

# 防錆設計技術研究会

研究成果（その2）耐候性鋼材裸使用橋梁

## 目 次

§1. 実績と現状	33
§2. 規準の比較	41
§3. 使用環境の分類、制限	48
§4. 構造ディテール	52
§5. 附属物の現状	63

## § 1. 実績と現状

耐候性鋼材を使用した無塗装耐候性鋼材橋梁は、わが国では昭和58年に「J I S G 3 1 1 4」が改定され、無塗装用耐候性鋼材が規格化されている。

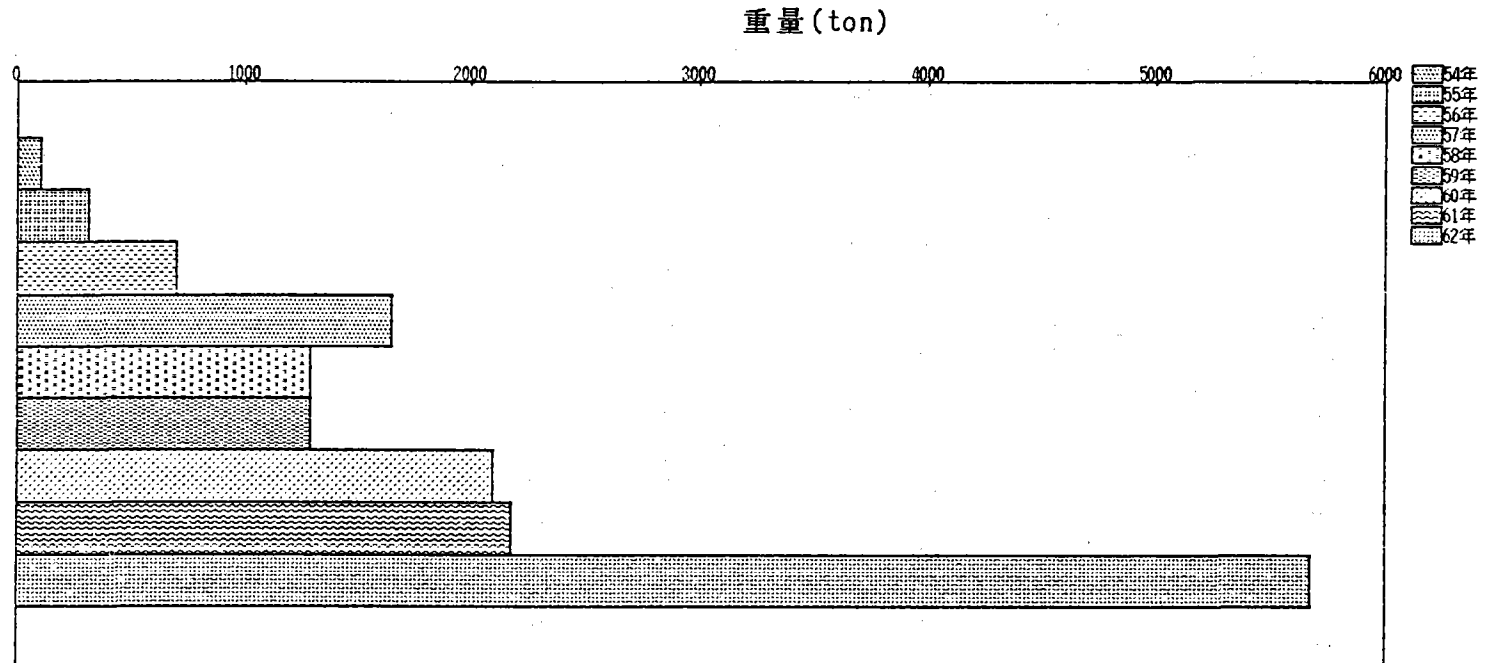
これ以前では、昭和43年に溶接構造用のSMA材が、昭和46年には高耐候性のSPA-H(-C)が各々JIS化されていたが、塗装併用として用いられることが多く、塗かえサイクル延長に伴う再塗装費の軽減を目的としたものであった。

近年、無塗装耐候性橋梁は使用環境の制限はあるものの、建設費、維持管理費のトータルコストの観点から積極的に採用され、建設実績も年々増加する傾向にある。

本章では、これらの実態を調べるため、鋼橋技術研究会 防錆設計技術研究部会参加16社に対しアンケート調査を行った。ここではこれらの結果を年度別重量、橋梁形式、発注先等の主要項目別にまとめてみた。なお同様な資料は日本橋梁建設協会からも発表されており、参考のため併せて示した。

防錆設計技術研究部会加盟16社によるアンケート結果(1)

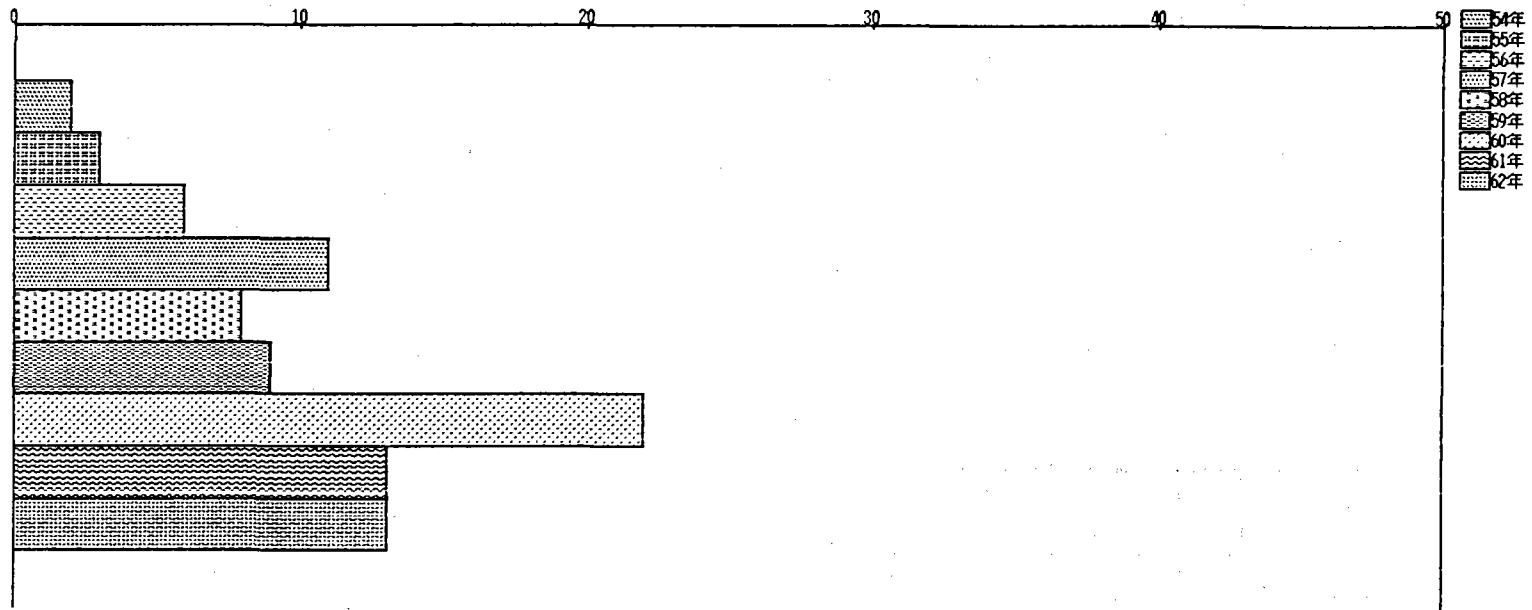
製作年度	54年	55年	56年	57年	58年	59年	60年	61年	62年
重量 Ton	105	319	703	1652	1291	1293	2099	2181	5681



防錆設計技術研究会加盟16社によるアンケート結果(2)

製作年度	54年	55年	56年	57年	58年	59年	60年	61年	62年
件数	2	3	6	11	8	9	22	13	13

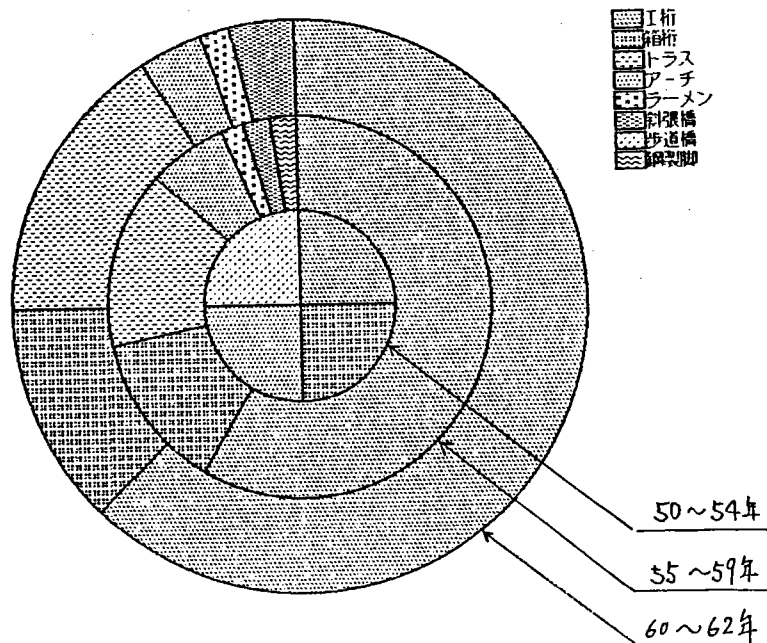
件数



防錆設計技術研究部会加盟16社によるアンケート結果(3)

