m} = 475.7\text{N}/\text{m}$

梁主材  $\omega_1 \times 4\text{本} = 86.2\text{N}/\text{m} \times 4\text{本} = 345.0\text{N}/\text{m}$

側面ラチ材  $\omega_{1s} \times 2\text{面} / \cos \alpha = 17.6\text{N}/\text{m} \times 2\text{面} / 0.500 = 70.5\text{N}/\text{m}$

上下面ラチ材  $\omega_{1u} \times 2\text{面} / \cos \theta = 17.6\text{N}/\text{m} \times 2\text{面} / 0.585 = 60.3\text{N}/\text{m}$

b) 風荷重 (フランジ部は無視する。)

標識板  $\omega_{x1} = H4 \times 1839\text{N}/\text{m}^2 = 1.600\text{m} \times 1839.0\text{N}/\text{m}^2 = 2942.4\text{N}/\text{m}$

梁材  $\omega_{x2} = \text{梁主材} + \text{側面ラチ材}$   
 $= 382.4\text{N}/\text{m} + 145.9\text{N}/\text{m} = 528.3\text{N}/\text{m}$

梁主材  $\phi \times 1073\text{N}/\text{m}^2 \times 4\text{本} = 0.0891\text{m} \times 1073\text{N}/\text{m}^2 \times 4\text{本} = 382.4\text{N}/\text{m}$

側面ラチ材  $\phi \times 1073\text{N}/\text{m}^2 \times 2\text{面} / \cos \alpha$   
 $= 0.034\text{m} \times 1073\text{N}/\text{m}^2 \times 2\text{面} / 0.500 = 145.9\text{N}/\text{m}$

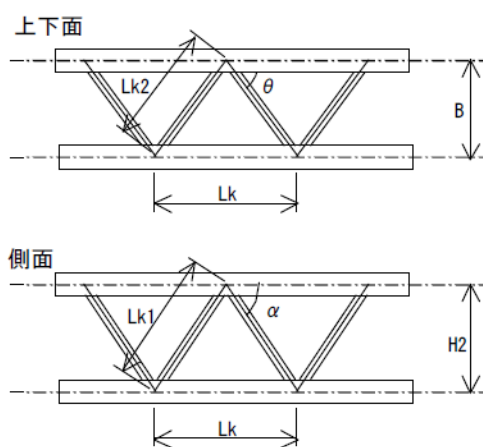


図-3.9 梁ラチス材の寸法図

$L_k = 1.155\text{m}$

$L_{k1} = 1.155\text{m}$

$L_{k2} = 0.987\text{m}$

$B = 0.800\text{m}$

$H_2 = 1.000\text{m}$

$\cos \alpha = 0.500$

$\cos \theta = 0.585$

c) 梁付根部に発生する断面力

(i) 固定時

$$\begin{aligned}
 \text{固定時反力 } R_{Bz} = R_{Cz} &= \frac{1}{2} \times \omega_{z1} \times L_2 + \frac{1}{2} \times \omega_{z2} \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 313.8 \text{N/m} \times 17.000 \\
 &\times + \frac{1}{2} \times 475.7 \text{N/m} \times 22.000 \text{m} = 7900.4 \text{N}
 \end{aligned}$$

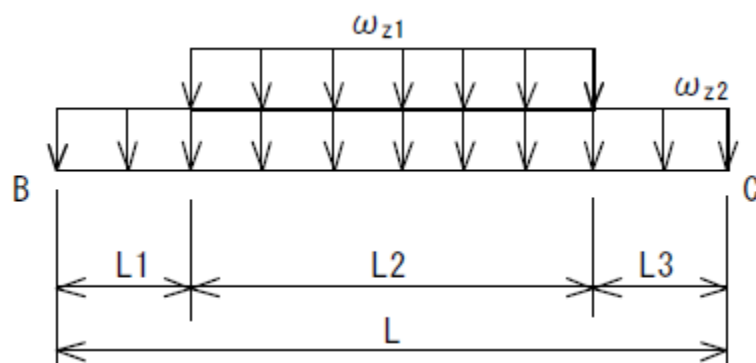


図-3.10 梁の荷重作用状態（固定時）

(ii) 風時

$$\begin{aligned}
 \text{風時反力 } R_{Bx} = R_{Cx} &= \frac{1}{2} \times \omega_{x1} \times L_2 + \frac{1}{2} \times \omega_{x2} \times (L1 + L3) \\
 &= \frac{1}{2} \times 2942.4 \text{N/m} \times 17.000 \\
 &+ \frac{1}{2} \times 528.3 \text{N/m} \times (2.500 + 2.500 \text{m}) = 26331.2 \text{N}
 \end{aligned}$$

