

(案)

- 愛媛県 道路附属物定期点検マニュアル -

〔	道 路 標 識	〕 編
	道 路 照 明 施 設	
	道路情報提供装置	
	道 路 反 射 鏡	

平成 24 年 3 月
(令和 7 年 5 月改定)

愛 媛 県 土 木 部 道 路 維 持 課

【 目 次 】

1．適用の範囲.....	1
2．点検の目的.....	4
3．点検の頻度と項目および方法.....	5
5．損傷度判定基準.....	13
6．点検後の対策と次回点検の検討.....	17
7．点検結果、措置・対策結果の記録方法.....	19
8．その他.....	19

様式

道路附属物点検記録表（現場チェックシート）.....	20
道路附属物点検記録表（現場チェックシート） 記載例.....	22
点検年次計画表（様式-1～様式-4）.....	24
点検年次計画表 記載例.....	28
付録 - 1 点検部位概略図.....	1
付録 - 2 超音波厚さ計による板厚調査の実施手順.....	12
付録 - 3 き裂探傷試験の実施手順.....	21
付録 - 4 限界板厚の一覧及び算出例.....	25

1．適用の範囲

本マニュアルは、愛媛県が管理する道路に設置している道路標識、道路照明施設、道路情報提供装置、道路反射鏡の支柱や取付部等の定期点検に適用する。

【解説】

本マニュアルは、以下の施設・点検を対象とする。

なお、これらと同様の支柱または梁構造を有する施設については、本マニュアルを準用することができる。

対象とする施設	道路法（昭和 27 年法律第 180 号）第 2 条第 2 項に規定する「道路の附属物」のうち、道路標識、道路照明施設、道路情報提供装置、道路反射鏡（以下「附属物」という。）の支柱や取付部等 （本マニュアルで対象とする附属物の代表例を図－解 1．1 に示す。）
対象とする点検	定期点検 （点検の種別を表 - 解 1．1、図 - 解 1．2 に示す。）

定期点検は、パトロールを実施していることを前提に、道路パトロールでは確認できない又は発見が困難な損傷を発見することに重点を置いて、定期的に附属物の構造全体にわたり実施するもので、本点検の結果より、附属物の対策の必要性の判断を行うこととする。

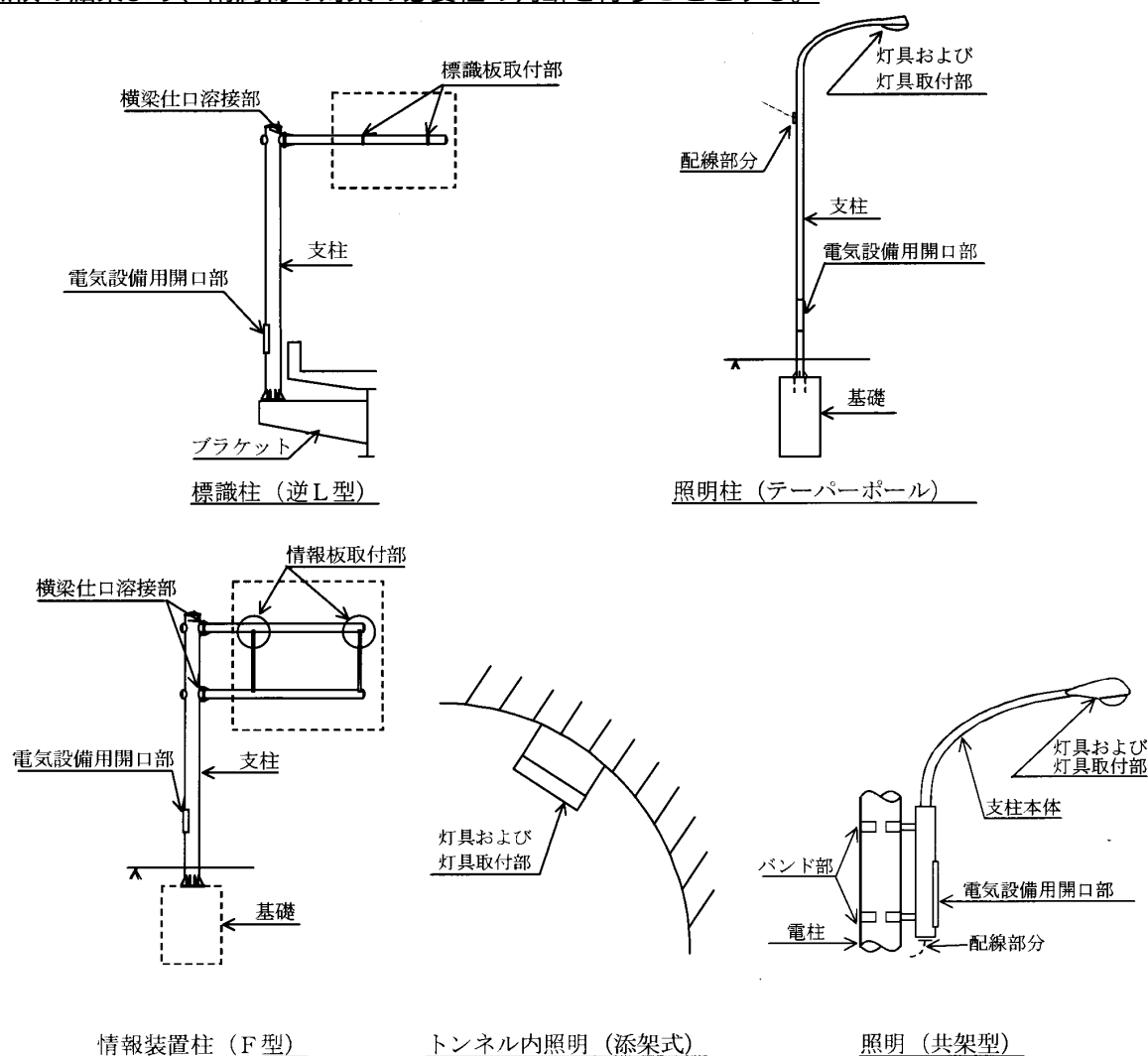


図 - 解 1．1 附属物の例

図 - 解 1 . 2 道路附属物点検のスキーム

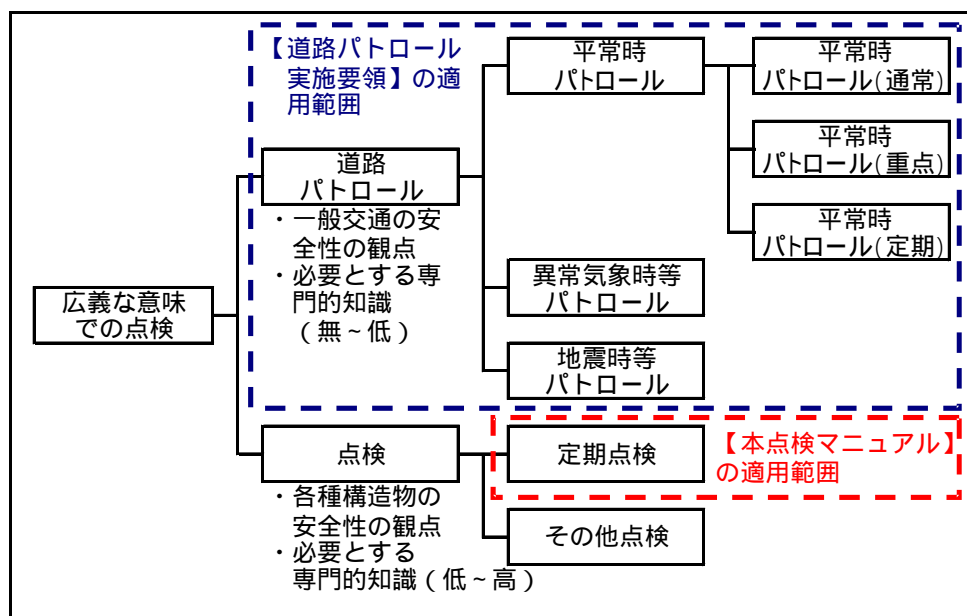


表 - 解 1 . 1 道路附属物点検の種別毎の内容

区分		実施上のポイント	必要とする専門的知識	点検頻度	実施要領等
広義な意味での点検	道路パトロール	一般交通の安全性の観点で実施	無～低 主に人の感覚による	1回/週 ～1回/月	道路パトロール実施要領
	点検	定期点検	各種構造物の安全性の観点で実施	低～高	10年ごと
	その他点検	〃	低～高	必要の都度	別途の要領等

（参考）道路パトロール実施要領における道路附属物点検

道路パトロール実施要領（抜粋）

道路パトロールは、以下の要領により実施するものとするが、職員以外が行うパトロール等については、パトロール実施責任者が実施する内容等の指示を行う。

1 道路パトロールの分類

道路パトロールは、平常時のパトロール、異常時のパトロールの2種類に大別し、さらに平常時のパトロールを、実施内容に応じ、通常パトロール、重点パトロール、定期パトロールに分類する。

2 平常時のパトロール

（1）実施方法・内容

平常時のパトロール（通常）

平常時のパトロール（通常）は、原則としてパトロール車により行うものとし、必要に応じて徒歩又は自転車により行い、目視で判別できる範囲で次に掲げる事項について確認するものとする。

なお、職員により平常時のパトロール（通常）を実施する場合は、2名以上とされている実施体制のうち1名以上は、原則として道路法第71条第4項の規定により命ぜられた道路監理員（必ず身分証明書を携帯のこと。）とする。

(略)

ト 保安設備、安全施設の状況

- ・ ガードレール、カーブミラー、視線誘導標、区画線、道路標識、道路照明、落石防止柵、落石防止用ネット等の破損状況及び草等の繁茂により確認しがたい状態になっていないかどうか等

(略)

2．点検の目的

附属物の点検は、道路管理の一環であり、管理する附属物の現状を把握し、異常または損傷を早期に発見するとともに、対策の要否の判定を行うことにより、第三者被害の恐れのある事故を防止し、安全かつ円滑な道路交通の確保を図ることを目的として実施する。

【解説】

点検の第一の目的は、管理する附属物の損傷をできるだけ早期に発見することである。第二の目的は、効率的な道路管理を実施するために必要な損傷や異常の程度の把握を行うことにある。附属物については、突然の灯具の落下や支柱の倒壊等の事故事例が報告されており、点検においては特にこのような事故に関わる損傷を早期に発見することとする。

点検の結果を受けて、発見された損傷の部位、または内容に応じて適切な措置を行うことによって、事故を防止し安全かつ円滑な交通を確保することができる。

また、蓄積された点検結果を分析することにより、道路管理面から見た附属物の設計・施工上の問題点や改善点が明らかになること、点検そのものの合理化に資することが期待される。

3. 点検の頻度と項目および方法

点検の頻度、方法及び項目は、次の通りとする。

(1) 点検頻度

原則として **10 年ごと** に行う。

(2) 点検方法

点検方法は、外観目視を基本とする。

なお、外観目視の結果などから、必要な場合には、詳細調査（超音波パルス反射法による残存板厚調査やき裂深傷試験、また路面境界部の堀削を伴う目視）を実施すること。

(3) 点検項目

点検項目は、表—3.1 を標準とする。なお、点検部位は **付録—1** を参考にするとよい。

表 - 3.1 目視点検の項目

点検部位		記号	損傷内容	備考
柱脚部	リブ取付溶接部	Br	き裂、腐食、変形・欠損など	
	柱・ベースプレート溶接部	Bp	き裂、腐食、変形・欠損など	
	ベースプレート取付部	Bb	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	アンカーボルト・ナット	Ab	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	柱・基礎境界部（支柱と基礎コンクリートの境界）	Pb	き裂、腐食、変形など	
	基礎コンクリート部	Bc	ひび割れ、欠損など	
	路面境界部（GL-40mm）	GL-40	き裂、腐食、変形・欠損など	図・解 3.4 参照
開口部	電気設備用開口部	Hh	き裂、腐食、変形・欠損など	
	電気設備用開口部ボルト	Hb	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	支柱内部	Pi	腐食、滞水など	
支柱上部	横梁仕口溶接部	Bw	き裂、腐食、変形・欠損など	
	横梁取付部	Bi	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	現場溶接部	Fw	き裂、腐食、変形・欠損など	
	横梁トラス溶接部	Tw	き裂、腐食、変形・欠損など	
	横梁分岐	Bj	き裂、腐食、変形・欠損など	
	支柱本体	Ph	き裂、腐食、変形・欠損など	
	支柱継手部	Pj	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	横梁本体	BH	き裂、腐食、変形・欠損など	
	横梁トラス本体	Th	き裂、腐食、変形・欠損など	
取付部	標識板および標識板取付部	Rs	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	灯具及び灯具取付部	Li	き裂、ゆるみ・脱落、腐食、変形・欠損など	
ブラケット取付部	ブラケット取付部（ブラケットの橋梁本体への取付部）	Bri	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	ブラケット本体	Brh	き裂、腐食、変形・欠損など	
その他	バンド部（共架型）	Bn	き裂、ゆるみ・脱落、破断、腐食、変形・欠損など	
	配線部分	Wi	き裂、腐食、変形・欠損など	

【解説】

(1) 点検頻度

定期点検は、10年に1度を原則として行うものとした。このとき、所定のサイクル期間(10年)で総数の点検が行えるようなローテーションを考慮した計画とすることが望ましい。

なお、次のものについては点検を優先させるとよい。

点検を優先させるとよい附属物	理由
橋梁部や海岸付近に設置された附属物 デザイン式の道路照明柱または飾り具等が施された附属物(写真-解3.1参照)	設置後10年以降比較的早期に損傷が大きいと判定された事例がある
 写真-解3.1 デザイン式道路照明柱	
設置後20年以上経過している附属物	経年劣化が原因で撤去される附属物の基数は設置後25年目以降に増加する傾向にある

また、道路照明については、概ね5年程度の頻度で、ランプ交換等を行うので、このような維持作業に併せて点検を行うと効率的である。また、道路標識や道路情報提供装置についても、標識板の交換や更新、または維持作業車に併せて点検を行うと効率的である。

(2) 点検方法

定期点検は、外観目視を基本とし、必要に応じて詳細調査(超音波パルス反射法による残存板厚調査やき裂深傷試験、また路面境界部の堀削を伴う目視)を実施することとする。

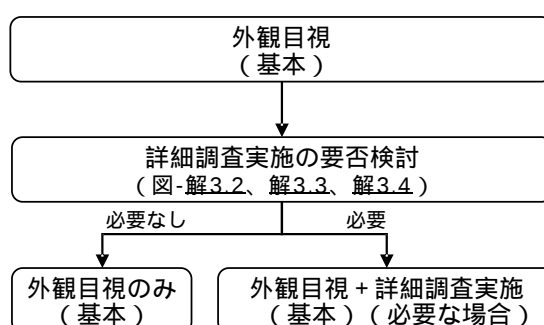


図-解3.1 定期点検の実施

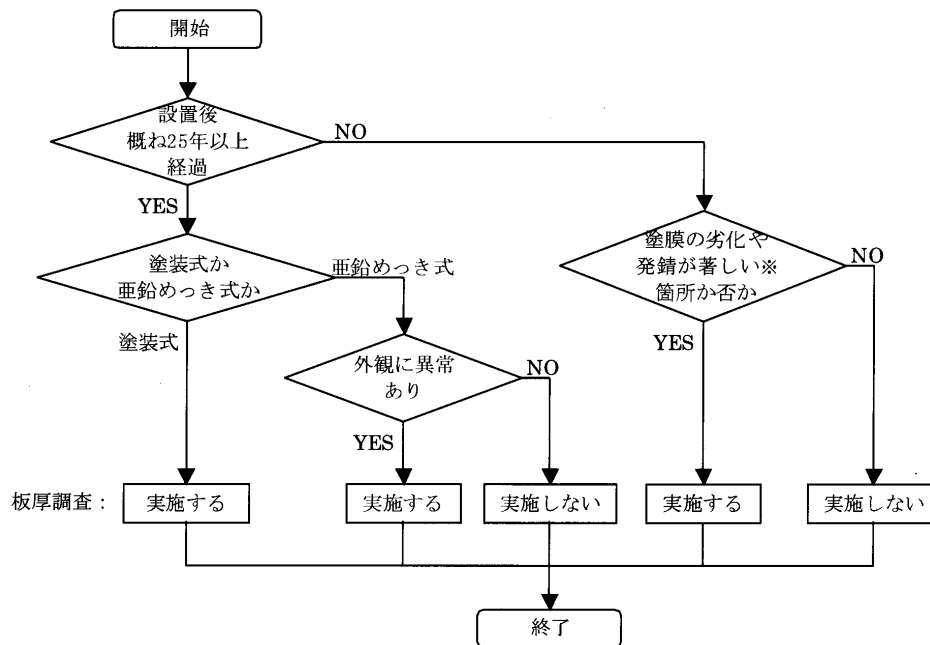
超音波パルス反射法による残存板厚調査

板厚調査は、外観目視により腐食等の異常が見られるものや、外観上明らかではないが腐食により板厚減少が生じている疑いのある箇所を対象とする。超音波パルス反射法による残存板厚調査の実施手順は付録—2を参照のこと。

なお、設置後概ね25年以上経過した道路照明は、塗装の塗替え等により外面が一見健全であっても、路面境界部や内部の腐食により、倒壊の危険性があるため、残存板厚を定量的に測定し、

構造安全性を満足する板厚を有しているか否かを把握して維持管理することが必要である。

図 - 解 3 . 2 に残存板厚調査の要否検討フロー（目安）を示す。



※）腐食による板厚減少が懸念される箇所を含む

図 - 解 3 . 2 残存板厚調査の要否検討フロー

き裂深傷試験

高架橋に設置された照明柱など、疲労が生じる条件にある附属物において、塗膜表面に異常（例えば、塗膜の割れ、めっきの割れ、錆汁の発生）などが発見され、き裂かどうか目視のみでは判別できない場合には、必要に応じて磁粉深傷試験または浸透深傷試験を行うとよい。磁粉深傷試験は、き裂検出能力に優れているが、非磁性材料（アルミニウムなど）には適用できないので、その場合には浸透探傷試験により行うとよい。ただし、浸透探傷試験は定められた手順に従い慎重に実施しないと、き裂の検出ができない場合があるので注意が必要である。き裂探傷試験の実施手順は付録— 3 を参照のこと。

図—解 3 . 3 にき裂探傷試験の要否検討フロー（目安）を示す。

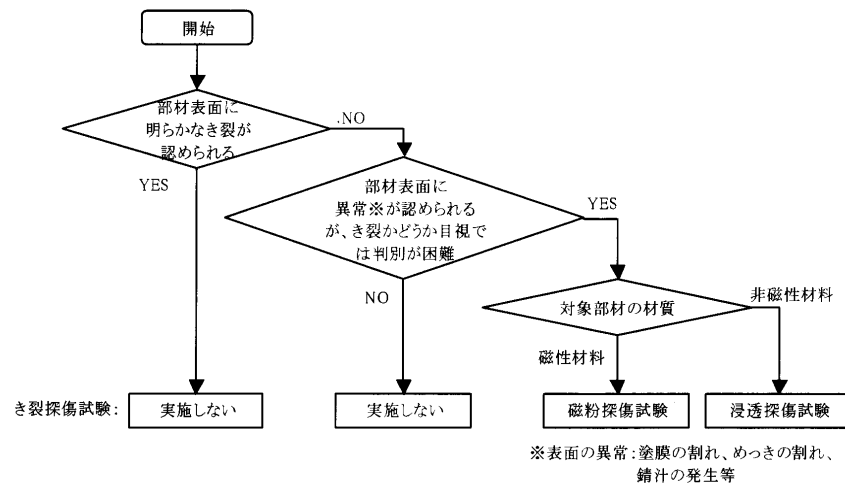


図 - 解 3 . 3 き裂探傷試験の要否検討フロー

路面境界部の堀削を伴う目視

路面境界部の腐食については、既往の事故事例より得られた知見から附属物の突然の倒壊を起こす要因になることが明らかとなっている。一方、過去に行われた点検結果によると、路面境界部が土砂やアスファルト、またインターロッキングで覆われている場合など、雨水等が支柱基部に滞水しやすい構造となっている場合に、倒壊の要因となるような著しい腐食が発生する傾向がみられた。