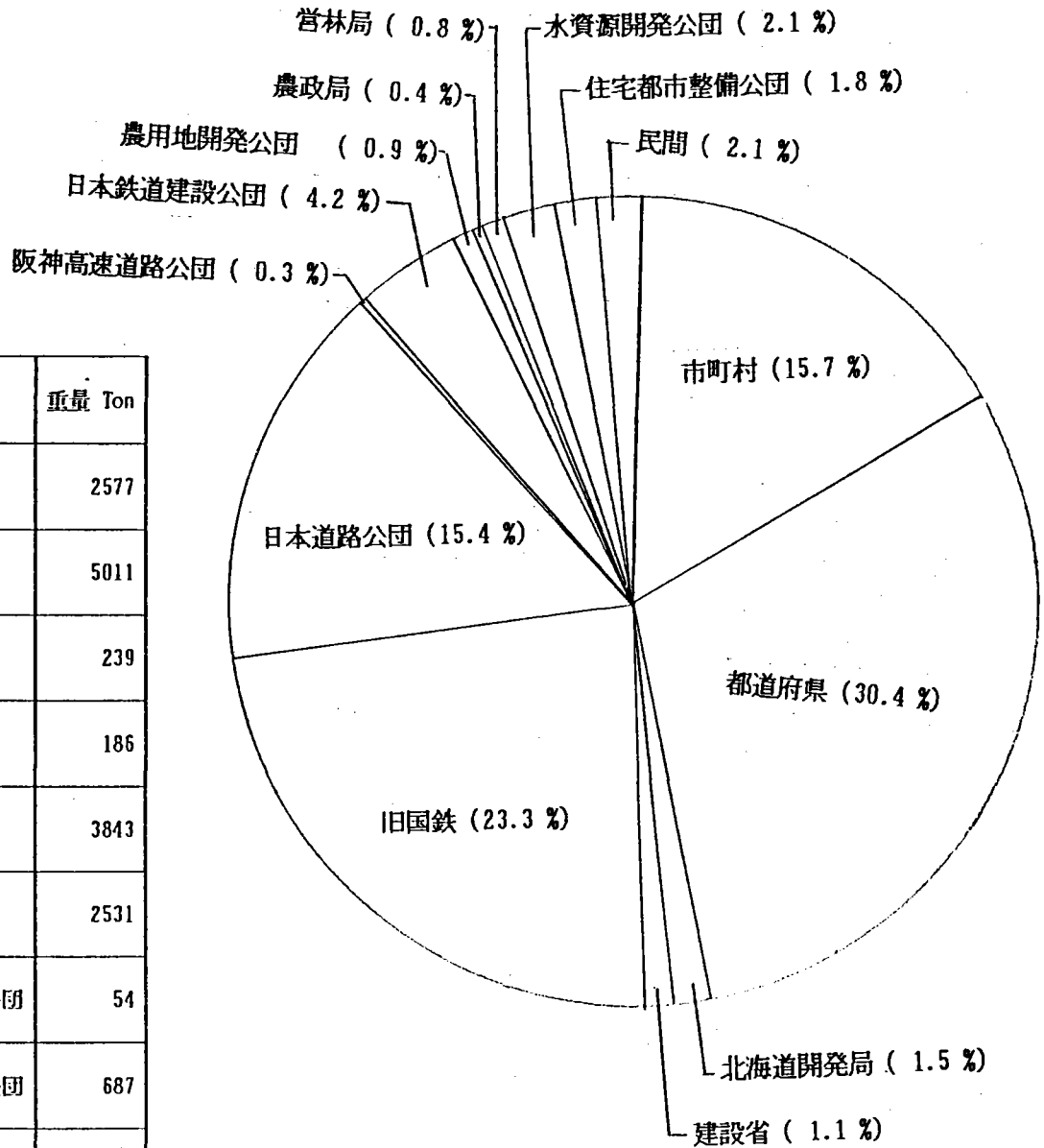
件数

製作年度	50～54年	55～59年	60～62年
I桁	1	27	35
箱桁	1	6	7
トラス		7	9
アーチ	1	3	2
ラーメン		1	1
斜張橋		1	2
歩道橋	1		
鋼製脚		1	



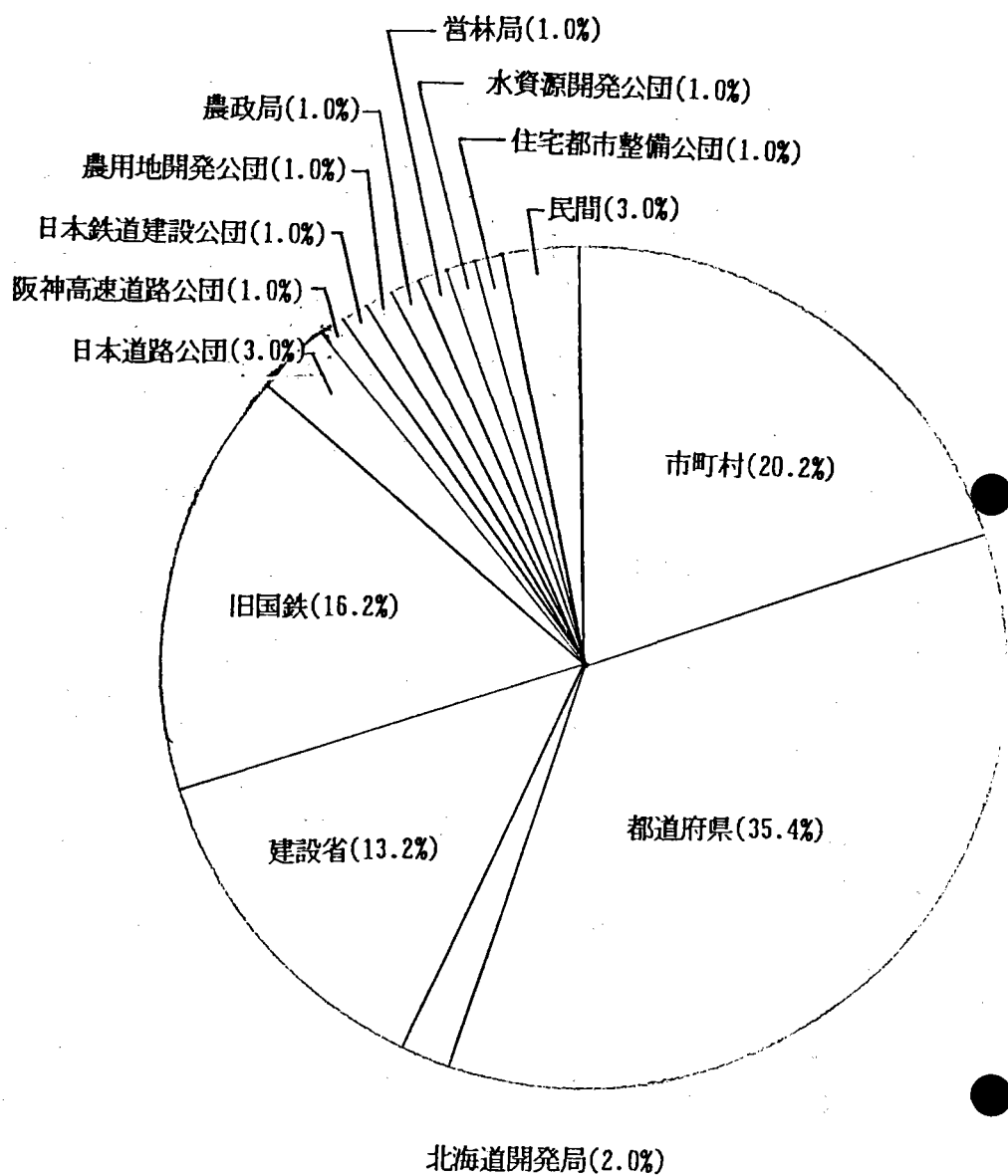
防錆設計技術研究部会加盟16社によるアンケート結果(4)

発 往 先	重量 Ton
市町村	2577
都道府県	5011
北海道開発局	239
建設省	186
旧国鉄	3843
日本道路公団	2531
阪神高速道路公団	54
日本鉄道建設公団	687
農用地開発公団	152
農政局	64
営林局	133
水資源開発公団	348
住宅都市整備公団	296
民間	317



防錆設計技術研究部会加盟16社によるアンケート結果(5)

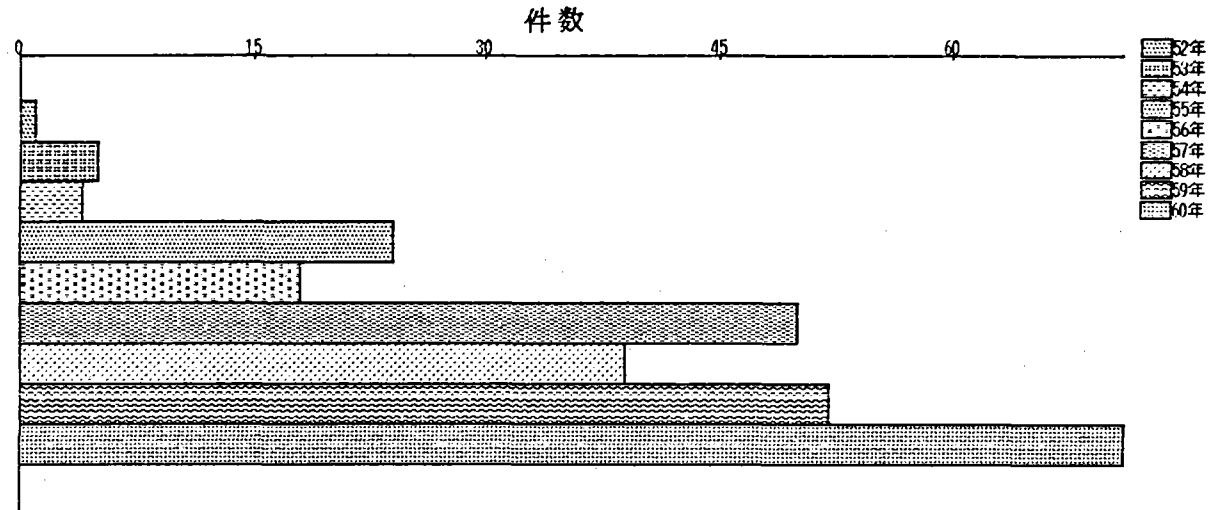
発注先	件数
市町村	20
都道府県	35
北海道開発局	2
建設省	13
旧国鉄	16
日本道路公団	3
阪神高速道路公団	1
日本鉄道建設公団	1
農用地開発公団	1
農政局	1
営林局	1
水資源開発公団	1
住宅都市整備公団	1
民間	3





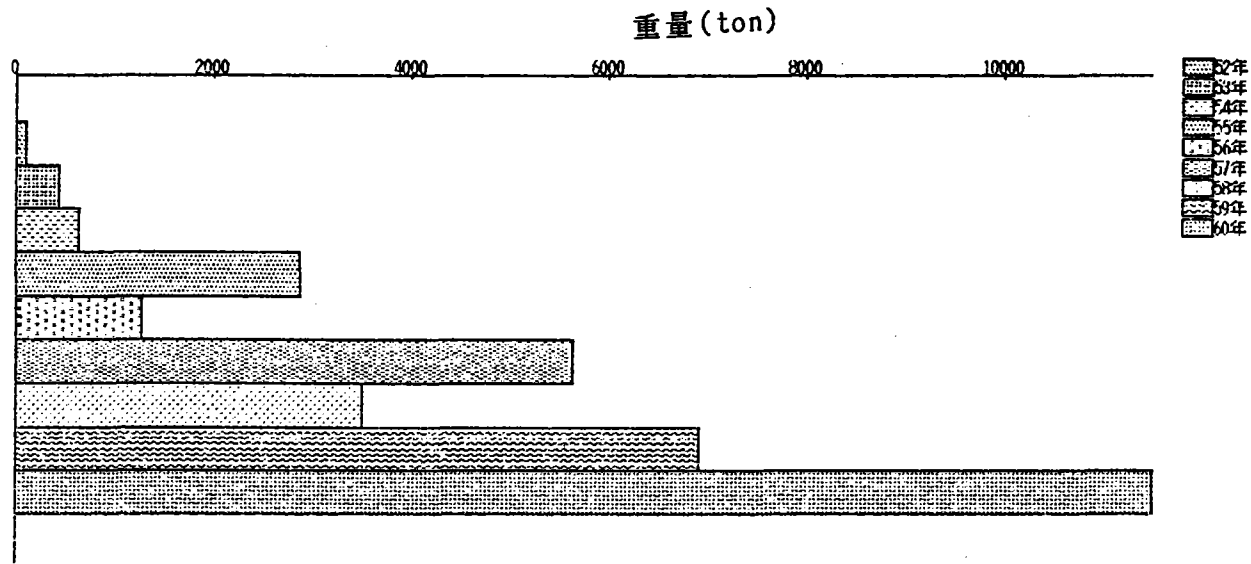
日本橋梁建設協会による資料（1）

製作年度	52年	53年	54年	55年	56年	57年	58年	59年	60年
件数	1	5	4	24	18	50	39	52	71



日本橋梁建設協会による資料(2)

製作年度	52年	53年	54年	55年	56年	57年	58年	59年	60年
重量 Ton	105	442	639	2880	1282	5638	3508	6928	11490