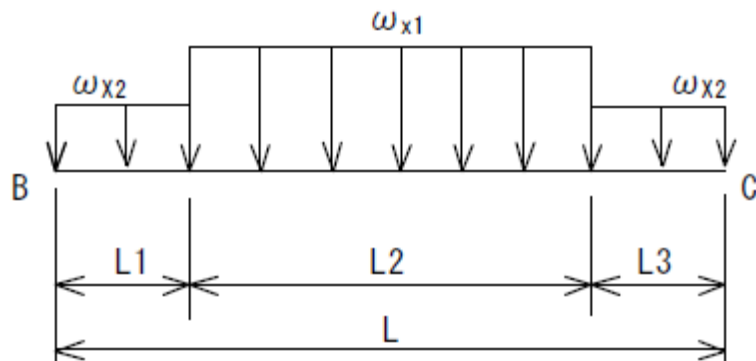


図-3.11 梁の荷重作用状態（風時）



イ) 柱に作用する荷重

a) 固定荷重

梁反力  $R_{BZ} = 7900.4\text{N}$

柱材  $\omega_{Z3} = \text{柱主材} + \text{柱ラチ材} = 590.5\text{N/m} + 31.8\text{N/m} = 622.3\text{N/m}$

柱主材  $\omega_2 \times 2\text{本} = 295.3\text{N/m} \times 2\text{本} = 590.5\text{N/m}$

柱ラチ材  $\omega_2' / \cos \beta = 22.5\text{N/m} / 0.707 = 31.8\text{N/m}$

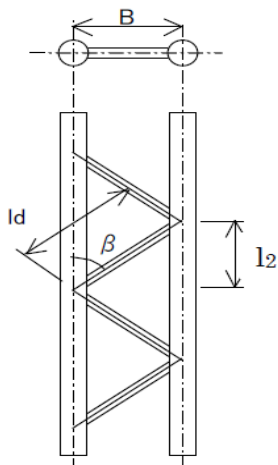


図-3.12 柱ラチス材の寸法図

$B = 0.800\text{m}$

$l_d = 1.131\text{m}$

$l_2 = 0.800\text{m}$

$\cos \beta = 0.707$

b) 風荷重

梁反力  $R_{BX} = 26331.2\text{N}$

柱材  $\omega_{X3} = \phi \times 1073\text{N/m}^2 \times 2\text{本} = 0.2163\text{m} \times 1073\text{N/m}^2 \times 2\text{本} = 464.2\text{N/m}$

c) 柱下端に発生する断面力

鉛直力  $N_{AZ} = R_{BZ} + \omega_{Z3} \times H$   
 $= 7900.4\text{N} + 622.3\text{N/m} \times 6.900\text{m} = 12194.4\text{N}$

水平力  $H_{AX} = R_{BX} + \omega_{X3} \times H$   
 $= 26331.2\text{N} + 464.2\text{N/m} \times 6.900\text{m} = 29534.0\text{N}$

風時曲げモーメント  $M_{AX} = R_{BX} \times H + \frac{1}{2} \omega_{X3} \times H^2$   
 $= 26331.2\text{N} \times 6.100\text{m} + \frac{1}{2} \times 464.2\text{N/m} \times 6.900^2\text{m}$   
 $= 171670.1\text{N}\cdot\text{m}$