このことから、路面境界部が土砂で覆われ人力施工で容易に堀削できる場合には、必ず路面境界部を露出させ状況の確認を行うものとする。

一方、路面境界部がアスファルトやインターロッキングなどで覆われている場合は、本部位を露出させて確認することが困難なことも想定される。過去の点検結果や事故事例によると、路面境界部がアスファルトで覆われている場合、設置後 30 年以上経過した附属物に、倒壊の要因となるような著しい腐食がみられたことから、点検では設置後 25 年以上経過した附属物について必ず堀削を行うものとする。ただし、設置後 25 年未満の附属物であっても、路面上において目視できる状況から当該部位の腐食の有無を推定し、腐食の発生が明らかである場合に、アスファルトなどをはつり路面境界部を露出させ状況を確認することとする。腐食の発生が明らかであると考えられる事例を以下に示す（写真 - 解 3 . 2 参照）。

- ・ 支柱本体の路面付近に錆汁が付着しているなど、著しい腐食が生じているもの
- ・ 全体的に断面欠損を伴う腐食は生じているもの
- ・ 支柱本体の路面付近に滞水、または滞水の形跡が認められるもの



土砂を掘削



アスファルトを掘削



コンクリートを掘削

写真 - 解 3 . 2 路面境界部の腐食事例

また、路面境界部がコンクリートで覆われ、適切な排水対策が施されている場合には、必ずしも本部位の点検を行う必要はないが、コンクリートにひび割れ等が生じ、支柱と路面との間に滞水、または滞水の形跡が認められるなど、路面境界部の腐食の発生が懸念される場合においては、コンクリートをはつり点検を行うのがよい。

なお、塗装式の附属物については、塗装の塗替え等により外面が健全であっても、路面境界部や内部に腐食が進行している可能性もあるため、注意が必要である。

図—解 3 . 4 に路面境界部の堀削を伴う目視の可否検討フロー（目安）を示す。

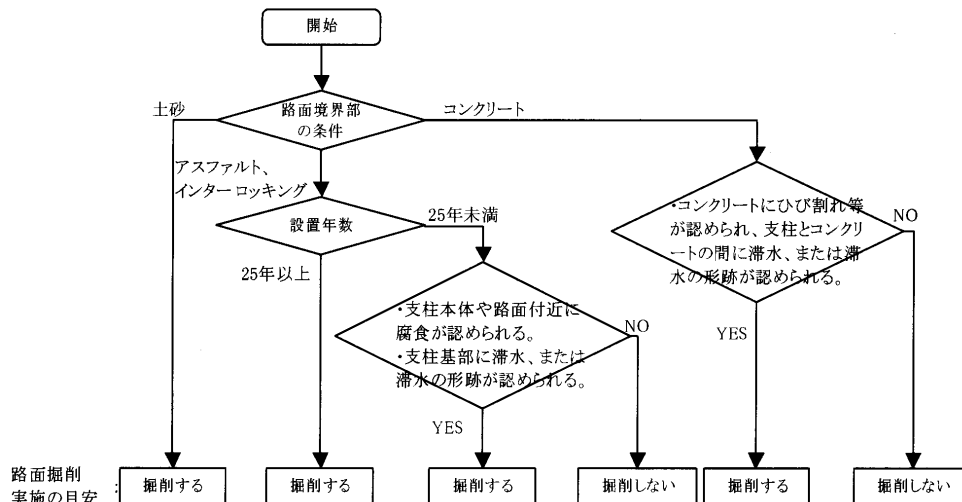


図 - 解 3 . 4 路面境界部の掘削を伴う目視の要否検討フロー

(3) 点検項目

点検項目に関する注意点は以下の通りである。

路面境界部

既往の事故事例により得られた知見から、路面境界部の腐食（写真 - 解 3 . 1 参照）が附属物の突然の倒壊を起こす要因になることが明らかになっている。

そこで、GL-40mm 付近を路面境界部として位置づけ（図—解 3 . 5 参照）必要な場合には、この部位の腐食についてはその状況を目視により確認のうえ、対象となるものについては板厚調査により残存板厚を把握することとした。

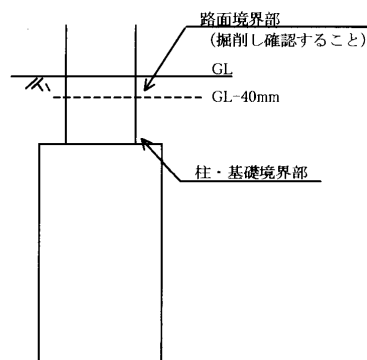


図 - 解 3 . 5 路面境界部の定義

標識取付部

標識板の重ね貼りに用いたビスが落下した事例があるので、重ね貼りのビスも標識板取付部として点検する必要がある。

支柱内部

支柱内部の滞水は、一般的に電気設備開口部から懐中電灯で照らして観察するが、小石を落として水音がしないかどうかを確認したり、必要に応じてファイバースコープを用いて観察することにより判断するとよい。支柱内部の腐食や滞水は、その原因として電気設備開口部のパッキンの劣化に伴う雨水の浸入、内部の結露等が考えられる。パッキンは、劣化が認められた場合、速やかに交換する必要がある。また、箱形状の電気設備開口部では、一般に箱下面隅に小さな通気

孔が設けられており、その孔は内部における結露の発生を抑制している。よって、その孔がゴミ等により塞がれていないことを確認するとよい。

支柱溶接部

支柱溶接部は、溶接接合のため内面に裏当てを有しており（図 - 解 3 . 6 参照） 内部に結露等により水滴が発生すると裏当て部の段差に耐水する可能性がある。そのため、常に湿潤状態となり腐食が集中的に進行し、倒壊を起こした事故事例（写真 - 解 3 . 3 参照）がある。

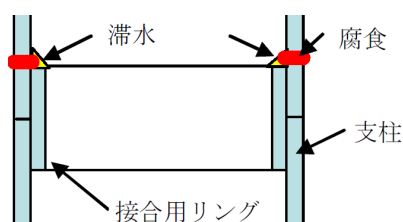


図 - 解 3 . 6 支柱溶接部の構造

写真 - 解 3 . 3 支柱溶接部の腐食による倒壊事例

ゆるみ・脱落

ボルト・ナットのゆるみ・脱落は、目視により何らかの異常が見いだされた場合などは、スパナ等で回してゆるみのないことを確認する。また、取付部や継手部等の主要部材に対して、ボルト・ナットに合いマーク等を施工しておく、以後の点検においてゆるみ・脱落の確認が容易に行える。そのため、新設の附属物については竣工時に、また既設の附属物については初回の点検時に併せて合いマーク等の施工を行っておくのがよい。

（注意事項）

ボルトのゆるみ・脱落は、設置後比較的早期に発生した事例があることから注意が必要である（写真—解 3 . 4 参照）。



写真—解 3 . 4 設置後 1 年程度の附属物のアンカーボルトのゆるみ

道路照明によく用いられている高圧ナトリウムランプについては、その寿命は一般に概ね 5 年程度といわれているが、高架橋や風が強い地域に設置されているなど振動の影響を受けや

すい条件下にある道路照明の高圧ナトリウムランプの寿命は、極端に短くなるといわれている。したがって、目視による揺れの確認のみならず、ランプ寿命が極端に短いといった現象がみられた場合には、注意が必要である。

道路標識板に車両の接触と考えられる衝突痕が残されていた場合に、道路標識板だけでなく、その他の部材においても著しい変形やき裂が生じていた事例があるため、注意が必要である。橋梁部の地覆部等に設置された附属物を更新する場合、旧附属物のアンカーボルトを転用することがある。この場合、転用する旧部材については、腐食等の損傷が生じていないこと、損傷が生じているならば、適切な措置・補修等を施したことを確認した上で使用する必要があるが、このような確認がなされず、設置後１年程度でアンカーボルトのみに損傷が進行している事例もあるため、注意が必要である。

4．点検用資機材の携帯

点検作業の実施にあたっては、点検者は対象となる点検種別および点検業務の内容に応じて必要な点検用資機材を携帯しなければならない。

【解説】

点検にあたっては、効果的な成果を得るために、その目的に応じた適切な資機材を常に携帯する必要がある。以下に点検業務に用いる資機材の例を示す。

表—解 8 . 1 点検用資機材の例

項目	資機材	用途
点検用具	点検ハンマー	打音による確認
	双眼鏡	高所の目視
	コンベックス	
	懐中電灯	支柱内部の観察
	超音波厚さ計	板厚調査
	浸透探傷試験用資材	浸透探傷試験
	磁粉探傷試験用資機材	磁粉探傷試験
記録用具	カメラ	写真の撮影
安全用具	ヘルメット	
その他	スパナ	電気設備用開口部の開放 ボルトの締め直し
	塗料	合マーク施工

5．損傷度判定基準

外観目視による損傷度判定基準は表— 5 . 1 のとおりとする。

また、残存板厚調査を実施した場合の、腐食に関する損傷度判定基準は表— 5 . 2 のとおりとする。

表— 5 . 1 外観目視による損傷度判定基準

判定区分	一般的状況
	損傷が認められない。
	損傷が認められる。
	損傷が大きい。

表— 5 . 2 板厚調査による損傷度判定基準

判定区分	損傷状況
	残存板厚が管理板厚以上である。($t_c \geq t$)
	残存板厚が限界板厚以上、管理板厚未満である。($t_L \leq t < t_c$)
	残存板厚が限界板厚未満である。($t < t_L$)

ここに、 t : 残存板厚 (測定値) の最小値

t_c : 管理板厚 ($t_L + 1\text{mm}$)

t_L : 限界板厚 (設計荷重に対して許容応力度を超過しない限界の板厚のこと。)

【解説】

損傷度判定基準は、損傷の程度による点検結果の判定区分を示すものである。ここでは、外観目視、残存板厚調査とも損傷度を3つに区分することにした。

(1) 外観目視

外観目視により点検する場合の、損傷内容毎の判定区分と実際の損傷状況を表—解5 . 1 に、判定例を表—解5 . 2 に示す。

表 - 解 5 . 1 損傷度判定区分と損傷状況

点検方法	損傷内容	判定区分	損傷状況
外観目視	き裂		損傷なし
			-
			き裂がある
	腐食	防食機能の劣化	損傷なし
			錆は表面的であり、著しい板厚の減少は視認できない。
			表面に著しい膨張が生じているか、または明らかな板厚減少が確認できる。
		孔食	損傷なし
			孔食が生じている。
			貫通した孔食が生じている。
		異種金属接触腐食	損傷なし
			-
			異種金属接触による腐食がある。

	ゆるみ・脱落		損傷なし
			ボルト・ナットのゆるみがある。
			ボルト・ナットの脱落がある。
	破断		損傷なし
			-
			ボルトの破断がある。
	変形・欠損		損傷なし
			変形または欠損がある。
			著しい変形または欠損がある。
	滞水		滞水の形跡が認められない。
			滞水の形跡が認められる。
			滞水が生じている。

表 - 解 5 . 2 損傷内容が腐食に係る判定例

判定 区分	損傷状況		
			
			

(2) 残存板厚調査

残存板厚調査を実施した場合は、測定から得られた残存板厚をもとに、以下の損傷度判定を行うこととした。

判定区分 は、継続的な定期点検を行うが、初期機能をほぼ維持しており、当面は更新・補修・補強等の対応を必要としない状況のことである。

判定区分 は、安全性、使用性、景観性、また今後の安全性の維持に関わる耐久性等が低下しており、今後状態を観察しながら計画的な更新・補修を必要とする状況のことである。

判定区分 は、断面欠損を伴う腐食により、安全性が大幅に低下し、早急に更新・補強補修を必要とする状況のことで、現状で倒壊や落下等の危険性がある場合は、応急処置を含め速やかな対応をとること。

ここに、管理板厚とは今後 10 年の間に限界板厚に達する可能性のある板厚のことで、次式で与えられる。

$$\text{管理板厚} = \text{限界板厚} + \text{腐食速度} \times 10 \text{ 年} \quad (\text{解 5 . 1})$$

なお、腐食速度については、既往の点検データ、および文献等から 0.1[mm/年]と設定した。これは、既往の文献に示されている大気中における鋼材の腐食速度や、過去の調査事例をもとに、比較的厳しい腐食環境にあった道路照明ポールから算出した平均的な腐食速度が 0.094[mm/年]であったことを鑑みて設定した値である。ただし、海岸部や凍結防止剤の散布が多い場所などに設置され、腐食速度がこの値を上回る可能性が高いと考えられる場合には、別途考慮する必要がある。鋼材の腐食速度の参考値を表—解 5 . 2 に示す。

表 - 解 5 . 2 鋼材の腐食速度の参考値

((社)鋼材倶楽部「腐食性材料(1) 昭和 63 年」より)

	環境	腐食速度[mm/年]
海水	飛沫帯	0.3
	干満帯	0.1 ~ 0.3
	海中	0.1 ~ 0.2
河川	河川	0.1
大気	田園地帯	0.01 ~ 0.02
	海岸地帯	0.03 ~ 0.05
	工業地帯	0.04 ~ 0.055

高度成長時代のデータ

(3) 参考【腐食形態】

附属物における鋼材の防食方法については、塗装による鋼材表面の保護、亜鉛めっきによる鋼材表面の保護、アルミ、ステンレス鋼など腐食しにくい材料の採用、等が挙げられる。それぞれの防食方法により、次のように劣化状況が異なるので、注意を払う必要がある。

塗装による鋼材表面の保護の場合、水分や大気中の科学腐食成分、紫外線等の外的要因により、塗装が劣化した後、鋼材の表面に錆が生じ、板厚が減少していく。

亜鉛めっきは、亜鉛と空気中の酸素が反応して表面に生成される酸化皮膜と、亜鉛と鉄のイオン化傾向の違いにより亜鉛が犠牲アノード型被膜となり、防食機能を発揮するものである。亜鉛めっき層は、水分や大気中の化学腐食成分等の外的要因により減少し、亜鉛めっき層の喪失により、鋼材に錆が生じる。

アルミは、アルミニウム表面が酸素と結合した酸化皮膜により、保護されているものである。大気

中の化学腐食成分等の外的要因により酸化皮膜が喪失することにより、アルミと水分が結合して水酸化アルミを生成し、「黒色化反応」を生じることがあるが、一般的に耐久性を損なうものではない。ただし、アルミニウムは、鋼に比べて材質が柔らかく傷つきやすく、酸化皮膜が破損すると局部腐食を生じやすいという欠点がある。

ステンレスは、ステンレス鋼に含まれるクロムが酸素と結合して表面に生成される不動態皮膜の働きにより、保護されているものである。塩分や大気中の化学腐食成分の外的要因により、不動態皮膜の再生が妨げられ、孔食が発生する。鉄は、表面が全体的に錆び、剥がれていくのに対し、ステンレスは、それとは異なり、不動態化した表面の一部の皮膜が破れると、その部分だけ穴が開くように腐食が進行するものであり、これが孔食と呼ばれる現象である。

異種金属接触腐食とは、異なる金属を電極とした、局部電池の形成による電気化学的反応で生じる腐食であり、イオン化傾向の大きいことにより陽極となる金属が腐食するものである。例えば、鋼材にステンレス製のボルトを使用した場合、鋼材側が集中的に腐食するため、注意が必要である。

6．点検後の対策と次回点検の検討

- (1) 点検で得られた損傷度区分により、各部位について対策の要否を検討する。このとき、損傷に対する対策の判定基準は、表—6．1のとおりとする。

表—6．1 対策の判定基準

判定区分	一般的状況
A	損傷が認められないか軽微で、補修を行う必要がない。
B	変状が認められるが緊急性はなく、計画的に補修・補強等を行う必要がある。
C	著しい変状が認められ、早急に更新あるいは補強等の必要がある。

- (2) 対策が必要と判定された損傷部位に対しては、損傷原因を特定し、適切な工法を選定したうえで対策を実施しなければならない。
- (3) 対策の検討に併せて、表 - 解6．2により次回点検の実施時期の検討するものとする。

表 - 解6．2 次回点検の実施時期

損傷等の状況	次回点検の時期
点検で損傷が認められなかった()	10年後
損傷が認められた(、)がその後補修等の対策が実施されている	
点検で損傷が認められた(、)がその後補修等の対策が実施されていない	5年後

【解説】

- (1) 損傷度の判定を行ったものについては、その程度に応じた対策を検討しなければならない。

外観目視による点検の場合には、損傷度の判定区分と、対策の判定区分が1：1で対応するものではないため、損傷の種類、状況、部材の重要度、構造物の周囲の状況などを総合的に判断して対策区分の判定を行う。

一方、板厚調査を実施した場合は、損傷度区分と対策の判定においては、残存板厚から定量的に附属物の余寿命を推定できるため、表—解6．1を参考に対策の判定を行う(損傷度の判定区分と、対策の判定区分が1：1で対応)。

表 - 解6．1 損傷度判定区分と対策の判定区分

板厚調査による損傷度判定		対策の判定	
判定区分	損傷状況	判定区分	一般的状況
	残存板厚が管理板厚以上である。 ($t_c \geq t$)	→ A	損傷が認められないか軽微で、補修を行う必要がない。
	残存板厚が限界板厚状、管理板厚未満である。 ($t_L \leq t < t_c$)	→ B	変状が認められるが緊急性はなく、計画的に補修・補強等を行う必要がある。
	残存板厚が限界板厚未満である。 ($t < t_L$)	→ C	著しい変状が認められ、早急に更新あるいは補強等の必要がある。

- (2) 対策は、損傷度、損傷部位、損傷原因および経済性に対して適切な対策工法を選定したうえで実施しなければならない。

その際、損傷原因が明確なものについては再損傷をしないような処置を行い、損傷原因が不明

なものについては、専門家より助言を受けたうえで対策を行う必要がある。

損傷原因のうち、き裂についての対応は、原因や効果的な補修方法について、また明らかにされていない事例もある。対策方法を検討していくためには損傷および対策事例に関する情報をできるだけ集積することと、専門家からの適切な助言を受けることが重要である。

なお、き裂が一旦発生すると比較的早期にき裂が進行する可能性もあるので、対策までの間に適宜応急処置を施したり、監視をするなどの対応が必要となる。

また、ボルト・ナットのゆるみ、脱落等については、一般的には点検時に取替え、ゆるみ防止等の措置をとることから、その他の損傷がなければ別途補修を行う必要はないが、それらの措置事故について記録に残しておく必要がある。