## §2. 規 準 の 比 較

耐候性鋼材裸使用橋梁の設計 施工要領として  
下記4者より基準が出されている。次ページ以降に  
4者の比較一覧表を示す。

(1) 建設省土木研究所

(社) 鋼材倶楽部

(社) 日本橋梁建設協会

(2) 日本道路公団 仙台建設局

(財) 高速道路技術センター

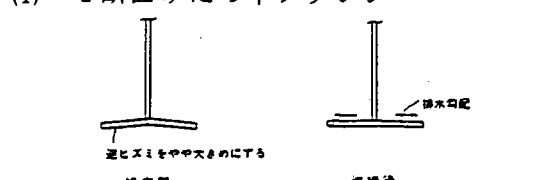
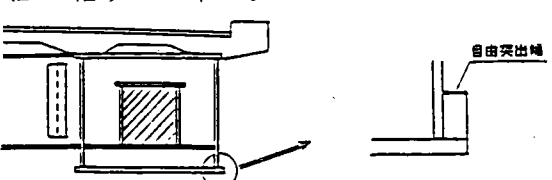
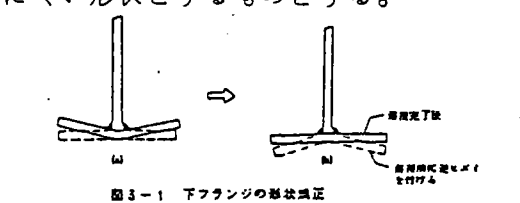
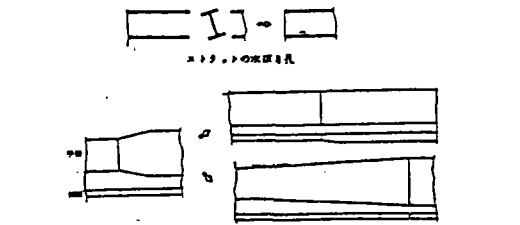
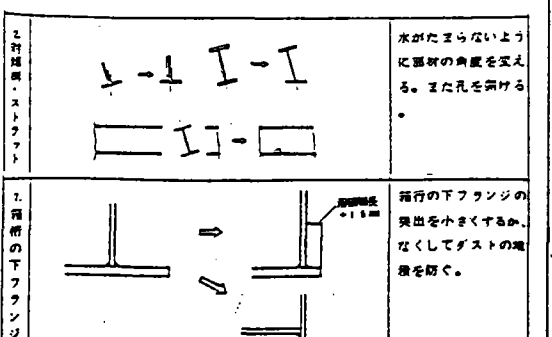
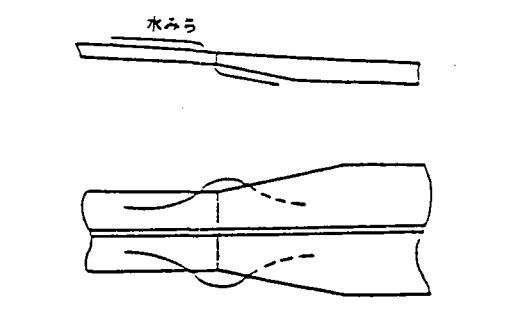
(3) 北海道土木技術会

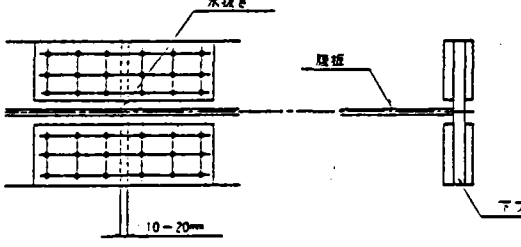
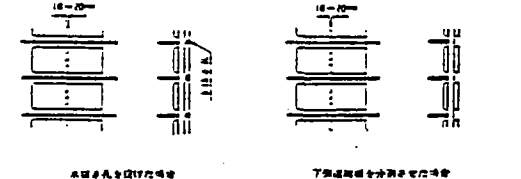
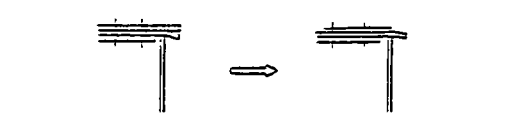
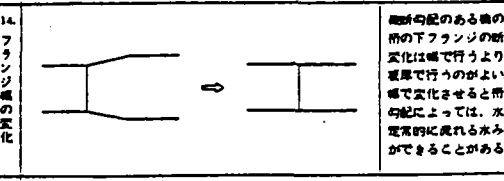
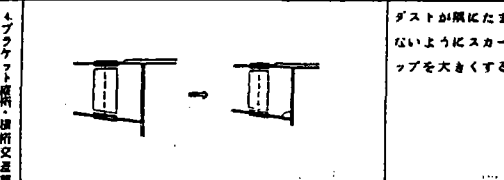
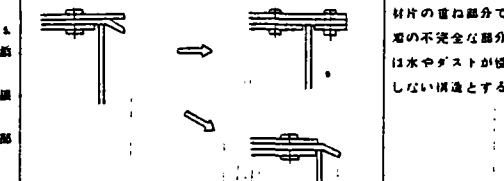
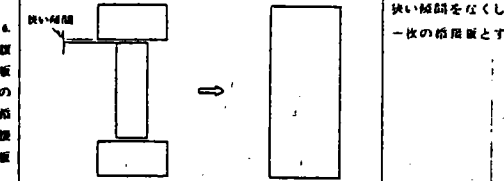
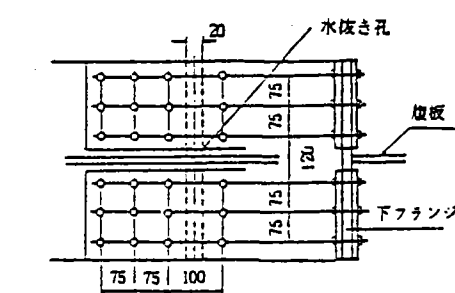
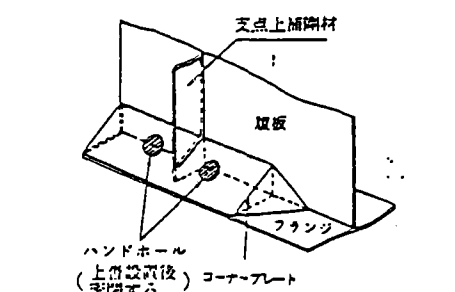
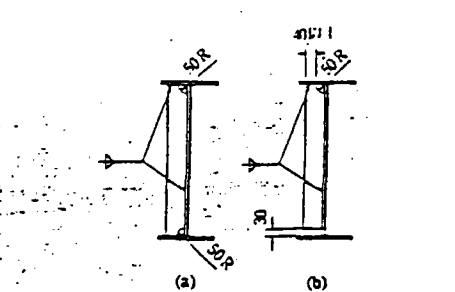
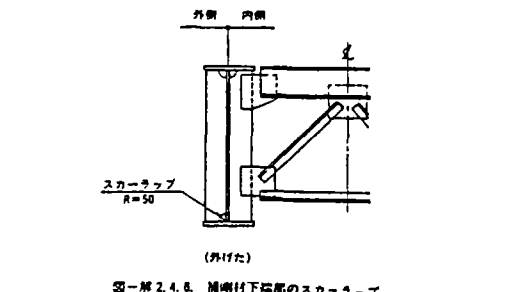
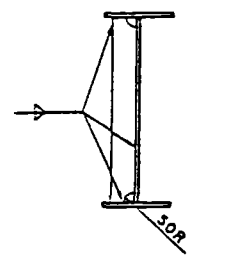
鋼道路橋研究委員会

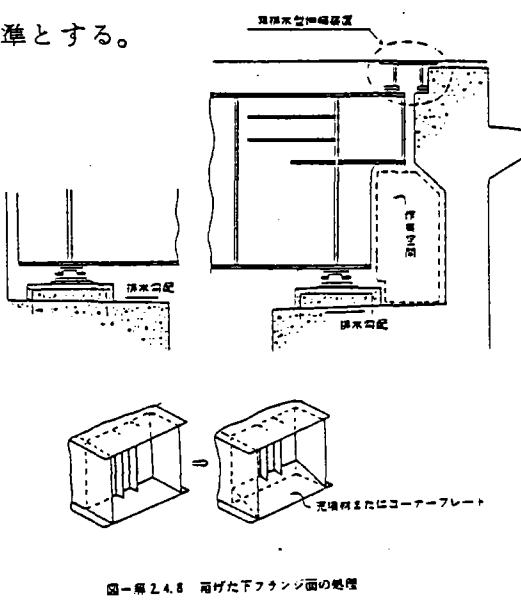
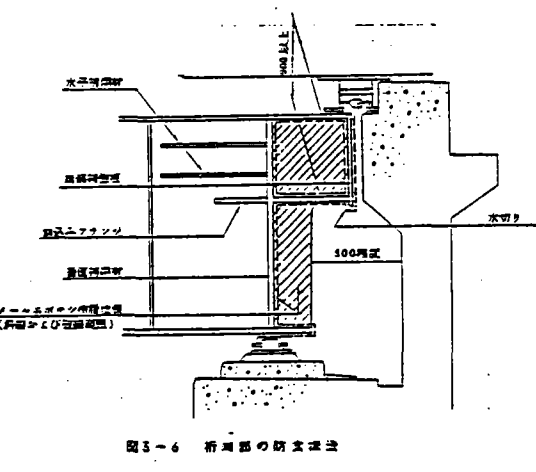
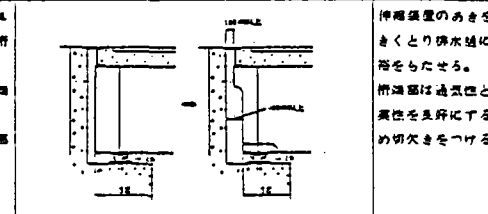
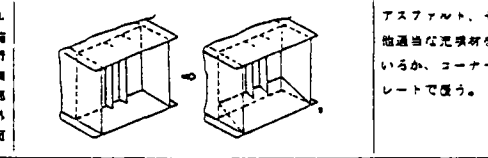
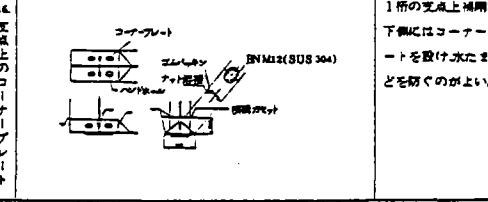
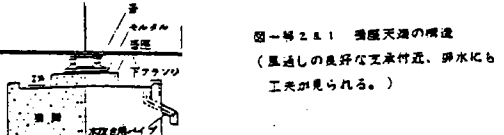
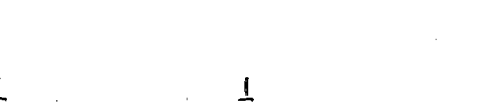
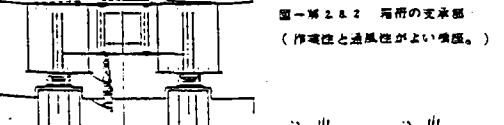

