

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する 共同研究報告書 (XX)

— 無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領 (改訂案) —

平成5年3月

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

Copyright © (1993) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する 共同研究報告書 (XX)

— 無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領 (改訂案) —

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

要 旨

本共同研究では、無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計・施工および維持管理について留意すべき事項を明らかにするため、長期的な全国暴露試験を含む各種検討を昭和56年度より11箇年にわたって実施してきた。

本報告は、この共同研究の最終成果として、これまでの検討結果を踏まえて、従来の「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」に示されていた無塗装耐候性橋梁の適用可能地域をより明確に示すとともに、トラス橋等の場合の設計・施工上の留意点などを追加したものである。

キーワード：橋梁，耐候性鋼材，設計，施工

まえがき

本共同研究では、無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計・施工および維持管理について留意すべき事項を明らかにするため、長期的な全国暴露試験を含む各種検討を昭和56年度より11箇年にわたって実施してきた。その中間成果として、昭和60年度には「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」¹⁾(以下、前要領案)を、また平成2年度には「無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)」²⁾を作成した。

前要領案では、当時の施工実績や暴露試験データ等を踏まえて、比較の実績の多い鉄筋コンクリート床版を有する上路プレートガーダー橋を対象に、耐候性鋼材の無塗装使用に関する基本的考え方が整理された。そのうち、無塗装耐候性橋梁の適用可能地域については、「(本共同研究の全国暴露試験の3年目までの結果ではまだ定量的な表示が難しいが)、さびの発生に対する環境条件の影響が非常に大きく、暴露試験の経過から環境が非常に良い地域と非常に悪い地域については現時点(当時)でも判断できる」として、適用可能地域が定性的に示された。これにより、無塗装耐候性橋梁の普及を促進させることとなった。その後、適用可能地域の明確化が主たる検討課題として残されていた。

本改定案では、9年間の全国暴露試験結果を含む、これまでの検討結果を踏まえて、前要領案を見直し、無塗装耐候性橋梁の適用可能地域をより明確にしたとともに、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋等の場合の設計・施工上の留意点等を追加した。

本報告書は、この共同研究の最終成果としてとりまとめたものであり、耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の審議を経て成案をみたものである。これらの成果が、初期建設費、維持管理費の両面で低コスト化を図ることのできる無塗装耐候性橋梁のより適切な普及に役立つことを願う次第である。

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会名簿 (50音順)

委員長 伊藤 学 (1~10)

委員

秋元 泰輔 (8~9)	小島 祐司 (8~9)	西川 和廣 (3~7, 10)
秋吉 忠 (5)	小林 茂敏 (9~10)	西山 昇 (9~10)
浅沼 秀弥	佐伯 彰一 (1~4, 7~8)	萩原 哲雄 (7~9)
阿部 英彦 (1~10)	佐伯 迪昭 (5)	橋本 節治 (9~10)
荒木 桂蔵 (3~4)	笹尾 英弥 (10)	橋本 良之 (10)
池田 甫 (1~3)	佐々木 爽春 (6)	長谷川 鎔一 (1~7)
池田 実 (6~7)	佐々木 靖雄 (10)	八子 一了 (7~9)
井阪 清 (8~9)	佐藤 和徳 (4)	原 光夫 (10)
石岡 千里 (6~8)	佐藤 政勝 (1~10)	坂東 幸男 (1~3)
石沢 隆夫 (1~3)	佐藤 幹雄 (7)	平井 陽一 (8~10)
石橋 正穂 (1~3)	塩井 幸武 (9)	平部 謙二 (5~6)
市川 慧 (7~8)	敷地 節雄 (1~2)	福田 伸宏 (10)
伊藤 仁 (10)	篠原 洋司 (5~6)	福原 幸雄 (4~5)
伊藤 義則 (7~8)	柴田 実 (3)	藤田 稔 (7~8)
稲垣 浩司 (1~2)	下瀬 健雄 (1~10)	藤原 栄吉郎 (6)
今津 司 (10)	庄司 吉弘 (1~8)	藤原 稔 (1~2, 6~10)
岩城 正彦 (5~6)	城之内 幸雄 (10)	古田 勇 (6~7)
岩崎 孝人 (4~5)	末田 一好 (4)	別所 清 (6~8)
岩永 寛 (1~2)	菅野 照造 (3~5)	星野 満 (3~4)
上野 正人 (3)	菅原 信二 (6~7)	堀 繁 (4)
江川 雅雄 (8)	杉岡 博史 (6)	本田 宣史 (4~5)
大井 一夫 (10)	須田 公男 (1~3)	本多 満 (7~10)
大塩 俊雄 (1~3)	瀬戸 馨 (6~9)	蒔田 実 (1~5)
大島 喜三郎 (4)	芹沢 公 (8~9)	松島 巖 (3~10)
大橋 義彦 (5)	高橋 力 (9~10)	松田 真一 (8~10)
岡田 清彦 (7~9)	滝沢 幸夫 (10)	松橋 省 (6~7)
岡田 勝 (10)	竹内 治夫 (1~2)	松村 駿一郎 (6)
岡田 道夫 (5~6)	武生 博文 (9~10)	的場 純一 (8~10)
岡本 博 (9~10)	竹重 寿夫 (10)	丸山 幹雄 (5)
尾形 望 (4)	武田 宣正 (1~2)	三浦 一良 (3~4)
碓 公男 (8~9)	竹蒔 昇 (5)	三上 尚人 (3~10)
奥川 淳志 (1~3)	田崎 忠行 (4)	三木 千壽 (3~10)
小野 靖 (8~9)	多田 和夫 (6)	水野 英夫 (7~8)
風間 徹 (9~10)	多田 浩彦 (5)	三橋 晃司 (5)
柏原 莊助 (5)	立花 重行 (1~4)	宮川 満洲夫 (4)
片脇 清 (1~10)	辰巳 正明 (7~8)	武藤 和宏 (5)
桂樹 正隆 (5)	巽 義則 (5)	村岡 憲司 (1~2)
金井 道夫 (1~3, 7~8)	田中 明広 (3~4)	村上 己里 (4)
加納 勇 (9~10)	田中 淳之 (4)	村越 潤 (6~10)
加納 研之助 (3~4)	田中 良樹 (5~10)	森 久 (7)
梶島 誠吾 (10)	田中 柳之助 (1~4)	森 芳徳 (1~4, 7~10)
河井 章好 (1~4)	谷口 博昭 (5~6)	守屋 進 (6~8)
川村 友見 (7~10)	寺田 剛 (9~10)	保田 雅彦 (9~10)
菊地 憲男 (10)	徳良 賢一 (1~2)	柳田 力 (5~6)
菊地 稔 (10)	鳥居 照正 (9)	矢野 久元 (1~6)
木下 良治 (6)	鳥井 康司 (3~5)	矢作 枢 (3~4)
久野 忠一 (1~10)	中岡 智信 (1~3)	山内 博 (6~7)
窪田 一夫 (1~2)	中島 英治 (4~5)	山川 健蔵 (5)
熊谷 勝弘 (4~5)	中条 行雄 (7~9)	山口 浩二 (5)
熊谷 恒一郎 (4)	中野 正則 (8~9)	山地 武 (3)
倉本 勝美 (6)	中村 厚 (9~10)	山本 善行 (5)
桑原 啓三 (6)	中山 泰宏 (3~4)	湯川 和男 (1~3)
桑辺 行正 (1~10)	長尾 美廣 (8~10)	吉岡 洋二 (1~3)
毛戸 秀幸 (6)	成田 信之 (1~3)	吉川 紀 (7)
小穴 博保 (6)	仁木 清貴 (10)	渡辺 常安 (3)
事務局		
荒居 昇 (1~10)	杉田 好春 (10)	

※ () 内は委員会の開催回

委員会開催年月日

第1回	昭和56年 6月24日
第2回	昭和57年 2月17日
第3回	昭和57年 9月30日～10月2日
第4回	昭和58年11月25日
第5回	昭和61年 3月27日
第6回	昭和63年 1月22日
第7回	平成元年 2月 7日
第8回	平成 2年 2月28日
第9回	平成 3年 3月12日
第10回	平成 4年 1月16日

共同研究担当者名簿

建設省土木研究所

橋梁研究室

佐伯 彰一 (昭56. 4～昭60. 4)□
 篠原 洋司 (昭60. 5～昭61. 6)□○
 藤原 稔 (昭61. 7～平 3. 3)□○
 金井 道夫 (昭56. 4～昭58. 4)*
 西川 和廣 (昭57. 4～昭62. 3)○*
 " (平 3. 4～平 5. 3)□○
 村越 潤 (昭62. 4～平 5. 3)○*
 大塩 俊雄 (昭56. 4～昭58. 4)*
 佐藤 和徳 (昭58. 4～昭60. 3)*
 田中 良樹 (昭60. 4～平 5. 3)○*
 佐々木靖雄 (平 2. 4～平 5. 3)

化学研究室

森 芳徳 (昭56. 4～昭60. 3)*
 片脇 清 (昭56. 4～平 5. 3)○*
 西崎 到 (昭60. 4～昭61. 3)*
 守屋 進 (昭61. 4～平 2. 3)*
 寺田 剛 (平 2. 4～平 5. 3)*

(社)鋼材倶楽部

久野 忠一 (昭56. 4～平 2. 12)○*
 大浦 基宏 (平 3. 1～平 5. 3)
 西山 昇 (平 3. 1～平 5. 3)○
 今津 司 (平 3. 1～平 5. 3)*
 桑辺 行正 (昭56. 4～平 5. 3)○**
 鳥井 康司 (昭56. 4～昭61. 3)*
 松島 巖 (昭56. 4～平 5. 3)*
 三浦 尚人 (昭56. 4～昭59. 3)*
 渡辺 常安 (昭56. 4～昭59. 3)*
 石沢 隆生 (昭56. 4～昭57. 3)
 福原 幸雄 (昭58. 4～昭62. 3)
 佐伯 迪昭 (昭59. 4～昭62. 3)
 田中 明広 (昭56. 4～昭61. 3)
 平部 謙二 (昭61. 4～昭63. 3)
 八子 一了 (昭63. 4～平 5. 3)

三上 尚人 (昭56. 4～平 5. 3)*
 石岡 千里 (昭62. 4～平 2. 3)*
 武生 博文 (平 2. 4～平 5. 3)*
 別所 清 (昭62. 4～平 2. 6)*
 中村 厚 (平 2. 7～平 5. 3)*
 佐藤 政勝 (昭56. 4～平 5. 3)
 小島久次郎 (昭56. 4～昭57. 4)
 荒木 桂蔵 (昭56. 4～昭60. 6)
 岡田 道夫 (昭60. 7～昭63. 5)
 中条 行雄 (昭63. 6～平 5. 3)
 清水 健次 (昭56. 4～平 5. 3)
 井上 昭彦 (昭56. 4～昭59. 7)
 三浦 正美 (昭56. 4～平 5. 3)
 木村 京次 (昭57. 4～昭59. 12)
 佐藤 一郎 (昭60. 4～平 5. 3)

(社)日本橋梁建設協会

長谷川鎭一 (昭56. 4～平 1. 3)◎
 松田 真一 (平 1. 4～平 5. 3)○
 菅野 照造 (昭57. 4～昭62. 3)
 平井 陽一 (昭62. 4～平 5. 3)
 下瀬 健雄 (昭56. 4～平 1. 3)○
 " (平 1. 4～平 5. 3)◎

庄司 吉弘 (昭56. 4～平 2. 3)○
 加納 勇 (平 2. 4～平 5. 3)○
 長尾 美廣 (昭60. 4～平 5. 3)○
 矢野 久元 (昭56. 4～昭63. 3)○*
 川村 友見 (昭63. 4～平 5. 3)○*

注) □:「共同研究連絡会」主査、**:「さび分析幹事会」幹事長、*:同幹事

◎:「耐候性橋梁幹事会」幹事長、○:同幹事

(耐候性橋梁幹事会は昭和60年度から活動開始)