- (3) 点検の頻度は、原則として 1 0 年としているが、1 0 年間安全性を確保できると言い切れないものについては、5 年後に点検を行うこととした。

7．点検結果、措置・対策結果の記録方法

点検や措置・対策を実施した場合には、その結果を記録することとする。

【解説】

点検の結果は、合理的な維持管理を実施するうえで貴重な資料となることから、点検を実施した場合は、点検結果を記録することとした。また、点検の結果から、措置・対策を実施した場合は、その結果を道路管理情報システムに登録することとした。

8．その他

道路附属施設の点検を開始する前には、全体の点検年次計画を策定するものとする。また必要に応じて、計画表を見直すこととする。

道路附属物点検結果表については、各地方局建設部・土木事務所でデータを整理し、保管することとする。

【解説】

について

全体の点検年次計画を策定する際は、道路管理情報システムや、道路照明施設においては電力会社からの請求明細書等を活用し策定することとする。

また、新設された道路附属施設が追加された場合等においては、適宜、全体の点検年次計画を修正することとする。

- ・ 道路標識 点検年次計画表（様式— 1 ）
- ・ 道路照明灯 点検年次計画表（様式 - 2 ）
- ・ トンネル照明 点検年次計画表（様式 - 3 ）
- ・ 道路情報板 点検年次計画表（様式 - 4 ）

について

道路附属物点検結果表については、各地方局建設部・土木事務所の点検代表者がデータの整理や保管を行うこととする。

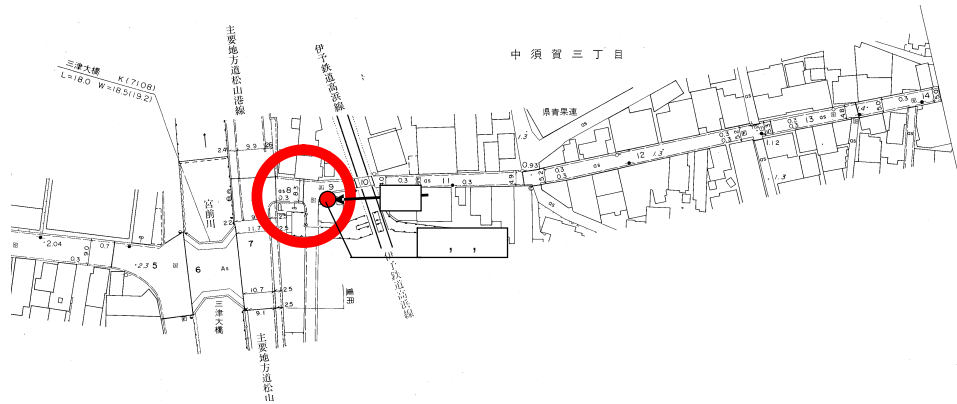
道路附属物点検記録表(現場チェックシート)

(1)基本情報															
附属物名		所在地		管理(管理)番号		道路台帳(年度)		平成 年度版		道路台帳付図番号					
管理(管理)番号		距離標		前回点検年度		初回点検				(上・下)					
(2)概要															
事務所名		点検種別		定期点検		点検実施日		平成 年 月 日		点検手段		緊急輸送道路			
点検者氏名															
(3)点検結果															
点検部位		損傷内容		損傷度		判定区分		点検部位		損傷内容		損傷度		判定区分	
柱脚部	リブ取付溶接部(Br)	き裂				支柱上部	横梁本体(BH) (横梁取付部から m)	き裂							
		腐食						腐食							
		変形・欠損						変形・欠損							
		その他						その他							
	柱・ベースプレート溶接部(Bp)	き裂				横梁トラス本体(Th) (横梁取付部から m)	き裂								
		腐食					腐食								
		変形・欠損					変形・欠損								
		その他					その他								
	ベースプレート取付部(Bb)	き裂				標識板および標識板取付部(Rs)	き裂								
		ゆるみ・脱落					ゆるみ・脱落								
		破断					破断								
		腐食					腐食								
アンカーボルト・ナット(Ab)	き裂				灯具および灯具取付部(Li)	き裂									
	ゆるみ・脱落					ゆるみ・脱落									
	破断					腐食									
	腐食					変形・欠損									
柱・基礎境界部(Pb) (支柱と基礎コンクリートの境界)	き裂				ブラケット取付部(Bri) (ブラケットの橋梁本体への取付部)	き裂									
	腐食					ゆるみ・脱落									
	変形					破断									
	その他					腐食									
基礎コンクリート部(Bc)	ひび割れ・欠損				ブラケット本体(Brh)	き裂									
	き裂					腐食									
	腐食					変形・欠損									
	その他					その他									
路面境界部(GL-40) (GL-40mm)	き裂				バンド部(Bn) (共架型)	き裂									
	腐食					ゆるみ・脱落									
	変形・欠損					破断									
	その他					腐食									
電気設備用開口部(Hh)	き裂				配線部分(Wi)	き裂									
	腐食					ゆるみ・脱落									
	変形・欠損					破断									
	その他					腐食									
電気設備用開口部ボルト(Hb)	き裂				その他	き裂									
	ゆるみ・脱落					ゆるみ・脱落									
	破断					破断									
	腐食					腐食									
支柱内部(Pi)	腐食				目視判定基準	損傷内容	判定区分	損傷状況							
	滞水					き裂	—	損傷なし							
	その他							き裂がある							
	腐食							き裂がある							
横梁仕口溶接部(Bw)	き裂				ひび割れ・欠損	—	ひび割れ・欠損がある								
	腐食						腐食	防食機能の劣化	損傷なし						
	変形・欠損								錆は表面的であり、著しい板厚減少は視認出来ない						
	横梁取付部(Bi)	き裂				腐食			孔食	表面に著しい膨張が生じているか、または明らかな板厚減少が視認できる					
ゆるみ・脱落					損傷なし										
破断					孔食が生じている										
現場溶接部(Fw)		腐食				異種金属接触腐食	—	貫通した孔食が生じている							
	変形・欠損				損傷なし										
	その他				異種金属接触による腐食がある										
	横梁トラス溶接部(Tw)	き裂				ゆるみ・脱落	—	損傷なし							
腐食					ボルト・ナットのゆるみがある										
変形・欠損					ボルト・ナットの脱落がある										
横梁分岐部(Bj)		き裂				破断	—	損傷なし							
	腐食				ボルトの破断がある										
	変形・欠損				損傷なし										
	支柱本体(Ph) (基礎から m)	き裂				変形・欠損	—	変形または欠損がある							
腐食					著しい変形または欠損がある										
変形・欠損					滞水の形跡が認められない										
支柱継手部(Pj) (基礎から m)		き裂				滞水	—	滞水の形跡が認められる							
	ゆるみ・脱落				滞水が生じている										
	破断				対象外										
	備考	腐食				対策の判定基準	判定区分	一般的状況							
変形・欠損					A			損傷が認められないが軽微で、補修を行う必要がない							
その他								B	変状が認められるが緊急性はなく、計画的に補修・補強等を行う必要がある						
						C	著しい変状が認められ、早急に更新あるいは補強等の必要がある								

道路附属物点検記録表(現場チェックシート)

点検地点位置図(道路台帳等)

平成24年度版



状況写真

全景



表面詳細



裏面詳細



基礎部



平成24年度策定 道路照明灯 点検年次計画表(様式 - 2)

記載例

事務所名: 四国中央土木事務所

点検年度	整理(管理)番号	道路種別	路線名	所在地	緊急輸送路	電力会社のお客番号	備考
平成24年度	0503190130_1	国	319号	四国中央市新宮町	1次	525-6370-01-3692	
平成24年度	0503190130_2	国	319号	四国中央市新宮町	1次	525-6370-01-3693	
平成24年度	0503190130_3	国	319号	四国中央市新宮町	2次	525-6370-01-3694	
平成25年度	0503190130_4	主	川之江大豊線	四国中央市〇〇町	1次	525-6370-01-3695	
平成25年度	0503190130_5	主	川之江大豊線	四国中央市〇〇町	1次	525-6370-01-3696	
平成25年度	0503190130_6	主	川之江大豊線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3697	
平成26年度	0503190130_7	主	高知伊予三島線	四国中央市〇〇町	2次	525-6370-01-3698	
平成26年度	0503190130_8	主	高知伊予三島線	四国中央市〇〇町	2次	525-6370-01-3699	
平成26年度	0503190130_9	主	高知伊予三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3700	
平成27年度	0503190130_10	一	川之江港線	四国中央市〇〇町	1次	525-6370-01-3701	
平成27年度	0503190130_11	一	川之江港線	四国中央市〇〇町	1次	525-6370-01-3702	
平成27年度	0503190130_12	主	壬生川新居浜野田線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3703	
平成27年度	0503190130_13	主	壬生川新居浜野田線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3704	
平成28年度	0503190130_14	主	大野原川之江線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3705	
平成28年度	0503190130_15	主	大野原川之江線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3706	
平成28年度	0503190130_16	一	川之江停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3707	
平成28年度	0503190130_17	一	川之江停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3708	
平成29年度	0503190130_18	一	金生三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3709	
平成29年度	0503190130_19	一	金生三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3710	
平成29年度	0503190130_20	一	上分三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3711	
平成29年度	0503190130_21	一	上分三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3712	
平成30年度	0503190130_22	一	伊予三島停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3713	
平成30年度	0503190130_23	一	伊予三島停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3714	
平成30年度	0503190130_24	一	上猿田三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3715	
平成30年度	0503190130_25	一	上猿田三島線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3716	
平成31年度	0503190130_26	一	伊予寒川停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3717	
平成31年度	0503190130_27	一	伊予寒川停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3718	
平成31年度	0503190130_28	一	蕪崎土居線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3719	
平成31年度	0503190130_29	一	蕪崎土居線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3720	
平成32年度	0503190130_30	一	伊予土居停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3721	
平成32年度	0503190130_31	一	伊予土居停車場線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3722	
平成32年度	0503190130_32	一	別子山土居線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3723	
平成32年度	0503190130_33	一	別子山土居線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3724	
平成33年度	0503190130_34	一	新居浜土居線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3725	
平成33年度	0503190130_35	一	新居浜土居線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3726	
平成33年度	0503190130_36	一	三島川之江港線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3727	
平成33年度	0503190130_37	一	三島川之江港線	四国中央市〇〇町	指定なし	525-6370-01-3728	

緊急性の高い路線(緊急輸送道路)から点検していく計画としてください。

各年度で路線を割り振った計画としてください。

例) 国道〇〇号については、1年目(平成24年度)に全て点検を実施する。

道路管理情報システムから計画表を策定してください。

1年目	平成24年度	3基
2年目	平成25年度	3基
3年目	平成26年度	3基
4年目	平成27年度	4基
5年目	平成28年度	4基
6年目	平成29年度	4基
7年目	平成30年度	4基
8年目	平成31年度	4基
9年目	平成32年度	4基
10年目	平成33年度	4基
	合 計	37基

1 道路管理情報システムにて振られている整理(管理)番号を記入してください。

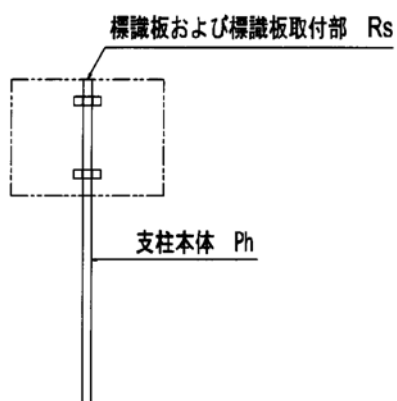
2 1次・2次・指定なしのいずれかを記入してください。

3 電力会社からの請求明細書に記載されているお客番号(照明灯・道路情報板)を記入してください。

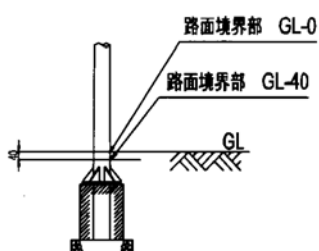
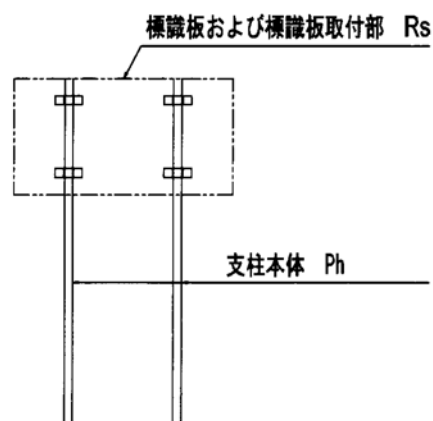
付録一 1 点検部位概略図

(1) 単柱および複柱式

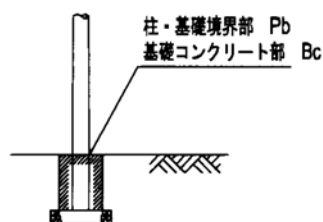
単柱式



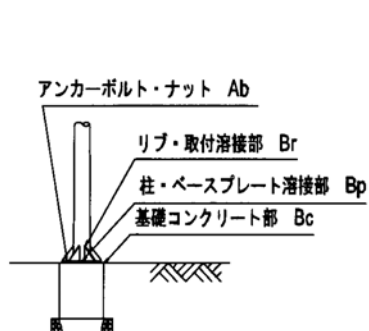
複柱式



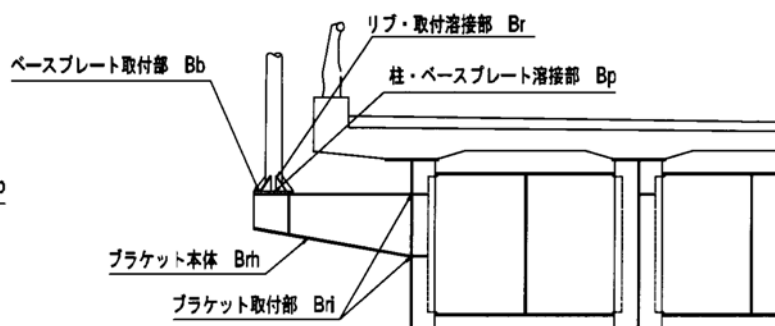
路面境界部が埋め戻されている場合



基礎コンクリートが露出している場合



ベースプレートが露出している場合

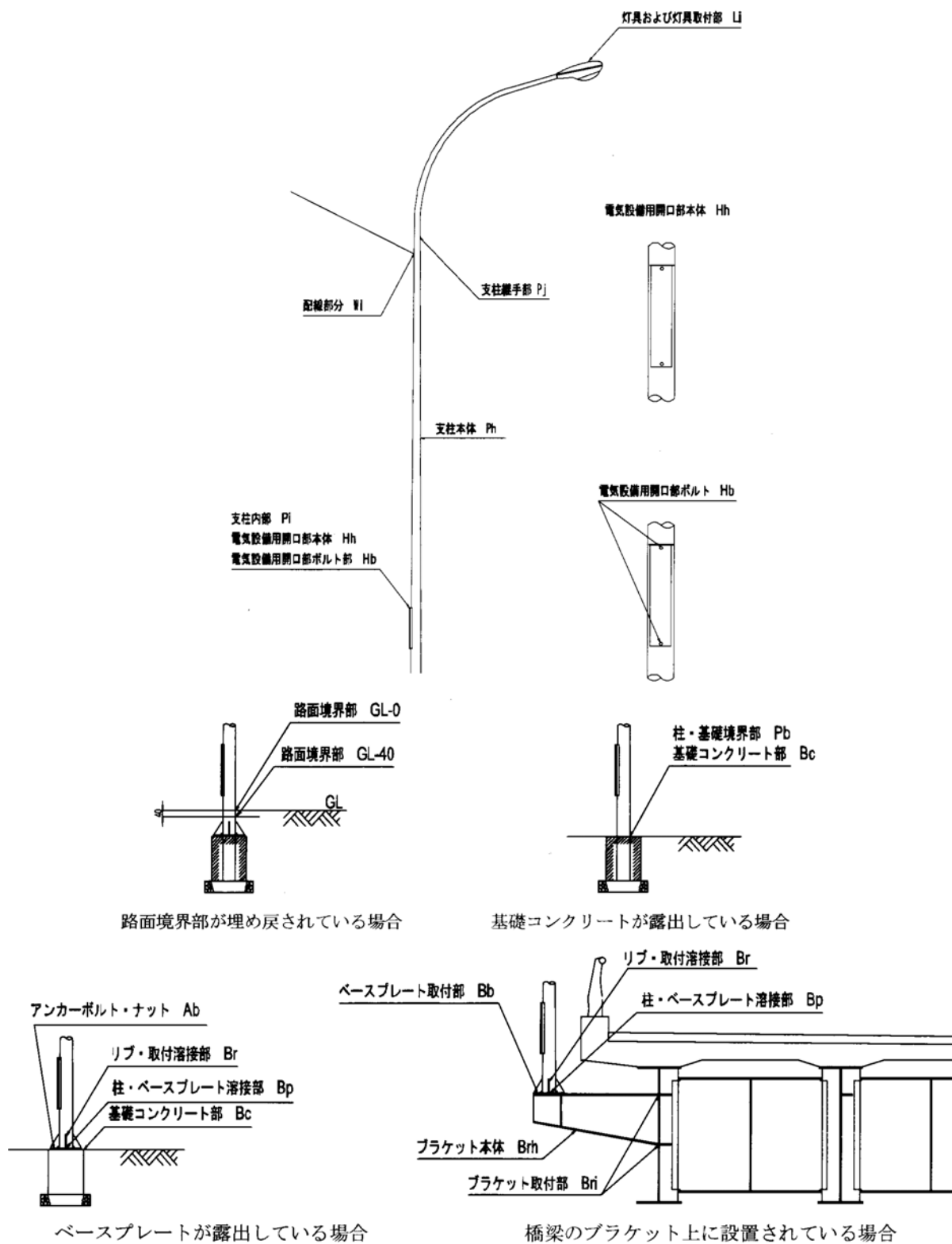


橋梁のブラケット上に設置されている場合

図ー1 点検部位概略図(その1)