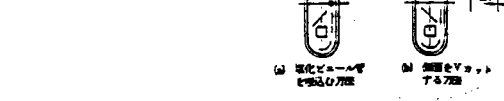
(4) 阪神高速道路公団

阪神高速道路技術センター

項目	建設省土木研究所 (社)鋼材倶楽部 (社)日本橋梁建設協会	日本道路公団仙台建設局 (財)高速道路技術センター	北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会	阪神高速道路公団 阪神高速道路技術センター	備考
基準名	無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)  昭和61年3月	耐候性鋼材裸使用橋梁の設計・施工要領 (案)  昭和61年2月	北海道における耐候性鋼材裸使用の道路 橋の設計及び施工指針  昭和56年7月	防錆橋梁研究委員会報告書  昭和55年11月	
適用の範囲	耐候性鋼材を無塗装で使用する。 鉄筋コンクリートを有する上路プレートガ ーダ橋に適用する。	耐候性鋼材を裸使用する。 I断面プレートガーダ橋に適用 (箱断面プレートガーダについても準用できる)	北海道における耐候性鋼材を裸使用する 鋼道路橋に適用する。	無塗装橋梁の主としてI断面プレートガ ーダ橋に適用する。	
適用可能地域 (適用環境)	耐候性鋼材の無塗装使用は、海外部から の飛来塩の影響が小さい地域に適用する のを原則とする。 i) 飛来塩の影響が小さく耐候性鋼材の 無塗装使用に適する地域 イ) 山間部 ロ) 田園地帯および都市郡(ただし、 沿岸部および海からの季節風の方向 に向かって、ひらけた平野部をのぞ く) ii) 飛来塩の影響が大きく耐候性鋼材の 無塗装使用には、適さない地域 イ) 沖縄全域 ロ) 日本海沿岸及び外洋に直面したそ の他の沿岸	適用の範囲を穏やかな環境として、田園、 山間部等の地理的条件にあつて、飛来塩 分や亜硫酸ガスなどによる大気腐食の影 響が厳しくない環境に限定した。	大気腐食環境の分類 第1級環境～第4級環境  〔道内を等級別に区分している〕	無塗装橋梁を採用するにあたっては、そ の架橋地点の腐食環境を調査し、またさ び色が美観上問題とならないかなど総合 的に検討し採否を決定する。	
鋼材	JIS G3114 溶接構造用耐候性熱間圧延 鋼材 SMA41W SMA50W SMA58W	同 左 解説に 通常地域、寒冷地および、特別な寒冷 地の各地域における鋼種の選定が示さ れている。	同 左 最低遭遇温度における低温じん性の保証 が出来ることを確認して使用するもの とする。	H-SMA41あるいはH-SMA41(P) H-SMA50あるいはH-SMA50(P)	
高力ボルト	F10TまたはF8Tの耐候性ボルトを用 いる。	F10T級の耐候性を付与した高力ボルト	耐候性高力ボルトを用いる場合にはF10 TWを用いるものとする。	F10T級の耐候性高力ボルト	耐候性高力ボルトは、まだ JIS化されてない。 土研では無塗装橋梁の摩擦 接合用六角高力ボルト、六 角ナット、平座金のセット は、JIS B1186に合格する もので、かつ耐候性を付与 するために主としてCu, Cr, Niなどを添架した耐候性 高力ボルトを使用するもの としている。

項目	建設省土木研究所 (社)鋼材倶楽部 (社)日本橋梁建設協会	日本道路公団仙台建設局 (財)高速道路技術センター	北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会	阪神高速道路公団 阪神高速道路技術センター	備考																
溶接材料	<p>耐候性鋼材の接合に使用する溶接材料は、JIS Z 3214 (耐候性鋼川波複アーク溶接棒)、JIS Z 3314 (耐候性鋼川サブマージアーク溶接用ワイヤおよびフラックス)、JIS Z 3315 (耐候性鋼川炭酸ガスアーク溶接用鋼ワイヤ)のうち、表-1.6.1に示すものとする。</p> <p style="text-align: center;">表-1.6.1 耐候性溶接材料</p> <table border="1" data-bbox="925 484 1687 679"> <thead> <tr> <th>鋼材</th> <th>波複アーク溶接 (JIS Z 3214)</th> <th>サブマージアーク溶接 (JIS Z 3314)</th> <th>炭酸ガスアーク溶接 (JIS Z 3315)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SMA 41W</td> <td>DW5016A</td> <td>SW-51</td> <td>CW-51</td> </tr> <tr> <td>SMA 50W</td> <td>DW5026A</td> <td>SW-52</td> <td>CW-52</td> </tr> <tr> <td>SMA 58W</td> <td>DW5816A DW5826A</td> <td>SW-61 SW-62</td> <td>CW-61 CW-62</td> </tr> </tbody> </table>				鋼材	波複アーク溶接 (JIS Z 3214)	サブマージアーク溶接 (JIS Z 3314)	炭酸ガスアーク溶接 (JIS Z 3315)	SMA 41W	DW5016A	SW-51	CW-51	SMA 50W	DW5026A	SW-52	CW-52	SMA 58W	DW5816A DW5826A	SW-61 SW-62	CW-61 CW-62	<p>耐候性鋼材用の溶接材料は、JIS化はされているが、耐鋼性鋼材のように、使用条件により、グレードWとPの区別はされていない。よって、溶接材料は、溶接金属の化学成分のうちCu, Cr, Niの含有量が、W材の下限値を下回らないことを、分析試験結果報告書等によって確認の上で使用し、溶接金属の耐候性を確保するのがよい。</p>
鋼材	波複アーク溶接 (JIS Z 3214)	サブマージアーク溶接 (JIS Z 3314)	炭酸ガスアーク溶接 (JIS Z 3315)																		
SMA 41W	DW5016A	SW-51	CW-51																		
SMA 50W	DW5026A	SW-52	CW-52																		
SMA 58W	DW5816A DW5826A	SW-61 SW-62	CW-61 CW-62																		
腐食代	腐食代は考慮しないものとする。	同左	環境等級，風通し状態に応じた板厚減少を考慮し，応力検討を行う。	主桁の下フランジには1mmの腐食代をみるものとする。	耐候性鋼材が安定さびを形成するために必要な板厚の減少量は，0.1~0.2mm，この値を超えるようなさびの発生が予想されるような場合は，耐候性鋼材を無塗装使用すべきではない。(土研)																
鋼板および形鋼の種類	鋼材の種類ならびに板厚は市場性を考慮してできるだけ少なくするのがよい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>○形鋼の種類は，市場性を考慮して選定するものとする。</li> <li>○橋梁付属物取付金具等，使用量の少ないものは，鋼種，板厚を変更して，使用量の多い鋼板から板取りして良い。</li> <li>○使用量の少ない小物ボルトは，ステンレス鋼製のものを用いるのが良い。</li> </ul>		鋼材の種類ならびに板厚は市場性を考慮してできるだけ少なくするのがよい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>○板厚が6mm未満の鋼材は，特に入手が困難である。</li> <li>○供給最少単位(1m×3m)</li> <li>○形鋼は，相当量まとまらないと入手が困難である。使用に際しては調査が必要である。</li> </ul>																
構造細目	<p>水平部材には，雨水，結露水が溜まりやすいので自然排水が可能な構造としなければならない。</p> <p>(1) I断面げたの下フランジ</p>  <p>(2) 箱げたの下フランジ</p> 	<p>水平部材は，水たまり，水みち等ができてにくい形状とするものとする。</p>  	<p>設計に当っては，局所的な腐食が生じないように個々の部材の設計細目を工夫するものとする。</p> 	<p>下フランジの幅はできるだけ一定にし，断面変化は板厚によって行うのがよい。</p> 																	

項目	内容 建設省土木研究所 (社)鋼材倶楽部 (社)日本橋梁建設協会	日本道路公団仙台建設局 (財)高速道路技術センター	北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会	阪神高速道路公団 阪神高速道路技術センター	備考												
構造細目	<p>表-2.4.1 ボルトの最大中心間隔</p> <table border="1" data-bbox="438 455 922 580"> <thead> <tr> <th>ボルトの呼び</th> <th colspan="2">最大中心間隔 p, g</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M24</td> <td>170</td> <td>12t</td> </tr> <tr> <td>M22</td> <td>150</td> <td>千鳥の場合は 15t - 3g / 8</td> </tr> <tr> <td>M20</td> <td>130</td> <td>(ただし、12t 以下)</td> </tr> </tbody> </table> <p>t : 外側の板または形鋼の厚さ (mm) p : ボルトの応力方向の間隔 (mm) g : ボルトの応力直角方向の間隔 (mm)</p>  <p>図-解 2.4.3 1 げた下フランジ連結板</p>  <p>図-解 2.4.4 2 げた下フランジ連結板</p>  <p>図-解 2.4.5 2 げた下フランジ連結板</p>	ボルトの呼び	最大中心間隔 p, g		M24	170	12t	M22	150	千鳥の場合は 15t - 3g / 8	M20	130	(ただし、12t 以下)	<p>同 左</p>	 <p>断面勾配のある梁の下部の下フランジの断面変化は幅で行うよりも厚みで行うのがよい。幅で変化させると梁の応力によっては、水が定量的に流れる水あらしができることがある。</p> <p>ボルトの最大中心間隔……規定なし</p> <p>高力ボルトによる主桁などの連結連結に際して高力ボルトを用いる場合には、連結部の耐食性を考慮して設計しなければならない。</p>  <p>ダストが隅にたまりやすいようにスカーラップを大きくする。</p>  <p>材片の重ね部分で断面の不十分な部分には水やダストが侵入しない構造とする。</p>  <p>狭い隙間をなくし、一枚の板厚とする。</p>	<p>2-5-2 下フランジの連結</p> <p>主桁の部材間のすき間は 20mm 程度以上あけ、下側の添接板は 2 枚に分割し、上側添接板と同形状にするのがよい。また、添接板縁端距離は最小縁端距離とし、添接ボルトの配置は格子配置としてピッチ、ボルト間距離は最小間隔に抑えるのがよい。</p>  <p>図-2 排水に工夫をこらした選手</p> <p>支点上の補剛材については、補剛材と下フランジとを直したり、補剛材下端にスカーラップを設けることができないので、コーナープレートで、この部分の排水を良好にすることが必要である (図-3.4)。</p>  <p>図-3 水やほりこりがたまりやすい形の支点上補剛材とコーナープレート</p>  <p>(a) (b)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 連結部は防錆上の弱点になりやすい。</li> <li>• フィラーを使用する連結はさけるのがよい。</li> <li>• 縁端距離は 50mm 以下</li> <li>• ボルトの配置 ボルト間隔をなるべく小さく、格子配列とすることが望ましい。</li> </ul>
	ボルトの呼び	最大中心間隔 p, g															
M24	170	12t															
M22	150	千鳥の場合は 15t - 3g / 8															
M20	130	(ただし、12t 以下)															
補剛材	<p>外側に取り付いている補剛材は、下端部に 50mm 以上のスカーラップを設け、滞水しないようにするのがよい。</p>  <p>図-解 2.4.6 補剛材下端部のスカーラップ</p>	<p>同 左</p>  <p>図 3-5 補剛材のスカーラップ</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 垂直補剛材の下端は、補剛材腹板、下フランジの 3 材片が交差する部分であり、ここでは桁に縦断勾配があれば、水やごみがたまることがある。そこで、この部分の補剛材には大きめのスカーラップをとり、水やごみが通り抜けることができるようにしなければならない。</li> </ul>												