無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)の改訂点

1. 適用可能地域の明確化

- (1) 地域ごとに海岸線からの距離で表示
- (2) 飛来塩分量測定要領を巻末に追加

2. 排水、防水についての注意喚起

無塗装耐候性橋梁において、水の処置が重要であることを明示するため、下記の項目について、従来解説で記述していたものを条文に記述することとした。

- (1) 凍結防止剤に対する注意
- (2) 非排水形式の伸縮装置
- (3) 防水層
- (4) 排水装置

3. 適用の範囲の拡大

- (1) 「鉄筋コンクリート床版を有する上路プレートガーダー橋」を「上路鋼道路橋」に変更
- (2) 骨組構造の細部構造の追加

4. その他

- (1) 全体構成の一部変更
- (2) 景観に対する配慮の追加
- (3) 溶接材料の J I S 改訂に伴う修正
- (4) 入手し易い耐候性形鋼の追加
- (5) 黒皮処理の解説修正

目 次

まえがき

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会名簿

共同研究担当者名簿

無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（案）の改訂点

1. 総則	1
1.1 適用の範囲	1
1.2 適用可能地域	1
1.3 景観に対する配慮	6
1.4 用語の定義	6
2. 使用材料	8
2.1 鋼材	8
2.2 鋼種の選定	8
2.3 耐候性高力ボルト	8
2.4 溶接材料	9
3. 設計	13
3.1 設計一般	13
3.2 腐食代	13
3.3 高力ボルト継手	14
3.4 水平部材	16
3.5 補剛材	17
3.6 格点構造	18
3.7 箱断面の内面処理	18
3.8 けた端部周辺	18
3.9 防水層	20
3.10 排水装置	20
3.11 高欄、地覆	21
3.12 添架物	21
4. 施工	22
4.1 黒皮処理	22
4.2 部材の仮置き、輸送	22
4.3 鉄筋コンクリート床版の施工	22
参考文献	23
付録1. 飛来塩分量測定要領	25
付録2. 無塗装耐候性橋梁の下部構造の事例	29
謝辞	31
「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書」のリスト	32

1. 総 則

1.1 適用の範囲

この要領は耐候性鋼材を無塗装で使用する上路鋼道路橋に適用する。この要領に示されていない事項については、道路橋示方書(建設省通達)によるものとする。

[解説]

この要領は、耐候性鋼材を無塗装使用する橋梁の設計・施工にあたり、塗装を施す通常の橋梁と異なる点について示したものである。したがって、この要領に示されていない事項については道路橋示方書および共通仕様書によらなければならない。

前要領では、実績の多い鉄筋コンクリート床版を有する上路プレートガーダー橋を主たる対象としていた。これは他の橋種への適用を制限するものではないが、その構造細目等は示していなかった。その後、既設橋の調査結果等より、上路形式のトラス、アーチ、ラーメン等の他の橋種でも床版下の環境条件はプレートガーダーと概ね同様であり、鋼床版についても、デッキプレート下面、縦リブおよび横リブ等の環境条件はプレートガーダーの主桁内側の環境条件と概ね同様であることが確認された。

以上の点から、無塗装耐候性橋梁の適用の範囲を「鉄筋コンクリート床版を有する上路プレートガーダー橋」から「上路鋼道路橋」に変更することとした。下路形式等の他の形式について、その使用を制限するものではないが、この要領の意図を正確に把握した上で、これを準用されたい。

1.2 適用可能地域

- (1) 所定の方法によって測定した飛来塩分量が0.05mdd以下の地点には、耐候性鋼材を無塗装使用してよい。
- (2) 表-1.2.1 に示す地域では、飛来塩分量の測定を省略して、耐候性鋼材を無塗装使用してよい。

表-1.2.1

地域区分*		飛来塩分量の測定を省略してよい地域
日本海沿岸部	I	海岸線から20kmを越える地域
	II	海岸線から5kmを越える地域
太平洋沿岸部		海岸線から2kmを越える地域
瀬戸内海沿岸部		海岸線から1kmを越える地域
沖 縄		な し

* 表-1.2.2に示す地域区分

表-1.2.2

日本海沿岸部	I	北海道稚内市から松前町までの日本海に面した地域 青森県蟹田町から福井県までの日本海に面した地域
	II	京都府から山口県下関市までの日本海に面した地域 福岡県北九州市から長崎県平戸市までの日本海に面した地域
太平洋沿岸部		日本海 I、II、瀬戸内海、沖縄、離島を除く全域
瀬戸内海沿岸部		兵庫県神戸市から山口県光市までの瀬戸内海に面した地域 香川県鳴門市から愛媛県長浜町までの瀬戸内海に面した地域
沖 縄		沖縄県全域

〔解説〕

(1) 耐候性鋼材の無塗装使用の成否は、架設地点の環境条件によるところが多い。適用場所を誤ると、無塗装耐候性橋梁は塗装橋梁よりも維持管理が困難となる。

安定さび層の生成に及ぼす因子としては、

- ① 塩分 (NaCl、CaCl₂)
- ② 硫化物 (SO_x、H₂S等)
- ③ 水分 (結露水等による鋼材表面の長期的な濡れ)

が主としてあげられるが、これまでの研究成果によれば、①の塩分の影響が卓越しており、②、③については、通常の大気状態においては問題は少ないものと考えられる。したがって、架橋地点が耐候性鋼材の無塗装使用に適しているかどうかは、塩分量によって判断すればよい。塩分の発生源としては、海岸からの飛来塩と路面の凍結防止剤等が考えられるが、後者については、注意すべき事項ではあるが伸縮装置の選択や排水処理の工夫により対処できる問題であり、適用地域を区分する要因とはならないので、主として飛来塩の影響により適用可能地域を示すこととした。ただし、温泉地の一部など、局地的に硫化物や水蒸気の影響が大きい場合があるので注意が必要である。

条文では、飛来塩分量を無塗装使用の適否を判定するための指標として用いることとしたが、架橋地点で耐候性鋼材の暴露試験結果が得られている場合、あるいは架橋地点に近接し環境条件が同様なところに既に無塗装耐候性橋梁が架設されている場合には、本項の主旨をよく把握した上で、それらの鋼材のさびの状況に基づき無塗装使用の適否を判定してもよい。

以下に、判定指標とした飛来塩分量の性質等について述べる。

1) 耐候性鋼材と飛来塩分量の関係³⁾

図-解1.2.1に、本共同研究の全国暴露試験より得られた暴露9年目の耐候性鋼材の板厚減少量(片面の値で両面の平均値)と飛来塩分量の関係を示す。図中の記号は暴露9年目での層状剝離さびの有無を示す。板厚減少量と飛来塩分量の間に強い相関が見られる。また、層状剝離さびが見られる場合、板厚減少量が比較的多い。

図-解1.2.2に耐候性鋼材の板厚減少量の経年変化の一例を示す。図中には各地点ごとに相関曲線($Y = A X^B$)を示している。この相関式を用いて推定した暴露50年目の耐候性鋼材の板厚減少量を図-解1.2.3に示す。

2) 飛来塩分量の許容値

飛来塩分量の許容値「0.05mdd以下」は、層状剝離さびが見られず、50年後推定板厚減少量が概ね0.3mm(水平方向に暴露した場合の回帰式による)を越えない値である。なお、この許容値はNaCl換算値で表している(1mdd=1mg/dm²/day、1dm²=100cm²)。

3) 飛来塩分量の測定方法

条文中の「所定の方法」は、付録1.に示す「土研法」またはJIS Z 2381に示されているいわゆる「ガーゼ法」をいう。

測定期間は、飛来塩分量が季節変動することから、一般に1年以上継続する必要がある。ただし、日本海沿岸部等の季節変動が例年概ね同じ傾向を示す地域ではピークが生じる季節2~3カ月の測定結果によって無塗装使用の適否を判断することが可能と考えられる。

4) 判定に際しての留意点

飛来塩分量を測定して無塗装使用の適否を判断する際、海岸線からの距離、気象条件の相違による地域特性、季節変動、年変動等を十分把握しておくとともに、架橋地点周辺の既存の調査結果等との比較などによって慎重に検討する必要がある。

(2) 無塗装使用の適否の判定を容易にするため、飛来塩分量の分布特性⁴⁾等に基づき、飛来塩分量の測定を省略して耐候性鋼材を無塗装使用してよい地域を示した(図-解1.2.4)。

図-解1.2.5に示す各地域ごとに飛来塩分量の分布を図-解1.2.6に示す。図中には、両対数軸上の傾きを-0.6一定とした回帰式および非超過確率97.7%の式($C=A \cdot x^{-0.6}$ 、 C :飛来塩分量、 x :海岸線からの距離)をそれぞれ示している。これらの回帰式に基づき、0.05mddを越えない地域を地域区分ごとに海岸線からの距離で表すと、概ね表-1.2.1のようになる。ただし、表-1.2.1の決定には、飛来塩分量の調査範囲がほとんど海から10km以内であることを考慮するとともに、耐候性鋼材の全国暴露試験結果および既設の無塗装耐候性橋梁の現状を考慮した。

ここで用いた飛来塩分量の測定結果の多くは海に向かって開けた平野部で測定されたものである。表-1.2.1に示した地域以外でも山間部等については飛来塩分量が比較的少なく、無塗装使用に適する場合がある。一方、庄内平野、新潟平野などのように特に海風の吹く頻度が多く、海風速が強いと考えられる箇所では、表-1.2.1に示す地域であっても飛来塩分量を測定して確認しておくことが望ましい。

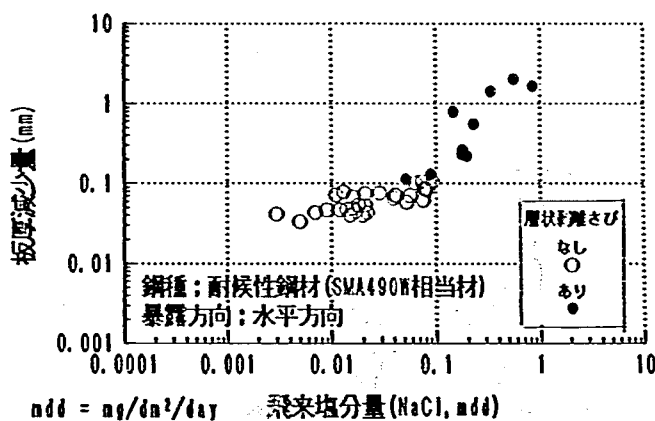


図-解1.2.1 暴露9年目の板厚減少量と飛来塩分量の関係

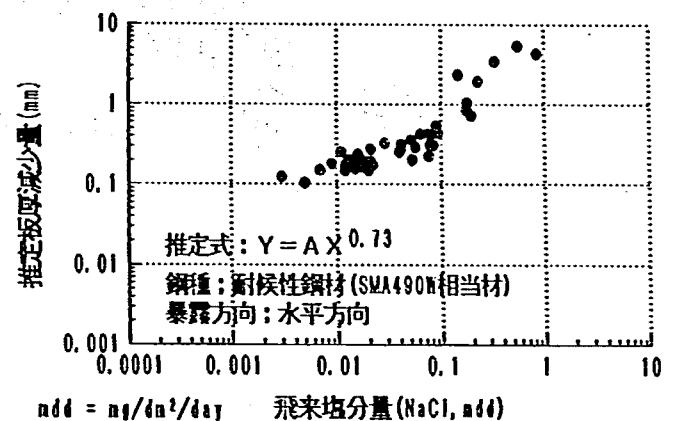


図-解1.2.3 50年後推定板厚減少量
(飛来塩分量との相関で示す)

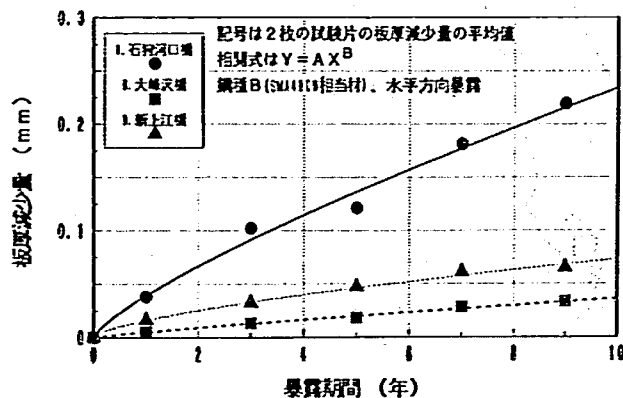


図-解1.2.2 板厚減少量の経年変化(一例)