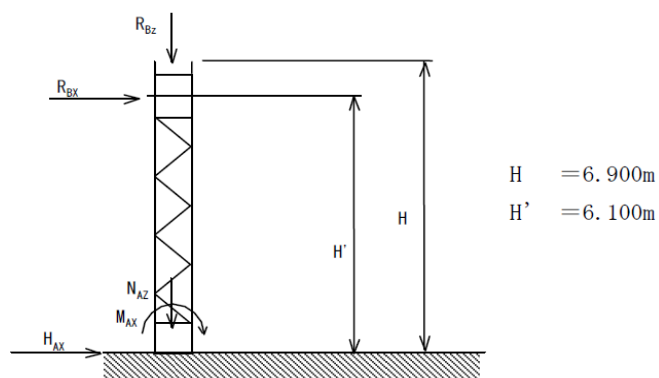


図-3.13 柱に作用する断面力図

ウ) 斜風時における断面力

柱脚部を反固定と仮定し、反曲点高比を75%とする。

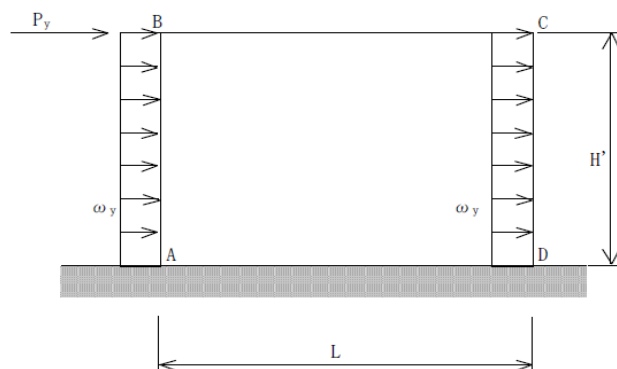


図-3.14 斜風時における荷重作用図

$$\text{梁反力} \quad P_y = \frac{1}{2} \times (R_{Bx} \times 2 \text{本}) = \frac{1}{2} \times (26331.2\text{N} \times 2 \text{本}) = 26331.2\text{N}$$

$$\text{柱材} \quad \omega_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \omega_{x3} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 464.0\text{N/m} = 328.2\text{N/m}$$

$$\begin{aligned} \text{水平力} \quad \Sigma H_y &= P_y + 2 \text{本} \times \omega_y \times H' = 26331.2\text{N} + 2 \text{本} \times 328.2\text{N/m} \times 6.100\text{m} \\ &= 30335.5\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{斜風時曲げモーメント} \quad \Sigma M_y &= P_y \times H' + \frac{1}{2} \times 2 \text{本} \times \omega_y \times H'^2 \\ &= 26331.2\text{N} \times 6.100\text{m} + \frac{1}{2} \times 2 \text{本} \times 328.2\text{N/m} \times 6.100^2\text{m} \\ &= 172833.5\text{N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

A点、B点、C点及びD点の断面力は、次のとおりとなる。

鉛直力  $V_{Ay} = V_{Dy} = \Sigma M_y / L = 172833.5 \text{ N} \cdot \text{m} / 22.000 \text{ m} = 7856.1 \text{ N}$

水平力  $H_{Ay} = H_{Dy} = \Sigma H_y / 2 = 30335.5 \text{ N} / 2 = 15167.8 \text{ N}$

曲げモーメント  $M_{By} = M_{Cy} = \frac{1}{2} \times 0.75 \times \Sigma M_y = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 172833.5 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 $= 64812.6 \text{ N} \cdot \text{m}$

曲げモーメント  $M_{Ay} = M_{Dy} = \frac{1}{2} \times 0.25 \times \Sigma M_y = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 172805.0 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 $= 21604.2 \text{ N} \cdot \text{m}$

したがって、限界板厚の算定に用いる断面力は、次のとおりとなる。

圧縮力  $N_z = N_{Az} + V_{Ay} = 12194.4 \text{ N} + 7856.1 \text{ N} = 20050.4 \text{ N}$

曲げモーメント  $M_y = M_{By} = 64812.6 \text{ N} \cdot \text{m}$

### ③限界板厚の算定

風時における柱下端の限界板厚と斜風時における柱上端の限界板厚のうち、大きい方を当該標識柱の限界板厚とする。

#### ア) 風時における柱下端の限界板厚

次に示す照査式の左項が1.00 となる柱取材の板厚  $t$  を算出する。

$$\text{照査式: } \left( \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5} \leq 1.00$$

ここに、

$\sigma_c$  : 圧縮応力度  $c\sigma_b$  : 曲げ応力度  $f_c$  : 許容圧縮応力度  $f_b$  : 許容曲げ応力度

#### a) 柱主材の断面係数

柱主材の板厚を  $t=2.52\text{mm}$  と仮定すると、断面定数は以下のとおりとなる。

柱の径  $\phi = 216.3 \text{ mm}$

板厚  $t = 2.52 \text{ mm}$

断面積  $A_1 = 1692.5 \text{ mm}^2$

断面極2次モーメント  $I_1 = 9669900.1 \text{ mm}^4$

断面2次半径  $r_1 = 75.6 \text{ mm}$

b) 柱材の断面係数

径	$\phi = 42.7\text{mm}$
板厚	$t = 2.3\text{mm}$
断面積	$A_2 = 291.9\text{mm}^2$
断面2次モーメント	$I_2 = 59749.9\text{mm}^4$
断面2次半径	$r_2 = 14.3\text{mm}$