項目	内容	建設省土木研究所 社) 鋼材倶楽部 社) 日本橋梁建設協会	日本道路公団仙台建設局 (財) 高速道路技術センター	北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会	阪神高速道路公団 阪神高速道路技術センター	備考
構造	<p>箱桁の内面処理</p> <p>箱げたの内面は塗装を施すものとする。</p>					<p>箱桁の内面は外気に対し密閉状態ではなく、かつ風通しが悪い。よって結露して常に湿潤状態となりやすく最も悪い腐食環境と言える。</p> <p>このような部分は、無塗装とせず、通常の橋梁と同様な塗装処理を行う。</p>
細目	<p>けた端部周辺</p> <p>けた端部に取り付く伸縮装置、支承およびそれらの周辺部は、塗装を施すのを標準とする。</p>  <p>図-解 2.4.8 箱げた下フランジ面の処理</p>	<p>桁端部は、風通し等の環境およびごみの除去等の維持作業に配慮した構造とし、さらに重防食塗装を施すのが望ましい。</p> <p>(3.5.4)</p>  <p>図3-6 桁端部の防食構造</p>	<p>4 桁端部</p>  <p>伸縮装置のあきを大きくし排水路に汚物をたせろ。桁端部は通気性と作業性を兼得にするため切欠きをつける。</p> <p>10 桁端部</p>  <p>アスファルト、その他適当な充填材を用いるか、コーナプレートで覆う。</p> <p>14 支点上のコーナプレート</p>  <p>1桁の支点上は補修材 下側にはコーナプレートを取り付けたまじりどを削ぐのがよい。</p> <p>図-解 2.1.1 設計細目の具体例</p>	<p>5 桁端部</p>  <p>桁端部は水子ガセットの下側に付ける。</p> <p>10 ガセット</p>  <p>ガセットには、水抜きと風通しをよくするために、大きな隙間を設ける。</p> <p>11 トラス支点部</p>  <p>トラス支点部は、上下弦材を併用構造とする。</p> <p>12 トラス桁の桁端部</p>  <p>トラス上、下弦材の桁端部は、水の侵入を防ぐために防水を施すように配する。</p> <p>同 右</p> <p>図-解 2.1.1 橋脚天端の構造 (風通しの良好な支承付近、排水にも工夫が見られる。)</p> <p>図-解 2.1.2 桁桁の支承部 (作業性と通気性がよい構造。)</p>  <p>① 硬化コンクリートで固定する ② 鋼管を高くする ③ 鋼管をY字状にする</p>	<p>伸縮装置支承およびそれらを取り付けた端部は路面からの汚水が直接かかったり、塵芥や結露水が溜まるなど、非常に腐食しやすい環境にあるので、通常の塗装橋梁においても防食、防塵に対する配慮が特に必要とされている。</p> <p>この様な部分は無塗装とはせず、通常の塗装橋梁と同様に塗装を施すのを標準とした。</p>	
その他						

項目	内容	建設省土木研究所 (社)鋼材倶楽部 (社)日本橋梁建設協会	日本道路公団仙台建設局 (財)高速道路技術センター	北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会	阪神高速道路公団 阪神高速道路技術センター	備考
構造	高欄 高欄には耐候性鋼材の無塗装使用は避けるのがよい。			高欄はアルミニウム製あるいは、ステンレス製を原則とする。耐候性鋼を用いる場合は塗装を普通鋼を用いる場合には、塗装または亜鉛メッキを行うものとする。		高欄など人々の接近する物には無塗装使用は避けるのがよい。これは安定さびの生成に不利と言うのではなく、耐候性鋼材の表面に発生するさびに対して人々が異和感を持つのを懸念してのことである。 (土研)
細目	支 承 無塗装支承に使用する鋼材は、耐候性の高いものを用いるものとする。	支承は原則として、熔融亜鉛メッキ、あるいは、重防食塗装を施して用いるものとする。	支承本体及び付属品は、耐候性の高いものでなければならない。ローラー、ころがり面及びアンカーボルトはステンレス鋼製とする。			
	伸縮装置 伸縮装置は、耐久性のある非排水型のもを使用する。	伸縮装置は、原則として鋼製フィンガージョイントの非排水型を使用するものとする。	伸縮装置は、特に排水性と水密性に優れた構造としなければならない。			
	検査路	検査路は、裸橋梁の追跡調査に利用する場合には、公団規程によるものの他にさらに増設するのが望ましい。				
	排水装置 排水装置からの路面汚水によって、鋼げたを濡らしてはならない。	排水装置は、路面からの排水が鋼桁にかからないような構造とするものとする。 (3.6.4)				



内容 項目	建設省土木研究所 (社)鋼材倶楽部 (社)日本橋梁建設協会	日本道路公団仙台建設局 (財)高速道路技術センター	北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会	阪神高速道路公団 阪神高速道路技術センター	備 考												
施 表面処理	<p>黒皮処理</p> <p>無塗装橋梁の表面は黒皮を除去するのを標準とする。</p> <p>〔黒皮除去の程度：SIS. Sa 2.0(コーマッシュプラスト)以上〕</p> <p>プラスト時期：出来るだけ工場出荷直前とする。</p>	<p>表面処理</p> <p>鋼材表面は、仮組立完了後にプラストし黒皮を除去するものとする。</p> <p>〔 同 左 〕</p>	<p>表-1.1: 使用鋼材の鋼材表面処理</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項 目</th> <th>表面処理区分</th> <th>備 考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>市街地などで鋼材上の配座を特に行う必要がある地域</td> <td>製品プラスト、またはプラスト</td> <td>外観から目視できない内面、吊桁内面や利線溝など(市街地の橋梁を除く)</td> </tr> <tr> <td>市街地、郊外地などで鋼材上の配座を行う必要がある地域</td> <td>製品プラスト、または黒皮プラスト</td> <td>は、黒皮つきのままとしてもよい。</td> </tr> <tr> <td>郊外地、山岳部などで鋼材上の配座を特に行う必要のない地域</td> <td>黒皮プラスト、または黒皮つきのまま</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>製品プラストは、工場から搬出する直前に行うのを標準とする。</p>	項 目	表面処理区分	備 考	市街地などで鋼材上の配座を特に行う必要がある地域	製品プラスト、またはプラスト	外観から目視できない内面、吊桁内面や利線溝など(市街地の橋梁を除く)	市街地、郊外地などで鋼材上の配座を行う必要がある地域	製品プラスト、または黒皮プラスト	は、黒皮つきのままとしてもよい。	郊外地、山岳部などで鋼材上の配座を特に行う必要のない地域	黒皮プラスト、または黒皮つきのまま			<p>黒皮付きで暴露すると、黒皮の付着が緩い所からはく離して、強固な所が長期間はく離せずに残る。安定さび層の形成は、この黒皮がはく離した時点より始まるため、さび、むらを生じさせることがある。</p> <p>(土研)</p>
項 目	表面処理区分	備 考															
市街地などで鋼材上の配座を特に行う必要がある地域	製品プラスト、またはプラスト	外観から目視できない内面、吊桁内面や利線溝など(市街地の橋梁を除く)															
市街地、郊外地などで鋼材上の配座を行う必要がある地域	製品プラスト、または黒皮プラスト	は、黒皮つきのままとしてもよい。															
郊外地、山岳部などで鋼材上の配座を特に行う必要のない地域	黒皮プラスト、または黒皮つきのまま																
工 部材の仮置き、輸送	<p>部材の仮置き、輸送</p> <p>1) 部材の仮置、保管は次の要領で行うものとする。</p> <p>i) 各部材は、雨水がたまることのないような姿勢で仮置きするものとする。</p> <p>ii) 地上からの雨水のはね上げの影響のない高さに仮置</p> <p>2) 部材の運搬に当たっては、海水がかからないようにしなければならない。</p>	<p>部材の仮置き、輸送</p> <p>部材マーク等は、これによるさびむらが問題にならないように配慮する。</p>	<p>仮置、輸送</p> <p>工場製作及び輸送における保管、仮置きは、安定さびの生成に悪い影響を与えない方法で行わなければならない。</p>		<p>出来るだけ、プラストから架設までの期間を短くするように工事工程を調整する必要がある。</p>												
架 設	<p>コンクリート床版は、鋼桁の架設後、すみやかに打設することが望ましい。また、橋げたに付着したコンクリート、モルタル、土砂などは速やかに除去するものとする。</p>	<p>同 左</p>	<p>架設後、コンクリート床版打設までの期間を短縮し、降雨にあう回数が少なくなるように工程計画を立てるものとする。</p> <p>橋桁に付着したコンクリート、モルタル、土砂などは速やかに除去するものとする。</p>														
記録および表示		<p>(1) 工事の完成後、裸橋梁特有の記録を、通常の橋梁台帳に補足するものとする。</p> <p>(2) 裸橋梁には、通常の橋「板」の他に、裸橋梁であることを明記した表示を行うのが望ましい。</p>	<p>さび生成過程の判定</p> <p>さびの生成過程は目視検査により判断し、安定さび層の形成上支障となる部分が発見された場合、速やかにその原因を究明し、対策を講じなければならない。安定さびの判定は、さび色、断面の減少量、さび層の下部形状、フ.ロキレン試験などにより総合的に行うものとする。</p>														

### § 3. 使用環境の分類・制限（海塩粒子，湿度 etc.）

耐候性鋼材が良好な耐食性を示すには，表面に安定したさび層が形成されることが必要であるから，使用環境の適・否は，その環境で安定さび層が形成・維持されるか否かによる。

使用環境の適否は，また，耐用年数までの板厚総減少量がある限度内の値に推定されるか否かによるといいかえることもできる。

以下では，耐候性鋼材の特性と適用に際しての考え方をとりまとめるものとする。

#### 3-1. 耐候性鋼材の特性

##### 3-1-1. 安定さびの層の形成に必要な条件

- (1) 鋼表面が大気にふれること。
- (2) 鋼表面が乾湿の繰返しを受けること。
- (3) 塩分やSO<sub>x</sub>等の有害要因の影響が小さいこと。
- (4) 生成した酸化被膜を機械的に剝離しないこと。 （高速道路技術センターより）

##### 3-1-2. さび安定化の経過

暴露開始点Aから曲線が曲る，B点までがさび層が次第に形成される時期であって，腐食速度は比較的大きく，時間とともに次第に減少する。B点以降は次第に安定化が完成され，形成された安定さび層を通じて，腐食がゆっくりと定常的に進行する。

この安定さび層は2～5年で生成されるといわれている。

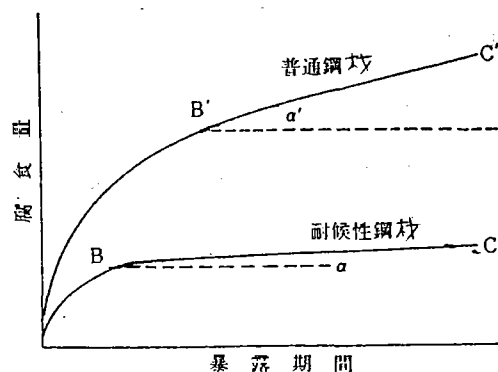


図-3.1 鋼材の腐食量－暴露期間の関係を示す模式図

（鋼構造物と耐候性鋼，日本鋼構造協会）

##### 3-1-3. 安定さび層の構造

耐候性鋼材と普通鋼材のさび層を比較して，耐候性鋼の場合には地鉄の近くにCu，Crなどが濃縮したち密で連続性の良い非晶質の層が形成されており，これが

耐食性に寄与しているといわれている。この様子を図に示した。

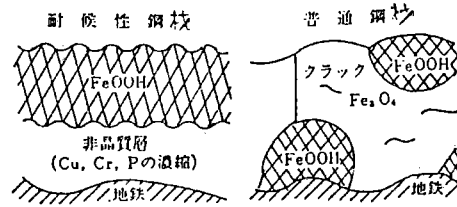


図-3.2 耐候性鋼材と普通鋼材のさびの構造 (模式図)