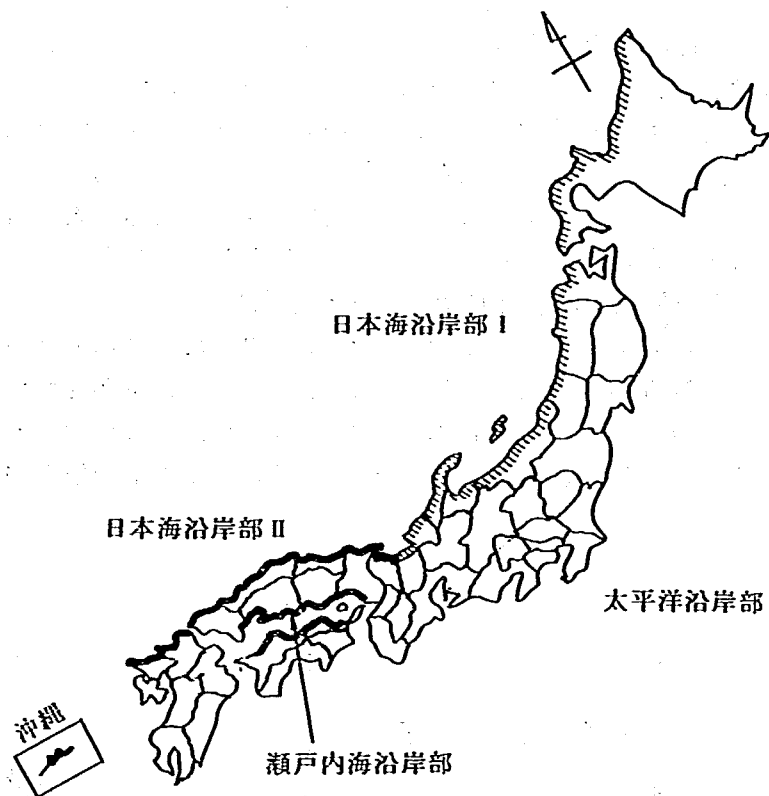


図-解1.2.4 地域区分 (表-1.2.2を図示)

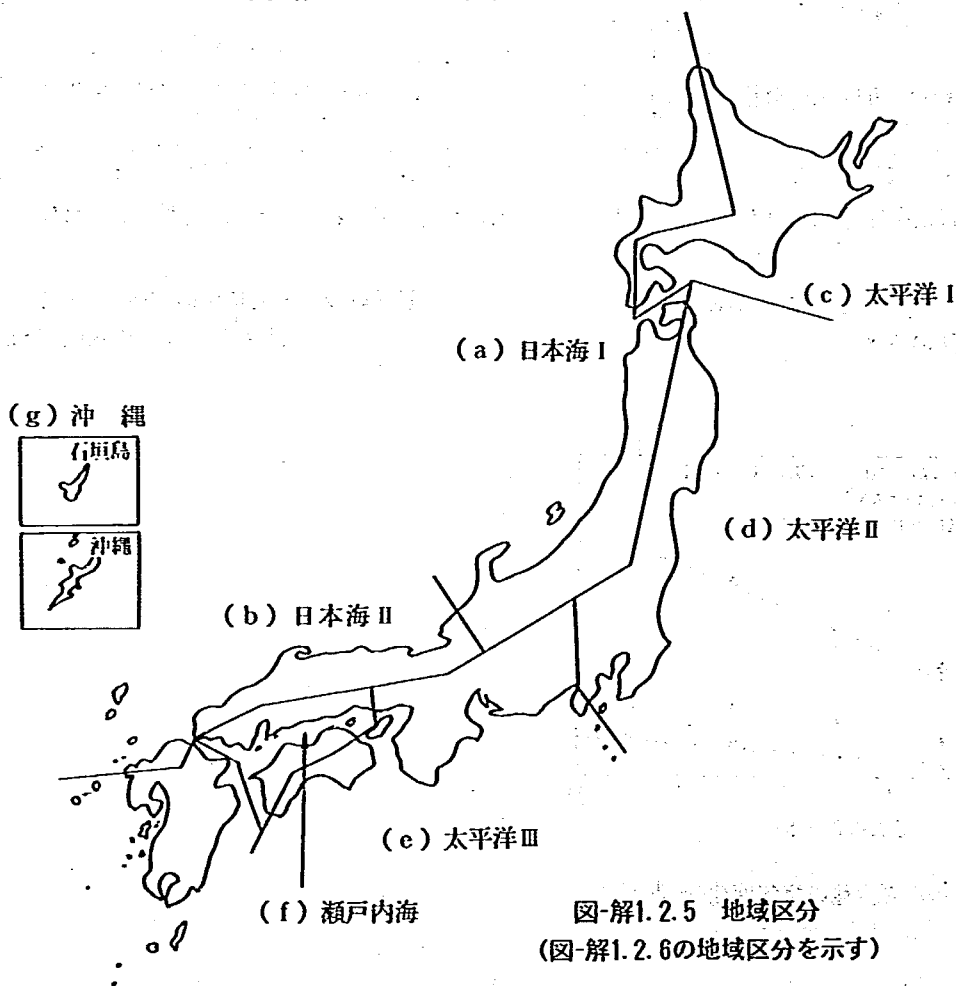
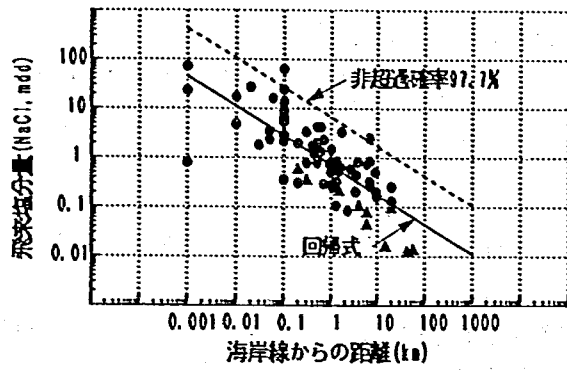
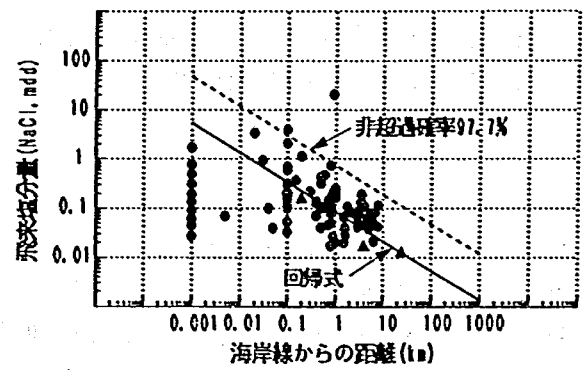


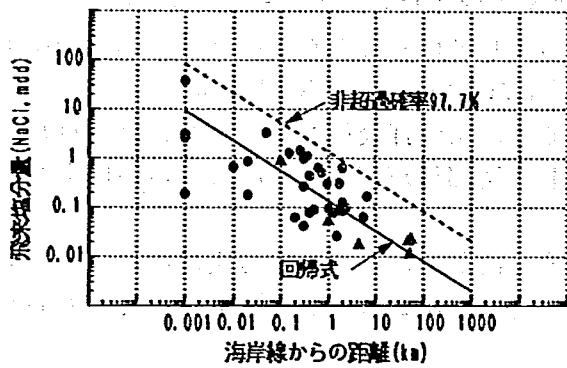
図-解1.2.5 地域区分
(図-解1.2.6の地域区分を示す)



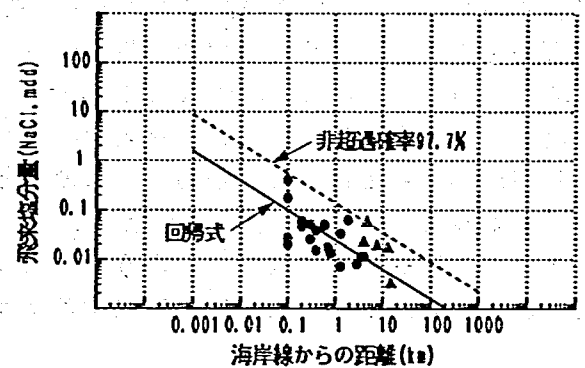
(a) 日本海 I



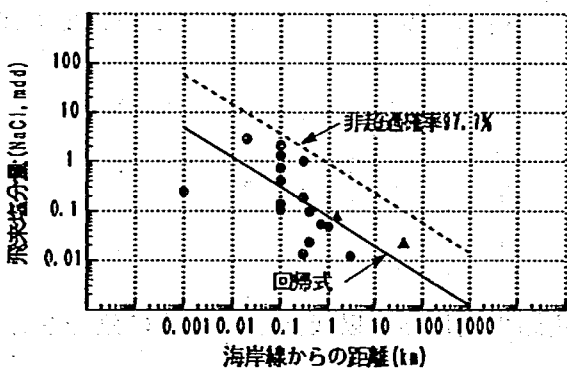
(e) 太平洋 III



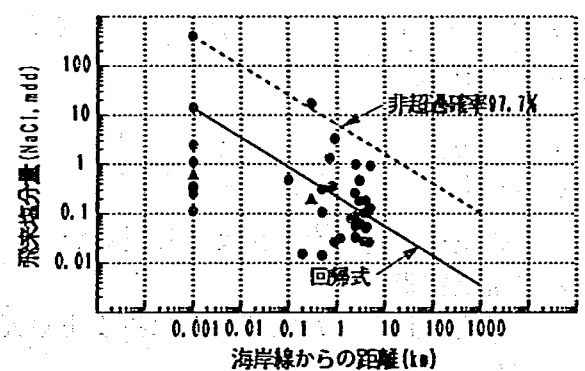
(b) 日本海 II



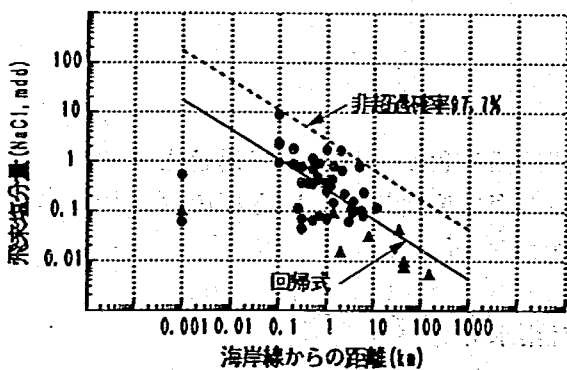
(f) 瀬戸内海



(c) 太平洋 I



(g) 沖縄



(d) 太平洋 II

凡 例
 ● : 全国266地点の飛来塩分量調査の結果
 ▲ : 耐候性鋼材の全国暴露試験での環境
 条件調査の結果

図-解1.2.6 地域区分ごとの飛来塩分量の分布
 (地域区分は図-解1.2.5による)

1.3 景観に対する配慮

- (1) 橋台、橋脚および橋下の路面等をさび汁で汚染しないようにするのがよい。
- (2) 無塗装使用の耐候性鋼材の表面は、水みちなどにより色むらができないようにするのがよい。

〔解説〕

さび汁対策、さびの色むら防止といった景観に対する配慮については、設計、施工の両面にわたるため、この条を設けた。

(1) 無塗装耐候性橋梁は、建設中および建設後に、橋台や橋脚あるいは橋下の路面等を鋼部材からのさび汁によって汚染してしまうことがある。仮置き中や床版打設前などの鋼部材が雨で直接洗われる場合に特に多量のさび汁が流出するので、その期間をできるだけ短縮し、著しく汚染する可能性のあるところはさび汁に対する一時的な防護を設けるなどの工夫を施すのがよい。