c) 主材断面

断面積  $A = 2 \times A_1 = 2 \times 1692.5\text{mm}^2 = 3384.9\text{mm}^2$

断面2次モーメント  $I_x = 2 \times \left[ I_1 + \frac{1}{4} \times A_1 \times B^2 \right]$

$$= 2 \times \left[ 9669900.1\text{mm}^4 + \frac{1}{4} \times 1692.5\text{mm}^2 \times 800.0^2 \right]$$

$$= 560925844.1\text{mm}^4$$

$$I_y = 2 \times I_1 = 2 \times 9669900.1\text{mm}^4$$

$$= 19339800.2\text{mm}^4$$

断面係数  $Z_x = \frac{2 \times I_x}{B + \phi} = \frac{2 \times 560925844.1}{800\text{mm} + 216.3\text{mm}} = 1103858.8\text{mm}^3$

$$Z_y = 2 \times Z_1 = 2 \times 89411.9\text{mm}^3 = 178823.9\text{mm}^3$$

断面2次半径  $r_x = 2 \times \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{560925844.1\text{mm}^4}{3384.9\text{mm}^2}} = 407.1\text{mm}$

$$r_y = 2 \times \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{19339800.2\text{mm}^4}{3384.9\text{mm}^2}} = 75.6\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 B &= 0.800\text{m} \\
 l_d &= 1.131\text{m} \\
 l_2 &= 0.800\text{m} \\
 \cos\beta &= 0.707
 \end{aligned}$$

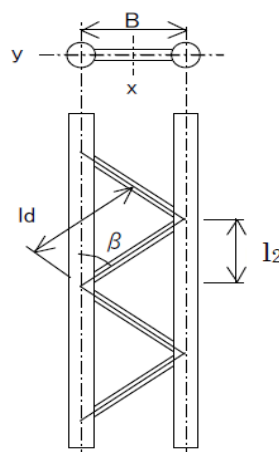


図-3.15 柱寸法図

組立材の圧縮比  $\lambda_1 = \pi$

$$\text{組立材の圧縮比} \quad \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{n \times A_2} \times \frac{l_d^3}{l_2 \cdot B^2}}$$

(「SI 単位版 鋼構造設計規準 2002 年2 月 日本建築学会」参照)

$$\text{組立材の圧縮比} \quad \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{3384.9\text{mm}^2}{1 \times 291.9\text{mm}^2} \times \frac{1131.4^3 \text{mm}}{800.0\text{mm} \cdot 800.0^2\text{mm}}} = 18.0$$

$$\begin{aligned}
 \text{組立材の断面2次半径} \quad r_x &= \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + r_1^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{800.0\text{mm}}{2}\right)^2 + 75.6^2\text{mm}} = 407.08\text{mm}
 \end{aligned}$$

$\lambda_1 < 20$  より、

$$\text{x軸細長比} \quad \lambda_x = \frac{2l_2}{r_x} = \frac{2 \times 800.0\text{mm}}{407.08\text{mm}} = 4$$

$$\lambda_{xe} = \lambda_x = 4$$

$$\text{y 軸細長比} \quad l_y = H' = 6100.0\text{mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{r_y} = \frac{6100.0\text{mm}}{75.6\text{mm}} = 81$$

$\lambda_y > \lambda_{xe}$  より、許容応力度を算定する細長比は81とする。

したがって、許容圧縮応力度及び許容曲げ応力度は、 $f_c = f_b = 106.0\text{N/mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力度 } \sigma_c &= N_{AZ}/A = 12194.4\text{N}/3384.9\text{mm}^2 = 3.6\text{N}/\text{mm}^2 \\ \text{曲げ応力度 } {}_c\sigma_b &= M_{AX}/Z_X = 171670071.7\text{N}\cdot\text{mm}/1103858.8\text{mm}^3 \\ &= 155.5\text{N}/\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{照査式：} & \left( \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{{}_c\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5} \\ &= \left( \frac{3.6\text{N}/\text{mm}^2}{106.0\text{N}/\text{mm}^2} + \frac{155.5\text{N}/\text{mm}^2}{106.0\text{N}/\text{mm}^2} \right) \frac{1}{1.5} = 1.00 \end{aligned}$$