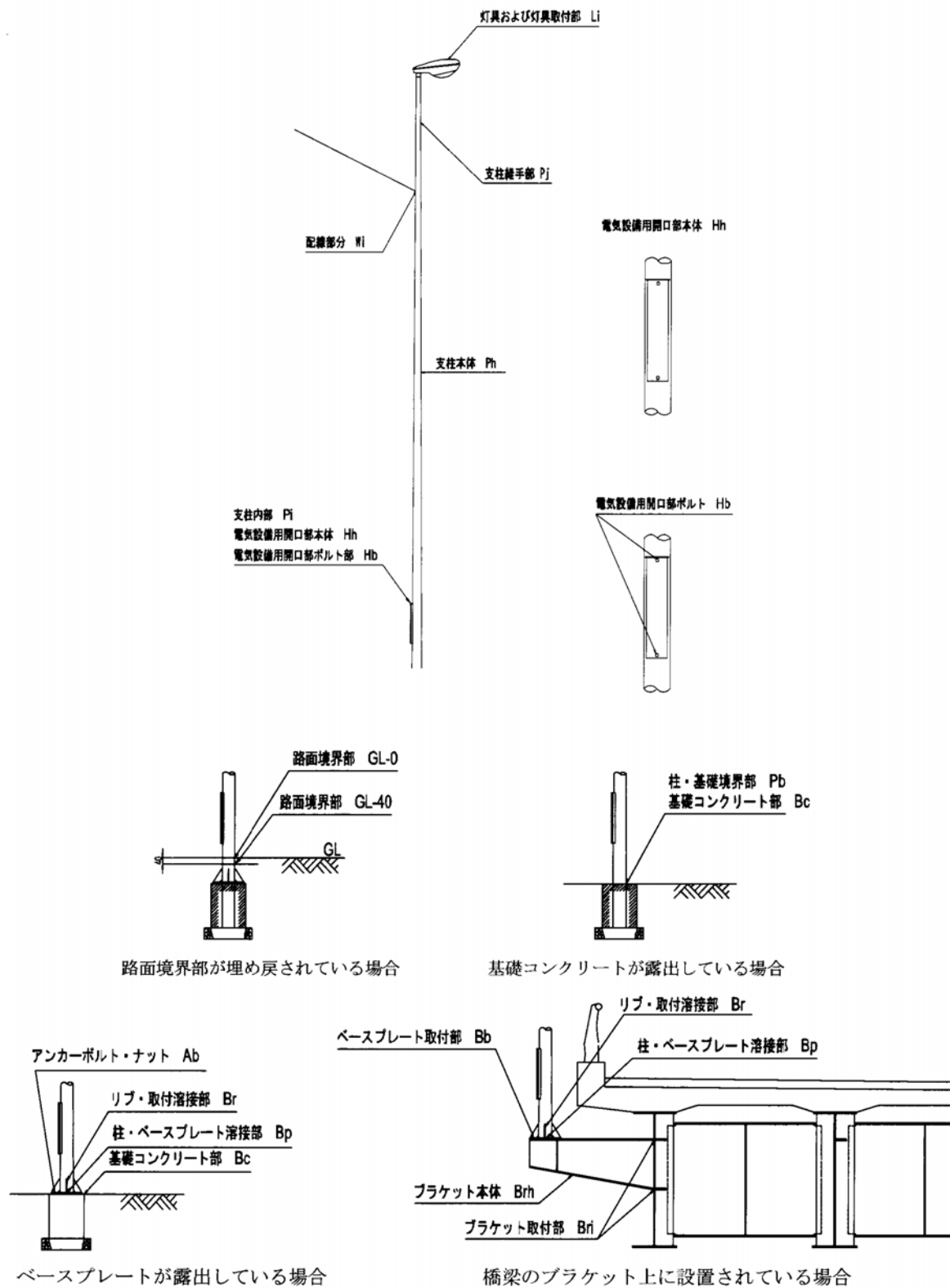
(2) テーパーポール

逆L型



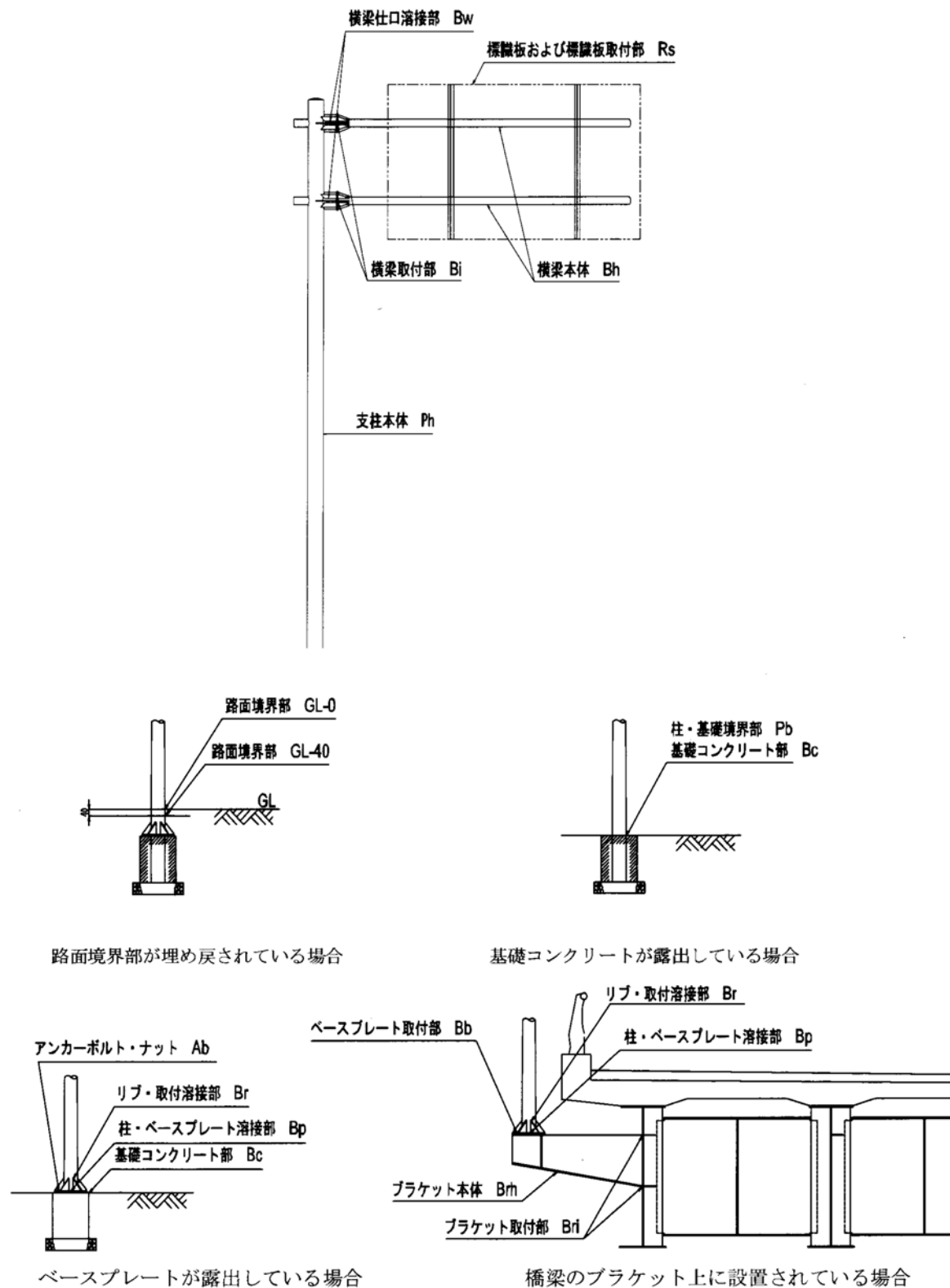
図ー2 点検部位概略図（その2）

直線型



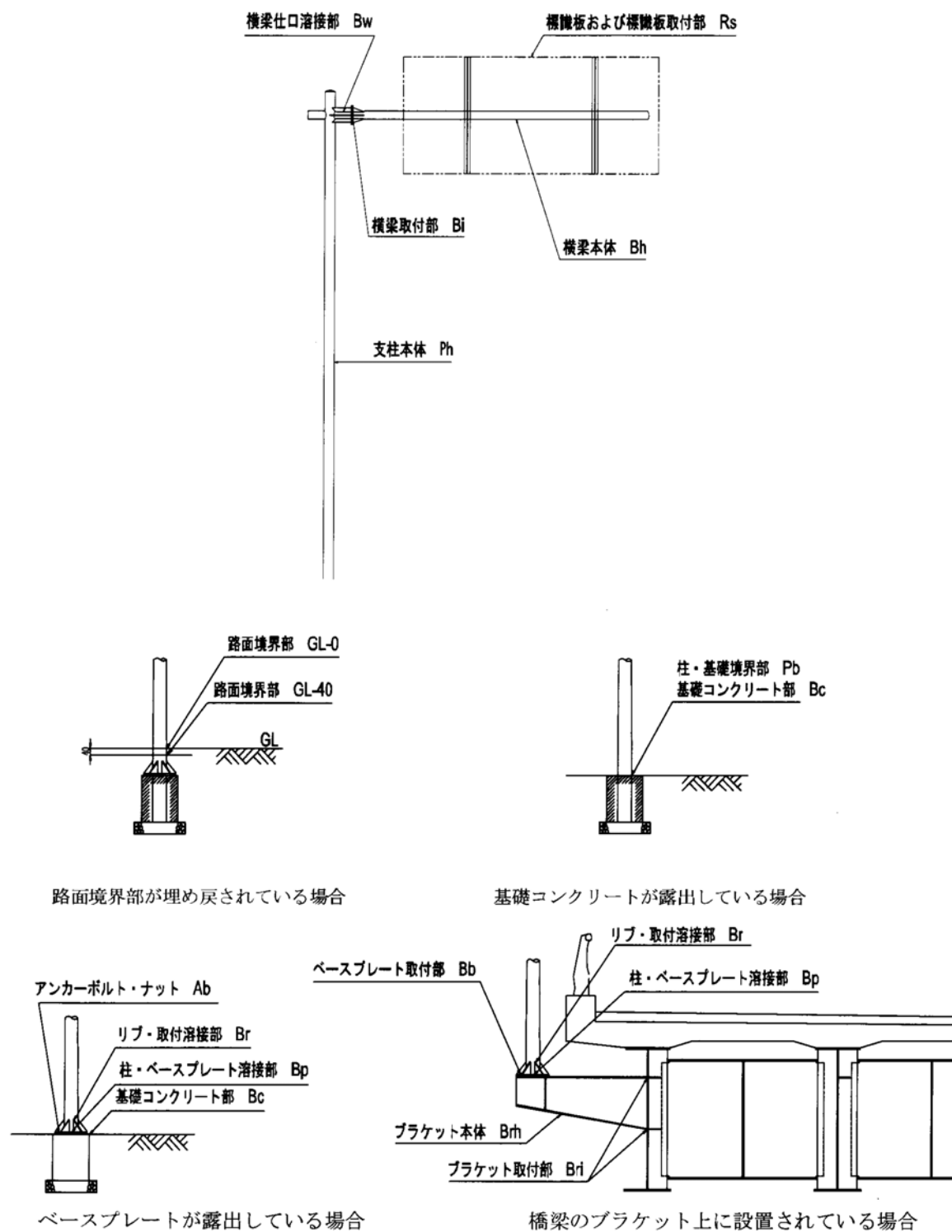
図ー3 点検部位概略図 (その3)

(3) F型



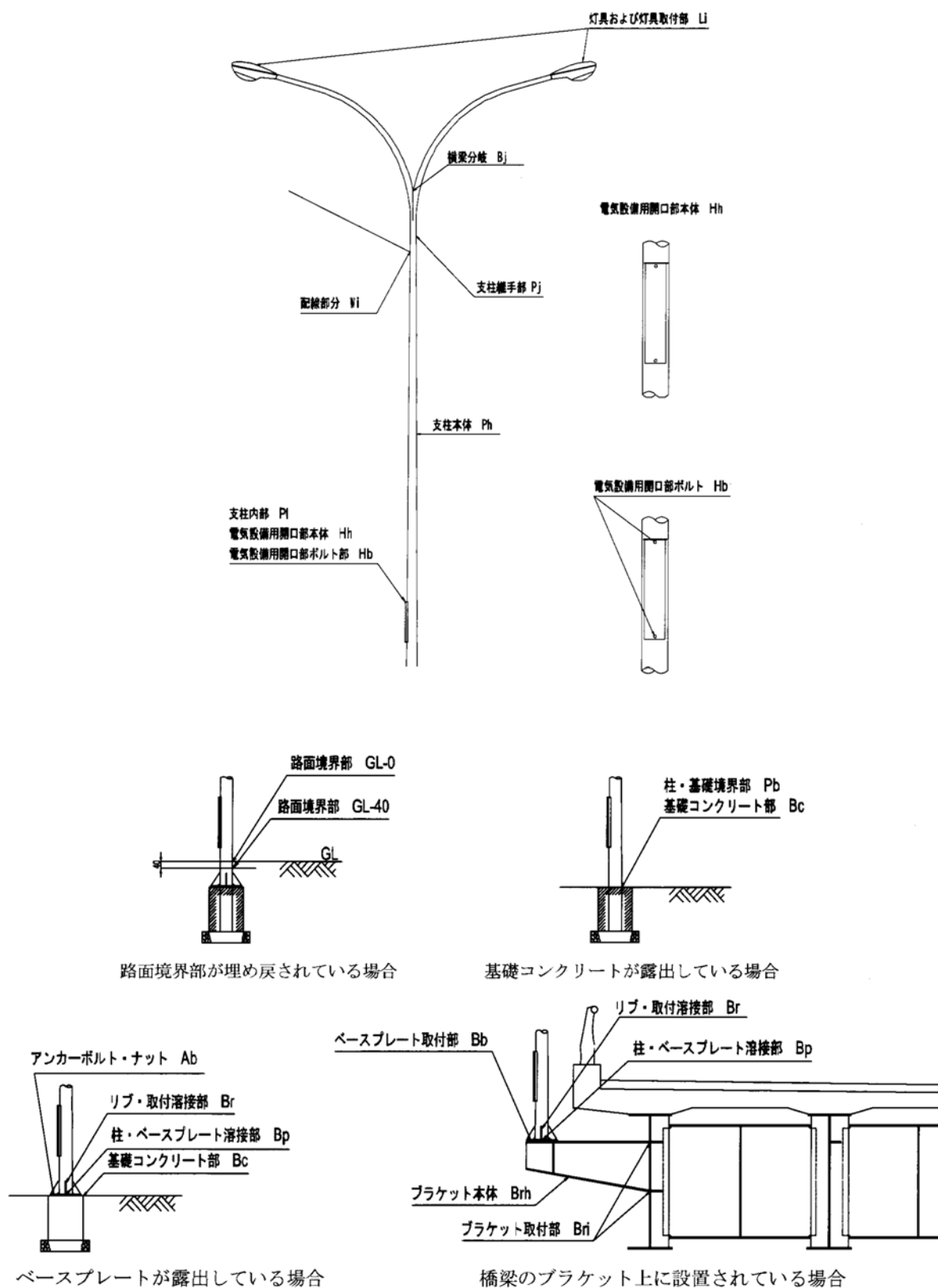
図ー4 点検部位概略図（その4）

(4) 逆L型



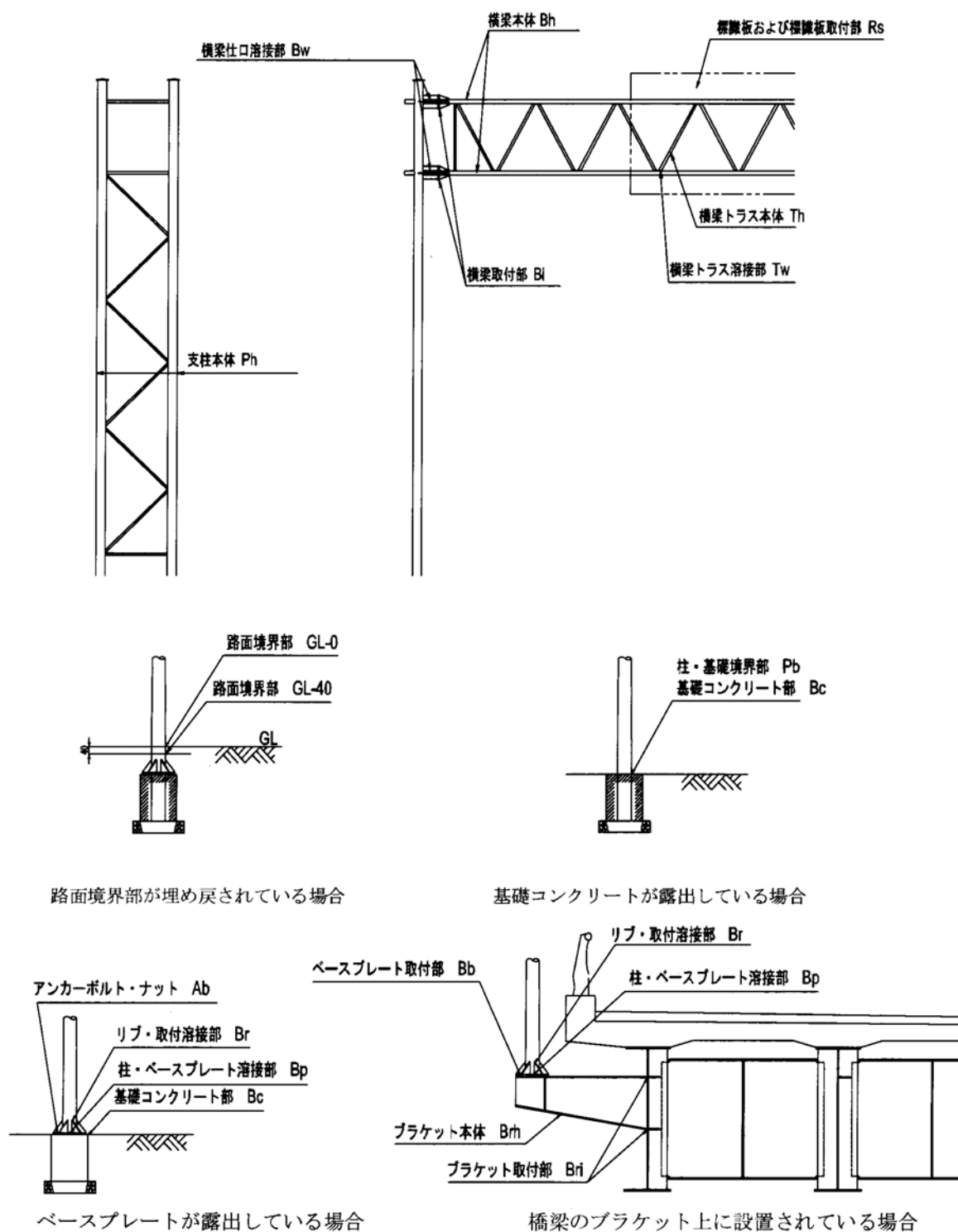
図ー5 点検部位概略図 (その5)