橋台や橋脚は、天端やその周辺の排水にさび汁が混入していることを前提として、構造を工夫するのがよい。参考として、付録-2に無塗装耐候性橋梁の下部構造の事例を示す。

(2) 仮置き中や床版打設前に、鋼材表面に水みちができ、床版打設後もその跡がさびの色むらとして長期にわたって残ることがある。このことから、鋼部材が雨で直接洗われる期間をできるだけ短縮するなどの工夫を施すのがよい。

トラスの下弦材の格点部などのように、床版打設後も雨がかかり、比較的複雑な形状を有する箇所は、水みちができて早期に乾燥するように、水切り、風通しのよい構造としておくのがよい。

なお、部材マークについても、色むらを避けるため、竣工後見えなくなる位置に記入するなどの工夫がなされている。

以上のほか、4.2(1)に示す部材の仮置き、4.3に示す鉄筋コンクリートの施工についても注意する必要がある。

1.4 用語の定義

(1) 耐候性

大気中での腐食に耐える性質をいう。

(2) 無塗装使用

黒皮の付着した状態または黒皮を除去した状態で使用し、以後防錆のための処理を行わないことをいう。

(3) 無塗装用耐候性鋼材

JIS G 3114溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材のグレードWのものをいう。

(4) 無塗装耐候性橋梁

耐候性鋼材を無塗装使用した橋梁をいう。

(5) 安定さび層

良好な環境条件下における耐候性鋼材のさびは赤褐色から褐色、暗褐色と変化し、腐食速度も次第に遅くなる。これは鋼材の表面に緻密で密着性のよいさびの層ができるため、このようなさびの層を安定さび層という。

(6) さび汁

鋼材の表面を流れ、鉄イオンを溶かし込んだ雨水等をいう。

(7) 海岸線

護岸構造物等の海側天端を結んだ線をいう。

〔解説〕

本要領で使用する用語について定義した。

(6) さび汁

さび汁は酸化してコンクリート橋台などをさび色に汚染することがあるため、美観上の問題とされることがある。

(7) 海岸線

護岸構造物等がなく、海岸線が明確でない場合は、満潮汀線(春分の日における満潮面と陸岸の交線)とみなしてよい。

2. 使用材料

2.1 鋼材

構造用鋼材はJIS G 3114溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材のうち、SMA400W, SMA490W, SMA570Wを使用するものとする。

〔解説〕

JIS G 3114溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材は、使用条件によりWタイプとPタイプに区分されている。このうち、Pタイプは主として塗装を施して使用する鋼材であるので、無塗装耐候性橋梁にはWタイプを使用し、誤用のないようにしなければならない。

なお、完全にコンクリートに覆われる部材には耐候性鋼材を使用しなくてもよい。

2.2 鋼種の選定

鋼板の板厚および形鋼の種類はできるだけ少なくするのがよい。

〔解説〕

耐候性鋼材は鋼材のうちでも特殊な鋼種であり、その使用量はあまり多くない。したがって、種々の板厚の鋼材のロールチャンスが常にあるとは限らないので、板厚の種類はできるだけ多岐にわたらないようにするのがよい。特に板厚が6mm未満の鋼材は入手が困難である。また、現段階では同一鋼種、同一板厚につき1m×3mの鋼板1枚以上が供給最小単位である。

耐候性鋼材の形鋼についても同様で、比較的入手し易い種類を選定し、種類は多岐にわたらないようにするのがよい。参考として、これまでの無塗装耐候性橋梁で、比較的多く使用されている形鋼の種類を表-解2.2.1に示す。

表-解2.2.1 無塗装耐候性橋梁でよく使用される形鋼の種類

形 状	寸 法
山形鋼	90× 90×10
	100×100×10
	130×130×12
溝形鋼	300× 90× 9×13
	300× 90×10×15.5
C T 形鋼	95×152× 8× 8
	118×176× 8× 8
	119×177× 9× 9
	144×204×12×10

2.3 耐候性高力ボルト

無塗装耐候性橋梁に用いる高力ボルトは、耐候性高力ボルトを用いるものとする。

〔解説〕

耐候性高力ボルトの化学成分はJIS等に規格化されていない。無塗装耐候性橋梁に用いる高力ボルトは、JIS B 1186(摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット)のうちF10TまたはF8T、あるいは日本道路協会規格(トルシア形高力ボルト・六角ナット・平座金のセット)のうちS10T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などを添加したものを使用するものとする。参考として、ボルトメーカーが供給している耐候性高力ボルトの化学成分を表-解2.3.1に示す。

表-解2.3.1 耐候性高力ボルトの化学成分(%)

ボルト メーカー	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	B	Ti	Cu	Ni	Al
A	0.17 0.21	0.10 以下	0.70 0.90	0.030 以下	0.035 以下	0.80 1.00	—	0.0005 以上	—	0.30 0.50	0.20 以下	—
B	0.20 0.25	0.15 0.25	0.70 0.90	0.030 以下	0.030 以下	0.60 0.80	—	0.001 0.003	—	0.30 0.50	0.30 0.50	0.04 0.08
C	0.15 0.25	0.10 0.50	0.40 1.20	0.040 以下	0.050 以下	0.70 0.90	0.10 以下	0.0005 0.0030	0.05 以下	0.25 0.60	0.30 0.80	—
D	0.20 0.25	0.35 以下	0.60 0.90	0.030 以下	0.030 以下	0.90 1.25	—	0.0005 以上	—	0.25 0.50	0.35 0.55	0.01 以上
E	0.20 0.23	0.10 0.35	0.60 0.90	0.030 以下	0.035 以下	0.70 0.90	—	0.001 0.003	0.005 0.040	0.30 0.50	0.35 0.55	—
F	0.33 0.38	0.15 0.35	0.60 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 1.20	0.15 0.30	—	—	0.25 0.45	0.40 0.60	

2.4 溶接材料

無塗装耐候性橋梁に用いる溶接材料は、表-2.4.1に示す規格に適合するものとする。

表-2.4.1 溶接材料

規 格		材 料 記 号	
		母材の鋼種	
		SMA400W SMA490W	SMA570W
JIS Z 3214	耐候性鋼用被覆アーク溶接棒	DA5016W DA5026W	DA5816W DA5826W
JIS Z 3315	耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接 ソリッドワイヤ	YGA-50W	YGA-58W
JIS Z 3320	耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接 フラックス入りワイヤ	YFA-50W	YFA-58W
JIS Z 3351	炭素鋼及び低合金鋼用サブマージ アーク溶接ワイヤ	S501-AW* S502-AW*	S582-AW*
JIS Z 3352	炭素鋼及び低合金鋼用サブマージ アーク溶接フラックス		

*) JIS Z 3183に示される溶着金属の品質区分

〔解説〕

(1) 材料について

従来、耐候性鋼材に用いる溶接材料は、昭和43年に制定された耐候性鋼材の規格 JIS G3114-1968(溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材)を参考に一部の溶接法に関して規格化されていたが、昭和58年の改正で耐候性鋼材の規格がWタイプとPタイプの2種類に分類されたため、この鋼材規格と溶接材料規格の耐候性成分に整合性を欠く部分が生じた。このことから、従来の要領(案)では、「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タイプ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」としていた。その後、両者の整合性をとるため、各溶接材料の規格が見直された。

1) 被覆アーク溶接棒

1982年に制定されたJIS Z 3214(耐候性鋼用被覆アーク溶接棒)は、上記の理由から1987年に改正された。これにより、Wタイプに対応するDAXXXXWを用いることとした。

表-2.4.1に示したDA5016WとDA5816Wは低水素系、DA5026WとDA5826Wは鉄粉低水素系を表す。従来どおり、被覆アーク溶接棒はこれらの低水素系溶接棒を使用するのが標準とし、イルミナイト系(DA5001W)およびライムチタニア系(DA5003W)は除外した。

2) 炭酸ガスアーク溶接ソリッドワイヤ

耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接ソリッドワイヤの品質規格については、JIS Z 3315-1983(旧称：耐候性鋼用ガスシールドアーク溶接用鋼ワイヤ)に規定されていたが、前項と同様、母材との整合性をとるため、1987年に改正された。さらに、1993年に、主として関連規格との整合をとるための改正がなされた。これを踏まえて、Wタイプに対応するYGA-XXWを用いることとした。

3) 炭酸ガスアーク溶接フラックス入りワイヤ

従来、耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接フラックス入りワイヤについては規格化されていなかったが、耐候性鋼材の溶接にも、フラックス入りワイヤを用いた炭酸ガスアーク溶接が採用されていた。このことから、新たに1987年にJIS Z 3320(耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接フラックス入りワイヤ)が制定された。その後、1993年に、主として関連規格との整合をとるための改正がなされた。これを踏まえて、Wタイプに対応するYFA-XXWを用いることとした。

4) サブマージアーク溶接用材料

これまでのサブマージアーク溶接用材料については、軟鋼および50kgf/mm² 高張力鋼(490N/mm² 相当)を対象としたJIS Z 3311(鋼サブマージアーク溶接材料)およびJIS Z 3314(耐候性鋼用サブマージアーク溶接用鋼ワイヤ及びフラックス)が制定されていたが、低合金鋼の溶接に対する材料規格は示されていなかった。しかし、近年、サブマージアーク溶接は低合金鋼の溶接にも広く使用されていることから、JIS Z 3314-1983を廃止して、低合金鋼の溶接に対する規格も含めた次の3規格が制定された。すなわち、a)およびb)のサブマージアーク溶接用材料によって得られる溶着金属の品質をc)の規格により規定することとされた。

a) JIS Z 3351-1988(炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶接ワイヤ)

b) JIS Z 3352-1988(炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶接フラックス)

c) JIS Z 3183-1988(炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶着金属の品質区分及び試験方法)

(2) 材料の選定について

1) 化学成分による材料選定

(1)に述べたとおり、1987～88年にかけて、溶接材料についても耐候性鋼材の規格のうちWタイプに対応する規格が明示され、従来のごとく、溶接金属の化学成分について逐一分析して確認

する必要がなくなり、材料選定が比較的容易となった。

なお、サブマージアーク溶接に用いる材料としては、SXXX-AWの品質を満たすため、一般にワイヤにはYS-CuC2が、フラックスにはFS-FG3またはFS-FP1(すみ肉用)がそれぞれ用いられている。

参考として、表-解2.4.1に各溶着金属の化学成分規格値を示す。

2) 吸収エネルギーによる材料選定

JISに規定されている溶接金属の衝撃試験温度と衝撃値は、表-解2.4.2のとおりであるが、サブマージアーク溶接用の材料については、吸収エネルギーにより記号中の数値の末尾が「1」と「2」に区分されているので、母材に応じて選定するものとする。

なお、サブマージアーク溶接の溶着金属の規格について、S581-AWの衝撃試験の規格値が試験温度-5°Cで2.8kgf・m(27J)以上とされており、母材SMA570Wの規格値(試験温度-5°Cで4.8kgf・m(47J)以上)よりも機械的性質が劣るため、SMA570Wに対してはS582-AWのみとした。

表-解2.4.1 溶着金属の化学成分(%)

規 格	記号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
JIS G 3114 ^{*1}	SMA400XW	0.18 以下	0.15~ 0.65	1.25 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.30~ 0.50	0.45~ 0.75	0.05~ 0.30
	SMA490XW	0.18 以下	0.15~ 0.65	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.30~ 0.50	0.45~ 0.75	0.05~ 0.30
	SMA570W	0.18 以下	0.15~ 0.65	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.30~ 0.50	0.45~ 0.75	0.05~ 0.30
JIS Z 3214	DAXXXW	0.12 以下	0.90 以下	0.30~ 1.40	0.040 以下	0.030 以下	0.30~ 0.70	0.45~ 0.75	0.05~ 0.70
JIS Z 3215	YGA-XXW	0.15 以下	0.30~ 1.20	0.70~ 1.80	0.030 以下	0.030 以下	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.05~ 0.70
JIS Z 3220	YFA-XXW	0.12 以下	0.90 以下	0.50~ 1.60	0.030 以下	0.030 以下	0.30~ 0.60	0.45~ 0.75	0.05~ 0.70
JIS Z 3183	SXXX-AW	0.12 以下	0.90 以下	0.60~ 2.20	0.030 以下	0.030 以下	0.30~ 0.60	0.45~ 0.75	0.05~ 0.70
JIS Z 3351 ^{*2}	YS-CuC2	0.15 以下	0.30 以下	0.80~ 2.20	0.030 以下	0.030 以下	0.30~ 0.55	0.50~ 0.80	0.05~ 0.80