したがって、風時における限界板厚  $t_{L1} = 2.52\text{mm}$  となる。

#### イ) 斜風時における柱上端の限界板厚

次に示す照査式の左項が1.00となる柱主材の板厚  $t$  を算出する。

$$\text{照査式：} \left( \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{{}_c\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5} \leq 1.00$$

ここに、

$\sigma_c$  : 圧縮応力度     ${}_c\sigma_b$  : 曲げ応力度     $f_c$  : 許容圧縮応力度     $f_b$  : 許容曲げ応力度

#### a) 柱主材の断面係数

柱主材の板厚を  $t = 4.07\text{mm}$  と仮定すると、断面定数は次のとおりとなる。

柱の径	$\phi = 216.3\text{mm}$
板厚	$t = 4.07\text{mm}$
断面積	$A_1 = 2713.6\text{mm}^2$
断面2次モーメント	$I_1 = 15283904.2\text{mm}^4$
断面2次半径	$r_1 = 75.0\text{mm}$

#### b) 柱入り材の断面係数

径	$\phi = 42.7\text{mm}$
板厚	$t = 2.3$
断面積	$A_2 = 291.9\text{mm}^2$
断面2次モーメント	$I_2 = 59749.9\text{mm}^4$
断面2次半径	$r_2 = 14.3\text{mm}$

c) 主材断面

断面積

$$A = 2 \times A_1 = 2 \times 2713.6 \text{mm}^2 = 5427.3 \text{mm}^2$$

断面二次モーメント

$$I_x = 2 \times \left[ I_1 + \frac{1}{4} \times A_1 \times B^2 \right]$$

$$= 2 \times \left[ 15283904.2 \text{mm}^4 + \frac{1}{4} \times 2713.6 \text{mm}^2 \times 800.0^2 \right]$$

$$= 898930256.5 \text{mm}^4$$

$$I_y = 2 \times I_1 = 2 \times 15283904.2 \text{mm}^4 = 30567808.5 \text{mm}^4$$

断面係数

$$Z_x = \frac{2 \times I_x}{B + \phi} = \frac{2 \times 898930256.5 \text{mm}^4}{800 \text{mm} + 216.3 \text{mm}} = 1769025.4 \text{mm}^3$$

$$Z_y = 2 \times Z_1 = 2 \times 141321.4 \text{mm}^3 = 282642.7 \text{mm}^3$$

断面二次半径

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{898930256.5 \text{mm}^4}{5427.3 \text{mm}^2}} = 407.0 \text{mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{30567808.5 \text{mm}^4}{5427.3 \text{mm}^2}} = 75.0 \text{mm}$$

$$B = 0.800 \text{m}$$

$$l_d = 1.131 \text{m}$$

$$l_2 = 0.800 \text{m}$$

$$\cos \beta = 0.707$$

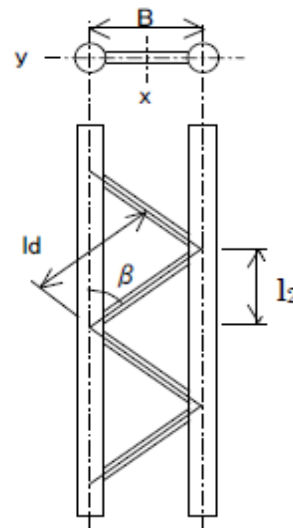


図-3.16 柱寸法図

組立材の圧縮比  $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{n \times A_2} \times \frac{l_d^3}{l_2 \cdot B^2}}$

(「SI 単位版 鋼構造設計規準 2002年2月 日本建築学会」参照)

$$= \pi \sqrt{\frac{5427.3\text{mm}^2}{1 \times 291.9\text{mm}^2} \times \frac{1131.4^3 \text{mm}}{800.0\text{mm} \cdot 800.0^2\text{mm}}} = 22.8$$

組立材の断面2次半径  $r_x = \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + r_1^2}$

$$= \sqrt{\left(\frac{800.0\text{mm}}{2}\right)^2 + 75.0^2\text{mm}} = 406.98\text{mm}$$

$\lambda_1 > 20$  より、

x軸細長比  $\lambda_x = \frac{2l_2}{r_x} = \frac{2 \times 800.0\text{mm}}{406.98\text{mm}} = 4$

$$\lambda_{xe} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{4^2 + 22.8^2} = 23$$

y 軸細長比  $l_y = H' = 6100.0\text{mm}$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{r_y} = \frac{6100.0\text{mm}}{75.0\text{mm}} = 81$$