(5) Y型



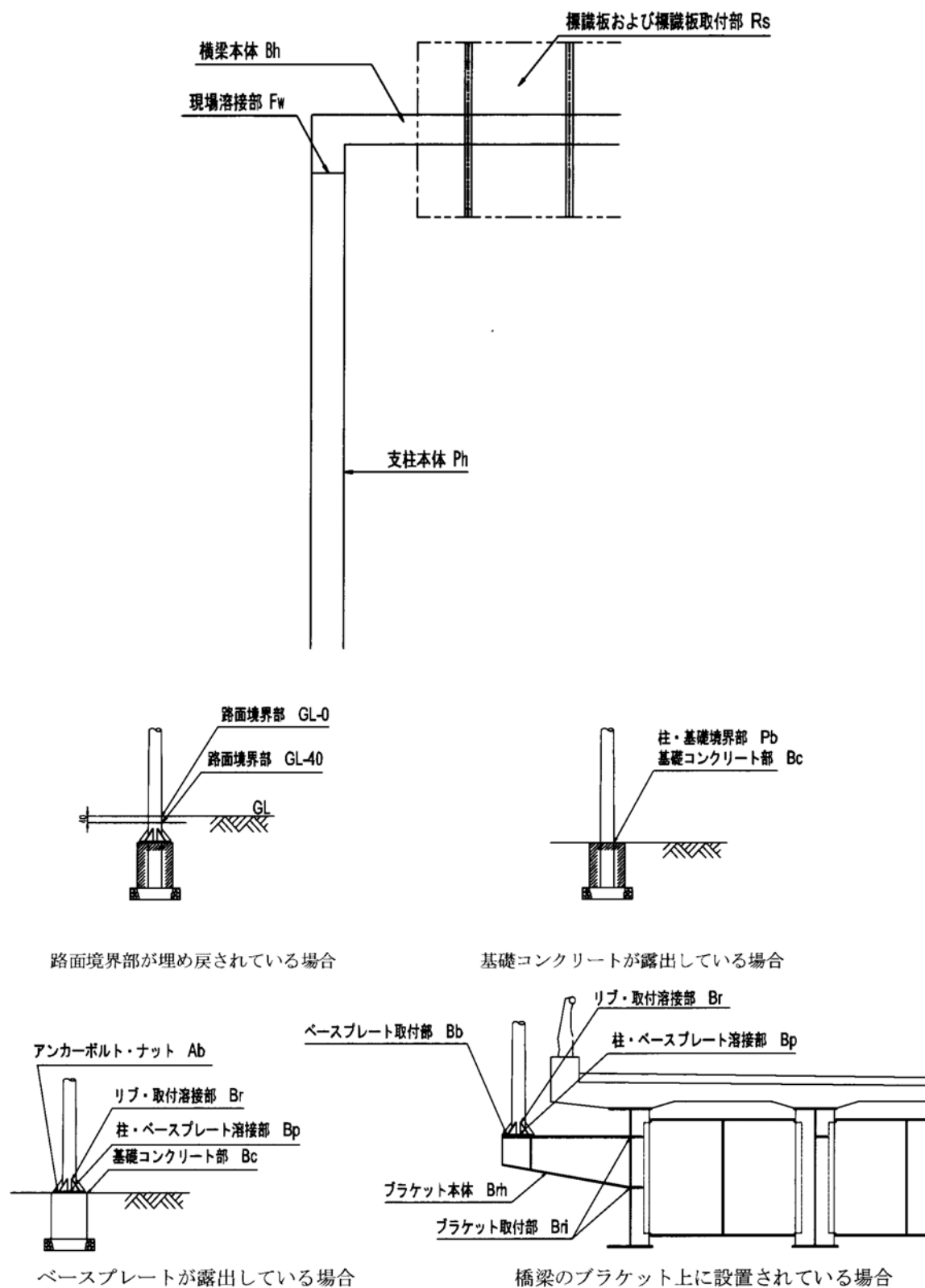
図ー6 点検部位概略図（その6）

(6) トラス型門柱



図一七 点検部位概略図（その7）

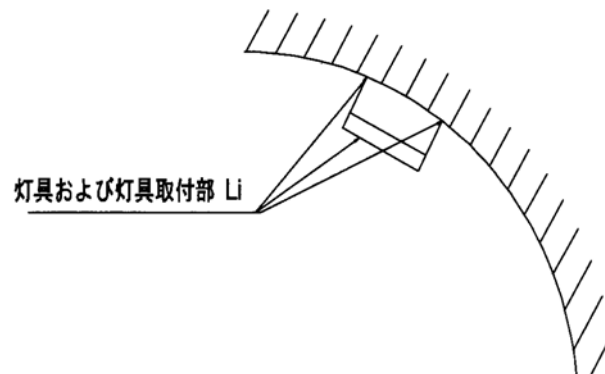
(7) アーチ型門柱



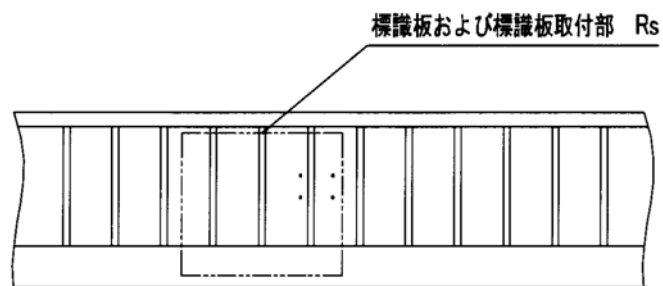
図ー8 点検部位概略図 (その8)

(8) 添架式

トンネル内照明



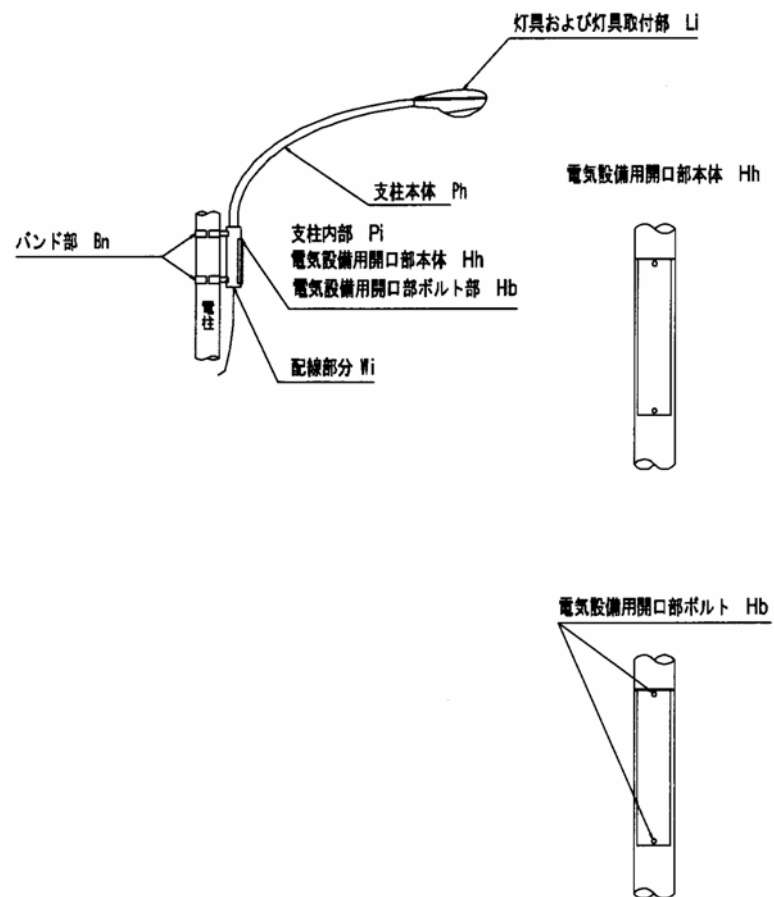
添架式標識



横断歩道橋添架の場合

図ー9 点検部位概略図（その9）

(9) 共架式



図一 10 点検部位概略図 (その 10)

付録一 2 超音波厚さ計による板厚調査の実施手順

（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。

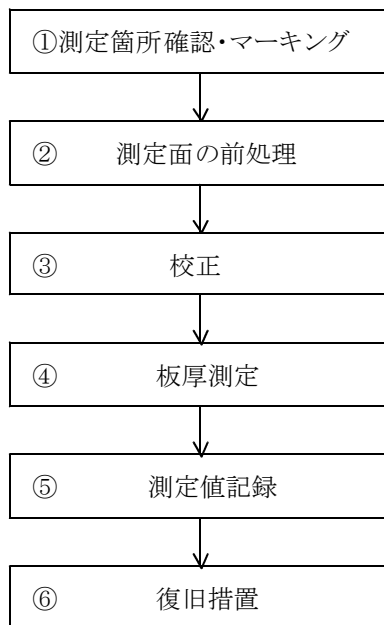
板厚調査の対象は、塗膜厚を含まない鋼母材厚である。超音波パルス反射法を利用した機器には、塗膜厚を含まない鋼母材厚を検出する機能を有するものと、そうでないものがある。後者の機器を用いた場合は、別途、塗膜厚を調査して測定値から差し引く必要がある。塗膜厚は、工場製作時の値を用いるか、または、膜厚計により測定するのがよい。



図－１ 超音波厚さ計の一例

(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－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

板厚測定にあたっては、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、調査箇所は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が、張り紙防止塗装については、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に前処理が必要な例を示す。

表－１ 前処理が必要な例

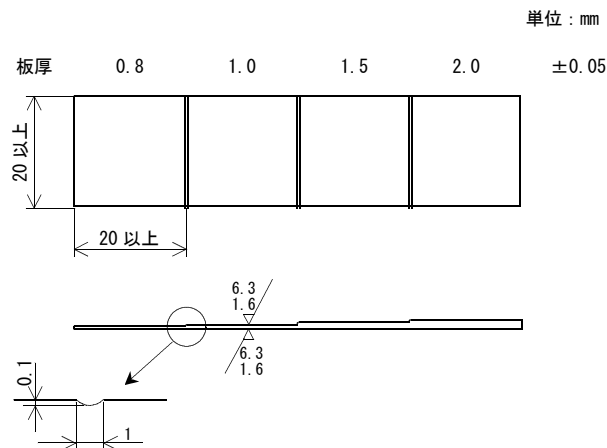
事 例	前 処 理 の 概 要
測定面に腐食による錆、浮いたスケール、異物の付着があり、凹凸がある場合	探触子を接触させる面は、平滑でないと測定精度が確保できない。よって左記の場合、ワイヤーブラシ等により、黒皮、もしくは鋼材表面が現われるまで除去し、サンドペーパー等で表面を平滑に処理する。なお、ブラシ等で除去できない場合は、電動グラインダーにより除去し、探触子が設置できる面を確保する。
塗膜にふくれがみられる場合など、板厚測定にその影響が無視できない場合	塗膜剥離剤で塗膜を除去する。あるいはグラインダーで塗膜のみを除去する。
塗膜の劣化や発錆が生じているとうかがえる箇所に張り紙防止シートが施工されている場合	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、土砂などで点検箇所が露出していない場合	ブレードカーやスコップなどで点検箇所を露出させる。この場合、ブレード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± 0.1mm 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值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± 0.1mm としたのは、一般的な道路照明柱基部の板厚は、4.0 ～ 4.5mm と規定されており、その精度が 0.1mm 単位で管理されていることを考慮したためである。また、校正值のチェックは、測定中少なくとも 1 時間ごと、および測定終了直後に行い、校正值が前回の校正值より、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、0.1mm 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、または一部を交換した場合。
- ・作業者が交替した場合。



図－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により、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度変えて各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、次の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_m：超音波厚さ計の表示値（mm）

D_c：塗膜厚（mm）

C：鋼の音速（m/s）

C_c：塗膜の音速（m/s）

下表参考値を参照のこと

表－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
铸铁	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、測定箇所の耐久性を損なわぬように、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が、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

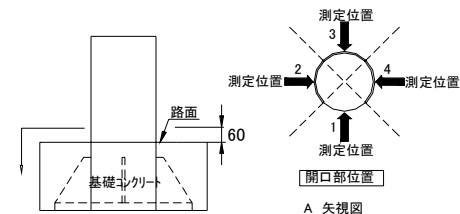
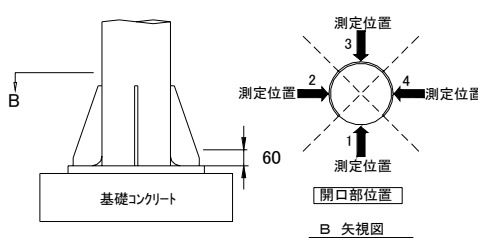
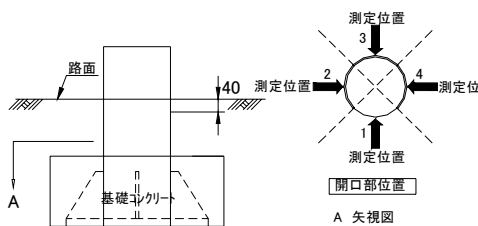
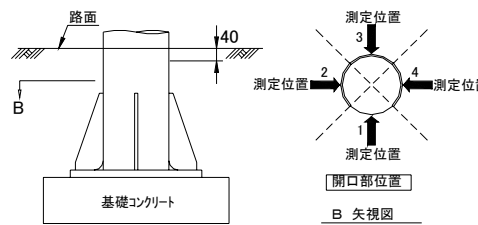
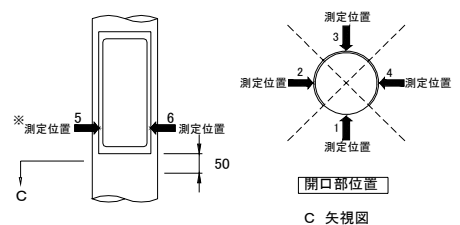
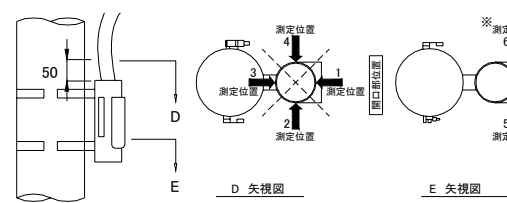
実施する。

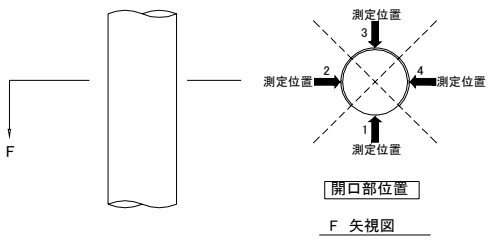
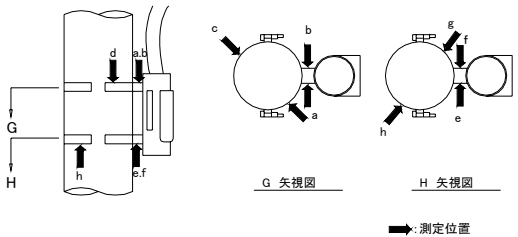
- ・路面境界部の埋め戻しを行う場合には、タールエポキシ塗装などの重防食塗装を行うことが望ましい。

(4) 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－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 面から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	
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。

①基礎が露出している場合

i) コンクリート基礎

基礎コンクリート上端から 60 mm 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。

ii) アンカーボルト基礎

ベースプレート上面から 60 mm 以内で、円周上 4 点を測定する。

②基礎が露出していない場合

i) コンクリート基礎

路面（地表面）から下へ 40 mm 付近で、円周上 4 点を測定する。

ii) アンカーボルト基礎

路面（地表面）から下へ 40 mm 付近で、円周上 4 点を測定する。

2) 電気設備用開口部

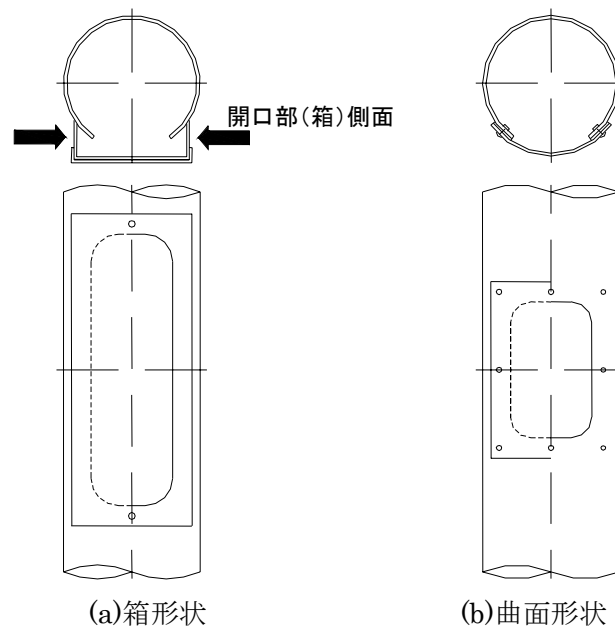
雨水の浸入により腐食している事例が多い箇所である。

①独立型

開口部枠下 50 mm 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。

②共架型

開口部上の直線部 50 mm 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－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が、ノギスを用いた方が簡便に測定できる場合には、これを用いても差し支えないものとする。



図－5 共架型バンド部における塗膜の劣化例

付録一 3 き裂探傷試験の実施手順

(1) 磁粉探傷試験

(2) 浸透探傷試験

(1) 磁粉探傷試験

磁粉探傷試験の試験方法は、J I S G 0 5 6 5「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が、現場に於いては、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。

- ・前処理の範囲は、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。

（２）浸透探傷試験

浸透探傷試験方法は、J I S Z 2 3 4 3「浸透探傷試験方法及び欠陥指示模様の等級分類」により実施するものとする。

浸透探傷試験用資材については、種々のものが市販されている。各々の製品について使用手順は異なっている部分もあるが、ここでは、参考までに J I S 規格に示された一般の手順について述べる。

１）使用資材

- ・洗浄液
- ・浸透液
- ・現像液
- ・塗膜剥離材
- ・布、ペーパータオル
- ・ブラシなど

２）実施手順

a．前処理

試験体に付着した油脂類、塗料、錆、汚れなどの表面付着物および、欠陥中に残留している油脂類、水分などを十分取り除く。

- ・前処理の範囲は、試験部分より外側に 2 5 mm 以上広い範囲に行う。
- ・塗膜がある場合は、塗膜剥離材を使用してき裂をつぶさないように塗膜を除去する。
- ・油脂類などは、洗浄液を染み込ませた布、ペーパータオルにて十分ふき取る。
- ・処理後は、洗浄液、水分などを十分乾燥させる。

b．浸透処理

- ・刷毛、スプレーなどにより、浸透液を試験部分に塗布する。
- ・浸透時間は、一般的に 1 5 ～ 5 0 ℃ の範囲では表－ 1 に示す値を基準とする。3 ～ 1 5 ℃ の範囲においては、温度を考慮して時間を増し、5 0 ℃ を越える場合、また、3 ℃ 以下の場合、浸透液の種類、試験体の温度などを考慮して別に定める。

表－ 1 浸透時間と現像時間（最小時間）

材 質	形 態	欠陥の種類	浸透時間(分)	現像時間(分)
アルミニウム、マグネシウム、鉄鋼、真ちゅう、青銅、チタニウム、耐熱合金	鋳造品、溶接物	コールドシャット、ボロシティー、融合不良 (全ての形態)	5	7
	押し出し棒、鍛造品	ラップ、割れ (全ての形態)	1 0	7

c．洗浄処理と除去処理

洗浄液を染み込ませた布、または、ペーパータオルで、試験体表面についている余剰の浸透液を拭き取り、乾燥させる。

d．現像処理

現像液を、試験体表面に刷毛またはスプレーにて一様に塗布する。

e. 観察

欠陥の指示模様の観察は、現像液塗布後 7 ～ 30 分の間に行う。もし、指示模様の大きさに変化がないときは、それ以上の時間が経過しても差し支えない。

指示模様が、欠陥かどうか不明な時は、試験のやり直しを行うか、別の適切な試験方法にて欠陥の確認を行う必要がある。

f. 後処理

試験が終了したら、現像材を除去する。除去はブラッシング、または、布などでふき取りを行い、塗装を除去した場合は、塗装をおこなう。

付録－４ 限界板厚の一覧及び算出例

(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、また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。

しかし、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）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拠り難い道路附属物の限界板厚については、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。

(2) 道路照明の限界板厚

道路照明の限界板厚の算定は、(社)日本照明器具工業会「JIL 1003 照明用ポール強度計算基準」に準じて算出するものとする。なお、道路照明の限界板厚は、発生断面力の大きい柱下端において算出している。

表－２．１に示す計算条件に基づいて計算した標準タイプの限界板厚一覧を表－２．２に示す。

表－２．１ 計算条件

	計 算 条 件		
計算風速	60 m/sec		
照明器具受圧面積	KSC-4	正面	0.11 m ²
		側面	0.17 m ²
	KSC-7	正面	0.16 m ²
		側面	0.25 m ²
	KSN-2-H	正面	0.10 m ²
		側面	0.17 m ²
	KSN-3-H	正面	0.10 m ²
		側面	0.17 m ²
風力係数	柱(丸形断面の場合)		0.7
	照明器具(ハイウェイ形、ポールヘッド形の場合)		0.7
材質	SS400		
計算方式	JIL 1003		

表－２．２ 標準タイプの道路照明の限界板厚一覧

(単位：mm)