*1) 鋼材の化学成分、*2) ワイヤの化学成分

表-解2.4.2 衝撃試験の試験温度と吸収エネルギー

材 料 記 号		衝 撃 試 験		
		試験温度 (°C)	吸収エネルギー	
			(kgf・m)	(J)
溶 接 材 料	DA5016W	0	4.8以上	47以上
	DA5026W			
	DA5816W	-5	4.8以上	47以上
	DA5826W			
	YGA-50W	0	4.8以上	47以上
	YGA-58W	-5	4.8以上	47以上
	YFA-50W	0	4.8以上	47以上
	YFA-58W	-5	4.8以上	47以上
	S501-AW*	0	2.8以上	27以上
	S502-AW*		4.8以上	47以上
	S582-AW*	-5	4.8以上	47以上
耐 候 性 鋼 材	SMA400BW	0	2.8以上	27以上
	SMA400CW		4.8以上	47以上
	SMA490BW	0	2.8以上	27以上
	SMA490CW		4.8以上	47以上
	SMA570W	-5	4.8以上	47以上

*) JIS Z 3183に示される溶着金属の品質区分

3. 設 計

3.1 設計一般

- (1) 耐候性鋼材の表面に安定さび層が生成され易いように構造細目に配慮するのがよい。

(2) 凍結防止剤が散布される橋梁においては、特に水の処置に注意しなければならない。

〔解説〕

(1) 一般に鋼材は同一大気環境であっても、その鋼材が使われている位置や向きによって腐食の状態が著しく異なる。耐候性鋼材の表面に安定さび層が形成されるか否か、あるいは安定さび層の生成までの期間も、その鋼材の位置や使われ方によって異なるが、モデル構造物の長期暴露試験や既設の無塗装耐候性橋梁の観察結果から、次のようなことがいえる。

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易い。

2) 風通しの良い内側の垂直面、水切れの良い水平下面は1)に比べて安定化がやや遅れるが、問題はない。

3) 水平に置かれた材片の上面は泥、塵埃などにより水分が保持され易いためにさびの安定化が遅れるが、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。

4) 材片が重なる部分も、開かれた場所で風通し、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易く、乾燥し難いので、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が安定化し難い。

7) 泥や水がたまる面はさびが全く安定化しない。

したがって、設計に際しては次の事象をできる限り防止、緩和するように努めるのがよい。

イ) 泥、塵埃の堆積

ロ) 滞水

ハ) 結露

ニ) 床版、伸縮装置、配水管の破損による漏水

ホ) 雨水の定常的な水みち

なお、主げた端部などのように、構造上の配慮で腐食環境を改善し難い箇所は、部分的に塗装を施すなどの処置が必要である。

(2) 良好な大気環境の中では、無塗装耐候性橋梁の成否は水の処置の良否にかかっているといえる。床版や排水装置の不具合により、路面からの雨水が耐候性鋼材に直接かかることがあると、その箇所のさびの安定化が期待できない。その上、凍結防止剤の散布により、路面水に塩化物が混入すると、局部的に著しい腐食を招く恐れがあるので、無塗装耐候性橋梁では特に路面水の排水に注意する必要がある。

3.2 腐食代

腐食代は考慮しないものとする。

〔解説〕

1.2の解説で述べたように、適切な環境条件下では、耐候性鋼材の50年後推定板厚減少量は、概ね0.3mm程度と非常に小さい。この値を著しく超えるようなさびの発生が予想されるような場合には耐候性鋼材を無塗装使用するべきではない。万が一架設後にさびの安定化が期待できないことが判明した場合には、その時点で塗装を行うべきである。したがって、この要領を適用する橋梁については鋼材の腐食代を考慮する必要はない。

3.3 高力ボルト継手

- (1) 主げたの部材間には10～20mmの隙間をあけるのがよい。
- (2) ボルトの最大中心間隔は圧縮、引張にかかわらず表-3.3.1の小さい方の値とする。
ただし、形鋼の場合はこの規定によらなくてもよい。

表-3.3.1 ボルトの最大中心間隔

ボルト の呼び	最大中心間隔		
	p		g
M20	130	12 t	12 t
M22	150	千鳥の場合は $15 t - \frac{3}{8} g$	
M24	170	ただし、12 t 以下	

ここに、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)

- (3) ボルト孔の中心から材片の重なる部分の縁端までの距離は、ボルトの呼び径M20、M22、M24に関して50mm以下とする。
- (4) フィラーを使用する連結および公称板厚の異なる連結は避けるのがよい。

〔解説〕

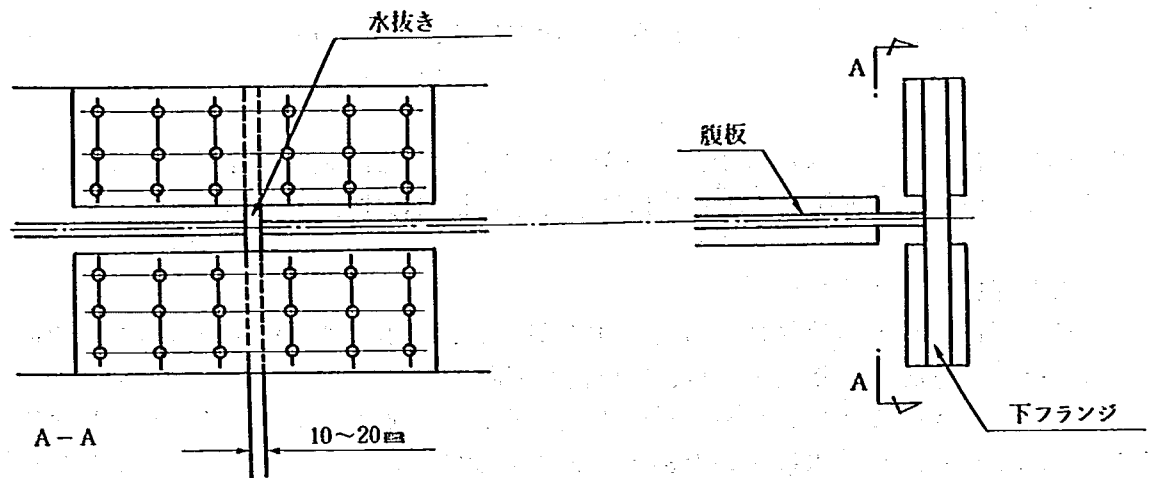
(1) 主げた下フランジの高力ボルト継手は、母材間の隙間が乾燥し難く、滞水することもあるため、さびの安定化が困難な場合がある。そこで、母材間の間隔を積極的に開け、フランジ下面の連結板を分割することなどにより、水抜き、乾燥を容易にすることとした。なお、箱げたの下フランジは腹板や縦リブとの溶接によって一平面ではなく角折れが生じている可能性があるが、連結板を分割することによって、連結板とフランジの密着性も改善される。(図-解3.3.1～2)

主げた、主構等の腹板の高力ボルト継手は、上フランジ下面と添接板端面の間などの乾燥し難い隙間をなくすように、その間隔を大きくするのがよい。(図-解3.3.3)

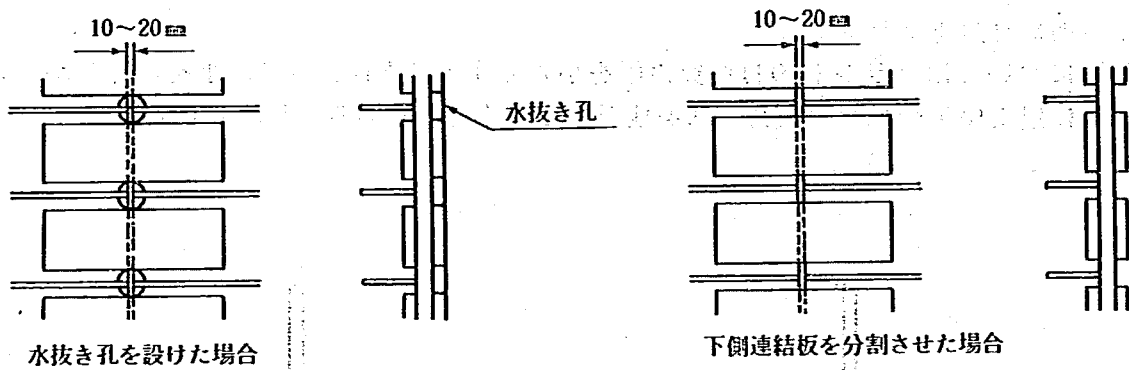
(2) ボルトの配置は、板相互間の密着をできるだけよくするためにボルト間隔をなるべく小さくし、格子配列とすることが望ましい。しかし、形鋼については表-3.3.1によることが難しい場合(例えば、C T形鋼の最大中心間隔 g など)があるので緩和規定を設けた。

(3) (2)と同様の理由から最大縁端距離は道路橋示方書に規定される最小縁端距離を下回らない範囲で、なるべく小さくするのがよい。条文のとおり、最大縁端距離は50mmを標準とした。ただし、アーチリブの箱断面などのように、フランジ連結板の端部が腹板を覆うようにすることが困難な場合には最大縁端距離を外側の板厚の6倍以下としてよい。

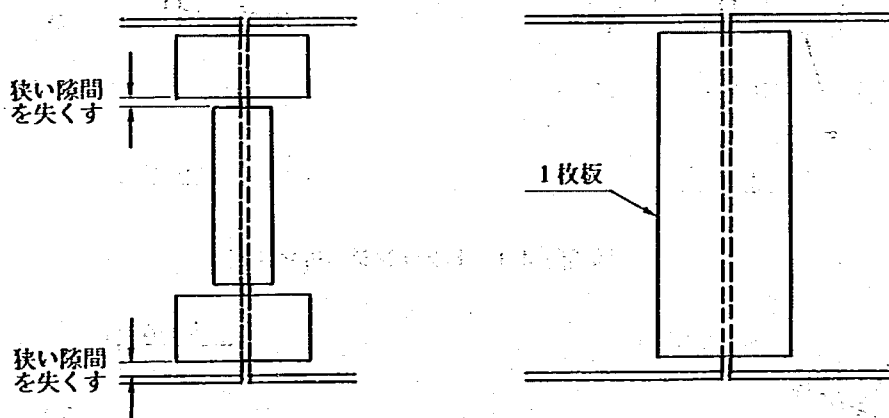
(4) フィラーを使用した連結におけるフィラー端部およびフィラーのない公称板厚の異なる連結における密着しない接合面は湿潤状態になり易く、さびの安定化が難しいと考えられるので、このような連結は避けるのがよい。やむを得ず、フィラーを使用する場合には、フィラーにも耐候性鋼材を使用しなければならない。



図解3.3.1 上げ下フランジ連結板



図解3.3.2 箱断面下フランジ連結板



図解3.3.3 腹板の連結

3.4 水平部材

水平部材は雨水、結露水等の自然排水が可能な構造とするのがよい。

〔解説〕

水平部材には雨水、結露水等が溜まり易いので、縦断勾配や横断勾配だけで自然排水できない場合は、以下のような方法などで自然に排水できる構造とするのがよい。

(1) I断面部材の下フランジ

下フランジは腹板との溶接によってひずみが生じ、滞水する恐れがあるので、予め付けるフランジの逆ひずみを通常より大きくし、溶接後も下向きの勾配が付くようにする(図-解3.4.1)。

アーチ橋の横構のように、部材の傾きが大きく、逆ひずみ等で対応できない場合には、腹板に図-解3.4.2に示すような水抜きのための切欠きを設けるのがよい。ただし、切欠き付近に高い応力が繰り返し作用する場合には、疲労損傷が懸念されるので、切欠きを必要とする構造は避けるのがよい。