$\lambda_y > \lambda_{xe}$  より、許容応力度を算定する細長比は81とする。

したがって、許容圧縮応力度及び許容曲げ応力度は、 $f_c = 106.0\text{N/mm}^2$ 、 $f_b = 156.7\text{N/mm}^2$

圧縮応力度  $\sigma_c = N_z/A = 20050.4\text{N}/5427.3\text{mm}^2 = 3.7\text{N/mm}^2$

曲げ応力度  ${}_c\sigma_b = M_y/Z_y = 64812567.0\text{N}\cdot\text{mm}/282642.7\text{mm}^3$

$$= 229.3\text{N/mm}^2$$

照査式：
$$\left( \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{{}_c\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5}$$

$$= \left( \frac{3.7\text{N/mm}^2}{106.0\text{N/mm}^2} + \frac{229.3\text{N/mm}^2}{156.7\text{N/mm}^2} \right) \frac{1}{1.5} = 1.00$$

したがって、斜風時における限界板厚  $t_{L2} = 4.07\text{mm}$  となる。

$t_{L2} > t_{L1}$  より、本標識柱の限界板厚  $t_L$  は、

$t_L = t_{L2} = 4.07\text{mm} \doteq 4.1\text{mm}$  (小数第2位繰り上げ)

となる。



## 4 合いマークの施工<sup>4)</sup>

### 4.1 合いマークの施工

対象附属物のボルト部において、ボルト、ナット、座金及びプレート部に連続したマーキング（以下「合いマーク」という。）が施工されていない場合には、点検に併せて合いマークを施工する。

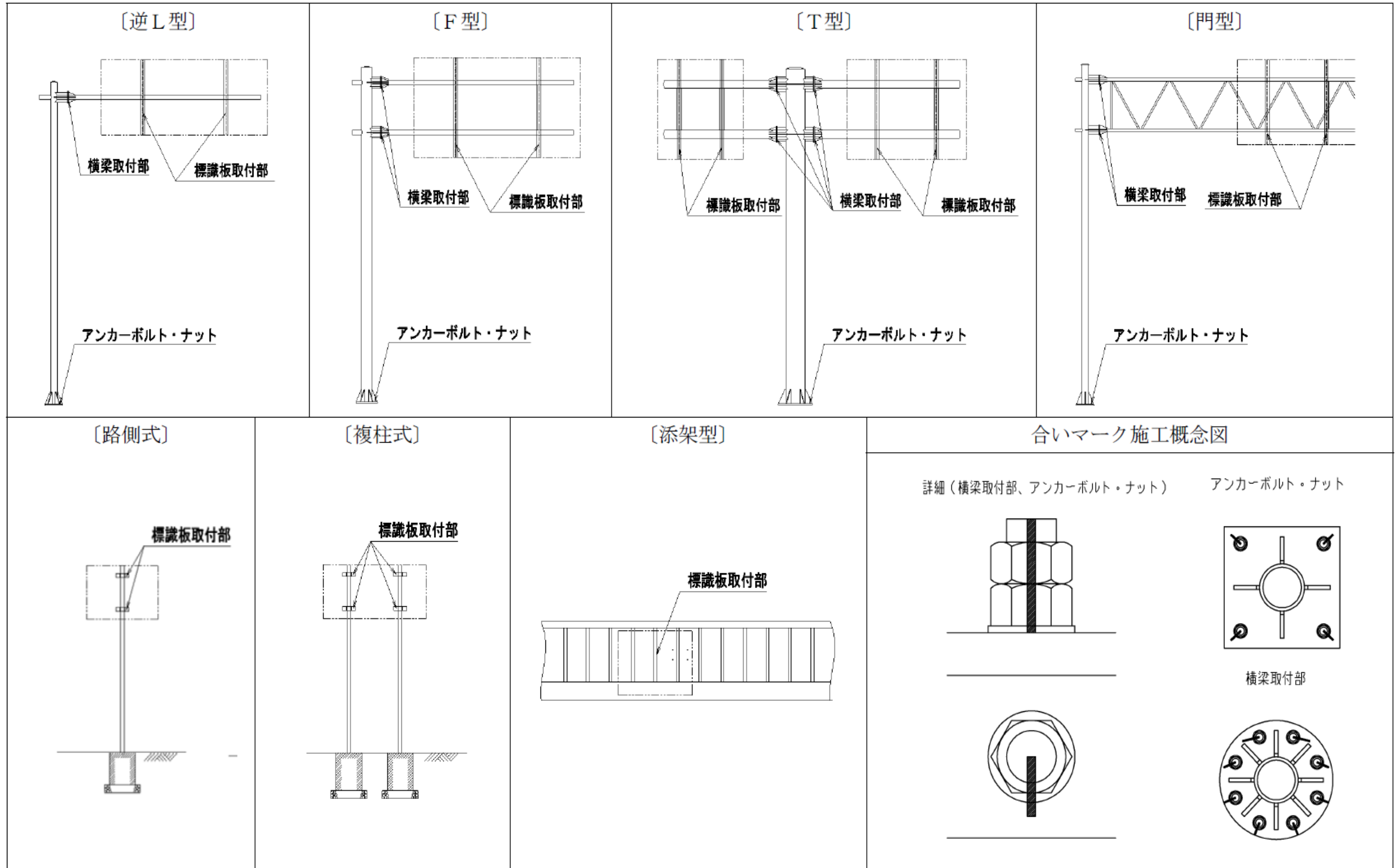
合いマークは、目視によりボルト、ナットのゆるみを確認可能とするための措置であるため、以下の点に留意して施工すること。