### 3-1-4. 安定さび層の形成に有害な外的要因

有害な外的要因としては次のようなものがある。

- (1) 凍結防止材などによる著しい飛来塩分、塵介、土砂、枯れ葉、鳥の糞などの付着、堆積および結露、降雨、降雪などによる滞水
- (2) 床版、伸縮継手、排水管などの関連構造物の損傷による遊離石灰、漏水（塩分を含むこともある）などの付着、滞水、恒状的な水みち。

(高速道路技術センター)

その理由として以下に示す。

- (1) 濡れたまま保たれたり、水が長時間とどまると安定さび層が形成されない。
- (2) 塩分や硫酸分を多量に含むさびは安定さびとなりにくい。

(鋼構造物と耐候性鋼, 日本鋼構造協会)

### 3-1-5. 腐食に対する気象因子の影響

陸上鉄骨構造物防食研究会が、わが国の7箇所の暴露地で、試験を行った結果求めたキルド鋼の腐食に対する気象因子の影響を表に示す。ただし、現在では亜硫酸ガス濃度については、実験当時と比較して著しく改善されている。

表-3.1 気象因子と腐食量との重回帰係数 (キルド鋼)

	1 年	5 年
定 数	-52.67	-58.88
気 温 (°C)	0.4835	0.1212
湿 度 (%)	0.7009	0.7534
降 水 量 (mm)	-0.0215	0.0341
海 塩 粒 子 (ppm)*	0.0753	9.098
亜硫酸ガス (mdd)	8.202	3.710

$$\text{腐食量 (mdd)} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_5 X_5$$

ただし  $X_i$  は各因子,  $\beta_i$  は各係数

\* 1  $\text{dcm}^2$  の塩分採集

(鋼構造物と耐候性鋼, 日本鋼構造協会)

### 3-1-6. 飛来塩分量と板厚減少量との関係

無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)の表-解1.2.1「地域区分の判断に用いた測定データ類」に示された数値を対数グラフを用いてプロットすると以下の図となる。

ただし、ここで注意の必要なことは、同一橋梁内でも測定部位により、塩分付着量は相当異なり、また、現在の測定方法で飛来塩分量を100%捕らえているかどうかは不明である。未区分地域でのデータからも、採用の適否のボーダーライン付近では、他の因子との複合作用も無視できない。

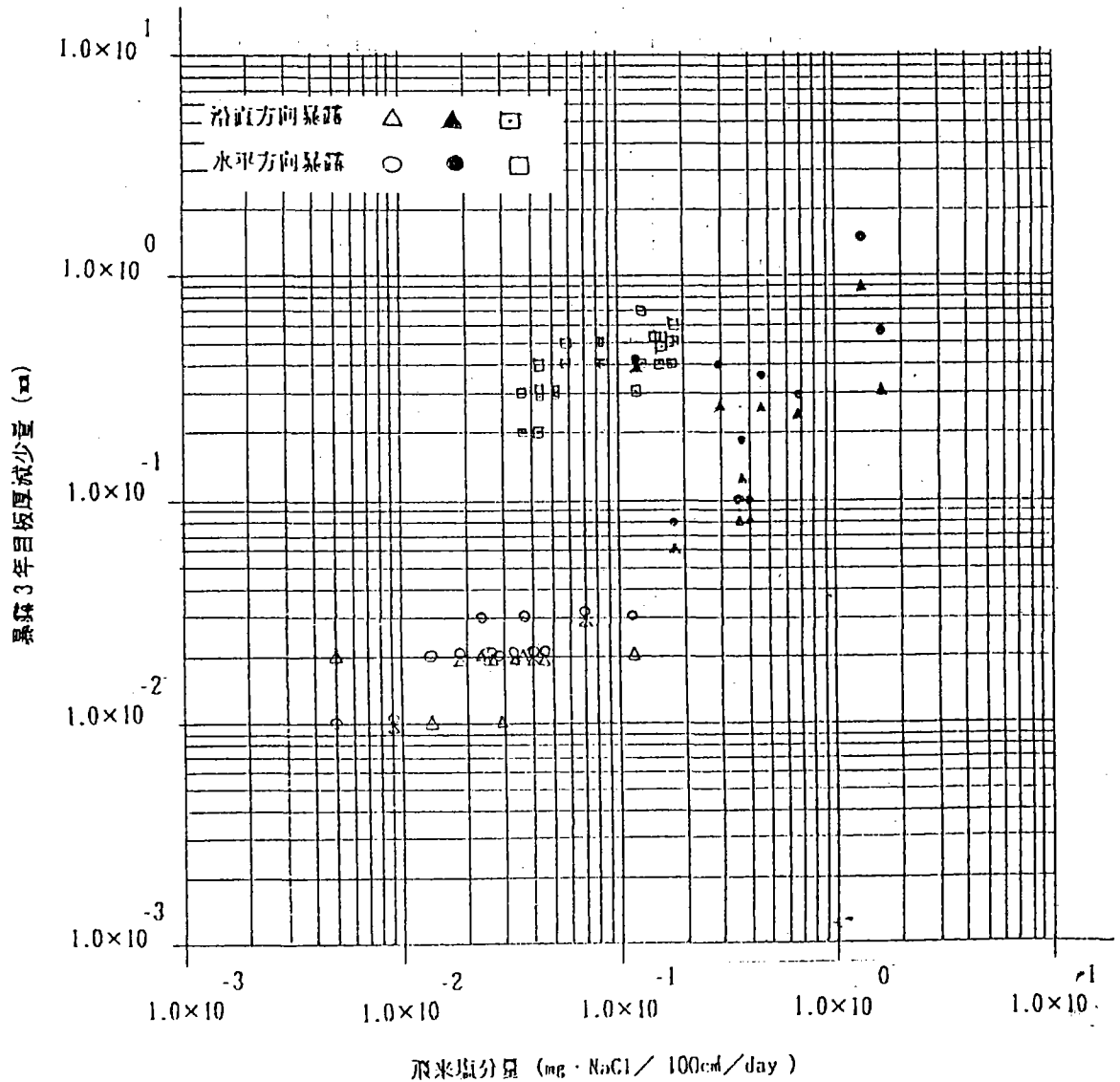


図-3.3 飛来塩分量と板厚減少量との関係

### 3-1-7. 相対湿度と濡れとの関係

湿度と濡れとの関係は、理想状態では相対湿度が100%になって初めて、結露することになるが、ClやSox、ゴミなどの付着した状態では相対湿度70%程度で結露が生じるといわれている。表面に生じた水分は、ポーラスであれば、毛細管現象により内部にまで侵入する。従って、定常的に高湿度にさらされる環境では安定さび層は生成されない。

### 3-2. ま と め

- (1) 無塗装耐候性橋梁の適用する可否は、使用に敵する域以外では、周辺の構造物の腐食状況（塗装構造物であれば、その塗膜の状況や塗装間隔など）の調査、飛来塩分量の調査などを行って、適用性を判断する必要がある。
- (2) 無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（案）では腐食量の測定部位を最も不利なところに選定しており、適用か不可能な場所でも局部的な塗装との併用で採用も可能と考えられる。
- (3) 適否のボーダーライン部では、むしろ積極的に採用の方向で進め、万一、点検を通じて不可と判断された場合には、塗装を施すという方法がある。

## 4. 構造ディテール

### 4.1 一般的な事項

構造ディテールは“個々の部材に安定さびが生成されやすいように配慮しなければならない”ということを考慮する。

安定さびについては「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究報告書（Ⅷ）」において以下の点が述べられている。

- (1) 雨水が直接降りかかり、かつ水切りの良好な部分はさびが安定化しやすい。
- (2) 風通しの良い内側の垂直面、水切れの良い水平上面は (1) に比べて安定化がやや遅れるが、問題はない。
- (3) 水平におかれた材片の下面は結露の影響で安定化が遅れるが、風通しの良い開かれた部分では安定化するものとしてよい。ただし、地表面に近接している水平面ではさびが安定化しないこともある。
- (4) 材片が交わる部分、重なる部分も、開かれた場所で風通しが十分で、水切れが良好であれば安定化するものと考えられる。
- (5) 空気が通うことのできる閉じた断面の内部は結露しやすく乾燥しにくいので、安定化しない場合がある。
- (6) 汚水がかかったり降雨によって跳ねがかる部分、または雨水などの水切れに際して水みちになる部分はさびは安定化しにくい。
- (7) 水がたまる面は全く安定化しない。ごみがたまったり水がたまりやすい部分は設計上の配慮によってこれを防止する必要がある。

また、安定さびの生成しにくい詳細構造例を J A S B C 技術資料 No. 3 から次頁 図-4.1 に示す。こうした箇所は、塗装橋梁の場合の塗膜が劣化し易い部位と共通するところが多く、耐候性鋼材の場合も同様な注意を要する。