(2) 箱断面部材の下フランジ

箱断面についてはフランジの自由突出幅を小さくすることによって滞水を防ぐのがよい。その場合、型枠用支保工や足場の支持方法を検討しておく必要がある(図-解3.4.3)。

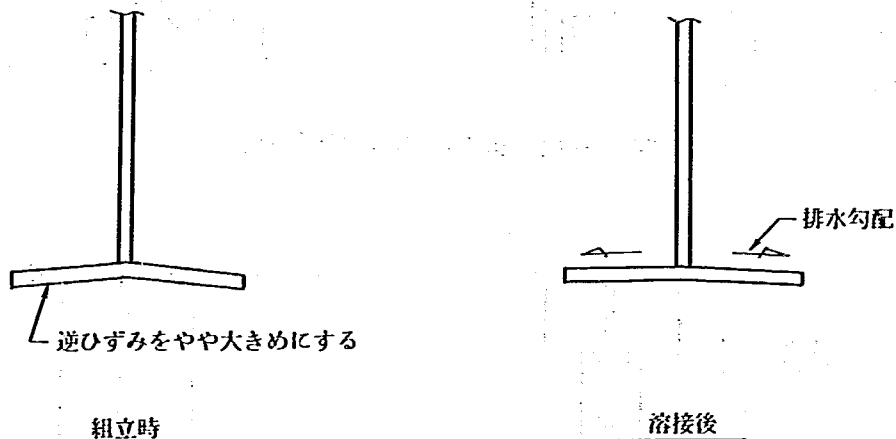


図-解3.4.1 下フランジの排水勾配

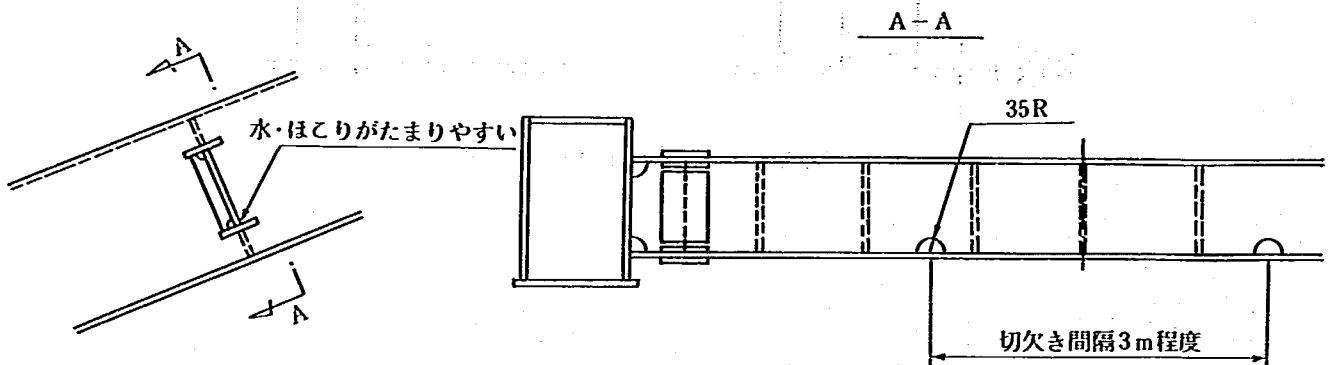


図-解3.4.2 傾けた横構の排水

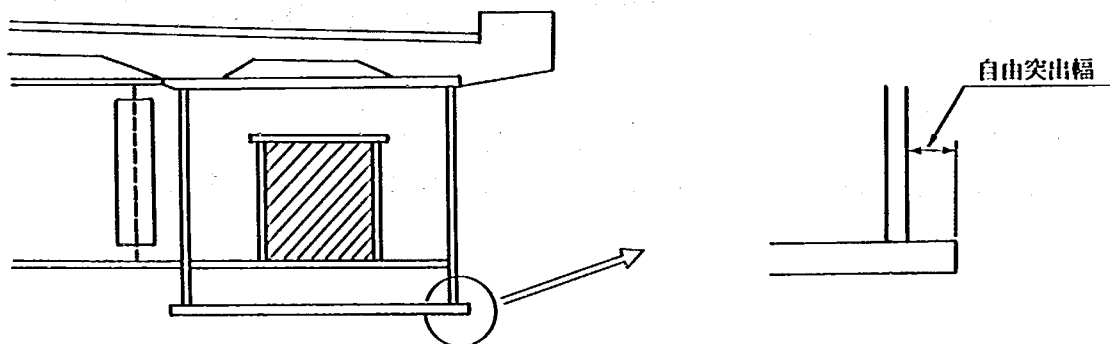


図-解3.4.3 箱げた下フランジの自由突出幅

3.5 補剛材

主げた外側の垂直補剛材は下端部に50mm以上のスカーラップを設けるのがよい。

〔解説〕

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る。この部分はけたに縦断勾配があれば滞水することとなる。そこで、外側の垂直補剛材はこの部分に通常よりも大きいスカーラップを設け、滞水を防ぐようにすることとした。

なお、支点上の垂直補剛材については、スカーラップを除いた断面での応力照査が必要である。

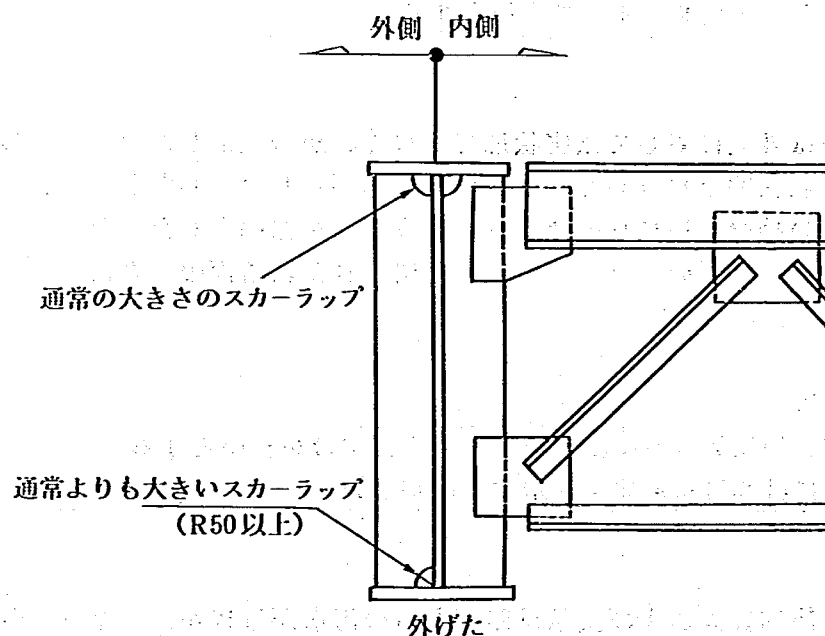


図-解3.5.1 補剛材下端部のスカーラップ

3.6 格点構造

トラス橋やアーチ橋の格点部は自然排水が可能で、通気性の良い構造とするのがよい。

〔解説〕

トラス橋やアーチ橋の格点部は、雨水の滞水や泥、塵埃の堆積等が生じ易い。それらを避けるために、格点部の構造は排水性、通気性のよい構造にするのがよい(図-解3.6.1)。

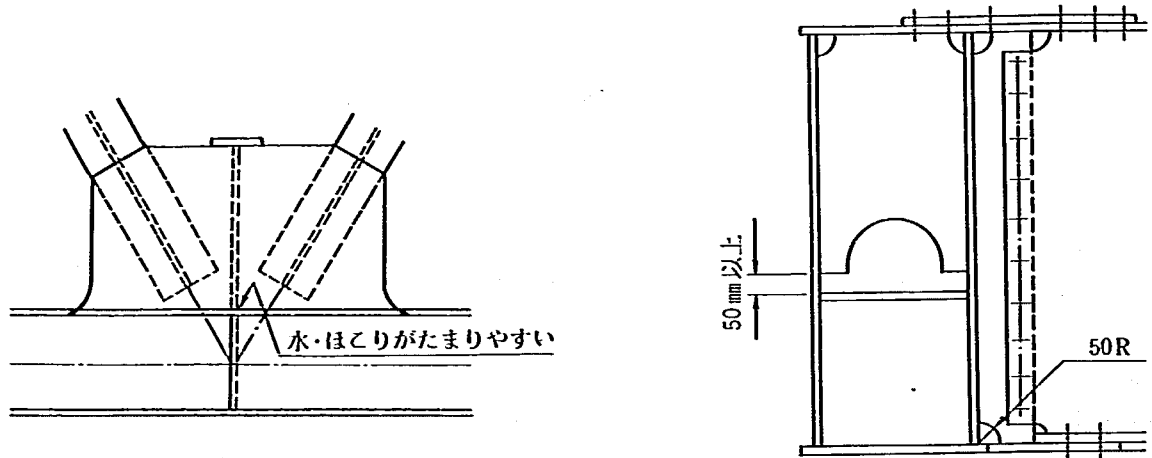


図-解3.6.1 格点構造

3.7 箱断面の内面処理

箱断面の内面は塗装を施すのを標準とする。

〔解説〕

箱断面の内部は外気に対して気密状態ではなく、かつ風通しが悪い。そのため、結露や雨水の進入で内部が湿潤状態となり易く、さびの安定化が難しい。したがって、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ことを標準とした。ただし、トラス部材の箱断面や鋼床版の閉断面縦リブのように、完全に密閉された箱断面の場合には、塗装橋梁と同様に内面を塗装しなくてもよい。

3.8 けた端部周辺

- (1) けた端部、伸縮装置および支承は塗装を施すのを標準とする。
- (2) 伸縮装置には非排水形式を使用するのがよい。

〔解説〕

(1) けた端部、伸縮装置および支承は路面からの汚水が直接かかったり、泥がたまるなど、非常に腐食し易い環境にあるので、通常の塗装橋梁においても防食に対する配慮が特に必要とされている。このような箇所に耐候性鋼材を無塗装使用してもさびの安定化は期待できない。したがって、本要領ではこのような部分は無塗装とせず、通常の塗装橋梁と同様に塗装を施すのを標準とした。塗装を施す範囲は、下部構造の天端上の範囲を目安として、景観上支障とならないように

配慮するのがよい。なお、支承については溶融亜鉛メッキが施される場合もある。

(2) 従来、けた端部周辺を無塗装とする場合に非排水形式の伸縮装置を用いることとしていたが、けた端部を塗装する場合にも、塩分等を含んだ排水装置からの漏水によって無塗装部分に影響を及ぼさないように、非排水形式を使用するのがよいとした。

(3) けた端部を無塗装とする場合には、それぞれの機能が十分発揮できるように下記のような設計上の配慮とともに十分な維持管理が必要である。

1) 伸縮装置からの漏水等によって銅げたが濡れるとさびの安定化が期待できない。したがって、伸縮装置は非排水形式のものを使用するとともに、地覆部や歩道の立ち上がり部分からも土砂、雨水などが漏れないようにしなければならない。

なお、伸縮量が大きく、やむを得ず排水形式の伸縮装置を使用する場合には、その排水に工夫し、銅げたや支承周辺を濡らさないようにしなければならない(付録-2参照)。

2) 支承周辺は風通しをよくし、乾燥し易い構造とするのがよい。

3) 支承に無塗装で使用する鋼材は耐候性の高いものとする。たとえば、支承本体に鋳鋼品を使用する場合には、表-解3.8.1に示すような耐候性を向上させる元素(P, Cu, Cr等)が添加されている材料を用いる。その他に耐候性の高い材料としては次のようなものがある。

ボルト…………… 耐候性高力ボルト、SUS403

ベアリングプレート…………… HbsC4+SL

ローラ、支圧板…………… C-13B(13クロム系ステンレス鋼)

アンカーボルト…………… SUS403(ステンレス棒鋼)

表-解3.8.1 耐候性鋳鋼品の化学成分(%)

相当規格	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
S C 450相当				0.08	0.040	0.30	0.45
				～ 0.15	以下	～ 0.60	～ 0.85
S C W 480相当	0.20	0.30	0.60	0.040	0.040	0.30	0.45
	以下	～ 0.70	～ 1.00	以下	以下	～ 0.60	～ 0.85