形式 (アームタイプ)	照明器具		形式 (直線タイプ)	照明器具	
	KSC-7	KSC-4		KSN-2-H	KSN-3-H
８－ ８	2.0	1.8	S ８	1.6	1.6
８－ ８Y	2.9	2.5	S 1 0	2.1	2.1
８－ 1 8	2.0	1.8	S 1 2	2.4	2.4
８－ 1 8Y	3.2	2.8			
1 0－ ８	2.4	2.2			
1 0－ ８Y	3.3	2.8			
1 0－ 2 1	2.4	2.2			
1 0－ 2 1Y	3.6	3.2			
1 0－ 2 3	2.4	2.2			
1 0－ 2 3Y	3.7	3.3			
1 2－ ８	2.7	2.5			
1 2－ ８Y	3.6	3.1			
1 2－ 2 3	2.8	2.6			
1 2－ 2 3Y	4.0	3.6			
1 2－ 2 8	2.8	2.6			
1 2－ 2 8Y	4.2	3.8			

●形状記号の説明（建設省道路照明施設設置基準）

<アームタイプ>

第１の数字 ：地上高さ（m）
 第２の数字 ：アームの出幅（×1/10m）
 Y ：２灯用Y型

<直線タイプ>

S ：直線形ポール
 数字 ：地上高さ（m）

(例)

1 0－ 2 3 Y ：地上高さ 10m、アームの出幅 2.3m、２灯用Y型
 S 1 0 ：地上高さ 10m、直線形ポール

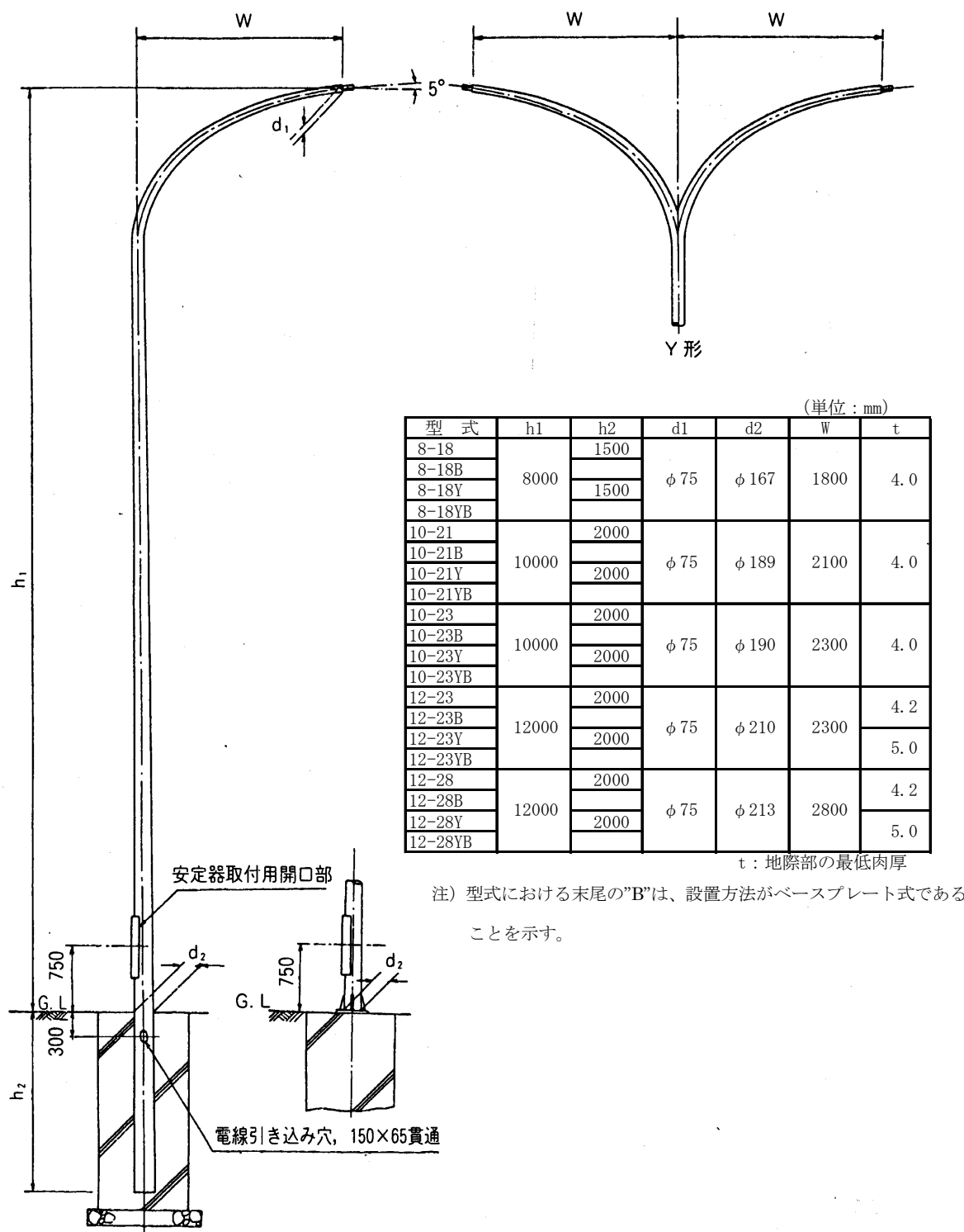


図-1 照明用テーパーポール (丸形長円形) 一般図 (単位 mm)

(3) 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。また、F 型、逆 L 字型、および 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。

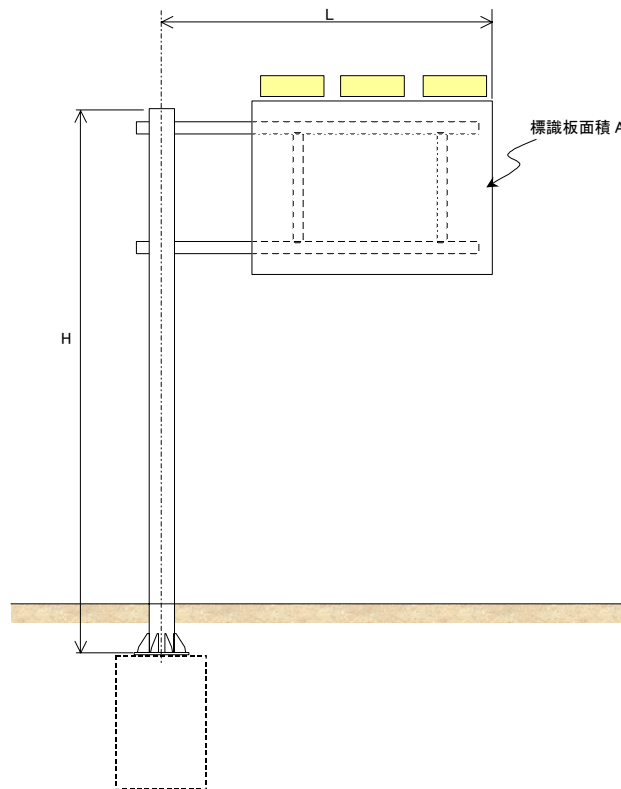
標識柱の構造寸法は、街路条件や標識の種類により多種多様であることから、全ての標識柱に対して限界板厚を提示することは容易ではない。そこで、本資料では限界板厚の算定において支配的となる支柱径、梁径、標識板面積、支柱高さ、また梁長さ等を、各地方整備局の標準図集等に記載されている構造寸法をもとにパラメータ表示し、限界板厚を整理した。

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。

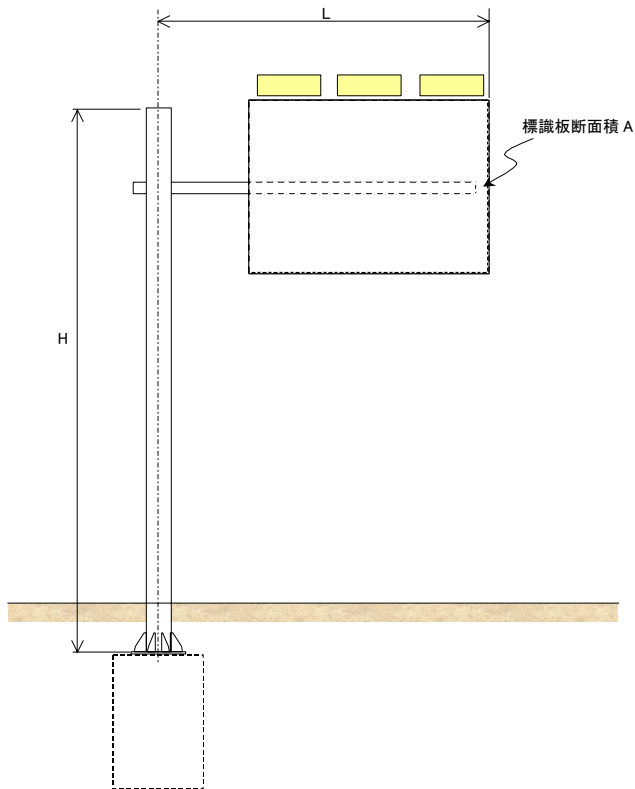
したがって、表－3. 2 に示す限界板厚は、各パラメータに当てはまる標識柱の限界板厚の上限値と下限値を示したものであり、板厚調査による損傷度判定を行う場合には、上限値である限界板厚最大値を用いることが、最も安全側の評価となる。なお、限界板厚は、形状寸法、計算条件が明らかとなれば一義的に決まるものであるため、各パラメータに当てはまる標識柱であっても、板厚調査で残存板厚が限界板厚最大値を下回った場合には、更新・補強等の対策の前に、正確な形状寸法、および計算条件のもと、後述する限界板厚算出例を参考に限界板厚を算出することが望ましい。ただし、計算を省略する場合は、安全側である限界板厚最大値を用いるものとする。

表－3. 1 計算条件

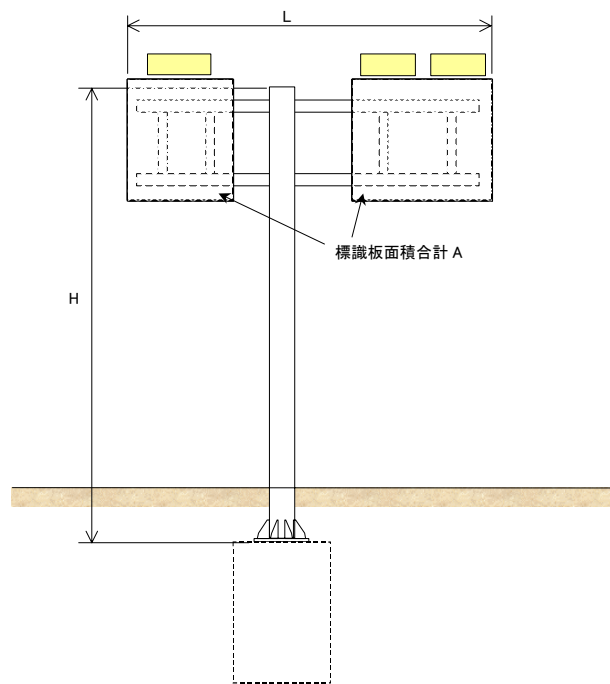
	計 算 条 件	
計算風速	50 m/sec (片持ち式・両持ち式・門型式)	
風力係数	標識板、照明器具	1.2
	柱 (丸形断面の場合)	0.7
照明器具受圧面積	0.19m ² /灯	
固定荷重	標識板	196.1N/m ²
	照明器具	686.5N/灯
材質	STK400	
計算方式	道路標識設置基準・同解説	
その他	標識板の取付方法は、固定構造とする。	



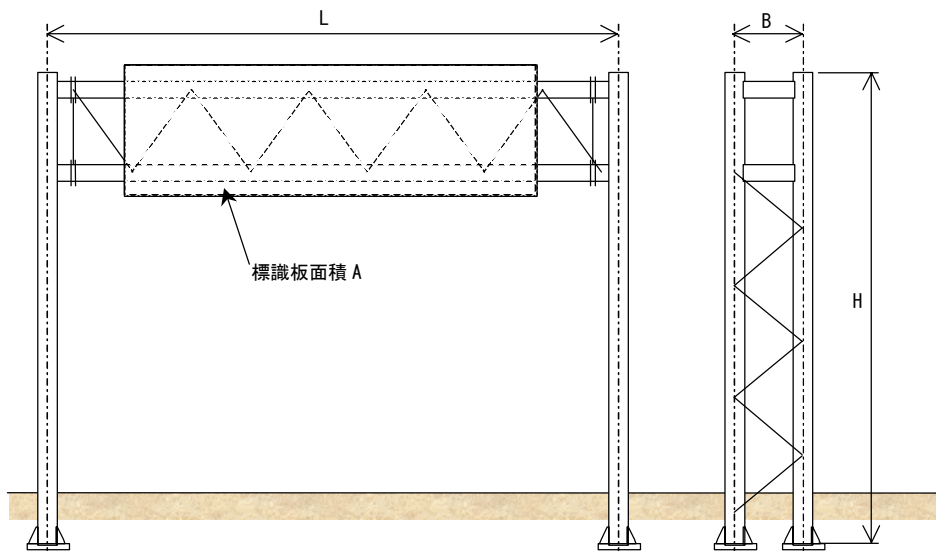
図－3．1 F型標識柱の寸法図



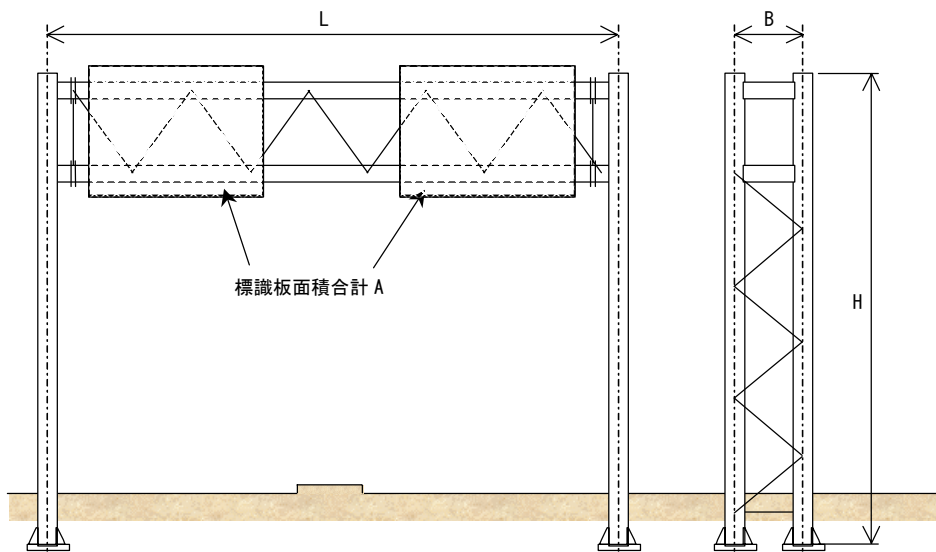
図－3．2 逆L型標識柱の寸法図



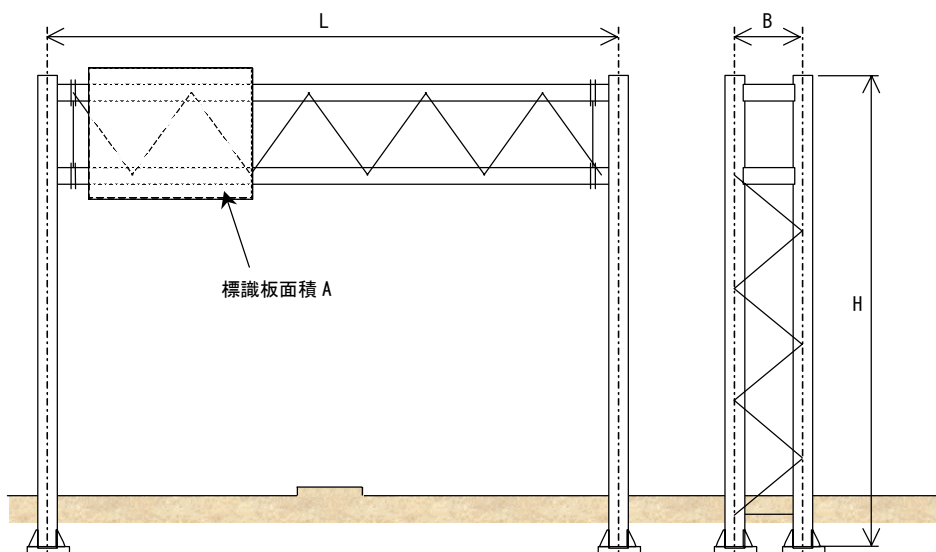
図－3．3 T型標識柱の寸法図



図－3．4 門型標識柱（TYPE I）の寸法図



図－3．5 門型標識柱（TYPEⅡ）の寸法図



図－3．6 門型標識柱（TYPEⅢ）の寸法図

(4) 道路照明の限界板厚算出例

(a) 計算条件

道路照明の限界板厚は、(社)日本照明器具工業会「JIL 1003 照明用ポール強度計算基準」に準じて算出する。

①材質

SS400

表－4. 1 より、許容応力度は以下のとおりとなる。

許容応力度 $\sigma_a=235[\text{N}/\text{mm}^2]$ (短期)

表－4. 1 材料の許容応力度※

材料	板厚 [mm]	許容応力度			
		長期		短期	
		引張・圧縮・曲げ	せん断	引張・圧縮・曲げ	せん断
SS400、STK400 又は、これらに相当するもの	$t \leq 40$	156	90.4	235	136
STKR400	—	156	90.4	235	136
SM490、SMA490 又は、これらに相当するもの	$t \leq 40$	216	125	325	188
SUS304 又は、これらに相当するもの	—	156	90.4	235	136

※「照明用ポール強度計算基準 JIL 1003 : 2002」より

②風速 V

$$V = 60[\text{m}/\text{s}]$$

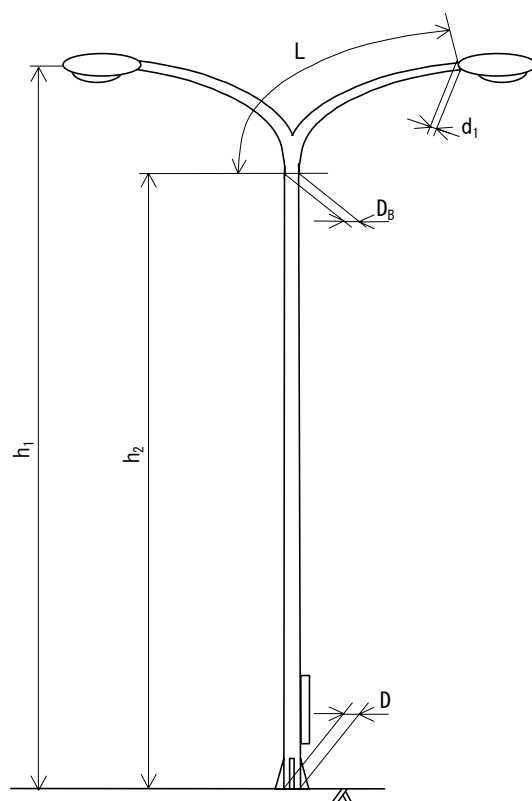
③速度圧 q

$$\begin{aligned}
 q &= 1/2 \times \rho \times V^2 \\
 &= 1/2 \times 1.23 \times 60^2 \\
 &= 2214[\text{N}/\text{mm}^2]
 \end{aligned}$$