### 4.2 諸規準における構造ディテール

諸規準の構造ディテールについては 2 項の諸規準の比較表を参照

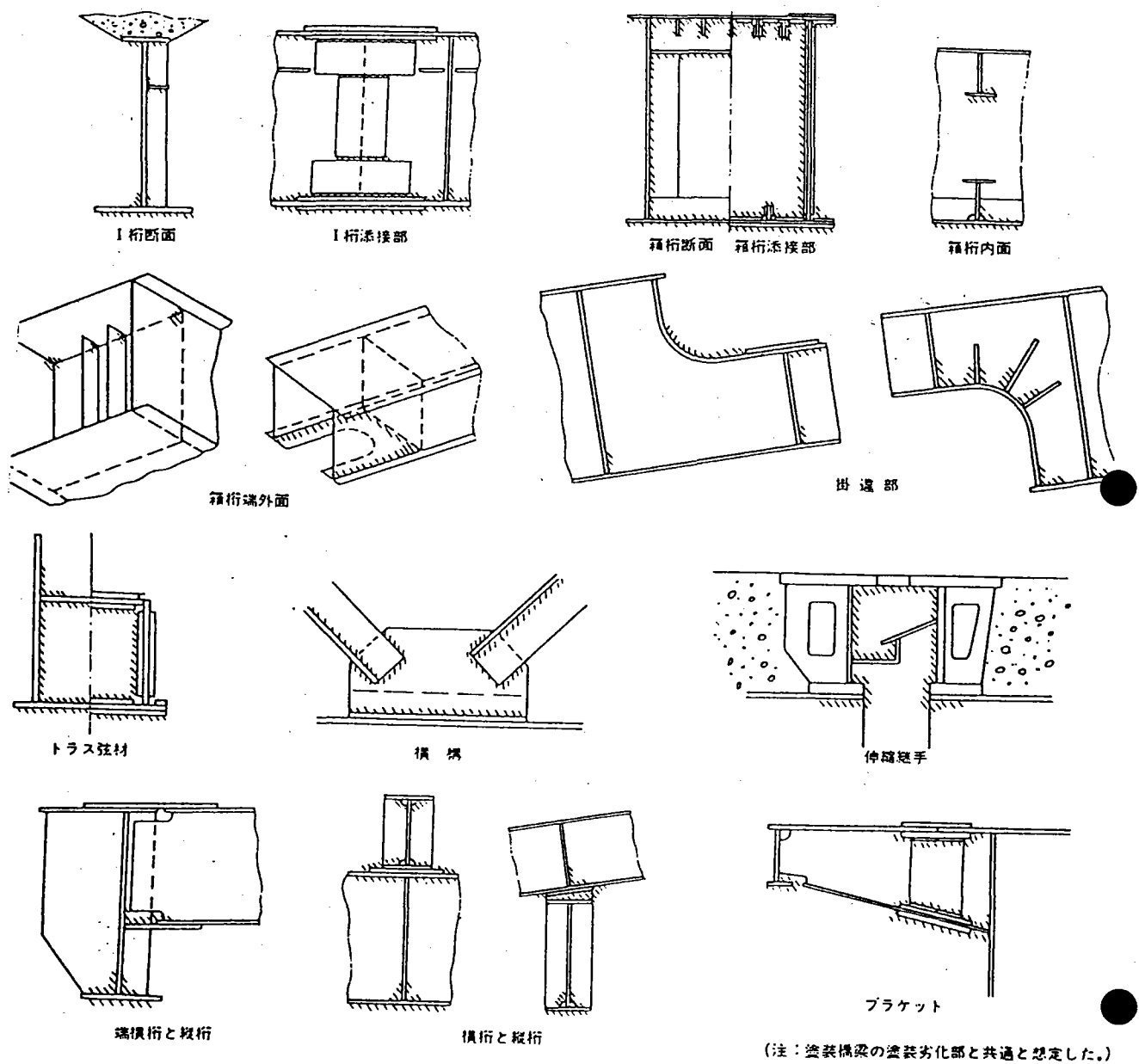


図-4.1 安定さびの生成しにくい詳細構造例

### 4.3 構造ディテールの使用実態

既建設の耐候性鋼材裸使用橋梁に関して、構造ディテールのアンケート調査を実施した。アンケート項目は次頁の表-4.1に示すが、現行の諸規準に示されている構造ディテールの例をあげて実際に用いたかどうかを質問し、合せて特に考慮した構造ディテールを示していただいた。

アンケートは鋼橋技術研究会防錆部会の会員会社に依頼し、実施した。

アンケートの回答が回収されたのは51橋であり、その内容は以下の通りである。

橋種	橋数
I桁	23
箱桁	9
トラス	10
アーチ	6
ラーメン	2
斜張橋	1
計	51

製作年	橋数
52	1
54	1
55	2
56	3
57	4
58	4
59	9
60	11
61	9
62	6
63	1
計	51

次頁にアンケートの集計を示す。


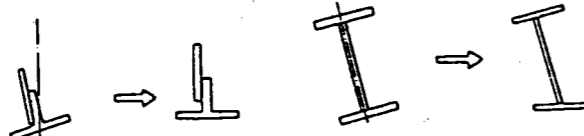
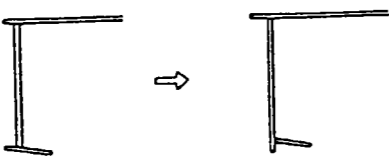
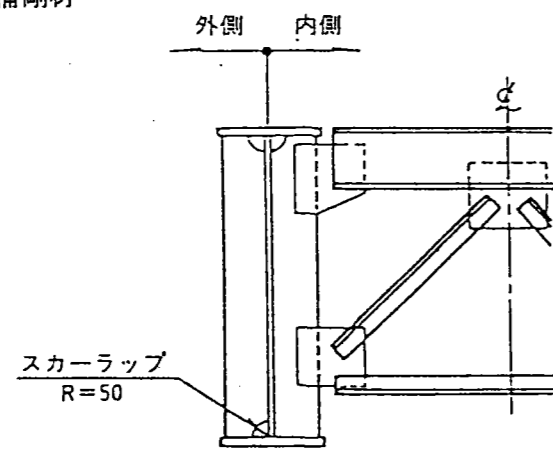
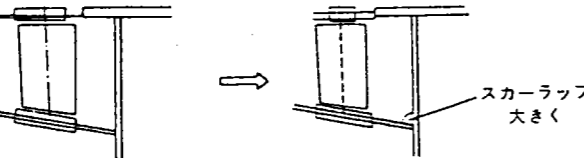


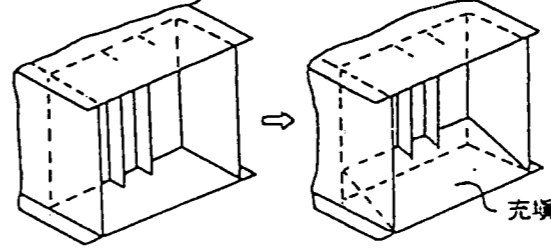
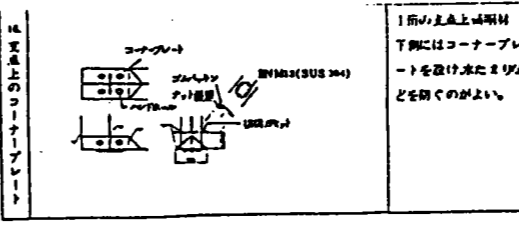
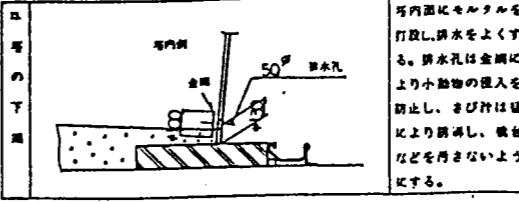
表-4.1 アンケート集計表 その1

橋梁架設にあたって用いた構造ディテール		使用	不使用
建設省土木研究所等の示方書に示されている構造ディテール	(1) I断面げたの下フランジ 	14	25
	下フランジ幅 	10	15
	(2) 箱げたの下フランジ 	A 2	8
		B 2	10
		C 2	10
	連結 10-20mm 	2	19
	10-20mm 	8	17

橋梁架設にあたって用いた構造ディテール		使用	不使用												
建設省土木研究所等の示方書に示されている構造ディテール	表-2.4.1 ボルトの最大中心間隔 <table border="1"> <thead> <tr> <th>ボルトの呼び</th> <th colspan="2">最大中心間隔 p, g</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M24</td> <td>170</td> <td>12t</td> </tr> <tr> <td>M22</td> <td>150</td> <td>千鳥の場合は15t - 3g / 8</td> </tr> <tr> <td>M20</td> <td>130</td> <td>(ただし、12t 以下)</td> </tr> </tbody> </table>	ボルトの呼び	最大中心間隔 p, g		M24	170	12t	M22	150	千鳥の場合は15t - 3g / 8	M20	130	(ただし、12t 以下)	14	19
	ボルトの呼び	最大中心間隔 p, g													
	M24	170	12t												
	M22	150	千鳥の場合は15t - 3g / 8												
	M20	130	(ただし、12t 以下)												
	箱げた自由突出部の連結 	A 6	7												
		B 1	8												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>設計項目</th> <th>適用</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9. 橋脚</td> <td>橋脚部材は水平ガセットの下流につける。</td> </tr> <tr> <td>10. ガセット</td> <td>ガセットには、水抜きと蒸気しきりをするために、大きな隙間を設ける。</td> </tr> <tr> <td>11. トラス橋脚部材の断面</td> <td>トラス橋脚部材は、上、下弦材とも密閉構造とする。</td> </tr> <tr> <td>12. トラス橋脚部材の断面</td> <td>トラス上、下弦材の溶接部は、水の浸入を防ぐために溶接板を窓のように設置する。</td> </tr> </tbody> </table>	設計項目	適用	9. 橋脚	橋脚部材は水平ガセットの下流につける。	10. ガセット	ガセットには、水抜きと蒸気しきりをするために、大きな隙間を設ける。	11. トラス橋脚部材の断面	トラス橋脚部材は、上、下弦材とも密閉構造とする。	12. トラス橋脚部材の断面	トラス上、下弦材の溶接部は、水の浸入を防ぐために溶接板を窓のように設置する。	11	21		
	設計項目	適用													
	9. 橋脚	橋脚部材は水平ガセットの下流につける。													
	10. ガセット	ガセットには、水抜きと蒸気しきりをするために、大きな隙間を設ける。													
	11. トラス橋脚部材の断面	トラス橋脚部材は、上、下弦材とも密閉構造とする。													
12. トラス橋脚部材の断面	トラス上、下弦材の溶接部は、水の浸入を防ぐために溶接板を窓のように設置する。														
	15	14													
	4	11													
	13	7													
	15	16													

表-4.1 アンケート集計表 その2

	橋梁架設にあたって用いた構造ディテール	使用	不使用
建設省土木研究所等の示方書に示されている構造ディテール	⑬  ストラットの排水孔	7	11
	⑭  対傾構ストラット	4	18
	⑮  ・耳縦折	3	3
	⑯  補剛材 外側 内側 スカーラップ R=50	19	12
	⑰  ブラケット縦桁、横桁交差部 スカーラップ 大きく	7	7
⑱ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">けた端部に取り付く伸縮装置、支承、およびそれらの周辺部は塗装を施すのを標準とする。</div>	21	13	

	橋梁架設にあたって用いた構造ディテール	使用	不使用
建設省土木研究所等の示方書に示されている構造ディテール	⑲  箱げた下フランジ面の処理 充填材またはコーナプレート	5	13
	⑳  コーナプレート 1所の上端は明材 下側にはコーナプレート を設け水たまりなどを防ぐのがよい。	12	12
	㉑  50° 排水孔 写内面にセルラを打設し排水をよくする。排水孔は金剛により小動物の侵入を防止し、さびは錆により閉鎖し、破砕などを得ないようにする。	1	6

アンケート回収橋梁数51橋の内、使用・不使用の記入があったもののみ集計した。アンケート記入の無いものは橋梁の構造形式等から上表のディテールがすべて適用できるとは限らないためと思われる。