3.9 防水層

床版には防水層を設けるのがよい。

〔解説〕

道路橋示方書では、主として鉄筋コンクリート床版の耐久性向上のため、必要に応じて防水層を設けるものとされている。無塗装耐候性橋梁の場合、劣化した床版からの漏水が主げた等のさびの安定化を妨げる恐れがあるため、床版および主げた等の両者の耐久性向上の観点から防水層を設けることが望ましいとした。防水層の設計・施工にあたっては「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料」((社)日本道路協会、昭和62年1月)によるのがよい。

なお、鋼床版ではグースアスファルト舗装が使用され、グースアスファルト舗装が使用されない場合には一般に防水層が設けられる。その場合、デッキプレートの継手に高力ボルトを用いると、その連結部の防水層が不完全になる場合があるのでより慎重に施工する必要がある。また、排水装置周辺等の水の集まる箇所の排水工、防水工に特に注意する必要がある。

3.10 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さないように、排水装置を設計しなければならない。

〔解説〕

ここでいう排水装置には、路面汚水を直接排水する配水管の他、床版と舗装の間の水を抜くための水抜き孔なども含んでいる。その配置を誤った場合、あるいは配水管の目詰まり等により継ぎ目などから漏水が生じた場合、路面汚水が鋼部材を濡らしてさびの安定化を妨げることがある。したがって、排水装置の設計にあたっては次の事項に配慮しなければならない。

- (1) 配水管は排水柵から鉛直に下ろし、鋼部材の下端からの突出長を十分確保した垂れ流しの構造が望ましい。
- (2) やむを得ず、横引き構造の排水装置とする場合には、次の事項について配慮が必要である。
 - 1) 十分な排水勾配を付ける。
 - 2) 大口径の管を使用する。
 - 3) 排水装置のジョイントはできるだけ漏水が生じない構造とし、鋼部材の直上は避けるのがよい。
- (3) 床版に水抜き孔を設ける場合には、その排水が鋼部材にかからないようにホース等により、排水処理する必要がある。

さらに、凍結防止剤の散布により路面汚水に塩化物が多量に含まれる場合には、上記の排水処理について特に注意を払う必要がある。

3.11 高欄、地覆

高欄および地覆には耐候性鋼材の無塗装使用を避けるのがよい。

〔解説〕

耐候性鋼材のさびに対して歩行者が違和感等を持つことが懸念されるため、高欄や鋼床版の地覆など歩行者の接近する部材には、耐候性鋼材の無塗装使用を避けるのがよい。

3.12 添架物

水道管を添架する場合には空気弁より噴出する水や結露水によって鋼部材が濡れないようにしなければならない。

〔解説〕

水道管を橋梁に添架する場合、橋梁内に空気弁を設け、水道管中の空気を抜くケースがよくある。空気弁からの飛沫水等によってその周囲の鋼げたが常に湿潤状態となると、さびの安定化に好ましくないので、空気弁を取り付けるときは飛沫水によって鋼げたが濡れないようにしなければならない。

また、地中を通してきた冷たい水道水が橋梁部にさしかかると、外気と水道水の温度差によって水道管の外面に結露水が発生し、頻繁に鋼げたを濡らす場合がある。これは季節によっても異なるが、これらの結露水からも鋼げたを防護する必要がある。

4. 施 工

4.1 黒皮処理

無塗装使用する耐候性鋼材の表面は黒皮を除去するのを標準とする。

〔解説〕

黒皮が付いたままで暴露された耐候性鋼材は、黒皮の付着が均質でないため、黒皮部分とさびとのむらが生じ、黒皮がすべて剝離した後もさびの色むらが残ることがある。このことから、無塗装使用する耐候性鋼材の表面は黒皮を除去するのを標準とした。

なお、原板プラストにより黒皮を除去した場合は、工場製作時に付着した埃、油脂、マーキング等を除去しなければならない。

4.2 部材の仮置き、輸送

- (1) 部材の仮置き、輸送にあたっては、飛来塩の付着をできるだけ避けるように配慮するのがよい。
- (2) 部材の仮置きは、雨水等の滞水、泥水のはね返り等がないように、姿勢、高さ等に配慮するのがよい。

〔解説〕

(1) 鋼部材に塩分が付着すると、水洗いを行っても完全に除去することが難しく、安定さび層の形成に好ましくないとともに、さびの色むらができる可能性がある。このことから、仮置き、輸送の際に飛来塩の付着をできるだけ避けるのがよい。船の甲板上の輸送はできるだけ避けるべきであるが、大型部材等でやむを得ない場合は、潮風や海水の影響を受けないようにシートで保護するものとする。

(2) 竣工後のさびの色むらを防止するため、この記述を設けた。

4.3 コンクリート床版の施工

- (1) コンクリート床版は、鋼げたの架設後すみやかに打設するのがよい。
- (2) コンクリートの打設は、鋼部材にコンクリート、モルタル等が付着しないようにするのがよい。鋼部材に付着したコンクリート、モルタル、土砂などはすみやかに除去するものとする。

〔解説〕

(1) 鋼げたを据え付け後、床版打設までの間に雨がかけると、下部構造やけた下の路面等をさび汁で著しく汚染することがあるので、できるだけ鋼げたを雨ざらしにしないことが望ましい。

(2) コンクリート、モルタル、土砂などが鋼材に付着し、しばらく経つと、それらを除去しても付着のない箇所とのさびむらが生じていることがある。また、モルタル等はさびの色に対して対称的であるため、外観を著しく損ねることとなる。特にモルタル等は乾燥後の除去が困難であるので、それらが鋼部材に付着しないように注意するとともに、万一、付着してしまった場合には水洗い等ですみやかに除去するものとする。

参 考 文 献

- 1) 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(Ⅷ)－無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)－、共同研究報告書第12号、建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会、昭和63年1月
- 2) 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XⅢ)－無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)－、共同研究報告書第57号、建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会、平成3年3月
- 3) 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XⅣ)－全国暴露試験のまとめ(概要編)－、共同研究報告書第86号、建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会、平成5年3月
- 4) 飛来塩分量全国調査(Ⅳ)－飛来塩分量の分布特性と風の関係－、土木研究所資料第3175号、平成5年3月
- 5) 沿岸土木構造物の設計・施工指針(案)、建設省総合技術開発プロジェクト、コンクリートの耐久性向上技術の開発報告書<第二編>、昭和63年11月

付録1. 飛来塩分量測定要領

1. 測定方法の概要

調査地点に付図-1.1に示す塩分捕集器を設置して、以下の手順で飛来塩分量を測定する。

- ① 10cm×10cmのステンレス板に付着した塩分を水によりポリタンク内に洗い流し、そのポリタンクを回収する。
- ② 回収した水の量および塩分濃度を測定する。
- ③ 飛来塩分量を次式で算出する。

$$\text{飛来塩分量(mdd)} = \frac{\text{塩分濃度(mg/ml)} \times \text{ポリタンク内の水量(ml)}}{\text{調査期間(日)} \times \text{捕集面積(dm}^2\text{)}}$$

注) 1mdd = 1mg/dm²/day、1dm² = 100cm²

2. 測定期間

測定期間は1年間を標準とする。また、測定間隔は1カ月程度とする。

ただし、季節風の影響が見られる地域では飛来塩分量が卓越する冬季のみの測定によるなど、飛来塩分量を安全側に評価できる場合には、適宜測定期間を設定してよい。

3. 塩分捕集器の設置

海岸線までの距離が最短となる方向に向けて、塩分捕集器を設置するのを標準とする。

ただし、海岸線から測定地点周辺までの地形が複雑に起伏している場合には、海からの風が卓越する方向に向けて塩分捕集器を設置するなど、適宜検討する必要がある。

4. ポリタンクの設置

- (1) ステンレス板、シリコンホースおよびポリタンク内部を、予めイオン交換水で洗浄する。
- (2) ポリタンクを所定の位置に設置し、シリコンホースを介してステンレス板と接続する。

5. ポリタンクの回収

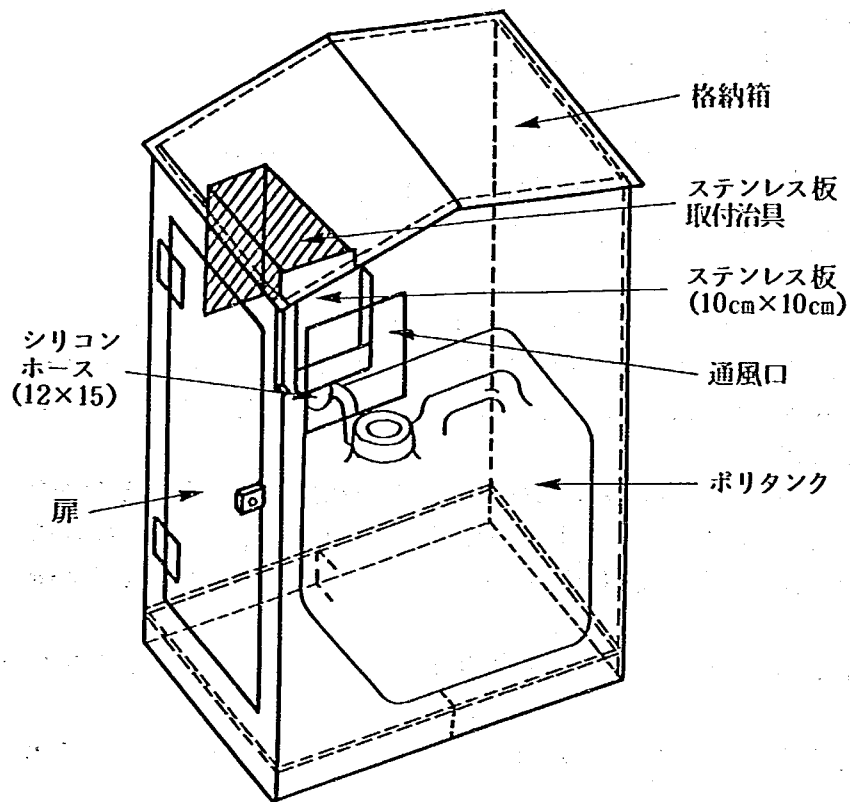
ステンレス板の捕集面およびシリコンホース内に付着した塩分を、イオン交換水でポリタンクの中へ洗い流し、そのポリタンクを回収する。

6. 塩分量の分析

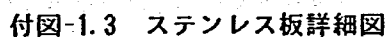
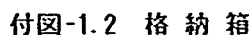
- (1) 回収したポリタンク内の水をビーカーに移す。埃等を取り除くため、No.4の濾紙で濾過し、濾紙をイオン交換水で洗浄する。
- (2) ポリタンク内面には塩分が付着している場合があり、内側全面をよく洗浄する必要があるため、イオン交換水によるポリタンク内の洗浄を3回程度繰り返す。
- (3) その濾液を洗液とともにメスシリンダーに移し、液量を測定する。
- (4) メスシリンダー中の試料の塩分濃度を分析する。塩分濃度の分析はモール法または電位差滴定法によるのを標準とする。

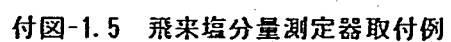
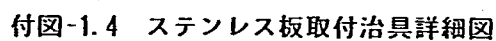
7. その他

- (1) 市販の蒸留水には多量の塩素イオンが含まれていることがあるので、飛来塩分量の測定で用いる洗浄液等はイオン交換水を使用しなければならない。
- (2) 塩分濃度が低くなると分析の精度が低下する場合があるので、洗浄に用いるイオン交換水の使用量は必要最小限にするのが望ましい。
- (3) 参考として付図-1.2～1.5に、飛来塩分量全国調査に用いた土研式塩分捕集器の製作図を示す。