- 合いマークは、対象となるボルト・ナットが緩んでいないことを確認して施工する。
- 合いマークは、目視にて緩みが確認できるように、ボルトやナットだけでなく、座金やプレートにも連続して記入する。
- 合いマークが確認しやすいように、道路附属物の支柱やボルトの色が淡色系の場合は濃色系の塗料（赤色、黒色等）を、濃色系の場合は淡色系の塗料（白色、黄色等）を使用する。また、合いマークのずれが目視で判別できるように、適当な太さで記入する。
- 合いマーク記入に用いる塗料は、工事現場のマーキング等に使用するような屋外用で、雨や紫外線等に対して耐久性が期待できるものを使用する。  
（例：油性ウレタン（鉄部用））
- ボルト又は部材に腐食又はき裂が生じている場合は、交換又は補修後に合いマーク施工を行う。
- 上部のボルト部の合いマークは、路面から確認できるように配慮して施工する。
- 合いマークは、アンカーボルト、支柱継手部、標識板取付部、横梁取付部等、合いマーク施工が可能なボルトに施工する。
- 電気設備用開口部のボルト、標識板重ね部等、ボルト径が小さく合いマーク施工が困難な箇所は、施工しない。

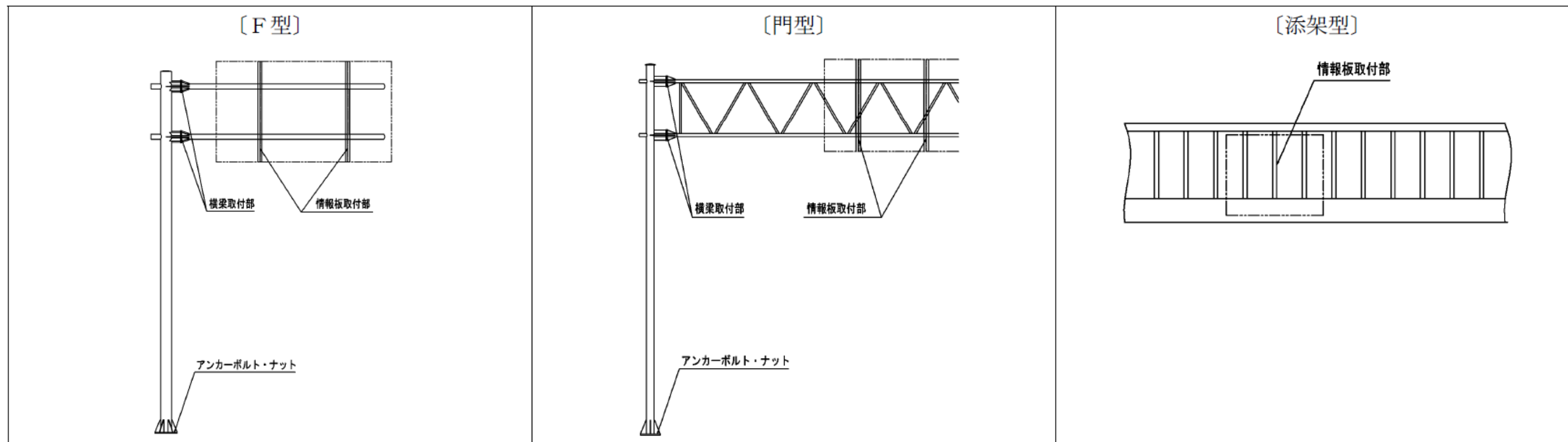
合いマークの施工概念図を次頁以降に示す。

合マークの施工対象部位及び施工概念図

【標識】



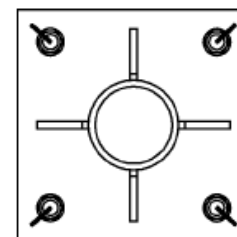
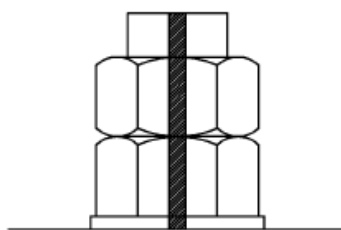