(b) 形状寸法

ポール形式 : 12-28YB

灯具形式 : KSC-7



$$h_1 = 12.000 \text{ [m]}$$

$$h_2 = 10.334 \text{ [m]}$$

$$d_1 = 0.075 \text{ [m]}$$

$$D_B = 0.109 \text{ [m]}$$

$$D = 0.212 \text{ [m]}$$

$$L = 3.400 \text{ [m]}$$

$$\alpha = 1/100$$

図-4.1 照明ポールの形状寸法

ここに、

h_1 : 地際部から風荷重の作用する照明器具先端までの高さ

h_2 : 地際部から直線部上端までの高さ

d_1 : 曲線部先端の外径

D_B : 直線部先端の外径

D : 地際部の外径

$$D = D_B + \alpha \cdot h_2$$

L : 曲線部分の長さ

$$L = (D_B - d_1) / \alpha$$

α : ポールのテーパ率

(c) 風荷重の算定

① 風力係数

表－4．2、および表－4．3より、風力係数は以下のとおりとなる。

照明器具 $C_1 = 0.7$ (ハイウェイ形)

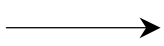
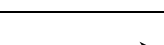
ポール $C_p = 0.7$ (丸形断面)

ここに、

C_1 : 照明器具の風力係数

C_p : ポールの風力係数

表－4．2 ポールの風力係数※

断面形状			風力係数
		丸形断面	0.7
		正12角断面	1.0
		正8角断面	1.2
		正6角断面	1.2
		正4角断面	1.3
		〃	1.3

※「照明用ポール強度計算基準 JIL 1003:2002」より

表－4．3 照明器具の風力係数※

照明器具の種類		風力係数
球形		0.6
ハイウェイ形		0.7
ポールヘッド形 (丸形断面)		0.7
角形		1.2
多角形		1.0
蛍光灯 ナトリウム灯器具		0.8

※「照明用ポール強度計算基準 JIL 1003:2002」より

②照明器具の受圧面積

表－４．４より、以下のとおりとなる。

$$A = 0.25[\text{m}^2] \quad (\text{KSC-7、側面})$$

$$A' = 0.16[\text{m}^2] \quad (\text{KSC-7、正面})$$

ここに、

A : 照明器具側面の受圧面積

A' : 照明器具正面の受圧面積

表－４．４ 照明器具の受圧面積※

形式	受圧面積 $[\text{m}^2]$	
	側面	正面
KSC-4	0.17	0.11
KSC-7	0.25	0.16
KSN-2-H	0.17	0.10
KSN-3-H	0.17	0.10

※「道路・トンネル照明機材仕様書 平成16年改訂 (社)建設電気技術協会」より

③照明器具の風荷重 P_0 、 P_0'

$$(\text{側面}) \quad P_0 = C_1 \cdot q \cdot A = 0.7 \times 2214 \times 0.25 = 387.5 \quad [\text{N}]$$

$$(\text{正面}) \quad P_0' = C_1 \cdot q \cdot A = 0.7 \times 2214 \times 0.16 = 248.0 \quad [\text{N}]$$

ここに、

P_0 : 照明器具側面の風荷重

P_0' : 照明器具正面の風荷重

④ポール曲線部に作用する風荷重

$$\begin{aligned}
 (\text{側面}) \quad P &= C_p \cdot q \cdot L \cdot (d_1 + D_B) / 2 \\
 &= 0.7 \times 2214 \times 3.400 \times (0.075 + 0.109) / 2 \\
 &= 484.8 \quad [\text{N}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{正面}) \quad P' &= C_p \cdot q \cdot (h_1 - h_2) \cdot (d_1 + D_B) / 2 \\
 &= 0.7 \times 2214 \times (12.000 - 10.334) \cdot (0.075 + 0.109) / 2 \\
 &= 237.5 \quad [\text{N}]
 \end{aligned}$$

ここに、

P : ポール曲線部側面に作用する風荷重

P' : ポール曲線部正面に作用する風荷重

(d) 地際部の曲げモーメント

$$\begin{aligned}
 \text{(側面) } M &= K + 2 \cdot P_0 \cdot h_1 + 2 \cdot P \cdot \{h_2 + (h_1 - h_2) \cdot 2/3\} \\
 &= 11871 + 2 \times 387.5 \times 12.000 + 2 \times 484.8 \times \{10.334 + (12.000 - 10.334) \times 2/3\} \\
 &= 32266 \text{ [N}\cdot\text{m]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(正面) } M' &= K + 2 \cdot P_0' \cdot h_1 + 2 \cdot P' \cdot \{h_2 + (h_1 - h_2) \cdot 2/3\} \\
 &= 11871 + 2 \times 248.0 \times 12.000 + 2 \times 237.5 \times \{10.334 + (12.000 - 10.334) \times 2/3\} \\
 &= 23259 \text{ [N}\cdot\text{m]}
 \end{aligned}$$

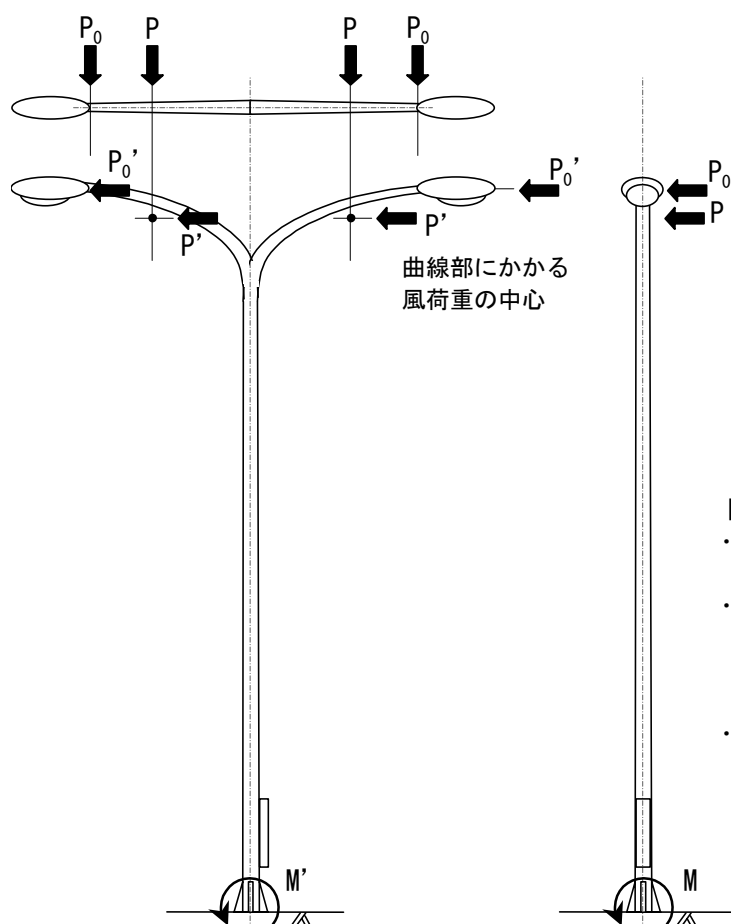
ここに、

M : ポール側面にかかる風荷重により地際部に生じる曲げモーメント

M' : ポール正面にかかる風荷重により地際部に生じる曲げモーメント

K : ポールの直線部にかかる風荷重により地際部に生じる曲げモーメントで次式により算出する。

$$\begin{aligned}
 K &= 1/2 \cdot C_p \cdot q (1/3 \cdot \alpha \cdot h_2^3 + D_B \cdot h_2^2) \\
 &= 1/2 \times 0.7 \times 2214 \times (1/3 \times 1/100 \times 10.334^3 + 0.109 \times 10.334^2) \\
 &= 11871 \text{ [N}\cdot\text{m]}
 \end{aligned}$$



【備考】

- ・ 照明器具にかかる風荷重の中心は、ポール先端にあると仮定する。
- ・ 曲線部にかかる風荷重の中心は、計算の単純化のため、円弧形、および放物線形は $(h_1 - h_2)/2$ 、長円形は $(h_1 - h_3) \cdot 2/3$ の高さの点にあると仮定する。
- ・ 軸方向力、およびねじりモーメントは、一般にその値が小さいため無視する。

図-4.2 風荷重作用図

(e) 限界板厚の算定

下式により算出する曲げ応力度が許容応力度 σ_a と等しくなる板厚 t のうち、大きい方が対象道路照明ポールの限界板厚となる。

$$\sigma = M/Z \quad \text{式(1)}$$

$$\sigma' = M'/Z \quad \text{式(2)}$$

ここに、

σ : ポール側面にかかる風荷重により地際部に発生するポールの応力度

σ' : ポール正面にかかる風荷重により地際部に発生するポールの応力度

Z : 地際部におけるポールの断面係数で、ポール形状により表-4.5のように分けられる。

$$\text{式(1)} \Leftrightarrow \sigma = M/Z = \sigma_a$$

$$\Leftrightarrow \sigma_a = M / [\pi / 32 \cdot \{ D^4 - (D - 2t)^4 \} / D]$$

$$\Leftrightarrow 235 = 32266 \times 1000 / [\pi / 32 \cdot \{ 212^4 - (212 - 2t)^4 \} / 212]$$

$$\Leftrightarrow t = 4.11 [\text{mm}]$$

$$\text{式(2)} \Leftrightarrow \sigma' = M'/Z = \sigma_a$$

$$\Leftrightarrow \sigma_a = M' / [\pi / 32 \cdot \{ D^4 - (D - 2t')^4 \} / D]$$

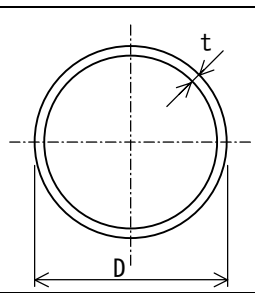
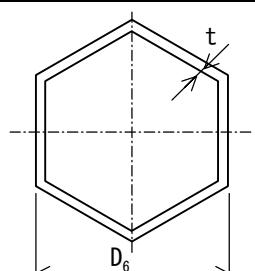
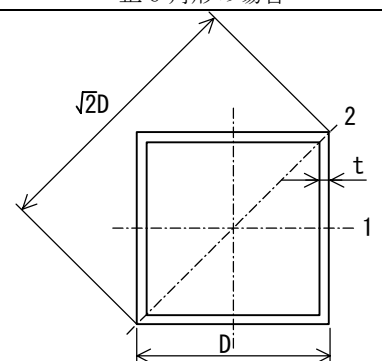
$$\Leftrightarrow 235 = 23259 \times 1000 / [\pi / 32 \cdot \{ 212^4 - (212 - 2t')^4 \} / 212]$$

$$\Leftrightarrow t' = 2.91 [\text{mm}]$$

$t > t'$ より、限界板厚 t_L は以下のとおりとなる。

$$t_L = 4.11 [\text{mm}] \doteq 4.2 [\text{mm}] \quad (\text{小数第2位を繰り上げ})$$

表－４．５ 断面係数※

形状	算定式	形状図
丸形	$Z_x = \pi / 32 \cdot \{D^4 - (D-2t)^4\} / D$ D : ポールの外径 t : ポールの板厚	
正多角形	$Z_x = \pi / 32 \cdot \{D_k^4 - (D_k-2t)^4\} / D_k$ ここに、 D_k : 丸形に換算した場合の外径で、以下の値を用いる。 正 12 角形の場合 D_k=D₁₂ 正 8 角形の場合 D_k=1.013×D₈ 正 6 角形の場合 D_k=1.028×D₆ D₁₂ : 正 12 角形の対辺径 D₈ : 正 8 角形の対辺径 D₆ : 正 6 角形の対辺径	 正 6 角形の場合
正四角形	直角方向断面係数 $Z_1 = \{D^4 - (D-2t)^4\} / 6D$ 45° 方向の断面係数 $Z_2 = \sqrt{2} \cdot \{D^4 - (D-2t)^4\} / 12D$	

※「照明用ポール強度計算基準 JIL 1003 : 2002」より

(5) F 型標識柱の限界板厚算出例

(a) 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」に従って算出するものとする。

① 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。

1) 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/m²

(ii) その他は、それぞれの重量による。

2) 風荷重

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

ここに、

P_0 : 有効投影面積当り風荷重 (N/m²)

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_D : 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－5. 1 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	686N/m ²	1073N/m ²	
標 示 版	1177N/m ²	1839N/m ²	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。

(b) 許容応力度

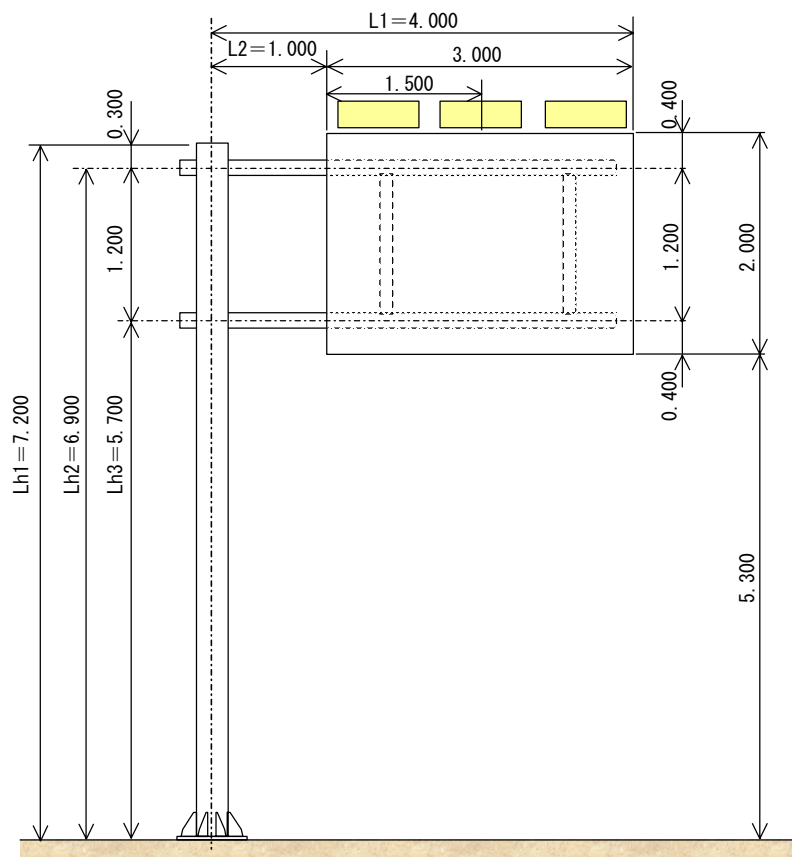
鋼材の許容応力度は以下の通りである。

表－5. 2 鋼材の許容応力度

材質	板厚 (mm)	長期許容応力度 (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²)
		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－5. 3 参照)

(c) 形状寸法



図－ 5. 1 形状寸法図

標識板 : 大きさ 2.000m×3.000m、単位体積重量 196.1N/m²

外照灯具 : 受圧面積 0.190m²/灯、単位体積重量 686.5N

梁主材 : 外径 $\phi = 165.2\text{mm}$ 、板厚 $t = 4.5\text{mm}$ 、単位体積重量 $\omega_1 = 174.9\text{N/m}$ 、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 $\omega_0 = 66.5\text{N/m}$ 、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 $\omega_3 = 580.5\text{N/m}$ 、鋼種 STK400

(d) 荷重の算定

① 梁に作用する荷重

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

2) 風荷重 (フランジ部は無視する)

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

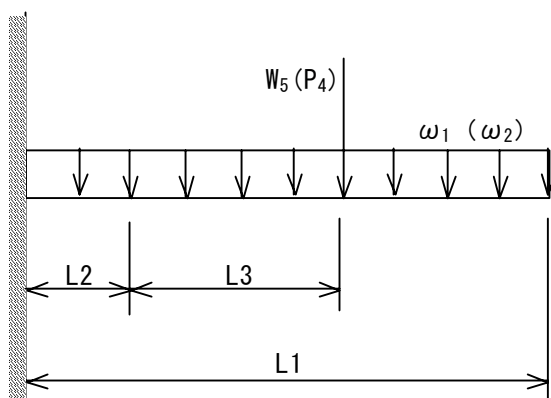
外照灯具 $P_2 = 0.190\text{m/灯} \times 2 \text{ 灯} \times 1839\text{N/m}^2 = 698.8\text{N}$

合 計 $P_3 = 11732.8\text{N}$

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

3) 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－ 5. 2 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

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

② 柱に作用する荷重

1) 固定荷重

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

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

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

2) 風荷重

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

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

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

3) 柱下端に発生する断面力

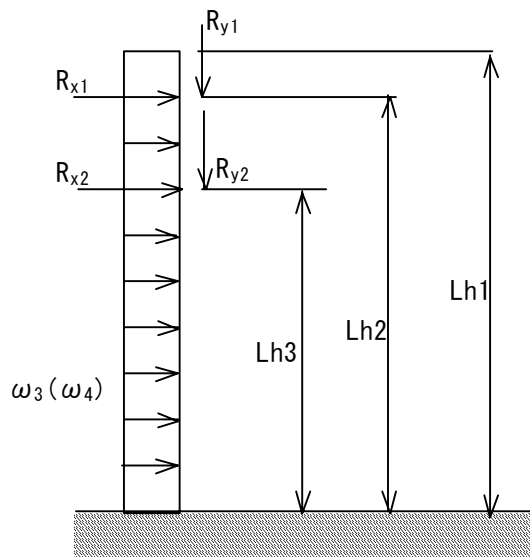
集中荷重、および等分布荷重により柱下端の断面力を算出する。

$$\begin{aligned} \text{鉛直力} \quad N_1 &= R_{y1} + R_{y2} + \omega_3 \times Lh1 \\ &= 2054.2\text{N} + 2054.2\text{N} + 580.5\text{N/m} \times 7.200\text{m} = 8288.1\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平力} \quad N_2 &= R_{x1} + R_{x2} + \omega_4 \times Lh1 \\ &= 6043.7\text{N} + 6043.7\text{N} + 286.9\text{N/m} \times 7.200\text{m} = 14153.2\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{固定時曲げモーメント} \quad M_{y3} &= M_{y1} + M_{y2} \\ &= 4785.7\text{N}\cdot\text{m} + 4785.7\text{N}\cdot\text{m} = 9571.5\text{N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{風時曲げモーメント } M_{x3} &= R_{x1} (Lh2 + Lh3) + \frac{\omega_4 \times Lh1^2}{2} \\
 &= 6043.7\text{N} \times (6.900\text{m} + 5.700\text{m}) + \frac{286.9\text{N/m} \times 7.200^2\text{m}}{2} \\
 &= 83587.2\text{N}\cdot\text{m} \\
 \text{風時回転モーメント } M_{t1} &= M_{x1} + M_{x2} = 14754.7\text{N}\cdot\text{m} + 14754.7\text{N}\cdot\text{m} \\
 &= 29509.3\text{N}\cdot\text{m} \\
 \text{合成曲げモーメント } M_1 &= \sqrt{M_{y3}^2 + M_{x3}^2} = \sqrt{9571.5^2\text{N}\cdot\text{m} + 83587.2^2\text{N}\cdot\text{m}} \\
 &= 84133.4\text{N}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$



図－ 5． 3 柱の荷重作用図

(e) 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、およ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。

① 組合せ応力度による限界板厚

以下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、

- σ_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	ϕ	$=267.4\text{mm}$
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	λ	$=137.0$