付図-1.1. 土研式塩分捕集器





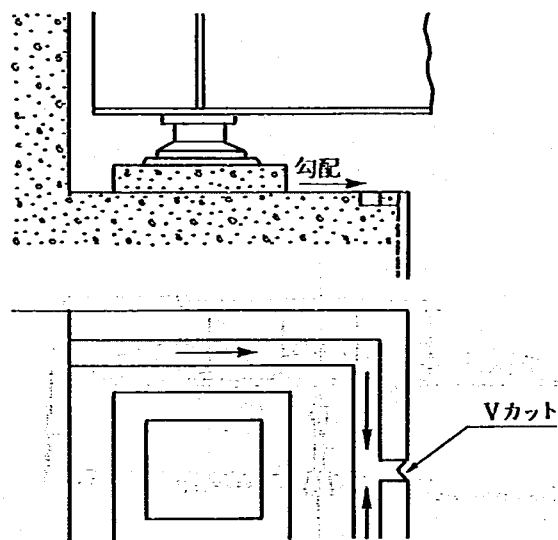
付録 2. 無塗装耐候性橋梁の下部構造の事例

1. 中小支間の事例

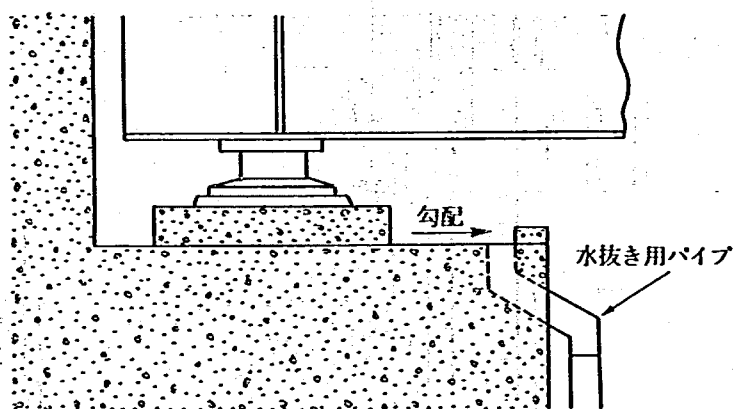
非排水形式の伸縮装置を用いない橋梁では、降雨等により、下部構造天端に滞水や泥の堆積等が生じることから、下部構造天端に排水勾配を設けるなどの処置が施される。

一方、非排水形式の伸縮装置を用いた橋梁では、竣工後、下部構造天端に路面水等が滞水することは通常ないが、本文1.3に記すように、鋼けた架設中の降雨により、多量のさび汁が下部構造に流出する可能性があり、これへの対策が必要となる。また、竣工後も伸縮装置の劣化等による不慮の漏水への対策も必要である。

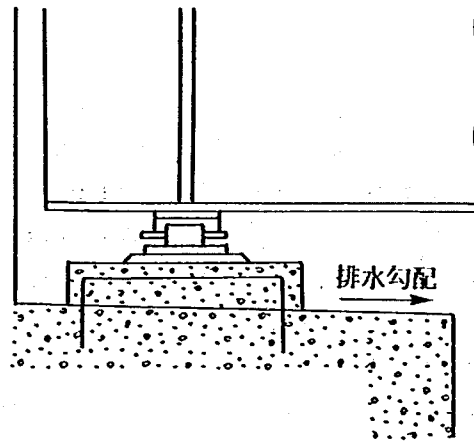
以上のように、伸縮装置の形式に関係なく、周囲の美観を損なうことなく、下部構造天端の排水をよくしておく必要がある。このことから、従来より無塗装耐候性橋梁の下部構造天端の排水に工夫がなされてきている。中小支間の場合、付図-2.1、2.2に示すように、下部構造天端には勾配を付け、前面や側面を汚さないように排水溝を設けるとともに、Vカット等の溝を設けたり、あるいは水抜き孔、配水管を設けるなどの、地上までの排水が考えられている。前者のVカットを設ける場合、さび汁による汚染を逆に一種の模様とする試みも見られるが、かぶりを確保するため、配筋が繁雑になったり、下部構造が重くなるなどの欠点もある。後者は、下部構造の重量が増加することはないが、配水管の目詰まりや、それに伴う凍結による損傷の可能性が懸念されるため、排水管の径を大きくしておく必要がある。また、排水管の継手部が破損しにくいように工夫が必要である。なお美観を気にせず排水を重視した付図-2.3のような事例もある。



付図-2.1 Vカット



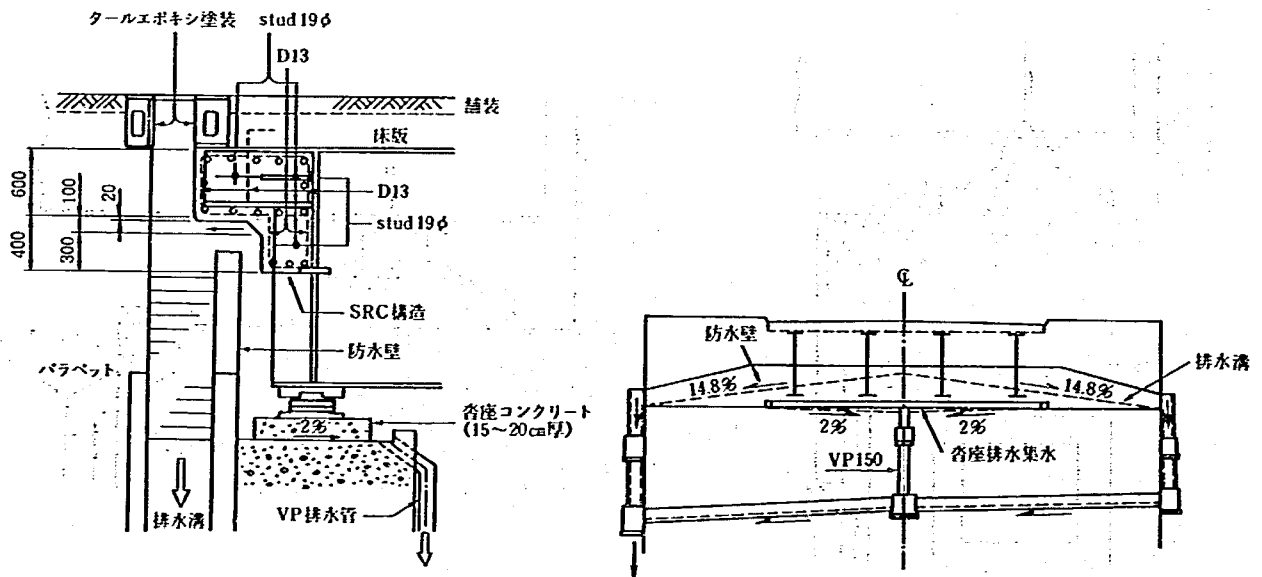
付図-2.2 水抜きパイプ



付図-2.3 排水勾配のみ

2. 長支間の事例

排水形式の伸縮装置の場合、排水溝が泥等の堆積により機能していない事例が見られ、その場合、鋼部材に路面水が直接かかったり、下部構造天端に泥が堆積して、湿潤状態が長期にわたるなど、耐候性鋼材の無塗装使用に不適切な状況となる。しかし、長支間の橋梁では非排水形式の伸縮装置が適用できない。付図-2.4は、胸壁前面に橋台コンクリートと一体の大断面、急勾配を有する排水溝を設け、従来の排水溝の問題点を解消した事例である。中小支間でも事例があるが、下部構造が比較的大きい橋梁でないと適切な排水溝を設けるのが難しい場合がある。



付図-2.4 排水形式の伸縮装置の排水を改善した例

参考文献 1) 奥阿蘇大橋にみる無塗装耐候性橋梁としての諸対策、土木施工、1990.12

謝 辞

本共同研究における耐候性鋼材の暴露試験は、建設省各地方建設局、北海道開発局、沖縄総合事務局および下記の各事務所の協力を得て実施したものである。この場をかりて関係各位に感謝する次第である。

東北地方建設局	仙台、山形、各工事事務所
関東 "	高崎、大宮国道、千葉国道、横浜国道、各工事事務所
北陸 "	新潟国道、長岡国道、富山、各工事事務所、 北陸技術事務所、関屋出張所、黒埼維持出張所
中部 "	高山国道、名古屋国道、三重、紀勢国道、各工事事務所
近畿 "	滋賀国道、京都国道、大阪国道、和歌山、各工事事務所
中国 "	鳥取、浜田、岡山国道、三次、各工事事務所
四国 "	香川、松山、大洲、土佐国道、各工事事務所
九州 "	福岡国道、北九州国道、大分、宮崎、各工事事務所
北海道開発局	札幌道路、札幌新道建設、千歳道路維持、室蘭道路、各事務所
沖縄総合事務局	北部、南部、各国道事務所

「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書」のリスト

通し 番号	タ イ ト ル	作成年月	土木研究所における刊 行物としての登録番号	登録年月
I	—	S. 58. 11	土木研究所資料 第1835号	S. 57. 4
II	暴露試験片の第一回化学分析調査結果	S. 59. 3	共同研究報告書第7号	S. 63. 1
III	暴露試験片の第一回腐食量調査結果	S. 59. 3	土木研究所資料 第1984号	S. 58. 3
IV	環境条件調査結果	S. 60. 3	共同研究報告書第8号	S. 63. 1
V	暴露試験片の第二回化学分析調査結果	S. 63. 1	〃 第9号	S. 63. 1
VI	暴露試験片の第二回腐食量調査結果	S. 61. 3	〃 第10号	S. 63. 1
VII	耐候性高力ボルトの暴露試験	S. 60. 3	〃 第11号	S. 63. 1
VIII	無塗装耐候性橋梁の 設計・施工要領(案)	S. 61. 3	〃 第12号	S. 63. 1
IX	暴露試験片の第三回及び 第四回化学分析調査結果	H. 1. 12	〃 第33号	H. 1. 12
X	暴露試験片の第三回及び 第四回腐食量調査結果	H. 1. 12	〃 第30号	H. 1. 12
X I	耐候性高力ボルト暴露試験の 第一回及び第二回調査結果	H. 1. 12	〃 第34号	H. 1. 12
X II	暴露試験片の写真集	H. 1. 12	〃 第35号	H. 1. 12
X III	無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)	H. 3. 3	〃 第57号	H. 3. 3
X IV	環境条件調査結果 2	H. 5. 3	〃 第84号	H. 5. 3
X V	耐候性鋼材の暴露試験のまとめ	H. 4. 3	〃 第71号	H. 4. 1
X VI	暴露試験片の疲労試験結果	H. 4. 3	〃 第70号	H. 4. 1
X VII	暴露試験片の写真集 2	H. 5. 3	〃 第85号	H. 5. 3
X VIII	全国暴露試験のまとめ(概要編)	H. 5. 3	〃 第86号	H. 5. 3
X IX	無塗装耐候性橋梁の細部構造 に関する調査結果	H. 5. 3	〃 第87号	H. 5. 3
X X	無塗装耐候性橋梁の 設計・施工要領(改訂案)	H. 5. 3	〃 第88号	H. 5. 3

- 注 1) I、IIIは、土木研究所資料として印刷、
ただし、Iのタイトルは「耐候性鋼材の全国暴露試験」
2) 1)の印刷以降、I～VIIを土木研究所の登録番号なしで逐次印刷
3) 昭和62年2月に土木研究所において共同研究報告書の様式が制定されたのに伴い、II、
IV～VIIを共同研究報告書として印刷
4) IX以降は、共同研究報告書として印刷

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する
共同研究報告書(XX)

— 無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領
(改訂案) —

要 旨

本共同研究では、無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計・施工および維持管理について留意すべき事項を明らかにするため、長期的な全国暴露試験を含む各種検討を昭和56年度より11箇年にわたって実施してきた。
本報告は、この共同研究の最終成果として、これまでの検討結果を踏まえて、従来の「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」に示されていた無塗装耐候性橋梁の適用可能地域をより明確に示すとともに、トラス橋等の場合の設計・施工上の留意点などを追加したものである。

キーワード：橋梁，耐候性鋼材，設計，施工

共同研究報告書第 88 号
平成 5 年 3 月 (1993)

建設省土木研究所
(社) 鋼材倶楽部
(社) 日本橋梁建設協会

郵便はがき

切手をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

橋梁研究室 行

No. 43

No. 43

配布先氏名

配布先住所

土木研究所共同研究報告書第88号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印