構造ディテール⑳の不使用には沓を耐候性鋼材の裸使用が含まれている。

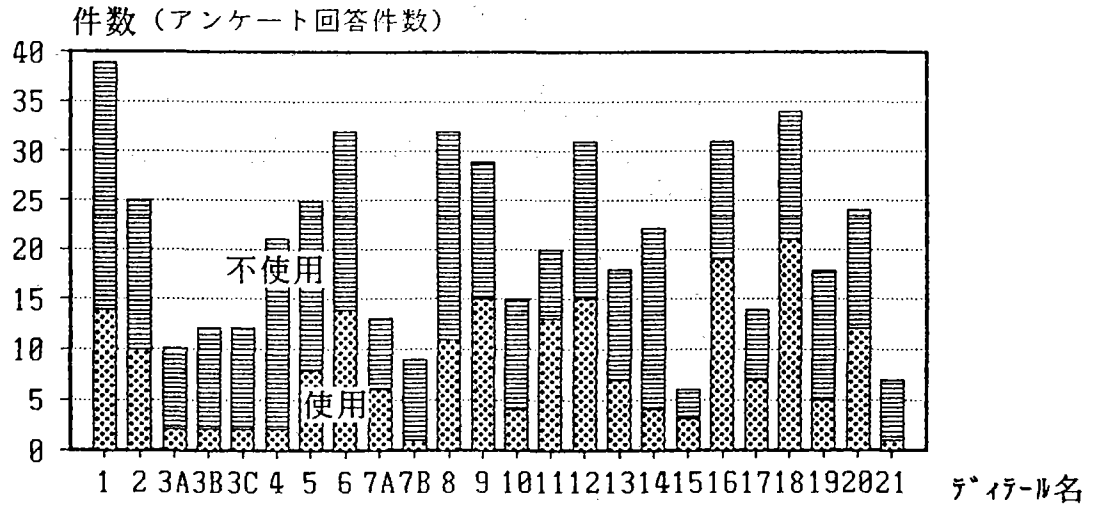


図-4.2 構造ディテールの使用状況

集計表をグラフ化したものである。次に、使用と未使用を合わせたものを100とした場合の使用と未使用の割合を下図に示す。

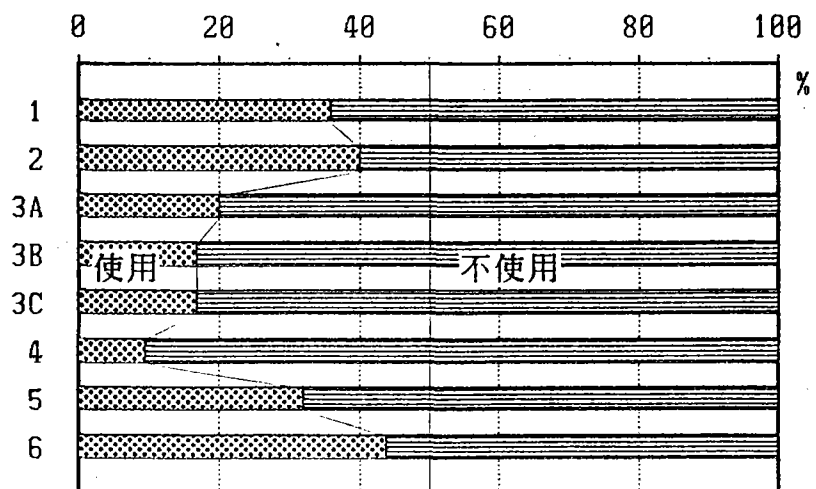


図-4.3 構造ディテールの使用割合

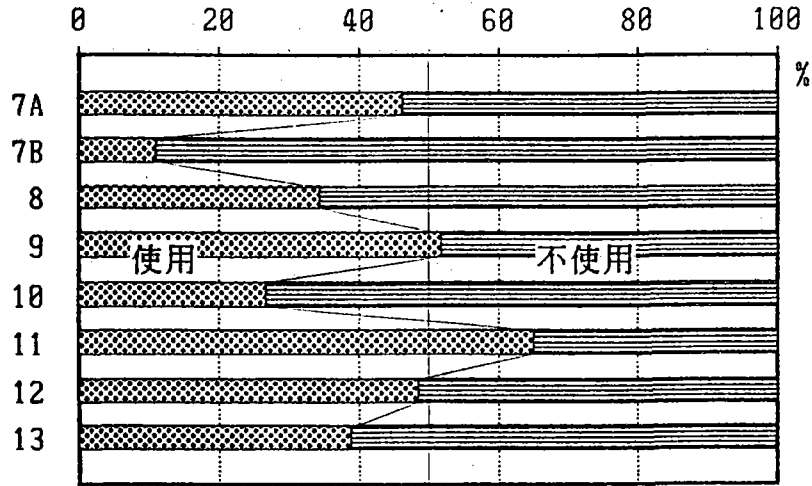


図-4.3 構造ディテールの使用割合

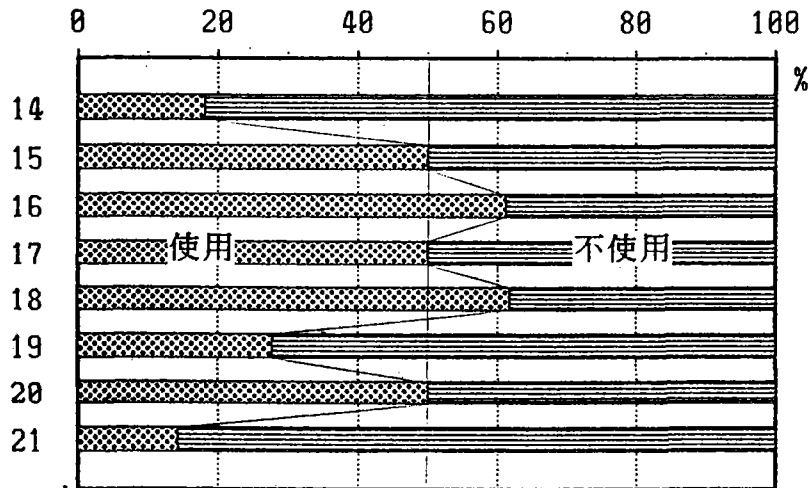
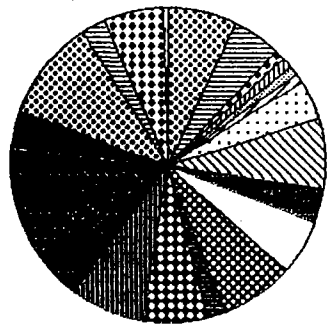

























図-4.3 構造ディテールの使用割合

図-4.3 からは、アンケートの構造ディテール番号で、11,15,16,17,18および20の使用割合が50%を越えていることがわかる。



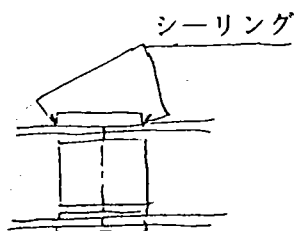
使用した構造ディテール番号

	使用	
 1	7.1%	14
 2	5.1%	10
 3A	1.0%	2
 3B	1.0%	2
 3C	1.0%	2
 4	1.0%	2
 5	4.0%	8
 6	7.1%	14
 7	3.5%	7
 8	5.6%	11
 9	7.6%	15
 10	2.0%	4
 11	6.6%	13
 12	7.6%	15
 13	3.5%	7
 14	2.0%	4
 15	1.5%	3
 16	9.6%	19
 17	3.5%	7
 18	10.6%	21
 19	2.5%	5
 20	6.1%	12
 21	0.5%	1
合 計	100.0%	198

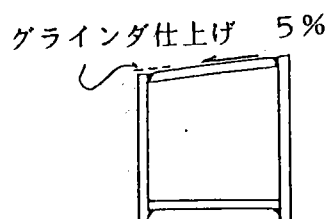
使用したとした回答総数 198件の構造ディテール毎の内訳である。  
ディテールとして、1. 2. 6. 8. 9.11.12.16.18.20の使用が多いことがわかる。

その他考慮した点

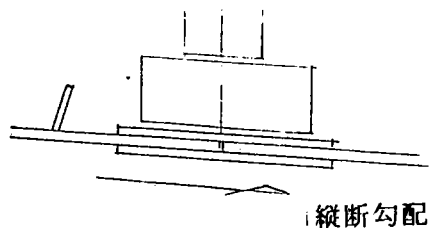
- ①支点上の通風性を良くするために支点張出し部には切欠きを設けることが必要。
- ②伸縮継手は非排水とする。 2件
- ③上下弦材、縦桁の添接部の上面のみにシーリング実施 2件



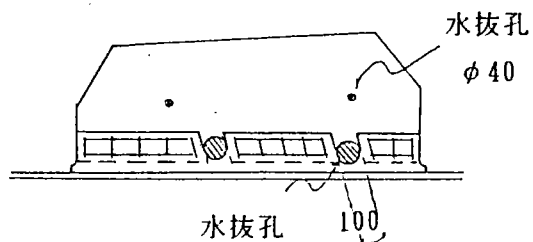
- ④下弦材上面に排水勾配を設けた (5%) 5件



- ⑤トラス格点部に水抜き穴を設けた
- ⑥下フランジ添接板の両側に水切り板を設けた

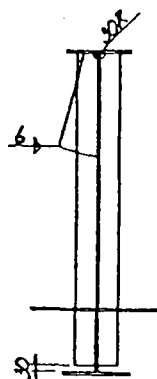


- ⑦下横構ガセットに水抜き孔をあけた 2件



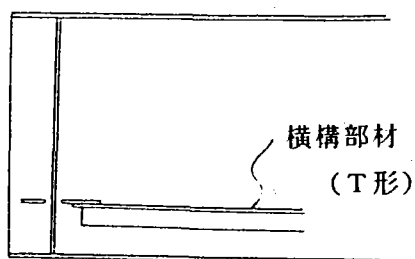
⑧垂直補剛材の引張側にあきを設けた

5件



⑨横構の形鋼を下向きに取付ける

2件

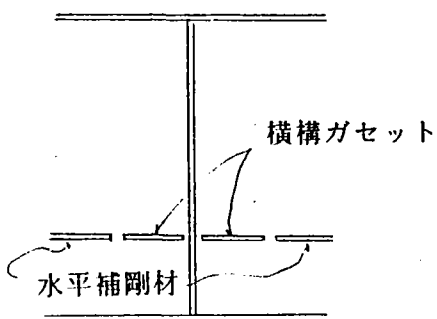


⑩歩道下に水抜き孔を設けた

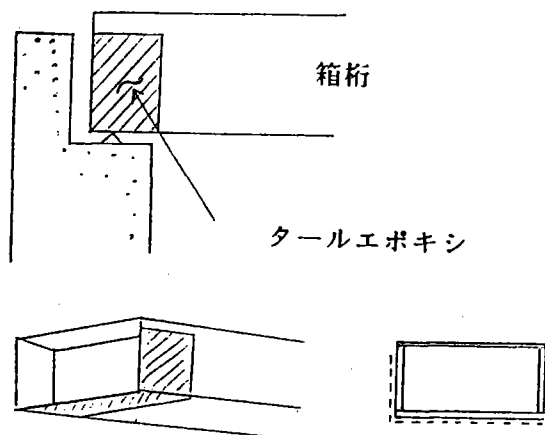
⑪下フランジの下側添接板の縦断の高い方にシール材使用

⑫トラスの鉛直材に排水パイプを設けた

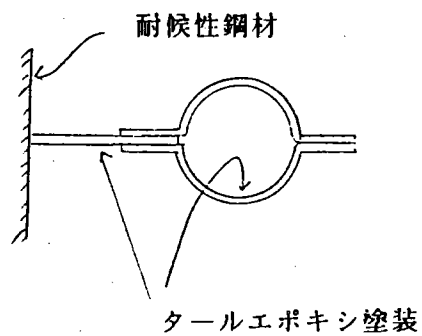
⑬水平補剛材と横構ガセット位置を合わせる



⑭箱桁端部にタールエポキシを塗装した



⑮排水バンド等の付属物を塗装した



注. 件数の無いものはすべて1件



## §5. 附属物の現状

耐候性鋼材を使用した裸使用桥梁に安定さびを発生させるためには附属物が重要なファクターとなる。

よって裸使用桥梁の附属物を調査し、その結果を下表に示す。（調査数 17橋）

単位：件

	実 施 工 の 内 容				備 考 (その他の内容)
	耐候性使用	亜鉛メッキ	塗 装	そ の 他	
高力ボルト	15	——	——	2	耐候性処理ボルト
支 承	8	3	3	3	ゴム、溶射
排水の取付金具	4	8	2	——	
落橋防止装置	3	2	——	1	安定化処理
高 欄	——	7	8	1	PC撤木、メッキにはアルミ3件含む
伸 縮 装 置	——	——	10	3	ゴム

注) 伸縮装置塗装の内訳はシーラ材型式 6件  
排水樋型式 4件

附属物でも特に排水に関するものが重要であり、伸縮装置はシーラ材型式が望ましい。その他床版の水切りにも工夫が必要である。