したがって、表-5. 2、および表-5. 3 より許容圧縮応力度、および許容曲げ応力度は次の通りとなる。

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)

$$\text{圧縮応力度} \quad \sigma_c = \frac{N_1}{A} = \frac{8288.1\text{N}}{5758.3\text{mm}^2} = 1.4\text{N/mm}^2$$

$$\text{曲げ応力度} \quad \sigma_b = \frac{M_1}{Z} = \frac{84133430.5\text{N}\cdot\text{mm}}{365208.9\text{mm}^3} = 230.4\text{N/mm}^2$$

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

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

②最大せん断応力度による限界板厚

以下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－５．２より、許容せん断応力は以下のとおりである。

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

$$\begin{aligned}
 \text{圧縮応力度} \quad \sigma_c &= \frac{N_1}{A} = \frac{8288.1\text{N}}{5183.7\text{mm}^2} = 1.6\text{N/mm}^2 \\
 \text{曲げ応力度} \quad \sigma_b &= \frac{M_1}{Z} = \frac{84133430.5\text{N}\cdot\text{mm}}{330537.5\text{mm}^3} = 254.5\text{N/mm}^2 \\
 \text{組合せ応力度} \quad \sigma &= \sigma_c + \sigma_b = 1.6\text{N/mm}^2 + 254.5\text{N/mm}^2 = 256.1\text{N/mm}^2 \\
 \text{ねじれせん断応力度} \quad \tau &= \frac{M_{t1}}{I_p} \times \frac{\phi}{2} = \frac{29509309.6\text{N}\cdot\text{mm}}{88385737.0\text{mm}^4} \times \frac{267.4\text{mm}}{2} = 44.6\text{N/mm}^2 \\
 \text{最大せん断応力度} \quad \tau_{\max} &= \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4 \times \tau^2} \\
 &= \frac{1}{2} \sqrt{256.1^2\text{N/mm}^2 + 4 \times 44.6^2\text{N/mm}^2} = 135.6\text{N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

したがって、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。

③最大合成応力度による限界板厚

以下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－5. 2 より、許容曲げ応力度は以下のとおりである。

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

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

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

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

$$\text{ねじれせん断応力度} \quad \tau = \frac{M_{t1}}{I_p} \times \frac{\phi}{2} = \frac{29509309.6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{99186753.9 \text{ mm}^4} \times \frac{267.4 \text{ mm}}{2} = 39.8 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

したがって、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。

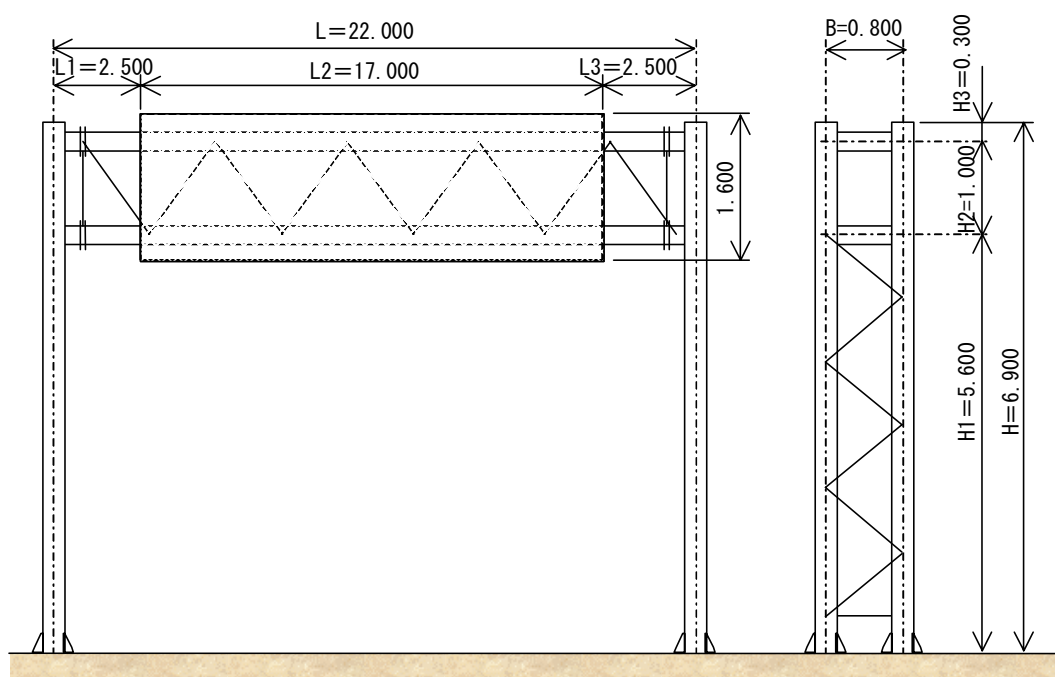
$t_{L3} > t_{L1} > t_{L2}$ より、本標識柱の限界板厚 t_L は、

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

となる。

(6) 門型標識柱の限界板厚算出例

(a) 形状寸法



図－6．1 形状寸法図

標識板 : 大きさ 1.600m×17.000m、単位体積重量=196.1N/m²

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

梁側面リブ材 : 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

梁上下面リブ材 : 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

柱リブ材 : 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

(b) 荷重の算定

① 梁に作用する荷重

1) 固定荷重

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

$$\begin{aligned} \text{梁材 } \omega_{z2} &= \text{梁主材} + \text{側面ヲス材} + \text{上下面ヲス材} \\ &= 345.0 \text{ N/m} + 70.5 \text{ N/m} + 60.3 \text{ N/m} = 475.7 \text{ N/m} \end{aligned}$$

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

$$\text{側面ヲス材} \quad \omega_{1s} \times 2 \text{ 面} / \cos \alpha = 17.6 \text{ N/m} \times 2 \text{ 面} / 0.500 = 70.5 \text{ N/m}$$

$$\text{上下面ヲス材} \quad \omega_{1u} \times 2 \text{ 面} / \cos \theta = 17.6 \text{ N/m} \times 2 \text{ 面} / 0.585 = 60.3 \text{ N/m}$$

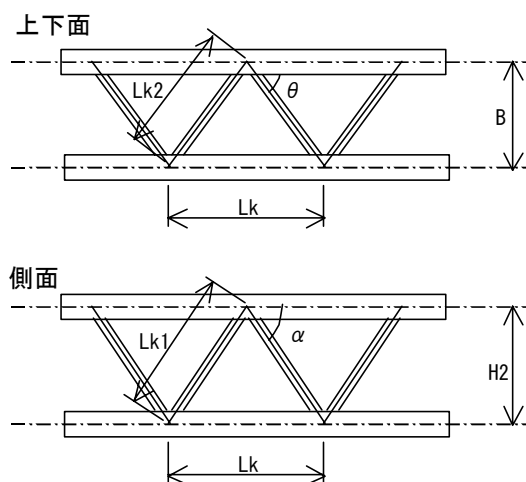
2) 風荷重 (フランジ部は無視する)

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

$$\begin{aligned} \text{梁材 } \omega_{x2} &= \text{梁主材} + \text{側面ヲス材} \\ &= 382.4 \text{ N/m} + 145.9 \text{ N/m} = 528.3 \text{ N/m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{側面ヲス材} \quad \phi \times 1073 \text{ N/m}^2 \times 2 \text{ 面} / \cos \alpha \\ = 0.034 \text{ m} \times 1073 \text{ N/m}^2 \times 2 \text{ 面} / 0.500 = 145.9 \text{ N/m} \end{aligned}$$



図－6．2 梁ヲス材の寸法図

$$Lk = 1.155 \text{ m}$$

$$Lk1 = 1.155 \text{ m}$$

$$LK2 = 0.987 \text{ m}$$

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

$$H2 = 1.000 \text{ m}$$

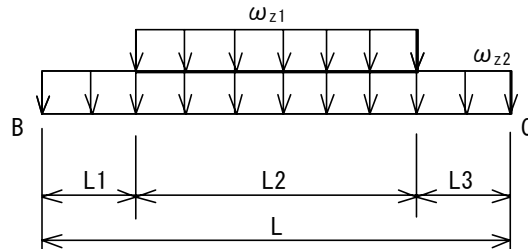
$$\cos \alpha = 0.500$$

$$\cos \theta = 0.585$$

3) 梁付根部に発生する断面力

(i) 固定時

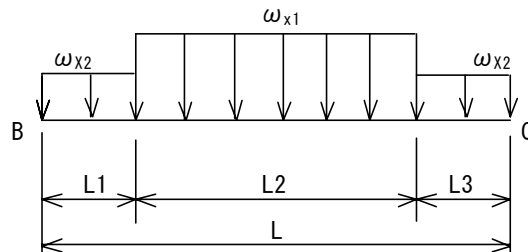
$$\begin{aligned}\text{固定時反力 } R_{BZ} = R_{CZ} &= \frac{1}{2} \times \omega_{z1} \times L2 + \frac{1}{2} \times \omega_{z2} \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 313.8 \text{ N/m} \times 17.000 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 475.7 \text{ N/m} \times 22.000 \text{ m} = 7900.4 \text{ N}\end{aligned}$$



図－6．3 梁の荷重作用状態（固定時）

(ii) 風時

$$\begin{aligned}\text{風時反力 } R_{BX} = R_{CX} &= \frac{1}{2} \times \omega_{x1} \times L2 + \frac{1}{2} \times \omega_{x2} \times (L1 + L3) \\ &= \frac{1}{2} \times 2942.4 \text{ N/m} \times 17.000 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 528.3 \text{ N/m} \times (2.500 \text{ m} + 2.500 \text{ m}) \\ &= 26331.2 \text{ N}\end{aligned}$$



図－6．4 梁の荷重作用状態（風時）

② 柱に作用する荷重

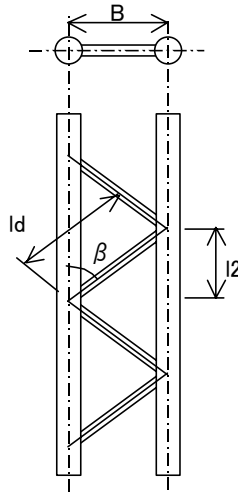
1) 固定荷重

$$\text{梁反力 } R_{BZ} = 7900.4 \text{ N}$$

$$\text{柱材 } \omega_{z3} = \text{柱主材} + \text{柱ヲス材} = 590.5 \text{ N/m} + 31.8 \text{ N/m} = 622.3 \text{ N/m}$$

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

$$\text{柱ヲス材 } \omega_2' / \cos \beta = 22.5 \text{ N/m} / 0.707 = 31.8 \text{ N/m}$$



図－6．5 柱チス材の寸法図

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

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

$$l2 = 0.800\text{m}$$

$$\cos \beta = 0.707$$

2) 風荷重

$$\text{梁反力 } R_{BX} = 26331.2\text{N}$$

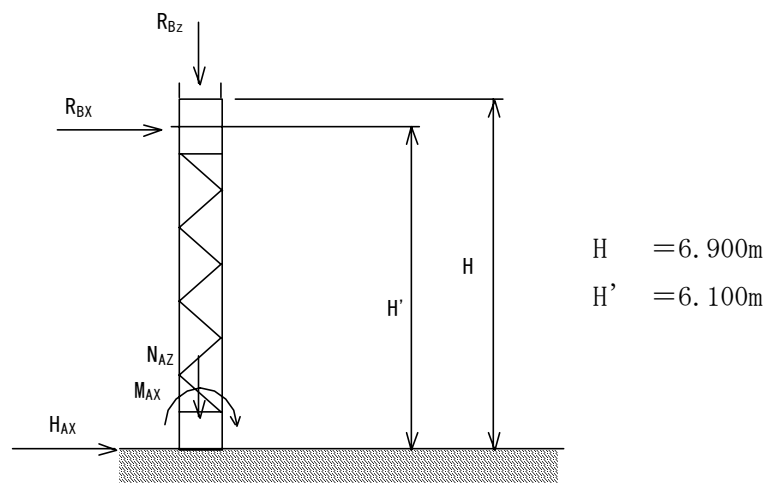
$$\text{柱材 } \omega_{X3} = \phi \times 1073\text{N/m}^2 \times 2 \text{ 本} = 0.2163\text{m} \times 1073\text{N/m}^2 \times 2 \text{ 本} = 464.2\text{N/m}$$

3) 柱下端に発生する断面力

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

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

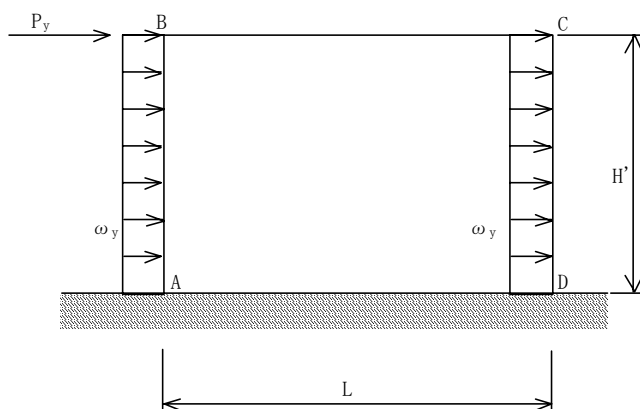
$$\begin{aligned} \text{風時曲げモーメント } M_{AX} &= R_{BX} \times H' + \frac{1}{2} \omega_{X3} \times H^2 \\ &= 26331.2\text{N} \times 6.100\text{m} + \frac{1}{2} \times 464.2\text{N/m} \times 6.900^2\text{m} \\ &= 171670.1\text{N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$



図－6. 6 柱に作用する断面力図

③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－6. 7 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、および D 点の断面力は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
 \text{鉛直力} \quad V_{Ay} &= V_{Dy} = \Sigma M_y / L = 172833.5 \text{ N} \cdot \text{m} / 22.000 \text{ m} = 7856.1 \text{ N} \\
 \text{水平力} \quad H_{Ay} &= H_{Dy} = \Sigma H_y / 2 = 30335.5 \text{ N} / 2 = 15167.8 \text{ N} \\
 \text{曲げモーメント} \quad M_{By} &= M_{Cy} = \frac{1}{2} \times 0.75 \times \Sigma M_y = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 172833.5 \text{ N} \cdot \text{m} \\
 &= 64812.6 \text{ N} \cdot \text{m} \\
 M_{Ay} &= M_{Dy} = \frac{1}{2} \times 0.25 \times \Sigma M_y = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 172805.0 \text{ N} \cdot \text{m} \\
 &= 21604.2 \text{ N} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

したがって、限界板厚の算定に用いる断面力は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
 \text{圧縮力} \quad N_z &= N_{Az} + V_{Ay} = 12194.4 \text{ N} + 7856.1 \text{ N} = 20050.4 \text{ N} \\
 \text{曲げモーメント} \quad M_y &= M_{By} = 64812.6 \text{ N} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

(c) 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。

① 風時における柱下端の限界板厚

以下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、

σ_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

1) 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。

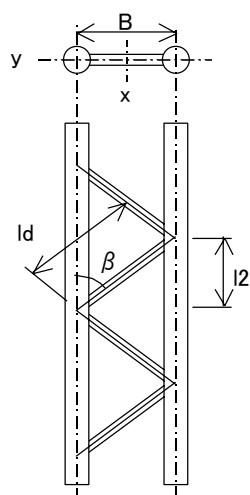
柱の径 $\phi = 216.3\text{mm}$
 板厚 $t = 2.52\text{mm}$
 断面積 $A_1 = 1692.5\text{mm}^2$
 断面 2 次モーメント $I_1 = 9669900.1\text{mm}^4$
 断面 2 次半径 $r_1 = 75.6\text{mm}$

2) 柱サ材の断面係数

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	$r_2 = 14.3\text{mm}$

3) 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	$Z_x = \frac{2 \times I_x}{B + \phi} = \frac{2 \times 560925844.1\text{mm}^4}{800\text{mm} + 216.3\text{mm}} = 1103858.8\text{mm}^3$ $Z_y = 2 \times Z_1 = 2 \times 89411.9\text{mm}^3 = 178823.9\text{mm}^3$
断面 2 次半径	$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{560925844.1\text{mm}^4}{3384.9\text{mm}^2}} = 407.1\text{mm}$ $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{19339800.2\text{mm}^4}{3384.9\text{mm}^2}} = 75.6\text{mm}$



B	$= 0.800\text{m}$
ld	$= 1.131\text{m}$
$l2$	$= 0.800\text{m}$
$\cos \beta$	$= 0.707$

図－6. 8 柱寸法図

$$\text{組立材の圧縮比} \quad \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{n \times A_2} \times \frac{I d^3}{12 \cdot B^2}}$$

(「SI 単位版 鋼構造設計規準 2002 年 2 月 日本建築学会」参照)

$$= \pi \sqrt{\frac{3384.9 \text{ mm}^2}{1 \times 291.9 \text{ mm}^2} \times \frac{1131.4^3 \text{ mm}}{800.0 \text{ mm} \cdot 800.0^2 \text{ mm}}} = 18.0$$

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

$\lambda_1 < 20$ 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、 $f_c = f_b = 106.0 \text{ N/mm}^2$

$$\text{圧縮応力度 } \sigma_c = N_{AZ}/A = 12194.4 \text{ N}/3384.9 \text{ mm}^2 = 3.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{曲げ応力度 } \sigma_b = M_{AX}/Z_X = 171670071.7 \text{ N} \cdot \text{mm}/1103858.8 \text{ mm}^3 = 155.5 \text{ N/mm}^2$$

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

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

②斜風時における柱上端の限界板厚

以下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、

σ_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

1) 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、断面定数は以下のとおりとなる。

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 $I_1 = 141321.4\text{mm}^4$
 断面 2 次半径 $r_1 = 75.0\text{mm}$

2) 柱サ材の断面係数

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 $r_2 = 14.3\text{mm}$

3) 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 2 次モーメント $I_x = 2 \times \left(I_1 + \frac{1}{4} \times A_1 \times B^2 \right)$

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

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

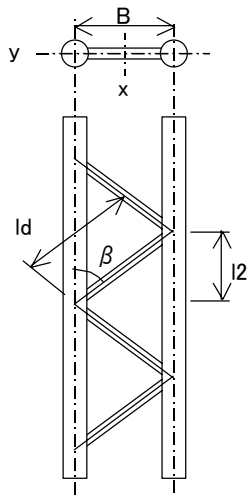
$$I_y = 2 \times I_1 = 2 \times 15283904.2\text{mm}^4 = 30567808.5\text{mm}^4$$

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

$$Z_y = 2 \times Z_1 = 2 \times 141159.5\text{mm}^3 = 282318.9\text{mm}^3$$

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

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



$$\begin{aligned} B &= 0.800 \text{ m} \\ ld &= 1.131 \text{ m} \\ l2 &= 0.800 \text{ m} \\ \cos \beta &= 0.707 \end{aligned}$$

図－6．9 柱寸法図

組立材の圧縮比

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{n \times A_2} \times \frac{ld^3}{12 \cdot B^2}}$$

(「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 σ_c

$$= N_z / A = 20050.4 \text{ N} / 5427.3 \text{ mm}^2 = 3.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{曲げ応力度 } \sigma_b = M_y / Z_y = 64812567.0 \text{ N} \cdot \text{mm} / 282642.7 \text{ mm}^3 = 229.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{照査式: } \left(\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \right) \frac{1}{1.5} = \left(\frac{3.7 \text{ N/mm}^2}{106.0 \text{ N/mm}^2} + \frac{229.3 \text{ N/mm}^2}{156.7 \text{ N/mm}^2} \right) \frac{1}{1.5} = 1.00$$

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、

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

となる。