【情報盤】



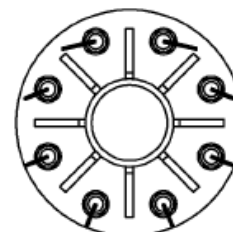
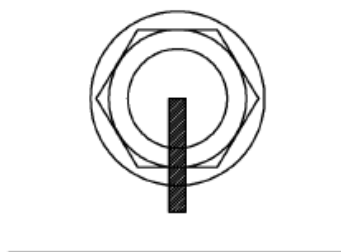
〔合いマーク施工概念図〕

詳細（横梁取付部、アンカーボルト・ナット）

アンカーボルト・ナット



横梁取付部



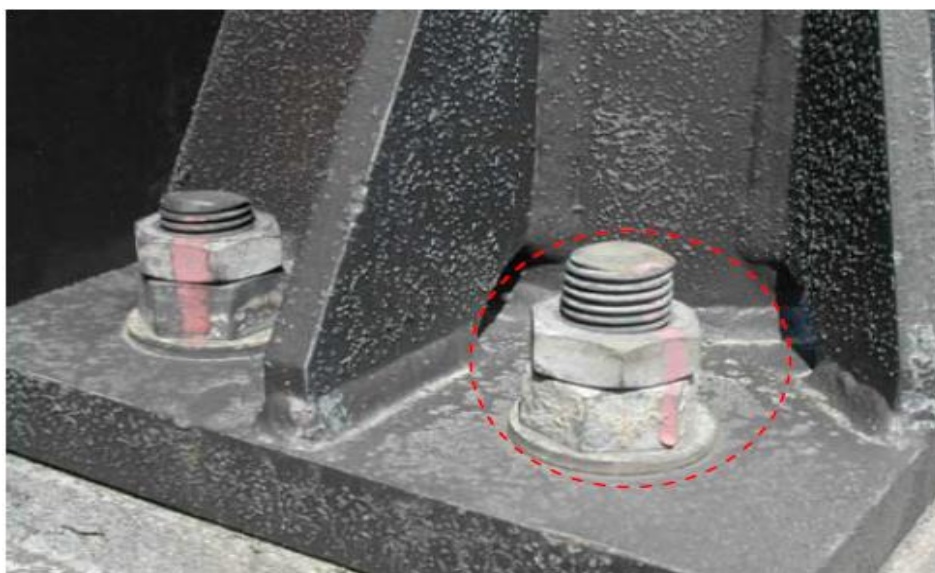
## 2. 合いマーク施工事例

合いマークの施工事例を図-1 に示す。



合マークがみえやすく、かつ、ボルト、ナット、プレートに連続して施工されている。

(a) 適切な例



合マークがみえにくく、かつ、ナットにしか施工されていない。

(b) 不適切な例

図-4.1 合いマークの施工事例

## 参考文献一覧

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課、付属物（標識、照明施設等）点検要領、  
平成 26 年 6 月、付録-3 pp.付 3-1~10
- 2) 国土交通省道路局国道・防災課、付属物（標識、照明施設等）点検要領、  
平成 26 年 6 月、付録-4 pp.付 4-1~4
- 3) 国土交通省道路局国道・防災課、付属物（標識、照明施設等）点検要領、  
平成 26 年 6 月、付録-5 pp.付 5-1~39
- 4) 国土交通省道路局国道・防災課、付属物（標識、照明施設等）点検要領、  
平成 26 年 6 月、付録-7 pp.付 7-1~6